

В. В. КАРАПЕТЯН, А. В. ШАХСУВАРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ТУФОВОЙ
КЛАДКИ И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В КОМПЛЕКСНЫХ
КОНСТРУКЦИЯХ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ НАГРУЖЕНИИ

Метод расчета комплексных конструкций по СНиП II-V.2-62 [1] основан на результатах экспериментов с кирпичной кладкой. Особенности кладки из естественных камней требуют специальных исследований с целью получения расчетных данных для комплексных конструкций с кладкой из них.

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований комплексных конструкций с кладкой из туфовых камней правильной формы. Опытные образцы размерами $60 \times 60 \times 150$ и $40 \times 40 \times 150$ см изготавливались с внутренней и наружной бетонной или железобетонной частью (рис. 1). Одновременно испытывались эталонные образцы

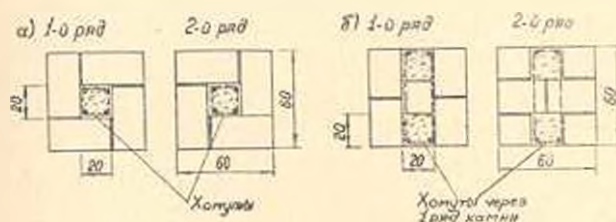


Рис. 1. Конструкция образцов с внутренним (а) и наружным (б) расположением железобетона в сечении

кладки. В опытных образцах были использованы: туфовые камни арктического типа марки 75-200; туфобетоны марки 100, 150; цементно-известковый раствор марки 50. Образцы армировались сталью класса А-1 ($\sigma_{\tau} = 2400-2600 \text{ кг/см}^2$) и возводились по технологии, разработанной согласно РТУ [2] и [3]. Бетон с подвижностью ОК=5-6 см укладывался вибрированием. Образцы испытывались на кратковременное осевое сжатие на 1000-тонном гидравлическом прессе в месячном возрасте. Продольные и поперечные деформации кладки и бетона измерялись мессурами, а арматурных стержней—тензорезисторами. Всего было испытано три серии по 2 образца кладки и 4 образца комплексного сечения в каждой. Характеристики образцов и результаты испытаний приведены в табл. 1.

В теории расчета комплексных конструкций [4] для кладки и бетона принимается одинаковая предельная сжимаемость ($\varepsilon_{\text{пр}} = 1,2 \text{ мм/мм}$) и предельная растяжимость ($\varepsilon_{\text{пр}} \geq 0,1 \text{ мм/мм}$). Как известно, предельная сжимаемость кладки больше предельной сжимаемости бетона и железобетона, поэтому при их совместной работе несущая способность комплексных сечений не соответствует сумме прочностей кладки, бетона и арматуры при ее пределе текучести. В момент разрушения

Таблица 1

Серия образцов	Группа образцов	Конструкция образцов	Материал сердечника	Марка бетона	Процент бетона и арматуры	Предел прочности $\kappa \Gamma/\text{см}^2$ при		Отношение $R_{\text{кс}}/R_{\text{к}}$	Коэф. трещинообразования $K_{\text{т}}$	Коэф. использования кладки λ	Условный предел текучести $R = \sigma_{\text{т}}$	Упругая характеристика τ	Начальный модуль упругости $E_0, \kappa \Gamma/\text{см}^2$	Отношение $E_{\text{ст}}/E_0$
						первой трещине $\sigma_{\text{тр}}$	разрушения R							
I	1	Кладка	—	75 100	—	23,5	45	—	0,52	—	2,2 R	525	22300	—
	2	Комплексное сечение	бетон		14,5 нет	27,0	48	1,06	0,55	0,84	1,6 R	510	24400	1,1
	3	Комплексное сечение	железобетон		14,5 1,1	28,0	51	1,13	0,55	0,87	1,5 R	510	26000	1,16
II	4	Кладка	—	150 150	—	30,5	60	—	0,51	—	1,2 R	540	32500	—
	5	Комплексное сечение	бетон		19 нет	37,0	68	1,13	0,54	0,96	1,7 R	505	34400	1,06
	6	Комплексное сечение	железобетон		17 1,0	39,0	73	1,22	0,54	0,97	1,1 R	600	43900	1,35
III	7	Кладка	—	200 100	—	40,0	71	—	0,56	—	1,6 R	510	36100	—
	8	Комплексное сечение	бетон		24,5 нет	41,0	75	1,05	0,54	0,96	1,5 R	680	51000	1,42
	9	Комплексное сечение	железобетон		24 1,5	44,0	84,5	1,19	0,52	0,98	1,3 R	650	54800	1,52

Примечание. Процент продольной арматуры принят к площади сердечника, а процент бетона—к общему сечению образца.

комплексного сечения его несущая способность выражается зависимостью:

$$N_{\text{к.с.}} = \lambda R_{\text{кл.}} F_{\text{кл.}} + R_{\text{пр.}} F_{\text{б.}} + R_{\text{з.}} F_{\text{а.}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{к.с.}}$ — нагрузка на комплексное сечение в момент разрушения бетонной части; λ — коэффициент использования прочности кладки; $R_{\text{кл.}}$, $R_{\text{пр.}}$, $R_{\text{з.}}$ — предел прочности кладки, призмочная прочность бетона, предел текучести арматуры; $F_{\text{кл.}}$, $F_{\text{б.}}$, $F_{\text{а.}}$ — площади сечения кладки, бетона и арматуры.

Подсчеты коэффициентов использования прочности туфовой кладки λ по формуле (1) на основании экспериментальных данных для различных групп испытанных образцов приведены в табл. 1. Как видно, значения λ при равномерном загрузении всего сечения колеблются в среднем в пределах 0,84–0,98. При этом для кладки с относительно низкой прочностью камня (марки 75) λ получена равной в среднем 0,85. С увеличением прочности камня (марки 150, 200) значение λ повышается и в среднем можно принять равной 0,95. Экспериментальные данные показывают, что с включением бетонного или железобетонного сердечников в сечение кладки ее прочность и трещиностойкость повышаются. В случае железобетона увеличение прочности составляет в среднем до 22%.

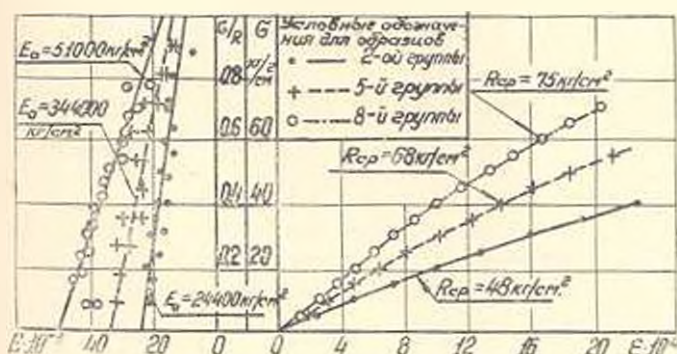


Рис. 2. Кривые деформаций и изменения модуля упругости образцов комплексного сечения с бетонными сердечниками (группы: 2; 5; 8)

Так как в комплексном элементе площадь арматуры составляет незначительный процент от общей площади сечения, то характер деформации такого элемента, в основном, должен подчиняться закономерности деформации кладки и бетона. Проведенная нами на основании экспериментов проверка показала, что известная логарифмическая зависимость для кладок из различных материалов и бетона может быть использована для комплексных конструкций в виде:

$$\epsilon_{\text{к.с.}} = - \frac{R_{\text{к.с.}}}{E_{\text{к.с.}}} \ln \left(1 - \frac{\sigma_{\text{к.с.}}}{R_{\text{к.с.}}} \right). \quad (2)$$

Для определения начального модуля упругости $E_{0кс} = \varepsilon_{кс} R_{кс}$ необходимо иметь величину упругой характеристики кладки комплексного сечения $\varepsilon_{кс}$, которая была вычислена по экспериментальным данным. На рис. 2 приведены средние значения продольных деформаций по трем группам образцов и графики действительных модулей упругости. Как видно из табл. 1, начальный модуль упругости для комплексных конструкций увеличивается до 50%.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Кладка из туфовых камней правильной формы в комплексных конструкциях вплоть до разрушения всего сечения работает совместно с бетоном и железобетоном. Различное расположение сердечников в сечении образцов не оказывает влияния на повышение несущей способности комплексной конструкции.

2. При проектировании комплексных конструкций с кладкой из туфовых камней правильной формы расчет по прочности может быть произведен по формулам СНиП с принятием коэффициента использования прочности туфовой кладки γ равным 0,85 при марке камня 75, 100, а при марке камня 150, 200 $\gamma = 0,95$.

ЛИСМ

Поступило 3.IX.1971.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. СНиП П—В. 2—6 2. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования. М., 1969.
2. РТУ Арм. ССР 877—68. Проектирование и возведение стеновых зданий и сооружений из туфовых камней правильной формы. Ереван, 1968.
3. Поляков С. В. Исследование прочности и деформационных свойств комплексных сечений. Исследования по каменным конструкциям. М., 1950.
4. Пастернак И. А. Комплексные конструкции. 1948.