

Yaser Yehya Amin Abdel-Aty (2018) **Proposals for seismic retrofitting of timber roofs to enhance their in-plane stiffness and diaphragm action at historical masonry buildings in Cairo**, Journal of Cultural Heritage, Vol. 32, 73-83.

ملخص البحث باللغة الإنجليزية:

Abstract:

The in-plane stiffness of flat roofs plays crucial role in the structural stability and safety of historical load bearing masonry buildings under lateral hazardous loads. For decades, many restorers of historical buildings used to provide the original timber roofs with rigid diaphragms action using modern engineering systems; such as building reinforced concrete (R.C.) thin slabs. The present research studies analytically the installation of simple and robust timber bracing system above timber boards and under flooring layers of timber flat roofs; to improve the seismic behavior and stability of their historical load bearing masonry buildings in Cairo. The study will evaluate among various alternatives of bracing systems using numerical modelling techniques of computer software that applies Finite Element (F.E.) method. The research applies the numerical investigation to one of archaeological buildings in Cairo from Ottoman era, which is the “*Sabil*” of “*Khusraw Pasha*” (1535 A.D. / 942 A.H.). The timber x-bracing system provides remarkable results relative to rigid diaphragm and steel bracing for seismic retrofitting of historical timber roofs.

This paper studied the followings:

- The main composition of the general timber flat ceilings that are generally found at historic Islamic buildings in Cairo through the medieval periods.
- Brief and up-to-date review on the main role of the rigid diaphragm action and the in-plane stiffness of the flat (horizontal) ceilings to the lateral stability of unreinforced masonry buildings (URM); especially seismic loads.
- Brief archaeological and architectural study about the archaeological "*Sabil-Kuttab*" of “*Khusraw Pasha*” (1535 A.D. / 942 A.H.) in Historic Cairo from the Ottoman era.
- The present research studies analytically the installation of simple and robust timber bracing system above timber boards and under flooring layers of timber flat roofs; to improve the seismic behavior and stability of their historical load bearing masonry buildings in Cairo. The study will evaluate among various alternatives of bracing systems using numerical modelling techniques of computer software that applies Finite Element (F.E.) method.
- The bracing system relied on the plane-trusses that are built above planks of all timber ceilings "*Tab'i*" and their supporting loadbearing masonry walls. The plane trusses follow either 'K' or 'X' shape, with full geometric design that respect the original timber roof's joists. The proposed trusses can be constructed of either new-robust timber or steel. Also, the trusses are studied for their installation above all ceilings or merely the last (top) roof. The trusses are inserted under flooring tiles of each ceiling (i.e. through sand-layer of flooring).
- The static and preliminary dynamic structural analyses were conducted for the F.E. numerical models. Evaluation criteria are based on enhancement of structural seismic stability rather than fulfilling the requirements of the structural contemporary building Codes for URM design.

ترجمة ملخص البحث باللغة العربية:

تلعب الجساءة داخل المستوى للأسقف الأفقية، بالمباني الأثرية ذات الحوائط الحاملة من أعمال المباني؛ دوراً أساسياً في تحقيق الاتزان والأمان الإنشائيين لمبانيها تجاه القوى الأفقية الخطرة. ولتحقيق ذلك نجد أن العديد من مرمي المباني الأثرية لعدة عقود؛ قد اعتاد إضافة مستوى تدعيم أفقي جاسئ فوق الأسقف الأصلية باستخدام نظم هندسية حديثة، كبناء بلاطة من الخرسانة المسلحة ذات سمك صغير. وهذا البحث يدرس بطريقة تحليلية؛ عملية وضع نظام إنشائي بسيط وكفاء لمقاومة القوى الأفقية تحت طبقات الأرضيات التي تعلوا ألواح الطبق للأسقف الأفقية الخشبية الأثرية؛ بهدف تحسين السلوك والاتزان الزلزالي لمبانيها ذات الحوائط الحاملة من أعمال المباني بالقاهرة،. وتقوم هذه الدراسة بتقييم عدد من البدائل للنظام الإنشائي المقترح، باستخدام تقنية النمذجة الرقمية لأحد برامج الحاسب الآلي والذي يطبق طريقة العناصر المحددة. ويطبق هذا البحث هذه الدراسة على مبني سبيل خسرو باشا (942 هـ / 1535 م) من العصر العثماني بمدينة القاهرة. وقد توصل إلى أن نظام التدعيم الخشبي على نمط حرف (X) يعطي نتائج متوافقة وممتازة للتدعيم الزلزالي للأسقف الخشبية الأثرية وتحسين كفاءة المبنى إنشائياً تجاه قوي الزلازل، بالمقارنة بنتائج مستوى التدعيم الأفقي للبلاطة الخرسانية ونظم التدعيم باستخدام قطاعات الصلب.

هذا البحث درس النقاط التالية:

- تركيب الأسقف الخشبية الأكثر شيوعاً في المباني الأثرية بمدينة القاهرة التاريخية.
- المشكلات الإنشائية للمباني الأثرية الإسلامية نتيجة ضعف الجساءة داخل المستوى للأسقف الخشبية الأفقية، وذلك نتيجة لضعف وصلات براطيم السقف الخشبي مع الحوائط الحاملة له من أعمال المباني غير المسلحة، وضعف الأخشاب وتدهور حالتها وبالتالي مقاومتها وكفاءتها الإنشائية.
- دراسة أثرية ومعمارية وإنشائية عن نقطة تطبيق البحث وهو سبيل كتاب "خسرو باشا" بشارع المعز بمدينة القاهرة التاريخية، والذي يعود للعصر العثماني.
- التحليل والتقييم الإنشائي لمبني السبيل سواء في الحالة الراهنة أو في حالة عدم وجود أسقف (انهيار السقفين)، حيث قرب (شبه تساوي) النتائج للنموذج الرقمي ثلاثي الأبعاد للحالتين تجاه أحمال الزلازل طبقاً للكود المصري للأحمال؛ يبين مدى ضعف الجساءة داخل المستوى لأسقف المبني في وضعها الحالي للقيام بدور المستوى الأفقي الجاسئ (rigid diaphragm).
- المقارنة بين نتائج التحليل الإنشائي لعدد من البدائل المقترحة والتي اعتمدت بالأساس على وضع جمالون مستوٍ خلال طبقة الرمل من طبقات الأرضيات لكل سقف، حيث يتم تصميم وتخطيط شكل الجمالون طبقاً لأبعاد السقف الخشبي الأصلي، وكذلك يتبع إما نظام تدعيم (X-bracing) أو (K-bracing)، كما يبني إما من الأخشاب القوية والجديدة (timber truss) مثل الخشب العريزي أو من الفولاذ (steel truss).
- تم تقديم تصميم وتفصيل بالرسم لنظام التدعيم الخشبي علي شكل حرف (X) والذي أعطي أفضل نتائج تحقق مبدأ تحسين السلوك، وكان نتائجه قريبة لدرجة كبيرة من نتائج (rigid-diaphragm).