 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique K (Ouvrages d'art) Fiche technique Eléments de construction Matériaux – Béton	22 001-14130
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU Division Infrastructure routière I	Remise en état du béton	V2.02 01.01.2023 Seite 1 von 6

1. Bases principales


- SIA 262 Construction en béton
- SIA 262/1 Construction en béton / spécifications complémentaires
- SIA 269 Bases pour la maintenance des structures porteuses
- SIA 269/2 Maintenance des structures porteuses / Construction en béton
- SIA 469 Conservation des ouvrages / Terminologie, objectifs de la conservation, mesures et activités de conservation, dossier de l'ouvrage
- SIA 2052 Béton fibré ultra-performant (BFUP)
- VSS 40 450 Systèmes d'étanchéité et couches bitumineuses sur ponts avec tabliers en béton – Structure de systèmes, exigences et exécution
- SN EN 206 Béton – Spécification, performances, production et conformité
- SN EN 1504 Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité :
 - Partie 1: Définitions
 - Partie 2: Systèmes de protection de surface pour béton
 - Partie 3: Réparation structurale et réparation non structurale
 - Partie 7: Protection contre la corrosion des armatures
 - Partie 9: Principes généraux pour l'application des produits et systèmes
 - Partie 10: Application sur site des produits et systèmes et contrôle de la qualité des travaux
- ASTRA 82013 Réaction alcalis-granulats (RAG)
- AGB 665 Efficacité et contrôle des méthodes de cure du béton
- AGB 672 Détermination et cartographie du taux de chlorures dans des dalles de roulement de ponts au moyen des auscultations de géoradar.
- AGB 677 Méthode pour la détermination de la teneur critique en chlorures de structures existantes en béton armé.

2. Etendue de l'offre

Si aucune position spéciale n'est prévue dans l'offre, les travaux suivants doivent être inclus dans les prix unitaires et globaux:

- Exécution des travaux par étapes
- Nettoyage sommaire
- Déviation respectivement évacuation des eaux produites lors de travaux de perçage et d'hydrodémolition, y.c. les bassins de décantation nécessaires. Evacuation conforme aux prescriptions légales en vigueur
- Etanchéification provisoire d'orifices et de joints
- Mesures de protection pour le trafic, les cours d'eau, etc. lors de tous les travaux, en particulier le sablage, l'hydrodémolition et le béton projeté, conformément aux prescriptions en vigueur
- Mesures de protection contre les intempéries
- Complications dues aux conduites industrielles, aux câbles de précontrainte, à la place disponible, etc.
- Prélèvement d'échantillons nécessaires au contrôle de qualité sur le chantier
- Tous les échafaudages de travail et de protection nécessaires aux travaux offerts

En principe, il incombe à l'entrepreneur de démontrer en tout temps qu'il satisfait aux exigences de qualité imposées par le maître de l'ouvrage. Ces coûts doivent être compris dans les prix unitaires correspondants.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique K (Ouvrages d'art) Fiche technique Eléments de construction Matériaux – Béton	22 001-14130
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Remise en état du béton	V2.02 01.01.2023
Division Infrastructure routière I		Seite 2 von 6

Les contrôles de qualité supplémentaires ordonnés par le maître de l'ouvrage (ou ses représentants) sont rémunérés si leurs résultats sont positifs, c.-à-d. si les exigences imposées par le maître d'ouvrage sont atteintes.

Les conditions spécifiques de l'ouvrage sont traitées dans le programme de contrôle.

3. Endroits endommagés

Les endroits endommagés sont repérés par des analyses technologiques des matériaux. La détermination des surfaces à enlever s'effectue par l'auteur du projet en collaboration avec la direction des travaux et le maître de l'ouvrage. La décision est consignée par la direction des travaux dans un plan de décapage. La mise en application se fait sur instruction de la direction des travaux.

Face supérieure de la dalle de roulement :

Durant les phases de projet, les investigations pour déterminer l'état de la dalle de roulement et l'ampleur des interventions se feront soit au moyen de sondages ponctuelles, soit au moyen d'une méthode non destructive appropriée (mesure de la conductivité au moyen du Géoradar).

Durant les travaux, la détermination des zones de la dalle de roulement à traiter se fera au moyen de mesures de potentiel sur l'ensemble de la surface du béton ainsi qu'au moyen de prélèvements de farines pour déterminer la teneur en chlorure au niveau de l'armature pour différentes zones caractéristiques de la dalle.

Evaluation du pourcentage de surface de la dalle de roulement à traiter :

- **Méthode 1** : relevé géoradar (généralement justifiée pour de grandes surfaces)

Sur la base des résultats surfaciques, noter les zones contaminées par les chlorures avec des polygones et évaluer le pourcentage.

- **Méthode 2** : fenêtres de sondages ponctuelles ou carottages.

Possibilité d'estimer le pourcentage de remise en état comme suit (Loi de Laplace) :

$$S_{cl} [\%] = (c + 1) 100 / (n + 2)$$

avec :

c [-] = nombre de sondages (fenêtres ou carottes) ou la teneur en chlorures est supérieure à 0,4% M%/ciment du dosage en ciment au niveau de l'armature.


n [-] = nombre de sondages réalisés.

$S_{cl} [\%]$ = Pourcentage de la surface du tablier à ragréer.

Ce pourcentage est à pondérer en fonction de l'état du revêtement et de l'étanchéité, ainsi que du positionnement des sondages.

4. Nettoyage de la structure

Un nettoyage intégral de la structure avec une pression de 100 – 150 bar (= 10 – 15 MPa) ne doit pas se faire systématiquement mais seulement pour les surfaces comportant des dépôts (salissures, mousses, etc.) ou pour les surfaces destinées à recevoir un système de protection de surface selon chapitre 7.4.5 de la norme SIA 269/2 et EN 1504-10 art. 7.2.2.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique K (Ouvrages d'art) Fiche technique Eléments de construction Matériaux – Béton	22 001-14130
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU Division Infrastructure routière I	Remise en état du béton	V2.02 01.01.2023 Seite 3 von 6

5. Enlèvement du revêtement et de l'étanchéité


L'enlèvement du revêtement et de l'étanchéité doit se faire avec soin et sans action mécanique notable sur la surface du béton. La structure du béton ne doit pas être endommagée à la surface. Pour ce qui est des éléments porteurs, il y a lieu de prendre en considération les aspects statiques et dynamiques.

Si l'étanchéité n'est pas entièrement enlevée, un raccord parfait entre l'étanchéité existante et la nouvelle étanchéité doit être garanti par des mesures appropriées.

6. Enlèvement du béton

- Toutes les situations temporaires des travaux qui présentent un danger potentiel pour le chantier ou pour le trafic routier, les piétons et le trafic ferroviaire, doivent être entérinées par la direction des travaux. Les vérifications et plans nécessaires doivent être livrés à temps, c'est-à-dire au moins 2 semaines avant l'enlèvement du béton, par l'entreprise. L'entrepreneur est responsable de l'opération de démolition.
- Les règles indiquées au chapitre 7.4.2 de la norme SIA 269/2 seront respectées. Le béton ne doit pas être enlevé à titre préventif mais seulement en raison de détérioration locale avancée. L'enlèvement doit être limité au minimum nécessaire (voir EN 1504-10 chap. 7.2.5 a).
- Les zones carbonatées seront traitées comme suit :
 - Mesurer le front de carbonatation, le comparer avec l'enrobage des armatures (pronostic sur l'évolution selon loi de Fick ou autre) et déterminer si la corrosion est active.
 - Etudier le principe et la méthode appropriée* selon le tableau 5 de la SIA 269/2 et selon les normes SN EN 1504-1 à 1504-10.

* Attention en cas de béton avec un risque de RAG, un revêtement de protection n'est pas recommandé. Dans ce cas, la méthode de protection devra être validée par un spécialiste RAG.
- Les zones avec des teneurs en chlorures $\leq 0,4\%$ M%/ciment au niveau de l'armature ne nécessitent, en principe, pas une remise en état du béton.
- Les zones avec des teneurs en chlorures $> 0,4\%$ M%/ciment au niveau de l'armature ne nécessitent pas automatiquement une remise en état du béton mais doivent faire l'objet d'une étude détaillée. Cette valeur critique doit être adaptée conformément à l'article 6.3.4 de la norme SIA 269/2. En fonction de l'incidence économique sur la remise en état d'un ouvrage particulier, une définition spécifique à l'objet de la teneur en chlorure critique est envisageable moyennant une analyse détaillée par un laboratoire spécialisé (AGB 677).
- L'enlèvement du béton doit, en principe, être effectué par hydrodémolition à la lance de manière à ne pas endommager le béton restant. L'hydrodémolition au moyen d'un robot est plus invasive et nécessite l'accord préalable de la direction des travaux en fonction du type de surface traitée. Une dernière opération éliminera par hydrodémolition (800 bar) les éléments détachés.
- Les câbles de précontrainte ne doivent pas être dénudés.
- Les armatures ne doivent pas être dénudées à plus de $\frac{2}{3}$ de leur diamètre. Si tel n'est pas le cas, elles doivent être entièrement dégagées. L'espace alors libéré à l'arrière des fers sera fixé en fonction de la granulométrie du béton / mortier afin de permettre un reprofilage parfait. En aucun cas la sécurité structurale ne doit être compromise par l'enlèvement du béton (voir EN 1504-10 chap. 7.2.5 b). Une présence active de la DLT est nécessaire afin de valider les interventions.
- Les profondeurs de décapage prescrites doivent être respectées et contrôlées en permanence. Les écarts doivent être immédiatement signalés à la direction des travaux.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique K (Ouvrages d'art) Fiche technique Eléments de construction Matériaux – Béton	22 001-14130
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Remise en état du béton	V2.02 01.01.2023
Division Infrastructure routière I		Seite 4 von 6

7. Incidence des vibrations sur l'adhérence au support du mortier ou du béton jeune

Les vibrations du tablier induites par le trafic routier ou d'autres causes lors de remises en état sous trafic peuvent engendrer des problèmes d'affaiblissement de l'adhérence au support en fonction des fréquences. Ceci est particulièrement le cas pour des ragréages réalisés en sous-face (intrados).

Des mesures in situ de vibrations sont recommandées pour des ouvrages particulièrement sensibles tels que des ponts mixtes élancés ou des ouvrages avec des consoles importantes par exemple.

Valeurs admissibles des ébranlements (vitesse et déplacements verticaux des vibrations) permettant d'éviter les effets négatifs sur le béton jeune, pour un nouvel élément lié à un élément d'ouvrage existant ou une remise en état :

Classe de risque des travaux de bétonnage et description		Vitesse admissible	Déplacement admissible
Nouveau béton avec liaison à un élément d'ouvrage existant tant ou remise en état	CR1 : mortier ou béton appliqué en face supérieure (extrados)	$v \leq 20 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.6 \text{ mm}$
	CR2 : béton appliqué latéralement (élargissement de console, bordures, parapets)	$v \leq 15 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.5 \text{ mm}$
	CR3 : liaison entre deux parties existantes (par ex. bétonnage d'un clavage)	$v \leq 10 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.3 \text{ mm}$
	CR4 : mortier ou béton appliqué en sous-face (intrados)	$v \leq 5 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.2 \text{ mm}$
CR1 à CR4 :	résistance à la compression du béton jeune* $\geq 5 \text{ N/mm}^2$	$v \leq 50 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.6 \text{ mm}$
	résistance à la compression du béton jeune* $\geq 10 \text{ N/mm}^2$	$v \leq 100 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.6 \text{ mm}$

*Béton jeune : béton pas encore décoffré et avec traitement de cure pas encore effectué

En cas de dépassement des valeurs admissibles, la première mesure consiste à examiner une réduction ou une suppression des vibrations (p.ex. modification de la gestion du trafic ou changement des horaires).

8. Protection contre la corrosion

Une protection contre la corrosion de l'armature peut être appliquée. Dans ce cas, seul un revêtement contenant des pigments actifs est autorisé, selon SN EN 1504-9 (méthode 11.1 selon tableau 6 SIA 269/2).

Les exigences suivantes sont posées à la protection contre la corrosion:


- Degré de nettoyage de l'armature: Sa 2½
- Enduit lié au ciment
- Application sans pores ni bulles

9. Traitement préliminaire du support

Le support en béton doit généralement être mouillé en permanence durant au minimum 24 h juste avant la mise en place du mortier ou du béton.

Avant l'application du mortier ou du béton, il y a lieu d'éliminer les éventuels résidus et flaques d'eau au moyen d'air comprimé exempt d'huile.

La surface préparée doit être réceptionnée par la direction des travaux.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique K (Ouvrages d'art) Fiche technique Eléments de construction Matériaux – Béton	22 001-14130
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU Division Infrastructure routière I	Remise en état du béton	V2.02 01.01.2023 Seite 5 von 6

La qualité mécanique du support peut être déterminée à l'aide d'essais de résistance à la traction.

Le traitement préliminaire prescrit par le fabricant du produit doit être strictement respecté.

10. Remplacement du béton

L'emploi de béton fibré ultra-performant (BFUP), conforme au cahier technique SIA 2052, ne peut être autorisé qu'avec l'accord du spécialiste des ouvrages d'art de l'OFROU (FaS-K).

On évitera de réaliser des ragréages multiples à effet « Patchwork » (durabilité, esthétisme).

Le mandataire prévoira des articles dans le devis descriptif de l'appel d'offre pour un ragréage au mortier concernant les petites surfaces et un ragréage avec un béton de granulométrie appropriée (D_{\max} 8 par ex.) pour les plus grandes surfaces. Des éprouvettes (par ex. « planches d'essais ») devront être prévues.

Le mortier ou le béton produit en centrale doit être transporté par camion-malaxeur. Le matériel livré doit être malaxé dans les règles avant sa mise en place sur le chantier (instruction du fournisseur). Il ne doit pas être malaxé durant le trajet.

Le mortier / béton mis en place devra en principe satisfaire aux prescriptions de la norme SN EN 1504-3, en particulier le tabl. NA.2.

Adhérence :

- Pour une réparation structurale (mortiers de classe R3 ou R4), l'adhérence du mortier, respectivement du béton sur le site sera $\geq 1,5$ MPa (essai 35 du tableau 5 EN 1504-10).
- Pour une réparation non structurale, l'adhérence du mortier, respectivement du béton sur le site sera $\geq 0,7$ MPa (essai 35 du tableau 5 EN 1504-10).
- Si une étanchéité PBD doit être appliquée, le mortier ou le béton mis en œuvre doit être résistant à la chaleur et présenter, après le soudage, une résistance moyenne à l'arrachement sur le site (après 28 jours) d'au moins $1,5 \text{ N/mm}^2$ (avec une valeur minimale absolue de $1,0 \text{ N/mm}^2$) sur l'ancien béton. Il peut être admis que les valeurs de résistance à l'arrachement à 7 jours correspondent à 80 % des valeurs à 28 jours).


Enrobage des armatures :

Les enrobages des armatures des reprofilages au mortier, respectivement au béton respecteront les valeurs nominales du tableau 18 de la norme SIA 262 en fonction de la classe d'exposition. Conformément à l'art. 5.8.2 de la norme SIA 262, il est possible de réduire, dans des cas particuliers, ces valeurs en fonction de la protection de surface choisie.

Pour le cas d'une remise en état de la dalle de roulement devant recevoir une étanchéité conforme à la norme SN 640 450, l'enrobage de l'armature passive sera de $c_{\min} \geq \max [20 \text{ mm}, \varnothing \text{ armature sollicitée}]$.

11. Structures hybrides (Verbundbauteile)

Afin d'éviter la formation prématurée de fissures traversantes dans les éléments hybrides, on veillera à limiter la différence de température entre le nouveau béton (température maximale en cours d'hydratation) et le support, en particulier en cas de bétonnage par temps froid (voir à ce sujet le rapport de recherche AGB 563 « Comportement au jeune âge du béton et limitation de la fissuration traversante des structures hybrides »).

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique K (Ouvrages d'art) Fiche technique Eléments de construction Matériaux – Béton	22 001-14130
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Remise en état du béton	V2.02 01.01.2023
Division Infrastructure routière I		Seite 6 von 6

12. Traitement de cure

Les dispositions de la norme SIA 262, chiffre 6.4.6, sont applicables en substance et doivent être considérées comme exigences minimales (cf. norme 269/2, chiffre 7.4.1.7).

Sur cette base, la surface reprofilée au mortier ou la surface du nouvel élément en béton doit être recouverte de feuilles plastiques, voire de nattes isolantes pendant au moins 7 jours.

Le traitement de cure prescrit par le fabricant du produit doit être strictement respecté.

Les produits d'aspersion (curing) ne sont généralement pas autorisés. Des exceptions peuvent être admises, mais doivent être dûment justifiées.