Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses

Band: 117 (1991)

Heft: 26

Artikel: Dimensionnement des sections en béton précontraint à l'état de rupture selon l'Eurocode no 2

Autor: Radojicic, Alexandre

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-77702

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: 07.08.2025

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

Dimensionnement des sections en béton précontraint à l'état de rupture selon l'Eurocode N° 2

PAR ALEXANDRE RADOJICIC, CHAVANNES-PRÈS-RENENS

1. Introduction

Dans la perspective de l'intégration européenne, il est devenu indispensable d'uniformiser toutes les normes nationales des Etats membres, donc la norme pour les ouvrages en béton elle aussi. Cela a abouti à l'édition provisoire de l'Eurocode N° 2.
La Suisse, qui ne peut rester en dehors de ces mouvements européens, devra tôt ou tard aligner la norme SIA 162 sur l'Eurocode N° 2, d'où l'intérêt de connaître les différences entre les deux normes dans le traitement des problèmes techniques.
Une des différences réside dans le traitement de la précontrainte lors du dimensionnement des sections à la rupture.
Tandis que la norme SIA 162 considère en général la précontrainte du côté résistance, l'Eurocode N° 2 la considère partiellement du côté charge et partiellement du côté résistance. A première vue, on pourrait penser que ces deux approches aboutissent à des résultats différents, ce qui a provoqué des remous dans certains milieux professionnels suisses.

2. Calcul des efforts selon l'Eurocode N° 2

L'Eurocode N° 2 prévoit, comme d'ailleurs la norme SIA 162, deux vérifications:
- à l'état de service
- à l'état ultime de rupture.

Pour les deux calculs, la force de précontrainte est considérée comme une charge avec les valeurs suivantes:
- à l'état de service: la valeur moyenne de la précontrainte au temps t, $P_{m,t}$
- à l'état de rupture: la valeur ultime de la précontrainte, P_d.

Pour l'état de service, le calcul des efforts se fait selon la théorie d'élasticité, tandis que pour l'état de rupture deux méthodes sont possibles:

a) calcul selon la théorie d'élasticité

b) calcul selon la théorie de plasticité.

Dans le premier cas, l'Eurocode prévoit aussi la possibilité de redistribution des efforts, y compris ceux des effets hyperstatiques de la précontrainte.
Dans le deuxième cas, où le calcul se fait selon la théorie de plasticité avec la formation de mécanismes de rupture, les effets hyperstatiques de la précontrainte peuvent être négligés.

3. Terminologie et notation

La valeur moyenne de la force de précontrainte au temps t, $P_{m,t}$, est égale à:

$$P_{m,t} = P_o - \Delta P_c - \Delta P_{\mu(x)} - \Delta P_{sl} - \Delta P_t(t)$$

où:

P_o = force de précontrainte initiale à l'endroit d'introduction
ΔP_c = perte de précontrainte due à la déformation élastique de l'élément
$\Delta P_{\mu(x)}$ = perte due au frottement
ΔP_{sl} = perte due au glissement des clavettes
$\Delta P_t(t)$ = pertes dues au fluage, retrait et relaxation au temps t

La valeur de calcul de la force de précontrainte à l'état de rupture est égale à:

$$P_d = \gamma_p \cdot P_{m,t}$$

où γ_p est le facteur de charge pour la précontrainte égal à:
- 0,9 ou 1,0 en cas d'effets favorables
- 1,2 ou 1,0 en cas d'effets défavorables.

Le choix des valeurs inférieures ou supérieures se fait selon les critères précisés dans l'Eurocode N° 2.
Les autres notations utilisées dans ce texte signifient:

γ_s = facteur de résistance pour l'acier passif ou l'acier de précontrainte (égal à 1,15 dans l'Eurocode)
A_s = section d'acier passif tendu
A_p = section d'acier de précontrainte
M_{Sd} = valeur de calcul du moment de flexion
f_y = limite d'écoulement, valeur de calcul de l'acier passif
f_p = limite d'écoulement, valeur de calcul de l'acier de précontrainte
f_{pk} = résistance à la traction caractéristique de l'acier de précontrainte
σ_{pd} = contrainte dans l'acier de précontrainte correspondant à la force P_d

$\Delta\sigma_p$ = la réserve de traction dans l'acier de précontrainte jusqu'à la valeur de f_p (fig. 1)

4. Dimensionnement des sections à la rupture

L'article 2.5.4.4.3 de l'Eurocode N° 2 dit, entre autres:
«Lors de la vérification du comportement de la section à l'état limite ultime, la force de précontrainte agissant sur la section est prise avec sa valeur de calcul à l'état de rupture P_d. Pour la détermination de la résistance de la section il faut prendre en considération la déformation engendrée par cette force. Cette déformation peut être prise en considération en déplaçant l'origine du diagramme σ-ε pour l'acier de précontrainte de la valeur correspondant à la force P_d.» (fig. 1).

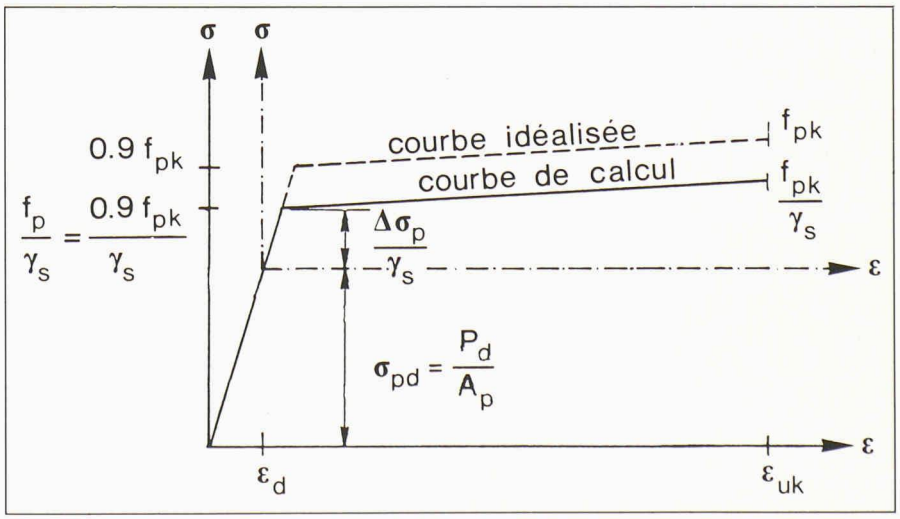

Fig. 1. – Déplacement de l'origine du diagramme σ-ε pour l'acier de précontrainte de la valeur ε_d correspondant à $\sigma_{pd} = \frac{P_d}{A_p}$.

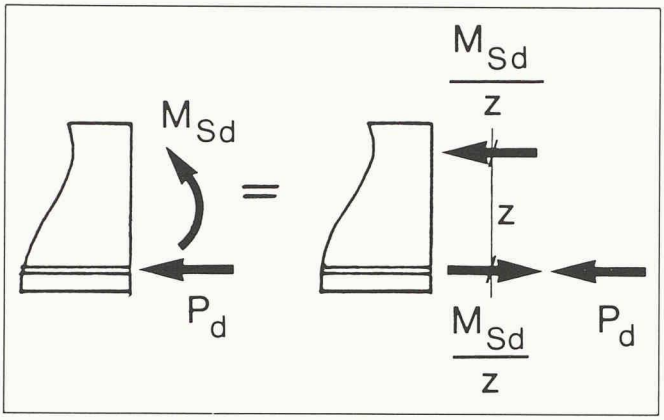

Fig. 2. – Section sollicitée par M_{Sd} *et* P_d.

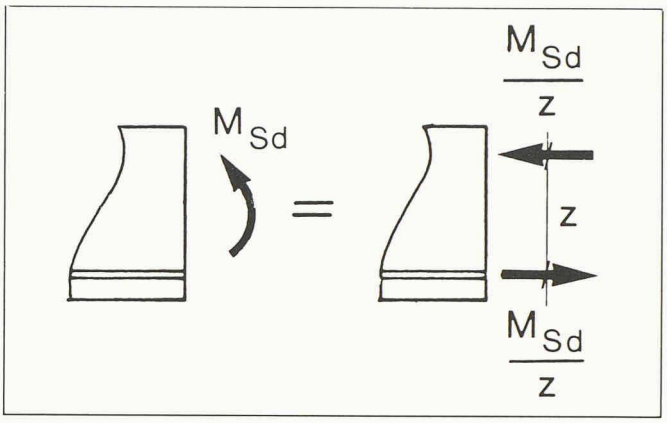

Fig. 3. – Section sollicitée par M_{Sd}.

Il ressort du diagramme de la figure 1 qu'à la rupture, l'acier de précontrainte est exploité jusqu'à la résistance de calcul. Le résultat du dimensionnement d'une section doit être donc le même que si la précontrainte était entièrement prise du côté résistance.

Cela va être démontré à l'aide de l'exemple d'une section sollicitée par M_{Sd} et P_d (fig. 2 et 3).

L'hypothèse admise est que la rupture de la section arrive par l'épuisement de la résistance des aciers à la traction.

Afin de simplifier le calcul, on admet que le centre de gravité des aciers tendus est confondu pour les aciers passifs et de précontrainte.

Calcul selon l'Eurocode N° 2

La résistance des aciers tendus R_t (y compris la réserve de l'acier de précontrainte $\Delta\sigma_p$), diminuée par le facteur de résistance γ_s, doit être plus grande ou égale à la sollicitation $\frac{M_{Sd}}{z} - P_d$.

$$\frac{R_t}{\gamma_s} \geq \frac{M_{Sd}}{z} - P_d$$

$$A_s \cdot \frac{f_y}{\gamma_s} + A_p \cdot \frac{\Delta\sigma_p}{\gamma_s} \geq \frac{M_{Sd}}{z} - P_d$$

d'où la section d'acier passif nécessaire :

$$A_s = \frac{M_{Sd}}{z \cdot f_y/\gamma_s} - \frac{P_d}{f_y/\gamma_s} - \frac{A_p \cdot \Delta\sigma_p/\gamma_s}{f_y/\gamma_s}$$

Calcul selon la norme SIA 162

$$A_s \cdot \frac{f_y}{\gamma_s} + A_p \cdot \frac{f_p}{\gamma_s} \geq \frac{M_{Sd}}{z}$$

Etant donné que :

$$\frac{f_p}{\gamma_s} = \sigma_{pd} + \frac{\Delta\sigma_p}{\gamma_s} \text{ (fig. 1)}$$

et que :

$$A_p \cdot \sigma_{pd} = P_d$$

on peut écrire :

$$A_s = \frac{M_{Sd}}{z \cdot f_y/\gamma_s} - \frac{P_d}{f_y/\gamma_s} - A_p \cdot \frac{\Delta\sigma_p/\gamma_s}{f_y/\gamma_s}$$

On constate donc que dans les deux cas on obtient le même résultat.

5. Conclusions

Lorsque les efforts intérieurs sont déterminés selon la théorie de plasticité et que les moments hyperstatiques engendrés par la précontrainte sont négligés, le dimensionnement à la rupture selon l'Eurocode N° 2 ou selon la norme SIA 162 donne le même résultat.

Dans ce cas, les valeurs γ_p et $P_{m,t}$ dans l'expression $P_d = \gamma_p \cdot P_{m,t}$ ne jouent aucun rôle pour le résultat définitif, car plus P_d est petit, plus la réserve de résistance $A_p \cdot \Delta\sigma_p$ est grande et vice versa (fig. 1).

En revanche, si le moment hyperstatique dû à la précontrainte est pris en considération dans le dimensionnement de la section à la rupture, les valeurs de γ_p et $P_{m,t}$ jouent un certain rôle, car la valeur du moment hyperstatique dû à la précontrainte en dépend.

Bien que le dimensionnement à la rupture selon l'Eurocode soit plus astreignant qu'en considérant la précontrainte entièrement du côté résistance (flexion composée au lieu de flexion simple), cette méthode présente certains avantages : avec pratiquement le même calcul il est possible de vérifier l'état de service et l'état de rupture. Notamment les efforts dus à la précontrainte déterminés à l'aide d'un programme à l'ordinateur pour l'état de service peuvent être utilisés ensuite, majorés par le facteur de charge, pour le dimensionnement à la rupture. Le facteur de charge, selon l'Eurocode, est dans la plupart des cas admis égal à 1.

Rappelons à ce propos que l'Eurocode permet une redistribution des efforts, ce qui permet d'annuler les moments hyperstatiques dus à la précontrainte.

Bibliographie

[1] Eurocode N° 2, Design of Concrete Structures Part 1: General Rules and Rules for Buildings, draft prepared for the Commission of the European Communities, Oct. 1990.

[2] Norme SIA 162 «Ouvrages en béton» (1989).

Adresse de l'auteur :
Alexandre Radojicic
Ingénieur SIA
1er assistant à l'IBAP-EPFL
20, route de Praz-Véguey
1022 Chavannes-près-Renens