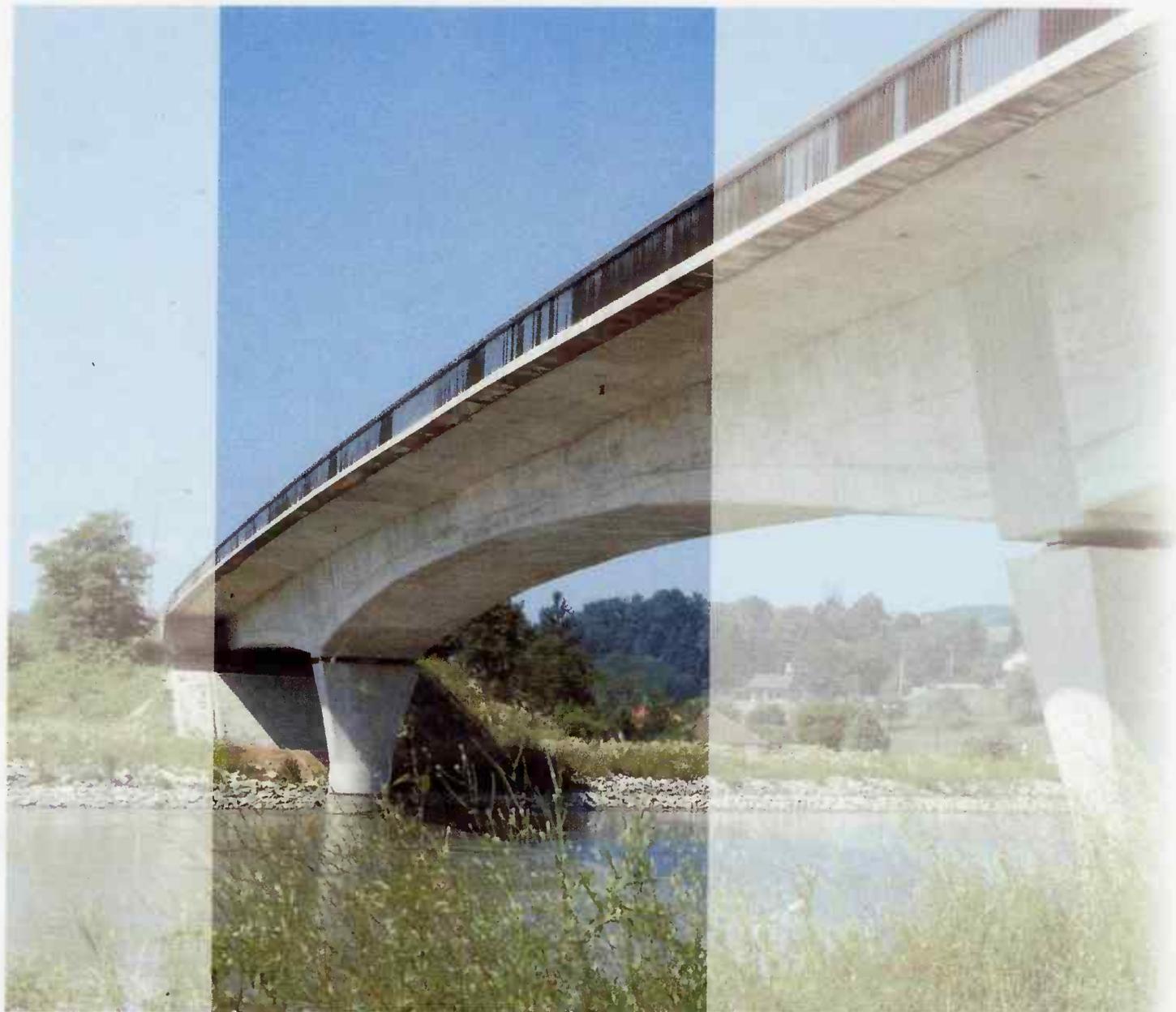




Ministère
de l'Équipement
des Transports
et du Logement

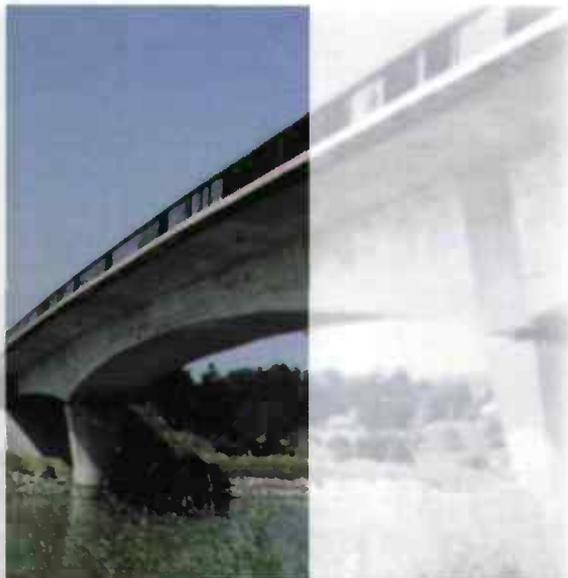


PREVENTION DES PATHOLOGIES COURANTES D'OUVRAGES D'ART

LCPC



présentation



Les visites et les inspections des ouvrages d'art, faites dans le cadre de la surveillance et de l'entretien du patrimoine, mettent souvent en évidence un vieillissement prématuré de certains éléments des structures et des équipements.

L'analyse des défauts rencontrés montre que les problèmes liés à un mauvais fonctionnement mécanique des structures sont rares. Dans la plupart des cas, les défauts sont initiés par une mauvaise conception, un choix de constituants mal adaptés aux conditions d'environnement, des erreurs dans la mise en oeuvre, ou encore un manque d'entretien.

Pour ce qui concerne la conception par exemple, on note qu'une meilleure approche des problèmes à l'amont permettrait d'améliorer de nombreux points de détails. Ainsi on pourrait éviter des erreurs qui s'avèrent coûteuses durant la vie des ouvrages, moyennant des surcoûts mineurs au stade de la construction.

Dans un premier temps, il a été décidé de cibler l'analyse des pathologies existantes sur les erreurs de conception que celles-ci aient des conséquences au cours de l'exécution ou qu'elles n'apparaissent qu'à terme sous forme de désordres ou de difficultés d'entretien et d'exploitation. Par ailleurs, il a semblé raisonnable de ne pas traiter le sujet dans son ensemble mais plutôt par thème. Le premier thème retenu est celui des erreurs de conception qui ont des répercussions sur la durabilité des ouvrages par suite d'une mauvaise protection contre l'eau.

Ce document est un recueil d'informations destiné à sensibiliser les bureaux d'études, les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'oeuvre. Ces derniers, même s'ils n'assurent généralement pas la conception des ouvrages d'art, doivent pouvoir contrôler que certains détails ne sont pas pathogènes à terme.

Le document regroupe des fiches techniques traitant chacune un défaut rencontré de manière fréquente. On a ainsi recensé 16 types de défauts pour le thème concerné dont la liste est donnée dans le sommaire.

Ces fiches ont été conçues avec le souci d'attirer l'attention du lecteur sur les problèmes rencontrés et sur ce qu'il est souhaitable de faire pour les éviter. Toutefois ce dernier point est loin d'être exhaustif car le souci des rédacteurs fût de ne pas plagier d'autres documents plus complets. Le lecteur est donc invité assez souvent à se reporter à une bibliographie dans laquelle sont cités les documents de référence. Cette démarche présente l'avantage de remettre en mémoire ces documents et de les faire connaître aux nouveaux venus dans le métier.

Chaque fiche technique se décompose en 5 rubriques :

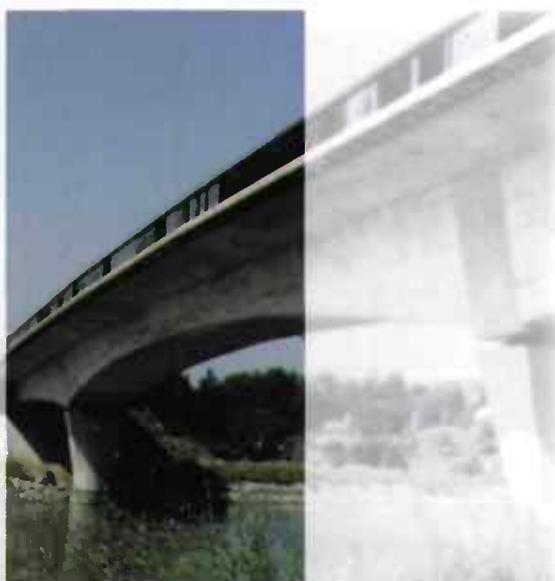
- description du défaut
- analyse du défaut
- conséquences sur les ouvrages
- ce qu'il est souhaitable de faire
- bibliographie

Au cours des travaux qui ont permis d'aboutir à la rédaction de ce document, trois idées fortes ont été dégagées :

- La conception des ouvrages d'art doit prendre en compte l'entretien, sachant que celui-ci doit pouvoir être fait aisément par une maintenance minimum, et la possibilité de remplacer sans difficultés les éléments les plus sensibles.
- La nécessité de développer une coopération beaucoup plus féconde entre les bureaux d'études, les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'oeuvre dès le stade de la décision de construire.
- La protection des ouvrages contre l'eau doit commencer, pour être efficace, par l'établissement d'un projet sérieux de drainage et d'évacuation des eaux de ruissellement dès la définition des profils en long et en travers.

La mise en application de ces principes et des solutions proposées dans les fiches techniques et les documents cités dans les bibliographies devraient grandement contribuer à améliorer la conception générale des ouvrages d'art.

sommaire



PROTECTION CONTRE L'EAU

- 1** Absence d'étanchéité sur tablier
- 2** Absence d'étanchéité sous trottoir
- 3** Défauts d'étanchéité de la chape
- 4** Défaut de relevé d'étanchéité
- 5** Défaut d'étanchéité des joints de chaussée et de trottoir
- 6** Corniches : fuites entre éléments préfabriqués
- 7** Corniche-caniveau : étanchéité inadaptée
- 8** Stagnation d'eau sur les tabliers
- 9** Défaut d'évacuation de l'eau sous les tabliers
- 10** Défaut d'évacuation de l'eau aux abords de l'ouvrage
- 11** Défaut des raccordements des dispositifs d'évacuation des eaux
- 12** Absence de larmier
- 13** Dispositifs de minage
- 14 a** Défaut d'étanchéité au droit des équipements : ancrages traversants
- 14 b** Défaut d'étanchéité au droit des équipements : scellement des gardes-corps
- 14 c** Défaut d'étanchéité au droit des équipements : jonction corniche - trottoir
- 15** L'eau et les reprises de bétonnage
- 16** Traitement des ancrages et des cachetages des câbles de précontrainte

Ce document a été rédigé par un groupe de travail dont la composition est la suivante :

P. BERGER	DDE DU JURA CDOA
M.FRAGNET	SETRA
B. GODART	LCPC
F. MIGLIORI	CETE MEDITERRANEE - LR AIX-EN-PROVENCE
G.PEREZ	CETE DU SUD-OUEST - DOA
D.POINEAU	SETRA
J. PROST	CETE DE LYON - LR DE LYON Animateur
P. QUILLOU *	CETE DE L'EST - DOA

Avec la participation de MM.

JP. BENNETON	CETE DE LYON - LR DE LYON
C. BINET	SETRA
C. BOIS	MISOA
A. CHABERT	CETE DE LYON - DOA
R. CHAUSSIN *	LCPC
G. DELFOSSE *	DDE 17 - CDOA
G. GRIMALDI	DREIF - LREP
P. ROENELLE	CETE DE LYON - LR DE LYON

Les photographies sont issues des photothèques appartenant aux organismes dans lesquels travaillent les membres du groupe de travail.

* R. CHAUSSIN, P. QUILLOU et G. DELFOSSE sont respectivement aujourd'hui à la MISOA, à la DDE 57 et au SETRA.

1 • absence d'étanchéité sur tablier



protection contre l'eau • décembre 1998



description du défaut

Les ouvrages en maçonnerie et ceux en béton armé et précontraint anciens ont souvent été réalisés sans chape d'étanchéité.

C'est aussi le cas aujourd'hui de certains petits ouvrages du type conduits préfabriqués (cadres, voûtes ou tout procédé breveté etc.).



Etat de l'intrados d'un ouvrage en béton armé sans étanchéité.



Intrados d'une voûte d'un ouvrage en maçonnerie sans étanchéité.



Hormis les ouvrages en maçonnerie, l'absence d'étanchéité correspond souvent à des ouvrages pour lesquels :

- la pente du profil en long est importante et favorise l'écoulement naturel des eaux de ruissellement. Mais la présence de matériaux tels que les feuilles, les gravillons, etc. peut entraîner une stagnation d'eau sur le tablier.
- les dimensions, jugées petites, conduisaient à négliger l'étanchéité.
- la précontrainte était considérée comme une technique permettant d'éviter le risque de fissuration (premiers ponts à poutres précontraintes type VIPP ou similaire par exemple).

Les eaux de ruissellement pures ou plus ou moins chargées d'ions agressifs, les conditions climatiques et les conditions d'exploitation de la route, nécessitant en hiver le répandage de sels de déverglaçage, rendent les ouvrages très vulnérables. L'absence d'étanchéité favorise les infiltrations de l'eau. Les ions agressifs sont véhiculés dans la structure de l'ouvrage et provoquent la corrosion des aciers, leur gonflement et la dégradation du béton ou des joints en mortier. L'effet conjugué des chlorures et des cycles gel-dégel est également très pénalisant. Les dégradations seront d'autant plus rapides et plus importantes que les caractéristiques intrinsèques des matériaux et la qualité de leur mise en œuvre sont moins bonnes.

L'étanchéité est souvent négligée également dans la construction d'ouvrages de faible ouverture (passages hydrauliques, passages piétons ou de service notamment ceux bâtis à partir d'éléments préfabriqués juxtaposés).



conséquences sur les ouvrages

L'eau, plus ou moins chargée d'ions agressifs, peut engendrer la désagrégation du béton, du mortier et la corrosion des aciers. L'hydroxyde de fer provoque les éclatements du béton en développant localement, dans la structure, des contraintes de traction aggravant ainsi les effets directs de l'eau sur les matériaux.

La poursuite de ce phénomène entraîne une perte de section du ferrailage qui n'est plus à même de supporter les efforts prévus. La structure se fissure dans les zones les plus sollicitées avant de casser. A défaut de réparation, l'ensemble de la structure peut être concerné.

Dans le cas des ouvrages d'art en maçonnerie, l'absence d'étanchéité peut provoquer une poussée des remblais saturés d'eau et engendrer une dissolution du mortier de jointoiement jusqu'à sa disparition progressive. Celle-ci entraîne généralement une désorganisation de la maçonnerie susceptible de provoquer, dans les cas extrêmes par exemple, une décompression de la voûte voire un affaissement à la clé.



Dissolution du mortier de jointoiement.



Dissolution du mortier de jointoiment avec déplacement des moellons.

Les conséquences sont lourdes économiquement :

- reprise de la structure après purge des zones altérées et passivation des aciers éventuels,
- mise en place d'aciers complémentaires pour rétablir le ferrailage prévu à la construction,
- gêne aux usagers par suite de la démolition de la chaussée.



ce qu'il est souhaitable de faire

ouvrages neufs

Pour tout ouvrage neuf, il est obligatoire de prévoir une étanchéité générale conforme aux dispositions prévues dans les dossiers pilotes du SETRA.

Pour les conduits préfabriqués, l'étanchéité doit concerner toute la structure jusqu'aux semelles.

L'ensemble de ces dispositions est également valable pour les ouvrages réalisés avec des bétons hautes performances et très hautes performances bien que ces bétons offrent des qualités intrinsèques supérieures aux bétons standards, notamment une très bonne compacité.

ouvrages anciens

Pour les ouvrages anciens démunis d'étanchéité, il est indispensable de mettre en œuvre une telle protection.

Il est également souhaitable de limiter la venue des eaux de ruissellement sur l'ouvrage en prévoyant un drainage efficace et des descentes d'eau fonctionnelles avant l'ouvrage et si possible à chaque extrémité. Lorsque le pont est assez long ou situé en point bas du tracé de la route, la mise en place de gargouilles est nécessaire.

Pour les ouvrages en maçonnerie, le guide technique des Ponts-routes en maçonnerie (Protection contre l'action des eaux) définit clairement les positions possibles de l'étanchéité (haute, basse, intermédiaire) et les mesures d'accompagnement. A défaut de pouvoir étancher l'ouvrage dans un délai proche, une mesure de sauvegarde provisoire peut consister à le drainer à partir de barbacanes crépinées situées en quinconce à la retombée et aux reins de la voûte.

- *STER 81 - Sous dossier E. SETRA/CTOA. Bagneux. Juillet 1981, réf: F 8210.*
- *Assainissement des ponts-routes SETRA/CTOA, Juin 1989, réf: F 8940.*
- *Ponts-routes en maçonnerie - « Protection contre l'action des eaux ». Guide Technique. SETRA/CTOA. Mai 1992, réf: F 9231.*
- *CCTG Fascicule 67, titre III - Décret 92-72 du 16-01-92. ou Décret 85-4040 du 03-04-85.*
- *Etanchéité des ponts routes. Avis technique. SETRA/CTOA. Bagneux. Réf: FATET. La liste est consultable sur Minitel 3615 SETRA, elle est régulièrement publiée dans le bulletin « Ouvrages d'Art ».*
- *Fiches techniques 2, 3, 4 et 8.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

2 • absence d'étanchéité sous trottoir



protection contre l'eau • décembre 1998

description du défaut



Très souvent l'étanchéité du tablier s'arrête au niveau de la longrine servant de contre-bordure aux bordures de trottoir ou de support des glissières de sécurité.

Une étanchéité de surface (asphalte ou autre produit du même type) peut être assimilée à une absence totale d'étanchéité pour la partie trottoir. En effet, le vieillissement du matériau non protégé, l'absence de continuité avec l'étanchéité de la chaussée, l'utilisation du trottoir pour les réseaux concessionnaires sont autant de facteurs qui nuisent à la qualité d'une étanchéité superficielle.

De même le drainage à réaliser en position basse du tablier sous trottoir est généralement oublié.



Trottoirs revêtus de dalles préfabriquées. Les joints entre dalles ne sont pas étanches.

L'eau pénètre entre la corniche et le trottoir.

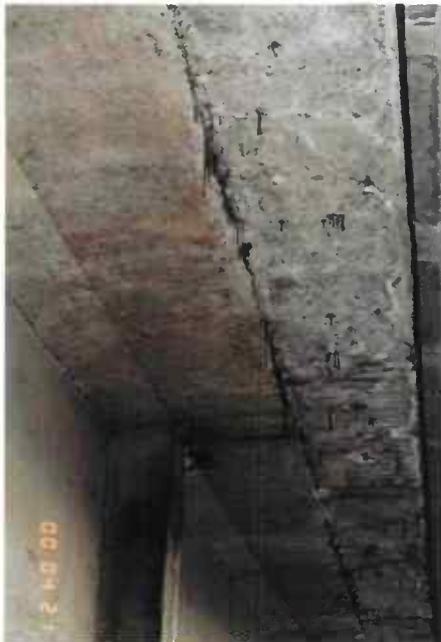




analyse du défaut

L'absence d'étanchéité ou une étanchéité imparfaite en surface favorise les infiltrations de l'eau dans le corps de remplissage du trottoir qui va ainsi se comporter comme une éponge. L'eau ressortira en sous-face du tablier corrodant les aciers et endommageant le béton. Le processus de dégradation sera accéléré si l'eau est chargée de sels de déverglaçage. L'utilisation de dalles préfabriquées sur trottoir illustre parfaitement ce type de défaut.

Pour les ponts à poutres, l'eau endommagera les poutres de rive. Ce phénomène sera accentué dans les zones sensibles (montagne, marine, industrielle, autoroutière...)



Encorbellement d'un tablier avec venues d'eau et stalactites actives.



conséquences sur les ouvrages

Dans la majorité des cas, les conséquences des infiltrations d'eau sont pénalisantes pour l'esthétique de l'ouvrage : traces de calcite et stalactites en sous-face du tablier, corrosion des aciers et éclatements du béton, corniches dégradées, etc.

Mais après plusieurs années, la corrosion des aciers est souvent importante et peut atteindre 100 % pour les petits diamètres. L'état des aciers et la désagrégation du béton conduisent à un affaiblissement de la structure.

Les conséquences de l'absence d'étanchéité sous trottoir peuvent donc être lourdes. Il faudra éventuellement reconstruire une partie de la structure (trottoirs en encorbellement) ou des superstructures (corniches, trottoirs) et réparer d'autres parties endommagées après analyse de l'état des aciers. La réparation peut s'avérer délicate dans le cas de poutres précontraintes par exemple.



Absence d'étanchéité sous trottoirs conduisant à la dégradation de l'encorbellement et des poutres de rive.

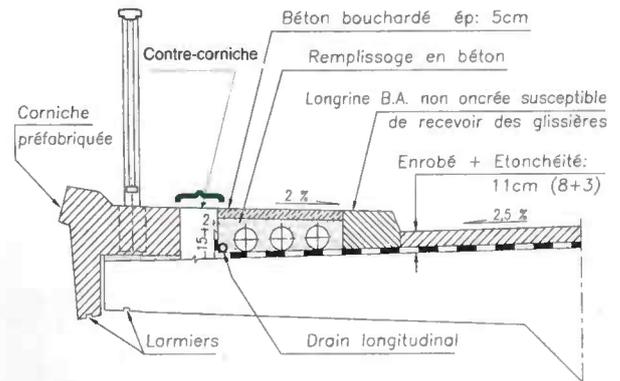


ouvrages neufs

Il est nécessaire de réaliser une étanchéité complète sur l'ouvrage avec remontée dans une engravure prévue dans la contre-corniche.

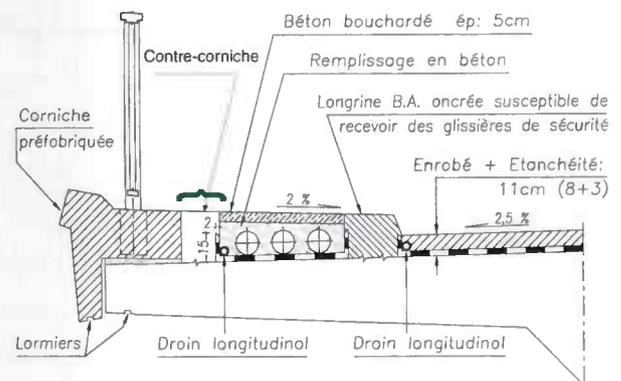
Il faut donc éviter les longrines ancrées dans le tablier qui créent des ruptures d'étanchéité, ces longrines servant de contre-bordure de trottoir ou d'ancrage des glissières de sécurité. Une illustration est donnée sur le croquis ci-contre.

Longrine non ancrée



Pour les ouvrages courts, moins de 15 mètres de longueur, il est nécessaire d'avoir une longrine ancrée lorsqu'elle doit servir à la fixation des glissières de sécurité. Dans ce cas, il faut prévoir sous le trottoir, soit une étanchéité en film mince adhérent au support s'il n'y a pas d'engravure, soit une étanchéité en feuille préfabriquée remontant dans les engravures de la contre-corniche et de la longrine.

Longrine ancrée



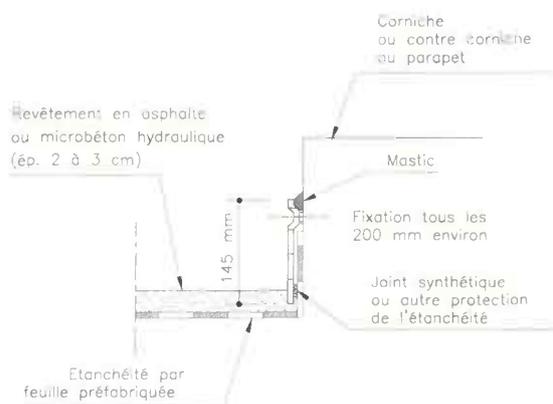
Pour l'évacuation de l'eau aux extrémités de l'ouvrage, il est utile de se reporter aux fiches 5 "défaut d'étanchéité des joints de chaussée et de trottoir" et 14 c "défaut d'étanchéité au droit des équipements: jonction corniche - trottoir".

Remarque: l'accolade  sur les croquis ci-dessus attire l'attention sur le point singulier constituant l'interface corniche/contre-corniche. L'étanchéité de celle-ci pourra être réalisée suivant les techniques préconisées par la fiche 14 c.

ouvrages anciens

Chaque ouvrage est un cas particulier, voici 2 solutions possibles suivant le type d'ouvrage :

- relevé dans un solin métallique aluminium par exemple, fixé dans le support béton ou dans la maçonnerie suivant le dessin de principe ci-contre ;
- pour les ouvrages en maçonnerie, la meilleure solution est de prévoir une dalle générale. Dans cette hypothèse, on se reportera alors aux solutions proposées pour les ouvrages neufs. Toutefois ce n'est pas la seule solution possible cf. document du SETRA sur l'étanchéité des ponts-routes en maçonnerie.



bibliographie

- *Assainissement des ponts-routes. Réf: n°ISBN 2-11-085656-4 (pages 19 & 20).*
- *STER 81 - Sous-dossier E. SETRA/CTOA, Bagneux. Juillet 1981, réf: F 8210*
- *Ponts-routes en maçonnerie - « Protection contre l'action des eaux ». Guide Technique. SETRA/CTOA. Mai 1992, réf: F 9231.*
- *CCTG Fascicule 67, Titre I. décret 85-404 du 03.04.85.*
- *Surveillance et entretien des ouvrages d'art. Instruction technique. Seconde partie. Fascicule 20: Zone d'influence, accès, abords. LCPC/SETRA. En préparation.*
- *Fiches techniques 1, 3, 4, 5, 8 et 14c.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

3 • défauts d'étanchéité de la chape



protection contre l'eau • décembre 1998



description du défaut

Lorsqu'une chape présente des défauts d'étanchéité, l'eau de pluie traverse cette chape et entre en contact avec le tablier.

La chape peut présenter des défauts du type fissures, trous, porosité locale, blessures intempêtes suite au rabotage de la chaussée ou à son découpage, etc.



Fissuration de retrait d'une chape à la jonction de deux couches d'étanchéité réalisées à des dates différentes.



analyse du défaut

Plusieurs causes peuvent être à l'origine des défauts :

- mauvais choix de la chape d'étanchéité (une chape inadaptée au suivi du mouvement des fissures de béton armé d'un tablier, sur pile par exemple).
- non respect des conditions de pose de la chape qui se traduit par la présence de bulles perforantes, de cloques percées au moment de la mise en place des enrobés, de gonfles, de raccords non étanches entre feuilles préfabriquées, etc.
- perforation de la chape par des granulats de l'enrobé ou par les aspérités du support.
- mauvaise exécution des raccords entre la chape et les gargouilles d'évacuation des eaux, les joints de chaussées, etc.
- vieillissement naturel de la chape qui n'a pas été remplacée en temps utile.



conséquences sur les ouvrages

Les conséquences sont semblables à celles décrites dans les fiches 1 "absence d'étanchéité sur tablier", 2 "absence d'étanchéité sous trottoir" et 4 "défaut de relevé d'étanchéité".

L'eau s'infiltré à travers les tabliers en béton par le biais des fissures, des reprises de bétonnage ou de la porosité naturelle du béton. Les conséquences sur les ouvrages peuvent être multiples. Elles sont regroupées ci-dessous en 3 phases successives :

1^{ère} phase



Apparition de taches d'humidité en sous-face, de suintements à travers les fissures, d'efflorescences, de stalactites; ces deux derniers défauts résultant d'une dissolution de la chaux du béton par l'eau qui traverse le tablier.

L'eau, plus ou moins chargée de chlorures (provenant des sels de déverglaçage), attaque les aciers. Dans le cas des aciers passifs, il se produit alors une corrosion entraînant des éclatements de béton plus ou moins localisés avec mise à nu des armatures (exemple de la photo : plaques de béton détachées de la sous-face du tablier). Dans le cas des aciers de précontrainte, l'eau peut rentrer dans les gaines, cheminer sur de longues distances et provoquer une corrosion, voire la rupture de fils ou de torons, sans que ces désordres soient forcément visibles.

2^e phase



3^e phase



L'eau imprègne le béton, dissout certains minéraux, et sous l'effet du passage répété des poids-lourds, éventuellement aggravé par les cycles gel-dégel, il se produit une délamination du béton (sorte de feuilletage) au droit des bandes de circulation qui aboutit à une désagrégation du béton. Celle-ci peut aller jusqu'à la formation de trous dans les hourdis de ponts.

On peut alors en arriver à une fermeture de l'ouvrage au trafic comme le montre la photo ci-contre, puis à son remplacement...





Le STER 81 donne des informations sur le domaine d'emploi et les conditions de pose pour chaque famille de chapes d'étanchéité. Les avis techniques du SETRA donnent des éléments techniques sur le domaine d'emploi et les conditions d'application de chaque produit d'étanchéité. Dans le cas particulier des ouvrages enterrés et remblayés, le fascicule 67, titre III, fournit des spécifications relatives à l'étanchéité.

ouvrages neufs

Choisir une chape adaptée à l'ouvrage que l'on veut protéger (voir STER 81, sous-dossier E, tableau synthétique page 12 du chapitre 1); par exemple, éviter l'utilisation de chapes en bi-couches asphalte sur les VIPP en raison de la présence d'ancrages en extrados.

Choisir une chape adhérente au support et à l'enrobé pour les ouvrages dont la couche de roulement est fortement sollicitée (forte pente, zones de freinage, dévers...).

Respecter les conditions de pose des chapes : préparation du support (sabler ou grenailler le support en cas d'utilisation d'un produit de cure...), adaptation aux conditions climatiques (éviter l'application de chapes minces en résine par temps froid et / ou humide...), respect du processus de pose (bien maroufler les feuilles préfabriquées...).

Soigner les points singuliers (engravures - voir fiches 2 "absence d'étanchéité sous trottoir" et 4 "défaut de relevé d'étanchéité"; pénétrations, par exemple grilles et gargouilles; caniveaux, cachetages de câbles - voir fiche 16 "traitement des ancrages et des cachetages des câbles de précontrainte").

Par temps chaud, recouvrir les chapes à base de bitume le plus rapidement possible, pour éviter le risque de cloquage, ou mettre une protection provisoire si les délais de recouvrement par la chaussée sont trop importants.

ouvrages anciens

Outre la remise en état de la structure, il convient de procéder :

- soit à une réfection complète de la chape d'étanchéité qui doit être adaptée à l'état de surface du tablier;
- soit à une réparation partielle de la chape en soignant les raccordements entre chapes de nature différente. Si la chape est ancienne, cette solution ne constitue qu'un pis-aller. Elle sera admise seulement dans le cas où la réfection complète pose des problèmes insurmontables liés à la gestion du trafic notamment, ou si la zone à réparer est localisée et si sa surface est faible par rapport à la surface totale. Il est conseillé de consulter le réseau technique.

Dans le premier cas, le gestionnaire devra veiller à ce que les opérations d'enlèvement de la couche de roulement, en particulier le rabotage, ne détériorent pas le béton du tablier. Le rabotage doit être utilisé avec de très grandes précautions.

- CCTG, Fascicule 67, Titre I, décret 85-104 du 03-04-85 et Titre III, Décret 92-72 du 16-01-92.
- STER 81 - Sous-dossiers ST et E. SETRA/CTOA. Bagnaux. Juillet 1981, réf: F 8210.
- Etanchéité des ponts routes. Avis Technique. SETRA/CTOA. Bagnaux. Réf : FATET. La liste est consultable sur Minitel 3615 SETRA et elle est régulièrement publiée dans le bulletin « Ouvrages d'Art ».
- Joints de chaussées des ponts routes. Avis Technique. SETRA/CTOA. Bagnaux. Réf : F8879. La liste est consultable sur Minitel 3615 SETRA et elle est régulièrement publiée dans le bulletin « Ouvrages d'Art ».
- Assainissement des ponts routes. Avis Technique. SETRA/CTOA. Bagnaux. Juin 1989, réf: 8940. Pages 19 et 20.
- Ponts mixtes. Recommandations pour maîtriser la fissuration des dalles. SETRA/CTOA. Bagnaux. 1995. Réf: F 9536. Chapitre VII et IX.6
- Fiches techniques 1, 2 et 4.

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

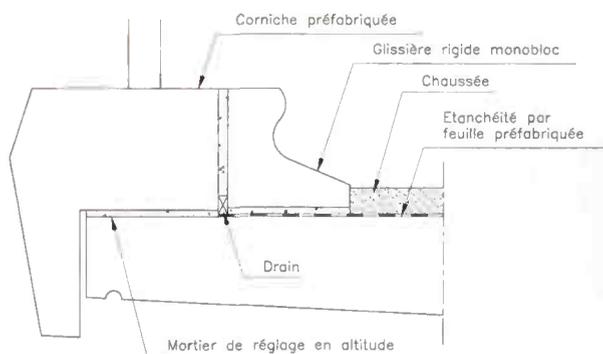


description du défaut

L'étanchéité est un élément important dans un ouvrage par son rôle de protection de la structure et de ses parties vitales contre l'action des eaux. Bien souvent les produits donnent satisfaction pour leur tenue dans le temps et sous l'action du trafic. Mais il est fréquent de constater des défaillances de l'étanchéité consécutives à une absence de relevé de la chape sur les bords, conséquence d'une mauvaise conception du projet ou d'opérations de réfection mal conduites. Ceci est encore plus grave quand cette chape d'étanchéité est en asphalté posée en semi-indépendance. Dans ce cas, il peut y avoir libre circulation de l'eau entre celle-ci et le support. Ces défaillances peuvent se rencontrer aussi avec tous les procédés comportant du bitume dont l'adhérence au support, en présence d'humidité, n'est pas suffisante pour empêcher une contamination à l'interface étanchéité-support en béton.



Ouvrage ne comportant pas de relevé de chape d'étanchéité.

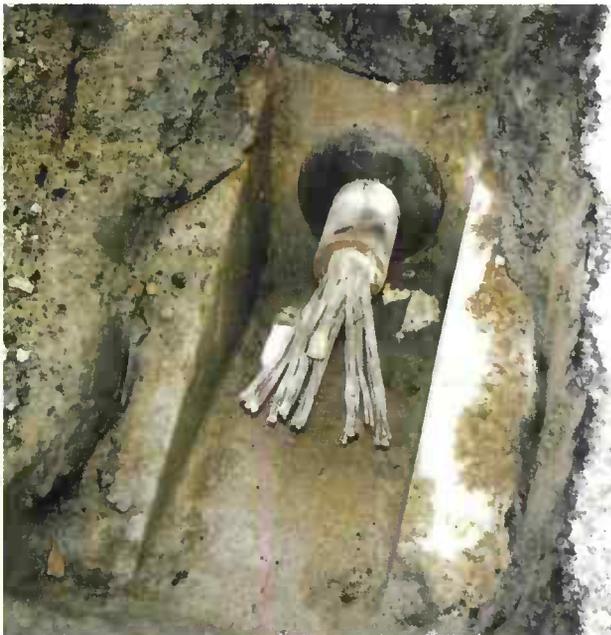


Remarque : le défaut d'étanchéité par absence de relevé d'étanchéité dans une engravure n'est pas le seul cas de possibilité de passage de l'eau par contournement de l'étanchéité. On peut aussi avoir des défauts similaires à la jonction avec les joints de chaussées (cf. Guide « Joints de chaussées » du SETRA de juillet 1986, Chapitre 5), et avec les traversées tels les dispositifs d'évacuation des eaux, les ancrages de certains équipements, etc. Voir fiches 5 "défaut d'étanchéité des joints de chaussée et de trottoir" et 14a "défaut d'étanchéité au droit des équipements: ancrages traversants".



L'absence de relevé provoque l'infiltration de l'eau dans la structure, abondante en point bas du profil en travers surtout si ce défaut est localisé dans le fil d'eau. L'eau ainsi infiltrée peut atteindre des parties vitales de la structure, par exemple les ancrages de câbles de précontrainte relevés en travée, mais aussi, le cas échéant, les câbles de précontrainte transversale. Les étanchéités posées en indépendance, en semi-indépendance selon les définitions du Fascicule 67, titre I, art. 7.1 (celles à base d'asphalte et les procédés routiers ou M.H.C.*) ou non parfaitement adhérentes au support (feuilles préfabriquées), peuvent favoriser une contamination de zones d'interface étanchéité-support, parfois importante et sans commune mesure avec la taille du défaut.

*M.H.C. : *moyens haute cadence*



Ancrage d'un câble de précontrainte relevé en hourdis supérieur du tablier de l'ouvrage. On remarque la dégradation du béton autour de la réservation.



Liaison imparfaite entre le support et la chape d'étanchéité à base de bitume. Ce défaut est assez fréquent avec les systèmes d'étanchéité posés en indépendance ou en semi-indépendance. Les circulations d'eau seront facilitées à l'interface.



conséquences sur les ouvrages

Les conséquences sont une attaque du béton et de ses armatures BA ou BP par l'eau et les éléments transportés provoquant un vieillissement prématuré de l'ouvrage. Cela engendre des réparations souvent coûteuses et gênantes pour le trafic, voire la démolition de l'ouvrage.



Attaque par corrosion des éléments structuraux d'un ouvrage dont la conception (ponts à poutres, manque d'aciers passifs...) et l'exécution (rupture de fils de précontrainte à la mise en tension, défaut d'injection...) le rendaient très sensible dès l'origine.

Le défaut de relevé équivaut à une absence d'étanchéité dans une zone particulièrement sensible.

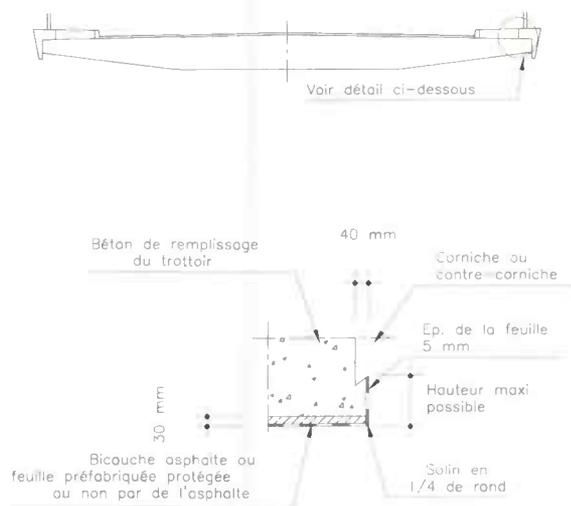
L'inspection détaillée et le bilan de l'ouvrage ont conduit à la décision de sa démolition moins de 15 ans après sa mise en service.



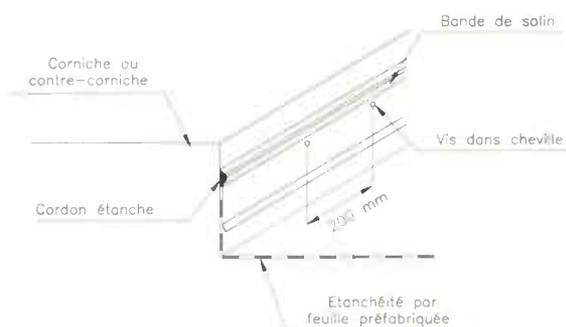
Etat des armatures de précontrainte à l'aplomb des bordures de trottoir dans une partie d'un tablier sans relevé d'étanchéité.



L'étanchéité doit se terminer sur les bords par un relevé dans une engravure conforme au Fascicule 67, titre I, article 9.1.2.3, ou selon les dessins du guide STER 81.

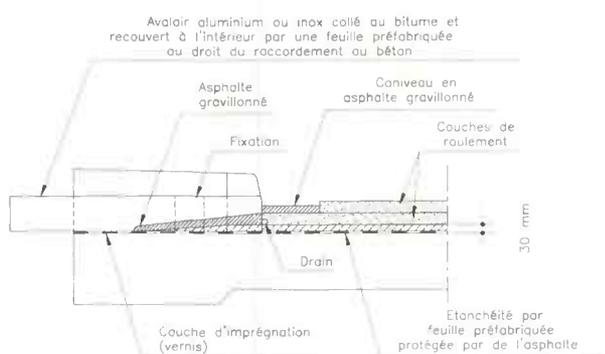


Disposition à prévoir lors de la conception d'une engravure cachée.



Nota: l'étanchéité doit être arrêtée au dessous des points de fixation du solin

Solution de relevé d'étanchéité en l'absence d'engravure. S'il y a lieu, ce dispositif devra être protégé mécaniquement.



Exemple de la poursuite du relevé dans un avaloir vers une corniche-caniveau avec les différents détails de l'étanchéité et de ses connections.

L'étanchéité générale doit être complétée sur la longrine support de garde-corps ou de barrière par une étanchéité de type film mince adhérent au support (spécialement formulée pour résister aux actions atmosphériques : rayons UV, notamment). Voir fiche 14c "défaut d'étanchéité au droit des équipements : jonction corniche-trottoir".

bibliographie

- STER 81 - Sous-dossiers ST et E. SETRA/CTOA, Bagneux. Juillet 1981, réf: F 8210.
- CCTG Fascicule 67, titre I. décret 85-404 du 03-04-85.
- Bulletin de Liaison des Ponts et Chaussées. LCPC n° 68 novembre-décembre 1973.
- Fiches techniques 1, 2, 3, 8 et 14c.

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

5 • défaut d'étanchéité des joints de chaussée et de trottoir



protection contre l'eau • décembre 1998



description du défaut

L'eau de pluie coulant sur l'ouvrage ne franchit pas en totalité le joint de chaussée... On constate par ailleurs que les joints de chaussée sont rarement parfaitement étanches.



Sommier noyé par l'eau provenant du joint de chaussée.



analyse du défaut

Plusieurs causes peuvent être à l'origine du défaut suivant les types de joints :

1 - Les joints étanches

Le défaut peut provenir :

- du vieillissement du matériau, d'un percement ou d'une déchirure du caoutchouc du fait de son enrassement; (photo 1)
- de la destruction des liaisons entre éléments unitaires lorsque le joint d'étanchéité est mis en œuvre en plusieurs tronçons. (photo 2)



Photo 1



Photo 2

2 · Les joints non étanches

Récupération des eaux par bavette :

le défaut a la même origine que dans le cas des joints étanches. En outre, on observe souvent une détérioration de la bavette provoquée par le poids des gravats, ou une déchirure locale par fatigue, souvent au droit des points d'attache, ou par frottements dus aux battements sous l'effet du souffle provoqué par les charges roulantes.



Récupération des eaux par gouttière :

le défaut provient principalement de la rupture des pièces de fixation de la gouttière (sous dimensionnement du dispositif, erreur de positionnement des fixations, emploi de matériaux inadaptés tels que l'acier galvanisé en présence de sels de déverglaçage, etc.).



Dans les deux cas, on peut aussi avoir un défaut de conception des systèmes de récupération.

Le manque ou l'absence d'entretien des dispositifs de récupération des eaux est également un facteur primordial de dégradation.

3 · Absence d'étanchéité du joint de trottoir

Bien qu'un joint de chaussée étanche et son relevé soient prévus, l'élément de joint de trottoir correspondant n'est pas mis en œuvre dans la plupart des cas. Il est alors remplacé par un système généralement très sommaire tel que tôles glissantes, profilé encastré (photo ci-contre), etc. Ce système est la cause d'infiltrations d'eau.



4 - Absence de relevé de joints

L'absence de relevé, généralement constatée, entre le joint de chaussée et le joint de trottoir étanches entraîne des écoulements importants vers la partie inférieure de la structure. La fonction étanchéité du joint est ainsi annihilée.

Remarque : On note aussi l'absence systématique de joint au droit des corniches et des longrines support des dispositifs de retenue qui entraîne des écoulements relativement importants vers les chevêtres.



conséquences sur les ouvrages

L'absence d'étanchéité des joints de chaussée et de trottoir provoque une dégradation de l'about du tablier et en particulier la corrosion des pièces métalliques, des capots et des ancrages des câbles de précontrainte. Les conséquences sont d'autant plus graves que les parties de structure concernées sont situées dans des zones difficilement accessibles.



Des arrivées d'eau importantes sur les chevêtres des culées induisent des coulures inesthétiques sur les murs de front et provoquent, par stagnation d'eau, la dégradation du béton armé de toutes les parties arrosées (éclatements du béton, corrosion des armatures, altérations dues aux cycles gel / dégel).

Le vieillissement des appareils d'appuis est par ailleurs accéléré.

On ne perdra pas de vue que certaines de ces dégradations sont susceptibles d'induire des problèmes de fonctionnement de l'ouvrage.



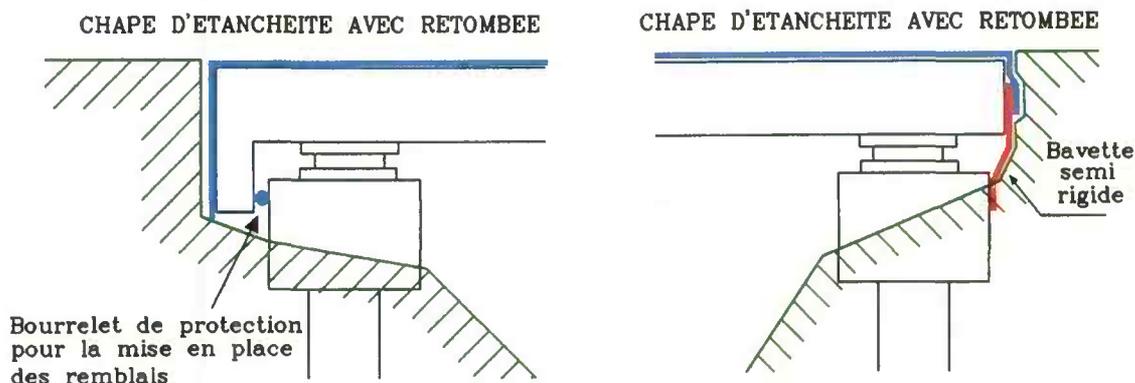
ce qu'il est souhaitable de faire

ouvrages neufs

Il convient de prévoir systématiquement des joints étanches ayant fait l'objet d'un avis technique pour la gamme de souffles où ces modèles existent.

Dans tous les autres cas, un dispositif de récupération des eaux doit être mis en place conformément aux dispositions prévues dans les avis techniques. Le projet prévoira dans le détail, la conception, le dimensionnement et les dispositions constructives du système de récupération. On calculera en particulier, tous les éléments comme s'ils devaient être pleins d'eau ou de gravats.

Si dans certains cas, et pour de faibles souffles, il est décidé de ne pas équiper l'ouvrage de joints de chaussée, il est recommandé d'adopter une des dispositions suivantes et de se référer à l'avis technique du SETRA sur le joint « léger 2 ».



ouvrages anciens et cas où le joint ne présente que des problèmes d'étanchéité

Pour les modèles récents, la réparation consiste à remplacer les pièces défectueuses ou à les mettre en place lorsqu'elles manquent.

Pour les modèles anciens que l'on souhaite conserver du fait de leur bon état structurel, on étudiera la mise en place d'un dispositif de bavette ou de récupération régnant en sous face sur toute la largeur de l'ouvrage (tablier, relevés et trottoirs).

S'il n'y a pas d'adaptation possible, le remplacement par un modèle de joint étanche doit être effectué.

Dans certains cas, il est possible de protéger les abouts de tablier par des feuilles en élastomère retombant verticalement, comme indiqué sur les dessins ci-dessus.

Quelle que soit la solution retenue concernant le dispositif de récupération de l'eau sous les joints, sa conception devra tenir compte des possibilités réelles de mise en œuvre des composants (emplacement minimum pour travailler avec des outils, tels qu'une perceuse par exemple).

bibliographie

- *Joints de chaussée des ponts routes - Guide technique. SETRA/CTOA. Bagneux. Juillet 1986, réf: F 8737.chapitre 6.*
- *Joints de chaussées des ponts routes Avis technique. SETRA/CTOA. Bagneux. Réf : 8879. La liste est publiée dans le bulletin « Ouvrages d'Art », il peut être consulté sur minitel 3615 SETRA.*
- *Fiches techniques 1, 2, 3 et 8.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art



6 • corniches : fuites entre éléments préfabriqués

protection contre l'eau • décembre 1998



description du défaut

La préfabrication rend obligatoire la présence de joints entre les éléments de corniche en béton armé. Ces joints vont servir à reprendre les tolérances de préfabrication et à suivre les éventuels rayons de courbure de l'ouvrage. Ils évitent une fissuration dans les éléments en béton armé que provoqueraient les mouvements, principalement les flèches de la structure sous charge.

Lorsque les joints entre les éléments ne sont pas étanches, l'eau de ruissellement passe au travers et ruisselle sur la structure sous-jacente. Le rôle de larmier de la corniche n'est alors plus assuré au droit de ces joints.



Ruissellement de l'eau entre éléments de corniche préfabriqués.



analyse du défaut

On observe deux causes principales du défaut d'étanchéité entre les éléments de corniche :

- absence de remplissage des joints;
- inefficacité à terme des produits de remplissage utilisés.

La raison essentielle tient au choix des produits tels les mastics inadaptés à la fonction d'étanchéité ou les mortiers de ciment. Ces derniers produits sont souvent mis en œuvre sans précaution, sur des surfaces d'about lisses, non humidifiées, sans ajout de produit améliorant l'adhérence du matériau de remplissage sur le support.

Les mortiers de ciment présentent un retrait important et leur composition ne leur permet pas toujours de résister aux cycles gel-dégel.



conséquences sur les ouvrages

L'absence d'étanchéité entre les éléments préfabriqués de corniche a pour conséquence des ruissellements d'eau non seulement sur ces éléments mais également sur les parois pseudo horizontales et verticales de la structure sous-jacente.

En plus de l'aspect inesthétique des ruissellements, l'eau combinée aux sels de déverglaçage et aux cycles gel-dégel par exemple peut occasionner des dégâts importants par corrosion des armatures et dégradations du béton.

Lorsque la structure présente des fissures transversales débouchant dans les encorbellements, l'eau pénètre dans le béton et peut occasionner des dégradations encore plus importantes atteignant, dans certains cas, les armatures de précontrainte transversale.

Il est intéressant, à cet égard, de se reporter à la rubrique conséquences sur les ouvrages des fiches techniques 1 "absence d'étanchéité sur tablier", 2 "absence d'étanchéité sous trottoir", 3 "défauts d'étanchéité de la chape", 4 "défaut de relevé d'étanchéité et 8 "stagnation d'eau sur tablier". Les dégradations décrites peuvent également être engendrées par le type de défaut mentionné ci-dessus.

Sur les ouvrages mixtes ayant une pente transversale déversée vers l'intérieur, l'eau chemine à l'intrados. Elle peut atteindre la zone de connexion de la charpente avec le hourdis en béton armé et provoquer une corrosion des connecteurs.



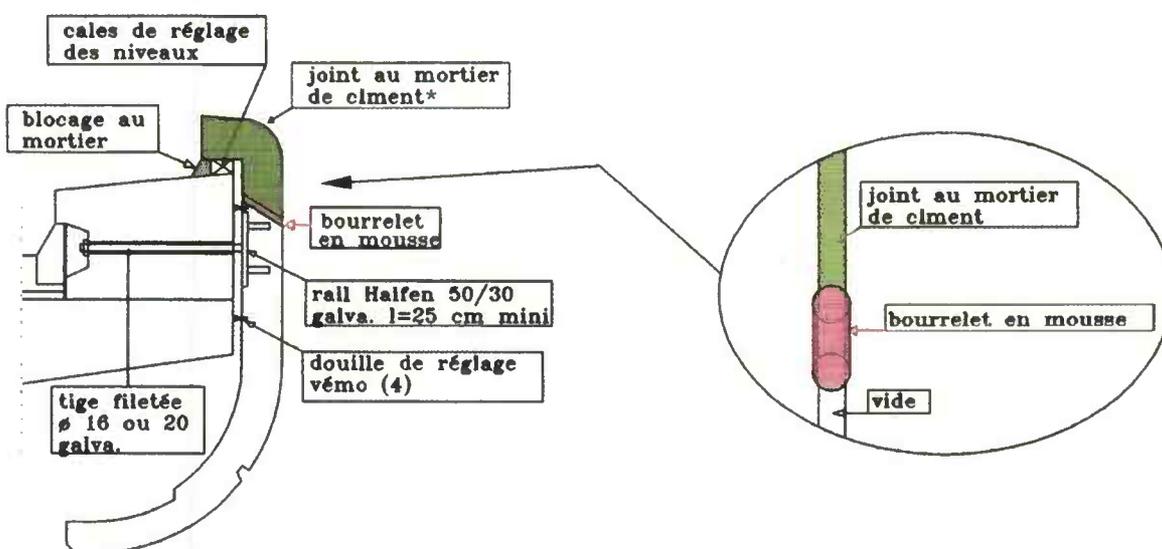
ce qu'il est souhaitable de faire

L'aménagement d'une étanchéité entre les éléments de corniche est absolument indispensable. L'étanchéité peut être réalisée soit avec des produits de remplissage coulés, soit avec des profilés existants dans le commerce qui seront collés au support.

Utilisation de produits de remplissage :

il faut prévoir un fond de joint en mousse et un remplissage :

- soit avec un mortier de ciment modifié par des polymères (cf. dessin ci-dessous);



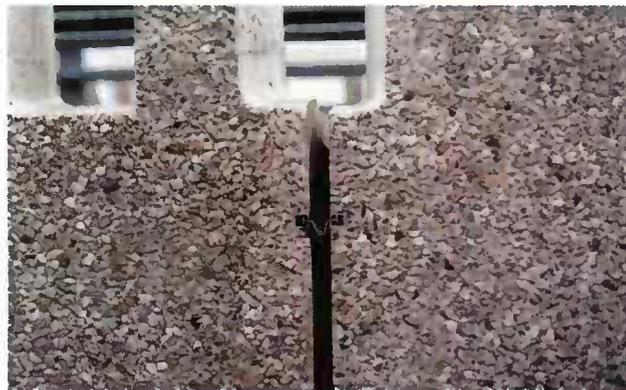
Position d'un fond de joint en mousse entre 2 éléments de corniche et mise en place du garnissage au mortier en ciment

*Joint au mortier de ciment: il s'agit d'un produit prêt à l'emploi à base de liant hydraulique et amélioré avec un polymère.

- soit avec des mastics agréés par le SNJF (Syndicat National des Joints en Façade), ayant une durabilité adaptée au contexte de l'ambiance des ponts (de préférence en polyuréthane avec un primaire d'accrochage) et une mise en œuvre conforme à la fiche technique éditée par le fabricant. Un mortier de résine époxydique peut également être utilisé.

Utilisation de profilés :

exemple pour un ouvrage neuf d'une solution d'obturation du joint entre 2 éléments avec un type de profilés spéciaux couramment utilisés dans le bâtiment.



Détail du profilé.

bibliographie

-
- *Guide technique GC fascicule « corniches » SETRA/CTOA. Bagneux. Décembre 1994, réf: F 9467, notamment le paragraphe 3.2.6.1.*
 - *Fiches techniques 1, 2, 3, 4 et 8.*

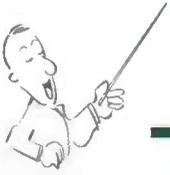
Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

Cette fiche fait partie d'un ensemble disponible au bureau de vente du SETRA. Elle ne peut être vendue séparément
LCPC, 58, boulevard Lefebvre 75732 Paris Cedex 15
SETRA, 46, avenue Aristide Briand BP 100 92223 Bagneux Cedex

7 • corniche-caniveau : étanchéité inadaptée



protection contre l'eau • décembre 1998



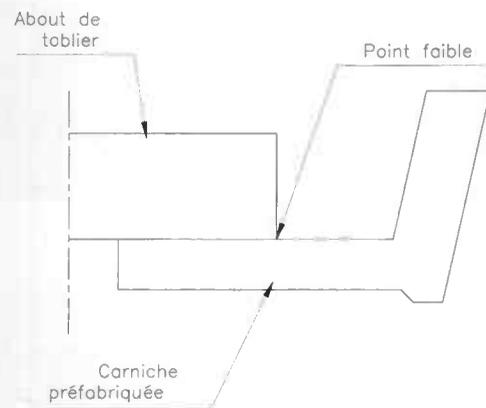
description du défaut

Le recueil des eaux de ruissellement dans une corniche-caniveau est une disposition technique qui présente beaucoup d'intérêt. Les premières corniches-caniveaux ont été réalisées en béton armé et si ce matériau reste encore utilisé, il est fréquemment remplacé par des chéneaux en alliage d'aluminium ou en acier inoxydable.

Dans le cas du béton armé, il est important de bien protéger le matériau contre l'agression des eaux en mettant une étanchéité. Trop souvent, le choix de la technique s'est orienté vers des solutions à base de feuilles préfabriquées :

- en caoutchouc butyle collées au béton, avec une colle adaptée ;
- à base de bitume (élastomère ou non) soudées en plein au chalumeau.

Quelquefois la corniche-caniveau est conçue sans étanchéité (voir photo ci-dessous).



Exemple d'une corniche-caniveau avec une étanchéité constituée de feuilles bitumineuses dont certaines sont décollées.

Ces défauts peuvent avoir des conséquences graves en cas de pénétration de l'eau dans le béton.



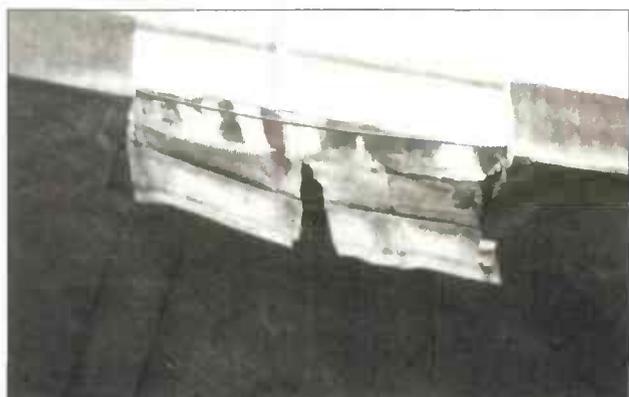
L'exiguïté de la zone à traiter rend difficile une mise en place dans les règles de l'Art. La mauvaise tenue dans le temps de ces matériaux, inadaptés à ce domaine d'emploi, provoque, sous les effets directs du soleil, de l'air et de l'eau, des décollements entraînant un défaut de l'étanchéité.

Au bout de quelques années, l'absence ou la perte de l'étanchéité entraîne l'attaque du béton de la corniche et surtout la corrosion des armatures de liaison des éléments de corniche à la structure en particulier si elles sont en partie basse du caniveau.



conséquences sur les ouvrages

L'inadaptation du choix du matériau vis-à-vis de l'environnement et de la fonction qu'il doit assurer peut avoir des conséquences très graves.



Dans le cas des corniches-caniveaux, les conséquences des défauts d'étanchéité sont le vieillissement prématuré du béton, la corrosion des aciers de béton armé, l'éclatement du béton, la chute de morceaux, etc.



La corrosion, atteignant les armatures de liaison des éléments de corniches à la structure, peut provoquer une rupture de celles-ci et la chute des éléments préfabriqués sur la voie inférieure.

Cet incident est relativement brutal même dans le cas où il a pu être mis en évidence des défauts d'alignement constituant souvent des signes annonciateurs de problèmes.

Nota: Les conséquences sont généralement sans gravité pour la structure proprement dite. Seul le coût financier de la réparation ou du remplacement de la corniche-caniveau est à prendre en considération.

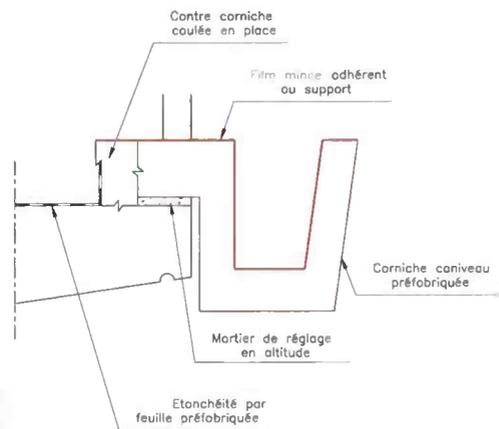
Par contre de tels défauts sont une cause d'insécurité pour le personnel chargé de l'entretien, dans la mesure où la corniche-caniveau devient incapable d'en supporter le poids, alors qu'il faut bien en assurer l'entretien.

En outre, si la voie inférieure est circulée, la sécurité de l'utilisateur n'est plus garantie.



Il est nécessaire de faire le choix d'une technique d'étanchéité adaptée à cette partie d'ouvrage.

La seule étanchéité valable est l'étanchéité par film mince adhérent au support (à base de polyuréthane ou similaire) conforme au fascicule 67, titre I, du CCTG, comme le montre le dessin ci-contre. L'épaisseur du film est définie dans l'article 11.2.3. En parement vertical, l'épaisseur minimale du film sera de 1,5 mm. En outre le produit devra être résistant à l'action des UV et des agents atmosphériques. Une protection mécanique du film en fond de caniveau peut être envisagée pour éviter son endommagement au cours des opérations d'entretien.



Des précautions sont à prendre à la jonction des éléments. Il faut prévoir un pontage en intégrant, par exemple, une armature textile dans le film, afin d'éviter les fuites de l'eau véhiculée dans la corniche-caniveau. Dans ce cas en effet, les traitements des joints entre éléments préfabriqués de corniche décrits dans la fiche technique 6 "corniches: fuites entre éléments préfabriqués" ne sont pas suffisants. Il est conseillé de consulter le réseau technique.

Par ailleurs la conception de la corniche-caniveau doit être étudiée pour que les reprises de bétonnage des scellements assurant la connexion de la corniche avec la structure, ne soient pas directement en contact avec l'eau ruisselant dans la corniche-caniveau.

La jonction entre le fil d'eau et la corniche-caniveau doit faire l'objet de dessins de détail en liaison avec les différents spécialistes (étancheur, maçon, poseur de la corniche, concepteurs des réseaux techniques, etc.). Un exemple de raccordement d'un avaloir dans une corniche-caniveau est donné dans la fiche technique 4 "défaut de relevé d'étanchéité", rubrique "ce qu'il est souhaitable de faire".

bibliographie

- *Assainissement des ponts-routes. SETRA/CTOA. Bagneux. Juin 1989, réf: F 8940, chapitre 3.*
- *Fascicule 67, titre I du CCTG. Décret 85-404 du 03-04-85.*
- *Avis Technique sur l'étanchéité des ponts-routes. SETRA/CTOA. Bagneux. Réf: FATET. La liste est consultable sur Minitel 3615 SETRA et elle est régulièrement publiée dans le bulletin «Ouvrages d'Art».*
- *Fiches techniques 4 et 6.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

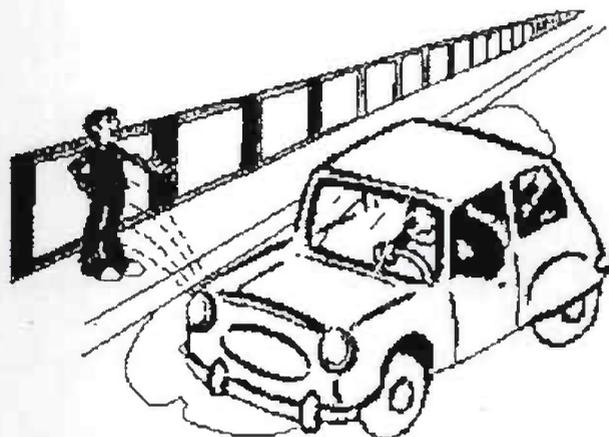
Cette fiche fait partie d'un ensemble disponible au bureau de vente du SETRA. Elle ne peut être vendue séparément
LCPC, 58, boulevard Lefebvre 75732 Paris Cedex 15
SETRA, 46, avenue Aristide Briand BP 100 92223 Bagneux Cedex



description du défaut

Lors de fortes pluies, l'eau ne s'évacue pas assez rapidement de la chaussée.

Après les pluies, des flaques d'eau subsistent et le passage des véhicules provoque des projections sur une partie de la structure et de ses équipements.



Une quantité d'eau importante stagne sur la chaussée de cet ouvrage. Le développement de la végétation est, en outre, favorisé.



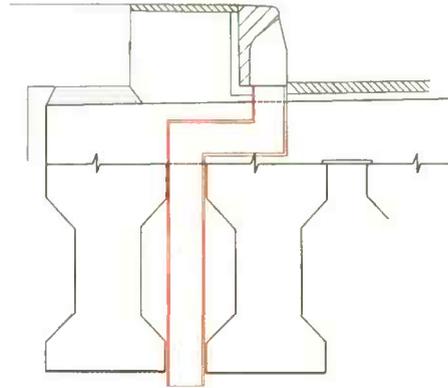
analyse du défaut

Plusieurs causes peuvent être à l'origine du défaut :

- les tabliers ne présentent pas toujours une pente favorable à une bonne évacuation de l'eau ;
- le dimensionnement des ouvrages d'évacuation des eaux est insuffisant ;
- la position des gargouilles est incorrecte ;
- le tracé des conduits d'évacuation est inadapté.

Des erreurs d'exécution ou un manque d'entretien peuvent amplifier les phénomènes :

- les flaches constatées lors de la réception de l'extrados du tablier ne sont pas systématiquement traitées avant la mise en œuvre de la chape d'étanchéité;
- le rechargement de la couche de roulement obture les avaloirs;
- le nettoyage des ouvrages d'évacuation des eaux est trop souvent négligé ou la forme et le tracé de ceux-ci rendent cette opération très difficile comme le montre la photo ci-dessous.



Une mauvaise conception telle qu'une partie de canalisation horizontale entre deux coudes à 90° retient les matériaux et rend rapidement inefficace le système d'évacuation comme le montre le schéma ci-dessus.



conséquences sur les ouvrages

Les projections arrosent les trottoirs et les équipements. Ceci entretient une humidité préjudiciable à la durabilité des matériaux.

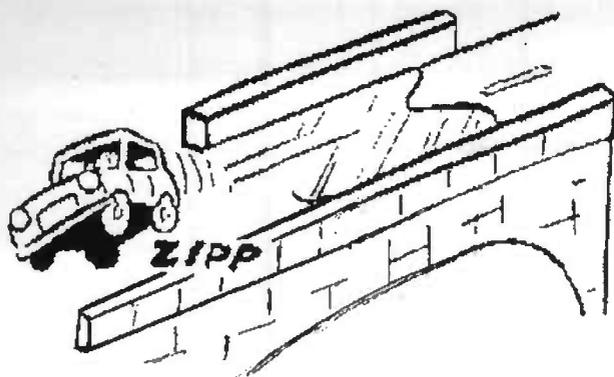
Les cycles gel-dégel et la présence de sels de déverglaçage accélèrent les dégradations :

- écaillage du béton des corniches, des longrines, des plots d'ancrage, etc;
- oxydation des pièces métalliques telles que les glissières, les barrières, les garde-corps, les supports divers, les systèmes de fixation, etc.

Une dégradation prématurée des bétons bitumineux de chaussée en immersion prolongée dans l'eau est également possible.

La dégradation des plots d'ancrage et la corrosion des systèmes de fixation peuvent altérer l'efficacité des dispositifs de sécurité comme le montrent les photos ci-dessous.





Les stagnations d'eau peuvent être à l'origine de l'aquaplanage et de la présence de plaques de glace en hiver. Elles peuvent également induire des projections d'eau sur les voies franchies (l'effet de surprise ainsi provoqué peut s'avérer dangereux pour l'utilisateur).



ce qu'il est souhaitable de faire

ouvrages neufs

Le profil en long général de la voie doit être étudié en amont de la conception de l'ouvrage et avoir, dans la mesure du possible, une pente minimale de 1 % pour obtenir une bonne évacuation. En tout état de cause, une pente transversale minimale de 2,5 % sera prévue sur l'ouvrage. Pour le cas particulier des ouvrages en S avec changement de sens de dévers, on vérifiera qu'en tout point de l'extrados, la pente « instantanée » est supérieure ou égale à 1 %.

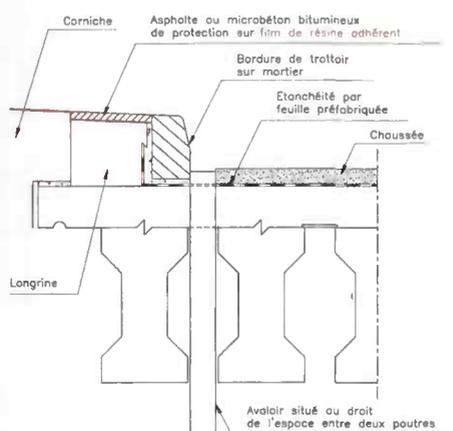
Ces conditions étant réalisées, on ne perdra pas de vue qu'une réception de la surface du tablier est indispensable et que toute présence de flaches fera l'objet :

- soit d'un ragréage au mortier de résine dans le cas de défauts localisés ;

- soit d'un reprofilage dans le cas de flaches plus importantes, avec des matériaux adaptés. Ceux-ci sont décrits dans le document guide technique « choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton », cf. bibliographie.

Le système de drainage et d'évacuation des eaux doit être conçu dès l'établissement du projet d'aménagement routier :

- les avaloirs devront être au droit du fil d'eau. Leur décalage sous les trottoirs est fortement déconseillé car il est souvent la cause du ralentissement des évacuations et de difficultés d'entretien ;



- les avaloirs seront placés aux points bas ou dans les zones de pente. Pour les tabliers plats, il est fortement conseillé de multiplier leur nombre ;

- les évacuations à proximité ou sur les chevêtres devront être telles qu'il soit possible de drainer l'eau dans un caniveau et de l'évacuer dans un regard situé en pied de culée. La conception du système d'évacuation des eaux jusqu'au regard devra faire l'objet d'une attention particulière dans les zones sensibles au vandalisme ;

- le tracé des évacuations à travers le tablier sera le plus rectiligne possible en excluant tout coude à 90° ;
- il ne faut pas hésiter à surdimensionner les systèmes d'évacuation, l'expérience montrant que l'entretien de ces dispositifs est trop rarement effectué. Le diamètre intérieur des tuyaux par exemple doit être au minimum de 100 mm.

ouvrages anciens

Lors de la réfection de la couche de roulement ou de la chape d'étanchéité, il conviendra de supprimer ou de diminuer l'importance des flaches, d'améliorer la pente transversale de l'ouvrage, de rétablir un réseau d'assainissement adapté en créant notamment des gargouilles judicieusement implantées et des systèmes d'évacuation au sol.

L'élimination des flaches de grande surface peut être faite par un reprofilage localisé ou généralisé avec des bétons bitumineux spéciaux avant la mise en place de l'étanchéité à base de matériaux bitumineux. Sur les ouvrages ayant peu de pente, la solution consistant à faire le reprofilage sur l'étanchéité présente l'inconvénient d'immerger localement la base des enrobés.

En outre, il est indispensable de mettre en œuvre une politique d'entretien approprié.

bibliographie

- *Assainissement des ponts-routes, SETRA/CTOA. Bagnex. Juin 1989. Réf : F 8940.*
- *Aménagement des routes principales. Guide technique. SETRA/CTOA. Bagnex. Août 1994, réf : B 9668.*
- *Guide Technique, choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton. SETRA/LCPC. Bagnex. Août 1996. Réf : 9613.*
- *Fiches techniques 1, 2, 3, 4, 9, 12 et 14 a, b et c.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

9 • défaut d'évacuation de l'eau sous les tabliers

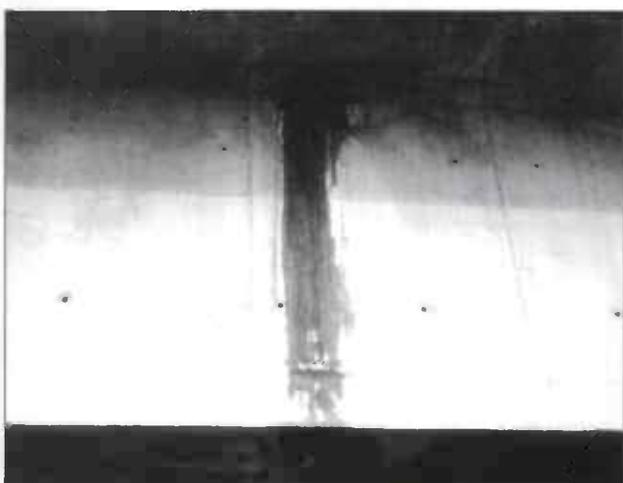


protection contre l'eau • décembre 1998



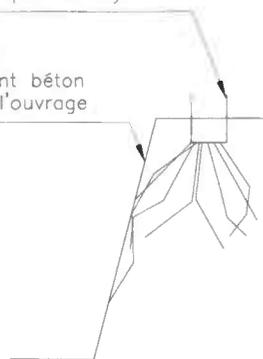
description du défaut

Le dispositif d'évacuation de l'eau n'est pas raccordé à un système complet d'assainissement et l'eau de ruissellement est évacuée directement en chute libre. Faute de dispositions adéquates, l'eau de pluie est rabattue sur des parties verticales de la structure et les âmes des ponts caissons où elle provoque des souillures, puis un début d'attaque du béton et à terme la corrosion des armatures.



Gargouille non prolongée par un tuyau

Parement béton de l'ouvrage



Gargouille affleurant le béton de l'intrados de l'encorbellement d'un pont caisson.



Nota :

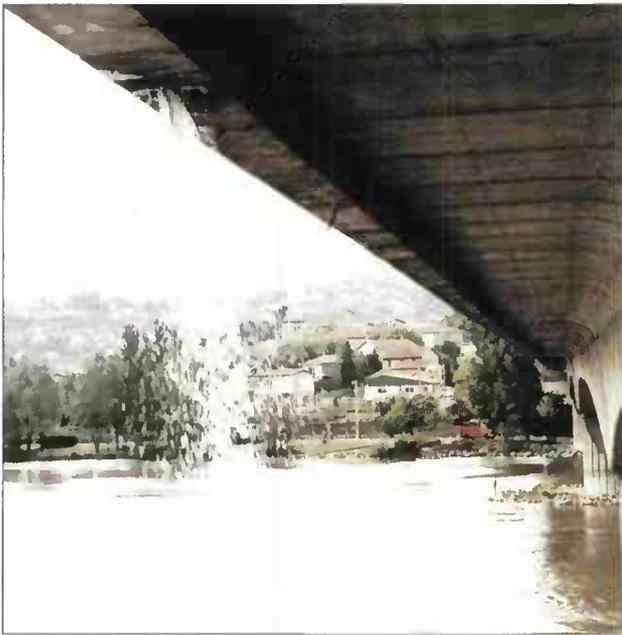
Le dispositif présenté sur la photo ci-contre peut sembler a priori satisfaisant. Il réunit cependant deux inconvénients :

- la sortie trop près du parement ne protège pas la structure des projections, dès lors qu'il y a un peu de vent et que les débits sont faibles.
- le coude à 90° sera rapidement obstrué. Les coudes sont en outre très fragiles.

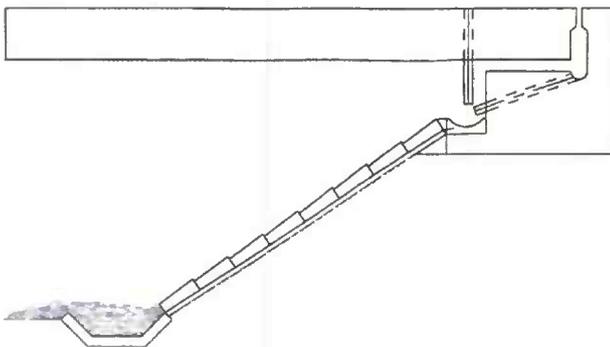


L'existence d'un tuyau trop court en débouché en dessous du tablier entraîne de nombreuses projections d'eau de ruissellement sur les parois de béton situées à proximité.

La non prise en compte des risques pour l'environnement conduit souvent à ne pas prévoir de raccordement à un réseau de collecte des eaux de ruissellement. Des rejets directs dans la nature (voir photos précédentes et ci-dessous) sont alors inévitables d'où des conséquences fâcheuses pour l'environnement en cas de déversement de produits dangereux sur l'ouvrage.



Par ailleurs les ouvrages de réception en contrebas ne sont pas toujours bien étudiés. Par exemple, une hauteur de chute trop importante provoque une érosion de la zone de réception. Des débordements sont également possibles lorsqu'ils sont sous-dimensionnés comme le montre le schéma ci-dessous.



Ouvrage de réception des eaux mal adapté.



conséquences sur les ouvrages

En premier lieu les conséquences sont d'ordre esthétique, mais la présence d'eau finit par provoquer une attaque du béton et une corrosion des armatures de peau, voire de la précontrainte au droit des systèmes d'ancrage.

Un vieillissement prématuré de l'ouvrage est à craindre.



L'eau s'écoule directement sur le talon d'une poutre.



ce qu'il est souhaitable de faire

Tous les dispositifs d'évacuation des eaux doivent être raccordés à des tuyaux de collecte tels que le montrent par exemple les photos suivantes.



Système de collecte de toutes les eaux de ruissellement du tablier :

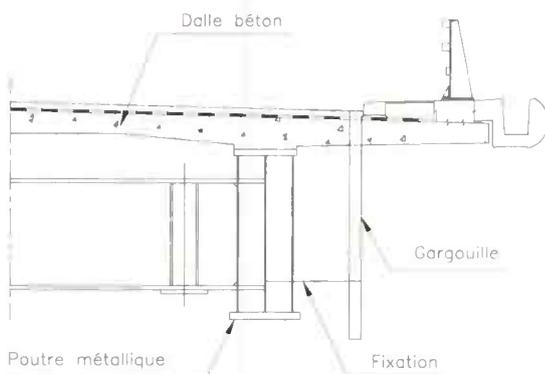
- fils d'eau;
- joints de chaussée.



Aménagement évitant les ruissellements sur les parements.

L'extrémité inférieure des tuyaux d'évacuation doit être située au dessous du niveau inférieur des parties de structure (poutre, caisson, etc.) pouvant être atteintes par les projections d'eau. Cette disposition est un minimum à prévoir.

Si l'étude d'impact conclut à un risque de pollution des zones situées au droit du point de chute des eaux recueillies par les avaloirs, la mise en place d'un collecteur sera nécessaire. Voir fiche 11 "défaut des raccordements des dispositifs d'évacuation des eaux".



Disposition à prévoir dans le cas d'un pont à poutres métalliques.

La gargouille est fixée en point bas de la structure.

bibliographie

- *Assainissement des ponts-routes. SETRA/CTOA. Bagnex. Juin 1989, réf: F 8940. cf. paragraphe II.2.2, page 24.*
- *Loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et ses décrets d'application.*
- *Fiche technique 11.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

10 • défaut d'évacuation de l'eau aux abords de l'ouvrage



protection contre l'eau • décembre 1998

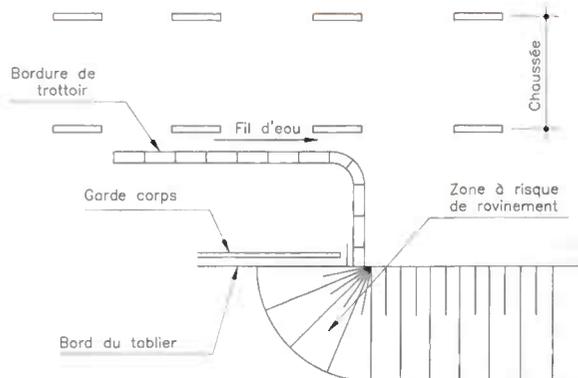


description du défaut

La continuité du passage de l'eau entre le tablier d'un pont et la chaussée supportée par les remblais d'accès à l'ouvrage est très délicate à assurer efficacement du fait du comportement des remblais et de la nécessaire transition de nombreux équipements: barrières de sécurité, prolongement des trottoirs, canalisations de services publics, etc.



Faute d'avoir assuré cette continuité, on peut observer, dans le cas où l'eau de ruissellement est mal canalisée, une érosion importante du remblai avec une descente des matériaux dans la zone du quart de cône.



Aucun dispositif d'évacuation des eaux recueillies au droit du chevêtre n'est prévu. Les faces latérales de l'about du tablier sont noyées dans les remblais qui envahissent le chevêtre.



Dans la zone d'accès à l'ouvrage, le remblai ne comporte pas de dispositifs particuliers pour assurer un bon écoulement des eaux de ruissellement.

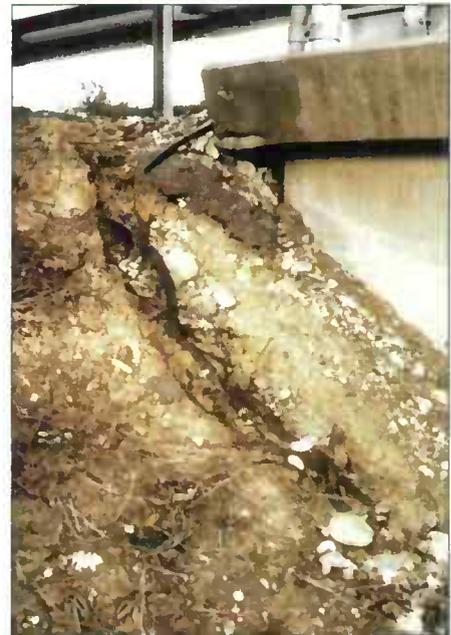
Lorsque des dispositions ont été prises, il est fréquent de constater qu'elles ne sont pas bien conçues: mauvaise prise en compte du tassement des remblais, équipements de recueil des eaux inadaptés ou mal implantés, etc.



conséquences sur les ouvrages

Un drainage et une collecte des eaux de ruissellement inadaptés provoquent à terme :

- une érosion régressive sous la dalle de transition quand celle-ci existe, un risque non négligeable de mouvement ou de fissuration de la culée, surtout si elle est fondée superficiellement. L'augmentation de la teneur en eau des matériaux du remblai peut accentuer le phénomène ;
- une instabilité des quarts de cônes nuisant, entre autres, à l'ancrage des dispositifs de retenue mettant ainsi en cause la sécurité des usagers ;
- un colmatage des réseaux d'assainissement inférieurs par apport de matériaux.



ce qu'il est souhaitable de faire

Les dispositifs décrits sur les photos ci-dessous et page suivante permettent d'assurer une évacuation des eaux correcte dans la plupart des cas.



Abaissement progressif de la bordure de trottoir pour éviter l'arrivée de l'eau au ras de la culée.



Evacuation des eaux à l'extrémité de l'ouvrage par un avaloir scellé en pied, au départ du caniveau de descente par, tuiles emboîtées, construit sur le perré.



Disposition type de raccordement du fil d'eau à un caniveau de descente par tuiles emboîtées.



Collecte et raccordement à une descente d'eau.

D'autres dispositions peuvent conduire à une nette amélioration de l'évacuation de l'eau dans ces zones sensibles, il faut :

- prévoir un voile en béton armé en tête du chevêtre pour empêcher les matériaux de remblais de «couler» sur le chevêtre, comme l'indique la photo ci-contre ;



- rendre compatible les équipements d'assainissement, de sécurité (notamment les raccordements entre les différents modèles de barrières) et les chambres de tirages destinées aux concessionnaires. Un plan rassemblant tous les équipements prévus aux abords de l'ouvrage, sur une quinzaine de mètres avant les joints de chaussée, serait un outil très utile pour assurer cette compatibilité.

Il serait également très souhaitable de placer la partie "abords immédiats de l'ouvrage" sous la responsabilité du projecteur du pont.

bibliographie

- *Assainissement des ponts routes. SETRA/CTOA. Bagneux. Juin 1989, réf: F 8940. cf. paragraphe I.2.6, page 18.*
- *Assainissement Routier - Recommandations SETRA/LCPC. Bagneux. 1982. Réf: C 8208.*
- *Fiche technique 11.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

Cette fiche fait partie d'un ensemble disponible au bureau de vente du SETRA. Elle ne peut être vendue séparément
LCPC, 58, boulevard Lefebvre 75732 Paris Cedex 15
SETRA, 46, avenue Aristide Briand BP 100 92223 Bagneux Cedex

11 • défaut des raccordements des dispositifs d'évacuation des eaux



protection contre l'eau • décembre 1998



description du défaut

Les eaux collectées par les caniveaux ou les corniches-caniveaux sont évacuées en différents points des ouvrages par des avaloirs, des gargouilles ou des déversoirs raccordés à des dispositifs qui conduisent les eaux aux fossés ou aux collecteurs.

Ces dispositifs sont souvent incomplets, interrompus, déboîtés ou cassés, parce qu'ils sont mal conçus.



Tuyau d'évacuation déboîté entraînant le ruissellement de l'eau sur le remblai.

Remarque : la succession de deux coudes à 90° rend pratiquement impossible le nettoyage de la canalisation. Cette configuration n'est pas une solution acceptable, voir fiche 9 «défaut d'évacuation de l'eau sous les tabliers».



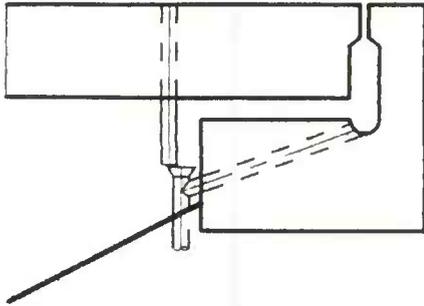
Dans le cas des corniches-caniveaux, les déversoirs évacuent tout ou partie des eaux en dehors des regards ou après les regards et hors des dispositifs d'évacuation. Les eaux rejoignent alors la rivière en parcours direct.



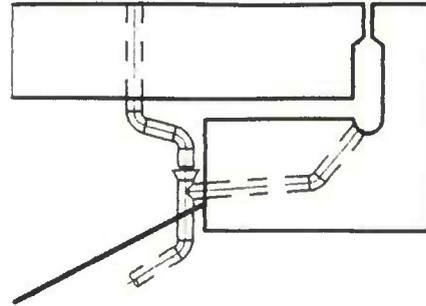
analyse du défaut

Les variations dimensionnelles du tablier liées aux variations de température, au retrait et au fluage entraînent des mouvements relatifs entre le tablier et les appuis qui peuvent être très importants pour les ouvrages longs.

Les dispositifs d'évacuation des eaux sont rapidement détériorés par l'effet des mouvements du tablier et ne peuvent plus remplir leur fonction.



Entonnoir ayant un diamètre insuffisant compte tenu des variations linéaires.



Coudes et dispositions de raccordement mal adaptés vis-à-vis des dilatations.

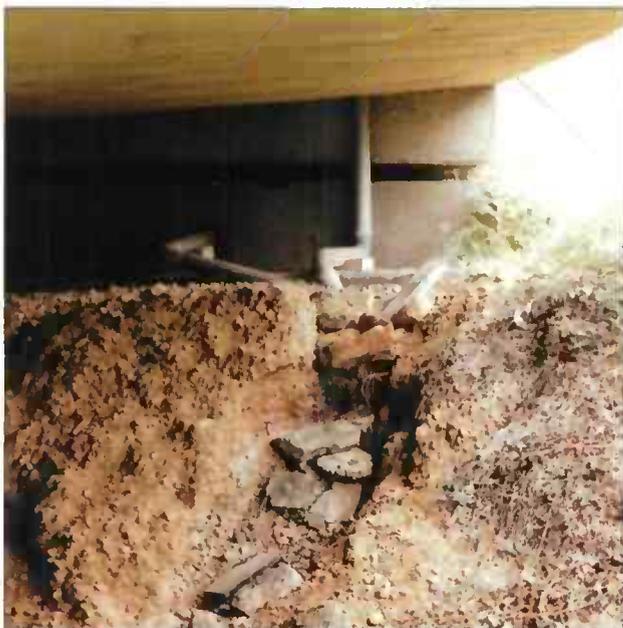


conséquences sur les ouvrages

Quand l'eau n'est pas recueillie ou mal recueillie, le premier préjudice pour le pont est un défaut d'aspect avec taches, moisissures, parements dégradés, etc.

Les parties d'ouvrages maintenues humides se dégradent à long terme par altération du béton et corrosion des armatures actives et passives.

Les débits d'eau importants aux abords entraînent de gros désordres dans les remblais contigus à l'ouvrage, dans les perrés, sous les dalles de transition et sous les chevêtres comme le montre également la fiche technique 10 «défauts d'évacuation de l'eau aux abords de l'ouvrage».



L'eau collectée par les dispositifs d'évacuation est déversée directement sur les remblais d'accès.



ouvrages neufs

Le recueil et l'évacuation des eaux doivent être considérés non comme un accessoire secondaire du projet mais comme un élément très important de ce dernier.

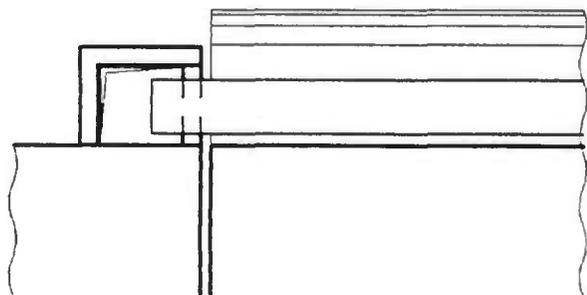
Il faut concevoir et dessiner l'ensemble des dispositifs d'évacuation en « sortant du pont » c'est-à-dire en suivant l'eau depuis son origine jusqu'à ce qu'elle ait été conduite dans les fossés ou les collecteurs prévus dans le cadre du projet général.

Il faut prendre en compte les déplacements relatifs tablier - appuis, concevoir des conduits à tracé direct, de forme simple et de gros diamètre pour limiter les risques d'obstruction et faciliter leur entretien. Il faut également utiliser des matériaux solides et pérennes et éviter les matériaux inappropriés tels que le PVC par exemple qui est fragile et sensible à l'action des UV.

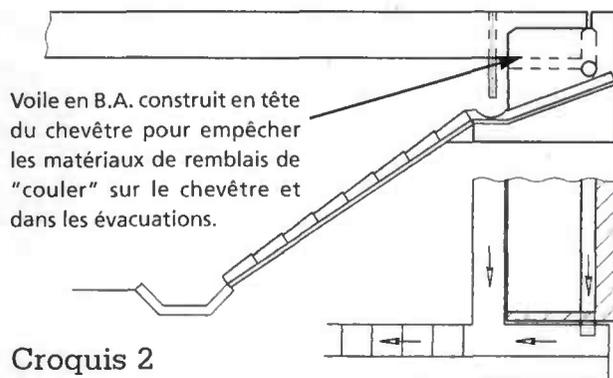
Dans le cas des corniches-caniveaux, les déversoirs doivent recouvrir les regards recueillant l'eau sur une longueur suffisante (croquis 1).

Sur les parties susceptibles de mouvements par tassements, il est nécessaire de prévoir des caniveaux préfabriqués. En pied d'ouvrage, les eaux devront être recueillies dans des fossés ou des collecteurs généraux et évacuées loin des ouvrages, avec des dispositifs insensibles aux affouillements (croquis 2).

Avant tout rejet en sites sensibles (rivière, bassin de captage des eaux, végétation rare, etc.) l'eau doit transiter dans des bassins de stockage et de décantation pour retenir les fluides provenant d'une pollution accidentelle (hydrocarbures, acides, etc.).



Croquis 1



Croquis 2

ouvrages anciens

Les dispositifs défaillants devront être réparés ou reconstruits en libérant les blocages éventuels dus à la dilatation et en simplifiant les tracés. Il sera également nécessaire d'utiliser des matériaux solides et pérennes et de prévoir des caniveaux préfabriqués et des regards visibles. Si nécessaire des bassins de décantation devront être construits.

Enfin les désordres divers provoqués par les défauts des raccordements des dispositifs d'évacuation des eaux seront réparés.

- *Piles et Palées : PP 73 - Dossier pilote. SETRA/CTOA. Bagneux. 1977.*
Réf: F 7719. Pièces 1.4.1 et 1.4.2
- *Assainissement des ponts-routes. SETRA/CTOA. Bagneux.*
Juin 1989, réf: F 8940
- *Loi sur l'eau du 3 Janvier 1992 et ses décrets d'application.*
- *Synthèse juridique de l'OIE « la police de l'eau et des milieux aquatiques et la lutte contre la pollution de l'eau » édité par l'Office International de l'Eau (OIE), rue Édouard Chamberlan 87065 Limoges Cedex, téléphone 05 55 11 47 80*
- *Documents « L'eau et la route » - SETRA - volumes 1 à 8 - 1993 à 1998.*
- *Assainissement Routier - Recommandations SETRA/LCPC 1982.*
- *Fiche technique 10.*

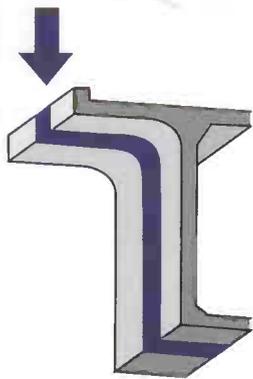
Prévention des pathologies d'ouvrages d'art



description du défaut

L'absence de larmier permet aux eaux de pluie et de ruissellement, tombant sur les encorbellements, de couler sur l'intrados des tabliers. Dans le cas des ponts à poutres et à caissons, les eaux coulent également sur les âmes, les talons de poutres et le hourdis inférieur. Les corniches ne présentent pas un rempart suffisamment efficace vis-à-vis de ces circulations d'eau.

Cas des ouvrages avec 1 tablier

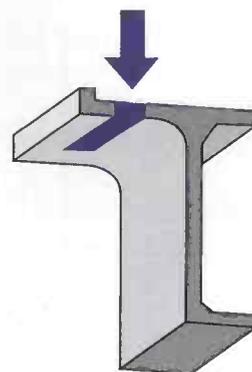


Cas des ouvrages possédant 2 tabliers



Les larmiers existent très rarement sur les bords latéraux des encorbellements notamment au droit du terre plein central.

Le larmier est très rarement prévu en about des tabliers alors que des fuites se produisent très souvent au droit des joints de chaussées et de trottoirs.





Pourquoi ne prévoit-on pas systématiquement de larmier sous les encorbellements et pourquoi n'est-il jamais prévu en about de tablier ?

Le larmier est jugé à tort, inutile en présence de corniches alors que celles-ci n'ont pas un rôle efficace vis-à-vis de ces circulations d'eau comme cela a déjà été dit précédemment.

De même, il est jugé à tort inutile sous les encorbellements sans corniche des ouvrages à deux tabliers séparés, côté terre plein central, car la quantité d'eau reçue sur les bords des tabliers, pluie, fonte de la neige, projections engendrées par les véhicules, est estimée faible. En outre les faces sur lesquelles ruisselle l'eau sont généralement cachées.

Par habitude, il est très rarement prévu en about de tablier, et négligé notamment en présence de joints de chaussée et de trottoir.

Les défauts de réalisation puis le vieillissement des matériaux se traduisent à terme par des fuites aux joints entre éléments de corniches, entre corniches et contre-corniches et au travers des joints de chaussée ou de trottoir quand ils existent. Les joints de trottoir sont très rarement étanches, et ceux des chaussées présentent encore souvent des défaillances.

Enfin, le manque d'entretien favorise et accélère les dégradations des matériaux.

L'absence de larmier résulte dans la plupart des cas d'un excès de confiance dans les dispositions constructives adoptées et dans la qualité des matériaux vis-à-vis des nombreuses agressions (eau, sels, cycles gel-dégel, pollutions, etc.).



La conception du tablier doit permettre la mise en place du larmier. Ce n'est pas le cas pour ce type de structure.



conséquences sur les ouvrages

Même en présence d'une corniche, les infiltrations d'eau sont possibles..., soit au travers des joints entre éléments de corniche, soit à cause de l'absence ou d'un défaut d'étanchéité à la jonction corniche / contre-corniche, voir fiche 6 "corniches: fuites entre éléments préfabriqués" et fiche 14c "défaut d'étanchéité au droit des équipements: jonction corniche-trottoir".

En dehors des inconvénients d'ordre esthétique tels que humidité, efflorescences, coulures, stalactites, les conséquences sur les parements peuvent être importantes et dépendent du type d'agression (eau chargée d'ions agressifs et de sels de déverglaçage, cycles gel-dégel, pénétration d'eau dans les fissures existantes, etc.).

Les dégradations les plus courantes sont l'écaillage du béton, des armatures apparentes oxydées et des éclatements de béton. La pénétration de l'eau dans les gaines de précontrainte, à partir des ancrages des câbles situés en about de tablier, peut provoquer la rupture de fils ou de torons et altérer la précontrainte.



Exemple de l'intrados d'un pont-dalle sur lequel les ruissellements d'eau ont favorisé le développement de l'alkali-réaction.



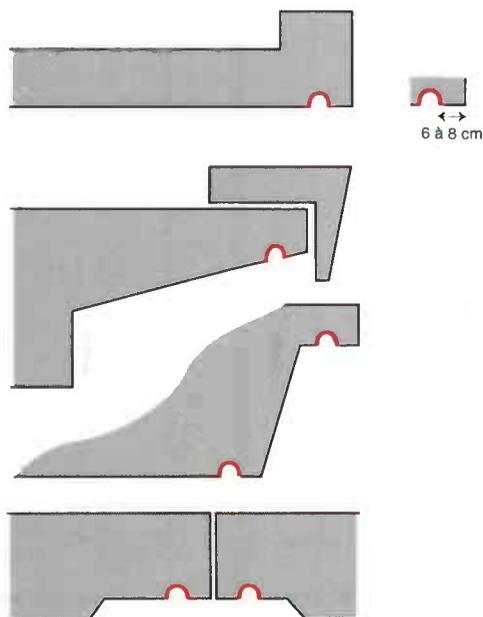
Sur l'encorbellement d'un pont à caisson, les rejaillissements d'eau ont provoqué l'oxydation des armatures, insuffisamment enrobées, le gonflement des aciers et l'éclatement du béton.



ce qu'il est souhaitable de faire

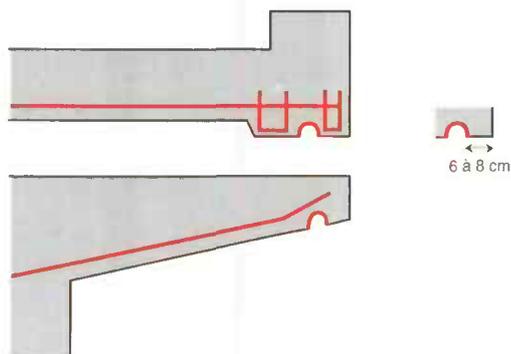
ouvrages neufs

Le projet doit prévoir un larmier en bordure latérale des encorbellements et en about de tabliers dans tous les cas, même en présence d'une corniche.



La réalisation d'un larmier ne dispense pas de prendre les dispositions permettant de supprimer la cause des infiltrations d'eau ! Il sera utile de consulter les fiches 14a "défaut d'étanchéité au droit des équipements: ancrages traversants" et 14c "défaut d'étanchéité au droit des équipements: jonction corniche - trottoir".

Attention au respect de l'enrobage des aciers au droit du larmier !



Attention aux interruptions de larmier au droit des joints de construction, il faut assurer la continuité !

ouvrages anciens

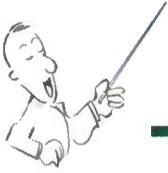
Il faut mettre en place un profilé plastique ou aluminium vissé (visserie laiton ou inox), avec un cordon de mastic polyuréthane entre le profilé et le béton pour assurer l'étanchéité. Il faut prévoir également des dispositifs de dilatation étanches entre les éléments de profilés.



bibliographie

- *Guide technique GC fascicule « corniches » SETRA/CTOA. Bagneux. Décembre 1994, réf: F 9467.*
- *CCTG Fascicule 65 A. décret 92.72 du 16-01-72.*
- *Fiches techniques 4, 5, 6, 8, 14a et 14c.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art



description du défaut

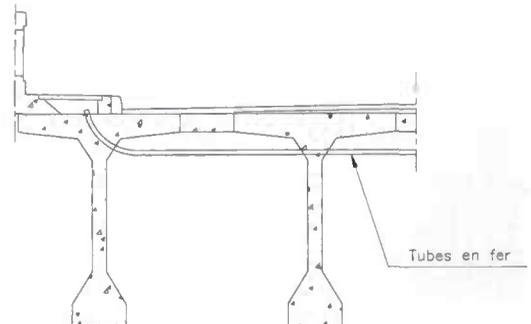
Les dispositifs de minage les plus couramment utilisés sont constitués par :

- des regards d'accès ou des boîtes de minage destinés à recevoir des charges explosives. Ces dispositifs sont souvent situés dans le hourdis du tablier et recouverts par des trappes généralement affleurantes au niveau de la chaussée ;
- des tubes débouchant à la surface du tablier, dans lesquels sont enfilées les charges explosives ;
- des fixations situées en sous-face du tablier et permettant d'accrocher les charges.

Les deux premiers types de dispositifs de minage sont souvent à l'origine de défauts d'étanchéité des tabliers de ponts. Parfois, ces dispositifs sont aussi installés dans les piles où ils peuvent favoriser la pénétration d'eau à l'intérieur des piles, cette eau pouvant geler en hiver et y provoquer des dommages.



Tubes débouchant à la surface du tablier.
(croquis tiré d'un plan d'ouvrage)



Tubes en fer traversant les poutres et disposés en croix, un fil de fer sera posé en attente à l'intérieur de chaque tube dont les extrémités seront obturées par un tampon en bois et débouchant dans les caissons des traitoirs



Regards de minage.



Certains dispositifs de minage constituent des voies préférentielles pour la pénétration de l'eau dans les tabliers de pont ou les piles.

L'objectif d'une bonne accessibilité au niveau de la chaussée est souvent difficile à concilier avec l'objectif d'étanchéité du tablier. C'est ainsi que les dispositifs constitués par des regards présentent souvent des défauts d'étanchéité autour des plaques qui recouvrent ces regards. Par ailleurs, les extrémités des tubes destinés à recevoir des charges explosives remontent au niveau de l'extrados et sont souvent mal obturées. L'eau peut alors pénétrer à l'intérieur des tubes et les corroder. Elle peut aussi passer au travers des raccords entre éléments de tubes, puis s'infiltrer dans le tablier.

Le raccordement entre ces divers éléments et l'étanchéité est techniquement très difficile à réaliser, et l'eau réussit souvent à s'infiltrer entre ces éléments et le béton du tablier.



conséquences sur les ouvrages

L'eau qui a pénétré par le dispositif de minage peut ensuite s'infiltrer dans le tablier si elle rencontre, au cours de son cheminement, une fissure, une reprise de bétonnage, un joint, etc. Dans ce cas les conséquences sur les ouvrages sont du même type que celles décrites dans les fiches techniques 1 "absence d'étanchéité sur tablier", 2 "absence d'étanchéité sous trottoir", 3 "défauts d'étanchéité de la chape", 4 "défaut de relevé d'étanchéité", 8 "stagnation d'eau sur tablier" et 14 de a à c "défaut d'étanchéité au droit des équipements".



Les défauts sont généralement localisés autour du dispositif de minage.



La photo ci-contre montre un exemple de la défaillance d'un pont à poutres en béton précontraint (type VIPP) en raison de la rupture par corrosion des câbles dans le talon d'une poutre.

Dans les cas les plus graves, la présence d'un dispositif de minage peut conduire au remplacement des tabliers de pont.



ouvrages neufs

Il est recommandé d'éviter de mettre en place des dispositifs de minage sur les ouvrages neufs, sauf si les Autorités Militaires l'exigent. Dans ce dernier cas, les dispositifs doivent être conçus de façon à éviter toute pénétration d'eau dans le béton du tablier et des piles.

ouvrages anciens

Lorsque le dispositif de minage est cause de désordres, il est recommandé de le supprimer, ou de le réaménager si les Autorités Militaires exigent son maintien :

- dans le cas où il existe des regards d'accès ou des boîtes de minage, il est conseillé de les boucher par du béton, de réparer l'étanchéité du tablier et d'adopter un autre dispositif d'accès ou de minage, si nécessaire ;
- dans le cas où le dispositif de minage est constitué de tubes, il est conseillé de démonter l'ensemble du dispositif ou d'obturer les tubes avec un coulis de ciment, de rétablir l'étanchéité, et de mettre en œuvre, si nécessaire, un autre dispositif de minage.

Dans tous les cas, le rétablissement de l'étanchéité nécessite de prendre des précautions pour effectuer le raccordement avec la chape existante. voir fiche 3 "défauts d'étanchéité de la chape".

bibliographie

- *Aucune en l'état de nos connaissances.*
- *Fiches techniques 1, 2, 3, 4, 8 et 14.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

Cette fiche fait partie d'un ensemble disponible au bureau de vente du SETRA. Elle ne peut être vendue séparément
LCPC, 58, boulevard Lefebvre 75732 Paris Cedex 15
SETRA, 46, avenue Aristide Briand BP 100 92223 Bagneux Cedex

14 • défaut d'étanchéité au droit des équipements a • ancrages traversants



protection contre l'eau • décembre 1998



description du défaut

Les eaux pénètrent par les réservations des tiges d'ancrage des platines support des glissières de sécurité et des lampadaires puis ruissellent en intrados des tabliers.



Ancrages apparents en intrados.



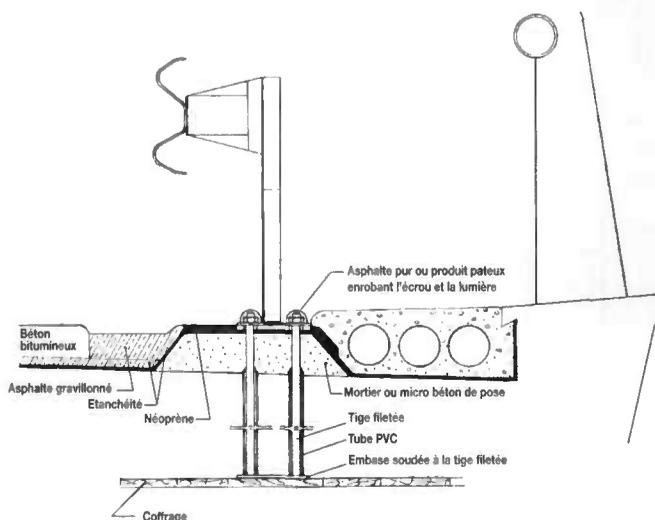
analyse du défaut

Pourquoi l'eau pénètre-t-elle dans les réservations des tiges d'ancrage alors que des dispositions constructives sont prévues pour assurer l'étanchéité ?

Le vieillissement des matériaux, principalement aux interfaces, favorise les pénétrations d'eau. L'absence quasi générale de larmier ou autre dispositif autour des débouchés des réservations, en sous face, permet à l'eau de cheminer sur l'intrados.

Enfin, le manque d'entretien des dispositifs visibles et accessibles accélère les dégradations.

Parfois les dispositions constructives sont négligées au moment de la mise en œuvre.



Les dispositifs d'étanchéité au droit des ancrages sont des points singuliers et délicats dans leur traitement en regard de l'étanchéité générale du tablier. Cette opération nécessite l'intervention de l'étancheur après la mise en place des dispositifs d'ancrage, dans une phase de cohabitation des corps de métier souvent tendue par les délais d'exécution.



conséquences sur les ouvrages

Les conséquences de la circulation de l'eau sont relativement faibles pour la structure des ouvrages, comparativement à celles qu'elles ont sur les dispositifs de fixation des glissières, des barrières, des lampadaires et des équipements en général.



Les réservations dans le tablier sont chemisées avec un tube PVC, l'eau passe à l'intérieur du tube. Le béton du tablier n'est pas agressé à cœur mais les pièces métalliques du dispositif d'ancrage sont fortement corrodées par l'eau et les sels de déverglaçage. Dans certains cas, la corrosion peut entraîner la rupture des tiges filetées. Il y a donc un risque important vis-à-vis de la sécurité des usagers.



Les cheminements de l'eau en intrados provoquent les dégradations classiques dues à l'eau, aux sels de déverglaçage et aux cycles gel-dégel telles que: écaillage, oxydation des armatures, gonflement de celles-ci et éclatement de l'enrobage.

Nota: Sur les ouvrages en service, la mise en place de ces équipements par perforation du tablier risque d'endommager les armatures existantes et d'épauffer le béton de l'intrados. En outre, le chemisage n'est pas très efficace car il ne peut y avoir adhérence entre les chemises et le béton.



ouvrages neufs

Pour éliminer les inconvénients précités, on évitera, dans la mesure du possible, les dispositifs d'ancrage traversants.

Les ancrages des équipements de sécurité pour véhicules légers seront réalisés dans des longrines non ancrées, coulées sur l'étanchéité, (cf. pièce 3.2.3 du GC 77) si la longueur de la longrine peut être supérieure à 15 m. Sinon, on réalisera des longrines ancrées avec des relevés d'étanchéité. Voir fiches 2 "absence d'étanchéité sous trottoir" et 4 "défaut de relevé d'étanchéité".

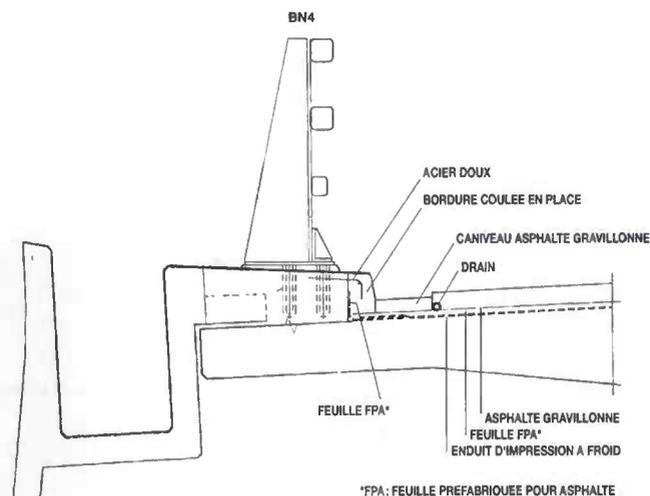
Pour les barrières de sécurité pour poids lourds implantées entre la chaussée et un passage de service ou un trottoir tels que les modèles BHO, BN5, on s'efforcera de prévoir des fixations dans des longrines non ancrées. Sinon, on réalisera des longrines ancrées avec des relevés d'étanchéité.

Pour les autres modèles de barrière, notamment quand elles sont implantées en bord de tablier (cas des BN1, BN2, BN4...), les ancrages seront prévus dans des longrines ou des plots solidaires de la structure.

Le cas de la GBA ou de la DBA est plus simple puisqu'elle est posée directement sur la première couche d'enrobé.

Pour les lampadaires, on pourra les placer à l'extérieur de l'ouvrage, par exemple sur une console solidaire de la structure (âme de poutre, intrados d'encorbellement, etc.) si cela est techniquement et esthétiquement possible.

Cette disposition devra toutefois être étudiée et réalisée avec soin pour éviter que n'apparaissent des coulures de rouille comme le montre la photographie ci-contre, qui représente un ouvrage métallique.



Pour assurer la pérennité des ancrages, il est très important de prévoir une étanchéité autour et sur les vis de fixation avec un procédé adapté (capsules compressibles et bouchons et le cas échéant, une étanchéité complémentaire telle que décrite dans la fiche 14c "défaut d'étanchéité au droit des équipements: jonction corniche-trottoir").

ouvrages anciens

Pour les ouvrages existants, il faut remplacer les ancrages traversants par des ancrages dans des longrines non ancrées notamment pour les ouvrages dont la longueur est supérieure à 15 m (cf. pièce 3.2.3 du GC 77).

Pour les ouvrages dont la longueur est inférieure à 15 m, une solution consiste à prolonger la longrine hors ouvrage afin d'avoir la longueur minimale requise. En cas d'impossibilité, une des solutions proposée dans le GC 77 - pièce 3.1 consiste à remplacer les dispositifs traversants par des chevilles auto-foreuses directement dans le béton du tablier. Un repérage des aciers est nécessaire, préalablement au perçage, pour éviter de les détériorer. L'étanchéité de la fixation est fondamentale. Elle devra être assurée par la mise en place de coupelles d'étanchéité intercalées entre la platine et la tête des vis. Un capuchon devra être mis sur chaque vis. Une étanchéité complémentaire telle que celle décrite dans la fiche 14c "défaut d'étanchéité au droit des équipements: jonction corniche-trottoir" peut également être envisagée, (cf. ouvrages neufs).

bibliographie

- Document GC77 du SETRA, notamment pièce 3.2.3 et pièce 3.1.
- Norme XP 98-421. Barrières de sécurité routière.
Barrières de sécurité en acier BN4. Septembre 1997.
- Fiches techniques 2, 4, 14b et 14c.

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

14 • défaut d'étanchéité au droit des équipements b • scellement des garde-corps



protection contre l'eau • décembre 1998



description du défaut

Le mortier de scellement est décollé ou dégradé et a tendance à remonter au-dessus du niveau de la corniche ou de la longrine. Quelquefois, le béton est éclaté en face latérale de la corniche au droit du poteau du garde-corps.



Éclatement du béton d'un élément de corniche autour du mortier de scellement.



Éclatement du béton d'une longrine dû à la corrosion d'un pied de poteau de garde-corps en acier.



analyse du défaut

Les réservations des poteaux de garde-corps sont souvent surdimensionnées pour tenir compte des irrégularités de pose notamment lorsque les garde-corps sont scellés dans les éléments de corniche. Les réservations sont généralement réalisées avec un coffrage métallique ou en bois baké qui donne une peau lisse. Pour faciliter le démontage du coffrage, il est nécessaire de prévoir un léger fruit. Souvent la qualité du mortier de scellement n'est pas adaptée. Le retrait de celui-ci engendre des décollements à la jonction béton-mortier et autour du poteau métallique. Dans beaucoup de cas, les réservations sont trop près du parement extérieur des éléments de corniche. Toutes les conditions sont alors réunies pour faciliter les infiltrations d'eau, les éclatements du mortier et du béton, voire la désolidarisation des poteaux.

L'eau peut également pénétrer à l'intérieur des poteaux par les trous de galvanisation. Les mouvements engendrés par la dilatation des garde-corps contribuent aussi à fissurer les scellements.



conséquences sur les ouvrages

L'eau, chargée d'ions agressifs, pénètre dans les réservations mal conçues ou mal remplies. L'humidité permanente, l'agressivité des ions, notamment des sels de déverglaçage, engendrent la corrosion des pieds de poteaux en acier. Cette corrosion et le gel provoquent la dégradation des scellements.



La trop faible couverture de béton et le manque d'armatures entre la réservation et le parement des éléments de corniche ne permettent pas de s'opposer à l'effort de gonflement lors du gel.

La photo ci-contre met en évidence des éclatements du béton des éléments de corniche.

La sécurité des usagers peut ne plus être assurée dans certains cas extrêmes.



ce qu'il est souhaitable de faire

ouvrages neufs

Les opérations de scellement des poteaux de garde-corps peuvent sembler a priori très simples. Il est toutefois recommandé de suivre les indications décrites ci-après :

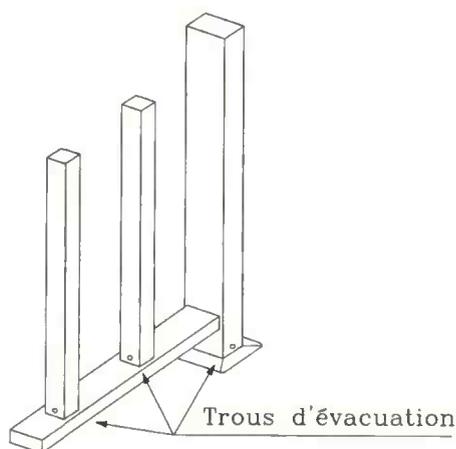
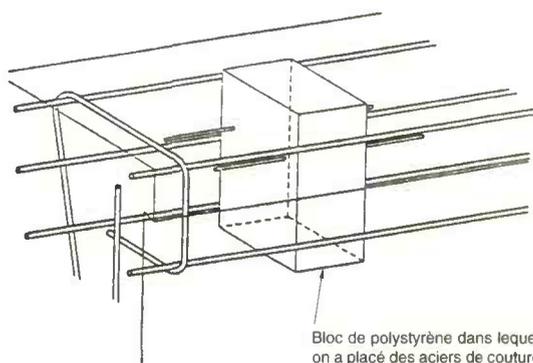
- limiter les dimensions des réservations au strict nécessaire tout en intégrant les imprécisions de positionnement des éléments de corniche ;

- réaliser les réservations avec des blocs de polystyrène expansé. Les parois de la réservation ne seront pas lisses, on pourra insérer des petits aciers pour couturer le scellement au béton environnant. On obtiendra ainsi une forme mieux adaptée et un bon accrochage. Par contre, il faut prévoir une élimination soignée du polystyrène dans la réservation ;

- utiliser un mortier sans retrait (produits de scellement ou de calage conformes aux normes NF P 18-821 et 18-822) ;

- effectuer un bon remplissage de la réservation en respectant les recommandations données dans les fiches techniques des produits afin d'éviter les fissures périphériques de retrait après séchage.

Les poteaux devront être munis de trous d'évacuation des eaux comme l'indique le croquis ci-contre.



ouvrages anciens

Pour les ouvrages existants, il convient de démolir les scellements dégradés, de boucharder soigneusement les parois de la réservation, d'éliminer le résidu de mortier sur les poteaux, de refaire la protection anti-corrosion des poteaux et de reconstituer les scellements avec les mortiers conseillés précédemment, en suivant strictement les informations des fiches techniques du fabricant.

Pour les deux types d'ouvrages neufs et anciens, il est recommandé de protéger les scellements et leur jonction avec le béton des éléments de corniche et les poteaux avec une étanchéité film mince adhérente en résine polyuréthane, suivant les modalités décrites dans la fiche 14c "défaut d'étanchéité au droit des équipements: jonction corniche-trottoir".

bibliographie

- *Garde-corps. Guide technique GC. SETRA/CTOA. Bagneux. Avril 1997 - réf: F 9709.*
- *Norme XP P 18-821 Sept 93 - Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits de calage et scellement à base de liants hydrauliques - Caractères normalisés garantis.*
- *Norme XP P 18-822 Sept. 93 - Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits de calage et scellement à base de résines synthétiques - Caractères normalisés garantis.*
- *Fiche technique 14c.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

Cette fiche fait partie d'un ensemble disponible au bureau de vente du SETRA. Elle ne peut être vendue séparément
LCPC, 58, boulevard Lefebvre 75732 Paris Cedex 15
SETRA, 46, avenue Aristide Briand BP 100 92223 Bagneux Cedex

14 • défaut d'étanchéité au droit des équipements c • jonction corniche - trottoir



protection contre l'eau • décembre 1998



description du défaut

La reprise de bétonnage entre les éléments de corniche et le trottoir est, dans la majorité des cas, matérialisée par une fissure. Celle-ci intéresse toute la hauteur des parties d'ouvrage concernées.



Fissure de retrait du béton à la reprise éléments de corniche préfabriqués / trottoir.



analyse du défaut

La fissure située dans la reprise de bétonnage est la conjonction d'une mauvaise préparation de surface avant bétonnage et du retrait du béton.

L'ouverture de la fissure s'amplifie dans le temps avec la pénétration des fines et de l'eau et sous l'effet des cycles thermiques.



L'eau chargée de sels de déverglaçage peut corroder les aciers de fixation des éléments de corniche sur le tablier du pont. L'eau finit par ruisseler sur les parements du tablier.



conséquences sur les ouvrages

Les préjudices pour l'ouvrage sont ceux décrits plus précisément dans la fiche 6 "corniches: fuites entre éléments préfabriqués" et la fiche 12 "absence de larmier".



L'illustration ci-contre met en relief quelques aspects des conséquences des infiltrations et des ruissellements de l'eau chargée d'ions agressifs tels que les sels de déverglaçage: attaque par les chlorures des armatures insuffisamment enrobées qui se traduit par une oxydation et le gonflement de l'acier puis l'éclatement du béton d'enrobage.



Dans certains cas extrêmes, la corrosion des aciers de fixation des éléments de corniche sur le tablier peut atteindre un niveau tel que certains éléments tombent sur la voie inférieure.

L'affaissement de l'élément de corniche, visible sur la photo ci-contre, est le signe d'une rupture des aciers de fixation.

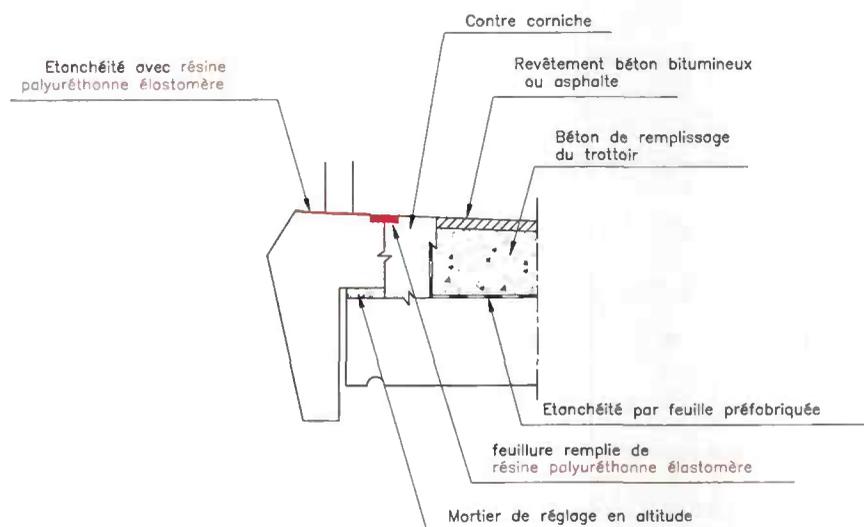


ouvrages neufs

La jonction corniche/trottoir n'est jamais parfaite et un traitement particulier de cette zone est nécessaire pour éviter l'agression du béton et des aciers de fixation des éléments de corniche. On peut envisager :

- soit une réservation qui sera remplie avec des matériaux coulés tels que les liants bitume élastomère ;
- soit une réservation qui sera remplie avec une résine du type polyuréthane. Dans ce cas, il est hautement souhaitable que le produit soit mis en œuvre également sur la corniche, la contre-corniche et éventuellement sur les ancrages des poteaux de garde-corps, de glissières ou de barrières de sécurité, comme l'indique le croquis ci-dessous. Ce revêtement aura une épaisseur moyenne au minimum de 2 mm. La résine, conforme au fascicule 67 - I, devra être caractérisée, à basse température, par une souplesse adaptée à la nature des supports (susceptibilité à la fissuration) et avoir une bonne résistance aux UV. Un travail de préparation du support, tel que sablage et application, préalablement à la mise en place de la résine, d'un ou de deux primaires d'accrochage appropriés aux supports (béton et revêtement galvanisé) sera nécessaire.

Cette seconde solution est nettement plus efficace que la précédente.

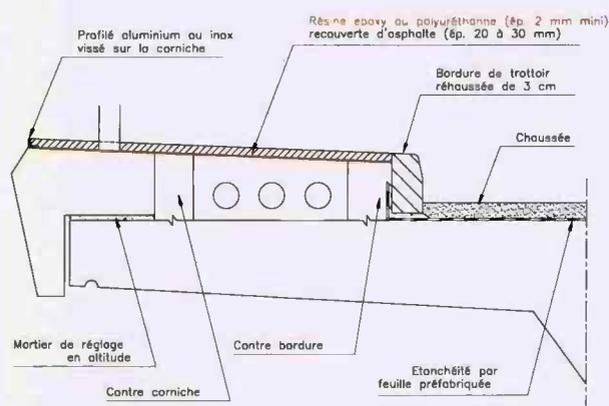


ouvrages anciens

Il faut réaliser une étanchéité telle que décrite pour les ouvrages neufs après avoir effectué une feuillure à cheval sur la corniche et le trottoir.

Dans le cas où la réfection de l'étanchéité sous chaussée est prévue et s'il n'est pas possible de prolonger l'étanchéité sous le trottoir, la solution décrite ci-dessous doit être envisagée pour étancher l'extrados du trottoir :

- remonter la bordure de trottoir de 3 cm environ ;
- fixer des profilés aluminium, inox ou acier galvanisé à l'extrémité des éléments de corniche, en prévoyant des systèmes de dilatation ;
- projeter la résine type polyuréthane sur la surface comprise entre les profilés et la bordure de trottoir sur une épaisseur moyenne au minimum de 2 mm ;
- protéger l'étanchéité des circulations de piétons avec un revêtement en asphalte coulé, ou un microbéton bitumineux compacté, sur 2 à 3 cm d'épaisseur. La résine doit être résistante au choc thermique induit par la mise en place de l'asphalte.



Nota: une feuille de papier dite d'indépendance peut être placée entre la résine et l'asphalte pour éviter, dans certains cas, des remontées dans l'asphalte de parties volatiles contenues dans la résine, susceptibles de provoquer des cloquages.

bibliographie

- *Corniches. Guide technique GC du SETRA/CTOA. Bagnex. Décembre 1994, réf : F 9467.*
- *Fiches techniques 6, 7, 12 et 14b.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art



description du défaut

Les reprises de bétonnage peuvent constituer des points faibles de la structure vis-à-vis des agents agressifs.



Reprise de bétonnage verticale entre 2 tronçons d'une poutre en béton précontraint avec une circulation d'eau à partir de l'encorbellement.



Reprise de bétonnage d'une âme non conforme aux plans d'exécution et de plus mal exécutée.

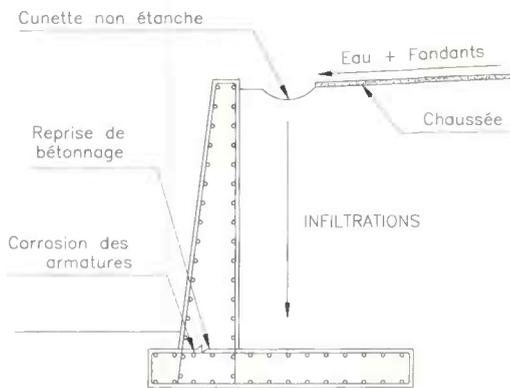
On pourra utilement se reporter à la fiche 14c "défaut d'étanchéité au droit des équipements: jonction corniche-trottoir".



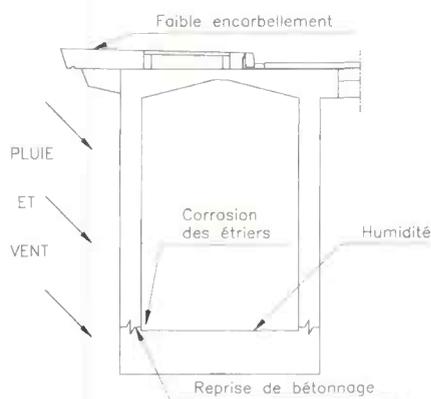
Une fissure due au retrait apparaît généralement au droit de la reprise, son ouverture peut être forte en surface, notamment si l'enrobage est important, même si les aciers qui la traversent sont suffisants pour maîtriser l'ouverture dans la masse.

Les reprises sont quelquefois mal placées et difficiles à protéger.

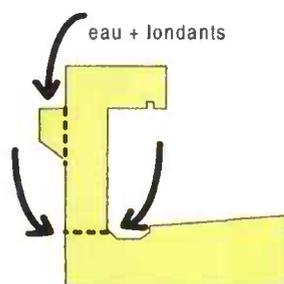
De plus, les reprises peuvent être mal exécutées (ségrégation, nids de cailloux...), ce qui constitue un facteur aggravant.



La reprise est située au droit de pièges à eau.



La reprise de bétonnage est exposée aux intempéries du fait de la faible largeur de l'encorbellement par rapport à la hauteur du caisson.



Le caniveau est dans le même plan que celui de la reprise du mur garde-grève. Le mur garde-grève et le corbeau n'ont pas été bétonnés en même temps.



conséquences sur les ouvrages

La pénétration de l'eau chargée d'agents agressifs peut se traduire par une corrosion prématurée des armatures et peut avoir des conséquences importantes (destruction des armatures, désorganisation du béton...) susceptibles de mettre en cause la durabilité de l'ouvrage.



La corrosion des armatures des âmes du caisson, par ailleurs mal enrobées, est due à une venue d'eau à travers la reprise. Elle entraîne une insuffisance vis-à-vis de la flexion transversale et du cisaillement.



L'eau chargée d'agents agressifs (sels de déverglaçage) a entraîné la corrosion des armatures et causé la ruine de ce mur de soutènement de 5 mètres de haut.



ce qu'il est souhaitable de faire

ouvrages neufs

Réfléchir dès la conception à la position des reprises de bétonnage et prévoir leur protection si nécessaire, car elles réduisent la durée de vie des structures en particulier si elles sont inaccessibles en service.

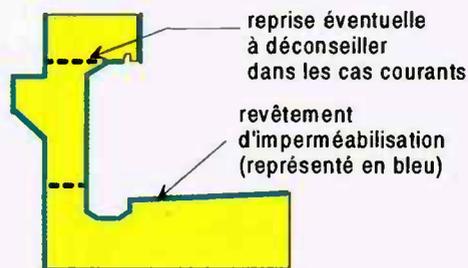
Respecter l'article A.7.3 du B.A.E.L. 91 : « Les dessins d'exécution doivent indiquer de façon précise l'emplacement et la configuration des surfaces de reprise. Les armatures éventuellement nécessaires sont dimensionnées et disposées en conséquence ».

Respecter l'article 74.3 du fascicule 65-A pour l'exécution des reprises.

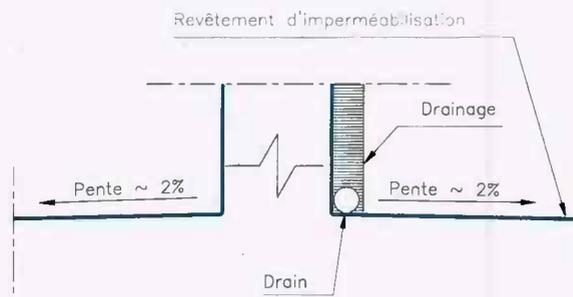
Dans le cas où l'on souhaite être absolument sûr de l'étanchéité, il est possible de placer un tube d'injection dans la reprise selon le procédé développé par E.D.F. et le C.E.B.T.P.

Ne pas oublier les armatures parallèles à la reprise pour maîtriser les fissures dues au retrait gêné si nécessaire.

Mur garde-grève



Mur de soutènement



Les reprises doivent être judicieusement positionnées par rapport aux circulations d'eau et protégées.

ouvrages anciens

Pour les ouvrages existants, réaliser si possible des calfatages ou des pontages et, éventuellement des injections avec des produits gonflants tels que ceux employés en tunnel par exemple, dans le cas où la face par où l'eau arrive est inaccessible.

Dans tous les cas, il sera nécessaire d'envisager la mise en place de barbacanes.

bibliographie

- *BAEL, article A.7.3.*
- *Fascicule 65-A, article 74.3.*
- *Brevet EDF-CEBTP n° 7504837 (dans le domaine public).*
- *Guide Technique SETRA/CTOA. Bagneux. Réf: 9613, Choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton (août 1996).*
- *Dalles de transition des ponts-routes. Publication du SETRA (octobre 1984).*
- *Fiche technique 14c.*

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art

16 • traitement des ancrages et des cachetages des câbles de précontrainte



protection contre l'eau • décembre 1998

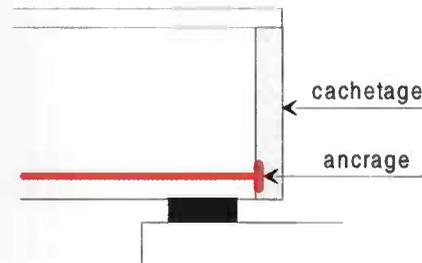


description du défaut

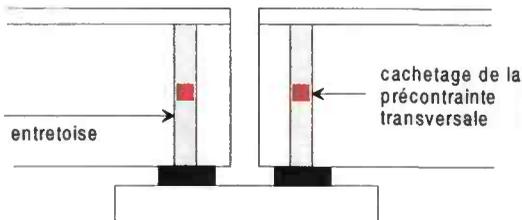
L'eau chargée d'agents agressifs coule sur les ancrages des câbles de précontrainte, parfois après avoir traversé les cachetages.



L'eau ruisselle sur l'ancrage d'un câble longitudinal.



Le cachetage de la précontrainte transversale de cette entretoise a disparu.



L'eau ruisselle sur les ancrages de câbles de précontrainte transversale.

Le problème peut se rencontrer également pour les ancrages des haubans.

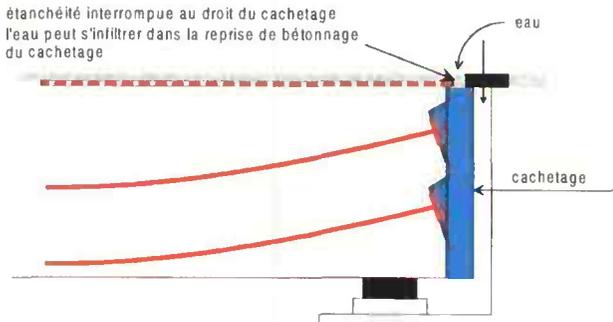


Pourquoi l'eau parvient-elle à atteindre les ancrages ?

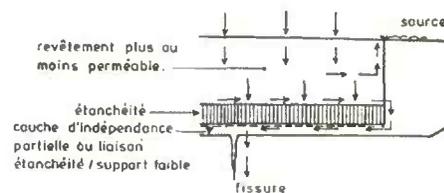
Souvent à cause d'un excès de confiance dans les protections des ancrages :

- le cachetage en mortier peut se décoller sous l'effet du retrait, ou « griller* » par temps chaud. La qualité et l'épaisseur du mortier doivent donc être définies dès la conception ;
- les dispositions élémentaires qui éviteraient que l'eau ne ruisselle et ne s'infiltrer dans les ancrages sont négligées (absence de larmiers transversaux aux extrémités des tabliers, absence de protection, cachetages en béton non armé, joints de chaussée non étanches...), voir fiches techniques 2 "absence d'étanchéité sous trottoir", 12 "absence de larmier", 14 c "défaut d'étanchéité au droit des équipements: jonction corniche-trottoir" et 15 "l'eau et les reprises de bétonnage".

* « griller » signifie une dessiccation forte du mortier et une altération de ses propriétés (friabilité, mauvaise compacité et diminution des caractéristiques mécaniques).



Aucune disposition n'est prise pour éviter le ruissellement sur les ancrages.



Le cachetage de la précontrainte transversale de cette entretoise est fissuré.

L'eau peut pénétrer et provoquer la désorganisation du cachetage puis la corrosion des extrémités des câbles.



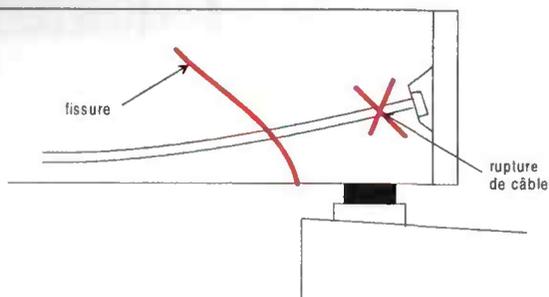
conséquences sur les ouvrages

La proportion des armatures de précontrainte corrodées et leur degré d'endommagement sont difficiles à déterminer. Les armatures peuvent se rompre.

La corrosion peut conduire :

- soit à des réparations délicates et onéreuses ;
- soit à la démolition de l'ouvrage.

Exemple de désordre



La rupture de câbles de précontrainte au droit de l'ancrage est la cause de cette fissure.

Réparation correspondante



Les désordres engendrés ont nécessité la mise en œuvre d'une réparation générale par poutres en treillis très onéreuse.

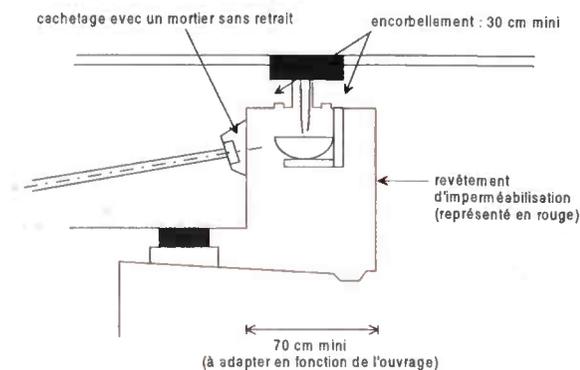


ce qu'il est souhaitable de faire

ouvrages neufs

Concevoir des extrémités d'ouvrages bien aérées, accessibles, avec des dispositions particulières pour la protection contre l'eau (larmiers transversaux, revêtement de protection, joints de chaussée étanches en encorbellement avec système de récupération des eaux...).

Ancrages avec cachetage



Ancrages sans cachetage (précontrainte extérieure)

Les dispositions sont identiques aux précédentes. Les capots métalliques doivent être protégés avec un système anticorrosion.

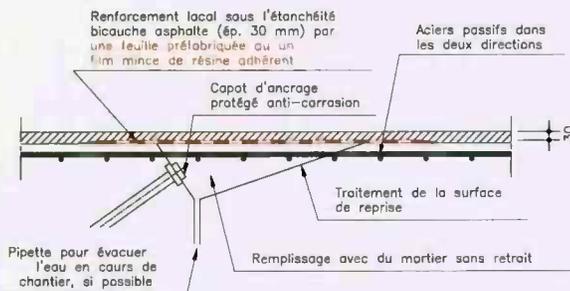
Câbles transversaux

En présence d'une corniche, le respect des dispositions de la fiche 14 c "défaut d'étanchéité au droit des équipements: jonction corniche-trottoir" résout le problème.

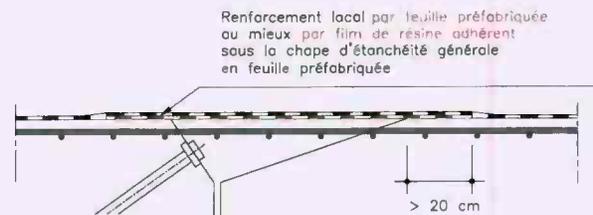
Ancrages dans l'extrados

Ces dispositions sont déconseillées mais parfois inévitables. Dans ce cas, il est préférable de choisir une chape d'étanchéité adhérente.

Cas d'une étanchéité bi-couche asphalte



Cas d'une chape d'étanchéité adhérente (feuille préfabriquée)



ouvrages anciens

Sauf cas particulier, le traitement passe par des travaux lourds (dépose des corniches, démolition des murs garde-grève...).

Dans le cas d'une intervention sur les ancrages situés dans l'intrados d'un hourdis, il est nécessaire d'étudier et de réaliser soigneusement les raccordements du système local d'étanchéité, placé au droit des ancrages, avec la chape d'étanchéité générale de l'ouvrage. Voir fiche 3 "défaut d'étanchéité de la chape".

bibliographie

- CCTG Fascicule 65A. décret 92.72 du 16-01-72 Article 74.3.
- CCTG Fascicule 62 Titre I, section I. Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en construction en béton armé, suivant la méthode des états limites (BAEL 91). décret 92.72 du 16-01-72. Article A.7.3.
- Choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton. Guide technique.
- SETRA/LCPC. Bagneux. Août 1996, réf F: 9613.
- Dalles de transition des ponts-routes. Guide technique GC. SETRA/CTOA. Bagneux. Octobre 1984, réf: F 8504.
- Gabarits de passage, disponibles au SETRA, voir OPPBTP.
- Fiches techniques 2, 3, 12, 14 c et 15.

Prévention des pathologies d'ouvrages d'art



Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes

Document disponible sous la référence **F 9817** au bureau de vente du SETRA
46, avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 Bagneux Cedex - France
Téléphone : 01 46 11 31 53 et 01 46 11 31 55 - Fax : 01 46 11 33 55

Prix de vente : 150 F