

**Zeitschrift:** IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen  
**Band:** 1 (1932)

**Artikel:** La collaboration de l'acier et du béton dans les colonnes sollicitées par une charge axiale  
**Autor:** Santarella, Luigi  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-733>

### **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:** 02.04.2026

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

# LA COLLABORATION DE L'ACIER ET DU BÉTON DANS LES COLONNES SOLLICITÉES PAR UNE CHARGE AXIALE

DAS ZUSAMMENWIRKEN VON BETON UND EISEN IN ZENTRISCH  
BEANSPRUCHTEN SÄULEN

COLLABORATION OF STEEL AND CONCRETE IN CENTRALLY  
LOADED COLUMNS

LUIGI SANTARELLA,  
Professeur à l'Ecole Polytechnique de Milan.

Dans le but d'étudier la collaboration fer-béton dans les colonnes sollicitées par une charge axiale et de vérifier l'applicabilité des formules adoptées pour les calculs pratiques de la construction, on a effectué à l'Ecole Polytechnique Royale de Milan une série d'essais qui, en grande partie, confirment des résultats déjà connus. Toutefois ceux-ci méritent d'être communiqués à cause de certaines considérations se rapportant à l'emploi de l'armature métallique dans les piliers en béton armé, emploi qui a en Italie une importance spéciale au point de vue économique. Le rapport entre le coût du fer et celui du béton, plus élevé en Italie que dans d'autres pays (par exemple dans l'Europe Centrale où le fer coûte moins et le béton presque toujours davantage), rend évidente la nécessité de mieux étudier par des recherches expérimentales, le rôle de l'armature métallique, pour déterminer autant que possible les limites convenables.

Ces expériences, effectuées sur des matériaux italiens, ont eu précisément en vue ce but particulier; elles se rapportent à l'utilisation du fer dans les colonnes à armature soit simple, soit en spirale, sollicitées par une charge axiale.

\* \* \*

Les expériences ont été divisées en: une série préliminaire et une série de contrôle. Un premier rapport sur les résultats de la première série, a été présenté au Congrès de Liège, en Septembre 1930; on trouvera ici les conclusions de la seconde série, qui ont confirmé les résultats de la première.

On fait les essais avec les types de colonnes suivants:

1<sup>o</sup> Piliers à section carrée avec armature longitudinale variable et étriers périphériques simples.

2<sup>o</sup> Piliers à section octogonale avec armature longitudinale variable et étriers circulaires.

3<sup>o</sup> Piliers à section octogonale et armature variable enroulés en spirale.

Le béton a été fait de trois qualités de ciments italiens: Portland artificiel, Portland à haute résistance, et ciment fondu. Un seul type de composition a été adopté, à savoir: ciment 350 kg, sable 0,400 m<sup>3</sup>, gravier 0,800 m<sup>3</sup>.

L'eau de malaxage a été dosée à raison de 17,5 % du volume de l'aggloméré; rapport eau: ciment (en poids) = 0,5. Les matériaux employés (sable, gravier, fer, ciment) correspondent aux prescriptions du Règlement italien en vigueur.

Les piliers de la première série ont été essayés à 40 jours, ceux de la seconde série, à 60 jours.

Dans les graphiques suivants chaque valeur est la moyenne de trois mesures.

### Piliers à section carrée, avec armature simple.

On a préparé des spécimens mesurant  $25 \times 25 \times 125$  cm, avec armature longitudinale: dans la première série d'essais préliminaires, avec quatre pourcentages différents d'armature, allant de 0 à 1,64 %, et dans la seconde série avec huit pourcentages d'armature, allant de 0 à 2,97 %. On a également varié la distance des étriers de 10 à 15 fois le diamètre du fer de l'armature longitudinale.

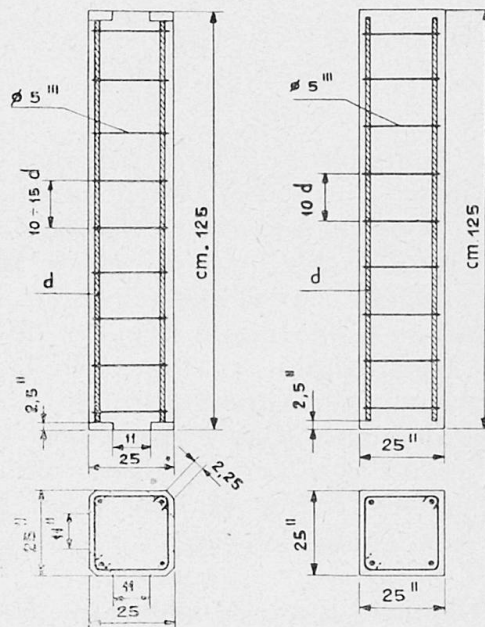


Fig. 1.

Fig. 2.

Une différence sensible entre le premier et le second groupe d'essais consiste dans le fait que, dans les spécimens du premier groupe (fig. 1), le fer longitudinal n'était pas directement sollicité par la pression des plateaux de la machine (on avait adopté un rétrécissement des têtes des piliers par rapport aux extrémités des fers d'armature longitudinale); dans les spécimens du second groupe (fig. 2), par contre, les fers étaient directement sollicités à travers la mince couche de béton de couverture.

L'écartement des étriers dans les piliers carrés n'a déterminé aucune différence appréciable dans les résistances.

Les essais ont démontré avant tout l'influence de la qualité du béton soit sur la résistance, soit sur l'élasticité. La charge totale de rupture du pilier (voir fig. 3), va en croissant du béton de Portland artificiel au béton de Portland à haute résistance et de ce dernier à celui de ciment fondu; elle augmente aussi avec le pourcentage d'armature. Le cas est analogue pour les modules d'élasticité; les graphiques de la fig. 4 montrent l'augmentation

du module moyen à la compression avec l'augmentation du pourcentage d'armature, pour les trois qualités de béton utilisées, il est de 8 à 50 kg/cm<sup>2</sup> pour les bétons de ciments à haute résistance, et de 8 à 40 kg/cm<sup>2</sup> pour les bétons de ciment ordinaire.

L'examen et la comparaison des graphiques des fig. 3 et 4 est fort instructif; l'allure des courbes soit de la résistance, soit du module d'élasticité en fonction du pourcentage d'armature est analogue; les courbes montent plus rapidement pour les bas pourcentages, et plus lentement pour les hauts pourcentages. A partir d'un pourcentage d'armature compris entre 1,62 et 1,97 de la section du béton, l'augmentation de l'armature n'est plus efficace, puisqu'elle ne fait pas augmenter proportionnellement la résistance et le module élastique du pilier.

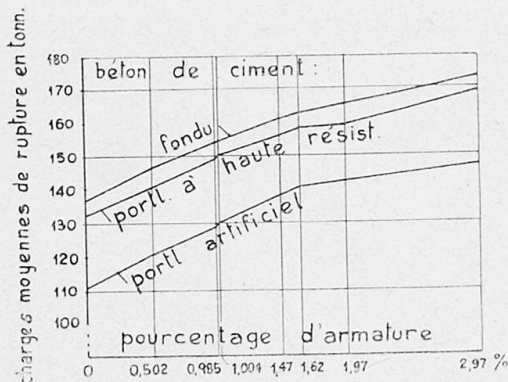


Fig. 3.

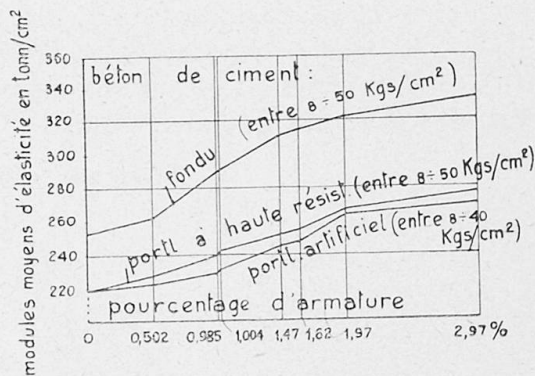


Fig. 4.

Charges moyennes de rupture en tonnes — Mittlere Bruchlasten in Tonnen — Average loads of rupture in tons.

Modules moyennes d'élasticité en tonnes/cm<sup>2</sup> — Mittlere Elastizitätsmoduli in t/cm<sup>2</sup> — Average moduli of elasticity in tons/cm<sup>2</sup>.

Pourcentage d'armature — Armierungsprozentsatz — Percentage of reinforcement.  
 Béton de ciment fondu, portl. à haute résistance, portl. artificiel — Beton aus Schmelz-  
 zement, hochwertigem Portlandzement, Portlandzement — Concrete of ciment fondu,  
 high-grade Portland cement, Portland cement.

Si nous exprimons la charge de rupture du pilier par la forme usuelle:  $P_r = K_b (F_b + m F_f)$ , dans laquelle les symboles ont la signification bien connue, la valeur du coefficient  $m$  correspondant à la rupture diminue avec l'augmentation du pourcentage d'armature et aussi avec l'amélioration de la qualité du béton.

Si l'on désigne par  $m$  le rapport entre les charges unitaires à la rupture:  $m_r = K_f : K_b$ , on peut déduire de la comparaison avec des piliers non armés, préparés avec les mêmes matériaux et essayés dans les mêmes conditions, les valeurs de  $m_r$  correspondant aux valeurs déterminées pour la charge de rupture  $P_r$ . Ces valeurs expérimentales ont été reportées dans les graphiques de la fig. 5 en fonction du pourcentage d'armature. La diminution de  $m_r$  avec l'augmentation du pourcentage d'armature est marquée; il résulte même de ces graphiques qu'au delà d'un certain pourcentage (pratiquement inférieur à 2 %) l'utilisation du fer serait faible étant donné qu'il faudrait augmenter sa section par un coefficient  $m_r$  relativement plus petit.

La valeur moyenne de  $m_r$ , dans les limites de ces essais, varie de 16 pour le béton de ciment Portland artificiel à 13 pour les bétons de ciments supérieurs.

Si, par contre, on désigne par  $m$ , comme l'ont fait certains auteurs, le rapport entre la limite élastique apparente du fer  $\sigma_s$  et la résistance cubique  $W_b$  du béton à 28 jours, c. à. d.  $m = \sigma_s : W_b$ , la valeur moyenne de  $m$  est de 15 pour le béton de ciment Portland artificiel, de 10 pour le ciment de haute résistance, et d'environ 6,5 pour le ciment fondu.

Enfin si  $m$  représente le rapport entre les modules d'élasticité,  $m = E_f : E_b$ , les valeurs moyennes de  $m$  se rapprochent entre elles et oscillent pratiquement autour de la valeur 10 pour les trois bétons.

La comparaison des diverses valeurs de  $m$  est rendue plus instructive par les essais sur piliers octogonaux; ici, cependant, il y a lieu de noter que le coefficient  $m$  définit la collaboration de l'armature métallique, en tant que coefficient d'augmentation de la section du fer. Nous verrons mieux dans la suite que les significations particulières assignées à  $m$  ne correspondent pas exactement à la réalité physique; d'autre part il n'est pas aisé de trouver une détermination expérimentale plus probante, qui établisse une loi de variation du coefficient  $m$  en fonction du pourcentage d'armature et, en général, des diverses grandeurs qui influent sur sa valeur.

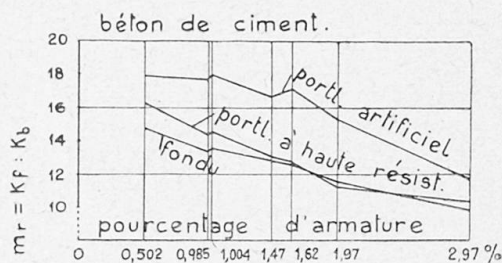


Fig. 5.

Dans l'état actuel des choses, on peut donc affirmer que, s'il est logique de préciser dans la formule adoptée pour le calcul:  $P = \sigma_b (F_b + m F_f)$  une certaine loi de variation de la valeur de  $m$ , par exemple, celle de rapport entre les modules d'élasticité  $m = E_f : E_b$ , à l'autre sus-indiqué  $m = \sigma_s : W_{b28}$ , il faut pourtant reconnaître que cette définition ne précise nullement la valeur la plus probable de  $m$ .

Cela étant et surtout pour des éléments de construction comme ceux-ci, à savoir, piliers à armature simple avec étriers périphériques isolés (qui n'exercent aucune action d'enveloppement sur l'armature longitudinale), on se rapproche mieux des nécessités pratiques en assignant à  $m$  une valeur moyenne constante en tous les cas. L'introduction, dans le calcul pratique, d'un  $m$  variable amène bien une plus grande précision mais seulement apparente, et non réelle, du fait qu'on n'a pas encore réussi à définir plus exactement par les essais la signification et la loi de variation de ce coefficient. Toutefois cela n'a pas une grande importance, car les variations de  $m$  n'ont pas une influence considérable sur le choix de la section.

Cependant, la valeur  $m = 15$  définie par certains Règlements (par exemple, le Règlement allemand) pour les bétons de ciments ordinaires, ne semble pas correspondre aux résultats de nos essais; nous croyons que la valeur moyenne  $m = 10$  admise par d'autres Règlements (par exemple, le Règlement italien) y correspond mieux.

Pour les bétons de ciments à haute résistance on pourrait consentir à une certaine diminution de la valeur à donner à  $m$ , par exemple  $m = 8$ , surtout si l'on adopte des bétons vibrés qui possèdent une densité plus grande et plus uniforme.

### Piliers à section octogonale, avec armature simple.

Les spécimens de 125 cm de hauteur mesuraient 11,2 cm de côté (fig. 6) et étaient armés longitudinalement, avec trois pourcentages différents d'armature, allant de 0 à 1,50 % dans la première série d'essais préliminaires, et avec cinq pourcentages d'armature différents, allant de 0 à 2,03 %, dans la seconde série. Les étriers circulaires étaient disposés à une distance correspondant à 10 fois le diamètre des fers longitudinaux; ces derniers étaient directement comprimés par les plateaux de la machine à travers la mince couche de béton de couverture.

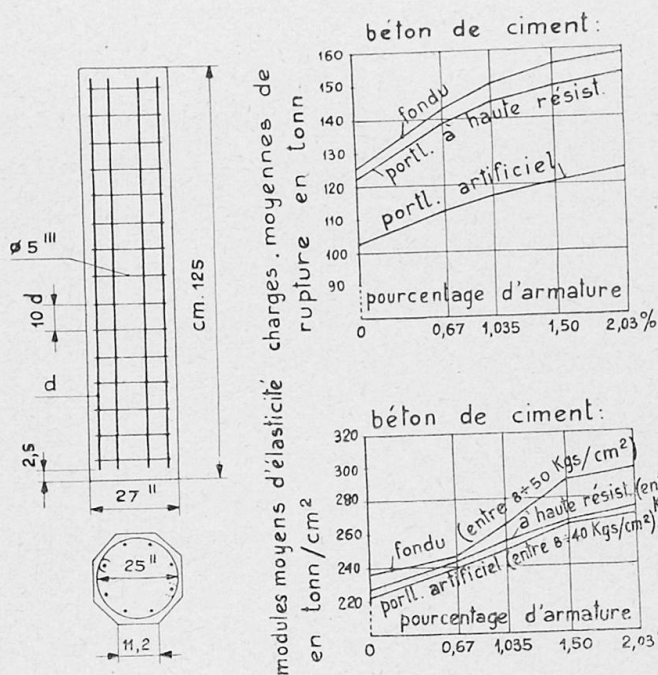


Fig. 6.

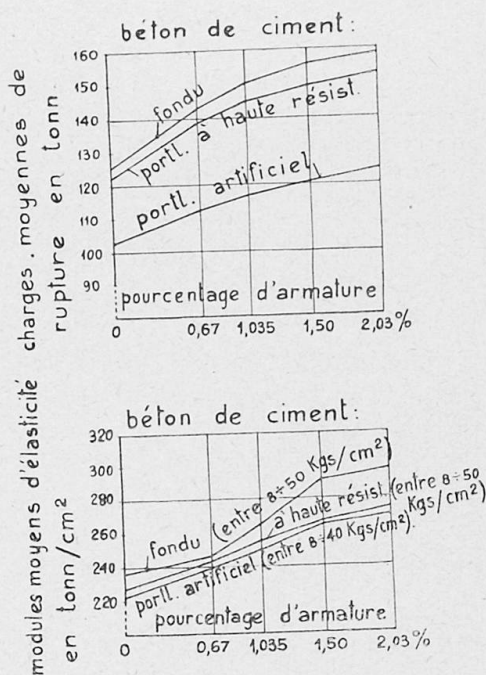


Fig. 7.

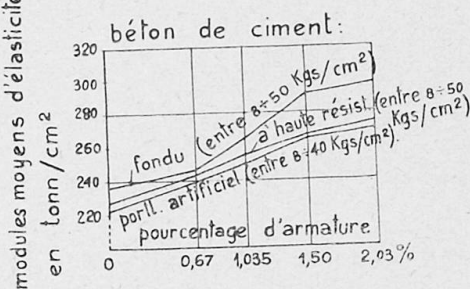


Fig. 8.

Les charges de rupture et les résistances augmentent avec l'augmentation du pourcentage d'armature des spécimens; il résulte des essais que dans les piliers octogonaux à étriers circulaires, la résistance augmente plus rapidement, que dans ceux de section carrée, probablement parce que les étriers circulaires déterminent une action de frettage du béton plus efficace que les étriers carrés, bien qu'ils n'atteignent pas l'efficacité plus élevée de l'enroulement en spirale.

Dans les figs. 7 et 8, nous avons reproduit les graphiques des charges de rupture et des modules d'élasticité en fonction du pourcentage d'armature. Les courbes présentent une allure analogue à celle des piliers à section carrée. Ces courbes montrent également qu'au delà d'une certaine limite, l'augmentation de la résistance et de l'élasticité par rapport à l'augmentation du pourcentage d'armature métallique tend à diminuer, de sorte que l'augmentation du pourcentage d'armature n'est plus mise complètement en profit.

Dans la fig. 9, sur laquelle sont reportées les valeurs de  $m_r$ , comme rapport entre les charges à la rupture, on remarque que le coefficient  $m_r$ , tel que le coefficient  $m$ , pour le pilier à section carrée diminue pour un même béton avec l'augmentation du pourcentage d'armature, mais que cette diminution est plus rapide pour les piliers à section octogonale que pour ceux à section carrée (comparer les figs. 9 et 5). En outre et contrairement à ce

qu'on a constaté dans les piliers carrés, la valeur du coefficient  $m_r$  augmente avec l'amélioration de la qualité des bétons, au lieu de diminuer. Pour les piliers octogonaux (fig. 9), les valeurs de  $m_r$  correspondant aux bétons préparés avec des ciments de meilleure qualité sont plus élevées que celles obtenues avec des ciments ordinaires; il en est inversement pour les piliers carrés (fig. 5).

Ceci confirme ce qui a déjà été dit dans les conclusions relatives aux piliers carrés. Ici, il est évident que  $m$  ne signifie ni le rapport entre les résistances à la rupture, ni, à plus forte raison le rapport entre les modules d'élasticité.

Dans ces piliers à section octogonale, la meilleure utilisation de l'armature provient uniquement du fait que les étriers circulaires renforcent plus efficacement les fers longitudinaux;  $m$  augmente sans qu'il y ait augmentation du rapport entre les modules d'élasticité; de plus, la valeur de  $m$  augmente

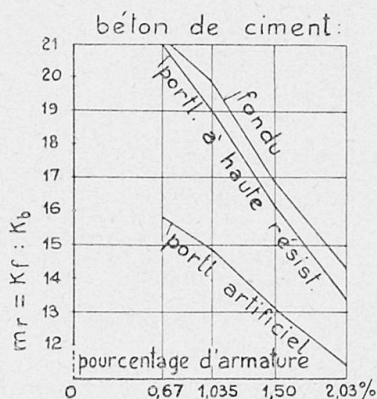


Fig. 9.

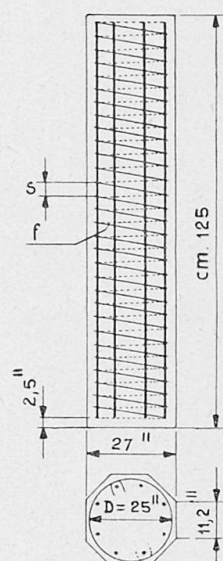


Fig. 10.

même quand le rapport entre les modules diminue en passant des bétons ordinaires aux bétons de meilleure qualité. Avec les ciments à haute résistance, l'influence des étriers se manifeste davantage, et, par conséquent, tandis que le rapport entre les modules diminue, le coefficient  $m$ , qui définit la meilleure collaboration de l'armature longitudinale, augmente.

La valeur de  $m$  croît d'environ 16 pour le béton de ciment artificiel à environ 21 pour ceux à haute résistance (fig. 9) pour un bas pourcentage d'armature (0,67%). Ces valeurs tombent rapidement à 12 et 14 pour le pourcentage d'environ 2%.

Notons qu'il est plus avantageux de combiner l'armature longitudinale à des étriers circulaires placés à une distance ne dépassant pas 10 diamètres, le fer étant alors mieux utilisé; on pourra dans ce cas admettre pour  $m$  une valeur supérieure, même  $m = 15$  au lieu de  $m = 10$  suggéré pour les piliers à section carrée. Pour peu que ce soit possible, on donnera donc préférence à la disposition circulaire de l'armature.

### Piliers à section octogonale en béton fretté.

On a préparé, comme pour les piliers à étriers circulaires, des spécimens haute de 125 cm, et de 11,2 cm de côté (fig. 10), armés longitudinalement à

deux pourcentages (0,67 et 1,50 % de la section totale, ce qui correspond à 0,82 et 1,84 % de la section du noyau). L'armature en spirale (qui, comme on sait, est définie par l'aire idéale  $F_i = \frac{\pi D f}{s}$ ) variait de  $F_i = 3,57 \text{ cm}^2$  à  $F_i = 29,75 \text{ cm}^2$ , avec une progression moindre dans le premier groupe d'essais et plus marquée dans le second groupe. La composition des bétons était la même que pour les piliers octogonaux précédents. Le diamètre du noyau interne enroulé était de 25 cm.

On a observé que l'influence de la spirale sur la résistance est considérable et d'autant plus marquée que l'armature longitudinale est moins robuste. La fig. 11 donne les graphiques qui fournissent la charge de rupture des piliers en fonction de l'armature idéale correspondant à la spirale. On remarquera que la charge de rupture augmente avec l'augmentation de la spirale, avec l'augmentation de l'armature longitudinale et avec la qualité du béton.

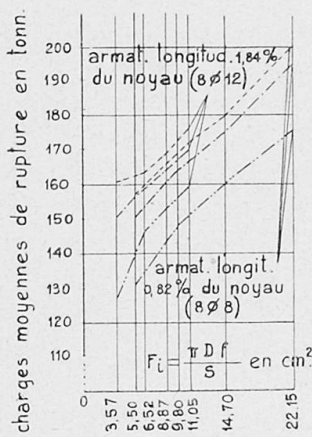


Fig. 11.

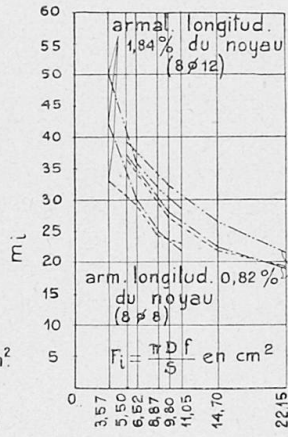


Fig. 12.

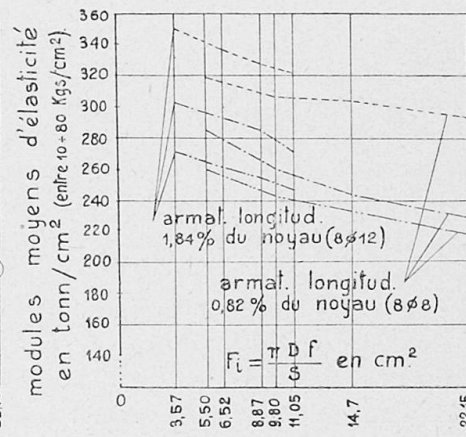


Fig. 13.

Béton de:	Beton aus:	Concrete of:
..... ciment fondu	..... Schmelzzement	..... ciment fondu
--- ciment portl. à haute résist.	--- hochwert. Portlandzement	--- high-grade Portl. cement
... ciment portl. artificielle	... Portlandzement	... Portland cement

(Armat. longit. 1,84 % du noyau — Längsarmierung 1,84 % des Kernes —  
Longitudinal reinforcement 1,84 % of the core.)

Par la comparaison des valeurs obtenues ici avec celles trouvées pour des piliers non armés préparés dans les mêmes conditions et avec le même matériau, ainsi que pour d'autres piliers ayant la même armature longitudinale mais des étriers simples et sans spirale, on a pu déduire les valeurs des coefficients  $m$  et  $m_i$  relatifs à l'armature longitudinale et à la spirale, tels qu'ils figurent dans la formule bien connue:  $P_r = K_b (F_k + m F_j + m_i F_i)$ .

La fig. 12 donne les valeurs de  $m_i$  en fonction de  $F_i$ . Il y a lieu de signaler que  $m$  diminue avec l'augmentation de l'armature longitudinale  $F_j$ , et que la valeur de  $m_i$  diminue avec l'augmentation de la spirale  $F_i$ . Il existe, même ici, une limite économique. L'armature idéale ayant le même poids que la spirale ne devrait pas dépasser une valeur que l'on peut considérer comme égale à 12, sans quoi elle ne serait pas convenablement utilisée.

Il n'est pas aisé, cependant, dans la pratique, de tenir compte de la variabilité de  $m_i$ . Avec  $F_i \leq 12$  et avec  $F_j \leq 2\%$  de  $F_k$ , il sera prudent d'admettre pour les coefficients  $m$  et  $m_i$ , dans la formule pour le calcul des piliers enroulés  $P = \sigma_b \{F_k + m F_j + m_i F_i\}$ , les valeurs prescrites par le Règle-

ment italien en vigueur, savoir  $m = 10$  et  $m_i = 30$  pour bétons de ciments ordinaires. Dans les piliers de béton à haute résistance, ou vibré, on pourrait estimer plus prudent de prendre des valeurs un peu plus basses, par exemple  $m = 8$  et  $m_i = 24$ . Lorsque la section idéale  $F_i$  de la spirale augmente, il faut diminuer la valeur de  $m_i$ .

La variation du module d'élasticité dans les piliers enroulés, en fonction de la spirale, est sensiblement linéaire (fig. 13). Le module diminue avec l'augmentation de la sollicitation moyenne, augmente avec l'amélioration de la qualité du ciment et avec l'augmentation de l'armature longitudinale; il diminue, par contre, avec l'augmentation de la section idéale de la spirale.

Il en découle que, dans la pratique, une valeur de  $F_i$  dépassant la limite indiquée, ne convient pas, car il devrait lui correspondre une valeur moindre de  $m_i$  et par conséquent une utilisation moindre de la spirale, tandis qu'il ne convient pas de diminuer la valeur de l'armature longitudinale.

### Conclusion.

En résumant les résultats sommairement indiqués, nous pouvons tirer, dans les limites de nos essais, les conclusions suivantes:

Dans les piliers en béton armé par étriers simples, périphériques, ces étriers ont une plus grande influence sur la résistance quand ils sont circulaires, et non carrés, les étriers circulaires exerçant une meilleure action de freinage soit sur le béton, soit sur les fers longitudinaux. La forme de la section des piliers et surtout la disposition de l'armature ont une influence considérable; les piliers octogonaux ont montré une résistance beaucoup plus élevée que les piliers carrés. La distance relative des étriers n'a pas d'importance appréciable dans les limites des essais, savoir entre 10 et 15 fois le diamètre des fers longitudinaux.

L'influence de l'armature longitudinale, soit sur la résistance, soit sur l'élasticité des piliers, s'atténue avec l'augmentation du pourcentage par rapport à la section transversale; il en résulte que le coefficient d'amplification  $m$  de la section métallique est variable.

L'influence de l'armature diminue avec l'amélioration des qualités du béton dans les piliers à section carrée, tandis qu'elle augmente dans les piliers à section octogonale.

Cependant on peut estimer que, dans tous les cas, l'armature métallique longitudinale n'est plus utilisée de façon suffisante au-dessus d'une certaine limite, comprise entre 1,5 et 2 % de la section. La limite minimum de l'armature longitudinale, qui, suivant certains Règlements, est fixée à 1 %, peut être abaissée même jusqu'à 0,5 %.

Le coefficient d'amplification  $m$  définit la collaboration de l'armature métallique; la signification limitative du rapport entre les modules d'élasticité, ainsi que celle du rapport entre la limite élastique apparente du fer et la charge de rupture du béton à 28 jours, comme cela est prescrit par le Règlement allemand, ne correspondent ni l'une ni l'autre à la réalité.

La valeur de  $m$  est variable suivant une loi qu'il n'est pas encore facile de définir; toutefois, dans les calculs de la pratique courante, en appliquant la formule:

$$P = \sigma_b(F_b + mF_f),$$

il n'est point aisé de tenir compte de la variabilité de  $m$ .

Il suffit d'adopter pour  $m$  une valeur moyenne; dans les limites indiquées pour  $F_f \leq 0,02 F_b$ , il semble que la valeur qui correspond la mieux

est  $m = 10$  pour les piliers carrés en béton de ciment ordinaire, comme le prescrit le Règlement italien en vigueur. Pour les bétons de ciment à haute résistance et pour les bétons vibrés, on pourrait adopter une valeur plus basse, par exemple  $m = 8$ .

Dans les piliers octogonaux à étriers simples circulaires l'effet supérieur de frettage de ces étriers permet d'adopter pour  $m$  une valeur plus élevée en comparaison de celle qui correspond aux piliers carrés, par exemple  $m = 15$ .

L'armature en spirale manifeste une influence considérable soit sur la résistance, soit sur le module d'élasticité; toutefois, comme pour l'armature longitudinale, cette influence diminue avec l'augmentation de l'armature idéale  $F_i$  correspondante. L'influence de la spirale, cependant, est d'autant plus sensible que le pourcentage de l'armature longitudinale est moins élevé. Pour les piliers avec enroulement en spirale, il ne convient pas de réduire de beaucoup l'armature longitudinale, il est opportun de la maintenir aux environs de 1 %; d'autre part, il ne convient pas d'augmenter la spirale au delà d'une certaine limite que l'on peut fixer à  $F_i = 12$ . Dans la formule généralement adoptée pour le calcul des piliers avec spirale:

$$P = \sigma_b(F_k + mF_f + m_iF_i)$$

les coefficients  $m$  et  $m_i$  sont variables et ils diminuent avec l'augmentation de  $F_f$  et  $F_i$  respectivement. Toutefois, dans la pratique courante, il n'est pas aisé de tenir compte de cette variabilité; il suffit d'adopter des valeurs moyennes.

Dans les limites de convenance indiquées ci-dessus, on considérera comme valeurs de  $m$  et de  $m_i$  les mieux appropriées au cas des bétons de ciment ordinaire, celles prescrites par le Règlement italien, c. à. d.  $m_i = 30$ , avec  $m = 10$ . Pour les bétons de ciment à haute résistance, il sera prudent d'adopter  $m_i = 24$ , avec  $m = 8$ .

### Résumé.

L'Ecole Polytechnique Royale de Milan a entrepris une série d'essais destinés à préciser l'influence sur leur résistance et leur élasticité de l'armature de piliers en béton-armé supportant une charge axiale. Les premiers résultats de ces essais ont été communiqués au Congrès de Liège en 1930.

Les recherches ont porté aussi bien sur des colonnes de section carrée que sur des colonnes de section octogonale, munies de simples brides ou d'armatures en spirale. Les valeurs moyennes des résultats sont indiquées dans des diagrammes. Elles montrent clairement les variations et la signification exacte des coefficients d'amplification, à l'aide desquels on peut représenter l'influence de l'armature. En augmentant celle-ci, la valeur de ces coefficients diminue et l'on peut fixer une limite à partir de laquelle une augmentation ultérieure ne présentera plus d'intérêt.

Dans les limites des essais exécutés, ces coefficients peuvent être utilisés dans les formules usuelles.

### Zusammenfassung.

Zur Ermittlung des Einflusses der Bewehrung axial belasteter Eisenbetonpfeiler auf ihre Festigkeit und Elastizität wurden an der Technischen Hochschule in Mailand eine Reihe von Versuchen ausgeführt, deren erste Ergebnisse 1930 am Lütticher Kongreß mitgeteilt wurden.

Die Untersuchungen erstreckten sich sowohl auf Säulen quadratischen als achteckigen Querschnittes, auf Säulen mit einfacher Verbügelung und solche mit Spiralbewehrung. Die Mittelwerte der Ergebnisse sind in den Diagrammen eingetragen. Sie zeigen deutlich die Veränderlichkeit und die Bedeutung der „Mitarbeitskoeffizienten“, mit deren Hilfe der Einfluß der Bewehrung dargestellt ist. Mit wachsendem Armierungsprozentsatz nimmt der Wert dieser Koeffizienten ab, und es läßt sich jene Grenze feststellen, bei der eine weitere Vermehrung der Bewehrung unwirtschaftlich wird.

Im Rahmen der aufgeführten Versuche können diese Koeffizienten in den üblichen Bemessungsformeln verwendet werden.

### **Summary.**

In order to determine the influence of the reinforcement of axially loaded concrete columns on their strength and elasticity, the Royal Technical College at Milan carried out a series of tests, the first results of which were communicated to the congress at Liège in 1930.

Tests were made on columns of rectangular, square and octogonal cross-section, on columns with ordinary stirrup reinforcement and on those with spiral reinforcement. The average values of the results are given in the diagrams. They show clearly the variation and significance of the “coefficients of collaboration”, with whose help the influence of the reinforcement is illustrated. With increasing percentage of reinforcement the value of these coefficients decreases, and the limit can be determined beyond which a further increase in reinforcement proves uneconomical.

Within the limits of the tests made, these coefficients may be used in the ordinary formulae for determining the dimensions.

---