Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 10 (1976)

Artikel: Recherches pratiquées en France dans le domaine des poutres de ponts, en béton précontraint par pré-tension, à durcissement accéléré par étuvage

Autor: Brachet, M / Olivier-Martin, J. / Denis, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-10480

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: 02.07.2025

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

Recherches pratiquées en France dans le domaine des poutres de ponts, en béton précontraint par pré-tension, à durcissement accéléré par étuvage

Französische Untersuchungen über dampfgehärtete, vorgespannte Brückenträger

French Research on Prestressed Bridge Beams with Accelerated Hardening through Heating

M. BRACHET
Chef du Département Béton et Métaux
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

J. OLIVIER-MARTIN
Président
Syndicat des Procédés Industrialisés de Précontrainte

A. DENIS
Ingénieur
Service d'Etude Techniques des Routes et Autoroutes
Paris, France

L'application aux ponts des techniques de précontrainte par pré-tension a, en France, des références anciennes, datant du début de la précontrainte ; mais cette application ne se développe de manière sensible que depuis peu d'années, alors que l'essor de l'industrie de la pré-tension s'est réalisé d'abord dans le domaine des planchers précontraints (plus de 50 millions de m^2 par an), puis dans le domaine des composants de structure de plus grande taille destinés aux entrepôts, bâtiments industriels, parkings de grande portée. Ces composants sont fabriqués maintenant dans une quinzaine d'usines réparties sur tout le territoire ; ces usines mettent à la disposition des constructeurs de ponts, des poutres préfabriquées dont la longueur peut atteindre plus de 30m. et la précontrainte appliquée dépasser 4×10^6N.

Il en résulte que de tels produits possèdent des caractères spécifiques de l'industrie du béton manufacturé. En France, ces fabrications se caractérisent par :

- des tensions initiales importantes des armatures de précontrainte : 0,85 Rg ou Tg, et, plus récemment, 0,95 Tg
- des cycles d'étuvage permettant d'obtenir des résistances assez élevées, 30 à 35 N/mm^2 sur cylindre, pour détendre les armatures une ou deux fois par jour
- des résistances finales de béton élevées, permettant de faire subir aux profils de poutres des variations de contraintes dépassant 24 N/mm^2

Il est donc apparu nécessaire de vérifier l'aptitude au nouvel emploi de ces éléments en tant que poutres de ponts, compte tenu des conditions de fabrication mentionnées plus haut.

Dans ce but, et en prévision d'un développement de ces techniques dont l'intérêt est très général, la Direction des Routes du Ministère français de l'Equipement a fait procéder à une série de contrôles et d'essais systématiques lors de chantiers importants dans la région de BORDEAUX.

Ces essais se regroupent en 3 thèmes principaux :

- Vérifier ou améliorer les règles de calcul actuelles, en particulier pour ce qui est de l'évaluation des forces de précontrainte, compte tenu des particularités de la préfabrication - étuvage principalement. Nous avons intitulé cette recherche : «MESURE DES FORCES DE PRECONTRAINTE».

– Définir les moyens de contrôle en usine les plus appropriés pour obtenir et vérifier le niveau de qualité spécifié. Nous ne développerons pas ici ce second thème qui présente moins d'originalité que les deux autres : mais nous voulons néanmoins insister sur le caractère indispensable des recherches en matière de contrôles de qualité. Par exemple, on ne peut raisonnablement fournir de base valable au calcul des structures rendues hyperstatiques que si l'on sait maîtriser les déformations «isostatiques» des produits, ce qui implique la maîtrise des facteurs principaux de variabilité de ces déformations.

– Enfin, fournir des bases expérimentales au calcul des structures constituées par des éléments préfabriqués, solidarisés en structures hyperstatiques par coulage d'un béton de seconde phase. Nous avons intitulé cette recherche : «ETUDE DES ASSEMBLAGES».

I – MESURE DES FORCES DE PRECONTRAINTE

L'ensemble des recherches développées sur ce thème concerne l'influence de l'étuvage du béton sur l'évolution des forces de précontrainte en cours de traitement thermique et ultérieurement.

On sait que l'étuvage modifie, entre autres, les lois d'interaction entre deux phénomènes qui sont la relaxation et la dilatation thermique.

L'étude séparée de chacun de ces phénomènes sous l'influence de l'étuvage a fait l'objet de plusieurs publications. En revanche, l'étude de leurs interactions pose de très difficiles problèmes de métrologie. En effet, la principale difficulté réside dans la mesure de la force de précontrainte au coeur même du béton.

1°) Dans l'attente de mise au point de méthode de mesure directe, on a tenté de déduire l'évolution de cette tension, de celle - facilement mesurable - qui existe dans les portions d'armatures qui ne sont pas noyées dans le béton. Cette mesure a été faite à BORDEAUX et a montré l'importance de l'étuvage sur l'évolution des tensions pendant le traitement thermique et sur la stabilisation de la force de précontrainte pendant les premiers jours. L'influence du gaînage de certaines armatures a pu être notée, révélant ainsi les conséquences du développement de l'adhérence entre l'acier et le béton pendant le taitement.

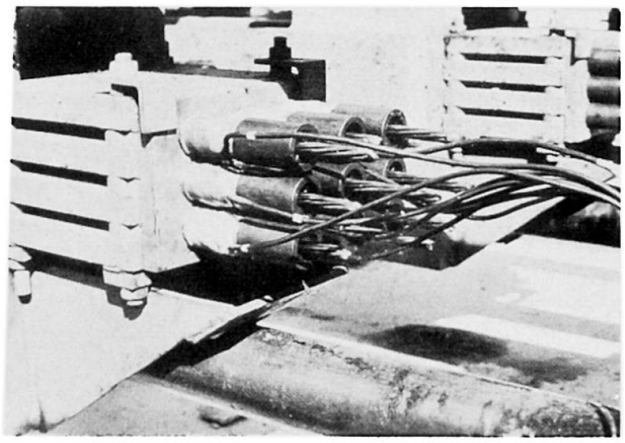


Fig. 1

Mesure des forces à l'ancrage

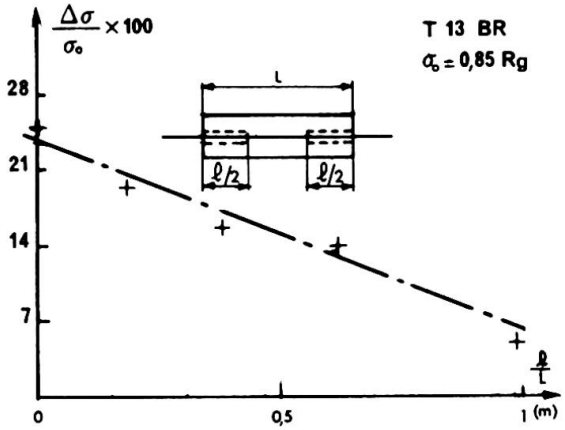


Fig. 2

Influence du gaînage

Des essais de flexion de poutre combinés avec les autres contrôles de fabrication semblent également montrer l'exactitude des prévisions de tension finale.

Les essais de MM. NADER et DARDARE du C.E.R.I.B. ont utilisé la même méthode : il a été considéré que l'évolution de la tension au coeur du béton devait, dans les cas réels, être intermédiaire entre celles, mesurées aux extrémités d'un montage de laboratoire, dans les deux cas suivants :

— montée rapide en température, donnant l'assurance qu'aucune adhérence n'existe à ce stade (fig. 3).

— montée en température après 4 heures de palier et relâchement, en fin d'opération d'une, partie de la tension correspondant à la dilatation «théorique» de l'armature (fig. 4).

De nombreux résultats intéressants ont été obtenus, en particulier le fait que l'élévation de température accélère la vitesse de relaxation qui devient beaucoup plus faible par la suite. Elle semble confirmer le point de vue empirique que, pour des tensions de l'ordre de 0,8 Rg, la perte de précontrainte à moyen terme diffère fort peu de celle de la même armature tendue à la même tension et conservée à température ambiante. Mais elle souligne l'importance de l'étuvage sur la cinétique des phénomènes.

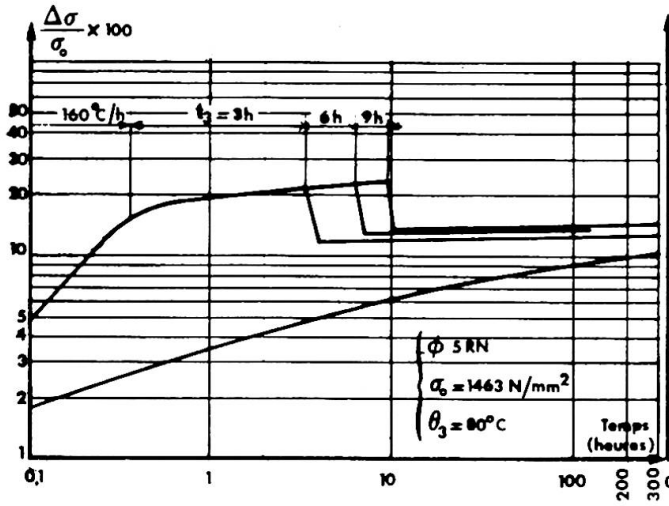


Fig. 3

Essai de relaxation : cas 1

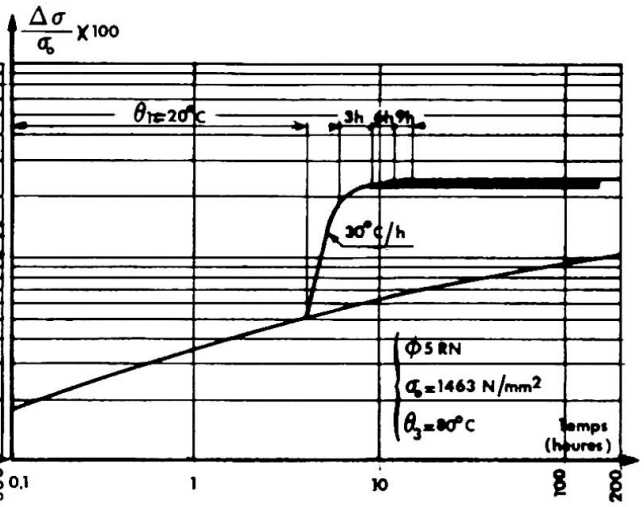


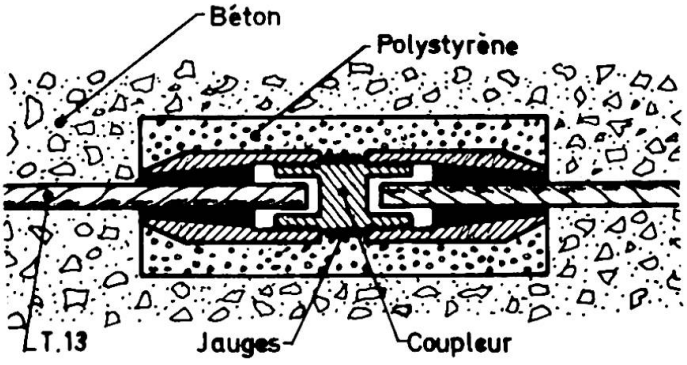
Fig. 4

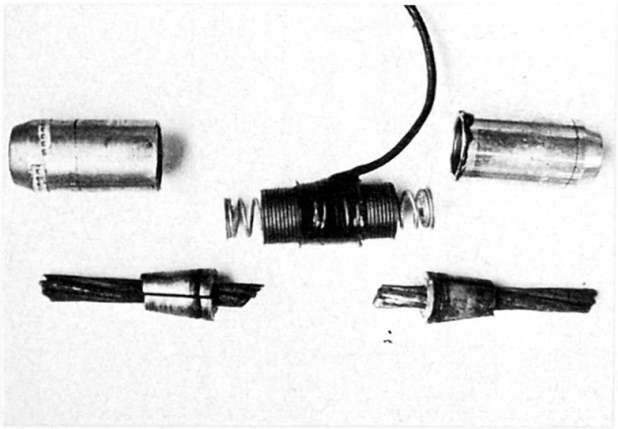
Essai de relaxation : cas 2

2°) Pour confirmer ces résultats de méthode indirecte, et compte tenu de leurs incertitudes, nous avons choisi de développer les moyens de mesure directe des forces de précontrainte à l'intérieur du béton.

Le dispositif mis au point consiste à disposer sur les armatures de précontrainte un coupleur équipé de jauges de déformation thermo-compensées. L'ensemble est étalonné puis installé sur le banc de préfabrication.

Ce dispositif peu encombrant est isolé du béton environnant par du polystyrène expansé. Bien entendu, ce coupleur peut également être disposé hors du béton.





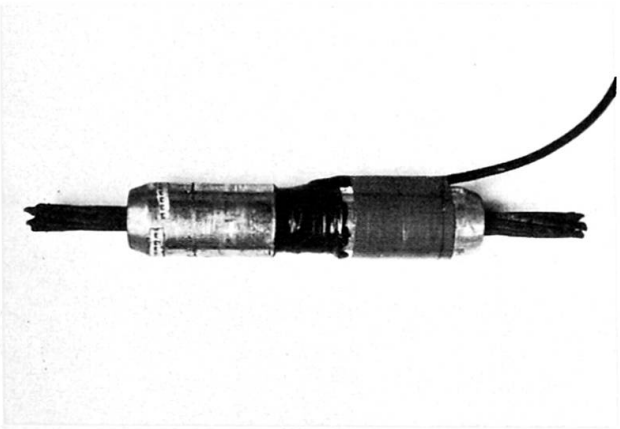


Fig. 5, 6, 7 - Schéma et vues du dispositif de mesure directe

Nous avons représenté ci-après les résultats donnés par ce dispositif de mesure dans le cas de préfabrication courante : la courbe A transcrit les indications données par le coupleur hors béton, la courbe B transcrit les indications données par le coupleur situé à l'intérieur du béton. Ce dispositif fait actuellement l'objet d'essais systématiques dans des conditions diverses de fonctionnement.

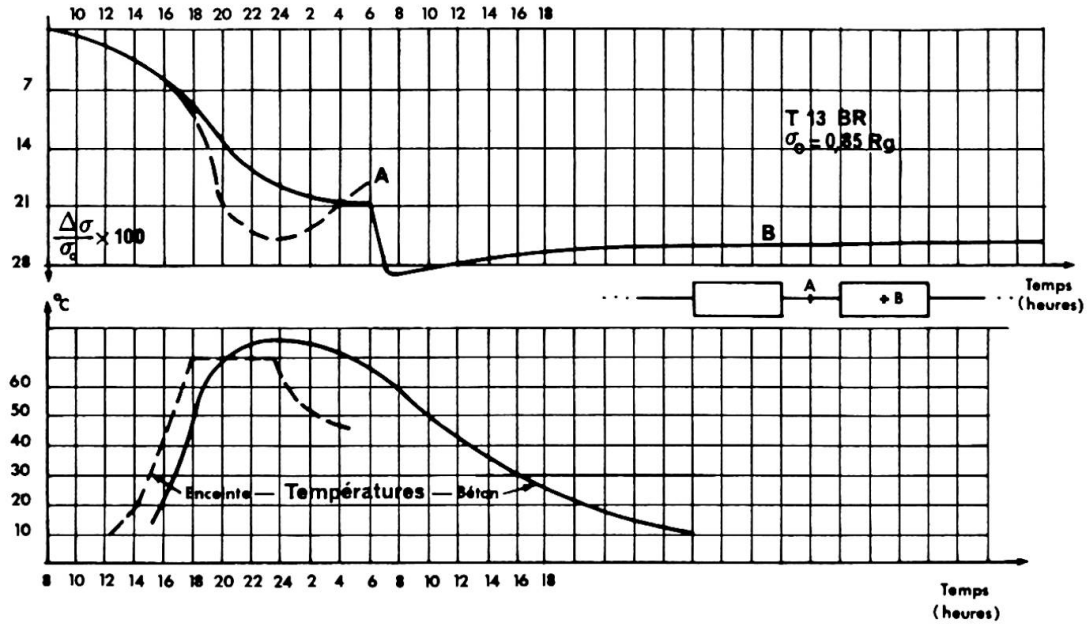


Fig. 8 - Résultats de la mesure directe

II – ETUDE DES LIAISONS

A l'occasion de la réalisation d'un ouvrage à travées hyperstatiques, nous avons constitué deux montages aux fins de les soumettre à des essais de chargement.

Le schéma statique de chacun de ces montages est représenté sur le graphique ci-après : les deux travées, d'abord indépendantes sont solidarisées par un béton coulé en place en seconde phase.

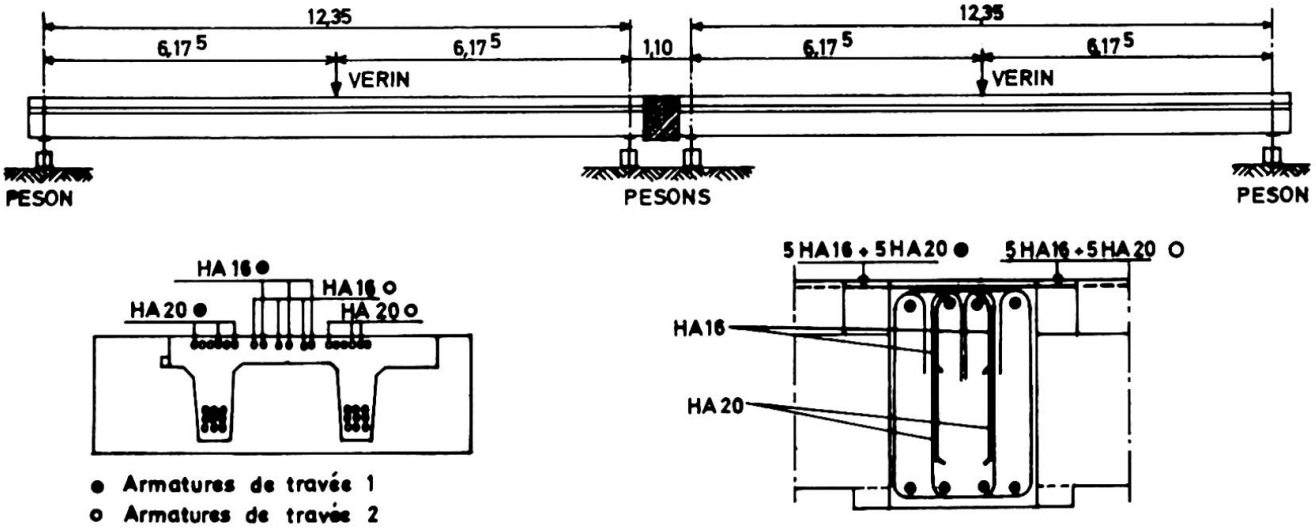


Fig. 9 - Schéma du montage soumis à essai

Lors des essais de chargement, différentes mesures sont prévues :

- mesure des réactions d'appuis par l'intermédiaire de huit pesons à lame de flexion,
- mesure des déformations des travées,
- mesure des rotations des sections par l'intermédiaire de jauges de déformations et de rosettes incorporées à différents niveaux et à différentes sections de travées.

II – 1 – Etude à court terme

Nous avons représenté, pour deux cas de charge prévus au programme d'essai, les variations du rapport entre la force appliquée et la réaction de chaque appui lorsque la force appliquée croît (courbe A suivie du n° de l'appui).

Nous avons indiqué également la valeur du rapport R/F en cas de disparition de la liaison hyperstatique (travée indépendante courbe B).

Enfin, nous avons indiqué les valeurs obtenues par voie théorique en partant d'un schéma statique proche du schéma statique réel (courbe C suivie du n° de l'appui).

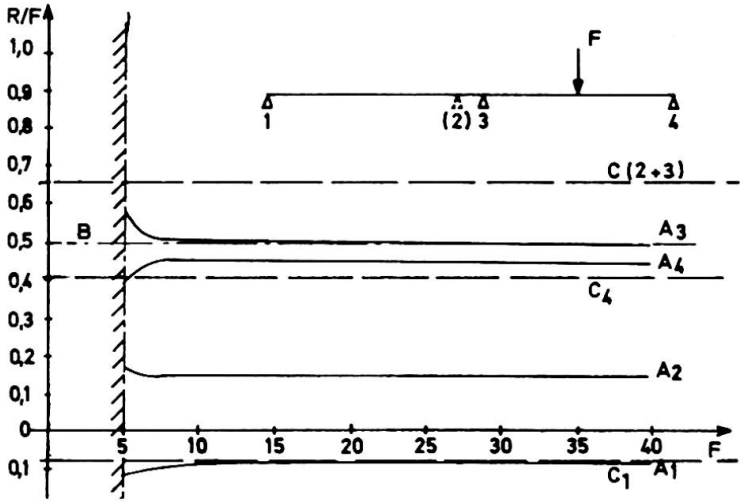


Fig. 10 - Cas de charge 1

Ce schéma statique est, selon le cas de chargement :

- pour le cas 1 (charge unique) : ouvrage à 2 travées dont les portées sont 13,45 m et 12,35 m, la charge étant appliquée dans la travée la plus courte,
- pour le cas 2 (charges dans chaque travée) : ouvrage à 3 travées dont les portées sont respectivement 12,35 m, 1,10 m et 12,35 m. Les charges sont appliquées au milieu des travées longues.

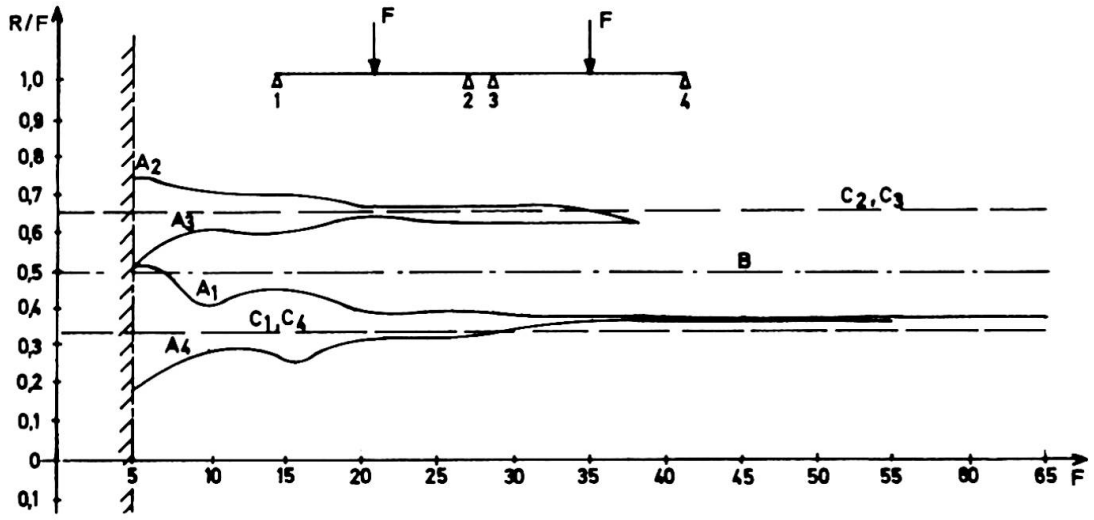


Fig. 11 - Cas de charge 2

Le dépouillement de ces essais est en cours mais les courbes obtenues à l'issue des mesures de réactions d'appuis dénotent un comportement linéaire proche du modèle théorique et ce, pour des charges appliquées atteignant 65 tonnes dans chaque travée.

Il est à noter que, pour le cas 2, il a été procédé à un déchargement pour F = 40 tonnes, puis une reprise des essais au niveau initial. Les nouveaux résultats confirment alors le comportement élastique du système puisqu'ils n'accusent pas d'écarts notables par rapport aux valeurs antérieurement constatées.

II – 2 – Etude à long terme

Pendant le premier semestre de l'année 1976, il sera procédé à un essai identique au précédent mais, par conséquent, un an après réalisation de la jonction entre les deux travées indépendantes, les résultats de cette nouvelle série seront communiqués au cours du congrès de l'A.I.P.C.

En attendant ces essais, le montage est régulièrement suivi par pesée des réactions d'appuis ; il a permis de mesurer les redistributions d'efforts entraînés par le fluage des poutres, dont les libres rotations sont gênées par le chevêtre coulé en seconde phase.

Bien que l'interprétation des résultats soit rendue très difficile par la grande sensibilité de la structure aux gradients thermiques, la méthode permet d'estimer l'incidence des redistributions d'efforts par fluage du béton sur le moment de fissuration du système et les modifications susceptibles d'en découler.

Les Auteurs remercient le laboratoire régional de l'Equipement de BORDEAUX, en particulier la section des bétons et la section de métrologie, dont le dynamisme et l'esprit d'initiative ont largement contribué au succès de cette campagne de mesures.

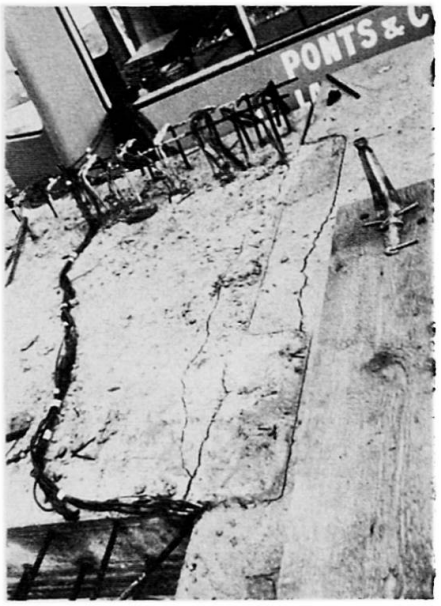


Fig. 12 - Chevêtre en fin de chargement (65 tonnes)

RESUME

Les auteurs dressent un premier bilan de la campagne d'essais et de contrôles entreprise à l'occasion de la préfabrication d'un grand nombre de poutres précontraintes par adhérence. Après un recensement des problèmes et des solutions possibles à la mesure des forces de précontrainte pendant et après un cycle d'étuvage du béton, ils proposent un moyen de mesure directe de la tension des armatures de précontrainte en contact avec le béton. La seconde partie traite de la réalisation d'assemblages d'éléments préfabriqués, les essais entrepris ayant pour but de vérifier le maintien du comportement hyperstatique des structures, aussi bien à court terme qu'à long terme.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Autoren ziehen hier eine erste Bilanz der Versuche, die anlässlich der Herstellung einer grossen Anzahl von im Spannbett vorgespannten Trägern durchgeführt wurden. Auf der Basis einer eingehenden Diskussion der Probleme und Möglichkeiten einer Bestimmung der Spannkräfte während und nach einer künstlichen Erhärtung schlagen sie eine Methode vor, mit der die Spannungen im einbetonierten Spannstahl direkt gemessen werden können. Der zweite Problemkreis betrifft die Verbindung von Fertigteilen. Die durchgeführten Versuche klären das Verhalten statisch unbestimmter Tragwerke unter Kurz- und Langzeit-Belastungen.

SUMMARY

The authors draw first conclusions on a series of tests and controls made on the occasion of the prefabrication of a large number of prestressed beams. A census is made of problems and possible solutions for the measurement of prestressing forces during and after a heating-period. A solution is proposed for the direct measurement of the tension of tendons in contact with concrete. A second part deals with the assembling of precast elements and with tests for the evaluation of short and long term behaviour of statically indetermined structures.