

ETUDE EXPERIMENTALE DES MURS EN BRIQUES CREUSES ET EN PARPAINGS SOUS CHARGEMENT DE COMPRESSION

FB Houti
Magister en génie civil
F. Ghomari,
Docteur en génie civil
A. Megnounif,
Département de génie civil,
Faculté des sciences de
l'ingénieur,
Université de Tlemcen.

RÉSUMÉ

Notre étude concerne des panneaux maçonnerie en briques de terre cuite creuses et blocs en béton « parpaing » testés sous chargement de compression jusqu'à la rupture avec différents types de mortiers en ciment, mortier bâtard. Différentes épaisseurs du joint ont été utilisées : 0,5, 1,0, 1,5 cm, ainsi que différentes orientations du joint par rapport à l'axe de la sollicitation. Cette inclinaison est prise égale à 0°, 45° et 90°.

Nous montrerons l'influence de l'ensemble de ces paramètres sur le comportement des panneaux en maçonnerie précités.

MOTS CLÉS

Brique creuse • Compression • expérimentation • joint • Mur • parpaing • rupture.

1. Introduction

En Algérie l'usage de la maçonnerie est limité; elle n'est souvent utilisée que comme matériaux de remplissage dans la construction de structure en béton armé. Dans les calculs, l'influence de la maçonnerie sur le comportement des bâtiments est couramment négligée.

Cependant le remplissage en maçonnerie a une influence importante sur les caractéristiques des structures. Cette pratique consistant à négliger l'influence de la maçonnerie s'est imposée par l'usage, en raison, principalement, de l'absence d'une méthode de calcul pratique ainsi que d'un outil réglementaire approprié. Dans notre pays, il n'existe pratiquement aucune norme concernant le comportement de la maçonnerie.

La maçonnerie présente un comportement très complexe, ceci est dû à l'hétérogénéité des matériaux et les techniques presque artisanales associées à sa production, qui en font un matériau très variable, difficile à normaliser.

La plupart des règlements existants simplifient le comportement de la maçonnerie dans le but de fournir des critères pratiques pour l'analyse et le calcul des structures. Ces critères comportent, en général, l'utilisation des modèles linéaires qui considèrent la maçonnerie comme un matériau homogène. Ils sont proposés sur la base de propriétés mécanique déterminées au moyen d'essais simples sur de petits murs ou des prismes. Or, la validité de ces essais et de ces modèles, pour d'écrire le comportement d'une structure réelle, reste insuffisante.

L'objectif de cette étude est de contribuer à la compréhension du comportement des murs en maçonnerie soumis à une compression uniaxiale, jusqu'à la rupture. Des essais sur des panneaux de maçonnerie ont été conduits avec diverses orientations du joint de mortier (0°, 45° et 90°) et d'épaisseur variable (0,5, 1,0 et 1,5 cm). Aussi, nous avons considéré deux types de mortier : celui à base de ciment et le mortier bâtard.

Nous montrerons l'importance des joints de mortier, ceux-ci étant souvent à l'origine de la rupture et nous décrirons les différents modes de rupture rencontrés.

2 Etude expérimentale

Le programme d'essai préconisé pour l'étude des murs en maçonnerie est composé en deux parties.

- Essais relatifs aux constituants seuls (mortiers et briques);
- Essais sur les murs en maçonnerie.

2.1 Constituants seuls

Le but des essais sur les constituants seuls est de déterminer leurs propriétés mécaniques à savoir : la résistance à la compression (f_{mc} , f_{bc}) et la résistance à la traction (f_{mt} , f_{bt}).

L'ensemble des essais ont été réalisés suivant les normes prEN772-1 pour les briques et prEN1015-11, pour les mortiers. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 1 et sont le résultat de la moyenne de 12 échantillons.

Les briques en terre cuite creuses présentent des dimensions de 52 x 115 x 240 mm³, et pour les blocs en béton « parpaings » de 10 x 20 x 40 cm³.

Constituants	Résistance à la traction (MPa)	Résistance à la compression (MPa)	Déformation ultime (10 ⁻³)
Mortier en ciment	1,13	18,39	3,431
Mortier bâtard	0,40	5,36	6,575
Briques creuses	0,15	1,30	1,875
Parpaings	0,28	2,25	3,015

Tableau 1: Caractéristiques mécaniques des mortiers et briques.

2.2 Murets en maçonnerie

Le but des essais sur les murets en briques silico-calcaires est la détermination de la résistance à la compression (prEN1052-1). Ces murets, au nombre de 72, présentent les dimensions indiquées sur les figures 1 et 2.

La cure des murets s'est faite dans une ambiance non contrôlée et ont été testés à l'âge de 28 jours.

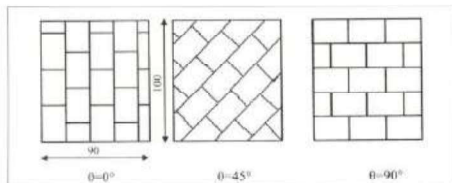


Figure 1 : Dimensions des murets en briques de terre cuite creuses

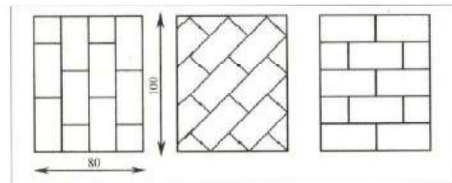


Figure 2 : Dimensions des murets en parpaings

Le dispositif d'essai utilisé pour comprimer les murets est présenté sur la photo 1. Pour assurer une bonne répartition de la charge de compression, développée par le vérin sur les murets testés, une plaque d'appui en acier surmontée de barres articulées a été placée à l'interface.

Un capteur de pression de 160 kN et de 16 mm de course, permet de mesurer la charge appliquée par le vérin. La sollicitation est exercée suivant des paliers de pression d'une valeur moyenne de 1 kN/s et ce, jusqu'à la rupture. La mesure des déplacements est effectuée à l'aide d'un capteur de déplacements type électronique avec amplificateur et de 50 mm de course, installé au-dessus du muret.

L'ensemble des données, forces et déplacements, est enregistré automatiquement, par un système d'acquisition des données piloté par ordinateurs.

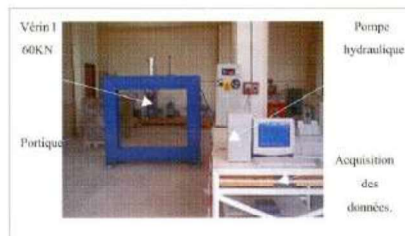


Photo 1 : Ensemble du dispositif d'essai

3. Résultats des essais sur les murets

3.1 Modes des rupture observés

Trois modes de rupture ont été observés:

- Lorsque l'orientation du plan de joint θ est égale à 0° , on obtient une rupture par décohésion entre les joints de mortier parallèle au chargement (Photos 3 et 5);

Lorsque l'orientation du plan θ est égale à 90° , la rupture se produit par une fissuration de traction s'initiant dans le joint de mortier parallèle à l'axe de chargement (Photo 2 et 4);

Dans le cas où l'orientation du plan θ est égale à 45° , la rupture intervient par combinaison des deux cas précédents en dents de scie (Photo 6).

La nature du mortier et son épaisseur ne présentent aucune influence sur les modes de rupture précités. Shaan et Col. [1] ont obtenu les mêmes résultats.



Photo 2 : Mode de rupture du muret en brique de terre cuite ($\theta = 90^\circ$)



Photo 3 : Rupture brusque des murets en briques de terre cuite ($\theta = 0^\circ$)



Photo 4 : Mode de rupture du muret parpaing ($\theta = 90^\circ$)

3.2 Interprétation des résultats

3.2.1 Influence de l'épaisseur du joint

La figure 3 montre la variation des résistances à la compression des murets testés lorsque l'épaisseur du joint augmente. L'épaisseur du joint de mortier de 10 cm offre la résistance à la compression optimale, dans la plus part des cas. Un joint plus mince diminue la résistance de la maçonnerie, ceci s'explique par une concentration des efforts de traction dans le mortier.

Aussi, un joint plus épais soumettrait la brique à



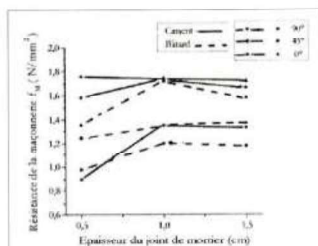
Photo 5 : Mode de rupture du muret en parpaing ($\theta = 0^\circ$)



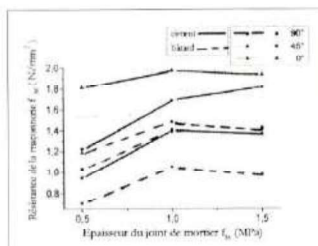
Photo 6 : Mode de rupture du muret en parpaing ($\theta = 45^\circ$)

BIBLIOGRAPHIE

- [1] R. Shaan, J.M. Torrenti : "Etude expérimentale de la maçonnerie sous sollicitations uniaxiales et Biaxiales". Annales de l'Institut Technique de bâtiment et des Travaux Publics, n°486, Septembre 1990.
- [2] L. Rochet : "Etude du comportement à la rupture des milieux discontinus". Rapport de recherche du CETE de Lyon, France, 1985.
- [3] M. Lafuente : analytique du comportement de murs en maçonnerie non-armée sous sollicitation plane". Thèse de doctorat en génie-civil, Institut Nationale de Sciences Appliquées de Toulouse, pp.184 France, Octobre 1991.
- [4] F. Djaalali, H. Afra, M.K. Berrah : "Influence des paramètres mécaniques et géométriques sur la résistance des structures en maçonnerie sous sollicitations statiques et dynamiques par la méthode des éléments finis". 1^{er} Colloque National de Génie Parasismique, 4-7, pp. 95-105, Alger, Juin 1996.



a) murets en brique de terre cuite creuses



b) murets en blocs de béton «parpaing»

Figure 3: Influence de l'épaisseur des joints sur la résistance de la maçonnerie.

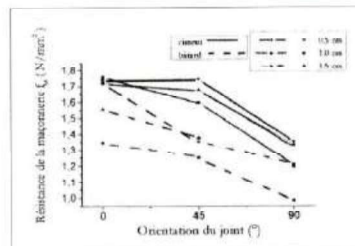
une plus forte concentration de traction. Ceci a été confirmé par les travaux de Rochet [2], Lafuente [3] et de Djaalali et col. [4].

3.2.2 Influence de l'orientation des joints

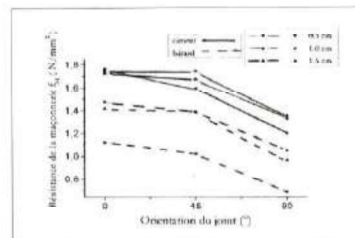
La figure 4 montre l'influence de l'orientation du joint par rapport au chargement sur la résistance à la compression de la maçonnerie. La rigidité de la maçonnerie et sa résistance à la rupture augmentent lorsque θ diminue de 90° à 0° (comme l'attestent les résultats de Page [5] et Shaan et col. [1]). Dans ce cas, les murets confectionnés à $\theta = 0^\circ$ présentent une plus grande résistance à la compression par rapport aux autres orientations étudiées.

3.2.3 Influence de la nature du joint

La nature du joint a une importance sur la résistance à la compression. Le mortier en ciment a



a) murets en brique de terre cuite creuses



b) murets en blocs de béton «parpaing»

Figure 4: Influence de l'orientation des joints sur la résistance de la maçonnerie.

présenté la plus grande résistance. Ceci est confirmé par les travaux de Lafuente [3] et ceux de Rochet [2]. Pour le mortier bâtard qui présente l'avantage d'une meilleure plasticité, il offre une moindre résistance à la compression (Figure 3 et 4). Les tableaux 4 et 5 présentent les résistances à la compression des murets testés. On remarque d'après le tableau 2 que pour les murets en briques de terres cuites creuses la différence de résistance entre le mortier en ciment et bâtard varie entre 1.12 et 1.30, par contre pour les murets en parpaings la différence est importante et varie entre 1.21 et 1.60.

4. Etude comparative

Selon Eurocode6 [6] (équation 1), la résistance caractéristique d'une maçonnerie peut être évaluée au moyen de la formule suivante :

$$f_{Mk} = 0.5(f_b)^{0.65} (f_m)^{0.25} \quad (1)$$

Nature du mortier	0.5 cm			1.0 cm			1.5 cm		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
Ciment	1.76	1.60	1.20	1.74	1.36		1.68	1.33	
Bâtard	1.35	1.25	0.98	1.72	1.35	1.21	1.56	1.38	1.19
Taux de variation	1.30	1.28	1.22		1.29	1.12		1.22	1.12

Tableau 2 : Contraintes de rupture des murets en briques de terre cuite creuses

Nature du mortier	0.5 cm			1.0 cm			1.5 cm		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
Ciment	1.79	1.22	0.94		1.70	1.40	1.94	1.81	1.34
Bâtard	1.12	1.02	0.69	1.48	1.40	1.05	1.42	1.39	0.97
Taux de variation	1.60	1.24	1.36		1.21	1.33	1.37	1.30	1.38

Tableau 3 : contrainte de rupture des murets en parpaings

f_m : résistance à la compression de la maçonnerie;
 f_b : résistance à la compression du produit;
 f_m : résistance à la compression du mortier.
 La formule empirique (équation 2) utilisée par le CNERIB [7] pour la détermination de la résistance de la maçonnerie est :

$$f_M = 0.55 \sqrt{f_m f_b^2}$$

Les tableaux 4 et 5 présentent nos résultats expérimentaux des murets d'une épaisseur de 1.0 cm (c'est l'épaisseur qui a présenté les meilleurs résistance) et ceux de l'Eurocode6 et du CNERIB.

Nous remarquons d'après les tableaux 4 et 5 une certaine concordance de nos résultats expérimentaux avec les formules de l'Eurocode 6 et du CNERIB.

Désignation des murets	Etude expérimentale (1)	Eurocode6 (2)	CNERIB (3)	(2) (1)	(3) (1)
Brique creuse	1.35	0.74	1.73	0.55	1.28
Bloc en béton	1.40	1.11	2.49	0.79	1.78

Tableau 4 : Comparaisons des résistances à la compression des murets en (MPa), expérimentales et calculées par les formules empiriques pour le mortier en ciment.

Désignation des murets	Etude expérimentale (1)	Eurocode6 (2)	CNERIB (3)	(2) (1)	(3) (1)
Brique creuse	1.21	0.54	1.15	0.45	0.95
Bloc en béton	1.05	0.77	1.65	0.73	1.57

Tableau 5 : Comparaisons des résistances à la compression des murets en (MPa), expérimentales et calculées par les formules empiriques pour le mortier bâtard.

5. Conclusion

Cette étude nous a permis de voir la complexité du comportement de la maçonnerie en tant que matériau hétérogène. Ceci rend difficile l'interprétation des résultats obtenus.

Les études expérimentales réalisées nous ont permis de tirer certains enseignements :

- La résistance du joint diminue, lorsque son épaisseur augmente. Aussi, pour des joints de faible épaisseur celle-ci diminue, l'épaisseur optimale pour la maçonnerie est de 1.0 cm ;

- L'orientation du joint par rapport au chargement a une incidence sur la résistance de la maçonnerie sous un chargement uniaxial. L'angle $\theta = 0^\circ$ permet d'avoir la plus grande résistance de la maçonnerie;

- L'augmentation de la résistance du mortier en gendre un accroissement de la résistance de la maçonnerie à la compression. Cette différence est de l'ordre de 12 à 30% pour les murets, en briques de terre cuite creuses, 21 à 60% pour les murets en blocs de béton creux ;

- Nos résultats expérimentaux concordent avec ceux obtenus par les formules proposées par l'Eurocode 6 et du CNERIB.

- Les murets en parpaings présentent une résistance à la compression supérieure à ceux en briques de terre cuite creuses.

[5] A.W Page : "The biaxial compressive strength of brick masonry [Résistance en compression biaxiale de la maçonnerie en brique]". *Pro. Inst. Civ. Eng., part 2*, Septembre 1981.

[6] Eurocode6 : "Calcul des ouvrages de maçonnerie partie 1 : Règles générales pour la maçonnerie armée et non armée". ENV 1996-1-1. Belgique : CEN, 1996.

[7] DTR.E2.4 : "Travaux de maçonnerie de petits éléments". Document Technique Réglementaires, CNERIB, Second édition, Alger, 1998.

[8] F.B Houti : "Comportement des murs en maçonnerie sous sollicitation uniaxiale". Thèse de Magister, Faculté des Sciences de L'Ingénieur, Université A. Belkaid Tlemcen, Algérie, pp.95, Novembre 2002.