



HAL
open science

ESSAIS DYNAMIQUES SUR TABLE VIBRANTE DE MURS DE PIERRES CONFINEES A ECHELLE REELLE

Maurizio Brocato, Dario Cascone, Francesco Lo Iacono, Giacomo Navarra,
Maria Oliva, Khansae Rahmouni, Samanta Tumbarello, Jérôme Skinazi,
Ludovic Jonard, Samanta Tumbarello

► **To cite this version:**

Maurizio Brocato, Dario Cascone, Francesco Lo Iacono, Giacomo Navarra, Maria Oliva, et al.. ESSAIS DYNAMIQUES SUR TABLE VIBRANTE DE MURS DE PIERRES CONFINEES A ECHELLE REELLE. Journées Nationales Maçonnerie, Jun 2020, Marsala, France. hal-04590045

HAL Id: hal-04590045

<https://hal.science/hal-04590045>

Submitted on 28 May 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



ESSAIS DYNAMIQUES SUR TABLE VIBRANTE DE MURS DE PIERRES CONFINÉES A ECHELLE REELLE

BROCATO, M.¹, CASCONI, D.², JONARD, L.³, LO IACONO, F.⁴, NAVARRA, G.⁵,
OLIVA, M.⁶, RAHMOUNI, K.⁷, SKINAZI, J.⁸, TESORIERE, G.⁹, TUMBARELLO, S.¹⁰

Introduction

La demande croissante de bâtiments résilients et la nécessité d'améliorer les conditions de vie des populations en situation de mal logement, de précarité énergétique ou soumises aux aléas climatiques, sont des sujets de réflexion pouvant se traduire en nouvelles réponses constructives. Face à ces besoins, une partie des auteurs a mis au point une technologie constructive appelée « Murs de Pierres Confinées » (MPC), dérivée du gabion. Des technologies similaires ont été utilisées dans le cadre des projets « Gabion House » en Haïti [1] et « Gabion band » au Népal (2015).

Ces exemples montrent l'intérêt de l'étude du comportement dynamique de ce type de structures pour projeter des édifices parasismiques. Dans ce cadre, des modèles ont été proposés par l'un des auteurs [2], [3], [4]. On présente les essais réalisés afin de caractériser les paramètres de dits modèles par des mesures dynamiques.

Dispositif expérimental

Deux campagnes ont été réalisées sur quatre murs échantillons, dont le premier à échelle 1, le trois autres à échelle 0.8 ; le dernier mur comportait l'ouverture d'une porte. La série des tests réalisés est présentée dans le tableau 1, où le signe « ' » distingue les murs à échelle 0.8.

Tableau 1 : Caractéristiques des murs échantillons

Mur	Dimension mur (h x l x e) (cm)	Dim. ouverture (cm)	Vol. (m ³)
1 (A)	200 x 150 x 50	/	1.50

¹ BROCATO, Maurizio, Laboratoire GSA – Géométrie Structure Architecture, Ecole nationale supérieure d'architecture Paris-Malaquais, Université Paris-Est, 14 rue Bonaparte, 75006 Paris, France, maurizio.brocato@paris-malaquais.archi.fr

² CASCONI, Dario, L.E.D.A. (Laboratory of Earthquake engineering and Dynamic Analysis) Research Institute, Università degli Studi di Enna Kore, Cittadella Universitaria, 94100 Enna, Italie, dario.cascone@unikore.it

³ JONARD, Ludovic, Association de solidarité internationale Architecture & Développement, 76 rue de la Fraternité, 93170 Bagnolet, France, ljonard@archidev.org

⁴ LO IACONO, Francesco, L.E.D.A. Research Institute, francesco.loiacono@unikore.it

⁵ NAVARRA, Giacomo, L.E.D.A. Research Institute, giacomo.navarra@unikore.it

⁶ OLIVA, Maria, L.E.D.A. Research Institute, maria.oliva@unikore.it

⁷ RAHMOUNI, Khansae, Association de développement local Architecture & Développement Maroc, avenue d'Essaouira, 40130 Marrakech, Maroc, ek.rahmouni@archidev.org

⁸ SKINAZI, Jérôme, Association Architecture & Développement Maroc, jskinazi@archidev.org

⁹ TESORIERE, Giovanni, L.E.D.A. Research Institute, giovanni.tesoriere@unikore.it

¹⁰ TUMBARELLO, Samanta, Laboratoire GSA, Association Architecture & Développement, auteur correspondant, samanta.tumbarello@paris-malaquais.archi.fr, stumbarello@archidev.org

2 (A')	160 x 120 x 40	/	0.77
3 (B')	160 x 230 x 40	/	1.47
4 (C')	320 x 240 x 40	80 x 160	1.79

Le processus de construction a suivi les méthodes utilisés et validés par l'association A&D. Les murs se composent de cages métalliques en U de 1.10 m + 0.50 m + 1.10 m, soit 2.70 m au total, assemblées entre elles puis placées sur le site et remplies de pierres. Le fond de chaque cage est le couvercle de la précédente.

Table vibrante

Le système utilisé comprend deux tables de 4 m x 4 m, pouvant être jointes mécaniquement pour constituer une table de 10 m x 4 m. Chacune des deux tables est un simulateur dynamique à six degrés de liberté, réalisé par Bosch-Rexroth, dont le mouvement est généré par huit actionneurs oléo-dynamiques. Un dispositif d'ancrage, constitué de modules en tôle plié en C de 60 x 100 x 30 cm, a été interposé entre la table et les murs. Le bac ainsi constitué a été rempli de terre ou de sable volcanique jusqu'à une hauteur de 20 cm.

Matériaux

Les pierres utilisées proviennent d'un gisement d'origine calcaire, sur la côte est de Messine, dans la commune de Torrenova. Les activités d'extraction ont été réalisées avec la technique du polissage et à l'aide de moyens mécaniques. La granulométrie initiale des pierres était presque homogène (30 cm environ). Un certain nombre d'entre elles a été cassé pour différencier la granulométrie, qui allait par conséquent de 8 à 30 cm. La caractérisation mécanique des roches a été effectuée par le laboratoire de Géotechnique et Dynamique des Terrains de l'Université Kore. Le poids spécifique des pierres est 26.4 kN/m³.

Dans le premier test, un grillage en rouleau fabriqué par l'entreprise Virlinzi S.p.A. a été utilisé, dont les caractéristiques sont : fil de fer galvanisé à chaud par immersion \varnothing 3 mm, mailles 8 cm x 10 cm, double torsade. Un grillage différent a été utilisé dans la deuxième campagne de tests. Fourni en rouleau de 50 m de longueur et 50 cm de largeur et fabriqué par l'entreprise marocaine Sud Gabion, le grillage de fil galvanisé présente les caractéristiques suivantes : \varnothing 3 mm, mailles 10 cm x 12 cm, triple torsade. La résistance à la rupture est de 350 à 500 N/mm².

Le fil de fer utilisé pour les ligatures et les tirants est aussi galvanisé à chaud par immersion, avec \varnothing 2 mm. La ligature est manuelle par des outils de fabrication simples.

Métrologie

Trois types de capteurs ont été utilisés : accéléromètres triaxiaux PCB 356B18 (notés R1, T1, T2, T3), ENDEVCO 65-100 (noté T4) et accéléromètres uniaxiaux PCB T333B50 (notés M1, M2, M3 et M4). Ils ont été positionnés et collés sur des barres en acier traversant les murs et situées sur un lit de ciment pour les stabiliser. Leur disposition sur les différents murs a varié selon la complexité de l'échantillon.

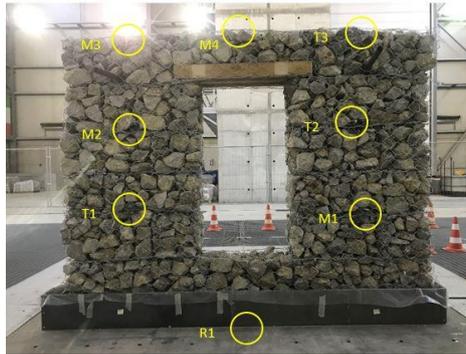


Figure 1 : Disposition des accéléromètres sur le mur 4

Tests de résonnance

Les murs ont été soumis à des accélérations casuelles à bande large, ayant une intensité RMS de 0.5 m/s^2 avec une puissance quasiment constante dans l'intervalle de fréquence compris entre 0.5 et 60 Hz. Dans l'hypothèse d'un comportement linéaire, il a été possible de calculer les Fonctions de Réponse en Fréquence (FRF) des différents canaux de mesure par rapport à l'excitation qui a été appliquée aux axes y (axe hors plan) et z (axe vertical). La même opération a été répétée après avoir appliqué des accélérations sismiques, afin de vérifier si l'échantillon avait subi des modifications de ses fréquences structurales (une variation de ces dernières pouvant indiquer un endommagement structurel).

Essais sismiques

Les essais sismiques ont été conduits en appliquant simultanément des accélérations dans les axes y et z avec des intensités variables. La forme d'onde originale a été synthétisée à partir de l'accélérogramme naturel enregistré durant la secousse principale du séisme qui a frappé la ville de L'Aquila (Italie) le 06.04.2009. La fréquence de l'accélérogramme a été ensuite modifiée au moyen d'un algorithme itératif, afin de la rendre compatible avec les spectres de réponse identifiés dans l'Eurocode 8, pour un sol de type « A » et une accélération maximale au sol égale à 0.25 g (intensité au 100%). Les pourcentages du tableau 2 se réfèrent à cette accélération de base. Les accélérations des tests ont été réduites à l'échelle des échantillons, sauf pour le mur 2 qui a été soumis à des accélérations à l'échelle 1 avant de passer à l'échelle 0.8.

Tableau 2 : Séquence des essais sismiques (R=résonnance ; valeurs en % de l'accélération max)

Mur	Essais													
1	R	25	50	100	125	R	150	175	200	225	250	275	300	
2	R	50	100	150		R	50	100	150	200	250	275	300	
3	R	25	50	75	100									
4	R	10	25	40										

Résultats

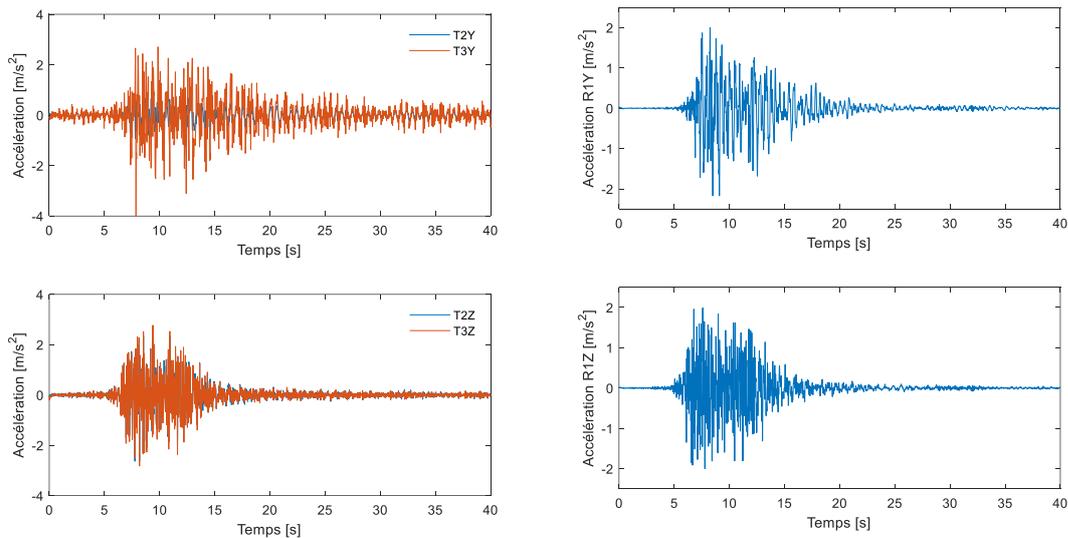


Figure 2 : (à gauche) Accélérations transmises à la table vibrante ; (à droite) Réponses enregistrées par les capteurs T2 et T3

La figure 2 montre les composantes x et z des mesures effectuées sur le mur 3 (essai 75%). S'agissant d'un test dont l'issue n'a pas été destructive, les accélérations verticales sont transmises de manière essentiellement inaltérée, alors que celle horizontales ont des amplitudes et un contenu en fréquence différent du forçage et elles varient en fonction de la position du capteur.

Conclusions

Le dispositif expérimental s'est avéré efficace pour le test prévu, les phases d'installation et de démontage suffisamment simples. Les mesures obtenues et les observations faites pendant les essais témoignent d'un comportement sismique du système très concluant. Le travail se développe actuellement sur deux axes : l'exploitation des résultats expérimentaux pour alimenter le modèle numérique et d'autre part la préfiguration d'une campagne d'essais sur des édifices entiers. Une campagne intermédiaire prévoit la construction de deux murs joints (en L ou en T) et la construction d'un bâtiment à l'échelle réduite 0.8.

Références

- [1] D'Urzo S., Schneider C. (ed.s). Sustainable Reconstruction in Urban Areas. A Handbook. Skat –Swiss Resource Centre and Consultancies for Development and IFRC – International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2012
- [2] Brocato, M. A continuum model of close packing granular materials for the study of rock filled gabions. Int. J. Solids Stru., 2018.
- [3] Brocato, M. A continuum model of interlocking structural systems. Rend. Lincei Mat. Appl. 29, 2018, 63-83.
- [4] Brocato, M. Lasciarrea, W. G. Analysis of confined granular systems for gabion walls, 2018.