

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

З. А. Ацагорцян и К. Г. Симонян

Зависимость прочности легкого бетона от крупности заполнителя

Предел прочности бетонов на тяжелых заполнителях в основном зависит от марки цемента, цементно-водного фактора и способа укладки и хранения бетонов.

При соблюдении постоянства консистенции бетона марки вяжущего, расхода вяжущего на единицу объема бетона, при одинаковом способе укладки и хранения образцов прочность бетона тем выше, чем больше максимальная крупность заполнителя. Это объясняется тем, что с увеличением крупности заполнителей уменьшается суммарная поверхность зерен; тем самым уменьшается расход необходимого количества воды для получения заданной консистенции бетона. Уменьшение количества воды при постоянном расходе вяжущего приводит к увеличению цементно-водного фактора, что ведет, как известно, к увеличению прочности бетона. Таким образом, в тяжелых бетонах крупность заполнителя косвенно влияет на прочность бетона; прочность же тяжелых заполнителей, как известно, не играет существенной роли в тяжелом бетоне, т. к. она обычно значительно выше марки бетона.

В легких бетонах отличительной чертой является применение в качестве заполнителей легких и сравнительно слабых материалов. В данном случае, как доказано, прочность заполнителя влияет существенно на прочность бетона. Влияние оказывает, очевидно, и крупность заполнителя, но это влияние, должно быть, несколько отличается от подобного влияния в тяжелом бетоне.

Этим вопросом занимался М. З. Симонов, который подчеркивал неприменимость к легкому бетону общеизвестного закона влияния крупности заполнителя на прочность тяжелого бетона. Он утверждал, что с увеличением размера зерен легких заполнителей прочность бетонов остается почти неизменной [1]. Такое утверждение, как будет видно из дальнейшего изложения, может быть справедливо лишь в ограниченных пределах.

При увеличении крупности легких заполнителей на прочность бетона действуют два фактора. Первый фактор, действующий косвенно, это — уменьшение водопотребности бетона, т. е. тот же фак-

тор, что имеется и в тяжелом бетоне. Но в легком бетоне имеется и другой фактор—прямое воздействие крупности заполнителя на прочность бетона.

Такое прямое воздействие может быть вызвано рядом причин. Известно, например, что прочность материалов зависит от размеров испытываемых образцов, причем чем крупнее эти размеры, тем меньше прочность. Отсюда следует, что прочность дробленного заполнителя зависит от геометрических размеров зерен, т. е. от крупности: чем крупнее заполнитель, тем он слабее, следовательно, слабее и бетон на этом заполнителе. Попутно заметим, что слабость крупных зерен легкого заполнителя может быть вызвана не только их геометрическими размерами, но и наличием в них крупных пор, которые при более мелком дроблении материала, естественно, пропадают.

Можно привести также и другие возможные причины прямого влияния крупности заполнителя в легких бетонах на их прочность.

Как известно, цементный раствор образует скелет, в котором размещен заполнитель. Если представить, что раствор как бы образует купол над зернами заполнителя, то в тяжелом бетоне купол из раствора при своей работе как бы опирается (всей поверхностью) на заполнитель, прочность которого выше прочности самого цементного раствора. В легком же бетоне опирание купола из раствора на заполнитель происходит податливо, ибо здесь заполнитель имеет меньший модуль упругости. Следовательно, сравнительно большая часть нагрузки в легком бетоне передается на купол, образованный над заполнителем. Увеличением крупности легкого заполнителя мы увеличиваем пролет и тем самым ухудшаем условия работы купола, или иначе, ослабляем бетон.

Таким образом, с увеличением крупности легких заполнителей, с одной стороны, вследствие уменьшения водопотребности бетона (так же, как в тяжелом бетоне), мы будем иметь возрастание прочности бетона, но, с другой стороны, вследствие предположений, приведенных выше, понижение этой прочности.

Поскольку влияние второго фактора может быть чувствительным лишь при значительной крупности заполнителя, то можно предположить, что с увеличением крупности легких заполнителей под действием указанных двух факторов мы будем иметь вначале возрастание прочности до некоторого максимума, а затем постепенный спад.

Для изучения этого явления нами были проведены описанные ниже опыты.

Заготовка материалов для опытов

Из одной глыбы арктического туфа дроблением были получены щебень и песок. Щебень, путем просева через набор сит, рассортирован на фракции: 5÷10 мм, 10÷20 мм, 20÷40 мм, 40÷80 мм. Песок был просеян через сито с отверстиями в 5 мм.

Таблица 1

Гранулометрический состав песка

Остаток на ситах	Отверстия сит в мм						Прошло через 0,15
	5	2,5	1,2	0,6	0,3	0,15	
в граммах	—	300	210	260	150	44	6
частные остатки в %	—	30	24	26	15	4,4	0,6
Подные остатки в %	—	30	54	80	95	99,4	

С целью определения предела прочности камня, из которого заготовили заполнитель, были заготовлены три кубика размерами $7 \times 7 \times 7$ см. Результаты испытания этих кубиков приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытания образцов из арктического туфа

№№ п/п	Объемный вес в т/м^3		Предел прочности на сжатие в кг/см^2	
	Отдельных образцов	Средний	Отдельных образцов	Средний
1	1,51		167,5	
2	1,53	1,5	144,1	148,2
3	1,48		133,0	

В качестве вяжущего применялся портландцемент араратского завода, активностью 330 кг/см^2 .

Постановка опытов

Для установления зависимости прочности бетона от крупности заполнителей нами были проведены опыты над легким бетоном на заполнителях из арктического туфа.

Гранулометрический состав щебня был подобран по требованиям ГОСТ: через сито с отверстиями $1/2 D_{\text{наиб}}$ (где $D_{\text{наиб}}$ — наибольший размер щебня) должно проходить от 40 до 70% щебня. В наших опытах мы приняли среднее значение этой величины, т. е. 55%.

Было запроектировано четыре состава бетона при постоянном расходе цемента 250 кг/м^3 на заполнителях с наибольшей крупностью 5 мм (песок), 20 мм, 40 мм и 80 мм.

Соотношение песка к щебню (в последних трех составах) было установлено исходя из условия получения наиболее плотной смеси заполнителей.

Составы бетонов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Расход материалов на 1 м³ бетона

№№ составов	Наибольший размер заполнителя в мм	Состав бетона на 1 м³					
		Цемент в кг	Песок		Щебень		Вода л
			кг	м³	кг	м³	
I	5	250	1170	1,0	—	—	438
II	20	250	474	0,44	805	1,0	401
III	40	250	433	0,44	876	1,0	393
IV	80	250	457	0,43	853	0,99	385

Количество воды в бетонах принималось из условия получения одинаковой пластичной консистенции.

При определении консистенции бетона (в свежееуложенном состоянии), в соответствии с работой канд. техн. наук В. М. Худавердяна, был использован конус увеличенных размеров, с высотой 40 см, ибо при одинаковой удобоукладываемости пластичный легкий бетон, в силу меньшего объемного веса, имеет меньшую осадку конуса Абрамса, чем тяжелый бетон [2].

Осадка конуса для всех составов применялась 5 см.

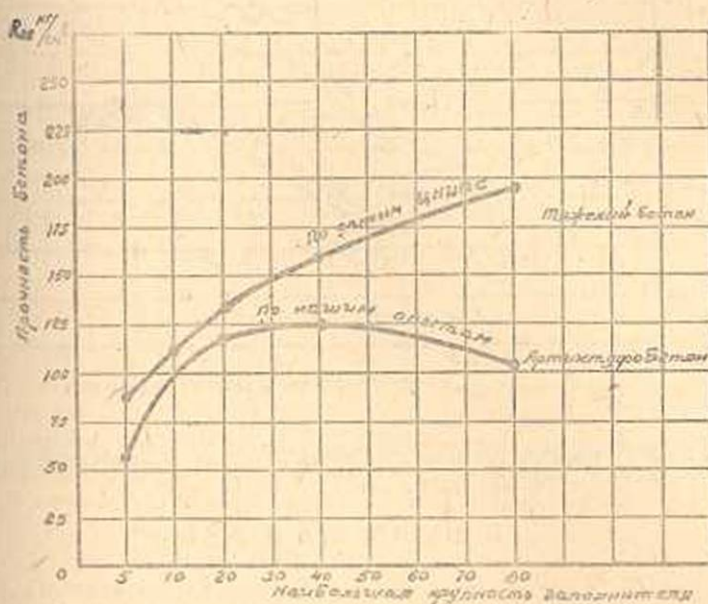
Из каждого состава были изготовлены кубики размерами 20×20×20 см. Кубики хранились в лаборатории при температуре 10—15°C в воздушной среде и испытывались в 28-дневном возрасте на гидравлическом прессе мощностью в 200 т. Результаты испытаний бетонов приведены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты испытаний бетонов

№№ п/п	Составы	Возраст в днях	Объемный вес в т/м ³	Предел прочности на сжатие в кг/см ²	
				Отдельных образцов	Средний
1	I	28	1,69	58,1	57,3
2		28	1,64	56,6	
3		28	1,72	55,0	
4	II	28	1,72	117,0	118,7
5		28	1,66	117,0	
6		28	1,77	120,5	
7	III	28	1,70	120,5	125,1
8		28	1,77	125,6	
9		28	1,71	124,6	
10	IV	28	1,75	96,8	104,1
11		28	1,72	100,0	
12		28	1,72	108,3	

Результаты наших опытов графически изображены на фиг. 1 и 2. На фиг. 1 дана зависимость между прочностью испытанного нами арктикуфобетона и наибольшей крупностью заполнителя. Для сравнения приведена соответствующая зависимость также для тяжелого бетона. При этом мы использовали формулу прочности бетона, подставив в нее значение количества воды (потребного для пластичного бетона с осадкой конуса Абрамса в 5 см) из графика ЦНИПС-а [3].

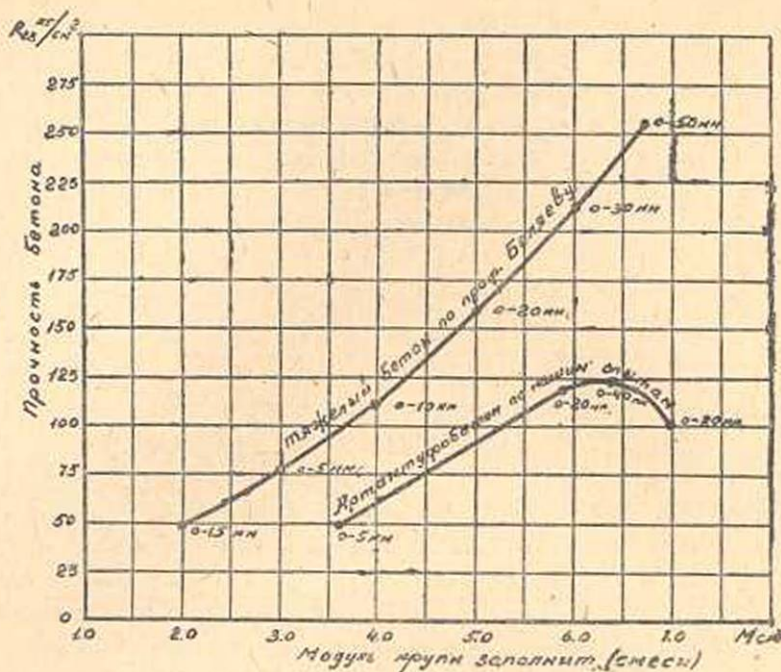


Фиг. 1. Кривые предела прочности бетонов в зависимости от наибольшей крупности заполнителей.

Фиг. 1 наглядно показывает, что прочность арктикуфобетона растет с повышением крупности заполнителя, достигая наибольшей величины при максимальной крупности щебня в 40 мм. При дальнейшем увеличении крупности заполнителя происходит понижение прочности бетона; при крупности щебня в 80 мм прочность бетона падает на 20% по сравнению с прочностью бетона при максимальной крупности в 40 мм.

На фиг. 2 представлена зависимость между прочностью бетона и модулем крупности смеси заполнителя по нашим опытам для арктикуфобетона и по данным проф. Беляева [4] для тяжелого бетона.

Как видно из фиг. 2, эта зависимость имеет тот же характер, что и зависимость, изображенная на фиг. 1. Наибольшая прочность испытанного нами арктикуфобетона соответствует модулю крупности смеси заполнителя 6,4.



Фиг. 2. Кривые предела прочности бетонов в зависимости от модуля крупности заполнителей.

З а к л ю ч е н и е

Исходя из данных опытов, можно сделать следующий вывод. Прочность легкого бетона при увеличении крупности заполнителя (наибольший размер зерен или модуль крупности) постепенно возрастает до определенного предела, после чего происходит понижение прочности бетона.

Такое явление в тяжелых бетонах не наблюдается, ибо там, при увеличении крупности заполнителя до пределов, практически применяемых, сопротивление все время растет.

Таким образом, наше предположение о существовании некоторого оптимума крупности легких заполнителей опытом подтверждается.

Косвенное влияние увеличения крупности заполнителей на прочность бетона доминирует над прямым влиянием до некоторого предела крупности заполнителя (в наших опытах до 40 мм), после чего наблюдается обратное явление.

Очевидно, эта предельная крупность заполнителя для каждого вида легкого бетона будет различной, в зависимости от свойств самого заполнителя, и должна определяться экспериментальным путем.

Институт Строительных Материалов и Сооружений
Академии Наук Армянской ССР.

Զ. Ա. Հաջազորժյան և Վ. Գ. Միմոնյան

ՔԵՔԵՎ ԲԵՏՈՆԻ ԱՄՐՈՒԹՅԱՆ ԿԱԽՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԼՑԻՉԻ ԽՈՇՈՐՈՒԹՅՈՒՆԻՑ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Արթիկտալֆաբրիկաների վրա կատարված փորձնական հետազոտությունը ցույց է տալիս, որ լցիչի խոշորությունը մինչև որոշ աստիճան (ավյալ փորձերում 40 մմ) մեծացնելիս բետոնի ամրությունն աճում է, իսկ այդ խոշորության հետագա մեծացումը նվազեցնում է բետոնի ամրությունը:

Այս արդյունքները ցույց են տալիս, որ թեթև բետոնների դեպքում, հակառակ սովորական ծանր բետոնների, զոյուլթյուն ունի լցիչի խոշորության մի սահման, որը գերազանցելն աննպաստ է բետոնի ամրության համար: Այդ սահմանը թեթև բետոնի յուրաքանչյուր տեսակի համար տարբեր է և պետք է որոշվի փորձնական եղանակով:

ЛИТЕРАТУРА

1. М. С. Симонов—Легкий бетон на пористых заполнителях и его применение (Тр. IV Всесоюзной конф. по бетону и железобетонным конструкциям, ч. III, 1949).
2. В. М. Худавердян—Метод проектирования составов туфобетона. Ереван. 1950.
3. С. А. Миронов—Новые способы подбора состава бетона. Москва. 1944.
4. Н. М. Беляев—Метод подбора состава бетона. Ленинград. 1930.