

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРИСТОСТИ БЕТОНА С ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫМ СРОКОМ ТВЕРДЕНИЯ**

**Шевченко В.В., инженер, Непомящий А.Н., аспирант,  
Заволока М.В., к.т.н., профессор**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

Известно, что физико-химические процессы связанные с явлениями гидратации, перекристаллизации, диффузионного массопереноса и тому подобного не прекращается в период всего жизненного цикла бетона.

В наших исследованиях использован бетон состав которого приведенный в таблице 1, который хранился в течении 40 лет в естественных условиях, что предполагает температуру порядка  $20 \pm 8$  °С, изменение относительной влажности  $60 \pm 20$  %.

За этот период в бетоне произошло очень много структурных изменений связанных не только с процессами гидратации, а также связанные с процессами карбонизации, появления  $\text{CaCO}_3$ , что с одной стороны должно уплотнить структуру и таким образом привести к изменению физико-механических свойств, а с другой стороны должно изменить защитные свойства бетона по отношению к арматуре. Для выяснения влияния времени, структурных изменений на изменение физико-механических свойств бетона была принята серия экспериментов, которая позволила определить глубину карбонизации бетонных образцов, водопоглощение и рассчитать пористость по кинетике водопоглощения. В связи с этим была определена задача изучения влияния исходного состава бетона на протекание процессов карбонизации.

Определение глубины карбонизации бетона производилось по изменению величины водородного показателя рН с помощью раствора индикатора фенолфталеина в этиловом спирте.

Определение водопоглощения и пористости бетона проводилось согласно ДСТУ Б В.2.7-170:2008 «Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності».

Для определения объема открытых капиллярных пор бетона (объему меж зерновых полостей) образцы насыщают водой в течение 24 часов, потом выдерживают 10 мин. на решетке, после чего определяют их объем в объемомере.

Перед проведением водонасыщения образцов проводилось предварительное высушивание их до постоянной массы при температуре  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ .

Таблица 1. Составы бетона

№№ составов	Расходы материалов в кг на $1 \text{ м}^3$ бетона				Характеристики составов		
	Ц	П	Щ (5-10 мм)	В	В/Ц	Ц/П	ОК, см
1	500	677	1015	200	0,4	0,738	4
2	280	745	1126	196	0,7	0,406	4

Водопоглощение определялось через 2, 24, 48 ч замачивания. Результаты по изменению водопоглощения бетона разного состава представлена на рис. 1. Как видно на водопоглощение бетона в возрасте 40 лет имеет большое влияние его составы. [1,2]

Для бетона состава №1 за первые 2 часа водопоглощение составило 0,5 % по массе. Последующее выдерживание в воде до 24 и 48 ч. привело к увеличению водопоглощения до 0,8 % по массе.

Такое низкое водопоглощение бетона состава №1 может быть связано не только со структурой исходного состава бетона, но также и с процессами карбонизации, которые прошли на глубину до 2 мм.

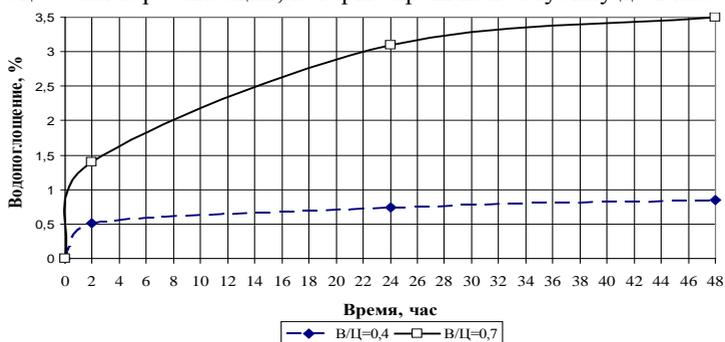


Рис. 1. Водопоглощение во времени

Водопоглощение бетона состава №2 через первые 2 ч. увлажнения составило  $W=1,4\%$ , что в 3 раза больше по сравнению с водопоглощением бетона состава №1. Через 24 часа увлажнения

водопоглощение возросло в 2 раза и достигло 3,2 % по массе. Дальнейшее увлажнение до 48 ч. привело к увеличению водопоглощения до 3,5 % по массе. Это в 4 раза больше водопоглощения бетона по сравнению с бетоном состава №1. Приведенные результаты показывают, что начальная структура, которая зависит от исходных составов бетона продолжает оказывать влияние в течение продолжительного времени.

Изменение водопоглощения бетонов в возрасте 40 лет с их водопоглощением после 28 суток твердения в нормальных условиях свидетельствует о структурных изменениях, которые произошли с течением времени. Водопоглощение бетона состава №1 после 48 часов увлажнения после 28 суток нормального твердения составило  $W=5,8\%$ , что почти в 6-ть раз больше по сравнению с водопоглощением этого бетона через 40 лет. Почти в два раза снизилось водопоглощение образцов бетона состава №2 после 40 лет по сравнению с водопоглощением образцов в возрасте 28 суток нормального твердения. Характерно, что после 28 суток нормального твердения водопоглощение образцов различных составов отличается не более чем на 7% по массе. После 40 лет хранения в естественных условиях водопоглощение образцов состава №1 в 3,7 раза меньше водопоглощения образцов состава №2. Можно заключить, что такое влияние составов бетона на изменение водопоглощения связано с структурными преобразованиями бетонов в течении длительных временных интервалов.

Исходя из данных по кинетике водопоглощения, нами был рассчитан показатель среднего размера открытых капиллярных пор и его объем в образцах бетона [3]

Результаты определения пористости, показывают, что в образцах с  $В/Ц=0,4$  – общая пористость на 1,64% меньше по сравнению с образцами с повышенным  $В/Ц$  (рис. 2).

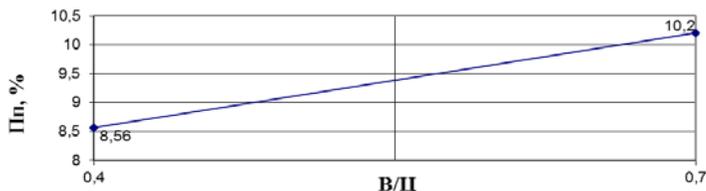


Рис. 2. Общая пористость бетона

Результаты расчетов показали, что в образцах с составом №1 показатель среднего размера капиллярных пор составил около 0,05 мм,

а в составе №2 составил 0,18 мм. Объем открытых капиллярных пор в составе №1 составляет 4,11%, в составе №2 – 4,52% (рис. 3).

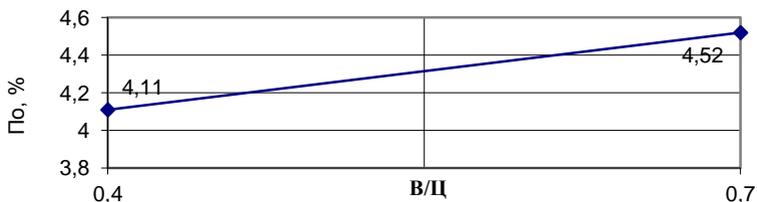


Рис. 3. Объем открытых капиллярных пор

Объем открытых не капиллярных пор в составе №1 составляет 0,8% в свою очередь в образцах с повышенным В/Ц объем открытых не капиллярных пор составил 1,08% (рис. 4). Объем условно закрытых пор состава №1 составил 3,75%, и состава №2 составил 5,11% (рис. 5). Что возможно связано с повышенным В/Ц начальных составов.

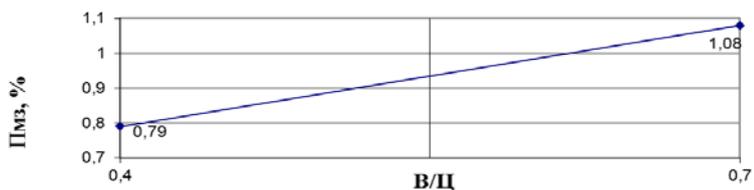


Рис. 4. Объем открытых некапиллярных пор

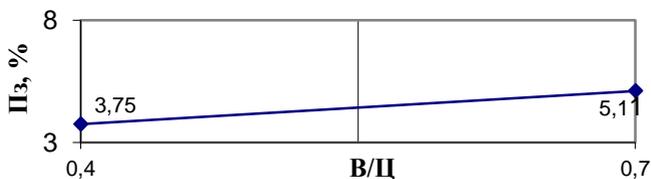


Рис. 5. Объем условно закрытых пор

Будучи пористым, бетон хорошо впитывает углекислый газ, кислород и влагу, присутствующие в атмосфере, что способствует прохождению карбонизации бетона.

В силу того что, образующиеся при твердении гидратные соединения могут взаимодействовать с  $\text{CO}_2$  воздуха в бетоне идет практически не прекращающиеся процессы образования  $\text{CaCO}_3$ , увеличиваясь в объеме, закупоривает часть пор его пространства и как

показали исследования других авторов может привести к повышению прочностных характеристик бетона и снижению его проницаемости.

Карбонизация бетона имеет двузначное действие. С одной стороны она положительно влияет на прочность, со временем прочность бетона растет. С другой стороны карбонизация приводит к постепенной нейтрализации щелочности цемента, что понижает защиту стальной арматуры в железобетонных изделиях. Скорость протекания карбонизации и глубина определяется с одной стороны начальным составом бетона, а с другой определяется его структурными особенностями.

**Выводы.** Проведенные эксперименты показывают, что не зависимо от возраста бетона, структура бетона, которая изначально была задана его водоцементным и цементно-песчаное отношением имеет значительное влияние на физические свойства бетона на протяжении всего срока эксплуатации.

Полученные результаты позволяют прогнозировать изменение параметров поровой структуры при длительном сроке эксплуатации.

### **Summary**

**The article presents the characteristics of porosity of concrete with long curing.**

### *Литература*

1.Панасюк В.А., ассистент, Воронов Ю.Н., к.т.н., доцент, Загорчменная Н.О. к.т.н., ассистент Выровой В.Н., д.т.н. проф. Стойкость бетона длительного твердения в условиях многократного увлажнения и высушивания\Вісник Одеської Державної Академії Будівництва Та Архітектури Випуск №47 – Одесса 2012 С.278-281.

2. Панасюк В.А. Изменения свойств микроструктур бетона во времени./ Выровой В.Н., Сильченко С.В., Елькин А.В. // Вісник Одеської Державної Академії Будівництва Та Архітектури Випуск №39– Одесса 2010 С.128-133

3. Шейкин А.Е. Структура и свойства цементных бетонов./ Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. – М.: Стройиздат,1979. – 344 с.