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

Band: 2 (1936)

Artikel: Les principes de calcul du béton armé

Autor: Roš, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-3030

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: 11.07.2025

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

II c 4

Les principes de calcul du béton armé.

Zu „Berechnungsgrundlagen des Eisenbetons".

On the principles of calculation for reinforced concrete.

Dr. Ing. h. c. M. Roš,

Professor an der Eidg. Techn. Hochschule und Direktionspräsident der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe, Zürich.

Au sujet de la question de n, beaucoup et souvent faussement discutée, nous devons faire expressément remarquer que cette discussion est vaine dans une certaine mesure lorsque les contraintes admissibles sont basées sur les valeurs choisies de n ($n = 10$, 15 ou 20). L'abandon total du rapport n, qui a été proposé au cours de ces derniers temps, peut être considéré comme une erreur entraînant beaucoup plus de complications que de simplifications. Le rapport n, sur la grandeur duquel on peut avoir des opinions différentes, ne peut pas disparaître du calcul du béton armé; il représente une base satisfaisante pour le calcul.

La théorie classique du béton armé, basée sur la loi de *Navier-Hooke* pour la compression, la traction et la flexion et sur la formule généralisée d'*Euler* pour le flambage, a été complétée au cours de ces dernières années sur la base des résultats acquis dans l'essai des matériaux. Ces compléments s'étendent surtout au domaine des déformations plastiques et sont très utiles pour la détermination de la sécurité réelle des ouvrages de béton armé.

A l'intérieur des *sollicitations reconnues comme admissibles* nos connaissances actuelles, basées

sur la loi des contraintes et des déformations du béton et des aciers d'armature,[1]

sur le rapport $n = \frac{E_a}{E_b}$ dans le domaine élastique,[2]

sur la relation entre la résistance à la compression sur prismes ${}_p\beta_d$ et le module d'élasticité du béton ${}_bE_e$,[1]

sur le danger de rupture du béton sollicité suivant plusieurs axes — Essais du L.F.E.M. exécutés à l'aide de la théorie de rupture de *Mohr* —,[3]

sur la résistance à la fatigue — résistance aux efforts répétés — du béton et de l'acier d'armature[4] ainsi que

sur les lois de stabilité des colonnes centriquement et excentriquement comprimées — Essais et théorie du L.F.E.M. —,[5]

nous permettent, tout en conservant des rapports étroits entre le bureau, le laboratoire, le chantier et l'ouvrage lui-même, *de calculer les ouvrages de béton*

armé d'après la théorie classique de l'élasticité. Ces connaissances nous permettent en outre d'adopter des mesures constructives exactes — tant dans l'ensemble que dans les détails —, d'organiser le chantier et d'exécuter l'ouvrage lui-même d'une façon qui nous procure entière sécurité sur la méthode de travail et l'état de

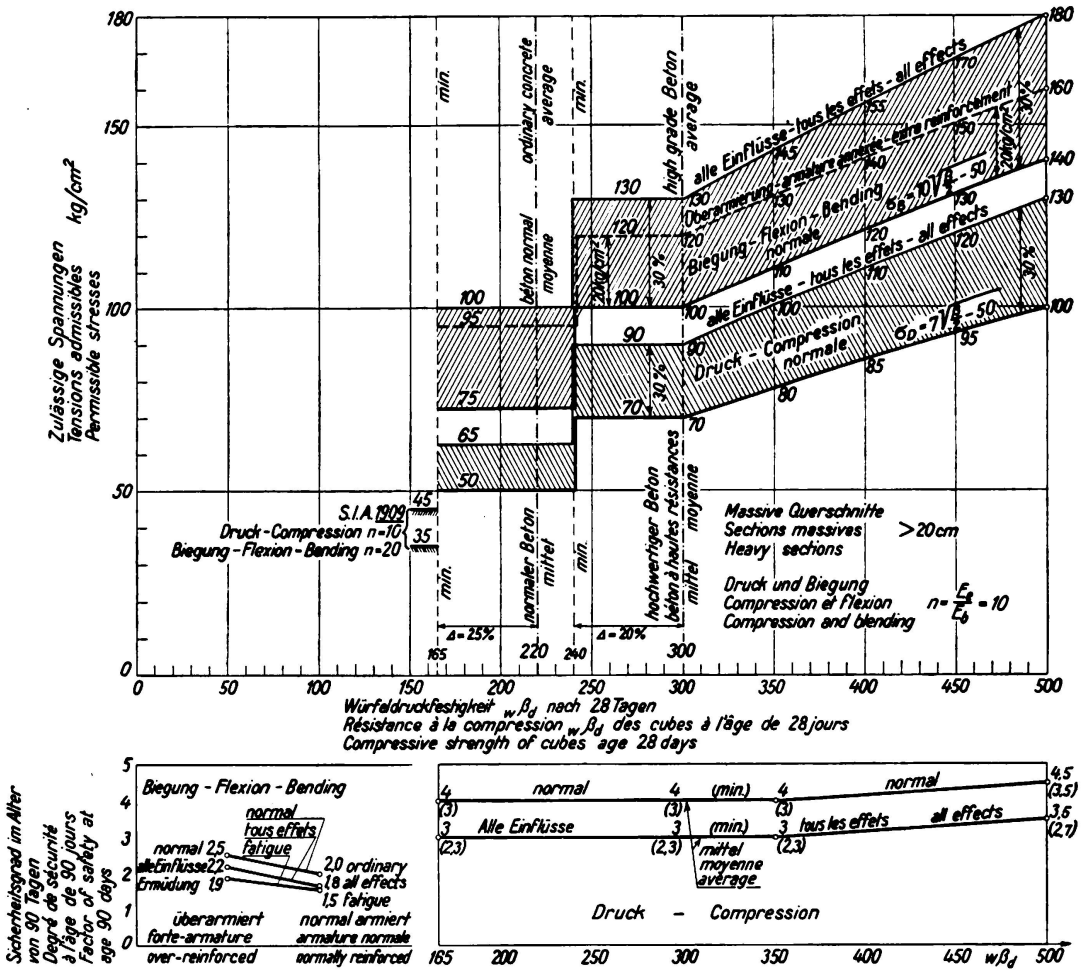


Fig. 1.

Prescriptions suisses du 14 mai 1935 concernant le béton armé. Tensions admissibles du béton et de l'acier d'armature en fonction de la résistance du béton à la compression et de la limite d'étirement de l'acier.

Contraintes principales obliques.

béton normal: $\tau_{adm} = 4$ kg/cm² à hautes résistances: 5 kg/cm²

Acier d'armature: Contraintes admissibles $_{adm}\sigma_e$.

Tous les effets:

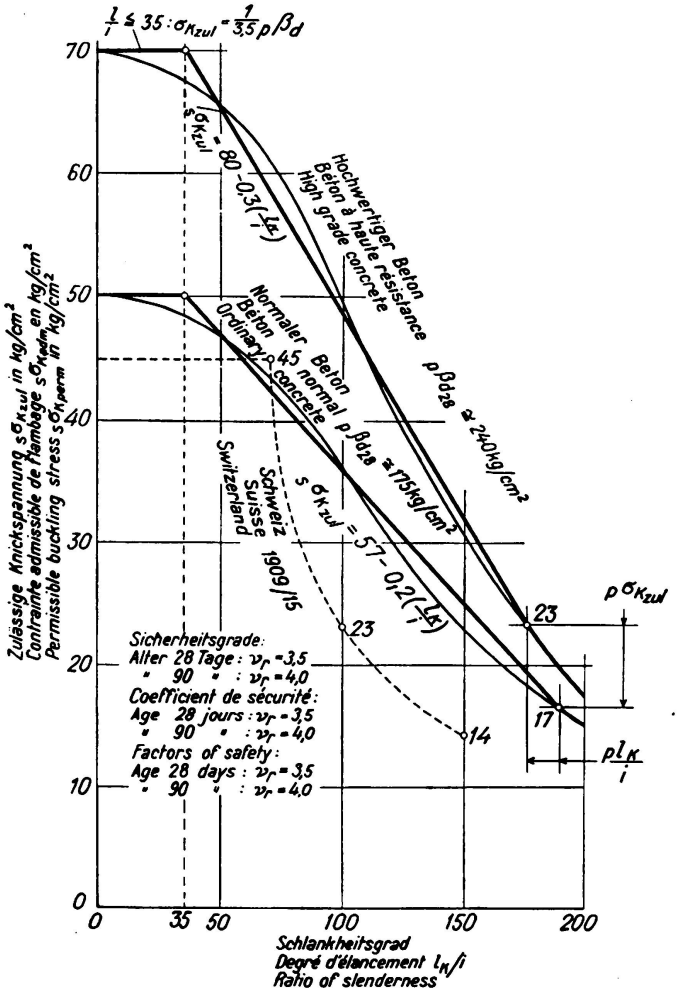
	normal	à hautes résistances
Sans la température et le retrait	1400 kg/cm²,	1700 kg/cm²
Avec la température et le retrait	1500 „	1900 „

contrainte et qui autorise la détermination suffisamment exacte du degré réel de sécurité.

Des essais très complets, effectués sur des ouvrages en service, nous prouvent que ces derniers se comportent comme des structures élastiques.

La théorie de l'élasticité servira malgré tout, même à l'avenir, de base au dimensionnement et au calcul de la sécurité des ouvrages de béton armé. Il faut cependant tenir compte de l'influence de la plasticité du béton sur la résistance,[7] sans toutefois solliciter le matériau jusqu'à sa dernière réserve.[8]

La détermination des efforts normaux et tranchants, ainsi que des moments de flexion résultant des forces extérieures, s'effectue en principe aujourd'hui dans



$_p\beta_d$ Résistance du béton à la compression sur prisme.

σ_q Limite d'écrasement de l'acier d'armature

F_b Section de béton

F_e Section de l'acier d'armature

μ pourcentage d'armature $F_e : F_b$

Charge de flambage;

$$\frac{P_K \cong {}_s\sigma_K F_b \left(1 + \frac{\sigma_q}{{}_p\beta_d}\mu\right)}{{}_{adm}P_K = {}_s\sigma_{K_{adm}} \cdot F_b (1 + n\mu)}$$

Limite de proportionnalité:

$$\sigma_P \cong 0{,}33\ {}_p\beta_d$$

$$_p\sigma_{K_{adm}} \cong \frac{1}{3{,}5} \cdot 0{,}33\ {}_p\beta_d$$

$$\frac{{}_pl_K}{i} = \pi \sqrt{\frac{E'_{min}}{0{,}33\ {}_p\beta_d}}$$

$$E'_{min} \cong 0{,}75 \cdot 550000 \frac{{}_p\beta_d}{{}_p\beta_d + 150}$$

Fig. 2.

Colonnes de béton non fretté, armature longitudinale $\mu \cong 1\,\%$.

Contraintes de flambage admissibles au centre de gravité. ${}_s\sigma_{K_{adm}}$ pour $m = 0$.

Béton normal et à haute résistance.

tous les pays suivant les mêmes règles. Lorsque, sur le terrain international, on aura fixé des lois uniques sur la détermination des états de rupture, de fatigue et de flambage, le calcul uniforme de la sécurité ne nécessitera plus qu'une entente sur quelques détails.

L'unification des lois fondamentales devrait s'effectuer sur la base des caractéristiques de la résistance des matériaux qui sont en principe les mêmes dans tous les pays. Les principales caractéristiques du béton armé sont:

le rapport $n = \frac{E_a}{E_b}$,

la limite d'écoulement de l'acier d'armature σ_f
limite d'étirement σ_s pour la traction
limite d'écrasement σ_q pour la compression,

la limite de fatigue — résistance aux efforts répétés — de l'acier d'armature $\sigma_u \cong 0{,}85\ \sigma_f$,

la résistance du béton à l'écrasement sur prisme
${}_p\beta_d \cong 0{,}8\ {}_w\beta_d$, ${}_w\beta_d$ = résistance à l'écrasement sur cube,

la limite de proportionnalité du béton
$0{,}33\ {}_p\beta_d \cong {}_b\sigma_{adm} \cong \sigma_p$ = contrainte de flambage *d'Euler*,

la résistance à la fatigue du béton
$\sigma_u \cong 0{,}6\ {}_p\beta_d$ = résistance aux efforts répétés

le module de flambage T_K et

le pourcentage d'armature: $\mu = \frac{F_a}{F_b}$.

Si l'on maintient, par rapport à la charge totale, un degré de sécurité de $\sim 1{,}8$ à $\sim 2{,}5$ par rapport à la rupture statique, de $\sim 1{,}5$ à $\sim 2{,}0$ par rapport à la rupture par fatigue et de ~ 3 à ~ 4 par rapport au flambage, on peut recommander l'adoption des valeurs suivantes pour les *contraintes admissibles:*

	toutes les influences	
	sans le retrait et la température	avec le retrait et la température
	σ_{adm}	σ_{adm}
béton avec armature normale .	$\sim 0{,}4\ {}_p\beta_d$	$\sim 0{,}5\ {}_p\beta_d$
béton fortement armé		
$\sigma_{eeff} < \sigma_{eadm}$	$\sim 0{,}4\ {}_p\beta_d$	$\sim 0{,}5\ {}_p\beta_d$
	$+ 0{,}05\ (\sigma_{e\,adm} - \sigma_{eeff})$	$+ 0{,}065\ (\sigma_{e\,adm} - \sigma_{eeff})$
acier d'armature:		
normal $\sigma_s = 2400$ kg/cm² .	$\sim 0{,}5$ à $0{,}6 \cdot \sigma_s$	$\sim 0{,}65\ \sigma_s$
à haute résistance		
$\sigma_s = 3500$ kg/cm²	$\sim 0{,}45$ à $0{,}5 \cdot \sigma_s$	$\sim 0{,}55\ \sigma_s$.

Le relèvement des contraintes admissibles du béton pour les sections fortement armées, dont les contraintes admissibles de l'armature ne sont pas entièrement utilisées, est pleinement justifiée par les résultats de nombreux essais de rupture et s'accorde aussi avec la théorie (abaissement de l'axe neutre, plasticité du béton). Il est plus correct de relever les contraintes admissibles du béton en conservant le même rapport n que pour les sections normalement armées que d'augmenter la valeur de n.

Pour la flexion, la contrainte admissible doit être relevée de 40 % environ par rapport à la compression simple, car le danger de rupture est réduit.

Nous avons représenté à la fig. 1 les modifications que les lois énoncées ci-dessus ont apportées dans les nouvelles normes suisses du 14 mai 1935. Nous avons représenté:

les contraintes admissibles du béton $\sigma_{b\,adm}$ pour la compression et la flexion[9] en fonction de la qualité du béton (résistance à l'écrasement sur cube) et

le degré de sécurité par rapport à la résistance après 90 jours.

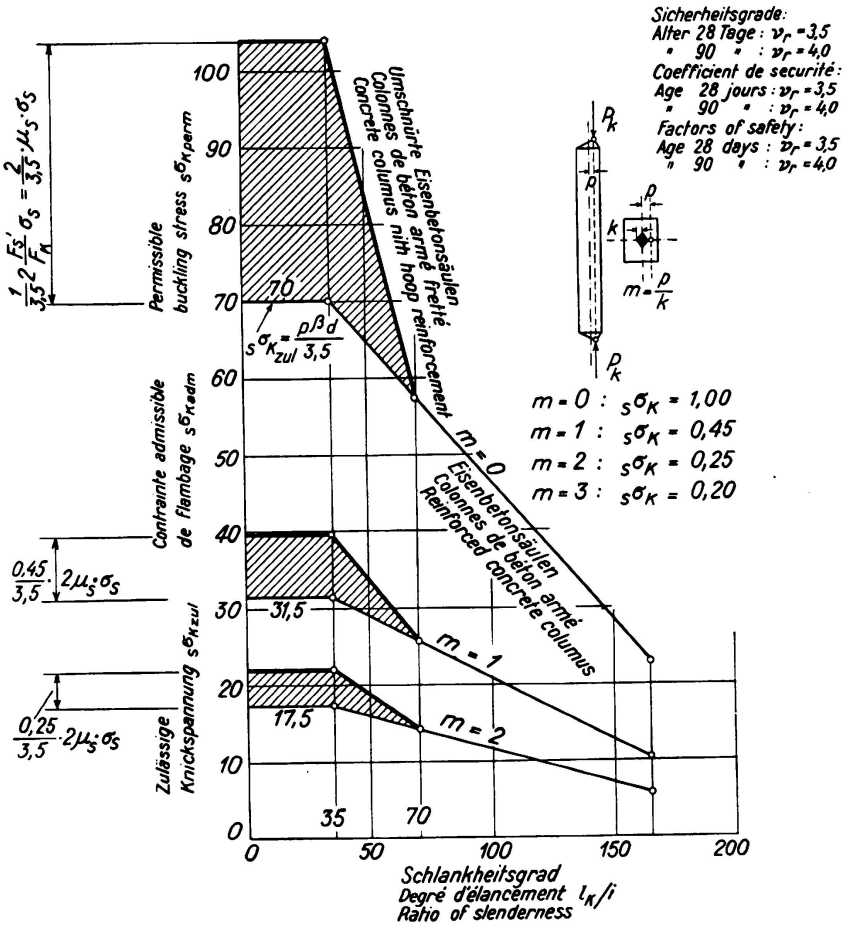


Fig. 3.

Colonnes de béton fretté, armature longitudinale.

Contraintes de flambage admissibles au centre de gravité

$s\sigma_{K_{adm}}$ pour $m = 0$, $m = 1$ et $m = 2$. — Béton à haute résistance – .

Colonnes de béton à armature longitudinale:

Charge de flambage: $$P_K \cong {}_s\sigma_K F_b \left(1 + \frac{\sigma_q}{p\beta_d} \cdot \mu\right); \quad \left(\frac{l_K}{i}\right) \geqq 70$$

Colonnes de béton à armature longitudinale et frettées:

Charge de rupture: $$P_{rupture} = {}_bF_K \left(p\beta_d + 2\,\mu_s \cdot \sigma_s\right) \left(1 + \frac{\sigma_q}{p\beta_d}\,\mu\right); \quad \left(\frac{l}{i}\right) \leqq 35$$

Charge de flambage: $$P_K \cong {}_s\sigma_K \left({}_bF_K + \frac{\sigma_q}{p\beta_d} F_e + 2\,\frac{\sigma_s}{{}_s\sigma_K} F'_s \frac{70 - \frac{l_K}{i}}{35}\right);$$

$$35 \leqq \left(\frac{l_K}{i}\right) \leqq 70.$$

Les fig. 2 et 3 indiquent les contraintes admissibles de flambage pour des colonnes non frettées et frettées en béton normal et en béton à haute résistance. Ces figures montrent les grands progrès réalisés au cours de ces derniers temps dans la construction de béton armé ainsi que les nouvelles formes que l'on peut adopter.

Nos connaissances actuelles, basées sur des considérations théoriques, sur des lois de l'essai des matériaux (résistance, déformation) et sur l'expérience justifient une collaboration internationale destinée

à unifier les lois fondamentales de la résistance des matériaux et

à déterminer un degré de sécurité uniforme pour la construction de béton armé.

Bibliographie.

1 *M. Roš:* „Die Druckelastizität des Mörtels und des Betons." Rapport N° 8 du L.F.E.M., Zurich 1925.

2 *M. Roš:* «Coefficient d'équivalence $n = \frac{E_{acier}}{E_{béton}}$ et tensions admissibles du béton et de l'acier.» Premier Congrès International du Béton et du Béton armé, Liége 1930.

3 *M. Roš* et *A. Eichinger:* „Versuche zur Klärung der Frage der Bruchgefahr — II. Nichtmetallische Stoffe." Rapport N° 28 du L.F.E.M., Zurich 1928.

4 *S. A. Mortada:* „Beitrag zur Untersuchung der Fachwerke aus geschweißtem Stahl und Eisenbeton unter statischen und Dauerbeanspruchungen." Rapport N° 103 du L.F.E.M., Zurich 1936.

5 *M. Roš:* «La stabilité des barres comprimées par des forces excentrées.» Association internationale des ponts et charpentes, Congrès de Paris 1932, Publication préliminaire. — *O. Baumann:* „Die Knickung der Eisenbetonsäulen." Rapport N° 89 du L.F.E.M., Zurich 1934.

6 *F. Campus:* «Influence des propriétés physiques des matériaux sur la statique du béton armé.» Association internationale des ponts et charpentes, Congrès de Paris 1932, Rapport final.

7 *O. Baumann:* „Die Knickung der Eisenbetonsäulen." Rapport N° 89 du L.F.E.M., Zurich 1934.

8 *M. Roš:* „Aktuelle Probleme der Materialprüfung." Technische Rundschau, Berne 1932.

9 Les *contraintes principales admissibles de traction oblique* ne doivent pas dépasser $\sim 1/_{12}$ à $\sim 1/_{14}$ des contraintes admissibles de compression; en cas de dépassement elles doivent être supportées par des armatures obliques.

10 *M. Roš:* „Erfahrungen mit ausgeführten Eisenbeton-Bauwerken in der Schweiz und deren Lehren für die Portlandzementindustrie." Tirage à part du XXIVe rapport annuel (1934) de l'Association suisse des fabicants de ciment, de chaux et de gyps.

11 *M. Roš:* „Vereinheitlichung der materialtechnischen Erkenntnisse und des Sicherheitsgrades im Stahlbeton." Monatsnachrichten des Österreichischen Betonvereins, IVe année, Vienne 1937.