

# Le calcul à la rupture par flexion et par effort tranchant dans les pièces en béton armé

Autor(en): **Chambaud, R.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **5 (1956)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-6124>

## **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.

## **V c 2**

**Le calcul à la rupture par flexion et par effort tranchant  
dans les pièces en béton armé**

**Flexural and shear rupture calculation of reinforced  
concrete elements**

**Die Berechnung des Bruchzustandes infolge Biege-  
und Querkraft in Bauteilen aus Eisenbeton**

**Cálculo à rotura por flexão e por esforço cortante  
de elementos de betão armado**

**R. CHAMBAUD**

*Conseiller scientifique de l'Institut Technique  
du Bâtiment et des Travaux Publics*

Paris

Dans deux communications présentées au Congrès de Liège en 1948, en collaboration avec M. M. Lebelle et Pascal (Publication Préliminaire et Rapport Final), j'ai exposé mes premières recherches sur le calcul à la rupture, qui datent de 1947.

Je me propose d'indiquer ici, sommairement vu le cadre très limité de ce rapport, les résultats complémentaires ou nouveaux obtenus dans la poursuite de ces études, au cours des huit années écoulées, études qui, sous le patronage de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics et de la Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé, ont abouti à une méthode suffisamment simple, précise et générale pour être applicable en bureau d'études.

La base de la méthode est la prise en considération d'un état de référence directement contrôlable par l'expérience, à partir duquel les autres états intéressants (concernant durée des charges, répétitions, alternances, fissuration, etc...) se déterminent par application de coefficients. Ce état de référence est celui qui correspond au maximum d'effort marqué par la machine de charge (en principe un vérin) au cours d'un essai à la rupture de courte durée, par charges progressivement croissantes. Une telle définition n'a pas été adoptée au hasard : c'est la seule qui corresponde à un phénomène précis, indiscutable et susceptible d'être reproduit expérimentalement et rapidement à peu de frais.

D'autres états, sans signification bien nette et aux désignations fantaisistes, ont été parfois mis en avant, mais ils ne sauraient résoudre la question, faute d'une possibilité de contrôle expérimental. En particulier, la notion vague d'«épuisement» — qui heureusement ne compte plus guère de défenseurs — aurait des conséquences nuisibles par l'imprécision qu'elle est susceptible d'entretenir dans tous les calculs.

Le problème essentiel qui se pose est de déterminer, avec autant de précision que possible la charge de rupture pour une pièce donnée.

Un contrôle expérimental très poussé nous a permis d'arriver par retouches successives à un procédé de calcul répondant à cet objet d'une façon satisfaisante.

Après quoi se déduisent les charges admissibles par application de coefficients appropriés à la nature de l'ouvrage et au genre de sollicitations envisagées.

On obtient ainsi un coefficient de sécurité choisi à l'avance, et l'on réalise en moyenne des économies importantes de métal et de béton par rapport au calcul classique.

La rupture peut se produire *par flexion ou par effort tranchant*.

En ce qui concerne la *flexion*, j'ai complété la théorie sur différents points, à savoir :

- la fixation des pourcentages critiques inférieurs et supérieurs ;
- l'étude des cas où, avant rupture, l'acier travaille au delà de sa limite élastique, tant pour les aciers à palier de ductilité que pour les aciers sans palier ;
- la flexion composée ;
- les sections de forme quelconque ;
- enfin, l'utilisation des aciers comprimés.

La méthode qu'on en déduit se justifie par confrontation avec l'expérience. Nos comparaisons statistiques ont porté sur quelque 200 expériences françaises et 700 expériences étrangères et ont donné les résultats suivants.

La charge de rupture calculée a coïncidé avec la charge observée :

- à moins de 10 % près, dans 83 % des cas ;
- avec un écart de 10 à 15 %, dans 12 % des cas ;
- avec un écart de 15 à 20 %, dans 4 % des cas ;
- avec écart légèrement supérieur à 20 % (dans le sens de la sécurité), dans 1 % des cas seulement.

Quant à la question de l'*effort tranchant*, elle m'a mis en présence d'un problème nouveau que j'ai abordé récemment et dont l'étude est encore en période d'évolution.

Lorsqu'on essaie à rupture des pièces qui ont été calculées suivant les règles classiques, la rupture se produit presque toujours par flexion et pour ainsi dire jamais par effort tranchant (ceci nonobstant le fait que

les ruptures par insuffisance de résistance au cisaillement sont plus brutales, plus dangereuses et causent plus d'accidents).

Quand d'autre part une poutre d'essai est constituée pour se rompre par effort tranchant, ce qui a lieu si l'armature transversale est suffisamment faible par rapport à l'armature longitudinale, on constate que la résistance observée au cisaillement est souvent très supérieure à la résistance estimée d'après le calcul classique supposé donner une sécurité égale à deux. Le rapport entre ces deux résistances qui est loin d'être constant, varie du simple au quintuple. Il dépend, entre autres paramètres, de la contrainte de référence  $T/b'z$  et augmente quand elle diminue. En particulier, dans les poutres courantes de planchers, il atteint fréquemment deux ou trois unités. Autrement dit, dans ces planchers, les ligatures sont souvent deux ou trois fois plus fortes au voisinage de l'appui, qu'il ne serait nécessaire, et cela se produit notamment quand les armatures de flexion régissent à pleine section sur toute la portée et que la contrainte de référence définie ci-dessus ne dépasse pas  $10 \text{ kg/cm}^2$  environ, sous charges de service.

Ces faits expérimentaux sont le point de départ de nos études sur l'effort tranchant. Je n'ai traité jusqu'ici que les cas de flexion simple avec ligatures verticales sans barres relevées et des sections de poutres rectangulaires ou nervurées.

L'ensemble de ces faits suggère fortement une explication d'après laquelle, en cas d'existence de ligatures, et après fissuration à peu près à  $45^\circ$ , une redistribution des efforts est possible où les choses se passeraient comme si la résistance était assurée grâce à des bielles de béton plus inclinées sur la fibre moyenne, la pièce se comportant à certains égards comme un arc sous-tendu, et à d'autres égards comme un treillis multiple avec éléments comprimés inclinés à plus de  $45^\circ$ , les éléments tendus restant verticaux.

En définitive, trois conditions interviendraient pour déterminer la résistance ultime à l'effort tranchant :

- 1° la résistance du béton des bielles en compression;
- 2° la résistance des ligatures à leur limite élastique sur une longueur de poutre correspondant à l'inclinaison des bielles. Celle-ci serait une fonction croissante de la densité des ligatures. Elle pourrait aller, dans les cas extrêmes, jusqu'à 5 de base pour 1 de hauteur;
- 3° la résistance des armatures de traction agissant comme sous-tendeur; et c'est ainsi que les armatures longitudinales réagissent sur la résistance à l'effort tranchant, conformément à un fait d'expérience constaté.

Effectivement, en cours d'essai, lorsque certaines conditions prévues par le calcul sont remplies, on voit s'établir, après apparition d'un premier réseau de fissures à  $45^\circ$  environ, un nouveau réseau nettement plus incliné et s'accroissant de plus en plus jusqu'à rupture, alors que le premier réseau cesse d'évoluer. C'est là un fait curieux, jusqu'ici peu signalé, et qui, à ma connaissance, n'avait pas encore reçu d'interprétation satisfaisante.

En l'absence de ligatures au contraire, la rupture suit de très près la fissuration à  $45^\circ$ ; la redistribution d'efforts n'est plus possible, et la rupture survient par insuffisance de résistance du béton à la traction.

Il existe un seuil inférieur pour le pourcentage des ligatures, en-dessous duquel celles-ci sont sans effet ou de peu d'efficacité. Ce seuil est de l'ordre de 2 pour 1000 dans les cas ordinaires.

Une théorie établie sur ces bases m'a conduit à une méthode de calcul permettant de prévoir la charge de rupture par effort tranchant avec une bonne approximation dans les différents cas :

Les résultats statistiques justifiant la méthode ont porté jusqu'ici sur 215 essais de rupture par effort tranchant et sont les suivants.

La charge de rupture calculée coïncide avec la charge observée :

— à moins de 10 % près, dans 72 % des cas ;

— avec un écart de 10 à 20 % dans 21 % des cas ;

— avec un écart supérieur à 20 % (dans les sens de la sécurité), dans 7 % des cas.

Ces premiers résultats sont très encourageants et nous pensons arriver, grâce à une expérimentation complémentaire qui reste à entreprendre, à donner à la théorie une cohésion du même ordre que pour la flexion, encore qu'il ne faille pas espérer la même précision, vu le rôle complexe et aléatoire du retrait du béton dans les phénomènes de cisaillement.

#### R É S U M É

L'auteur signale les développements qu'il a eu l'occasion de donner à sa théorie du calcul à la rupture depuis ses premières communications de 1948 au Congrès de Liège.

L'étude des phénomènes de *flexion* a été généralisée.

Une étude entièrement nouvelle de la rupture par *effort tranchant* a été entreprise récemment et se poursuit, dont les résultats actuellement acquis sont satisfaisants.

Les statistiques de comparaison entre charges observées et calculées pour de nombreux essais, montrent la précision de la méthode. Celle-ci permet de réaliser des économies appréciables sur les calculs classiques.

#### S U M M A R Y

The author describes the developments undergone by his theory for the collapse calculation of structures since his early contributions in 1948 at the Liège Congress.

The study of the *flexural* phenomenæ has been generalized.

An entirely new study of rupture through *shearing* has been recently undertaken and is being carried on; results available at present are satisfactory.

Comparison statistics between observed and computed loads for a large number of tests show the precision of this method which, compared to the classical methods makes substantial economies possible.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Der Autor orientiert über die Entwicklungen seiner Berechnungsmethode im Bruchzustand seit seinen ersten Mitteilungen am Kongress von Lüttich im Jahre 1948.

Die Untersuchungen über die Verhältnisse bei der *Biegung* wurden verallgemeinert.

Eine vollständig neue Untersuchung des Bruches infolge *Querkraft* wurde kürzlich angestellt und wird gegenwärtig weitergeführt; die Resultate dieser Untersuchungen sind bis jetzt zufriedenstellend.

Vergleichsberechnungen zwischen beobachteten und berechneten Belastungen an zahlreichen Versuchen beweisen die Genauigkeit der Methode. Diese gestattet bedeutende Einsparungen zu machen gegenüber der klassischen Berechnungsmethode.

#### RESUMO

O autor indica o desenvolvimento dado à sua teoria de cálculo à rotura desde as suas primeiras comunicações em 1948 ao Congresso de Liège.

O estudo dos fenómenos de *flexão* foram generalizados.

Um estudo inteiramente novo da rotura *por corte* foi recentemente iniciado e está a ser desenvolvido, sendo os resultados obtidos até à data muito satisfatórios.

As estatísticas de comparação entre as cargas observadas e calculadas em numerosos ensaios mostram o rigor deste método que permite, comparado aos métodos clássicos, realizar apreciáveis economias.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide