

**BREVET D'INVENTION**

P.V. n° 39.483, Rhône

Classification internationale



1.236.047

E 04 c

**Perfectionnements aux procédés et dispositifs pour la pré-contrainte du béton.**  
(Invention : Alan James HARRIS.)

Société dite : SPAN TENDONS LIMITED résidant en Grande-Bretagne.

**Demandé le 3 juin 1959, à 15<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>, à Lyon.**

Délivré le 7 juin 1960.

*(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)*

La présente invention a trait à la pré-contrainte des constructions en béton et elle vise un tendeur prévu à cet effet, ainsi qu'un procédé de fabrication de tels tendeurs. L'invention a encore pour objet un procédé d'établissement d'un élément en béton pré-contraint.

Pour appliquer un effort de pré-contrainte à des éléments en béton, l'on utilise couramment des tendeurs constitués par un certain nombre de fils métalliques à haute résistance disposés en faisceaux. Ces tendeurs sont disposés d'ordinaire dans des rainures ouvertes ou dans des canaux fermés qui sont ensuite obturés par du mortier de ciment.

On réalise certains avantages en augmentant le nombre des fils constituant chaque tendeur. Par exemple le coût du gainage d'un certain nombre de tendeurs dont chacun comporte un grand nombre de fils est moindre que celui du gainage du même nombre de fils répartis suivant un plus grand nombre de tendeurs de plus faible importance. En outre les fils de faible diamètre peuvent en général être réalisés en acier à plus haute résistance que ceux de plus fort diamètre et par conséquent pour une section d'acier déterminée un tendeur fait d'un grand nombre de fils de petit diamètre exerce un effort de tension plus grand qu'un tendeur fait d'un moindre nombre de fils de diamètre plus fort.

L'inconvénient de l'emploi d'un grand nombre de fils dans un tendeur unique réside dans la difficulté de protéger ces fils à l'encontre de la corrosion et d'assurer que la réaction de tension des fils intérieurs du tendeur soit transmise par l'ancrage à l'élément de béton en cours de pré-contrainte. En effet dans le cas d'un grand nombre de fils pincés par friction il y a tendance au glissement des fils intérieurs.

La méthode habituellement adoptée pour protéger les fils contre la corrosion et également pour les lier soit les uns avec les autres, soit avec les parois de la rainure ou du canal, consiste à injecter

ter sous pression dans les interstices entre les fils du tendeur et entre celui-ci et les parois du canal ou rainure, un mortier liquide fait d'un mélange d'eau et de ciment hydraulique, tel par exemple que du ciment Portland. Cela a toujours été effectué après que le tendeur ait été fixé en place dans l'élément de béton considéré et presque invariablement après que ce tendeur ou câble ait été mis sous tension. Il n'est généralement possible d'injecter le mortier que par chacune des deux extrémités de l'élément de béton. Aussi longtemps que les fils sont en petit nombre et qu'ils peuvent être disposés suivant une seule rangée circulaire ménageant entre eux un passage axial, cette injection du mortier est tout à fait simple. Mais lorsqu'on utilise un nombre de fils plus grand que celui susceptible de tenir sur une rangée circulaire unique dans un tendeur de diamètre déterminé, les interstices entre les fils deviennent très petits et il est difficile d'amener le mortier à pénétrer entre les fils et à entourer tous ceux-ci sur toute la longueur du tendeur. Par conséquent un grand nombre des fils risquent de rester non protégés et non liés à l'ensemble sur une certaine partie de leur surface.

La présente invention permet d'éviter cet inconvénient dans une large mesure.

Le procédé d'établissement d'éléments en béton pré-contraint suivant la présente invention consiste à disposer dans les interstices entre les fils individuels d'un tendeur, une matière de remplissage durcissable, mais à l'état encore non durci, de façon à recouvrir la surface des fils et à les protéger contre l'oxydation avant que le tendeur ou câble ne soit monté en place dans l'élément de béton qui doit être pré-contraint. On utilise préférentiellement comme matière de remplissage du ciment sec ou un mélange de ciment sec et de sable, ce produit étant aisément disponible sur les chantiers où les éléments en béton pré-contraint sont en cours d'établissement. Le tendeur peut être

monté en place dans l'élément en béton alors que le ciment ou le mélange de ciment et de sable est encore à l'état sec. Dans les cas où le seul risque de corrosion des fils provient de l'humidité, on peut laisser le remplissage à l'état sec. Si de l'humidité pénètre dans le câble elle se combine avec le ciment ou mélange de ciment et de sable et fait prendre celui-ci en donnant naissance à une garniture protectrice imperméable de la même manière que si les espaces entre les fils avaient été remplis de mortier liquide. Toutefois si on laisse le remplissage à l'état sec, on n'est pas certain que la liaison entre les fils du tendeur soit bien établie.

En variante on peut ménager dans le faisceau de fils qui forment le tendeur et autour de ce faisceau un petit passage courant sur toute la longueur de ces fils. Après que le tendeur ait été mis en position, l'on peut injecter dans ce passage soit de l'eau, soit une laitance claire constituée par un mélange de ciment avec une grande quantité d'eau. L'eau ou la laitance pénètre sur toute la longueur du passage pour mouiller la matière de remplissage sèche beaucoup plus facilement qu'on ne pourrait faire pénétrer entre les fils un mortier normal relativement épais.

L'eau se combine avec la matière de remplissage qui fait prise sous forme dure. Lorsqu'on injecte de l'eau pure seulement, l'on peut boucher les extrémités du passage par un bouchon de mortier après que l'injection soit terminée. En variante l'injection d'un mortier clair ou l'injection ultérieure de mortier dans le passage après l'injection d'eau a pour effet d'obturer complètement ce passage.

L'on peut injecter l'eau ou le mortier dans le passage du tendeur à n'importe quel moment après que celui-ci ait été monté en place, soit avant, soit après la mise sous tension. Il est important que la matière de remplissage ne durcisse pas avant que le tendeur ne se trouve à sa position définitive dans l'élément en béton car une fois que cette matière a durci, le tendeur présente une rigidité telle qu'il est impossible de le courber pour l'amener à la position requise. Néanmoins une fois le tendeur en place, le changement de courbure qui apparaît en suite de la mise sous tension est très léger et la rigidité du dispositif ne présente alors par conséquent aucun inconvénient.

Le remplissage des interstices entre les fils du tendeur maintient rigide ceux-ci en position les uns par rapport aux autres, que la matière de remplissage ait durci ou non, pourvu que le tendeur soit enfermé dans un frettage fait en une matière présentant une résistance à la traction appréciable, en vue d'empêcher la séparation des fils.

L'invention permet également de serrer et d'ancrer solidement les extrémités de l'ensemble des fils

par l'effet de friction résultant des efforts transversaux agissant sur le tendeur. Ces efforts transversaux sont transmis aux fils intérieurs du tendeur par la matière de remplissage, laquelle est avantageusement prévue extrêmement dure et avec un fort coefficient de frottement sur les fils. De cette manière l'effort transversal d'ancrage détermine une importante force longitudinale de frottement sur les fils intérieurs du tendeur. Le ciment alumineux constitue une matière de remplissage du genre précité. Pour permettre de pousser au maximum le serrage réalisé par la matière de remplissage, il est désirable que celle-ci ait fait prise de façon complète avant que l'effort transversal d'ancrage ne soit appliqué sur l'extérieur du tendeur, ceci pour que l'effet de l'adhésion puisse s'ajouter à celui du frottement.

Quand on utilise comme matière de remplissage un ciment hydraulique, tel par exemple que du ciment Portland, ou un mélange d'un tel ciment et de sable, on se heurte à une difficulté du fait que le volume occupé par la matière de remplissage à l'état humide peut être légèrement moindre que celui qu'elle occupe à l'état sec. Ceci est dû au phénomène communément connu sous le nom de tassement. Ainsi lorsque l'eau est injectée dans le ciment hydraulique ou mélange de ciment hydraulique et de sable, il se produit une légère contraction de telle sorte que les interstices entre les fils du tendeur ne sont plus remplis de façon complète. Cette difficulté peut être surmontée de l'une quelconque des manières qui suivent :

a. L'on peut entourer entièrement chaque fil du tendeur d'une couche de matière de remplissage faite de ciment hydraulique ou de ciment et de sable, de telle sorte que tous les fils soient séparés les uns des autres par une petite épaisseur de cette matière. Comme la proportion de la section totale du tendeur occupée par la matière de remplissage est généralement de l'ordre de 15 % seulement, la contraction totale est faible et la matière de remplissage ne se sépare pas de la surface des fils parce qu'à la suite de la contraction de la matière qui les sépare, ces derniers se rapprochent quelque peu les uns des autres, particulièrement s'ils sont entourés d'un frettage réalisé sous tension;

b. L'on peut mélanger à la matière de remplissage une substance provoquant une dilatation lors de la prise, par exemple de la poudre d'aluminium. Grâce à ce moyen, lorsque la matière de remplissage fait prise, et si l'on utilise un frettage pour entourer le tendeur, ce frettage exerce alors une force de compression. Cela provoque une compression transversale correspondante de l'ensemble des fils et de la matière de remplissage, qui augmente les forces longitudinales de frottement prenant naissance entre les fils individuels;

c. L'on peut mélanger à la matière de remplis-

sage un liquide qui ne provoque pas la prise au moment où l'on dispose cette matière dans les interstices entre les fils. Ce liquide facilite alors le tassement de la matière de remplissage. On peut employer un liquide volatil, par exemple du tétrachlorure de carbone, de manière qu'il s'évapore de la matière pour permettre ensuite l'injection d'eau; on peut utiliser un liquide miscible avec l'eau de façon que lors de l'injection d'eau subséquente, celle-ci se mélange au liquide et le déplace. On peut à cet effet employer par exemple de la glycérine ou de l'alcool;

d. L'on peut tasser la matière de remplissage, par exemple en entourant le tendeur d'un frettage enroulé sous tension après que la matière de remplissage ait été disposée dans les interstices entre les fils. L'on peut utiliser à cet effet un frettage fait d'un ruban d'acier;

e. La matière de remplissage peut être tassée par un vibreur à fréquence élevée;

f. On peut mélanger des particules plus grossières au ciment hydraulique, par exemple au ciment Portland, de manière à réduire la contraction lors de la prise. On peut employer des particules inertes, par exemple de la silice ou du sable grossier, ou bien utiliser des particules présentant par elles-mêmes des propriétés de durcissement, telles que des particules de ciment broyé grossièrement, des particules de pouzzolane ou des cendres fines.

Au lieu d'utiliser comme matière de remplissage du ciment hydraulique ou un mélange d'un tel ciment avec du sable, l'on peut employer toutes autres matières en poudre susceptibles de durcir par addition d'un liquide approprié. Certaines résines synthétiques pulvérulentes possèdent ces propriétés et se prennent sous forme dure en présence d'un liquide convenable. La prise de matières de remplissage de ce genre peut être accélérée par l'effet de la chaleur, celle-ci pouvant être appliquée par chauffage de l'une ou des deux extrémités du tendeur après qu'il ait été mis en place dans l'élément de béton, en laissant la chaleur se transmettre par conduction à toute la longueur du tendeur; on peut également chauffer le tendeur sur toute sa longueur en y faisant passer un courant électrique.

On peut utiliser un tendeur de pré-contrainte pour béton suivant l'invention d'après l'une quelconque des façons connues. On peut par exemple l'insérer dans une gaine rigide qui l'empêche de se lier au béton dans la masse duquel il est noyé, ou bien on peut le faire passer dans un trou ou canal ménagé à l'avance. Dans les deux cas l'eau ou autre liquide nécessaire à déterminer la prise de la matière de remplissage dans le tendeur peut être injectée dans l'espace annulaire ménagé entre celui-ci et sa gaine ou le canal qui le renferme, le

frettage du tendeur étant alors réalisé sous forme suffisamment perméable pour permettre à l'eau ou autre liquide de durcissement de pénétrer entre les fils élémentaires. On peut convenablement utiliser à cet effet un enroulement à spires jointives fait d'un ruban d'acier ou de tissu. En variante l'on peut injecter l'eau ou autre liquide de durcissement dans un passage réalisé sur la longueur du tendeur lui-même, par exemple en remplaçant l'un des fils de celui-ci par un ressort hélicoïdal à spires serrées.

L'on peut établir une liaison entre le tendeur tel que décrit ci-dessus et la paroi de la gaine rigide ou du canal qui le renferme en injectant dans l'espace annulaire prévu entre le tendeur et la gaine ou canal une composition durcissable telle qu'un mélange d'eau et de ciment. La liaison réalisée par la composition ainsi injectée peut être améliorée en rendant rugueuse la surface extérieure du frettage du tendeur ou en utilisant un frettage à surface ondulée.

Le dessin annexé, donné à titre d'exemple, permettra de mieux comprendre l'invention, les caractéristiques qu'elle présente et les avantages qu'elle est susceptible de procurer :

Fig. 1 est une coupe transversale partielle d'un élément de béton dans lequel on a mis en place un tendeur de pré-contrainte établi suivant une première forme d'exécution de l'invention;

Fig. 2 est une coupe semblable, mais correspondant à une seconde forme d'exécution.

Dans la forme d'exécution de fig. 1 on a représenté en 1 en coupe transversale partielle un élément en béton comportant un canal longitudinal 2 destiné à recevoir un tendeur de pré-contrainte.

Ce tendeur, auquel on a affecté la référence générale 3, est disposé dans le canal 2 en restant éloigné des parois de celui-ci. Il est constitué par un certain nombre de fils métalliques 4 à haute résistance, très rapprochés les uns des autres, ou éventuellement au contact les uns des autres, les interstices entre les fils étant remplis par du ciment sec 5 et l'ensemble ainsi établi étant entouré par un enroulement ou frettage perméable 6 fait en tissu. Ce tendeur est réalisé en faisant passer les fils provenant de bobines appropriées dans une boîte vibrante remplie de poudre de ciment, l'enroulement 6 leur étant appliqué par le moyen d'une machine usuelle à recouvrir les câbles au moment où lesdits fils enrobés de ciment sortent de la boîte.

Lorsque le tendeur ainsi réalisé a été mis en place dans le canal 2, on injecte de l'eau dans l'espace annulaire 7 ménagé entre la périphérie du tendeur et la paroi du canal. Cette eau traverse l'enroulement 6 et se mélange avec la poudre de ciment qui recouvre les fils 4, de sorte que la prise subséquente de ce ciment lie les fils les uns avec

les autres. Après mise sous tension du tendeur pour assurer la pré-contrainte du béton, l'on injecte dans l'espace 7 une composition durcissable à base de ciment et d'eau qui rend le tendeur solidaire de la paroi du canal 2.

Dans la forme d'exécution de fig. 2, le canal destiné à recevoir le tendeur est constitué par une gaine rigide 8 noyée dans le béton 1a, tandis que le tendeur 9 est constitué par un certain nombre de fils métalliques 10 à haute résistance disposés autour d'un solénoïde 11 fait d'un fil métallique enroulé en hélice en vue de ménager un passage axial sur toute la longueur du tendeur. Comme dans la forme d'exécution de fig. 1, les interstices entre les fils 10 sont remplis de ciment en poudre, mais dans le cas de fig. 2 l'ensemble des fils est entouré par un enroulement ou frettage 12 fait d'un ruban métallique qui réalise ainsi sur le tendeur un recouvrement imperméable.

Après mise en place du tendeur 9 à l'intérieur de la gaine rigide 8, l'on injecte de l'eau par l'une ou les deux extrémités du passage central réalisé par le fil hélicoïdal 11. Cette eau mouille le ciment qui prend alors en liant les fils 10 les uns avec les autres et avec l'enroulement 12.

On injecte ensuite du mortier liquide entre l'enroulement ou frettage 12 et la gaine rigide 8 pour rendre le tendeur solidaire de la gaine.

Il doit d'ailleurs être entendu que la description qui précède n'a été donnée qu'à titre d'exemple et qu'elle ne limite nullement le domaine de l'invention dont on ne sortirait pas en remplaçant les détails d'exécution décrits par tous autres équivalents.

D'autre part, et comme il résulte de ce qui précède, l'invention englobe non seulement les tendeurs établis à la façon décrite, mais encore le procédé d'établissement d'éléments pré-contraints par utilisation de tels tendeurs, ainsi que le procédé préféré de réalisation de tels tendeurs par le moyen d'une boîte vibrante à la façon exposée.

#### RÉSUMÉ

I. Tendeur pour béton pré-contraint, du genre constitué par un ensemble de fils métalliques longitudinaux, remarquable en ce que les interstices compris entre ces fils sont remplis par une matière durcissable, mais à l'état non encore durci, ledit tendeur pouvant en outre présenter les autres caractéristiques ci-après, séparément ou en combinaison :

1° L'ensemble des fils est entouré par un enrou-

lement ou frettage qui constitue la surface extérieure du tendeur;

2° Le durcissement de la matière durcissable de remplissage utilisée est assuré par un liquide et le frettage prévu sous 1° est perméable de manière que le liquide puisse être appliqué au tendeur à partir de l'extérieur de celui-ci;

3° Le durcissement de la matière de remplissage utilisée est assuré par un liquide et il est ménagé un passage sur la longueur du dispositif tendeur pour assurer l'amenée à celui-ci du liquide de durcissement, le frettage pouvant être alors imperméable;

4° Le passage prévu sous 3° est réalisé par le moyen d'un fil métallique enroulé en hélice disposé suivant la longueur du tendeur;

5° La matière durcissable est constituée par du ciment en poudre;

6° Le ciment renferme une substance propre à compenser sa contraction au cours de la prise;

7° Le ciment est mélangé à un liquide qui ne détermine pas sa prise, ce liquide étant soit volatil, soit miscible à l'eau pour pouvoir être éliminé lors de l'opération de durcissement;

8° La matière durcissable est constituée par une résine synthétique pulvérulente.

II. Procédé de pré-contrainte du béton ou analogue, consistant à réaliser un passage ou canal dans le béton ou autre, à disposer dans ce canal un tendeur établi suivant I, à provoquer le durcissement de la matière de remplissage de ce tendeur et à lier le tendeur à la paroi du canal, ledit procédé pouvant en outre présenter les autres caractéristiques ci-après, séparément ou en combinaison :

1° On constitue la matière de remplissage du tendeur par une résine synthétique pulvérulente et l'on accélère la prise de cette matière par application de la chaleur;

2° On applique la chaleur au tendeur par l'une ou par les deux extrémités de celui-ci;

3° On applique la chaleur au tendeur en y faisant passer un courant électrique.

III. Procédé de réalisation d'un tendeur pour pré-contrainte du béton, tel que défini sous I, consistant à faire passer les fils dans une boîte vibrante renfermant la matière durcissable de remplissage sous forme pulvérulente, puis à assembler les fils sortant de la boîte en enroulant sur eux un ruban.

Société dite :

SPAN TENDONS LIMITED

Par procuration :

JL. MONNIER

