

ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНА ОТ КОЛИЧЕСТВА НАПОЛНИТЕЛЯ И ЕГО ДИСПЕРСНОСТИ

Макарова С.С. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Приводятся данные состава бетона при различных соотношениях расхода цемента, дисперсности минеральных наполнителей, их количества и влияние на основные физико-механические свойства.

К наполнителям относят дисперсные частицы произвольной формы и поверхностной активности, размер которых позволяет участвовать в физико-химических и физико-механических процессах организации структуры цементно-песчаных композиций (1). Проведенный обзор научно-технической литературы показал, что минеральные наполнители активно участвуют в организации структуры цементного камня и бетонов. При этом отмечается физико-механическое участие минеральных наполнителей на образование дискретных структурных блоков-классов различного масштабного уровня (2, 3). Поскольку минеральные наполнители позволяют регулировать начальную поврежденность материала, то была поставлена задача изучения влияния количества и дисперсности наполнителя на механические и деформативные свойства бетонов. В опытах применялись портландцемент с удельной погрешностью $S_y = 406 \text{ м}^2/\text{кг}$, наполнитель – молотый кварцевый песок с $S_y = 100, 200$ и $300 \text{ м}^2/\text{кг}$, песок мелкий с модулем крупности – 1,94; крупный наполнитель – гранитный щебень фракций 5...10 мм.

Опыты проводились по плану «смесь-технология-свойства». В качестве независимых переменных приняты дисперсность наполнителя (100, 200, 300 $\text{м}^2/\text{кг}$), количество наполнителя ($H = 10 \pm 5\%$ от массы цемента) и расход цемента ($C = 325 \pm 75 \text{ кг/м}^3$). Расчет моделей и их графическое отражение проводились в системе COMPEX (4). Образцы кубов рядом $100 \times 100 \times 100 \text{ мм}$ и образцы призм $100 \times 100 \times 400 \text{ мм}$ испытывались на 28 суток нормального твердения. Определялись прочность при сжатии R , призмная прочность R_{bn} , модуль упругости E_b . Состав бетона и основные характеристики приведены в таблице 1. Состав бетона для каждой строчки плана

«смесь-технология-свойства» подбирался таким образом, что расход воды обеспечивает заданную подвижность бетонной смеси. В координатах расхода цемента (C) – количество наполнителя (K) проводился анализ влияния этих факторов на изменение прочности. Увеличение количества наполнителей от 5 до 15% по массе вызывает снижение R от 17% при расходе цемента 250 кг/м^3 до 5,3% при расходе цемента 400 кг/м^3 . При этом следует отметить, что применение наполнителей не снижает R по сравнению с эталонным бетоном с расходом цемента 250, 325 и 400 кг/м^3 (R соответственно равно 21,8; 30,3; и 33,6 МПа). Применение наполнителей позволяет повысить прочность бетона при сжатии по сравнению с эталонным бетоном для каждого расхода цемента соответственно на 40, 10 и 14%.

Эффективность использования наполнителей зависит от их дисперсности. Наши опыты показали, что изменение прочности при одинаковых количествах наполнителя и равных расходах цемента может изменять R на 8-20% на изменение прочностных показателей значительное влияние оказывает фракционный состав наполнителей. Так, при расходе цемента 250 кг/м^3 и количества наполнителей 5% по массе, оптимальный состав наполнителя включает в себя одну часть фракции с дисперсностью V_1 с $S_v = 100 \text{ см}^2/\text{кг}$ и три части фракции V_2 с дисперсностью $S_v = 200 \text{ см}^2/\text{кг}$ по мере увеличения количества наполнителей до 10 и 15% по массе оптимальный состав смещается в зону увеличения фракции V_3 с дисперсностью $S_v = 300 \text{ см}^2/\text{кг}$ (рис. 1).

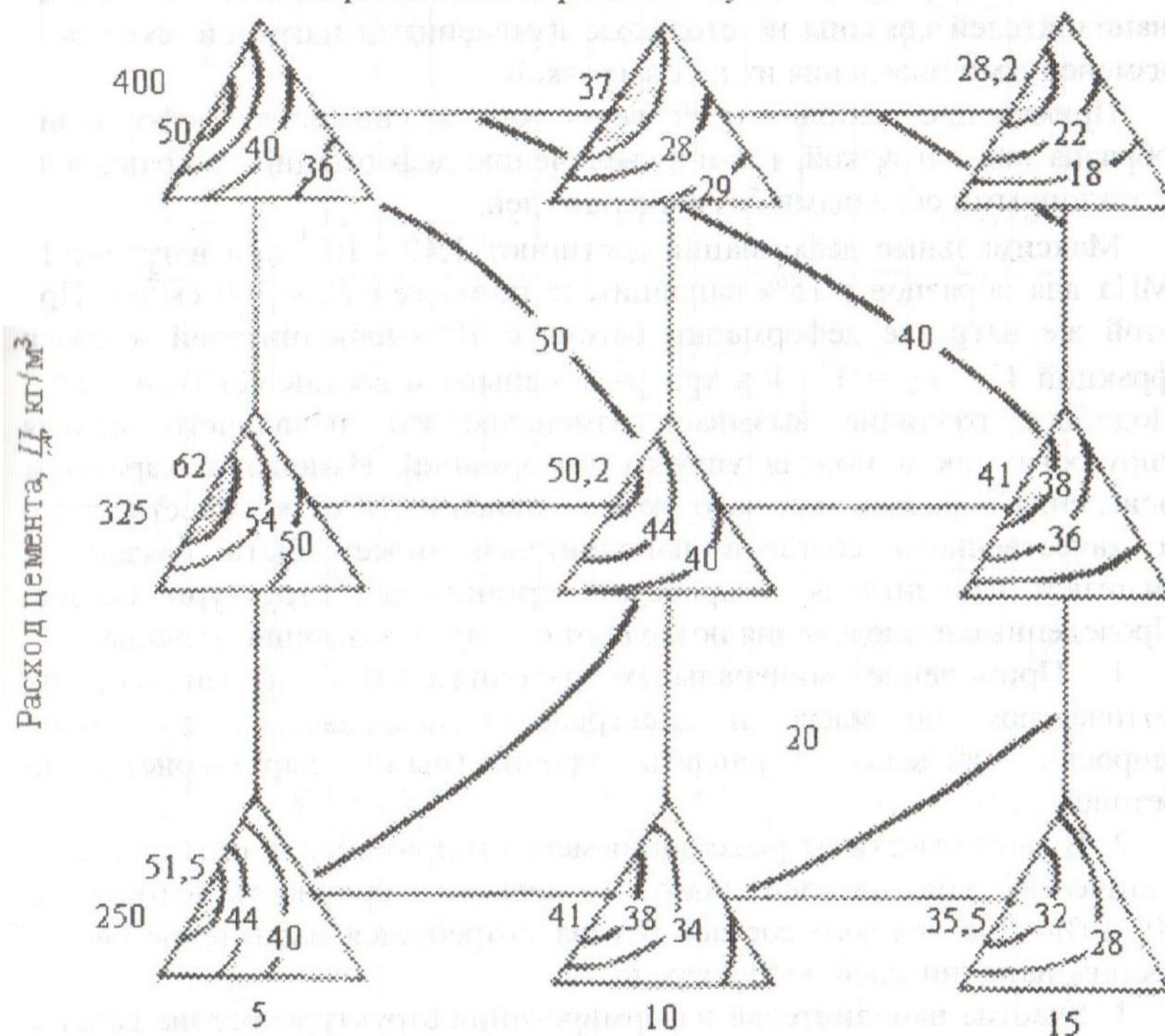
Изменение качественного состава микроструктуры за счет увеличения расхода цемента от 325 до 400 кг/м^3 вызывает изменение фракционного состава минеральных наполнителей. В наших опытах при повышенных расходах цемента максимальное значение R достигается при использовании наполнителей с $S_v = 300 \text{ м}^2/\text{кг}$ (рис. 1).

При призмной прочности эталонных отрезков (20,7; 25,2; 27,0 МПа) и расхода цемента 250, 325 и 400 кг/м^3 введение наполнителей практически не снижает R_{bn} . Наблюдается смещение оптимальных фракционных составов наполнителей достижение максимальных значений R_{bn} .

Если при расходах цемента 250 кг/м^3 зоны оптимальных составов наполнителей R и R_{bn} совпадает, то при расходах цемента 325 до 400 кг/м^3 зоны оптимальных дисперсностей наполнителей смещаются. Максимальные значения R_{bn} достигаются при смесях наполнителей V_2 и V_3 в пропорциях 2 : 1 практически для всех расходов наполнителей (рис. 2). Одной из основных характеристик, необходимой для расчета

Влияние количества и дисперсности наполнителей на R бетонов
твердевших в нормальных условиях

Влияние количества и дисперсности наполнителей на R_{bn} бетонов
твёрдевших в нормальных условиях



Количество наполнителей, H , %

Рис. 3.

были получены коэффициенты моделей и построены зависимости от изучаемых факторов (рис. 3).

Анализ полученных зависимостей показывает, что на изменение E_b оказывает влияние как количество, так и дисперсность кварцевых наполнителей. При всех принятых в опытах расходах цемента максимальное значение модуля упругости достигается при 10% расхода наполнителя по массе. При этом модуль упругости с наполнителем может быть выше и ниже по сравнению с эталонным бетоном (от 20 до 40%). Особенно заметное влияние на изменение модуля упругости оказывает дисперсность наполнителей. Анализ результатов показывает, что максимальное значение E_b достигается при применении смеси фракций V_1 и V_2 (рис. 3).

Значительное различие абсолютных значений модуля упругости бетонов с различным количественным и качественным составами наполнителей связаны не столько с изменениями нагрузки, сколько с изменениями поведения их под нагрузкой.

Применение наполнителей ведет как к снижению деформаций образца под нагрузкой, так и к увеличению деформаций по сравнению с эталонными образцами без наполнителей.

Максимальные деформации достигают $1,49 \cdot 10^{-3}$ при нагрузке 15 МПа для образцов с 15% наполнителя по массе с $S_y = 300 \text{ см}^2/\text{кг}$. При этой же нагрузке деформации бетона с 10% наполнителей и смеси фракций $V_1 : V_2 = 1 : 1$ в три раза меньше и составляет $0,54 \cdot 10^{-3}$. Подобное различие вызывает изменение как начального модуля упругости, так и модуля упругих деформаций. Изменение характера поведения образцов под нагрузкой в зависимости от количественного и качественного составов наполнителей может быть связано с участием наполнителя в процессах организации структуры бетона. Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Применение минеральных наполнителей с различным их количеством по массе и дисперсности позволяет в достаточно широких пределах управлять прочностными характеристиками бетонов.

2. В зависимости от расходов цемента и применения оптимального количества наполнителей позволяет повысить прочность бетонов на 10...40%. Для каждого состава бетона потребуется назначение своего состава наполнителей по дисперсности.

3. Участие наполнителей в формировании структуры бетона ведет к изменению их поврежденности технологическим дефектам, что влияет на его деформативные свойства.

4. В зависимости от количества и состава наполнителей по крупности, модуль упругости может изменяться в значительных пределах. Это позволяет назначать количество и дисперсность наполнителей в зависимости от требований к материалу той или иной конструкции.

Таблица 1

Составы бетонов и основные характеристики бетонных смесей

№№ стройки	Дисперсность наполнителя			Наполни- тель, %	Расход материала, кг/м ³			В/Ц	Осадка конуса, см	Объемная масса сме- си, кг/м ³
	100	200	300		Ц	П	Щ			
1	0	0	1	5	250	645	1362	0,77	1 - 4	2293
2	0	1	0	5	250	645	1362	0,77	1 - 4	2283
3	1	0	0	5	250	645	1362	0,77	1 - 4	2285
4	13	13	13	10	250	645	1362	0,77	1 - 4	2253
5	0	0	1	15	250	645	1362	0,77	1 - 4	2265
6	0	1	0	15	250	645	1362	0,77	1 - 4	2300
7	1	0	0	15	250	645	1362	0,77	1 - 4	2275
8	0	0,5	0,5	5	325	608	1280	0,615	1 - 4	2287
9	0,5	0	0,5	10	325	608	1280	0,615	1 - 4	2324
10	0,5	0,5	0	15	325	608	1280	0,615	1 - 4	2295
11	0	1	0	5	400	582	1227	0,5	5 - 9	2365
12	0,5	0	0,5	5	400	582	1227	0,5	5 - 9	2250
13	0	0	1	10	400	582	1227	0,5	5 - 9	2289
14	1	0	0	10	400	582	1227	0,5	5 - 9	2285
15	0	0,5	0,5	5	400	582	1227	0,5	5 - 9	2325

Литература

1. Грушко И.М., Алтухов В.Д. Вопросы теории, структуры, прочности разрушения бетонов. II Сборник научных трудов технологическая механика бетона. Рига: РПИ 1986. С. 15...29.
2. Дорофеев В.С., Выровой В.Н., Соломатов В.И. Пути снижения материалоемкости строительных материалов и конструкций. К: УМКВО. 1989. С. 38...46.
3. Дорофеев В.С., Выровой В.Н., Макарова С.С. Анализ механизмов формирования макроструктуры бетонов. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, вип. і 5. 2002., С. 47-54.
4. Красный И.М. О механизме повышения прочности бетона при введении микронаполнителя II Бетон и железобетон – 1987. № 5. – 10 с.