

Mode de précontrainte

Introduction :

Différentes techniques permettant la réalisation de la précontrainte existent, mais il y a deux procédés qui sont les plus répandus pour réaliser l'opération de précontrainte ; pré-tension et post-tension ;

1. Précontrainte par pré-tension

Dans ce procédé, les câbles de précontrainte sont tendus entre deux massifs solidement ancrés avant le coulage du béton (Figure 2). Cette technique est surtout employée sur les bancs de préfabrication (figure ci-dessous), pour réaliser des éléments répétitifs.

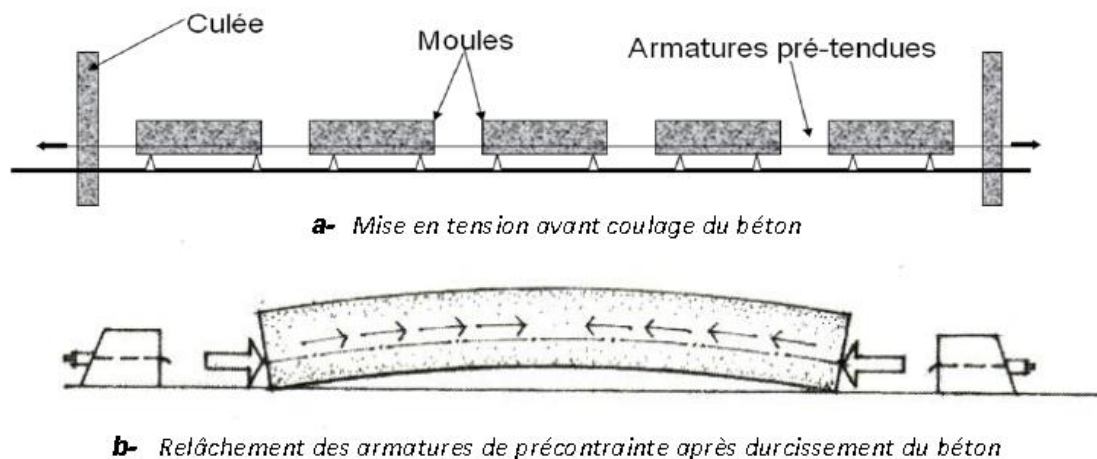


Fig 1 Banc de préfabrication

Etapes générales de réalisation

- Mise en tension des câbles.
- Coulage du béton.
- La libération des câbles après le durcissement du béton.

Par adhérence, la précontrainte de compression est transmise au béton.

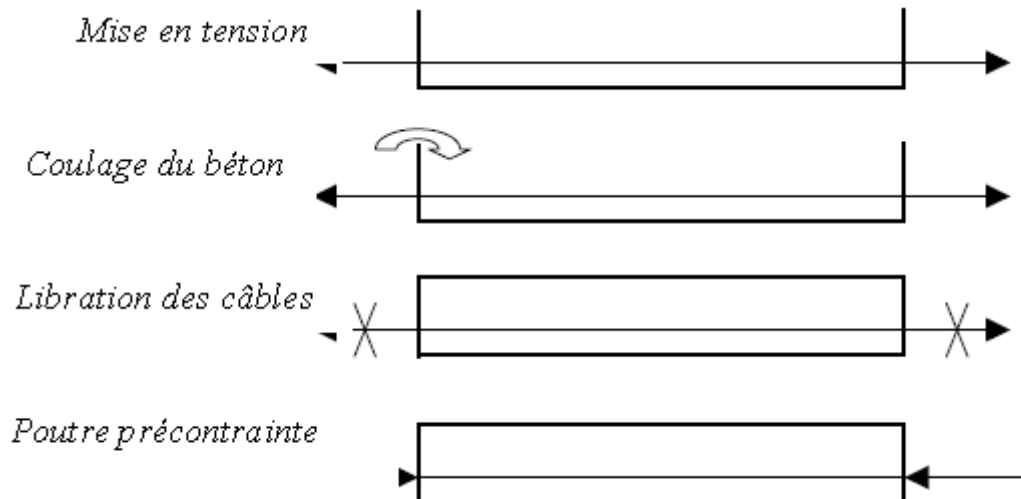


Fig 2 Etapes de réalisation (**pré-tension**)

D'une façon plus détaillée, la méthode de précontrainte par pré-tension suit les cycles suivants :

- Nettoyage des moules ;
- Mise en place d'huile de décoffrage des moules;
- Déroulement des armatures actives et blocage aux extrémités dans des plaques ;
- Mise en place des armatures passives ;
- Mise en place des moules dans leur position finale;
- Mise en place des déviateurs éventuels ;
- Mise en tension des armatures par des vérins ;
- Mise en place du béton par pont- roulant ou grue ;
- Vibration du béton ;
- Étuage ou chauffage du béton ;
- Décoffrage ;
- Dé-tension des armatures actives ;
- Découpage des fils situés entre deux éléments préfabriqués ;
- Manutention et stockage.

2. Précontrainte par post-tension

Ce procédé consiste à tendre les câbles de précontrainte, après coulage et durcissement du béton, en prenant appui sur la pièce à comprimer (Figure 3). Cette technique est utilisée pour les ouvrages importants est, généralement, mise en ouvre sur chantier.

La précontrainte par post tension se présente sous deux formes :

- Une précontrainte par post-tension interne

- Une précontrainte par post-tension externe

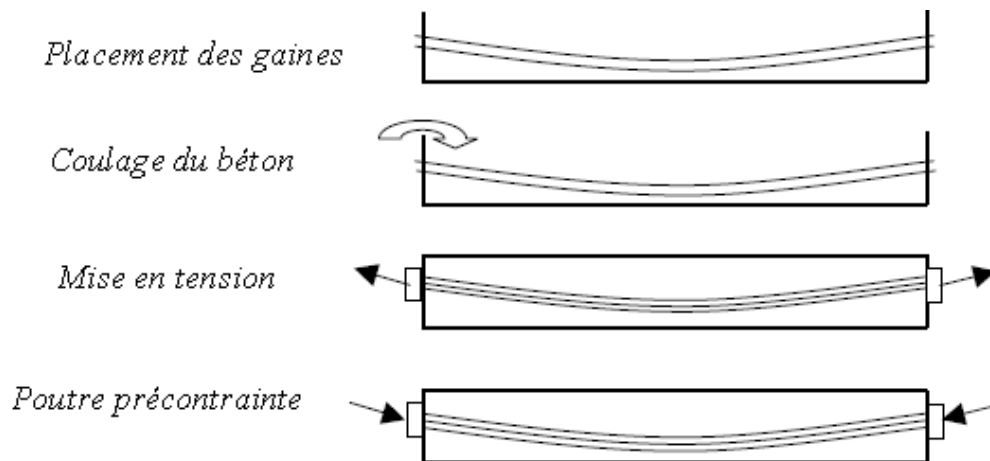
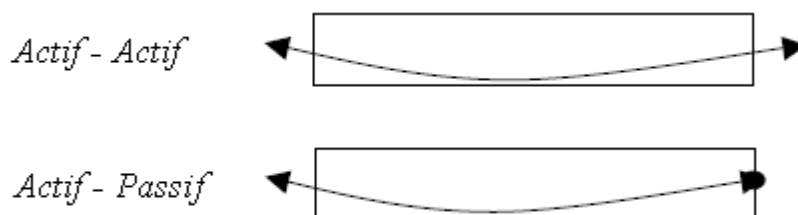


Fig 3 Etapes de réalisation (post-tension)

Etapes générales de réalisation

- Placement des gaines dans le coffrage.
- Coulage du béton.
- Après le durcissement du béton, la mise en tension des câbles.
- Le blocage se fait par différents systèmes de cales sur une zone de béton fretté.
- L'injection d'un coulis de ciment

La mise en tension peut-être faite en tendant l'acier aux deux extrémités de la pièce (actif - actif) ou en tendant une seule extrémité uniquement (actif - passif)



L'injection de coulis de ciment

L'injection est une opération extrêmement importante car elle assure un double rôle :

- La protection des armatures de précontrainte contre la corrosion.
- L'amélioration de l'adhérence entre les armatures et les gaines.

L'opération de l'injection doit être réalisée dès que possible après la mise en tension des armatures. Le produit d'injection doit répondre aux impératifs suivants:

- Avoir une assez faible viscosité pour couler facilement et pénétrer dans toutes les ouvertures et entre fils des câbles de précontrainte ;

- Conserver cette faible viscosité pendant un délai suffisant pour que l'injection puisse s'effectuer dans de bonnes conditions avant le début de prise;
- Après durcissement, avoir une résistance suffisante pour assurer efficacement l'adhérence de l'armature au béton;
- Présente un retrait minimal ;
- Ne pas être agressif vis-vis de l'acier de précontrainte

Le produit d'injection était autrefois un mortier formé de ciment, de sable et de l'eau; aujourd'hui le sable est à peu près complètement abandonné, au profit de coulis de ciment CPA, comportant un adjuvant.

3. Comparaison des deux procédés

Une comparaison entre les deux procédés (post-tension et pré-tension) permet de constater les observations suivantes :

Pré-tension

- L'économie des gaines, des dispositifs d'ancrage et de l'opération de l'injection.
- La nécessité des installations très lourdes ce qui limite, par voie de conséquence, le choix des formes.
- La simplicité de la réalisation du procédé.
- Une bonne collaboration du béton et des armatures.
- La difficulté de réalisation des tracés courbes d'armatures.
- L'impossibilité de régler l'effort dans les armatures après la mise en tension en post-tension.

Post-tension

- Ne demande aucune installation fixe puisque; c'est sur la pièce elle même que s'appuie le vérin de précontrainte.
- Elle permet le choix des différentes formes.
- La possibilité de régler l'effort de précontrainte, ce qui permet d'adapter le procédé à l'évolution de la masse de l'ouvrage.
- La facilité de réalisation des tracés de courbes d'armature et de précontrainte.

4. Domaine d'application

Grâce à ses avantages, le béton précontraint est utilisé dans les ouvrages d'art et les bâtiments de dimensions importantes: il est d'utilisation courante pour les ponts et d'un emploi très répandu pour les poutrelles préfabriquées des planchers de bâtiments.

On le retrouve dans de nombreux autres types d'ouvrages, parmi lesquels nous citerons les réservoirs, les pieux de fondation étirant d'ancrage, certains ouvrages maritimes, les barrages, les enceintes de réacteurs nucléaires.

5. Autres procédés de précontrainte

A côté des procédés classiques que nous venons d'examiner, existent des procédés spéciaux qui sont réservés à certaine nature d'ouvrages ou qui font appel à d'autres principes pour la mise en tension des aciers.

Parmi ceux-ci, nous citerons les suivants :

5-1 Précontrainte par enroulement

Pour les structures de section circulaire creuse soumises à une pression interne, telles que les conduites forées et les grands réservoirs de liquides ou de gaz, la précontrainte peut être obtenue en enroulant sur l'extérieur du cylindre de rayon R un fil sous tension mécanique : ce fil tendu avec une force F , exerce sur la paroi une pression radiale F/R , qui équilibre la pression interne (fig. 4).

L'avantage de ce procédé réside dans sa simplicité, le problème des ancrages ne se pose pratiquement plus ; il est remplacé par un problème de rabouillage du fil à l'extrémité de chaque couronne, beaucoup plus facile à résoudre. De plus, les formes de béton sont plus simples qu'avec les procédés classiques, qui exigent que les parois soient munies de nervures pour loger les ancrages. Cependant, le fil après enroulement, doit être protégé de la corrosion par un revêtement qui constitue le point délicat du procédé : la protection est réalisée par plusieurs couches superposées de mortier projeté, et il est très difficile d'éviter la fissuration de l'enduit et la pénétration de l'humidité jusqu'aux armatures. L'exécution des ouvrages qui relèvent de cette conception ne peut être confiée qu'à des entreprises très qualifiées.

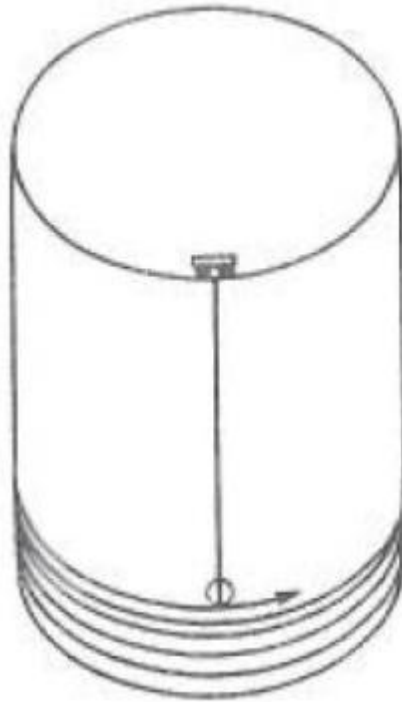


Fig. 4 Schéma de principe de la précontrainte par enroulement

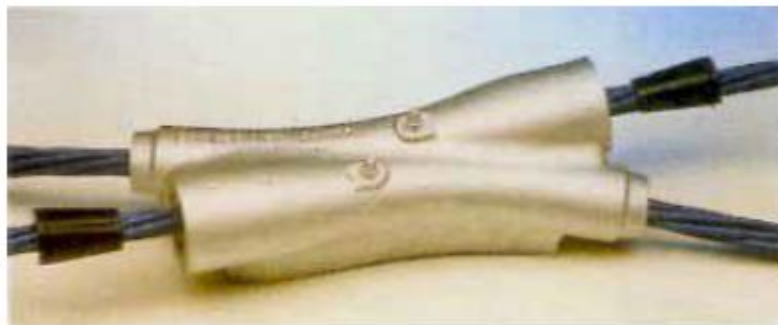


Fig. 5 Ancrage de cerce

5-2 Précontrainte par compression externe

Dans les cas, peu fréquents, où l'on dispose de culée rigoureusement fixée, la précontrainte d'un élément est possible au moyen de vérins plats. Ceux-ci sont des sacs en tôle mince, de forme circulaire ou rectangulaire, à angles arrondis que l'on gonfle en y introduisant un liquide sous pression. Un vérin de quelques décimètres de diamètre peut ainsi développer plusieurs centaines de tonnes avec un déplacement qui peut atteindre 25mm environ. La permanence de l'effort ainsi appliqué est obtenue en utilisant pour gonfler le vérin un coulis de ciment qui fait prise, et le vérin reste incorporé dans l'ouvrage (fig. 6).

Ces vérins sont souvent utilisés pour mobiliser de forces importantes avec de faibles déplacements.

Quant à la précontrainte ainsi obtenue, elle ne peut être provisoire, car même en supposant les culées parfaitement immobiles, la relaxation du béton intervient, qui diminue très fortement sa contrainte de compression.

Il faut rappeler, en outre, que les éléments précontraints par compression externe sont exposés au flambement sous l'action de la précontrainte.

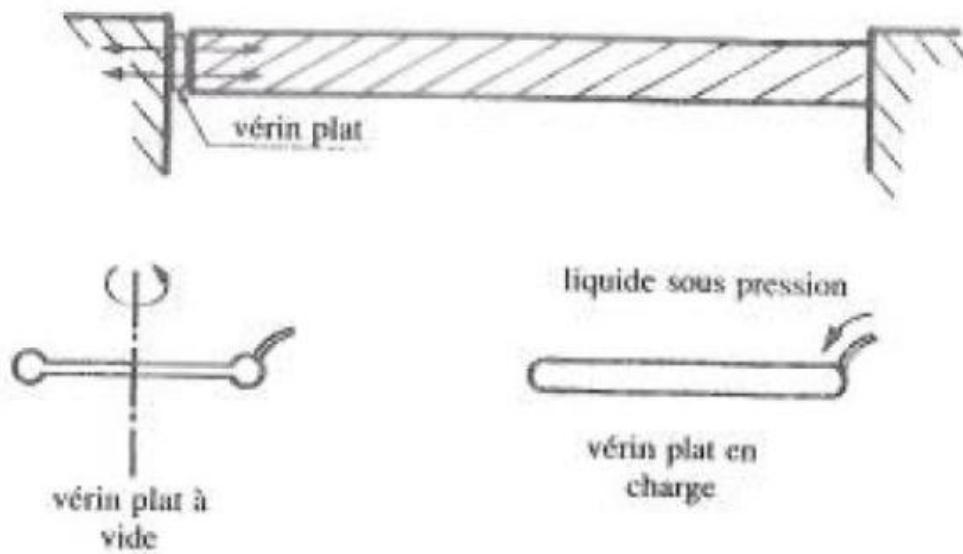


Fig. 6 Schéma de principe de la précontrainte par compression externe

5-3 Précontrainte par « Expansion » du béton

De même que le retrait du béton, dans le béton armé, entraîne une mise en traction du béton et une compression des aciers, l'emploi d'un ciment expansif peut amener une compression du béton et une traction des aciers. Cette précontrainte chimique a été tentée plusieurs fois au cours des dernières décennies, mais la difficulté du procédé réside dans la nécessité d'obtenir une expansion parfaitement déterminée à l'avance. Après des essais effectués en France par Lossier, d'autres chercheurs ont étudié ce procédé en Union soviétique en utilisant un mélange de ciment Portland, de ciment d'aluminat de calcium et de plâtre, ou avec un clinker de sulfaluminat de calcium broyé. D'autres essais ont été poursuivis en Californie, en partant de mélange analogues.

En fait, actuellement, il ne semble pas que l'on puisse arriver à une véritable précontrainte par ce moyen, et les ambitions semblent se limiter aujourd'hui à compenser les effets du retrait, ce qui constitue déjà un progrès notable, surtout dans le domaine des grandes dalles de revêtement.