Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 73/1/73/2 (1995)

Artikel: Repair and strengthening of the Blagnac Bridge in Toulouse
Autor: Grezes, Bernard / Barras, Pierre
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-55378

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Repair and Strengthening of the Blagnac Bridge in Toulouse

Réparation et renforcement du pont de Blagnac à Toulouse

Reparatur und Verstärkung der Blagnac-Brücke in Toulouse

Bernard GREZES
Civil Engineer
Ministère de l'Équipement
Saint-Médard en Jalles, France

Pierre BARRAS
Civil Engineer
Ministère de l'Équipement
Saint-Médard en Jalles, France

SUMMARY

The three-span bridge, prestressed concrete box beam constructed by the balanced cantilever method, presents insufficiences in the longitudinal prestressing and in the transversal passive reinforcement. Mainly in the central span, this insufficiency was evidenced as peripheral cracking of the bottom slab around the continuous prestressing zone. The repair has consisted in adding longitudinal prestressing and in removing the cracked zone.

RÉSUMÉ

L'ouvrage à trois travées, caisson précontraint construit par encorbellement, présentait une insuffisance de précontrainte longitudinale et de ferraillage passif transversal. Cette insuffisance se traduisait principalement en travée centrale par une fissuration périphérique du hourdis inférieur autour de la zone contenant la précontrainte de continuité. La réparation a consisté à ajouter de la précontrainte longitudinale et déposer la zone fissurée.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorgespannte Drei-Feld-Kastenbrücke weist eine ungenügende Vorspannung in Längsrichtung und eine ungenügende schlaffe Bewehrung in Querrichtung auf. Diese Mängel zeigten sich hauptsächlich im mittleren Feld, wo sich lokal Risse bildeten. Die Reparatur besteht in einer zusätzlichen Vorspannung in Längsrichtung und dem Ersetzen der gerissenen Zone.

1.PRESENTATION ET HISTORIQUE

Le pont de Blagnac franchit la Garonne à Toulouse. Il comporte un tablier en béton précontraint réalisé par encorbellements successifs. Sa longueur totale de 200 m se décompose en trois travées de 55,00 m - 90,00 m - 55,00 m.
Construit entre 1973 et 1975, il supportait avant travaux, une chaussée bidirectionnelle de 7,50 m et un trottoir aval de 2,00 m (cf. Fig 1).
Dès sa construction des fissures en « arêtes de poisson » sont apparues au voisinage des bossages d'ancrage des câbles de continuité, bossages implantés sur le hourdis inférieur. Les nombreuses inspections détaillées postérieures (annuelles) ont mis à jour l'évolution de la fissuration en nombre et en ouverture.
En 1987, compte-tenu de l'évolution des désordres, le Maître d'ouvrage a demandé le recalcul de l'ouvrage, préalable au diagnostic et au projet de réparation et de renforcement lié à la mise à trois voies dans le cadre de l'aménagement de la liaison aéroport. Parallèlement, et sans attendre, à titre de mesure conservatoire, le pont a été limité à 3.5 tonnes.

2.ETUDES DE DIAGNOSTIC

La flexion longitudinale a été étudiée en 1988 en fluage scientifique sur la base du calendrier de construction extrait du journal de chantier. Le calcul conduit à une contrainte minimale en zone clé de la travée centrale de l'ordre de -4 MPa sous combinaison rare. La réserve en moment fléchissant en travée centrale mesurée sur trois joints de voussoirs lors des essais de 1983 est située dans la fourchette de calcul (états à vide à la mise en service et à 50 000 jours). Ces essais indiquaient que l'ouvrage souffrait davantage de défauts locaux (diffusion, entraînement, poussée au vide) que d'une insuffisance caractérisée en flexion générale.

En section transversale, le calcul a été conduit de manière classique en cumulant , en un point donné, les armatures de :
-flexion transversale,
-effort tranchant général sous la même sollicitation que la combinaison retenue en flexion transversale,
-diffusion.
Ce calcul conduit à un manque d'armatures dans les zones fissurées (hourdis inférieur sur 20 m de part et d'autre de la clé et en particulier à la jonction hourdis inférieur âme) mais également dans les zones saines (à proximité des piles).

Au vu des résultats du recalcul, il a été décidé en 1989 de:
- procéder à des essais de chargement afin d'estimer la réserve de compression en fibre inférieure de la travée centrale pour dimensionner la précontrainte de renfort,
- de faire effectuer un nouveau calcul en section transversale où l'on vérifie, au droit des points remarquables du caisson l'intégrité du béton ou à défaut « la règle des coutures ».

Les essais réalisés en Avril ont montré que la réserve en compression se situait dans la fourchette des états à vide. Ils ont confirmé l'hétérogénéité transversale de la réserve sur la fibre inférieure; nulle dans l'axe du tablier, de l'ordre de la réserve de calcul au bas des âmes.
Ceci a conduit à dimensionner la précontrainte de renfort pour ne pas décomprimer la fibre inférieure dans les deux schémas de comportement suivants:

- un comportement d'ensemble où l'état avant renforcement est la moyenne des « réserves » locales des points de la fibre inférieure ; combinaison : « réserve moyenne » + précontrainte + 1,2 charges d'exploitation + gradient de 6°C;
- un comportement local, au milieu du hourdis inférieur, où la réserve est nulle; combinaison : précontrainte + 1,2 (une file de 2 camions Bc) + 8°C.

Il s'agit d'une combinaison fréquente destinée à prévenir la fatigue des câbles de continuité régnant dans le hourdis inférieur.

Le calendrier des études a été décalé car un autre ouvrage en béton précontraint géré par le maître d'ouvrage présentait des désordres en flexion très importants nécessitant une réparation rapide, effectuée aux 2e et 3e trimestres 1990.

Le nouveau calcul en section transversale effectué s'est avéré nettement plus satisfaisant. En effet :
- là où le calcul indiquait un béton intègre ou bien un respect de la règle des coutures, les inspections n'avaient pas relevé de fissures,
- là où le calcul conduisait à une insuffisance d'armatures pour respecter la règle des coutures régnait la fissuration.
Le principe de ce calcul a été retenu pour le dimensionnement de corsets dont le rôle au niveau des fissures est d'assurer la non-décompression en flexion transversale, et de rendre non nécessaire la présence d'armatures passives équilibrant les cisaillements.

3. PROJETS DE REPARATION ENVISAGES

L'avant-projet de réparation réalisé fin 1990 comprenait (cf. figure 2):
-un renforcement transversal à l'aide de corsets composés de barres « MACALLOY » Ø 32 classe 1230 Mpa et espacés de 50 cm en zone de clé;
-un renforcement longitudinal à l'aide d'une précontrainte extérieure composée « par âme » de 3 câbles 19T15,7 ancrés au niveau des culées et 3 câbles 15T15,7 ancrés en arrière des piles.

L'élaboration du projet a mis à jour plusieurs problèmes susceptibles de nuire à sa fiabilité et sa pérennité.
-le précédent d'un ouvrage similaire a révélé des problèmes technologiques liés à l'utilisation des barres.
-le faible espacement des corsets rend délicat la gestion des « conflits » câble de fléau en place-forage pour barre verticale et rend nécessaire l'utilisation d'ancrages par « chevilles »;
-le nombre et la taille des fissures à injecter peuvent nuire au monolithisme de l'ouvrage renforcé.

Ces doutes nous ont conduit à envisager une solution de démolition et reconstruction du tablier.
Des gammagraphies réalisées au cours du 2e trimestre 1991 ont confirmé l'existence de conflits câbles de fléau-corsets mais en nombre limité. C'est en fait le faible espacement des corsets qui s'est révélé pénalisant. En effet, l'implantation des ancrages en défoncé sur l'encorbellement nécessitait la coupure des 2/3 des armatures de flexion ce qui rendait nécessaire le renforcement à l'aide de plats collés transversaux.
La réparation fut estimée à 13,5 MF pour une durée de travaux de 9 mois et la démolition-reconstruction à 7 +15 MF, cette dernière solution nécessitant la construction préalable du doublement alors estimé à 25 MF.

4. PROJET DE REPARATION RETENU

Devant les difficultés et doutes posés par les solutions envisagées, a resurgi la boutade lancée à l'origine de notre intervention : « hourdis à découper selon le pointillé (les fissures) ». En d'autres termes pourquoi s'obstiner à reconstituer à tout prix le monolithisme du caisson. N'est-il pas préférable d'enlever sur 40 m en travée centrale la partie de hourdis inférieur dont le prédécoupage par la fissuration en fait peut-être autant un poids mort qu'une partie vraiment résistante ?
Une étude sur la base de cette idée a été menée lors du 3e trimestre 1991.

L'enlèvement du hourdis inférieur entraîne une diminution importante de a section résistante compensée par:
-une diminution du moment de poids propre dans la travée centrale,
-une plus grande efficacité de la précontrainte de renfort dont la majeure partie occupe la place du hourdis enlevé,
-une diminution des effets des charges d'exploitation en zone centrale,
-une diminution des effets du gradient thermique(par référence à un ouvrage réalisé sans hourdis inférieur dans la partie centrale).

La dépose nécessitait:
-la mise en oeuvre préalable de la part de précontrainte régnant au dessus des bossages du hourdis inférieur (câbles IV, V),
-l'adjonction de plats boulonnés en bas des âmes nécessaires au fonctionnement en classe II. Pendant cette opération, réalisée hors circulation mais de ce fait en Juillet-Août, l'ouvrage reste soumis aux efforts du gradient thermique pouvant atteindre 12° (mesuré).

Dans la zone où le hourdis est déposé, il est ajouté au milieu de chaque voussoir une entretoise pour compenser la perte de rigidité transversale créée par la dépose du hourdis inférieur (cf.fig 3).
La dépose du hourdis inférieur était prévue à l'aide d'un pont roulant, placé au dessus de l'élément préalablement découpé, permettant sa descente et sa dépose sur une barge assurant son évacuation.
Ce principe de renforcement fut validé en considérant:
-une meilleure fiabilité et une meilleure esthétique que le renforcement par corset
-un plus faible impact sur le public que la démolition
-la compatibilité avec le financement disponible (coût 13MF à comparer aux 25 MF TTC du doublement préalable à la démolition-reconstruction).

5. SURVEILLANCE DE L'OUVRAGE

Parallèlement, l'ouvrage fut placé sous surveillance en Février 1991. A l'aide d'une centrale de télémesure, six fissures caractéristiques des dégradations (diffusion, poussée au vide) ont été auscultées chaque jour.
Ces mesures étaient, pour chaque fissure, comparées à une courbe alarme déduite de la courbe moyenne établie à partir des mesures effectuées sur les six premiers mois.
L'objectif de cette surveillance était de pouvoir parer à une accélération des dégradations.

6. EXECUTION ET SUIVI DES TRAVAUX

Le marché a été attribué en Octobre 1992 pour un montant de 12,1 MF TTC, au groupement Bisseuil-VSL.
Les moyens de l'entreprise l'ont conduite à remplacer, pour la dépose, le pont roulant par une grue mobile. Cette technique applique sur le tablier une charge de chantier de 25 tonnes excentrées au lieu de 5 tonnes centrées du pont roulant.

Fig. 1
Ouvrage avant travaux

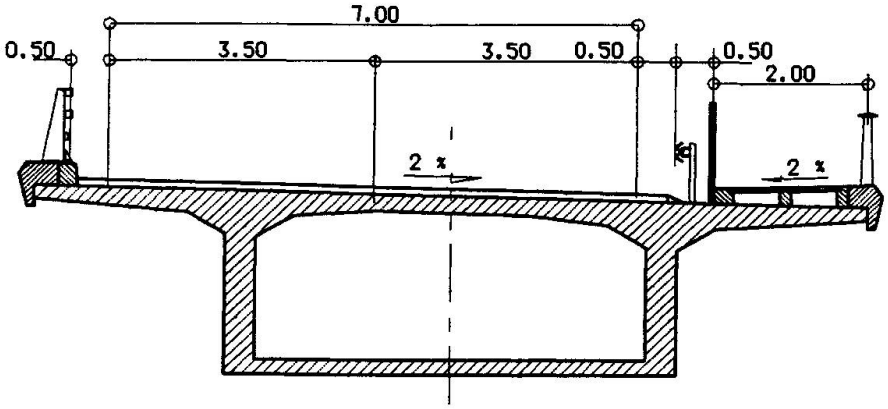


Fig. 2
Projet initial

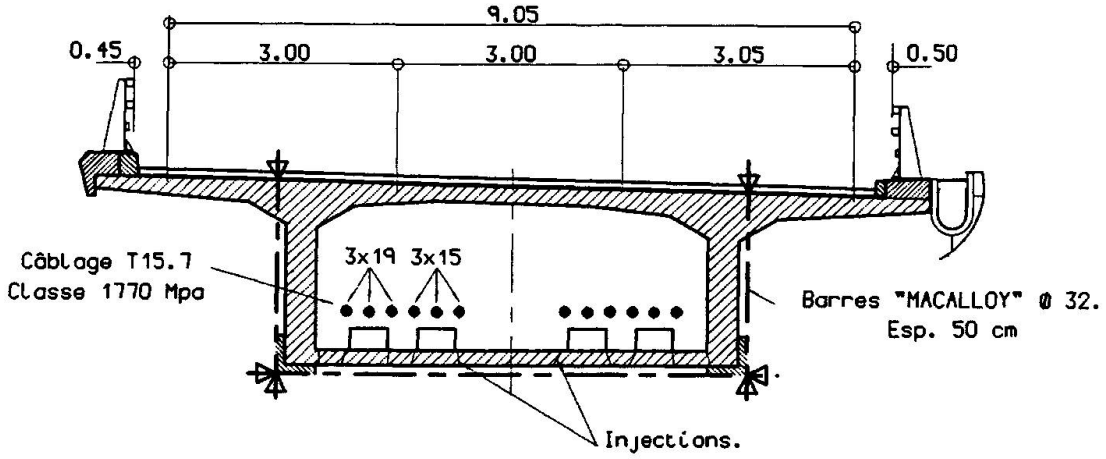
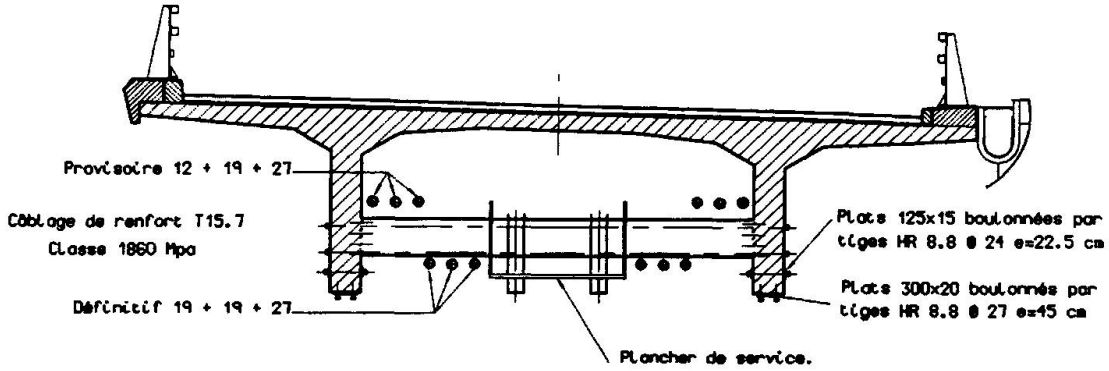


Fig. 3
Ouvrage réparé et renforcé



L'accroissement de charge n'étant pas admissible en flexion longitudinale, l'entreprise a proposé lors de la signature du marché de prendre à sa charge un complément de précontrainte provisoire constitué d'un câble de 10T15,7 par âme.

Les études d'exécution comprenaient un calcul aux éléments finis qui a permis:
-de valider le dimensionnement des entretoises en travée et de leur précontrainte,
-de valider la découpe en biseau aux abouts et de dimensionner l'entretoise extrême du voussoir
-de dimensionner les armatures et scellements des déviateurs (ce qui a permis d'éviter la fissuration systématique de la traverse inférieure sous les effets du retrait, fissure constatée sur d'autres ouvrages renforcés)
-de valider la méthode de dépose, les contraintes obtenues sous les effets de la grue excentrée étant admissibles.

Le complément de précontrainte provisoire est en fait passé de 10 à 34T15 dans le souci de ne pas fissurer le bas de l'âme lors de la dépose.
En effet, si la contrainte de traction est du même ordre de grandeur,en fibre inférieure, lors de la dépose et en service, la probabilité de l'atteindre est forte lors de la dépose (dépose de l'élément défavorable l'après-midi) alors qu'elle est faible en service (combinaison rare).
De plus, afin de limiter les conséquences du gradient thermique, l'enrobé a été peint en blanc pendant la phase de dépose et la présence de la grue sur le tablier exclue après 14h00. Il était escompté une diminution de 30% du gradient. En fait celle-ci a été de 85% au début à 60% en fin d'opération (salissure de la peinture). Cela a permis de lever la restriction d'utilisation de la grue. Le rythme de dépose a atteint deux éléments par jour (sciage par couronne diamantée, descente, remontée, évacuation).

Le déroulement des travaux a été à quelques détails près conforme au planning de l'avant-projet:
-Février à Juin 1993 :(une voie de circulation) changement des appareils d'appui, réalisation des pièces d'ancrage, des entretoises et mise en oeuvre des plats boulonnés,
-7 Juillet-9 Septembre 1993 :(coupure totale) câbles provisoires, dépose du hourdis, câbles définitfs et épreuves,
-9 au 16 Septembre 1993 :(une voie de circulation) finitions.

L'opération présentée comme la plus délicate(la dépose) s'est parfaitement déroulée et les plus grandes difficultés sont apparues pour le scellement des plats et l'emplacement des entretoises. Celles-ci, à l'origine identiques sont presque tous différentes compte-tenu de la géométrie réelle du caisson et du tracé des câbles de précontrainte extérieure qui doivent être dessus, dessous ou traverser avec un enrobage suffisant.

Le renforcement a fait l'objet d'un suivi métrologique à l'aide de jauges sur trois sections caractéristiques : avant découpe,dans le premier voussoir découpé,à proximité de la clé, et sur une entretoise.
A la mission traditionnelle des mesures lors d'un renforcement (comparaison avant après) s'est ajouté ici le suivi en temps réel de la transformation du tablier afin de comparer l'évolution réelle à celle prévue par le calcul.

7.CONCLUSIONS

Globalement le renforcement s'est déroulé conformément aux prévisions. Le point le plus délicat a été la mise au point des plats boulonnés et la limitation de la traction en fibre inférieure lors de la transformation. Le coût final est de 14.6 MF TTC (+ 20%) compte-tenu de toutes les mises aux points et travaux supplémentaires.