

ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ МЕТОДОМ ПЛОСКИХ ДОМКРАТОВ

Зубков Сергей Владимирович, ведущий инженер

Улыбин Алексей Владимирович, к.т.н., доцент

(Санкт-Петербургский политехнический Университет Петра Великого
Санкт-Петербург)

АННОТАЦИЯ

В статье представлены некоторые результаты испытания кирпичной кладки в полевых условиях при помощи метода плоских домкратов (Flat Jack Testing). Описаны преимущества и недостатки данного метода, сложности, возникающие при испытаниях, дальнейшей обработке и интерпретации результатов.

Ключевые слова: кирпичная кладка, метод плоских домкратов, модуль упругости, прочность кладки.

Введение

При обследовании каменных зданий и сооружений одной из основных задач является определение прочностных и деформационных характеристик данной кладки, которые в дальнейшем используются при поверочных расчетах конструкций.

В данной работе хотелось бы остановиться на определении деформационной характеристики (модуля упругости) кирпичной кладки.

Модуль упругости кладки напрямую зависит от ее предела прочности и упругой характеристики, имеющей табличное значение.

Прочность кирпичной кладки в свою очередь согласно отечественным нормам СП 15.13330.2012 [1, 2] определяется по эмпирической зависимости, исходя из известных прочностных характеристик кирпича и раствора. При этом прочностные характеристики компонентов кладки определяются путем стандартных испытаний отобранных из конструкции образцов согласно ГОСТ 8462-85 [3] и ГОСТ 5802-86 [4]. Данный метод достаточно трудоемок, приводит к существенным повреждениям конструкций, а определение прочности компонентов кладки неразрушающими методами (упругого отскока, ультразвука, ударного импульса и т.д.) недопустимо, в особенности для керамического кирпича [5, 6].

Метод плоских домкратов

За рубежом, и в особенности в Италии, для исследования свойств кирпичной кладки активно применяется метод плоских домкратов [7-9]. В начале 1990-х в США появился стандарт ASTM 1197 [10], регламентирующий определение модуля упругости испытываемого участка кладки.

Согласно ASTM 1197 определение деформативных характеристик кирпичной кладки осуществляется следующим образом (рисунок 1). В кладке друг над другом выполняют два пропила, в которые помещают плоские домкраты. Между домкратами устанавливают систему измерения деформаций участка кладки. В ходе испытания при увеличении давления в системе регистрируют перемещения датчиков, то есть фиксируют насколько сжимается испытываемый участок. После этого по формуле (1) определяют напряжения в кладке и, зная перемещения при данном напряжении, вычисляют модуль упругости.

$$f_m = K_m K_a P \quad (1)$$

где f_m – напряжения в фрагменте кладки;

K_m – коэффициент, учитывающий жесткостные характеристики домкратов.

K_a – коэффициент, учитывающий отношение площади паза к площади домкрата.

P – давление в домкратах.

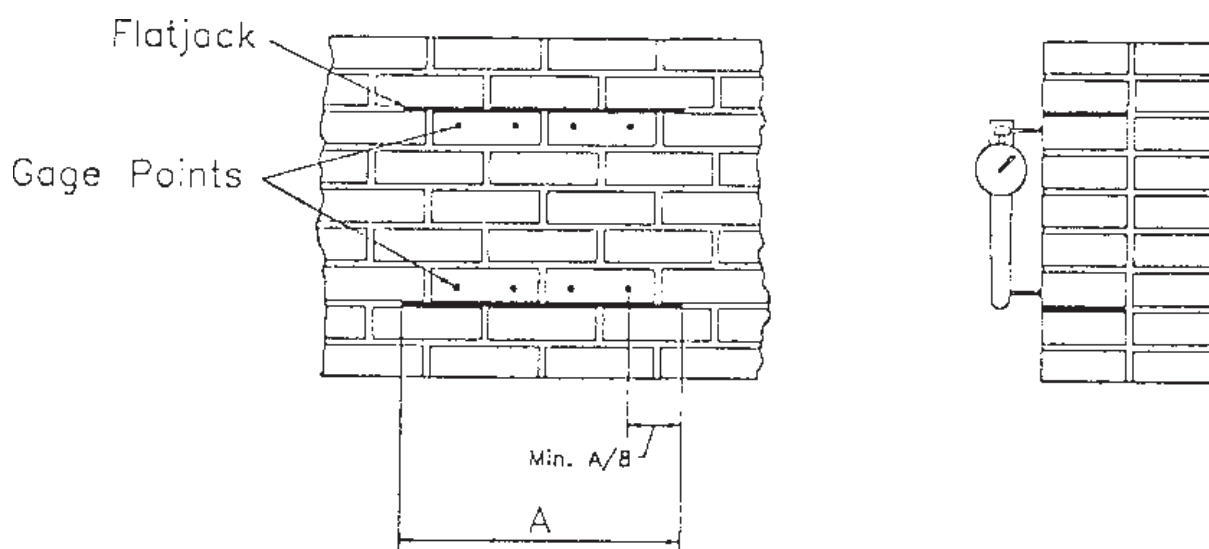


Рисунок 1 – Измерение модуля упругости согласно ASTM 1197

Эксперимент

Как уже упоминалось в предыдущих работах [11,12] авторами сконструирована установка для реализации метода Flat Jack Testing, аналогичная применяемой за рубежом. Изготовлены плоские домкраты по индивидуальному заказу, собрана гидравлическая система, совместно со специалистами компании ООО «НПО «Интерприбор» разработаны датчики фиксации перемещений с соответствующим программным комплексом.

В условиях реального объекта была проведена серия испытаний кирпичной кладки. Возраст кладки более 40 лет. Кирпич – керамический полнотелый, раствор – цементно-песчаный.

Целью данной работы являлась оценка влияния на результат испытаний защемления участка кирпичной кладки (рисунок 1) со сторон примыкания к кладке стены, не отделенной от испытываемого фрагмента прорезями. Необходимо отметить, что методика ASTM 1197, а также научные публикации зарубежных авторов [7-9] не учитывают данный фактор.

Испытание проводилось в три этапа.

1. В рамках первого этапа из стены отобраны образцы кирпича и раствора с последующим лабораторным испытанием и определением прочности на сжатие. После этого согласно СП 15.13330.2012 [1] вычислены пределы прочности кладки и модуль деформации. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1

<i>Прочность кирпича $R_1, \text{кгс/см}^2$</i>	<i>Прочность раствора $R_2, \text{кгс/см}^2$</i>	<i>Предел прочности кладки $R_u, \text{кгс/см}^2$</i>	<i>Модуль деформации $E, (\text{МПа})$</i>
71	107	29,1	2850

2. Второй этап заключался в испытании кладки методом плоских домкратов согласно ASTM 1197, т.е. с двумя горизонтальными штрабами.

Перед проведением испытаний выполнена калибровка домкратов, то есть определены его жесткостные характеристики и влияние на результат испытания [12]. В ходе калибровки установлены коэффициенты домкрата в зависимости от давления (рисунок 2).

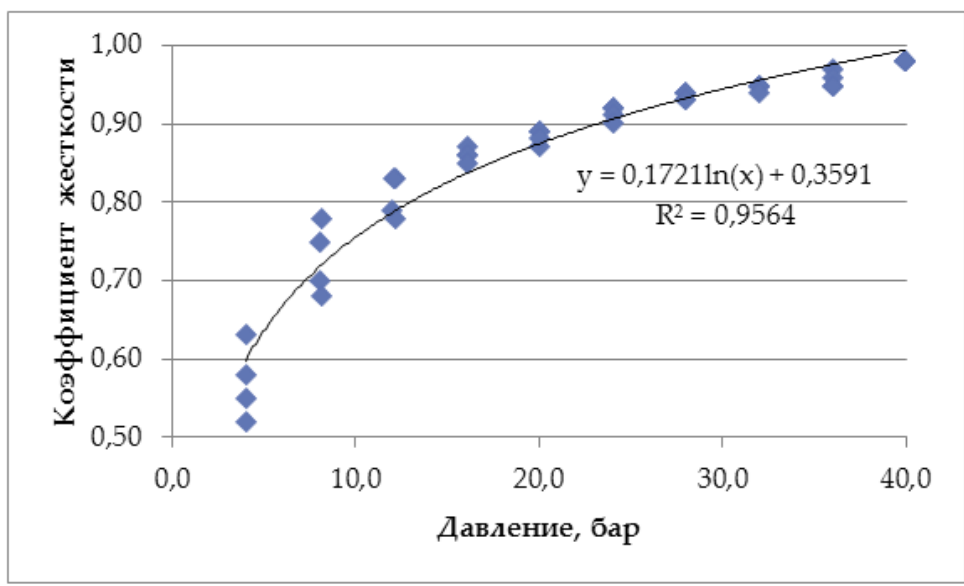


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента жесткости домкрата от давления в системе

В ходе испытания (рисунок 3) фиксировались деформации кладки и давление, действующее в системе, после чего по известным зависимостям с учетом жесткости домкратов вычислялся модуль упругости.



Рисунок 3 – Испытание кладки по методике ASTM 1197

График зависимости деформаций от напряжений представлен на рисунке 4.

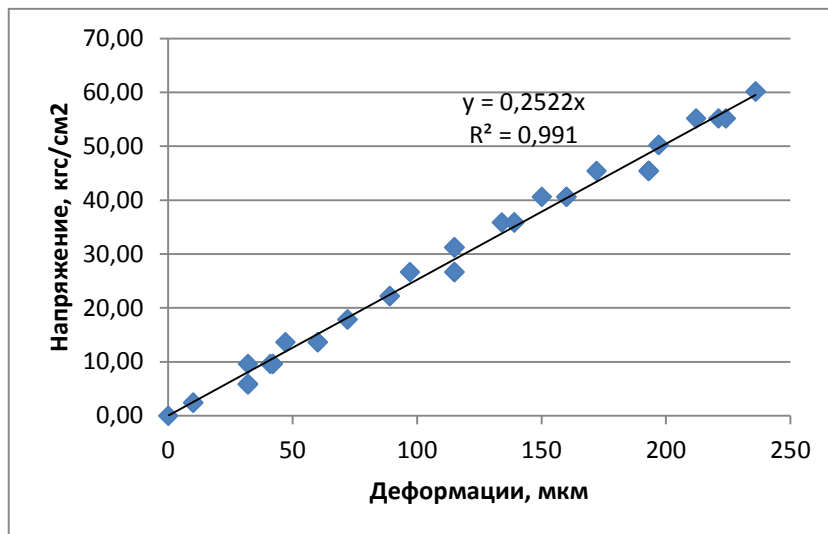


Рисунок 4 – График зависимости деформаций от напряжений

В результате обработки данных модуль упругости в среднем по двум участкам составил $E = 6700-7000$ МПа. Полученный модуль упругости в разы превышает полученный по стандартной методике ($E = 2850$ МПа).

3. Третий этап заключался в испытании кладки методом плоских домкратов аналогично второму этапу, но уже с устройством дополнительных вертикальных штраб (рисунок 5). Таким образом исключено влияние защемления кладки с боковых сторон.



Рисунок 5 – Испытание кладки с вертикальными штрабами

График зависимости деформаций от напряжений представлен на рисунке 6.

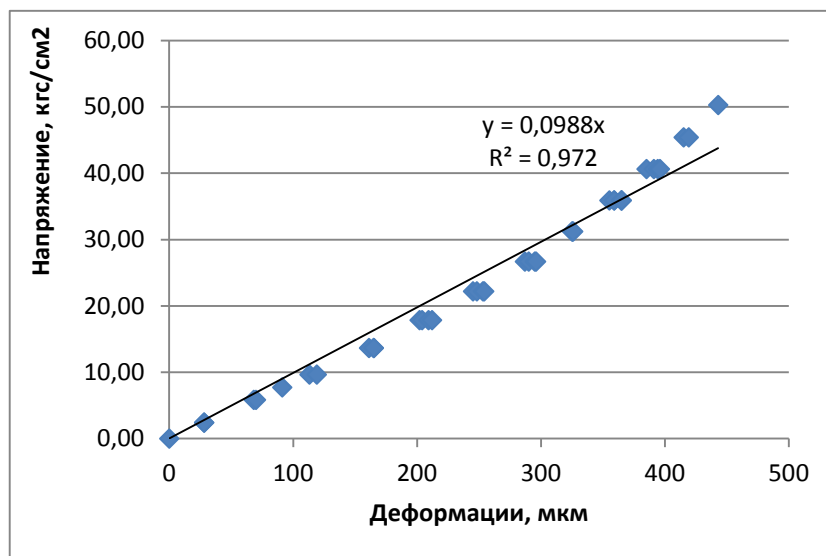


Рисунок 6 – График зависимости деформаций от напряжений (испытание с вертикальными штрабами)

В результате данного испытания зафиксировано, что полученные деформации значительно больше, чем при испытании без вертикальных штраб при идентичной нагрузке. При этом зависимость «напряжения-деформации» осталась линейной, а полученные значения модуля упругости оказались в разы ниже. Среднее значение составляет $E=2510$ МПа. Данное значение модуля упругости достаточно близко со значением, вычисленным по стандартной методике ($E = 2850$ МПа).

Выводы

В результате данного эксперимента выявлено существенное влияние защемления испытываемого участка на результаты определения деформационных характеристик кирпичной кладки методом плоских домкратов. При этом данный факт никаким образом не обговаривается в действующих зарубежных нормативных документах, а также в научных публикациях зарубежных авторов. Для внедрения данного метода в практику обследования и испытания каменных конструкций необходимо проведение дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*.-Введ.01.01.2013.- 73 с.
2. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81. «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования») /ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ВДПП Госстроя СССР, 1987. – 152 с.
3. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.- Введ. 01.07.85.- 5 с.
4. ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний. – Введ. 01.07.86.
5. А.В. Улыбин, С.В. Зубков О методах контроля прочности керамического кирпича при обследовании зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2012. №3. С.29-34.
6. Улыбин А.В., Зубков С.В., Сударь О.Ю., Лаптев Е.А. Стандартная и альтернативная методики определения прочности кирпича при обследовании зданий и сооружений // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 3 (18). С. 9-24.
7. Andreini, M., De Falco, A. , Giresini, L., Sassu, M. Mechanical characterization of masonry walls with chaotic texture: Procedures and results of in-situ tests // International Journal of Architectural Heritage. 2014. Vol. 8, pp. 376-407.
8. S. Parivallal, K. Kesavan , K. Ravisankar , B Arun Sundram, A K Farvaze Ahmed. Evaluation of in-situ stress in masonry structures by flat jack technique.-Proceedings of the National Seminar & Exhibition on Non-Destructive Evaluation. NDE, December 8-10, 2011.
9. Carpinteri A., Invernizzi S., Lacidogna, G. Cracking simulation of brick-masonry elements subjected to the double flat-jack test.- Proceedings of the 6th International Conference on Structural Analysis of Historic Construction, 2008.-SAHC08 1.- pp.367-374.
10. ASTM 1197 «In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties. Using the Flat-jack Method».
11. Зубков С.В, Улыбин А.В. Опыт применения метода плоских домкратов при испытании кирпичной кладки // Материалы VI международной научно-практической конференции "Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения". 2015. С.87-94.
12. Зубков С.В., Улыбин А.В., Федотов С.Д. Исследование механических свойств кирпичной кладки методом плоских домкратов // Инженерно-строительный журнал. 2015. №8(60). С. 20–29.

THE EXPERIENCE OF AN APPLICATION
OF THE FLAT JACK TESTS ON A BRICK MASONRY

Zubkov Sergey Vladimirovich, lead engineer

Ulybin Aleksey Vladimirovich, PhD (Eng), Associate professor
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg)

ABSTRACT

The paper presents the results of some tests masonry in-situ by the method of the flat jacks. Described advantages and disadvantages of this method, the complexities involved in the tests, further processing and interpretation of results.

Keywords: brick masonry, flat jack tests, modulus of elasticity, strength of masonry.