

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

В. М. МОСКВИН, В. Г. НЕРСЕСЯН

О ПРОНИЦАЕМОСТИ НАГРУЖЕННОГО БЕТОНА
НА ПРИРОДНЫХ ЛЕГКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

Многообразие условий, в которых эксплуатируются бетонные и железобетонные конструкции, требуют внимательного рассмотрения всех факторов, обуславливающих их долговечность в агрессивной среде, а также глубину, на которую проникают агрессивно действующие вещества, скорость и размер деструктивных процессов, вызванные процессами коррозии бетона. При этом, обязательно должно быть учтено напряженное состояние конструкций, которые должны быть защищены от разрушительных воздействий внешней среды, так как бетон всегда находится в напряженном состоянии, вызванном приложением нагрузок или предварительным натяжением арматуры. Напряженное состояние и соответствующие деформации вызывают либо «уплотнение» структуры при сжатии, либо «разуплотнение» ее при растяжении. При адсорбционно-активной коррозионной среде растягивающие напряжения, вызывающие раскрытие микротрещин и щелей, способствуют процессам взаимодействия среды и бетона, а сжимающие напряжения, наоборот, замедляют их.

В ряде работ (например, [1]) указывается, что скорость коррозии материалов и, особенно, бетона зависит от характера и степени их напряженного и деформированного состояния, которые влияют: на условия протекания коррозионных процессов у поверхности твердого тела, на интенсивность обмена между материалом и средой, на появление и развитие в нагруженном материале трещин, приводящих к его разрушению. Причем, следует иметь в виду не только видимые раскрытые трещины, свидетельствующие о прошедшем разрушении, но и микротрещины, с которых начинается и которыми, главным образом, характеризуется процесс разрушения и разрыва. Однако, указанное обстоятельство в последнее время учитывалось лишь при изучении стойкости тяжелых бетонов, а для легких бетонов подобные исследования отсутствуют. С целью изучения этого вопроса впервые были проведены эксперименты по исследованию проницаемости нагруженного легкого бетона на естественных заполнителях методом люминесцентного анализа.

Применяемые в современном строительстве легкие бетоны, чрезвычайно разнообразны по своим свойствам, способам приготовления и используемым для их получения материалам. Показатели проницаемости этих бетонов зависят от капиллярно-пористой структуры заполнителей,

от плотности контактного слоя между заполнителем и цементным камнем, а также от плотности цементно-песчаного раствора.

Бетон, представляющий собой гетерогенное капиллярно-пористое тело, в зависимости от плотности структуры обладает различной степенью проницаемости. Обычно применяемые методы определения этой характеристики недостаточно выявляют картину проницаемости бетона, т. к. газ или вода проникает по системе сообщающихся между собой более крупных пор и каналов, а не по сплошному сечению образцов. Поэтому случайное наличие одного какого-либо канала может резко увеличить «среднюю» проницаемость образца, которая совершенно не характеризует общей структуры бетона, необходимой при изучении развития процессов коррозии. Для изучения влияния напряженного состояния на проницаемость бетона, а также для выявления характера проникания жидкости нами применен метод люминесцирующих индикаторов. Этот метод основан на явлении фотолюминесценции флуоресцирующих растворов [2].

Напряженное состояние в образцах создавалось на специально сконструированной рычажной установке. Балочки из бетона размером $4 \times 4 \times 16$ см устанавливались на опоры, помещенные в ванне. С помощью рычага, на конце которого подвешен груз, эти балочки нагружались игибающей нагрузкой, составляющей определенную долю от предела прочности при изгибе.

Определение проницаемости бетонов производилось следующим образом: исследуемые образцы погружались в раствор люминофора на определенное время, причем, чтобы пропитка осуществлялась только через сжатую (верхнюю) и растянутую (нижнюю) участки, боковые грани образцов парафинировались; затем они вынимались, раскалывались в средней части и просматривались на люминесцентной установке; под действием фильтрованного ультрафиолетового света область, пропитанная светящимся составом, начинает флуоресцировать. Измерив глубину пропитанной зоны бетонов различных составов, можно судить об их сравнительной проницаемости. Если образец непроницаем и люминофор через него в толщу материала не проник, свечения не будет. Если же люминофор беспрепятственно проникает в толщу материала, то наблюдается характерная для флуоресценции зеленая окраска, что свидетельствует о сквозной его проницаемости. Светящийся состав приготавлился путем растворения 1 г/л флуоресцина в 5%-ном растворе едкого натра.

Для изучения проницаемости бетонов в качестве объектов исследования были использованы образцы бетонов повышенной плотности на природных легких заполнителях (литонидная пемза, ахтанакский туф, приндская пемза), изготовленные на портландцементе марки 500 при одинаковых расходах цемента и одинаковой консистенции. Исследования проводились также над тяжелым бетоном на базальтовом щебне и кварцевом речном песке, взятым в качестве эталона. Все образцы до начала испытаний находились в совершенно одинаковых условиях. При этом

Таблица 1

Сравнительные характеристики испытанных бетонов на различных
естественных заполнителях

№ п.п.	Наименование вида бетона	Расход цемента в кг/м ³	Объемный вес в кг/м ³	Кубиков. прочность месячного возраста в кгс/см ²	Степень загрузки и доля от $R_{пр}$	Средняя высота фронта пропитки в мм	
						сжатая зона	растяг. зона
1	Тяжелый бетон	290	2220	216	0	12,0	12,0
		350	2240	282	0	8,5	8,5
					0,25	8,5	8,5
					0,50	7,0	9,0
					0,75	6,5	11,0
2	Бетон на лусанской антоидной пемзе	295	1590	155	0	13,0	13,0
		350	1626	216	0,5	11,0	15,0
					0	8,0	6,0
					0,25	8,0	8,0
					0,50	6,0	9,0
0,75	6,0	10,0					
395	1630	238	0	7,0	7,0		
			0,5	7,0	6,0		
3	Бетон на алтанакском туфе	293	1950	216	0	12,0	12,0
		350	1980	274	0	10,0	10,0
					0,5	8,0	12,0
4	Бетон на иридакской пемзе	350	1050	70	0	60,0	60,0

Примечание 1. Объемный вес бетонов определялся в воздушно-сухом состоянии образцов.

выдерживался равный для всех партий срок твердения. В силу этого показатели проницаемости отдельных составов бетонов могут быть сравнимы между собой, характеризуя преимущества одного состава перед другим.

Проницаемость бетонов изучалась на ненагруженных и нагруженных образцах при напряжении, равном 0,25; 0,5; 0,75 от предела прочности растяжения при изгибе. Из значений, полученных для четырех близнецов, вычислялась средняя зона (высота) фронта пропитки. Результаты испытаний приведены в табл. 1. Как видно из таблицы, проницаемость легких бетонов на некоторых заполнителях, характеризующихся мелкопористостью и высокой проницаемостью, может быть и выше и ниже, чем в тяжелом бетоне. Этому способствует образование в легком бетоне уплотненного цементного камня в контактином слое с заполнителем, вследствие абсорбции пористыми заполнителями цементного теста. Имеет значение также повышенное содержание пылевидных

частиц в природных легких заполнителях, как бы уплотняющих цементно-песчаный раствор. Из приведенных экспериментальных данных также следует, что с уменьшением расхода цемента высота фронта проникновения увеличивается. Это объясняется не только ростом общего количества каналов, по которым проникает люминофор, но и увеличением доли крупных каналов, размеры которых допускают движение по ним крупных молекул красителя.

Представляют интерес результаты, полученные на образцах, испытывавшихся в напряженном состоянии. Проведенные эксперименты показывают, что проницаемость ненагруженного бетона меньше проницаемости растянутой зоны нагруженного бетона и больше — сжатой зоны бетона.

Влияние напряженного состояния на проницаемость частично может быть объяснено изменением размеров пор и капилляров бетона под нагрузкой. Напряжения сжатия уменьшают сечения пор и уплотняют структуру бетона. Увеличение проницаемости под влиянием растягивающих напряжений обуславливается понижением плотности бетона, вследствие возникновения и растянутом бетоне системы микротрещин.

Существенное влияние на проницаемость бетона оказывает вид и степень его напряженного состояния, в особенности для менее плотных бетонов. Из приведенных в табл. 1 данных следует предполагать, что существуют некоторые критические напряжения, ниже которых влияние напряженного состояния на проницаемость бетона становится малозаметным. Эти пределы напряжений являются величиной переменной, зависящей от конкретных условий испытания — состава и возраста бетона и других факторов. В данном случае такой границей явилось напряжение, составляющее 25—30% от предела прочности образцов при изгибе, как для легкого, так и для тяжелого бетона. Дальнейшее увеличение напряжений растяжения приводит к повышению глубины проникания жидкости вследствие возникновения и развития микротрещин, а также увеличения размеров пор. Напряжения сжатия действуют противоположным образом и понижают проницаемость бетона. Таким образом, основным фактором, обуславливающим увеличение проницаемости нагруженного бетона, являются растягивающие усилия в нем. Что же касается влияния сжимающих усилий, то проницаемость будет в какой-то степени зависеть от величины вызываемых ими поперечных напряжений растяжения.

Исследование проницаемости методом люминесцентного анализа проводилось также, как уже указывалось, для выявления пути продвижения жидкости через толщу бетона на различных природных заполнителях. С этой целью образцы, парафинированные по боковым граням, ставились на капиллярный подсос в раствор люминофора в течение 24 часов. Из замера светящейся зоны образцов следует, что жидкость проникает в толщу бетона, в основном, по цементному камню, минуя заполнитель. По-видимому, это обуславливается образованием уплотненной цементной корки вокруг пористого заполнителя, которая закупори-

вает капиллярные ходы на его поверхности и тем самым капиллярные поры крупного заполнителя становятся труднодоступными для проникновения люминофора, а возможно, также и тем, что размер пор в заполнителе имеет больший диаметр, чем поры в цементном камне. При исследовании легких бетонов на заполнителях, характеризующихся весьма высокой степенью проницаемости (кармрашенский шлак, приндская пемза), люминофор беспрепятственно проникает в толщу образцов и наблюдается свечение по всему сечению, что свидетельствует о сквозной их проницаемости.

В ы в о д ы

1. Напряженное состояние легкого бетона существенно влияет на его проницаемость. Растягивающие напряжения при изгибе увеличивают глубину проникания жидкости, в то время как сжатие приводит к понижению проницаемости.

2. Существуют некоторые критические напряжения изгиба, ниже которых проницаемость нагруженного и ненагруженного бетона становится практически одинаковой. В наших экспериментах величина этих напряжений составляла примерно 25% от предела прочности при изгибе.

3. В бетонах на некоторых природных легких заполнителях (ахтанакский туф, литондкая пемза) высота фронта пропитки люминофора мало отличается от таковой для тяжелого бетона. При этом жидкость проникает в толщу бетона в основном по цементному камню, минуя заполнитель.

Настоящие исследования по проницаемости нагруженного бетона на природных легких заполнителях методом люминесцирующих индикаторов были проведены в 1966—1967 гг. в Лаборатории долговечности легкого бетона и железобетона (руководителем канд. техн. наук В. М. Худавердяном) Армянского научно-исследовательского института строительных материалов и сооружений.

АНСМ

Поступило 1.X.1968.

Վ. Մ. ՄՈՍԿՎԻՆ, Վ. Գ. ՆԵՐՍԻԱՅԱՆ

ԲՆԱԿԱՆ ԹԵՐԹԻՎ ԼՏԻԶՆԵՐՈՎ ՊԱՏՐԱՍՏՎԱԾ ԲԵՌՆԱՎՈՐՎԱՆ ԲԵՏՈՆԻ
ԹԱՓԱՆԳԵԼԻՈՒԹՅԱՆ ԼԵՂԵԿ ԲԵՏՈՆԻ ԲՆԱԿԱՆ ԹԵՐԹԻՎ

Ո Ւ Փ Ո Ւ Փ Ո Ւ Փ

Ինքնաբերական կամ արհեստական լեզուներով պատրաստված բետոնի թափանցելիության և բարձրորակության հետազոտությունների արդյունքները: Պարզված է, որ բետոնի լարվածային վիճակը և աղյուսակում է նրա թափանցելիության վրա: Չորը լարվածները խորացնում են հեղուկի թափանցելիությունը:

փանցելիությունը, մինչդեռ սեղմումը նվազեցնում է այն նշվում է, որ որոշ թևքն լցիչների պատաստված բետոններ իրենց ֆափանցելիության աստիճանով բիշ են տարրերվում ծանր բետոնից. ըստ սրում հեղուկը բետոնի խորքն է թափանցում, հիմնականում, ցեմենտաբարի միջով՝ շրջանցելով ցիւրը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Москвин В. М. Подвальный А. М. Исследование коррозионных процессов в нагруженном бетоне. Известия АСИА СССР, вып. 4, 1962
2. Левшин В. Л. Люминесценция и ее технические применения. Изд. АН СССР, 1956.