

Прочность нормального сцепления цементных растворов в каменной кладке

К.т.н., докторант В.Н. Деркач,
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Ключевые слова: каменная кладка; кладочный раствор; прочность сцепления; отрыв

Сцепление между камнем и раствором и сопротивление раствора в швах кладки растяжению зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются:

- прочность применяемого раствора (в общем случае с увеличением марки раствора повышается общая прочность кладки);
- конструкция камня (наличие/отсутствие пустот), характер и состояние его поверхности (наличие шероховатостей, пор и неровностей), чистота поверхности камня;
- водоудерживающая способность раствора, состав и качество составляющих его компонентов;
- режим твердения раствора (температурные показатели, наличие нагрузок и вид воздействия на кладку);
- возраст раствора при испытании;
- увлажнение камня при выполнении кладки.

Перечисленные факторы трудно учесть при оценке прочности нормального сцепления раствора с камнем. По этой причине СНиП II-22-81* запрещает проектирование каменных конструкций, прочность которых определяется только нормальным сцеплением камня и раствора, в том числе и конструкций, работающих на растяжение по неперевязанным сечениям. Тем не менее, существуют практически важные случаи, при которых прочность кладки при растяжении и срезе определяет несущую способность конструкции. К ним, прежде всего, следует отнести каменные конструкции, подверженные сейсмическим воздействиям, каменное заполнение каркасных зданий, в которых при ветровых и крановых воздействиях возникает перекосячение ячеек каркаса, облицовочные слои многослойных каменных стен при температурных воздействиях, каменные стены и перегородки, установленные на гибкие диски перекрытий, случаи неравномерной осадки оснований фундаментов [1-9].

В соответствии с действующим СНиП II-22-81* [10] нормальное сцепление (прочность каменной кладки осевому растяжению по неперевязанному сечению) R_t зависит только от предела прочности раствора при сжатии и вида камня. При этом повышение сцепления с возрастанием прочности раствора выше 5 МПа не учитывается.

В Еврокоде 6 [11] данные по прочности каменной кладки осевому растяжению по неперевязанному сечению отсутствуют. Еврокод 6 лишь указывает, что сцепление между кладочными элементами и раствором должно быть достаточным для предусмотренного вида кладки и определяться согласно стандартам EN 1052-3 и EN 1052-5 конкретно для каждого вида кладки. Стандарт EN 1052-3 устанавливает прочность касательного сцепления, которая является начальной прочностью при сдвиге, а EN 1052-5 – прочность нормального сцепления.

Примерно с середины 90-х годов в странах СНГ появились новые виды кладочных растворов и кладочных элементов: сухие растворные смеси заводского изготовления, поризованная керамика, блоки из ячеистого бетона и т.п. Широкое распространение получили технологии кладочных работ, позволяющие возводить каменную кладку на тонких растворных швах. Исследованиям прочности сцепления растворов для тонкослойных швов в каменной кладке посвящены работы [12-19]. Несмотря на обширный объем исследований, данные, касающиеся прочности нормального сцепления для таких кладок, в нормативных документах отсутствуют.

Методика испытаний

Определение прочности нормального сцепления в каменной кладке производилось на образцах, состоящих из двух кладочных элементов, соединенных между собой растворным швом. Форма и геометрические размеры кладочных элементов, из которых готовились опытные образцы кладки, показаны на рис. 1.

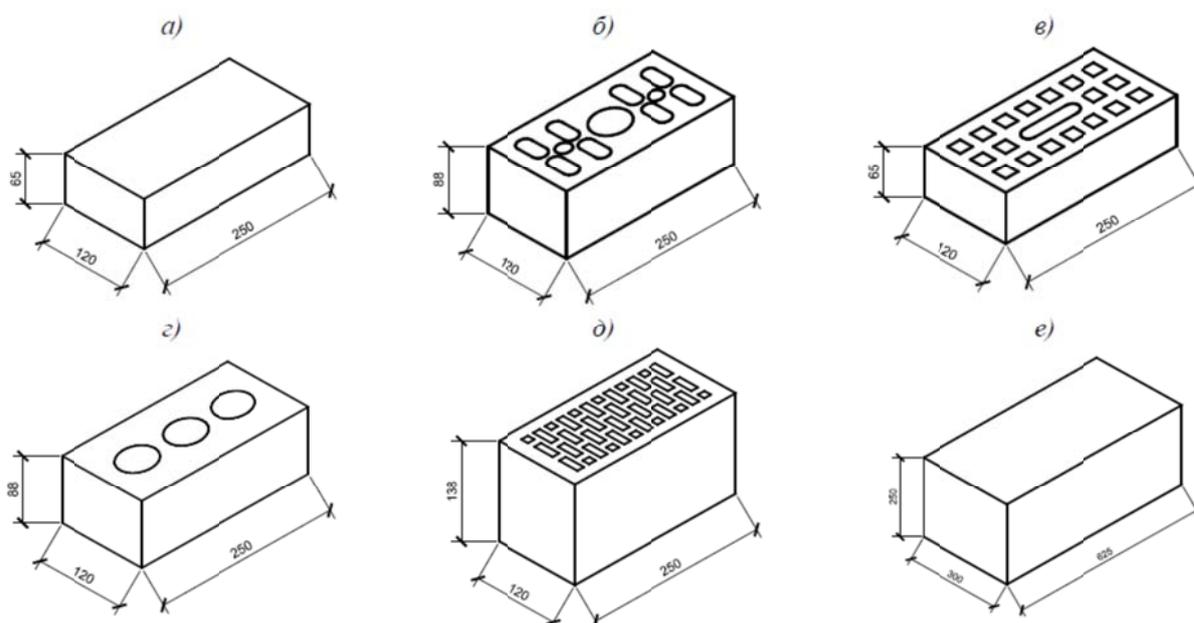


Рисунок 1. Форма и геометрические размеры кладочных элементов: а – полнотелый керамический кирпич КРО; б – пустотелый керамический кирпич КРПУ пустотностью $V=18\%$; в – пустотелый керамический кирпич КРПО пустотностью $V=30\%$; г – силикатный кирпич СУР пустотностью $V=18\%$; д – керамический поризованный камень КПП пустотностью $V=42.3\%$; е – ячеистобетонный блок

Для приготовления кладочных растворов использовалась сухая растворная смесь М100 заводского изготовления. Прочность при сжатии раствора устанавливалась в соответствии с требованиями EN 1015-11. Из данной растворной смеси путем изменения пропорций составляющих готовилась растворная смесь других прочностных показателей. Опытные образцы выполнялись на растворах прочностью при сжатии $f_m = 10,9$ МПа, $f_m = 7,9$ МПа, $f_m = 3,1$ МПа с толщиной шва 10 мм. Для выполнения образцов на тонкослойных швах применялась заводская клеевая растворная смесь М75. Образцы на тонких растворных швах изготавливались из ячеистобетонных блоков D500 прочностью B2,5.

Всего было испытано 14 серий образцов каменной кладки. Каждая серия включала в себя не менее 5 образцов.

Прочность сцепления определялась методом изгибающего момента по методике EN 1052-5 (рис. 2).

Испытуемый образец зажимался с помощью струбцины таким образом, чтобы нижний кладочный элемент имел достаточную степень защемления, а испытываемый шов находился на расстоянии 10-15 мм от края зажима. Для обеспечения равномерного обжатия кладочного элемента между ним и зажимом устанавливались металлические пластины и упругая прокладка в виде резины.



Рисунок 2. Общий вид испытаний

Затем зажимался верхний кладочный элемент, и устанавливалось плечо рычага в горизонтальное положение. Нагрузка на плечо рычага прикладывалась при помощи испытательной машины УМЭ-10М. Скорость нагружения выбиралась такой, чтобы разрушение возникло в пределах от 2 мин до 5 мин от начала приложения нагрузки. В ходе испытаний регистрировались величина разрушающей нагрузки и характер разрушения опытных образцов.

Прочность сцепления для каждого случая разрушения вычислялась с точностью до $0,01$ Н/мм² по формуле (1):

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

$$\text{где } Z = \frac{bd^2}{6};$$

b – средняя длина испытываемого горизонтального шва, мм;

d – средняя ширина образца, мм;

e_1 – расстояние от оси приложения нагрузки до растянутой грани образца, мм;

e_2 – расстояние от центра тяжести рычага и струбцины до растянутой грани образца, мм;

F_1 – прикладываемая нагрузка, Н;

F_2 – нагрузка от веса рычага и струбцины, Н;

W – нагрузка от веса верхнего кладочного элемента, включая прилипший строительный раствор, Н.

Результаты испытаний

Разрушение всех образцов, выполненных из полнотелого керамического кирпича, независимо от прочности кладочного раствора произошло по границе между раствором и кладочным элементом (рис. 3а). С увеличением прочности раствора прочность нормального сцепления возрастала.

Образцы, выполненные из пустотелого керамического кирпича КРПУ с объемом пустот 18% на растворе прочностью $f_m = 10,9$ МПа и $f_m = 7,9$ МПа, разрушились либо по границе между раствором и двумя кладочными элементами, либо по границе между раствором и верхним или нижним кладочными элементами. Разрушение всех опытных образцов, изготовленных на растворе прочностью $f_m = 3,1$ МПа, произошло по границе между раствором и верхним или нижним кладочным элементом. При разрушении опытных образцов на растворах прочностью $f_m = 10,9$ МПа и $f_m = 7,9$ МПа чаще всего наблюдалось выдергивание кладочного раствора из пустот камня (рис. 3б, в), а в образцах на растворе прочностью $f_m = 3,1$ МПа разрыв раствора (рис. 3г).

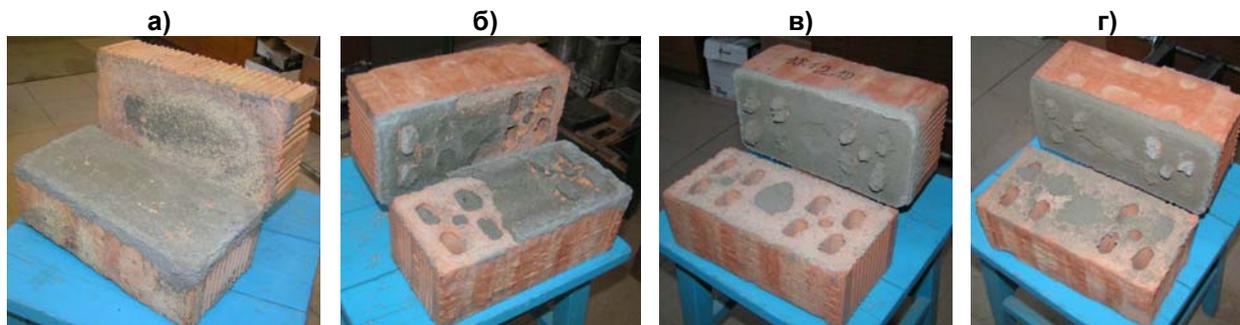


Рисунок 3. Характер разрушения образцов кладки:

а – из полнотелого керамического кирпича;

б – из пустотелого керамического кирпича КРПУ при прочности раствора $f_m = 10,9$ МПа;

в – при прочности раствора $f_m = 7,9$ МПа; г – при прочности раствора $f_m = 3,1$ МПа

При испытаниях кладки из пустотелого кирпича разница в значениях прочности нормального сцепления для образцов, выполненных на прочном и слабом растворе, была меньше, чем в образцах из полнотелого кирпича. Объясняется это тем, что раствор, входящий в отверстия камня, при разрушении должен быть выдернут или разорван, что создает дополнительное к нормальному сцеплению сопротивление растяжению.

Разрушения образцов из керамического пустотелого кирпича КРПО объемом пустот 30% происходило по границе между кирпичом и раствором. При этом, в образцах, выполненных на прочном растворе, при разрушении преимущественно происходило выдергивание раствора из пустот, а в образцах на слабом растворе – его разрыв.

Прочность нормального сцепления образцов, изготовленных из керамического кирпича КРПО, на растворе прочностью $f_m = 10,9$ МПа была близка к прочности образцов из кирпича КРПУ, в то время как образцы, выполненные на растворе прочностью $f_m = 3,1$ МПа, показали большую прочность сцепления, чем образцы из кирпича КРПУ. Это объясняется тем, что разрушение образцов, выполненных на прочном растворе, происходило вследствие потери сцепления раствора с камнем и выдергивания раствора из пустот камня, а на слабом растворе – разрыва последнего (рис. 4). Площадь поверхности разрыва раствора в образцах, выполненных из кирпича пустотностью 30%, больше, чем в образцах из кирпича пустотностью 18%.

Деркач В.Н. Прочность нормального сцепления цементных растворов в каменной кладке



Рисунок 4. Характер разрушения образцов кладки из пустотелого керамического кирпича КРПУ: а – при прочности раствора $f_m = 10,9$ МПа; б – при прочности раствора $f_m = 3,1$ МПа

Разрушение образцов, изготовленных из поризованных камней на прочном растворе $f_m = 10,9$ МПа, происходило по границе между камнем и раствором и сопровождалось разрывом и выдергиванием раствора из пустот с отрывом материала камня. В образцах, выполненных на растворе прочностью $f_m = 7,9$ МПа, при разрушении преимущественно происходило выдергивание раствора из пустот с частичным отрывом материала камня, а в образцах на растворе прочностью $f_m = 3,1$ МПа – разрыв раствора без разрушения материала камня (рис. 5).

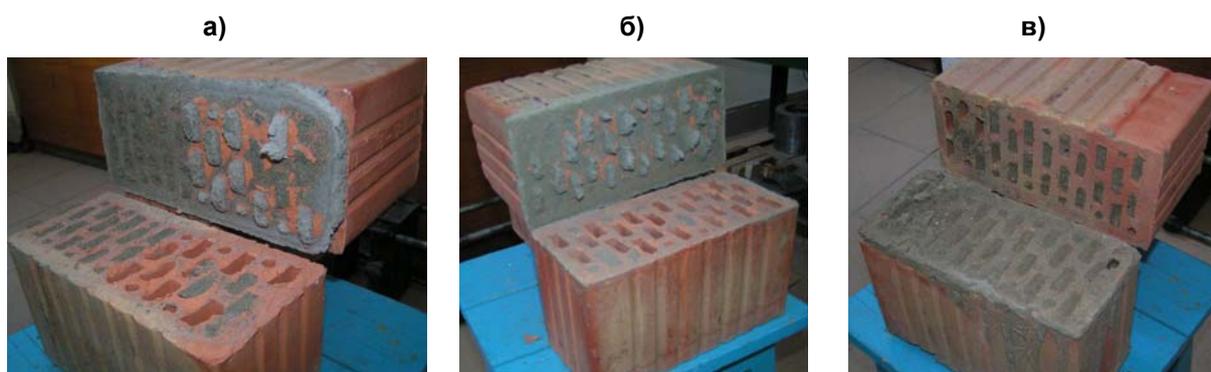


Рисунок 5. Характер разрушения образцов кладки из поризованных керамических камней КПП: а – при прочности раствора $f_m = 10,9$ МПа; б – при прочности раствора $f_m = 7,9$ МПа; в – при прочности раствора $f_m = 3,1$ МПа

Разрушение образцов кладки, выполненных из силикатного кирпича на растворе прочностью $f_m = 3,1$ МПа, происходило по границе между раствором и кладочным элементом (рис. 6а). Выдергивания раствора из пустот кладочного элемента или его разрыва не наблюдалось. В образцах, изготовленных на растворе прочностью $f_m = 10,9$ МПа, наблюдалось разрушение как по границе раствора и камня (рис. 6а) или по границе раствора и двух камней (рис. 6в), так и по границе раствора и камня с выдергиванием раствора из пустот (рис. 6б).

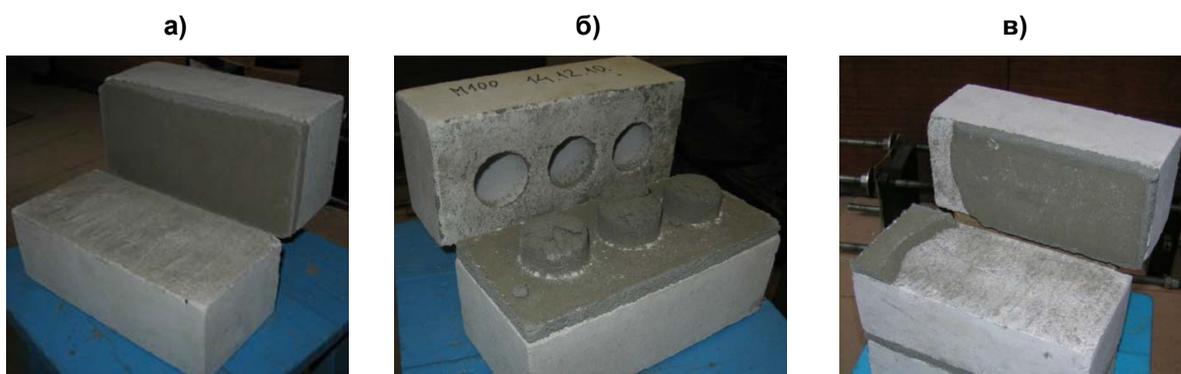


Рисунок 6. Характер разрушения образцов из силикатного кирпича: а – при прочности раствора $f_m = 3,1$ МПа; б, в – при прочности раствора $f_m = 10,9$ МПа



Рисунок 7. Характер разрушения образцов из ячеистобетонных блоков на тонких растворных швах

Разрушение всех образцов, изготовленных из ячеистобетонных блоков на тонких растворных швах, происходило непосредственно по растворному шву (рис. 7). Это свидетельствует о том, что прочность клевого растворного шва на растяжение оказалась меньше прочности его сцепления с камнем.

Результаты определения прочности нормального сцепления раствора с кладочными элементами и их сравнение с данными действующих норм [10] приведены в таблице 1.

В графе 4 таблицы 1 значение временного сопротивления кладки осевому растяжению R_{tu} принималась равным $2,25 \cdot R_t$, где 2,25 – коэффициент перехода от расчетного сопротивления кладки растяжению по неперевазанному сечению R_t согласно СНиП II 22-81 к среднему значению временного сопротивления R_{tu} при нормируемом коэффициенте вариации прочности 15% и коэффициенте безопасности по кладке $k_s = 1,575$.

Из таблицы 1 следует, что значения прочности нормального сцепления R_{tu} , приведенные в [10], удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными, полученными для образцов из керамического пустотелого кирпича с объемом пустот 18%. Образцы из керамического кирпича пустотностью 30% показали удовлетворительную сходимостью опытных значений $f_{w,obs}$ с данными норм [10] для раствора прочностью $f_m = 10,9$ МПа. Опытные значения нормального сцепления раствора прочностью $f_m = 3,1$ МПа для этого типа образцов оказались примерно в 1,7 раза выше значений R_{tu} , приведенных в [10].

Таблица 1. Сравнение опытных значений прочности нормального сцепления раствора с данными, приведенными в нормах [10]

| Вид и прочность кладочного элемента | Прочность кладочного раствора f_m (МПа) | Средние значения прочности нормального сцепления $f_{w,obs}$ (МПа) | Прочность нормального сцепления по СНиП II-22-81 R_{tu} (МПа) | $f_{w,obs}/R_{tu}$ |
|--|---|--|---|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Полнотельный керамический кирпич М 150 | 10,9 | 0,32 | 0,18 | 1,78 |
| | 7,9 | 0,31 | 0,18 | 1,72 |
| | 3,1 | 0,14 | 0,11 | 1,27 |
| Керамический кирпич пустотностью 18% М125 | 10,9 | 0,28 | 0,23 | 1,21 |
| | 7,9 | 0,27 | 0,23 | 1,17 |
| | 3,1 | 0,16 | 0,14 | 1,14 |
| Керамический кирпич пустотностью 30% М150 | 10,9 | 0,27 | 0,23 | 1,17 |
| | 3,1 | 0,24 | 0,14 | 1,71 |
| Поризованный керамический камень пустотностью 42,3% М150 | 10,9 | 0,6 | 0,23 | 2,60 |
| | 7,9 | 0,58 | 0,23 | 2,52 |
| | 3,1 | 0,46 | 0,14 | 3,28 |
| Силикатный пустотелый кирпич М150 | 10,9 | 0,19 | 0,13 | 1,46 |
| | 3,1 | 0,03 | 0,08 | 0,4 |
| Ячеистобетонный блок D500 B2,5 на тонкослойном клевом растворе | 7,5 | 0,08 | - | - |

Прочность сцепления раствора $f_{w,obs}$ образцов из полнотелого кирпича была примерно в 1,7 раза выше значений R_{tu} , приведенных в [10], для прочных растворов $f_m = 7,9-10,9$ МПа, для раствора прочностью $f_m = 3,1$ МПа данное превышение составило 1,27 раза.

Наиболее высокую прочность сцепления раствора с кладочными элементами показали образцы, изготовленные из поризованных керамических камней. Для указанных образцов отношение $f_{w,obs}/R_{tu}$ находилось в пределах 2,51- 3,28, при этом прочность сцепления $f_{w,obs}$ была примерно в 2 раза выше, чем в образцах из керамического кирпича.

Наименьшие значения прочности сцепления были зафиксированы в образцах из силикатного кирпича. Опытное значение сцепления раствора прочностью $f_m = 10,9$ МПа с силикатным кирпичом $f_{w,obs}$ было выше значения R_{tu} , приведенного в [10], в 1,46 раза, для раствора прочностью $f_m = 3,1$ МПа значение $f_{w,obs}$ было близко к нулю.

Прочность тонкослойного клеевого растворного шва образцов из ячеистобетонных блоков составила 0,08 МПа. При этом разрушение всех испытанных образцов произошло по телу растворного шва, что свидетельствует о низкой прочности раствора на осевое растяжение.

Коэффициент вариации прочности нормального сцепления для кладок из керамического и силикатного кирпича составил около 30%, для кладок из поризованных керамических камней и ячеистобетонных блоков – около 15%.

Графическая интерпретация результатов испытаний приведена на рисунке 8.

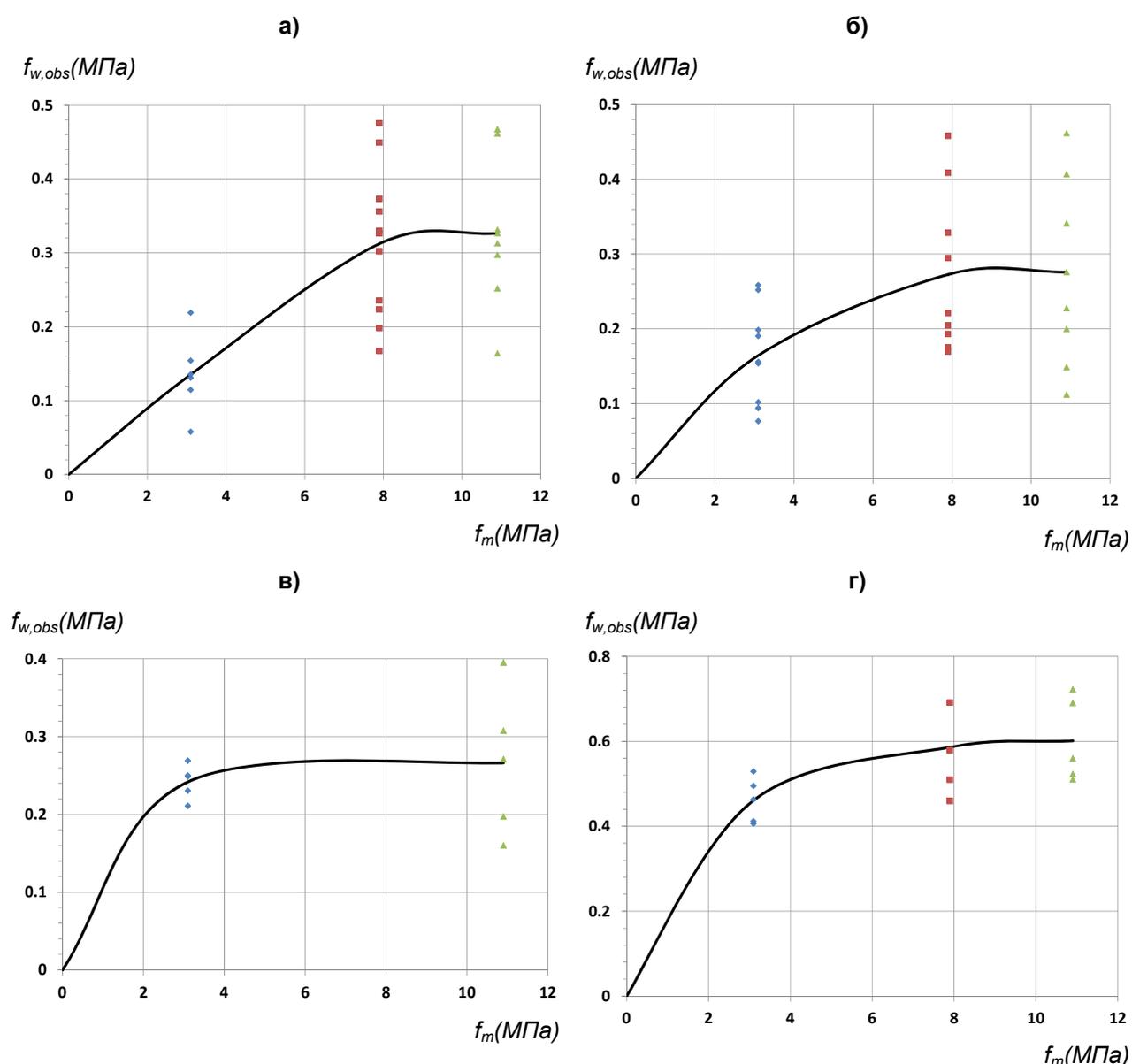


Рисунок 8. Зависимость прочности нормального сцепления раствора в каменной кладке $f_{w,obs}$ от прочности раствора при сжатии f_m : а – кладка из керамического полнотелого кирпича; б – из керамического пустотелого $V=18\%$; в – из керамического пустотелого $V=30\%$; г – из поризованных керамических камней $V=42,3\%$

Из рис. 8 следует, что в образцах, выполненных из керамического полнотелого кирпича, прочность нормального сцепления раствора с камнем достаточно интенсивно нарастает при марках раствора, превышающих граничное значение М50, которое установлено в действующих нормах [10]. Замедление роста прочности сцепления наблюдалось при прочности раствора f_m , большей 7,9 МПа.

В образцах, выполненных из пустотелого керамического кирпича с объемом пустот 18%, с ростом прочности раствора от 3,1 до 7,9 МПа прочность нормального сцепления росла медленнее, чем в образцах из полнотелого кирпича. Объясняется это разным механизмом их разрушения. С увеличением прочности раствора f_m от 7,9 до 10,9 МПа прочность нормального сцепления практически не изменялась.

В образцах, изготовленных из керамического пустотелого кирпича с объемом пустот 30% и керамических поризованных камней, интенсивный рост прочности нормального сцепления раствора с камнем наблюдался при прочности менее 3,1 МПа. С ростом прочности раствора от 3,1 МПа до 10,9 МПа прочность сцепления раствора с керамическим пустотелым кирпичом возросла на 13%, а с поризованными керамическими камнями на 30%.

Заключение

По результатам проведенных испытаний можно сделать следующие выводы.

1. Прочность нормального сцепления раствора $f_{w,obs}$ с полнотелым и дырчатым кирпичом при значениях прочности раствора $f_m = 7,9-10,9$ МПа отличается незначительно. При этом прочность сцепления раствора с полнотелым кирпичом и дырчатым кирпичом с объемом пустот $V=18\%$ интенсивно нарастала при марках раствора, превышающих граничное значение М50, которое установлено в действующих нормах [10].
2. Прочность сцепления раствора $f_{w,obs}$ с дырчатым кирпичом с объемом пустот $V=30\%$ интенсивно нарастала с увеличением прочности раствора f_m до 3,1 МПа. При дальнейшем росте прочности раствора прочность его сцепления с камнем практически не изменялась.
3. Наиболее высокая прочность сцепления раствора обеспечивается с поризованными керамическими камнями. С изменением прочности раствора f_m от 3,1 МПа до 10,9 МПа прочность его сцепления с поризованными камнями возрастала с 0,46 до 0,6 МПа.
4. Сцепление раствора прочностью $f_m = 10,9$ МПа с силикатным кирпичом оказалась в 1,5-1,7 раза ниже, чем с керамическим дырчатым и полнотелым кирпичом. При значениях прочности кладочного раствора $f_m = 3,1$ МПа прочность его сцепления $f_{w,obs}$ с силикатным кирпичом была близка к нулевой.
5. Разрушение всех опытных образцов, выполненных на тонкослойном клеевом растворе, произошло по телу растворного шва. Это свидетельствует о том, что сопротивление клеевого раствора растяжению ниже прочности его сцепления с ячеистобетонными блоками. Прочность при растяжении растворного шва, соединяющего блоки из ячеистого бетона, составила 0,08 МПа.

Литература

1. Поляков С. В. Каменная кладка в каркасных зданиях. М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1956. 189 с.
2. Salah El-Din Fahmy Taher, Hamdy Mohy El-Din Afefy. Role of masonry infill in seismic resistance of RC Structures // The Arabian Journal for Science and Engineering. 2008. № 2B. Pp. 291-306.
3. Meng-Hao Tsai, Tsuei-Chiang Huang. Numerical Investigation on the Progressive Collapse Resistance of an RC Building with Brick Infills under Column Loss // International Journal of Engineering and Applied Sciences. 2011. № 7:1. Pp. 27-34.
4. Lourenço P. B. Computational strategies for masonry structures. PhD Dissertation. Delft University of Technology, Delft University Press. The Netherlands, 1996. 209 p.
5. Kubica J. Mechanika muru obciążonego w swej płaszczyźnie. Monografie Politechniki Śląskiej. Gliwice, 2011. 382 s.
6. Ищук М. К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. М.: РИФ «Стройматериалы», 2009. 360 с.

7. Деркач В. Н. О морфологии трещин, возникающих во внутренних перегородках современных зданий // Вестник Брестского государственного технического университета – Строительство и архитектура. 2010. № 1. С. 43-45.
8. Jasinski R. Projektowanie elementow scinanych wedlug PN-EN 1996-1 i PN-EN 1996-3 // XXVI Ogólnopolskie warsztaty Pracy projektanta konstrukcji. Szczyrk, 2011. S. 453-499.
9. Drobiec L., Kubica J. Zapobieganie zarysowaniom scian murowych opartych na stropach zelbetowych // Materiały budowlane. 2006. № 4. Pp. 21-23.
10. СНиП II22-81*. Каменные и армокаменные конструкции. Госстрой СССР. М: Стройиздат, 1983. 40 с.
11. EN 1996-1-1:2005. Eurocode 6. Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten. Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk. 127 p.
12. Деркач В. Н. Прочность касательного сцепления цементных растворов в каменной кладке // Инженерно-строительный журнал. №3 (29). 2012. С. 19-28.
13. Грановский В. А., Джамуев Б. К. К вопросу о возможности применения стен из ячеистобетонных блоков в сейсмических районах // Промышленное и гражданское строительство. № 4. 2011. С. 37-39.
14. Грановский В. А., Джамуев Б. К. Повышение прочности стен из ячеисто-бетонных блоков // Жилищное строительство. № 9. 2011. С. 39-41.
15. Kubica J. Wstępne badania murów z bloczków z betonu komórkowego poddanych ścinaniu ze ściskaniem: Praca BK-273/RB-2/98. Raport, Katedra Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Śląska. Gliwice. 1998. 67 s.
16. Lewicki B., Szczygielski A. Badania wytrzymałościowe muru na cienkie spoiny z bloczków YTONG: Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej „Konstrukcje Murowe”. Puławy. 1998. S. 21-29.
17. Пономарев О. И., Ломова Л. М. Прочность и деформативность кладки из современных эффективных стеновых материалов // Промышленное и гражданское строительство. № 3. 2007. С. 29-31.
18. Галкин С. Л., Сажнев Н. П. Применение ячеистобетонных изделий: теория и практика. Минск: Стринко, 2006. 447 с.
19. Brameschuber W., Schmidt U., Gu Kang B., Hannawald J. Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Schubfestigkeit von Mauerwerk // Mauerwerk. 2005. № 9. Pp. 132-142.

**Валерий Николаевич Деркач, г. Брест, Республика Беларусь
Тел. раб.: (+375-296-411962); эл. почта: v-derkatch@yandex.ru*

© Деркач В.Н., 2012

doi: 10.5862/MCE.33.1

Normal cohesive strength of cement mortar in the masonry

V.N. Derkach,

Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia
+375-296-411962; e-mail: v-derkach@yandex.ru

Key words

Masonry; masonry mortar; cohesive strength; cleavage

Abstract

Normal cohesion of stone and mortar and strength to stretch of mortar in masonry joints depend on many factors that are hardly taken into account in evaluating the normal cohesive strength of stone and mortar. Nevertheless, there are important practical cases where tensile and shearing strength of masonry determine the load carrying capacity of structure.

The aim of this work was development of methods for testing the masonry with thin mortar joints and data on normal cohesive strength in such masonry.

The results of experimental researches of normal cohesive strength in cement mortar with solid and cavity bricks, porous bricks, silicate bricks and cell-concrete blocks are presented. Experimental dependences for cohesive strength of mortar with referred types of masonry units on compressive strength of cement mortar are obtained.

References

1. Polyakov S. V. *Kamennaya kladka v karkasnykh zdaniyakh* [Masonry in framed buildings]. Moscow: Gosudarstvennoe izdatelstvo literatury po stroitelstvu i arkhitekture, 1956. 189 p. (rus)
2. Salah El-Din Fahmy Taher, Hamdy Mohy El-Din Afefy. Role of masonry infill in seismic resistance of RC Structures. *The Arabian Journal for Science and Engineering*. 2008. No. 2B. Pp. 291-306.
3. Meng-Hao Tsai, Tsuei-Chiang Huang. Numerical Investigation on the Progressive Col-lapse Resistance of an RC Building with Brick Infills under Column Loss. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2011. No. 7:1. Pp. 27-34.
4. Lourenço P. B. *Computational strategies for masonry structures*. PhD Dissertation. Delft University of Technology, Delft University Press. The Netherlands, 1996. 209 p.
5. Kubica J. *Mechanika muru obciążonego w swej płaszczyźnie: monografie*. Gliwice: Politechnika Śląska, 2011. 382 p.
6. Ishchuk M. K. *Otechestvennyy opyt vozvedeniya zdaniy s naruzhnymi stenami iz obleg-chennoy kladki* [National experience of construction of buildings with outer walls made of lightweight masonry]. Moscow: RIF «Stroymaterialy», 2009. 360 p.(rus)
7. Derkach V. N. *Bulletin of the Brest State Technical University - Construction and Architecture*. 2010. No. 1. Pp. 43-45. (rus)
8. Jasinski R. Projektowanie elementow scinanych wedlug PN-EN 1996-1 i PN-EN 1996-3. XXVI *Ogólnopolskie warsztaty Pracy projektanta konstrukcji*. Szczyrk, 2011. S. 453-499.
9. Drobiec L., Kubica J. Zapobieganie zarysowaniom scian murowych opartych na stropach zelbetowych. *Materiały budowlane*. No. 4. 2006. S. 21-23.
10. SNiP II-22-81*. *Kamennyye i armokamennyye konstrukcii* [Stone and reinforced brickwork designs]. Gosstroy USSR-Moscow: Stroyizdat, 1983. 40 p. (rus)
11. EN 1996-1-1:2005. Eurocode 6. *Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*.
12. Derkach V. N. *Magazine of Civil Engineering*. 2011. No. 7 (25). Pp. 3-10. (rus)
13. Granovskiy V. A., Dzhamuev B. K. *Industrial and civil construction*. No. 4. 2011. Pp. 37-39. (rus)
14. Granovskiy V. A., Dzhamuev B. K. *House building*. No. 9. 2011. Pp. 39-41. (rus)
15. Kubica J. *Wstępne badania murów z bloczków z betonu komórkowego poddanych ścinaniu ze ściskaniem*. Praca BK-273/RB-2/98. Raport, Katedra Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Śląska. Gliwice. 1998. 67 s.
16. Lewicki B., Szczygielski A. Badania wytrzymałościowe muru na cienkie spoiny z bloczków YTONG. *Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej „Konstrukcje Murowe”*. Puławy. 1998. S. 21-29.
17. Ponomarev O. I., Lomova L. M. *Industrial and civil construction*. 2007. No. 3. Pp. 29-31. (rus)

18. Galkin S. L. Sazhnev N.P. *Primenenie yacheistobetonnykh izdeliy: teoriya i praktika* [The use of cellular concrete products: Theory and Practice]. Misk: Strinko, 2006. 447 p. (rus)
19. Brameschuber W., Schmidt U., Gu Kang B., Hannawald J. Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Schubfestigkeit von Mauerwerk. *Mauerwerk*. No. 9. 2005. S. 132-142.

Full text of this article in Russian: pp. 6-13