

# Discussion

Autor(en): **Paszkowski, W.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **1 (1932)**

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-633>

## **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.

serait fâcheux de tomber d'un excès dans l'autre et que sans s'hypnotiser sur l'état de fissuration local de certains ouvrages, état qui paraît être l'état normal du béton tendu, et qui n'a rien de catastrophique, sans se laisser hypnotiser non plus par les divergences constatées entre les prévisions de théorie et de calculs plus ou moins inexacts et la réalité, on peut à condition de se laisser guider par l'expérience et par le bon sens, regarder avec confiance l'avenir de ce matériau remarquable qu'est le béton armé.

### W. PASZKOWSKI,

Professeur à l'École Polytechnique, Varsovie.

Les expériences dont il est question dans le présent rapport ont pour but d'étudier les phénomènes qui se produisent dans une poutre en béton armé fléchie, en se basant sur l'observation des flexions. Pour que les mesures des flexions permettent d'éclaircir ces phénomènes, il faut que la poutre soit sollicitée, à chaque instant donné, par des moments constants sur toute la longueur sur laquelle porte la mesure de flexion. La manière dont se comporte le béton tendu, ainsi que la variabilité du rapport des modules Young, font que les phénomènes de flexion du béton armé ne se prêtent pas aussi bien que ceux de l'acier à l'étude par observation immédiate des déformations à la surface des poutres. Au moment où le béton tendu cède ou se fissure (sans même qu'on puisse déceler les fissures par quelque moyen que ce soit), le moment d'inertie de la section diminue considérablement sans qu'on puisse juger exactement de la valeur de cette diminution qui, d'ailleurs, dépend de la valeur du moment fléchissant qui l'a produite. En conséquence, une poutre à section constante aura bien un moment d'inertie constant avant la charge, mais du fait qu'on aura appliqué une charge produisant différents moments fléchissants dans différentes sections de la poutre, celle-ci deviendra une poutre à moment d'inertie variable. Ceci ne permettra ni de calculer exactement sa flexion ni de la comparer avec les résultats expérimentaux. Si, au contraire, on applique à la poutre un moment fléchissant constant sur toute sa longueur à chaque instant donné, les flexions mesurées donneront une idée plus nette de ce qui se passe dans le béton, toutes les sections de la poutre subissant le même régime de sollicitations.

Pour faire l'expérience, nous avons adopté le dispositif suivant : une poutre en béton armé sollicitée par un moment fléchissant est encastrée verticalement, par une extrémité, dans une fondation, une poutrelle horizontale étant fixée à son extrémité supérieure comme on le voit, sur les schémas de la fig. 1 et de la fig. 2. Aux extrémités de la poutrelle, sont appliquées deux forces verticales  $PP$  de directions opposées, produisant le moment fléchissant. Afin d'éliminer toute compression axiale et d'obtenir une flexion pure, le poids de

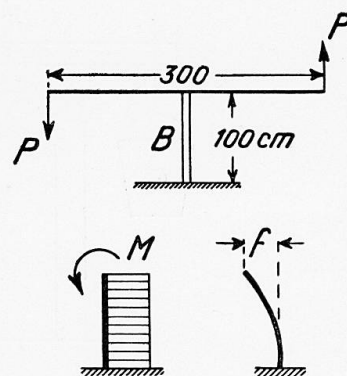


Fig. 1.

la poutrelle est équilibré par le contrepoids  $W$ . Les poulies sont fixées à une hauteur suffisante pour que les mouvements de la poutrelle ne produisent pas de biais importants des cordes verticales. Les charges égales placées successivement dans les récipients  $C$   $C$  augmentent progressivement le moment fléchissant. Un flexomètre note les flexions produites.

Les poutres étudiées ont une section  $8 \times 10$  cm., rectangulaire ou en té, à armature variant dans certaines limites dont nous ne mentionnons que les suivantes :

- a) section rectangulaire à deux fers du côté tendu ;
- b) section en té à deux fers du côté tendu ;
- c) section rectangulaire à trois fers du côté tendu, tous les fers étant de 6 mm. de diamètre.

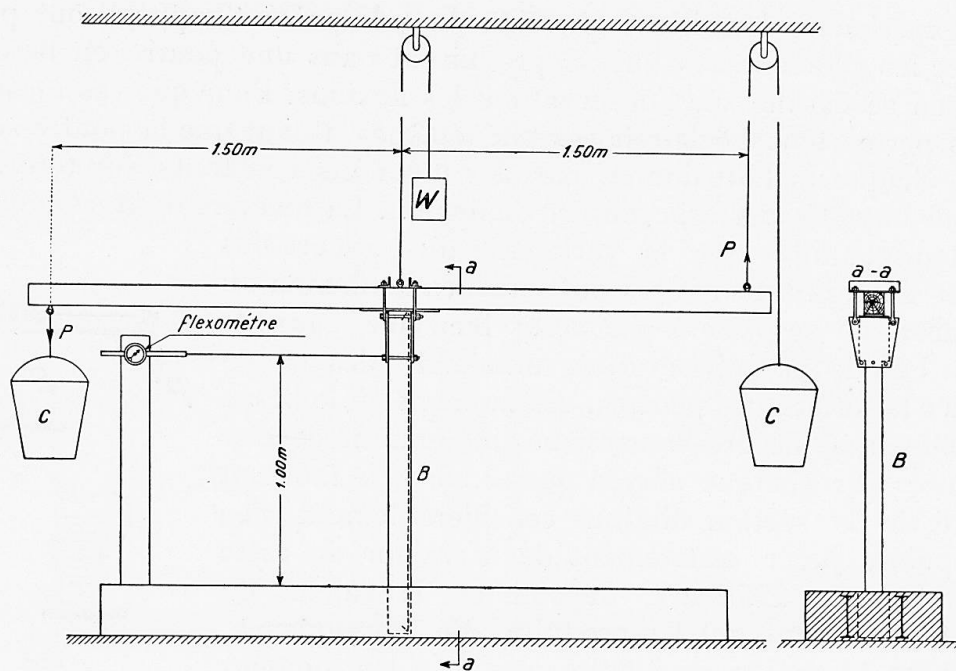


Fig. 2.

Flexomètre = Durchbiegungsmesser = Deflection indicator

En admettant pour l'acier le module d'Young :

$$E_a = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$$

et le même module variant, pour le béton, dans les limites :

$$E_b = 105.000 \text{ à } 280.000 \text{ kg/cm}^2,$$

nous calculons les moments d'inertie de notre poutre pour les deux cas envisagés couramment dans la pratique, à savoir : le cas où le béton travaille à la tension et le cas où le béton est entièrement fissuré du côté tendu jusqu'à l'axe neutre.

Pour la poutre à 2 fers tendus les valeurs des moments d'inertie sont les suivantes :

<i>m</i>	$E_b$	Moments d'inertie	
		le béton travaillant à la tension cm <sup>4</sup>	le béton ayant cédé jusqu'à l'axe neutre cm <sup>4</sup>
20	105.000	809	426
15	140.000	777	350
10	210.000	743	260
7,5	280.000	725	208

En nous basant sur ces données, nous calculons les flexions comme fonctions des moments fléchissants pour les deux cas précités et pour différents rapports des modules Young, d'après la formule connue :

$$f = \frac{1}{2} \frac{M l^2}{E_b I}$$

où  $l$  désigne la longueur de la poutre, qui, dans notre expérience, est égale à 100 cm.

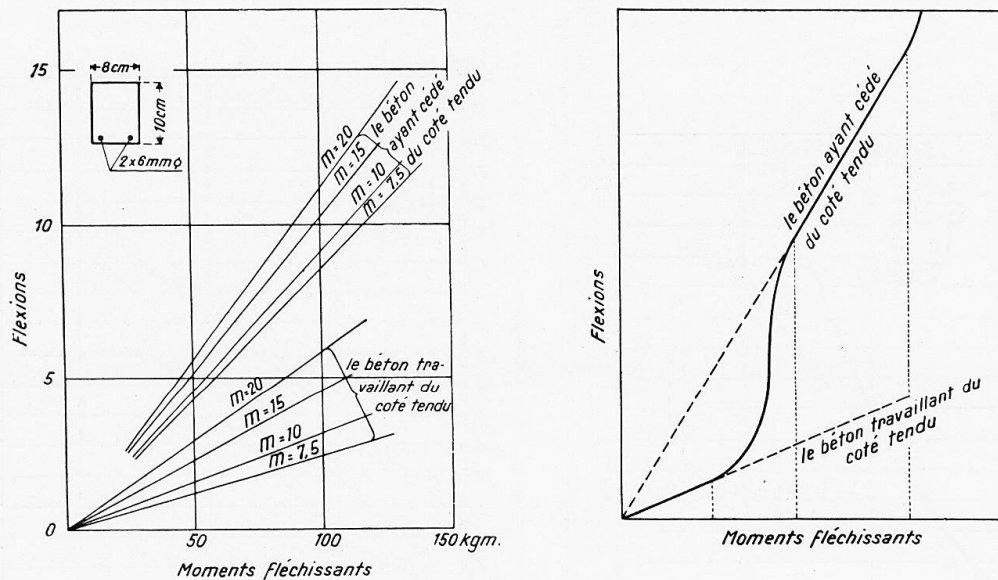


Fig. 3 et 4.

Le béton ayant cédé du côté tendu.

Ohne Mitwirkung der Zugzone im Beton.

Without cooperation of the tension zone of the concrete.

Le béton travaillant du côté tendu.

Bei Mitwirkung der Zugzone im Beton.

With cooperation of the tension zone of the concrete.

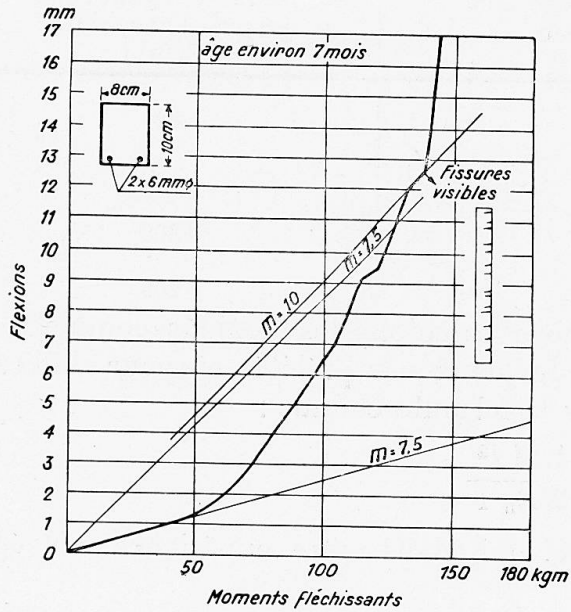
Moments fléchissants = Biegemomente = Bending moments.

Flexion = Durchbiegung = Deflection.

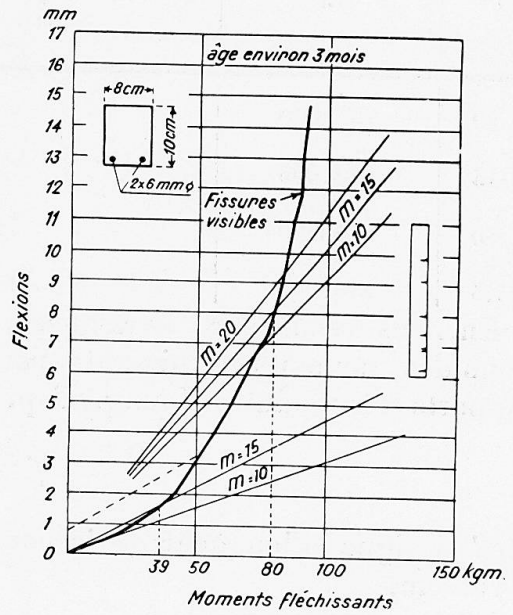
Les résultats de ces calculs sont représentés par le diagramme de la fig. 3.

En supposant que le béton armé se comporte de la manière couramment admise, nous pourrions nous attendre à voir les flexions augmenter à mesure de l'augmentation des moments fléchissants, d'après une courbe analogue à celle que représente le diagramme de la fig. 4, c'est-à-dire que tant que les

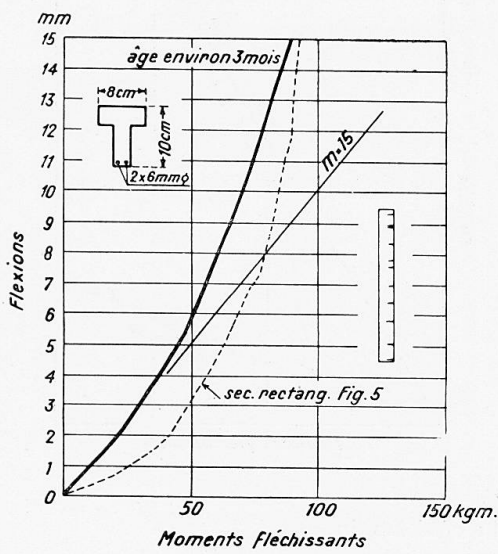
moments fléchissants sont de peu d'importance — le béton travaillant du côté tendu — les flexions augmentent lentement. Une certaine limite une fois



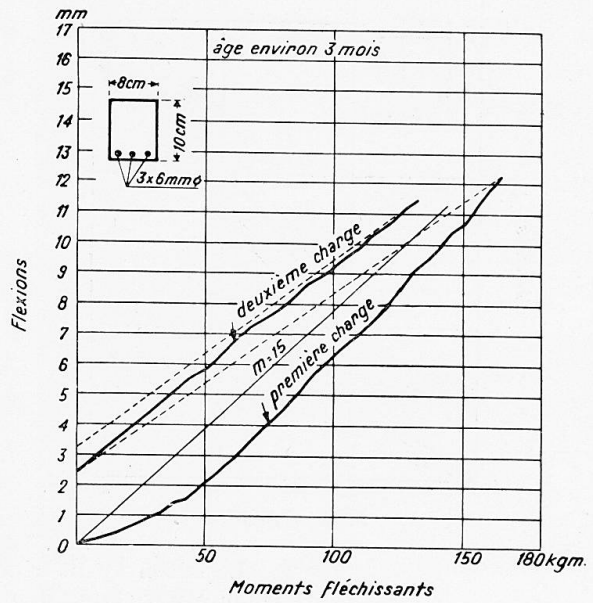
1



2



3



4

Fig. 5 à 8.

Age environ 3 mois = Alter ca. 3 Monate = Age about 3 months.

Fissures visibles = Sichtbare Risse = Visible cracks.

Moments fléchissants = Biegunsmomente = Bending moments.

Flexion = Einsenkung = Deflection.

Section rectangulaire = Rechteck-Querschnitt = Rectangular Section.

Première charge = Erste Belastung = First loading.

Deuxième charge = Zweite Belastung = Second loading.

dépassée, les flexions devraient augmenter plus rapidement pour atteindre bientôt les valeurs qui correspondent au cas où le béton a complètement cédé.

Il est intéressant de noter que les courbes obtenues par l'expérience diffèrent

considérablement des prévisions ci-dessus. En examinant l'allure de ces courbes nous remarquons, en effet, que seules les premières parties correspondent assez bien à ces prévisions, les flexions augmentant à peu près proportionnellement aux moments fléchissants et la poutre subissant la loi de Hooke, jusqu'à un taux de charge de tension du béton pour lequel celui-ci doit commencer à céder. Les parties des courbes correspondant aux tensions plus considérables du béton mettent en évidence une résistance de ce dernier aux tensions bien plus importante que celle qui est admise dans nos calculs.

Les diagrammes des figures 5 et 6 se rapportent à deux poutres qui ne diffèrent que par leur âge.

Nous observons que dans la première partie le rapport  $m$  des modules d'Young pour la poutre de 7 mois est ostensiblement égal à 7,5 — c'est-à-dire  $E_b = 280.000 \text{ kg/cm}^2$ , tandis que pour la poutre de 3 mois, ce rapport se tient entre 10 et 15 —  $E_b$  ayant par conséquent une valeur comprise entre 210.000 et 140.000  $\text{kg/cm}^2$ . Les taux de charge du béton à la tension, calculés pour les points où la courbe s'écarte de sa direction initiale s'expriment par 23  $\text{kg/cm}^2$  pour la poutre de 3 mois et par 33  $\text{kg/cm}^2$  pour la poutre de 7 mois. A partir de ce point, l'augmentation des moments fléchissants, tout en faisant dévier la courbe d'une manière prononcée, ne produit pas de fissures visibles, et ne correspond pas aux flexions pouvant résulter uniquement d'une fissuration complète du béton tendu. Tout au contraire, nous constatons que les flexions sont bien moindres que celles qui ont été calculées théoriquement, c'est-à-dire que le béton ne cesse de travailler à la tension. Étant donné que notre poutre, calculée d'après les méthodes jusqu'ici usitées, serait destinée à supporter un moment fléchissant de 50  $\text{kgm}$  environ, nous voyons qu'elle aurait à ce moment une réserve importante de rigidité.

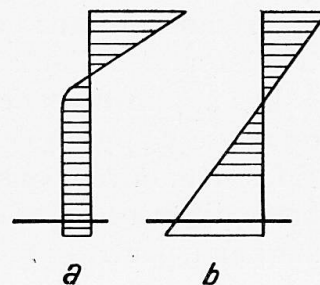


Fig. 9.

La poutre en té, à section de béton tendu très réduite (fig. 7) accuse nettement une rigidité bien moindre, prouvant ainsi que la résistance du béton à la tension est bien la cause de la grande rigidité des poutres rectangulaires.

La poutre dont les flexions sont mises en évidence sur la fig. 8 a une armature de 3 fers de 6 mm. d'épaisseur, à la tension. Elle a été chargée à deux reprises consécutives et nous voyons les déformations permanentes qu'elle a manifestées.

Il est aussi intéressant de constater que l'allure de toutes ces courbes est tout à fait continue bien que — étant donné le mode de charge — la fissuration du béton eût dû se produire simultanément sur toute la longueur de la poutre et, à un moment donné, se manifester par une déviation rapide qui fait entièrement défaut, prouvant que le phénomène est d'une continuité complète.

Si nous considérons les deux hypothèses acceptées couramment pour expliquer les phénomènes mentionnés plus haut, et notamment : l'hypothèse suivant laquelle le diagramme effort-déformation du béton prend l'aspect de la fig. 9 a et celle qui admet une fissuration du béton jusqu'à la limite de sa résistance à la tension (fig. 9 b), — nous devons convenir que la première paraît être plus vraisemblable.

L'incompatibilité de l'hypothèse des fissurations avec les faits observés peut être démontrée — avec un certain degré de vraisemblance — de la manière suivante : si, en prenant pour base les flexions observées, nous calculons à l'aide de la formule citée plus haut les moments d'inertie de la poutre pour différents moments fléchissants, nous pouvons obtenir facilement les tensions maxima du béton à la limite de la fissure. Il serait juste de supposer que cette tension devrait être plus ou moins constante sous toutes les charges, étant donné qu'elle représente uniquement la limite de résistance du béton à la tension.

Les calculs effectués dans ce but donnent des résultats qui sont loin de confirmer cette hypothèse, la tension maximum ainsi calculée prenant des valeurs très différentes et montant à des taux inacceptables.

### Résumé.

En observant les flexions des poutres en béton armé soumises à un moment fléchissant, constant sur leur longueur, on peut étudier certains phénomènes se produisant dans les matériaux et ne se prêtant pas aussi bien à l'observation au moyen d'autres méthodes connues.

Les applications de cette méthode citées dans le présent article démontrent qu'elle est applicable à la recherche du rapport entre les modules d'Young, Elles démontrent aussi à quel point les phénomènes de plasticité et de résistance diffèrent des suppositions théoriques acceptées dans les calculs, en donnant aux poutres rectangulaires une grande réserve de rigidité.

### Zusammenfassung.

Bei der Betrachtung der Durchbiegungen von Eisenbetonbalken, die durch ein auf ihre Längen konstantes Biegemoment beansprucht werden, können gewisse Erscheinungen studiert werden, die sich in den Materialien bilden und die sich für die Beobachtungen mit Hilfe anderer bekannter Methoden nicht so gut eignen.

Die Anwendung der im vorliegenden Aufsatz entwickelten Methode zeigt, dass sie auf die Bestimmung des Verhältnisses zwischen den Elastizitätsmoduli anwendbar ist. Sie zeigt auch inwieweit die Erscheinungen der Plastizität und der Festigkeit von den in den Berechnungen angenommenen theoretischen Voraussetzungen abweichen, indem die rechteckigen Balken eine grosse Reserve an Steifigkeit aufweisen.

Summary see Addenda.

Dr. Ing. H. OLSEN,  
München.

Die Bemühungen um den Ausbau der Statik des Eisenbetonbaues gehen bekanntlich dahin, die Berechnungsgrundlagen den jeweils vorliegenden tatsächlichen Verhältnissen möglichst anzupassen. Zur Erzielung einer derar-