Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des

commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 5 (1970)

Artikel: Effets du retrait et du fluage dans les ponts en béton précontraint à

poutres préfabriquées rendues continues

Autor: Fauchart, Jacques

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-6929

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: 23.10.2025

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

Effets du retrait et du fluage dans les ponts en béton précontraint à poutres préfabriquées rendues continues

Wirkung des Kriechens und Schwindens in Spannbetonbrücken bestehend aus durchlaufenden, vorfabrizierten Trägern

Effect of Creep and Shrinkage in Prestressed Concrete Bridges Composed of Continuous, Prefabricated Girders

JACQUES FAUCHART

Ingénieur des Ponts et Chaussées Professeur au Centre de Hautes Etudes de la Construction Paris (France)

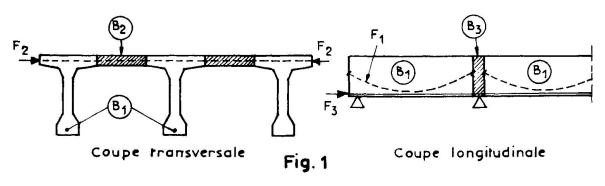
I - DESCRIPTION

I. 1 - Les ouvrages considérés sont réalisés à l'aide de poutres indépendantes préfabriquées au temps $\underline{0}$ (section B₁), précontraintes au temps $\underline{t_1}$ (effort $\underline{P_1}$), puis mises à leur emplacement définitif.

Au temps t₂, l'ouvrage est complèté par bétonnage, insitu, des bandes intermédiaires du hourdis supérieur (B₂), puis précontrainte transversale.

Au temps $\underline{t_3}$, les différentes travées indépendantes successives sont rendues continues, par bétonnage du béton $\underline{B_3}$ et précontrainte longitudinale $\underline{P_3}$.

Le temps t3 peut être inférieur ou supérieur au temps t2.



- I. 2 Les divers bétons B_j ont des âges, des taux et des temps de chargement différents; s'ils étaient indépendants, il subiraient donc progressivement des déformations différentes par suite de leur retrait et de leur fluage. Mais leurs liaisons mutuelles s'y opposent. L'égalisation des déformations est obtenue par <u>l'adaptation</u>, c'est-à-dire l'apparition progressive d'efforts supplémentaires <u>internes</u> (constituant un système de forces identiquement nul).
- I. 3 La structure initialement isostatique (B_1) devient finalement hyperstatique et d'une double manière : interne $(B_1 B_2)$ et externe $(B_{12} B_3)$. Il y a donc 3 phénomènes d'adaptation à considérer :
- a. $1 \frac{\grave{a}}{2} = \frac{1 + 2 + 2}{2} = \frac{1 + 2$
- a. 2 phénomène annexe au précédent : à partir du temps t3, les liaisons hyperstatiques imposées par la continuité des travées s'opposent à la libre déformation des poutres que provoque le phénomène précédent (cf § II.4).
- b en élévation, l'ouvrage commence à se déformer (déformation instantanée et début de fluage) librement, suivant le schéma isostatique de travées indépendantes. Mais ce schéma devenant, au temps t3, hyperstatique (poutre continue) ne permet pas au fluage de s'achever en affinité des déformations isostatiques précédentes. D'où l'adaptation progressive des efforts, par développement de réactions d'appui hyperstatiques (cf § III).
- I. 4 Les calculs suivants sont basés sur l'hypothèse, très simplifiée, du <u>fluage linéaire</u>.
- I. 5 Rappelons que les charges appliquées après réalisation du schéma statique définitif (soit, suivant le cas, après t2 ou t3) ne développent aucun phénomène d'adaptation. Elles ne sont donc pas considérées ici.

I. 6 - Notations

Modules de déformation du béton : instantanée : $E_{\underline{i}}$; totale: $E_{\underline{d}} = \Phi$ où Φ est le coefficient de fluage (rapport entre les déformations

différée finale et instantanée sous compression constante).

II - REDISTRIBUTION DES CONTRAINTES NORMALES AGISSANT SUR UNE SECTION DROITE (adaptation entre les bétons B₁ et B₂)

II. 1 - Généralités:

La section B_1 des poutres préfabriquées reçoit l'indice $\underline{1}$; celle du hourdis complémentaire (B_2) , l'indice $\underline{2}$. La section totale est dépourvue d'indice.

Pour chaque partie, \underline{j} , B_j , désigne l'aire de la section, $\underline{G_j}$ son centre de gravité, $\underline{I_j}$ son moment d'inertie :

$$B = B_1 + B_2$$
; $a = B_1 G_2$; $b_1 = G_1G = a B_2$; $I = I_1 + I_2 + a^2 \frac{B_1B_2}{B}$

Les ordonnées Y sont mesurées à partir de G.

II. 2 - Effet isostatique du retrait

Au temps ξ_2 , B_1 a déjà achevé la partie \underline{K} . $\underline{\mathcal{E}_n}$ de son retrait $(0 \le K \le 1)$, alors que B_2 a encore à en effectuer $1^{\frac{1}{1}}$ intégralité $(\underline{\mathcal{E}_n})$.

B2 voudrait donc se raccourcir davantage que B1. Il entraîne ce dernier, qu'il comprime au taux $\Delta \tau$. Mais, à l'inverse, B_1 freine B_2 qui, ne pouvant se raccourcir autant qu'il l'aurait voulu, reste tendu au taux $\Delta \sigma$.

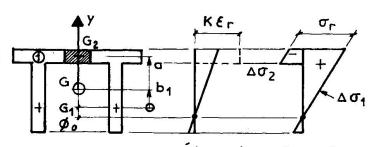
En supposant que les bétons se comportent de façon élastique, et que les sections droites restent planes, les diagrammes des $\Delta \sigma_i$ sont rectilignes et parallèles : mais il sont séparés d'une quantité correspondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de longueur : K \mathcal{E}_{n} , qui s'est propondant à la différence de variation de la différence de variation de la différence de la d duite librement entre les 2 bétons, soit, au bout d'un temps infini :

$$\Delta \sigma_{1}(\infty) - \Delta \sigma_{2}(\infty) = K \mathcal{E}_{1} \mathcal{E}_{2} = \sigma_{2}$$

D'où les valeurs finales des contraintes dues

$$\Delta \sigma_{1}(\infty) = \sigma_{n} \left(1 + \frac{a B_{1} Y}{I}\right) \frac{B_{2}}{B}$$

$$\Delta \sigma_2(\infty) = -\sigma_2 \left(1 - \frac{aB_a Y}{t}\right) \frac{B_a}{B}$$



Deformations Contraintes Fig. 2

II. 3 - Effet isostatique du fluage

Au temps t2, B1 est soumis en permanence à l'effort normal N et au moment fléchissant M, développés par le poids propre du béton et par la précontrainte (P_1) . B_1 est soumis à la contrainte $O_1(t_2)$; il a effectué la K; partie de son fluage $(O \le K \le I)$. Son raccourcissement relatif vaut donc : $\mathcal{E}_{A}(t_2) = \frac{\sigma_{A}(t_2)}{E_{L}} (1 + K \cdot \Psi)$

$$\mathcal{E}_{4}(t_{2}) = \frac{\sigma_{4}(t_{2})}{E_{i}} \left(1 + K \varphi\right)$$

Le béton B2, qui vient d'être coulé n'est encore soumis à aucun effort : $\sigma_{\xi}(t_1) = 0$; $\mathcal{E}_{\xi}(t_2) = 0$.

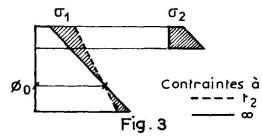
Par la suite, B₁ se raccourcit en achevant son fluage : il entraîne B, qui est comprimé au taux (t). Mais B, freine le raccourcissement de B₁ dont la compression σ (t) décroît progressivement. Les compressions émigrent donc progressivement de B1 vers B2 : leurs valeurs tendent à s'uniformiser. Le béton peu sollicité B, soulage peu à peu le béton plus comprimé B1.

Dans l'hypothèse du fluage linéaire, au bout d'un temps infini :

$$\mathcal{E}_{3}(\infty) = \frac{1+\varphi}{E_{\lambda}} \sigma_{3}(\infty) \qquad \text{Posons} : \underline{\lambda} = \frac{\varphi(1-K)}{1+\varphi} ; \quad \text{d'où} :$$

$$\sigma_{4}(\infty) = (1-\lambda)\sigma_{4}(t_{2}) + \lambda \left(\frac{N}{B} + \frac{M-Nb_{4}}{I} Y\right) ; \quad \sigma_{2}(\infty) = \lambda \left(\frac{N}{B} + \frac{M-Nb_{4}}{I} Y\right)$$

Où la valeur à considérer pour P₁ est la valeur stabilisée, définitive = P_₹ (∞)



Remarques:

a - $(M-Nb_1)$ est le moment fléchissant constant agissant sur la section totale B.

b - Exemple: K = 0; $\varphi = 2$. Les contraintes finales $\sigma_{\tilde{g}}(\infty)$ sont alors égales à la somme du tiers des contraintes élastiques initiales et des deux tiers des contraintes qui agiraient sur la section totale B, si celle-ci avait été réalisée, d'emblée, sous sa forme définitive.

c - Les contraintes dues au retrait (§ II. 2) et au fluage (§ II. 3) différentiels entre B_1 et B_2 ont des signes opposés. Elles se compensent donc en partie.

d - En général, I_2 est négligeable devant I. Alors σ_1 reste constant, dans le temps, quels que soient le retrait et le fluage des 2 bétons, sur la fibre ϕ_1 d'ordonnée : $\gamma_0 = -\frac{I}{2B_1}$.

II. 4 - Effets hyperstatiques complémentaires

a - La redistribution de contraintes, entre B₁ et B₂, qui vient d'être étudiée, serait le seul phénomène qui se produirait si la structure restait extérieurement isostatique (telle qu'une travée indépendante).

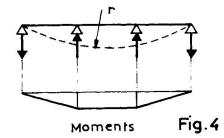
Mais ainsi sollicitées, les poutres se déforment.

Comme à partir du temps t3, elles deviennent hyperstatique, elles ne peuvent plus le faire librement : alors se développent des réactions d'appui hyperstatiques chargées de maintenir les liaisons imposées, et dont l'effet s'ajoute aux "actions isostatiques" précédentes.

b - Ainsi, le <u>retrait</u> différentiel entre B_1 et B_2 (§ II.2) donnerait à une travée indépendante de section constante la courbure constante :

$$\frac{A}{r} = \frac{1}{E} \frac{\Delta \sigma_1}{(Y - Y_0)} = \frac{\sigma_r}{E} \frac{\partial B_1 B_2}{BI} = \frac{K \ell_A}{a} \left(1 - \frac{I_1 + I_2}{I}\right)$$

Dans le cas réel de la poutre continue, les appuis développent des réactions (formant au total un système nul) chargées d'annuler les flèches à leur droit. Ces réactions engendrent des moments négatifs le long de la poutre.



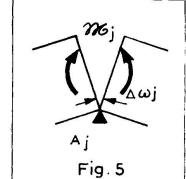
c - De même, le fluage différentiel entre B_1 et B_2 (§ II.3) donnerait, en chaque section, la courbure : $(A-\lambda)\frac{1}{L_A} + \lambda \frac{1}{L_A}$, où: $\frac{1}{L_A} = \frac{M}{EI}$ désigne la courbure de la poutre préfabriquée, si elle était restée isolée, et $\frac{1}{L_A} = \frac{M-Nb_1}{EI}$, celle de la section totale $(B_1 + B_2)$ si elle avait été réalisée d'emblée dans sa totalité.

III - ADAPTATION DES EFFORTS DANS LA STRUCTURE DEVENUE CONTINUE (adaptation entre les bétons B12 et B3)

III. 1 - Généralités

Si les diverses travées successives étaient restées indépendantes, leurs sections extrêmes en regard, de part et d'autre de l'appui A_j , auraient progressivement subi des rotations relatives: $\Delta\omega_i(t)$

La continuité des travées s'y oppose à partir du temps t_3 -En A; se développe donc progressivement un moment de fluage $\mathfrak{W}_{i}(t)$ chargé d'annuler la rotation : $\left[\Delta \omega_{i}(t) - \Delta \omega_{i}(t_{3})\right]$



Si la structure avait été réalisée d'emblée (au temps t_1) sous sa forme continue définitive, elle aurait été soumise, sous l'action des charges \underline{q} réellement appliquées avant t_3 (poids propre et précontrainte P_1) aux moments $\underline{M_j}^*$ dans les sections A_j .

En supposant le fluage linéaire, la valeur définitive du moment de fluage vaut : (1)

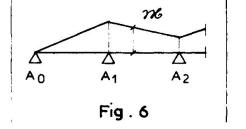
$$\mathfrak{M}_{3}(\infty) = \mathsf{M}_{3}^{*} \cdot \psi(t_{3} - t_{4})$$

Les moments de fluage sont développés par des réactions concen-

trées des appuis Aj. Leurs valeurs varient donc linéairement entre les appuis sucessifs, à partir de zéro sur les appuis extrêmes.

III. 2 - Mode pratique de calcul:

Les valeurs définitives (à t o) des moments de fluage , dans les sections de continuité j, sont donc



égales à celles des moments que développeraient, dans les mêmes sections de la poutre continue définitive les charges fictives : $q^* = q \cdot \Psi(t_3 - t_4)$, où q désigne les charges réellement appliquées avant le temps t_3 .

⁽¹⁾ cf. = COURBON : Annales de l'I.T.B.T.P. Février 1968.

(Poids propre des poutres et charges de précontrainte, soit : efforts concentrés sous ancrages, et "poussée au vide" centripéte, répartie avec la densité P1, où r désigne le rayon de courbure du câble).

Les calculs littéraux sont généralement basés pour des raisons de facilité mathématique, sur la loi de fluage : $\mathcal{E}_{\frac{1}{2}} = \mathcal{E}_{\frac{1}{2}} \cdot \mathcal{V}(1-e^{-3t})$. Alors, $\psi(t_3-t_4) = \frac{\varphi}{1+\varphi} e^{-3t(t_3-t_4)}$

Mais l'expression analytique de la loi de fluage reproduisant au mieux les résultats expérimentaux (FIP-CEB) est de la forme : $\mathcal{E}_{\ell} = \mathcal{E}_{i} \quad \mathcal{C} \left(1 - e^{-\beta VF}\right)$

D'où notre suggestion de prendre en compte dans les calculs : $\Psi(t_3 - t_4) = \frac{\varphi}{1+\varphi} e^{-\beta\sqrt{t_3-t_4}}$

III. 3 - Remarque sur la valeur de la précontrainte P1

La valeur de la précontrainte P_1 à introduire dans les calculs est celle qui agit au temps t_3 où l'on réalise la continuité.

Ensuite, la tension des câbles diminue de Δ P₁. Mais cette perte de précontrainte s'effectue sur la structure rendue continue ; elle développe donc des effets hyperstatiques.

L'effet de la perte \triangle P₁ est en affinité non pas de l'effet initial réel (isostatique) de P₁, mais de celui que provoquerait l'application directe de P₁ à la structure hyperstatique définitive.

IV. - EXEMPLES

IV. 1 - Réalisations françaises (1968)

- a Poutre porteuse de l'aérotrain (I8 Km de long, par éléments continus de 6 travées de 20 m de long).
- b Viaduc de pénétration de l'Autoroute de Nord dans la ville de MARSEILLE (20 travées d'environ 29 m de portés, larges de 27 m, à 4 poutres caissons).

IV. 2 - Projet des viaducs d'accès au pont de Calix à CAEN

Ils comprendront des suites de 6 travées de 36 m de portée, à 6 poutres préfabriquées, en forme de double-té, chacune.

Les poutres, précontraintes à une semaine, sont rendues continues à 9 semaines. Le béton B_1 a alors effectué 30 % de son retrait et 25 % de son fluage. Alors sont coulés les hourdis intermédiaires.

Caractéristiques des sections :

 $B_1 = 4,64 \text{ m2} - B_2 = I,67 \text{ m2} - B = 6,32 \text{ m2} - I_1 = 3,I7 \text{ m4} - I_2 = 0,005 \text{ m4}$ I = 4,I9 m4 - a = 0,904 m $E_n = 3.10^{-4}$ $- \varphi = 2$ $- \beta = 0,25$ (le temps étant exprimé en mois). Le tableau suivant donne, à titre d'exemple, les valeurs (en kg/cm2) des contraintes dues aux divers phénomènes d'adaptation dans la section médiane de la 2ème travée. Les compressions sont comptées positives.

Cas (cf.I.3)		a.1		a.2		Ъ	
Contraintes sur la fibre		retrait isosta	fluage tique	défo corr retrait	élative fluage	adaptation par fluage	Total
supérieure	В1	4,6	- 5,3	- I,6	1,8	- I,7	- 2,2
	В2	-5,3	4, 9				- I , 9
inférieure	(B ₁)	-1,5	1,7	3,3	-3,7	3,5	3,3

On remarque que les effets du fluage et du retrait s'équilibrent à peu près, et que les tractions totales sont très faibles : elles seront en pratique aisément contre-balancées, en travée, par les compressions développées par la mise en place des surcharges permanentes (superstructures).

RESUME

On étudie les effets du retrait et du fluage du beton dans les ponts à poutres multiples préfabriquées, puis rendues continues.

Les phénomènes d'adaptation qui se produisent sont dûs à la double hyperstaticité interne d'une part, externe d'autre part, de ces structures.

ZUSAMMENFASSUNG

Untersucht wird die Wirkung des Kriechens und Schwindens des Betons in Brücken aus mehreren vorfabrizierten, durchlaufenden Balken. Die auftretenden Phänomene ergeben sich aus der doppelt statischen Unbestimmtheit: innerlich und äusserlich.

SUMMARY

An investigation is made of the effects on concrete creep and shrinkage in bridges consisting of a number of prefabricated, continuous girders. The phenomena come into play as a result of both the internal and the external statical indeterminacy of the system.

Leere Seite Blank page Page vide