

JTG

Normes industrielles recommandées de
la République populaire de Chine
中华人民共和国行业推荐性标准

JTG/T F30—2014 (FR)

Spécifications techniques pour la construction des
chaussées routières en béton de ciment

公路水泥混凝土路面施工技术细则

(法文版)

Promulguées le 10 janvier 2014

Mises en application le 01 avril 2014

Ministère des Transports de la République populaire de Chine

Normes industrielles recommandées de
la République populaire de Chine
中华人民共和国行业推荐性标准

**Spécifications techniques pour la construction des
chaussées routières en béton de ciment**

公路水泥混凝土路面施工技术细则

(法文版)

JTG/T F30—2014 (FR)

Organisme en charge de rédaction : Institut de Recherches scientifiques des Routes du Ministère
des Transports

Département d'homologation : Ministère des Transports de la République populaire de Chine

Date de la mise en application : Le 01 avril 2014

中华人民共和国交通运输部

公告

第49号

交通运输部关于发布《公路工程质量检验 评定标准 第二册 机电工程》英、法文版等4项 公路工程行业标准外文版的公告

为促进公路工程行业标准的国际交流与共享,现发布《公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程》英文版[JTG 2182—2020(EN)][代替标准号 JTG F80/2—2004(E)]及法文版[JTG 2182—2020(FR)]、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》法文版[JTG 3362—2018(FR)]、《公路水泥混凝土路面施工技术细则》法文版[JTG/T F30—2014(FR)]。

上述标准外文版的管理权和解释权归中华人民共和国交通运输部,日常管理和解释工作由编译单位中国路桥工程有限责任公司负责。

标准外文版与中文版在技术内容上出现异议时,以中文版为准。

如在使用过程中发现问题或有修改建议,请函告中国路桥工程有限责任公司(地址:北京市安定门外大街丙88号,邮政编码:100011,电子邮箱:kjb@crbc.com)。

特此公告。

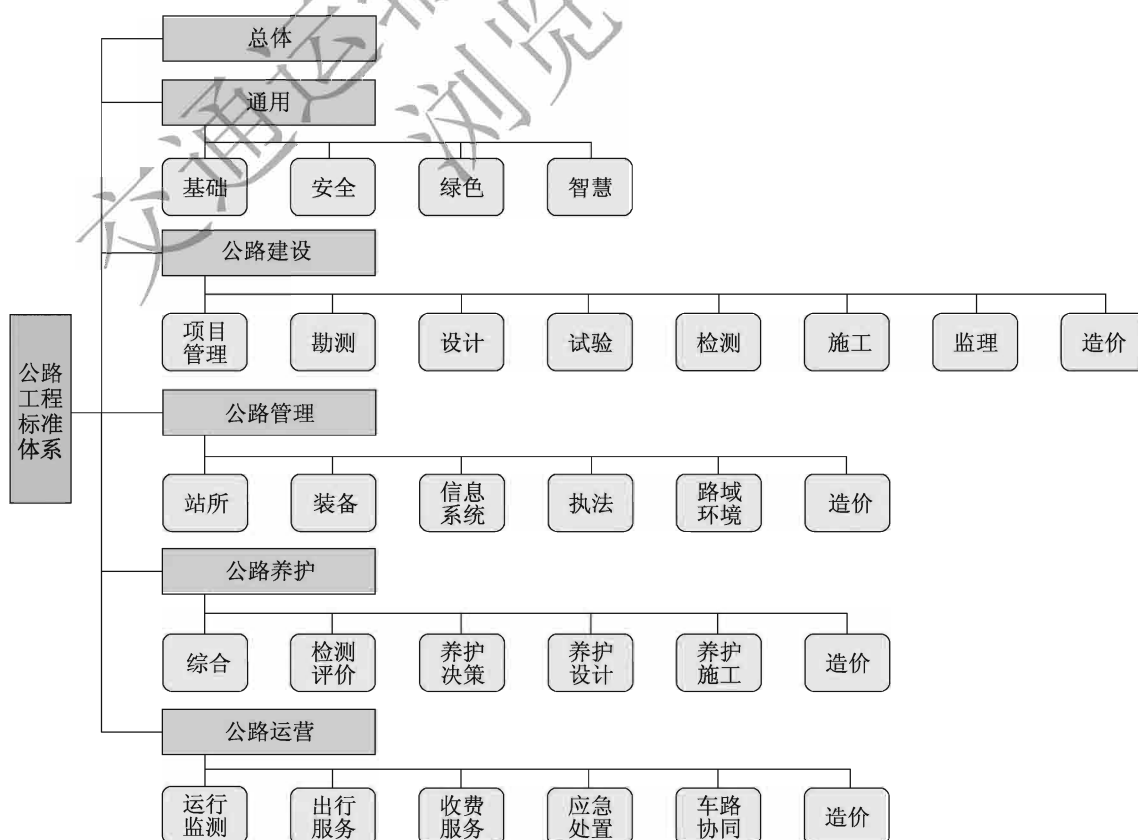
中华人民共和国交通运输部

2023年9月20日

法文版编译出版说明

标准是人类文明进步的成果,是世界通用的技术语言,促进世界的互联互通。近年来,中国政府大力开展标准化工作,通过标准驱动创新、协调、绿色、开放、共享的共同发展。在丝绸之路经济带与 21 世纪海上丝绸之路,即"一带一路"倡议的指引下,为适应日益增长的全球交通运输发展的需求,增进世界连接,促进知识传播与经验分享,中华人民共和国交通运输部组织编译并发布了一系列中国公路行业标准外文版。

中华人民共和国交通运输部发布的公路工程行业标准代号为 JTG,体系范围涵盖公路工程从规划建设到养护和运营管理全过程所需要的设施、技术、管理与服务标准,也包括相关的安全、环保和经济方面的评价等标准。



水泥混凝土路面具有高承载、低造价、长寿命的优势。中国的公路水泥混凝土路面应用比较广泛,已是水泥混凝土路面里程最多的国家之一,截至2022年中国公路水泥混凝土路面已达326万公里。为保证水泥混凝土路面工程质量,中国交通运输部多年来一直高度重视相关标准的制定,制定了一系列针对水泥混凝土路面的标准,包括《公路水泥混凝土路面设计规范》、《公路水泥混凝土路面施工技术细则》、《公路水泥混凝土路面养护技术规范》、《公路水泥混凝土路面再生利用技术细则》等,其中本次编译的《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30—2014)中文版第一版由交通部于2003年颁布实施,并于2014年修订发布。

本《细则》主要规定了水泥混凝土路面所需原材料、施工机具、施工工艺、路面抗滑构造、路面养护方式以及质量控制标准,用混凝土新材料和路面新技术提升路面的承载能力、使用耐久性和行车安全性。在“资源再生利用 and 环境保护”方面,提出了再生集料的使用标准;创立了“长寿命水泥路面特殊功能层”概念,细化了相关施工控制技术标准;填补了路面附属排水设施水泥混凝土滑模施工技术空白。

《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30—2014)为更加耐久、安全、绿色、经济、快捷的水泥路面建设提供技术依据和参考。本法文版的编译发布便是希望将中国的工程经验和科技成果与各国同行进行交流分享,为其他国家的公路建设提供参考借鉴。

本法文版的编译工作由中华人民共和国交通运输部委托中国路桥工程有限责任公司主持完成,并由中华人民共和国交通运输部公路局组织审定。

本法文版标准的内容与现行中文版一致,如出现异议时,以中文版为准。

感谢中文版主要编写者田波先生在本法文版编译与审定期间给予的指导与支持。

如在执行过程中发现问题或有任何修改建议,请函告法文版主编单位(地址:北京市东城区安定门外大街丙88号中路大厦,邮政编码:100011,电子邮箱:zgb@crbc.com),以便修订时研用。

法文版主编单位:中国路桥工程有限责任公司

法文版主编:陈道才

法文版副主编:梁永伦

法文版参编人员:董延峰,于剑锋,何宇、林芳,段妍,邢文

法文版主审:Jean-François Corté

法文版参与审查人员:张慧彧,田波

交通运输部信息公开
浏览专用

Annonce du Ministère des Transports de la République populaire de Chine

N°49

Annonce du Ministère des Transports sur la publication de quatre normes de l'industrie routière en langues étrangères

Afin de promouvoir l'échange international des normes de l'industrie routière, les quatre normes chinoises en langues étrangères ci-dessous sont publiées en langues étrangères :

La version anglaise de « Normes de l'inspection de la qualité des travaux routiers-Volume II -Génie électromécanique », JTG 2182—2020 (EN), en remplacement de JTG F80/2—2004 (E) ;

La version française de « Normes de l'inspection de la qualité des travaux routiers-Volume II -Génie électromécanique », JTG 2182—2020 (FR) ;

La version française de « Norme de conception pour les ponts et les ponceaux routiers en béton armé et en béton précontraint », JTG 3362—2018 (FR) ;

La version française de « Spécifications techniques pour la construction des chaussées routières en béton de ciment », JTG/T F30—2014 (FR) ;

La gestion et l'interprétation des versions en langues étrangères des normes ci-dessus sont du ressort du Ministère des Transports de la République populaire de Chine. La gestion et l'interprétation quotidienne relèvent de la responsabilité de China Road and Bridge Corporation, l'institut principal de rédaction.

En cas d'opposition entre les versions en langues étrangères et les versions chinoises de ces normes, les versions chinoises prévaudront.

Tous les organismes concernés sont priés de résumer leur expérience pratique et d'informer en temps voulu China Road and Bridge Corporation (adresse : No 88, Avenue Andingmenwai, Dongcheng District, Beijing, Code Postal: 100011 ; Courrier électronique : kjb@crbc.com) des problèmes et des suggestions de modification afin de faciliter l'étude de la révision.

La présente annonce est publiée par

Ministère des Transports de la République populaire de Chine

le 20 Septembre 2023

交通运输部信息公开
浏览专用

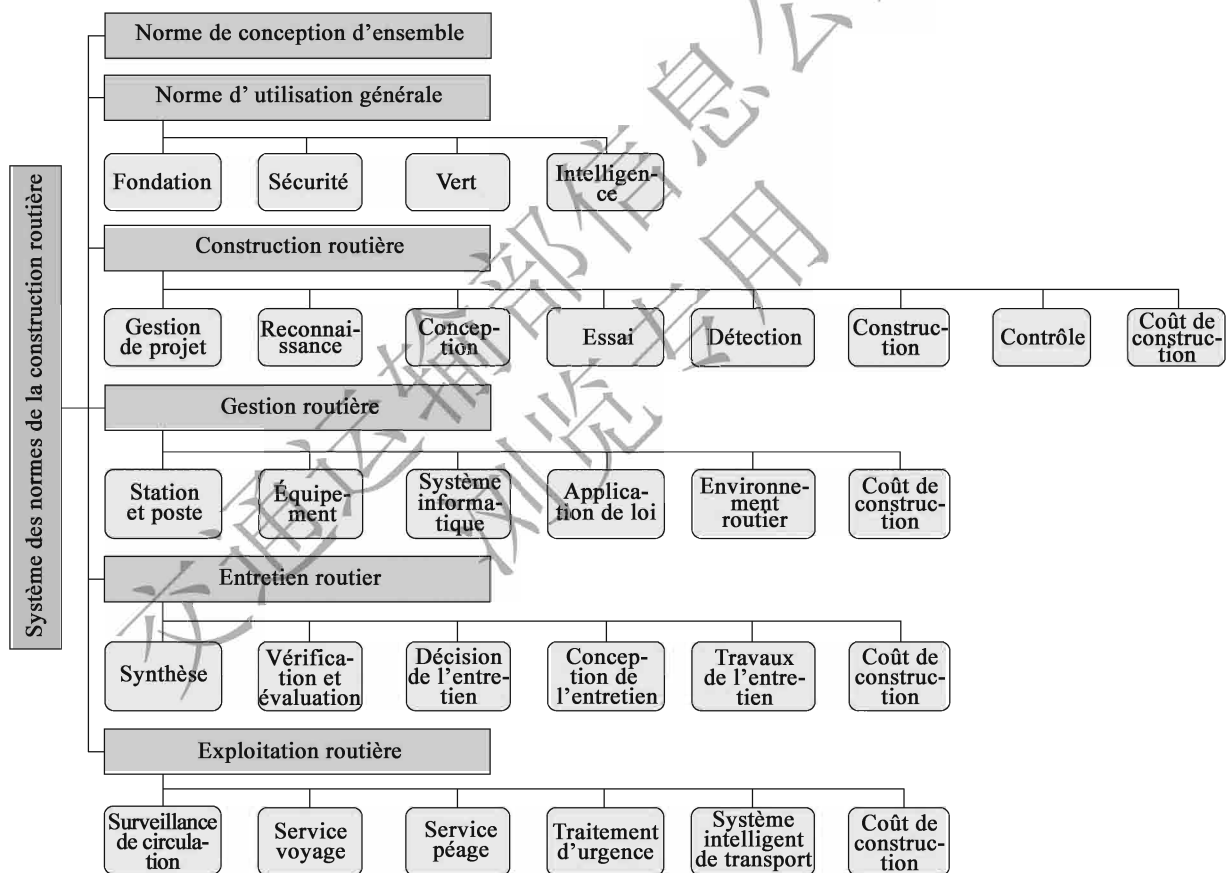
Explication de rédaction, traduction et publication de la version française

Les normes sont le résultat du progrès de la civilisation humaine, elles forgent un langage technologique universel et participent à la promotion de l'interconnectivité dans le monde. Ces dernières années, le gouvernement chinois a déployé des efforts considérables en matière de normalisation afin de promouvoir un développement commun fondé sur des normes qui favorisent l'innovation, la coordination, la protection de l'environnement, l'ouverture et le partage. Sous la direction de la ceinture économique de la route de la soie et de la route maritime de la soie du XXI^e siècle, c'est-à-dire à la lumière d'« une ceinture et une route », et afin de répondre aux besoins croissants du développement des transports mondiaux, d'améliorer les liaisons mondiales et de promouvoir la diffusion des connaissances et le partage des données d'expérience, le ministère des transports de la République populaire de Chine a organisé et publié une série de versions, en langue étrangère, des normes de l'industrie routière chinoise.

Le ministère des transports de la République populaire de Chine a publié le code de référence JTG pour l'industrie des travaux routiers, qui couvre les normes relatives aux installations, à la technologie, à la gestion et aux services nécessaires à l'ensemble du processus des travaux routiers, depuis la planification de la construction jusqu'à la gestion de l'entretien et de l'exploitation, ainsi que les normes pertinentes en matière de sécurité, de protection de l'environnement et d'évaluation économique.

Les chaussées routières en béton de ciment présentent les avantages d'une capacité portante élevée, d'un coût réduit et d'une longue durée de vie. En Chine, les chaussées routières en béton de ciment sont largement utilisées et la Chine est l'un des pays avec le plus grand kilométrage de ce type de chaussées. En 2022, la chaussée en béton de ciment des autoroutes chinoises a atteint 3,26 millions de kilomètres. Afin de garantir la qualité des projets de chaussées en béton de ciment,

le ministère des Transports chinois a attaché depuis de nombreuses années une grande importance à l'établissement de normes pertinentes et a promulgué une série de normes pour les chaussées en béton de ciment, y compris « Specifications d'étude des chaussées en béton de ciment pour la route », « Specifications techniques pour la construction des chaussées routières en béton de ciment », « Specifications techniques pour l'entretien des chaussées en béton de ciment », ainsi que « Specifications techniques pour le recyclage des chaussées en béton de ciment ». La version chinoise de la présente « Specifications techniques pour la construction des chaussées routières en béton de ciment » a été promulguée et mise en application par le ministère des Transports en 2003, puis révisée en 2014.



La présente norme stipule principalement les matériaux, les matériels de construction, les technologies de construction, les structures antidérapantes de la chaussée, les méthodes d'entretien de la chaussée et les critères de contrôle de la qualité des chaussées en béton de ciment. Elle vise à promouvoir l'utilisation de nouveaux matériaux en béton et de nouvelles technologies de construction pour améliorer la capacité portante, la durabilité et la sécurité de conduite de la chaussée. Elle précise les critères des granulats recyclés pour l'objectif du

recyclage des ressources et de la protection de l'environnement. Elle propose également le concept de « couche fonctionnelle spéciale de chaussée en ciment à longue durée de vie » et les méthodes de contrôle détaillées de la construction. Enfin, elle présente les dispositions de la technologie de construction de chaussée en béton de ciment par coffrage glissant.

«Spécifications techniques pour la construction des chaussées routières en béton de ciment» (JTG/T F30—2014) fournissent des références techniques pour la construction de chaussée en ciment plus durable, plus écologique, plus économique et plus rapide. La traduction et la publication de cette version française visent à échanger et à partager le développement technique et les expériences de réalisation de la chine avec les ingénieurs de divers pays, et à fournir des renseignements pour la construction de chaussée dans d'autres pays.

La rédaction de cette version française a été confiée par le ministère des transports de la République populaire de Chine à China Road and Bridge Corporation et a été organisée et validée par le bureau des routes du ministère des transports de la République populaire de Chine.

Le contenu de la présente version française est conforme à celui de la version chinoise actuelle et, en cas d'objection, c'est la version chinoise qui prévaut.

Remerciements à M. TIAN Bo, rédacteur en chef de la version chinoise, et à M. Tian Keping, auteur principal, pour les conseils et l'appui qu'ils ont fournis pendant la rédaction et la validation de la version française.

Si des problèmes de mise en application ou des propositions de modification sont constatées, veuillez écrire à l'éditeur en chef de la version française (bâtiment C 88, Avenue Andingmenwai, district de Dongcheng, Pékin, code postal : 100011, adresse électronique : zgb@crbc.com) pour qu'il les utilise à des fins de révision.

Organisme rédacteur en chef en français :

China Road and Bridge Corporation

Rédacteur en chef en français :

Chen Daocai

Rédacteur en chef adjoint de la version française : Liang Yonglun

Rédacteurs en français : Dong Yanfeng, Yu Jianfeng, He Yu, Lin Fang, Duan Yan, Xing Wen

Réviseur en chef : Jean-François Corté

Comité de révision : Zhang Huiyu, Tian Bo

交通运输部信息公开
浏览专用

Préambule

D'après les exigences de la « Circulaire Ministérielle MT-B-R N° 147 [2008] relative à la publication d'un plan de travail sur l'établissement et la révision des normes des travaux routiers pour l'exercice 2008 », l'Institut de Recherches scientifiques des Routes du Ministère des Transports est chargé de la révision des « *Spécifications techniques pour la construction des chaussées routières en béton de ciment* » (JTG F30—2003) (désignée ci-après en abrégiation par « norme d'origine »).

Conformément aux exigences de la « *Ligne directrice pour l'établissement et la révision des normes de l'industrie du génie routier* » (JTG A02—2013), le document a été renommé « *Spécifications techniques pour la construction des chaussées routières en béton de ciment* » (JTG F30—2014) (désigné en abrégiation par le « présent règlement »).

La révision du présent règlement a été effectuée sur la base de la synthèse des technologies de construction existantes et des résultats de la recherche scientifique sur la technique des chaussées en béton de ciment au cours des dix dernières années. L'équipe de rédaction a analysé et identifié les résultats de recherche matures, en conjuguant les nouveaux matériaux éprouvés utilisés dans la construction des chaussées en béton de ciment, les nouveaux savoir-faire et nouvelles technologies des dernières années, ainsi que des consultations approfondies avec des experts nationaux, sur la base de ces informations.

Le présent règlement est composé de 13 chapitres et de 8 annexes. Les principaux éléments de la présente révision sont les suivants :

1. Des exigences de qualité ont été ajoutées pour les granulats grossiers recyclés, les fibres basaltiques et synthétiques, les matériaux de remplissage des joints à base de silicone et de bitume caoutchouc, les matériaux pour les couches intercalaires et les couches de scellement.
2. Des exigences de qualité et de contrôle ont été ajoutées pour les technologies de revêtement exécuté avec coffrage glissant des chaussées en béton de ciment de tunnel, des aires de péage et des zones de service, des bordures en béton, des épaulements et des caniveaux plats en forme de cuvette peu profonde ainsi que des garde-corps.
3. Des exigences de technique, qualité et de contrôle de la construction ont été ajoutées pour les chaussées en parpaings de béton de ciment.
4. Certains détails technologiques ont été modifiés et perfectionnés à la lumière de l'expérience acquise en matière de construction éprouvée depuis la promulgation de la norme initiale.
5. Les éléments techniques tels que l'exécution des travaux par finisseur sur rail, la technologie de déshydratation sous vide, qui ne sont plus utilisés actuellement en Chine, ont été supprimés.
6. Le chapitre 12 des anciennes règles relatives à la sécurité de la production et à la protection de l'environnement pour la construction a été supprimé, et les éléments qui contiennent des exigences de fond sont regroupés dans les chapitres pertinents du présent règlement.
7. Lorsque les indicateurs techniques sont spécifiés dans le présent règlement, mais que les méthodes d'essai ne figurent pas actuellement dans les « *Méthodes d'essais sur le ciment et le béton pour les travaux routiers* » (JTG E30—2005), celles-ci sont présentées en annexe du présent règlement.

Pour l'application des présentes spécifications techniques, les questions, suggestions et commentaires sont bienvenus et doivent être adressés aux membres correspondants de l'équipe de rédaction Fu Zhi, Tien Bo, Luo Zhu, Wang Dapeng, Liu Ying de l'Institut de Recherches scientifiques des Routes du Ministère des Transports (Adresse : N° 08, Avenue Xituchenglu, Arrondissement Haidian, Beijing, Chine ; code postal : 100088, Tél : 010-62079687, 62079598, Telex : 010-62075650, E-mail : z. fu@rioh. cn, b. tian@rioh. cn, z. luo@rioh. cn, dp. wang@rioh. cn, y. liu@rioh. cn), Ces contributions seront considérées pour la prochaine révision et mise à jour de la norme.

Organisme en charge de la rédaction :

Institut de Recherches scientifiques des Routes du Ministère des Transports

Organisations ayant contribué à la rédaction :

Direction des Transports de la Province Hunan

Direction des Transports de la Région autonome Zhuang du Guangxi

Direction des Transports de la Province Guangdong

Direction des Transports de la Province Heilongjiang

Université des Transports Chongqing

Direction des Transports de la Région autonome de Mongolie intérieure

Rédacteur en chef : Fu Zhi

Rédacteurs principaux :

Liu Qingquan	Niu Kaimin	Tian Bo	Luo Zhu
Wang Dapeng	Liu Ying	Zhao Zhijie	Yu Bo
Liang Junlin	Xu Jajiang	Wang Daqing	Yi Zhijiang
Zhang Zhigeng	Li Liansheng		

Table des matières

	Page
1 Dispositions générales	1
2 Terminologie	3
3 Exigences techniques pour les matières premières	5
3.1 Ciment	5
3.2 Matériau d'apport	9
3.3 Granulats grossiers et granulats grossiers recyclés	12
3.4 Granulats fins	15
3.5 Eau	18
3.6 Adjuvant	19
3.7 Armature	22
3.8 Fibres	23
3.9 Matériau pour joint	25
3.10 Matériau d'intercalaire et de couche de scellement	31
3.11 Matériau pour la cure du béton	32
4 Conception du mélange	35
4.1 Prescriptions générales	35
4.2 Conception du mélange du béton de ciment	36
4.3 Conception du mélange du béton de fibres	45
4.4 Conception du mélange pour le béton compacté au rouleau	51
4.5 Test du mélange et contrôle de l'exécution	58
5 Préparation de l'exécution des travaux	61
5.1 Prescriptions générales	61
5.2 Organisation de la construction	62
5.3 Centrale de malaxage	63

	Page	
5.4	Contrôle des matières premières et des équipements	66
5.5	Observations des tassements la de plate- forme et inspection et remise en état de la couche de fondation	69
5.6	Construction des couches intercalaires et de la couche de scellement	70
5.7	Planche d'essai	71
6	Malaxage et transport des mélanges de béton de ciment	75
6.1	Prescriptions générales	75
6.2	Équipements de malaxage et véhicules de transport	75
6.3	Malaxage du béton	77
6.4	Transport du béton	82
7	Construction par machine à coffrage glissant	84
7.1	Prescriptions générales	84
7.2	Sélection des équipements	85
7.3	Préparation avant répandage	86
7.4	Mise en place d'un revêtement en béton de ciment par machine à coffrage glissant	90
7.5	Mise en place d'un revêtement en béton armé ou armé continu par machine à coffrage glissant	97
7.6	Mise en place d'un revêtement en béton de fibres par machine à coffrage glissant	102
7.7	Revêtement de tablier de pont en béton réalisé par machine à coffrage glissant	104
7.8	Mise en place du revêtement de chaussée en béton de ciment en tunnel par machine à coffrage glissant	107
7.9	Construction des chaussées en béton de ciment d'aires de péage, de zones de service par machine à coffrage glissant	109
7.10	Construction des bordures et des garde-corps, par machine à coffrage glissant	110
8	Construction par une unité triple de rouleaux et par outils simples	114
8.1	Prescriptions générales	114
8.2	Coffrage, sa pose et le décoffrage	115

	Page
8.3 Exécution de revêtement en béton de ciment par l'unité de trois rouleaux	118
8.4 Exécution de revêtement en béton armé, en béton de fibres et de tablier de pont par unité de trois rouleaux	123
8.5 Exécution de revêtement en béton de ciment par outils simples	125
9 Construction de chaussée en béton compacté au rouleau	129
9.1 Prescriptions générales	129
9.2 Construction du revêtement en béton compacté au rouleau	130
10 Construction de chaussée en parpaings en béton	133
10.1 Prescriptions générales	133
10.2 Matériau de revêtement de chaussée en parpaings	133
10.3 Construction du berceau de bordure	136
10.4 Construction de la sous-couche de sable	137
10.5 Mise en place des parpaings	137
11 Construction des joints de revêtement, de la couche antidérapante et cure	140
11.1 Prescriptions générales	140
11.2 Construction des joints	140
11.3 Construction de la couche antidérapante	146
11.4 Cure du revêtement de chaussée	149
12 Construction dans des conditions météorologiques spéciales	153
12.1 Prescriptions générales	153
12.2 Construction pendant la saison des pluies	154
12.3 Construction pendant des jours venteux	154
12.4 Construction pendant les périodes de haute température	156
12.5 Construction pendant les périodes de basse température	157
13 Critère de qualité de la construction et contrôle	159
13.1 Prescriptions générales	159
13.2 Critère de qualité des chaussées en béton de ciment	160
13.3 Critère de qualité de revêtement de tablier de pont en béton de ciment	170

	Page
13.4 Critère de qualité de revêtement en béton de ciment compacté au rouleau	173
13.5 Critère de qualité de chaussée en parpaings en béton	174
13.6 Critère de qualité de construction de structures annexes en béton	177
Annexe A Méthode d'essai du coefficient de viscosité de vibration du mélange de béton	178
Annexe B Méthodes de mesure de la résistance au gel du béton par carottage et du coefficient d'espacement des bulles d'air	183
Annexe C Méthode d'essai de la résistance aux sels de déverglaçage de revêtement en béton	189
Annexe D Méthode d'essai du taux volumique de fibres dans les mélanges de béton	193
Annexe E Méthode d'essai de la résistance à la fissuration précoce	195
Annexe F Méthode d'essai de la résistance des parpaings en béton	200
Annexe G Méthode d'essai de la force d'adhérence des armatures au béton	206
Annexe H Méthode de contrôle de la qualité de la construction	211
Explications sur les mots utilisés dans le présent règlement	217

1 Dispositions générales

1.0.1 Le présent règlement est établi pour améliorer le niveau technique de l'exécution et assurer la qualité de la construction des chaussées en béton de ciment.

1.0.2 Le présent règlement s'applique à la construction de revêtements de chaussée en béton de ciment pour toutes les routes classées.

1.0.3 Il faut utiliser le mélange de béton et les matières premières qui répondent aux exigences de qualité et aux performances stables spécifiées dans le présent règlement, et choisir le procédé technologique d'exécution et l'équipement mécanique qui satisfont aux exigences de qualité de la classe de charge de trafic pour les travaux de cette chaussée.

1.0.4 Le système d'assurance qualité doit s'appliquer à tout le processus d'exécution. Les responsabilités de l'ensemble du personnel en matière de qualité doivent être clairement définies. Le contrôle et la gestion de la qualité de toutes les opérations doivent être renforcés afin d'assurer la qualité de la construction.

1.0.5 Un système de gestion de production de la sécurité et un plan d'urgence doivent être établis et améliorés pour la construction de la chaussée en béton de ciment, afin de préciser les responsabilités en matière de sécurité, d'appliquer strictement les procédures de sécurité, de protéger la santé au travail du personnel d'exécution et de garantir la sécurité de la construction.

1.0.6 Lors de la construction, il convient de prêter attention à l'économie de terrain, à la réduction de la consommation d'énergie et de matériaux et à la protection de l'environnement.

1.0.7 La construction des chaussées en béton de ciment doit se faire de manière proactive et prudente en utilisant les matériaux, équipements, procédés et technologies nouvellement développés.

1.0.8 Outre les dispositions du présent règlement, la construction des chaussées en béton de ciment doit être encore conforme aux dispositions pertinentes des normes nationales et industrielles en vigueur.

交通运输部信息公开
浏览专用

2 Terminologie

2.0.1 Granulats grossiers recyclés

Granulats grossiers, fabriqués par concassage mécanique et criblage à partir du béton d'anciennes structures.

2.0.2 Fibres de basalte hachées

Produit à base de fibres de basalte, fabriqué par hachage de fibres de basalte continues.

2.0.3 Fibres synthétiques

Fibres chimiques, fabriquées à partir de composés macromoléculaires synthétiques. Les variétés couramment utilisées sont le polyacrylonitrile, le polyamide, l'alcool polyvinylique et la fibre de polypropylène.

2.0.4 Matériau de remplissage des joints en silicone

Mastic pour le garnissage des joints à un ou plusieurs composants, principalement composé de polymères de polysiloxane qui peuvent solidifier à température ambiante.

2.0.5 Couche de scellement

Couche mince souple disposée à la surface de la couche de inférieure semi-rigide avec les fonctions d'isolement et d'anti-érosion. Elle peut être réalisée par la technique des enduits superficiels bitumineux, avec une géomembrane ou des feutres bitumineux.

2.0.6 Coefficient de viscosité de vibration

Indicateur représentant la résistance au déplacement relatif, à l'intérieur du mélange en béton, des agrégats grossiers et fins, des bulles d'air, soumis à l'action d'une énergie vibratoire spécifique. Il sert à déterminer la compactabilité vibratoire du mélange de béton.

2.0.7 Rapport volumique de remplissage

Rapport du volume d'agrégats grossiers au volume total du béton, exprimé en pourcentage.

2.0.8 Couche de revêtement en béton de fibres

Couche de surface de la chaussée en béton de ciment incorporant une quantité appropriée de fibres d'acier, de basalte ou de fibres synthétiques.

2.0.9 Épandage du revêtement par machine à coffrage glissant

Technologie de construction de la couche de revêtement en béton de ciment utilisant une machine à coffrage glissant. La caractéristique de cette technologie est qu'il n'y a pas de mise en place de coffrage fixe des bords et que les processus de construction tels que la distribution du mélange, le pavage, le compactage par vibration, le moulage par extrusion et la finition en surface sont réalisés en une seule fois avec le déplacement de la machine à coffrage glissant.

2.0.10 Épandage avec vibreur et unité à trois rouleaux

Technologie de réalisation de la couche de revêtement en béton de ciment à l'aide d'un vibreur et d'un niveleur à trois rouleaux combinés. Elle est caractérisée par la nécessité d'ériger un coffrage fixe aux limites qui a également une fonction de rail pour le niveleur à trois rouleaux.

2.0.11 Revêtement de chaussée en béton compacté au rouleau

Technologie de construction d'une chaussée en béton de ciment utilisant un rouleau compresseur pour le compactage et la mise en forme. Il se caractérise par l'utilisation de béton de ciment dur très sec, un épandage par finisseur du béton bitumineux ou de la couche inférieure, et un compactage par rouleau vibrant.

2.0.12 Support d'armatures préinstallé

Méthode de construction consistant à préinstaller et fixer, sur la surface de la couche inférieure, conformément à la précision requise, des supports en acier pour les goujons des joints de dilatation et de contraction et les armatures.

2.0.13 Revêtement de chaussée en parpaings en béton

Revêtement de chaussée en parpaings de béton de ciment préfabriqués pour paver les voies de circulation.

2.0.14 Berceau pour bordure de route en béton

Bloc de béton en forme de bande solide utilisé pour la retenue des bords de la chaussée en parpaings en béton.

3 Exigences techniques sur les matières premières

3.1 Ciment

3.1.1 Le béton de ciment de la couche de revêtement des routes classées soumises à une charge de trafic extrêmement élevée, très élevée ou élevée doit utiliser du ciment Portland pour route, du ciment Portland produit par four rotatif ou du ciment Portland ordinaire. Pour les chaussées soumises à un niveau de charge de trafic moyen ou faible, le ciment Portland au laitier peut être utilisé. Le ciment ordinaire doit être utilisé pour la construction dans un environnement à haute température, et le ciment à haute résistance initiale doit être utilisé pour la construction dans un environnement à basse température.

Note explicative de l'article :

Les critères de classification des classes de charges de trafic sont énoncés dans les « Règles de conception des chaussées routières en béton de ciment » (JTG D20—2011), dans lesquelles la charge de trafic extrêmement lourde est nouvellement ajoutée et correspondant à un 1 milliard de chargements par essieu standard.

Dans le document « Ciment de silicate universel » (GB175—2007), le ciment de la même espèce est divisé en deux types : le ciment ordinaire et le ciment de type R précoce selon le temps de prise et le taux de croissance de la résistance.

3.1.2 Pour les exigences techniques des ciments utilisés dans les bétons pour couche de revêtement, en plus de satisfaire aux prescriptions relatives au « Ciment de silicate routier » (GB 13693) ou au « Ciment de silicate universel » (GB 175) en vigueur, la résistance à la rupture et la résistance à la compression mesurées pour chaque âge doivent être aussi conformes aux dispositions du tableau 3.1.2.

Tableau3.1.2 Valeurs de résistance mesurée du ciment utilisé pour le revêtement en béton de ciment

Valeurs standard de la résistance à la flexion du béton, (MPa)			5,0		4,5		4,0		Méthode d'essai
	3	28	3	28	3	28	3	28	
âge (jour)	3	28	3	28	3	28	3	28	—
Résistance à la flexion du ciment (MPa), \geq	5,0	8,0	4,5	7,5	4,0	7,0	3,0	6,5	GB/T 17671
Résistance à la compression du ciment (MPa), \geq	23,0	52,5	17,0	42,5	17,0	42,5	10,0	32,5	GB/T 17671

Note:^aCette colonne s'applique également au béton de fibres conçu pour une résistance à la flexion de 6,0 MPa.

3.1.3 La composition du ciment utilisé pour le béton de revêtement routier de chaque classe de charge de circulation doit être conforme aux dispositions du tableau 3.1.3.

Tableau3.1.3 Exigences de composition du ciment utilisé pour le béton de ciment de revêtement de route par classe de charge de trafic

No de point	Composition du ciment	Classes de charge de trafic extrêmement lourde, très lourde et lourde	Classes de charge de trafic moyenne et légère	Méthode d'essai
1	Teneur en oxyde de calcium libre du clinker (%), \leq	1,0	1,8	GB/T 176
2	Teneur en oxyde de magnésium (%), \leq	5,0	6,0	
3	Teneur en aluminat de fer tétracalcique (%), \leq	15,0 ~ 20,0	12,0 ~ 20,0	
4	Teneur en aluminat tricalcique (%), \leq	7,0	9,0	
5	Teneur en trioxyde de soufre (%), \leq	3,5	4,0	
6	Teneur en alcali $\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$ (%)	$\leq 0,6$	Lorsque le granulat est soupçonné d'avoir une activité alcaline, il n'est pas supérieur à 0,6. Lorsqu'il n'y a pas d'ingrédient actif alcalin, pas plus de 1,0	
7	Teneur en ions chlorure (%), \leq	0,06	0,06	

suite

No de point	Composition du ciment	Classes de charge de trafic extrêmement lourde, très lourde et lourde	Classes de charge de trafic moyenne et légère	Méthode d'essai
8	Types de produits mélangés	Ne pas être mélangé avec des cendres de four, de la gangue de charbon, des cendres volcaniques, de l'argile brûlée, des scories de charbon. Ne doit pas être mélangé avec de la poudre de calcaire lorsque la résistance aux sels de déverglaçage est requise.	Ne pas être mélangé avec des cendres de four, de la gangue de charbon, des cendres volcaniques, de l'argile brûlée, des scories de charbon. Ne doit pas être mélangé avec la poudre de calcaire lorsque la résistance aux sels de déverglaçage est requise.	Fourni par la cimenterie

Note: ^a Le test de la teneur en trioxyde de soufre est obligatoire pour les sites avec corrosion par les sulfates; il est facultatif pour les sites sans corrosion au sulfate.

^b Le test de la teneur en ions chlorure est obligatoire pour les chaussées en béton armé et le béton en fibres d'acier; il est facultatif pour les chaussées en béton de ciment.

Note explicative de l'article :

Dans le tableau 3.1.3, les 7 premiers points sont des composants chimiques du ciment et le 8ème point est du matériau incorporé dans le ciment, ils ont une grande influence sur la qualité de la chaussée en béton et par conséquent, les exigences en matière de composition sont imposées pour le ciment utilisé pour la chaussée. Parmi les exigences de composition chimique, une teneur élevée en oxyde de calcium et en oxyde de magnésium libres peut réduire la durée de vie en fatigue du béton. Une teneur trop faible en aluminat de fer tétracalcique réduira la résistance à la flexion du béton de ciment, Si elle est trop élevée, la surface de la route sera difficile à lisser et peut entraîner une mauvaise planéité de la route. Lorsque la teneur en aluminat tricalcique est élevée, premièrement, elle fera durcir le ciment trop rapidement, génèrera trop de chaleur et provoquera facilement des fissures ; deuxièmement, elle réduira la résistance à la rupture; troisièmement, elle absorbera excessivement l'additif et réduira l'adaptabilité du ciment à l'additif. Dans le tableau 3.1.3, des restrictions sur les adjuvants dans le ciment routier sont stipulées pour empêcher la fissuration de la couche de surface et améliorer les performances et la durabilité sous charges dynamiques de fatigue.

3.1.4 Les indicateurs physiques du ciment adoptés pour le béton de ciment de la couche de revêtement de la route de chaque classe de charge de trafic doivent répondre aux dispositions du tableau 3.1.4.

**Tableau3. 1. 4 Exigences relatives aux indicateurs physiques du ciment pour le
béton de revêtement de la route par classe de charge de trafic**

No de point	Propriétés physiques du ciment		Classe de charge de trafic extrêmement lourde, très lourde et lourde	Classe de charge pour trafic moyen et léger	Méthode d'essai
1	Stabilité à la sortie du moulin		Doit passer l'inspection par pince Reyes et la méthode de cuisson à la vapeur	Doit passer l'inspection par la méthode de cuisson à la valeur	
2	Temps de prise (h)	Temps de prise initiale \geq	1,5	0,75	JTG E30 T0505
		Temps de prise finale \leq	10	10	
3	Besoin en eau pour une consistance standard (%), \leq		28,0	30,0	
4	Surface spécifique (m^2/kg)		300 ~ 450	300 ~ 450	JTG E30 T0504
5	Finesse (résidu de tamisage à $80\mu m$) (%), \leq		10,0	10,0	JTG E30 T0502
6	Taux de retrait sec 28 jours (%), \leq		0,09	-11 - 0,10	JTG E30 T0511
7	Résistance à l'abrasion (kg/m^2), \leq		2,5	3,0	JTG E30 T0510

Note explicative de l'article :

À l'heure actuelle, afin d'améliorer le niveau de résistance, certains ciments ont adopté des méthodes de super-broyage. Ceci peut réduire le taux de croissance de la résistance à long terme du béton et augmenter considérablement la probabilité de fissuration du béton pendant la construction. Par conséquent, des exigences de contrôle des limites supérieure et inférieure de la surface spécifique du ciment ont été proposées. La limite inférieure est pour assurer la haute résistance initiale du béton et sa croissance continue, la limite supérieure est pour éviter la fissuration précoce de surface du béton.

3.1.5 Le ciment pour la couche de surface de chaussée en béton, doit satisfaire aux différentes exigences des tableaux 3.1.2, 3.1.3 et 3.1.4. En outre, un essai comparatif du béton doit être

effectué avec le ciment de la cimenterie proposée, en choisissant la variété et la classe de résistance appropriées en fonction de la résistance à la flexion, de la durabilité et de l'ouvrabilité du béton préparé.

3.1.6 Le choix du ciment en vrac est préférable lorsque le répandage est réalisé par des machines à coffrage glissant. Lors de construction à haute température, la température maximale du ciment en vrac entrant dans le réservoir ne doit pas être supérieure à 60°C. En cas de construction à basse température, la température du ciment, avant son entrée dans le malaxeur, ne doit pas être inférieure à 10 °C.

3.2 Adjuvants minéraux

3.2.1 Lors de l'utilisation du ciment Portland pour route ou un autre ciment Portland, une quantité appropriée de cendres volantes de charbon peut être ajoutée au béton. Toutefois, les cendres volantes ne doivent pas être mélangées au béton si un autre type de ciment est utilisé.

Note explicative de l'article :

La quantité maximale d'adjuvants minéraux prescrite pour le ciment de silicate ordinaire dans le document « Ciment de silicate universel » (GB 175—2007) a été augmentée de 15% à 20%, mais les résultats mesurés ont montré que la quantité réelle de matériaux d'apport dans le ciment de silicate ordinaire produit dans les cimenteries était souvent supérieure à 20%. Dans ces conditions, si des quantités supplémentaires de cendres volantes sont ajoutées dans le béton, le pourcentage des adjuvants va dépasser 28%, qui est le pourcentage maximal hydratable du béton. Non seulement ce surdosage d'adjuvant ne contribuera plus à l'augmentation de la résistance du béton, mais il réduira de manière importante la résistance à la compression du béton au jeune âge, la résistance à la fissuration, ainsi que la résistance à l'abrasion. Par conséquent, l'addition de cendres volantes de charbon n'est autorisée que pour l'utilisation de ciment Portland routier ou de ciment Portland et ne doit pas être incorporée dans le béton de revêtement préparé à partir de ciment Portland ordinaire, de ciment Portland au laitier et de ciment Portland aux cendres volantes de charbon.

3.2.2 Différents types d'adjuvants tels que des cendres volantes de charbon en poudre à faible teneur en calcium, des scories en poudre ou de la fumée de silice conformes aux prescriptions du présent règlement peuvent être mélangés au béton de la chaussée. En revanche, les cendres volantes de charbon, les poudres de scories et les fumées de silice agglomérées ou humides ne doivent pas être ajoutées. La qualité des cendres volantes de charbon ne doit pas être inférieure aux exigences des cendres de charbon de classe II du tableau 3.2.2. Les cendres volantes de charbon à haute teneur en calcium ou les cendres de charbon à faible teneur en calcium des classes III et inférieures

ne doivent pas être ajoutées. Les approvisionnements de cendres de charbon doivent être accompagnés du rapport d'inspection de la classe de qualité.

Tableau 3.2.2 Classification et critères de qualité des cendres volantes de charbon à faible teneur en calcium

Classe de cendres volantes de charbon	Finesse (tamis à flux d'air de 45 µm, résidu de tamisage) (%)	Perte au feu (%)	Besoin en eau (%)	Teneur en eau (%)	Teneur en oxyde de calcium libre (%)	SO ₃ (%)	Indice d'activité de résistance du mortier composé ^a	
							7 jours	28 jours
I	≤ 12,0	≤ 5,0	≤ 95,0	≤ 1,0	< 1,0%	≤ 3,0	≥ 75	≥ 85 (75)
II	≤ 25,0	≤ 8,0	≤ 105,0	≤ 1,0	< 1,0%	≤ 3,0	≥ 70	≥ 80 (62)
III	≤ 45,0	≤ 15,0	≤ 115,0	≤ 1,0	< 1,0%	≤ 3,0	-	-
Méthode d'essai	GB/T1596	GB/T176	GB/T1596	GB/T1596	GB/T176	GB/T176	GB/T 1596	

Note:^aL'indice d'activité du mortier composé est le pourcentage du rapport de résistance à la compression entre le mortier contenant des cendres volantes de charbon et le mortier de ciment, applicable au béton préparé dont le niveau de résistance est au moins égal à C40. Lorsque le niveau de résistance du béton préparé est inférieur à C40, l'indice d'activité du mortier composé doit satisfaire aux valeurs indiquées entre parenthèses à 28 jours.

Note explicative de l'article :

Le tableau 3.2.2 est principalement tiré du document « Cendres volantes de charbon utilisées dans le ciment et le béton » (GB/T 1596-2005), tandis que l'indice d'activité du mortier composé est tiré du document « Adjuvants minéraux pour béton à haute résistance et haute performance » (GB/T 18736-2002). La teneur en oxyde de calcium libre des cendres volantes à forte teneur en calcium, généralement supérieure à 10%, diminue considérablement la résistance à la fatigue des dalles en béton et par conséquent, il n'est pas autorisé de les utiliser dans les couches de surface.

3.2.3 La qualité de la poudre de scories et de la fumée de silice à mélanger au béton de ciment de la couche de revêtement doit satisfaire aux prescriptions du tableau 3.2.3. Il est interdit d'ajouter de la poudre de scories à du ciment Portland au laitier. En cas de construction dans un environnement à température élevée, il n'est pas approprié de faire un apport en fumée de silice.

Tableau3. 2. 3 Critères de qualité pour la poudre de laitier et la fumée de silice

Critères de qualité		Surface spécifique (m ² /kg)	Densité (g/cm ³)	Perte au feu (%)	Ratio de mobilité (%)	Teneur en eau (%)	Teneur en ion chlorure b (%)	Teneur en verre (%)	Teneur en oxyde de calcium libre (%)	SO3 (%)	Indice d'activité de résistance du mortier composé (%)	
Type	Classe										7 jours	28 jours
Poudre de scories broyées	S105	≥ 500	≥ 2,80	≤ 3,0	≥ 95,0	≤ 1,0	< 0,06	≥ 85,0	< 1,0%	≤ 4,0	≥95	≥105
Poudre de scories broyées A	S95	≥ 400									≥75	≥95
Fumée de silice		≥ 15000	≥ 2,10	≤ 6,0	-	≤ 3,0	< 0,06	≥ 90,0	< 1,0%	-	≥ 105	
Méthode d'essai		GB/T 8074	GB/T 208	GB/T 18046	GB/T 18046	GB/T 18046	GB/T 176	GB/T 18046	GB/T 176	GB/T 176	GB/T 18046	

Note: ^aL'homogénéité de la poudre de scories est basée sur la surface spécifique. La surface spécifique d'un seul échantillon ne doit pas dépasser de 10,0% la surface moyenne des 10 premiers échantillons.

^bLa teneur en ions chlorure est un élément de mesure requis pour les couches de revêtement en béton armé ou en fibres d'acier ; elle est facultative pour les couches de revêtement en béton de ciment.

Note explicative de l'article :

Dans le ciment silicaté de laitier, la quantité maximale d'ajout de laitier peut atteindre 75% , plus 5% de gypse ; ce ciment ne contient donc que 20% de clinker. Dans les conditions où le pourcentage de laitier de haut-fourneau est déjà important dans le ciment (jusqu'à 75%) , l'ajout de laitier de haut-fourneau dans le béton diminuera encore le pourcentage de clinker et résultera en un faible PH. De nombreuses études ont montré que le ciment de laitier entier a un pH trop faible et une alcalinité insuffisante pour maintenir la stabilité à long terme des produits hydrolysés, ce qui entraînera une perte grave de résistance à long terme et des accidents de qualité majeurs. Par conséquent, il est strictement interdit d'incorporer du laitier dans le ciment silicate au laitier.

La fumée de silice est très fine , de 1 à 2 ordres de grandeur par rapport au ciment , et les particules les plus fines peuvent atteindre 200 nanomètres. Par conséquent, certains chercheurs ont qualifié le béton dopé de silice de nanobéton. La vitesse de réaction d'hydratation de la fumée de silice dans le béton est beaucoup plus rapide que celle du ciment et le temps de condensation est très court.

Dans le cas de travaux à basse température et d'une exigence de circulation rapide, la fumée de silice peut être utilisée comme élément de condensation et de renforcement précoce du béton de la couche de revêtement. Mais dans le cas de travaux avec une température élevée, la vitesse de durcissement du béton et d'hydratation de la fumée de silice est trop rapide, la perte d'affaissement lors du transport et de la mise en œuvre, est grande et rapide, ce qui entraîne souvent l'impossibilité du répandage, il est donc interdit de l'ajouter.

3.2.4 Avant d'être utilisés, les différents adjuvants doivent être soumis à l'essai d'optimisation du dosage selon le mélange du béton afin de s'assurer que les indices tels que la résistance à la flexion, l'ouvrabilité, la résistance à l'abrasion et la résistance au gel et à l'écaillage aux sels de déverglaçage du béton de revêtement satisfont aux exigences de conception.

3.3 Granulats grossiers et granulats grossiers recyclés

3.3.1 Les granulats grossiers doivent être issus de gravillons, graviers ou cailloux cassés durs, durables et propres. La qualité des granulats grossiers pour le béton de revêtement des routes classées soumises à une classe de charge extrêmement lourde, très lourde ou lourde ne doit pas être inférieure aux exigences de la catégorie II du tableau 3.3.1. Les granulats grossiers de catégorie III peuvent être utilisés pour les revêtements des routes classées soumises aux classes de charges moyennes et légères.

Tableau 3.3.1 Critères de qualité pour les pierres concassées, les cailloux cassés et les graviers

No du point de contrôle	Contrôle	Exigence technique			Méthode d'essai
		Classe I	Classe II	Classe III	
1	Résistance à l'écrasement des granulats (%), \leq	18,0	25,0	30,0 ^a	JTG E42 T0316
2	Résistance à l'écrasement des cailloux (%), \leq	21,0	23,0	26,0	JTG E42 T0316
3	Solidité (calculée selon la perte de masse) (%), \leq	5,0	8,0	12,0	JTG E42 T0314
4	Teneur en particules de forme allongée (calculée en masse) (%), \leq	8,0	15,0	20,0 ^b	JTG E42 T0311
5	Teneur en sols fins (calculée en masse) (%), \leq	0,5	1,0	2,0	JTG E42 T0310
6	Teneur en blocs de sols fins (calculée en masse) (%), \leq	0,2	0,5	0,7	JTG E42 T0310
7	Taux d'absorption d'eau (calculée en masse) (%), \leq	1,0	2,0	3,0	JTG E42 T0307
8	Sulfures et sulfates ^b (calculée en masse de SO ₃) (%), \leq	0,5	1,0	1,0	GB/T 14685
9	Perte d'usure à l'essai Los Angeles (%), \leq	28,0	32,0	35,0	JTG E42 T0317
10	Teneur en matière organique (colorimétrie)	qualifié	qualifié	qualifié	JTG E42 T 0313
11	Résistance à la compression de la roche (MPa) ^b , \geq	Roche magmatique	100		JTG E41 T0221
		Roche métamorphique	80		
		Roche sédimentaire	60		
12	Densité apparente (kg/m ³), \geq	2500			JTG E42 T0308
13	Densité d'empilement meuble (kg/m ³), \geq	1350			JTG E42 T0309
14	Teneur en vides (%), \leq	47			JTG E42 T0309
15	Valeur de polissage ^c (%), \geq	35.0			JTG E42 T0321

suite

No du point de contrôle	Contrôle	Exigence technique			Méthode d'essai
		Classe I	Classe II	Classe III	
16	Réaction d'activité alcaline ^b	Il ne doit pas y avoir de réaction d'activité alcaline ou de réaction d'activité alcaline suspecte			JTG E42 T0325

Note: ^a Lorsque des exigences de résistance au gel et de résistance aux sels de déverglaçage sont requises, l'absorption d'eau des granulats grossiers doit être vérifiée.

^b La teneur en sulfure et en sulfate, la réaction d'activité alcaline et la résistance à la compression des roches doivent être inspectées au moins une fois avant l'utilisation des granulats grossiers.

^c La perte par abrasion Los Angeles et la valeur de polissage ne sont déterminées que pour la construction d'une couche de revêtement en béton de ciment à granulats exposés.

3.3.2 Des granulats grossiers recyclés peuvent être utilisés pour le béton de ciment de chaussées routières soumises à des charges de trafic moyennes et légères, et leur qualité doit répondre aux prescriptions du tableau 3.3.2. Les granulats grossiers recyclés peuvent être utilisés seuls ou mélangés avec des granulats vierges. Cependant, le dosage doit être validé par des tests sur le mélange pour confirmer que les propriétés du béton satisfont aux exigences de conception et aux dispositions suivantes :

1. Lorsque des exigences de résistance au gel et aux sels de déverglaçage sont requises, le granulats grossiers recyclés ne doit pas être inférieur à la classe II. Lorsqu'il n'y a pas d'exigence de résistance au gel et aux sels de déverglaçage, des granulats grossiers recyclés de classe III peuvent être utilisés.
2. Les granulats grossiers recyclés ne doivent pas être utilisés pour la surface antidérapante du béton de ciment avec des granulats grossiers exposés.
3. Il est interdit d'utiliser des granulats grossiers recyclés, produits par concassage du béton, ayant une réaction active alcaline.

Tableau 3.3.2 Critères de qualité des granulats grossiers recyclés

No de point de contrôle	Contrôle	Exigence technique			Méthode d'essai
		Classe I	Classe II	Classe III	
1	Résistance à l'écrasement(%), ≤	21,0	30,0	43,0	JTG E42 T0316
2	Solidité (calculée par perte de masse) (%), ≤	5,0	10,0	15,0	JTG E42 T0314
3	Teneur en particules allongées (calculée en masse) (%), ≤	10,0	10,0	10,0	JTG E42 T0311

suite

No de point de contrôle	Contrôle	Exigence technique			Méthode d'essai
		Classe I	Classe II	Classe III	
4	Teneur en sols fins (calculée en masse) (%), ≤	1,0	2,0	3,0	JTG E42 T0310
5	Teneur en blocs de sols fins (calculée en masse) (%), ≤	0,5	0,7	1,0	JTG E42 T0310
6	Absorption d'eau (calculée en masse) (%), ≤	3,0	5,0	8,0	JTG E42 T0307
7	Teneur en sulfures et sulfates (calculée en masse de SO ₃) (%), ≤	2,0	2,0	2,0	GB/T 14685
8	Chlorure (calculée en masse d'ions chlorés) (%), ≤	0,06	0,06	0,06	GB/T 14685
9	Perte par abrasion Los Angeles (%), ≤	35	40	45	JTG E42 T0317
10	Teneur en impuretés (calculée en masse) (%), ≤	1,0	1,0	1,0	JTG E42 T0313
11	Densité apparente (kg/m ³), ≥	2450	2350	2250	JTG E42 T0308
12	Teneur en vides (%), ≤	47	50	53	JTG E42 T0309

Note: 1. Lorsque les variétés de roches dans les granulats grossiers recyclés changent, les indicateurs ci-dessus doivent être testés à nouveau.

2. La teneur en sulfure et en sulfate, la teneur en chlorure et la perte d'abrasion Los Angeles doivent être inspectés au moins une fois avant d'adopter les granulats grossiers recyclés.

3.3.3 Les granulats grossiers et les granulats grossiers recyclés doivent être divisés en 2 à 4 fractions granulométriques en fonction du diamètre nominal maximal du mélange de béton et remélangés pour utilisation. Le fuseau granulométrique des granulats grossiers et des granulats grossiers recyclés doit satisfaire aux exigences du tableau 3.3.3. Il est interdit d'utiliser du tout-venant non calibré.

Tableau 3.3.3 Fuseau granulométrique des granulats grossiers et des granulats grossiers recyclés

Taille du tamis à mailles carrées (mm)		2,36	4,75	9,50	16,0	19,0	26,5	31,5	37,5	Méthode d'essai
Type granulométrique		Résidus de criblage cumulés (calculés en masse) (%)								
Granulométrie d'ensemble	4,75 ~ 16	95 ~ 100	85 ~ 100	40 ~ 60	0 ~ 10	—	—	—	—	JTG E42 T0302
	4,75 ~ 19	95 ~ 100	85 ~ 95	60 ~ 75	30 ~ 45	0 ~ 5	0	—	—	
	4,75 ~ 26,5	95 ~ 100	90 ~ 100	70 ~ 90	50 ~ 70	25 ~ 40	0 ~ 5	0	—	
	4,75 ~ 31,5	95 ~ 100	90 ~ 100	75 ~ 90	60 ~ 75	40 ~ 60	20 ~ 35	0 ~ 5	0	
Classe granulaire	4,75 ~ 9,5	95 ~ 100	80 ~ 100	0 ~ 15	0	—	—	—	—	
	9,5 ~ 16	—	95 ~ 100	80 ~ 100	0 ~ 15	0	—	—	—	
	9,5 ~ 19	—	95 ~ 100	85 ~ 100	40 ~ 60	0 ~ 15	0	—	—	
	16 ~ 26,5	—	—	95 ~ 100	55 ~ 70	25 ~ 40	0 ~ 10	0	—	
	16 ~ 31,5	—	—	95 ~ 100	85 ~ 100	55 ~ 70	25 ~ 40	0 ~ 10	0	

3.3.4 Les diamètres nominaux maximaux des grains des différents types de granulats grossiers et des granulats grossiers recyclés pour différents mélanges de béton de ciment pour couches de revêtement de chaussée doivent être conformes aux prescriptions du tableau 3.3.4.

Tableau 3.3.4 Diamètres nominaux maximaux des grains (mm) des différents types de granulats grossiers et de granulats grossiers recyclés pour chaque mélange de béton de ciment de différentes couches de revêtement de chaussée

Classe de charge du trafic		Charge de trafic extrêmement lourde, spécialement lourde et lourde		Charge de trafic moyen et léger		Méthode d'essai
Type de couches de revêtement		Béton de ciment	Béton de fibres Béton armé	Béton de ciment	Béton compacté au rouleau (BCR), Béton de parpaing	
Dimension maximale nominale du granulat	Pierre cassée	26,5	16,0	31,5	19,0	JTG E42 T0302
	Cailloux cassés	19,0	16,0	26,5	19,0	
	Cailloux	16,0	9,5	19,0	16,0	
	Granulat grossier recyclé	—	—	26,5	19,0	

3.4 Granulat fin

3.4.1 Les granulats fins doivent être du sable naturel dur, durable et propre ou du sable manufacturé. Il convient de ne pas utiliser de granulats fins recyclés.

Note explicative de l'article :

Le granulat fin recyclé a un taux d'absorption d'eau élevé, il est difficile de contrôler le rapport eau-ciment, et la perte d'affaissement du mélange est grande et rapide. Lorsqu'il est utilisé dans le béton de revêtement, l'écart type de la résistance à la flexion et la fluctuation de la résistance à l'abrasion de la surface sont relativement grands. Du fait qu'il n'y a pas de validation des effets sur les autres caractéristiques de durabilité de la chaussée et il n'est donc pas recommandé de les utiliser.

3.4.2 La qualité des sables naturels pour le béton de revêtement des routes classées soumises à une charge de trafic extrêmement lourde, très lourde ou lourde ne doit pas être inférieure à la classe II spécifiée dans le tableau 3.4.2. Le béton de ciment du revêtement des routes classées soumises à une charge de trafic moyenne ou légère peut utiliser du sable naturel de catégorie III.

Tableau 3.4.2 Critères de qualité du sable naturel

No du point de contrôle	Contrôle	Exigence technique			Méthode d'essai
		classe I	classe II	classe III	
1	Solidité (calculée par perte de masse) (%), ≤	6,0	8,0	10,0	JTG E42 T0340
2	Teneur en sols fins (calculée en masse) (%), ≤	1,0	2,0	3,0	JTG E42 T0333
3	Teneur en blocs de sols fins (calculée en masse) (%), ≤	0	0,5	1,0	JTG E42 T0335
4	Teneur en ion chlorure ^a (calculée en masse) (%), ≤	0,02	0,03	0,06	GB/T 14684
5	Teneur en mica (calculée en masse) (%), ≤	1,0	1,0	2,0	JTG E42 T0337
6	Teneur en sulfure et en sulfate ^a (calculée en masse de SO ₃) (%), ≤	0,5	0,5	0,5	JTG E42 T0341
7	Teneur en coquillages dans le sable de mer (calculée en masse) (%), ≤	3,0	5,0	8,0	JGJ 206
8	Teneur en substances légères (calculée en masse) (%), ≤	1,0			JTG E42 T0338
9	Taux d'absorption d'eau (%), ≤	2,0			JTG E42 T0330
10	Densité apparente (kg/m ³), ≥	2500,0			JTG E42 T0328
11	Densité de l'empilement en vrac (kg/m ³), ≥	1400,0			JTG E42 T0331
12	Teneur en vides (%), ≤	45,0			JTG E42 T0331
13	Teneur en matières organiques (méthode colorimétrique)	qualifié			JTG E42 T0336
14	Réaction active alcaline ^a	Il ne doit pas y avoir de réaction alcaline active ou de réaction alcaline active suspecte			JTG E42 T0325
15	Teneur en silice à l'état cristallin ^b (%), ≥	25,0			JTG E42 T0324

Note: ^a Réaction active alcaline, la teneur en ion chlorure, les teneurs en sulfure et sulfate doivent être examinés au moins une fois avant l'utilisation du sable naturel.

^b La teneur en silice cristalline autre que la silice cryptocristalline et vitreuse est déterminée selon la méthode de lithofaciès T0324 de la « Procédure d'essai de granulats pour travaux routiers » JTG E42.

3.4.3 Le fuseau granulométrique du sable naturel doit répondre aux prescriptions du tableau 3.4.3. Le module de finesse du sable naturel utilisé pour le béton de ciment de revêtement doit être compris entre 2,0 et 3,7.

Tableau 3.4.3 Fuseau granulométrique recommandé pour les sables naturels

Classification des sables	Module de finesse	Taille du tamis à mailles carrées (mm) (Méthode d'essai JTG E42 T0327)							
		9,5	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15	0,075
		Pourcentage de masse du passant au tamis (%)							
Sable gros	3,1 ~ 3,7	100	90 ~ 100	65 ~ 95	35 ~ 65	15 ~ 30	5 ~ 20	0 ~ 10	0 ~ 5
Sable moyen	2,3 ~ 3,0	100	90 ~ 100	75 ~ 100	50 ~ 90	30 ~ 60	8 ~ 30	0 ~ 10	0 ~ 5
Sable fin	1,6 ~ 2,2	100	90 ~ 100	85 ~ 100	75 ~ 100	60 ~ 84	15 ~ 45	0 ~ 10	0 ~ 5

3.4.4 Il est souhaitable que les sables manufacturés soient produits à partir de pierres concassées et avec des équipements spéciaux. Les critères de qualité du sable manufacturé pour la couche de revêtement des routes des classes de charge de trafic extrêmement lourde, très lourde ou lourde ne doivent pas être inférieurs à la classe II spécifiée dans le tableau 3.4.4, et le sable manufacturé de classe III peut être utilisé pour le béton de couche de revêtement de route de classes de charge de trafic moyen ou léger.

Tableau3.4.4 Critères de qualité du sable manufacturé

No de point de contrôle	Contrôle	Exigence technique			Méthode d'essai	
		classe I	classe II	classe III		
1	Rési Résistance à la compression des roches mères mères du sable manufacturé (MPa), \geq	80,0	60,0	30,0	JTG E41 T0221	
2	Valeur du polissage des roches mères du sable manufacturé, \geq	38,0	35,0	30,0	JTG E42 T0321	
3	Indice d'écrasement maximal d'une classe granulaire de sable manufacturé (%), \leq	20,0	25,0	30,0	JTG E42 T0350	
4	Solidité (calculée par perte de masse) (%), \leq	6,0	8,0	10,0	JTG E42 T0340	
5	Teneur en ions chlorure ^a (calculée en masse), \leq	0,01	0,02	0,06	GB/T 14684	
6	Teneur en mica (calculée en masse) (%), \leq	1,0	2,0	2,0	JTG E42 T0337	
7	Teneur en sulfures et en sulfates ^a (calculée en masse de SO ₃) (%), \leq	0,5	0,5	0,5	JTG E42 T0341	
8	Teneur en bloc de boues (calculée en masse) (%), \leq	0	0,5	1,0	JTG E42 T0335	
9	Teneur en poudre (% de roche (%), <	Valeur MB < 1,40 ou qualifié	3,0	5,0	7,0	JTG E42 T0349
		Valeur MB \geq 1.40 ou non qualifié	1,0	3,0	5,0	
10	Teneur en substances légères (calculée en masse) (%), \leq	1,0			JTG E42 T0338	
11	Taux d'absorption d'eau (%), \leq	2,0			JTG E42 T0330	
12	Densité apparente (kg/m ³), \geq	2500,0			JTG E42 T0328	
13	Densité de l'empilement en vrac (kg/m ³), \geq	1400,0			JTG E42 T0331	
14	Teneur en vides (%), \leq	45,0			JTG E42 T0331	
15	Teneur en matières organiques (méthode colorimétrique)	Qualifié			JTG E42 T0336	
16	Réaction active alcaline ^a	Il ne doit pas y avoir de réaction alcaline active ou de réaction alcaline active suspecte			JTG E42 T0325	

Note:^aRéaction active alcaline, la teneur en ions chlorure, sulfures et sulfates doivent être testés au moins une fois avant l'adoption du sable manufacturé.

3.4.5 Il est souhaitable que le fuseau granulométrique des sables manufacturés soit conforme aux prescriptions du tableau 3.4.5. Le module de finesse de ce sable utilisé pour les couches de surface en béton de ciment doit être compris entre 2,3 et 3,1.

Tableau3.4.5 Fuseau granulométrique des sables manufacturés

Classement des sables manufacturés	Module de finesse	Taille du tamis à mailles carrées (mm) (méthode d'essai JTG E42 T0327)						
		9,5	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15
		Pourcentage de masse traversant chaque maille de tamis par méthode de lavage à l'eau (%)						
Sable de classe I	2,3 ~ 3,1	100	90 ~ 100	80 ~ 95	50 ~ 85	30 ~ 60	10 ~ 20	0 ~ 10
Sables de classes II et III	2,8 ~ 3,9	100	90 ~ 100	50 ~ 95	30 ~ 65	15 ~ 29	5 ~ 20	0 ~ 10

3.4.6 L'utilisation de granulats fins doit également répondre aux prescriptions suivantes :

1. Le sable de mer ne doit pas être utilisé dans les chaussées en béton armé et les chaussées en béton de fibres d'acier.
2. Les sables dont la différence de module de finesse est supérieure à 0,3 doivent être stockés séparément et leur dosage doit être déterminée séparément.
3. Un agent de réduction d'eau à entraînement d'air à haute efficacité ou un agent de réduction d'eau à haute performance d'acide polycarboxylique doit être ajouté comme additif lorsque le sable manufacturé convient pour l'utilisation.

3.5 Eau

3.5.1 L'eau potable conforme aux « Normes d'hygiène pour l'eau potable » (GB 5749) en vigueur peut être utilisée directement comme eau de malaxage et de cure du béton.

3.5.2 L'eau non potable doit être soumise à un contrôle de qualité et doit être conforme aux dispositions du tableau 3.5.2 pour être utilisable. En outre, des essais de comparaison du temps de prise du ciment et de la résistance du mortier de ciment doivent également être effectués avec de l'eau distillée. La différence entre le temps de prise initiale et le temps de prise finale du ciment de l'essai comparatif ne doit pas être supérieure à 30 min et les résistances à 3 jours et 28 jours du

mortier de ciment préparé avec l'eau non potable ne doivent pas être inférieure à 90% des valeurs du mortier préparé avec de l'eau distillée.

Tableau 3.5.2 Critères de qualité de l'eau non potable

No du point de contrôle	Contrôle	Béton armé et béton de fibres d'acier	Béton ordinaire	Méthode d'essai
1	Valeur du pH \geq	5,0	4,5	JGJ 63
2	Teneur en Cl^- (mg/L), \leq	1000	3500	
3	Teneur en SO_4^{2-} (mg/L), \leq	2000	2700	
4	Teneur en alcali (mg/L), \leq	1500	1500	
5	Teneur en matières solubles (mg/L), \leq	5000	10000	
6	Teneur en matières insolubles (mg/L), \leq	2000	5000	
7	Autres impuretés	L'eau ne doit pas contenir de graisse ni de mousse flottantes ; il ne doit pas y avoir de couleur ni d'odeur évidente		

Note explicative de l'article :

La qualité de l'eau polluée est complexe et difficile à décrire complètement par des indicateurs. Il est donc nécessaire, pour les eaux de mélange légèrement polluées, de procéder à des essais comparatifs avec de l'eau distillée pour vérifier qu'elles n'ont pas d'effet significatif sur le temps de prise et la résistance du béton.

3.5.3 La teneur en matières insolubles et autres impuretés peut ne pas être vérifiée pour l'eau de cure, tandis que les autres indicateurs doivent être conformes aux dispositions du tableau 3.5.2.

3.6 Adjuvants

3.6.1 La qualité des adjuvants pour béton de ciment de revêtement de chaussée doit être conforme aux normes nationales et industrielles en vigueur mais aussi aux exigences du tableau 3.6.1. Les méthodes d'essai des différentes propriétés doivent être conformes aux prescriptions de la norme « *Adjuvants pour béton* » (GB 8076) en vigueur.

Tableau3. 6. 1 Critères de qualité des adjuvants pour béton de ciment pour revêtement de chaussée

Point de contrôle	Agent réducteur d'eau ordinaire	Agent réducteur d'eau à haute efficacité	Agent entraîneur d'air	Agent réducteur d'eau entraînant l'air	Agent réducteur d'eau entraînant l'air à haute efficacité	Retardateur de la prise	Agent réducteur d'eau et à prise lente	Agent de réduction d'eau à haute efficacité retardant la prise de l'aéragé et entaînant l'air	Agent à résistance précoce	Agent réducteur d'eau à résistance précoce	Réducteur d'eau à haute efficacité et à haute résistance initiale	Agent réducteur d'eau à haute efficacité entraînant l'air, à haute résistance initiale
Taux de réduction de l'eau(%) , ≥	8	15	8	12	18	—	8	15	—	8	15	15
Taux de ségrégation (%), ≤	100	90	80	80	90	100	100	80	100	95	90	95
Teneur en air ^a (%)	≤ 4,0	≤ 3,0	≥ 3,0	≥ 3,,	≥ 3,0		≤ 5,5	≥ 3,0	—	≤ 4.0	≤ 3.0	≥ 3.0
Différence de temps de la prise ^b (min)	- 90 ~ + 120	- 90 ~ + 120	- 90 ~ + 120	- 60 ~ + 90	> +9	> +90	> +90	> +90	-90 ~ +90	-90 ~ +90	-90 ~ +90	-90 ~ +90
Rapport de rapport de résistance à la compression (%) , ≥	1j 3j 7j 28j	140 130 125 120	— 95 95 90	— 115 110 100	— 120 115 105	— 100 110 110	— — 115 110	— — 125 120	— — 110 100	135 130 110 100	140 130 125 120	135 130 110 100
Rapport de résistance à la flexion ^c (%) , ≥ 1j	1j 3j 28j	— 125 115	— — 105	— — 110	— 120 115	— — 105	— — 105	— — 115	— — 100	130 120 105	135 125 110	130 120 110
Taux de contraction (%) , ≤	28j	125	120	120	120	125	125	120	130	130	130	120
Perte par abrasion ^d (kg/m ²) ≤	28j	2,5	2,5	2,5	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0

Note : En plus de la teneur en air, les données répertoriées dans le tableau sont les différences ou les rapports entre le béton dopé d'adjuvant et le béton de référence.

^a La perte progressive maximale de la teneur en air pendant 1 heure doit être inférieure à 1,5% pour l'agent entraîneur d'air et les divers agents réducteurs d'eau entraîneur d'air.

^b Le signe " - " dans la norme de qualité pour la différence de temps de prise indique une avance, et le signe " + " indique un retard.

^c Le contrôle du rapport de résistance à la flexion ne s'applique qu'au béton pour les chaussées.

^d Le contrôle de la perte par abrasion ne s'applique qu'au béton pour les chaussées et les tabliers de pont.

3.6.2 La composition chimique principale et les précautions d'emploi doivent être indiquées dans le document de livraison des adjuvants. Les différents adjuvants du béton de ciment de la couche de revêtement doivent être testés et contrôlés par un organisme compétent, et un rapport d'inspection doit être fourni avant qu'ils soient utilisés.

3.6.3 Les adjuvants doivent être mélangés à titre d'essai avec le ciment, les granulats et l'eau de mélange effectivement utilisés dans le projet, afin de vérifier les propriétés et de déterminer la quantité d'apport appropriée.

3.6.4 Lors de l'utilisation d'adjuvants composés, il ne doit pas y avoir de floculation. Avant d'être adoptés, ils doivent être mélangés à titre d'essai avec le ciment, les granulats et l'eau de mélange réellement utilisés dans le projet afin de s'assurer que les propriétés répondent aux exigences.

3.6.5 Tous les types d'adjuvants solubles doivent être entièrement dissous en solution aqueuse homogène, ajoutée selon le dosage calculé en fonction de la composition du mélange.

3.6.6 Lors de l'utilisation d'adjuvants pulvérulents insolubles dans l'eau, il convient de veiller à ce qu'ils soient uniformément dispersés, sans agglomération lors du mélange du béton.

3.6.7 Pour l'exécution du revêtement en béton de ciment par machine à coffrage glissant, il convient d'utiliser un agent de réduction d'eau à haute efficacité avec entraîneur d'air. Lorsque le temps de prise initiale du mélange de béton en construction à haute température est inférieur à 3 h, il convient d'utiliser un agent de réduction d'eau à haute efficacité retardé avec entraîneur d'air. Lorsque le temps de prise finale est supérieur à 10 h en construction à basse température, il convient d'adopter un réducteur d'eau à haute efficacité à résistance précoce avec entraîneur d'air.

3.6.8 Dans les zones où la résistance au gel et aux sels de déverglaçage est exigée, un entraîneur d'air doit être incorporé dans le béton de ciment des couches de revêtement et du béton des structures exposées de toutes les classes de routes. Pour la couche de revêtement en béton de ciment des routes de deuxième classe et supérieures situées dans des zones où la résistance au gel n'est pas requise, il convient d'utiliser un entraîneur d'air.

Note explicative de l'article :

Lorsque la résistance au gel et aux sels de déverglaçage est requise, il est nécessaire d'utiliser un entraîneur d'air et la quantité d'air requise doit être atteinte. Cela a pour but d'améliorer la résistance au gel et aux sels de déverglaçage des chaussées et des éléments de surface en béton en contact direct avec la glace et la neige. Lorsqu'il n'y a pas d'exigence de résistance au gel, les

dispositions relatives à l'inclusion d'entraîneur d'air dans le béton ont pour but d'augmenter la viscosité du béton et la richesse du mortier de surface, d'assurer la planéité, d'augmenter la résistance à la flexion, de réduire le taux de contraction et de déformation des joints et d'améliorer l'efficacité économique de l'ouvrage.

3.6.9 Dans les environnements d'eau de mer, de vent marin, d'ions chlorures ou avec des sels de déverglaçage répandus en hiver, le béton armé et le béton de fibres d'acier des chaussées et des tabliers de pont peut être formulé avec un inhibiteur de corrosion. Les critères de qualité, les méthodes d'essais et les techniques d'application des produits inhibiteurs de corrosion doivent satisfaire aux exigences de la « *Spécification technique pour l'application des inhibiteurs de corrosion sur les armatures* » (JGJ/T 192) en vigueur.

3.7 Armatures

3.7.1 Les armatures, les treillis métalliques, les goujons et les fers de liaison, utilisés dans les revêtements en béton de ciment, en béton armé et en béton armé continu doivent répondre aux exigences des normes nationales et industrielles pertinentes en vigueur.

3.7.2 Les barres d'armature doivent être exemptes de fissures, ruptures, entailles, huile ou rouille en surface. Les armatures utilisées dans le revêtement de chaussée en béton armé et les tabliers de pont doivent être protégées par un enduit de résine époxy ou une peinture antirouille.

3.7.3 Les goujons doivent être exempts de bavures, et les extrémités doivent être usinées en forme de cône ou avec un chanfrein rond d'un rayon de 2 à 3 mm.

3.7.4 Les barres de transmission d'effort des joints de dilatation doivent être munies, à une extrémité, de capuchons en acier galvanisé ou de bouchons en plastique étanches à l'eau. L'épaisseur des bouchons ne doit pas être inférieure à 2,0 mm. La longueur des bouchons doit être de 100 mm avec une longueur libre de 30 mm à l'intérieur du capuchon.

3.7.5 Des mesures de protection contre la rouille, telles qu'un revêtement de plastique, la galvanisation, la galvanoplastie ou la peinture antirouille doivent être adoptées pour les barres de liaison, sans perte locale de la couche antirouille. Les mesures protection contre la rouille telles que la peinture antirouille doivent être appliquées sur une longueur d'au moins 100 mm au milieu de la barre de liaison.

3.8 Fibres

3.8.1 La qualité des fibres d'acier utilisées dans les revêtements de chaussée et les tabliers de ponts en béton de ciment doit être conforme aux exigences de la « *Spécification technique pour l'application du béton de fibres* » (JGJ/T 221) et autres normes en vigueur, et doit également répondre aux prescriptions suivantes :

1. La classe de résistance à la traction de la fibre d'acier ne doit pas être inférieure à la classe 600.
2. Les fibres d'acier doivent être efficacement protégées contre la rouille.
3. Les paramètres géométriques et la précision de forme des fibres d'acier doivent satisfaire aux exigences du tableau 3.8.1. Les fibres d'acier de type fils métalliques coupés ou les fibres d'acier ondulées et barbelées ne doivent pas être utilisées.

Tableau 3.8.1 Exigences relatives aux paramètres géométriques et de précision de forme des fibres d'acier

Paramètres géométriques et précision de forme des fibres d'acier	Longueur (mm)	Taux de de longueur qualifiée (%)	Diamètre (diamètre équivalent) (mm)	Taux de de forme qualifiée (%)	Taux de flexion qualifiée (%)	Écart entre le nombre moyenne fibres et le nombre nominal de fibres (%)	Teneur en impuretés (%)	Méthode d'essai
Exigences techniques	25 ~ 50	> 90	0,3 ~ 0,9	> 90	> 90	± 10	< 1,0	JGJ/T 221

4. La surface de la fibre d'acier ne doit pas être contaminée par des taches d'huile ou des substances qui entravent l'adhérence du ciment, la prise et le durcissement du béton. Les fibres d'acier qui sont agglomérées ou liées entre elles ne doivent pas être utilisées.

Note explicative de l'article :

Une fois que la fibre d'acier de type fils coupés est exposée, sa pointe est dangereuse. La fibre d'acier ondulée et barbelée peut former facilement une agglomération pendant le malaxage, ce qui ne peut pas garantir la qualité de la construction, son utilisation n'est donc pas autorisée.

3.8.2 L'aspect des fibres coupées courtes de basalte utilisées dans le revêtement en béton de ciment doit être brun doré, homogène et exempt de pollution de surface. La teneur en silice doit être comprise entre 48% et 60%. L'agent mouillant de surface doit être hydrophile. La qualité de la fibre de basalte doit répondre aux exigences du tableau 3.8.2-1 ; les spécifications, les dimensions et la précision de la fibre hachée courte de basalte doivent être conformes aux exigences du tableau 3.8.2-2.

Tableau3.8.2-1 Critères de qualité des fibres de basalte

No du point de contrôle	Contrôle	Exigence technique ^b	Méthode d'essai
1	Résistance à la traction (MPa), ≥	1500	JT/T 776.1
2	Module d'élasticité (MPa), ≥	$8,0 \times 10^5$	
3	Densité (g/cm ³)	2,60 ~ 2,80	
4	Teneur en eau (%), ≤	0,2	
5	Résistance aux alcalis ^a (taux de résistance résiduelle à la rupture) (%), ≥	75	

Note: ^a Le test de résistance aux alcalis est effectué pour avoir le taux de la force de rupture résiduelle après que la fibre ait bouilli dans une solution saturée de Ca(OH)₂ pendant 4 h.

^b À l'exception de la densité et de la teneur en eau, le coefficient de variation de chaque valeur mesurée ne doit pas être supérieur à 10%.

Tableau3.8.2-2 Spécifications, dimensions et précision des fibres coupées courtes de basalte

Type de fibre	Longueur nominale (mm)	Taux de longueur qualifiée (%)	Diamètre nominal d'une fibre (μm)	Densité de fils (tex)	Taux de densité de fils qualifié (%)	Taux d'aspect qualifié (%)	Méthode d'essai
Fil toronné ^a (S)	20 ~ 35	>90	9 ~ 25	50 ~ 900	>90	≥95	JT/T776.1
Fil toronné torsadé ^b (T)	20 ~ 35	>90	7 ~ 13	30 ~ 800	>90	≥95	

Note: ^a Le fil toronné s'applique au béton de fibre de basalte ayant des exigences de résistance à la fissuration ;

^b Le fil toronné torsadé convient au béton de fibre de basalte pour améliorer la résistance à la flexion.

Note explicative de l'article :

L'aspect du filament de la fibre de basalte et des fils coupés courts doit être brun doré. C'est le signe le plus notable qui distingue la fibre de basalte de la fibre de verre ou d'autres fibres inorganiques et fibres organiques, et c'est la seule couleur déterminante des fibres de basalte. La

raison en est que le basalte contient une certaine quantité d'oxyde ferrique noir. Pendant le tréfilage, l'oxyde ferrique à la surface est oxydé en trioxyde de fer rouge doré, avec une teneur de 9% à 14%. Le brun est une couleur de fusion du rouge de surface et des minéraux noirs à l'intérieur.

3.8.3 Les fibres synthétiques utilisées dans la couche de revêtement en béton de ciment peuvent être des fibres monofilamentaires ou des fibres grossières en polyacrylonitrile (PANF), polypropylène (PPF), polyamide (PAF) et alcool polyvinylique (PVAF). Leur qualité doit satisfaire aux exigences du document « *Fibres synthétiques pour béton de ciment et mortier* » (GB/T 21120) en vigueur. En outre, la valeur minimale de la résistance à la traction mesurée sur une seule fibre ne doit pas être inférieure à 450 MPa.

3.8.4 Les spécifications, la précision de fabrication et la dispersion des fibres synthétiques doivent satisfaire aux exigences du tableau 3.8.4.

Tableau 3.8.4 Spécifications des fibres synthétiques, précision de fabrication et exigences de dispersion

Classification des formes	Longueur (mm)	Diamètre équivalent (µm)	Taux de longueur qualifiée (%)	Taux de forme qualifiée (%)	Dispersibilité dans le béton (%)	Méthode d'essai
Fibre monofilament	20 ~ 40	4 ~ 65	> 90	> 90	± 10	GB/T 21120
Fibres grossières	20 ~ 80	100 ~ 500				

3.9 Matériau de joint

3.9.1 La hauteur, la longueur et l'épaisseur de la plaque du joint de dilatation utilisée pour les chaussées en béton de ciment doivent être conformes aux exigences de la conception et les trous des goujons doivent être réservés en fonction de l'espacement de conception. Le diamètre des trous doit être supérieur de 2 mm à celui du goujon. L'écart de hauteur et d'épaisseur doit être inférieur à 1, 5 mm.

3.9.2 La qualité de la plaque de joint de dilatation doit être conforme aux prescriptions du tableau 3.9.2.

Tableau3.9.2 Critères de qualité de la plaque de joint de dilatation

Point de contrôle	Types de plaques de joint de dilatation			Méthode d'essai
	Plaque en plastique, plaque en caoutchouc (mousse)	Panneaux de fibres bitumés	Planches de bois imbibé d'huile	
Contrainte de compression (MPa)	0,2 ~ 0,6	2,0 ~ 10,0	5,0 ~ 20,0	JTT 203
Taux de récupération élastique (%), \geq	90	65	55	
Quantité extrudée (mm), <	5,0	3,0	5,5	
Charge de flexion(N)	0 ~ 50	5 ~ 40	100 ~ 400	

- Note;1. Les planches de bois imbibé d'huile doivent être séchées à l'air, les cicatrices doivent être éliminées et remplies de bois lors de leur traitement, et la durée d'imprégnation dans l'huile ne doit pas être inférieure à 4 heures.
 2. Les épaisseurs des différentes plaques de joints doivent être de 20 à 25 mm \pm 2 mm.

Note explicative de l'article :

Dans le passé, les plaques de joints de dilatation des revêtements de chaussée en béton de ciment des routes en Chine étaient généralement en bois de pin ou de peuplier ordinaire. À l'utilisation, il a été constaté que les vermouluures et le taux de décomposition étaient assez élevés. Deux ou trois ans plus tard, la plupart des planches de bois étaient décomposées en poudre humide et pour l'essentiel inutilisables. Par conséquent, lors de l'utilisation de planches en bois, il est nécessaire qu'elles soient imbibées de kérosène ou de diesel pour la lutte antiparasitaire et le traitement anticorrosion.

3.9.3 Les plaques de joints de dilatation des autoroutes et des routes de première classe doivent être en plastique, en caoutchouc (mousse) ou en panneaux de fibres bitumés ; les autres routes classées peuvent également utiliser du bois imprégné d'huile.

3.9.4 La qualité du matériau de remplissage de joint en polyuréthane pour construction à température ambiante doit satisfaire aux prescriptions du tableau 3.9.4. Il ne faut pas incorporer de noir de carbone ou autres garnitures inorganiques dans le matériau de joint à base de polyuréthane.

Tableau3.9.4 Critères de qualité de garniture de joint en polyuréthane pour construction à température normale

No	Point de contrôle	Type de module faible	Type de module élevé	Méthode d'essai
1	Temps de séchage à l'air (h), \leq	4	4	GB/T 13477.5
2	Temps de perte d'adhérence-durcissement (h), \leq	12	10	JT/T 203

suite

No	Point de contrôle		Type de module faible	Type de module élevé	Méthode d'essai
3	Module de traction (MPa)	23°C	0,20 ~ 0,40	> 0,40	GB/T 13477. 8
		-20°C	0,30 ~ 0,60	> 0,60	
4	Taux de récupération élastique (%), \geq		75	90	JT/T 203
5	Adhésion au béton à l'allongement standard (état sec, 23°C)		Aucun dommage à 100% de l'allongement standard	Aucun dommage à 60% de l'allongement standard	GB/T 13477. 10
6	Allongement(-10°C) (mm), \geq		25	15	JT/T 203
7	Pénétration après durcissement (0.1mm)		40 ~ 60	20 ~ 40	JTG E20 T0604
8	Résistance à l'eau, cohésion après 4 jours d'immersion dans l'eau		Aucun dommage à 100% de l'allongement standard	Aucun dommage à 60% de l'allongement standard	GB/T 13477. 10
9	Résistance à température élevée		(60°C \pm 2°C) \times 168h sur surface inclinée à 45° : pas d'écoulement, pas de fissuration, pas de collage	(80°C \pm 2°C) \times 168h sur surface inclinée à 45° : pas d'écoulement, pas de fissuration, pas de collage	JTG E20 T0608
10	Résistance à la fissuration à température négative		(-40°C \pm 2°C) \times 168h, avec une flexion de 90 degrés, sans fissuration	(-20°C \pm 2°C) \times 168h, avec une flexion de 90 degrés, sans fissuration	JTG E20 T0613
11	Résistance aux hydrocarbures		Après avoir été imbibé pendant 48 heures dans l'essence n° 93, mettre en repos pendant 72 heures à une température de 23°C \pm 3°C et à une humidité de 50% \pm 5%, la diminution d'allongement est \leq 20%		GB/T 528
12	Résistance au vieillissement accéléré par la lumière, l'oxygène et la chaleur (méthode d'irradiation avec des lampes à arc au xénon)		Après une irradiation de 180 h, il n'y a pas d'écoulement, pas de décoloration, pas d'écaillage et pas de fissuration. L'allongement à -10°C n'est pas inférieur à 80% de celui avant vieillissement. Le test d'adhérence au béton à l'allongement standard ne présente pas de fissure.		JT/T 203 GB/T 13477. 10

3.9.5 La qualité du matériau de remplissage des joints en silicone pour construction à température ordinaire doit être conforme aux exigences du tableau 3.9.5.

**Tableau3.9.5 Critères de qualité du matériau de remplissage de joint
en silicone pour construction à température ordinaire**

No	Point de contrôle	Type de module faible	Type de module élevé	Méthode d'essai	
1	Temps de séchage à l'air (h), ≤	3		GB 13477.5	
2	Pénétration (0,1mm), ≤	80	50	JTG E20 T0604	
3	Module d'allongement à 100% (MPa)	23°C	≤ 0,4	> 0,4	GB 13477.8
		-20°C	≤ 0,6	> 0,6	
4	Adhérence au béton à l'allongement standard	60% de l'allongement standard	sans rupture	sans rupture	GB 13477.10
5	Taux de récupération élastique (%), ≥	75	90	GB 13477.17	
6	Résistance à la traction (MPa), ≥	Sans traitement	0,20	0,40	GB/T 528
		Vieillessement thermique (80°C ; 68h)	0,5	0,30	
		Ultraviolet (300W, 168h)	0,15	0,30	
		Imbibition (4 j)	0,15	0,30	
7	Allongement (%), ≥	Sans traitement	600	500	JT/T 203
		Vieillessement thermique(80°C, 168h)	500	400	
		Ultraviolet (300W, 168h)	500	400	
		Imbibition (4 j)	600	500	
8	Résistance à haute température	(90°C ± 2°C) × 168h sur surface inclinée à 45° ; pas d'écoulement, pas de fissuration, pas de collage		JTG E20 T0608	
9	Résistance à la fissuration à température négative	(- 40°C ± 2 °C) × 168h, avec une flexion de 90 degrés, sans fissuration		JTG E20 T0613	
10	Résistance aux hydrocarbures	Après 48h d'imbibition dans l'essence n°93 , le taux de perte de masse est ≤ 5% et la surface de l'éprouvette n'est pas collante		GB/T 528	

Note explicative de l'article :

Pour les articles 3.9.4 à 3.9.5, les critères de qualité des matériaux de remplissage de joints pour construction à température ambiante à base de polyuréthane et de silicone ont été définis sur la base des résultats des projets de développement de l'ouest du ministère des transports " Etude technique complète pour la conception et la construction de chaussées en béton de ciment dans les

zones de loess" et "Etude sur l'évaluation de l'état de fonctionnement et les techniques de pré-entretien des chaussées en béton de ciment".

Les matériaux de remplissage de joint en polyuréthane et en silicone sont classés en deux types : module élevé et module faible en fonction des différences climatiques dans les zones utilisées. Cette classification repose essentiellement sur le fait qu'un matériau de remplissage ne peut pas satisfaire simultanément à deux types de prescriptions techniques contradictoires, d'une part avec des températures extrêmes élevées ne pas présenter d'écoulement, de ramollissement, ni d'intrusion de petits graviers dans le matériau de remplissage, et d'autre part, avec températures extrêmes négatives ne pas présenter de fissures et de rupture. Le classement en deux classes de module élevé et module faible a été fait, en espérant que les performances à haute et basse température, c'est-à-dire l'été et l'hiver, répondent aux exigences d'utilisation en même temps.

3.9.6 La qualité du matériau de remplissage des joints en bitume-caoutchouc de type mis en place à chaud doit être conforme aux dispositions du tableau 3.9.6.

Tableau 3.9.6 Critère de qualité du matériau de remplissage de joint en bitume de caoutchouc mis en place à chaud

Point de contrôle	Type haute température	Type ordinaire	Type basse température	Type froid sévère	Méthode d'essai
Étirage à basse température	En cycle 0°C/ R. H25% / 3, 15mm, un groupe de 3 éprouvettes passe le test	En cycle 10°C/ R. H50% / 3, 15mm, un groupe de 3 éprouvettes passe le test	En cycle -20°C/ R. H75% / 3, 15mm, un groupe de 3 éprouvettes passe le test	En cycle -30°C/ R. H100% / 3, 15mm, un groupe de 3 éprouvettes passe le test	JT/T 740
Pénétration (0,1mm)	≤ 70	50 ~ 90	70 ~ 110	90 ~ 150	
Point de ramollissement (°C)	≥ 80	≥ 80	≥ 80	≥ 80	
Distance d'écoulement (mm)	≤ 3	≤ 5	≤ 5	≤ 5	
Taux de récupération élastique (%)	30 ~ 70	30 ~ 70	30 ~ 70	30 ~ 70	

3.9.7 La qualité des matériaux de remplissage des joints en bitume de pétrole et en bitume modifié pour route mis en place à chaud doit être conforme aux prescriptions du tableau 3.9.7.

Tableau3.9.7 Critères de qualité pour les matériaux de remplissage de joint en bitume de pétrole routier et en bitume modifié mis en place à chaud

Point de contrôle	Bitume de pétrole No 70	Bitume de pétrole No 50	Bitume Modifié SBS I -C	Bitume Modifié SBS I -D	Méthode d'essai
Pénétration (25°C, 5s, 100g), (0,1mm)	60 ~ 80	40 ~ 60	60 ~ 80	40 ~ 60	JTG E20 T0604
Point de ramollissement (R&B) (°C), ≥	45	49	55	60	JTG E20 T0606
Ductilité 10°C (cm), ≥	15		—	—	JTG E20 T0605
Ductibilité (5°C, 5cm/min) (cm), ≥	—		30	20	JTG E20 T0605
Point éclair (°C), ≥	260		230		JTG E20 T0611
Taux de récupération élastique (25°C), ≥	40	60	65	75	JTG E20 T0662
Après vieillissement au test TFOT					
Variation de masse (%), ≤	± 0,8		± 1,0		JTG E20 T0603
Taux de pénétration résiduelle	61	63	60	65	JTG E20 T0604
Ductilité résiduelle (cm), (25°C), ≥	6	4	—	—	JTG E20 T0605
Ductilité résiduelle (cm), (5°C), ≥	—	—	20	15	JTG E20 T0605

3.9.8 Les matériaux de remplissage des joints tels que le silicone et le polyuréthane pour construction à température normale peuvent être utilisés pour les couches de revêtement en béton de ciment des diverses classes de routes. Le bitume caoutchouc et le bitume modifié peuvent être utilisés pour le remplissage des joints des routes de deuxième classe et inférieures, mais ne conviennent pas aux autoroutes et routes de première classe. Les produits de jointoiement à base de bitumes de pétrole routiers peuvent être utilisés pour le remplissage des joints des routes de troisième et quatrième classe, mais ne conviennent pas aux routes de deuxième classe, ni aux autoroutes et routes de première classe.

3.9.9 Les matériaux de remplissage des joints à faible module conviennent aux zones froides ou très froides. Les matériaux de remplissage à module élevé doivent être utilisés dans les autres zones. Le bitume caoutchouc doit être sélectionné parmi l'une des quatre catégories en fonction de la zone climatique locale. Le bitume de pétrole n°70 et/ou SBS classe I-C doit être utilisé dans les zones froides et très froides. Il est conseillé d'utiliser le bitume pétrolier n°50 et/ou le SBS I-D dans les zones chaudes et tièdes.

Note explicative de l'article :

Les matériaux de remplissage de joints au bitume de pétrole et au bitume modifié sont divisés en deux catégories applicables à la haute et à la basse température. Le bitume caoutchouc est divisé en 4 types : type température élevée, type température ordinaire, type basse température et type froid sévère, selon l'étirement à température négative avant rupture. Le type de matériau de

remplissage des joints doit être choisi en fonction de la température élevée extrême en juillet et de la température basse extrême en janvier de la région.

3.9.10 Les bandes de garnissage doivent avoir des performances telles qu'une bonne élasticité, une bonne flexibilité, n'absorbant pas l'eau, résistant à la corrosion alcaline et acide, et ne ramollissant pas à température élevée. Elles peuvent être fabriquées à partir de bandes de caoutchouc, de mousse de polyuréthane ou de mousse plastique microporeuse. La forme doit être de type cylindrique compressible, avec un diamètre de 2 à 5 mm plus grand que la largeur du joint.

3.10 Matériaux pour couche intercalaire et couche de scellement

3.10.1 Les matériaux utilisés pour la couche intercalaire en béton bitumineux doivent être conformes aux exigences des « Règles techniques pour la construction des revêtements bitumineux de routes » (JTG F40) en vigueur.

3.10.2 Les matériaux pour la couche en traitement superficiel bitumineux à chaud et la couche de scellement en coulis bitumineux modifié doivent être conformes aux dispositions des « Règles techniques pour la construction des revêtements bitumineux de routes » (JTG F40).

3.10.3 La qualité, les spécifications et l'aspect des matériaux utilisés en film mince pour la couche de scellement doivent être conformes aux exigences du tableau 3.10.3.

Tableau 3.10.3 Critères de qualité, spécifications et d'aspect des matériaux en film mince pour la couche de scellement

Type	Point de contrôle		Exigence technique	Méthode d'essai
Film géotechnique composite (un tissu un film, deux tissus et un film)	Épaisseur (mm)	Produit fini, \geq	0,30	GB/T 13761
		Matériau de film, \geq	0,06	GB/T 17598
	Résistance à la rupture nominale verticale et horizontale (kN/m), \geq		10	GB/T 15788
	Allongement longitudinal et transversal à la rupture (%), \geq		30	
	Résistance à la rupture CBR(kN), \geq		1,9	GB/T 14800
Résistance au pelage (N/cm), \geq		6	FZ/T 01010	
Tissu tissé en plastique composite	Masse par unité de surface (g/m^2), \geq		125	QB/T 3808
	Force de rupture longitudinale et transversale(kN/m), \geq		570	GB/T 1040.1 ~ 1040.5
	Force de pelage (N), \geq		2,5	GB 8808

suite

Type	Point de contrôle	Exigence technique	Méthode d'essai
Spécifications, aspect des films minces	Largeur nominale (mm), \geq	4000	GB/T6673, GB/T4666, QB/T 3808
	Écart de largeur admissible (%), \geq	+2,5, -1,0	
	Qualité apparente	Qualifié	Méthodes prescrites d'inspection sur chaque aspect des films minces

3.11 Matériau de cure

3.11.1 Les agents de cure utilisés pour les couches de revêtement en béton de ciment sont des émulsions aqueuses obtenues par broyage de colloïdes de paraffine, de polymères de haut poids moléculaire approprié, d'une quantité appropriée de stabilisant et d'agent de blanchiment. Le silicate de soude ne doit pas être employé en produit de cure. L'agent de cure doit être une émulsion colloïdale blanche et non une émulsion incolore et transparente. La qualité des agents de cure doit être conforme aux exigences du tableau 3.11.1.

Tableau 3.11.1 Critères de qualité de l'agent de cure

Point de contrôle		Produits de première classe	Produits qualifiés	Méthode d'essai
Taux de conservation efficace de l'eau (%), \geq		90	75	JT/T 522
Rapport de résistance à la compression ou rapport de résistance à la flexion ^a (%), \geq	7 jours	95	90	
	28 jours	95	90	
Perte de masse ^b (kg/m ²), \leq		3,0	3,5	
Teneur en matières solides ^c (%), \geq		20,4 ^c		
Temps de séchage (h), \geq		4		
Solubilité dans l'eau après formation d'un film		Il ne doit pas être soluble pendant la cure		
Résistance à la chaleur de la mise en film		Qualifié		

Note: ^a Le rapport de résistance à la flexion doit être vérifié pour la chaussée et le rapport de résistance à la compression pour les autres structures.

^b L'essai de perte de masse par usure est obligatoire pour les chaussées ayant des exigences de résistance à l'usure.

^c Cette valeur peut être de 15,0 lorsque le taux de rétention effective d'eau de l'agent de cure macromoléculaire utilisé est supérieur à 90%.

Note explicative de l'article :

Les mesures effectuées ont montré que le taux de rétention d'eau effectif du silicate de soude n'

était que de 45 % environ, ce qui est inférieur au minimum requis de 75 % pour un produit de cure qualifié. Par conséquent, les agents de cure fabriqués à partir de silicate de soude comme composant principal ne sont pas autorisés.

3.11.2 Pour les revêtements en béton de ciment des autoroutes et des routes de première classe l'agent de cure adopté doit satisfaire aux exigences des produits de première classe. Pour les autres routes classées, on peut utiliser des agents de cure qui répondent aux exigences des produits qualifiés.

3.11.3 Le film de cure de la couche de revêtement en béton de ciment, économisant l'eau, pour le maintien de l'humidité doit être fabriqué à partir d'une résine polymère macromoléculaire à haute absorption et rétention d'eau et d'un film en plastique imperméable à l'eau dont la qualité doit être conforme aux exigences du tableau 3.11.3.

Tableau3.11.3 Critères de qualité du film de cure pour le maintien de l'humidité et l'économie de l'eau

Propriété du film de cure		Performance du film de cure			Méthode d'essai
Température de ramollissement (°C), ≥	70	Taux de rétention effective d'eau à 3 jours (%) ≥	95	JG/T 188	
Quantité de vapeur d'eau traversant un film épais de 0,006 ~ 0,02mm (g/m ² · 1jour), ≤	47	Temps de rétention d'eau (jour)	7		
Résistance à la traction (MPa), ≥	Film double couche 14	Rapport de résistance à la compression du béton avec film de cure (par rapport à la cure standard) (%)	3j		95
	Film mono-couche 12		7j		95
Résistance à la déchirure à angle droit vertical et horizontal (kN/m) ≥	55	Rapport de résistance à la flexion (%) ^a du béton avec film de cure (par rapport à la cure standard), ≥	3j		95
Épaisseur du film carotté (mm)	0,08 ~ 0,10		7j		9
Épaisseur du film (mm)	0,12 ~ 0,15				
Écart de longueur admissible (%)	± 1,5	Isolation thermique (la différence entre la température ambiante et la température à l'intérieur de membrane (°C), ≥	4		
Largeur du film carotté	Les écarts négatifs ne sont pas autorisés	Quantité d'eau distillée absorbée par surface unitaire (kg/m ²) ≥	0,5		
Aspect du film de cure et du film carotté	propres et bien entretenus non endommagés	Quantité d'usure du béton conservé par le film de cure (kg/m ²), ≤	2,0		

Note:^aLorsque des films de cure du maintien de l'humidité et de l'économie de l'eau sont utilisés sur des chaussées en béton de ciment, la quantité d'abrasion et le rapport de résistance à la flexion doivent être examinés.

3.11.4 En cas de période de construction à température élevée, il convient de choisir un film de cure blanc réfléchissant pour le maintien de l'humidité et l'économie d'eau, tandis qu'il est préférable de choisir des produits absorbant la chaleur, noir ou bleu, en cas construction à basse température

交通运输部信息公开
浏览专用

4 Conception du mélange

4.1 Prescriptions générales

4.1.1 La conception du mélange du béton de ciment de couche de chaussée routière doit répondre aux exigences en matière de résistance à la flexion, de maniabilité et de durabilité, tout en tenant compte de l'économie.

4.1.2 Il faut adopter des matières premières qui répondent aux exigences des critères de qualité requis du présent règlement et qui ont des performances stables. La conception du mélange doit être effectuée à partir de plusieurs combinaisons de matériaux.

4.1.3 Un plan d'expérience orthogonal doit être adopté pour la conception du mélange de béton de ciment des chaussées des autoroutes et routes de première classe ; une méthode de formulation empirique peut être utilisée pour les routes de deuxième classe et inférieures.

4.1.4 La formulation du béton doit comporter deux étapes : la conception du mélange cible et la conception du mélange du chantier. La conception du mélange cible doit déterminer les teneurs en ciment et en granulats, le rapport eau-ciment (cimentaire), la teneur en adjuvant du béton ainsi que la quantité de fibres d'apport pour le béton de fibres. Le mélange du chantier doit être déterminé à partir d'un mélange d'essai en centrale de malaxage. La formulation adoptée ne doit pas être ajustée sans autorisation pendant le chantier.

4.1.5 La conception du mélange cible doit faire l'objet d'un contrôle complet de la performance du béton et il faut spécifier l'écart admissible entre le mélange cible et le mélange de chantier. Le mélange cible doit être formulé conformément aux exigences suivantes :

- 1 Les paramètres de contrôle du mélange du béton sont proposés par calcul ou test orthogonal en fonction des exigences sur les matériaux, des matières premières, de la structure de la chaussée et de la technologie de construction.

- 2 Réaliser le mélange d'essai en laboratoire selon la formulation proposée, mesurer les indices de différentes performances. Choisir comme mélange cible, un mélange économique et raisonnable qui satisfait aux exigences de résistance à la flexion, d'ouvrabilité et de durabilité du béton.
- 3 Selon les conditions de malaxage en centrale, la performance du mélange est examinée et ajustée pour répondre aux exigences du dosage cible.

4.1.6 Le mélange de chantier doit être conforme aux données mesurées du mélange cible et être déterminé conformément aux exigences suivantes :

- 1 La teneur en ciment dans le mélange de chantier peut être augmentée de 5 à 10 kg/m³ par rapport au mélange cible en fonction de la perte lors du processus de mélange.
- 2 Le dosage des différents matériaux est calculé en fonction du mélange cible et un mélange d'essai est effectué en fonction des besoins de production réels.
- 3 La résistance à la flexion, l'ouvrabilité et la durabilité du béton sont testées pour déterminer si les exigences sont satisfaites ou non.
- 4 Les données d'essai sont synthétisées pour proposer la formulation de chantier, déterminer les paramètres de la centrale et identifier les exigences pertinentes pour l'ajustement des paramètres d'approvisionnement et l'ajout d'eau de la centrale de mélange en fonction de la teneur en eau réelle des granulats pendant la construction.

4.1.7 Lorsque les matières premières changent, le mélange cible et le mélange de chantier doivent être conçus et contrôlés de nouveau.

4.1.8 Lors du mélange d'essai du béton, les pores des granulats grossiers et fins doivent être saturés mais la surface des granulats doit être sèche.

4.2 Conception du mélange du béton de ciment

4.2.1 Le présent chapitre s'applique à la conception du mélange cible du béton de ciment pour la construction des chaussées en béton de ciment, béton armé et béton armé continu construites par machine à coffrage glissant, par unité à trois rouleaux et avec des outils simples.

4.2.2 La valeur moyenne de la résistance à la flexion à 28 jours du béton pour les chaussées doit

être déterminée selon la formule (4.2.2) :

$$f_c = \frac{f_r}{1 - 1.04C_v} + ts \quad (4.2.2)$$

dans laquelle :

f_c —Valeur moyenne de la résistance à la flexion à 28 jours du béton de ciment (MPa) ;

f_r —Valeur standard de résistance à la flexion (MPa) de calcul, déterminée en fonction de la conception, qui ne doit pas être inférieure à celle spécifiée dans le tableau 3.0.8 des « *Spécifications techniques pour la conception des chaussées en béton de ciment routier* » (JTG D40—2011).

t —Taux de garantie, à déterminer selon le tableau 4.2.2-1.

s —Écart type des échantillons d'essai de résistance à la flexion (MPa). S'il existe des données d'essai, l'écart type des échantillons d'essai doit être utilisé ; s'il n'y a pas de données d'essai, il peut être déterminé en fonction de la classe de la route et de la résistance à la flexion de conception, en se référant au champ d'application spécifié dans le tableau 4.2.2-2.

C_v —Coefficient de variation de la résistance à la flexion déterminé sur la base des données statistiques. S'il est inférieur à 0,05, la valeur 0,05 est prise. S'il n'y a pas de données statistiques, il est possible de prendre la valeur dans la plage spécifiée du tableau 4.2.2-3. Pour les autoroutes et routes de première classe le niveau de variation doit être faible, et pour les routes de deuxième classe, la valeur ne doit pas être inférieure au niveau moyen.

Tableau4.2.2-1 Coefficient du taux de garantie t

Classe de route	Probabilité p	Nombre d'échantillons n (groupe)			
		6 ~ 8	9 ~ 14	15 ~ 19	≥ 20
Autoroute	0,05	0,79	0,61	0,45	0,39
Route de première classe	0,10	0,59	0,46	0,35	0,30
Route de deuxième classe	0,15	0,46	0,37	0,28	0,24
Routes de troisième et quatrième classe	0,20	0,37	0,29	0,22	0,19

Tableau4.2.2-2 Ecart type des échantillons d'essai de résistance à la flexion de chaussées en béton de ciment pour toutes les classes de route s

Classe de route	Autoroute	Première classe	Deuxième classe	Troisième classe	Quatrième classe
Fiabilité(%)	95	90	85	80	70
Indice de fiabilité	1,64	1,28	1,04	0,84	0,52
Ecart type des échantillons (MPa)	$0,25 \leq s \leq 0,50$		$0,45 \leq s \leq 0.67$		$0,40 \leq s \leq 0,80$

Tableau 4. 2. 2-3 Plage du coefficient de variation C_v

Niveaux de variation de la résistance à la flexion	Faible	Moyen	Elevé
Plage du coefficient de variation de la résistance à la flexion C_v	$0,05 \leq C_v \leq 0,10$	$0,10 \leq C_v \leq 0,15$	$0,15 \leq C_v \leq 0,20$

4. 2. 3 L'ouvrabilité des mélanges de béton fabriqué par différentes méthodes de construction doit répondre aux exigences suivantes :

- 1 L'affaissement du béton de pierres concassées et celui du béton en galets, pour le répandage par coffrage glissant, doit être respectivement de 10 à 30 mm et de 5 à 20 mm, et le coefficient de viscosité vibratoire doit être de 200 à 500 N-s/m². La méthode d'essai du coefficient de viscosité vibratoire du mélange de béton est décrite dans l'annexe A.
- 2 Lorsque la mise en œuvre est effectuée par unité à trois rouleaux, l'affaissement du mélange sur place doit être de 20 à 40 mm.
- 3 Lorsque la mise en œuvre est effectuée avec des outils simples, l'affaissement du mélange sur place doit être de 5 à 20 mm.
- 4 La valeur d'affaissement du mélange à la sortie de la centrale de malaxage est égale à la valeur d'affaissement correspondant au mode de mise en œuvre à laquelle s'ajoute la perte d'affaissement au cours du transport.

4. 2. 4 Le rapport maximum eau-ciment (liant) et la teneur unitaire minimale en ciment du béton pour les chaussées des différentes classes de routes doivent satisfaire aux exigences du tableau 4. 2. 4. La teneur unitaire maximale en ciment ne doit pas être supérieure à 420 kg/m³; en cas d'utilisation d'adjuvants, la teneur unitaire maximale totale en liant ne doit pas être supérieure à 450 kg/m³.

Tableau 4. 2. 4 Rapport eau-ciment (liant) maximal et teneur minimale en ciment des chaussées en béton de ciment des routes classées

Classe de route	Autoroute, route de première classe	Route de deuxième classe	Route de troisième et quatrième classe
Rapport eau-ciment (liant) maximal	0,44	0,46	0,48
Rapport eau-ciment (liant) maximal avec des exigences de résistance au gel	0,42	0,44	0,46

suite

Classe de route		Autoroute , route de première classe	Route de deuxième classe	Route de troisième et quatrième classe
Rapport eau-ciment (liant) maximal avec des exigences de résistance aux sels de déverglaçage ^a		0,40	0,42	0,44
Teneur en ciment minimale (kg/m ³)	Classe 52,5	300	300	290
	Classe 42,5	310	310	300
	Classe 32,5	-	-	315
Teneur en ciment minimale avec des exigences de résistance au gel et aux sels de déverglaçage (kg/m ³)	Classe 52,5	310	310	300
	Classe 42,5	320	320	315
	Classe 32,5	-	-	325
Teneur en ciment minimale lorsqu' il est mélangé avec des cendres volantes de charbon (kg/m ³)	Classe 52,5	250	250	245
	Classe 42,5	260	260	255
	Classe 32,5	-	-	265
Teneur en ciment minimale du béton avec des cendres volantes de charbon lorsqu' une résistance au gel et aux sels de déverglaçage est requise (kg/m ³)	Classe 52,5	265	260	255
	Classe 42,5	280	270	265

Note: ^a Dans un environnement corrosif comme les sels de déverglaçage, le vent marin, les pluies acides ou de sulfate, ou sur les voies d' accélération et de décélération à forte pente longitudinale, le rapport eau-ciment (liant) maximal doit être inférieur de 0,01 à 0,02 à la valeur du tableau.

^b Lorsque des cendres volantes de charbon sont ajoutées et que la résistance au gel et aux sels de déverglaçage est requise, le ciment de qualité 32,5 ne doit pas être utilisé pour la couche de revêtement.

4.2.5 Le niveau de résistance au gel du béton de ciment des chaussées dans les régions très froides et froides ne doit pas être inférieur aux exigences du tableau 4.2.5.

Tableau 4.2.5 Exigences du niveau de résistance au gel du béton de ciment de chaussée dans les régions très froides et froides

Classe de route		Autoroute et route de première classe		Routes de deuxième, troisième et quatrième classe		Méthode d'essai
Epreuve d'essai		Dosage de référence	Prélève-ment des carottes sur site	Dosage de référence	Prélève-ment des carottes sur site	Le dosage de référence est effectué selon T0565
Niveau de résistance au gel (F) ≤	Région très froide	300	250	250	200	Les carottes sont prélevées sur place conformément à l'annexe b.1
	Région froide	250	200	200	150	

Note: La région très froide fait référence à une région où la température moyenne du mois le plus froid est inférieure à -8°C ; la région froide désigne une région où la température moyenne du mois le plus froid se situe entre -8°C et -3°C .

4.2.6 Dans le béton de ciment de la couche de revêtement, un agent entraîneur d'air doit être ajouté pour assurer sa résistance au gel et améliorer l'ouvrabilité. La valeur moyenne de la teneur en air et la plage d'écart admissible du mélange à la sortie du malaxeur doivent répondre aux exigences du tableau 4.2.6-1. Le coefficient d'espacement maximal des bulles d'air mesuré sur les carottes de la couche de revêtement en béton de ciment doit répondre aux exigences du tableau 4.2.6-2.

Tableau4.2.6-1 Valeur moyenne de la teneur en air à la sortie du malaxeur et écart admissible (%)

Diamètre nominal maximal des grains (mm)	Sansexigence de résistance au gel	Avec exigence de résistance au gel	Avec exigence de résistance aux sels de déverglaçage	Méthode d'essai
9,5	4,5 ± 1,0	5,0 ± 0,5	6,0 ± 0,5	La détermination de la teneur en air du mélange de béton doit être conforme à la JTG E30 T0522
16,0	4,0 ± 1,0	4,5 ± 0,5	5,5 ± 0,5	
19,0	4,0 ± 1,0	4,0 ± 0,5	5,0 ± 0,5	
26,5	3,5 ± 1,0	3,5 ± 0,5	4,5 ± 0,5	
31,5	3,5 ± 1,0	3,5 ± 0,5	4,0 ± 0,5	

Tableau4.2.6-2 Coefficient d'espacement maximal des bulles d'air du revêtement en béton de ciment (μm)

Environnement		Classe de route		Méthode d'essai
		Autoroute, route de première classe	Routes de deuxième, troisième et de quatrième classe	
Région très froide	Gel	275 ± 25	300 ± 35	La méthode de mesure du coefficient d'espacement des bulles d'air doit être conforme à l'annexe B.2.
	Sels de déverglaçage	225 ± 25	250 ± 35	
Région froide	Gel	325 ± 45	350 ± 50	
	Sels de déverglaçage	275 ± 45	300 ± 50	

Note explicative de l'article :

L'ajout d'un agent entraîneur d'air de haute qualité au béton et l'introduction de micro-bulles uniformes et fermées peuvent améliorer efficacement la durabilité du béton. Cependant, si la qualité de l'agent entraîneur d'air est mauvaise, l'uniformité des bulles introduites est mauvaise et leur taille est grande, ce qui affectera négativement les performances du béton. Par conséquent, un carottage est nécessaire pour mesurer le coefficient d'espacement des bulles et vérifier la taille et l'uniformité des bulles dans le béton.

4.2.7 Si la résistance aux sels de déverglaçage est requise pour le béton de ciment de toute classe de route, la résistance aux sels de déverglaçage du béton doit être testée selon la méthode de l'annexe C. Après 30 cycles de salage-givrage, le béton est qualifié si la perte de masse moyenne de 5 éprouvettes est inférieure à $1,0 \text{ kg/m}^2$; il n'est pas qualifié si cette quantité est $\geq 1,0 \text{ kg/m}^2$.

4.2.8 La perte par abrasion du béton de ciment des chaussées des routes classées doit répondre aux exigences du tableau 4.2.8.

Tableau 4.2.8 Perte par abrasion du revêtement en béton de ciment des routes classées

Classe de route	Autoroute, route de première classe	Route de deuxième classe	Route de troisième et de quatrième classe	Méthode d'essai
Perte par abrasion (kg/m^2), \leq	3,0	3,5	4,0	JTG E30 T0567

4.2.9 Lorsque le ciment Portland routier ou le ciment Portland est utilisé pour le béton de ciment dans un environnement corrosif de l'eau de mer, du vent marin, de pluies acides, de sels de déglçage ou de sulfate, il faut ajouter une quantité appropriée de cendres volantes de charbon, de poudre de scories, de fumée de silice ou d'adjuvant minéral composite. Pour le béton des tabliers de pont, il faut ajouter de la poudre de scories ou de la fumée de silice mais pas de cendres volantes de charbon.

Note explicative de l'article :

Étant donné que le tablier du pont n'est pas soumis à une longue cure humide, les cendres volantes de charbon seront difficilement hydratées et ne contribueront pas à la résistance, entraînant une fissuration sévère. Par conséquent, il n'est pas recommandé d'ajouter des cendres volantes de charbon dans le béton de tabliers de pont.

4.2.10 Lorsqu'un plan d'expérience orthogonal est utilisé pour la conception du mélange du béton de ciment de la chaussée, les exigences suivantes doivent être respectées :

- 1 Les facteurs variables du plan d'expérience doivent être déterminés empiriquement en fonction des exigences de performance du béton et des variations des matériaux. Pour le béton de ciment, les trois facteurs : le dosage en ciment, le dosage en eau et le taux de sable (ou taux de remplissage des vides des granulats grossiers) peuvent être choisis. Pour le béton avec apport des cendres volantes de charbon, on peut choisir les quatre facteurs : le dosage en eau, la quantité totale de liant, la teneur en cendres volantes de charbon et le taux de remplissage des granulats grossiers. Au moins trois niveaux doivent être sélectionnés pour chaque facteur, et il convient d'utiliser la table orthogonale L9 (3^4)

pour l'organisation du programme d'essais.

- 2 Une analyse intuitive et par régression est effectuée sur les résultats des tests orthogonaux. Les indicateurs d'étude de l'analyse de régression doivent inclure : l'affaissement, la résistance à la flexion et la perte par abrasion. Le degré de résistance au gel et aux sels de déverglaçage doivent être inclus pour les régions ayant des exigences à ce sujet.
- 3 Le mélange orthogonal satisfaisant aux exigences du paragraphe 2 peut être considéré comme un mélange cible.

4.2.11 Lorsque la méthode de la formule empirique est adoptée pour les routes de deuxième classe et inférieures, les exigences suivantes doivent être respectées :

- 1 Pour le calcul du rapport eau-ciment, sans matériau d'apport, il est possible d'utiliser les formules statistiques suivantes selon la nature des granulats grossiers :

Béton de pierres concassées ou de graviers concassés :

$$\frac{W}{C} = \frac{1.5684}{f_c + 1.0097 - 0.3595f_s} \quad (4.2.11-1)$$

Béton de graviers :

$$\frac{W}{C} = \frac{1.2618}{f_c + 1.5492 - 0.4709f_s} \quad (4.2.11-2)$$

dans lesquelles :

$\frac{W}{C}$ — rapport eau-ciment ;

f_s — Résistance à la rupture du ciment mesurée à 28 jours (MPa) ;

f_c — Valeur moyenne (MPa) de la résistance à la flexion à 28 jours du béton de ciment de la chaussée.

- 2 Calcul du rapport eau-liant. Lors de l'apport de cendres volantes de charbon, de fumées de silice, de poudre de scories, la quantité d'apport utilisée pour remplacer le ciment dans la méthode de substitution par excès (la partie excédentaire utilisée en substitution de sable ne doit pas être comptabilisée) doit être comptabilisée pour calculer le rapport eau-liant. Lorsque le rapport eau-liant calculé (ou rapport eau-ciment) est supérieur aux valeurs spécifiées dans le tableau 4.2.4, les valeurs du tableau 4.2.4 doivent être prises.
- 3 Le taux de sable du béton de ciment doit être sélectionné conformément au tableau 4.2.11-1 en fonction du module de finesse du sable et du type de granulats grossiers. Si le béton de ciment est utilisé pour un revêtement rainuré antidérapant, le taux de sable peut être augmenté de 1% à 2% par rapport aux valeurs du tableau 4.2.11-1.

Tableau 4.2.11-1 Taux de sable du béton de ciment

Module de finesse du sable		2,2 ~ 2,5	2,5 ~ 2,8	2,8 ~ 3,1	3,1 ~ 3,4	3,4 ~ 3,7
Taux de sable S_p (%)	Granulats concassés	30 ~ 34	32 ~ 36	34 ~ 38	36 ~ 40	38 ~ 42
	Gravier	28 ~ 32	30 ~ 34	32 ~ 36	34 ~ 38	36 ~ 40

Note: 1. Pour le même module de finesse, des valeurs proches de la limite inférieure doivent être prises pour le taux de sable manufacturé.

2. Pour le gravier concassé, la valeur peut être prise par interpolation entre les granulats et les graviers.

- 4 Selon le type d'agrégats grossiers et les exigences d'affaissement, le dosage en eau est calculé selon les formules empiriques (4.2.11-3) à (4.2.11-5). Lorsque le dosage en eau calculé est supérieur au dosage maximal en eau indiqué dans le tableau 4.2.11-2, dans ce cas, le dosage en eau doit être réduit en utilisant des adjuvants avec des taux de réduction d'eau plus élevés :

Granulats :

$$W_0 = 104.97 + 0.309S_L + 11.27 \frac{C}{W} + 0.61S_p \quad (4.2.11-3)$$

Graviers :

$$W_0 = 86.89 + 0.370S_L + 11.24 \frac{C}{W} + 1.00S_p \quad (4.2.11-4)$$

Teneur en eau du béton avec additifs :

$$W_{ow} = W_0 \left(1 - \frac{\beta}{100} \right) \quad (4.2.11-5)$$

dans lesquelles :

W_0 — Teneur en eau du béton sans additifs ni matériau d'apport (kg/m^3) ;

S_L — Affaissement (mm) ;

S_p — Taux de sable (%) ;

W_{ow} — Teneur en eau du béton avec additifs (kg/m^3) ;

β — Taux de réduction d'eau mesuré avec les additifs utilisés (%).

Tableau 4.2.11-2 Teneur maximale en eau du béton de ciment de chaussée (kg/m^3)

Processus de construction	Béton de pierres concassés	Béton de cailloux
Mise en œuvre par machine à coffrage glissant	160	155
Mise en œuvre par unité à trois rouleaux	153	148
Mise en œuvre par outils simples	150	145

Note: La teneur en eau maximale utilisée pour le béton de graviers concassés peut être prise par interpolation entre le béton de pierres concassées et le béton de graviers.

- 5 Calcul de la teneur en ciment. Elle peut être calculée par la formule (4.2.11-6). Si le résultat du calcul est inférieur aux valeurs spécifiées dans le tableau 4.2.4, les valeurs

spécifiées dans le tableau 4.2.4 doivent être retenues.

$$C_0 = \frac{C}{W} W_0 \quad (4.2.11-6)$$

dans laquelle :

C_0 —Teneur en ciment (kg/m^3).

- 6 La composition du mélange peut être calculée selon la méthode densitométrique ou volumétrique. La masse volumique du béton peut être prise de 2400 à 2450 kg/m^3 selon la méthode de densité. La quantité d'air prévue doit être prise en compte lors du calcul par la méthode volumétrique.
- 7 Pour le mélange obtenu par calcul, il faut vérifier que le taux de remplissage des vides des granulats grossiers n'est pas inférieur à 70%.

4.2.12 Lors de l'utilisation d'adjuvants, la conception du mélange doit être conforme aux exigences suivantes :

- 1 En cas d'addition de poudre de laitier ou de fumée de silice, la conception du dosage doit être effectuée en utilisant la méthode de substitution équivalente de ciment, la quantité d'adjuvants doit être déterminée par essai et la même quantité de poudre de laitier ou de fumée de silice doit être déduite du ciment.
- 2 Avec les cendres volantes de charbon, la conception du mélange doit être effectuée selon la méthode de remplacement en excès. La quantité équivalente de ciment doit être déduite pour la partie remplaçant le ciment ; la partie en excès doit substituer du sable et la quantité de sable utilisée doit être réduite.
- 3 Le coefficient de substitution en excès des cendres volantes de charbon de classes I et II peut être initialement sélectionné conformément au tableau 4.2.12. La quantité maximale d'addition de cendres volantes de charbon ne doit pas être supérieure à 30% pour le ciment Portland de type I, 25% ou moins pour le ciment Portland de type II, et 20% ou moins pour le ciment Portland routier. La quantité totale d'addition de cendres volantes de charbon doit être finalement déterminée par des essais.

Tableau 4.2.12 Coefficient de substitution par excès pour les différentes catégories de cendres volantes de charbon

Classe de cendres volantes de charbon	I	II	III
Coefficient de substitution par excès k	1,1 ~ 1,4	1,3 ~ 1,7	1,5 ~ 2,0

4.3 Conception du mélange en béton de fibres

4.3.1 Le rapport volumique des fibres d'acier du béton de fibres d'acier doit être déterminé en fonction de la valeur normative de la résistance à la flexion de conception. Le tableau 4.3.1 peut être utilisé pour effectuer les essais sur le mélange en cas de manque d'expérience.

Tableau 4.3.1 Valeurs de référence du rapport volumique de fibres d'acier du béton de fibres d'acier

Valeur normative de la résistance à la flexion de conception du béton de fibres d'acier f_{rf} (MPa)	6,0	5,5	5,0
Taux volumétrique de fibres d'acier de 600 MPa ^{a,b} (%)	0,8 ~ 1,0	0,60 ~ 0,80	<0,60

Note; a. Si la résistance à la traction de la fibre d'acier utilisée est de 1000MPa, le rapport volumétrique donné pour des fibres d'acier de 600MPa dans le tableau peut être multiplié par un coefficient de 0,90.

b. Le taux volumétrique de fibres d'acier est testé conformément à la méthode prescrite à l'Annexe D du présent règlement.

4.3.2 La valeur moyenne de la résistance à 28 jours du béton de fibres d'acier mis en œuvre doit être calculée par la formule (4.3.2).

$$f_{cf} = \frac{f_{rf}}{1 - 1,04C_v} + ts \quad (4.3.2)$$

dans laquelle :

f_{cf} — Valeur moyenne de la résistance à la flexion à 28 jours (MPa) du béton de fibres d'acier mis en œuvre ;

f_{rf} — Valeur normative de la résistance à la flexion du béton de fibres d'acier (MPa), déterminée selon la conception ;

t — Coefficient de taux de garantie, il peut être déterminé conformément au tableau 4.2.2-1.

s — Ecart type de la résistance à la flexion de l'échantillon d'essai. Il peut être pris dans la plage spécifiée dans le tableau 4.2.2-2.

C_v — Le coefficient de variation de la résistance à la flexion, il est déterminé à partir des mesures réalisées ou par référence au tableau 4.2.2-3.

4.3.3 La valeur caractéristique de la teneur en fibres d'acier peut être calculée par la formule (4.3.3) après avoir calculé la valeur moyenne f_{cf} de la résistance à la flexion à 28 jours du mélange mis en œuvre par la formule (4.3.2) et obtenu la valeur de f_c par des essais.

$$\lambda = \frac{\frac{f_{cf}}{f_c} - 1}{\alpha} \quad (4.3.3)$$

dans laquelle :

λ — Valeur caractéristique de la teneur en fibres d'acier ;

f_c — Valeur moyenne de la résistance à la flexion (MPa) d'un béton de ciment de même résistance à 28 jours ;

α — Coefficient d'influence de la forme de la fibre d'acier sur la résistance à la flexion devant être déterminé par des essais. Pour les bétons de classe C20 à C80, sans fibres d'acier, les valeurs du tableau 4.3.3 peuvent être utilisées.

Tableau 4.3.3 Valeurs de référence du coefficient d'influence de la forme des fibres d'acier sur la résistance à la flexion

Variétés de fibre d'acier	Type de coupe de fil d'acier à haute résistance		Type de cisaillement des tôles d'acier		Type de fraisage de lingots		Type d'étirage à l'état fondu d'acier faiblement allié	
	Type de crochet d'extrémité		Type déformé		Type de crochet d'extrémité		Type de grosse tête	
Classe de résistance du béton de ciment	20 ~ 45	50 ~ 80	20 ~ 45	50 ~ 80	20 ~ 45	50 ~ 80	20 ~ 45	50 ~ 80
Coefficient d'influence α	1,13	1,25	0,79	0,93	0,92	1,10	0,73	0,91

4.3.4 Le rapport volumique de fibres d'acier peut être calculé par la formule (4.3.4) en fonction de la valeur caractéristique de la fibre d'acier λ calculée selon la formule (4.3.3), de la longueur de fibre d'acier sélectionnée et du diamètre ou diamètre équivalent,

$$\rho = \frac{\lambda d}{l} \times 100 \quad (4.3.4)$$

dans laquelle :

ρ — Rapport volumique des fibres d'acier (%) ;

λ — Valeur caractéristique de la teneur en fibres d'acier ;

l — Longueur de fibre d'acier (mm) ;

d — Diamètre de la fibre d'acier ou diamètre équivalent (mm).

4.3.5 Lorsque la teneur en volume des fibres d'acier est de 0,6% à 1,0%, l'affaissement de conception du béton de fibres d'acier doit être de 20 à 30 mm plus grand que celui du béton de ciment. Lorsque la teneur en volume de fibres d'acier est inférieure à 0,6%, l'affaissement du béton de fibres d'acier doit être le même que celui du béton de ciment.

4.3.6 Le rapport eau-ciment (eau-liant) maximal et la teneur en ciment unitaire minimale du béton de fibres d'acier doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 4.3.6.

Tableau 4.3.6 Rapport maximal eau-ciment (eau-liant) et teneur en ciment unitaire minimale du béton de fibres d'acier

Classe de route		Autoroute, route de première classe	Route de deuxième classe
Rapport eau-ciment (eau-liant) maximal		0,47	0,49
Rapport maximal eau-ciment (eau-liant) avec des exigences de résistance au gel		0,45	0,46
Rapport eau-ciment (eau-liant) maximal avec des exigences de résistance aux sels de déverglaçage ^a		0,42	0,43
Teneur minimale en ciment (kg/m ³)	Classe 52,5	350	350
	Classe 42,5	360	360
Teneur minimale en ciment (kg/m ³) avec résistance au gel et aux sels de déverglaçage	Classe 52,5	370	370
	Classe 42,5	380	380
Teneur minimale en ciment avec addition de cendres volantes de charbon (kg/m ³)	Classe 52,5	310	310
	Classe 42,5	320	320
Teneur minimale en ciment avec résistance au gel et aux sels de déverglaçage en cas d'addition de cendres volantes de charbon (kg/m ³)	Classe 52,5	320	320
	Classe 42,5	340	340

Note: ^a Dans les environnements corrosifs tels que les sels de déverglaçage, les vents marins, les pluies acides ou les sulfates, ou dans les voies d'accélération et de décélération, les fortes pentes verticales, il est conseillé d'utiliser un rapport eau-ciment (liant) plus faible.

4.3.7 La résistance au gel, la résistance aux sels de déverglaçage, la résistance à l'usure, la teneur en air du béton de fibres d'acier et le coefficient d'espacement maximal des bulles doivent satisfaire respectivement aux exigences des articles 4.2.5, 4.2.7, 4.2.8 et 4.2.6.

4.3.8 Les bétons de fibres d'acier ne doivent pas utiliser l'eau de mer, les sables marins ; ils ne doivent pas comporter d'additifs tels que les sels chlorés et des chlorures comme agents à résistance précoce et comme agent de résistance au gel. Dans des environnements tels que l'eau de mer, le vent marin et les sels de déverglaçage, il est conseillé d'ajouter des cendres volantes de charbon de classe I et II ou de la poudre de scories pour les chaussées en béton en fibres d'acier. Dans le béton de tablier de pont, il ne convient pas d'incorporer de cendres volantes de charbon.

4.3.9 Lorsque le plan d'expérience orthogonal est utilisé pour la formulation du béton en fibres d'acier, en plus du respect des prescriptions pertinentes de l'article 4.2.10 du présent règlement, la teneur en fibres d'acier doit être incluse dans les facteurs de l'essai orthogonal.

4.3.10 Les proportions du mélange du béton de fibres d'acier peuvent être calculées en utilisant

des formules empiriques selon les exigences suivantes :

- 1 La valeur moyenne de la résistance à la flexion à 28 jours du béton de fibres d'acier peut être déterminée par la formule (4.3.2).
- 2 La teneur volumétrique de fibres d'acier peut être calculée selon la formule (4.3.3) et la formule (4.3.4), et le coefficient d'influence de la forme peut être obtenu dans le tableau 4.3.3.
- 3 La teneur unitaire en eau du béton de fibres d'acier peut être initialement sélectionnée conformément au tableau 4.3.10, puis déterminée après ajustement selon l'affaissement du mélange d'essai.

Tableau 4.3.10 Tableau de sélection primaire de la teneur en eau du béton de fibres d'acier

Conditions de mélange	Type d'agrégat grossier	Diamètre maximal nominal des granulats grossiers (mm)	Teneur en eau (kg/m ³)
$\frac{l^a}{d} = 50, \rho^b = 0.6\%$ Affaissement ^c 20 mm	Concassé	9,5,16,0	215
		19,0,26,5	200
Sable moyen, module de finesse ^d 2,5 Rapport eau-ciment 0,42 ~ 0,50	Gravier	9,5,16,0	208
		19,0,26,5	190

Note: a. Pour chaque augmentation ou diminution de 10 du rapport longueur/diamètre de fibre d'acier, l/d , la teneur unitaire en eau doit être augmentée ou diminuée de 10 kg/m³ ;
 b. Pour chaque augmentation ou diminution de 0,5% du rapport volumique ρ de la fibre d'acier, la teneur unitaire en eau doit être augmentée ou diminuée de 8 kg/m³ ;
 c. Lorsque l'affaissement est dans la plage de 10 à 50 mm, pour chaque augmentation ou diminution de 10 mm par rapport à l'affaissement de 20 mm, la teneur en eau doit être augmentée ou diminuée de 7 kg/m³ ;
 d. Lorsque le module de finesse est dans la plage de 2,0 à 3,5, pour chaque augmentation ou diminution de 0,1 du module de finesse du sable, la teneur unitaire en eau est diminuée ou augmentée de 1 kg/m³.

- 4 Le rapport eau-ciment du béton de fibres d'acier peut être calculé par la formule (4.3.10-1). Le rapport eau-ciment du béton de fibres d'acier retenu est la plus petite de la valeur calculée et de la valeur spécifiée dans le tableau 4.3.6.

$$\frac{W}{C} = \frac{0.128}{\frac{f_{cf}}{f_s} - 0.301 - 0.325\lambda} \quad (4.3.10-1)$$

dans laquelle :

f_{cf} — Valeur moyenne de la résistance à la flexion (MPa) à 28 jours du béton de fibres d'acier ;

f_s — Résistance à la rupture du ciment mesurée à 28 jours (MPa) ;

$\frac{W}{C}$ — Rapport eau-ciment du béton de fibres d'acier ;

λ — Valeur caractéristique de la teneur en fibres d'acier, pouvant être calculée par la formule (4.3.3) ou la formule (4.3.4).

- 5 La teneur en ciment du béton de fibres d'acier peut être calculée selon la formule (4.3.10-2). La valeur retenue est la plus élevée entre la valeur calculée et la valeur spécifiée dans le tableau 4.3.6.

$$C_{of} = \frac{W_{of}}{\frac{W}{C}} \quad (4.3.10-2)$$

dans laquelle :

C_{of} — Teneur en ciment du béton de fibres d'acier (kg/m^3) ;

$\frac{W}{C}$ — Rapport eau-ciment du béton de fibres d'acier ;

W_{of} — Teneur en eau du béton de fibres d'acier (kg/m^3).

- 6 La teneur en sable du béton de fibres d'acier peut être calculée selon la formule (4.3.10-3), puis déterminée après la correction d'affaissement du mélange d'essai. La teneur en sable doit être comprise entre 38% et 50%.

$$S_{pf} = S_p + 10\rho \quad (4.3.10-3)$$

dans laquelle :

S_{pf} — Teneur en sable du béton de fibres d'acier (%) ;

S_p — Teneur en sable du béton de ciment (%) ;

ρ — Teneur volumétrique de fibres d'acier (%).

- 7 La composition en granulats peut être calculée par la méthode densitométrique ou la méthode volumétrique. Lorsqu'elle est calculée selon la méthode de la densité, la masse unitaire du béton de fibres d'acier peut être la somme de la masse unitaire du béton de base et de la masse unitaire des fibres d'acier ; lorsqu'elle est calculée selon la méthode volumétrique, elle doit inclure la quantité d'air de calcul.

4.3.11 Le dosage en fibres basaltiques et de fibres synthétiques retenu pour l'amélioration de la résistance à la fissuration du béton peut être choisi en premier lieu en se référant au tableau 4.3.11 puis être confirmé par un mélange d'essai.

Tableau4.3.11 Gamme de dosage des fibres de basalte et de fibres synthétiques

Variété de fibres	Fibres de basalte	Fibres de polyacrylonitrile	Grosses fibres de polypropylène	Fibres de polyamide	Fibres d'alcool polyvinylique
Rapport de volume (%)	0,05 ~ 0,30	0,06 ~ 0,30	0,30 ~ 1,5	0,10 ~ 0,30	0,10 ~ 0,30
Plage de dosage (kg/m ³)	1,3 ~ 8,0	0,50 ~ 2,7	2,7 ~ 14,0	1,1 ~ 3,5	1,3 ~ 4,0

Note: Il convient de choisir une limite supérieure pour le rapport volumique de béton de fibres de tablier de pont, qui peut être déterminée par référence à la méthode d'essai décrite à l'annexe D du présent règlement.

4.3.12 La conception du dosage du béton de fibres de basalte et de fibres synthétiques doit être vérifiée par des tests d'ouvrabilité et de durabilité, et la résistance à la fissuration doit répondre aux exigences techniques suivantes :

- 1 Le taux de réduction des fissures précoces mesuré en laboratoire sur le béton de fibres pour la résistance à la fissuration de chaussée, ne doit pas être inférieur à 30%. La classe de résistance initiale aux fissures ne doit pas être inférieure à la classe L-III du tableau 4.3.12.
- 2 Le taux de réduction des fissures mesuré en laboratoire sur le béton de fibres pour la résistance à la fissuration des tabliers du pont ne doit pas être inférieur à 60%. La classe de résistance à la fissuration précoce ne doit pas être inférieure à la classe L-IV du tableau 4.3.12.
- 3 Les mélanges avec addition de fibres doivent être soumis aux essais comparatifs de résistance précoce à la fissuration avec le béton de base de même composition. La méthode d'essai doit être conforme à l'annexe E.

Tableau4.3.12 Classe de résistance précoce à la fissuration et taux de réduction des fissures du béton de fibres

Classe de résistance à la fissuration	L- I	L- II	L- III	L-IV	L- V
Surface fissurée totale par unité de surface C (mm ² /m ²)	C ≥ 1000	700 ≤ C < 1000	400 ≤ C < 700	100 ≤ C < 400	C < 100
Taux moyen de réduction des fissures β (%)	0	0 ~ 30	30 ~ 60	60 ~ 90	> 90

Note: 1. La classification du niveau de résistance à la fissuration est dérivée de la « Norme de contrôle et d'évaluation de la durabilité du béton » (JGJ / T 193).

2. Le niveau de la résistance à la fissuration peut être déterminé lorsque les résultats des premiers essais de résistance précoce à la fissuration du béton satisfont à l'une des classes C ou β.

- 4 La conception du mélange cible du béton de fibres basaltiques et du béton de fibres synthétiques peut être faite conformément aux dispositions relatives aux fibres d'acier.

Note explicative de l'article :

Le béton formulé et préparé avec un dosage très faible (environ 1,0 à 3,0 kg/m³) de fibres de basalte ou de fibres synthétiques présente une résistance précoce à la fissuration importante. Ceci a une valeur pratique importante pour les routes de cols de montagnes, ventilées toute l'année et les tabliers de très grands ponts.

En raison du très faible dosage en fibres, l'influence sur la résistance à la flexion, l'ouvrabilité et l'épaisseur de la couche de chaussée est très faible. La conception du mélange est réalisée selon celle du mélange du béton de ciment présentée au chapitre 4.2, mais il faut effectuer la vérification d'essai de la classe de résistance précoce à la fissuration et du taux de réduction de la fissuration. Seuls les mélanges qui satisfont aux exigences du tableau 4.3.12 peuvent être employés dans la couche de chaussée pour résister à la fissuration. L'épaisseur de la couche de chaussée des tabliers de pont est généralement plus mince que celle de la chaussée de la route. Sur le tablier de pont, les surfaces supérieure et inférieure perdent de l'eau plus rapidement et le risque de fissuration est plus grand que celui d'une chaussée. Par conséquent, le niveau de résistance à la fissuration du béton du tablier de pont est défini à la classe L-IV. L'idée technique clé est que lorsque le béton de fibres aura atteint le niveau de résistance à la fissuration précoce, pendant l'exploitation de la route, le nombre de cycles de résistance à la fatigue à long terme du béton de fibres sera augmenté et la durée de vie en fatigue sera considérablement prolongée.

4.4 Conception du mélange du béton compacté au rouleau

4.4.1 Le présent chapitre est applicable à la conception du mélange cible pour les couches de fondation en béton compacté au rouleau des autoroutes et des routes de première classe et pour les couches de revêtement des routes de deuxième classe et inférieures.

4.4.2 La valeur moyenne f_{cc} de la résistance à la flexion à 28 jours du béton compacté au rouleau peut être calculée selon la formule (4.4.2-1). Lorsqu'il existe des données statistiques de mesures, la résistance à la flexion pour un compactage sûr f_{cy} peut être calculée selon la formule (4.4.2-2). En l'absence de données de mesures, f_{cy} peut être choisie dans la gamme 0,20 à 0,35 MPa.

$$f_{cc} = \frac{f_r + f_{cy}}{1 - 1.04C_v} + ts \quad (4.4.2-1)$$

$$f_{cy} = \frac{\delta}{2}(y_{c1} + y_{c2}) \quad (4.4.2-2)$$

dans lesquelles :

- f_{cc} — Valeur moyenne de la résistance à la flexion du béton compacté confectionné à 28 jours (MPa) ;
- f_r — Valeur normative de résistance à la flexion de conception du béton compacté (en MPa) ;
- f_{cy} — Résistance à la flexion pour un compactage sûr du béton (MPa) ;
- t — Coefficient de taux de garantie, déterminé conformément au tableau 4.2.2. -1 ;
- s — Ecart type (en MPa) de l' échantillon soumis à l' essai de résistance à la flexion, la valeur doit être prise conformément aux prescriptions du paragraphe 4.2.2 des présentes règles ;
- C_v — Coefficient de variation de la résistance à la flexion, déterminé conformément au tableau 4.2.2. -3.
- γ_{c1} — Taux de compactage normal des éprouvettes de résistance à la flexion (95%) ;
- γ_{c2} — Valeur limite inférieure du taux de compactage des échantillons de carottes de chaussée (obtenue à partir des statistiques sur la compacité des carottes) ;
- δ — Valeur de fluctuation de la résistance à la flexion correspondant à une variation du taux de compactage de 1,0 % (obtenue par essai).

4.4.3 La méthode d'essai de la valeur de VC modifiée du béton compacté doit être conforme aux prescriptions T0524 du « Règlement d'essai du ciment et du béton de ciment pour les travaux routiers » (JTG E30) en vigueur. La valeur de VC modifiée à la sortie du mélangeur doit être de 5 à 10 secondes. La valeur de VC modifiée pendant le compactage au rouleau doit être de 20 à 30 secondes. Le ressuage à la surface de l'éprouvette pendant le test doit être de 4 à 5 points.

4.4.4 Le rapport eau-ciment (liant) maximal et la teneur unitaire en ciment minimale du béton compacté au rouleau doivent être conformes aux prescriptions du tableau 4.4.4.

Tableau 4.4.4 Rapport eau-ciment (liant) maximal et teneur unitaire minimale en ciment du béton compacté au rouleau

Classe de route		Couche de revêtement de route de deuxième classe, Couche inférieure de chaussée d' autoroute	Couche de revêtement de routes de troisième et quatrième classe, Couche inférieure de chaussée de route de première classe
Rapport eau-ciment (liant) maximal		0,40	0,42
Rapport eau-ciment (liant) maximal avec des exigences de résistance au gel		0,38	0,40
Rapport eau-ciment (liant) maximal avec des exigences de résistance aux sels de déverglaçage		0,36	0,38
Teneur minimale en ciment (kg/m ³)	Classe 42,5	290	280
	Classe 32,5	305	300

suite

Classe de route		Couche de revêtement de route de deuxième classe, Couche inférieure de chaussée d'autoroute	Couche de revêtement de routes de troisième et quatrième classe, Couche inférieure de chaussée de route de première classe
Teneur minimale en ciment avec des exigences de résistance au gel et aux sels de déverglaçage (kg/m ³)	Classe 42,5	315	310
	Classe 32,5	325	320
Teneur minimale en ciment avec apport de cendres volantes de charbon (kg/m ³)	Classe 42,5	255	250
	Classe 32,5	265	260
Teneur minimale en ciment avec apport de cendres volantes de charbon, avec des exigences de résistance au gel et aux sels de déverglaçage (kg/m ³)	Classe 42,5	260	265
	Classe 32,5	275	270

4.4.5 La valeur moyenne et l'écart admissible de la teneur en air de la couche de revêtement en béton compacté, de la couche inférieure de chaussée et à la sortie de la centrale de malaxage doit être de 3,0% ± 0,5%. La teneur en air de la couche de revêtement en béton compacté dans les régions froides et très froides doit satisfaire aux exigences du tableau 4.2.6-1 pour la résistance au gel et la résistance aux sels de déverglaçage.

4.4.6 La résistance au gel et la résistance aux sels de déverglaçage du béton compacté au rouleau doivent satisfaire aux exigences des articles 4.2.5 et 4.2.7 des présentes règles.

4.4.7 La résistance à l'abrasion de la couche de revêtement en béton compacté doit répondre aux exigences de l'article 4.2.8 du présent règlement. La valeur de polissage PSV des granulats grossiers pour la couche de revêtement en béton compacté ne doit pas être inférieure à 36,0. La résistance à l'abrasion et la valeur de polissage ne sont pas exigées pour les couches inférieures de chaussées en béton compacté.

4.4.8 Le fuseau granulométrique des granulats grossiers et fins du béton compacté doit répondre aux exigences du tableau 4.4.8.

Tableau 4.4.8 Fuseau granulométrique des granulats grossiers et fins du béton compacté

Maille du tamis (mm)	19,0	9,50	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15
Taux de passant ^a (%)	90 ~ 100	50 ~ 70	35 ~ 47	25 ~ 38	18 ~ 30	10 ~ 23	5 ~ 15	3 ~ 10

Note: ^a. L'erreur admissible en pourcentage de passant de chaque tamis est de ± 3,0 %.

4.4.9 Lorsque des cendres volantes de charbon sont incorporées au béton compacté, les exigences suivantes doivent être respectées :

1. Les critères de qualité des cendres volantes de charbon doivent satisfaire aux exigences du tableau 3.2.2.
2. Il faut utiliser des cendres volantes de charbon de classe I ou II pour les couches de revêtement et inférieure.
3. Lorsque des cendres volantes de charbon sont utilisées dans le béton compacté, la méthode de substitution en volume par excès doit être utilisée. Le facteur de substitution en volume par excès k des cendres volantes de charbon est de 1,4 à 1,8 pour les cendres de classe I, et de 1,6 à 2,0 pour les cendres de classe II.

4.4.10 En plus de satisfaire aux prescriptions du chapitre 3.6 du présent règlement, les agents réducteurs d'eau et les agents entraîneurs d'air utilisés dans le béton compacté doivent également être optimisés en nature et dosage par l'intermédiaire de l'essai de performance du béton compacté effectué au préalable, et ils ne doivent pas être utilisés avant qu'il soit confirmé que tous les critères de qualité ont été respectés.

4.4.11 Lorsqu'un plan d'expérience orthogonal est utilisé pour concevoir le mélange du béton compacté, il peut être réalisé selon les exigences suivantes :

- 1 Le plan d'expérience orthogonal du béton compacté sans addition de cendres de charbon peut choisir trois facteurs : le dosage en eau, la teneur en ciment et le taux de remplissage des vides des granulats grossiers. Pour le béton compacté avec addition de cendres volantes de charbon on peut choisir les quatre facteurs : dosage en eau, la quantité totale de liants de référence, le dosage des cendres volantes de charbon et le taux de remplissage des vides des granulats grossiers. Trois niveaux doivent être choisis pour chaque facteur, et le tableau orthogonal L9 (3^4) doit être utilisé pour organiser le programme d'essais.
- 2 Une analyse intuitive et une analyse de régression des résultats des tests orthogonaux doivent être effectuées. Les indicateurs d'étude de l'analyse de régression doivent comprendre : la valeur VC, la résistance à la ségrégation, la résistance à la flexion ou à la compression, la résistance au gel ou la résistance à l'abrasion. Sur la base des résultats de l'analyse et en tenant compte de l'ouvrabilité du mélange, un mélange préliminaire est déterminé qui répond aux exigences de conception telles que la résistance à la flexion ou à la compression à 28 jours, la résistance au gel ou la résistance à l'abrasion.

4.4.12 Lorsque la conception du mélange pour béton compacté sans cendres volantes de charbon adopte la méthode empirique, les étapes suivantes peuvent être suivies :

- 1 La teneur unitaire en eau est calculée selon la formule (4.4.12-1).

$$W_{0c} = 137.7 - 20.551gVC \quad (4.4.12-1)$$

dans laquelle :

W_{0c} —Teneur en eau du béton compacté (kg/m^3) ;

VC—Valeur VC modifiée pour le mélange du béton compacté.

- 2 Calculer le rapport eau-ciment selon la formule (4.4.12-2). La valeur du rapport eau-ciment doit être prise égale à la plus petite valeur entre la valeur calculée et la valeur spécifiée dans le tableau 4.4.4.

$$\frac{W}{C} = \frac{0.2156f_s}{f_{cc} - 0.172f_s} \quad (4.4.12-2)$$

dans laquelle :

$\frac{W}{C}$ —Rapport eau-ciment ;

f_{cc} — Valeur moyenne de la résistance à la flexion à 28 jours du béton compacté (MPa) ;

f_s —Résistance à la rupture (MPa) mesurée à 28 jours du ciment.

- 3 Calculer la teneur en ciment selon la formule (4.4.12-3). La valeur retenue doit être prise égale à la plus grande valeur entre la valeur calculée et la valeur spécifiée dans le tableau 4.4.4.

$$C_{0c} = \frac{W_{0c}}{\frac{W}{C}} \quad (4.4.12-3)$$

dans laquelle :

C_{0c} —Teneur en ciment du béton compacté (kg/m^3) ;

W_{0c} —Teneur en eau du béton compacté (kg/m^3) ;

$\frac{W}{C}$ —Rapport eau-ciment.

- 4 Sélectionner le taux de remplissage des vides des granulats grossiers conformément au tableau 4.4.12.

Tableau 4.4.12 Tableau du taux de remplissage des vides des granulats grossiers V_g

Module de finesse de sable M_x	2,40	2,60	2,80	3,00
Taux de remplissage des granulats grossiers V_g (%)	75 ± 2	73 ± 2	71 ± 2	69 ± 2

- 5 Calculer la quantité de granulats grossiers selon la formule (4.4.12-4).

$$G_{0c} = \gamma_{cc} \frac{V_g}{100} \quad (4.4.12-4)$$

dans laquelle :

G_{0c} —Quantité de granulats grossiers par unité de volume de béton compacté (kg/m^3)

;

γ_{cc} —Densité apparente des granulats grossiers du béton compacté (kg/m^3) ;

V_g —Taux de remplissage des vides des granulats grossiers (%).

- 6 Calculer la quantité de sable S_{0c} par la méthode du volume, en fonction des valeurs de G_{0c} , C_{0c} , W_{0c} et de la densité des constituants et en tenant compte de la teneur en air de conception.

- 7 Calculer la teneur en adjuvant par la formule (4.4.12-5).

$$Y_{0c} = \gamma C_{0c} \quad (4.4.12-5)$$

dans laquelle :

Y_{0c} —Dose d'adjuvant par unité de béton compacté (kg/m^3) ;

C_{0c} —Teneur en ciment du béton compacté (kg/m^3) ;

γ —Dosage de l'additif.

4.4.13 Lorsqu'on adopte les formules empiriques pour la conception du mélange du béton compacté avec addition de cendres volantes de charbon, on peut procéder comme suit :

- 1 Sélectionner le taux de remplissage des vides des granulats grossiers V_g conformément au tableau 4.4.12 et calculer la masse volumique apparente des granulats grossiers G_{0c} à partir de la formule (4.4.12-4).
- 2 Le coefficient de substitution primaire en excès de cendres volantes de charbon k est sélectionné conformément à l'article 4.4.9, et la teneur en cendres volantes de charbon F_{cc} substituée au ciment est sélectionnée sur la base de la méthode d'analyse empirique ou du plan d'expérience orthogonal.

- 3 Calculer la teneur en eau selon la formule (4.4.13-1).

$$W_{0fc} = 135.5 - 21.11gVC + 0.32F_{cc} \quad (4.4.13-1)$$

dans laquelle :

W_{0fc} —teneur en eau du béton compacté avec addition de cendres volantes de charbon (kg/m^3) ;

VC—Valeur VC modifiée du mélange de béton compacté (s) ;

F_{cc} —Dosage en cendres volantes de charbon substituées au ciment (%).

JFC ; il faut ajouter la signification de g dans la formule 4.4.13.1

- 4 La quantité totale de liant de référence est calculée selon l'équation (4.4.13-2).

$$J = 200(f_{cc} - 7.22 + 0.025F_{cc} + 0.023V_g) \quad (4.4.13-2)$$

dans laquelle :

J —Quantité totale de liant de référence par unité de volume en béton compacté (kg/m^3) ;

f_{cc} —Valeur moyenne de la résistance à la flexion à 28 jours du béton compacté (MPa) ;

F_{cc} —Quantité de cendres de charbon en substitution du ciment (%);

V_g —Taux remplissage des vides des granulats grossiers (%).

- 5 Calculer la teneur en ciment selon la formule (4.4.13-3). La valeur retenue doit être la plus grande valeur entre la valeur calculée et la valeur prescrite au tableau 4.4.4.

$$C_{ofc} = J \left(1 - \frac{F_c}{100} \right) \quad (4.4.13-3)$$

dans laquelle :

C_{ofc} —Teneur en ciment du béton compacté au rouleau avec cendres volantes de charbon (kg/m^3) ;

J —Quantité totale de liant de référence par unité de volume de béton compacté (kg/m^3) ;

F_c —Dosage en cendres volantes de charbon (kg/m^3).

- 6 Calculer le dosage en cendres volantes de charbon selon la formule (4.4.13-4).

$$F_c = C_{ofc} F_{cc} k \quad (4.4.13-4)$$

dans laquelle :

C_{ofc} —Teneur en ciment du béton compacté au rouleau avec addition de cendres volantes de charbon (kg/m^3) ;

F_c —Teneur en cendres volantes de charbon (kg/m^3) ;

F_{cc} —Quantité d'apport en cendres volantes de charbon pour substitution du ciment (%);

k —Facteur de substitution en excès des cendres volantes de charbon.

- 7 Calculer le rapport eau/liant total selon la formule (4.4.13-5), la valeur retenue est la petite valeur entre la valeur calculée et la valeur spécifiée dans le tableau 4.4.4.

$$\frac{W}{J_z} = \frac{W_{ofc}}{C_{ofc} + F_c} \quad (4.4.13-5)$$

dans laquelle :

$\frac{W}{J_z}$ —Rapport eau-liant total dans le béton compacté au rouleau ;

W_{ofc} —Teneur en eau du béton compacté au rouleau avec addition de cendres volantes de charbon (kg/m^3) ;

C_{ofc} —Teneur en ciment du béton compacté au rouleau avec cendres volantes de charbon (kg/m^3) ;

F_c —Apport unitaire en cendres volantes (kg/m^3).

8 La quantité unitaire de sable S_{oc} est calculée par la méthode volumétrique, en fonction de G_{oc} , C_{ofc} , F_c , W_{ofc} et des densités des constituants et en prenant en compte la teneur en air occlus de conception.

9 Calculer la quantité d'adjuvant par unité de volume selon la formule (4.4.13-6)

$$Y_{ofc} = y_f(C_{ofc} + F_c) \quad (4.4.13-6)$$

dans laquelle :

Y_{ofc} —Dosage d'adjuvants du béton compacté au rouleau avec cendres volantes de charbon (kg/m^3) ;

y_f —Quantité d'adjuvant ajouté dans le béton compacté additionné de cendres volantes de charbon ;

C_{ofc} —Teneur en ciment du béton compacté additionné de cendres volantes de charbon (kg/m^3) ;

F_c —Dosage en cendres volantes de charbon (kg/m^3).

4.5 Test du mélange de béton et contrôle d'exécution des travaux

4.5.1 La formulation du mélange de béton à chaque étape doit être vérifiée en respectant les procédures, les exigences spécifiées par les articles 4.1.4 ~ 4.1.8 du présent règlement et les méthodes d'essai prescrites dans la « *Procédure d'essai pour les ciments et les bétons de ciment destinés aux travaux routiers* » (JTG E30) en vigueur.

4.5.2 Il convient de vérifier si l'ouvrabilité du mélange de béton répond aux exigences de la technique de mise en œuvre retenue. Les points inspectés doivent inclure la teneur en air occlus, l'affaissement et sa perte au fil du temps, le coefficient de viscosité par vibrations et la valeur VC modifiée du béton compacté.

4.5.3 Pour les mélanges déterminés par la méthode de la densité, la densité apparente du mélange doit être mesurée et la composition doit être ajustée sur la base de la densité apparente. Le rapport eau-ciment ne doit pas être augmenté pendant l'ajustement, et la teneur en ciment et les différentes

quantités de mélange de fibres ne doivent pas être réduites. L' écart admissible de la masse volumique du mélange après ajustement doit être de $\pm 2,0\%$ par rapport à la valeur avant ajustement.

4.5.4 Les valeurs moyennes de la résistance à la flexion et/ou la valeur moyenne de la résistance à la compression à 7 jours et 28 jours doivent être mesurées pour tous les types de béton. Pour le béton de ciment additionné de cendres volantes de charbon, la valeur moyenne de la résistance à la flexion à 56 jours doit également être mesurée. Une fois la résistance à la flexion mesurée, la partie intacte de l' éprouvette doit être utilisée pour mesurer la résistance à la compression et la résistance au fendage. Les résultats de mesure des résistances doivent être conformes aux critères de qualité.

4.5.5 Le contrôle de durabilité doit respecter les dispositions suivantes :

- 1 La résistance à l' abrasion du mélange doit être mesurée pour les couches de revêtement en béton de chaque classe de route et pour le béton des tabliers du pont ; elle doit répondre aux exigences du tableau 4.2.8.
- 2 Lorsque la résistance au gel est requise, la teneur en air occlus du mélange, le coefficient d' espacement maximal des bulles du béton durci et la résistance au gel doivent être mesurés et doivent satisfaire aux prescriptions des tableaux 4.2.6-1, 4.2.6-2 et 4.2.5 respectivement.
- 3 En cas d' exigence de résistance aux sels de déverglaçage, outre le contrôle de la teneur en air occlus et du coefficient d' espacement maximal des bulles, la résistance aux sels de déverglaçage doit être mesurée et doit être conforme aux prescriptions de l' article 4.2.7 des présentes règles.

4.5.6 Pendant la construction, lorsque la teneur en eau des tas de stockage de granulats change, la teneur en eau des granulats grossiers et fins doit être mesurée. Le poids et l' ajout d' eau des granulats grossiers et fins doivent être ajustés selon les formules suivantes pour maintenir inchangés les dosages de référence :

$$S_w = S_0 (1 \pm w_s) \quad (4.5.6-1)$$

$$G_w = G_0 (1 \pm w_g) \quad (4.5.6-2)$$

$$W_w = W_0 - G_0 w_g - S_0 w_s \quad (4.5.6-3)$$

$$W_w = W_0 + G_0 w_g + S_0 w_s \quad (4.5.6-4)$$

dans lesquelles :

w_s —Augmentation (+) ou diminution (-) de la teneur en eau (%) des granulats fins ;

w_g —Augmentation (+) ou diminution (-) de la teneur en eau (%) des granulats grossiers ;

S_0 —Teneur en granulats fins du mélange d' origine (kg/m^3) ;

G_0 —Teneur en granulats grossiers du mélange d'origine (kg/m^3) ;

W_0 —Teneur en eau du mélange d'origine (kg/m^3) ;

S_w —Teneur en granulats fins du mélange après ajustement de la teneur en eau (kg/m^3) ;

G_w —Teneur en granulats grossiers dans le mélange après ajustement de la teneur en eau (kg/m^3) ;

W_w —Teneur en eau du mélange après ajustement de la teneur en eau (kg/m^3).

4.5.7 En fonction des variations de la saison de construction, de la température de l'air et de la distance de transport, les quantités d'apport en agent réducteur d'eau, d'entraîneur d'air, de retardateur ou d'agent de résistance précoce à haute efficacité, peuvent être légèrement ajustées afin de maintenir l'affaissement du béton sur le site de construction toujours adapté à la mise en œuvre et de réduire les fluctuations d'ouvrabilité du mélange de béton avant le répandage.

5 Préparation de l'exécution des travaux

5.1 Prescriptions générales

5.1.1 Il faut comprendre et maîtriser pleinement les exigences de conception.

5.1.2 Il faut procéder à une étude détaillée de l'emplacement des stockages, des approvisionnements en matières premières et en combustible, des ressources en eau sur le site du chantier et dans ses environs, collecter les informations liées à l'exécution des travaux telles que les caractéristiques climatiques locales, les prévisions météorologiques à moyen et à long terme, les conditions de communication sans fil.

5.1.3 Un aménagement général raisonnable des pistes de chantier, des centrales de mélange, des ateliers de façonnage des armatures, des zones d'habitation et de bureaux, doit être réalisé en tenant compte des conditions d'exécution des travaux, du site du chantier et des bâtiments situés le long du projet du lot du contrat.

5.1.4 Les procédés de construction, les équipements mécaniques de construction et leur nombre doivent être choisis en fonction des exigences de conception et de contrôle de la qualité de la construction de la chaussée, de l'échelle du projet, du calendrier d'exécution et d'autres conditions.

5.1.5 Les opérateurs des centrales de mélange (malaxeur) et des machines à coffrage glissant ainsi que le personnel occupant des postes spéciaux doivent être formés. Le personnel non formé n'est pas autorisé à travailler à ces postes.

5.1.6 Des règlements de sécurité pour l'utilisation des gros équipements mécaniques tels que les centrales de mélange, les centrales électriques (générateurs), les véhicules de transport, les machines à coffrage glissant, les épanduses de bitume et les unités à trois rouleaux, doivent être formulés et strictement appliqués pendant la construction.

5.1.7 La couche inférieure, la couche de scellement ou la couche intermédiaire doivent passer avec succès le test d'acceptation. Les piquets de contrôle en plan et en élévation doivent être relevés et vérifiés. Tous les piquets de base pour le centre et les bords de la chaussée doivent être relevés, et la précision des mesures doit répondre aux exigences des spécifications correspondantes.

5.1.8 A l'entrée sur le chantier, chaque lot de matières premières doit avoir un certificat de produit. Un laboratoire de chantier répondant aux exigences de qualification correspondantes doit être mis en place, capable de détecter et de contrôler les matières premières, les dosages et la qualité de la construction.

5.1.9 Les générateurs électriques, les câbles, etc. sur le site du chantier doivent être placés dans des endroits sans passage de véhicules, de personnes et de bétail pour garantir la sécurité de l'utilisation de l'électricité.

5.1.10 Lors de l'utilisation de matériau de remplissage de joint, d'adjuvants, de ciment ou de cendres volantes de charbon, de poudre de scories, les opérateurs du site doivent porter les équipements de protection individuels réglementaires.

5.1.11 Il est strictement interdit de fumer ou d'utiliser une flamme nue sur tous les lieux d'exploitation des machines de construction, de l'électricité, du carburant, etc. Les équipements de construction importants tels que les répanduses, les centrales de mélange, les réservoirs de carburant, les centrales électriques, les sous-stations de distribution, etc. doivent être équipés de matériel de lutte contre l'incendie pour assurer la sécurité.

5.1.12 Les opérateurs d'équipements mécaniques ne sont pas autorisés à quitter leur pupitre de commande et il est strictement interdit de toucher les pièces en fonctionnement avec les mains ou des outils. Les non-opérateurs ne sont pas autorisés à prendre place aux pupitres de commande des machines.

5.1.13 Lorsque les gros engins de répandage sont stationnés sur une route ouverte au trafic, des panneaux de signalisation de sécurité visibles doivent être placés autour de celui-ci. Les véhicules doivent être guidés au moins 200 m à l'avance dans le sens de la circulation, et des feux rouges doivent être utilisés pour avertissement pendant la nuit.

5.2 Organisation de la construction

5.2.1 La conception de l'organisation de la construction doit comprendre les éléments suivants :

- 1 La combinaison du type et du nombre de machines et d'équipements de construction, le

plan d'accès au site, le plan de dotation du personnel opérateur et des équipements.

- 2 Le processus de construction de la chaussée, le plan d'inspection de la qualité et les exigences en matière de contrôle de la qualité des processus critiques.
- 3 Les procédures d'essai, d'inspection et de contrôle du mélange, la planification et l'organisation du personnel d'inspection de la qualité.
- 4 Le diagramme PERT et celui du calendrier de construction du projet.
- 5 Le plan d'entrée sur le chantier des matières premières, le plan d'approvisionnement et le plan de secours pour les ressources en eau, carburant et l'électricité.
- 6 Le programme de recrutement de la main-d'œuvre.
- 7 Le plan de construction des centrales de mélange, des aires de façonnage des armatures, des bureaux de la direction du projet et des zones d'habitation du personnel.
- 8 La route de service et le plan d'orientation temporaire de la circulation, le plan de construction de la route pour le transport des matières premières et du béton et le plan de contrôle de la circulation du chantier.
- 9 Le plan de production en sécurité, etc.

5.2.2 Au cours de la construction, la conception de l'organisation de la construction doit être ajustée en fonction du rythme d'avancement des travaux et de l'évolution du projet, afin de maintenir sous contrôle constant la qualité des travaux et l'avancement du projet.

5.2.3 Une communication rapide et efficace doit être établie entre le site de répandage et la centrale de mélange, pour assurer en temps opportun la régulation de la production, la commande et les interventions d'urgence.

5.2.4 Les carrefours où le trafic est intense doivent être marqués pour canaliser le trafic. Pendant les travaux de nuit, l'éclairage doit être assuré. Des feux d'avertissement ou des panneaux réfléchissants doivent être installés près des coffrages ou des piquets des lignes de référence.

5.3 Installations de mélange

5.3.1 Le site des installations de mélange doit être choisi pour éviter les nuisances sonores et la

pollution par les poussières portant préjudice aux habitants locaux, et la distance maximale de transport entre la centrale de mélange et le tronçon de répandage ne doit pas être supérieure à 20 km.

5.3.2 Les installations de mélange doivent comporter des zones de stockage des granulats grossiers et fins, des silos de stockage du ciment ou d'adjuvants, un bassin réservoir d'eau, une zone de production du mélange, un laboratoire du chantier, un entrepôt et une aire de façonnage des barres d'armatures. Des entrepôts de ciment doivent également être mis en place lors de l'utilisation de ciment en sacs.

5.3.3 La dimension et la disposition du site des installations de mélange seront déterminées en fonction des besoins de construction. La station doit être compacte afin de préserver les terrains.

5.3.4 La capacité du bassin réservoir d'eau pour la station de mélange doit répondre aux besoins d'eau pour le mélange, le nettoyage, la cure du béton et l'arrosage pour prévenir la poussière.

5.3.5 La capacité électrique totale des installations de mélange doit répondre aux besoins en électricité pour les équipements de construction, l'éclairage pour la construction et l'électricité pour la vie quotidienne.

5.3.6 L'approvisionnement en carburant des équipements tels que les machines de répandage, les véhicules de transport et les groupes électrogènes doit être assuré. Il convient de disposer d'un dépôt de carburant sur les sites de chantier éloignés des stations-service, et d'assurer la sécurité du stockage.

5.3.7 Le stockage et la fourniture du ciment et des adjuvants doivent répondre aux exigences suivantes :

- 1 Les ciments en vrac et les cendres volantes de charbon doivent être stockés dans des silos. Le haut du silo doit être équipé de filtre et protégé contre l'humidité. Le ciment provenant de différents fabricants doit être stocké dans des silos distincts. Le silo doit être vidé et rempli à nouveau lorsque la variété du ciment ou le fabricant changent. Les cendres volantes de charbon ne doivent pas être mélangées en silo avec du ciment.
- 2 Les silos doivent contenir du ciment et des adjuvants satisfaisant aux besoins de production d'au moins 3 jours. L'entrepôt de ciment doit être protégé de l'eau et être étanche à l'humidité.

5.3.8 La centrale de mélange du béton de fibres doit être équipée d'un dispositif spécial de

distribution uniforme des fibres et d'un stockage d'un mois d'utilisation de fibres.

5.3.9 Il faut une citerne de stockage ou un réservoir de dilution pour les adjuvants. Les réservoirs citernes de stockage et les réservoirs de dilution doivent être connectés du haut en bas avec les conduites du récipient de dosage des adjuvants de la centrale de mélange et aux bassins de décantation pour faciliter l'élimination des sédiments.

5.3.10 Les stocks de granulats doivent satisfaire aux exigences suivantes :

- 1 Avant le début des travaux, il convient de constituer des stocks de granulats grossiers et fins pour au moins 10 jours de travaux.
- 2 L'aire de stockage doit être implantée dans un lieu bien drainé et le fond doit être durci. Des installations de séparation doivent être mises en place entre les granulats de classes différentes et des panneaux d'identification clairs doivent être installés pour éviter tout mélange.
- 3 Il faut contrôler la quantité de poussière et de boue dans les granulats grossiers et fins par la pose de toits afin d'assurer la stabilité de leur teneur en eau.

5.3.11 Les voies de transport à l'intérieur du site de la centrale de mélange, ainsi que le sol sous la station de mélange doivent être stabilisés. Leur structure et leur résistance doivent répondre aux besoins de circulation des véhicules de construction.

5.3.12 Il convient de mettre en place des dispositifs de drainage perfectionné sous la centrale de mélange, les silos de ciment, les entrepôts de pièces détachées et les aires de stockage des granulats doivent faire l'objet d'une conception particulière du drainage et de la protection contre l'eau. Des fossés d'interception ou des caniveaux doivent être disposés autour de la centrale de mélange. Les installations de mélange doivent être équipées de conduites d'évacuation des eaux usées, d'un bassin de décantation ou d'un dispositif de recyclage des eaux usées.

5.3.13 Les installations de mélange doivent être maintenues propres, l'eau stagnante doit être évacuée. Les routes de transport et les aires de stationnement doivent être entretenues en temps opportun, pour réaliser une construction propre et normalisée.

5.3.14 Les résidus de béton évacués de la centrale de mélange doivent être regroupés pour être utilisés ou éliminés par mise en décharge.

5.4 Contrôle des matériaux et des équipements

5.4.1 Les matériaux ayant la même source, les mêmes spécifications et la même catégorie sont considérés comme un seul lot, et sont contrôlés selon tous les tests, les fréquences de contrôle et les méthodes d'essai indiqués par le tableau 5.4.1. Les matériaux ne peuvent être utilisés que s'ils ont été qualifiés par contrôle et si les essais sur mélange confirment que les exigences sont satisfaites. Les matériaux non qualifiés ne doivent pas entrer sur le chantier.

Tableau 5.4.1 Éléments et fréquences de contrôle des matériaux pour béton

Matériau	Élément de contrôle	Fréquence de contrôle		Méthode d'essai
		Autoroute, route de première classe	Autres routes classées	
Ciment	Résistance à la rupture, résistance à la compression, et stabilité	1500t par lot pour le répannage à la machine	1500t par lot pour le répannage à la machine et 500t par lot pour les autres méthodes de répannage	GB 175 GB 13693
	Temps de prise, besoin en eau pour consistance normale et finesse	2000t par lot pour le répannage à la machine	3000t par lot pour le répannage à la machine et 500t par lot pour les autres méthodes de répannage	
	Teneur en f-CaO, MgO, SO ₃ , teneur en aluminat tricalcique, en aluminat de fer tétracalcique, taux de retrait à sec, résistance à l'abrasion, alcalinité, type et quantité de matériaux mélangés	Au moins 3 fois pour chaque lot de contrat et il doit être testé avant d'entrer sur le chantier	Au moins 3 fois pour chaque lot de contrat et il doit être testé avant d'entrer sur le chantier	
	Température	Pendant la construction en hiver et en été, contrôle à tout moment	Pendant la construction en hiver et en été, contrôle à tout moment	Thermomètre
Adjuvant	Indice d'activité alcaline, finesse, perte au feu	1500t par lot pour le répannage à la machine	1500t par lot pour le répannage à la machine et 500t par lot pour les autres méthodes de répannage	GB/T 18736 GB/T 1596
	Rapport de besoin en eau, teneur en SO ₃	Au moins 3 fois pour chaque lot de contrat et il doit être testé avant d'entrer sur le chantier	Au moins 3 fois pour chaque lot de contrat et il doit être testé avant d'entrer sur le chantier	

Matériau	Élément de contrôle	Fréquence de contrôle		Méthode d'essai
		Autoroute, route de première classe	Autres routes classées	
granulat grossier	Granulométrie, en forme de feuille-aiguille, teneur en particules ultra-diamètre, densité apparente, Densité d'empilement, porosité	2500m ³ par lot pour le répannage à la machine	5000 m ³ par lot pour le répannage à la machine et 1500 m ³ par lot pour les autres méthodes de répannage	JTG E42 T0311 ~ T0313
	Teneur en limon, teneur en morceaux d'argile	1000 m ³ par lot pour le répannage à la machine	2000 m ³ par lot pour le répannage à la machine et 1000 m ³ par lot pour les autres méthodes de répannage	JTG E42 T0310
	Résistance à l'écrasement, résistance à la compression de la roche	Au moins 2 fois pour chaque espèce de granulat grossier par lot de contrat	Au moins 2 fois pour chaque espèce de granulat grossier par lot de contrat	JTG E42 T0316/T0221
	Réaction de granulat alcalin	Essai préalable à l'entrée sur chantier des granulats à activité alcaline suspecte	Essai préalable à l'entrée sur chantier des granulats à activité alcaline suspecte	JTG E42 T325
	Teneur en eau	En cas de précipitation ou de variation de l'humidité, mesurer à tout moment et au moins 2 fois par jour	En cas de précipitation ou de variation de l'humidité, mesurer à tout moment et au moins 2 fois par jour	JTG E42 T0307
Sable	Module de finesse, densité apparente, Densité d'empilement, porosité, granularité	2000 m ³ par lot pour le répannage à la machine	4000 m ³ , par lot pour le répannage à la machine, et 1500 m ³ par lot pour les autres méthodes de répannage	JTG E42 T0331 T0328
	Teneur en limon, teneur en blocs d'argile, teneur en poudres de roche	1000 m ³ par lot pour le répannage à la machine à coffrage glissant	2000 m ³ , par lot pour le répannage à la machine, 500 m ³ par lot pour le répannage par les autres méthodes	JTG E42 T0333/T0335
	Résistance	Au moins 3 fois par lot de contrat pour chaque type de sable	Au moins 3 fois par lot de contrat pour chaque type de sable	JTG E42 T0340
	Teneur en mica, en matières légères et en matières organiques	Observation visuelle, mesurer lorsqu'il y a du mica ou des impuretés	Observation visuelle, mesurer lorsqu'il y a du mica ou des impuretés	JTG E42 T0337

suite

Matériau	Élément de contrôle	Fréquence de contrôle		Méthode d'essai
		Autoroute, route de première classe	Autres routes classées	
Sable	Teneur en sulfures et sulfates, teneur en ions chlorures des sables de mer	Mesurer si nécessaire, dessaler le sable de mer 3 fois par lot du contrat	Mesurer si nécessaire, dessaler le sable mer 2 fois par lot du contrat	JTG E42 T0341 JGJ 206
	Teneur en eau	En cas de précipitation ou de variation de l'humidité, mesurer à tout moment et au moins 4 fois par jour	En cas de précipitation ou de variation de l'humidité, mesurer à tout moment et au moins fois par jour	JTG E42 T0330
Additif	Taux de réduction de l'eau, temps de retardation, teneur en solide et densité relative de l'additif liquide, teneur insolubles de l'additif en poudre	5t par lot pour le répannage à la machine	5t, par lot pour le répannage à la machine, et 3t par lot pour les autres méthodes de répannage	GB 8076
	Teneur en air pour agent entraîneur d'air	2t par lot pour le répannage à la machine	3t, par lot pour le répannage à la machine, et 1t par lot pour les autres méthodes de répannage	
Fibres	Résistance à la traction, performance de flexion ou l'allongement, longueur, rapport longueur/diamètre, forme	Avant le démarrage des travaux ou en cas de changement, 3 fois par lot de contrat	Avant le démarrage des travaux ou en cas de changement, 3 fois par lot de contrat	GB/T 228 JT/T 776.1 GB/T 21120
	Impuretés, qualité et écarts	50t par lot pour le répannage à la machine	50t, par lot pour le répannage à la machine, et 30t par lot pour les autres méthodes de répannage	
Matériau de cure	Rétention d'eau efficace, rapport de résistance à la compression, résistance à l'abrasion, résistance à la chaleur, hydrosolubilité du film, Teneur en solide, temps de formation du film, étanchéité continue à l'air du film ou du film formé	Avant le démarrage des travaux ou en cas de changement, au moins 3 fois par lot de contrat, et chaque 5t pour un lot	Avant le démarrage des travaux ou en cas de changement, au moins 3 fois par lot de contrat, et chaque 5t pour un lot	JT/T 522 JG/T 188

Matériau	Élément de contrôle	Fréquence de contrôle		Méthode d'essai
		Autoroute, route de première classe	Autres routes classées	
Eau	Valeur du pH, teneur en sel, teneur en racine acide sulfurique et en impuretés	Avant le démarrage des travaux et lorsque la source d'eau change	Avant de démarrage des travaux et lorsque la source d'eau change	JGJ 63

Note: 1. Lorsque les spécifications, la catégorie, le fabricant ou la source des matériaux sont modifiés ou avant les travaux, tous les éléments de contrôle des matériaux doivent faire l'objet de tests.

2. Le répandage par machine signifie que le répandage du béton est effectué par machine à coffrage glissant, l'unité à trois rouleaux, ou le rouleau compacteur du béton compacté. Lorsque la quantité du béton est inférieure à celle d'un lot, le contrôle est effectué comme un lot.

5.4.2 Avant la construction, une inspection complète, une mise au point, une vérification et un étalonnage des machines et équipements, des instruments de mesure, des lignes de référence ou des coffrages, des outils et divers instruments d'essais doivent être effectués, et une quantité appropriée de pièces de rechange qui s'endommagent facilement doit être stockée pour les machines de construction principales.

5.5 Observation du tassement de la plate-forme, inspection et réparation de la couche de base

5.5.1 Avant la construction, il convient d'observer en continu le tassement des tronçons de plate-forme au niveau des têtes de pont, des fondations souples, des remblais élevés et les jonctions déblais/remblais. Lorsque le tassement local de la plate-forme s'avère instable, la construction de la chaussée de ce tronçon ne doit pas être effectuée.

Note explicative de l'article :

Les exigences de stabilité de la plate-forme sont plus élevées pour les chaussées rigides en béton de ciment que pour les chaussées souples. Le vide causé par la déformation de la plate-forme entraînera une rupture précoce de dalle de la chaussée en béton et d'autres dommages. Par conséquent, il est nécessaire d'effectuer une observation continue du tassement des tronçons de la route où le tassement peut être instable. La stabilité du tassement ne peut être confirmée que lorsque la courbe de tassement de la plate-forme a passé le point d'inflexion.

5.5.2 Avant d'exécuter la couche de revêtement, une couche support qualifiée répondant aux exigences à 7 jours ou plus doit être réalisée, et l'altitude de la surface et la pente transversale

doivent être strictement contrôlés.

5.5.3 La couche support endommagée localement doit être réparée conformément aux exigences suivantes :

- 1 Dans le cas d'une couche support endommagée avec des pathologies telles que l'écrasement, un soulèvement, ou un creux, la partie endommagée doit être enlevée et reconstruite avec les mêmes matériaux que ceux de la couche support.
- 2 Lorsque la couche support présente des fissures dues au retrait thermique et de séchage non extensibles, il est possible d'injecter d'abord du bitume pour les sceller et les étancher, puis un géosynthétique est utilisé pour un traitement anti-fissuration.
- 3 Les zones localisées de fissuration et d'écrasement doivent être enlevées sur toute l'épaisseur et réparées au moyen de béton maigre.

5.6 Construction des couches intercalaires et de scellement

5.6.1 La mise en œuvre et les critères de qualité de la couche intercalaire en béton bitumineux, des couches de scellement en traitement superficiel bitumineux à chaud ou en coulis d'émulsion de bitume modifié doivent être conformes aux dispositions pertinentes des « *Règles techniques pour la construction de revêtements bitumineux de routes* » (JTG F40) en vigueur.

5.6.2 La construction de la couche de scellement en géotextile doit être conforme aux dispositions pertinentes des « *Règles techniques pour l'application de matériaux géosynthétiques sur les routes* » (JTG/T d32-2012).

5.6.3 La pose de membrane en couche de scellement doit satisfaire aux prescriptions techniques suivantes :

- 1 Avant la construction, les débris tels que le sol, gravats, etc. doivent être enlevés avant la pose du film.
- 2 La couche de scellement doit couvrir complètement la surface de la couche support, sans omission ; elle doit être plane et rectiligne pour éviter les rides. Les couches de scellement composées d'un tissu et d'une membrane géotextile composite ou plastique composite tissé à simple face doivent être posées avec la face de la membrane tournée vers le haut et en faisant en sorte que la surface du tissu soit étroitement liée à la couche support.

- 3 A la jonction par recouvrement de la couche de scellement, la longueur du recouvrement longitudinal ne doit pas être inférieure à 500 mm et la largeur du recouvrement transversale ne doit pas être inférieure à 300 mm. En cas de jonction par collage, la longueur de collage longitudinale ne doit pas être inférieure à 200 mm et la largeur de collage transversale ne doit pas être inférieure à 150 mm. La partie du chevauchement la plus élevée doit être placée selon le sens descendant de la pente longitudinale ou transversale, et la couche de scellement doit être placée au-dessus.
 - 4 Pour les tronçons de route dont la pente longitudinale est supérieure à 5,0 % et pour les couches de scellement des courbes déversées, il convient d'utiliser des couches de scellement composées de deux tissus et d'une géomembrane composite. Les couches de scellement des courbes horizontales doivent être posées sous forme de pliage.
 - 5 La couche de scellement en film doit être fixée par collage sur la surface de la couche support.
 - 6 La couche de scellement posée doit être protégée et les couches endommagées doivent être réparées sans délai.
 - 7 La pose de la couche de scellement doit être achevée avant l'installation du coffrage ou de la ligne de référence pour la construction de la couche de revêtement.
- 5.6.4 Le contrôle de la qualité de la pose de la couche de scellement en film doivent répondre aux exigences techniques suivantes :
- 1 L'écart de recouvrement et l'écart de largeur de la couche membrane ne doivent pas dépasser 20% de la valeur spécifiée.
 - 2 La longueur maximale des ruptures générées par l'exécution ne doit pas dépasser 60 mm. Il ne doit pas y avoir plus de trois ruptures de plus de 20 mm de long par 10 m². Toutes les ruptures doivent être réparées par collage ou par remplacement de la couche de scellement.

5.7 Exécution de la planche d'essai

5.7.1 Avant la construction de la couche de revêtement en béton de ciment des routes de deuxième classe et supérieures, un programme de l'exécution et un plan de contrôle de la qualité des planches d'essai doivent être établis et les planches d'essai doivent être réalisées. Pour les routes des autres classes, les planches d'essai sont revêtues. La longueur de la planche d'essai ne

doit pas être inférieure à 100 m. Pour les autoroutes et les routes de première classe, il est souhaitable que les planches d'essai soient effectuées en dehors de la chaussée principale.

5.7.2 La réalisation de la planche d'essai doit répondre aux objectifs suivants :

- 1 Déterminer les paramètres du mélange, la capacité de production et la précision de dosage de la centrale de mélange ;
- 2 Contrôler les performances de la construction, les paramètres techniques et la résistance mesurée du béton ;
- 3 Contrôler les machines de répannage, les paramètres technologiques et leur adéquation avec la capacité de mélange ;
- 4 Contrôler la méthode d'organisation de la construction, les niveaux de contrôle de qualité et la dotation en personnel.

5.7.3 La centrale de mélange doit être soumise à une vérification dynamique et statique de conformité par étalonnage avant de procéder à un mélange d'essai. Les points suivants doivent être confirmés par le mélange d'essai :

- 1 La capacité de production et la précision de dosage du mélange de chaque station de mélange, et la production totale de l'ensemble de centrales de mélange.
- 2 Le programme de mélange par ordinateur et le système de contrôle en retour de la teneur en eau des granulats grossiers et fins satisfaisant les exigences.
- 3 L'ordre et des temps raisonnables de chargement, de mélange pur et total.
- 4 Les paramètres du procédé technologique, tels que le degré d'affaissement du mélange, la valeur de VC et la teneur en air, etc.
- 5 Vérifier que la résistance à la flexion des éprouvettes de béton satisfait aux exigences.

5.7.4 Ce n'est que lorsque le mélange d'essai de la centrale de mélange pour la planche d'essai est qualifié que le répannage peut être effectué sur la planche d'essai.

5.7.5 Lors de la réalisation de la planche d'essai, les éléments suivants doivent être déterminés :

- 1 Les performances technologiques, l'indice de qualité et la capacité de production des

équipements de répandage principaux répondent aux exigences. La configuration des équipements auxiliaires est raisonnable et applicable. La méthode de montage et de fixation du coffrage ou la méthode de la mise en place de la ligne de référence permettent de satisfaire aux exigences de contrôle de l'élévation et de l'épaisseur.

- 2 Sur la planche d'essai, mesurer le coefficient de répandage foisonné, la vitesse de répandage, le temps et la fréquence de vibration, le nombre de passes de cylindrage, le nombre de passes de compactage au rouleau, la compacité, la précision d'insertion des fers de liaison et des goujons, la profondeur des dispositions anti-dérapantes, et le coefficient de frottement, ainsi que la rectitude des joints, etc.
- 3 Valider les éléments essentiels de chaque étape du processus de construction et déterminer les instructions de chaque poste clé.
- 4 Vérifier la forme d'organisation de la construction et la dotation en personnel de construction.
- 5 Le système de liaison de communication, de commande et d'expédition de la production, la régulation de la production et le système de gestion d'urgence doivent satisfaire aux exigences de l'organisation de la construction.

5.7.6 Après la réalisation de la planche d'essai, l'évaluation globale de la qualité doit être effectuée conformément aux points de contrôle de la qualité du revêtement, aux exigences techniques et aux méthodes de contrôle du chapitre 13 du présent règlement, et il doit satisfaire aux exigences suivantes :

- 1 Un rapport de synthèse des résultats d'inspection de la planche d'essai doit être établi. Ce rapport doit inclure les paramètres du procédé technologique, les résultats d'inspection, les problèmes rencontrés et les mesures d'amélioration de la planche d'essai, et fournir des indications claires sur les paramètres d'exécution à utiliser pour la construction.
- 2 La planche d'essai de chaussée en béton de ciment doit être soumise à une inspection et à la réception de tous les indices de qualité d'exécution, par l'organisme constructeur, et l'exécution formelle des travaux ne peut être démarrée qu'après approbation et qualification de la section d'essai.
- 3 Les procédés technologiques, les processus et les paramètres d'exécution conformes aux exigences techniques de qualité du présent règlement doivent être fixés de manière à constituer le modèle de technologie d'exécution normalisé et à être appliqués tout au long

du processus de construction.

- 4 Lorsque la planche d'essai n'est pas qualifiée par le contrôle et l'évaluation de la qualité ou ne répond pas aux objectifs attendus, elle doit être refaite.

交通运输部信息公开
浏览专用

6 Mélange et transport des mélanges de béton de ciment

6.1 Prescriptions générales

6.1.1 Les installations de mélange doivent être raisonnablement équipées en fonction de l'échelle du projet, de la technologie de construction et des exigences d'avancement quotidien.

6.1.2 Le mélange de béton doit être livré sur le site de répandage dans le délai de prise initial.

6.1.3 L'affaissement du mélange de béton à la sortie de la centrale de mélange doit être déterminé en fonction de la valeur d'affaissement la plus appropriée lors du répandage plus la perte d'affaissement pendant le transport. Il doit être ajusté avec précision à tout moment en fonction de la distance de transport et de la température de l'air. Le réglage fin de l'affaissement doit satisfaire aux exigences de l'article 4.5.7 des présentes règles.

6.1.4 Lorsqu'il y a des changements dans les matières premières, les types de béton, les niveaux de résistance du béton, la conception du mélange et le mélange d'essai doivent être refaits. Si nécessaire, la planche d'essai doit être refaite, et la production du mélange ne doit pas commencer avant que la planche d'essai ne soit qualifiée.

6.2 Installation de mélange et véhicules de livraison

6.2.1 La capacité de l'installation de mélange doit satisfaire aux exigences suivantes :

- 1 Le rendement minimal de la centrale de mélange doit satisfaire aux exigences du tableau 6.2.1.

Tableau 6. 2. 1 Capacité de production minimale de la centrale de mélange (m³/h)

Largeur de répannage	Répannage à coffrage glissant	Béton compacté au rouleau	Répannage par trois rouleaux	Répannage par outils simples
Voie unique de circulation 3,75 ~ 4,5 m	≥ 150	≥ 100	≥ 75	≥ 50
Deux voies de circulation 7,5 ~ 9 m	≥ 300	≥ 200	≥ 100	≥ 75
Pleine largeur ≥ 12,5 m	≥ 400	≥ 300	—	—

- 2 La capacité globale nominale de production du béton pour l'installation de mélange peut être calculée selon la formule (6.2.1). Le nombre et le type de la centrale de mélange à utiliser sont déterminés en fonction de la capacité totale de production du mélange.

$$M = 60\mu bhv_t \quad (6.2.1)$$

dans laquelle :

M — Capacité nominale totale de mélange de la centrale de mélange (mélangeur) (m³/h) ;

μ — Coefficient de fiabilité de la centrale de mélange (mélangeur), plage de valeur prise de 1,2 à 1,5. À déterminer en fonction des conditions suivantes : si la fiabilité de la centrale de mélange (mélangeur) est élevée, μ peut prendre une valeur faible ; à l'inverse, une valeur de μ plus élevée doit être prise. Lors du mélange de béton de fibres d'acier μ doit prendre une valeur élevée. Lorsque l'exigence d'affaissement est basse, μ doit prendre une valeur plus grande ;

b — Largeur de répannage (m) ;

h — Épaisseur de répannage foisonné (m) en prenant respectivement 1,10 et 1,15 fois l'épaisseur de conception pour le béton ordinaire et le béton compacté au rouleau ;

v_t — Vitesse de répannage (m/min), (pas moins de 1 m/min).

- 3 Le nombre de mélangeurs doit être déterminé en fonction des besoins et des capacités du chantier. Les spécifications des mélangeurs d'une même installation de mélange doivent être uniformes et les matériels doivent provenir du même fabricant.
- 4 Dans chaque centrale de mélange, les stockages de granulats doivent être séparés en trémies selon la granulométrie des granulats grossiers et des granulats fins. Les granulats de différentes classes ne doivent pas être mélangés. Au sommet des trémies des granulats grossiers et fins un crible à barres d'acier doit être prévu pour retenir les granulats de taille excessive.

5 Chaque centrale de mélange (mélangeur) doit être équipée d'au moins 2 silos-citernes pour le stockage du ciment, et d'un silo de stockage séparé pour chaque additif.

6.2.2 Le mélange de béton de ciment doit utiliser des malaxeurs à action forcée à mélange discontinu ou à mélange continu avec une précision de mesure qui répond aux exigences du tableau 6.3.2. Il n'est pas approprié d'utiliser un malaxeur à tambour de type gravitaire à chute automatique. Pour la construction de revêtements en béton de ciment des autoroutes, des routes de première et de deuxième classe, une centrale de mélange forcé (mélangeur) équipée d'une commande automatique par ordinateur doit être utilisée.

6.2.3 Des camions à benne en état excellent et avec une capacité de charge de 2 à 20 tonnes peuvent être choisis. Le hayon du camion à benne doit être fermé hermétiquement et aucune fuite de boue ou de matériau ne doit se produire pendant le transport. Le plancher de la benne doit être plat et lisse. Pour la réalisation de tabliers de pont ou en cas de transport sur une longue distance, il convient de retenir des camions malaxeurs à béton.

6.2.4 Le nombre de véhicules de transport peut être calculé selon la formule (6.2.4) et ne doit pas être inférieur à 3 véhicules. Il ne doit pas y avoir moins de 5 véhicules pour les autoroutes et les routes de première classe.

$$N = 2n \left(1 + \frac{S\rho_c m}{v_q g_q} \right) \quad (6.2.4)$$

dans laquelle :

N —Nombre de véhicules de transport (unités) ;

n —Nombre de centrales de mélange (mélangeur) de même rendement ;

S —Distance de transport aller simple (km) ;

ρ_c —Masse volumique apparente du mélange de béton (t/m^3) ;

m —Capacité de production d'une centrale de mélange (mélangeur) (m^3/h) ;

v_q —Vitesse moyenne de transport du véhicule (km/h) ;

g_q —Capacité de charge du véhicule ($t/véhicule$).

6.3 Malaxage du béton

6.3.1 L'entreprise de construction doit rédiger un guide de production pour les opérations de malaxage en toute sécurité, clarifier les critères de qualité pour les mélanges de béton et les procédures de production de malaxage en toute sécurité. Lors du chargement mécanique de matériau dans la centrale de mélange, le personnel ne doit pas rester ni passer dans la zone d'activité des godets et draglines.

6.3.2 Chaque centrale de mélange (mélangeur) doit satisfaire aux exigences de précision de mesure du tableau 6.3.2.

Tableau 6.3.2 Ecart admissible de la mesure des constituants pour la centrale de mélange (mélangeur) (%)

Nom du matériau	Ciment	Mélange d'apport	Fibres	Granulat fin	Granulat grossier	Eau	Additif
Par gâchée pour autoroute, route de première classe	± 1	± 1	± 2	± 2	± 2	± 1	± 1
Par véhicule pour autoroute, route de première classe	± 1	± 1	± 2	± 2	± 2	± 1	± 1
Pour autre route	± 2	± 2	± 2	± 3	± 3	± 2	± 2

6.3.3 Après l'expiration de la période de validité de l'étalonnage ou la réinstallation de la centrale de mélange (mélangeur), il convient de procéder à un nouvel étalonnage. La précision de mesure de la centrale de mélange (mélangeur) doit être vérifiée tous les 15 jours pendant la construction. L'écart admissible de la mesure ne doit pas dépasser les valeurs prescrites par le tableau 6.3.2.

6.3.4 En cas d'utilisation d'un ordinateur pour contrôler d'une manière automatique la centrale de mélange (mélangeur), la production doit être contrôlée avec le mode de dosage automatique. Les données statistiques et les écarts du mélange de béton correspondant au n° de piquet de répandage de la chaussée doivent être imprimés conformément aux exigences.

6.3.5 Avant de malaxer la première gâchée de mélange avec la centrale de mélange (mélangeur), il faut humidifier la cuve de malaxage et vidanger l'eau stagnante. Lors de la production de la centrale de mélange, il faut nettoyer la cuve de malaxage à la fin de chaque poste de travail, enlever les blocs de béton durcis et remplacer les palettes de malaxage très usées.

6.3.6 Le temps de mélange doit être déterminé par un mélange d'essai en fonction de la cohésion, de l'homogénéité du mélange et du type de mélangeur, et il doit répondre aux exigences suivantes :

- 1 Le temps total d'agitation d'un mélangeur à arbre vertical unique doit être de 80 à 120 s et le temps d'agitation pur ne doit pas être inférieur à 40 s.
- 2 Le temps total d'agitation de l'arbre vertical planétaire et à double arbre horizontal du mélangeur doit être de 60 à 90 s, et le temps d'agitation pur ne doit pas être inférieur à 35 s.

- 3 Le temps total de mélange de la centrale de mélange continu à double arbre horizontal (mélangeur) doit être de 80 à 120 s, et le temps de mélange pur ne doit pas être inférieur à 40 s.

6.3.7 Les additifs solubles doivent être complètement dissous et mélangés uniformément, avant de les ajouter dans la cuve de malaxage. La quantité d'eau ajoutée dans la solution doit être déduite. S'il y a des précipités dans une solution d'additif, les sédiments dans le réservoir de dilution doivent être éliminés une fois par jour.

6.3.8 L'additif pulvérulent insoluble doit être tamisé à travers un tamis de 0,30 mm avant de pouvoir être ajouté en même temps que les granulats, et le temps de mélange pur peut être prolongé d'une manière appropriée.

6.3.9 Lorsqu'un agent entraîneur d'air est ajouté au béton, la quantité d'une gâchée dans le mélangeur ne doit pas dépasser 90% de sa quantité de mélange nominale.

6.3.10 Les cendres volantes de charbon ou autres adjuvants doivent être ajoutés selon la même méthode de transport et de dosage que le ciment. Le temps de mélange pur du mélange de béton de ciment avec des cendres volantes de charbon doit être de 15 à 25 secondes plus long que le temps sans apport de cendres.

6.3.11 Lors du déchargement du mélange par la centrale de mélange, le camion-benne doit déplacer la position de stationnement pour chaque chargement d'une gâchée de mélange. La hauteur de chute de décharge entre la sortie de la cuve de malaxage et le plancher de la benne du véhicule ne doit pas être supérieure à 2,0 m.

6.3.12 L'inspection et le contrôle de la qualité du mélange de béton doivent satisfaire aux exigences suivantes :

- 1 Les points de contrôle de qualité et la fréquence du contrôle du mélange de béton doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 6.3.12.

Tableau 6.3.12 Points de contrôle de qualité et fréquence d'inspection du mélange de béton

Points de contrôle	Fréquence de contrôle		
	Autoroute, route de première classe	Routes des autres classes	Méthode d'essai
Rapport eau-ciment et stabilité	Par échantillonnage tous les 5000 m ³ , et à chaque changement.	Par échantillonnage tous les 5000 m ³ , et à chaque changement.	JTG E30 T0529
Affaissement et son taux de perte	Mesurer 3 fois par poste de travail et à chaque changement.	Mesurer 3 fois par poste de travail et à chaque changement.	JTG E30 T0522

Points de contrôle	Fréquence de contrôle		
	Autoroute, route de première classe	Routes des autres classes	Méthode d'essai
Coefficient de viscosité de vibration	Vérifier le mélange d'essai, en cas de changement des matières premières ou du dosage.	Vérifier le mélange d'essai, en cas de changement des matières premières ou du dosage.	Annexe A
Rapport volumique de fibres	Mesurer 2 fois par poste de travail et à chaque changement.	Mesurer 1 fois par poste de travail et à chaque changement.	Annexe D
Teneur en air	Mesurer 2 fois par poste de travail et au moins 3 fois s'il y a une exigence de résistance au gel.	Mesurer 1 fois par poste de travail et au moins 3 fois s'il y a une exigence de résistance au gel.	JTG E30 T0526
Taux de ségrégation	Mesurer 2 fois par poste de travail.	Mesurer 2 fois par poste de travail.	JTG E30 T0528
Densité apparente	Mesurer 1 fois par poste de travail.	Mesurer 1 fois par poste de travail.	JTG E30 T525
Température, temps de prise Chaleur d'hydratation	Mesurer au moins 1 fois ou 2 fois par poste de travail pendant la construction en hiver et en été, lorsque la température est la plus élevée ou la plus basse.	Mesurer au moins 1 fois par poste de travail pendant la construction en hiver et en été, lorsque la température est la plus élevée ou la plus basse.	JTG E30 T0527
Valeur VC améliorée	Mesurer 3 fois par poste de travail et à chaque changement.	Mesurer 3 fois par poste de travail et à chaque changement.	JTG E30 T0524
Ségrégation	Observer à tout moment	Observer à tout moment	—
Compaction, coefficient de répandage en foisonnement	Mesurer 3 fois par poste de travail et à chaque changement.	Mesurer 3 fois par poste de travail et à chaque changement.	JTG E30 T0525

- 2 La température de décharge du mélange doit être contrôlée dans la plage de 10°C à 35 °C.
- 3 Le mélange doit être uniforme. Les matières crues, les matières sèches, les mélanges fortement ségrégés ou les mélanges avec des blocs d'additifs ou des blocs de cendres volantes charbon ne doivent pas être utilisés pour la construction de la chaussée
- 4 L'écart d'affaissement du mélange doit être inférieur à 10 mm entre deux gâchées d'un mélangeur et entre deux mélangeurs.

6.3.13 En plus de satisfaire aux prescriptions ci-dessus, Le malaxage du béton de fibres doit satisfaire aux dispositions suivantes :

- 1 Lors du malaxage du béton de fibres, la quantité d'une gâchée ne doit pas dépasser 90% de la capacité nominale du mélangeur. Il convient de ne pas dépasser 80% pour le béton de fibres à forte teneur en fibres.
- 2 Pour le malaxage de béton de fibres, il est conseillé d'utiliser un disperseur de fibres pour disperser les fibres pendant le mélange. L'uniformité des fibres peut être améliorée avec une méthode qui consiste à mélanger à sec d'abord les fibres d'acier ou d'autres fibres, le ciment et les granulats grossiers et fins, jusqu'à ce que le mélange soit bien uniforme, puis à effectuer un mélange humide avec l'ajout d'eau pour améliorer l'uniformité de la dispersion des fibres. Il ne doit pas y avoir d'agglomération de fibres dans le mélange sortant.
- 3 Le temps de malaxage pur du béton de fibres doit être de 20 à 30 secondes plus long que celui spécifié pour le béton de ciment.
- 4 La dispersion et l'uniformité des fibres dans le béton doivent être garanties. L'écart du rapport volumique des fibres déterminé par la méthode de lavage à l'eau conformément à l'annexe D ne doit pas être supérieur à $\pm 15\%$ de la quantité d'apport de la conception.

6.3.14 Outre le fait que la centrale de mélange doit être équipée d'un système de contrôle automatique de la teneur en eau des sables (pierres), la teneur en eau des granulats grossiers et fins doit être mesurée au moins 3 fois par poste de travail. En fonction du changement de la teneur en eau des granulats, une correction rapide et un contrôle strict de la quantité d'eau ajoutée et de la quantité de granulats grossiers et fins doivent être effectués.

6.3.15 Le temps de mélange pur minimal du béton compacté au rouleau doit être de 15 à 20 secondes plus long que celui du béton de ciment. Le béton compacté ne doit pas être malaxé pendant les jours de pluie.

6.3.16 Lors du nettoyage du béton collant dans la cuve de malaxage du mélangeur, la centrale de mélange non surveillée par télévision doit être nettoyée par deux personnes au moins ; une personne est chargée du nettoyage et une autre doit garder la console de commande. Dans le cas d'une centrale de mélange (malaxeur) avec surveillance par télévision, il faut mettre en marche le système de surveillance, débrancher l'électricité du moteur électrique principal et accrocher une marque rouge d'avertissement sur l'interrupteur principal.

6.3.17 Les silos de ciment, de cendres volantes de charbon ou de poudre de scories, de la centrale de mélange doivent être pourvu d'un tissu filtre au sommet des silos afin d'éviter les pertes et fuites pendant le mélange ; de plus le camion-citerne qui alimente le ciment doit être équipé d'une toile filtrante. Il est interdit de disperser dans l'atmosphère de grandes quantités de poudre de ciment, de cendres volantes de charbon ou de poudre de scories provenant du toit des silos.

6.3.18 En cas de panne de la machine de répannage, la centrale de mélange (mélangeur) doit être informée à temps pour arrêter le malaxage afin d'éviter que le béton transporté jusqu'à la machine ne puisse pas être répandu et qu'il soit gaspillé en raison d'un dépassement du temps de prise initiale.

6.4 Transport du béton

6.4.1 Le transport du béton doit être assuré de manière à ce que le mélange arrivant sur le site ait la bonne ouvrabilité pour le répannage.

6.4.2 Le temps maximum autorisé entre la sortie du malaxeur et l'arrivée sur le chantier, pour le mélange de béton sans retardateur de prise, doit être conforme aux exigences du tableau 6.4.2. Dans le cas contraire, des mesures telles que l'ajustement du dosage en retardateur par des essais peuvent être prises pour s'assurer que l'ouvrabilité du mélange arrivant sur le site répond aux exigences.

Tableau 6.4.2 Temps maximum autorisé entre la sortie du malaxeur et l'arrivée sur le chantier pour le béton

Température de construction (°C)	Répannage par coffrage glissant (h)	Répannage par unité à trois rouleaux, Répannage par outils simples (h)	Répannage par compactage au rouleau (h)
5 ~ 9	1,5	1,20	1,0
10 ~ 19	1,25	1,0	0,8
20 ~ 29	1,0	0,75	0,6
30 ~ 35	0,75	0,40	0,4

6.4.3 Avant le chargement des véhicules de transport du béton, il faut nettoyer la caisse ou la cuve, arroser la paroi et évacuer l'eau accumulée.

6.4.4 Pendant le transport du béton, il faut éviter les fuites de coulis, les fuites de matériau et la pollution, ainsi qu' éviter la ségrégation du mélange.

6.4.5 Si un véhicule heurte un coffrage ou une ligne de référence pendant le transport ou le déchargement, il est nécessaire de mesurer à nouveau pour corriger.

交通运输部信息公开
浏览专用

7 Construction par machine à coffrage glissant

7.1 Prescriptions générales

7.1.1 Le procédé technologique de répandage à coffrage glissant s'applique au revêtement en béton de ciment ordinaire, au revêtement en béton armé, au revêtement en béton de fibres, au tablier de pont en béton armé, à la chaussée en béton de tunnels, aux bordures en béton, et aux bordures d'épaulement ainsi qu'aux garde-corps, des autoroutes et des routes de première et deuxième classe.

7.1.2 Lorsqu'une machine à coffrage glissant est utilisée sur une couche support, la largeur entre le bord de la couche support et le bord du revêtement mis en place par coffrage glissant ne doit pas être inférieure à 650 mm.

7.1.3 Il convient d'utiliser des supports prépositionnés pour la mise en place des armatures des fers de liaison et des goujons des joints de dilatation ou un dispositif d'insertion automatique équipant la machine à coffrage glissant.

7.1.4 Une attention renforcée doit être apportée à l'organisation de l'approvisionnement du béton pour s'assurer que la vitesse d'alimentation en matériau est compatible avec la vitesse de répandage et éviter le gaspillage ou l'arrêt de la machine de répandage dans l'attente de matériau.

7.1.5 Le répandage par coffrage glissant doit s'effectuer avec des instructions pour que la construction se fasse en toute sécurité.

7.1.6 Pour les tronçons de route dont la pente ascendante est supérieure à 5%, la pente descendante supérieure à 6%, le rayon inférieur à 50 m ou le dévers supérieur à 7%, il ne convient pas de mettre en œuvre le béton par une machine à coffrage glissant.

7.2 Sélection des équipements

7.2.1 La sélection de la machine à coffrage glissant doit être basée sur des facteurs tels que la structure de la chaussée, la division en dalles de la chaussée, et en se référant aux performances de la machine. Les caractéristiques techniques de la machine à coffrage glissant sélectionnée doivent répondre aux exigences spécifiées dans le tableau 7.2.1.

7.2.2 Pour la construction des autoroutes et routes de première classe, il convient de choisir une machine à coffrage glissant capable de répandre au moins la largeur de 2 voies de circulation à la fois. La largeur minimale de répandage pour les chaussées des routes de deuxième classe ne doit pas être inférieure à la largeur de conception d'une voie unique. Pour la construction des accotements en dur, il est possible de choisir une machine à coffrage glissant multifonctionnelle de taille moyenne ou petite capable de poser la bordure en continu.

Tableau 7.2.1 Paramètres techniques de base des machines à coffrage glissant

Désignation	Puissance minimale du moteur (kW), \geq	Plage de largeur de répandage (m)	Epaisseur maximale de répandage (mm) \leq	Gamme de vitesse de répandage (m/min)	Vitesse maximale à vide (m/min), \leq	Vitesse maximale de marche (m/min), \leq	Nombre de chenilles (pièce)
Machine à coffrage glissant pour trois voies	200	12,5 ~ 16,0	500	0,75 ~ 3,0	5,0	15	4
Machine à coffrage glissant pour deux voies	150	3,6 ~ 9,7	500	0,75 ~ 3,0	5,0	18	2 ~ 4
Machine à coffrage glissant multifonctionnelle pour une voie	70	2,5 ~ 6,0	400 Hauteur maximale de garde-corps \leq 1900	0,75 ~ 3,0	9,0	15	2 ~ 4
Machine à coffrage glissant de petite taille pour bordures	60	0,50 ~ 2,5	450	0,75 ~ 2,0	9,0	10	2 ~ 3

7.2.3 Lorsque la machine à coffrage glissant est utilisée pour répandre la chaussée en béton de ciment, elle doit être équipée d'un dispositif de lissage automatique.

7.2.4 L'atelier de répandage doit avoir un équipement complet, et le nombre d'équipements

auxiliaires et la capacité de production doivent répondre aux exigences d'avancement des travaux. La machine à coffrage glissant peut être accompagnée des équipements répondant aux exigences suivantes :

- 1 Lorsque la machine à coffrage glissant est utilisée pour réaliser une chaussée en béton de ciment sans goujons, la distribution du béton peut être effectuée avec une pelle légère ou un bulldozer.
- 2 Lorsque la machine à coffrage glissant est utilisée pour réaliser une chaussée en béton armé continu, une chaussée en béton armé, un tablier de pont et les dalles de transition aux extrémités du pont, et en cas d'installation de supports en acier des barres d'armatures et fers de liaison des joints de dilatation de la chaussée, la distribution de béton doit se faire avec un alimentateur ou avec un distributeur à alimentation latérale.
- 3 Une machine à rainurer doit être utilisée pour réaliser la macrotexture anti-dérapante.
- 4 Le revêtement peut être recoupé par une machine de sciage du béton frais, une machine de sciage du béton durci ou une machine de sciage ordinaire de joint.

7.3 Préparation avant le répandage

7.3.1 La qualité de la couche intercalaire ou de la couche de scellement doit être qualifiée par contrôle et les parties endommagées ou défectueuses doivent être réparées en temps utile. La surface doit être nettoyée et humidifiée par aspersion d'eau, et des mesures doivent être prises pour empêcher les équipements de construction et les véhicules d'endommager la couche de scellement.

7.3.2 La zone de passage des chenilles de la machine à coffrage glissant doit être vérifiée et nivelée. La zone de passage doit être solide, exempte de défauts tels que des poches humides, et les débris divers tels que les briques, les tuiles, les pierres et les blocs de béton abandonnés doivent être enlevés. S'il y a une pente au niveau de la couche support sur le passage de la chenille, la pente doit être nivelée à l'avance.

Note explicative de l'article :

Il n'est pas permis d'avoir la présence d'affaissements humides ou de débris en blocs durs sur le passage de la chenille de la machine à coffrage glissant, afin d'éviter l'obstacle et le saut instantané causé par l'écrasement des blocs pendant le répandage. L'obstacle empêchera la machine à coffrage glissant de se déplacer ; les briques, tuiles, pierres, etc. après avoir été écrasées par les chenilles feront sauter instantanément la machine à coffrage glissant, provoquant

des arêtes et encoches sur la surface de la route.

7.3.3 Avant le répandage, l'équipement de construction doit être inspecté et ajusté. Avant la première opération de répandage avec la machine à coffrage glissant, l'emplacement de la pose, les paramètres géométriques et le niveau de la table doivent être réglés et ajustés en ligne et la machine ne peut pas être utilisée pour le répandage tant qu'elle ne satisfait pas aux exigences.

7.3.4 Au niveau de la reprise transversale du bétonnage, l'épaulement oblique au joint de construction longitudinal du revêtement réalisé précédemment doit être coupé droit ; les fers de liaison doivent être redressés et les fers manquants doivent être insérés par forage et ancrage.

7.3.5 Lors du répandage avec liaison des deux bandes adjacentes de chaussée en béton, la moitié supérieure de la paroi du joint de construction longitudinal de la chaussée doit être enduite d'un matériau isolant et étanche à eau conformément à la conception.

7.3.6 Avant le répandage de la couche du revêtement par la machine à coffrage glissant, la mise en place et la protection de la ligne de référence doivent répondre aux exigences suivantes :

- 1 Pour la réalisation du répandage par machine à coffrage glissant des autoroutes et des routes de première classe, il faut adopter une ligne de référence à deux fils et pente simple. Lors du répandage par bandes, la liaison d'un côté peut se faire en s'appuyant sur la bande de chaussée déjà réalisée et de l'autre côté, la ligne de référence est aménagée avec un seul fil.
- 2 Lorsque la chaussée revêtue en béton à pente bidirectionnelle des routes de deuxième classe est réalisée par la machine à coffrage glissant sur toute la largeur, une ligne de référence à deux fils doit être établie et la plaque de base de la machine à coffrage glissant doit avoir la forme en arche de la route.
- 3 Pour les tronçons de route en ligne droite, l'espacement longitudinal des piquets de la ligne de référence ne doit pas dépasser 10 m. L'espacement doit être de 5 à 10 m pour les tronçons de route en courbe verticale et en courbe plane, pour les revêtements de tablier du pont et la chaussée de tunnels. Pour les grandes pentes longitudinales et les courbes prononcées la disposition des piquets peut être densifiée. L'espacement minimal des piquets des lignes de référence ne doit pas être inférieur à 2,5 m.
- 4 La hauteur entre la surface supérieure de la couche de base et le bras de pincement du fil doit être de 450 à 750 mm. La distance horizontale entre la mâchoire du bras de pincement du fil de la ligne de référence et le piquet doit être de 300 mm. Les piquets de ligne de

référence doivent être fermement fixés.

- 5 La longueur maximale de la ligne de référence à fil unique ne doit pas dépasser 450 m. La longueur de montage ne doit pas dépasser 300 m.
- 6 Un brin d'acier doit être utilisé pour la ligne de référence. Lors de l'utilisation d'un fil toronné de diamètre 2,0 mm, la force de traction du fil en tension ne doit pas être inférieure à 1000 N ; lors de l'utilisation d'un fil toronné de diamètre 3,0 mm, elle ne doit pas être inférieure à 2000 N.
- 7 La précision d'implantation de la ligne de référence doit être conforme aux dispositions du tableau 7.3.6.

Tableau 7.3.6 Exigences de précision pour l'implantation de la ligne de référence

Désignation	Décalage du plan médian (mm), ≤	Déviation de la largeur de chaussée (mm), ≤	Ecart d'épaisseur de la couche de revêtement (mm), ≥		Ecart d'altitude du profil longitudinal (mm)	Ecart de pente transversale (%)	Différence de hauteur du joint longitudinal de liaison (mm)
			Valeur moyenne	Valeur extrême			
Valeur spécifiée	10	+15	-3	-8	±5	±0.10	±1.5

- 8 Une fois la ligne de référence mise en place, il faut éviter les perturbations, les heurts et les vibrations. En cas de construction en saison venteuse, il est conseillé de réduire la distance entre les piquets de la ligne de référence.

7.3.7 La ligne de référence une fois implantée, ne doit pas avoir de points d'inflexion et d'affaissement visibles à l'œil ; sa rectitude et sa tension doivent être vérifiées tronçon par tronçon.

7.3.8 L'épaisseur de la dalle doit être vérifiée conformément aux dispositions suivantes :

- 1 À l'aide d'une ligne tendue horizontalement et perpendiculairement aux lignes de référence des deux côtés, l'épaisseur de la dalle du tronçon de route à revêtir doit être vérifiée et mesurée au moyen d'une règle droite ou d'un pendule vertical.
- 2 Lors du répandage du béton pour une voie unique, au moins 3 points par profil doivent être mesurés dans le sens transversal. Lors du répandage de deux voies et sur tout le profil, il faut mesurer au moins 5 points. Au moins 10 profils doivent être mesurés tous les 200 m dans le sens longitudinal.

- 3 La valeur moyenne arithmétique des mesures de l'épaisseur de dalle en section transversale ne doit pas être inférieure à la valeur de conception, et la valeur minimale ne doit pas être inférieure à la valeur limite du contrôle de qualité.
- 4 En prenant 200 m comme unité dans le sens longitudinal, la valeur moyenne générale de l'épaisseur totale de la dalle ne doit pas être inférieure à l'épaisseur de la dalle de conception.

7.3.9 Lorsque la rectitude, la tension du fil ou l'épaisseur de la dalle ne répondent pas aux exigences, la ligne de référence doit être remesurée et implantée à nouveau.

7.3.10 Lorsque les goujons de la couche de revêtement aux joints de dilatation sont prépositionnés sur un support, le support doit d'abord être installé et fixé avec précision sur la surface en s'assurant que la partie centrale du goujon est au centre de la position de coupe du joint de retrait et ne sera pas déplacée par l'étalement et le répandage du béton. Le support peut être fixé par soudage aux barres d'armature ancrées dans la couche support.

7.3.11 L'installation des barres d'armatures de renforcement des bords doit répondre aux prescriptions techniques suivantes :

- 1 Les supports des armatures de renfort des bords doivent être façonnés et soudés conformément aux dessins de conception.
- 2 La distance entre l'armature inférieure pour le renforcement des bords et la surface de couche de scellement doit être de 30 à 50 mm. La distance entre les armatures courbées des deux extrémités et la surface de la couche de surface ne doit pas être inférieure à 50 mm. La distance entre l'armature extérieure et le bord de la dalle doit être comprise entre 100 et 150 mm.
- 3 Un perçage peut être effectué de la couche de scellement ou de la couche intercalaire pour l'insertion de l'armature d'ancrage en cours de montage, puis, le support d'armature de renfort de bord et l'armature d'ancrage en cours de montage sont fixés par soudure.
- 4 Au moins deux armatures d'ancrage doivent être soudées sur le support à chaque extrémité courbée des armatures de renfort du bord. Aux autres endroits, il ne doit pas y avoir moins d'une armature d'ancrage par mètre linéaire.

7.3.12 L'installation des armatures d'angle doit respecter les dispositions techniques suivantes :

- 1 Les dalles de transition en béton armé et les armatures renforcées des coins à angle obtus du tablier du pont doivent être façonnées en treillis.
- 2 Le treillis d'armatures des coins en forme d'épingle à cheveux doit être réalisé par soudage.
- 3 La position de l'armature de renfort d'angle en forme d'épingle à cheveux doit être déterminée conformément aux dessins de conception, et la distance entre l'armature et les deux côtés de l'angle aigu ne doit pas être inférieure à 50 mm.
- 4 Le treillis d'armatures doit être ancré avec la couche inférieure en 5 points au moins.

7.4 Répandage du revêtement en béton de ciment par la machine à coffrage glissant

7.4.1 Les paramètres de fonctionnement de la machine à coffrage glissant doivent être réglés et calibrés conformément aux exigences techniques suivantes :

- 1 Les vibrateurs à aiguilles doivent être disposés uniformément, avec un espacement de 300 à 450 mm. Lorsque l'épaisseur de répandage du béton est importante, il faut utiliser un espacement plus petit. La distance entre les vibrateurs à aiguilles d'extrémité et le bord de répandage ne doit pas être supérieure à 200 mm. La position du bord inférieur des vibrateurs à aiguilles doit être au-dessus du point le plus bas de la plaque d'extrusion.
- 2 L'angle d'inclinaison avant de la plaque d'extrusion doit être réglé à 3°. La position de la plaque de compactage pour l'enlèvement de la pâte doit être de 5 à 10 mm au-dessous du bord avant de la plaque d'extrusion.
- 3 La hauteur de répandage en excès du bord doit être déterminée en fonction de la consistance du mélange, elle doit être de 3 à 8 mm. Lorsque la dalle est épaisse et que l'affaissement est faible, il est conseillé d'utiliser une valeur plus faible pour la hauteur de répandage en excès du bord.
- 4 Le bord avant de la poutre de lissage doit être réglé à la même hauteur du bord arrière de la plaque d'extrusion. Le bord arrière de la poutre de lissage doit être 1 à 2 mm plus bas que le bord arrière de la plaque d'extrusion et à la même hauteur que l'élévation de la chaussée.

- 5 Le réglage de la machine à coffrage glissant satisfaisant aux exigences de précision de répannage doit être fixé et protégé. Lorsque les conditions de répannage, telles que l'altitude de la base changent et que la précision de répannage est hors limites, l'opérateur peut l'ajuster lentement en cours de déplacement.

Note explicative de l'article :

- 1 *L'insertion des vibrateurs à aiguille de la machine à coffrage glissant dans la chaussée entraîne la formation d'une bande de mortier en surface, ce qui réduit la résistance locale à l'usure de la chaussée et peut même conduire à une fissuration plastique précoce.*
 - 2 *Un réglage trop important de l'angle d'inclinaison vers l'avant de la plaque d'extrusion entraînera une augmentation de la résistance à l'avancement du finisseur à coffrage glissant, et même à une élévation de l'ensemble de la machine, il en résulte que les chenilles ne peuvent pas alors toucher le sol et ne peuvent pas se déplacer pour le répannage.*
- 7.4.2 La distribution du béton devant la machine à coffrage glissant doit être faite mécaniquement ; la hauteur du matériau distribué doit être uniforme et aucun déversement direct par camion-benne n'est autorisé. La distribution du béton doit répondre encore aux prescriptions techniques suivantes :
- 1 La vitesse de décharge et de distribution du béton doit être en harmonie avec la vitesse de répannage, et il ne doit pas y avoir de pénurie partielle ou totale de matière. Le répannage doit être arrêté immédiatement en cas de manque de matériau.
 - 2 Lorsqu'un distributeur est utilisé pour la distribution du béton, la distance entre le distributeur et la machine à coffrage glissant doit être de 5 à 10 m. Lorsque le taux d'évaporation sur chantier est important, une valeur plus petite doit être utilisée.
 - 3 Lorsque l'affaissement est compris entre 10 et 30 mm, le coefficient de foisonnement pour la distribution du béton doit être entre 1,08 et 1,15.
 - 4 Il convient de s'assurer que la hauteur de matériau devant la machine à coffrage glissant soit inférieure au point le plus haut de la lame de l'alimentateur à vis, et que la hauteur maximale de matériau ne soit pas supérieure au bord supérieur du panneau de garde de la machine. Lorsqu'une charrue de distribution est utilisée, la hauteur du matériau doit être strictement contrôlée en fonction de la hauteur de foisonnement.

- 5 Dans les cas de construction avec supports pour les goujons et les fers de liaison des joints de dilatation et d'isolement, il ne faut pas décharger le béton directement sur la surface supérieure des supports. Le béton sous les goujons doit être compacté avec une aiguille vibrante à main avant le répandage.

7.4.3 Lors du démarrage de la machine à coffrage glissant, il convient d'abord de mettre en route les vibreurs à aiguilles et d'ajuster la fréquence de vibration à la fréquence appropriée en 2 à 3 minutes, de sorte que le mélange entrant dans le bord avant de la plaque d'extrusion puisse être vibré et compacté sans grosses bulles d'air qui sortent et éclatent. Ce n'est qu'alors que la machine à coffrage glissant peut être mise en mouvement pour faire avancer le répandage en douceur. A la fin de la journée de construction de la chaussée, le groupe de vibreurs doit être arrêté immédiatement après la séparation de la machine du mélange.

7.4.4 Au cours du répandage, il faut régler à tout moment la position de la plaque de hauteur de béton foisonné pour contrôler l'alimentation en matériau de la machine à coffrage glissant et assurer que l'alimentation est suffisante. Au démarrage, la position doit être réglée un peu plus haut. Pour un répandage normal, il convient de maintenir le niveau de matériau dans la chambre de vibration à environ 100 mm au-dessus de la surface supérieure des vibreurs, et la variation du niveau de matériau doit être contrôlée à ± 30 mm près.

Note explicative de l'article :

Le but du réglage à tout moment du panneau de contrôle de la hauteur de matériau foisonné est de maintenir l'équilibre de pression entre le matériau du plancher de compression d'extrusion et le béton dans la chambre de vibration pour empêcher que la fluctuation de la force d'extrusion n'affecte l'uni du répandage.

7.4.5 Le répandage par coffrage glissant doit fonctionner lentement, uniformément et sans interruption. La vitesse de répandage par coffrage glissant doit être déterminée en fonction de l'épaisseur de la dalle, de l'ouvrabilité du béton, de la capacité de distribution du matériau, et de l'effet de suppression des bulles lors de la vibration. Elle doit être choisie entre 0,75 et 2,5 m/min, de préférence 1 m/min.

7.4.6 Lors du répandage de la couche de revêtement en béton de ciment par machine à coffrage glissant, il est strictement interdit d'avancer rapidement, d'arrêter arbitrairement la machine et de répandre par intermittence.

7.4.7 La fréquence de vibration du répandage par coffrage glissant doit être déterminée en fonction de l'épaisseur de la dalle, de la vitesse de répandage et de l'ouvrabilité du béton, afin d'éviter toute vibration excessive, insuffisante ou absente. La fréquence de vibration peut être réglée

entre 100 et 183 Hz et de préférence à 150 Hz.

7.4.8 Des mesures telles que le réglage de la fréquence ou de la vitesse de vibration du répandage en fonction de la consistance du mélange doivent être prises afin d'assurer la qualité du répandage. Lorsque la consistance du mélange change, il est conseillé de prendre d'abord des mesures pour ajuster la fréquence de vibration, puis des mesures pour modifier la vitesse de répandage.

7.4.9 Lorsque la poutre vibrante de lissage est employée, pendant le répandage le diamètre du rouleau de mortier à l'avant de la poutre de lissage doit être contrôlé à $100 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$. Il faut éviter l'interruption, la dispersion ou le déploiement du rouleau de mortier.

7.4.10 Au moyen du contrôle de la pression sur la plaque de lissage, la plaque doit être en contact avec la surface en béton nouvellement posée sur au moins 85% de la longueur.

7.4.11 Dans les 5 à 10 premiers mètres du répandage il faut mesurer notamment l'altitude de la chaussée, l'épaisseur des bords, la ligne médiane, la pente transversale du répandage. Si nécessaire, il sera possible d'ajuster lentement les paramètres de répandage afin de s'assurer que la qualité du répandage satisfait aux exigences du tableau 7.3.6.

7.4.12 La progression du répandage par coffrage glissant doit être uniforme et stable, la surface du mélange qui sort de la plaque d'extrusion ou de la poutre de lissage doit être plane et sans défaut, les angles des deux côtés doivent être de 90° , réguliers et lisses, sans bord éboulé ni épaulement oblique. L'épaisseur du mortier en surface ne doit pas être supérieure à 3 mm. A part la chaussée en béton en granulats exposés, les granulats grossiers ne doivent pas être exposés sur la surface de la chaussée en béton répandu par coffrage glissant.

7.4.13 Lorsque le répandage par la machine à coffrage glissant adopte le dispositif d'insertion de tige de transmission (DBI) pour installer les goujons et fers de liaison, il doit répondre aux dispositions suivantes :

- 1 Une personne doit être spécialement chargée d'aligner la position du joint de retrait transversal, et il faut insérer en une seule fois par vibration tous les goujons de la rangée entière.
- 2 Le goujon doit être inséré lentement afin d'éviter que l'insertion rapide ne provoque une résistance trop grande et ne soulève l'ensemble de la machine de répandage.
- 3 Les dispositifs d'insertion des fers de liaison doivent être choisis en fonction du nombre de voies réalisées en une seule fois. Les fers de liaison reliés à la couche de béton non revêtue

doivent être insérés à l'aide d'un dispositif d'insertion. Pour le répandage de plus de deux voies, les fers de liaison doivent être placés par pression à l'aide d'un dispositif d'insertion.

- 4 Le fer de liaison central peut être inséré automatiquement ou manuellement à l'emplacement prescrit et doit être inséré en une fois.
- 5 Les fers de liaison des bords doivent être insérés en place en une fois et non pas être insérés en plusieurs fois après le décoffrage, ni être enfoncés manuellement après le décoffrage. Les fers insérés en place doivent être correctement protégés afin d'éviter toute la perte d'adhérence avec le béton.

7.4.14 Lors du répandage sur un tronçon de route en pente ascendante, il convient de réduire l'angle d'élévation avant de la plaque d'extrusion ainsi que la pression sur la plaque de lissage. Lors du répandage sur un tronçon en descente, il est conseillé d'augmenter l'angle d'élévation avant et d'augmenter d'une manière appropriée la pression sur la plaque de lissage.

Note explicative de l'article :

Lors du répandage sur un tronçon de route en pente longitudinale, l'ajustement de l'angle d'élévation avant de la plaque de fond d'extrusion a pour but d'éviter la surcharge du finisseur et d'endommager les chenilles. Comme la longueur de bout en bout de la machine à coffrage glissant est grande, remonter une pente peut augmenter la pression de la plaque de lissage, et faire qu'elle ne puisse plus continuer le travail de lissage. En descente, la pression de la plaque de lissage diminue ou même s'annule au lieu d'aplanir la surface. Par conséquent, il convient d'assurer le maintien d'une surface de contact appropriée de la plaque de lissage en fonction de la variation de la pente longitudinale.

7.4.15 Lors du répandage d'une courbe horizontale à faible rayon, la distance entre la plaque de lissage à l'extérieur du virage et le bord du répandage doit être ajustée vers l'intérieur et les coffrages latéraux rallongés des deux côtés doivent utiliser une connexion articulée charnière qui peut tourner horizontalement et ils ne doivent pas être fixés.

Note explicative de l'article :

Lors du répandage d'une courbe horizontale à faible rayon, la distance de la plaque de lissage à l'extérieur du virage est ajustée vers l'intérieur, afin d'éviter d'écraser le bord extérieur et d'empêcher la plaque de lissage de tomber sur la route. Le but de rallonger le coffrage latéral en exigeant une liaison articulée horizontalement est d'éviter la cassure du bord par le coffrage intérieur et d'empêcher le coffrage extérieur d'être en suspension.

7.4.16 Une fois la texture antidérapante réalisée, il faut commencer immédiatement à garder l'humidité et la cure. La durée de la cure ne doit pas être inférieure à 5 jours, et les dalles de voies adjacentes ne peuvent être connectées que si la résistance du béton satisfait aux exigences. Lorsque les chenilles se déplacent sur la nouvelle chaussée, un tapis en caoutchouc doit être étalé sous les chenilles ou il faut adopter une machine à coffrage glissant avec des chenilles avec des pavés en caoutchouc. La différence de hauteur entre les joints transversaux et les joints longitudinaux ne doit pas être supérieure à 2 mm.

7.4.17 Lors du répandage, le fonctionnement et la position des aiguilles vibrantes doivent être régulièrement vérifiés. En cas d'apparition du phénomène de surface grêlée en forme de bande sur la chaussée, il faut arrêter le répandage pour vérifier si les aiguilles vibrantes sont endommagées. Si c'est le cas, il faut les remplacer. En cas de présence de bandes de mortier brillantes sur la chaussée, il faut vérifier si la position des aiguilles vibrantes est normale. En cas de position anormale, il faut régler l'aiguille vibrante en position normale.

7.4.18 Lorsque la largeur de répandage est supérieure à 7,5 m, il faut renforcer le contrôle de l'ouvrabilité des mélanges à gauche et à droite. S'il s'avère que l'ouvrabilité n'est pas constante, la vitesse de répandage doit être ajustée avec précision sur le côté sec, et prendre des mesures telles que la réduction de la fréquence de l'aiguille vibrante sur le côté plus humide pour éviter une vibration locale excessive. En cas de grave ségrégation ou dispersion du mélange, le répandage doit être arrêté et les mélanges sont mis au rebut. Le répandage peut être repris une fois le problème identifié et résolu.

7.4.19 Sous la condition de ne pas affecter la durabilité globale de la chaussée, il est possible de prendre des mesures telles que l'ajustement de la consistance du mélange, de l'angle d'élévation avant de la plaque d'extrusion, de la vitesse de démarrage et de la vitesse de répandage, pour réduire le phénomène de fissuration transversale de la chaussée en béton.

7.4.20 Si une machine à coffrage glissant s'arrête pour attendre le matériau pendant un temps que l'on prévoit être plus long que le temps de prise initiale du béton transporté sur le chantier, la machine à coffrage glissant doit être rapidement dégagée de la surface de travail de répandage pour réaliser un joint de construction transversal.

7.4.21 Lors du répandage par machine à coffrage glissant, il faut s'assurer que le dispositif de lissage automatique fonctionne correctement. Pour les surfaces grêlées localement ou de petits manques de matériau, une quantité appropriée de mélange peut être ajoutée devant la poutre de lissage pour lisser la surface.

7.4.22 Lorsque les bords des joints longitudinaux du revêtement en béton réalisé par machine à

coffrage glissant présentent un chanfrein, un affaissement ou une inclinaison, ou s'il y a de petits défauts locaux en surface, une réparation locale peut être effectuée manuellement. L'opération de réparation doit respecter les exigences suivantes :

- 1 Après la réparation locale, le revêtement doit être nivelé avec précision ; la longueur de la règle utilisée pour le nivellement ne doit pas être inférieure à 2 m.
- 2 Le bord de la chaussée doit être équipé de coffrages latéraux ou de tubes métalliques de forme carrée pour soutenir la partie supérieure du bord pour contrôler la déformation pendant la réparation.
- 3 Lorsqu'il y a une différence de hauteur importante au niveau des connecteurs longitudinaux et transversaux, après nivellement, il est possible d'utiliser le vibreur à main pour effectuer la vibration et le compactage et faire une mesure avec une jauge de niveau. La longueur de la règle de nivellement utilisée ici ne doit pas être inférieure à 3 m.
- 4 Lorsque l'opération de réparation de surface nécessite un complément de matériau, elle peut être effectuée en utilisant des matériaux fins tamisé du mélange du répandage. Il n'est pas permis d'arroser ou de saupoudrer de la poudre de ciment.
- 5 La réparation de surface ne doit pas utiliser la méthode du rapiéçage en couche mince.

7.4.23 Une fois terminé le travail de la machine à coffrage glissant, le mortier pur restant dans le bac vibrant de la machine doit être jeté et les résidus de béton dans la machine à coffrage glissant doivent être nettoyés et enlevés à temps.

7.4.24 Les joints de construction transversaux peuvent être réalisés par le montage de coffrages d'extrémité et il convient de les disposer avec les joints de dilatation ou d'isolement. S'ils ne peuvent pas être installés avec les joints de dilatation, ils doivent être installés avec des joints de retrait. Les joints de construction transversaux doivent répondre aux exigences de qualité en matière de planéité, d'élévation et de la pente transversale de la surface de la route.

7.4.25 Des coffrages latéraux peuvent être installés aux deux extrémités du joint de construction, de sorte que le côté peut être rétracté vers l'intérieur de 20 à 40 mm, ce qui est pratique pour la continuité du répandage. La longueur de l'évidement des côtés doit être légèrement plus grande que le coffrage latéral de la machine à coffrage glissant.

Note explicative de l'article :

Au niveau de l'arrêt de bétonnage, il convient de laisser un tronçon de chaussée de largeur

rétrécie, à l'aide du coffrage latéral, sur une longueur égale à celle de la machine à coffrage glissant. Ceci permettra de reculer facilement la machine à ce point le lendemain pour reprendre le bétonnage à partir de l'arrêt précédent et de réduire la quantité de travail manuel pour façonner la reprise.

7.4.26 Lorsque la machine à coffrage glissant est équipée d'un dispositif d'insertion automatique des goujons, la profondeur d'insertion du goujon doit être calibrée par des méthodes non destructives sur la planche d'essai, et la précision de la pose des goujons doit être vérifiée pendant la construction. Le contrôle peut être effectué à l'aide d'un testeur d'épaisseur de la couverture de la barre d'armature ou d'un dispositif spécial de contrôle de la position du goujon.

7.5 Mise en place de revêtement en béton armé et en béton armé continu par machine à coffrage glissant

7.5.1 Avant le répandage, l'implantation du tracé doit être effectuée correctement sur terrain selon les dessins de conception, afin de marquer correctement la position des armatures de chaussée, des dalles de chaussée, des poutres d'ancrage au sol et des joints.

7.5.2 Le façonnage des armatures doit satisfaire aux exigences suivantes :

- 1 Le soudage et la ligature des barres d'armature doivent être conformes aux normes nationales pertinentes.
- 2 La couche de revêtement en béton armé doit comporter un treillis d'armatures préfabriqué. Sa longueur et sa largeur doivent répondre aux exigences de conception et sa qualité doit répondre aux prescriptions des normes nationales pertinentes.
- 3 Les méthodes de soudage en place pour réaliser le treillis d'armature, les diamètres et les espacements des armatures doivent répondre aux exigences des dessins de conception.
- 4 Lors de la découpe des armatures, il faut contrôler strictement leur dimension pour s'assurer que la dimension totale du treillis est conforme aux exigences.

7.5.3 Les barres d'armatures doivent être pré-installées et doivent répondre aux dispositions techniques suivantes :

- 1 La hauteur d'installation des barres d'acier doit être conforme aux exigences de conception et aux dispositions du « *Règlement technique de la conception des chaussées*

routières en béton de ciment » (JTG D40) en vigueur.

- 2 Lors de la mise en place de barres d'acier à double couche, l'épaisseur de la couche de protection des barres d'acier doit être strictement contrôlée.
 - 3 Les goujons pour les joints de retrait du revêtement en béton armé et des fers de liaison peuvent être installés sur les armatures du treillis. La position des goujons doit être strictement contrôlée et leur extrémité ne doit pas pousser les barres d'armatures.
 - 4 Le treillis d'armatures doit être monté avec des supports en barres d'acier et aucun espaceur n'est autorisé. Le support doit garantir que l'armature ne s'affaisse pas ou ne se déplace pas en raison de la pression de gerbage du mélange lors de la distribution et du répandage du béton. Le nombre de supports doit être compris entre 4 et 6 par m².
 - 5 Le treillis d'armatures doit être connecté aux supports par soudage.
 - 6 Pour le revêtement en béton armé continu à une ou deux couches utilisant des poutres d'ancrage au sol aux deux extrémités, les supports préfabriqués doivent être fixés à la couche inférieure au moyen d'ancrages par forage. La profondeur d'ancrage dans la couche inférieure des supports ne doit pas être inférieure à 70 mm.
- 7.5.4 Le contrôle de la qualité des barres d'armature et des armatures de montage doit satisfaire aux exigences suivantes :
- 1 Les écarts admissibles de soudure ou de ligature des barres d'armature de revêtement et de cadres d'acier d'armatures doivent satisfaire aux exigences du tableau 7.5.4-1.

Tableau 7.5.4-1 Écart admissible de soudage ou de ligature des barres d'armatures de revêtement et de cadres en acier d'armatures (mm)

Point de contrôle		Écart admissible de l'armature soudée et du cadre	Écart admissible de l'armature ligaturée et du cadre
Longueur et largeur de barre d'armature		± 10	± 10
Dimension de maille d'armatures		± 10	± 20
Largeur et hauteur de cadre d'armatures		± 5	± 5
Longueur de cadre d'armatures		± 10	± 10
Espacement des étriers		± 10	± 20
Armature active	Espacement	± 10	± 10
	Espacement des rangées	± 5	± 5

- 2 La longueur de recouvrement des armatures ne doit pas être inférieure à $5d$ (d = diamètre de l'armature) pour une soudure double faces et à $10d$ pour une soudure simple face. La longueur de recouvrement d'armatures de liaison ne doit pas être inférieure à $35d$.
- 3 Le nombre d'armatures soudées ou ligaturées sur un même profil vertical ne doit pas dépasser 25% du nombre total d'armatures du profil. Les connecteurs de liaison par soudure ou ligature des armatures adjacentes doivent être décalés respectivement de 500 mm ou 1000 mm. Les armatures longitudinales continues doivent être pourvues d'un connecteur de liaison par ligature tous les 30 m.
- 4 L'écart admissible de la position de pose d'une barre d'armature et du treillis d'armatures pour une chaussée ou un le tablier de pont doit être conforme aux exigences du tableau 7.5.4-2.

Tableau 7.5.4-2 Écart admissible de la position de pose d'une barre d'armature et d'un treillis métallique pour une chaussée ou un tablier de pont (mm)

Point de contrôle		Ecart admissible
Espacement des rangées d'armatures actives		± 5
Position du point de courbure de l'armature		20
Espacement des étriers, des barres transversales	Armature ligaturée et treillis	± 20
	Armature soudée et treillis	± 10
Position d'encastrement des barres d'armatures	Position de la ligne centrale	± 5
	Différence de hauteur de niveau	± 3
Couverture de protection des barres d'armatures	Distance à la surface	± 3
	Distance au fond	± 5

7.5.5 Avant le répandage, il faut contrôler les armatures et les treillis déjà installés. Le répandage avec la machine à coffrage glissant ne peut commencer qu'après confirmation que la préparation des armatures est satisfaisante, que la position d'installation est conforme aux exigences, que les armatures sont solidement posées sans toucher le sol, sans soulèvement, déformation, déplacement, détachement ni soudure ouverte.

7.5.6 La construction des couches de revêtement en béton armé et en béton armé continu doit s'effectuer avec un alimentateur ou une chargeuse pour l'alimentation et la distribution du béton. Il faut s'assurer que les barres d'armatures pré-installées ne sont pas écrasées, déformées ou collées au sol par le béton ou l'alimentateur. Il est strictement interdit à toute machine de marcher ou rouler sur des barres d'armatures déjà posées.

7.5.7 Pour les couches de revêtement en béton armé avec une seule couche d'armatures, il est

possible de répandre le béton en deux fois. Dans l'intervalle des deux distributions, un treillis métallique peut être mis en place. Les chaussées en béton armé continu doivent adopter la pré-installation de supports des barres d'armatures et le répandage mécanisé du béton en une seule fois.

7.5.8 Le béton doit être déchargé dans la trémie de l'alimentation ou dans le bac du chargeur, puis être mis en place par une machine depuis le côté. Le mélange sur les barres d'acier doit être réparti uniformément dès que possible.

7.5.9 Lorsque l'affaissement du béton est constant, l'épaisseur foisonnée répandue du béton armé doit être supérieure de 10 mm à celle de la couche en béton de ciment, la vitesse de marche de la machine à coffrage glissant doit être réduite de manière appropriée. La méthode de vibration manuelle doit être adoptée pour faire vibrer et compacter le béton au dessous du treillis d'armatures avant le répandage.

7.5.10 Pour la réalisation de revêtement en béton armé ou en béton armé continu avec une machine à coffrage glissant, l'espacement horizontal des vibrateurs à aiguilles doit être de 250 à 350 mm. Si l'épaisseur de la dalle est grande et que le béton est relativement sec, la plus petite valeur est utilisée ; sinon, la plus grande valeur est utilisée. La fréquence du vibreur ne doit pas être inférieure à 167 Hz. La position du vibreur doit être contrôlée avec précision pour empêcher le vibreur de heurter ou de perturber les barres d'acier.

7.5.11 Les joints de construction du béton armé ou du béton armé continu doivent être disposés à la position de joints transversaux ou aux extrémités des armatures continues. Le répandage ne doit pas être interrompu à l'endroit d'un treillis d'armature ou d'une armature continue.

7.5.12 Lors du répandage de la couche de revêtement en béton armé, des marques évidentes doivent être faites aux positions des joints de retrait pour garantir la précision de position des joints de coupe et des joints de retrait longitudinal et transversal.

7.5.13 La couche de revêtement en béton armé continu doit être répandue en une fois. Les joints longitudinaux doivent être sciés en fonction de la largeur des voies de circulation. S'il n'est pas possible de réaliser en une fois le répandage sur l'ensemble de la largeur du revêtement, des modifications de conception doivent être apportées et des fers de liaison doivent être mis en place pour le joint longitudinal de sorte que l'effort de liaison transversal apporté par ces barres soit égal à celui dans la section du béton dans le cas où cette couche de surface aurait été coulée en pleine largeur.

7.5.14 En plus de la conformité aux dispositions des « Règles techniques pour la construction des ponts et ponceaux des routes » (JTG F50) en vigueur, la construction des poutres d'ancrage au sol

pour les chaussées en béton armé continu doit satisfaire aux prescriptions techniques suivantes :

- 1 Les tranchées des poutres d'ancrage au sol doivent être creusées en fonction de la position, de la taille et du nombre prévus à la conception ; la sur-excavation doit être évitée. En cas de sur-excavation importante, la partie sur-excavée doit être modifiée avant le coulage du béton.
- 2 Les barres d'armature qui dépassent de la poutre d'ancrage au sol doivent être soudées avec les armatures du revêtement. Le béton de la poutre d'ancrage au sol doit être vibré et compacté par couche avec les vibrateurs et coulé avec le revêtement de la chaussée pour former un seul ensemble.
- 3 Il convient de réaliser la poutre d'ancrage au sol et le béton de revêtement à une température de 20 à 25°C, ou à la température annuelle moyenne.

7.5.15 En plus de la conformité aux dispositions des « Règles techniques pour la construction de ponts et de ponceaux des routes » (JTG F50) en vigueur, la construction de poutres en double T à larges ailes des chaussées en béton armé continu doit être conforme aux prescriptions techniques suivantes :

- 1 La tranchée doit être creusée dans la couche inférieure selon les dimensions de la semelle de la traverse du plan de conception, le cadre d'acier renforcé doit être installé et la semelle de la traverse en béton armé coulée.
- 2 Une fois la poutre d'acier en double T à large ailes installée et soudée, la couche de revêtement en béton des deux côtés peut être exécutée.
- 3 La partie de la liaison entre l'extrémité de dalle et l'intérieur de la tranchée pour la poutre d'acier en double T doit être remplie avec le matériau de remplissage pour les joints de dilatation.

7.5.16 Les joints de dilatation de la chaussée en béton armé continu, peuvent être réalisés par différentes méthodes : par sciage du béton frais, par sciage du béton durci, par réservation.

7.5.17 Lorsque le joint de dilatation est réalisé dans le béton frais, un coffrage d'extrémité de joint de construction doit être installé à la position du joint de dilatation. Le coffrage d'extrémité doit être percé à l'emplacement de chaque barre d'armature longitudinale et l'armature doit sortir du coffrage d'extrémité. Le béton près du coffrage d'extrémité doit être vibré et compacté avec une aiguille vibrante et lissé pour répondre aux exigences de planéité. Il faut éviter d'

endommager l'angle du bord lors du démontage du coffrage d'extrémité.

7.5.18 Lorsque le joint de dilatation est réalisé par découpe du béton durci, il y a répanchage du béton à l'emplacement du joint de dilatation. Avant le répanchage le lendemain, le béton durci à la position du joint de dilatation doit être scié et ciselé. Le béton coupé ne doit pas présenter d'épaufrures des bords, ni d'endommagements des angles de bord. Le béton situé sous la barre d'acier doit être ciselé jusqu'au fond ; la rectitude de coupe et l'écart de verticalité ne doivent pas dépasser 10 mm.

7.5.19 Lorsque la méthode de la réservation est utilisée, deux coffrages d'extrémité de joints de construction doivent être disposés sur les deux côtés de l'espace réservé et la largeur de l'espace doit répondre aux exigences de largeur réservée pour l'installation du joint de dilatation retenu. La fermeture du joint doit être effectuée à la température annuelle moyenne locale.

7.6 Mise en place du revêtement en béton de fibres par machine à coffrage glissant

7.6.1 Le revêtement en béton de fibres est réalisé au moyen d'une machine à coffrage glissant. Le temps maximum autorisé pour le mélange de béton de fibres entre le moment de sortie de la centrale et le moment de son arrivée sur le chantier doit être inférieur à celui indiqué par le tableau 6.4.2. Lorsque le temps de prise du mélange de béton de fibres ne permet pas de respecter les exigences de temps d'exécution, il est possible d'ajouter un retardateur de prise dans le mélange ou d'ajuster la quantité de retardateur dans le mélange actuel pour prolonger le temps de prise.

7.6.2 Outre la satisfaction aux exigences de la pose de revêtement en béton de ciment par machine à coffrage glissant, la distribution et le répanchage du béton de fibres doivent satisfaire aux dispositions suivantes :

- 1 La mode de distribution mécanique du béton et la méthode de répanchage adoptés doivent assurer une répartition uniforme et continue des fibres dans la couche de revêtement.
- 2 La hauteur de distribution du matériau foisonné doit être déterminée par un répanchage d'essai. Pour un même affaissement du mélange, la hauteur doit être supérieure de 10 mm à celle d'une couche de revêtement en béton de ciment lorsque l'on adopte la même méthode de construction mécanique.
- 3 Pendant le processus de coulage et de répanchage, le mélange du béton doit être strictement contrôlé. Aucun ajustement de la teneur en eau du béton ne doit pas être autorisé en raison

d'une insuffisance d'ouvrabilité du mélange. Il est possible de pulvériser la surface pour réduire les effets de l'évaporation de la surface.

- 4 Les agglomérats de fibres trouvés dans le béton nouvellement répandu doivent être enlevés immédiatement.
- 5 Le coulage et le répandage d'une dalle ne doivent pas être interrompus.

Note explicative de l'article :

4) *Les fibres du mélange ne doivent pas être agglomérées. Lorsqu'une agglomération est détectée, des mesures efficaces peuvent être prises pour ajuster la longueur et la forme des fibres et installer un distributeur de fibres sur la bande de la centrale de mélange (mélangeur) pour étaler uniformément les fibres.*

7.6.3 La vibration et le nivellement de revêtement du béton de fibres doivent répondre aux exigences suivantes :

- 1 Lorsque la machine à coffrage glissant est utilisée pour la mise en place du revêtement en béton de fibres, la fréquence de vibration ne doit pas être inférieure à 167 Hz.
- 2 L'extrémité inférieure de chaque aiguille vibrante doit être strictement contrôlée pour être au-dessus de la surface et aucun compactage par insertion du béton de fibres de la chaussée n'est autorisé.
- 3 Après nivellement, la surface du revêtement ne doit pas avoir de fibres d'acier droites ou froissées exposées.
- 4 Lors de la pose de la couche de revêtement en béton de fibres, la barre de compactage ou la poutre flottante de lissage de la machine à coffrage glissant doit être mise en marche de manière à presser les fibres du mélange dans la couche du mortier de surface.

Note explicative de l'article :

3) *Il est exigé que les fibres d'acier du revêtement en béton de fibres d'acier après le nivellement ne soient pas dégagées pour assurer la sécurité de l'exploitation et éviter que les pneus soient piqués par les fibres d'acier exposés après l'usure de la surface de la route.*

7.6.4 La macrotexture antidérapante de la couche de béton de fibres doit être obtenue par rainurage. Pour la réalisation de la microtexture antidérapante on peut passer une toile de jute sur la surface. Le passage de la toile ne doit pas faire apparaître de fibres ni laisser des arêtes ou rainures.

7.7 Revêtement de tablier de pont en béton réalisé par la machine à coffrage glissant

7.7.1 Lorsque le béton du tablier de pont est mis en œuvre au moyen d'une machine à coffrage glissant, l'équipement de répandage doit être raisonnablement choisi en fonction de la structure de revêtement du tablier et des exigences en matière de matériaux. Il est conseillé d'utiliser les mêmes machines à coffrage glissant que pour le béton de chaussée adjacent, avec un répandage continu. Le cas échéant, il convient de vérifier la sécurité de la structure lorsque le répandage est effectué sur le pont.

7.7.2 L'installation des armatures du revêtement du tablier de pont doit être réalisée avant le répandage conformément aux spécifications de conception. Les armatures doivent être soudées et non attachées par ligature. Les armatures longitudinales et transversales ne doivent pas être coupées en raison d'une largeur de répandage insuffisante ou de l'établissement de joints de construction.

7.7.3 Les armatures du revêtement du tablier de pont doivent être reliées aux armatures réservées selon la conception. Le nombre d'armatures utilisées pour soutenir les treillis du revêtement du tablier de pont doit être de 4 à 8 par m^2 . Il convient de retenir la valeur élevée en extrémité de poutre ou pour les parties des appuis où la contrainte de cisaillement est élevée.

7.7.4 La rampe d'accès en béton doit être posée à l'avance à l'arrière de la culée pour le passage des chenilles. Elle ne doit pas être plus courte que la dalle de transition en béton armé. La rampe d'accès en béton doit être vibrée et compactée, la résistance doit répondre aux besoins de circulation de la machine de répandage.

7.7.5 Lors du répandage continu de la chaussée, de la dalle de transition, de la dalle d'approche, du tablier de pont, la ligne de référence doit être disposée pour satisfaire aux exigences suivantes :

- 1 Les lignes de référence fixées de part et d'autre de la chaussée, de la dalle de transition, de la dalle du recouvrement et du tablier de pont doivent être droites et continues, et la précision de réglage doit satisfaire aux exigences du tableau 7.3.6.
- 2 Les piquets de la ligne de référence pour le revêtement du tablier de pont peuvent être fixés temporairement par soudage aux armatures d'ancrage du pont. Lorsqu'il existe un garde-corps à l'extérieur, la ligne de référence peut être disposée en s'appuyant sur ce garde-corps. L'espacement des piquets de la ligne de référence d'un pont droit ne doit pas être

supérieur à 10 m et il peut être réduit à 5 m pour un pont courbe.

- 3 Lorsque l'on utilise la ligne de référence pour vérifier l'épaisseur du revêtement du tablier de pont, faut se conformer aux dispositions de l'article 7.3.8 du présent règlement.

7.7.6 La surface nue du tablier ou de la chape de réglage étanche à revêtir doit être bouchardée ou rendue rugueuse, en exposant les granulats avec un retardateur de prise en surface. La profondeur moyenne de texture mesurée par la méthode de la tache de sable sur la surface après le bouchardage ne doit pas être inférieure à 1,0 mm. La surface de granulats exposés après le traitement avec le retardateur ne doit pas être inférieure à 70%. Après avoir été rendue rugueuse, la surface doit être nettoyée et humidifiée par aspersion d'eau, et aucune eau ne doit s'accumuler.

7.7.7 La machine de répandage à chenilles en acier doit être protégée par un coussin en caoutchouc lorsqu'elle circule directement sur la surface supérieure du tablier ou sur la base de garde-corps.

7.7.8 Le garde-corps du pont doit être installé avant le répandage du revêtement du tablier.

7.7.9 A l'emplacement des joints longitudinaux de construction au bas du coffrage latéral de la machine à coffrage glissant, un demi-coffrage sera disposé. La partie supérieure du demi-coffrage sera pourvue d'ouvertures selon le diamètre et le nombre d'armatures transversales. Avant le répandage du reste du tablier, les demi-coffrages doivent être enlevés sans endommager le bord de la chaussée.

7.7.10 En plus du respect des dispositions des règles 7.5.5 à 7.5.9, la réalisation du revêtement de la surface de tablier du pont avec la machine à coffrage glissant et la distribution du béton doivent être conformes aux exigences techniques suivantes :

- 1 Le véhicule de transport du béton doit se déplacer en dehors de la zone de répandage et une personne spéciale doit être chargée de commander le déchargement.
- 2 Le mélange peut être distribué au travers du garde-corps à l'aide d'une pelle ou d'un convoyeur.

7.7.11 Lorsque la machine à coffrage glissant est utilisée pour le revêtement en continu du tablier du pont et de la chaussée, les dispositions suivantes doivent être respectées en plus des exigences pertinentes des chapitres 7.4 et 7.5 du présent règlement :

- 1 Lorsque la machine à coffrage glissant effectue un répandage continu de la dalle de

transition, de la dalle d'approche, du tablier du pont et des joints de dilatation, la fréquence de vibration doit être portée à 167 Hz ou plus et la vitesse de répandage doit être contrôlée dans la plage de 0,75 à 1,0 m/min.

- 2 Lorsque la machine à coffrage glissant est en montée ou en descente sur le tablier de pont, la hauteur de coffrage latéral doit être ajustée à temps pour éviter les fuites de béton sur les bords.
- 3 L'épaisseur du revêtement du tablier du pont doit faire l'objet de deux mesures de contrôle : l'épaisseur moyenne et l'épaisseur minimale limite. L'écart sur l'épaisseur moyenne doit être dans l'intervalle +20 mm, -5 mm ; l'écart sur l'épaisseur minimale limite locale doit être contrôlé à -20 mm.
- 4 Lorsque l'épaisseur de la dalle de transition en béton armé répandue par coffrage glissant dépasse 300 mm, il faut d'abord couler le fond et le vibrer à l'aide d'un vibreur à main, puis utiliser la machine à coffrage glissant pour répandre la partie supérieure.

7.7.12 L'exécution des différents joints du tablier du pont doit répondre aux dispositions techniques suivantes :

- 1 Lorsque le tablier du pont est relié à la dalle de transition, les joints de dilatation et de tassement doivent être placés sur la surface supérieure du bloc technique, selon les exigences de conception.
- 2 Avant le revêtement, la plaque de joint dans le joint d'isolement du bloc technique et le joint de dilatation doivent être bien installés, et il convient que la hauteur de la plaque soit inférieure de 20 mm à l'élévation du tablier du pont.
- 3 Après le répandage du revêtement du tablier du pont, le béton non durci sur la partie supérieure de la plaque de joint doit être enlevé, des lattes de bois doivent être installées en affleurement, leur surface plane doit être taillée et le béton des deux côtés de la plaque de joint doit être pilonné.
- 4 Une couche d'isolation doit être placée au bas de la position du joint de dilatation du pont. Après durcissement du revêtement du tablier du pont, l'espace d'installation du joint de dilatation doit être découpé et le béton dans cet espace doit être enlevé.
- 5 Le découpage des joints doit être effectué à la position du moment de flexion négatif au niveau des appuis du tablier comportant un renforcement d'armatures conformément à la

conception. L'espacement des joints transversaux dans chaque travée doit être constant, la longueur maximale ne doit pas être supérieure à 6 m, la longueur minimale ne doit pas être inférieure à la largeur de la dalle. Le tablier du pont doit être coupé pour le joint longitudinal selon la largeur de la voie.

- 6 Pour les tabliers revêtus connectés transversalement, il convient de prendre des dispositions doubles pour l'étanchéité à l'eau des joints longitudinaux, d'abord, en collant des bandes d'étanchéité à l'eau ou en enduisant les bords de bitume, puis en remplissant le joint avec un filler.

7.7.13 Lors du revêtement du tablier de pont en béton de fibres d'acier au moyen d'une machine à coffrage glissant, l'affaissement du béton doit être augmenté de 20 à 30 mm par rapport au tronçon de route ordinaire. Lorsque le béton n'est pas densifié par vibration, il ne faut pas forcer un répandage ou arroser de l'eau avant le répandage.

7.7.14 Lors de la pose d'un revêtement de tablier de pont en béton de fibres d'acier, un rouleau de compactage ou une poutre de lissage pressant les fibres doivent être installés devant la plaque d'extrusion. La fréquence de vibration de la machine à coffrage glissant ne doit pas être inférieure à 183 Hz et la vitesse de répandage doit être contrôlée entre 0,75 et 1,0 m/min. La machine doit avancer lentement, à vitesse constante et sans interruption.

7.7.15 Pour les ponts à double tabliers, lors du bétonnage de la chaussée, il est possible de faire chevaucher la machine à coffrage glissant sur l'autre tablier parallèle afin de diminuer les joints longitudinaux.

7.8 Mise en place de revêtement de chaussée en béton de ciment en tunnel par machine à coffrage glissant

7.8.1 Le revêtement de chaussée en béton de ciment en tunnel doit être réalisé avec des installations d'éclairage. Les dispositifs d'éclairage doivent être conçus de manière à éviter les zones non éclairées et d'éviter d'entraver le répandage du revêtement.

7.8.2 Les véhicules de transport de béton doivent faire demi-tour à l'extérieur du tunnel et reculer jusqu'à la position de répandage pour décharger le matériau. Pour les tunnels longs et larges, il est possible de faire demi-tour sur le parking.

7.8.3 La ligne de référence dans le tunnel doit être implantée à une position qui ne gêne pas l'avancement de la machine à coffrage glissant. Lors de l'épandage continu, il convient de

positionner les piquets d'implantation du tronçon à bétonner au niveau du joint transversal de dilatation du précédent tronçon. La précision de l'implantation de la ligne de référence doit être conforme aux dispositions du tableau 7.3.6.

7.8.4 Les contraintes d'espace de la construction en tunnel doivent être prises en compte et des équipements de distribution du béton plus petits et des méthodes de distribution appropriées doivent être sélectionnées.

7.8.5 Le revêtement de chaussée en béton de ciment du tunnel doit être répandu en une seule fois avec une machine à coffrage glissant en pleine largeur. Lorsque la largeur de la chaussée est grande, il convient d'utiliser une machine à coffrage glissant large pour réduire les joints longitudinaux.

7.8.6 Le revêtement de chaussée en béton armé continu ou en béton armé des tunnels doit être réalisé par bande longitudinale et la partie non revêtue peut être utilisée pour le transport et l'approvisionnement du mélange.

7.8.7 Lors du répandage par coffrage glissant du revêtement de chaussée en béton de ciment du tunnel, les chenilles sur un ou les deux côtés de la machine à coffrage glissant peuvent circuler sur le couvercle du caniveau latéral. La résistance de la paroi du caniveau latéral et de la plaque de couverture doit être vérifiée et ces éléments doivent être au besoin renforcés pour assurer la sécurité de la structure.

7.8.8 Le mode de répandage avec la machine à coffrage glissant doit être choisi en fonction des conditions de drainage latéral des deux côtés à l'intérieur du tunnel, et la machine à coffrage glissant doit être réglée conformément aux exigences suivantes :

- 1 Lorsque le répandage avec la machine à coffrage glissant est fait sur toute sa largeur, si la surface de la chaussée du tunnel et la surface supérieure du caniveau latéral sont à la même hauteur, les coffrages latéraux des deux côtés doivent être retirés ou relevés, et la paroi latérale du caniveau doit être utilisée pour contrôler la zone de répandage du béton.
- 2 Lorsque le répandage avec la machine à coffrage glissant est fait sur toute la largeur, et que la surface supérieure du caniveau latéral du tunnel est plus haute que la surface de la chaussée, la position de la suspension de la plaque de fond d'extrusion du finisseur et d'autres composants doit être ajustée pour répondre aux besoins du répandage, et les coffrages latéraux des deux côtés doivent être retirés.
- 3 Lorsque le répandage avec la machine à coffrage glissant est fait selon deux bandes, le coffrage latéral doit être conservé du côté où la chenille s'avance sur la couche inférieure,

le coffrage latéral doit être retiré du côté où la chenille circule sur le couvercle du caniveau latéral, et le bâti doit être réglé pour être à l'horizontale.

7.8.9 L'exécution du répandage par machine à coffrage glissant de la couche de revêtement de chaussée en béton de ciment en tunnel doit être effectuée en fonction de la structure du revêtement et du type de matériau conformément aux dispositions du chapitre correspondant du présent règlement.

7.9 Construction des chaussées en béton de ciment des aires de péage et des zones de service par machine à coffrage glissant

7.9.1 Lorsque la technologie de répandage par coffrage glissant est utilisée pour la construction de revêtement en béton de ciment dans les aires de péage et les aires de service, le matériel de construction doit être raisonnablement sélectionné en fonction des caractéristiques et de l'échelle du projet. Lorsque l'échelle du projet est petite et qu'il existe divers types d'ouvrages, des matériels de construction capables de s'adapter à différentes structures doivent être adoptés.

7.9.2 En plus du respect des exigences du répandage par coffrage glissant pour le revêtement en béton susmentionnées, les exigences suivantes doivent être respectées pour les aires de péage :

- 1 Il est conseillé de construire la chaussée de l'aire de péage par bandes cloisonnées. Pour la pose du béton des bandes d'isolement, les coffrages latéraux des deux côtés doivent être retirés ou remontés. L'intervalle de temps minimum entre la fin de la pose et la circulation de la machine à coffrage glissant ne doit pas être inférieur à 7 jours.
- 2 Le tronçon de l'aire de péage ayant la même largeur que celle de la chaussée de la route principale, doit être revêtu en continu par une machine de répandage à coffrage glissant. Le côté s'élargissant et le bord élargi de l'aire de péage peuvent être revêtus avec une unité à trois rouleaux pour le répandage.

7.9.3 Lorsque le tronçon s'élargissant de l'aire de péage est revêtu par une machine à coffrage glissant de largeur fixe, il est conseillé d'utiliser la machine à coffrage glissant pour l'exécution de la voie de circulation et de la voie de dépassement. Les sections élargies et les accotements durs peuvent être revêtus par une petite machine à coffrage glissant ou par une unité à trois rouleaux.

7.9.4 Les matériaux de remplissage de joints utilisés pour les joints longitudinaux, transversaux et de dilatation de l'aire de péage doivent satisfaire aux exigences de résistance aux hydrocarbures et au feu.

7.9.5 Pour les couches de revêtement des aires de service et de la bretelle de raccordement en béton de ciment, il convient d'adopter une machine à coffrage glissant pour effectuer le répandage. La qualité des chaussées en béton de ciment des aires de service ne doit pas être inférieure aux exigences de qualité des routes de deuxième classe. La chaussée de la bretelle de raccordement doit être conforme aux exigences de qualité du revêtement en béton de ciment de la route classée correspondante.

7.10 Construction des bordures et des garde-corps avec une machine à coffrage glissant

7.10.1 Avant la mise en place et le répandage des bordures de route, des accotements, des épaulements et des caniveaux en béton de ciment, des lignes de référence doivent être établies. La définition et la précision de la ligne de référence doivent satisfaire aux exigences pertinentes du chapitre 7.3 du présent règlement.

7.10.2 Les bordures de route, les épaulements et les caniveaux peu profonds en cunette en béton de ciment peuvent être réalisés avec une machine équipée d'une console jointe ou par une machine à coffrage glissant spécialement conçue. La largeur maximale du répandage avec une console jointe pour la réalisation accotements durs et des bordures ne doit pas être supérieure à 2,75 m. Les coffrages doivent avoir la forme d'une trompe extrudée de 2° à 3° avec une partie avant grande et une partie arrière petite. Un vibreur spécial à aiguilles doit être prévu pour un compactage dense.

7.10.3 Avant d'avancer la machine à coffrage glissant pour le répandage, il faut assurer que la quantité de matériau dans la chambre de vibration est suffisante. Lors du répandage par coffrage glissant, il faut d'abord vibrer et compacter avant de commencer à avancer pour assurer que l'effet de formage par extrusion du béton satisfait aux exigences.

7.10.4 A l'emplacement du raccordement entre le caniveau de drainage de talus et la bordure en saillie ou le caniveau en cunette, le côté extérieur de la bordure de route ou du caniveau en cunette doit être creusé avant durcissement du béton et façonné en forme de trompette pour permettre un raccordement au fossé d'évacuation en douceur et un écoulement fluide de l'eau sans accumulation d'eau ni obstruction.

7.10.5 Lors du coulage de bordures, d'épaulements et de caniveaux de drainage en cunette, un coffrage solide doit être installé pour le tronçon de coulage et aux points de départ et d'arrivée.

7.10.6 La construction des joints et le répandage par machine à coffrage glissant pour le coulage

en place des bordures, des épaulements et des caniveaux de drainage en cunette doivent satisfaire aux dispositions suivantes :

- 1 Le joint transversal d'accotement dur doit être aligné avec le joint transversal du revêtement de la voie de circulation. Lors du répandage en une seule fois, par coffrage glissant, de l'accotement dur et de la bordure de trottoir adjacente, le joint transversal de la bordure de trottoir doit être coupé en continuité avec celui de l'accotement dur et en même temps.
- 2 En cas de répandage par coffrage glissant de bordure de trottoir, d'épaulement et de caniveau de drainage en cunette, des joints de retrait latéraux doivent être réalisés.
- 3 La forme, la taille et le matériau de remplissage des joints des découpes de caniveau de drainage en cunette doivent être les mêmes que la chaussée.
- 4 Pour les joints longitudinaux formés lors de l'assemblage d'une bordure de trottoir à proximité d'un accotement dur, il convient d'utiliser les mêmes matériaux de remplissage que ceux des joints de la chaussée.

7.10.7 La ligne de référence du garde-corps peut être implantée sur le côté intérieur du garde-corps à une position qui n'entrave pas le déplacement de la machine à coffrage glissant. Les piquets de la ligne de référence du garde-corps du pont peuvent être temporairement soudés aux armatures d'ancrage réservées sur le dessus du tablier. La précision d'implantation de la ligne de référence du garde-corps doit être conforme aux exigences du tableau 7.3.6.

7.10.8 Les garde-corps des ponts doivent être équipés de cages d'armatures conformément aux exigences de conception. Les cages d'armatures doivent être soudées aux barres d'armatures qui dépassent du bas des dalles latérales et le fond doit être fermement relié au béton des dalles latérales.

7.10.9 Lors du répandage des garde-corps sur la route, une barre ronde lisse continue d'un diamètre d'au moins 14 mm doit être prévue en partie supérieure du garde-corps et une de chaque côté du bas de la barrière. Les connecteurs des barres doivent être soudés et rendus lisses par ponçage. Les 3 barres doivent glisser dans leur manchon de positionnement fixé sur le coffrage du garde-corps.

7.10.10 Lorsque des coffrages glissants sont utilisés pour réaliser des garde-corps en béton, l'ouvrabilité du mélange doit répondre à l'une des trois exigences suivantes :

- 1 Lors du répandage, l'affaissement du mélange doit être nul. L'affaissement à la sortie de la centrale de mélange (mélangeur) doit être contrôlé entre 15 et 30 mm en fonction de la température de l'air et de la distance de transport. Lorsque la distance est longue, une valeur élevée est utilisée.
- 2 Lors du répandage, le coefficient de viscosité vibratoire du mélange doit être contrôlé entre 700 et 900 N-s/m².
- 3 Le temps VB du mélange lors du répandage doit être de 10 à 15 s.

7.10.11 L'ouvrabilité du mélange avant le répandage doit toujours être stable et inchangée ce qui doit faciliter le répandage.

7.10.12 La classe de résistance et l'armature du béton du garde-corps doivent être conformes aux « Critères d'évaluation des performances de sécurité des garde-corps routiers » (JTG D05-01) et aux exigences de conception. Le dosage en ciment ne doit pas être inférieur à 150 kg/m³, la proportion de sable ne doit pas être inférieure à 36% et une quantité appropriée des cendres volantes de charbon et de poudre de laitier de classe I et II doit être ajoutée pour améliorer la cohésion du mélange et la quantité totale de matériaux cimentaires. La quantité appropriée de cendres de charbon et de poudre de laitier doit être déterminée par des essais et des répandages d'essais.

7.10.13 Des agents entraîneurs d'air doivent être ajoutés au béton du garde-corps dans les zones très froides et froides, et la teneur en air du mélange doit être contrôlée à 4% ± 1%.

7.10.14 Les garde-corps en béton réalisés par répandage à coffrage glissant doivent répondre aux exigences techniques suivantes :

- 1 Lorsque la machine à coffrage glissant vibre le béton du garde-corps, l'ouvrabilité du mélange doit permettre de le liquéfier par vibration pour atteindre un état dense pendant la durée de l'avancement.
- 2 La vitesse de répandage du garde-corps doit être contrôlée en fonction de la vitesse d'alimentation en matériau, du compactage par vibration et de l'effet du répandage. Il convient que la vitesse soit dans la plage de 0,75 à 1,5 m/min.
- 3 Pendant le processus de répandage, lorsque le béton vibré et compacté est sorti du moule du coffrage glissant, l'affaissement sur la surface supérieure du garde-corps ne doit pas être supérieure à 3 mm et doit être maintenue constante au cours de répandage, Après l'affaissement, il ne faut pas de reprise par du mortier en couche mince pour augmenter

partiellement la hauteur locale.

- 4 Les défauts tels que les bulles d'air de surface et la surface grêlée localement du garde-corps peuvent être réparés manuellement à l'aide d'outils spéciaux.
- 5 Lorsque le répandage du garde-corps de la route par la machine à coffrage glissant s'arrête et qu'il doit être poursuivi dans le sens longitudinal, des coffrages verticaux d'une rigidité suffisante doivent être solidement disposés en extrémité.
- 6 Lors de l'installation du garde-corps d'un pont, le répandage par machine à coffrage glissant ne peut pas être interrompu dans un tronçon continu où une cage d'armatures est implantée.
- 7 Au début et à la fin du répandage, les extrémités des garde-corps doivent être pourvues d'une pente longitudinale lisse et élégante conforme aux exigences de conception.
- 8 Il convient, longitudinalement, de couper les garde-corps tous les 5 à 10 m. La plus petite valeur doit être prise dans les zones avec de grandes différences de température annuelles ; sinon, la plus grande valeur doit être prise. La profondeur minimale de la coupe du joint périphérique ne doit pas être inférieure à 40 mm. La largeur du joint ne doit pas dépasser 3 mm.
- 9 Lorsque le garde-corps de la route est relié à l'accotement dur, le bas du garde-corps doit être pourvu de trous de drainage latéraux selon les exigences de conception. Les trous de drainage peuvent être formés à l'aide de coffrage en bois installés solidement.

8 Construction par unité à trois rouleaux et outils simples

8.1 Prescriptions générales

8.1.1 La technologie de mise en œuvre par unité à trois rouleaux peut être utilisée pour la construction du revêtement de chaussée en béton de ciment, de tablier de pont et de chaussée en béton de tunnels des routes de deuxième classe et inférieures. Elle peut être également utilisée pour la construction des accotements durs, des bretelles, des dalles de bord d'aires de péage, des terre-pleins centraux de type fermé, et des accotements durs ainsi que des dalles locales de forme spéciale pour les tronçons élargis déversés des virages sur les autoroutes et routes de première classe.

8.1.2 Le processus de répandage avec des outils simples peut être utilisé pour la construction du revêtement en béton de ciment de routes de troisième et quatrième classe et ne doit pas être utilisé pour le revêtement de chaussée de béton de ciment de tunnel et le revêtement de tablier de pont.

8.1.3 Le béton doit être élaboré en centrale de mélange pour les deux technologies d'unité à trois rouleaux et des outils simples. Lorsque la longueur de revêtement est inférieure à 10 m, il est possible de faire le mélange sur place à l'aide d'un petit malaxeur. Le mélange manuel est strictement interdit.

8.1.4 Lors de la mise en œuvre par des unités à trois rouleaux et les outils simples, l'affaissement du béton à la sortie de la machine et pour le répandage doit être conforme aux exigences de l'article 4.2.3.

8.1.5 Lors de la mise en œuvre par des unités à trois rouleaux et les outils simples, il faut renforcer la connexion entre les différentes opérations, de sorte que le temps nécessaire pour le compactage par vibration et la finition ne dépasse le temps de prise initiale du mélange.

Note explicative de l' article :

L' unité à trois rouleaux est une forme améliorée de petite machine qui combine les poutres vibrantes et les barres de roulement pour fusionner et installer les deux parties en une seule machine. Il a la fonction de nivellement vertical et horizontal, de vibration superficielle peu profonde, de compactage et d' aplanissement et d' enlèvement de coulis. Il n' a pas de fonction de compactage du béton des parties moyenne et inférieure de la couche. Afin d' assurer la compacité globale des différentes couches de structure en béton mises en œuvre par cette technologie, la machine est souvent équipée en même temps de vibrateurs à aiguilles, de vibrateurs à aiguilles multiples ou d' autres équipements auxiliaires.

8.2 Coffrage, montage et démontage

8.2.1 Le coffrage doit être en acier, en acier profilé ou en bois équerri. La hauteur du coffrage doit correspondre à l' épaisseur nominale de la couche de revêtement. La longueur du coffrage pour les sections droites ne doit pas être inférieure à 3 m. Des coffrages courts d' une longueur de 3 m peuvent être utilisés pour les virages à petit rayon et les parties de courbe verticale.

8.2.2 Pour les coffrages latéraux des joints de construction longitudinaux, les trous pour le passage des fers de liaison doivent être percés en fonction du diamètre des tiges et de leur espacement. Il faut prévoir au moins une fixation du coffrage sur le support par mètre de longueur.

8.2.3 La précision de traitement et de correction des coffrages doit être conforme aux exigences du tableau 8.2.3.

Tableau 8.2.3 Précision de traitement et de correction des coffrages

Procédé d' exécution	Ecart de hauteur (mm)	Déformation locale (mm)	Angle entre les côtés verticaux (°)	Planéité de la surface supérieure (mm)	Planéité de la surface latérale (mm)	Déformation longitudinale (mm)
Unité à trois rouleaux	± 1	± 2	90 ± 2	± 1	± 2	± 2
Outils simples	± 2	± 3	90 ± 3	± 2	± 3	± 3

8.2.4 Le coffrage d' extrémité du joint de construction transversal doit disposer de trous pour l' insertion des goujons et d' un manchon de positionnement conformément au diamètre et à l' espacement spécifiés par la conception. La distance entre un goujon et un bord libre ne doit pas être inférieure à 150 mm. Le coffrage d' extrémité doit disposer d' un manchon fixé verticalement par mètre de longueur. L' élévation latérale du coffrage d' extrémité du joint de construction est présentée par la figure 8.2.4.

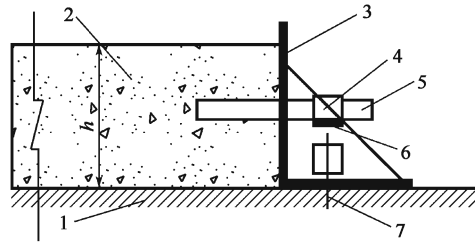


Figure 8.2.4 Elévation latérale du coffrage d'extrémité d'un joint de construction

1-基层-Couche de base; 2-混凝土路面-Chaussée en béton; 3-钢端模-Coffrage métallique d'extrémité; 4-定位套管-Manchon de positionnement; 5-传力杆-Goujon; 6-支撑横梁-Traverse de support; 7-固定钉-Clou de fixation.

8.2.5 Le nombre de coffrages doit être déterminé en fonction de l'avancement de la construction et de la température de l'air, et répondre aux besoins du roulement du cycle de décoffrage. Le nombre total de coffrages ne doit pas être inférieur à celui nécessaire pour deux rotations.

8.2.6 Avant l'installation du coffrage, il est nécessaire d'effectuer la mesure et l'implantation sur le terrain et de vérifier l'élévation de la chaussée, le découpage des dalles, l'emplacement des joints de dilatation et des éléments de construction. Les piquets centraux de chaussée doivent être mis en place tous les 20 m, et les points de nivellement doivent être mis en place tous les 100 m. Les exigences de qualité et l'écart admissible des relevés et de l'implantation doivent être conformes aux dispositions des règles correspondantes.

8.2.7 Lors de l'installation des coffrages de la chaussée pour les courbes verticales et horizontales, le point central de chaque coffrage court doit être installé au point de tangence de la courbe.

8.2.8 La hauteur des coffrages doit être ajustée avec des cales de bois triangulaires. Lorsque l'épaisseur est insuffisante, la ligne de conception peut être ajustée en consultant le concepteur. Il est interdit de faire un chanfrein dans la couche inférieure pour incruster des coffrages pour leur pose.

8.2.9 Le coffrage doit être fixé fermement. Aucun déplacement, aucune déformation ou fuite de mortier du coffrage ne doit se produire sous l'action des vibrateurs, de l'unité à trois rouleaux, et autres équipements.

8.2.10 Une fois le coffrage fixé, l'espace inférieur doit être rempli de mortier sec. Les joints de coffrage adjacents doivent être scellés avec du ruban adhésif pour empêcher toute fuite de boue. La surface en contact avec le mélange de béton doit être enduite d'un agent de démoulage ou d'un isolant.

8.2.11 L'installation du coffrage doit être plane, lisse et stable. La liaison entre coffrages adjacents doit être serrée et lisse, et il ne doit pas y avoir de décalage ou déviation des joints. L'installation du coffrage doit être terminée avant de commencer la mise en place du revêtement en béton et doit satisfaire aux exigences de solidification du mortier de scellement des coffrages.

8.2.12 La précision d'installation du coffrage doit répondre aux exigences du tableau 8.2.12. Ce n'est qu'après vérification de la conformité que le répandage peut commencer.

Tableau 8.2.12 Exigences de précision d'installation des coffrages

Point de contrôle ^a		Répandage par unité à trois rouleaux	Répandage par outils simples
Décalage en plan (mm) ≤		10	15
Écart d'altitude du profil longitudinal (mm)		± 5	± 10
Écart de largeur de répandage (mm) ≤		10	15
Épaisseur de la couche de surface (mm) ≥	Valeur représentative	-3	-4
	Valeur extrême	-6	-8
Écart de pente transversale (%)		± 0,10	± 0,20
Différence de hauteur des dalles adjacentes (mm) ≤		1	2
Planéité du joint de surface supérieure à règle de 3m (mm) ≤		2. Le taux de réussite n'est pas inférieur à 90%	2,5. Le taux de réussite n'est pas inférieur à 90%
Largeur de joint du coffrage (mm) ≤		2	3
Verticalité du coffrage (mm) ≤		3	4
Rectitude verticale (mm) ≤		3	4

Note: ^a La mesure de la précision d'installation de coffrage s'effectue à la règle ou par ligne tendue de 20 m.

8.2.13 Lorsque le coffrage est retiré, la résistance à la compression du béton de surface ne doit pas être inférieure à 8,0 MPa.

8.2.14 En l'absence de données de mesure de résistance, le délai le plus court autorisé pour le retrait du coffrage latéral doit être conforme aux exigences du tableau 8.2.14.

Tableau 8.2.14 Temps le plus court autorisé pour le décoffrage de la couche de revêtement en béton de ciment (h)

Température moyenne jour et nuit (°C)	-5	0	5	10	15	20	25	≥30
Ciment Portland, ciment de type R	240	120	60	36	34	28	24	18
Ciment pour route et ciment Portland ordinaire	360	168	72	48	36	30	24	18
Ciment Portland au laitier	—	—	120	60	50	45	36	24

Note: Le temps de décoffrage le plus précoce autorisé du moule latéral est calculé après la fin de la finition de la couche de surface en béton.

8.2.15 Le décoffrage doit s'effectuer avec des outils spéciaux. L'enlèvement du coffrage ne doit pas endommager les bords et les coins de la dalle, ni provoquer le desserrage ou la déformation des goujons et des fers de liaison.

8.2.16 Le coffrage démoulé doit être débarrassé du mortier qui y est attaché et la déformation doit être corrigée. La précision de correction du coffrage doit être conforme aux exigences du tableau 8.2.3.

8.3 Exécution du revêtement en béton de ciment par unité à trois rouleaux

8.3.1 Lors de l'exécution de la couche de revêtement en béton de ciment avec une unité à trois rouleaux, il faut suivre le processus technologique de montage des coffrages, d'installation des armatures, d'épandage du béton, de compactage par vibration, de nivellement par les trois rouleaux, de la finition superficielle, de la cure, du rainurage, de la coupe et du remplissage des joints.

8.3.2 La machine de nivellement à trois rouleaux doit être composée d'un rouleau vibrant, d'un rouleau d'entraînement et d'un rouleau d'épandage du béton qui doivent être fabriqués à partir de trois tubes d'acier sans soudure, de même longueur et de même diamètre, présentant une rigidité et une résistance à l'usure suffisantes. Les paramètres techniques de la machine de nivellement à trois rouleaux doivent être conformes aux exigences du tableau 8.3.2 et doivent être raisonnablement choisis en fonction de l'épaisseur du revêtement, de l'ouvrabilité du mélange et de l'avancement de la construction.

Tableau 8.3.2 Exigences des paramètres techniques de la machine de nivellement à trois rouleaux

Diamètre d'arbre (mm)	Vitesse d'arbre (t/min)	Longueur d'arbre (m)	Masse d'arbre (kg/m)	Vitesse de marche (m/min)	Ecartement des arbres de nivellement (mm)	Puissance de vibration (kW)	Puissance d'entraînement (kW)	Epaisseur de route appropriée à niveler (mm)
168	300	5 ~ 9	65 ± 0,5	13,5	504	7,5	6	200 ~ 260
219	380	5 ~ 12	77 ± 0,7	13,5	657	17	9	160 ~ 240

8.3.3 La machine de nivellement à trois rouleaux doit satisfaire aux exigences suivantes :

- 1 La longueur de rouleau de la machine doit être d'au moins 0,6 m supérieure à la largeur du revêtement bétonné ; les deux extrémités doivent être placées sur la face supérieure des deux coffrages latéraux.

- 2 Le rouleau vibrant de la machine doit être équipé d'un dispositif de vibration à excentrique. Le moment d'excentricité est déterminé par l'amplitude requise pour l'obtention de la compacité qui doit être de 3 mm. Le rouleau vibrant doit être monté à l'avant de la machine à niveler, il doit être entraîné par une source d'énergie distincte. Le sens de rotation du rouleau lanceur de boue doit être contraire au sens de l'avancement du répandage, et il est possible de soulever ce rouleau de la surface supérieure du coffrage lorsqu'il ne vibre pas.

Note explicative de l'article :

- 1 *Les rouleaux de nivellement sont deux rouleaux d'acier parallèles et côte à côte de longueur égale, l'un est le rouleau d'épandage du béton qui peut tourner à grande vitesse ; l'autre est le rouleau d'entraînement qui peut avancer à une vitesse uniforme et presser par extrusion pour la mise en forme. Ils sont installés côte à côte à l'arrière de la niveleuse et supportés par le coffrage d'acier. Ils sont entraînés par une motorisation distincte, qui peut tourner dans les directions avant et arrière pour entraîner la niveleuse à avancer ou reculer ou à s'arrêter.*
- 2 *Il a été constaté sur chantier que le rouleau vibrant de certaines niveleuses à trois rouleaux n'avait pas de mécanisme de vibration et n'était qu'un rouleau imposant une pression. Ceci ne peut pas garantir l'effet de nivellement et d'enlèvement de pâte et son effet est limité. Par conséquent, il est spécifié que le rouleau vibrant doit être équipé d'un dispositif de vibration par excentrique.*

8.3.4 Une unité à trois rouleaux doit être équipée d'un vibreur pour le répandage de la couche de revêtement en béton de ciment. Le vibreur doit être conforme aux exigences techniques suivantes :

- 1 La machine vibrante doit être composée d'un châssis, d'un mécanisme de marche et d'une rangée d'aiguilles vibrantes. Elle est équipée d'un distributeur à vis de matériau et d'un grattoir de contrôle du foisonnement, ayant une fonction d'auto-actionnement ou de poussée.
- 2 Le groupe d'aiguilles vibrantes du vibreur continu doit être disposé horizontalement ou selon un petit angle. Le diamètre des aiguilles doit être de 80 à 100 mm, la fréquence de vibration doit être de 100 à 200 Hz, la longueur de travail doit être de 400 à 500 mm, et l'espacement entre les aiguilles vibrantes doit être de 350 à 500 mm. La vitesse de déplacement de la machine vibrante doit être réglable, la plage de réglage doit être de 0,5

à 2 m/min.

- 3 Les aiguilles vibrantes du vibreur intermittent peuvent être disposées verticalement ou à grand angle et doivent avoir le même diamètre, la même fréquence de vibration, la même longueur de fonctionnement et le même espacement que le vibreur continu. Le temps minimum de vibration pour chaque insertion de vibreurs à aiguilles ne doit pas être inférieur à 20 s. Le vibreur à aiguilles doit être retiré lentement avant de déplacer la machine vibrante. La distance de déplacement ne doit pas être supérieure à 1,5 fois le rayon d'action effectif de l'aiguille vibrante, et elle ne doit pas être supérieure à 0,6 m.

Note explicative de l'article :

La machine vibrante est l'équipement d'accompagnement de l'unité à trois rouleaux. Plus la fréquence de vibration des aiguilles vibrantes est élevée, plus les petites particules du béton peuvent se déplacer et se compacter. Plus la fréquence est faible, plus il est possible de déplacer et de compacter des particules plus grandes. Pour le béton vibré et compacté, il est recommandé d'utiliser les aiguilles vibrantes à haute et très haute fréquence de 100 à 200 Hz (6000 à 12000 fois/min), car, au cours de la vibration à haute fréquence, l'effort et la fréquence de vibration sont diminués lors de la vibration. Pendant l'exécution, plus la fréquence de vibration est élevée, plus la largeur de spectre après atténuation est large. Par conséquent, une machine vibrante à haute fréquence permettra de compacter les particules de toutes tailles du béton

8.3.5 Une poutre vibrante doit être placée devant la machine de nivellement à trois rouleaux. Lorsque l'épaisseur de répannage n'est pas supérieure à 200 mm, la fréquence de vibration doit être de 50 à 60 Hz et l'accélération de vibration doit être de 4 à 5g (g est l'accélération de la pesanteur).

8.3.6 Lorsque la largeur de répannage est supérieure à 4,5 m, les fers de liaison du joint longitudinal doivent être fixés avec un support de barre d'armature préinstallé.

8.3.7 Les fers de liaison aux joints longitudinaux de la liaison horizontale doivent être insérés dans les trous réservés du coffrage latéral et doivent être serrés et collés solidement par vibration. Les fers desserrés doivent être replantés fermement avant le répannage de l'autre bande.

8.3.8 Les goujons des joints transversaux doivent être installés et fixés au moyen de support de barres d'acier préfabriquées. Les goujons ne doivent pas être placés manuellement. Il est conseillé d'utiliser un vibreur à main pour consolider spécifiquement le béton dans la zone de support du goujon. Lorsque la machine vibrante vibre en continu, la profondeur de l'aiguille vibrante doit être au-dessus de la surface supérieure du goujon.

8. 3. 9 Le coefficient de répandage foisonné du matériau répandu doit être déterminé principalement en fonction de l'affaissement mesuré du mélange lors du répandage, conformément aux valeurs du tableau 8.3.9, et en fonction de l'effet de pose. Pour les pentes transversales des courbes et des tronçons en dévers, il convient de retenir la valeur la plus élevée du tableau 8.3.9 pour le côté supérieur et la valeur la plus faible pour le côté inférieur.

Tableau 8.3.9 Coefficients de répandage foisonné du mélange pour différents affaissements au répandage

Affaissement au répandage (mm)	10 ~ 30	30 ~ 50	50 ~ 70
Coefficient de répandage foisonné du mélange	1,2 ~ 1,25	1,15 ~ 1,20	1,10 ~ 1,15

8.3.10 Pour les tronçons de route en pente longitudinale, il convient de répandre dans le sens de la pente ascendante.

8.3.11 La distribution du mélange doit être effectuée sur toute la largeur. Une fois que la hauteur de répandage foisonné est conforme aux exigences, il faut commencer à vibrer. La machine vibrante doit vibrer lentement, à vitesse constante et de manière continue. Après vibration, le revêtement en béton doit être continu et uniforme avec la compacité requise.

Note explicative de l'article :

Il existe deux types de machines vibrantes : la vibration en continu et la vibration par l'insertion intermittente de vibreurs. La première convient à la couche de revêtement en béton de ciment ; la seconde convient à la vibration et au compactage de la couche de revêtement des parties sous les goujons des joints de retrait, et à la vibration du béton armé continu ou du béton armé. La vibration et compactage en continu doit empêcher la fissuration longitudinale due au retrait plastique de la bande de mortier ; la vibration et compactage par insertion intermittente doit assurer la superposition des zones vibrées avant et après l'arrêt pour assurer l'homogénéité continue de l'effet de vibration. Le principe consiste à vibrer le mélange du milieu continu par vibration en premier et à y éliminer les bulles d'air. Les granulats grossiers entre les aiguilles vibrante et au-dessus s'enfoncent dans le mortier comme les granulats situés près des aiguilles vibrantes, indiquant que la compacité vibratoire répond aux exigences avant que la machine vibrante puisse être poussée vers l'avant.

8.3.12 Après compactage par vibration, le niveau du matériau doit être de 5 à 15 mm plus élevé que la surface supérieure du coffrage et les nids de poule locaux ne doivent pas être inférieurs à la surface supérieure du coffrage. Si le niveau est trop haut, le matériau doit être raclé, s'il est trop bas, le matériau doit être complété à temps.

8.3.13 Le fonctionnement de l'unité à trois rouleaux doit répondre aux exigences suivantes :

- 1 La mise en œuvre est effectuée par tronçon en fonction de l'unité de travail. La longueur de l'unité de travail doit être de 10 à 30 m. Au début de la construction ou lorsque la température est élevée, la longueur de l'unité de travail peut être réduite sans être inférieure à 10 m. Le délai entre la vibration et le compactage ne doit pas dépasser 15 minutes.
- 2 Sur la longueur de l'unité de travail, l'unité à trois rouleaux doit fonctionner en vibrant en marche en avant et avec le roulage statique en marche arrière.
- 3 Le nombre de passes de compactage par rouleau pour différentes hauteurs de matériaux peut être déterminé en premier lieu sur la base du tableau 8.3.13 et en fonction de l'affaissement du mélange ; il sera déterminé au final en fonction des résultats du répandage d'essai.

Tableau 8.3.13 Tableau de référence pour le nombre de passes de cylindrage pour différentes hauteurs de matériaux de la couche de revêtement de béton de ciment aplanie par l'unité à trois rouleaux

Affaissement (mm)	Différence de hauteur des positions de matériaux (mm)					
	2	4	6	2	4	6
	$L = 9m; d = 168mm; m = 2095kg$			$L = 12m; d = 219mm; m = 3800kg$		
Nombre de passes de compactage par rouleau						
1.5	3	5	8	1	2	2
4.0	2	3	5	1	1	2
6.0	1	2	3	1	1	1

Note : 1. Marche en avant en vibration, retour en arrière en roulage statique, un aller-retour est pris comme une passe.

2. L est la longueur des trois rouleaux, d est le diamètre des trois rouleaux, m est la masse de la machine entière à trois rouleaux.

- 4 Pendant le fonctionnement de l'unité à trois rouleaux, il faut ajuster la hauteur de matériau avant l'arbre de nivellement. Il faut enlever du matériau si elle est trop haute, et ajouter du béton si elle est trop basse.
- 5 A la fin du compactage au rouleau de vibration, le rouleau de vibration doit être levé, pour utiliser le rouleau de lancement de boue pour une passe, et utiliser enfin le rouleau statique par roulage en avant et en arrière jusqu'à ce que la planéité soit conforme aux exigences et que l'épaisseur du mortier de surface soit uniforme.

- 6 L'épaisseur du mortier de surface de la chaussée doit être contrôlée à $4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$. Un mortier liquide trop épais doit être gratté et enlevé à temps et ne doit pas être utilisé pour modifier le niveau de la chaussée.
- 7 Après le travail de l'unité à trois rouleaux, il faut utiliser une règle flottante de 3 à 5 m pour réaliser un nivellement fin dans les sens longitudinal et transversal, par au moins trois passes dans le sens longitudinal et au moins deux passes dans le sens transversal. Il est possible d'utiliser également une lisseuse rotative pour la finition de la surface, avec deux passes jusqu'à ce que la planéité réponde aux exigences.
- 8 Une fois la finition terminée, le séchage par voie humide et la cure doivent commencer immédiatement.

Note explicative de l'article :

Cet article a spécifié, pendant le travail de l'unité à trois rouleaux, les exigences de fonctionnement, de la différence de hauteur du niveau de matériau, du nombre de passes de cylindrage, de la reprise de matériau, du roulement statique et du contrôle de la qualité de la surface. Parmi ces aspects, la clé est le contrôle du nombre de passes de cylindrage. Ce n'est pas parce que le nombre de passes de cylindrage est élevé, que la planéité sera meilleure. Un nombre excessif de passes de cylindrage détériorera la planéité.

8.4 Exécution de revêtement en béton armé, en béton de fibres et de tablier de pont par unité à trois rouleaux

8.4.1 Lorsque le revêtement en béton armé et en béton armé continu est réalisé avec une unité à trois rouleaux, la précision de l'installation des armatures en acier doit être conforme aux exigences du tableau 7.5.4-2. La précision d'installation du coffrage latéral doit être conforme aux exigences du tableau 8.2.12.

8.4.2 L'alimentation et la distribution du béton sur les armatures ne doivent pas provoquer de déformation ni mettre les armatures en contact avec le fond.

8.4.3 La vibration du revêtement en béton armé et en béton armé continu doit être effectuée par intermittence avec des vibreurs en ligne. La longueur de déplacement du vibreur doit être inférieure à 500 mm et le béton doit être vibré jusqu'à ce que le coulis remonte et apparaisse en surface du béton frais dans une zone d'au moins 1 m de largeur et une largeur de chevauchement d'au moins 300 mm. Il faut garantir que le béton au bas des armatures est vibré et compacté.

8.4.4 Le fonctionnement de l'unité à trois rouleaux doit satisfaire aux dispositions de l'article 8.3.13.

8.4.5 La construction des poutres d'ancrage au sol et des joints de dilatation aux extrémités du revêtement en béton armé continu doit être conforme aux dispositions pertinentes du chapitre 7.5 du présent règlement.

8.4.6 Lorsque l'unité à trois rouleaux est utilisée pour répandre un revêtement de chaussée en béton de fibres, il n'est pas permis de vibrer avec des aiguilles vibrantes. Les procédures suivantes doivent être suivies :

- 1 Une plaque vibrante de grande puissance est utilisée pour vibrer le béton jusqu'à ce que le coulis remonte à la surface du béton frais.
- 2 Utiliser une poutre vibrante avec des arêtes convexes sur la base pour vibrer et presser les fibres.
- 3 Utiliser l'unité à trois rouleaux pour cylindrer, compacter et aplatir la surface.
- 4 Utiliser une règle flottante de plus de 3m pour niveler manuellement sur 2 à 3 passes jusqu'à ce que la planéité soit satisfaisante.

Note explicative de l'article :

Lors du répandage de la couche de béton de fibres par une unité à trois rouleaux, il est interdit d'utiliser la méthode de vibration interne afin d'assurer l'uniformité de la distribution et la continuité structurelle des fibres dans le béton. Presser les fibres d'acier à l'intérieur de la surface du béton pour assurer la sécurité de la circulation.

8.4.7 Lorsque le tablier de pont est revêtu avec une unité à trois rouleaux, des rouleaux de 219 mm de diamètre doivent être utilisés.

8.4.8 Lorsque le tablier de pont ne peut pas être revêtu sur toute sa largeur, le côté du répandage de raccordement doit être bordé par un coffrage creux pouvant être traversé par les armatures. Les armatures ne devront pas être coupées sur toute la largeur du tablier, les coffrages ne doivent pas être utilisés pour presser les armatures afin qu'elles adhèrent au tablier et à la dalle de béton.

8.4.9 Lorsqu'un tablier de pont en béton armé est réalisé par une unité à trois rouleaux, la qualité de la pose des armatures doit être conforme aux exigences de l'article 7.5.4. du présent

règlement. L'alimentation et la distribution du matériau sur le tablier de pont en béton armé doivent être conformes aux exigences de l'article 8.4.2 du présent règlement. La vibration et la compacité du béton du tablier doivent être conformes aux exigences de l'article 8.4.3 du présent règlement. Le fonctionnement de l'unité à trois rouleaux doit satisfaire aux exigences pertinentes de l'article 8.3.13 du présent règlement.

8.4.10 Lors du revêtement d'un tablier de pont en béton armé avec fibres d'acier effectué par une unité à trois rouleaux, il faut utiliser la plaque vibrante pour la vibration et le compactage, puis utiliser une poutre vibrante avec des arêtes convexes pour vibrer et presser les fibres. Les aiguilles vibrantes ne doivent pas être utilisées pour vibrer.

8.5 Exécution de revêtement en béton de ciment par des outils simples

8.5.1 Lorsque la largeur de revêtement réalisé à l'aide d'outils simples n'est pas supérieure à 4,5 m, la capacité de pose ne doit pas être inférieure à 20 m/h.

8.5.2 Avant le répandage du mélange de béton, il faut effectuer un contrôle complet de la position de montage, de la précision et de la solidité des coffrages, de l'installation des goujons, de la disposition des fers de liaison, et arroser pour humidifier le fond de coffrage. Le répandage ne doit pas commencer avant que l'épaisseur de la dalle ne soit entièrement contrôlée et corresponde à la valeur de conception.

8.5.3 L'affaissement du mélange doit être contrôlé entre 5 et 20 mm. Le coefficient de répandage foisonné doit être compris entre 1,10 et 1,25 ; la valeur basse est prise lorsque l'affaissement est élevé et la valeur élevée est prise sur le côté haut de la pente transversale.

8.5.4 Le déchargement du matériau doit être uniforme ; en cas de distribution manuelle, il convient d'utiliser une pelle et il ne faut ni lancer ni ratisser les matériaux.

8.5.5 Les joints de construction doivent être aménagés aux extrémités de la couche de revêtement réalisée et le mélange qui ne peut pas être compacté doit être jeté.

8.5.6 Lors du répandage avec des outils simples, il faut procéder à trois vibrations, successivement avec une aiguille vibrante, une plaque vibrante et une poutre vibrante.

8.5.7 La vibration par insertion d'une aiguille vibrante doit être conforme aux exigences suivantes :

- 1 Sur le profil transversal à vibrer, chaque voie de circulation doit être vibrée par au

moins 3 aiguilles vibrantes. La puissance de ces vibrateurs ne doit pas être inférieure à 1,1 kW. La vibration doit être continue sur la section transversale, une vibration insuffisante ou incomplète en fond de dalle, à l'intérieur, sur les côtés et dans les angles ne doit pas être autorisée.

- 2 Lors de la vibration, il convient d'insérer l'aiguille vibrante doucement et de la retirer lentement, et il ne faut aucune poussée ou traînée horizontale de l'aiguille vibrante dans le mélange.
- 3 La distance de déplacement de l'aiguille vibrante ne doit pas être supérieure à 1,5 fois le rayon d'action effectif et ne doit pas dépasser 500 mm. Le temps de vibration en chaque point ne doit pas être inférieur à 30 s. La distance de l'aiguille vibrante au coffrage pour la vibration des angles ne doit pas être supérieure à 150 mm et toute collision avec le coffrage doit être évitée.
- 4 Les supports des goujons des joints de retrait et des cages d'armatures des joints de dilatation doivent être fixés à l'avance, avant d'utiliser une aiguille vibrante pour compacter le matériau. Lors de la vibration au niveau des fers de liaison latéraux, ils doivent être maintenus en position manuellement.
- 5 Lors de la vibration, l'alimentation en matériau doit être complétée manuellement et l'effet de la vibration doit être observé en continu pour corriger à temps le déplacement, la déformation, le détachement, la fuite de boue du coffrage, les goujons, les fers de liaison et les armatures.

8.5.8 La vibration par plaque vibrante doit répondre aux exigences suivantes :

- 1 Chaque voie de circulation doit être vibrée par au moins deux plaques vibrantes et la puissance des plaques vibrantes ne doit pas être inférieure à 2,2 kW.
- 2 Chaque plaque vibrante doit être tirée et vibrée par deux opérateurs. Elle ne doit pas être placée librement ni vibrer en continu pendant une longue période. Lorsque la plaque vibrante est déplacée, 100 à 200 mm doivent se chevaucher et le temps de vibration en chaque endroit ne doit pas être inférieur à 15 secondes.
- 3 Le nombre de passes de vibration de la plaque vibrante doit être de deux passes alternativement dans le sens longitudinal et transversal. Aucune vibration excessive ou incomplète ne doit être autorisée. L'épaisseur de ressuage au-dessous de la plaque vibrante doit être contrôlée à $4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

- 4 En cas de manque de matériau, le complément doit être apporté manuellement en même temps que s'effectue la vibration.

8.5.9 La vibration par poutre vibrante doit être conforme aux exigences suivantes :

- 1 La poutre vibrante doit avoir une longueur supérieure de 300 à 500 mm à la largeur de la chaussée de chaque côté. Deux vibreurs externes doivent être installés sur la poutre vibrante, et la puissance du vibreur ne doit pas être inférieure à 1,1 kW. Au bas de la poutre vibrante doivent être soudés ou installés des dents de pressage à 4 mm de profondeur pour enfoncer les agrégats grossiers
- 2 Lorsque la longueur vibrée par la plaque de vibration a atteint 10 m, la poutre vibrante peut être traînée manuellement dans le sens longitudinal et perpendiculairement à l'axe central de la chaussée, selon 2 à 3 aller-retour sur la surface supérieure du coffrage de sorte que le ressage soit uniforme et la surface plane.
- 3 Pendant le trainage de la poutre, l'espace, le jeu sous la poutre vibrante doit être rempli à temps par du béton et non par du mortier pur. Si la hauteur de matériau est supérieure au coffrage, l'excédent doit être éliminé manuellement et il faut vibrer jusqu'à ce que le ressage de la surface soit homogène et que la surface de la chaussée soit plane.

8.5.10 Le nivellement à l'aide d'outils simples doit être effectué en trois passes, avec un rouleau, une règle de nivellement ou une lisseuse jusqu'à ce que la surface soit exempte de tout défaut et que la planéité réponde aux exigences.

8.5.11 Le nivellement par rouleau doit être conforme aux prescriptions techniques suivantes :

- 1 Il faut deux rouleaux pour chaque surface de travail, l'un est utilisé pour la construction pendant que l'autre est trempé et lavé en attente. Les rouleaux doivent être faits de tubes en acier sans soudure d'un diamètre de 100 mm ou 125 mm, la rigidité et la rectitude doivent répondre aux exigences de qualité de la construction. Les deux extrémités sont équipées de poignées et de roulements permettant le roulage en avant et en arrière par traînage.
- 2 Le rouleau doit s'appuyer sur la surface supérieure du coffrage et doit être traîné manuellement sur 2 à 3 allers-retours. Pour la première passe, le rouleau doit être remorqué ou poussé lentement sur une courte distance, puis traîné pour rouler à vitesse constante sur une plus grande distance ; le coulis de ciment doit toujours être pressé devant

le rouleau.

- 3 L'espace sous le rouleau doit être comblé en temps utile et le coulis de ciment en excès doit être éliminé.

8.5.12 Une fois le ressuage du béton en surface pratiquement terminé, une règle flottante de 3 m doit être utilisée pour la finition. La règle doit être passée 2 à 3 fois dans le sens longitudinal et transversal jusqu'à ce que la planéité de la surface réponde aux exigences et que l'épaisseur du mortier de surface soit uniforme.

8.5.13 La finition de nivellement peut également être réalisée à l'aide d'une lisseuse rotative à pales ou à disque, en adoptant au moins une machine par voie de circulation. Le nombre de passes de finition aller et retour doit être de 1 à 2 passes.

8.5.14 La finition fine doit être conforme aux exigences techniques suivantes :

- 1 Après le travail avec la poutre flottante ou la lisseuse, il faut utiliser la truelle pour effectuer la finition fine. La finition fine comprend le nettoyage de bords, le traitement des joints, l'élimination de la pâte collante, la réparation des bords et coins manquants.
- 2 En cas d'exposition à un soleil chaud ou à un vent fort, la finition de la surface doit être accélérée ou être effectuée sous auvent étanche à la pluie.
- 3 La surface après la finition fine doit être dense et uniforme, sans trace d'enduit, sans exposition de granulats, la planéité doit répondre aux exigences et la préservation de l'humidité et la cure doivent être effectuées immédiatement.

9 Construction de la chaussée en béton compacté au rouleau

9.1 Prescriptions générales

9.1.1 Le processus technologique de compactage au rouleau peut être utilisé pour la construction du revêtement des chaussées en béton des routes de deuxième, troisième et quatrième classe, et de la couche inférieure des chaussées composite des autoroutes et des routes de première classe.

9.1.2 Le processus de construction d'une chaussée en béton compacté est le suivant : déchargement du matériau dans un finisseur, répartition par le finisseur, la mise en place des fers de liaison, compactage préliminaire par cylindre en acier, compactage par rouleau vibrant, et compactage final par compacteur à pneus, traitement antidérapant de la surface, cure et coupe des joints.

9.1.3 Pour le répartition de la couche du revêtement en béton compacté au rouleau, il est conseillé de choisir un finisseur de béton bitumineux. Ce matériel doit avoir une fonction de compactage vibratoire et la compacité par répartition ne doit pas être inférieure à 85%.

9.1.4 Pour la réalisation du revêtement en béton compacté au rouleau, il est conseillé d'utiliser la méthode de la ligne de référence. La précision de la mise en place de la ligne de référence doit satisfaire aux exigences du tableau 7.3.6, et la vérification de l'épaisseur de la dalle doit être conforme aux exigences de l'article 7.3.8 du présent règlement.

9.1.5 Lors de la réalisation du revêtement en béton compacté au rouleau, il est conseillé d'installer un coffrage en profilé en acier ou en bois équarri. La précision de montage du coffrage doit être conforme aux prescriptions du tableau 8.2.12. Le coffrage doit être fixé fermement et ne doit pas être déplacé lors du compactage.

9.1.6 Le temps de décoffrage du béton compacté au rouleau au plus tôt doit être conforme aux

spécifications relatives au ciment Portland du tableau 8. 2. 14. Les granulats ne doivent pas se détacher lors du décoffrage du béton compacté au rouleau.

9. 2 Construction d' une couche de chaussée en béton compacté au rouleau

9. 2. 1 Lors du répandage avec un finisseur de béton bitumineux , il convient que le coefficient de répandage foisonné soit contrôlé entre 1, 05 et 1, 15. Dans le cas du répandage de la couche inférieure de la chaussée, le coefficient de répandage foisonné doit être contrôlé entre 1, 15 et 1, 25. Le coefficient de répandage foisonné doit être déterminé par le répandage d' essai.

9. 2. 2 Avant le répandage, la couche inférieure doit être humidifiée par aspersion d' eau. Les opérations de répandage doivent être régulières et continues, et il est interdit de changer arbitrairement la vitesse ou de s' arrêter pendant le répandage.

9. 2. 3 La vitesse de rotation de la vis du distributeur doit être adaptée à celle du répandage, et l' approvisionnement de matériau sur les deux bords doit être suffisant pendant le répandage.

9. 2. 4 Lors du répandage en virage ou d' un tronçon en dévers, il faut régler à temps la vitesse de rotation du distributeur à gauche et à droite pour assurer que l' approvisionnement en matériau des deux côtés est équilibré et suffisant.

9. 2. 5 Lors du répandage par deux finisseurs faiblement écartés, l' intervalle de temps du répandage entre les deux profils doit être contrôlé dans un délai d' une heure.

9. 2. 6 La mise en place des fers de liaison doit être synchronisée avec le répandage. Lorsque l' on utilise une méthode d' enfoncement, une marque de positionnement évidente doit être faite en fonction de l' espacement de conception et l' enfoncement doit être précis.

9. 2. 7 A la fin de la mise en œuvre, il faut contrôler immédiatement la surface du béton. En cas de manque local de matériau, il faut faire la reprise à temps. Les nids de cailloux doivent être excavés et remplis de béton neuf avant d' être compactés.

9. 2. 8 La longueur du tronçon de compactage au rouleau doit être contrôlée entre 30 et 40 m. Lorsqu' un tronçon droit est compacté, le compactage au rouleau doit s' effectuer du bord extérieur au centre de la route. Pour les tronçons en courbe planes déversées, il faut compacter du côté bas au côté haut, et de l' intérieur vers l' extérieur.

9.2.9 Le compactage doit suivre au plus près le finisseur. Le compactage doit être effectué en trois étapes : compactage initial, recompactage et compactage final, et doit être conforme aux exigences suivantes :

- 1 Les compacteurs doivent rouler d'une manière stable, à vitesse constante, sans interruption, sans attente ni retard, ni interférence entre eux.
- 2 Le démarrage, la marche arrière, et le virage du rouleau doivent être lents et souples. Au cours du compactage, il ne faut pas s'arrêter brusquement, tourner rapidement, démarrer d'urgence et rouler en marche arrière avec précipitation.
- 3 Pour le compactage initial, Il convient d'utiliser un cylindre métallique ou le rouleau vibrant en compactage statique. Le chevauchement doit être de 1/3 à 1/4 de la largeur du cylindre en acier.
- 4 Il convient d'utiliser un cylindre vibrant de 10 à 15 t pour le second compactage par vibration. Le chevauchement doit être de 1/3 à 1/2 de la largeur du rouleau vibrant. Le nombre de passes de compactage doit permettre d'obtenir la compacité spécifiée pour l'arrêt de recompactage.
- 5 Le compactage final doit être réalisé par un compacteur à pneus de 15 à 25 t qui doit effectuer un compactage statique jusqu'à la fermeture des microfissures en surface et l'élimination des traces de roue.

9.2.10 La surface après roulage et compactage doit être pulvérisée d'eau et recouverte pour la cure dès que possible.

9.2.11 Au cours des travaux, il faut prendre des mesures pour contrôler la production de fissures en surface du béton compacté. Il ne doit pas y avoir de microfissures visibles sur la surface de la couche de finition après le compactage.

Note explicative de l'article :

Lors de la réalisation de la couche de revêtement en béton compacté, si la consistance du mélange n'est pas convenable, si la surface du mélange est séchée par le vent ou si l'opération de compactage n'est pas correcte, il existe quelque fois des microfissures visibles en surface après le compactage. Ceci a des effets très négatifs sur la durabilité de la couche de revêtement telle que la résistance à l'abrasion, la résistance à la fatigue, la résistance au gel, etc. Au niveau des microfissures, les granulats du béton peuvent se désagréger de la chaussée et former des cavités importantes.

9.2.12 L'exécution des joints de construction transversaux de la couche en béton compacté au rouleau doit être conforme aux exigences suivantes :

- 1 Une pente longitudinale doit être réalisée pour la montée et descente de compacteur à la fin du tronçon en construction.
- 2 Avant le début du répandage le lendemain, il faut inspecter l'épaisseur à la fin du tronçon de construction précédent et les endroits où la planéité n'est pas qualifiée.
- 3 Tous les tronçons de béton non qualifiés doivent être découpés à pleine épaisseur.
- 4 Lors de la liaison longitudinale et du répandage d'une nouvelle bande de chaussée, la paroi latérale du joint de construction doit être enduite de coulis de ciment.
- 5 Lorsque la profondeur de joint coupé ne peut pas atteindre toute l'épaisseur du revêtement en béton du fait d'une limite de l'équipement, la profondeur de joint coupé ne doit pas être inférieure à 80 mm et la partie inférieure du joint de construction doit être sciée droite.

9.2.13 Les joints de dilatation de la couche de revêtement en béton compacté au rouleau doivent être alignés avec les joints de dilatation de la couche inférieure.

9.2.14 Les joints de retrait longitudinaux et transversaux doivent être réalisés par sciage du béton durci, et les exigences pour ces joints et leur remplissage sont les mêmes que pour les chaussées en béton de ciment.

9.2.15 Lorsque la texture antidérapante de la surface en béton compacté au rouleau est obtenue par dénudage des granulats en surface, la valeur de polissage PSV des granulats grossiers ne doit pas être inférieure à 35 et la perte d'usure à l'essai Los Angeles ne doit pas être supérieure à 35%. Avant la prise finale de béton, le mortier de surface doit être balayé. La surface de granulats exposés ne doit pas être inférieure à 70%.

10 Construction d' une chaussée en parpaings de béton

10.1 Prescriptions générales

10.1.1 La sous-couche de sable de la chaussée en parpaings doit être uniforme et dense, ce qui garantit la stabilité des parpaings et il ne doit pas y avoir de manque.

Note explicative de l' article :

La chaussée en parpaings de béton convient aux routes de classes de charge de trafic moyen et léger et aux routes de zone touristique. Elle peut également être utilisée pour les couches de surface en transition de tronçons de routes de classes de charges de trafic extrêmement lourdes, spécialement lourdes et lourdes lorsque la plate-forme est moins stable et qu' il y a nécessité d' une ouverture au trafic rapide.

La sous-couche de sable est une condition nécessaire pour la stabilité verticale du parpaing et la formation d' un verrouillage serré vertical et horizontal. Par conséquent, il ne doit pas y avoir d' absence ou de manque partiel de la sous-couche de sable, ce qui amènerait la pose directe du parpaing sur la base rigide ou semi-rigide, entraînant l' instabilité du parpaing.

10.1.2 Les deux côtés de la chaussée en parpaings de béton doivent être pourvus d' une bordure de trottoir ou une bordure en pierre selon la conception. En cas de raccordement avec une chaussée en béton de ciment, l' appui des parpaings se fait sur la chaussée en béton de ciment.

10.1.3 Il convient que la chaussée en parpaings de béton soit pavée par voie mécanique.

10.2 Matériaux des parpaings

10.2.1 Les parpaings de béton doivent être conformes aux exigences techniques suivantes :

- 1 Les parpaings doivent être de forme hexagonale ou rectangulaire. Les dimensions en plan des parpaings pavés par mode mécanisé peuvent être déterminées en fonction de la capacité de l'équipement. La longueur maximale des deux diagonales de parpaings hexagonaux pavés à main doit être de 300 mm. Les dimensions en plan des parpaings rectangulaires pavés manuellement doivent être de 200 mm x 400 mm. Les quatre côtés de la surface supérieure des parpaings doivent avoir un chanfrein de 3 mm.
- 2 La classe de résistance à la compression des parpaings de béton ne doit pas être inférieure à C50 et la résistance à la flexion ne doit pas être inférieure à 6,0 MPa pour les chaussées des classes de charge extrêmement lourdes, spécialement lourdes et lourdes. Pour les routes de classe de charge de circulation moyenne et légère, la classe de résistance à la compression des parpaings de béton ne doit pas être inférieure à C40, et la résistance à la flexion ne doit pas être inférieure à 5,0 MPa. Les méthodes d'essai de résistance à la compression et à la flexion des parpaings de béton doivent être conformes aux dispositions de l'annexe F.
- 3 La qualité apparente et la précision dimensionnelle des parpaings de béton de route doivent être conformes aux exigences du tableau 10.2.1.
- 4 Lorsqu'il existe des exigences de résistance au gel et aux sels de déverglaçage, un agent entraîneur d'air doit être ajouté au béton du parpaing et la résistance au gel doit être conforme aux dispositions pertinentes du chapitre 4.2 du présent règlement.
- 5 Il n'est pas autorisé d'utiliser une méthode de moulage sans vibration pour confectionner le parpaing de béton.

**Tableau 10.2.1 Exigences de qualité apparente et de précision dimensionnelle
des parpaings de béton (mm)**

Nº	Point de contrôle	Critère de qualité	Méthode d'essai
1	Longueur, Largeur, Epaisseur	$\pm 2,0$	Mesure par pied à coulisse
2	Différence d'épaisseurs, \leq	1,5	
3	Planéité, \leq	2,0	Mesure par règle spéciale dont la précision n'est pas inférieure à 0,5mm,
4	Verticalité, \leq	2,0	
5	Dimension maximale projetée du défaut, \leq	5	
6	Dimension maximale projetée du défaut d'angle ou d'arête manquante, \leq	5	
7	Fissure de surface	Il ne doit pas y en avoir	Observation visuelle

10.2.2 Une fois que les parpaings de béton livrés sur le chantier, l'inspection de la qualité doit être effectuée conformément aux exigences du tableau 10.2.2 et aucun parpaing non qualifié ne doit être utilisé.

Tableau10.2.2 Points de contrôle, fréquence et méthode d'inspection de la qualité des parpaings

Nº	Points de contrôle	Fréquence de contrôle	Méthode d'inspection
1	Résistance à la compression	Chaque 20 000 pièces est un lot, moins de 20 000 pièces sont comptées comme un lot, et 50 échantillons de test sont prélevés au hasard dans chaque lot.	Annexe F. 1
2	Résistance à la flexion		Annexe F. 2
3	Qualité d'aspect		Tableau 10.2.1

10.2.3 La qualité du sable pour le remplissage des joints de la chaussée en parpaings de béton doit répondre aux exigences du sable de catégorie II spécifié au chapitre 3.4 du présent règlement. Le sable de la sous-couche doit être conforme aux exigences de la catégorie III et doit répondre aux dispositions suivantes :

- 1 Le résidu cumulé de tamisage à la maille de 2,36 mm du sable de remplissage des joints ne doit pas être supérieur à 5%. La teneur en fines ne doit pas être supérieure à 2,0% ; la teneur en morceaux argileux ne doit pas être supérieure à 0,5%.
- 2 Le résidu cumulé de tamisage à la de maille de 4,75 mm du sable de la sous-couche ne doit pas être supérieur à 5% ; la teneur en fines ne doit pas être supérieure à 3,0% ; la teneur en morceaux argileux ne doit pas être supérieure à 1,0%.
- 3 La granulométrie du sable de remplissage des joints et du sable de sous-couche doit être conforme aux spécifications du tableau 10.2.3.

Tableau10.2.3 Fuseau granulométrique des sables utilisés pour la chaussée en parpaings

Usage	Dimension de maille de tamis carrée (mm)						
	0,15	0,30	0,60	1,18	2,36	4,75	9,5
Résidus cumulés de tamisage (calculés en masse) (%)							
Sable de remplissage des joints	90 ~ 100	90 ~ 60	75 ~ 15	0 ~ 20	0 ~ 5	0	—
Sable de sous-couche	90 ~ 100	70 ~ 90	40 ~ 75	15 ~ 50	0 ~ 15	0 ~ 5	0

10.2.4 Les points de contrôle de la qualité, la fréquence et les méthodes d'essais du sable de remplissage des joints et du sable de sous-couche doivent satisfaire aux exigences du tableau 10.2.4.

Tableau 10.2.4 Points de contrôle, fréquence et méthodes d'essais de la qualité du sable de remplissage des joints et du sable de sous-couche

Nº	Points de contrôle	Fréquence de contrôle	Méthode d'inspection
1	Granulométrie des grains	Par lot de 200 m ³ pour le sable de sous-couche. Par lot de 50 m ³ pour le sable de remplissage des joints. Si la quantité est inférieure aux valeurs indiquées ci-dessus, il faut la considérer comme un lot. Prélever 10 kg au hasard par lot.	JTG E42
2	Teneur en boue		
3	Teneur en morceaux argileux		

10.2.5 La qualité du matériau de berceau de bordures préfabriqués doit être qualifiée et les éléments d'inspection, la fréquence et les méthodes d'essai doivent répondre aux dispositions du tableau 10.2.5.

Tableau 10.2.5 Points de contrôle de qualité du matériau de berceau de bordure, fréquence et méthodes d'essai

Nº	Points de contrôle	Fréquence de contrôle	Méthode d'inspection
1	Résistance à la compression	Une fois par lot de 20 000 pièces. Si moins de 20 000, considérer les comme un lot. 50 échantillons sont prélevés au hasard dans chaque lot.	Annexe F.1 du règlement
2	Résistance au gel		Annexe F.3 du règlement
3	Qualité d'aspect		Pied à coulisse

10.3 Construction du berceau de bordure de route

10.3.1 Le berceau de bordure peut être coulé en place à l'aide d'une machine de répannage spéciale à coffrage glissant ou d'un montage de coffrage vertical sur place. Il convient d'assembler à la main les berceaux préfabriqués.

10.3.2 L'exécution du répannage à coffrage glissant pour le berceau de bordure peut être contrôlée en altitude et position par la méthode de la ligne de référence. L'implantation de la ligne de référence doit satisfaire aux exigences de l'article 7.3.6 du présent règlement. Il faut utiliser un moule qui réponde aux exigences de forme du berceau. L'exécution par coffrage glissant du berceau de bordure et ses exigences de qualité doivent être conformes aux prescriptions du tableau

13.6.2.

10.3.3 Lorsque le berceau de bordure en béton est coulé en place, il est conseillé de placer un fil tendu pour déterminer la position et l'altitude du moule latéral. Les berceaux de bordure coulés en continu doivent être coupés tous les 5 à 8 m par un joint de retrait ; la largeur du joint doit être de $3 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ et la profondeur de la coupe du joint ne doit pas être inférieure à 40 mm.

10.3.4 L'assemblage manuel du berceau en béton préfabriqué doit être conforme aux exigences suivantes :

- 1 L'emplacement pour l'installation du berceau de bordure doit être tracé conformément aux dessins de conception et un fil tendu doit être accroché à l'angle de la face supérieure du berceau.
- 2 Le berceau doit être excavé jusqu'à la position de conception et le fond du berceau de la bordure doit être nettoyé.
- 3 Avant l'installation, une sous-couche de mortier de ciment doit être posée sur le fond du berceau selon la conception. La classe de résistance du mortier ne doit pas être inférieure à C15 et l'épaisseur ne doit pas être inférieure à 15 mm. Installer ensuite le berceau de la bordure et ajuster l'élévation et la position en fonction du fil tendu. Une fois l'installation terminée, l'espace entre les deux berceaux de bordure ne doit pas dépasser 5,0 mm.

10.4 Mise en place de la sous-couche de sable

10.4.1 L'épaisseur compactée de la sous-couche de sable doit répondre aux exigences de conception et il convient de déterminer le coefficient de foisonnement par la planche d'essai.

10.4.2 La sous-couche de sable peut être disposée par raclage, au râteau ou avec une méthode de répannage mécanique. La sous-couche de sable doit être raclée et compactée après le répannage pour garantir que la planéité et la compacité de la chaussée en parpaings répondent aux exigences.

10.4.3 La sous-couche de sable doit être protégée après sa pose. Elle doit être interdite à la circulation des véhicules, des machines et du personnel.

10.5 Pavage de la chaussée en parpaings

10.5.1 Avant le pavage, il convient d'effectuer un tracé précis et d'établir un fil tendu sur la

surface du pavage.

10.5.2 Les parpaings de chaussée en béton doivent être disposés selon les plans d'étude.

10.5.3 Lors du pavage manuel, il ne faut pas se tenir sur la sous-couche de sable pour effectuer l'opération. Les ouvriers doivent avancer en se tenant sur les pavés posés pour poser les autres. Lors du pavage, les parpaings doivent être placés verticalement et ne doivent pas s'incliner ni tomber par terre. Après la mise en place des parpaings, il est possible d'utiliser des méthodes telles que le marteau en caoutchouc pour stabiliser les parpaings.

10.5.4 En cas de pavage mécanique, les exigences suivantes doivent être respectées :

- 1 Il convient que les parpaings soient assemblés en unité de pavage dans l'usine de préfabrication et soient transportés sur place en état serré. Il convient que la surface de l'unité de pavage soit de 0,5 à 1,5 m².
- 2 Il est possible d'utiliser des calles de 2 à 3 mm entre les blocs dans chaque unité de pavage et entre les unités de pavage, ou d'autres méthodes pour contrôler que les largeurs des joints sont uniformes entre les blocs.
- 3 Lors du pavage, utiliser une machine pour placer chaque unité de pavage verticalement, au centre, pour éviter qu'elle bascule vers le sol. Après le placement, vérifier la stabilité de chaque parpaing. Les parpaings instables doivent être martelés pour se stabiliser.

10.5.5 Une fois le pavage des parpaings terminé, les joints doivent être ajustés selon deux fils tendus perpendiculaires. La largeur des joints des parpaings doit être contrôlée dans une plage de 2 à 4 mm.

10.5.6 L'espace de 20 mm maximum entre les parpaings et le berceau peut être éliminé en ajustant de manière appropriée la largeur du joint entre les parpaings. Pour les espaces supérieurs à 20 mm, un béton à granulats fins C40 peut être utilisé pour le remplir, le compacter et le lisser.

10.5.7 Pour les parties incomplètes des bords et aux extrémités, lorsque la surface est supérieure ou égale à 1/3 de parpaing, il convient de couper les parpaings ou de remplir de parpaings cassés. Lorsque la surface est inférieure à 1/3 de parpaing, il convient d'utiliser du béton C40 à granulats fins pour le remplir, le compacter et le lisser.

10.5.8 La chaussée en parpaings doit être vibrée, stabilisée par un rouleau vibrant à cylindre en caoutchouc ou à courroie caoutchoutée d'un poids de 3 à 5 tonnes conformément aux exigences

suivantes :

- 1 La force d'excitation du rouleau vibrant à cylindre en caoutchouc ou à courroie caoutchoutée doit être de 16 à 20 kN; la fréquence de vibration doit être de 75 à 100 Hz.
- 2 La longueur de pavage de la chaussée avant compactage doit être de 30 à 50 m.
- 3 Lors du compactage, le rouleau vibrant doit rouler du bord de la route vers le milieu pour vibrer et compacter. Il doit s'arrêter 1,0 m avant le début de la surface de pavage.
- 4 Le compactage doit faire en sorte que le sable de la sous-couche pénètre dans le fond du joint de 25 à 50 mm.

10.5.9 Après la première passe de compactage vibrant, le remplissage des joints doit commencer conformément aux exigences suivantes :

- 1 Le sable de remplissage des joints doit être réparti uniformément, et un balai ou un grattoir doit être utilisé pour balayer le sable sur la chaussée dans les joints, puis un rouleau vibrant doit être utilisé pour faire vibrer et compacter le sable pour remplir la fente du joint.
- 2 L'apport de sable et le remplissage de sable par vibration doivent être répétés jusqu'à ce que les joints soient remplis de sable. Le nombre de passes minimum de remplissage de sable ne doit pas être inférieur à 5.
- 3 Une fois le joint rempli compact, le sable restant en surface des parpaings et le sable meuble à la surface des joints doivent être balayés.

10.5.10 Pour les tronçons en courbe verticale, le pavement en parpaings doit être effectué selon une courbe continue et non en ligne brisée. La largeur du joint des parpaings en surface dans la courbe doit être contrôlée entre 2 et 5 mm.

10.5.11 Pour les tronçons en courbe plane, la largeur des joints longitudinaux des parpaings peut être ajustée. La largeur des joints des parpaings au côté extérieur de la courbe ne doit pas dépasser 5 mm.

11 Réalisation des joints de revêtement, de la texture et de la cure

11.1 Prescriptions générales

11.1.1 Les joints de retrait de la couche de revêtement en béton de ciment doivent être coupés à l'aide d'une machine à scier des joints, en fonction de la position, de la profondeur et de la forme fixées par la conception.

11.1.2 Les joints de construction transversaux doivent être prévus en combinaison avec les autres joints transversaux.

11.1.3 Les différents joints doivent être remplis et scellés. Les matériaux de remplissage des joints ne doivent pas être fissurés, écrasés ou défectueux. Les matériaux de remplissage de joints fissurés, écrasés ou défectueux doivent être retirés localement et les joints remplis et scellés à nouveau.

11.1.4 Les surfaces des voies de circulation et des voies de dépassement de toutes les classes de route doivent présenter une micro et une macrotecture antidérapante, aucune surface lisse ne doit être laissée. Les profondeurs de texture doivent être uniformes et cohérentes.

11.1.5 Après l'achèvement de la mise en œuvre des divers revêtements en béton de ciment, des chaussées de tunnels et des tabliers de ponts, la conservation de l'humidité et la cure doivent être démarrées immédiatement. La durée de la cure doit répondre aux exigences de croissance de la résistance.

11.2 Réalisation des joints

11.2.1 Lorsque la largeur revêtue en une fois est inférieure à la largeur totale de la couche de

finition plus l' accotement dur , le joint de construction longitudinal doit être prévu conformément à la conception. Il convient d' utiliser un joint plat et des fers de liaison pour réaliser les joints longitudinaux de construction.

11.2.2 La réalisation des joints de retrait longitudinaux des revêtements en béton de ciment doit être conforme aux exigences suivantes :

- 1 Lors de la construction par machine à coffrage glissant, les fers de liaison du joint de construction longitudinal doivent être installés sur des supports, ou ils peuvent également être enfoncés en une seule fois par un dispositif hydraulique.
- 2 Lorsqu' un coffrage fixe est utilisé pour la construction, les fers de liaison doivent être insérés par les trous réservés du coffrage latéral et résister à la vibration.
- 3 Les fers de liaison latéraux insérés doivent être bien disposés pour éviter le desserrage et l' absence d' insertion doit être évitée. La résistance à l' arrachement du fer de liaison doit être mesurée conformément à l' annexe G. Si les exigences ne sont pas remplies, il faut percer de nouveau pour réinstaller le fer de liaison.

11.2.3 Pour les joints longitudinaux et transversaux d' une couche de chaussée en béton de fibres d' acier, il est possible de ne pas installer de fers de liaison ni de goujons. Les joints de construction longitudinaux et transversaux discontinus doivent être pourvus de fers de liaison et de goujons. L' installation des fers de liaison et des goujons dans les couches de chaussée en béton de fibres résistant aux fissures doit être la même que pour celles en béton de ciment.

Note explicative de l' article :

Comme la teneur en fibres de la couche de chaussée en béton de fibres d' acier est suffisamment élevée, la fibre d' acier ou la fibre de basalte dans les joints coupés longitudinaux et transversaux est suffisante pour exercer une traction et fournir une capacité suffisante de transmission de charge. Par conséquent, les joints de retrait longitudinaux et transversaux coupés dans la couche de béton armé renforcé de fibres d' acier n' ont pas besoin de comporter de fers de liaison ni de goujons. Comme il n' y a pas de fibres d' acier dans les joints de construction verticaux et horizontaux déconnectés, des fers de liaison et des goujons doivent être installés. La quantité de fibres dans les différentes couches de revêtement en béton de fibres n' est pas suffisante pour remplacer les fers de liaison et les goujons. Comme pour les couches de chaussée en béton de ciment, les joints de construction transversaux et les joints de retrait longitudinaux doivent être équipés de fers de liaison et de goujons selon les exigences de conception.

11.2.4 A la fin du répandage chaque jour ou lorsque le temps d' interruption du répandage

dépasse 30 minutes, un joint de construction transversal doit être réalisé. S'il se trouve à la position d'un joint de retrait, un joint plat et des goujons peuvent être utilisés.

11.2.5 Lorsque le joint de construction transversal coïncide avec un joint de dilatation, il faut le réaliser comme un joint de dilatation et il convient d'installer des cages d'armature des deux côtés du joint de dilatation en deux fois.

11.2.6 Pour les couches de chaussée en béton de ciment supportant une charge de trafic moyenne ou légère, l'installation des goujons des joints de retrait à proximité des joints de dilatation, des extrémités libre et des aires de poste de péage, doit s'effectuer sur des supports d'armatures pré-installés. Il est interdit d'utiliser une modalité dont la précision d'implantation des goujons ne satisfait pas aux exigences.

11.2.7 Lorsque le goujon à l'angle d'un coin croise un fer de liaison, le fer de liaison doit être supprimé et le goujon conservé.

11.2.8 La plaque de joint de dilatation doit être perpendiculaire à l'axe de la route et continue sur toute la largeur de la dalle, aucun mortier ne doit être présent dans le joint.

11.2.9 Pendant la construction en période de température élevée, la mise en place des joints de dilatation peut être réduite pour les tronçons de route droite selon les exigences de conception. Pour les constructions au printemps et à l'automne, lorsque la distance entre les deux extrémités est supérieure à 500 m, il est préférable d'installer un ou plusieurs joints de dilatation au milieu d'un tronçon de route droite. Pendant la construction en période de température basse, lorsque la distance entre les deux extrémités est supérieure à 350 m, il est conseillé de placer un joint de dilatation dans le tronçon de route droite.

Note explicative de l'article :

Les joints de dilatation sont utilisés pour libérer la déformation due à l'expansion de la couche de revêtement. La quantité d'expansion du joint de dilatation dépend du coefficient de retrait thermique des granulats grossiers du béton de la couche de chaussée, de la différence de température entre la température au moment de la construction et la température la plus élevée de l'année à venir, et la résistance par frottement au bas de la couche. Pour les couches de revêtement en béton construites pendant une période de température élevée, comme l'amplitude d'expansion est faible pendant cette période de température élevée, la largeur des joints de dilatation peut être réduite.

11.2.10 La construction des joints de dilatation doit être conforme aux exigences suivantes :

- 1 Avec la méthode de supports d'armatures prépositionnés, les supports au niveau des joints de dilatation doivent être installés et fixés avec précision à l'avance. Une aiguille vibrante à main est utilisée pour vibrer et compacter le béton des deux côtés de la plaque du joint de dilatation. Il est également possible de réserver deux dalles qui seront exécutées lorsque la température est proche de la température moyenne annuelle.
- 2 Lorsque le béton n'est pas durci, le béton sur la partie supérieure de la plaque du joint de dilatation doit être retiré et des lattes de bois de (20-25 mm) × 20 mm doivent être insérées et la surface rendue plane. Avant de remplir le joint, les lattes de bois doivent être retirées, puis les bandes de caoutchouc poreux ou le mastic de jointoiment doivent être placés dans le joint de dilatation.
- 3 Les plaques de joint de dilatation doivent être continues et complètes et le béton des deux côtés de la plaque de dilatation ne doit pas être relié.

11.2.11 La précision de la mise en place des fers de liaison, des plaques de joints de dilatation, des tiges goujons et de leurs capuchons de manchon doit être conforme aux exigences du tableau 11.2.11.

Tableau 11.2.11 Précision de la mise en place des fers de liaison, des plaques de joints de dilatation, des goujons et de leurs capuchons de manchon

Point de contrôle	Ecart admissible (mm)	Position de mesure
Déviations d'extrémité du goujon vers le haut, le bas, la gauche et la droite	10	Mesurer aux deux extrémités du goujon
Profondeur et écart de position gauche et droite du goujon	20	Mesure sur la face de la dalle comme référence
Déviations du goujon incliné vers l'avant ou l'arrière le long de la direction longitudinale de la chaussée	30	Selon le trait d'axe du joint pris comme référence
Déviations d'extrémité des fers de liaison vers le haut et le bas, gauche et droite dans la dalle	20	Mesure aux deux extrémités du fer et de la surface de dalle
Ecart de position des fers de liaison avant ou arrière dans le sens longitudinal le long de la route	30	Mesure longitudinale
Déviations du capuchon du manchon des goujons des joints de dilatation (longueur ≥ 100 mm)	10	Mesure à partir de l'extrémité du capuchon manchon scellé
Écart d'inclinaison de plaque du joint de dilatation	20	Par rapport au fond de la dalle
Écart de flexion et de déplacement de la plaque de joint de dilatation	10	Par rapport à l'axe central du joint

11.2.12 Le mode, le moment, et la profondeur de coupe du joint de retrait doivent être sélectionnés en fonction de la différence de température locale entre le jour et la nuit, en se référant au tableau 11.2.12. Le moment de la coupe doit être choisi pour commencer la coupe sans épaufure des bords, et le principe de contrôle consiste à vérifier qu'il ne se produit aucune rupture de la dalle le jour suivant sa réalisation et au début de la construction.

Tableau 11.2.12 Tableau de référence pour la différence de température locale jour-nuit et la méthode, le moment et la profondeur appropriés pour la coupe de joints de retrait

Différence de température jour-nuit ^a (°C)	Méthode et moment de coupe des joints de retrait ^b	Profondeur de coupe du joint de retrait
< 10	Joint scié dans le béton durci : la coupe peut être commencée lorsque la coupe ne provoque pas d'épaufure de bords. La coupe du joint longitudinal peut être faite légèrement plus tard que celle du joint transversal. Le temps de coupe de tous les joints de retrait longitudinaux et horizontaux ne doit pas dépasser 24h.	Lorsqu'il n'y a pas de fers de liaison ni de goujons dans le joint, la profondeur est de 1/3 à 1/4 de l'épaisseur de la dalle et au minimum de 60 mm. En cas de présence de fers de liaison ou de goujons dans le joint, la profondeur est de 1/3 à 2/5 de l'épaisseur de la dalle et au minimum de 80 mm
10 à 15	Coupe combinée des joints sciés dans le béton frais et dans le béton durci : le sciage dans le béton frais est effectuée à l'avancement toutes les 1-2 bandes, le reste est complété par le sciage dans le béton durci.	La profondeur du sciage du béton durci est la même que ci-dessus. La profondeur de sciage dans le béton frais ne doit pas être inférieure à 60 mm. En cas d'insuffisance, il faut effectuer une coupe supplémentaire du béton durci jusqu'à 1/3 de l'épaisseur de la dalle. Aucune découpe supplémentaire ne doit être faite en cas de joints discontinus.
> 15	Joint scié dans le béton frais : commencer la coupe lorsque la résistance à la compression est de 1 à 1,5 MPa, et que les gens peuvent y marcher. Le temps de sciage des joints dans le béton frais ne doit pas dépasser 6h.	La profondeur du joint scié dans le béton frais ne doit pas être inférieure à 60 mm. Le joint ininterrompu doit être scié dans le béton durci à une profondeur $\geq 2/5$ de l'épaisseur de dalle.

Note: ^a Lorsque la température de la surface de la route est en chute brusque à cause de la pluie et du vent, le sciage de joints dans le béton frais ou dans le béton durci doit être fait avant les intempéries.

^b Pour les trois modes de coupe, il faut rincer la boue de coupe et restaurer la couverture de la cure de la surface. .

11.2.13 Lorsque la coupe des joints de retrait longitudinaux et transversaux a une forme en gradin, Il est conseillé d'utiliser des lames de scie superposables en gradins arrondis pour couper le joint en une seule fois. En l'absence de cet équipement, le joint peut être coupé en deux fois, puis les coins arrondis avec un rayon de 6 à 8 mm sont meulés.

11.2.14 Le défaut de rectitude de coupe des joints de retrait longitudinaux et transversaux doit

être inférieur à 10 mm. La coupe des joints de retrait longitudinaux et transversaux des dalles adjacentes doit être effectuée en douceur. Lorsqu'il est nécessaire d'ajuster l'angle aigu d'une dalle de forme spéciale, il est possible d'effectuer une coupe en joint oblique ou en ligne de brisée à petit angle. Les joints transversaux d'une chaussée en courbe ou d'une bretelle doivent être perpendiculaires à leur axe de conception.

11.2.15 Lors de la réalisation de la couche de revêtement par profil, des marques doivent être faites sur les joints de retrait transversaux déconnectés des dalles de béton qui ont été réalisées en premier. La couche revêtue dernièrement doit être alignée avec les joints de retrait transversaux déconnectés, un processus technologique de coupe souple est utilisé pour couper le joint à l'avance.

11.2.16 La coupe du joint d'une couche en béton armé ne doit pas couper les barres d'acier. Lors de la coupe souple de divers revêtements de béton de fibres, les fibres ne doivent pas être retirées et les angles et les bords ne doivent pas être endommagés.

11.2.17 Les joints doivent être nettoyés avant le remplissage de joint. Il est préférable de nettoyer le joint au moyen d'une machine soufflante pour enlever la boue et autres débris tels que le sable condensé dans le joint. Avant de sceller le joint, le joint et la paroi du joint doivent être propres et secs jusqu'à ce que l'eau, la boue et la poussière aient disparu.

11.2.18 Le facteur de forme de remplissage du joint de retrait d'une chaussée en béton de ciment doit être de 1,5 ; le facteur de forme de remplissage du joint d'une chaussée en béton armé, en béton armé continu, de la plaque de transition, de la plaque d'approche et d'un tablier de pont doit être de 1,0.

Note explicative de l'article :

Plus le matériau de remplissage de joint est profond, plus la déformation de traction sur les surfaces supérieure et inférieure est grande et plus la durabilité est courte. Un facteur de forme de 1,0 est spécifié dans le guide de l'ACPA des États-Unis. Par conséquent, le facteur de forme de remplissage de joint est réduit de 2,0 à 1,0 à 1,5 dans la spécification d'origine.

11.2.19 Le remplissage des joints de retrait doit satisfaire aux exigences suivantes :

- 1 Lors du remplissage du joint, une bande de mousse poreuse ou en caoutchouc d'un diamètre de 9 à 12 mm doit être incrustée en premier
- 2 Lorsqu'un matériau de remplissage des joints à deux ou plusieurs composants à température ambiante est utilisé, plusieurs matières premières doivent être mélangées

uniformément et en proportion pour remplir les joints. La quantité préparée ne doit pas dépasser 1 heure de consommation à chaque fois, et ne doit pas dépasser la durée d'utilisation spécifiée du matériau.

- 3 Lorsque du bitume à chaud, du bitume modifié ou du bitume-caoutchouc sont utilisés pour le scellement des joints, ils doivent être réchauffés et fondus à une température convenable pour le coulage, être remués uniformément et maintenus en température pour le coulage du joint.
- 4 Le remplissage des joints doit être plein, uniforme, d'épaisseur régulière et continu, et les matériaux de remplissage ne doivent pas être manquants, fissurés ou perméables.
- 5 Lors du scellement de joint à haute température, la surface supérieure doit être arasée au niveau de la surface de la dalle. Lors du scellement à température normale, il faut remplir le joint avec une surface liquide de forme concave, dont le centre doit être inférieur de 3 mm à la surface de la dalle.

11.2.20 La période de cure des matériaux de remplissage disposés à température ambiante, doit être de 24 h en période de basse température, et de 10 h en période de température élevée. La période de la cure des matériaux de remplissage fabriqués à chaud doit être de 2 h en période de température basse et de 6 h en période de température élevée. La circulation doit être fermée pendant la solidification des matériaux de remplissage.

11.2.21 Avant de remplir les joints de dilatation, des lattes de bois incrustées temporairement au sommet des joints de dilatation doivent être ciselées. Après avoir nettoyé et appliqué l'adhésif dans le joint, une bande de caoutchouc poreux spécial doit être incrustée ou le joint doit être garni par un matériau de remplissage approprié. Lorsque la largeur du joint de dilatation est incompatible avec la largeur de la bande de caoutchouc poreux, ou s'il y a des phénomènes d'épaufrure des bords, des coins manquants, le joint doit être rempli de matériau coulé et ne doit pas être rempli de bande de caoutchouc poreux.

11.3 Réalisation de la texture de surface

11.3.1 La réalisation de la micro-texture doit répondre aux exigences suivantes :

- 1 La micro-texture doit être formée sur la surface humide et souple après la finition fine, en trainant, avec un support en acier, 1 à 3 couches superposées de tissu ou de toile. La longueur du morceau de tissu en contact avec la surface de la route doit être de 0,7 à 1,5

m. Pour le sable grossier avec un module de finesse élevé, retenir la valeur la plus petite pour la longueur de contact ; pour le sable fin avec un module de finesse petit, prendre la plus grande valeur pour la longueur de contact.

- 2 Sur une surface plus sèche nivelée par une lisseuse, un balai en bambou plus dur peut être utilisé pour créer la micro-texture.
- 3 La micro-texture sur une surface lisse déjà durcie peut être créée en utilisant des méthodes de bouchardage par brosses en acier, de sablage, de grenailage par billes d'acier, par corrosion à l'acide chlorhydrique dilué et jet d'eau à haute pression.

11.3.2 La couche de revêtement en béton de ciment de routes supportant une charge de trafic extrêmement lourde, spécialement lourde ou lourde doit utiliser un procédé de rainurage pour créer une macrostructure antidérapante. Les revêtements en béton pour routes supportant une charge de circulation légère ou moyenne peuvent employer la méthode de rainurage par traction pour créer une macrotexture.

11.3.3 Il est conseillé de réaliser des rainures longitudinales sur les tronçons de route en courbe horizontale, les tabliers de pont et les chaussées de tunnel. Les rainures longitudinales peuvent être utilisées pour les tronçons nécessitant une réduction du bruit lorsque la pente combinée est inférieure à 3%. Les tronçons en pente longitudinale dont la pente combinée est supérieure ou égale à 3% doivent utiliser un rainurage transversal.

Note explicative de l'article :

Le présent article spécifie la direction du rainurage. La résistance latérale de la rainure longitudinale est élevée, la sécurité est élevée et le bruit est faible. L'inconvénient est que le coefficient de frottement est légèrement insuffisant pour les tronçons de route en grande pente longitudinale et que le drainage superficiel est lent. L'effet du rainurage transversal est inverse. Le présent règlement élargit le champ d'application des rainures longitudinales, et maximise les avantages respectifs des rainures longitudinales et transversales pour améliorer la sécurité de conduite à grande vitesse.

11.3.4 Lorsque la macrostructure antidérapante est créée par rainurage, la largeur minimale du rainurage de la machine de gravure ne doit pas être inférieure à 500 mm. La distance de jonction doit être identique à l'espacement des rainures. Pendant le processus de rainurage, il faut éviter l'endommagement de l'angle d'arête de la rainure, il ne faut pas soulever la machine de gravure à mi-chemin ni changer la direction du rainurage. Le rainurage ne doit pas pénétrer les joints de retrait longitudinaux et transversaux. La surface doit être rincée immédiatement après le rainurage et la cure de la chaussée restaurée.

11.3.5 Lorsque la macrotecture est obtenue par traînage doux, après ressuage du béton de surface, un râteau doit être utilisé à temps. La distance de jonction doit être la même que l'espacement des rainures et rester constante sans manque local. Le mortier de surface après un traînage doux doit être balayé.

11.3.6 La profondeur de rainure rectangulaire doit être de 3 à 4 mm, la largeur de rainure doit être de 3 à 5 mm, l'espacement des rainures doit être de 12 à 25 mm. Lorsqu'un espacement variable est utilisé, l'espacement des rainures peut être ajusté de manière aléatoire dans une plage de dimension spécifiée.

11.3.7 Dans les zones où la surface de la route est gelée, on peut utiliser une rainure en trapèze de 6 mm de large en haut, de 3 mm de large en bas ou une rainure semi-circulaire de 6 mm de large en haut.

11.3.8 Lorsque la valeur de polissage PSV des granulats grossiers de surface est supérieure à 42, la texture de surface peut être obtenue en exposant les granulats, et sa réalisation doit être effectuée conformément aux exigences suivantes :

- 1 Il est conseillé de pulvériser un agent retardateur de prise sur la surface après la finition, puis d'utiliser une machine à broser pour dégager les granulats grossiers. Pour les routes de classe inférieure à la deuxième classe, un balai de bambou émoussé d'une dureté appropriée peut être utilisé pour exposer les granulats grossiers entre la prise initiale et la prise finale.
- 2 La superficie de granulats exposés doit être dans une fourchette de 65% à 75%.
- 3 Le coefficient de frottement de surface mesuré SFC et la profondeur de texture TD doivent satisfaire aux exigences antidérapantes pour les tronçons de route spéciaux du tableau 13.2.1.

Note explicative de l'article

Les granulats grossiers s'enfoncent plus profondément autour des vibrateurs à aiguilles qu'entre les vibrateurs longitudinaux disposés sur les machines à coffrage glissant.

Si l'on exige la présence de granulats dénudés sur toute la surface de la chaussée, il se forme des creux qui entraînent une détérioration de la planéité.

Lorsqu'il est exigé que les granulats soient complètement dénudés, des creux se forment en surface, ce qui entraîne une perte d'homogénéité élevée.

Si les granulats grossiers doivent être complètement exposés comme la chaussée compactée au

rouleau, il est inévitable que des creux se forment en surface, perdant ainsi la planéité. C'est pourquoi il est spécifié que la surface de granulats exposés doit être de 70% \pm 5%. Il est interdit de laver et d'exposer les granulats grossiers en totalité. Il est permis que les agrégats grossiers s'enfoncent plus profondément, et dans les parties locales de la surface en mortier.

11.3.9 Lorsque les parpaings en béton pour la chaussée sont préfabriqués en usine, la macrotexture doit être imprimée par pressage sur la surface des parpaings et, pour les tronçons ordinaires de la route, elle doit satisfaire aux exigences de profondeur du tableau 13.2.1.

Note explicative de l'article

Les parpaings de béton doivent avoir atteint la résistance et l'âge requis pour leur mise en service, avant d'être employés pour construire la chaussée. La surface supérieure des parpaings des voies de circulation ne doit pas manquer de macrotexture qui doit être créée dans l'usine de fabrication.

11.4 Cure de la couche de chaussée

11.4.1 Un mode de cure approprié doit être choisi pour la cure de la chaussée, afin de garantir la satisfaction des exigences de l'augmentation de la résistance du béton et éviter les microfissures et les fissures au cours de la cure.

11.4.2 La cure des couches de chaussée doit être conforme aux exigences suivantes :

- 1 Pour les couches de chaussée en béton des autoroutes et des routes de première classe il convient d'utiliser un agent de conservation plus une membrane de protection.
- 2 En cas d'eau suffisante pour la cure, il est possible d'utiliser un film économisant d'eau, un feutre géotextile, un tissu géotextile, un sac en jute, un sac de paille, de la paille tissée, en arrosant en temps opportun pour la conservation de l'humidité et la cure.
- 3 En cas de manque d'eau, la surface doit être recouverte d'un film de cure économisant l'eau pour la conservation, et doit être arrosé suffisamment pour la première eau de cure.

11.4.3 La pulvérisation de l'agent de conservation doit être conforme aux exigences suivantes :

- 1 La pulvérisation doit être uniforme et il ne doit pas y avoir de différence de couleur sur la surface après la pulvérisation. L'épaisseur de la membrane doit répondre aux exigences du produit et être suffisante pour former une membrane entièrement hermétique.

- 2 L'agent de conservation doit être pulvérisé dès que la texture de surface est créée. Lorsque la couche de revêtement en béton humide et souple fraîchement posée est exposée au vent ou à la chaleur solaire, que le taux d'évaporation sur le site de répandage est proche de 0,50 kg/h/m², et lorsque le risque de fissuration est élevé, l'agent de conservation peut être pulvérisé de manière anticipée pour assurer la cure.
- 3 La hauteur de pulvérisation doit être contrôlée entre 0,10 et 0,30 m. Lorsque le vent est fort sur le site, il peut être pulvérisé à l'aide d'un pulvérisateur à profil complet et près de la surface de la route.
- 4 La dose moyenne d'épandage sur site doit être augmentée d'au moins 40% pour les produits de classe 1 et d'au moins 60% pour les produits qualifiés, sur la base des doses déterminé par test de laboratoire.
- 5 Il est interdit d'utiliser des agents de conservation susceptibles d'être lessivés par l'eau de pluie, de fondre au soleil, de provoquer de la fissuration en surface ou de s'enrouler en surface.

Note explicative de l'article :

Quand on effectue l'essai sur l'agent de conservation, la surface est toute lisse alors que la surface de la route présente une texture fine, c'est une surface rugueuse. Les particules de sable de surface sont saillantes et la pointe saillante des grains de sable doit avoir une membrane d'agent de conservation assez épaisse pour les couvrir complètement, sans s'évaporer et perdre de la vapeur d'eau.

Après pulvérisation de l'agent de conservation, s'il est lessivé par l'eau, il peut fondre ou se fissurer, s'enrouler, ceci peut avoir de graves effets sur la résistance de la surface du béton, sa résistance à l'usure, sa résistance à la fatigue, etc. Les agents de conservation trouvés dans les cas ci-dessus ne doivent pas être utilisés.

11.4.4 Le film de protection contre l'humidité doit satisfaire aux exigences suivantes :

- 1 Le temps initial de cure avec couverture doit être le plus court possible sans écraser la microtexture de la surface.
- 2 La largeur la plus étroite du matériau du film de conservation ne doit pas être inférieure à 2 m.
- 3 Lorsque deux couches de film sont aboutées, la largeur de chevauchement longitudinal ne doit pas être inférieure à 400 mm ; la longueur de chevauchement transversal ne doit pas être inférieure à 200 mm. Le film doit toujours être complètement recouvert pendant la

période de cure.

- 4 Il doit y avoir une personne spécialement affectée à la vérification de l'état du film de couverture. La membrane de conservation et la feuille de la cure retirée ou arrachée pendant la période de conservation doit être arrosée d'eau à temps et complètement recouverte.
- 5 Lorsque la vitesse du vent instantanée sur le site est supérieure à la force 4, il est conseillé de mettre en place un filet de corde ou une géogridde sur la surface du film de conservation et de le maintenir fermement sous pression pour éviter que le film de conservation ne soit déchiré par le vent.

11.4.5 Des mesures d'isolation thermique et de conservation de l'humidité doivent être prises lors de la construction de revêtement de route et de tablier de pont en béton de ciment dans les hauts plateaux, les régions montagneuses où les températures peuvent être inférieures à zéro en période de basses températures ou les nuits d'été. Des tapis plastiques en mousse sèche, des copeaux de coton, des roseaux, des rideaux de paille, etc. peuvent être choisis comme matériaux isolants thermiques. En cas de pluie pendant la cure, les surfaces supérieure et inférieure du matériau d'isolation thermique doivent être protégées contre la pluie par une membrane imperméable.

11.4.6 La cure peut être arrêtée lorsque la résistance mesurée du béton est supérieure à 80% de la résistance de conception. La durée minimale de cure de la chaussée en béton dans différentes conditions de température peut être déterminée par référence au tableau 11.4.6.

Tableau 11.4.6 – Tableau de référence de la durée minimale de cure à différentes températures (jour)

Température moyenne journalière pendant la cure (°C)	Revêtement en béton de ciment et en béton de fibres en tunnel	Béton de ciment, béton compacté au rouleau, béton armé, couche de revêtement en béton de fibres et nouvelle couche coulée directement sur l'ancienne	Tablier de pont en béton armé, en béton de fibres, nouvelle couche coulée sur une couche intermédiaire
5 ~ 9 ^a	21	21	24
10 ~ 19	14	14	21
20 ~ 29	12	10	14
30 ~ 35	8	7	10

Note: 1. Les revêtements en béton de toutes les classes de routes ne doivent pas être réalisés à grande échelle à des températures inférieures à zéro pendant la journée.

2. Lorsque des cendres volantes de charbon sont ajoutées au béton de la chaussée, la période de cure minimale doit être prolongée de 7 jours.

^a Lorsque la température moyenne quotidienne est de 5 à 9°C, pour les soins de la cure, des mesures d'isolation thermique et de protection de l'humidité doivent être prises en même temps.

11.4.7 Dans la période initiale de cure de la couche de chaussée, les personnes, les animaux et les véhicules ne sont pas autorisés à circuler sur la chaussée. La circulation des piétons est autorisée lorsque la résistance à la flexion atteint 40% de la résistance de conception.

11.4.8 Aux passages à niveau, il faut prendre des mesures telles que la construction de passerelles temporaires pour protéger la chaussée en béton pendant la période de cure.

11.4.9 Ce n'est qu'après que le béton ait atteint la résistance à la flexion de la conception que la chaussée peut être ouverte à la circulation.

交通运输部信息公开
浏览专用

12 Construction dans des conditions météorologiques spéciales

12.1 Prescriptions générales

12.1.1 Pendant la construction d'une chaussée en béton de ciment, les données locales mensuelles, décadaires et des prévisions météorologiques quotidiennes doivent être collectées. Il est conseillé de mettre en place des stations météo simples sur site pour les autoroutes et routes de première classe. En cas de conditions météorologiques extrêmes ou d'éléments météorologiques compromettant la qualité de la chaussée, il convient de faire des observations en temps utile et de notifier rapidement la situation. Un plan spécial d'organisation de la construction et un plan de traitement d'urgence pour les conditions météorologiques spéciales doivent être formulés.

12.1.2 Si l'une des conditions météorologiques suivantes est rencontrée lors de la construction de la couche de chaussée en béton de ciment, les travaux doivent être arrêtés et aucune construction forcée du revêtement n'est autorisée :

- 1 Pluie ou neige sur place ;
2. Période de vent fort lorsque le vent atteint la force 6 ou plus ;
3. La température sur le site est supérieure à 40°C ou la température de répannage du mélange est supérieure à 35°C ;
4. La température moyenne sur le site de répannage est inférieure à 5°C pendant cinq jours consécutifs ou à -3°C pendant la nuit.

12.1.3 Au cours de la construction, il faut arrêter immédiatement le travail en cas de vent fort instantané, d'orage ou de grêle qui affectent la qualité de la couche de chaussée sur le

chantier.

12.2 Construction pendant la saison des pluies

12.2.1 Lors de l'exécution des travaux en saison des pluies, il faut préparer un nombre suffisant d'équipements et de matériaux de protection contre la pluie, tels que les bâches, les toiles, les tissus ou films en plastique. Le support de la couverture étanche à la pluie doit être muni d'une structure amovible en acier soudé, dont la hauteur doit satisfaire aux exigences de finition et de rainurage.

12.2.2 En cas d'averse pendant le répandage, le mélange et le répandage du béton doivent cesser immédiatement et le revêtement en béton de ciment non durci doit être recouvert d'une bâche, d'un tissu ou d'un film plastique.

12.2.3 Lorsque la planéité et la texture du revêtement en béton de ciment ne satisfont pas aux exigences en raison de l'érosion provoquée par l'averse, un lissage doit être effectué pour restaurer la planéité, puis des rainures doivent être réalisées pour restaurer la texture. Après avoir été lavé par de fortes pluies, si la chaussée ou le tablier du pont sont partiellement creusés ou endommagés sur les côtés, les parties touchées doivent être enlevées, et bétonnées de nouveau.

12.2.4 Les eaux ou les boues accumulées sur le site, dans les camions, les équipements, les stations de mélange et les aires de stockage des granulats doivent être éliminées avant de commencer les travaux. Les flaques d'eau doivent être éliminées des pistes de circulation ; les routes et les pistes de circulation endommagées doivent être réparées. Avant le répandage, l'eau accumulée sur la couche inférieure, la couche intercalaire et la couche de scellement doit être nettoyée et la surface doit être maintenue humide.

12.3 Construction par temps venteux

12.3.1 Lors de la construction par temps venteux, sur le site de répandage, un anémomètre doit être utilisé pour mesurer la vitesse du vent, qui peut être aussi appréciée par l'observation des phénomènes naturels en fonction de l'expérience. Des mesures doivent être prises en fonction de l'expérience pour empêcher la fissuration par retrait plastique. En cas d'expérience insuffisante, se référer aux dispositions du tableau 12.3.1.

Tableau 12.3.1 Tableau de référence des mesures pour empêcher la fissuration par retrait plastique du revêtement en béton de ciment en temps venteux

Force de vent	Vitesse de vent (m/s)	Phénomènes naturels correspondants	Mesures visant à prévenir la fissuration par contraction plastique de la route
Très légère brise (force 1)	$\leq 1,5$	Le vent incline la fumée, sur l'eau il y a des vagues en forme d'écaillés de poisson	Mise en œuvre normale, pulvériser une fois l'agent de conservation, dosage du liquide d'origine de 0,40 kg/m ²
Légère brise (force 2)	1,6 ~ 3,3	Le visage humain sent le vent, bruissement des feuilles, les girouettes s'orientent, la crête des vagues à la surface de l'eau sont brisées générant des gouttelettes	Pulvériser une fois l'agent de conservation avec un dosage de 0,50 kg/m ²
Petite brise (classe 3)	3,4 ~ 5,6	Le vent agite les feuilles et les branches fines, les drapeaux flottent, les crêtes des vagues à la surface de l'eau déversent	Une fois le répandage terminé, une première passe d'agent de conservation est pulvérisée et une seconde passe est pulvérisée après le rainurage. Une dose totale des deux passes est de 0,60 kg/m ²
Jolie brise (force 4)	5,7 ~ 7,9	Les branches remuent, la poussière et les morceaux de papier sont soulevés, les petites branches tremblent, petites vagues avec moutons	L'agent de conservation est pulvérisé deux fois avant et après le rainurage avec une machine à pulvériser pour une dose totale de 0,75 kg/m ²
Bonne brise (force 5)	8,0 ~ 10,7	Les petits arbres ayant des feuilles commencent à trembler, de grosses vagues sont évidentes et les crêtes des vagues ont de la mousse blanche	Après lissage à la machine ou manuellement, il convient de pulvériser une fois l'agent de conservation avec un dosage de 1,0 kg/m ² , de recouvrir d'un film de conservation pour maintenir l'humidité et d'un feutre géotechnique, de sacs de chanvre humide, ou de sacs de paille humide pour maintenir le film.
Vent frais (force 6)	10,8 ~ 13,8	Les grandes branches bougent, les fils électriques sont agités, de longues vagues sont apparues sur l'eau et les crêtes de vague ont de l'écume.	Arrêter la construction

12.3.2 Par temps venteux, la couverture des granulats grossiers et fins à la station de malaxage du béton et le contrôle de leur teneur en eau doivent être renforcés et la quantité d'eau ajoutée doit être ajustée en fonction des changements de la teneur en eau des granulats grossiers et fins. Le mélange de béton sur les camions-bennes doit être couvert.

12.3.3 Les mesures anti-fissuration suivantes doivent être adoptées lors de la construction de chaussées et de tabliers de ponts en béton de ciment par jours de vent continu de force 4 à 5 :

- 1 Pulvériser une quantité suffisante de produit de cure dès que possible. La pulvérisation doit être effectuée dans un espace relativement fermé et bas pour garantir l'effet de pulvérisation du produit de cure.
- 2 Lorsque le matériau de couverture ne provoque pas de marque par pression sur le revêtement, les matériaux pour économiser l'eau et maintenir l'humidité pour la cure doivent être disposés pour couvrir le béton dès que possible. La surface du film de protection doit être recouverte d'un filet de corde ou d'une géogridde maintenus fermement par pression pour éviter que le film de protection ne soit déchiré ou soulevé par un fort vent.
- 3 Pendant la cure, une personne spéciale doit être affectée à patrouiller pour vérifier l'état de la couverture de protection. En cas de soulèvement ou de déchirement de la couverture ou du film de protection, il faut de nouveau arroser et rétablir à temps la couverture.

12.4 Construction en période de température élevée

12.4.1 Lorsque la température moyenne sur le site de répandage est supérieure à 30°C pendant 4 heures consécutives ou que la température maximale pendant la journée est supérieure à 35°C, la construction de la chaussée en béton de ciment doit être effectuée conformément aux exigences techniques de construction en période de température élevée du présent chapitre.

12.4.2 Pendant une période de température élevée, il est préférable de construire le matin, le soir ou la nuit, et d'éviter les hautes températures de midi. La construction de nuit doit se faire avec un bon éclairage pour assurer la sécurité de la construction.

12.4.3 Les tas de granulats doivent être équipés d'auvents. L'eau de mélange doit être de l'eau froide fraîchement pompée ou être refroidie avec des morceaux de glace. Du ciment ordinaire à chaleur moyenne ou basse doit être utilisé ; le ciment à chaleur élevée de type R ne doit pas être utilisé. Pendant les périodes de température élevée, une quantité appropriée de cendres volantes de charbon peut être ajoutée au mélange ; les fumées de silice ne doivent pas être ajoutées. Des retardateurs de prise appropriés peuvent être utilisés pour prolonger le temps de prise du béton.

12.4.4 Lors du transport par camion-benne, le mélange de béton doit être couvert pour éviter les rayons directs du soleil ; lors du transport par camion-citerne, une couche d'isolation thermique doit être collée à l'extérieur de la citerne de béton.

12.4.5 Il faut accélérer l'enchaînement des diverses étapes de la construction, prendre des mesures pour réduire le temps des différentes tâches telles que le transport, la distribution de matériau, le répandage et la finition, afin de raccourcir le temps depuis le mélange jusqu'à la finition du béton de la chaussée.

12.4.6 Des mesures doivent être prises pour empêcher l'exposition directe au soleil pendant la construction en période de température quotidienne la plus élevée et de soleil le plus fort. Un auvent imperméable peut être utilisé pour bloquer l'ensoleillement.

12.4.7 Pendant la construction en période de température élevée, la température de décharge du mélange de béton doit être maintenue en-dessous de 35°C.

12.4.8 Pendant la construction, la température de l'air, du ciment, de l'eau de mélange et la température du mélange doivent être mesurées à tout moment et la température de la surface du béton de ciment doit être surveillée. Lorsque la température est trop élevée, des mesures doivent être prises à temps. Si nécessaire, le test de la chaleur d'hydratation du béton peut être augmentée.

12.4.9 Lorsque l'arrosage pour le maintien de l'humidité avec couverture est utilisé pour la cure, la différence entre la température de l'eau et celle de la surface de la chaussée en béton ne doit pas être supérieure à 12°C, et la différence entre la température de l'eau et celle de la surface du tablier de pont en béton ne doit pas être supérieure à 10°C. Il ne faut pas utiliser d'eau glacée ou d'eau froide pour la cure car elle provoquerait un refroidissement soudain et des fissures en surface.

Note explicative de l'article :

La différence de température prescrite entre l'eau de cure et celle de la surface a pour but d'éviter de provoquer des chocs thermiques et des fissures lors de la construction de la couche de surface.

12.4.10 La coupe des joints doit être contrôlée en ne grignotant pas le bord et en ne dépassant pas 250 °C · h. En période de température élevée, des mesures doivent être prises pour couper le joint plus tôt que lorsque la construction est faite à température normale afin de réduire la rupture de dalles. Lorsque l'amplitude de l'abaissement de température est grande pendant la nuit ou après le vent et la pluie, le joint doit être coupé plus tôt.

12.5 Construction en période de basse température

12.5.1 Lorsque la température moyenne sur le site de répandage est inférieure à 5°C pendant 5

jours et nuits consécutifs et que la température minimale la nuit est comprise entre -3°C et 5°C , la construction de la couche de surface en béton de ciment doit être réalisée conformément aux exigences techniques en période de la basse température du présent chapitre.

12.5.2 Il est conseillé d'ajouter un agent de résistance précoce, un agent antigel ou un accélérateur au mélange et de déterminer la dose appropriée par des essais. Un ciment de type R doit être choisi. Dans le mélange, il est possible d'ajouter de la poudre de laitier et de la fumée de silice, mais il convient de ne pas ajouter de cendres volantes de charbon.

12.5.3 La température du mélange à la sortie du malaxeur ne doit pas être inférieure à 10°C et la température de répandage du béton doit pas être inférieure à 5°C . Il est possible d'utiliser de l'eau chaude ou des granulats chauffés pour le mélange du béton. La température de l'eau chaude ne doit pas être supérieure à 80°C et la température des granulats ne doit pas être supérieure à 50°C .

12.5.4 La cure doit être effectuée avec un revêtement d'isolation thermique et de rétention de l'humidité. Des mesures d'étanchéité doivent être prises sur les surfaces supérieure et inférieure du coussin d'isolation thermique.

12.5.5 Pendant la construction, la température de l'air, du ciment, de l'eau de mélange et des agrégats doit être surveillée à tout moment, et la température du mélange et du revêtement de la chaussée doit être mesurée au moins 3 fois par poste de travail. Pendant la cure, la température minimale dans la dalle de béton doit être maintenue au moins à 10°C .

12.5.6 Avant que la résistance à la flexion de la couche de chaussée en béton de ciment n'atteigne $1,0\text{ MPa}$ et que la résistance à la compression du revêtement du tablier de pont en béton n'atteigne $5,0\text{ MPa}$, la chaussée et le tablier de pont doivent être strictement protégés du gel.

12.5.7 Lors de la construction en période de basse température, la durée minimale de la cure de la couche de chaussée et du tablier de pont en béton de toutes les classes de route ne doit pas être inférieure aux valeurs spécifiées à la première ligne du tableau 11.4.6.

12.5.8 Le temps de décoffrage pour la construction en période de basse température doit répondre aux exigences du tableau 8.2.14.

13 Assurance qualité et contrôle de la construction

13.1 Prescriptions générales

13.1.1 Pour la construction de la chaussée en béton, un système d'assurance qualité de la construction doit être mis en place et perfectionné pour effectuer un contrôle de qualité complet pour l'ensemble du processus de construction.

13.1.2 Selon les exigences de la technologie de revêtement et de l'avancement des travaux, un nombre suffisant d'appareils et de personnels d'inspection de la qualité doivent être fournis. Les divers critères de qualité de chaque processus de construction de la couche de revêtement doivent être examinés en temps opportun et un contrôle dynamique de la construction doit être effectué en fonction des résultats des tests pour garantir que tous les indicateurs de qualité de la construction sont qualifiés et stables.

13.1.3 Des mesures efficaces doivent être prises pendant la construction de la couche de revêtement en béton de ciment pour éviter strictement tout défaut de qualité. Lorsque des défauts de qualité sont détectés lors du répannage, la fréquence d'inspection doit être augmentée et, si nécessaire, les travaux doivent être arrêtés et rectifiés pour en trouver les raisons, proposer des contre-mesures et reprendre la construction après restauration des conditions normales de répannage et du bon état de qualité.

13.1.4 Les processus clés de construction doivent être photographiés ou filmés pour la tenue des registres sur place.

13.1.5 Une fois la construction terminée, le site doit être déblayé, les déchets doivent être éliminés, les terres agricoles ou les espaces verts doivent être restaurés et le site doit être propre après la construction.

13.2 Critères de qualité des chaussées en béton de ciment

13.2.1 Les critères de qualité et les points de contrôle, la fréquence et la méthode d'inspection de la chaussée en béton de ciment doivent être conformes aux dispositions du tableau 13.2.1.

Note explicative de l'article :

Par rapport aux règles d'origine, les modifications suivantes ont été apportées au tableau 13.2.1 :

(1) Afin d'assurer la sécurité des chaussées en béton de ciment pour toutes les classes de routes dans les conditions de circulation à grande vitesse, l'exigence du point de contrôle n°5 de mesure du coefficient de frottement SFC est ajoutée.

(2) Pour répondre aux exigences des provinces et régions de froid sévère telles que Heilongjiang où la chaussée en béton de ciment subit les dommages causés par les gels graves, des exigences sur la méthode de carottage ont été ajoutées pour détecter la classe de résistance au gel du béton dans les indicateurs d'inspection de la qualité des chaussées en béton de ciment. Pour l'essai et la détection, la méthode de congélation rapide spécifiée par les règles JTG E30 T0552 est utilisée. La classe de résistance au gel est déterminée en retenant la plus faible valeur du nombre de cycles de gel-dégel. Par exemple, lorsque le nombre de cycles de gel-dégel est compris entre 150 et 200, la classe de résistance au gel est de 150.

(3) L'uni des autoroutes et des routes de première classe a été ajusté de manière appropriée par une étude approfondie menée dans les grandes provinces des routes en béton de Guangdong, Guangxi, Hunan, Heilongjiang, Mongolie intérieure, etc., $\sigma \leq 1,2$ est ajusté à $\sigma \leq 1,32$. L'IRI $\leq 2,0$ a été remplacé par l'IRI $\leq 2,2$. L'uni des chaussées en béton des routes de deuxième classe et inférieures a également été ajusté en conséquence, et l'uni de la petite longueur d'onde statique avec la règle de 3m reste inchangé.

Tableau 13.2.1 Critères de qualité des chaussées en béton de ciment, points de contrôle, fréquence et méthode d'inspection

N°	Points de contrôle		Critère de qualité		Fréquence d'inspection		Méthode d'inspection
			Autoroute, route de première classe	Autre route	Autoroute, route de première classe	Autre route	
1	Résistance à la flexion ^a	Résistance à la flexion d'une petite poutre standard (MPa)	Évaluer conformément à l'annexe H	Réserver 2 à 4 groupes d'éprouvettes par poste de travail, selon la progression quotidienne ; - 2 groupes pour un progrès quotidien < 500 m ; - 3 groupes si progrès quotidien ≥ 500 m ; - 4 groupes si progrès quotidien ≥ 1 000 m. Calculer f_{cs} , f_{min} , C_v^b	Réserver 1 à 3 groupes d'éprouvettes par poste de travail, selon la progression quotidienne ; - 1 groupe pour un progrès quotidien < 500 m ; - 2 groupes si progrès quotidien ≥ 500 m ; - 3 groupes si progrès quotidien ≥ 1000 m. Calculer f_{cs} , f_{min} , C_v^b	JTG E30 T0552, T0558	
		Résistance à la flexion déduite de la résistance à la rupture de carottes prélevées dans la chaussée (MPa)		Une carotte est prélevée tous les 3 km par voie et un accotement dur est considéré comme pour 1 voie. Calculer f_{cs} , f_{min} , C_v^b	Une carotte est prélevée tous les 2 km par voie, et un accotement dur est considéré comme 1 voie. Calculer f_{cs} , f_{min} , C_v^b		JTG E30 T0552, T0561

No	Points de contrôle	Critère de qualité		Fréquence d'inspection		Méthode d'inspection
		Autoroute, route de première classe	Autre route	Autoroute, route de première classe	Autre route	
2	Epaisseur de dalle (mm)	Valeur moyenne ≥ -5 ; valeur extrême ≥ -15 ; la valeur C_v répond aux dispositions de conception		A deux endroits à gauche et à droite, tous les 100 m dans la largeur de la chaussée. A 1 endroit sur un seul côté, tous les 100 m, pour la chaussée de raccordement.	A deux endroits à gauche et à droite, tous les 100 m dans la largeur de la chaussée. A 1 endroit sur un seul côté, tous les 100 m, pour la chaussée de raccordement.	Mesure à la règle sur le bord de la chaussée et sur le carottage au milieu de la chaussée. Cette dernière fait foi.
3	Uni longitudinal	σ^c (mm)	$\leq 1,32$	$\leq 2,00$	Contrôle en continu sur toutes les voies	Dispositif de mesure d'uni embarqué sur véhicule
		IRI ^c (m/km)	$\leq 2,20$	$\leq 3,30$		
		Jeu maximum sous la règle de 3 m Δh (mm) (le taux de réussite doit être $\geq 90\%$)	≤ 3	≤ 5	Sur la moitié d'un profil de voie, mesurer en 2 endroits tous les 100 m, en chaque endroit mesurer 10 règles	Sur la moitié d'un profil de voie, mesurer en 2 endroits tous les 200 m,

N°	Points de contrôle		Critère de qualité		Fréquence d'inspection		Méthode d'inspection
			Autoroute, route de première classe	Autre route	Autoroute, route de première classe	Autre route	
4	Profondeur de texture TD (mm)	Tronçon ordinaire	0,70 ~ 1,10	0,50 ~ 0,90	Mesurer en 2 endroits par voie et accotement dur tous les 200 m	Mesurer 1 endroit tous les 200 m par voie	Méthode de la tâche de sable
		Tronçon spécial ^d	0,80 ~ 1,20	0,60 ~ 1,00			
5	Coefficient de frottement SFC	Tronçon de route ordinaire	≥ 50	—	La voie de circulation et la voie de dépassement sont contrôlées en continu sur toute la longueur, avec un point de mesure tous les 20 m par voie.	Le tronçon ordinaire est exempt de contrôle, seule le tronçon spécial est contrôlé : un point de mesure par voie tous les 20m, un point de mesure pour une longueur inférieure à 20 m.	JTG E60 T0965
		Tronçon spécial ^d	≥ 55	≥ 50			
6	Détermination de la résistance au gel par carottage ^e	Zone froide sévère ^f	≥ 250	≥ 200	Un carottage est effectué tous les 3 kilomètres par voie.	Un carottage est effectué tous les 5 kilomètres par voie.	JTG E30 T0552
		Zone froide ^f	≥ 200	≥ 150			

Note: ^a. La résistance à la flexion de la petite poutre standard est utilisée pour évaluer le mélange. La compacité et la résistance à la flexion de la couche de revêtement sont évaluées à partir de la résistance à la rupture sur carottes.

^b f_{cs} correspond à la résistance moyenne de flexion, f_{min} est la résistance minimale de flexion et C_v est le facteur de variation statistique.

^c L'uni dynamique, on peut choisir σ ou l'IRI.

^d Les tronçons spéciaux des autoroutes, des routes de première classe désignent : les bretelles d'accès, les passages à niveau, les virages, les voies à vitesse variable, les pentes combinées d'au moins 3% , les tabliers de pont, les chaussées en tunnel et les aires de péage. Pour les autres routes, il s'agit : des tronçons déversés, des tronçons de courbes d'élargissement, des tronçons dont la pente combinée est supérieure ou égale à 4,0 % , des tronçons de carrefours, des tabliers de pont et leurs pentes d'accès en montée et en descente, des chaussées en tunnel ainsi que des tronçons proches des villes et bourgs.

^e La détermination de la résistance au gel par carottage n'est obligatoire que dans les zones où la résistance au gel est requise.

^f Le froid sévère désigne les régions où la température moyenne mensuelle la plus froide est inférieure à -8°C . Une zone froide est celle où la température moyenne mensuelle la plus froide est comprise entre -8°C et -3°C .

13.2.2 La gestion dynamique de la qualité des données d'inspection des principaux indicateurs de qualité pour les autoroutes et les routes de première classe est effectuée conformément à l'annexe H. Pour les autres routes classées, il est souhaitable que les données d'inspection des principaux indicateurs de qualité soient gérées de façon dynamique conformément à l'annexe H.

13.2.3 Les dimensions géométriques du revêtement en béton de ciment, les critères de qualité, les points de contrôle, la fréquence et les méthodes d'inspection doivent être conformes aux prescriptions du tableau 13.2.3.

Tableau 13.2.3 Dimensions géométriques du revêtement en béton de ciment, critères de qualité, points de contrôle, fréquence et méthodes d'inspection

N°	Points de contrôle	Critère de qualité		Fréquence de contrôle		Méthode d'inspection
		Autoroute et route de première classe	Autre route	Autoroute et route de première classe	Autre route	
1	Différence de hauteur des dalles adjacentes (mm), \leq	2	3	2 joints longitudinaux et transversaux pour chaque 200 m, 3 endroits pour chaque joint	2 joints longitudinaux et transversaux chaque 200m, 2 endroits pour chaque joint	Mesure à la règle
2	Différence de hauteur du joint longitudinal pour la liaison entre bandes (mm), \leq	Valeur moyenne	3	Tous les 200m de joints longitudinaux, 3 endroits sont mesurés pour chaque joint, par intervalles de 2 m, mesurer 3 règles, au total 9 règles	Tous les 200m de joints longitudinaux, 2 endroits sont mesurés pour chaque joint, par intervalles de 2 m, mesurer 3 règles, au total 6 règles	Mesure à la règle
		Valeur extrême	5			
3	Rectitude des joints (mm), \leq	10		6 joints sont mesurés tous les 200 m	4 joints sont mesurés tous les 200 m	Mesure par fil tendu de 20m
4	Décalage en plan de la ligne médiane (mm), \leq	20		6 points sont mesurés tous les 200 m	4 points sont mesurés tous les 200 m	Mesure par théodolite
5	Largeur de la chaussée (mm), \leq	± 20		6 endroits sont mesurés tous les 200 m	4 endroits sont mesurés tous les 200 m	Mesure à la règle

suite

N°	Points de contrôle	Critère de qualité		Fréquence de contrôle		Méthode d'inspection	
		Autoroute et route de première classe	Autre route	Autoroute et route de première classe	Autre route		
6	Élévation du profil en long (mm)	Valeur Moyenne ± 5 ; Valeur extrême ± 10	Valeur moyenne ± 10 ; Valeur extrême ± 15	6 points sont mesurés tous les 200 m	4 points sont mesurés tous les 200 m	Mesure par niveau	
7	Pente transversale (%)	$\pm 0,15$	$\pm 0,25$	6 profils sont mesurés tous les 200 m	4 profils sont mesurés tous les 200 m		
8	Rectitude et hauteur de la bordure (mm), \leq	20	20	4 endroits sont mesurés tous les 200 m	2 endroits sont mesurés tous les 200 m	Mesure par fil tendu de 20 m	
9	Saturation de remplissage de joint (mm) ; \leq	2	3	6 endroits sont mesurés tous les 200 m de joints	4 endroits sont mesurés tous les 200 m de joints	Mesure par sonde et mesure à la règle	
10	Profondeur de coupe la plus faible (mm), \geq	Avec des goujons et des fers de liaison à travers le joint	80	80	6 endroits sont mesurés tous les 200 m	4 endroits sont mesurés tous les 200 m	Mesure à la règle
		Sans goujons ni fers de liaison à travers le joint	60	60			

Note explicative de l' article :

Par rapport aux règles d' origine , la profondeur de coupe des joints est modifiée pour la profondeur de coupe la moins profonde du tableau 13.2.3. La cause principale des dalles cassées n' est pas la profondeur de coupe moyenne , mais la profondeur de coupe locale la moins profonde.

13.2.4 *Les points de contrôle, les critères, les fréquences et les méthodes d' inspection des défauts de qualité des revêtements en béton de ciment doivent être conformes aux dispositions du tableau 13.2.4.*

Tableau13.2.4 Points de contrôle, critères, fréquences et méthodes d'inspection des défauts de qualité des revêtements en béton de ciment

N°	Points de contrôle	Critère de contrôle		Fréquence de contrôle		Méthode d'inspection
		Autoroute, route de première classe	Autre route	Autoroute, route de première classe	Autre route	
1	Taux de dalles ^a cassées (%) ≤	0,2	0,4	Compter le rapport du nombre de dalles cassées au nombre total de dalles	Compter le rapport du nombre de dalles cassées au nombre total de dalles	Compter le nombre de dalles cassées
2	Taux d'angles cassés ^a (%) ≤	0,1	0,2	Compter le rapport du nombre d'angles de dalles cassés au nombre total de blocs	Compter le rapport du nombre d'angles de dalles cassés au nombre total de blocs	Compter le nombre de d'angles de dalles cassés
3	Taux d'endommagement ^b (%), ≤	0,2	0,3	Calculer le pourcentage de la superficie endommagée par rapport à la superficie des dalles	Calculer le pourcentage de la superficie endommagée par rapport à la superficie des dalles	Surface par mesure à la règle
4	Défauts de surface et des joints de la chaussée	Il ne doit pas y en avoir	Il ne doit pas y en avoir	Trou et cavité, renflement dalle, grignotage de bords, coins manquant de défaut de remplissage de joint, fissure	Trou et cavité, renflement dalle, grignotage de bords, coins manquant de défaut de remplissage de joint, fissure	Observation visuelle
5	Inclinaison de plaque de joint de dilatation (mm), ≤	20	25	Les côtés de chaque plaque de joint de dilatation sont mesurés.	Les côtés de chaque plaque de joint de dilatation sont mesurés.	Mesure au fil à plomb et à la règle
	Flexion et déplacement de la plaque de joint de dilatation (mm), ≤	10	15	3 endroits pour chaque plaque de joint de dilatation	3 endroits pour chaque plaque de joint de dilatation	Mesure avec fil tendu et à la règle
	Mortier de liaison de la plaque de joint de dilatation (mm)	Non autorisé	Non autorisé	Mesurer chaque plaque de joint de dilatation	Mesurer chaque plaque de joint de dilatation	Inspection avant l'installation

N°	Points de contrôle	Critère de contrôle		Fréquence de contrôle		Méthode d'inspection Appareil
		Autoroute, route de première classe	Autre route	Autoroute, route de première classe	Autre route	
6	Déviations du goujon (mm), ≤	10	13	Mesurer 4 joints de retrait par km par voie, 1 goujon est mesuré par joint	Mesurer 1 joint de retrait, 3 goujons sont mesurés par joint	de mesure de couche de couverture

Note :^a Le taux de dalle cassée et le taux d'angle cassé doivent prendre en compte les dalles des voies de circulation et des voies de dépassement, à l'exclusion des dalles d'acotement dur et des dalles réparées.

^b Le taux d'endommagement désigne le pourcentage du rapport de la zone des défauts mesurée à la surface totale. Les défauts sont tels que le pelage, les empreintes, les pierres exposées, les bords manquants, les coins manquants et les microfissures, etc qui se sont produits pendant la période de construction de la couche de revêtement en béton de ciment.

Note explicative de l'article :

Avec l'apparition de la classe des charges de trafic extrêmement lourdes et l'augmentation de la résistance et de la rigidité de la couche inférieure, le taux de rupture d'angles des chaussées en béton de ciment a considérablement augmenté, en particulier au moment de la réception définitive des travaux. La détection et le contrôle du seul taux de dalles cassées ne suffisent plus à mesurer complètement l'état de rupture de dalles, c'est pourquoi des exigences techniques sont proposées pour le taux d'angles cassés.

13.2.5 Il est conseillé d'utiliser une règle de 3 m pour détecter et contrôler l'uni des couches de chaussée en béton des routes de différentes classes pendant la construction.

13.2.6 La résistance à la flexion du béton des routes classées doit être mesurée sur éprouvette de petite poutre standard. La résistance à la flexion doit être validée à l'aide d'une conversion de la résistance à la rupture sur carotte. Après mesure de la résistance à la flexion sur petite poutre standard, il est conseillé d'utiliser la partie intacte de l'éprouvette pour mesurer la résistance à la rupture et à la compression. La résistance à la flexion doit être évaluée selon l'annexe H. 1 et les coefficients de variation pour les statistiques de la résistance à la flexion doivent être conformes aux dispositions du tableau 4.2.2-3.

13.2.7 L'essai et la conversion de la résistance à la rupture sur carotte de forage de la dalle de la chaussée et l'essai de résistance à la flexion de la petite poutre standard peuvent être réalisés selon les dispositions suivantes :

- 1 La formule statistique, pour les autoroutes et les routes de première classe doit être obtenue à partir de 15 groupes d'essais au moins. Lors des essais, la fourchette de variation de la

teneur en ciment utilisée pour les éprouvettes doit être $\pm 50 \text{ kg/m}^3$. Si la dispersion de la résistance répond aux exigences statistiques, il est possible de considérer comme équivalentes les résistances à la rupture pour ces trois éléments, au même âge, soit du cylindre de carotte de forage $\text{Ø } 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$, du cylindre coulé, et du cube de $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$.

- 2 La résistance à la rupture des carottes de dalle en béton des routes de deuxième classe et inférieures et la résistance à la flexion des petites poutres standard peuvent être calculées et obtenues respectivement par la conversion des équations suivantes en fonction du type de roche des granulats grossiers .

Béton de pierres concassées de calcaire, de granit :

$$f_c = 1,868 f_{sp}^{0,871} \quad (13.2.7-1)$$

Béton de pierres concassées de basalte :

$$f_c = 3,035 f_{sp}^{0,423} \quad (13.2.7-2)$$

Béton de graviers

$$f_c = 1,607 + 1,035 f_{sp} \quad (13.2.7-3)$$

dans lesquelles :

f_c Résistance à la flexion de petites poutres standard en béton (MPa) ;

f_{sp} Résistance à la rupture du cylindre de carotte de forage en béton d'un diamètre de 150 mm (MPa).

Note explicative de l'article :

- 1 *Pour obtenir la relation de conversion statistique entre la résistance à la rupture et la résistance à la flexion, il est nécessaire de suivre les exigences d'essai sur 3 points :*

(1) *Il est souhaitable que le nombre de groupes d'essais ne soit pas inférieur à 15, ce qui est nécessaire pour améliorer la fiabilité et la confiance de la courbe de relation statistique.*

(2) *Lorsque la formule statistique pour essai est testée, si seul le mélange mis en œuvre est utilisé, les points d'essai sont regroupés en une ligne verticale reflétant la plage de variation maximale de l'erreur d'essai et il n'est pas possible d'obtenir la courbe d'essai. Par conséquent, il est exigé que la plage de variation de la teneur en ciment soit de $\pm 50 \text{ kg/m}^3$, et qu'elle inclue la teneur en ciment utilisée dans le mélange de l'exécution des travaux.*

(3) Le tracé de la contrainte de rupture en traction indiqué par l'essai photoélastique montre que le niveau de contrainte au même âge entre ces trois éléments est le même que celui de la résistance à la rupture pour le cylindre de carotte de forage, le cylindre coulé de $\text{Ø}150 \times 150 \text{ mm}$ et le cube de $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$. Il est considéré comme équivalent, à condition que la dispersion de ces trois éléments soit compatible avec les exigences statistiques.

- 2 La relation de conversion statistique de la résistance à la rupture de la carotte de forage et de la résistance à la flexion de la petite poutre standard (formule 13.2.7-1) ~ formule (13.2.7-3) a été utilisée depuis plusieurs décennies pour les dalles en béton des routes de deuxième classe et inférieure, et de nombreuses données montrent que la précision de la conversion de la résistance à la flexion satisfait aux exigences de précision sur la résistance à la flexion pour les routes de deuxième classe et inférieure.

13.2.8 La résistance à la flexion qualifiée d'un revêtement en béton de ciment doit être conforme aux exigences suivantes :

- 1 Lorsque la valeur qualifiée, la valeur minimale et le coefficient de variation statistique de la résistance moyenne à la flexion de la petite poutre standard et de la carotte de forage satisfont tous aux exigences, la résistance à la flexion est satisfaisante.
- 2 Lorsque la résistance à la flexion de la petite poutre standard pour la chaussée locale est insuffisante, il faut prélever plus de 3 carottes par kilomètre et par voie, mesurer la résistance à la rupture qui doit être convertie à nouveau en résistance à la flexion. Si la résistance à la flexion statistique sur carottes de forage satisfait aux exigences, la résistance à la flexion est satisfaisante.
- 3 Si la petite poutre standard et la carotte de forage ne répondent pas aux exigences, les dalles, avec une résistance à la flexion qui ne répond pas aux exigences, doivent être refaites.

13.2.9 L'épaisseur de la dalle doit être jugée de manière globale en retenant tous indicateurs : l'épaisseur moyenne du bord, l'épaisseur moyenne de la carotte de forage au milieu de la dalle et son coefficient de variation. L'épaisseur moyenne de la carotte de forage doit répondre aux exigences du tableau 13.2.1, le coefficient de variation statistique de l'épaisseur de la dalle doit répondre aux dispositions du tableau 3.0.2 des « Règles de conception des chaussées en béton de ciment des routes » (JTG D40-2011).

13.2.10 Lorsque les tests non destructifs ou mesures d'un bord latéral constatent que l'épaisseur moyenne des dalles locales ne répond pas aux exigences du tableau 13.2.1, un carottage doit être

effectué au milieu de la dalle pour identifier le tronçon ayant une épaisseur de dalle insuffisante. Lorsque l'écart moyen de l'épaisseur des dalles dépasse la valeur extrême du tableau 13.2.1, il convient de refaire le revêtement.

13.2.11 Lors de l'enlèvement de la dalle de chaussée pour la refaire, parce que la résistance à la flexion ou l'épaisseur de la dalle est insuffisante, la couche de revêtement adjacente ne doit pas être perturbée. La couche inférieure, la couche intermédiaire ou la couche de scellement endommagées doivent être refaites.

13.2.12 Le coefficient de frottement pour toutes les voies de circulation et des voies de dépassement doit être mesuré pour les autoroutes et les routes de première classe. Pour les routes de deuxième classe et inférieures, le coefficient de frottement doit être déterminé pour les tronçons spéciaux. Le coefficient de frottement peut ne pas être déterminé sur les accotements durs des routes classées. Les accotements des autoroutes et de routes de première classe peuvent être inspectés uniquement pour la profondeur de texture, les accotements durs des autres routes en sont exemptés.

13.2.13 Pour les tronçons de route n'ayant pas une performance suffisante d'adhérence, la microtexture peut être rectifiée et des rainures peuvent être gravées pour rétablir la valeur du coefficient de frottement.

13.2.14 Les exigences en matière de contrôle de la qualité, d'évaluation et d'acceptation des chaussées en béton de ciment des routes classées en tunnel sont les mêmes celles des couches de revêtement en béton de ciment du présent chapitre. Lorsque le coefficient de frottement de la chaussée en béton de ciment en tunnel n'est pas conforme aux exigences, des mesures doivent être prises pour une remise en état.

13.3 Critères de qualité des revêtements de tablier de pont en béton de ciment

13.3.1 L'inspection et l'évaluation de la résistance à la compression du béton des tabliers de ponts des routes classées doivent satisfaire aux prescriptions suivantes :

- 1 La résistance à la compression de cubes doit être déterminée à l'aide d'éprouvettes standard en laboratoire (150 mm x 150 mm x 150 mm) ayant subi une cure de 28 jours à l'intérieur d'une chambre de conservation normalisée. Le nombre des éprouvettes d'un tablier à profil unique ne doit pas être inférieur à 3 groupes par 100 m et ne pas être inférieur à 2 groupes par 50 m ; il ne doit pas être inférieur à 1 groupe pour un tablier de pont moins de 50 m.

- 2 La résistance à la compression de cubes standard à 28 jours doit être mesurée sur le béton du tablier de pont. Lorsque le nombre de groupes n'est pas inférieur à 10, la résistance moyenne à la compression, la résistance minimale à la compression et l'écart type doivent être calculés selon la formule (13.3.1-1) et la formule (13.3.1-2) pour évaluer la résistance à la compression.

$$f_{cue} \geq f_{cuk} + \lambda_1 S_n \quad (13.3.1-1)$$

$$f_{min} \geq \lambda_2 f_{cue} \quad (13.3.1-2)$$

dans lesquelles :

f_{cue} Résistance moyenne à la compression statistique (MPa) ;

f_{cuk} Valeur standard de résistance à la compression de la conception (MPa) ;

f_{min} Résistance minimale à la compression statistique (MPa) ;

S_n Écart type de résistance à la compression (MPa) ; lorsque $S_n < 2,5$ MPa, la valeur 2,5 MPa est prise.

λ_1, λ_2 Coefficient d'évaluation de la conformité, la valeur doit être prise conformément au tableau 13.3.1.

Tableau 13.3.1 Coefficient d'évaluation de la conformité de la résistance à la compression du béton

Nombre de groupes d'éprouvettes (n)	λ_1	λ_2
10 ~ 14	1,15	0,90
15 ~ 19	1,05	0,85
Supérieur à 20	0,95	

- 3 Lorsque le nombre de groupes est inférieur à 10, des méthodes non statistiques peuvent être utilisées pour évaluer la résistance à la compression selon la formule (13.3.1-3) et la formule (13.3.1-4) :

$$f_{cue} \geq 1,15 f_{cuk} \quad (13.3.1-3)$$

$$f_{min} \geq 0,95 f_{cue} \quad (13.3.1-4)$$

13.3.2 Lorsque la résistance à la compression du béton est évaluée par carottage sur le tablier de pont, un groupe de carottes de forage peut être prélevé par 50 m de tablier à profil unique, et un groupe de carottes de forage doit être pris pour moins de 50 m. La résistance à la compression du cylindre de carotte Ø150mm à 56 jours ± 5 jours est mesurée. La statistique et l'évaluation de la résistance à la compression mesurée sur les échantillons de carottes doivent satisfaire aux prescriptions de l'article 13.3.1-3 du présent règlement. La méthode d'essai de la résistance à la compression des carottes de forage doit être conforme aux dispositions de la « Procédure d'essai pour le ciment et le béton de ciment des travaux de route » (JTG E30) T0554.

13.3.3 Si la résistance à la compression du cube et l'échantillon de carotte ne satisfont pas aux exigences, il convient de refaire la partie locale du tablier du pont dont la résistance à la compression ne répond pas aux exigences.

13.3.4 Outre la résistance à la compression, les critères de qualité, les points de contrôle, la fréquence et la méthode d'essais pour les revêtements de tablier de pont en béton de ciment doivent être conformes aux exigences du tableau 13.3.4.

Tableau 13.3.4 Critères de qualité, points de contrôle, fréquence et méthode d'inspection de revêtement de tablier de pont en béton de ciment

No	Point de contrôle		Critère de qualité		Fréquence de contrôle	Méthode d'inspection
			Autoroute, route de première classe	Autre route		
1	Epaisseur moyenne (mm)		+20, -5		Mesurer un point de chaque côté par 10 m sur la carotte de forage	Mesure à la règle
2	Uni longitudinal	σ^a (mm)	$\leq 1,50$	$\leq 2,50$	Inspection continue de toutes les voies du tablier du pont, mesurer une fois tous les 100 m	Appareil de mesure d'unimentarqué sur véhicule
		IRI ^a (m/km)	$\leq 2,50$	$\leq 4,20$		
		Jeu maximum sous la règle de 3 m Δh (mm), (le taux de réussite doit être $\geq 90\%$)	≤ 3	≤ 5	Mesurer 2 endroits par 100 m par voie et 10 règles par endroit	Mesure à la règle de 3 m
3	Profondeur de texture (mm)		0,80 ~ 1,20	0,6 ~ 1,00	Un point est mesuré par 50 m par voie sur le tablier de pont, et un point est mesuré pour moins de 50 m	Méthode de la tâche de sable
4	Coefficient de frottement SFC		≥ 55	≥ 50	Un point est mesuré par 20 m par voie sur le tablier du pont, et un point est mesuré pour moins de 20 m	JTG E60 T0965
5	Niveau de résistance au gel ^b	Zone froide sévère	≥ 250	≥ 200	Un groupe d'échantillons est réservé pour la résistance au gel pour chaque tablier de pont	JTG E30 T0565
		Zone froide	≥ 200	≥ 150		

N°	Point de contrôle	Critère de qualité		Fréquence de contrôle	Méthode d'inspection
		Autoroute, route de première classe	Autre route		
6	Différence de hauteur entre le joint de dilatation et le tablier du pont et la surface de la route	≤ 2mm	≤ 3mm	Mesurer 5 règles à travers chaque joint de dilatation	Mesure à la règle droite
7	Surface du tablier du pont et divers joints	Il ne doit pas y avoir de dommages tels que nids de poule, bords et coins manquants		Chaque tablier de pont et chaque joint	Observation visuelle
8	Pente transversale	± 0,15%		Tous les 100 m pour les tabliers de pont à profil simple	Mesurer à la règle avec fil tendu

Note: Les tabliers revêtus de petits ponts et ponceaux doivent satisfaire aux prescriptions du présent tableau. Si une couche de base est prévue au-dessus des petits ponts et ponceaux, les dispositions relatives à la chaussée devront être satisfaites.

^a La planéité dynamique peut être caractérisée par σ ou l'IRI.

^b La classe de résistance au gel ne doit être vérifiée que dans les zones où il existe des exigences de résistance au gel.

13.3.5 Il ne doit pas y avoir d'accumulation d'eau ou d'obstruction d'eau près du trou d'évacuation de l'eau du tablier du pont, et il doit y avoir une pente de drainage lisse avec un rayon de 150 mm.

Note explicative de l'article :

Si l'évacuation de l'eau est gênée, l'eau accumulée affectera gravement la sécurité de conduite et la durabilité de la résistance au gel du tablier du pont. Il est spécifiquement stipulé que la cuvette du trou d'évacuation de l'eau du tablier du pont doit avoir une pente lisse avec un rayon de 150 mm.

13.4 Critères de qualité des chaussées en béton compacté au rouleau

13.4.1 Outre les exigences de qualité des autres routes du chapitre 13.2 de présent règlement, les chaussées en béton compacté au rouleau doivent également répondre aux critères de qualité, aux points d'inspection, à la fréquence et aux méthodes d'inspection du tableau 13.4.1.

Tableau 13.4.1 Critères de qualité supplémentaires, points de contrôle, fréquence et méthodes d'inspection des chaussées en béton compacté au rouleau

No	Points de contrôle	Critère de qualité		Fréquence de contrôle	Méthode d'inspection
		Couche de revêtement inférieure d' autoroute et de route de première classe	Couche de revêtement d' autre route		
1	Valeur moyenne de compactage (%) Valeur minimale (%)	$\geq 97,0$ $\geq 95,0$		Mesurer 3 fois par poste de travail	Contrôle sur carotte forée
2	Jeu maximal de l' uni longitudinal Valeur moyenne (mm)	$\leq 4,0$ Taux de réussite $\geq 85\%$	$\leq 5,0$ Taux de réussite $\geq 85\%$	2 endroits tous les 200 m par voie de circulation, par 10 règles	Règle droite de 3 m
3	Uni transversal Valeur moyenne (mm)	$\leq 5,0$ Taux de réussite doit $\geq 85\%$	$\leq 6,0$ Taux de réussite doit $\geq 85\%$	2 endroits, tous les 200 m par voie de circulation, par 5 règles	Règle droite de 3m
4	Coin ou angle manquant au joint (mm/m)		≤ 20	Mesurer au hasard 4 m de joints tous les 200 m	Mesure à la règle

13.4.2 L'évaluation de la résistance à la flexion du revêtement en béton compacté au rouleau doit être conforme aux dispositions pertinentes du chapitre 13.2 du présent règlement. La méthode de préparation des éprouvettes doit être conforme aux exigences des « Méthodes d'essais pour le ciment et le béton de ciment pour les travaux routiers » (JTG E30) T0552 en vigueur.

13.5 Critères de qualité des chaussées en parpaings de béton

13.5.1 Les critères de qualité de pavage, les points de contrôle, la fréquence et les méthodes d'inspection des chaussées en parpaings de béton doivent être conformes aux exigences du tableau 13.5.1.

Tableau13.5.1 Critères de qualité de pavage, points de contrôle, fréquence et méthodes d'inspection des chaussées en parpaings de béton

N°	Points de contrôle	Critère de qualité	Fréquence de contrôle		Méthode d'inspection	
			Plage ^a	Nombre de points		
1	Uni (mm)	≤ 5,0	100 m	Largeur de route 5m	5	Mesure à la règle droite de 3 m
				Largeur de route 5 ~ 15 m	10	
				Largeur de route ≥ 15 m	15	
2	Largeur (mm)	± 20	100 m	3	Mesure à la règle	
3	Altitude du profil longitudinal (mm)	± 10	100 m	5	Mesure avec un niveau	
4	Pente verticale et horizontale (%)	± 0.25	100 m	5	Mesure avec un niveau	
5	Largeur des joints (mm)	± 1,0	100 m	3	Mesure à la règle	
6	Différence de hauteur des blocs adjacents (mm)	≤ 2,0	100 m	3	Mesure à la règle	
7	Différence de hauteur par rapport au regard d'égout (mm)	≤ 5,0	Chaque pièce	Chaque pièce	Mesure à la règle	

Note: ^a Inspection complète de 100 m par kilomètre par voie.

13.5.2 Les critères de qualité de construction, les points de contrôle, la fréquence et les méthodes d'inspection du berceau des bordures de chaussées en parpaings de béton doivent être conformes aux dispositions du tableau 13.5.2.

Tableau13.5.2 Critères de qualité de construction, points de contrôle, fréquence et méthodes d'inspection des berceau des bordures de chaussées en parpaings de béton

N°	Point de contrôle	Critère de qualité	Fréquence de contrôle		Méthode d'inspection
			Plage	Nombre de points	
1	Résistance à la compression (MPa)	Répondant aux dispositions de l' article 13.3.1	300m	3 pièces par groupe	JTG E30 T0553
2	Hauteur, largeur et longueur des éléments préfabriqués (mm)	± 10	500 pièces	3 pièces par groupe	Mesure à la règle

suite

No	Point de contrôle	Critère de qualité	Fréquence de contrôle		Méthode d'inspection
			Plage	Nombre de points	
3	Dimensions d'éléments coulés en place (mm)	± 10	500 m	1 point sur les deux côtés	Mesure à la règle
4	Rectitude et élévation (mm)	≤ 20	200 m	Mesurer 2 endroits sur 2 côtés tous les 20 m,	Mesure à la règle
5	Remplissage des joints (mm)	≤ 3	200 m	Mesurer 1 endroit sur 2 côtés tous les 20 m	Mesure à la règle
6	Déviations de la ligne centrale (mm)	≤ 10	500 m	Mesurer 1 point sur 2 côtés	Mesure à la règle
7	Coin et angle manquants (mm)	≤ 20	500 m	Mesurer 1 point sur 2 côtés	Mesure à la règle
8	Taux de fissures et de blocs cassés (%)	1,0	1000 m	Mesurer 1 endroit de 100 m par côté	Compter le nombre de blocs et mesurer à la règle

13.5.3 La qualité de la chaussée en parpaings de béton est contrôlée, corrigée et évaluée comme suit :

- 1 Après la fin de la pose de la chaussée en parpaings et de son compactage avec un rouleau de 10 tonnes, il ne doit pas y avoir de traces de roue évidentes et il ne doit pas y avoir de fissure, de cassure ou d'écrasement de parpaings. Tous les parpaings fracturés, cassés ou écrasés doivent être remplacés par des parpaings qualifiés entiers.
- 2 Aux parties de la chaussée en parpaings reliées aux bords de la structure et aux berceaux des bordures des deux côtés, il ne doit pas y avoir de flaques d'eau après la pluie, un drainage fluide doit être assuré. Toutes les parties basses d'accumulation d'eau doivent être repavées avec un bon drainage.
- 3 Après mise en conformité des défauts, la chaussée peut être évaluée.

13.6 Critères de qualité de construction des structures auxiliaires en béton

13.6.1 L'inspection et l'évaluation de la résistance à la compression du béton des bordures de route, des épaulements, des garde-corps et des cunettes de drainage doivent être conformes aux exigences des articles 13.3.1 et 13.3.2 du présent règlement.

13.6.2 Les critères de qualité d'aspect de la construction, les méthodes et la fréquence d'inspection des bordures en béton, des épaulements, des garde-corps et des cunettes de drainage peu profonde doivent être conformes aux exigences du tableau 13.6.2.

Tableau 13.6.2 Critères de qualité de la construction des bordures, des pierres d'épaule, des garde-corps et des cunettes de drainage en béton (mm)

No	Point de contrôle	Déviaton admissible de la réalisation par coffrage glissant ou coulage en place	Ecart admissible d'assemblage préfabriqué	Fréquence de contrôle	Méthode d'inspection
1	Planéité \leq	4	5	Mesurer 4 règles pour tous les 200 m	Mesure à la règle de 3 m
2	Rectitude \leq	5	10	Mesurer 4 endroits tous les 200 m	Mesurer par fil tendu de 20 m
3	Largeur \leq	± 4	± 5	Mesurer 4 endroits tous les 200 m	Mesure à la règle
4	Différence de hauteur de la surface supérieure du joint \leq	2	—	Mesurer 4 endroits tous les 200 m	Niveau à eau
5	Largeur de joint \leq	± 2	—	Mesurer 4 endroits tous les 200 m	Mesure à la règle
6	Différence de hauteur entre deux blocs adjacents, \leq	—	3	Mesurer 4 endroits tous les 200 m	Règle de niveau ou mesure à la règle
7	Largeur de joint entre deux blocs adjacents, \leq	—	± 3	Mesurer 4 endroits tous les 200 m	Mesure à la règle

Annexe A

Méthode d'essai du coefficient de viscosité de vibration du mélange de béton

A.1 Objet et champ d'application

La présente méthode est utilisée pour déterminer le coefficient de viscosité de vibration d'un mélange de béton de ciment dont la grosseur de grain maximale n'est pas supérieure à 31,5 mm. Il s'applique également à la détermination du coefficient de viscosité de vibration pour les nouveaux mélanges de mortier, de béton de fibres et de béton maigre dont l'affaissement est inférieur à 25 cm et le temps de Vébé n'est pas supérieur à 15 s.

A.2 Instrument et équipement

A.2.1 Vibrateur

- 1 Table de vibration standard, l'amplitude sous charge est de 0,35 mm et l'amplitude à vide est de 0,5 mm ; la fréquence de vibration est de 3000 ± 200 fois par minute.
- 2 Table vibrante du consistomètre Vébé, fréquence de travail 50 Hz, amplitude à vide 0,5 mm.

A.2.2 Récipient

- 1 Cylindre en métal, diamètre intérieur 300 mm \pm 3 mm, hauteur 250 mm, épaisseur de paroi 3 mm, épaisseur du fond 7,5 mm. Le récipient doit être étanche à l'eau. Il doit avoir une rigidité suffisante et des poignées.
- 2 Cylindre métallique, diamètre intérieur 240 mm \pm 3 mm, hauteur 200 mm, épaisseur de

paroi 3 mm, épaisseur du fond 7,5 mm. Le récipient doit être étanche à l'eau. Il doit avoir une rigidité suffisante et des poignées. La partie inférieure en surplomb peut être fixée sur la table vibrante Vébé avec les écrous.

A.2.3 Dame

Le fond a un diamètre de 80 mm et une épaisseur de 6 mm, et 8 trous de 10 mm sont creusés sur le fond ; la poignée a un diamètre de 16 mm et une hauteur de 280 mm, et est fixée dans son ensemble.

A.2.4 Chronomètre

Au moins deux valeurs de temps doivent être enregistrées avec précision.

A.2.5 Règle à mesurer

Pied à coulisse, précision de 0,01 mm. Règle en acier, précision de 1 mm, longueur 300 mm.

A.2.6 Petites boules : 10 pièces

La masse de la petite boule $m_p = 2,45$ g ; le diamètre de la petite boule : $D = 3,7936$ cm.

A.2.7 Balance électronique ou balance à bascule : étendue de mesure 100 kg, précision de 1g.

A.2.8 Autres : truelle, petite pelle, règle en bois, etc.

A.3 Procédure d'essai

A.3.1 Utiliser une balance électronique pour peser le récipient m_0 (kg).

A.3.2 Mettre deux petites boules au fond du récipient, avec un écartement de 100 mm ; puis mettre le mélange de béton en trois couches dans le récipient, en bourrant chaque couche avec la dame 25 fois, la position des petites boules ne doit pas être modifiée lors du chargement de la première couche. La dernière couche doit être lissée. Lors du damage, il faut empêcher les vibrations du mélange et du récipient.

A.3.3 Démarrer la table vibrante. Lorsqu'un banc vibrant standard est utilisé, placer le récipient avec le mélange de béton au milieu du banc et démarrer le chronomètre en même temps, enregistrer les temps T1 et T2 (s) pour sortir complètement par vibration les deux petites billes de la surface du mélange de béton avec précision de 0,01 seconde. Lors de l'utilisation de la table vibrante

Vébé, les vis de fixation du récipient et de la table vibrante doivent être serrées de manière à ce que la table vibrante et le récipient soient reliés. Lorsque la différence de temps de remontée par vibrations des deux petites billes diffère de 15%, le test doit être refait.

A.3.4 Retirer le récipient contenant le mélange de béton de la table vibrante, peser m_2 (kg), mesurer les hauteurs $H1$, $H2$, $H3$, $H4$, $H5$ (cm) du mélange de béton à différentes positions par rapport au bord supérieur du récipient et calculer la valeur moyenne $h = (H1 + H2 + H3 + H4 + H5) / 5$.

A.4 Calcul des résultats des essais

A.4.1 Détermination de la hauteur du mélange de béton à l'intérieur du récipient H (cm) :

$$H = H_0 - h \quad (\text{A.4.1})$$

dans laquelle :

H_0 Hauteur à l'intérieur du cylindre (cm) ;

H Hauteur du mélange de béton dans le récipient (cm) ;

h Valeur moyenne de la distance entre le mélange de béton et la hauteur du bord supérieur du récipient (cm).

A.4.2 Calculer la masse m (kg) et la masse volumique p_c (kg/cm³) du mélange de béton :

$$m = m_2 - m_0 \quad (\text{A.4.2-1})$$

$$p_c = m/V \quad (\text{A.4.2-2})$$

$$V = \pi R^2 H \quad (\text{A.4.2-3})$$

Dans lesquelles :

m Masse du mélange de béton (kg) ;

m_2 Masse totale du mélange de béton et du récipient (kg) ;

m_0 Masse totale du récipient (kg) ;

p_c Masse volumique du mélange de béton (kg/cm³) ;

V Volume du récipient (cm³) ;

R Rayon du récipient (cm) ;

H Hauteur du récipient (cm).

A.4.3 Calculer la masse volumique de la petite boule p_b (kg/cm³) :

$$\gamma_b = \frac{W_b}{V_b} \quad (\text{A.4.3-1})$$

Volume de la petite boule :

$$V_b = \frac{\pi D^3}{6} \quad (\text{A.4.3-2})$$

dans lesquelles :

p_b Masse volumique de la petite boule (kg/cm^3) ;

m_b Masse de la petite boule (kg) ;

V_b Volume de la petite boule (cm^3) ;

D Diamètre de la petite boule (cm).

A.4.4 Trouver le temps moyen pour que les deux petites boules flottent par vibration :

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (\text{A.4.4})$$

dans laquelle

t Temps moyen de sortie complète par vibration des deux petites boules du mélange de béton (s) ;

t_1, t_2 Le temps de sortie complète par vibration de chacune des deux petites boules du mélange de béton (s).

A.4.5 Calculer le coefficient de viscosité de vibration du mélange de béton selon la formule suivante :

$$\eta = \frac{2r^2 g T (\rho_c - \rho_b)}{9H} = 78.2747 \times \frac{T(\gamma_c - \gamma_b)}{H} \quad (\text{A.4.5})$$

dans laquelle :

η Coefficient de viscosité de vibration du mélange de béton ;

r Rayon de la petite boule (cm) ;

g Accélération gravitationnelle $9,8 \text{ m}/\text{s}^2$;

t Temps moyen de sortie par vibration des deux petites boules de mélange de béton (s) ;

H Hauteur de la petite boule flottant hors du mélange de béton (cm) ;

ρ_c, ρ_b Masses volumiques du mélange de béton et de la petite boule (kg/cm^3).

A.5 Traitement des résultats d'essai

A.5.1 Prendre la valeur moyenne des trois essais du mélange de béton avec le même dosage et les mêmes conditions d'essai pour la valeur de mesure du coefficient de viscosité de vibration. Si l'écart d'un résultat individuel d'essai dépasse de 15% la valeur moyenne, le résultat d'essai doit être éliminé. Si deux résultats d'essais présentent un écart supérieur à 15%, un nouvel essai doit

être effectué.

A.5.2 Si trois essais consécutifs sont effectués avec le même lot de mélange de béton, ils doivent être achevés dans les 45 minutes suivant la sortie du béton du malaxeur. Après plus de 45 minutes, le même mélange de béton doit être mélangé de nouveau pour terminer l'essai inachevé.

A.5.3 Le mélange de béton doit être préparé avec un malaxeur, et un mélange manuel ne doit pas être utilisé. Le mélange de béton doit être mis en tas et recouvert d'un tissu en plastique pour empêcher l'évaporation de l'eau.

A.5.4 Le contrôle de l'échantillonnage, du pesage, du mélange, de la température et de l'humidité en laboratoire des matières premières du béton doit être conforme à la « *Méthode d'essai sur le ciment et le béton de ciment pour les travaux routiers* » (JTG E40) T0551 en vigueur.

Annexe B

Méthode de mesure de la résistance au gel du béton et du coefficient d'espacement des bullesur carotte

B. 1 Détermination de la résistance au gel du béton sur carotte

B. 1. 1 Objet et champ d'application

Essai utilisé pour déterminer la résistance au gel de la chaussée ou de la structure en béton de ciment.

B. 1. 2 Instrument et équipement

- 1 Machine de carottage : il convient d'utiliser unecarotteuse légère pour béton .
- 2 Trépan de carottage : il est conseillé de choisir un trépan à paroi mince en diamant synthétique.
- 3 Machine de découpe : une machine de découpe de roche en option, et la méthode de découpe peut être manuelle ou automatique.

B. 1. 3 Préparation des éprouvettes

- 1 Préparer l'éprouvette de carotte pour l'essai de résistance au gel du béton. Son diamètre ne doit pas être inférieur à 100 mm, le rapport entre la longueur et le diamètre de l'éprouvette de carotte standard ne doit pas être inférieur à 4. Le rapport entre la longueur et le diamètre de l'éprouvette de carotte non standard ne doit pas être inférieur à 1.
- 2 Lors de la préparation et fabrication des éprouvettes de carotte pour l'essai de résistance au gel, il faut également préparer et fabriquer trois éprouvettes de 70 mm de diamètre et de 70 mm de hauteur pour l'essai de résistance à la compression.

3 Mesurer les dimensions géométriques de l'éprouvette de carotte :

(1) Diamètre : mesurer le milieu de l'éprouvette à l'aide d'un pied à coulisse, mesurer deux fois à deux positions perpendiculaires l'une à l'autre, calculer la moyenne arithmétique avec précision de 0,5 mm. La différence de diamètre le long de la hauteur de l'éprouvette ne doit pas être supérieure à 2,0 mm.

(2) Hauteur : mesurer à l'aide d'une règle en acier, avec une précision de 1,0 mm, la hauteur correspond à l'épaisseur de la couche de chaussée.

(3) Verticalité : mesurer l'angle entre les deux extrémités et l'axe à l'aide d'un rapporteur à curseur, avec une précision de 0,10°. L'angle entre la surface d'extrémité de l'éprouvette et l'axe ne doit pas dépasser 2°.

4 Les éprouvettes de carotte dont les dimensions géométriques ne sont pas conformes aux exigences doivent être rectifiées, sinon elles ne peuvent pas être utilisées pour l'essai.

B.1.4 Procédure d'essai

1 Mesurer la longueur, la masse, le module d'élasticité dynamique et faire une description de l'aspect de l'éprouvette de carotte standard. Si nécessaire, mesurer la vitesse du son.

2 Mesurer la masse, et faire une description de l'aspect de l'éprouvette de carotte non standard, et mesurer la vitesse du son si nécessaire.

3 Conformément à "l'épreuve de résistance au gel du béton (méthode de congélation rapide)" de la « Méthode d'essai du ciment et du béton de ciment pour les travaux routiers » (JTG E30) T0525 en vigueur, effectuer des tests de résistance au gel.

4 La résistance au gel de l'éprouvette de carotte standard est évaluée en fonction du module d'élasticité dynamique relatif et du taux de perte de masse. La résistance au gel de l'éprouvette de carotte non standard est évaluée par le taux de perte de masse.

5 Des éprouvettes ayant subi l'essai, extraire trois éprouvettes pour un essai de résistance à la compression d'un diamètre de 70 mm et d'un rapport hauteur/diamètre de 1. Effectuer l'essai de résistance à la compression simultanément avec l'éprouvette de résistance à la compression préparée à l'article B.1.3, paragraphe 2, pour calculer le taux de perte de résistance à la compression.

B.2 Méthode de carottage pour mesurer le coefficient d'espacement des bulles de béton

B.2.1 Objet et champ d'application

Mesurer la teneur en air, la surface spécifique des bulles d'air, le coefficient d'espacement des bulles et d'autres paramètres sur des carottes de béton. Evaluer la performance de l'entraînement d'air, la résistance au gel, la résistance aux sels de déverglaçage des chaussées en béton de ciment des tabliers de pont et des structures en béton. L'essai est applicable également à l'étude de la résistance au gel des structures réelles.

B.2.2 Instrument et équipement

- 1 Équipement pour le carottage et le prélèvement d'échantillon : identique aux dispositions de l'article B.1.2.
- 2 Microscope de mesure de trous : le grossissement est de 80-128 fois, avec micromètre oculaire et micromètre objectif. La lecture minimale du micromètre oculaire est de 10 μm ; la platine doit pouvoir se déplacer horizontalement et verticalement ; il doit être équipé de lampes d'éclairage et de projecteurs de lumière.
- 3 Autres : trancheuse, rectifieuse, polisseuse.

B.2.3 Préparation des éprouvettes

Les points d'échantillonnage sur place sont en surface et à 50 mm au-dessous de la surface de la chaussée, en surface et à 30 mm au-dessous pour le tablier de pont. L'éprouvette decarotte doit être faite sur la même tranche de carotte que l'épreuve de résistance au gel.

B.2.4 Procédure d'essai

- 1 Chaque groupe doit comporter au moins 3 échantillons. La superficie totale minimale observée et la longueur totale minimale des lignes d'observation doivent être conformes aux dispositions du tableau B.2.4.

Tableau B.2.4 Surface totale observée minimale et longueur cumulée minimale des distances entre bulles observées

Dimension maximale des granulats grossiers (mm)	Surface totale observée minimale (mm ²)	Longueur cumulée minimale des lignes d'observation (mm)
80	50000	3000
40	17000	2600
30	11000	2500
20	7000	2300
10	6000	1900

Note : Si la distribution des granulats ou des grands pores dans le béton est très inégale, la zone d'observation doit être augmentée de manière appropriée. Lorsque deux éprouvettes sont prélevées sur un échantillon de carotte, la distance entre les deux éprouvettes doit être supérieure à 1/2 de la dimension maximale des granulats.

- 2 Après avoir scié la pièce en béton durci, nettoyez-la bien et abrasez-la soigneusement avec de l'éméri n°400 ou n°800. Brossez et nettoyez après chaque phase d'abrasion, puis abraser de nouveau. Enfin, sur le plateau tournant de la machine à polir qui fixe le feutre, appliquez de l'oxyde de chrome pour polir, puis nettoyez-le, séchez-le dans une étuve à 105°C ± 5°C. Placez-le sous un microscope de mesure de trous pour le test. Lorsqu'une lumière intense éclaire la surface d'essai avec un faible angle incident, on observe que la surface est essentiellement uniforme sauf pour la section des pores d'air et les pores des granulats. Le bord de la bulle d'air est clair et une section transversale de la bulle d'une taille de 10 µm peut être mesurée, ce qui signifie que la surface d'observation a été traitée.

- 3 L'angle de vue doit être perpendiculaire à la surface de la coupe. Avant d'observer, utilisez le micromètre objectif pour étalonner l'échelle du micromètre de l'oculaire. En suite, fixer des longueurs étalon des lignes d'observation entre les bulles aux deux extrémités de la surface d'observation de sorte que la ligne sélectionnée soit dans l'étendue de la surface d'observation. Ajustez la position de l'oculaire de sorte que le fil transversal du réticule coïncide avec la ligne d'observation, puis utilisez le micromètre de l'oculaire pour mesurer les longueurs de la ligne. Pour chacune des lignes d'observation, le nombre de bulles d'air visibles dans le champ de vision ainsi que les longueurs des cordes formées lorsque la ligne d'observation traverse les bulles d'air seront notées. En cas de besoin, il sera également possible de mesurer les diamètres des bulles d'air. Ce processus de mesure sera répété pour chacune des lignes d'observation jusqu'à ce que la longueur cumulée des lignes d'observation soit supérieure ou égale à la longueur cumulée minimale des lignes d'observation exigée par la présente norme.

B.2.5 Calcul des résultats d'essai :

D'après les données observées par la méthode de la ligne droite, calculer chaque paramètre selon les formules suivantes :

Longueur moyenne de la corde de la bulle d'air :

$$\bar{l} = \frac{\sum l}{N} \quad (\text{B.2.5-1})$$

Surface spécifique de la bulle d'air :

$$\alpha = \frac{4}{l} \quad (\text{B.2.5-2})$$

Rayon moyen de la bulle d'air :

$$r = \frac{3}{4} \bar{l} \quad (\text{B.2.5-3})$$

Teneur en air dans le béton durci :

$$A = \frac{\sum l}{T} \quad (\text{B.2.5-4})$$

Nombre de bulles d'air dans le béton de 1000 mm³ :

$$n_v = 1000 \times \frac{3A}{4\pi r^3} \quad (\text{B.2.5-5})$$

Nombre de bulles d'air découpées par une ligne d'observation de longueur de 1 mm :

$$n_i = \frac{N}{T} \quad (\text{B.2.5-6})$$

Lorsque le rapport pâte/air (P/a) dans le béton est supérieur ou égal à 4,342, le coefficient d'espacement des bulles d'air est calculé comme suit :

$$\bar{L} = \frac{3A}{4n_i} \left[1.4 \left(\frac{P}{A} + 1 \right)^{1/3} - 1 \right] \quad (\text{B.2.5-7})$$

Lorsque le rapport pâte/air (P/a) dans le béton est inférieur à 4,342, le coefficient d'espacement des bulles d'air est calculé comme suit :

$$\bar{L} = \frac{P}{4n_i} \quad (\text{B.2.5-8})$$

dans lesquelles :

\bar{l} Longueur de corde moyenne de la bulle (mm) ;

$\sum l$ Somme totale des cordes de bulles coupée par le fil conducteur complet (mm) ;

N Nombre total de bulles coupées par le fil conducteur complet ;

α Surface spécifique de la bulle (mm^2/mm^3) ;
 r Rayon moyen des bulles (mm) ;
 n_v Nombre de bulles d'air dans le béton de 1000 mm^3
 A Teneur en air dans le béton durci (rapport volumique, %) ;
 T Longueur totale de fil conducteur (mm) ;
 P Teneur en pâte pure de ciment dans le béton (rapport volumique, hors teneur en air) ;
 n_i Nombre moyen de bulles coupées par tranche de 10 mm ;
 \bar{L} Facteur d'espacement des bulles (mm)。

Le résultat du calcul est donné avec 3 chiffres significatifs.

交通运输部信息公开
浏览专用

Annexe C

Méthode d'essai de résistance aux sels de déverglaçage du revêtement en béton

C.1 Champ d'application

La présente méthode est utilisée pour mesurer la quantité d'écaillés par unité de surface du béton produites par du gel salé, et s'applique à l'évaluation de la capacité de résistance du béton à l'écaillage lors de l'épandage de sels de déverglaçage sur sa surface.

C.2 Matériel et fournitures d'essai

C.2.1 Chambre d'essai cryogénique

Une fois la chambre d'essai cryogénique remplie avec les éprouvettes, la température au point de contrôle de la surface de l'éprouvette (voir la figure C.2.1) doit pouvoir être abaissée de la température ambiante à -20°C en 2 heures ; il faut aussi s'assurer que la température au centre de l'éprouvette est inférieure à -10°C . Lorsque la température est augmentée, la température au point de contrôle doit pouvoir passer de -20°C à plus de 15°C en 1,5 h.

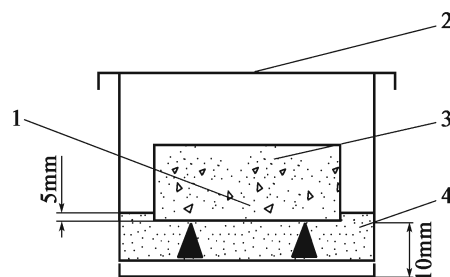


Figure C.2.1 Schéma de principe de l'essai de congélation salin

1- 温度监控点 Point de contrôle de la température; 2- 容器盖 Couverture du récipient; 3- 混凝土试件 Eprouvette de béton;
4- 4% NaCl 溶液 Solution de NaCl à 4%

C.2.2 Instrument de mesure de la température

Lorsque l'on utilise un thermocouple pour mesurer la variation de température du point de contrôle de la température sur la surface de l'éprouvette pendant le processus de gel-dégel, la précision doit être supérieure à 0,2°C. Avec d'autres instruments de mesure de la température, la méthode de mesure de la température par thermocouple doit servir de norme pour l'étalonnage.

C.2.3 Four

Le four doit pouvoir contrôler automatiquement la température et fonctionner 24 h de façon continue et stable à 105 ± 5 °C.

C.2.4 Balance électronique

La précision de la balance électronique doit être de 0,01g.

C.2.5 Récipient d'essai

Le récipient d'essai doit pouvoir résister au gel à -20 °C.

C.2.6 Solution saline

La solution saline est NaCl à 4%.

C.3 Exigences sur les éprouvettes

C.3.1 Surface et nombre d'échantillons à mesurer

Pour chaque composition de béton, il faut mesurer au moins 5 échantillons, la surface totale mesurée doit être supérieure ou égale à 0,05 m².

C.3.2 Préparation de l'éprouvette

- 1 Lors de l'essai de congélation saline, la surface de mesure du béton doit être une surface moulée, les faces coupées ne doivent pas être utilisées. Pour le béton formé en laboratoire, la surface de mesure doit être une surface latérale verticale. Lors du coffrage, il faut, dans la mesure du possible, ne pas brosser d'agent de démoulage sur la surface du moule. Après mise en forme et conservation pendant 1 jour, l'éprouvette est démoulée et placée

dans l'eau à $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 28 jours.

- 2 Pour les éprouvettes provenant d'un chantier de construction ou d'une pièce préfabriquée en béton, la surface de mesure doit être la surface d'utilisation réelle du béton. Lors de l'échantillonnage, il ne doit pas y avoir d'agent de démoulage sur la surface de mesure. Sinon, lors de l'évaluation de l'élément en béton, l'influence de l'agent de démoulage sur les résultats de mesure doit être prise en compte. L'épaisseur de l'éprouvette peut être de 5 à 15 cm.

C.4 Procédure d'essai

C.4.1 Conditions de traitement des éprouvettes

Pour les éprouvettes formées en laboratoire, après 28 jours de conservation conformément à l'article C.3.2, il faut d'abord nettoyer la surface de l'éprouvette et la sécher avec un chiffon humide avant de réaliser l'essai de congélation au sel. Pour les éprouvettes qui proviennent de carottages sur chantier ou de pièces préfabriquées en béton, il faut les immerger pendant au moins 7 jours dans de l'eau à $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ avant l'essai de congélation du sel, puis nettoyer la surface de l'éprouvette et la sécher avec un chiffon humide.

C.4.2 Préparation de l'essai de gel-dégel

Une fois les éprouvettes traitées comme indiqué ci-dessus, la préparation pour l'essai de congélation au sel doit être effectuée conformément aux exigences de la figure C.2.1.

C.4.3 Exigences sur l'essai de gel-dégel

La méthode d'essai de gel-dégel et la température du point de contrôle de l'éprouvette doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- 1 Chaque cycle de gel-dégel de l'éprouvette de béton doit être achevé dans les 6 heures, y compris le temps de dégel de 2,5 heures et le temps de congélation de 3,5 heures.
- 2 Le temps nécessaire pour que la température de l'éprouvette de béton passe de 15°C à -20°C ne doit pas dépasser 2 h, en assurant que la température de congélation du centre de l'éprouvette est inférieure à -10°C . Le temps pour que la température remonte de -20°C à 15°C ne doit pas dépasser 1,5 h.

C.5 Mesure et calcul de la quantité d'écailage

C.5.1 Collecte de débris d'écailage

Lors de la collecte des fragments d'écailage, il faut, dans la mesure du possible, éviter de collecter des fragments d'écailage de la surface de l'éprouvette qui n'ont pas été exposés à la solution saline. A la fin de chaque collecte, les fragments d'écailage des autres surfaces de l'éprouvette sont lavés avec de l'eau du robinet. Les fragments recueillis sont séchés à 105°C, jusqu'à poids constant, cette valeur est la masse des copeaux écailés.

C.5.2 Calcul de la quantité d'écailage

- 1 La quantité d'écailage doit être exprimée en termes de perte de masse par unité de surface (kg/m^2) avant et après le n-ème essai de congélation au sel pour chaque éprouvette, et être calculée à l'aide de la formule (C.5.2) :

$$M_n = \sum S_n / A \quad (\text{C.5.2})$$

dans laquelle :

M_n Quantité d'écailage par unité de surface après n cycles (kg/m^2) ;

S_n Masse cumulée d'éléments exfoliés après n cycles (kg) ;

A Surface de l'éprouvette en contact avec la solution saline (m^2).

- 2 Valeur moyenne arithmétique calculée de 5 éprouvettes ; c'est la quantité moyenne d'écailage du béton testé.

C.5.3 Si le test est arrêté plus tôt, le spécimen est jugé comme non qualifié.

Après chaque groupe de 4 à 8 cycles de gel salin, il convient de faire une mesure de la quantité d'écailage. Lorsque le nombre de cycles de gel salin est inférieur à 30 et que la quantité moyenne d'écailage mesurée et calculée sur 5 éprouvettes est $\geq 1,0 \text{ kg}/\text{m}^2$, le test du cycle de congélation saline peut être arrêté et déjà évalué comme non qualifié.

Annexe D

Méthode d'essai du taux volumique de fibres dans le mélange de béton

D.1 Champ d'application

Cette méthode s'applique pour déterminer le pourcentage volumique de fibres dans le mélange de béton de fibres, c'est-à-dire le rapport volumique de fibres.

D.2 Equipement d'essai

D.2.1 Cylindre calibré : en acier, volume 5 l ; le diamètre et la hauteur du cylindre sont tous deux de 186 mm \pm 2 mm, l'épaisseur de la paroi est de 3 mm.

D.2.2 Balance de table : étendue de pesée 2 kg, sensibilité 2 g.

D.2.3 Balance à bascule : étendue de pesée 100 kg, sensibilité 50 g.

D.2.4 Table vibrante : fréquence 50 \pm 3 Hz, amplitude à vide 0,5 \pm 0,1 mm.

D.2.5 Maillet vibrant : un maillet à bois pesant 1 kg.

D.3 Procédure de test

D.3.1 Le mélange est chargé et compacté et vibré conformément aux dispositions suivantes :

- 1 Lorsque l'affaissement du mélange est $<$ 50 mm, le matériau est chargé en deux couches, chaque couche est compactée et vibrée à l'aide d'une table vibrante. La vibration ne doit

pas être arrêtée tant que le mélange ne s'est pas liquéfié et que la surface ne s'est pas étalée uniformément.

- 2 Lorsque l'affaissement du mélange est \geq à 50 mm, le matériau est chargé en deux couches. Pour chaque couche, frapper 30 fois uniformément le long des quatre parois latérales, puis placer une tige en acier d'un diamètre de 16 mm sous le fond, frapper le sol alternativement par le côté gauche et le côté droit 15 fois.

D.3.2 Vider le mélange, utiliser un aimant pour collecter les fibres en les lavant à l'eau. Les autres fibres doivent être ramassées avec précaution à l'aide de pinces tout en les lavant à l'eau.

D.3.3 Sécher les fibres collectées à une température de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ jusqu'à poids constant, les refroidir à la température ambiante et les peser avec précision de 2g.

D.4 Calcul et traitement des résultats d'essai

D.4.1 Calcul du rapport volumique des fibres

- 1 Le rapport volumique de fibres est calculé selon la formule (D.4.1) :

$$V_{sf} = m_{sf} / (\rho_{sf} V) \times 100\% \quad (\text{D.4.1})$$

dans laquelle :

- V_{sf} Rapport volumique des fibres (%) ;
- m_{sf} Masse des fibres dans le cylindre volumétrique (g) ;
- V Volume du cylindre calibré (l) ;
- ρ_{sf} Masse volumique des fibres (kg/m^3).

D.4.2 Traitement des résultats d'essai

- 1 La valeur moyenne des deux mesures est le rapport volumique des fibres. L'écart entre deux mesures doit être inférieur à 5% de la moyenne, sinon les résultats ne sont pas valides et un nouveau test doit être effectué.
- 2 L'écart sur la valeur du rapport volumique des fibres par la méthode de lavage à l'eau ne doit pas dépasser $\pm 15\%$ du rapport volumique des fibres requis par le dosage.

Annexe E

Méthode d'essai de résistance à la fissuration précoce

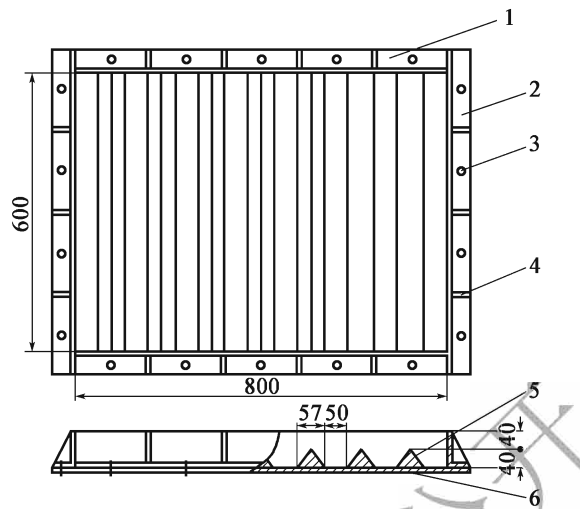
E.1 Champ d'application

Cette méthode est applicable à la mesure de la résistance à la fissuration précoce des éprouvettes de béton de ciment et de béton de fibres dans des conditions induisant de la fissuration. Elle peut également être utilisée pour le contrôle et l'évaluation de la résistance à la fissuration du béton de fibres par comparaison avec du béton de ciment dans les mêmes conditions.

E.2 Équipement d'essai

E.2.1 Moule pour l'essai de fissuration induite

- 1 Taille : 800 mm × 600 mm × 100 mm.
- 2 Matériau : soudé à partir de cornières et plaques d'acier, l'épaisseur de la plaque de fond et de la plaque latérale ne doit pas être inférieure à 5 mm. Les quatre côtés du moule et la plaque de fond sont fixés par des boulons.
- 3 Sept arêtes de fissuration induite faites à partir d'une cornière 50 mm x 50 mm sont soudées au moule parallèlement aux bords courts. Les dimensions détaillées sont indiquées dans la figure E.2.1.



FigureE. 2.1 Diagramme du moule d'essai de fissuration induite

1-长侧板 Plaque latérale longue; 2-短侧板 Plaque latérale courte; 3-螺栓 Boulon ; 4-加强肋 Nervure de renforcement; 5-裂缝诱导棱 Arête induite de fissuration; 6-底板 Plaque de fond

4 Un film de polyéthylène ou une feuille de polytétrafluoroéthylène (PTFE) est posé sur la surface de la plaque de fond en tant que couche d'isolation.

5 Le nombre de moules n'est pas inférieur à 3.

E. 2. 2 Un ventilateur électrique à vitesse réglable doit assurer que la vitesse du vent au centre de la surface d'éprouvette n'est pas inférieure à 5 m/s.

E. 2. 3 1 ou 2 thermomètres et hygromètres. La précision du thermomètre doit être de $\pm 0,5$ °C ; la précision de l'hygromètre doit être de $\pm 1\%$.

E. 2. 4 Un anémomètre dont la précision doit être au moins de $\pm 0,5$ m/s.

E. 2. 5 Une loupe avec un grossissement de 40 fois, dont la valeur de division ne doit pas être supérieure à 0,01 mm.

E. 2. 6 Une règle en acier avec une échelle minimale de 1 mm.

E. 2. 7 Une lampe de poche ou un autre dispositif d'éclairage simple pour détecter les microfissures initiales.

E.3 Malaxage et coulage de béton

E.3.1 Selon le dosage calculé du béton (de fibres), le béton doit être malaxé selon la méthode spécifiée dans la «*Méthode d'essai de ciment et de béton de ciment pour les travaux routiers*» (JTG E30) en vigueur. La dimension nominale maximale des granulats de béton ne doit pas dépasser 31,5 mm.

E.3.2 Verser le béton bien malaxé dans le moule conformément aux dispositions du chapitre E.2.1 de présent règlement, le vibrer et le compacter avec un vibreur à plaque plate, et lisser la surface pour au moins 2 éprouvettes par groupe.

E.4 Essai de fissuration précoce

E.4.1 Procédure d'essai

- 1 l'essai doit être effectué dans une chambre à température et à humidité constantes avec une température de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative de $60\% \pm 5\%$.
- 2 Une fois la surface terminée, le test démarre. Ajustez la position du ventilateur et la vitesse du vent pour souffler la surface du béton de sorte que la vitesse du vent, à 100 mm directement au-dessus du centre de la surface de l'éprouvette, soit $5 \pm 0,5$ m/s. La direction du vent doit être parallèle à la surface de l'éprouvette et à l'arête induisant la fissuration. Commencez à observer l'apparition du processus de fissuration à la surface de la plaque.
- 3 La durée de l'essai doit être comptée à partir de l'ajout de l'eau pour le malaxage du béton, jusqu'à la fin de l'essai en $24\text{h} \pm 0,5$ h.
- 4 La longueur de la fissure doit être mesurée avec une règle en acier et la distance en ligne droite entre les deux extrémités de la fissure est prise comme longueur de fissure. Lorsqu'il y a deux fissures sur une arête, les longueurs des deux fissures peuvent être additionnées et converties en une seule fissure.
- 5 Au cours des 3 premières heures, observer toutes les 5 minutes. Lorsque des fissures sont détectées, observer une fois toutes les 10 minutes ; lorsque des fissures sur toute la longueur apparaissent sur la surface du béton, observer toutes les 30 minutes.

- 6 La largeur de la fissure doit être mesurée avec une loupe ayant un grossissement de 40 fois.
La largeur maximale de chaque fissure doit être mesurée.

E.4.2 Enregistrer le temps de fissuration initial sur la surface de l'éprouvette, la largeur maximale, la longueur, le nombre de fissures, la longueur totale de fissures et leur évolution dans le temps.

E.4.3 La surface moyenne de fissuration, le nombre de fissures par unité de surface et la surface totale de fissuration par unité de surface doivent être calculés sur la base des données de fissures mesurées 24 heures après la coulée du béton.

E.5 Calcul des résultats d'essai

E.5.1 Calcul de la superficie totale de fissuration par unité de surface

- 1 La surface moyenne de fissuration de chaque fissure :

$$a = \frac{1}{2N} \sum_i^N W_i \cdot L_i \quad (\text{E. 5. 1-1})$$

- 2 Nombre de fissures par unité de surface :

$$b = N/A \quad (\text{E. 5. 1-2})$$

- 3 Superficie totale de fissuration par unité de surface :

$$C = a \times b (\text{mm}^2/\text{m}^2) \quad (\text{E. 5. 1-3})$$

dans lesquelles :

- a — Surface moyenne de fissuration de chaque fissure ($\text{mm}^2/\text{pièce}$) ;
- A_z — Largeur maximale de la i ème fissure (mm) ;
- A_{zF} — Longueur de la i ème fissure (mm) ;
- b — Nombre de fissures par unité de surface ($\text{pièce}/\text{m}^2$) ;
- N — Nombre total de fissures (pièce) ;
- A — Surface de la dalle plate, de $0,36 \text{ m}^2$.

E.5.2 Calcul du taux de réduction des fissures du béton de fibres résistant à la fissuration

Dans les mêmes conditions d'essai, le taux de réduction des fissures du béton de fibres résistant à la fissuration en comparaison avec le béton de ciment sans fibre de même composition peut être calculé en utilisant les formules suivantes :

$$\beta = \frac{A_Z - A_{ZF}}{A_Z} \times 100\% \quad (\text{E. 5. 2-1})$$

$$A_Z = \sum_{i=1}^N W_{zi} \times L_i \quad (\text{E. 5. 2-2})$$

$$A_{ZF} = \sum_{i=1}^N W_{zFi} \times L_{zFi} \quad (\text{E. 5. 2-3})$$

dans lesquelles :

β Taux de réduction des fissures (%) du béton de fibres résistant à la fissuration du groupe témoin ;

A_Z Surface totale des fissures de chaque éprouvette de béton de ciment (mm^2) ;

A_{ZF} Surface totale des fissures de chaque éprouvette de béton de fibres résistant à la fissuration (mm^2) ;

W_{zi} Largeur maximale de la i ème fissure du béton de ciment (mm) ;

L_{zi} Longueur de la i ème fissure du béton de ciment (mm) ;

N Nombre total de fissures (pièce) ;

W_{zFi} Largeur maximale de la i ème fissure du béton de fibres résistant à la fissuration (mm) ;

L_{zFi} Longueur de la i ème fissure du béton de fibres résistant à la fissuration (mm).

E. 5.3 Pour chaque groupe, prendre la moyenne arithmétique de la surface totale de fissuration et du taux de réduction des fissures d'au moins deux éprouvettes comme valeur mesurée du taux moyen de réduction des fissures des éprouvettes de comparaison de ce groupe.

Annexe F

Méthode d'essai de la résistance des parpaings en béton

F.1 Méthode d'essai de la résistance à la compression des parpaings en

F.1.1 Équipement d'essai

1 Machine d'essai

La machine d'essai peut être une machine d'essai de compression ou une machine d'essai universelle. L'erreur relative de la valeur indiquée par la machine d'essai ne doit pas être supérieure à $\pm 1\%$. La valeur de la charge de rupture attendue de l'éprouvette ne doit pas être inférieure à 20% de la plage de mesure complète de la machine d'essai et ne doit pas être supérieure à 80% de la plage de mesure complète.

2 Plaque de compression

L'épaisseur de la plaque de compression en acier ne doit pas être inférieure à 30 mm, la dureté doit être supérieure à HB200, la surface doit être plane et lisse, la longueur et la largeur de la plaque de compression doivent être sélectionnées conformément au tableau F.1.1 en fonction de l'épaisseur nominale du parpaing.

Tableau F.1.1 Dimensions de la plaque de compression (mm)

Épaisseur nominale de l'éprouvette	Plaque de compression	
	Longueur	Largeur
≤ 60	120	60
80	160	80
100	200	100
≥ 120	240	120

F. 1. 2 Éprouvette

- 1 l'éprouvette doit être un des parpaings en béton réellement utilisés dans les travaux, et le nombre d'éprouvettes est de 5 pièces.
- 2 Les deux surfaces de compression de l'éprouvette doivent être parallèles et planes. Sinon, la surface de compression doit être rectifiée ou nivelée avec du mortier de ciment et l'épaisseur du nivellement ne doit pas être inférieure à 5 mm.

F. 1. 3 Procédure d'essai

- 1 Enlever les résidus collants et les bavures sur la surface de l'éprouvette, immerger l'éprouvette dans de l'eau à température ambiante pendant 24h.
- 2 Retirer l'éprouvette de l'eau, essuyer l'eau attachée à la surface avec une serviette humide essorée, placer l'éprouvette au centre de la plaque de compression inférieure de la machine d'essai, puis placer la plaque de compression au centre de la surface supérieure de l'éprouvette dans une position symétrique, comme le montre la figure F. 1. 3.

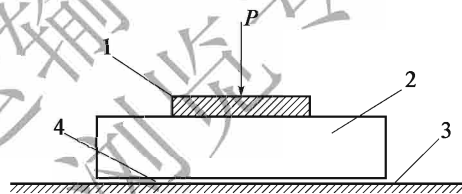


Figure F. 1. 3 Position de l'éprouvette

1-垫压板 Plaque de compression;2-试件 Epreuve;3-试验机下压板 Plaque de compression inférieure de la machine d'essai;4-抹面找平层 Couche de nivellement d'enduit

- 3 Démarrer la machine d'essai et charger en continu à une vitesse uniforme entre 0,4 à 0,6 MPa/s, jusqu'à ce que l'éprouvette soit détruite, enregistrer la charge de rupture.

F. 1. 4 Calcul des résultats d'essai

La résistance à la compression est calculée selon la formule G. 1. 4;

$$RC = \frac{P}{A} \quad (\text{F. 1. 4})$$

dans laquelle :

R_c Résistance à la compression (MPa) ;

P Charge de rupture (N) ;

ASurface de la plaque de compression sur l'éprouvette ou de la zone de compression de l'éprouvette (mm²)

Les résultats sont exprimés par la valeur moyenne de la résistance à la compression de 5 éprouvettes et par la valeur minimale d'une éprouvette unique, avec une précision de calcul de 0,1 MPa.

F.2 Méthode d'essai de résistance à la flexion d'un parpaing en béton

F.2.1 Équipement d'essai

1 Machine d'essai

La machine d'essai peut être une machine d'essai de flexion, une machine d'essai universelle ou une machine d'essai de compression avec un bâti de résistance à la flexion. L'erreur relative d'indication de la machine d'essai et les exigences de plage de mesure sont les mêmes que celles de G.1.1.

2 Support et barre de compression

Le diamètre des deux barres de support et de la barre de compression est de 40 mm et celles-ci sont en acier. L'une des barres de support doit pouvoir rouler librement pour ajuster sa position horizontale.

F.2.2 Éprouvette

Les éprouvettes, au nombre de 5, sont constituées de parpaings en béton effectivement utilisés pour les travaux.

F.2.3 Procédure d'essai

- 1 Enlever les résidus collants et les bavures sur la surface de l'éprouvette, immerger l'éprouvette dans de l'eau à température ambiante pendant 24h.
- 2 Retirer l'éprouvette de l'eau et essuyer la surface avec une serviette humide essorée pour éliminer l'eau qui y est attachée, et placer l'éprouvette sur le support dans le sens de la longueur et avec la surface exposée vers le haut (voir Figure F.2.3). L'écartement des barres de support est égale à 4 fois l'épaisseur de l'éprouvette. Entre le support, la barre de compression et la surface de contact avec l'éprouvette, il doit y avoir une couche intercalaire en contreplaqué de 3 à 6 mm d'épaisseur.

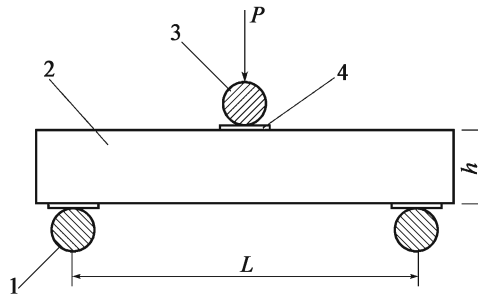


Figure F. 2.3 Position de l'éprouvette

1-支座 Support;2-试件 Éprouvette;3-加压棒 Barre de compression ;4-胶合板垫层 Couche intercalaire en contreplaqué

- 3 Démarrer la machine d'essai et charger en continu à une vitesse uniforme comprise entre 0,04 et 0,06 MPa/s jusqu'à ce que l'éprouvette soit détruite et enregistrer la charge de rupture.

F. 2.4 Calcul des résultats d'essai

La résistance à la flexion est calculée selon la formule (G. 2.4) :

$$R_f = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (\text{G. 2.4})$$

dans laquelle :

- R_f Résistance à la flexion (MPa) ;
- P Charge de rupture (N) ;
- L Distance centrale entre les deux supports (mm) ;
- b Largeur de l'éprouvette (mm) ;
- h Épaisseur de l'éprouvette (mm).

Les résultats sont exprimés par la valeur moyenne de la résistance à la flexion de 5 échantillons et la valeur minimale d'une éprouvette, avec une précision de calcul de 0,01 MPa.

F. 3 Méthode d'essai de la résistance au gel de parpaings en béton

F. 3.1 Équipement d'essai

- 1 Congélateur (chambre réfrigérante) : la température à l'intérieur peut être maintenue dans

la plage de -15°C à -5°C après l'installation de l'éprouvette.

- 2 Réservoir d'eau ; une fois l'éprouvette installée, la température de l'eau peut être maintenue entre $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$.

F.3.2 Éprouvette

Les éprouvettes sont des parpaings en béton effectivement utilisés dans les travaux. Le nombre d'éprouvettes est de 10 dont 5 sont soumises à un essai de gel-dégel et 5 sont utilisées comme éprouvettes de comparaison.

F.3.3 Procédure d'essai

- 1 Les éprouvettes doivent être soumises à un contrôle d'aspect, les défauts et les fissures doivent être marqués et les défauts enregistrés. Puis les mettre dans l'eau 24 h à une température de $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$. La surface de l'eau doit être environ 20 mm au-dessus de l'éprouvette immergée.
- 2 Retirer l'éprouvette de l'eau, essuyer l'eau attachée à la surface avec une serviette humide et essorée, et mettre l'éprouvette au congélateur en amenant d'abord la température entre -15°C et -20°C . L'espacement entre éprouvettes ne doit pas être inférieur à 20 mm. Le temps de gel est calculé lorsque la température atteint à nouveau -15°C . Le temps nécessaire entre la fin de la mise en place d'éprouvette et le moment où la température atteint -15°C , ne doit pas être supérieur à 2 h. Le temps de gel à -15°C est déterminé par l'épaisseur de l'éprouvette ; pour les éprouvettes d'épaisseur inférieure à 60 mm, il ne doit pas être inférieur à 3 h. Pour les éprouvettes d'une épaisseur supérieure ou égale à 60 mm, il ne doit pas être inférieur à 4 h. Les éprouvettes sont ensuite retirées et remises immédiatement dans l'eau à $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ pour les dégeler pendant 2h. Ceci décrit un cycle de gel-dégel. 25 cycles de gel-dégel sont à effectuer conformément à cette méthode.
- 3 A la fin des 25 cycles de gel-dégel, il faut sortir l'éprouvette de l'eau, essuyer l'eau attachée à la surface avec une serviette humide et essorée, examiner et enregistrer l'état de l'écaillage, de la stratification, de la fissuration et de la longueur de fissures en surface de l'éprouvette. Les essais de résistance sont ensuite effectués conformément aux chapitres F.1 et F.2.

F.3.4 Calcul des résultats d'essai

Le taux de perte de résistance après l'essai de gel-dégel est calculé selon la formule (F.3.4) et les résultats de l'essai sont calculés avec précision à 0,1 %.

$$\Delta R = \frac{R - R_D}{R} \times 100 \quad (\text{F.3.4})$$

dans laquelle :

ΔR Taux de perte de résistance après les cycles de gel-dégel (%) ;

R Résistance moyenne des éprouvettes avant gel (MPa) ;

R_D Résistance moyenne après gel (MPa).

交通运输部信息公开
浏览专用

Annexe G

Méthode d'essai de la force d'adhérence des armatures au béton

G.1 Objet et champ d'application de l'essai

Contrôler l'adhérence des armatures au béton.

G.2 Équipement d'essai

G.2.1 Dimensions du moule d'essai : 150 mm x 150 mm x 150 mm, comme indiquées dans la figure G.2.1. L'axe de l'armature horizontale se trouve à 75 mm du fond du moule. Une extrémité est encastrée dans la paroi du moule et fixée pour empêcher l'armature de s'enfoncer, et l'autre extrémité fait saillie de la paroi du moule.

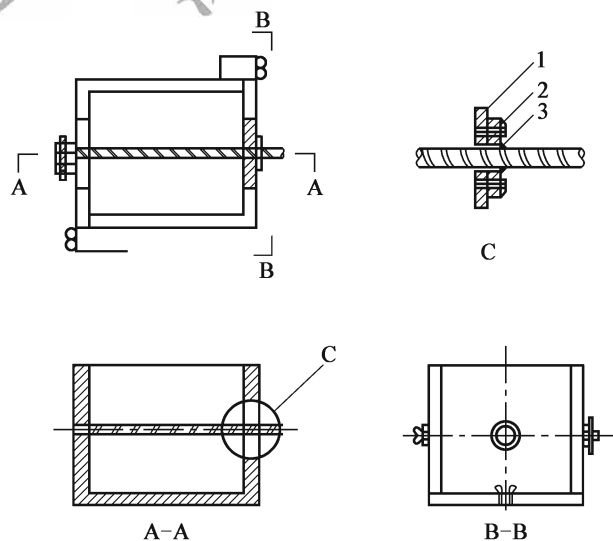


Figure G.2.1 Moule d'essai pour test de l'adhérence

1-模壁 Paroi du moule; 2-固定圈 Cercle de fixation; 3-橡胶圈 Cercle en caoutchouc

G.2.2 Mandrins d'éprouvette : deux tôles d'acier rectangulaires de 30 mm d'épaisseur (250 mm x 150 mm, acier n°45), reliées par quatre barres d'acier de 18 mm de diamètre. Un trou rond de 40 mm de diamètre est percé au centre de la tôle d'acier inférieure pour que l'armature entre dans l'éprouvette. La plaque d'acier d'extrémité supérieure est munie d'une tige de 25 mm de diamètre. L'extrémité inférieure de la tige est fixée à la plaque d'acier avec une liaison sphérique. L'extrémité supérieure est maintenue par la machine universelle. Une autre plaque de support en acier de 150 mm x 150 mm x 10 mm avec un trou rond de 40 mm de diamètre en son centre, est placée entre l'extrémité inférieure de l'éprouvette et la plaque d'acier inférieure du mandrin, comme indiqué par la figure G.2.2.

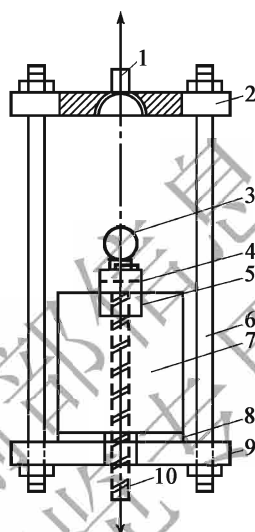


Figure G.2.2 Diagramme schématique du dispositif d'essai de la force d'adhérence

1-带球座拉杆 Tige de traction avec socle à bille; 2-上端钢板 Plaque d'acier d'extrémité supérieure; 3-千分表 Indicateur à cadran; 4-量表固定架 Support fixe d'échelle; 5-止动螺钉 Vis d'arrêt; 6-钢杆 Barre d'acier; 7-试件 Eprouvette; 8-垫板 Plaque d'appui; 9-下端钢板 Plaque d'acier d'extrémité inférieure; 10-埋入试件中的钢筋 Barre d'armature intégrée dans l'éprouvette

G.2.3 Comparateur à cadran ou enregistreur de déformation automatique : précision 0,001 mm.

G.2.4 Support de fixation de l'échelle : en métal, traverse la surface de l'éprouvette, et est fixé sur l'éprouvette à l'aide de vis d'arrêt. Il y a un trou au centre de la partie supérieure, pour maintenir le comparateur à cadran et le faire tenir droit avec la tige de mesure orientée vers le bas.

G.2.5 Machine d'essai universelle : l'erreur relative de la valeur indiquée ne doit pas être supérieure à $\pm 1\%$. La valeur de la charge de rupture attendue de l'éprouvette ne doit pas être inférieure à 20% de la gamme de mesure complète ni être supérieure à 80% de la pleine échelle.

G.2.6 Armature : pour le test d'adhérence, utiliser directement une armature de la chaussée, dont le diamètre est identique aux armatures de la chaussée et d'une longueur de 500 mm.

G.3 Procédure d'essai

G.3.1 Avant le façonnage, l'armature utilisée pour l'essai avec la même dimension, forme et filetage, est nettoyée avec une brosse métallique et à clous d'acier et frottée avec de l'acétone. Il ne doit pas exister de copeaux de rouille ou de tache d'huile, la surface supérieure de l'extrémité libre de l'armature doit être lisse et plate, et doit correspondre aux trous concaves réservés dans le moule d'essai.

G.3.2 Le malaxage du béton doit se faire selon la méthode standard prescrite. 6 éprouvettes sont fabriquées pour chaque âge d'essai.

G.3.3 Lors de l'installation des barres d'acier, l'extrémité libre des barres d'acier doit être encastrée dans la paroi du moule. Le trou dans la paroi du moule pour la passage de la barre d'acier doit être bouché par un anneau en caoutchouc et une bague pour fixer la barre d'acier. Aucune fuite de laitance ou d'eau ne doit être autorisée. Pour simuler une interférence à la force d'arrachement de la barre par les perturbations et les desserrements, il est possible de secouer les barres d'acier en avant et en arrière à un moment approprié pendant le processus de durcissement du béton.

G.3.4 En plus de la méthode standard de mise en forme et de conservation du béton, les dispositions suivantes doivent être respectées :

- 1 La dimension maximale des granulats de béton ne doit pas dépasser 31,5 mm.
- 2 Le mélange de béton doit être chargé en deux couches, chaque couche étant vibrée avec la table à secousses.
- 3 Après mise en forme du béton et jusqu'à l'âge de l'essai, les barres d'acier ne doivent pas être touchées et le délai de démoulage doit être prolongé à deux jours et deux nuits. Lors du retrait du moule, l'anneau en caoutchouc et la bague de fixation doivent être retirés en premier, puis retirer soigneusement la paroi du moule d'essai recouvrant la barre en acier.

G.3.5 Une fois l'éprouvette retirée du lieu de conservation, l'essai doit être effectué à temps pour éviter des changements notables de l'humidité et de la température de l'éprouvette.

G.3.6 Pendant le test, essayer d'abord l'éprouvette et vérifier son aspect. L'éprouvette ne doit

pas présenter de défauts évidents ni de barres d'acier desserrées ou inclinées.

G.3.7 Placer l'éprouvette sur une plaque percée en son centre, puis placer-la dans le mandrin de test de la machine d'essai universelle, de sorte que le mandrin inférieur de la machine serre fermement la barre d'acier de l'éprouvette.

G.3.8 Installer le support fixe de la jauge sur l'éprouvette et monter le comparateur à cadran de sorte que sa pointe soit verticalement vers le bas et en contact avec la surface supérieure de la barre d'acier qui dépasse légèrement de la surface de l'éprouvette en béton.

G.3.9 Avant le chargement, vérifier si la tige du comparateur à cadran est bien en contact avec la surface supérieure de la barre en acier, si le comparateur est flexible et effectuer les réglages appropriés.

G.3.10 Après avoir enregistré la lecture initiale du comparateur à cadran, la machine d'essai universelle démarre et la barre d'acier est tirée à une vitesse de chargement ne dépassant pas 400 N/s. Chaque fois qu'une certaine charge est ajoutée (1000 ~ 5000N), enregistrer la lecture du comparateur à cadran.

G.3.11 Lorsque l'une des conditions suivantes est dépassée, le chargement doit être arrêté :

- 1 l'armature atteint sa limite d'élasticité.
- 2 Le béton casse.
- 3 l'armature a été extraite du béton.

G.4 Calcul des résultats d'essai

G.4.1 Soustraire la lecture initiale du comparateur à cadran à la valeur obtenue à chaque niveau de charge, on obtient la déformation de glissement à ce niveau de charge.

G.4.2 Lorsque des barres d'acier nervurées sont utilisées, la valeur moyenne arithmétique de la déformation de glissement de 6 éprouvettes doit être utilisée pour tracer la courbe de déformation de glissement - charge, avec la charge portée en ordonnées et la déformation de glissement en abscisses. En prenant la déformation de glissement de 0,01, 0,05 et 0,10 mm, on relève les valeurs de charge correspondantes sur la courbe. La valeur moyenne des trois niveaux de charge est divisée par la surface des barres d'acier noyées dans le béton pour obtenir la force d'adhérence :

$$\tau = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3A} \quad (\text{H. 4. 2-1})$$

$$A = \pi DL \quad (\text{H. 4. 2-2})$$

dans lesquelles :

τ Force d'adhérence de l'armature (MPa) ;

P_1 Charge pour la déformation de glissement de 0,01mm (kN) ;

P_2 Charge pour la déformation de glissement de 0,05mm (kN) ;

P_3 Charge pour la déformation de glissement de 0,10mm (kN) ;

A Surface d'armature dans le béton (mm²) ;

D Diamètre nominal de l'armature (mm) ;

L Longueur de la barre d'acier dans le béton (mm).

G.4.3 Lorsque des armatures rondes et lisses sont utilisées, on peut prendre la valeur moyenne des charges maximales lors de l'essai d'arrachement de 6 éprouvettes pour effectuer le calcul

Annexe H

Méthode de gestion de la qualité de construction

H. 1 Méthode d'évaluation de la résistance à la flexion du béton

H. 1. 1 La méthode d'essai de résistance à la flexion du béton doit utiliser la méthode standard sur petite poutre ou la méthode sur carotte de forage. Les éprouvettes doivent être fabriquées selon la méthode standard, le temps de conservation de la norme est de 28 jours. Il convient d'effectuer l'essai de rupture sur carotte de forage de chaussée dans un délai de 28 à 56 jours. Il est conseillé d'utiliser 28 jours quand il n'y a pas d'addition de cendres volantes de charbon, et de 28 jours à 56 jours en cas d'addition de cendres volantes de charbon. La résistance à la flexion du béton pour les chaussées des routes classées doit être échantillonnée à la fréquence de contrôle indiquée dans le tableau 13.2.1. La donnée statistique est la valeur moyenne de 3 éprouvettes de chaque groupe.

H. 1. 2 La qualification de la résistance à la flexion du béton doit être conforme aux prescriptions suivantes :

- 1 Lorsque le nombre de groupes d'éprouvettes est supérieur à 10 groupes, la formule de jugement de la qualification de la résistance moyenne à la flexion est :

$$f_{cs} \geq f_r + K\sigma \quad (\text{H. 1. 2-1})$$

$$\sigma = c_v \bar{f}_c \quad (\text{H. 1. 2-2})$$

dans lesquelles :

f_{cs} Résistance moyenne à la flexion jugée qualifiée (MPa) ;

f_r Valeur standard de la résistance à la flexion de la conception (MPa) ;

K Coefficient d'évaluation de la conformité, consulter le tableau H. 1. 2 en fonction du nombre d'éprouvettes ;

σ l'écart quadratique moyen statistique de la résistance à la flexion peut être calculé selon la formule (H. 1.2-2) ;

C_v Coefficient de variation statistique de la résistance à la flexion mesurée ;

\bar{f}_c Valeur moyenne statistique de la résistance à la flexion mesurée (MPa).

Tableau H. 1.2 Coefficient d'évaluation de la qualification

Nombre de groupes d'éprouvettes n	11 ~ 14	15 ~ 19	≥ 20
K	0,75	0,70	0,65

Lorsque le nombre de groupes d'éprouvettes est compris entre 11 et 19, un groupe peut avoir une résistance à la flexion minimale inférieure à $0,85 f_r$ sans être inférieure à $0,80 f_r$

Lorsque le nombre de groupes d'éprouvettes est supérieur ou égal à 20 groupes, la résistance minimale à la flexion f_{\min} pour les autoroutes et routes de première classe ne doit pas être inférieure à $0,85 f_r$; pour les autres routes un groupe peut avoir une résistance minimale à la flexion inférieure à $0,85 f_r$, sans être inférieure à $0,80 f_r$. La valeur du coefficient de variation statistique C_v de la résistance à la flexion mesurée ne doit pas dépasser la plage spécifiée dans le tableau 4.2.2-3.

Lorsque le nombre de groupes d'éprouvettes ≤ 10 , des méthodes non statistiques peuvent être utilisées pour l'évaluation. À ce stade, la résistance à la flexion doit répondre aux prescriptions suivantes :

La valeur moyenne de la résistance à la flexion :

$$f_{cs} \geq 1.15 f_r \quad (\text{H. 1.2-3})$$

La valeur minimale de la résistance à la flexion :

$$f_{\min} \geq 0.85 f_r \quad (\text{H. 1.2-4})$$

- 2 La valeur du coefficient de variation statistique C_v de la résistance à la flexion mesurée doit répondre aux exigences de conception.

H. 1.3 Lorsque l'une des valeurs suivantes, à savoir la résistance moyenne à la flexion f_{cs} , la résistance minimale à la flexion f_{\min} ou le coefficient de variation statistique C_v pour l'évaluation de la qualification d'une petite poutre standard, n'est pas conforme aux exigences ci-dessus, alors plus de 3 carottes de forage de $\varnothing 150$ mm doivent être prélevées par voie et pour chaque kilomètre de tronçon de route non qualifiée, afin de mesurer la résistance à la fissuration qui peut être convertie en résistance à la flexion au moyen de formules statistiques empiriques pour chaque projet ; la résistance moyenne à la flexion f_{cs} et la valeur minimale f_{\min} doivent être qualifiées pour le jugement de qualification.

H.2 Méthode de gestion dynamique de la qualité de construction

H.2.1 La partie chargée de l'exécution des travaux doit prendre le coefficient de variation (ou l'écart-type) du critère de qualité d'essai comme principal indice d'évaluation du niveau d'exécution. L'expérience en matière d'exécution doit être résumée afin de fixer une valeur limite admissible aux divers coefficients de variation de critère de qualité d'exécution qui servira d'objectif de gestion à l'entreprise conformément aux exigences du présent règlement.

H.2.2 Pour les travaux de construction d'une autoroute ou d'une route de première classe, l'ordinateur doit être utilisé pour établir une banque de données de qualité de l'ouvrage, y mettre les résultats des inspections à tout moment. La valeur moyenne f , la plage R , l'écart type S et le coefficient de variation C_v doivent être calculés par étapes (une certaine date ou un certain numéro de chaînage) à des fins de synthèse. Le contenu de l'enregistrement doit comprendre le lieu d'échantillonnage, le technicien d'essai, les points de contrôle, la méthode d'essai, les résultats de l'essai et l'évaluation de la conformité ou non, etc.

H.2.3 La gestion de la qualité de la construction doit se faire selon la méthode du diagramme de gestion de la valeur moyenne et du diagramme de gestion de la dispersion (figure $f - R$, figure H.2.3-1), En même temps, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, l'histogramme de la qualité de l'exécution ou la courbe de distribution normale sont dessinés (figure H2.3-2). Le diagramme de gestion peut être vérifié à tout moment par le personnel concerné. Lorsque l'écart type et le coefficient de variation augmentent, il convient d'analyser les causes et d'étudier les contre-mesures.

H.2.4 Dans le diagramme de gestion $f - R$, il faut prendre la valeur moyenne f comme la ligne centrale (CL) et marquer les limites supérieure (UCL) et inférieure (LCL) de contrôle de qualité pour indiquer la plage de variation normale admissible de l'exécution. Le dépassement des limites supérieure et inférieure du contrôle de qualité est considéré comme une anomalie d'exécution ou une anomalie des données d'essai. La ligne médiane, les limites supérieure et inférieure de contrôle de qualité sont calculées comme suit.

Dans la figure f :

$$CL = f \quad (J.2.4-1)$$

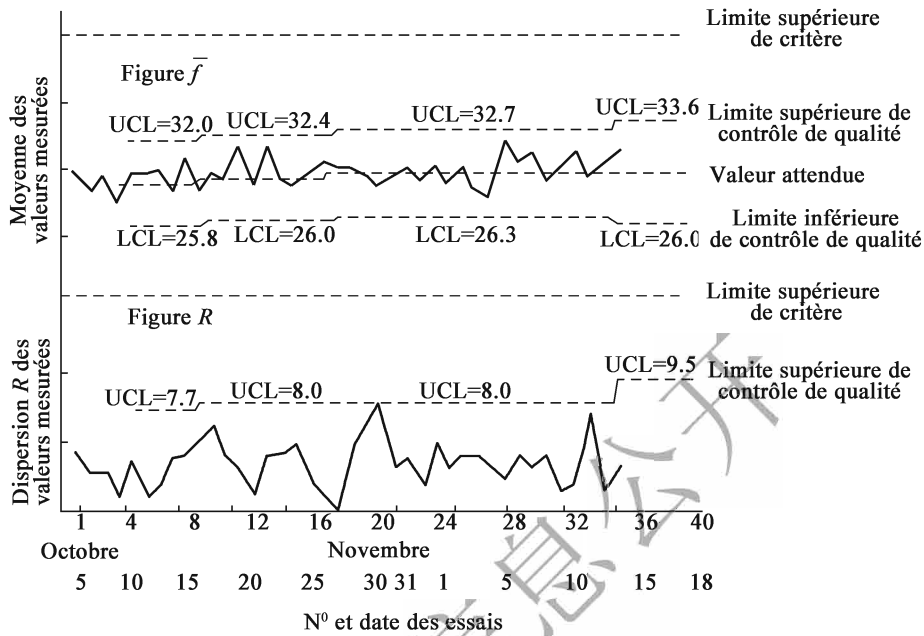
$$CUL = f + A_2R \quad (J.2.4-2)$$

$$LCL = f - A_2R \quad (J.2.4-3)$$

Dans la figure R :

CL = R

(J. 2. 4-4)



试验编号及试验日期

试验编号及试验日期-N⁰ et date des essais

测定值的平均值 f ——Moyenne des valeurs mesurées ;

测定值的极差 R ——Dispersion R des valeurs mesurées ;

f 图-Figure f ; R 图-Figure R ;

标准上限——Limite supérieure de critère ;

质控上限——Limite supérieure de contrôle de qualité ;

期望值——Valeur attendue ;

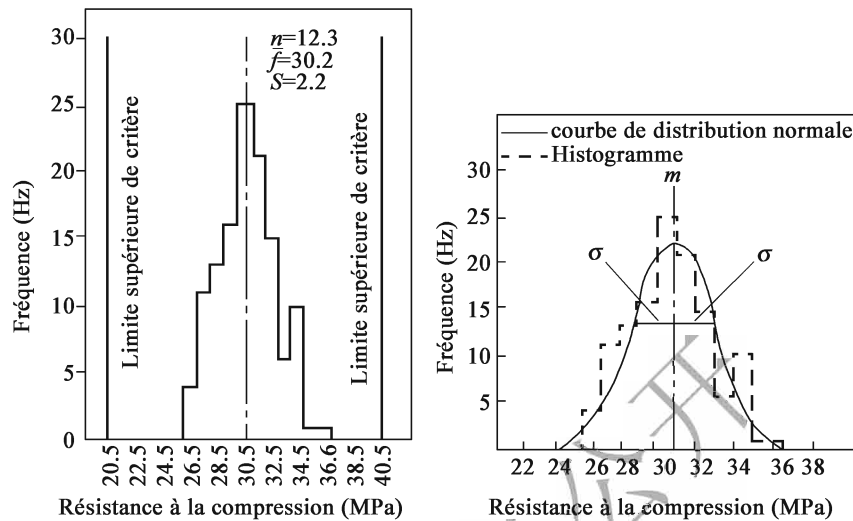
质控下限——Limite inférieure de contrôle de qualité ;

标准下限——Limite inférieure de critère ;

10月——Octobre ; 11月——Novembre.

Figure H. 2. 3-1 Schéma de gestion de qualité standard des travaux (Résistance à la compression, MPa)

Note: Chaque point de la figure correspond à la valeur moyenne f ou à la fourchette R des résultats sur les trois éprouvettes mesurées à chaque fois.



频率(Hz) Fréquence (Hz) ;
 ——正态分布图——courbe de distribution normale ;
 ——直方图——Histogramme .
 标准下限 = 20——Limite supérieure de critère ;
 标准上限 = 40——Limite supérieure de critère ;
 抗压强度 (MPa) ——Résistance à la compression (MPa)

Figure H. 2. 3-2 Histogramme et courbe de distribution normale des résultats d'inspection de la qualité des travaux

$$UCL = D_4 R \quad (\text{H. 2. 4-5})$$

$$LCL = D_3 R \quad (\text{H. 2. 4-6})$$

dans lesquelles :

CL Ligne centrale dans le diagramme de gestion $\bar{f} - R$;

UCL Limite supérieure de contrôle de qualité ; dans le diagramme de gestion $\bar{f} - R$;

LCL Limite inférieure dans le diagramme de gestion $\bar{f} - R$;

\bar{f} Valeur moyenne de la moyenne f des résultats des tests de chaque groupe dans une étape ;

R Valeur moyenne des fourchettes R des résultats des tests de chaque groupe dans une étape ;

A_2, D_3, D_4 Coefficients utilisés pour le diagramme de gestion déterminés par le nombre de groupes de tests des résultats d'essai ; ils sont indiqués dans le tableau H. 2. 4.

Tableau H. 2. 4 Tableau de coefficients du diagramme de gestion

Nombre d'essais pour un résultat de test n	d_2	d_3	A_2	D_4	D_3
2	1,128	0,853	1,880	3,267	—
3	1,693	0,888	1,023	2,575	—
4	2,059	0,880	0,729	2,282	—
5	2,326	0,864	0,577	2,115	—
6	2,534	0,848	0,483	2,004	—
7	2,704	0,833	0,419	1,924	0,076
8	2,847	0,820	0,373	1,864	0,136
9	2,970	0,808	0,337	1,816	0,184
10	3,078	0,797	1,308	1,777	0,223
∞	—	—	$3 / (d_2 n^{1/2})$	$1 + 3d_3/d_2$	$1 - 3d_3/d_2$

H. 2. 5 Dans le diagramme de gestion $\bar{f} - R$ et l'histogramme, il est possible de marquer les critères de qualité spécifiés ou les plages de tolérance. En cas de dépassement de cette plage, la construction n'est pas qualifiée, elle doit être traitée.

H. 2. 6 Dans le diagramme de gestion $\bar{f} - R$ et l'histogramme, il est possible de marquer les plages de tolérances des objectifs de gestion de l'entreprise, c'est-à-dire que lorsque le niveau d'exécution baisse, des contre-mesures doivent être étudiées.

H. 2. 7 Après achèvement de la construction, l'entreprise doit résumer toutes les données, calculer la valeur moyenne, l'écart type et le coefficient de variation, et dessiner l'histogramme de qualité d'exécution ou la courbe de distribution normale de l'ensemble du projet à utiliser comme objectif de gestion d'entreprise pour le projet suivant.

Explication sur les mots utilisés dans le présent règlement

Le degré de rigueur pour l'application de la présente norme est exprimé par les expressions suivantes :

- 1) Pour exprimer ce qui est très strict et auquel on ne peut pas déroger, les expressions « il faut obligatoirement », « il est nécessaire de » sont employées dans les tournures positives, ainsi que les expressions « interdire », « il est interdit de » dans les tournures négatives ;
- 2) Pour exprimer ce qui est strict, où l'on doit tout faire ainsi dans le cas normal, les expressions comme « il faut » et inversement « il ne faut pas », « il ne doit pas » sont employées ;
- 3) Pour exprimer ce qui est strict où il faut tout d'abord faire ainsi, mais avec un peu de latitude de choix lorsque la situation le permet, les expressions « il convient de » et inversement « il ne convient pas de » sont employées ;
- 4) Pour exprimer ce qui est laissé au choix dans une situation donnée, les expressions « il peut », « il est possible de » sont employées.