

IV-21. The Search in Belgium Regarding Reinforced Masonry

Ir. O. Pfeffermann
Belgium

ABSTRACT

After many years, a search regarding reinforced masonry has unfolded in Belgium which must next lead to national standards in this area.

Besides the mechanical aspect, the influence of the structure on the physical properties are also being studied.

—resistance to fire

—thermal conductivity

—corrosion

Extensive work has been performed in order to increase the mechanical qualities of reinforced structures which confirm the interest in these structures. These works have also shown that precaution must be taken in time to assure the conservation of these reinforced structures.

Depuis plusieurs années se déroule une recherche concernant la maçonnerie armée en Belgique qui doit ensuite mener à des prescriptions nationales dans ce domaine.

En dehors de l'aspect mécanique on étudie également l'influence de l'armature sur les propriétés physiques:

—résistance au feu

—conductibilité thermique

—corrosion

De nombreux essais ont été effectués qui ont confirmés l'intérêt de l'armature pour l'augmentation des qualités mécaniques mais ces essais ont également montrés que des précautions doivent être prises pour assurer la conservation des armatures dans le temps.

GÉNÉRALITÉS

La technique de la maçonnerie armée s'est fortement répandue dans les derniers temps en Belgique. De nombreuses applications ont démontré l'efficacité et les avantages sur le plan pratique du système ainsi que son intérêt sur le plan économique. Grâce à la maçonnerie armée des nouvelles possibilités d'application se sont ouvertes aux maçonneries en briques. Des applications réservées jusqu'ici au béton armé peuvent être actuellement résolues par la maçonnerie armée. De même l'armature incorporée dans la maçonnerie constitue un moyen excellent de prévention des maçonneries contre les fissures produites par :

—des causes physiques (mouvements hygrothermiques),
ou

—des causes accidentelles (tassement de fondation, vibrations, déformations . . .)

En vue d'établir les principes de calcul et d'application de cette méthode de travail on a entamé un programme de recherche important en Belgique dans le cadre du C.S.T.C. (Centre Scientifique et Technique de la Construction). Dans cette étude on donnera un aperçu général du programme et des résultats de cette recherche. Dans d'autres études (Prof. Mortelmans, Mr. Van Biervliet, etc.) on se préoccupera de certains aspects bien spécifiques de la recherche.

PROGRAMME

Matériaux

Armatures

Dans les joints on a utilisé des armatures du type MUR-FOR constituées par deux barres parallèles reliées par une diagonale continue.

La largeur de l'armature est adaptée à la largeur des murs utilisés.

Les armatures sont galvanisées pour les protéger de l'action de la corrosion.

Le diamètre des barres longitudinales varie de 4 à 9,5 mm et la qualité de l'acier est BE50 (50 Kg/mm² de résistance de rupture garantie).

Comme armature verticale on a utilisé des barres de la qualité BE40, crénelées pour augmenter leur adhérence avec le mortier et le béton. Ces armatures ont été logées dans la rainure verticale des briques spéciales utilisées en Belgique pour la maçonnerie armée.

Briques

Les briques (Fig. 1) utilisées sont du type "perforé" avec des perforations verticales. (avec max. 40 % de vides). Ces briques sont couramment employées en Belgique et leur résistance en compression peut atteindre 1000 Kg/cm² ou même plus. Des briques spéciales ont été employées pour permettre le logement des armatures verticales dans des cavités verticales (Fig. 1). Des briques pleines ont été utilisées pour la paroi extérieure des murs creux.

Voici les caractéristiques des briques utilisées (Table 1).

Mortier

Le mortier pour les maçonneries en briques a été du type C300 (300 Kg ciment par m³ de sable).

La valeur moyenne de la résistance en compression observée sur 282 essais est de 94,7 Kg/cm² avec un écart type de 20,8 Kg/cm².

La recherche a donné lieu à une étude de la co-relation entre la résistance en compression avec la résistance en flexion (voir étude de Monsieur Van Biervliet).

TABLE 1

Nature	Dimensions nominales $l \times b \times h$ "cm"	Résistance Kg/cm ²	
		Moyenne à la compression	écart type
Briques perforées	$29 \times 19 \times 14$ $29 \times 14 \times 14$	211 99	28,6 12,8
Briques pleines	$19 \times 9 \times 6,5$	157	11,7
Briques avec évidements	$29 \times 14 \times 9$	271	21,1

Type d'essais réalisés

Essais mécaniques

Voir fig. 2. Les différents types d'essais ont été choisis à partir des possibilités réelles d'application. Les essais ont été réalisés aux Laboratoires de la Katholieke Universiteit de Leuven (K.U.L.).

Essais physiques

Voir fig. 3.

Types de murs essayés (Fig 4)

- Murs simples—armés horizontalement et (ou) verticalement.
- Murs creux avec ou sans isolant.

RÉSULTAT DE LA RECHERCHE

Il est difficile de décrire et de commenter dans un document restreint les résultats d'une recherche tellement vaste. Nous nous bornerons ici à des généralités et aux résultats les plus méritants.

Essais mécaniques

Essais de compression

- Le coefficient de Poisson de la maçonnerie non armée est de 0,15 tandis que celui de la maçonnerie armée dans les joints est de 0,12.
- Le module d'élasticité du mur armé est d'environ 10 % plus élevé que celui du mur non armé. En moyenne on obtient :

$$E = 400 \quad f'_{bm}$$

où f'_{bm} est la résistance moyenne en compression sur des briques.

En se rapportant à la résistance caractéristique de la maçonnerie on obtient :

$$E = 1150 \quad f'_k$$

A noter que les prescriptions internationales admettent pour la maçonnerie non armée.

$$E = (900 \text{ à } 1000) \quad f'_k.$$

- La résistance de la maçonnerie armée est de ± 20 % plus élevée que celle de la maçonnerie non armée. Cela s'explique par le fait que l'armature reprend les contraintes transversales de traction qui sont à la base de la rupture des murs non armés. Pour que cela soit possible il faut assurer un bon enrobage de l'armature dans le mortier assurant ainsi la transmission des contraintes de la maçonnerie à l'armature.
- Les murs creux armés se comportent comme un mur simple équivalent de section comparable. Les charges se répartissent selon l'inertie des deux parois composant le mur creux.
- En général le comportement des murs est élastique jusqu'à la rupture.
On peut en conséquence appliquer pour les calculs les lois élastiques. (Hooke).

Essais de flexion horizontale (appuis verticaux)

- Les courbes, charges—déformation ont mis en évidence la forme bilinéaire (fig. 5) rencontrée lors de recherches des éléments en béton armé. Le point de changement de pente correspond avec le moment de fissuration. La raideur de l'élément (α) diminue après fissuration.
- Le moment de fissuration des murs armés a été supérieur au moment de rupture des murs non armés. Cela est dû probablement à ce que l'inertie du mur armé est supérieure à l'inertie du mur non armé.
- Le comportement des murs armés est fortement tributaire à l'enrobage des armatures dans le mortier.
- Les essais ont montré que les murs se sont comportés de manière semblable aux éléments en béton armé. On pourra également appliquer des méthodes de calcul semblables.

Essais de flexion verticale

Poutres—linteaux

- On constate une similitude avec le comportement des poutres en béton armé. Les points remarquables ci-haut pour les éléments sollicités en flexion horizontale restent valables dans ce cas également.
- Les hypothèses de Navier sont vérifiées avant et pendant la fissuration.
- Les fissures ont commencées à partir d'un joint vertical de mortier situé dans la zone de M_{max} et se sont ensuite propagées à travers les briques pour rejoindre la charge concentrée. Parallèlement des contraintes de cisaillement apparaissent dans la zone des appuis, ce qui explique les fissures dans les joints horizontaux.

Murs (poutres—cloisons)

Voir étude du Prof. Mortelmans.

Essais physiques

Conductibilité thermique

Les essais ont portés sur la comparaison entre deux murs creux armés dans un cas avec des crochets en Z et des armatures continues dans l'autre cas. Les deux murs ont été placés dans une "chambre chaude" équipée d'un corps de chauffe électrique à convection naturelle. On a mesuré la transmission de la chaleur d'une paroi du mur à l'autre.

Les mesures réalisées ont témoignées du comportement thermique *identique* des deux murs.

La valeur du coefficient de conductibilité thermique global mesuré est égale à 1,77 W/m².K.

L'effet des armatures est négligeable vu leurs faible section par rapport à celui du mur (maçonnerie).

Résistance au feu

La norme belge N.B.N. 713.020 exige trois critères pour que le mur soit résistante au feu :

- étanchéité aux flammes
- isolation thermique
- stabilité mécanique

Les murs ont donc été essayés chargés. Lors des essais on a mesuré la déformation et la fissuration des murs.

On a constaté que :

- les armatures diminuent l'ouverture des fissures
- la résistance au feu des murs armés horizontalement est légèrement plus faible que celles des murs identiques mais non armés
- Quand la section des armatures est importante la résistance au feu des murs (armés horizontalement et verticalement p.ex.) doit être comparée à la résistance au feu des éléments en béton armé.
- L'enrobage des armatures est important pour l'apparition des premières fissures.
- Pour les murs pleins la résistance au feu à été conditionnée par le critère d'isolation thermique et ce après plus de 3 heures.

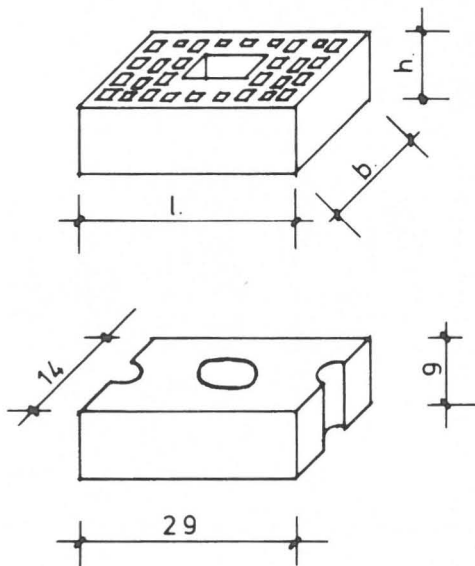


Figure 1.

Corrosion

Les essais de corrosion se sont déroulés au laboratoire et in-situ.

Dans les essais de corrosion accélérée au laboratoire les murs ont été placés dans un caisson dont la température a été réglée à 40° C et l'humidité relative à 100 %. Les murs ont été maintenus dans ce régime pendant 8 mois.

Parallèlement on a prélevé des échantillons d'armatures de différents murs dans différentes parties de la Belgique. L'âge des armatures variait de 5 à 8 ans.

On a constaté que :

- pour les murs exposés et dont l'enrobage des armatures galvanisées n'est pas parfait il existe dans un climat comparable à celui de la Belgique un danger réel de corrosion.
- les endroits faibles sont constitués par des points de soudure et les sections de passage du milieu maçonnerie dans le milieu cavité (au cas des murs creux).

CONCLUSIONS

Les essais mécaniques ont mis en évidence la similitude du comportement des éléments en maçonnerie armée avec les éléments en béton armé. Les méthodes de calcul peuvent donc s'inspirer de ce matériau.

Les essais physiques ont montrés l'attention qu'il faut accorder au danger de corrosion et cela malgré les résultats optimistes obtenus dans des essais dans d'autres pays.

En général les essais ont mis en évidence l'importance de la qualité de l'exécution (enrobage des armatures, régularité dans l'épaisseur des joints...) sur le bon comportement des maçonneries armées.

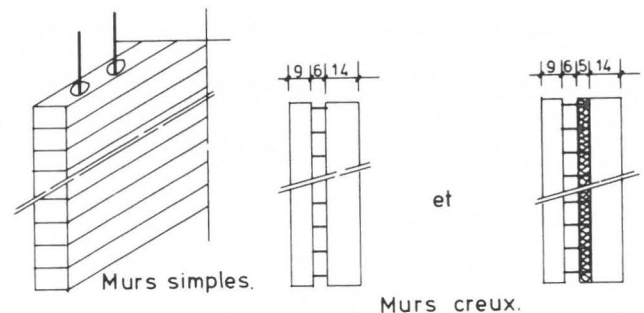


Figure 4.

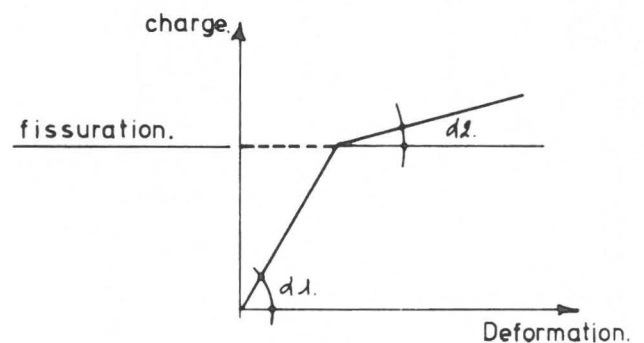


Figure 5.

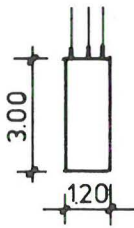
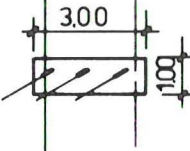
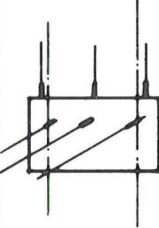
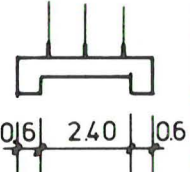
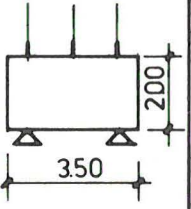
COMPRESSION.	FLEXION HORIZONTALE.		FLEXION VERTICALE.	
	Sans charge vert.	Avec charge vert.	Sur poutres.	Sur murs.
 <ul style="list-style-type: none"> - Avec armature verticale et horizontale. - Sans armature verticale. 				

Figure 2. Essais Mécaniques

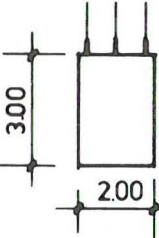
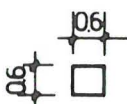
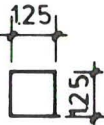
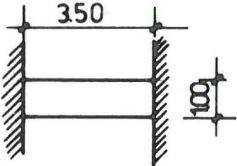
RESISTANCE AU FEU.	CONDUCTIVITE THERMIQUE.	CORROSION.		RETRAIT.
		IN SITU.	LABO.	
 <p>0,7 N/mm²</p>	 <ul style="list-style-type: none"> - Avec armature continue. - Avec crochets 	<p>PRELEVEMENTS.</p>		 <ul style="list-style-type: none"> - armé - non armé - chargés ou non.

Figure 3. Essais Physiques