

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ КЛАДКИ ИЗ РАЗЛИЧНОГО
ТИПА КАМНЕЙ СОГЛАСНО СТАНДАРТОВ
EN 1052-5:2005 И ASTM C1072**

Шеховцов И.В., Петраш С.В, Бондаренко А.В., Шеховцов В.И.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры
г. Одесса, Украина

АННОТАЦИЯ: Наводяться результати експериментальних досліджень міцності зчеплення кладки, яка зроблена з різного типу каменів (силікатної, глиняної повнотілої та пустотної цегли, камня-черепашечника, пінобетону) на цементно-піщаному розчині, які випробовувались згідно закордонних стандартів EN 1052-5:2005 та ASTM C1072 методом згинального моменту.

АННОТАЦИЯ: Приводятся результаты экспериментальных исследований прочности сцепления кладки, выполненной из различного типа камней (силикатный, глиняный полнотелый и пустотелый кирпич, камень-ракушечник, пенобетон) на цементно-песчаном растворе, испытанных согласно зарубежных стандартов EN 1052-5:2005 и ASTM C1072 методом изгибающего момента.

ABSTRACT: Experimental results of bond strength of different kind of masonry (lime-sand, clay, cavity bricks, limestone, foam concrete elements) with cement-sand mortar by the bond wrench method according to EN 1052-5:2005 and ASTM C1072 are given.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: каменная кладка, прочность сцепления, испытания изгибающим моментом, эксперименты с кладкой

Переход на европейские нормативные документы заставляет внедрять в строительную практику обширный опыт зарубежных инженеров. Это влечет за собой необходимость освоивания новых

подходов к расчетным методикам и, в особенности, к методам испытаний строительных конструкций и изделий. Особый интерес представляют вопросы в области строительной науки, которым в нашей стране уделялось мало внимания. Одним из таких вопросов является работа шва заполнения в каменной кладке – прочность сцепления. Обычно считается, что каменная кладка в строительных конструкциях в основном подвергается воздействию сжимающих усилий. Варианты работы кладки при изгибе, растяжении и срезе достаточно редки, однако количество случаев, при которых прочность кладки при перечисленных деформациях определяет несущую способность всего сооружения, достаточно велико. К таким случаям можно отнести сейсмические воздействия, значительные ветровые воздействия, неравномерные осадки зданий и т.д.

Для определения прочности сцепления в Украине используется методика [3], согласно которой прочность сцепления определяется как величина вертикального растягивающего усилия. Но осевого растяжения в реальных конструкциях практически никогда не возникает, а кладка в швах при горизонтальных воздействиях работает частично на сжатие, частично на отрыв.

Европейские и американские стандарты [11, 12] предлагают методику определения прочности сцепления другим способом - методом изгибающего момента, благодаря которому мы получаем по площади поверхности камня величины усилий разных знаков. Такой подход к определению прочности сцепления в кладке представляет несомненный научный интерес. Авторами был проведен ряд натурных экспериментов по испытаниям кладки из различного вида камней на цементно-песчаном строительном растворе для определения прочности сцепления по рекомендациям зарубежных стандартов.

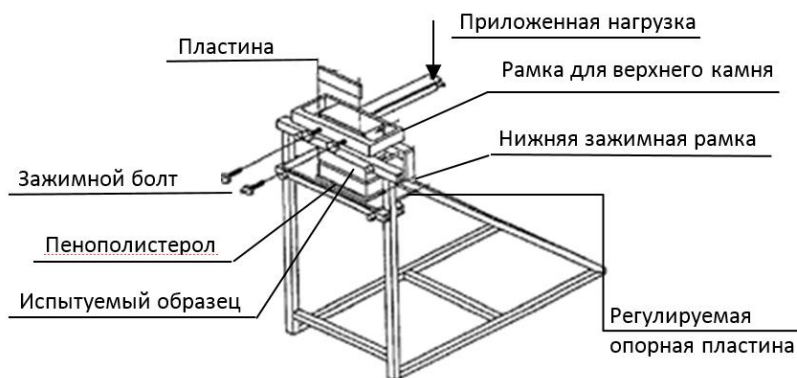


Рис. 1. Схема установки для проведения испытаний кирпичной кладки по EN 1052-5:2005 и ASTM C1072

Суть испытания согласно [11, 12] состоит в том, что нагрузка прикладывается к образцу, закрепленному в специальной испытательной раме с эксцентриситетом (рис. 1).

Опытные образцы представляют собой столб, состоящий из шести целых кирпичей (камней), соединенных раствором толщиной 10 мм и уложенных один над другим без перевязки. Это дает возможность определения прочности сцепления до пяти швов в одном образце. После испытания кирпич осматривается и в протоколе фиксируется вид разрушения согласно [11].

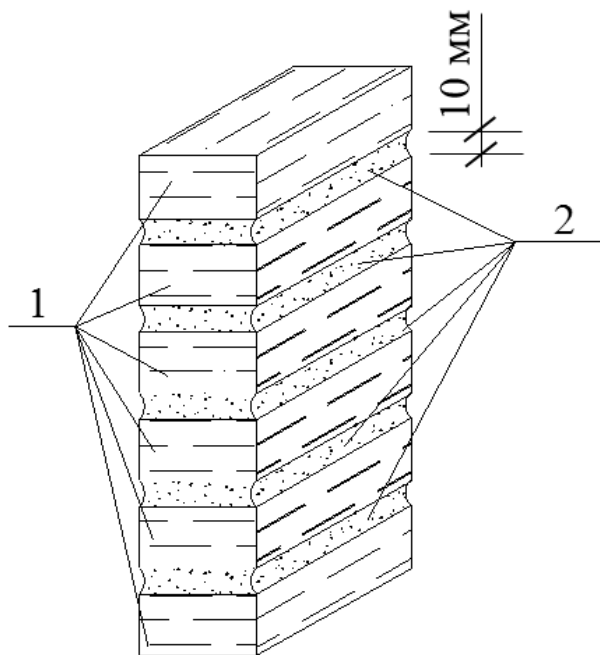


Рис. 2. Образец из керамического полнотелого кирпича

1 – отдельный кирпич (камень) в опытном образце

2 – шов с заполнением раствором

В лаборатории ОГАСА для выполнения экспериментальных образцов кладки были отобраны следующие виды камней: силикатный кирпич (250x120x88мм) [4], керамический кирпич полнотелый рядовой (250x120x65мм), керамический кирпич с 34 пустотами (250x120x88мм) [5],

камень ракушечник пиленный (180x90x90мм) [6] и камень из ячеистого бетона автоклавного твердения (пиленный) (190x100x100мм) [7]. В качестве заполнения шва применялся цементно-песчаный строительный раствор с соотношением компонентов 1:3 [8].

Обработка результатов испытания выполнялась по европейскому и американскому нормативам. Согласно **EN 1052-5:2005** величина прочности сцепления f_{wi} определяется по формуле:

$$f_{wi} = \frac{F_1 e_1 + F_2 e_2 - \frac{2}{3} d F_1 + F_2 + \frac{W}{4}}{Z}, \quad (1)$$

где $Z = \frac{bd^2}{6}$,

b – ширина испытываемого горизонтального шва;

d – ширина испытываемого кирпича;

e_1 – расстояние от применяемой нагрузки до растянутой грани образца;

F_1 – приложенная нагрузка;

F_2 – собственный вес рычага и рамки;

W – вес элемента каменной кладки, извлеченного из образца и прилипшего строительного раствора.

Определение прочности сцепления в кладке согласно американского стандарта **ASTM C1072** F_n предлагается выполнять по формуле:

$$F_n = \frac{P \cdot L + P_1 \cdot L_1}{S_1} - \frac{P + P_1}{A_n}, \quad (2)$$

где F_n – прочность сцепления кладки;

P – максимальная приложенная нагрузка;

P_1 – собственный вес рамки и кирпича;

L – расстояние от центра каменной призмы до точки приложения нагрузки;

L_1 – расстояние от центра каменной призмы до центра тяжести рамки;

S_n – полярный момент инерции сечения камня;

A_n – площадь камня.

В табл. 1 приведены значения прочности сцепления в кладке, рассчитанные по методикам EN 1052-5:2005 и ASTM C1072. На рис. 3 приведены полученные в результате испытаний поверхности разрушения растворного шва по классификации европейских норм.

Таблица 1

Значения прочности сцепления в кладке

Образцов в серии	Тип камня	Среднее значение прочности сцепления f_{wi} , F_n , МПа (кг/см ²)	Нормативный документ
5	Силикатный кирпич	0,265 (2,70)	EN 10525:2005
		0,281(2,87)	ASTM C1072
5	Полнотелый керамический кирпич	0,606 (6,18)	EN 10525:2005
		0,581 (5,93)	ASTM C1072
5	Пустотелый керамический кирпич	0,551 (5,62)	EN 10525:2005
		0,560 (5,71)	ASTM C1072
5	Камень - ракушечник	0,420 (4,28)	EN 10525:2005
		0,427 (4,35)	ASTM C1072
5	Пенобетон	0,348 (3,55)	EN 10525:2005
		0,367 (3,74)	ASTM C1072

		
<p>Разрушение на границе между строительным раствором и верхним элементом:</p> <p>Силикатный 1:3 – 20 % Полнотелый 1:2 – 50% Пустотелый - 20 % Ракушняк – 60 % Пенобетон – 60 %</p>	<p>Разрушение на границе между строительным раствором и нижним элементом:</p> <p>Силикатный 1:3 – 60 % Полнотелый 1:2 – 50% Пустотелый - 80 % Ракушняк – 40 % Пенобетон – 0 %</p>	<p>Разрушение на границе между строительным раствором и обоими элементами:</p> <p>Силикатный 1:3 – 20 % Полнотелый 1:2 – 0% Пустотелый - 0 % Ракушняк – 0 % Пенобетон – 40 %</p>

Рис. 3. Виды разрушения швов опытных образцов:
1 - растянутая грань; 2- сжатая грань

ВЫВОДЫ

Проведенные экспериментальные исследования позволяют определить прочность сцепления в кладке по новой для нашей страны методике испытаний – методом изгибающего момента. Различия в рассмотренных методиках состоят в различных подходах к обработке результатов эксперимента и составляют до 6%, поэтому обработку данных можно производить по любой из методик. Согласно полученных экспериментальных данных наименьшей прочностью сцепления обладают образцы из силикатного кирпича. Это связано с наихудшей адгезией раствора к гладкой поверхности образцов. Далее следуют образцы из пенобетона, для которого необходимо использовать специальные клея, а не строительный раствор, и образцы из камня-ракушечника. Максимальные показатели сцепления в кладке были получены для образцов из керамического кирпича, причем наивысший показатель прочности сцепления был получен у полнотелого кирпича. Меньшее значение прочности сцепления для образцов из пустотных кирпичей вероятно вызвано тем, что в пустотах раствор сопротивляется благодаря силе трения затвердевшего в пустоте раствора, а сцепление раствора и кирпича распространяется на меньшей площади (без учета пустот). Сводная диаграмма по результатам эксперимента приведена на рис. 4.

Тип камня

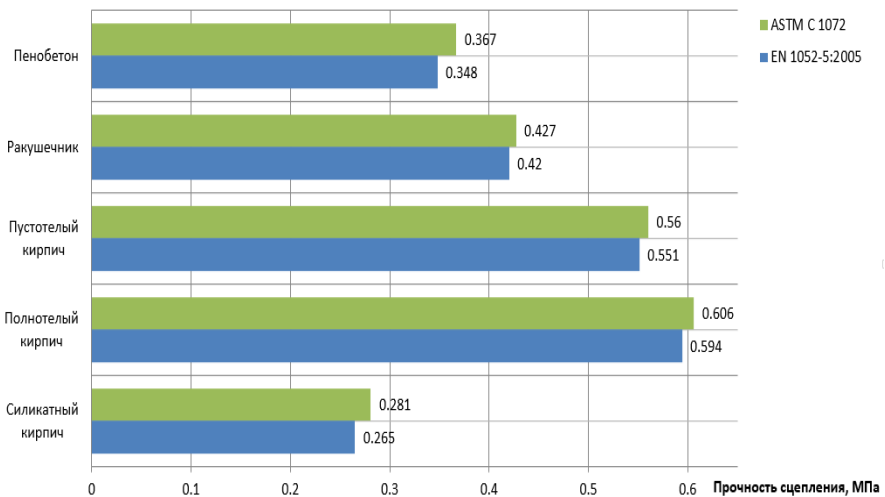


Рис. 4. Результаты определения прочности сцепления кладки по методикам EN 1052-5:2005, ASTM C1072

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков С.В. Сцепление в кирпичной кладке. / Поляков С.В. - М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1959. - 85 с.
2. Каменные и армокаменные конструкции: СНиП II-22-81*. - [Введен с 1983-01-01]. - М.: Стройиздат, 1983. - 40 с.
3. Конструкції кам'яні. Метод визначення міцності зчеплення в кам'яній кладці: ДСТУ Б В.2.6-174:2011 (ГОСТ 24992-81, MOD). - [Чинний від 2012-12-01]. - К.: - ДП НДІБК, 2012. - 13 с. - (Державний стандарт України).
4. Цегла та камені силікатні. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-80-98. - [Чинний від 1999-03-01]. - К.: Держбуд України, 1999. - 16 с. - (Державний стандарт України).
5. Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ). - [Чинний від 2010-01-01]. - К.: НДІБМВ, 2009. - 33 с. - (Державний стандарт України).
6. Камінь природний. Блоки необроблені. Вимоги: ДСТУ Б В.2.7-246:2010 (EN 1468: 003, IDT). - [Чинний від 2011-01-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2008. - V, 208 с. - (Державний стандарт України).
7. Блоки з ніздрюватого бетону. Стінові дрібні: ДСТУ Б В.2.7-137:2008. - [Чинний від 2008-01-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2008. - 16 с. - (Державний стандарт України).
8. Розчини будівельні. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-23-95. - [Чинний від 1996-01-01]. - К., 1996. - 17 с. - (Державний стандарт України).
9. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-162:2010. - [Чинний від 2011-09-01]. - К: Мінрегіонбуд України, 2011. - VI, 97 с. - (Будівельні норми України).
10. Eurocode 6. Design of masonry structures – Part 1-1: Common rules for reinforced and unreinforced masonry structures. - 123 p.
11. Methods of test for masonry. Determination of bond strength by the bond wrench method: EN 1052-5:2005. – 18 p.
12. Standard Test Methods for Measurement of Masonry Flexural Bond Strength: ASTM C 1072. - 19 p.

REFERENCES

1. Polyakov S. Bond strength in masonry / Polyakov S. - Moscow: National literature publishing house of building and architecture, 1959. - 85 p.
2. Masonry and reinforced masonry structures: SNiP II-22-81*. - [Valid from 1983-01-01]. - Moscow: Stroyizdat, 1983. - 40 p.
3. Masonary Structures. Method of Estimating Bonding Strength in Masonry DSTU B V. 2.6-174:2011 (ГОСТ 24992-81, MOD). - [Valid from 2012-12-01]. - K.: NDIBK, 2012. - 13 p. - (State Standard of Ukraine).

4. Building materials. Silicate brick and stones. Specifications: DSTU B V. 2.7-80-98. - [Valid from 1999-03-01]. - K.: Derzbud of Ukraine, 1999. 16 p. - (State Standard of Ukraine).
5. Building materials. Ceramic bricks and stones rough and facial types. Specifications: DSTU B V. 2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ). - [Valid from 2010-01-01]. - K.: NDIBMV, 2009. - 33 p. - (State Standard of Ukraine).
6. Natural stone. Rough blocks. Requirements: DSTU B V. 2.7-246:2010 (EN 1468:003, IDT). - [Valid from 2011-01-01]. - K.: Minregionbud of Ukraine, 2008. - 18 p. - (State Standard of Ukraine).
7. Building materials. Blocks from cellular concrete wall small. Specifications: DSTU B V. 2.7-137:2008. - [Valid from 2008-01-01]. - K.: 2008. - 16 p. - (State Standard of Ukraine).
8. Building materials. Mortars. General specifications: DSTU B V. 2.7-23-95. - [Valid from 1996-01-01]. - K., 1996. - 17 p. - (State Standard of Ukraine).
9. The construction of building and structures. Design of masonry structures. General rules: DBN V.2.6-162:2010. - [Valid from 2011-09-01]. - K.: Minregionbud of Ukraine, 2011. - 97 p. - (Building Codes of Ukraine).
10. Eurocode 6. Design of masonry structures – Part 1-1: Common rules for reinforced and unreinforced masonry structures. - 123 p.
11. Methods of test for masonry. Determination of bond strength by the bond wrench method: EN 1052-5:2005. – 18 p.
12. Standard Test Methods for Measurement of Masonry Flexural Bond Strength: ASTM C 1072. - 19 p.

Статья поступила в редакцию 11.08.2015 г.