

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. А. Аракелян

**О некоторых физико-механических свойствах растворов  
кладки древних сооружений Армении**

В древних сооружениях Армении почти единственным видом кладки являлась кладка с облицовочными плитами.

Облицовочные плиты из разнообразных туфовых камней весом от 80 до 200 кг и толщиной от 15 до 30 см обрабатывались вручную.

Толщина кладки колебалась от 90 до 120 см и больше, толщина же самого ядра, которое является несущей частью стены, равнялась не менее 40—50 см.

Облицовочные плиты, как можно полагать, использовались в качестве опалубки во время производства работ и оставались без специального закрепления их с ядром.

Плиты по наружному периметру укладывались насухо, швы между плитами внутри закрывались жирным известковым раствором, чтобы заливка не вытекала. Пространство между плитами заполнялось известковым раствором удобоукладываемой консистенции, слоями толщиной 10—15 см, и в каждый слой раствора втапливались плашмя отходы туфовых камней („хибар“), которые тогда, как и теперь, имелись в большом количестве в карьерах.

Возведенную таким способом кладку ядра можно назвать буторастворной [1].

Облицовочные плиты обтесывались вручную начисто с лицевой стороны и шириною 2—3 см по четырем боковым граням. Остальная часть граней отрубалась наклонно вовнутрь. Благодаря такой форме плиток раствор охватывал их толстым слоем и большой площадью, что, несомненно, увеличивало сцепление плиток с ядром.

Наблюдение над древними памятниками Армении показывает, что облицовочные плиты из туфовых камней имеют большую силу сцепления с ядром: при ломке стен легче разрушить камни, чем отделить их от раствора.

Интересно привести мнение известного архитектора-археолога Тороса Тораманяна [2] о прочности древних сооружений, возведенных на туфовом камне и известковом растворе.

„Повидимому, спустя некоторое время после знакомства с известковым раствором, началось применение туфового камня, как наиболее удобного материала для создания прочного массива с известковым раствором.

По моему мнению, если бы в древности совместно с известковым раствором не применяли исключительно туфовые камни, может быть, мы в Армении не нашли бы столько уцелевших или полууцелевших древних построек“.

„... Редкие примеры построек из базальта на известковом растворе сравнительно лучше сохранились, но они не так монолитны, как постройки из туфовых камней“, и далее: „В течение всей нашей эры всегда было принято возводить стены из туфа на известковом растворе, ибо, как замечено было нашими предками, туф является единственным камнем, который прочно соединяется и составляет монолитный массив с известковым раствором“.

В течение веков от атмосферного воздействия или механических сил на многих древних сооружениях часть облицовочных плит выпала, однако буро-растворное ядро продолжает оставаться невредимым (фиг. 1).



Фиг. 1.

Для изучения физико-механических свойств раствора этого ядра нами обследовано 5 характерных храмов древней Армении. Образцы растворов для испытаний, выпиленных из стен храмов, показаны на фиг. 2. Результаты этих обследований приводятся в табл. 1.

Изучением древних строительных растворов занимались многие исследователи. В частности Б. С. Швецов и В. В. Суровцев [3], ис-

Таблица 1

№№ п/п	Местонахождение и наименование храма, из стен которого вырублены образцы	Объемный вес образцов	Удельный вес образцов	Водопоглощаемость образцов (в %/%)	Размеры испытываемых образцов (в см)	Предел прочности при сжатии в кг/см <sup>2</sup>		Род песка в растворе	Дата постройки храма
						Отдельных образцов	Среднее		
1	Аванский храм (недалеко от г. Еревана)	1,32	2,50	19,0	9 × 6 × 6 9 × 8 × 8 10 × 9 × 9	22,5 21,5 35,0	26,5	Песок из вулканического шлака	VI век
2	Храм Ереурик (5 км от ж.-д. станции Ани)	0,88	2,25	36,0	7 × 8 × 8 6 × 7 × 7 6 × 7 × 6	27,0 29,0 24,0	26,5	Пемзовый песок	VI век
3	Храм Мармашен (7—8 км от Ленивакана, на берегу р. Ахуран)	1,75	2,45	10,0	7 × 6 × 6 8 × 6 × 5 6 × 6 × 5	15,0 21,5 16,5	17,5	Речной кварцевый песок	X век
4	Храм „Лмбата“ в Артике	1,35	2,55	16,5	8 × 7 × 6 10 × 8 × 6	25,5 24,5	25,0	Песок из легких вулканических пород	VII век
5	Храм „Талин“ (с. Верхний Талин)	1,25	2,42	31,0	10 × 9 × 8 8 × 7 × 6	65,5 50,0	58,0	.	VII век
6	Церковь „Григор Лусаворич“ или „Асгвацаци“ в г. Ереване	1,30	—	26,5	7 × 6 × 8 7 × 7 × 9 7 × 7 × 8	19,5 24,6 27,6	24,0	.	1869—1902 г.
7	„Одзун“ (с. Узунлар)	1,27	—	26,5	5,5 × 5,5 × 6 7,1 × 7,6 × 8 6,3 × 5,2 × 7	42,1 51,0 44,6	46,0	Пемзовый песок	V—VI век

Примечание: Поверхность образцов при их изготовлении получалась грубой (с большими изъянами).

Перед испытанием две противоположные поверхности образцов выравнивались алебастром и испытывались после двухсуточной выдержки.



Фиг. 2.

следовавшие древние строительные растворы на кварцевом песке из 7 различных древних сооружений показали, что прочность их на сжатие составляет от 13 до 17  $\text{кг/см}^2$ , что достаточно близко к данным прочности образцов, выпиленных нами из храма Мармашен (табл. 1).

Сравнительно невысокая прочность древних растворов, являющаяся обычной для известковых растворов, говорит о том, что применение каких-либо ускорителей для повышения прочности известковых растворов не имело места и что кажущаяся необычайно высокая прочность древних растворов не соответствует действительности.

Как видно из таблицы 1, прочность растворов, приготовленных на песках вулканического происхождения, значительно превышает прочность раствора, приготовленного на речном кварцевом песке, несмотря на то, что прочность зерен песка вулканического происхождения намного ниже прочности зерен кварцевого песка.

На основании ряда работ [4, 5] можно утверждать, что в известковых растворах, изготовленных на гидравлически активных песках, происходит химическое воздействие  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  на кремнезем, имеющийся в песках в аморфном виде, что и увеличивает прочность раствора. Подобное воздействие не имеет места при кварцевых песках, ввиду кристаллического состояния кремнезема.

Вопрос о роли кварцевого песка в древних известковых растворах с точки зрения прочности и химического взаимодействия с известью интересовал многих исследователей. Ряд зарубежных ис-

следователей, как, например, Бауэр, Зегер, Кремер и другие, изучавшие древние растворы, никак не могли установить, существует ли химическое взаимодействие между зёрнами кварцевого песка и известью в известковых растворах.

Позднее советские исследователи Б. С. Швецов и В. В. Суровцев доказали, что даже в древних растворах гидратная известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  никакого химического воздействия на кварцевый песок не оказывала [3].

Как известно, воздействие  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  на кремнезём является основным процессом твердения известково-пудцолоновых цементов. Поэтому можно сказать, что наши предки, применяя в известковом растворе пески вулканического происхождения, фактически получали вяжущее, подобное известково-пудцолоновому цементу.

Любопытно отметить, что известковые растворы, как показало наше обследование древних храмов, в тонких наружных швах не имеют почти никакой прочности—крошатся. Повидимому, туфовые облицовочные камни впитывают воду из раствора и этим самым препятствуют нормальному его твердению.

Институт Строительных Материалов и Сооружений  
Академии Наук Армянской ССР

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Аракелян—Некоторые физико-механические свойства кладки из бутораствора на туфовых заполнителях. Изв. АН Арм. ССР (физ.-мат., естеств. и техн. науки), I, № 6, 1948.
2. Т. Тораманян—Материалы по истории армянской архитектуры. Изв. Арм. ФАН СССР, 1942.
3. В. С. Швецов и В. В. Суровцев—Древние строительные растворы. Тр. Ин-та Строит. мат. минерального происхожд. и стекла. Москва, 1930.
4. В. К. Юнг—Введение в технологию цемента. Ленинград, 1938.
5. Д. Н. Менделеев—Основы химии.

#### Հ. Ս. Առաքելյան

### ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀՆԱԳՈՒՅՆ ԿԱՌՈՒՑՈՒՄՆԵՐԻ ՇԱՐՎԱԾՔՆԵՐԻ ՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ՖԻԶԻԿՈՒՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

#### Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հողվածում հեղինակը բերում է մի քանի բնորոշ հնագույն եղեղեցիների շարվածքների շաղախների մի քանի ֆիզիկո-մեխանիկական հատկությունները պարզելու համար Հայաստանի Գիտությունների Ակադեմիայի Նինաբարական Նյութերի և Կառուցվածքների Ինստիտուտում կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքները: Բերված տվյալներից երևում է, որ այն շաղախները, որոնք պատրաստված են եղել հրաբխային ծագում ունեցող աժաղներից, աժկի ամուր են, քան այն շաղախները, որոնք պատրաստված

են հղել գեաների (քվարցային) ավազից: Դրա սլաճանն այն է, որ հրաբլխային ծագում ունեցող ավազների դեպքում կիրքը քիմիապես ներգործում է այդ ավազների մեջ ամորֆ վիճակում եղած սիլիցիումի օքսիդի վրա, որի հետևանքով էլ ավելանում է շաղախի ամբռնությունը, մինչդեռ գետային ավազի մեջ եղած բյուրեղական վիճակում գանվող սիլիցիումի օքսիդի վրա կիրքը չի ազդում: