

Informations actuelles sur les routes en béton et l'infrastructure routière
Édition août 2020

update 58

Surfaces logistiques et terminaux de conteneurs en béton

Les revêtements en béton des surfaces logistiques et des terminaux de conteneurs sont soumis à de fortes sollicitations. Il est par conséquent décisif d'adapter leur dimensionnement et leur conception à ces besoins. Ce cas spécifique de mise en œuvre a été intégré dans la réglementation allemande.

Surfaces logistiques et terminaux de conteneurs en béton

Auteur : Martin Langer, ing. dipl., technique centralisée, STRABAG Großprojekte GmbH

Le transport de marchandises connaît une forte croissance. Dans ce trafic mondialisé, non seulement la quantité globale des biens transportés augmente depuis des années, mais aussi la longueur des trajets. Les prévisions de trafic 2030 établies en 2014 par le ministère fédéral des Transports et des Infrastructures numériques attestent clairement de la forte dynamique du commerce international, qui affiche une hausse du transport de marchandises de 38 % par rapport à 2010.

Introduction

Le transport combiné (TC) joue un rôle grandissant dans la régulation du fret. Il s'agit d'une forme particulière de fret, qui consiste à acheminer par rail des unités de chargement (conteneurs, caisses mobiles ou semi-remorques) sur des distances relativement longues. Le poids lourd n'est utilisé que sur un trajet réduit au maximum afin de transporter les unités de chargement jusqu'à une installation de transbordement du TC ou de les récupérer à partir de ce point pour les acheminer sur le site de déchargement.

Pour le fret de transport combiné de 2010 à 2030, les prévisions de trafic 2030 annoncent même une augmentation de 79,3 %. Les installations de transbordement du transport combiné (ITTC) actuelles ne sont toutefois pas en mesure de faire face à cette hausse. Il est donc indispensable d'investir dans la construction et l'agrandissement d'installations.

La Société allemande de transbordement rail-route (DUSS) est le principal exploitant de terminaux dans le transport combiné en Allemagne. Les sociétés DB Netz AG (75 %), Deutsche Bahn AG (12,5 %) et Kombiverkehr GmbH & Co. KG (12,5 %) en détiennent les parts.

La Deutsche Bahn a fixé les dispositions de planification des voies de circulation dans la directive RiL 800.0612 « Concevoir la technologie des infrastructures de réseaux : installations structurelles de transport combiné ». Pour le dimensionnement de la superstructure de ces voies, la directive ne se réfère cependant qu'à la sollicitation engendrée par le passage des poids lourds. En conséquence, la superstructure a été rangée dans la classe de construction III des directives allemandes relatives à la standardisation de la superstructure des surfaces de circulation RStO (2001) pour toutes les routes

et voies de chargement, et l'épaisseur du revêtement en béton réduite à 23 cm.

L'expérience acquise dans les gares de transbordement a cependant montré que si des engins de maintenance mobiles sont utilisés, les voies de circulation dimensionnées selon RiL 800.0612 ne résistent pas aux sollicitations sur la période d'utilisation prévue. C'est pourquoi, s'écartant de la directive, la Deutsche Bahn s'est depuis quelques années décidée en faveur de revêtements en béton plus épais.

En 2013, la Société allemande de recherche pour les routes et la circulation routière FGSV s'est attelée à l'élaboration d'une série de fiches techniques (Cahier technique pour la planification, la conception et la construction de voies de circulation en béton, M VaB) concernant des champs d'application spécifiques. Les deux premières parties traitent des giratoires, des voies de circulation de bus, des aires de repos, des routes départementales et urbaines ainsi que des carrefours plans. Le troisième volet a été publié en 2018. La section « Surfaces logistiques et terminaux de conteneurs » a été rédigée avec la participation de nos collègues spécialistes de la Deutsche Bahn et de la DUSS. Les commentaires portant sur la standardisation de la superstructure de ces voies de circulation hautement sollicitées constituent un élément clé du cahier technique.

« Pour les voies de circulation très sollicitées des terminaux de conteneurs, la durabilité élevée et la portance du béton revêtent une importance particulière. »

Sites actuels de la Société
allemande de transbordement
rail-route DUS



- Centrale de Bodenheim
- Sites de terminaux
- ▲ Parts DB
- Chaussée roulante



Surfaces en béton sous la grue à portique

Principes de planification et de conception

Généralités

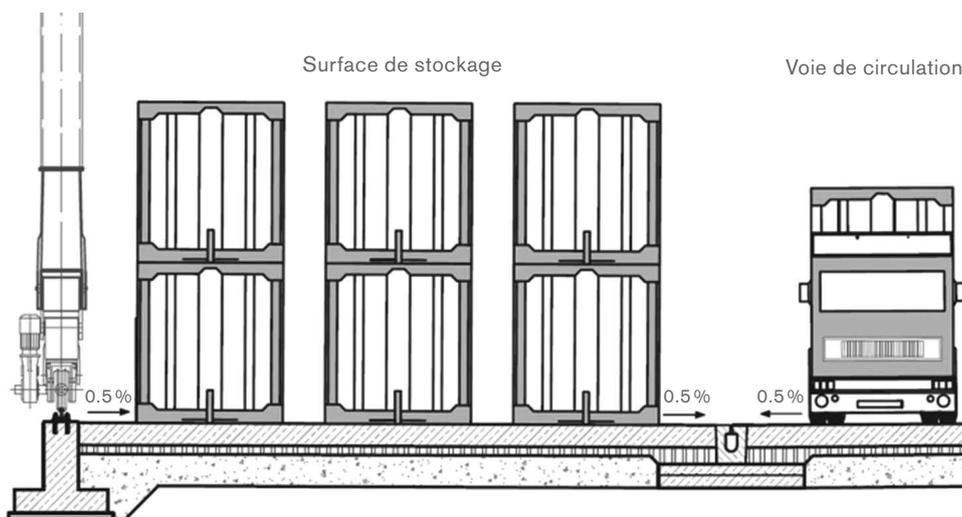
Les surfaces logistiques et les terminaux de conteneurs présentent certaines contraintes. Il convient donc de veiller :

- aux charges statiques et dynamiques élevées et à la forte sollicitation des surfaces par les engins de transbordement mobiles, les poids lourds et le stationnement des conteneurs,
- aux points de contrainte : voies de transbordement, rails des voies de roulement des grues et exigences qui en résultent pour la pente longitudinale des surfaces,
- au fonctionnement opérationnel et aux exigences qui en résultent pour le dévers des surfaces,
- à l'incidence des exigences liées aux lourdes charges et des rapports de pente sur la configuration et la disposition des caniveaux de drainage, des recouvrements et autres aménagements,
- à l'impact de la mise en place des conteneurs et des exigences de la législation sur l'eau quant à la disposition des joints ainsi qu'à la géométrie des dalles, importante pour le dimensionnement.

Assainissement

Afin de garantir un assainissement suffisant du revêtement en béton, l'inclinaison transversale ne doit pas être inférieure à 2,5 % et l'inclinaison inférieure à 0,5 % dans la zone de déformation.

Certaines particularités doivent être respectées concernant l'utilisation des grappins ainsi que pour les aires de stockage à empilement multiple, ce qui implique de s'écarter de ces prescriptions. L'inclinaison transversale doit être conçue de manière à permettre une préhension sûre et aisée lors du fonctionnement des grappins ou des empilements multiples. C'est pourquoi les surfaces logistiques et les terminaux de conteneurs sont en règle générale dotés d'une pente longitudinale réduite, voire en sont dépourvus. Les voies de chargement tout comme les zones de stationnement présentent quant à elles comme prévu une inclinaison transversale de 0,5 %. En cas d'utilisation de palonniers ajustables, on peut envisager des dévers supérieurs.



Exemple d'inclinaison transversale unilatérale des zones de stationnement

Bordures, caniveaux de bordure et caniveaux à ciel ouvert

Les bordures, caniveaux de bordure et caniveaux à ciel ouvert doivent être aménagés pour résister à de fortes sollicitations (p. ex. départs et passages des poids lourds et des engins de transbordement mobiles).

Ces dernières années, de plus en plus de bordures à coller, de systèmes de bordures et de caniveaux en béton coulé ont ainsi été créés aux giratoires et sur les voies de circulation des aires de repos autoroutières. La technologie du béton coulé s'avère très durable et devrait pouvoir être également mise en œuvre sur les surfaces logistiques et les terminaux de conteneurs.

Dans ce cas, il s'agit de lier l'installation au revêtement en béton par un joint aveugle longitudinal ancré, sans utiliser d'armature. Les joints aveugles du revêtement ainsi connectés sont repris dans les bordures et les caniveaux de bordure. Si l'écart entre les joints excède trois mètres, on installera des joints aveugles supplémentaires. Pour les bordures à coller, on veillera à reprendre les joints de la chaussée dans celles-ci. Les bordures doivent être découpées au préalable. Les deux premières parties du cahier technique M VaB contiennent des indications quant à l'exécution des bordures et des caniveaux de bordure qui ont également été reprises dans le troisième volet.

Dimensionnement

Les surfaces logistiques et les terminaux de conteneurs étant sollicités par de très lourdes charges, un dimensionnement suffisant pour la chaussée est ici essentiel pour assurer la durabilité de la voie de circulation. Sur le modèle des directives relatives à la standardisation de la superstructure des surfaces de circulation RStO, le cahier technique M VaB prescrit également une standardisation. Il comporte un tableau synoptique qui permet de lire directement les épaisseurs de couche de la chaussée en lien avec le type et la hauteur de charge.

La standardisation a été réalisée en tenant compte des constatations empiriques lors de la construction et de l'utilisation de ces surfaces, ainsi qu'en se basant sur un dimensionnement. Le dimensionnement est le même que pour des bétons non armés à l'état non fissuré I sur les voies de circulation habituelles. On définit une classe de résistance à la compression C35/45 plus élevée que celle fixée dans les « Conditions techniques de livraison pour les matériaux de construction et mélanges de matériaux de construction dédiés aux couches porteuses avec liants hydrauliques ainsi qu'aux revêtements en béton » (TL Béton-StB). Le premier essai doit permettre d'atteindre une résistance à la flexion caractéristique d'au moins 5,5 MPa.

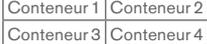
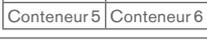
Pour déterminer la structure de couche requise, il faut suivre la démarche suivante : le cahier technique M VaB présente les systèmes de couches standardisés et les épaisseurs de revêtements en béton au regard des catégories de charge. C'est pourquoi on définira d'abord la catégorie de charge déterminante et on considérera aussi bien la charge résultant des engins mobiles de transbordement que celle résultant du stockage des conteneurs. Pour les surfaces sollicitées par les deux charges, la catégorie de charge décisive est la catégorie supérieure.

Dans le tableau 1, les catégories de charge des engins de transbordement mobiles sont réparties en fonction de leur charge par essieu maximale.

Charge par essieu maximale [t]	< 40	40–80	80–120	120–140
Catégorie de charge	A	C	E	F

Détermination de la catégorie de charge des engins de transbordement mobiles selon M VaB, partie 3, tableau 1

Dans le tableau 2, les catégories de charge du stationnement des conteneurs sont réparties en fonction de la hauteur d'empilement maximale prévue (autrement dit le nombre de conteneurs empilés).

Stationnement par rangées	Hauteur d'empilement				
		Simple	Double	Triple	Quadruple
Une rangée (schéma)		A	C	D	G
Plusieurs rangées (schéma)		B	E	G	H
					
					

Détermination de la catégorie pour la charge résultant du stationnement de conteneurs selon M VaB, partie 3, tableau 2

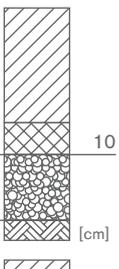
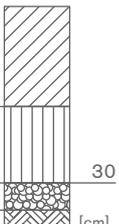
Il convient encore de faire la distinction entre la disposition des conteneurs en une rangée ou en plusieurs rangées. En relation avec la charge additionnelle du vent qui s'applique, cela donnera un point de charge spécifique, important pour le calcul du dimensionnement.



Schémas d'un ordonnancement des conteneurs en une ou plusieurs rangées avec points de charge importants pour le dimensionnement

Pour les conteneurs à empilage simple ou double, un poids de référence de 33 t par conteneur est appliqué. Compte tenu de l'expérience acquise dans l'utilisation des installations de transbordement, on compte une charge à 80 % de 26,4 t par conteneur pour des empilements triples et quadruples. Le poids du palonnier et les charges du vent de la zone 2 de la norme DIN EN 1991-1-4 sont inclus dans le dimensionnement. C'est pourquoi dans les régions côtières, on procèdera à un dimensionnement au cas par cas.

Citées au tableau 3, les épaisseurs de revêtement en béton découlant des catégories de charge font référence à une longueur de dalle préconisée de 5 m au maximum. Tout écart par rapport à cette longueur im-

		Catégorie de charge								
		A	B	C	D	E	F	G	H	
Revêtement en béton Couche porteuse en asphalte Couche ingélive [MPa] [cm]		Épaisseur du revêtement en béton [cm] sur couche porteuse liée	26	31	36	42	45	48	52	60
	Revêtement en béton Couche porteuse avec liant hydraulique Couche ingélive [MPa] [cm]									
Revêtement en béton Couche porteuse en grave Couche ingélive [MPa] [cm]		Épaisseur du revêtement en béton [cm] sur couche porteuse non liée	29	33	38	44	47	50	55	64

Épaisseurs de revêtement en béton requises en lien avec la catégorie de charge selon M VaB, partie 3, tableau 3



Emplacement de stockage peu favorable sur le bord de dalle libre et avec les pieds des conteneurs au niveau des joints.

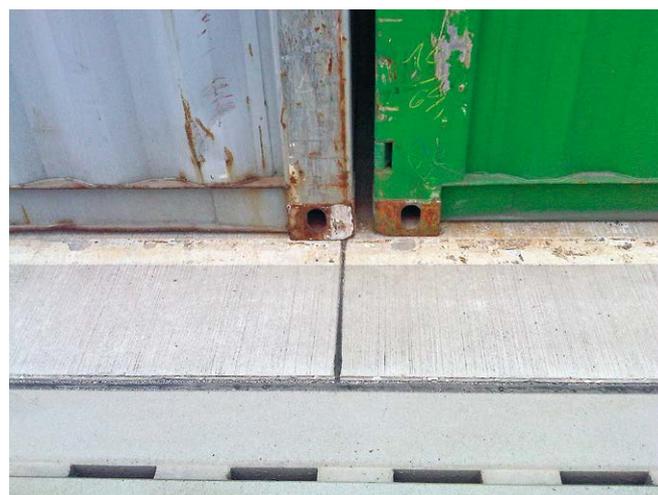
plique de modifier l'épaisseur. Pour une longueur de dalle maximale de 6 m, on augmentera l'épaisseur de 2 cm, et pour une longueur de dalle maximale de 7 m, de 4 cm.

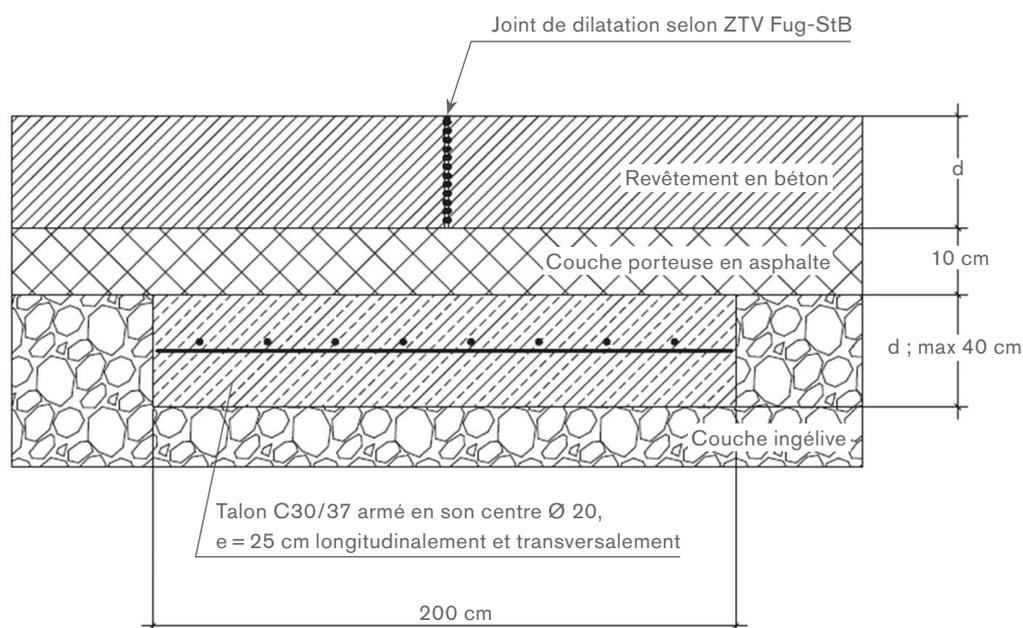
Calepinage

Les prescriptions et les recommandations des Conditions techniques complémentaires ZTV Beton-StB et les parties du cahier technique M VaB mentionnées plus haut s'appliquent également aux surfaces logistiques et aux terminaux de conteneurs pour ce qui a trait à la géométrie des dalles. La longueur des arêtes devrait être en principe d'au moins 50 cm et ne pas dépasser vingt fois l'épaisseur de la dalle. Le rapport longueur-largeur des dalles ne doit pas excéder 1,5, et il est préférable d'éviter les angles inférieurs à 80°.

Le calepinage des aires de stationnement des conteneurs est également soumis à des exigences de nature opérationnelle. La disposition des joints sur les emplacements des conteneurs doit être déterminée de manière à éviter tout dégât des arêtes occasionné par les pieds des conteneurs dans les zones des joints. De manière générale, mieux vaut éviter le stationnement sur un bord de dalle libre.

Le talon sous les joints de dilatation non goujonnés, mentionné dans les parties du cahier technique citées plus haut, peut aussi être utilisé sur les surfaces logistiques et les terminaux de conteneurs. Mais les charges élevées obligent à l'exécuter dans des largeurs plus importantes et à le doter d'une armature, comme sur les zones aéroportuaires.





Joint de dilatation avec sous-fondation

Étanchéité

De manière générale, les surfaces traitées dans ce cahier technique sont des installations de transbordement du transport intermodal. Si des substances nocives pour les eaux sont transbordées dans des unités de chargement ou des véhicules routiers, ces surfaces doivent être aménagées conformément aux exigences de l'ordonnance allemande AwSV relative aux installations utilisant des substances pouvant polluer les eaux afin que les eaux pluviales ne fuient pas sur la face inférieure.

Afin de satisfaire à cette exigence, les réglementations ci-dessous doivent être respectées.

- Le béton utilisé doit être conforme à TL Beton-StB. Les exigences d'un béton FD (étanche aux liquides) / FDE (testé contre la pénétration des liquides) doivent être également respectées conformément à la directive BUMwS de la Commission allemande du béton armé DAfStb relative à la construction en béton dans l'utilisation de substances nocives pour les eaux.
- La mise en place de la voie de circulation doit reposer sur un dimensionnement selon l'état I (béton non fissuré) conformément à la standardisation établie dans le cahier technique. La surface en béton non fissurée sera considérée comme étanche, conformément à la directive BUMwS de la commission DAfStb.
- Pour assurer l'étanchéité des joints, la dilatation relative du matériau de jointolement doit être réduite. Pour cela, le soufflé du joint doit être élargi à 20 mm. L'élargissement permet d'éviter un éventuel remplacement du produit de scellement.
- Pendant le fonctionnement, l'étanchéité du joint doit être documentée par un contrôle visuel renforcé. Tout dommage doit être éliminé. Les produits de scellement doivent être conformes aux principes édictés par l'Institut allemand de technique de bâtiment DIBt et

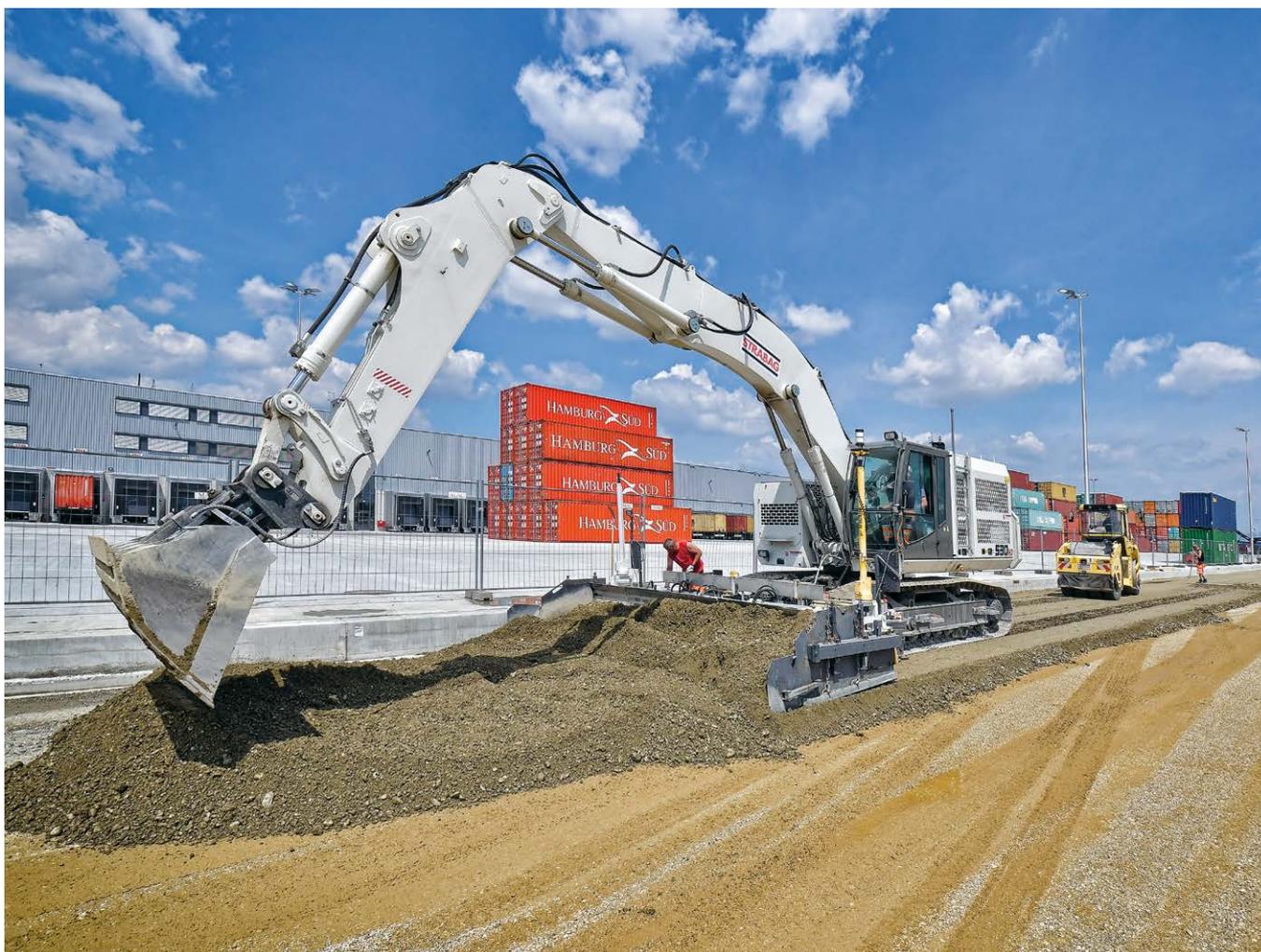
valables pour les systèmes d'étanchéité dans des installations en béton destinées au transbordement de substances polluantes pour l'eau.

Exécution

La technologie de mise en place est notamment tributaire des dimensions de la surface à créer, de sa géométrie et de la place disponible dans la zone de mise en œuvre. En règle générale, ces surfaces sont cependant travaillées mécaniquement en structure monocouche. La mise en place par finisseur est également possible par coffrage vertical.

Le traitement mécanique de la surface à la truelle mécanique (circulaire ou à pale) est interdit en raison du dégât qu'il occasionne au système d'air occlus superficiel.

Sur les surfaces logistiques et les terminaux de conteneurs, les vitesses sont en principe limitées. Le bruit de roulement des pneus sur la chaussée est par conséquent négligeable. C'est pourquoi on préférera une finition au balai à d'autres textures de surface.



Mise en place d'une couche porteuse stabilisée au liant hydraulique



Mise en place d'un revêtement en béton



Résumé

Les surfaces logistiques et les terminaux de conteneurs sont soumis à une charge statique et dynamique élevée et sont, pour cette raison, essentiellement exécutés en béton. Le troisième volet du cahier technique M VaB vient compléter et préciser la réglementation en vigueur pour ces surfaces. Ce sont notamment les recommandations concernant le choix d'une superstructure standardisée en fonction de la charge qui contribuent à assurer une longue durée d'utilisation de ces surfaces grâce au dimensionnement correct de l'épaisseur du revêtement.

Le troisième volet clôt ainsi l'élaboration du « Cahier technique pour la planification, la conception et la construction de voies de circulation en béton ». Lors de la révision actuelle des ZTV et TL Beton-StB, il est prévu de reprendre des points essentiels de ces trois volets.

Bibliographie

Ministère fédéral des Transports et des Infrastructures numériques (éd.) : *Die Zukunft ist intermodal*, Berlin, 2018

Ministère fédéral des Transports et des Infrastructures numériques : *Verkehrsverflechtungsprognose 2030 – Schlussbericht*, Berlin, 2014

Société de recherche pour les routes et la circulation routière (éd.) : *Cahier technique pour la planification, la conception et la construction de voies de circulation – partie 3 : « Surfaces logistiques et terminaux de conteneurs »*, Cologne, FGSV-Verlag, 2018

Journal officiel de la République fédérale, année 2017, partie I, n° 22 : « Ordonnance relative aux installations utilisant des substances pouvant polluer les eaux (AwSV) », Bonn, 2017

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. (éd.) : « Directive DAfStb sur la construction en béton utilisant des substances pouvant polluer les eaux (BUMwS) », Berlin, 2011



Chantier du centre logistique de BMW à Wallersdorf avec une centrale à béton au premier plan et une zone de construction en arrière-plan

Groupement d'intérêts des routes en béton

cemsuisse

Association suisse de l'industrie
du ciment
Marktgasse 53
3011 Berne
Téléphone 031 327 97 97
info@cemsuisse.ch
www.cemsuisse.ch

Ebicon AG

Breitloostrasse 7
8154 Oberglatt
Téléphone 043 411 28 20
info@ebicon.ch
www.ebicon.ch

Grisoni-Zaugg SA

ZI Planchy
Case postale 2162
1630 Bulle 2
Téléphone 026 913 12 55
info@grisoni-zaugg.ch
www.groupe-grisoni.ch

Holcim (Schweiz) AG

Hagenholzstrasse 83
8050 Zurich
Téléphone 058 850 68 68
betonstrassen@holcim.com
www.holcim.ch

Holcim (Suisse) SA

1312 Eclépens
Téléphone 058 850 92 14
chausseebeton@holcim.com
www.holcim.ch

Implenia Suisse SA

Binzmühlestrasse 11, 8050 Zurich
Téléphone 058 474 75 00
daniel.hardegger@implenia.com
www.implenia.com

Jura-Cement-Fabriken AG

Talstrasse 13
5103 Wildegg
Téléphone 062 887 76 66
info@juracement.ch
www.juracement.ch

Juracime SA

Fabrique de ciment
2087 Cornaux
Téléphone 032 758 02 02
info@juracime.ch
www.juracement.ch

KIBAG Bauleistungen AG

Construction de routes et travaux publics
Müllheimerstrasse 4
8554 Müllheim-Wigoltingen
Téléphone 052 762 61 11
p.althaus@kibag.ch
www.kibag.ch

Müller Engineering GmbH

Conseil et expertise pour les
surfaces de circulation en béton
Kirchstrasse 25
8564 Wäldi TG
Téléphone 079 247 82 49
gm@muller-engineering.ch
www.müller-engineering.ch

PCI Bauprodukte AG

Im Schachen, 5113 Holderbank
Téléphone 027 327 65 87
info-as.ch@mbcc-group.com
www.master-builders-solutions.ch

Sika Suisse SA

Tüffenwies 16, 8048 Zurich
Téléphone 058 436 40 40
hirschi.thomas@ch.sika.com
www.sika.ch

Specogna Bau AG

Steinackerstrasse 55, 8302 Kloten
Téléphone 044 800 10 60
info@specogna-bau.ch
www.specogna-bau.ch

Synaxis AG Zürich

Thurgauerstrasse 56, 8050 Zurich
Téléphone 044 316 67 86
c.bianchi@synaxis.ch
www.synaxis.ch

Toggenburger AG

Schlossackerstrasse 20
Case postale 3019, 8404 Winterthur
Téléphone 052 244 13 03
info@toggenburger.ch
www.toggenburger.ch

Ciments Vigier SA

Zone industrielle Rondchâtel, 2603 Péry
Téléphone 032 485 03 00
info@vigier-ciment.ch
www.vigier-ciment.ch

Walo Bertschinger SA

Case postale 1155, 8021 Zurich
Téléphone 044 745 23 11
kurt.glanzmann@walo.ch
www.walo.ch

Commercialisation :

BETONSUISSE



BETONSUISSE Marketing AG
Marktgasse 53, CH-3011 Berne
Téléphone +41 (0)31 327 97 87, fax +41 (0)31 327 97 70
info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch

InformationsZentrum Beton GmbH
Steinhof 39, D-40699 Erkrath
Téléphone +49 (0)211 28048-1, fax +49 (0)211 28048-320
erkrath@beton.org, www.beton.org

Verein Betonmarketing Österreich
Demandes concernant le domaine des routes en béton à
Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.
Franz-Grill-Straße 9, O 214, A-1030 Wien
Téléphone +43 (0) 1 714 66 85-0
zement@zement-beton.co.at, www.zement.at