

УДК 666.973:69.022

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ БЕТОНА НА ПОРИСТОМ КАРБОНАТНОМ ПЕСКЕ

Босый Ю.А., Семчук П.П., Босый А.Ю. (Одесса)

Исследована трещиностойкость изгибаемых элементов-балок, изготовленных из бетона на гранитном щебне и пористом карбонатном песке. Установлены особенности образования и раскрытия трещин для исследуемых элементов.

Изгибаемые железобетонные элементы, изготовленные из бетона на гранитном щебне и пористом карбонатном песке обладают повышенной деформативностью, поэтому важным критерием оценки возможности использования отходов камнедобычи низкопрочного известняка-ракушечника в конструкционных бетонах является трещиностойкость конструкций.

Трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов исследовалась на балках прямоугольного сечения 10 x 20 см длиной 200 см. Ненапряженные балки армировали сварными каркасами, предварительно-напряженные - вязанными. Процент армирования ненапряженных балок - $\mu \% = 0,95\%$ (2 d=10 мм, А-III) - I, II и III серии и $\mu \% = 1,86\%$ (2 d=14 мм, А-IIIв) - IV серия. Для предварительно-напряженных балок - $\mu \% = 0,95\%$ (2 d=10 мм, А-IIIв).

Одеська державна академія
будівництва та архітектури

637074

БІБЛІОТЕКА

Вторая буква в шифре балок обозначает вид применяемого песка: «И» - известняковый, «К» - кварцевый. Наличие в шифре буквы «Н» свидетельствует о предварительном напряжении арматуры (таблица 1).

В качестве мелкого заполнителя для изготовления опытных образцов использовался песок, получаемый из отходов камнедобычи низкопрочных известняков-ракушечников Одесской области с прочностью исходной горной породы 0,8...1,5 МПа.

Для сопоставления полученных результатов были изготовлены контрольные балки из обычного бетона на кварцевом песке. Для изготовления всех балок использовался гранитный щебень фракции 5...20 мм.

Всего была изготовлена и испытана 31 балка: 20 балок из бетона на гранитном щебне и карбонатном песке БИ и БИН и 11 контрольных балок из обычного бетона (БК и БКН).

Испытания балок при кратковременном действии нагрузки проводили на специальном рычажном стенде. Их испытывали как однопролетные свободно опертые, загруженные двумя равными сосредоточенными силами, приложенными в третях пролета. Загружение балок производили ступенями с выдержкой нагрузки на каждой ступени в течение 15 минут.

В процессе испытания балок, с помощью индикаторов часового типа измеряли их прогибы, средние деформации рабочей арматуры и бетона сжатой и растянутых зон. Кроме этого измеряли деформации бетона по высоте сечения балок в зоне «чистого» изгиба при помощи проволочных тензорезисторов с базой 50 мм.

Первые трещины в ненапряженных балках из бетона на карбонатном песке появились при нагрузках, составляющих (0,13...0,22) от разрушающих (M_u), а в балках на кварцевой песке - (0,14...0,24) M_u . Первые трещины в предварительно-напряженных балках на карбонатном песке появились при нагрузках, равных (0,49...0,56) M_u , в контрольных балках - (0,52...0,55) M_u .

Предельные деформации бетона растянутой грани балок на известняковом песке составили $(15...31)10^{-5}$, что на 30...60% больше аналогичных деформаций в контрольных балках и что в 1,1...2 раза превышает максимальное относительное удлинение, принятое в нормах проектирования и равное $2R_{bt}/E_b$. Следовательно, наибольшее относительное удлинение крайнего растянутого волокна бетона на гранитном щебне и карбонатном песке рекомендуется принимать равным $2,6R_{bt}/E_b$.

Анализ опытных и теоретических моментов трещинообразования показал, что для ненапрягаемых исследуемых балок соотношение опытных и теоретических моментов трещинообразования в среднем составляет 1,02 с разбросом значений от -36% до +48%. Для аналогичных контрольных балок это соотношение в среднем равно 1,01.

Для предварительно напряженных балок из бетона на карбонатном песке отклонение опытных моментов трещинообразования от теоретических не превышает 9% и в среднем их соотношение равно 0,97.

Таблица 1

Характеристики опытных балок и их параметры трещиностойкости

Шифр балок	R _b , МПа	σ _y , МПа	M ^{оп} _{срс} , Н м	M ^т _{срс} , Н м	α ^{оп} _{срс} , мм	α ^т _{срс} , мм	l _{срс} , см
БИ-I-1	19,6	472	2030	2199	0,18	0,20	10,0
БИ-I-2	18,0	472	2373	2018	0,17	0,19	10,4
БИ-I-3	18,7	472	2275	2065	0,19	0,18	10,7
БИ-I-4	35,2	472	2058	2884	0,17	0,21	9,4
БИ-I-5	35,2	472	2695	2924	0,19	0,22	9,3
БИ-I-6	35,6	472	2170	2908	0,21	0,22	8,1
БИ-I-7	43,0	472	2531	3376	0,21	0,20	8,5
БИ-I-8	47,6	472	2205	3003	0,18	0,18	7,7
БИ-I-9	46,4	472	1995	3102	0,17	0,17	7,9
БИН-I-10	22,8	573	7280	8003	0,03	0,05	7,3
БИН-I-11	20,6	573	8930	8195	0,03	0,06	7,9
БК-I-1	31,0	472	2695	2941	0,18	0,18	10,4
БК-I-2	27,0	472	2100	2583	0,22	0,18	11,3
БК-I-3	50,9	472	2100	3754	0,23	0,21	10,3
БК-I-4	50,9	472	3230	3802	0,23	0,23	8,2
БКН-I-5	21,3	573	7280	7981	0,02	0,04	8,7
БИ-II-1	24,4	472	2640	2198	0,13	0,16	9,8
БИН-II-2	18,9	573	7186	7775	0,03	0,06	8,5
БИН-II-3	22,6	573	8372	8068	0,03	0,05	7,7
БК-II-1	21,3	472	2880	2207	0,14	0,17	10,4
БКН-II-2	21,4	573	8197	8794	0,04	0,05	9,0
БКН-II-3	23,3	573	8233	8506	0,05	0,05	8,9
БИ-III-1	23,8	472	2433	2056	0,15	0,18	9,5
БИН-III-2	20,8	573	7035	7675	0,04	0,05	8,1
БИН-III-3	20,8	573	7035	7769	0,04	0,05	8,5
БИ-IV-1	17,1	446	2842	2251	0,08	0,10	7,2
БИ-IV-2	16,9	446	2485	1703	0,09	0,11	9,2
БИ-IV-3	16,4	446	2450	1653	0,09	0,10	7,7
БК-IV-1	21,6	446	2395	2506	0,12	0,10	9,3
БК-IV-2	22,4	446	2410	2352	0,13	0,10	8,3
БК-IV-3	20,5	446	2932	2306	0,14	0,11	7,5

Отклонение опытных моментов трещинообразования от теоретических для контрольных балок на кварцевом песке также не превышает 9% и в среднем их соотношение равно 0,94.

Следует отметить, что соотношение опытных и теоретических моментов трещинообразования для исследуемых балок уменьшается с увеличением прочности бетона. Аналогичная зависимость наблюдается и для контрольных балок. Для исследуемых балок это соотношение близко к единице лишь при $R=15...25$ МПа. При $R<15$ МПа это соотношение увеличивается, а при $R>25$ МПа - уменьшается.

При статистической обработке полученных результатов для исследуемых балок установлена математическая зависимость для определения момента трещинообразования

$$M_{crс} = (1,76Rbt - 0,11Rbt^2)W_{pl}$$

Средние значения расстояний между трещинами $l_{crс}$ для исследуемых балок колебалось от 7 до 12 см. Причем, величина $l_{crс}$ была на 5...10 % меньше, чем в аналогичных контрольных балках. Более частое расположение трещин в балках на карбонатном песке по сравнению с контрольными образцами объясняется повышенной растяжимостью такого бетона.

Расстояние между трещинами уменьшается с ростом прочности бетона, увеличением процента армирования и наличием предварительного напряжения в арматуре.

Для ненапряженных балок на карбонатное песке трех первых серий, опытные значения ширины раскрытия трещин при эксплуатационных нагрузках составили 0,13...0,21 мм, что в среднем на 19,6% меньше, чем в аналогичных контрольных балках. Для балок четвертой серии опытные значения ширины раскрытия трещин составили 0,08...0,09 мм, что на 32% меньше, чем в балках на кварцевом песке. При увеличении процента армирования в 2 раза ширина раскрытия трещин для балок на известняковом песке уменьшилась в 2 раза, для контрольных балок - в 1,5 раза.

В предварительно-напряженных балках на карбонатном песке ширина раскрытия трещин при эксплуатационных нагрузках не превышала 0,05 мм и была в среднем на 8,6% меньше, чем в контрольных балках на кварцевом песке.

В ненапряженных балках опытная ширина раскрытия трещин не превышала предельно-допустимую величину для конструкций третьей категории трещиностойкости ($\alpha_{сгс}=0,4$ мм) до нагрузок, равных 0,8Мн, в предварительно-напряженных балках - до нагрузок, равных 0,9Мн.

Расхождение опытных величин ширины раскрытия трещин с теоретическими для ненапряженных балок на карбонатном песке трех первых серий не превышают 19%, для аналогичных балок на кварцевом песке - 22%. Однако, если для балок на карбонатном песке опытные значения ширины раскрытия трещин в среднем на 8% меньше теоретических, то для контрольных балок они на 3% больше.

Для балок на карбонатном песке четвертой серии соотношение опытных значений ширины раскрытия трещин к теоретическим в среднем равно 0,84, для контрольных балок четвертой серии - 1,26.

Для предварительно-напряженных балок опытные значения ширины раскрытия трещин при эксплуатационных нагрузках значительно меньше теоретических. Для исследуемых балок их соотношение в среднем равно 0,61, для контрольных балок - 0,73. Опытные величины ширины раскрытия трещин для предварительно-напряженных балок хорошо согласуются с теоретическими при нагрузках, равных (0,7...0,9)Мн.

Проведенными исследованиями установлено, что ширина раскрытия трещин для балок из бетона на гранитном щебне и карбонатном песке на 9...32% меньше, чем в контрольных балках на кварцевом песке. Уменьшение ширины раскрытия трещин объясняется повышенной растяжимостью такого бетона и уменьшенной величиной расстояния между трещинами, что обеспечивает лучшую трещиностойкость изгибаемых элементов.