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

Band: 3 (1948)

Artikel: Etude expérimentale du la rupture dans les pièces en béton armé à section rectangulaire soumises à la flexion: méthode de calcul à coefficient de sécurité constant

Autor: Chambaud, R. / Lebelle, P. / Pascal, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-4013

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: 13.07.2025

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

IIa7

Etude expérimentale de la rupture dans les pièces en béton armé à section rectangulaire soumises à la flexion

Méthode de calcul à coefficient de sécurité constant

Versuche über den Bruchwiderstand von Eisenbetonbalken mit rechteckigem Querschnitt bei Biegung

Berechnungsmethode mit konstantem Sicherheitskoëffizienten

Experimental investigation about failure under bending of reinforced concrete members with rectangular cross sections

A design method with a constant safety factor

R. CHAMBAUD
Ingénieur des Arts et Manufactures, Paris

En collaboration avec

P. LEBELLE
Directeur de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, Paris

R. PASCAL
Ingénieur Civil des Ponts et Chaussées, Paris

Sous le patronage de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics et de la Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé de France

Il est bien connu que les méthodes classiques de calcul basées sur des valeurs fixes des modules d'élasticité du béton et du métal et sur des états purement élastiques ne donnent pas des coefficients de sécurité constants à l'égard de la rupture. Notre but est de déterminer, pour la flexion simple, la charge réelle de rupture des pièces à section rectangulaire sans armatures comprimées, et d'en déduire une méthode de calcul donnant une sécurité plus uniforme que les règles classiques.

La question n'est pas nouvelle et a déjà fait l'objet de nombreuses expériences tant en France qu'à l'étranger. Cependant les résultats existants ne donnent pas toujours sur les conditions dans lesquelles ces expériences ont été exécutées des renseignements suffisamment précis pour qu'on puisse les utiliser avec certitude. Aussi, nous a-t-il paru nécessaire de reprendre l'expérimentation et de lui donner une plus grande extension, en parti-

culier dans le sens des forts pourcentages d'acier, en considérant des bétons de qualités très diverses et des nuances d'acier très différentes.

Nos expériences ont été effectuées au Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics; commencées en novembre 1947, elles ont été terminées en avril 1948. Les circonstances qui en ont retardé la mise en route ne nous ont pas permis d'être en possession de tous les résultats au moment de la rédaction de ce Mémoire et d'exposer dès maintenant, comme nous l'aurions désiré, nos conclusions définitives. Nous le ferons en séance devant le Congrès et nous présenterons un mémoire détaillé qui pourra être inséré dans le Rapport final. Il nous a cependant paru intéressant de faire connaître dès à présent d'une façon sommaire, en quoi consistent nos recherches et les conclusions provisoires qui semblent se dégager des premiers résultats expérimentaux obtenus.

Le moment de rupture d'une pièce à section rectangulaire sans armatures comprimées, soumise à la flexion, est fonction de la résistance du béton, de celle de l'acier et du pourcentage des armatures tendues. Nos expériences permettent de dégager les lois suivant lesquelles agissent ces trois paramètres. Elles sont entreprises sur une échelle relativement étendue, puisque le programme prévoit l'essai d'une centaine de poutres. Cette extension est rendue nécessaire par les considérations suivantes.

Si la résistance, la limite élastique et le module d'élasticité des aciers peuvent être considérés comme connus avec une précision suffisante, il n'en est pas de même pour les caractéristiques correspondantes des bétons. La dispersion est importante quel que soit le soin apporté dans l'exécution des mesures. On ne peut donc accorder confiance qu'à des résultats statistiques moyens et c'est ce que montrent très bien les premiers diagrammes traduisant nos résultats d'essais.

Les ciments employés sont des Portlands artificiels ordinaires et des Portlands à haute résistance initiale. Les bétons sont à petits agrégats, c'est-à-dire en rapport avec les dimensions des pièces d'essais. Les dosages en ciment varient de 275 kg à 525 kg par m^3. Les résistances en compression mesurées sur cubes au jour des essais, varient entre 140 kg et 600 kg par cm^2. Les limites élastiques des aciers varient de 25 à 67 kg par mm^2 et les pourcentages d'aciers tendus de 0,6 à 6 %. Ces variations très étendues permettent d'englober tous les cas de la pratique. Les sections des poutres exécutées sont de $0^m10 \times 0^m135$ et $0^m125 \times 0^m15$ respectivement. Les portées sont égales à 2^m90 et 3^m70. Les pièces sont soumises à un moment constant dans la zone centrale sur une longueur de 0^m70. L'arrimage précis des armatures et leur fixité sont assurés par de petites barres transversales soudées.

Pour chacune des poutres, on prélève dans la même gâchée de béton, huit cubes de 0^m14 de côté qui, conservés dans les mêmes conditions que la poutre elle-même, servent de témoins et sont destinés à être essayés le jour même où la poutre est rompue. On découpe également dans chaque poutre, le jour des essais, un ou deux cubes, rompus à titre de contrôle. La limite élastique et la résistance des aciers sont mesurées individuellement pour les armatures de chaque poutre. Les caractéristiques individuelles de chaque pièce sont ainsi connues avec le maximum de précision.

Les charges sont appliquées par une machine statique à levier fonctionnant à poids, qui permet une mesure précise des efforts et leur maintien à valeur constante pendant la durée nécessaire. En principe les charges sont appliquées progressivement par dixièmes et laissées constantes dans chaque

état considéré pendant dix à quinze minutes. A la fin de l'essai, les fractions de charges sont réduites au 1/100 ou au 1/200 de la charge probable de rupture. Les flèches sont mesurées par appareil enregistreur mettant en évidence la déformation instantanée et le fluage. Pour un certain nombre de pièces, les charges sont laissées plus longtemps pour suivre la progression des déformations pendant une certaine durée et leur stabilisation approximative. Un certain nombre de poutres sont équipées de strain-gages, externes et internes, pour la mesure précise des déformations. La progression des fissures est suivie en cours d'essai, au microscope.

Le module d'élasticité des bétons est déterminé en mesurant les fréquences propres des vibrations longitudinales sur des éprouvettes de forme spéciale prélevées dans les gâchées de béton de chaque poutre. Ces mesures sont faites au moyen d'un appareil nouveau et suivant une technique spéciale qui viennent d'être tout récemment mis au point par le Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics et qui semblent appelés dans l'avenir à des utilisations extrêmement intéressantes. Les résistances à la traction des bétons, ainsi que leurs densités sont également mesurées.

Conclusions

Les conclusions qui semblent se dégager des premiers résultats expérimentaux obtenus, sont les suivantes. Nous les donnons ici à titre provisoire, nous réservant d'y revenir devant le Congrès en les précisant et en y apportant tous les détails et les justifications nécessaires, une fois les essais terminés.

1° Pour une section rectangulaire sans armatures comprimées, il est possible d'établir une formule semi-empirique et semi-théorique, permettant de prévoir la résistance probable à la rupture par flexion, en fonction des caractéristiques du béton et de l'acier et du pourcentage d'acier tendu;

2° La comparaison avec les formules classiques fondées sur l'élasticité pure, fait apparaître des écarts importants surtout en ce qui concerne la capacité de résistance du béton. C'est avec la valeur la plus élevée du coefficient d'équivalence m (rapport entre le module d'élasticité de l'acier et celui du béton) que, dans tous les cas, et même pour les forts pourcentages, les résultats expérimentaux accusent le moins de désaccord;

3° Nos résultats permettent de déterminer le coefficient de sécurité probable à la rupture des pièces calculées en flexion simple par les formules classiques. On constate une variation de ce coefficient suivant l'importance des armatures, la qualité de l'acier et du béton et la valeur attribuée au coefficient d'équivalence m. On en déduit la méthode de calcul à préconiser pour avoir une sécurité constante.

La loi de croissance du moment résistant de rupture en fonction du pourcentage d'acier tendu montre l'efficacité à attendre d'une majoration des armatures et la limite pratique qu'il n'est pas intéressant de dépasser, selon les cas, dans l'échelle des hauts pourcentages d'aciers tendus;

4° Le calcul à coefficient de sécurité réel constant n'entraîne que peu de modifications dans la détermination de la section d'acier tendu;

5° Au contraire, nos expériences montrent la possibilité de faire des économies importantes sur l'acier comprimé. Il paraît possible d'employer de forts pourcentages d'acier tendu (jusqu'à 4 à 6 %) travaillant à des taux élevés (jusqu'à 16 à 18 kg/mm^2) avec un coefficient de sécurité réel égal

à 2, et *sans aciers comprimés*, quand le béton est de haute qualité (300 kg/cm² et davantage).

Avec des bétons plus ordinaires les conclusions sont moins favorables, mais qualitativement dans le même sens;

6° Les hautes qualités des deux matériaux (acier et béton) doivent aller de pair si l'on veut en faire un bon emploi et éviter par exemple les fissurations prématurées qu'on aurait avec des aciers très résistants alliés à des bétons de qualité ordinaire ou médiocre.

Résumé

Nous avons entrepris aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics une importante série d'expériences en vue de déterminer la résistance réelle à la rupture par flexion simple dans les pièces à section rectangulaire sans armatures comprimées.

Le moment de rupture est fonction de la résistance du béton, de celle de l'acier et du pourcentage des armatures tendues, suivant des lois que nous cherchons à dégager et qui diffèrent de celles des calculs classiques basés sur des états purement élastiques.

Notre but est d'en déduire une méthode de calcul donnant, vis-à-vis de la rupture, un coefficient de sécurité aussi uniforme que possible, ce qui n'est pas le cas dans les calculs usuels.

Bien que les essais ne soient pas encore terminés, nous croyons utile d'indiquer ici les premières conclusions qui semblent se dégager des résultats expérimentaux déjà obtenus :

1° Une formule semi-empirique permet de prévoir les résistances probables de rupture;

2° Les écarts avec les formules classiques fondées sur l'élasticité pure sont importants, surtout en ce qui concerne la capacité de résistance du béton;

3° On déduit de ces résultats expérimentaux la méthode à préconiser pour avoir une sécurité constante à l'égard de la rupture par flexion;

4° La section d'acier tendu n'a que peu de modifications à subir;

5° Au contraire des économies importantes sur l'acier comprimé sont possibles;

6° Il est recommandé de proportionner les qualités des deux matériaux.

Ces conclusions seront précisées et justifiées devant le Congrès, une fois les essais terminés.

Zusammenfassung

Es wurde in den « Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics » eine wichtige Reihe von Versuchen unternommen, um die wirkliche Tragfähigkeit von Eisenbetonbalken ohne Druckbewehrung bei einfacher Biegung festzustellen.

Das Bruchmoment ist vom Widerstand des Betons und der Eisen, sowie vom Zugbewehrungsanteil abhängig. Es wird versucht die Regeln dieser Abhängigkeit klarzumachen. Dabei gilt die klassische Theorie nicht mehr, der eine geradlinige Spannungsverteilung zugrunde liegt.

Das Ziel dieser Untersuchung besteht darin, für die Biegung ein Berechnungsverfahren herzustellen, das sich vom gewöhnlichen Verfahren durch eine möglichst gleichmässige Sicherheitszahl unterscheidet.

Sämtliche Ergebnisse sind noch nicht abgeschlossen. Es können jedoch schon hier nachstehende Schlussfolgerungen gezogen werden.

1. Zur Feststellung der wahrscheinlichen Tragfähigkeit eines Balkens ist es möglich, eine theoretisch-empirische Formel aufzustellen.

2. Die Abweichungen dieser Formel bezüglich der klassischen Theorie sind bedeutend, insbesondere was die Widerstandsfähigkeit des Betons betrifft.

3. Man erhält eine geeignete Methode, die eine gleichmässige Sicherheit gegen den Biegungsbruch gewährleistet.

4. Der Gesamtquerschnitt der Zugeisen bleibt beinahe unverändert.

5. Dagegen sind erhebliche Einsparungen an den Druckeisen möglich.

6. Es erweist sich als zweckmässig, die Qualitäten beider Materialien in passendem Verhältnis zueinander zu halten, das heisst, bei Verwendung hochwertigen Bewehrungsstahls auch nur hochwertigen Beton zu benutzen.

Nach Beendigung der Versuche werden obige Schlussfolgerungen am Kongress eingehend behandelt und begründet.

Summary

Tests have been made to a large extent in the « Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics » in order to ascertain the actual resistance to failure under simple bending of concrete members of rectangular cross sections reinforced in tension only.

The failure moment depends on the strength of concrete and steel and on the steel percentage according to laws which have to be brought out from the tests, since these laws do not agree with those of ordinary analysis based on a linear distribution of stresses.

The purpose of this investigation was to build up a design method that would give a safety factor to bending failure as constant as possible, a result that cannot be reached with usual analysis method.

Although the tests not being yet completed, it seemed it would be useful to give here the first conclusions that may be drawn from the experimental results already available.

1. A theoretic-empiric formula is able to predict the final load to which failure occurs.

2. Usual formulas based only upon sheer elasticity disagree with experiments widely, especially with respect to concrete strength.

3. From these experimental results can be inferred the recommended method that gives a constant safety factor for flexural members.

4. There is not much to alter in the cross sections of tensile steel.

5. On the contrary, important savings are possible on compression steel.

6. It is desirable, the qualities of both materials, steel and concrete, should be adapted one to another.

Those conclusions will be stated more accurately and will be justified at the Congress once the tests are completed.

Leere Seite
Blank page
Page vide