УДК 622.831

Д.Н.ПЕТРОВ, *канд. техн. наук, доцент, petrovgs@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

D.N.PETROV, *Dr. in eng. sc., associate professor, petrovgs@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕТОНОВ С ПОЛИМЕРНОЙ ФИБРОЙ

Приведены результаты определения прочности на одноосное сжатие и предела пропорциональности для образцов бетона с различным содержанием полимерной фибры.
Ключевые слова: прочность, бетон, полимерная фибра.

DETERMINATION OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF CONCRETE WITH POLYMER FIBRO

The results determine the uniaxial compressive strength and the proportional limit for concrete samples with different content and type of polymer fibers.
Key words: strength, concrete, polymer fiber.

В настоящее время в подземном строительстве получает большое распространение применение различных видов добавок, позволяющих регулировать физико-механические свойства бетонов и строительных растворов. Одной из таких добавок является фибра – материал в виде волокон для дисперсного армирования бетонных конструкций.

Целью работы было определение характера разрушения и прочностных показателей образцов бетона с различным содержанием полимерной фибры двух типов (табл.1). Образцы фибробетона изготавливались для испытания на одноосное сжатие в форме кубиков и для испытания методом изгиба в виде призм-балок (прямоугольных параллелепипедов). Концентрация фиброволокон составляла 3, 5 и 7 кг на 1 м^3 бетона.

Предел прочности бетона при одноосном сжатии $\sigma_{сж}$ определялся в соответствии с ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Образцы подвергались разрушению путем сжатия в испытательной установке со скоростью нагружения 0,5 МПа/с, обеспечивающей повышение расчетного напряжения в образце до его полного разрушения. В качестве испытательной установки применялся пресс MTS 816 (рис.1, *а*).

Таблица 1

Технические характеристики материала фибры

Параметр	Модифицированный олефин (тип А)	Натуральный полипропилен (тип Б)
Длина фибры, мм	54	50
Предел прочности при растяжении, МПа	580	1004
Плотность, кг/м^3	910	900
Модуль упругости, МПа	10000	1550
Точка плавления, °С	160	165

Предел прочности при одноосном сжатии вычисляли по формуле

$$\sigma_{сж} = \alpha \frac{F}{A} k_{\omega},$$

где F – разрушающая образец нагрузка, кН; A – площадь поперечного сечения образца, м^2, α – масштабный коэффициент для при-

а *б*



Рис.1. Вид прессовой установки MTS 816 (*а*) и испытательной машины MTSInsight 200 кН (*б*)

а *б*

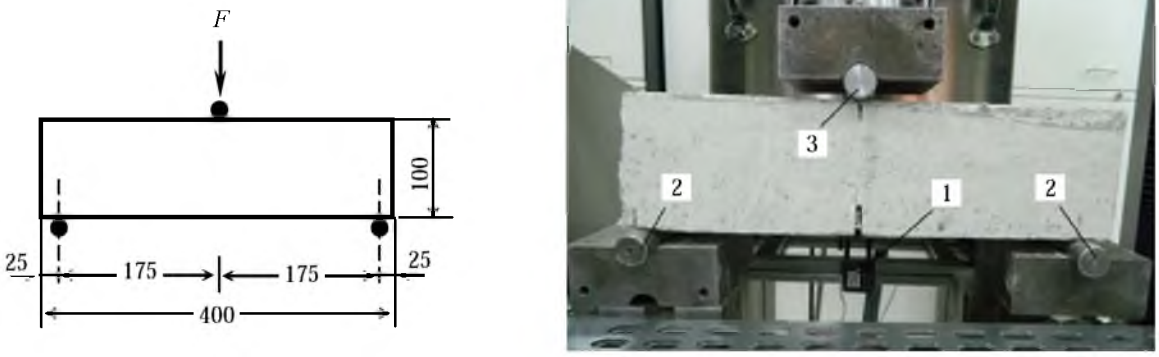


Рис.2. Схема (*а*) и общий вид (*б*) устройства для передачи нагрузки

1 – датчик перемещения; 2 – опорные ролики; 3 – нагружающий ролик

ведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы согласно ГОСТу; k_{ω} – поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания, $k_{\omega} = 1$.

Прочность на растяжение при изгибе определялась в соответствии с EN 14651:2005 «Test method for metallic fibre concrete – Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual)». Перед испытанием при помощи масштабной линейки устанавливалась средняя длина пролета образца по двум замерам расстояния между осями опорных роликов, установленных по обе стороны образца. Штангенциркулем измерялась средняя ширина образца и расстояние между вершиной надреза и верхней частью образца.

Для проведения испытаний использовалась испытательная машина MTSInsight 200 кН (рис.1, *б*). Устройство для передачи нагрузки от испытательной машины к образцам состояло из двух опорных и одного нагружающего ролика (рис.2). Расстояние между центрами опорных роликов принималось равным 350 мм, с погрешностью

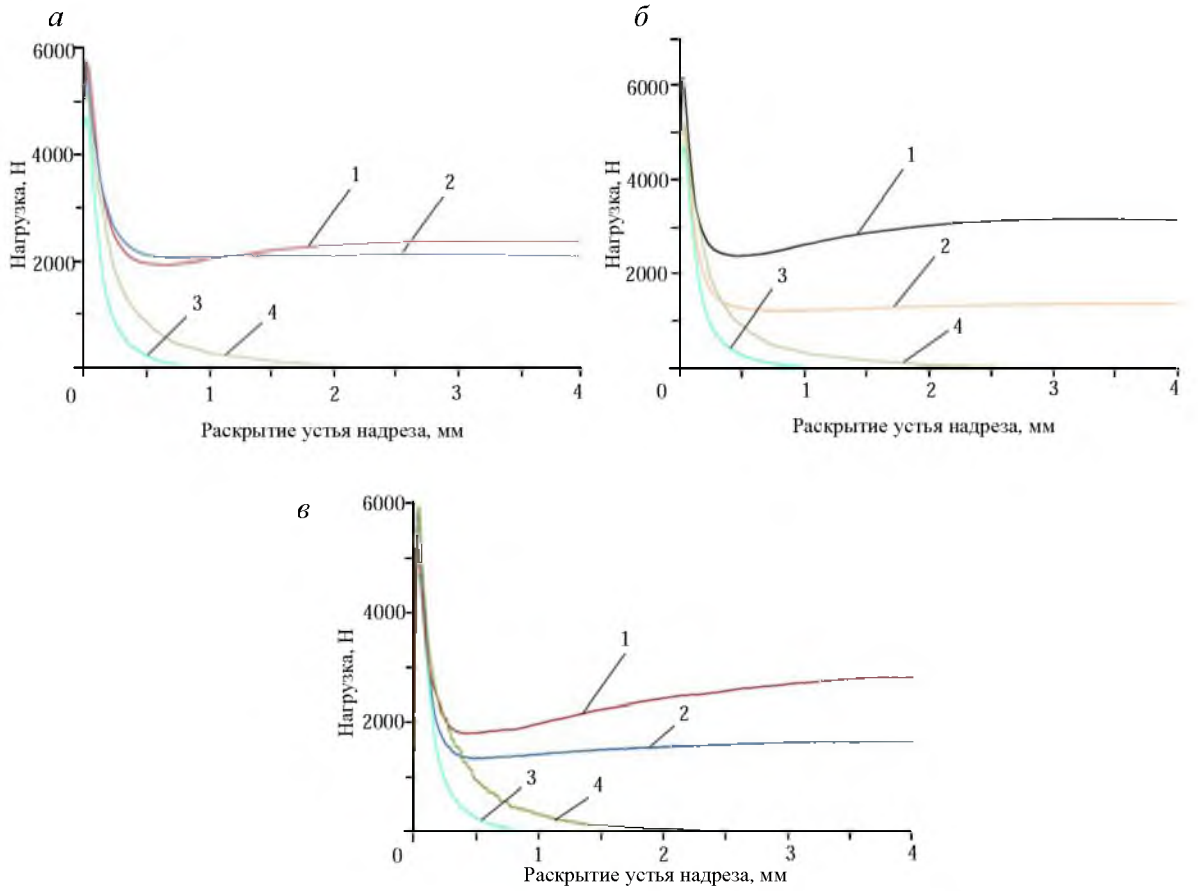


Рис.3. График зависимости раскрытия устья надреза от нагрузки для образцов с содержанием фибры 3 кг/м^3 (*а*), 5 кг/м^3 (*б*); 7 кг/м^3 (*в*)

1 – с фиброй типа А; 2 – с фиброй типа Б; 3 – без фибры; 4 – с металлической фиброй

± 2,0 мм. Для измерения ширины раскрытия устья надреза в процессе испытания с обеих сторон от надреза на образец наклеивались специальные крепежи, на которые устанавливался датчик перемещения.

Процесс испытания образцов и запись результатов испытаний производились в автоматическом режиме. Процесс испытания регулировался по скорости раскрытия устья надреза. При ширине раскрытия устья надреза до 0,1 мм скорость раскрытия устья надреза назначалась 0,05 мм/мин, а далее увеличивалась до 0,2 мм/мин. Испытания продолжались до достижения ширины раскрытия устья надреза не менее 4 мм.

Предел пропорциональности определялся по зависимости

$$f = \frac{3F_f l}{2bh^2}, \qquad (2)$$

где f – предел пропорциональности, Н/мм^2; F_f – нагрузка, относящаяся к пределу пропорциональности, Н; l – длина пролета (расстояние между центрами опорных роликов), мм; b – ширина образца, мм; h – расстояние между вершиной надреза и верхней частью образца, мм.

Значение F_f определялось как максимальное значение нагрузки при раскрытии устья надреза от 0 до 0,05 мм.

Для качественного анализа результатов испытаний были определены и аналогичные показатели для образцов бетона без добавок и с добавками металлической фибры.

На рис.3 приведены результаты испытания образцов фибробетона с различным содержанием фибры на растяжение изгибом. При раскрытии устья надреза до 0,2-0,3 мм наличие фибры практически не влияет на характер деформирования образцов. Интенсивность нарастания, а затем падения нагру-

Таблица 2

Результаты определения прочности на сжатие и предела пропорциональности образцов бетона

Образец	Прочность на одноосное сжатие, при содержании фибры (кг/м^3), МПа			Предел пропорциональности при содержании фибры (кг/м^3), МПа		
	3	5	7	3	5	7
Образцы с фиброй типа А	28,7	27,6	28,3	4,5	4,9	5,0
Образцы с фиброй типа Б	26,8	27,6	27,7	4,2	4,3	4,6
Металлическая фибра	27,1	27,5	27,0	4,1	4,3	4,8
Без добавок	–	25,7	–	–	3,8	–

зок в сущности одинакова. Это объясняется тем, что несущим материалом является только бетонная матрица образца. При дальнейшем деформировании в образцах с фиброй наблюдается прекращение падения и стабилизация нагрузок, а в образцах из обычного бетона падение происходит до нулевых значений. Для образцов с фиброй падение нагрузки достигает 40-70 % от максимальной, после чего падение прекращается. При раскрытии устья надреза до 4 мм наблюдается 5-20-процентный рост нагрузок.

Средняя прочность на одноосное сжатие образцов бетона в зависимости от количества фибры варьируется в пределах 27,0-28,7 МПа (табл.2). Наличие фибры в составе бетона не приводит к существенному росту прочности на сжатие. Так, прочность на одноосное сжатие бетона без добавок 25,7 МПа, для группы образцов с фиброй типа А (с содержанием фибры 3 кг/м^3) 28,7 МПа, для бетона с фиброй типа Б (с содержанием фибры 7 кг/м^3) 27,7 МПа.

При испытаниях на изгиб прочность на растяжение (предел пропорциональности) увеличивается на 18; 29 и 32 % соответственно для образцов с содержанием фибры типа А 3; 5 и 7 кг/м^3 по сравнению с бетоном без добавок. Для образцов с фиброй Б этот показатель соответственно 11; 13 и 21 %. Наличие в образцах металлической фибры также приводит к увеличению предела пропорциональности на 10-25 %.