

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВРЕЖДЁННОСТИ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Пушкарь Н. В., Бреднев А. М., Ковров А. В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Приводятся результаты экспериментально-теоретических исследований технологической (начальной) повреждённости структуры бетона в зависимости от его состава. Даны рекомендации по выбору способа определения технологической повреждённости бетона.

Известно, что бетон, в силу своей неоднородности и особенностей формирования структуры, является технологически повреждённым материалом, т.е. в конструкциях из него присутствуют технологические трещины ещё до приложения к ним эксплуатационных нагрузок. Установлено, что количество начальных трещин в теле бетона зависит как от качественного и количественного составов, так и от условий технологической переработки материала в изделие [2, 3]. Дефекты материала автоматически переходят в конструкции из него, и определяют тем самым её эксплуатационные характеристики, поэтому необходимо изучить возможности направленного изменения структуры бетона, меняя его составы, с целью управления технологической повреждённостью для улучшения физико-механических характеристик бетона.

К рассмотрению процессов формирования структуры бетона существует два подхода: макромеханический и микромеханический. При макромеханическом подходе модель материала рассматривают как двухкомпонентную среду – матрицу с включениями заполнителя. При микромеханическом подходе принимается модель материала в виде структурных дискретных блоков различного масштабного уровня, разделённых и взаимодействующих через границы раздела. Выявление особенностей взаимодействия отдельных составляющих позволяет раскрыть переход от дискретности реального материала к его поведению как непрерывной среды на каждом уровне структурных неоднородностей.

С позиций микромеханики формирование структуры бетона представляет собой кинетический процесс, сопровождаемый поэтапным переходом из одного в другое состояние, вызываемое многократным изменением пространственно-временных структур, поэтому бетон представляют как сложную систему, организованную по принципу «структура в структуре». В структуре предполагается наличие достаточно большого количества составляющих объектов, взаимодействующих между собой. Свойства отдельных элементарных составляющих и материала в целом зависят от состояния, механических характеристик, адгезионно-когезионных сил связи между отдельными компонентами, общего объёма и протяжённости внутренних поверхностей раздела [3, 4, 5].

Под поверхностью раздела понимают область изменения свойств материала при переходе от одного компонента к другому или от одной структуры к другой, на которых происходит перераспределение напряжений и деформаций между отдельными компонентами или структурами материала при действии на них технологических и эксплуатационных воздействий и нагрузок. Поверхности раздела сохраняют за собой потенциальную возможность трансформироваться в зародышевые трещины и входить в структуру затвердевшего материала, определяя его повреждённость технологическими дефектами. Они представляют собой ослабленные связи в бетоне, которые, при приложении к нему внешней нагрузки, разрываются в первую очередь [3].

На макроуровне границы раздела матрицы и заполнителей образуют внутри структуры материала своеобразные «усадочные ячейки». Их объём и форма зависят от соотношения когезионной и адгезионной прочностей матрицы, фракций заполнителя, его объёмного содержания в смеси. Образовавшиеся «усадочные ячейки» расчленяют макроструктуру материала на отдельные объёмные блоки, взаимодействующие через свои поверхности раздела [3]. Все внутренние процессы становления структуры бетона проявляются на поверхности образцов в виде сети микротрещин, увидеть которую можно только после выдержки образцов в водных растворах танина [1].

Как было установлено в [3], существует возможность управления технологической повреждённостью за счёт изменения количества наполнителей. Под наполнителями понимают частички произвольных форм и поверхностной активности, размер которых, в отличие от заполнителей, не позволяет им создавать в окружающем вяжущем поля деформаций и напряжений и вызывает их участие в процессах организации элементарных структурных элементов вяжущего.

Для определения влияния количества наполнителей в составе бетона на степень его технологической поврежденности в лаборатории ОГАСА были исследованы бетонные призмы различных составов. Принятое количество наполнителей составляло 8, 10, 12%. Для проявления поверхностных микротрещин набравшие в естественных условиях прочность опытные образцы выдерживались в водных растворах танина [1].

Поврежденность призм технологическими трещинами оценивалась с помощью трёх коэффициентов поврежденности – $K_{(10)}$, $K_{(40)}$, $K_{(пл)}$, для их определения на двух гранях каждой призмы были проведены линии длиной 10 и 40 см, соответственно, по высоте сечения призмы и по высоте призмы, а также выделен участок площадью 10×10 см. Длины поверхностных трещин вдоль линий и по участку 10×10 см измерялись курвиметром с точностью до 1 мм (рис. 1).

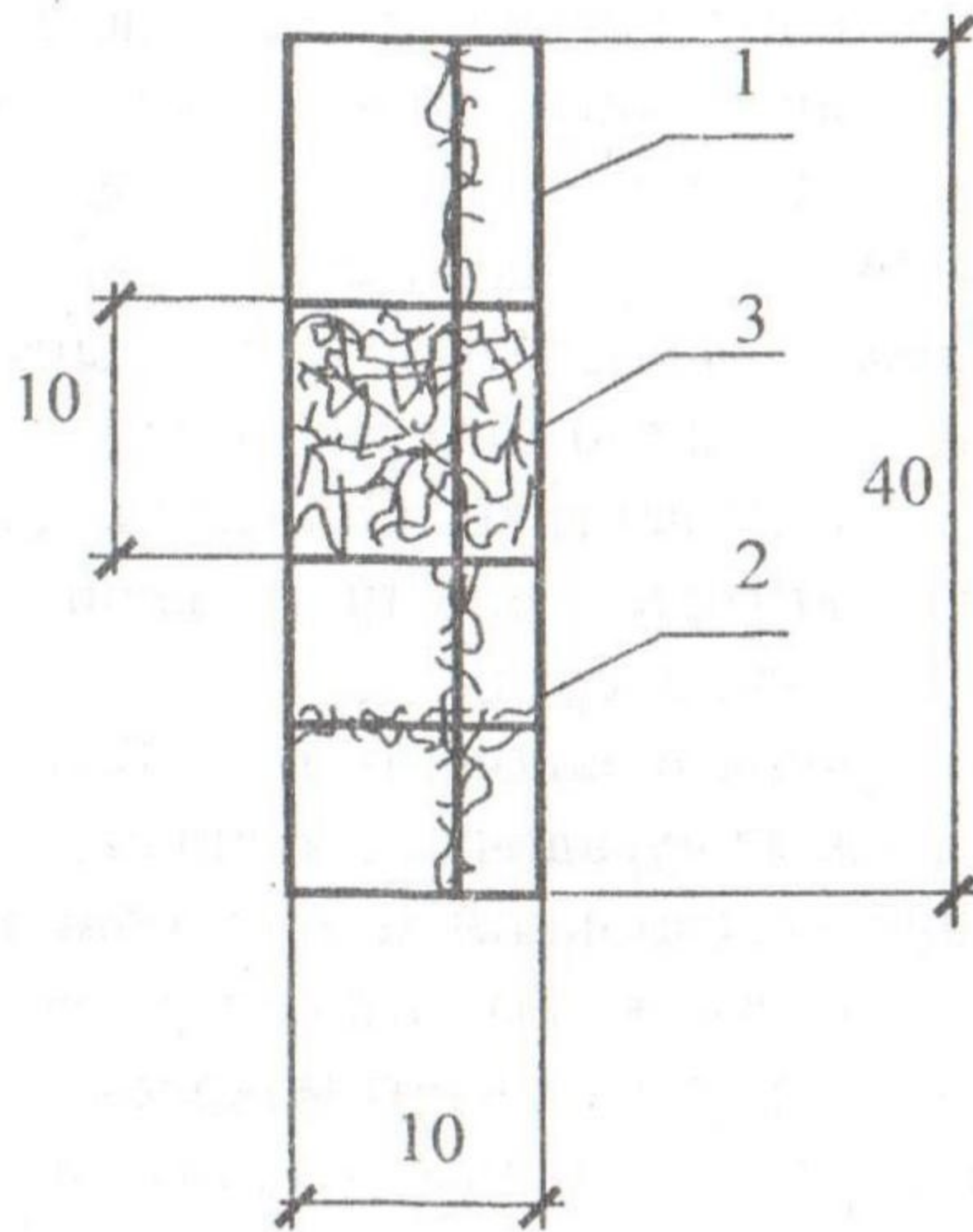


Рис. 1. Определение технологической поврежденности:

- 1 – по линии длиной 40 см;
- 2 – по линии длиной 10 см;
- 3 – по площади участка 10×10 см.

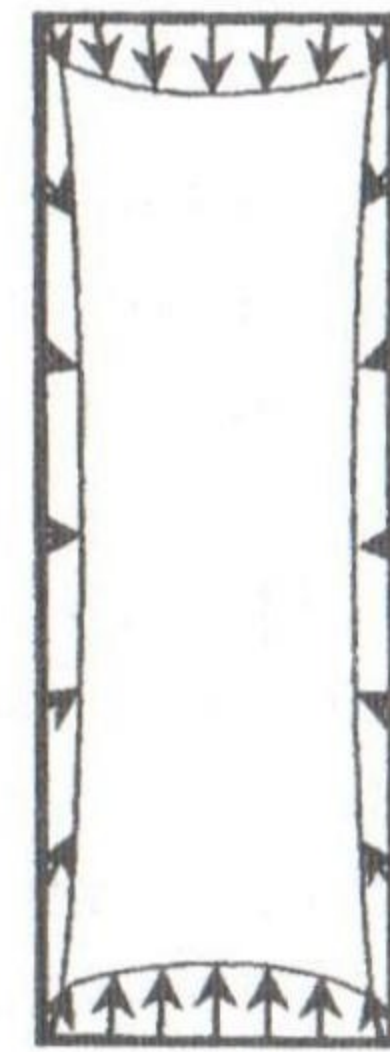


Рис. 2. Эпюра усадочных деформаций в образце прямоугольной формы.

Сами коэффициенты определялись делением длин линий на длины соответствующих технологических трещин ($K_{(10)}$ и $K_{(40)}$) и делением площади участка 10×10 см на длину поверхностных трещин, находя-

щихся на нём ($K_{(пл)}$). Полученные значения коэффициентов приведены в табл. 1, на рис. 3 величины коэффициентов представлены в зависимости от количества наполнителей, графики зависимости строились методом наименьших квадратов.

Таблица 1

Марка призмы	Количество наполнителей, %	Коэффициенты технологической повреждённости бетонных призм		
		$K_{(10)}$	$K_{(40)}$	$K_{(пл)}$
1	2	3	4	5
П 1.1	8	0,47	0,65	0,84
П 1.2		0,51	0,67	0,83
П 1.3		0,4	0,6	0,82
Средние значения коэф-в		0,46	0,64	0,83
П 2.1	10	0,61	0,52	0,98
П 2.2		0,52	0,56	0,99
П 2.3		0,56	0,51	0,97
Средние значения коэф-в		0,56	0,53	0,98
П 3.1	12	0,57	0,62	0,95
П 3.2		0,63	0,63	0,98
П 3.3		0,51	0,64	0,93
Средние значения коэф-в		0,57	0,63	0,95

Как видно из рис. 3, при увеличении в бетоне количества наполнителей от 8 до 12% коэффициент повреждённости $K_{(10)}$ увеличивается от 0,46 до 0,56 (на 22%), наибольшее отклонение от графика составляет 13%. Коэффициент $K_{(40)}$ вначале уменьшается с 0,64 до 0,53 (на 21%), затем увеличивается до 0,63 (на 19%) при наибольшем отклонении от графика – 6%. И коэффициент $K_{(пл)}$ увеличивается, в среднем, от 0,83 до 0,95 (на 15%), максимальное отклонение – 3%.

Анализируя полученные данные, приходим к выводу, что три различных коэффициента повреждённости представляют разные значения и качественно разный характер зависимости повреждённости призм от количества в составе бетона наполнителей, поэтому возникает вопрос

выбора одного или двух из них, которые описывали бы данную зависимость наиболее близко к реальности. Для решения этого вопроса проанализируем каждый из коэффициентов, привлекая экспериментальные данные [6] о влиянии геометрических размеров образца на формирование в нём остаточных полей напряжений и деформаций при наборе прочности.

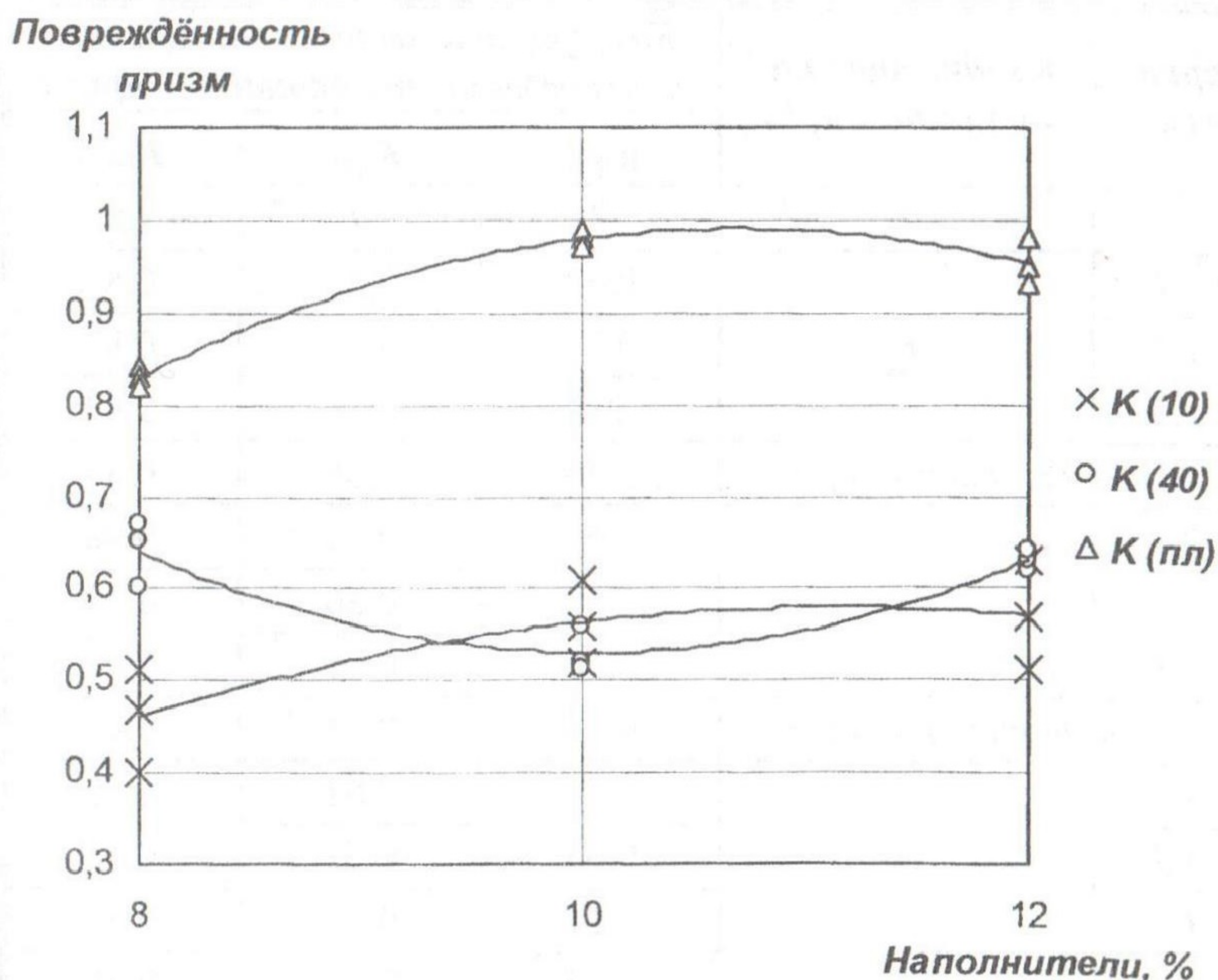


Рис. 3. Влияние количества наполнителей на степень технологической повреждённости призм.

На рис. 2 представлена эпюра усадочных деформаций в образце из оптически чувствительного композитного материала, построенная на основании исследования методом фотоупругости его напряжённо-деформированного состояния, сформировавшегося на стадии перехода материала из жидкого в твёрдое состояние. Учитывая то, что бетон является композитным материалом и при наборе прочности в нём также происходит процесс перехода из вязкого в твёрдое состояние, можно предположить, что качественная картина формирования остаточного напряжённо-деформированного состояния в бетонной призме будет

такой же, как на рис. 2.

Сопоставляя методику определения коэффициентов поврежденности (рис. 1) с эпюрой усадочных деформаций (рис. 2), получаем следующее: коэффициент $K_{(40)}$, в основном, характеризует степень технологической поврежденности внутренних слоёв призмы, т.к. из-за её значительной высоты поврежденность у торцов усредняется с поврежденностью внутреннего слоя. Коэффициент $K_{(10)}$ даёт более реальное представление о степени поврежденности призм, т.к. захватываемый соответствующей линией внутренний слой уменьшается, в среднем, в 4 раза. Аналогичен ему и коэффициент $K_{(пл)}$ с тем отличием, что характеризует поврежденность не по длине линии, а по площади участка. О сходстве этих двух коэффициентов свидетельствуют и графики (рис. 3), на которых коэффициенты показывают аналогичный характер изменения поврежденности в зависимости от количества наполнителей.

Выводы:

1. В результате экспериментально-теоретических исследований технологической (начальной) поврежденности структуры бетона в зависимости от его состава установлено, что количество наполнителей влияет на формирование технологической поврежденности.
2. Для оценки степени поврежденности бетонных призм $10 \times 10 \times 40$ см технологическими трещинами рекомендуется использовать коэффициенты – по длине линии 10 см ($K_{(10)}$) и по площади участка 10×10 см ($K_{(пл)}$).

Литература

1. Выровой В. Н., Дорофеев В. С., Макарова С. С., Абакумов С. А. Способ выявления трещин в бетонных и железобетонных конструкциях на неорганическом вяжущем. – Полож. реш. № 5008907/33(059304) от 03 – 07.91.
2. Соломатов В. И., Дорофеев В. С., Выровой В. Н., Сиренко А. В. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. – К.: Будивэльник, 1991. – 144 с.
3. Дорофеев В. С., Выровой В. Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. О.: Город Мастеров, 1998. – 168 с.
4. Синергетика: Сб. статей // Сост. А. И. Рязанов, А. Д. Суханов. Под ред. Б. Б. Кадомцева. – М.: Мир, 1984. – 248 с.
5. Хакен Г. Синергетика: Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах. – М.: Мир, 1985. – 423 с.
6. Барбул А. П. Влияние формы сечений на распределение технологических деформаций. – Одесса, ВМК «Місто майстрів», 2000 р., – 184 с.