Les charpentes en acier précomprimé

Autor(en): **Magnel, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen**

Band (Jahr): **11 (1951)**

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-11438

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Les charpentes en acier précomprimé

Vorgespannte Stahlkonstruktionen

Precompressed Steelwork

G. Magnel, Professeur à l'Université de Gand, Membre de l'Académie Royale de Belgique

Introduction

Les raisons qui justifient la précompression du béton ne sont pas toutes valables pour les charpentes métalliques; il suffit en effet de noter que l'acier doux a quasi la même limite élastique à la traction et à la compression, de sorte qu'il n'y a pas lieu de lui donner, comme au béton, une résistance artificielle à la traction.

Les raisons qui justifient la précompression de l'acier sont purement économiques. Une caricature permettra de le faire comprendre: Pour résister à un effort donné en traction simple à l'aide d'acier doux pouvant travailler à 14 kg/mm², il faut une certaine section; pour résister au même effort à l'aide d'acier tréfilé pouvant travailler à 98 kg/mm² il faut une section sept fois plus petite; cela signifie que l'économie en poids sera de 85,7%; si l'acier tréfilé coûte le triple par unité de poids par rapport à l'acier doux, l'économie sur les prix sera de 57,1%.

Attention! Ce qui précède est une caricature. N'oublions pas que la pièce tendue, réalisée en acier tréfilé, se déformera sept fois plus que celle en acier doux et que sa sécurité à la rupture ne sera plus la même.

Mais sans aller ainsi à l'extrême, pourquoi ne remplacerions nous pas le tirant de section Ω en acier doux par un tirant mixte composé d'une section Ω_r (Ω réduit) mise en compression préalable par un câble en acier tréfilé de section Ω_c.

Nous allons démontrer dans ce qui suit que cela peut se faire sans rien enlever au coefficient de sécurité et en n'augmentant que d'une façon acceptable l'allongement du tirant.

Voici pour la clarté les lettres qui dans la suite désigneront certaines tensions:

R est la tension de sécurité de l'acier doux en traction.

R' est la tension de sécurité de l'acier doux en compression sur des prismes assez courts pour que le flambage ne joue aucun rôle.

R_1 est la tension limite de traction que nous allons admettre dans l'acier doux Ω_r d'un tirant mixte précompimé.

R_c est la tension de sécurité dans le câble de section Ω_c.

Le lecteur comprendra plus tard la raison pour laquelle nous faisons une distinction entre R et R_1.

Dans le présent mémoire nous examinerons successivement

a) le cas d'un tirant soumis à traction simple;

b) le cas d'une poutre en treillis munie d'un câble de précontrainte.

Chapitre I. Calcul d'un tirant

1. Exposé du problème et notations

Supposons qu'on doive réaliser un tirant devant résister à:
une charge permanente F_p qui naît graduellement au cours de la précontrainte;
une charge additionnelle F_q qui peut varier de zéro à sa valeur maximum.

Imposons-nous un coefficient de sécurité S vis-à-vis de la limite élastique et limitons l'allongement du tirant dû à F_q à une valeur $\Delta_1 = \beta \Delta$ en appelant Δ l'allongement dû à F_q dans le même tirant réalisé entièrement en acier doux.

Soit R la tension de sécurité admissible pour l'acier doux travaillant en traction. Nous allons comprimer cet acier à l'aide d'un câble jusqu'à la tension R'; bien entendu durant cette opération F_p augmente graduellement de zéro à F_p et la tension R' est la résultante de l'action de F_p et de l'effort X du câble de précontrainte. Il est évident que R' devra toujours être plus petit que R.

Lorsqu'au tirant ainsi précontraint et sollicité par F_p on applique F_q, la compression R' de l'acier doux va se transformer en une traction R_1 et l'effort X du câble subira un accroissement ΔX.

Nous rappelons

Ω la section requise si le tirant était entièrement réalisé en acier doux;

Ω_r la section réduite d'acier doux utilisée dans le tirant précomprimé;

Ω_c la section du câble à haute limite élastique dans lequel la tension maximum admissible est R_c.

Nous appelons α et m les rapports suivants

$$\alpha = \frac{\Omega_c}{\Omega_r} \qquad m = \frac{F_q}{F_p}$$

Enfin P et Π sont respectivement le poids et le coût de l'unité de longueur du tirant réalisé en acier doux; P_1 et Π_1 les valeurs correspondantes du tirant précomprimé.

2. *Formules fondamentales*

Des principes élémentaires permettent d'écrire les équations suivantes

$$F_p + F_q = R\Omega \tag{1}$$

$$X = F_p + R'\Omega_r \tag{2}$$

$$F_q - \Delta X = (R' + R_1)\Omega_r \tag{3}$$

$$X + \Delta X = R_c\Omega_c \tag{4}$$

$$\Delta X = F_q \frac{\alpha}{1+\alpha} \tag{5}$$

La combinaison de (3) et (5) conduit à

$$\Omega_c + \Omega_r = \frac{F_q}{R_1 + R'} \tag{6}$$

ce qui signifie que le poids du tirant est indépendant de l'effort F_p. Cela ne signifie évidemment pas que si $F_q = 0$ il ne faut plus de matière pour résister à F_p: les formules donnent dans ce cas une section Ω_r négative; c'est une simple fiction mathématique.

La limitation de la sécurité à la valeur S admise pour un tirant en acier doux travaillant à la tension R donne

$$S = 1 + \frac{m}{1+m}\,\frac{SR - R_1}{R' + R_1} \tag{7}$$

En effet, si l'acier doux du tirant précomprimé travaille à R_1 la tension disponible avant d'atteindre la limite élastique $S\,R$ est $S\,R - R_1$. Or, F_q donne dans $\Omega_c + \Omega_r$ une tension de $R_1 + R'$ (formule 6); pour avoir une tension $S\,R - R_1$ il faut donc une charge

$$F_q' = F_q \frac{SR - R'}{R_1 + R'}$$

La sécurité du tirant précontraint est donc

$$S = \frac{F_q + F_p + F_q'}{F_p + F_q} = 1 + \frac{F_q'}{F_p + F_q}$$

d'où la formule (7); on en déduit

$$S = \frac{1}{1 - \dfrac{m\,(R - R_1)}{(1+m)\,R' + R_1}} \tag{8}$$

Le rapport des déformations est

$$\beta = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{R_1 + R'}{R} \cdot \frac{1+m}{m} \tag{9}$$

Il est d'autre part évident que

$$\frac{P_1}{P} = \frac{m}{1+m} \frac{R}{R_1 + R'} \tag{10}$$

$$\frac{\Pi_1}{\Pi} = \frac{\Omega_r + \gamma \Omega_c}{\Omega} \quad \text{avec } \gamma = \frac{\pi_c}{\pi_r} \tag{11}$$

Π_c et Π_r étant les prix unitaires de l'acier du câble et de l'acier doux, main d'œuvre comprise.

3. *Résolution des formules*

Remarquons d'abord que lorsqu'on se donne β et S il en résulte les valeurs de R' et R_1 par les équations (8) et (9); on trouve

$$R_1 = R[S - \beta(S-1)] \tag{12}$$

$$R' = R\left[\beta\left(\frac{m}{1+m} + S - 1\right) - S\right] \tag{13}$$

Connaissant R_1 et R' il est facile de trouver Ω_r, Ω_c, X et ΔX par les équations (2), (3), (4) et (5).

On trouve

$$\Omega_c = \frac{F_p}{R_c - R_1}\left(m \frac{R'}{R' + R_1} + 1\right) \tag{14}$$

$$\Omega_r = \frac{F_p}{R_c - R_1}\left(m \frac{R_c - R_1 - R'}{R' + R_1} - 1\right) \tag{15}$$

$$X = \frac{F_p}{R_c - R_1}(R_c - R_1 - R')\left(1 + m \frac{R'}{R' + R_1}\right) \tag{16}$$

ou

$$X = F_p + R'\Omega_r \tag{16'}$$

$$\Delta X = \frac{F_p}{R_c - R_1}(m R' + R_1 + R') \tag{17}$$

ou

$$\Delta X = R_c \Omega_c - X \tag{17'}$$

Il est intéressant pour la suite de déduire de ces formules les suivantes

$$\frac{\Omega_c}{\Omega} = \frac{SR}{R_c - R[S - \beta(S-1)]}\left(1 - \frac{1}{\beta}\right) \tag{18}$$

$$\frac{\Omega_r}{\Omega} = \frac{R}{R_c - R[S - \beta(S-1)]}\left(\frac{R_c}{\beta R} - 1\right) \tag{19}$$

ou

$$\frac{\Omega_r}{\Omega} = \frac{1}{\beta} - \frac{\Omega_c}{\Omega} \tag{19'}$$

$$\frac{X}{F_p+F_q}=\frac{1}{1+m}+\frac{R'}{R}\frac{\Omega_r}{\Omega} \tag{20}$$

$$\frac{\Delta X}{X}=\frac{\frac{R_c}{R}\frac{\Omega_c}{\Omega}}{\frac{X}{F_p+F_q}}-1 \tag{21}$$

A noter que $\frac{\Omega_c}{\Omega}$ et $\frac{\Omega_r}{\Omega}$ sont indépendants de m; par contre, $\frac{X}{F_p+F_q}$ et $\frac{\Delta X}{X}$ en dépendent.

Signalons enfin que (10) devient grâce à (12) et (13)

$$\frac{P_1}{P}=\frac{1}{\beta} \tag{22}$$

qui est aussi indépendant de m que de S et des tensions R et R_c

Le rapport $\frac{\Pi_1}{\Pi}$ est aussi dépendant de m.

4. *Cas particulier où $S=2$*

Reécrivons les formules (12), (13), (18) et (19) dans ce cas

$$R_1 = R(2-\beta); \tag{12a}$$

$$R' = R\left(\frac{m}{1-m}\beta+\beta-2\right) \tag{13a}$$

$$\frac{\Omega_c}{\Omega}=\frac{2R}{R_c-R(2-\beta)}\left(1-\frac{1}{\beta}\right) \tag{18a}$$

$$\frac{\Omega_r}{\Omega}=\frac{R}{R_c-R(2-\beta)}\left(\frac{R_c}{\beta R}-1\right) \tag{19a}$$

ou

$$\frac{\Omega_r}{\Omega}=\frac{1}{\beta}-\frac{\Omega_c}{\Omega}$$

Les autres formules ne changent pas.

Remarquons que (13a) n'est admissible que si $R' \leqslant R$ ou $\beta \leqslant 3\,\frac{1+m}{1+2m}$.

5. *Cas particulier où $S=2$ et $\beta=2$*

Encore une fois, seules les formules (12), (13), (18) et (19) changent et deviennent

$$R_1 = 0 \tag{12b}$$

$$R' = R\frac{2m}{1+m} \tag{13b}$$

$$\frac{\Omega_c}{\Omega}=\frac{R}{R_c} \tag{18b}$$

$$\frac{\Omega_r}{\Omega} = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{2\,R}{R_c}\right) \tag{19b}$$

Remarquons que (13b) n'est admissible que si $m \leqslant 1$

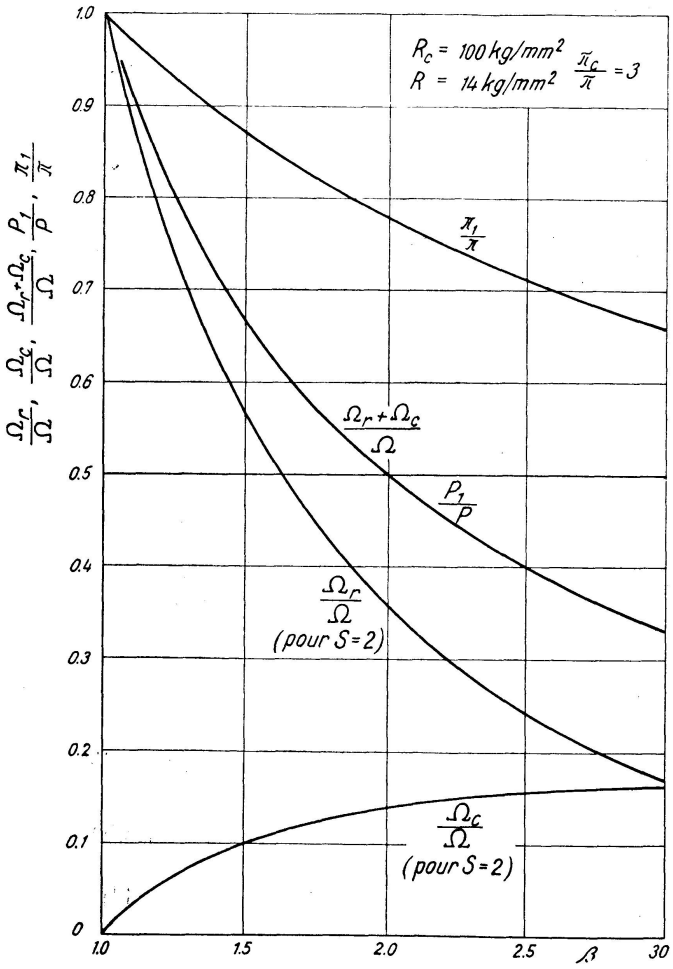
6. *Représentation graphique pour $S = 2$*

L'abaque I traduit les formules (18a), (19a), (22) et (11) dans le cas courant où

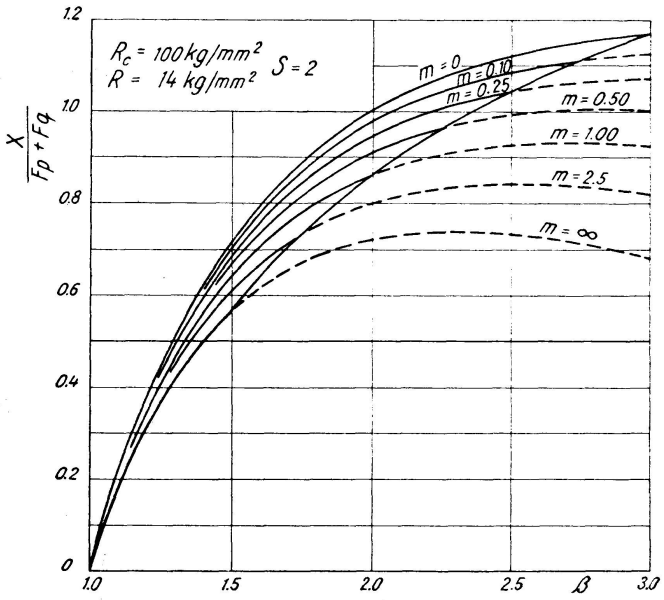
$$R_c = 100\ \text{kg/mm}^2 \quad R = 14\,\text{kg/mm}^2 \quad \frac{\pi_c}{\pi_r} = 3$$

Les quatre courbes données sur cet abaque sont indépendantes de m.

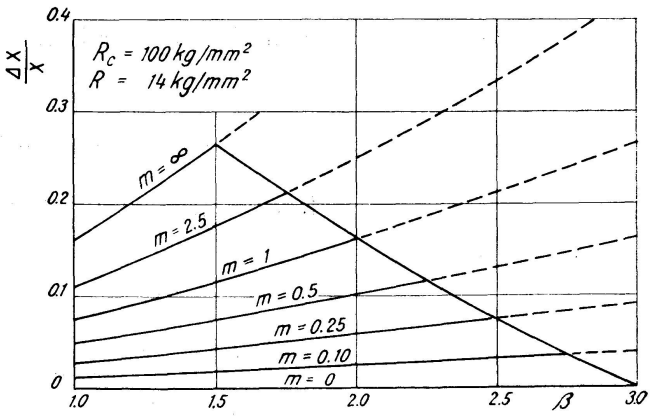
L'abaque II traduit (20) dans les mêmes hypothèses et l'abaque III la formule (21). Dans ces deux derniers abaques m joue un rôle.



Abaque I



Abaque II



Abaque III

Seules les parties en trait plein sont utilisables à cause de la nécéssité de maintenir $R' \leqslant R$.

7. *Commentaires*

L'équation (22) est d'un intérêt capital. Elle montre que si on adopte $\beta = 2$ c'est-à-dire si on accepte sous l'action F_q un allongement double de ce que donnerait un tirant de même sécurité en acier doux on gagnerait la moitié du poids. C'est cela qui fait ressortir l'avantage de la précompression de l'acier.

8. *Exemples de calcul*

Dans tous nos exemples nous admettrons $S = 2$ et $\beta \leqslant 2$ ainsi que $R_c = 100$ et $R = 14$ kg/mm².

Soit un premier cas où $F_p = 100$ t, $F_q = 25$ t, donc $m = 0{,}25$.

On trouve $R_1 = 0$ et $R' = 5{,}6$ kg/mm²

Puis $\Omega = 8926$ mm²

$\Omega_r = 3215$ mm² $\Omega_c = 1250$ mm²

$X = 118$ t $\Delta X = 7$ t

$\frac{P_1}{P} = 0{,}5$ $\frac{\Pi_1}{\Pi} = 0{,}783$ $\left(\text{si } \frac{\pi_c}{\pi_r} = 3\right)$

On économise donc la moitié du poids et 22% du prix.

Soit un deuxième cas où $F_p = 100$ t et $F_q = 100$ t, soit $m = 1$.

On trouve $R_1 = 0$ et $R' = 14$ kg/mm²

Puis $\Omega = 14{,}286$ mm²

$\Omega_r = 5{,}168$ mm² $\Omega_c = 2010$ mm²

$X = 172$ t $\Delta X = 28{,}2$ t

$\frac{P_1}{P} = 0{,}5$ $\frac{\Pi_1}{\Pi} = 0{,}783$

L'économie est évidemment la même puisque β n'a pas varié.

Soit enfin le cas où $F_p = 100$ t et $F_q = 200$ t donc $m = 2$. Dans ce cas nous ne pouvons plus imposer $\beta = 2$ mais tout au plus $\beta = 1{,}8$. On trouve $R_1 = 2{,}8$ kg/mm² et $R' = 14$ kg/mm².

Puis $\Omega = 21429$ mm²

$\Omega_r = 9220$ mm² $\Omega_c = 2760$ mm²

$X = 229$ t $\Delta X = 47$ t

$\frac{P_1}{P} = 0{,}555$ $\frac{\Pi_1}{\Pi} = 0{,}812$

L'économie est un peu plus petite parce qu'on a dû diminuer β de 2 à 1,8.

9. *Cas d'application*

Le problème fondamental traité ci-dessus est d'application entre autres dans les cas suivants

a) le tirant d'une toiture en arc;
b) le tirant destiné à ancrer un mur de quai.

Dans le cas „*a*" le problème est en réalité plus complexe pour deux raisons:

D'abord, l'effort F_p du tirant dépend du poids permanent de la construction et par conséquent du poids P du tirant qui en forme une partie. Une réduction de P à P_1 diminue donc F_p et permet une nouvelle réduction de P à une valeur plus petite que P_1; d'où nouvelle réduction de F_p et ainsi de suite.

Ensuite, il faut songer aux procédés d'exécution. En fait, on montera l'arc sur un échafaudage et on y mettra une partie du poids mort avant de procéder à la précontrainte puis on ajoute le reste du poids mort et il est intéressant de faire à ce moment une nouvelle précontrainte; plus tard viendront agir le vent et la neige.

Dans le cas „*b*" on peut considérer F_p comme nulle et construire un tirant pour F_q variant de zéro à un maximum. Dans ce cas $m = \infty$ et la plus grande valeur admissible pour β sera 1,5 c'est-à-dire que l'économie de poids sera de 33,3% et l'économie de prix de 13%.

Chapitre II. Poutre en treillis précomprimée

Nature du problème

Nous avons voulu comparer dans ce qui suit les poutres métalliques en treillis portant la plate-forme au-dessus d'un hangar pour avions dans le cas où elles sont exécutées en acier doux d'après les procédés classiques et dans le cas où on utilise l'idée de précompression.

Il s'agit de poutres sur deux appuis distantes d'axe en axe l'une de l'autre de 2,50 m. Leur portée théorique est de 102 m. Ces poutres sont contreventées par des éléments métalliques dont le poids représente 10 kg/m² de toiture.

Le hangar est couvert par des dalles préfabriquées en béton armé pesant 75 kg/m² et rendues étanches par des couches de feutre asphaltique pesant 20 kg/m². Enfin, il est prévu une surcharge de neige de 35 kg/m². En d'autres termes, les poids à prendre en considération sont

a) poids mort de la poutre plus 10 kg/m² pour contreventements.
b) charge totale additionnelle de 130 kg/m² (dont 95 kg/m² de poids permanent et 35 kg/m² de neige).

Nous avons d'abord fait un projet de poutre en acier doux d'après le système classique en adoptant une hauteur théorique de 3,40 m et 30 panneaux carrés de 3,4 chacun (fig. 1).

Nous avons ensuite fait un projet en acier précomprimé avec poutres de même hauteur théorique, mais considérablement plus légère que la première; elle est mise en précompression à l'aide d'un câble en acier, à haute limite élastique avec extrémités relevées.

Dans les deux cas nous avons admis que l'acier doux puisse travailler en sécurité en traction à 1400 kg/cm².

Pour ne pas compliquer le problème inutilement nous avons admis que pour les barres comprimées on a tenu suffisamment compte du danger de flambage en les calculant en compression simple à 1200 kg/cm².

Nous avons en outre décidé a priori:

a) Que les membrures inférieures auraient une section constante de *O* à *A*, puis une autre section constante de *A* à *B*, enfin une troisième de *B* à *C*.
b) Même règle pour la membrure supérieure.
c) Les diagonales et montants 32 à 41 ont même section; idem pour 42 à 55; idem pour 56 à 60.

En outre, pour avoir le poids mort correspondant à un nœud nous avons pris le poids net des barres augmenté de 5% pour tenir compte du poids extra dû aux soudures.

Signalons en passant que dans notre pensée tous les assemblages sont soudés. Les membrures sont des *T* raidis aux arêtes pour éviter le voilement et les montants et diagonales sont des tubes fendus aux abouts pour permettre la pénétration des âmes des membrures auxquelles ils sont soudés.

Dans la solution en précomprimé nous avons pareillement ajouté 5% au poids théorique du câble dans le but de tenir compte des grilles de guidage.

L'acier du câble est supposé pouvoir travailler en sécurité à 11 000 kg/cm² et être tendu initialement à 10 000 kg/cm². Tous les calculs ont été faits en tenant compte de la répartition réelle des poids mort et non pas en supposant ce dernier réparti uniformément.

Poutre classique

Elle a des barres présentant les sections suivantes:

	O A	*A B*	*B C*
membrure supérieure	122	218	227 cm²
montants et diagonale	34,3	24,0	6,3 cm²
membrure inférieure	88	181	193 cm²

La poutre pèse 33,4 t.

Les tensions dévéloppées sont conformes aux règles établies ci-dessus sans être ni en dessous ni au dessus de plus de 2% là où une barre de chaque type est sollicitée au maximum.

La flèche que prend la poutre sous l'action du hourdis avec sa couche d'étanchéïté et la neige est de 23,5 cm (pour 130 kg/m²); celle sous la neige seule est donc de 6,3 cm.

Poutre en acier précomprimé

Elles a des barres présentant les sections suivantes:

	O AO	*A B*	*B C*
membrure supérieure	110	191	200 cm²
montants et diagonales	18,0	21,0	6,3 cm²
membrure inférieure	32	111	123 cm²

La poutre pèse 25,6 t (0,9 t pour le câble inclus).

Elle est précompimée à l'aide d'un câble de 28 ⌀ 7 suivant le tracé *OABC* (fig. 1) tendu initialement à 10000 kg/cm².

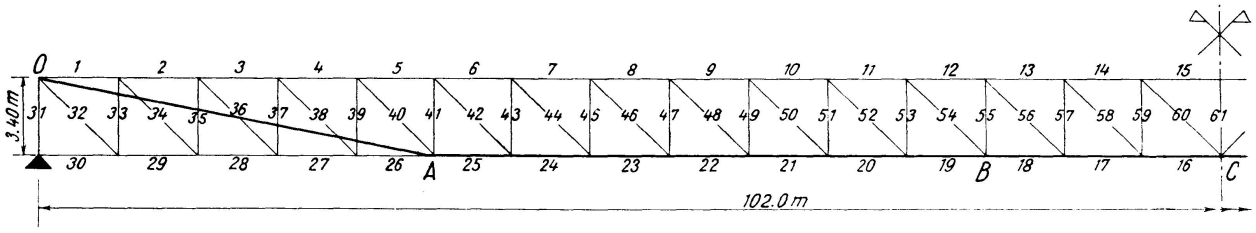


Fig. 1

Le calcul des tensions dans ce système sous les charges additionnelles, c'est-à-dire s'ajoutant après la mise en précompression qui se fait au moment où on n'a que le poids mort de la poutre et des contreventements, est un problème hyperstatique facile à résoudre.

On trouve que la charge additionnelle de 130 kg/m² donne un effort supplémentaire dans le câble de 8,8 t (effort initial 108 t) donnant donc un effort total de 116,8 t soit une tension de 10800 kg/cm².

Les tensions dans l'acier doux sont à étudier ici dans deux cas:

a) Au moment où s'achève la précontrainte.
b) Après action des charges additionnelles.

Toutes les tensions trouvées sont conformes aux règles exposées précédemment et les maxima n'en diffèrent pas de plus de ± 2%. Toutefois, pour les barres influencées par la précompression les tensions sont plus faibles à cause de la condition de réaliser la même sécurité que pour la poutre classique.

La flèche sous l'action des 130 kg/m² est de 31 cm, soit sous la neige seule 8,3 cm.

La sécurité vis-à-vis de la limite élastique de l'acier doux est la même que pour la poutre classique. En disant cela nous entendons par sécurité le rapport

entre la charge totale (y compris le poids propre) qui produit une tension égale à la limite élastique et la charge totale de service (y compris encore une fois le poids propre).

Comparaison des deux poutres

Le rapport des poids des poutres est

$$\frac{P_1}{P} = \frac{25{,}6}{33{,}4} = 0{,}74$$

Le rapport des flèches sous 130 kg/m² est

$$\frac{Y_1}{Y} = \frac{31{,}0}{23{,}5} = 1{,}32$$

Le rapport des flèches sous la neige est le même. La sécurité est la même dans les deux cas.

Le rapport des prix est de

$$\frac{\Pi_1}{\Pi} = \frac{24{,}7 + 3 \cdot 0{,}9}{33{,}4} = 0{,}82$$

En résumé, l'emploi de la précompression entraîne une économie de 26% en poids de poutre et 18% en prix. Rien ne pourrait mieux illustrer l'intérêt de la précompression.

Remarque

Il est intéressant de noter que dans la poutre précomprimée les tensions dans la membrure inférieure sont très faibles.

Ainsi, sous poids mort + contreventements + précontrainte il n'y a que 67 kg/cm² de traction dans la membrure inférieure et en y ajoutant les 130 kg/m² de charge additionnelle, la tension s'élève à 1110 kg/cm².

Conclusion

La précompression des charpentes en acier permet de faire de très grandes économies en poids et en prix dans le cas où il s'agit de grandes portées. On peut s'arranger de façon à ce que cela ne diminue en rien la sécurité et à ce que l'augmentation des flèches sous charge mobile soit très admissible.

Résumé

Le mémoire est divisé en deux parties. Dans la première, l'auteur étudie le cas d'un tirant (p. ex. de toiture parabolique) et souligne le grand intérêt de la réalisation en acier précomprimé; cela permet de très grandes économies en poids et en prix sans diminuer la sécurité et en n'augmentant la déformation que d'une façon raisonnable.

Dans la seconde, il étudie la couverture en plate-forme d'un hangar pour avions de 102 m de portée avec poutres en treillis distantes de 2,5 m. Il montre que la précompression permet de gagner 26% en poids et 18% en prix, sans diminuer la sécurité et en n'augmentant la flèche que d'une quantité très acceptable.

Zusammenfassung

Der Aufsatz ist in zwei Abschnitte unterteilt.

Im ersten Teil zeigt der Verfasser, daß die Ausführung eines Zugbandes (z. B. für eine parabolische Dachhaut) in vorgespanntem Stahl große Preis- und Gewichtseinsparungen erlaubt, ohne daß die Sicherheit abgemindert wird und ohne daß die Formänderungen über ein vernünftiges Maß hinaus vergrößert werden.

Im zweiten Teil untersucht er die Fachwerkbalken des Flachdachs eines Flugzeughangars mit 102 m Spannweite und 2,5 m Trägerabstand. Die Vorspannung ergibt eine Gewichtsersparnis von 26% und eine Kostenersparnis von 18%, wobei sich wieder keine Abminderung der Sicherheit und Durchbiegungs-Erhöhungen nur in vertretbarem Maße ergeben.

Summary

The paper is divided into two parts.

In the first part the author shows that a tie rod (for example for a parabolic roof) can be made in precompressed steel with a great saving both in weight and cost, without decreasing in any way the factor of safety and by only increasing its deformation in a reasonable way.

In the second part he compares classical beams to precompressed beams in the case of an aeroplane hangar covered by a flat roof supported by beams of 102 m span and 250 m apart.

The saving in weight by the use of precompression is 26%; the saving in cost 18% without any decrease in the factor of safety and with only an admissible increase in deflection.