



Derniers développements en matière d'infrastructures routières en béton

update 2/11

La route de contournement en béton de Friedberg, construite en 2009 sur près de six kilomètres, représente un investissement avantageux. Deux ans après sa mise en service, on peut constater que ses frais d'entretien seront modestes, grâce à la qualité de cette construction et au matériau choisi: le béton.

Les systèmes de retenue en béton pour véhicules présentent des avantages, tels qu'une sécurité élevée contre l'irruption d'un camion sortant du trafic opposé et contre le risque de chute aux endroits dangereux; de plus, leur durabilité est excellente et ils sont relativement économiques. Depuis quelques années, ils sont de plus en plus placés comme murs de protection dans la berne centrale des autoroutes.

Contournement de Friedberg, en Allemagne

Une première en Hesse: «contrat de construction fonctionnel»

En juillet 2009 a été réalisée, pour la traversée de l'agglomération de Friedberg (Hesse), une route de contournement en béton de première importance, car elle libère le centre d'un trafic intense: jusqu'à 22'000 véhicules par jour. La qualité de vie s'est sensiblement améliorée dans ce secteur et l'on admet que la sécurité du trafic s'en trouvera accrue.

Cette nouvelle route de contournement («Bauklasse II» selon la norme allemande) a une longueur de près de six kilomètres et la largeur de sa surface de roulement est de 2 x 4,00 mètres (RQ 10.50). En plus de la route proprement dite, il a fallu construire quelque 3,8 km de voies de raccordement et 15 ponts, pour relier ce nouveau contournement au réseau existant. Le Land de Hesse s'est décidé, pour l'ensemble de ces travaux, à mettre en soumission une formule pilote, à savoir la conclusion d'un contrat portant sur une fonction à assurer et non

pas seulement un objet concret à réaliser selon sa définition technique. Ainsi, comme dans un projet classique «Public Private Partnership» (PPP), l'adjudicataire ne se charge pas seulement de construire un certain ouvrage mais d'assurer l'entretien de celui-ci durant une certaine durée. La prestation garantie ne consiste donc pas en un ouvrage à construire dans les matériaux et selon la technique prescrits, mais à réaliser une fonctionnalité (d'où l'appellation «contrat de construction fonctionnel», en allemand «Funktionsbauvertrag»), à savoir l'aptitude de l'ouvrage à assurer le passage du trafic pendant une certaine durée – en l'occurrence 30 ans. Cette qualité est principalement définie par l'état d'entretien garanti, par référence à la planéité du revêtement, à la rugosité et aux limites de tolérance des dommages en surface. Ces caractéristiques sont définies contractuellement; elles sont régulièrement vérifiées visuellement et par appareils de mesure.



Finisseuse en action



Géotextile sur couche de support stabilisée au liant hydraulique

Parmi les offres remises, c'est la variante en béton qui s'est révélée la plus avantageuse et fut par conséquent retenue. L'adjudicataire a prévu, durant les 30 ans de durée de son contrat, deux renouvellements des joints et des raccordements aux revêtements bitumineux. Tous les trois ans a lieu une inspection portant sur l'aptitude au service de l'ouvrage et tous les 12 ans doivent être effectués des travaux de maintenance intervenant sur la construction elle-même.

La dalle de béton, d'une épaisseur de 25 cm, repose sur une couche de support stabilisée au liant hydraulique d'une épaisseur de 23 cm. Un géotextile sert de couche de transition. Le béton du revêtement et la couche de fondation ont été livrés par trois centrales érigées sur place. Le béton de la dalle a été mis en place en deux couches à la finisseuse, à la cadence de 24 h/jour. La couche supé-

rieure, d'une épaisseur de 7 cm, est en béton lavé. Cela lui donne une rugosité adéquate et surtout une texture présentant de bonnes propriétés phoniques.

L'entreprise s'est fixé comme principale priorité la livraison régulière, sans à-coups, de bétons aux propriétés constantes, de la part des trois centrales chargées d'approvisionner son chantier; le contrôle de qualité des livraisons a été continu, afin que soient respectées les propriétés spécifiées (béton supérieur: granularité 0/2, 5/8, LP, CEM I 42,5 N; béton inférieur: granularité 0/2, 2/8, 8/16, 16/22, LP, CEM I 42,5 N). Cela concerna avant tout les composants, la consistance et la teneur en air occlus du béton frais – cette dernière valeur jouant un rôle important pour assurer la résistance au gel et au sel de déverglaçage.



Contrôle du béton inférieur



Béton inférieur posé sur la couche de support



Brossage de la surface en béton lavé



Vaporisation d'un produit de cure liquide

Deux ans après la construction de cet ouvrage, l'expérience se révèle tout à fait positive. Elle semble répondre pleinement aux attentes de l'autorité compétente (construction des routes), quant aux objectifs du contrat, à savoir:

1. réduire les frais d'entretien à un minimum, grâce au choix d'un type de construction adéquat,
2. permettre à l'entreprise de tirer parti de son potentiel d'innovation,
3. incorporer la planification à long terme des frais d'entretien dans le plan financier général.

En particulier, le fait que l'adjudicataire (Bilfinger Berger Bau AG) ait choisi un revêtement en béton – contre la proposition de l'administration de recourir à l'asphalte – permet d'admettre que cette entreprise a mis en œuvre des solutions innovantes, dont les perspectives sont favorables. Quant au maître d'ouvrage, il a pu constater qu'un tel type de

contrat garantit une exécution plus soignée de la construction, tout en permettant de réduire les travaux de contrôle de la construction et de comptabilisation de celle-ci.

En résumé, on constate que cette route de contournement en béton représente un investissement avantageux face à un avenir marqué par la mobilité.

Photos: Otmar Hersel



Surface de roulement terminée après application d'un produit de cure



Fig. 1. Mur de sécurité sur un pont

Systemes de retenue en béton pour la sécurité du trafic routier

Pour réduire le risque d'accident, on installe ces derniers temps de plus en plus des murs de protection en béton, avant tout sur la berne centrale des autoroutes. De nouvelles normes apparaissent dans ce domaine, sur le plan international et au niveau de certains Etats. Ces murs sont soit confectionnés en béton coulé sur place, soit constitués d'éléments préfabriqués en usine. Ils présentent beaucoup d'avantages, p. ex. une sécurité élevée contre l'irruption d'un camion sortant du trafic opposé ou contre la chute d'un véhicule en un endroit dangereux; de plus, leur aptitude au service est très durable et ils sont économiquement avantageux.

Normes techniques pour systèmes de retenue des véhicules

Jusqu'à récemment, la construction de systèmes de retenue de véhicules était réglée en Allemagne par les directives RPS 89. Puis ont été publiées des directives «RPS 2009» [1] consacrées à ces systèmes. Leur mise en application dans les «Länder» pour la fin 2010 a été recommandée par le ministère fédéral des transports, de la construction et du développement urbain. Elles règlent le degré de protection des routes interurbaines fédérales («Bundesfernstrassen»), en précisant les ouvrages où doivent être installés des systèmes de retenue et les propriétés de ceux-ci. En particulier, elles posent des exigences accrues en matière de sécurité contre les chutes depuis des ponts (cf. fig. 1) et des talus, et contre des chocs sur des obstacles.

Contrairement à l'édition de 1989, les RPS 2009 ont défini les exigences posées quant à la capacité de retenue des systèmes de protection selon DIN EN 1317[2] de manière neutre, et non plus concrètement par référence à des produits disponibles sur le marché. On y définit des classes de résistance pour diverses situations, mais on ne prescrit pas la solution devant permettre au fournisseur de répondre aux exigences de telle classe. L'industrie est ainsi libre de développer divers types de systèmes et de les introduire sur le marché.

Ces nouvelles RPS 2009 s'appliquent à la sécurisation des endroits dangereux lors de la construction de nouvelles routes, comme lors de la transformation ou de l'extension de routes existantes; mais elles ne portent que sur des systèmes de retenue durables. Elles s'appliquent également au renouvellement de systèmes de retenue existants, de même que lorsque des accidents se répètent à tel endroit.

Pour les dispositifs de sécurité dans les zones de protection des eaux (où la préférence est donnée aux systèmes en béton), on appliquera, de plus, les «RiStWag [3].

Dans les RPS 2009, sont précisées les exigences générales posées aux systèmes de retenue des véhicules sous la forme de description de leurs différents composants, à savoir:

- le système de protection proprement dit le long du tronçon en cause (fig.2)
- les raccordements entre deux systèmes (fig. 3)
- les début et fin d'ouvrages
- les amortisseurs de chocs

Pour que les RPS puissent être appliquées sans que la concurrence risque d'en être entravée, on est actuellement en train d'élaborer deux listes de conditions techniques: «ZTV-FRS» [4] et «TLP-FRS» [5].



Fig. 2. Dispositif de sécurité le long d'un tronçon de route



Fig. 3. Raccordement entre deux systèmes

L'introduction des RPS 2009 aura pour effet que seuls pourront encore être mis en place en Allemagne les dispositifs de retenue des véhicules répondant aux exigences de la norme DIN EN 1317. L'élément central de cette réglementation est la classification des dispositifs par classes de retenue (tableau 1), zones d'influence (tableau 2) et degrés de chocs (tableau 3).

La *classe de retenue* est fonction de la capacité de retenue d'un système, en tenant compte du poids du véhicule, de l'angle de choc, et de la vitesse au moment de celui-ci, selon essais définis par DIN EN 1317-2.

La *zone d'influence* est la distance de déplacement latéral maximale, lors d'un essai de choc selon DIN EN 1317-2. (fig. 4), de tout élément essentiel d'un dispositif de sécurité en bordure d'un secteur consacré au trafic routier. Elle indique les conditions à respecter quant au choix des emplacements et définit l'espace nécessaire au système dans les bernes centrales, en présence d'obstacles ou à l'égard de postes de travail.

Le *niveau de degré de choc* est la caractéristique permettant d'évaluer la sollicitation corporelle, la gravité des lésions et le danger de mort concernant les passagers d'un véhicule lors d'un choc sur tel

	Classes de retenue		Essais	Choc: vitesse [km/h]	Choc: angle [degrés]	Poids total du véhicule [kg]
Dispositifs de protection temporaires	T1		TB 21	80	8	1300
	T2		TB 22	80	15	1300
	T3		TB 41	70	8	10 000 (camion)
		+ TB 21	80	1300		
Capacité de retenue normale	N1		TB 31	80	20	1500
	N2		TB 32	110		1500
			+ TB 11	100		900
Capacité de retenue élevée	H1		TB 42	70	15	10 000 (camion)
			+ TB 11	100	20	900
	H2		TB 51	70		13 000 (Bus)
			+ TB 11	100	900	
	H3		TB 61	80	20	16 000 (camion)
			+ TB 11	100		900
Capacité de retenue très élevée	H4	a	TB 71	65	20	30 000 (camion)
			+ TB 11	100		900
	b	TB 81	65	38 000 (train avec semi-remorque)		
		+ TB 11	100	900		

Tableau 1. Classes de retenue

Classes de la zone d'influence	Niveaux de la zone d'influence en m
W1	$W \leq 0,6$
W2	$W \leq 0,8$
W3	$W \leq 1,0$
W4	$W \leq 1,3$
W5	$W \leq 1,7$
W6	$W \leq 2,1$
W7	$W \leq 2,5$
W8	$W \leq 3,5$

Tableau 2. Zones d'influence

Niveaux du degré de choc	Valeurs	
A	$ASI \leq 1,0$	THIV ≤ 33 km/h PHD ≤ 20 g
B	$1,0 < ASI \leq 1,4$	
C	$1,4 < ASI \leq 1,9$	

Tableau 3. Degrés de choc

système de retenue de véhicules. Il est vrai que, surtout ces derniers temps, diverses institutions ont mis en doute la signification et la transférabilité de ces niveaux de degré de choc dans la pratique en général, ainsi que ses valeurs limites pour l'établissement de la valeur ASI (Acceleration Severity Index). C'est ainsi que la valeur PHD (Post-Impact Head Deceleration) a été biffée et non remplacée lors de la refonte de la norme EN 1317-2. De plus, des recherches approfondies portant sur la valeur ASI [6] ont montré que, même si l'on se montre prudent dans la définition des lésions acceptables, les valeurs ASI ne dépassant pas 1,8 correspondent encore à une zone sûre.

La base pour l'installation en Allemagne de systèmes de retenue de véhicules est constituée depuis janvier 2011 par la liste des systèmes agréés («Einsatzfreigabeliste»). A l'avenir, avant qu'un système de retenue de véhicules puisse être mis en soumission ou installé, il doit avoir été agréé,

dans le cadre d'une procédure ad hoc, par l'autorité fédérale compétente («Bundesanstalt für Strassenwesen», BAST) pour l'emplacement où l'on projette de l'installer. Le BAST a publié la liste susmentionnée sur Internet [7].

Pour obtenir l'agrément d'une installation, chacun des systèmes particuliers de retenue de véhicules, qui est examiné en fonction de l'emplacement auquel il est destiné, doit s'intégrer comme élément d'un système de retenue modulaire. Chacun des éléments d'un tel système doit constituer une solution pour l'application particulière à laquelle il est destiné (berne centrale, passage de déviation, ponts, etc.). Il s'agit de réaliser ainsi, sur tout le tronçon en cause, un degré de sécurité constant malgré la diversité des situations.

La dernière liste des systèmes agréés comporte les murs de protection en béton coulé sur place (module M06) et en éléments préfabriqués (M08 et M09).

DIN 1317 définit le « Wirkungsbereich » (=zone d'influence) comme étant

$$\frac{\text{la largeur du déplacement } D + \text{l'épaisseur de la paroi de protection } b}{\text{= zone d'influence } W}$$

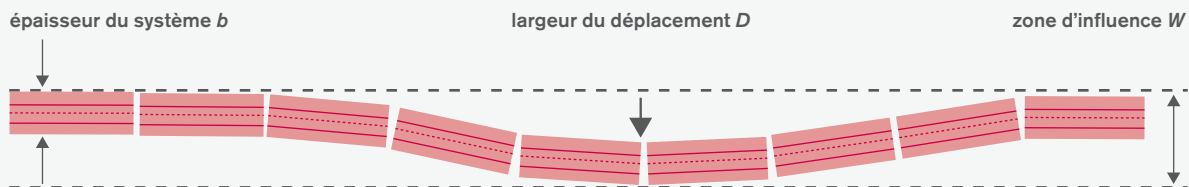


Fig. 4. Définition de la zone d'influence d'un système de retenue de véhicules selon DIN EN 1317-2

Avantages des systèmes de retenue de véhicules en béton

Participation du sol

L'efficacité des systèmes modernes de retenue de véhicules dépend essentiellement de la participation du sol, qu'il s'agisse du terrain présent sur place ou de sous-construction. Pour les systèmes ancrés, on s'assurera, par des essais de choc préliminaires, que le sol satisfait aux exigences posées. En cas de sol instable, celui-ci devra souvent être remplacé, ou alors on construira des fondations linéaires, afin que les dispositifs de protection offrent l'efficacité souhaitée.

Des murs de protection en béton ne présentent à cet égard aucun risque particulier: il faut simplement que la surface de contact soit aménagée en fonction des résultats obtenus lors des essais pré-

liminaires. Il s'agira donc d'effectuer des contrôles usuels de compacité; des murs de protection en béton peuvent par conséquent être posés sans qu'il y ait conflit avec la sous-construction et sans liaison spéciale avec le sol en place, même lorsque l'on se situe dans des classes de retenue élevées telles que H2 et H4b.

Modes de construction et cadence de mise en place

Il existe des murs de protection en béton de profils «Step» (fig.5) ou «New-Jersey» (fig. 6), posés à même le sol (fig. 7) ou ancrés dans celui-ci (fig. 8). Les différents systèmes de retenue de véhicules en béton présentant une structure relativement simple, il est possible de les mettre en place à une cadence élevée – c'est-à-dire à des coûts relativement modestes – quel que soit le fournisseur. Un seul poste de travail est aujourd'hui en mesure, suivant les



Fig. 5: mur de protection en béton de profil «Step»



Fig. 6: mur de protection en béton de profil «New-Jersey»



Fig.7: mur de protection en béton posé à même le sol



Fig. 8: construction d'un mur en béton ancré dans le sol

conditions locales, de poser, c'est-à-dire de monter, 500 à 1000 m de parois de protection en béton par jour.

Performances et sécurité restante

Un avantage supplémentaire des systèmes de retenue de véhicules en béton est constitué par leur résistance très élevée au passage des véhicules à travers la berne centrale. Les expériences faites lors d'accidents montrent que déjà les murs de protection en béton de classe H2 résistent dans la plupart des cas aux poids lourds, ainsi empêchés d'entrer en collision avec le trafic venant en sens inverse. Les murs de protection en béton de la classe de retenue la plus élevée (H4b) ne subissent qu'un très léger déplacement même s'ils reçoivent un choc violent (fig. 9).

Cela montre aussi clairement que les dispositifs de protection en béton présentent usuellement les zones d'influence très restreintes (p. ex. H4b/W2 ou H2/W1) qui sont exigées sur les routes interurbaines fédérales, p. ex. pour la protection de piles de ponts (fig. 10) ou de parois anti-bruit.

Facilité de réparation

Lors d'accidents «légers» impliquant des véhicules privés (cas bagatelle), les systèmes de retenue de véhicules en béton ne subissent ou bien aucun dommage ou alors des dégâts tellement modestes que leur aptitude au service reste assurée. Une remise en état – avec les entraves au trafic, les frais et les dangers que cela entraînerait – n'est donc généralement pas nécessaire.

Fauchage et autres mesures d'entretien des banquettes

Qu'il s'agisse des banquettes latérales ou spécialement de la berne centrale, le recours à des murs de protections en béton permet de réaliser des économies en partie importantes dans les travaux d'entretien et de fauchage. En effet, si la surface des banquettes est fermée, des débris ne risquent pas de s'y accumuler; point n'est donc besoin de s'astreindre à les éliminer [8]. La saleté qui y apparaît peut être enlevée par simple balayage. Si la berne centrale est dotée d'un dispositif de protection à double mur en béton, le fauchage de la bande inter-



Fig. 9: léger déplacement d'un mur de protection en béton ayant une capacité de retenue élevée



Fig. 11: berne centrale non végétalisée



Fig. 10: dispositif en béton protégeant des piles de pont

médiaire sera plus simple et pourra intervenir moins fréquemment. Si cette bande n'est pas végétalisée, le fauchage n'est plus du tout nécessaire (fig. 11).

Service hivernal

On suppose souvent que, sur les routes interurbaines fédérales avec systèmes de retenue de véhicules en béton, le service hivernal est plus coûteux lorsque la surface ne comporte pas de végétation, ou qu'il ne peut être assuré sur la piste de gauche que de manière limitée. En cas de chutes de neige importantes, il apparaît qu'il y aura toujours accumulation massive de neige en bordure de route et dans la berne centrale, indépendamment du type de dispositif de protection. Tant qu'il n'y a pas dégel, ces amas de neige ne disparaîtront que moyennant intervention humaine, que la berne centrale où ils se sont formés soit «verte» et protégée par des glissières métalliques ou qu'elle soit dotée de murs en béton (fig. 12 et 13). Au moment du dégel, dans les deux cas l'eau de la fonte disparaît: soit dans la bande verte, soit entre les deux murs de béton. Quant à l'eau ruisselant de la neige accumulée en bordure de la route, elle disparaît dans la terre ou, si

la bordure est constituée d'éléments en béton, elle est conduite, par le caniveau ainsi formé et par des regards, dans la canalisation ad hoc.

Bibliographie et textes réglementaires

- [1] RPS 2009 «Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme», Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2009
- [2] DIN EN 1317 «Rückhaltesysteme an Straßen»
- [3] RiStWag «Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten», Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2002
- [4] «Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fahrzeug-Rückhaltesysteme»
- [5] «Technische Lieferbedingungen und Prüfbedingungen für Fahrzeug-Rückhaltesysteme»
- [6] Sturt, R. & Fell, Chr.: The relationship of injury risk to accident severity in impacts with roadside barriers, International Journal of Crashworthiness, Vol. 14, No. 2, avril 2009, p. 165-172
- [7] www.bast.de → Qualitätsbewertung → Listen → Straßenausstattung → Einsatzfreigabeliste für Fahrzeug-Rückhaltesysteme in Deutschland
- [8] Rendchen, Karsten «Fahrzeug Rückhaltesysteme aus Beton», beton 61, 2011, No.6, p. 216-223

Crédits photos: Gütegemeinschaft Betonschutzwand & Gleitformbau e.V.



Fig. 12: mur de protection de la berne centrale en béton, couvert de neige, sur l'A 46



Fig. 13: glissière de sécurité métallique d'une berne centrale, couverte de neige, sur l'A 46

Elle poursuit les objectifs suivants:

→ le renforcement de la sécurité passive pour tous les usagers de la route

→ l'utilisation de systèmes de retenue en béton pour véhicules nécessitant peu d'investissements et aux frais d'exploitation limités

→ l'utilisation de produits de construction peu polluants pour les aménagements routiers

L'Association systèmes de retenue en béton pour véhicules s'investit pour la diffusion des systèmes de retenue modulaires en béton.

contact:

frsb, Regula Bachofner
Hauptstrasse 34a, 5502 Hunzenschwil
Téléphone: +41 (0)62 823 82 27
Fax: +41 (0)62 823 82 21
E-mail: info@frsb.ch, www.frsb.ch

Groupement d'intérêts des routes en béton

cemsuisse

Association suisse de l'industrie
du ciment

Marktgasse 53, 3011 Berne

Téléphone 031 327 97 97

Fax 031 327 97 70

info@cemsuisse.ch

www.cemsuisse.ch

BEVBE

Beratung und Expertisen für

Verkehrsflächen in Beton

Herenholzweg 5, 8906 Bonstetten

Téléphone 044 700 14 02

Fax 044 700 14 03

werner@bevbe.ch

www.bevbe.ch

Grisoni-Zaugg SA

Rue de la Condémine 60

Case postale 2162, 1630 Bulle 2

Téléphone 026 913 12 55

Fax 026 912 74 54

info@grisoni-zaugg.ch

www.grisoni-zaugg.ch

Holcim (Schweiz) AG

Hagenholzstrasse 83, 8050 Zurich

Téléphone 058 850 62 15

Fax 058 850 62 16

betonstrassen@holcim.com

www.holcim.ch

Holcim (Suisse) SA

1312 Eclépens

Téléphone 058 850 91 11

Fax 058 850 92 95

chausseebeton@holcim.com

www.holcim.ch

Implenia Bau AG

Infra Ost Tiefbau

Binzmühlestrasse 11, 8008 Zurich

Téléphone 044 307 90 90

Fax 044 307 93 94

daniel.hardegger@implenia.com

www.implenia-bau.com

Jura-Cement-Fabriken AG

Talstrasse 13, 5103 Wildegg

Telefon 062 887 76 66

Fax 062 887 76 69

info@juracement.ch

www.juracement.ch

Juracime SA Fabrique de ciment

2087 Cornaux

Téléphone 032 758 02 02

Fax 032 758 02 82

info@juracime.ch

www.juracement.ch

Specogna Bau AG

Lindenstrasse 23, 8302 Kloten

Téléphone 044 800 10 60

Fax 044 800 10 80

spc@specogna.ch

www.specogna.ch

Synaxis AG Zürich

(autrefois Wolf, Kropf & Partner AG)

Thurgauerstrasse 56, 8050 Zurich

Téléphone 044 316 67 86

Fax 044 316 67 99

c.bianchi@synaxis.ch

www.synaxis.ch

Toggenburger AG

Schlossackerstrasse 20

8404 Winterthur

Téléphone 052 244 13 03

Fax 052 244 12 24

info@toggenburger.ch

www.toggenburger.ch

Ciments Vigier SA

Zone industrielle Rondchâtel

2603 Péry

Telefon: 032 485 03 00

Fax: 032 485 03 32

info@vigier-ciment.ch

www.vigier-ciment.ch

Walo Bertschinger AG

Case postale 7534, 8023 Zürich

Téléphone 044 745 23 11

Fax 044 745 23 65

kurt.glanzmann@walo.ch

www.walo.ch

BETONSUISSE

BETONSUISSE Marketing AG

Marktgasse 53, CH-3011 Bern

Téléphone +41 (0)31 327 97 87, Fax +41 (0)31 327 97 70

info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch

bdz.
Deutsche Zementindustrie

BDZ, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.

Kochstraße 6-7, D-10969 Berlin

Téléphone +49 (0)30 2800 2-100, Fax +49 (0)30 2800 2-250

BDZ@BDZement.de, www.BDZement.de

beton

Gruppe Betonmarketing Österreich

Anfragen für den Bereich Betonstraßen an Zement + Beton Handels-
und Werbeges.b.H., Reisnerstraße 53, A-1030 Wien

Téléphone +43 (0) 1 714 66 85-0, www.zement.at