

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ МОЛОТОГО ИЗВЕСТНЯКА К ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ НА ПРОЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

**И.В.Барабаш, д.т.н., профессор, А.В.Даниленко, к.т.н., доцент,
Л.Н.Ксёншкевич, к.т.н., доцент**

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Получение эффективных строительных растворов, используемых для оштукатуривания стен из известняка в наше время, является актуальной задачей [1,2,3,4]. Известняк, являясь относительно малопрочным материалом, легко подвергается помолу, что позволяет использовать его в качестве тонкомолотой минеральной добавки к портландцементу [5]. Известно, что тонкодисперсные частицы известняка исполняют роль смазки, располагаясь между зёрнами цемента и, тем самым, улучшают удобоукладываемость растворной смеси [6,7,8]. В тоже время известно, что введение молотого известняка в портландцемент приводит к снижению прочности, как цементного камня, так и раствора на его основе [7,8]. В ОГАСА создан скоростной трибосмеситель [9], позволяющий за счет турбулентных воздействий потока в камере смешения как вяжущего так и минеральной добавки к нему. В связи с этим представлял интерес выяснить влияние механоактивации портландцемента с добавкой молотого известняка на прочность строительного раствора.

Для этой цели был проведен эксперимент по оптимальному плану типа «треугольники на квадрате» с пятнадцатью опытными точками [10]. В качестве смесевых факторов принята удельная поверхность известняка: $v_1 - 200$ ($\text{м}^2/\text{кг}$), $v_2 - 400$ ($\text{м}^2/\text{кг}$), $v_3 - 600$ ($\text{м}^2/\text{кг}$) при условии суммы уровней факторов, равной единице. В эксперименте независимыми факторами были приняты: X_4 – количество молотого известняка, $40 \pm 20\%$; X_5 – количество суперпластификатора С-3, $0.4 \pm 0.4\%$ от массы вяжущего. Помимо 15-ти составов исследовались три контрольных состава на портландцементе без известняка. Использовался портландцемент марки 500 Каменец-Подольского цементного завода и песок Никитовского карьера ($M_{кр}=2.2$).

Механоактивация вяжущего осуществлялась в скоростном трибосмесителе с количеством оборотов рабочего органа 2800 об/мин для чего в работающий активатор последовательно водилось отдозирован-

ное количество воды, суперпластификатора С-3, портландцемента и молотого известняка. Активация суспензии осуществлялась в течение 1 минуты. Для контроля готовилась растворная смесь аналогичного состава вяжущее которое механоактивации не подвергалось. Исследовались растворные смеси состава 1:3.

Водовязущее отношение (В/В) подбиралось из условия получения равноподвижных нерасслаивающихся растворных смесей. Подвижность определялась по глубине погружения стандартного эталонного конуса СтройЦНИИЛа в смесь, и составляла 7 см. Заданная подвижность достигалась путём корректировки воды затворения. В/В отношение растворных смесей на механоактивированном вяжущем составляло от 0.4 до 0.5 в зависимости от количества молотого известняка. В контрольных составах В/В варьировалось в диапазоне от 0.5 до 0.6 Уплотнение растворных смесей осуществлялось на стандартной лабораторной виброплощадке в течение 60 секунд. После формирования образцы помещались в камеру нормального твердения.

Условиями эксперимента предусматривалось определение прочности на растяжение при изгибе и при сжатии раствора в виде образцов – балочек размером 4x4x16 см в 2-х, 7-ми и 28-ми суточном возрасте. Прочностные характеристики строительных растворов приведены в таблице 1.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что увеличение доли молотого известняка в вяжущем снижает прочность при сжатии раствора. При этом в границах факторного пространства эксперимента снижение прочности происходит практически пропорционально увеличению дозировки известняка в вяжущем. Следует отметить влияние дисперсности молотого известняка на прочность раствора.

Установлено, что как для контрольных, так и для составов на активированном вяжущем наибольшая прочность раствора проявляется при добавление к портландцементу известняка $S_{уд}=400 \text{ м}^2/\text{кг}$ или близкой к ней. Разница между прочностью раствора, в состав вяжущего которого введен известняк с удельной поверхностью $S_{уд}=400 \text{ м}^2/\text{кг}$ и раствором с таким же содержанием известняка удельной поверхности 200 и 600 $\text{м}^2/\text{кг}$ достигает в среднем 4 МПа, что свидетельствует о приоритетности использования известняка с данной удельной поверхностью.

Введение вместе с водой затворения суперпластификатора С-3 приводит к увеличению прочности раствора в марочном возрасте.

Установлено, что характер влияния С-3 на прочность раствора на активированном вяжущем несколько отличается от контроля. В растворах, приготовленных по традиционной технологии, введение С-3 в количестве 0.4-0.5% вызывает повышение прочности приблизительно

на 4 МПа. Дальнейшее увеличение дозировки суперпластификатора практически не оказывает влияние на прочность раствора.

Таблица 1

Прочность строительного раствора

№ точки	S _{уд.} молотого известняка, %			Количество молотого известняка в портланд-цементе, %	Добавка С-3, %	Прочность при сжатии, МПа			Прочность на растяжение при сжатии, МПа		
	200	400	600			2 сут	7 сут	28 сут	2 сут	7 сут	28 сут
1	0	20	0	20	0	<u>9,3</u> 5,9	<u>15,5</u> 12,8	<u>20,5</u> 17,9	<u>2,8</u> 1,6	<u>2,9</u> 2,8	<u>4,5</u> 3,5
2	20	0	20	40	0	<u>5,6</u> 4,8	<u>10,5</u> 8,9	<u>15,9</u> 14,1	<u>1,9</u> 1,4	<u>2,1</u> 2,3	<u>3,5</u> 2,8
3	20	0	0	20	0,4	<u>9,3</u> 10,1	<u>17,7</u> 16,5	<u>22,8</u> 19,6	<u>2,4</u> 2,3	<u>3,4</u> 3,3	<u>4,4</u> 4,7
4	0	0	20	20	0,4	<u>13,1</u> 9,8	<u>22,4</u> 19,9	<u>27,1</u> 23,2	<u>3,3</u> 2,6	<u>4,2</u> 4,0	<u>5,7</u> 5,4
5	10	10	0	20	0,8	<u>11,9</u> 8,2	<u>20,4</u> 14,1	<u>25,5</u> 20,7	<u>2,9</u> 2,3	<u>4,2</u> 4,1	<u>5,1</u> 4,9
6	20	20	0	40	0	<u>6,8</u> 6,0	<u>11,9</u> 11,5	<u>25,0</u> 20,0	<u>2,1</u> 1,8	<u>2,3</u> 2,0	<u>4,6</u> 4,1
7	20	0	20	40	0,4	<u>7,2</u> 6,4	<u>13,8</u> 13,5	<u>21,3</u> 16,7	<u>2,3</u> 2,0	<u>3,5</u> 2,6	<u>4,4</u> 4,0
8	0	20	20	40	0,8	<u>5,2</u> 4,7	<u>14,4</u> 13,9	<u>26,9</u> 21,3	<u>1,9</u> 1,4	<u>3,5</u> 3,5	<u>4,5</u> 4,1
9	60	0	0	60	0	<u>3,2</u> 2,9	<u>5,2</u> 5,1	<u>9,5</u> 8,5	<u>0,8</u> 0,6	<u>1,9</u> 1,1	<u>2,9</u> 2,3
10	0	60	0	60	0	<u>3,6</u> 3,3	<u>6,8</u> 6,5	<u>13,9</u> 9,1	<u>0,9</u> 0,8	<u>1,7</u> 1,2	<u>3,3</u> 2,8
11	0	0	60	60	0	<u>3,2</u> 2,9	<u>6,5</u> 6,1	<u>11,0</u> 9,1	<u>1,0</u> 0,3	<u>1,2</u> 1,0	<u>3,1</u> 2,4
12	20	20	20	60	0,4	<u>3,6</u> 3,4	<u>8,2</u> 8,1	<u>17,0</u> 12,8	<u>1,1</u> 0,9	<u>2,3</u> 2,0	<u>3,2</u> 2,7
13	60	0	0	60	0,8	<u>3,9</u> 2,4	<u>9,6</u> 7,6	<u>19,5</u> 9,2	<u>1,1</u> 0,9	<u>2,3</u> 1,9	<u>3,3</u> 2,1
14	0	60	0	60	0,8	<u>3,3</u> 2,5	<u>8,1</u> 7,8	<u>14,2</u> 9,3	<u>1,0</u> 1,0	<u>2,3</u> 2,2	<u>2,9</u> 2,4
15	0	0	60	60	0,8	<u>3,2</u> 3,1	<u>8,4</u> 8,2	<u>14,9</u> 9,45	<u>1,2</u> 1,0	<u>2,7</u> 2,6	<u>2,9</u> 2,9
16	бездобавочный				0	<u>11,6</u> 10,2	<u>20,8</u> 20,4	<u>28,5</u> 26,7	<u>2,9</u> 2,7	<u>3,5</u> 3,2	<u>5,2</u> 4,8

Продолжение таблицы 1

№ точки	S _{уд.} молотого известняка, %			Количество молотого известняка в портланд-цементе, %	Добавка С-3, %	Прочность при сжатии, МПа			Прочность на растяжение при сжатии, МПа		
	200	400	600			2 сут	7 сут	28 сут	2 сут	7 сут	28 сут
17	бездобавочный				0.4	<u>17,9</u> 20,4	<u>23,5</u> 24,0	<u>36,0</u> 34,9	<u>4,0</u> 3,2	<u>5,1</u> 4,9	<u>7,3</u> 6,3
18	бездобавочный				0.8	<u>17,1</u> 16,2	<u>23,6</u> 22,7	<u>30,9</u> 29,3	<u>3,8</u> 3,0	<u>5,3</u> 5,1	<u>6,4</u> 5,9

Примечание:

- над чертой – прочность раствора на механоактивированном вяжущем;
- под чертой – контроль.

Для раствора на механоактивированном вяжущем рост прочности наблюдается также и при повышении концентрации С-3 от 0.4 до 0.8% и составляет не менее 2 МПа.

Сопоставление прочностных показателей контрольных составов на бездобавочном цементе с прочностью раствора на вяжущем с добавкой молотого известняка показывает, что в марочном возрасте величина R_b снижается пропорционально увеличению количества молотого известняка в вяжущем. Выявлено, что за счет применения активации, возможно, компенсировать снижение прочности раствора при введении в вяжущее известняка в количестве 20..25% с удельной поверхностью 400 м²/кг.

Для строительных растворов помимо прочности на сжатие важным показателем качества является также прочность на растяжение при изгибе. Анализ полученных данных позволяет отметить, что определяющее влияние на R_{bt} оказывает количество известняка в вяжущем. Для растворов на активированном вяжущем, по мере увеличения доли молотого известняка от 20 до 60%, прочность на растяжение при изгибе снижается с 4.5-5 МПа до 2.5 МПа. Для контрольных составов аналогичное изменение количества известняка вызывает снижение уровня $R_{bt,28}$ с 4-4.5 МПа до 2 МПа. Следует отметить, что эффективность активации значительно выше для составов с меньшей долей молотого известняка в вяжущем, что свидетельствует о большем влиянии активации на клинкерную составляющую вяжущего.

Выводы

1. Установлено положительное влияние механоактивации портланд-цемента с добавкой молотого известняка на прочность при сжатии и

изгибе строительного раствора в 2-х, 7-ми и 28-ми суточном возрасте.

2. Сравнение разных по удельной поверхности добавок молотого известняка к портландцементу, позволяет рекомендовать известняк с $S_{уд}=400 \text{ м}^2/\text{кг}$ как наиболее эффективный для строительных растворов на механоактивированном портландцементе.
3. Проведенные исследования показывают возможность получения строительных растворов с широким диапазоном прочности на портландцементе с добавкой молотого известняка. При этом составы на портландцементе с добавкой молотого известняка имеют уровень прочности, который удовлетворяет требованию большинства задач по строительству и ремонту стен зданий из известняка.

Summary

The article considers the possibility of using pre-ground of limestone as mineral additives to Portland cement of mechanically activated. Mechanical activation of binder "Portland cement + ground limestone" in the presence of superplasticizer C-3 allows you to lower the charge of Portland cement clinker component, providing a specified strength characteristics of the solution.

Литература

1. Барабаш И.В. Применение отходов добычи и пиления известняка – ракушечника для снижения материалоемкости кладочных растворов / И.В. Барабаш, С.А. Кровяков, А. В. Дорофеев, А.В. Даниленко // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Енергоефективні технології в міському будівництві та господарстві». – Одеса: друкарня ОДАБА, 2012. – С. 25-28.

2. Барабаш И.В. Повышение энергоэффективности кладочных растворов за счет применения известнякового наполнителя / И. В. Барабаш, А.И. Ворохаев, С.А. Кровяков, А.В. Даниленко // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Енергоефективні технології в міському будівництві та господарстві». – Одеса: друкарня ОДАБА, 2013. – С. 89-95.

3. Федоркин С.И. Новые направления переработки известняковых отходов камнедобычи / С.И. Федоркин // Труды Крымской Академии наук: научно-практический сборник. Вып. 1. — Симферополь: Таврия, 1998. — С. 83–86.

4. Федоркин С. И. Строительные материалы из местного сырья для реконструкции и восстановления зданий / С. И. Федоркин, Л. Н. Ди-

митрашук, М. А. Лукьянченко, Н. В. Панченко // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь: КАПКС, 2002. — Вып. 6. — С. 100—102.

5. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Чинний з 1 вересня 2011. — (Національний стандарт України).

6. Еременок П.Л. Использование известняковых песков из низкопрочных пород в конструкционных бетонах / П.Л. Еременок, Ю.А. Басый // Изд-во Киевской ВА ВПВО — К.: 1981. — 59с.

7. Маилян Р.Л. Бетон на карбонатных заполнителях / Р.Л. Маилян // Изд-во Ростовского университета, 1967. — 276с., ил.

8. Portland-limestone cements. Their properties and hydration compared to those of other composite cement/ [N. Voglis, G. Kakali, E. Chaniotakis, S. Tsvivilis]// Cem. Concr. Com. 27,2005. - pp. 191–196.

9. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков // — К.: Вища школа, 1989. — 327 с.

10. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин / І.В. Барабаш // Навч. посібник. — Одеса: Астропрінт, 2002. — 100 с.