

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Recherche expérimentale relative à la précontrainte partielle des poutres fléchies en béton armé.* Note (\*) de MM. **ANDREJ BRENNEISEN**, **FERDINAND CAMPUS** et **NICOLAS MAURICE DEHOUSSE**, présentée par M. Albert Caquot.

Une recherche expérimentale relative à des poutres partiellement précontraintes a été effectuée par les signataires à l'Université de Liège.

Elle a consisté en quatre séries d'essais comportant chacune dix poutres rectangulaires.

Toutes les poutres ont été confectionnées et conservées dans des conditions identiques. Le béton, dont les plus gros éléments ne dépassaient pas 8 mm, avait une résistance moyenne de 550 kg/cm<sup>2</sup> lors des essais. Elles avaient une section rectangulaire de 18 × 10 cm et une portée entre appuis de 195 cm. Elles étaient fléchies par l'action de deux forces transversales égales et symétriques, distantes de 70 cm. Leur armature a comporté 12 fils d'acier de 3 mm de diamètre, c'est-à-dire que le pourcentage global d'armature était constant et égal à 0,47 %.

Certains de ces fils étaient sans tension préalable; leur position était invariable ( $h_a = 15$  cm, fig. 1).

Les fils non tendus étaient, soit en acier doux ( $R_{ae} = 23,5$  kg/mm<sup>2</sup>), soit en acier dur de la même nature que ceux des câbles de précontrainte ( $R_{ae} = 197$  kg/mm<sup>2</sup> = 0,97  $R_{ar}$ , allongement de rupture uniformément réparti : 1,45 %).

Les fils préalablement tendus étaient en acier dur et en nombre variable, de telle sorte que le rapport de précontrainte, défini par le rapport à 12 du nombre de fils préalablement tendus, avait l'une des valeurs 0,333; 0,50; 0,667 ou 1,00. La tension initiale des câbles était de 122 kg/mm<sup>2</sup> (0,6  $R_{ar}$ ). Enfin, les câbles de précontrainte étaient, soit excentrés de  $e = 3$  cm et situés au-dessus de l'armature non tendue ( $h_c = 12$  cm <  $h_a$ ), soit excentrés de  $e = 6$  cm et situés au même niveau que les armatures non tendues ( $h_c = 15$  cm =  $h_a$ ). Les canaux des câbles ont été injectés après précontrainte au moyen d'une pâte pure de ciment.

Les expériences ont eu pour but de déterminer les variations des moments de fissuration et des moments ultimes en fonction des paramètres variables, pourcentage de précontrainte, excentricité des câbles et nature de l'acier de l'armature non tendue.

Les figures 1 et 2 résument les conditions et les résultats des expériences. Elles comportent quatre lignes différentes correspondant aux quatre séries d'expériences. La figure 1 est relative à la rupture des poutres. On y a représenté par des lignes continues les poutres rompues par écri-

sement du béton et par des lignes interrompues les poutres rompues par insuffisance de l'acier.

On a considéré que la poutre était rompue par le béton lorsque dans la zone comprimée, le béton avait été écrasé sans que l'acier d'armature ait dépassé la limite de sa résistance, et qu'après déchargement, la poutre a presque repris sa forme initiale.

On a considéré la rupture comme due à l'acier lorsque le béton dans la zone comprimée n'a pas été écrasé, mais que les fils de l'armature ont été cassés ou déformés plastiquement dans l'acier doux.

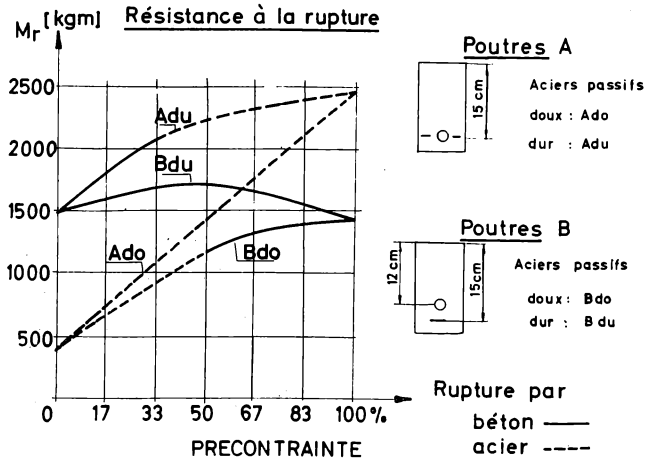


Fig. 1.

L'examen de la figure 1 permet de faire les remarques suivantes :

1° L'augmentation du pourcentage des fils tendus fait augmenter la capacité portante des poutres dans tous les cas et produit dans certains cas un changement du mode de rupture ;

2° Le déplacement de la position des câbles du bord du noyau central au niveau de l'armature non tendue élève la valeur du moment ultime et, dans les circonstances rencontrées, transforme simultanément la rupture par écrasement du béton en rupture par l'acier ;

3° Le remplacement des fils doux d'armature non tendue par des fils en acier dur conduit à une augmentation du moment de rupture de la poutre. Dans les poutres non précontraintes et dans les poutres avec 1/3 des fils tendus, le remplacement de l'acier doux par l'acier dur provoque le changement en rupture par écrasement du béton de la rupture autrement due à l'acier.

Dans les conditions où les essais furent effectués, les valeurs des moments ultimes des poutres rompues par écrasement du béton se situent entre les valeurs des moments des ruptures par l'acier ; supérieures à celles de l'acier ordinaire A 37, inférieures à celles de l'acier dur.

Les variations du mode de rupture peuvent être expliquées comme suit :

— la rupture se produit après l'épuisement de la déformation disponible d'un des éléments entrant dans la composition de la poutre;

— la précontrainte très excentrée augmente la capacité de déformation de la zone supérieure du béton et réduit celle de l'acier tendu par l'utilisation partielle des déformations disponibles résultant de la mise en précontrainte;

— le remplacement de l'armature en acier doux par les fils d'acier dur, augmentant l'énergie disponible de l'armature dans le cas des poutres simplement armées sans précontrainte, a permis d'atteindre la limite de déformabilité du béton comprimé sans rupture de l'acier.

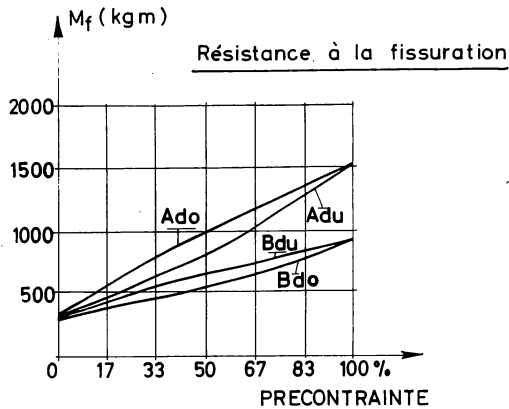


Fig. 2.

Symboles : voir la figure 1.

Dans les conditions où les essais furent effectués, l'augmentation de l'excentricité des câbles de précontrainte a permis au béton de la zone supérieure de la poutre de supporter une compression plus élevée grâce à la mise en traction initiale de cette zone; cela a entraîné une rupture des fils d'armature avant celle du béton, tandis que dans les poutres à petites excentricités, le contraire se produisait et sous une sollicitation moins élevée.

Ce phénomène est caractéristique dans la quatrième série d'expériences, où la traction initiale des fils tendus d'acier dur à forte excentricité a provoqué une telle augmentation de la capacité énergétique du béton de la zone supérieure que la poutre soumise à une charge plus élevée périt par l'acier, alors que dans la poutre ayant la même armature, mais sans précontrainte, la limite de la capacité portante était due à la zone comprimée du béton.

En raisonnant de cette manière, on peut présumer la possibilité d'une rupture mixte, ou dans le béton, sous une charge encore plus grande que celle admise par les poutres complètement précontraintes à excentricité de 6 cm, en réalisant des conditions permettant d'utiliser toute la

déformabilité disponible de la zone comprimée avant dépassement de la limite d'allongement des câbles.

Il faudrait à cet effet pouvoir disposer de fils ayant un plus grand allongement de rupture uniformément réparti ou diminuer leur tension initiale.

Les valeurs des moments de fissuration représentés à la figure 2 permettent d'énoncer les observations suivantes :

1<sup>o</sup> les moments de fissuration des poutres sont proportionnellement croissants à la compression initiale de la zone inférieure de la poutre; ils augmentent avec le pourcentage de la précontrainte et cette augmentation est d'autant plus rapide que l'excentricité des câbles est plus grande;

2<sup>o</sup> la nature de l'acier de l'armature non tendue, dure ou douce, n'a pas d'influence importante sur les valeurs des moments de fissuration des poutres essayées.

(\*) Séance du 22 février 1965.

(Université de Liège, 6, quai Banning.)