

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ  
КАРКАСНО-КАМЕННЫХ ЗДАНИЙ**

**EXPERIMENTAL METHODS OF SEISMIC  
RESISTANCE DETERMINATION OF CONFINED  
MASONRY BUILDINGS**

*д.т.н., проф. Дорофеев В.С., к.т.н., доц. Мурашко А.В., аспирант Михайлова Н.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина)*

*Dr. of Sc. Professor Dorofeev V.S., Ph.D., Associate Professor Murashko A.V., postgraduate Mikhailova N.A. (Odessa State Academy of Building and Architecture, Ukraine)*

В работе приведен обзор методов испытания моделей зданий и их фрагментов на сейсмические воздействия. Предложена их систематизация. Отмечены их характерные особенности и недостатки. Рекомендован подход по выбору метода испытаний в зависимости от целей и материальной базы исследования.

An overview of methods for testing building's models and their fragments on the seismic effects is given in the paper. Also their systematization described. Noted their features and disadvantages. Recommended choosing approach of the test method according to the objectives and material base of the study.

Каркасно-каменные здания на сегодняшний день получили довольно широкое распространение в сейсмических районах по всему миру. Они сочетают в себе надежность железобетонного каркаса и экологичность кирпичного здания. Именно каркасно-каменные здания остаются наиболее привлекательными в среднем и высшем ценовом сегменте рынка жилья. Однако в расчётах и проектировании именно этой конструктивной схемы на сегодняшний день остаётся много открытых вопросов.

Данная работа посвящена методам испытания каркасно-каменных зданий на сейсмические воздействия. Ниже приведен обзор

и анализ целого ряда работ по испытаниям на сейсмические воздействия, моделей, фрагментов и существующих зданий [1-5].

Как в нашей стране, так и за рубежом был проведен целый ряд исследований по изучению поведения каркасно-каменных зданий при воздействии на них различного вида повторяющихся загружений моделирующих сейсмические воздействия.

Одна из таких работ, выполненная в Мексике была посвящена оценке динамической реакции двух небольших моделей каркасно-каменных зданий, испытанных на вибростенде (масштаб 1:2). Модели были подвергнуты серии сейсмических воздействий, характерных для Мексики (рис. 1). В результате данных испытаний было выявлено характерное распространение наклонных трещин в уровне первого этажа от центра стен к углам каркаса. Также было обнаружено, что по сравнению с испытаниями полномасштабных аналогичных зданий статическими нагрузками, перекосы, при которых начинают образовываться трещины, почти в два раза больше. Этот вывод авторы считают необходимым подтвердить в дальнейших исследованиях. [1]

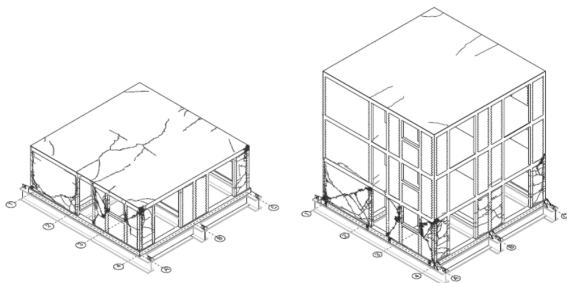


Рис. 1. Характер распространения трещин

Этот способ обладает наибольшей достоверностью и максимально приближен к реальному сейсмическому воздействию. Однако, к сожалению, на сегодняшний день в наших условиях не реализуем. Ввиду дороговизны оборудования и образцов для проведения испытаний.

Ещё одна из работ в этом направлении выполнена в ЦНИИСКе, С. В. Поляковым. [2]

Образцы – кирпичные стены размером 3х2х0.12 м, выкладывались в стальной 4-шарнирной раме, загружаемой в своей плоскости в одном или двух горизонтальных направлениях домкратами (рис 2., а). Цикл при испытании образцов включал

нагрузку и разгрузку в одном направлении, а также нагрузку и разгрузку в противоположном направлении.

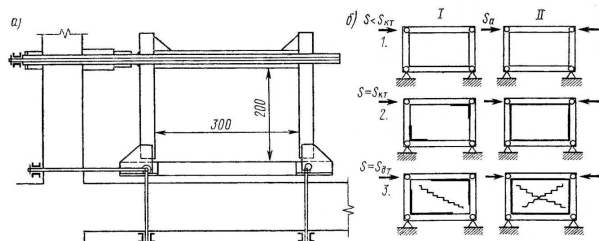


Рис. 2. Испытаниям заполнения из кирпичной кладки

Также с таким подходом был выполнен целый ряд работ Ю.В. Измайловым [5]. На рисунке 3 приведена схема одного из испытанных образцов. Нагружение производилось горизонтальными статическими нагрузками. Проведенное исследование легли в основу предложенной автором системы расчета проектирования каркасно-каменных зданий.

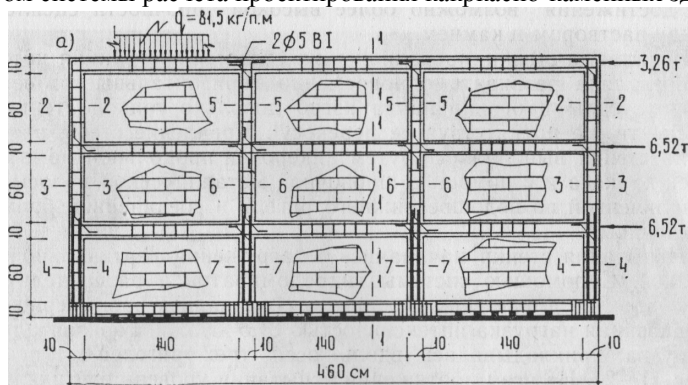


Рис. 3. Испытаниям заполнения из кирпичной кладки

Еще одним из представителей зарубежных исследователей каркасно-каменных зданий является Японская группа во главе с Који Yoshimura [3]. Они также проводили экспериментальное исследование влияния воздействия боковых статических сил на каркасно-каменные. На рисунке 4 изображена разработанная ими испытательная установка. Образцы испытывались на разрушение с увеличением боковых воздействий, в то время как вертикальная эквивалентная весу вышележащих перекрытий и стен нагрузка поддерживалась постоянно. Эти образцы были испытаны на повторяющиеся знакопеременные боковые воздействия.

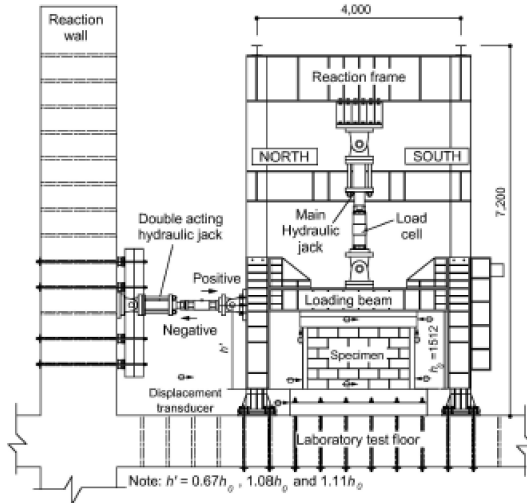


Рис. 4. Испытательная установка, Япония.

Характерные трещины на образцах, представленных на рисунке 5, были сосредоточены вдоль диагоналей, что соответствует результатам полученным другими исследователями, как в рамках динамических так и статических испытаний.

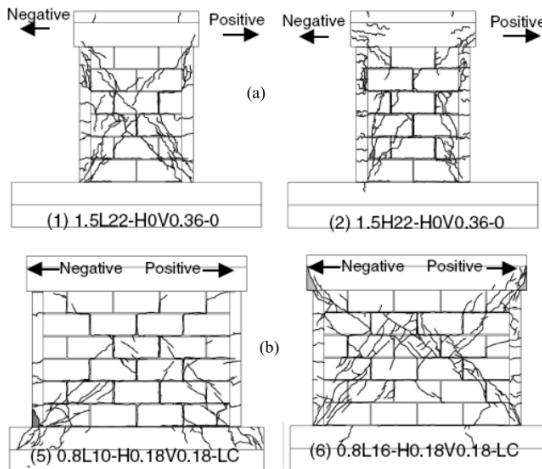


Рис.5. Результаты испытаний, Koji Yoshimura и др. (Япония).

- а) Образцы с соотношением сторон ( $X_o / L_o$ ) 1,51,
- б) Образцы с соотношением сторон ( $X_o / L_o$ ) из 0,84;

Аналогичные испытания проводились в Аргентине под руководством Francisco Zabala. Фрагменты кирпичных стен были испытаны на статические нагрузки (рис.6). Вертикальная нагрузка была приложена через жесткие стальные балки с помощью двух вертикальных серво управляемых приводов. Образец, состоял из стеновой панели, заключенный в ж/б каркас. На рисунке 7 изображены результаты этих испытаний. [7].

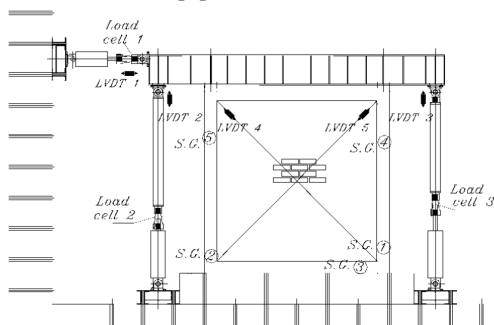


Рис. 6. Общий вид образца и испытательной установки

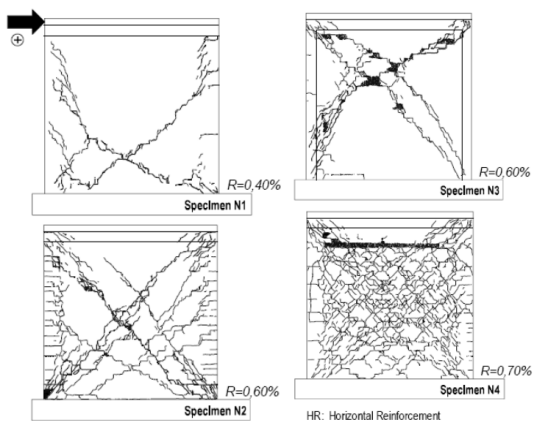


Рис. 7. Результаты испытаний, проведённых в Аргентине.

Цель этих исследований: оценка влияния армирования железобетонного обрамления на несущую способность каркасно-каменных панелей [4].

В направлении исследования сейсмостойкости каркасно-каменных зданий на сегодняшний день было выполнено еще довольно

большое количество работ. Однако все они в той или иной мере повторяют, описанные выше.

В рамках данной статьи не освещены методы испытания с помощью вибромашин, устанавливаемых на покрытие зданий, ввиду ограниченного объема информации по данному вопросу применительно к каркасно-каменным зданиям.

Все описанные выше методы испытаний можно представить в виде таблицы №1. Данная таблица позволяет сделать выбор метода исследований в зависимости от уровня финансирования и материально-технической базы.

Таблица 1. Сводная таблица по выбору метода испытаний

Автор	Метод испытания	Отличительные особенности проведенных испытаний	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4	5
Alcoer S.M., Мексика	Испытания моделей здания на вибростенде	Испытание одно и трехэтажных фрагментов. Сопоставление со статическими испытаниями	Возможность исследовать реакцию здания на запись реального землетрясения	Дорогостоящее оборудование, большие затраты на возведение фрагмента здания
Ашимбаев М.У. Казахстан, Золотков А.С. Молдова	Испытания зданий и фрагментов зданий вибромашинной	-	Возможность исследовать реакцию здания на динамическое воздействие	

Автор	Метод испытания	Отличительные особенности проведенных испытаний	Преимущества	Недостатки
Поляков С.В., Москва Измайлов Ю.В., Клишиев	Испытание модели стены статической нагрузкой	Различные виды материала стенового заполнения учет влияния проемов	Простота реализации, достоверные данные о работе конструкции при совместном действии вертикальных и горизонтальных нагрузок	Воздействие от землетрясения заменяется эквивалентной статической нагрузкой
Yoshimura K., Япония	Испытание модели стены статической нагрузкой	Различное соотношение высоты образцов к их длине. Различное армирование		
Zabala F., Аргентина	Испытание кирпичной панели в ж/б каркасе с помощью сервоуправляемых приводов	Различные варианты армирования железобетонных элементов		

Наиболее простой и легкий в реализации в наших условиях способ испытаний на сейсмические воздействия – это статические испытания на знакопеременные малоцикловые нагрузки. Результат разрушения от статических загрузок соответствует результату динамических загрузок. Однако, при статических нагрузках не учитывается динамическая работа соединений, и ещё целый ряд свойств конструкции, таких как: частоты и формы собственных колебаний, динамическая жесткость сооружения, декремент затухания.

С другой стороны появляется возможность на каждом этапе загрузки определить напряженно-деформированное состояние конструкции.

### **Выводы**

1. Существующие методы испытания каркасно-каменных зданий на сейсмические воздействия делятся на две группы: статические и динамические.

2. Характерные повреждения кирпичной кладки стен, полученные при статических испытаниях аналогичны повреждениям и разрушениям кирпичных стен вызванные землетрясениями и потому можно, с некоторым допущением использовать в изучении поведения зданий как при сейсмических воздействиях.

3. Исходя из проведенного анализа, наиболее рациональным в сложившихся условиях будет проведение испытаний на сейсмические воздействия путем приложения статических знакопеременных малоцикловых нагрузок к моделям стеновых панелей каркасно-каменных зданий.

### **Список литературы**

1. Alcocer S.M., Arias, J.G., Vázquez, A. [2004] "Response assessment of Mexican confined masonry structures through shaking table test," *Proceedings of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada. Paper no 2130*

2. Поляков С. В. *Сейсмостойкие конструкции зданий*. – 2-е изд. – М.: Высш. школа, 1983. – 304 с.

3. Yoshimura K., Kikuchi, K., Kuroki, M., Nonaka, H., Kim, K.T., Wangdi, R. and Oshikata, A. [2004] "Experimental study on effects of height of lateral forces, column reinforcement and wall reinforcements on seismic behaviour of confined masonry walls," *Proceedings of 13<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, paper no. 1870*.

4. Zabala F., Bustos J.L., Masanet, A., Santalucía J. [2004] "Experimental Behaviour of masonry structural walls used in Argentina" *Proceedings of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada. Paper no 1093*.

5. Измайлов Ю. В. *Сейсмостойкость каркасно-каменных зданий*. Кишинев, 1975, 310 с.