# Nouvelle théorie et essais sur la résistance ultime des poutres en caisson raidies en acier, soumises à flexion pure

Autor(en): **Maquoi, R. / Massonnet, Ch.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht**

Band (Jahr): **9 (1972)**

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-9645

**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**

## DISCUSSION LIBRE • FREIE DISKUSSION • FREE DISCUSSION

### Nouvelle théorie et essais sur la résistance ultime des poutres en caisson raidies en acier, soumises à flexion pure

Neue Theorie und Versuche über die Traglast ausgesteifter Stahlkastenträger unter reiner Biegung

New Theory and Test on the Ultimate Strength of Steel Stiffened Box Girders under Pure Bending

R. MAQUOI
Chargé de Recherches du Fonds National de la Recherche Scientifique

CH. MASSONNET
Professeur à l'Université de Liège

Belgique

Une série d'accidents spectaculaires (Vienne, 6 novembre 1969, Milford Haven, 2 juin 1970, Melbourne, 15 octobre 1970, Coblence, 10 novembre 1971) a polarisé l'attention des ingénieurs sur les méthodes de dimensionnement des grands ponts en caisson en acier raidis.

Nous voudrions, dans les quelques minutes dont nous disposons, attirer l'attention des participants au Congrès sur certaines des recherches en cours dans ce domaine.

La plupart des ponts du type considéré ont été dimensionnés, ces dernières années, en se basant sur la théorie linéaire du voilement.
Les coefficients de sécurité généralement adoptés étaient les mêmes que pour les âmes des grandes poutres en double té, à savoir

1,35 pour le cas I de sollicitation
1,25 pour le cas II de sollicitation.

L'estimation de la contrainte critique se faisait souvent en utilisant les abaques contenus dans les deux livres du Professeur KLÖPPEL et de ses collaborateurs, MM. SCHEER et MÖLLER.

Les résultats expérimentaux sur des modèles de poutres en caisson fléchies, présentés par le Professeur P. DUBAS au Colloque de Londres "Design of Plate and Box Girders for Ultimate Strength" (25-26 mars 1971) ont montré que la contrainte moyenne de ruine d'une plaque comprimée uniformément et raidie par des raidisseurs théoriquement strictement rigides ($\gamma = \gamma^*$) était normalement inférieure à sa contrainte critique de voilement linéaire, c'est-à-dire qu'on ne pouvait compter sur aucun effet postcritique, et que les coefficients de sécurité actuels étaient par conséquent absolument insuffisants.

Nous basant sur les travaux théoriques de SKALOUD et NOVOTNY, nous avons montré au même Colloque, mon collaborateur R. MAQUOI et moi-même, que ce résultat imprévu de DUBAS aurait pu être prédit théoriquement.

Ceci nous a conduit à développer une théorie non linéaire de la résistance à la ruine des grandes poutres en caisson raidies, qui a paru dans le volume 31-II des Mémoires de l'A.I.P.C. (pp. 91 à 140) et dont nous voudrions vous présenter brièvement ici les principes essentiels:

Nous admettons pour simplifier que nous pouvons nous borner à étudier la résistance limite de la membrure comprimée du caisson (Fig. 1). A la ruine, la partie ABCD de cette membrure limitée entre les deux lignes nodales successives AB et CD se comporte comme une plaque membrane orthotrope à raidisseurs dissymétriques.

Vu le grand nombre de raidisseurs longitudinaux, nous supposons leurs rigidités réparties continûment c'est-à-dire "tartinées"; nous avons développé la théorie non linéaire de ces plaques membranes en généralisant la théorie linéaire de PFLUGER et nous aboutissons au système de deux équations aux dérivées partielles du 4ème ordre non linéaires et couplées ci-dessous:

$$\frac{\phi^{\cdot\cdot\cdot\cdot}}{D_x} + 2\,\frac{\phi^{\cdot\cdot\prime\prime}}{\overline{D}} + \frac{\phi^{\prime\prime\prime\prime}}{D_y} =$$

$$(1-\overline{\nu}^2)\left[(w_o^{\cdot\prime}+w^{\cdot\prime})^2 - (w_o^{\cdot\cdot}+w^{\cdot\cdot})(w_o^{\prime\prime}+w^{\prime\prime}) - w_o^{\cdot\prime\,2} + w_o^{\cdot\cdot}\,w_o^{\prime\prime}\right],$$

$$\overline{B}_x w^{\prime\prime\prime\prime} + 2\overline{C}\,\dot{w}^{\cdot\cdot\prime\prime} + \overline{B}_y\,w^{\cdot\cdot\cdot\cdot} =$$

$$\phi^{\prime\prime}\,(w_o^{\cdot\cdot}+w^{\cdot\cdot}) + \phi^{\cdot\cdot}\,(w_o^{\prime\prime}+w^{\prime\prime}) - 2\phi^{\cdot\prime}\,(w_o^{\cdot\prime}+w^{\cdot\prime}).$$

Ces équations donnent le déplacement transversal $w$ et la fonction de contrainte d'Airy $\phi$.
Nous supposons que le panneau a une déformée initiale sinusoïdale

$$w_o = f_o \cos\frac{\pi x}{a}\cos\frac{\pi y}{b}$$

Pour les déplacements additionnels $w$, nous devons nous contenter d'admettre une expression approchée affine au mode de voilement linéaire (et à $w_o$) c'est-à-dire

$$w = f\cos\frac{\pi x}{a}\cos\frac{\pi y}{b}.$$

En supposant que les bords latéraux AD et BC du panneau sont libres de contraintes de membrane, à cause de la déformabilité des âmes du caisson perpendiculairement à leur plan et que les bords transversaux AB et CD doivent rester rectilignes, nous pouvons intégrer exactement l'équation donnant la fonction de contrainte $\phi$.

La flèche supplémentaire $f$ croît avec l'effort de compression, qui n'est pas réparti uniformément et on obtient la loi de croissance de $f$ en employant la méthode de GALERKIN.

Finalement, nous admettons, pour ne pas devoir nous livrer à une analyse élasto-plastique extrêmement complexe, que la ruine de la plaque se produit quand la contrainte de compression membranaire moyenne $\overline{\sigma}_x$ le long des bords non chargés AD et BC atteint la limite élastique du métal. Cette condition nous permet d'établir la relation non linéaire donnant la flèche additionnelle $f$ de la plaque en fonction de sa flèche initiale $f_o$ et des autres données du problème. $f$ étant connu, il est aisé d'établir l'expression du rendement d'ensemble de la plaque à raidisseurs "tartinés".

$$\rho_t = \frac{\text{Effort réel à la ruine}}{\text{Effort plastique maximum } \Omega R_e}$$

où $R_e$ est la limite élastique.

Nous trouvons pour $\rho_t$ une expression relativement simple.

Il faut cependant tenir compte de ce que la plaque réelle a un nombre fini de raidisseurs et que la tôle se voile dans tous les champs partiels compris entre deux raidisseurs successifs. Cela donne au diagramme des contraintes de compression à la ruine une allure festonnée. Il est possible de tenir compte de la perte de rendement supplémentaire correspondante en introduisant la notion de rendement local de la tôle

$$\rho_l = \frac{\text{Effort réel}}{\text{Effort maximum}} .$$

L'expression de $\rho_l$ découle directement de l'expression de la largeur effective de cette tôle, pour laquelle nous avons adopté une formule déduite de nombreux essais de compression jusqu'à la ruine sur des tôles raidies qui est très voisine de celle de WINTER.

Le rendement global de la tôle raidie à raidisseurs discrets est donné par l'expression

$$\rho_g = \rho_t \cdot \rho_l .$$

Un pont en caisson devrait se dimensionner, selon nous, en exprimant que, sous la charge de ruine, la contrainte moyenne de compression dans le panneau ABCD ne dépasse pas la contrainte moyenne de ruine

$$R_r = \rho_g R_e$$

Notre théorie explique l'accident survenu au Praterbrücke à Vienne et est en assez bon accord avec les résultats expérimentaux du Professeur DUBAS.

Cependant, afin de tester cette théorie, nous entreprenons actuellement dans mon laboratoire à Liège une série d'essais jusqu'à la ruine sur des modèles de poutres en caisson munies de 7 raidisseurs longitudinaux. Les figures 2 et 3 donnent quelques précisions à ce sujet.

En conclusion, nous voudrions insister sur le fait que calculer les raidisseurs de la plaque comme des barres comprimées indépendantes, comme plusieurs chercheurs l'ont proposé tout récemment, reviendrait à ignorer l'effet stabilisant des contraintes de membrane et conduirait, selon nous, à un gaspillage d'acier <u>excessif</u>.

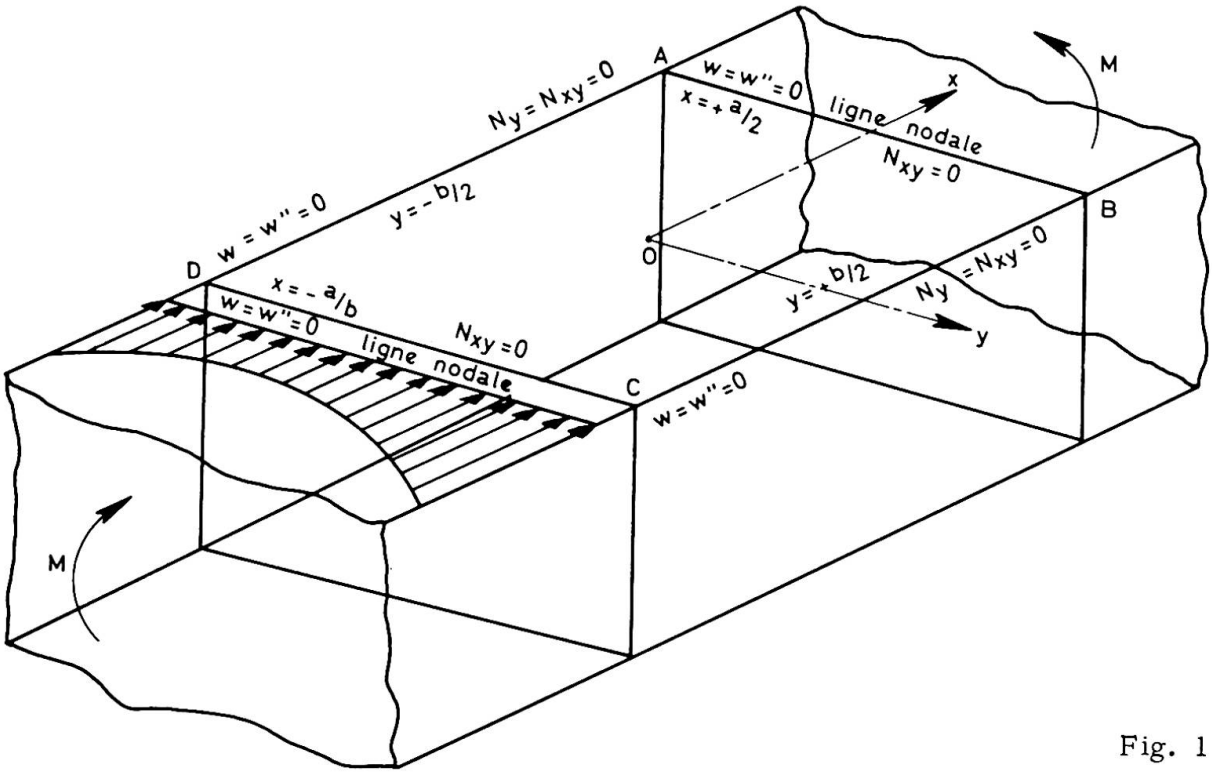


Fig. 1

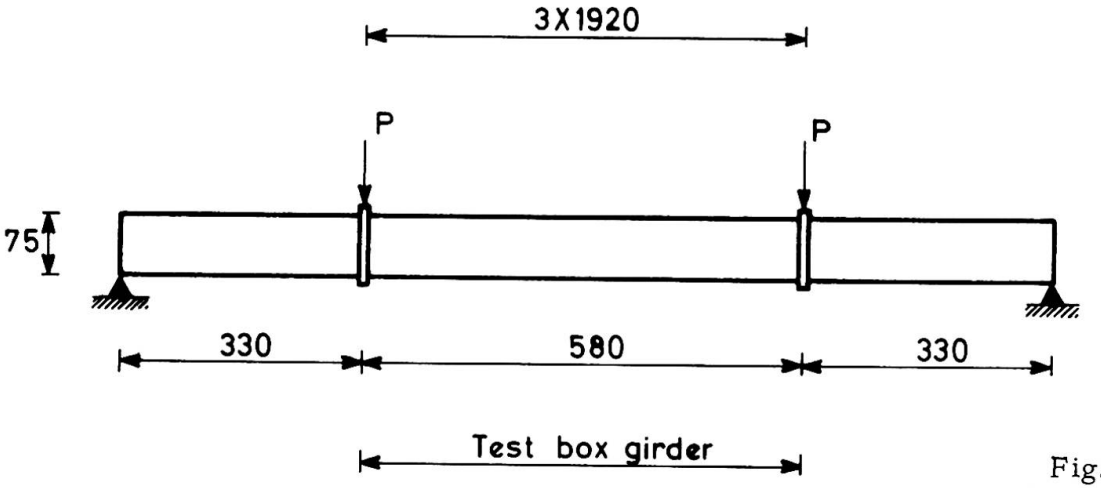


Fig. 2

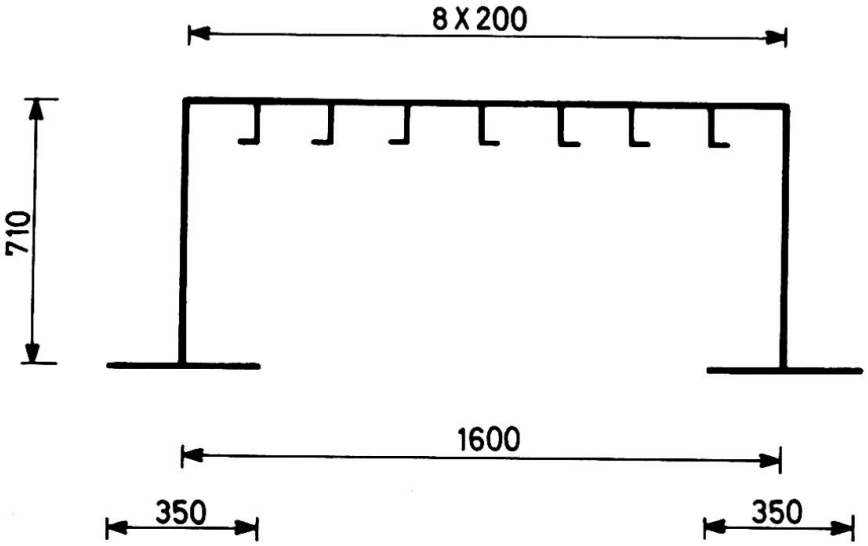


Fig. 3