

UDC 624.072.2.012

### **Impact of Concrete Type on Crack Resistance of Reinforced Concrete Constructions**

<sup>1</sup> Evgeny N. Peresipkin<sup>2</sup> Vladimir P. Pochinok<sup>3</sup> Victor S. Shevtsov<sup>4</sup> Sergey V. Shevtsov

<sup>1</sup> Sochi State University, Russia  
Sovetskaya street 26a, Sochi, 354000

Dr. (technical), Professor  
E-mail: pen40@rambler.ru

<sup>2</sup> Kuban State Technical University, Russia  
Krasnaya street 166, Krasnodar, 353000

PhD (technical), Professor  
E-mail: pen40@rambler.ru

<sup>3</sup> Sochi State University, Russia  
Sovetskaya street 26a, Sochi city, 354000

PhD (technical), Professor  
E-mail: vishev@mail.ru

<sup>4</sup> Sochi State University, Russia  
Sovetskaya street 26a, Sochi city, 354000

PhD (technical)

E-mail: se2404@gmail.com

**Abstract.** The article presents the design method of concrete elements, the property that defines this method is the inclusion in internal force the resultant voltage vector in crack-tip vicinity, where elastic stress exceeds concrete design stress to split. This method (if compared to traditional design methods) allows to determine construction stress strain behavior in all working stages. This method can be useful for experiments operation, assessment of residual structural load capacity during engineering survey, design of reinforced concrete constructions.

**Keywords:** reinforced concrete elements; crack resistance; fracture mechanics.

Введение. Расчётное значение момента трещинообразования зависит от вида бетона и, как показывают опыты, имеет большой разброс по отношению к экспериментальным значениям. Во всяком случае, значительно больший, чем соотношение расчётных и экспериментальных величин при испытаниях на прочность.

Причиной таких расхождений опытных и расчётных значений усилий трещинообразования являются, с одной стороны, неточность фиксации момента появления трещины в опыте, что зависит от многих факторов, в частности, от чувствительности испытательной техники и квалификации экспериментатора, а, с другой стороны, от степени достоверности выбранной расчётной схемы.

Традиционная расчётная схема для определения момента трещинообразования в изгибаемых непреднапряжённых элементах исходит из линейной эпюры напряжений в сжатой зоне бетона и прямоугольной эпюры с интенсивностью предельных растягивающих напряжений  $R_{bt}$  в растянутой зоне. Эта расчётная схема в случае высокопрочных бетонов, для которых область линейной работы при растяжении значительно больше, чем в малопрочных бетонах, или в случае сильного армирования, когда деформации растянутой зоны малы вследствие большой жёсткости, неадекватна явлению. В таких случаях более целесообразна линейная эпюра в растянутой зоне, но с введением на месте формирования трещины зоны предразрушения  $r_y$ , определяемой согласно расчётной модели, предложенной в [1] и приведённой на рисунке 1, и вектора сопротивления бетона распространению трещины  $N_{crc}$ . Значения  $r_y$  и  $N_{crc}$  определяются через критический коэффициент интенсивности напряжений  $K_{IC}$ , который, в свою очередь, зависит от

расчётного сопротивления бетона растяжению  $R_{bt}$ , крупности заполнителя  $d_s$  и эмпирического коэффициента  $k_0$ :  $K_{IC} = k_0 R_{bt} (d_s)^{1/2}$ . Расчётная схема рисунка 1 позволяет более дифференцированно оценивать трещиностойкость конструкции, поскольку учитывает не только преимущественную линейность деформирования растянутого бетона, но и нелинейность (наличие зоны предразрушения), а также структурные особенности материала (крупность заполнителя).

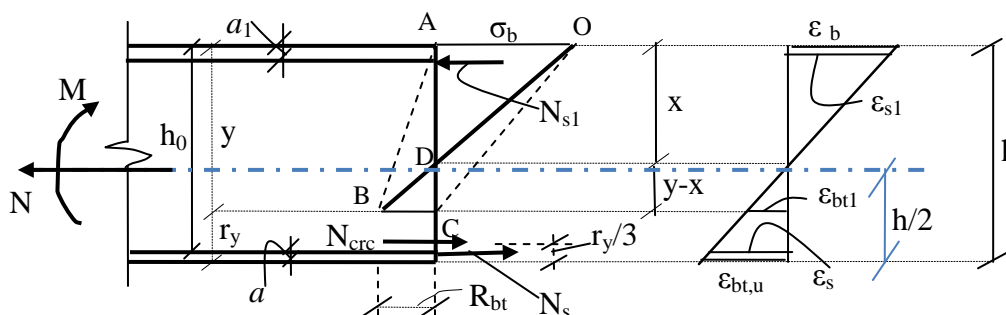


Рис. 1. Распределение напряжений и деформаций в нормальном сечении при упругой работе сжатого и растянутого бетона с образованием зоны предразрушения  $\gamma_y$

Сопоставление расчётных и опытных [2] данных по результатам исследований трещиностойкости керамзитобетона при  $k_0=2$

№ опы та	$\mu, \%$	$R_{bt}, \text{МПа}$	Опыт		$d_s = 0,005$		$d_s = 0,01$				
			$m_{crc}^{exp}$	$K_{IC}=0$	$m_{crc}^{exp}$	$m_{crc}^{exp}$	$K_{IC}$	$m_{crc}$	$m_{crc}^{exp}$	$m_{crc}^{exp}$	
1	0,02	0,30	0,099	0,167	0,687	0,042	0,176	0,777	0,060	0,184	0,86
2	0,02	0,31	0,096	0,167	0,74	0,044	0,176	0,833	0,062	0,184	0,92
3	0,035	0,37	0,11	0,168	0,527	0,052	0,176	0,60	0,074	0,185	0,68
4	0,059	0,45	0,084	0,169	1,012	0,064	0,177	1,011	0,090	0,186	1,21
5	0,085	0,51	0,127	0,17	0,339	0,072	0,178	0,402	0,102	0,187	0,47
6	0,087	0,51	0,167	0,17	0,018	0,072	0,178	0,066	0,102	0,187	0,12
7	0,199	0,45	0,172	0,174	0,012	0,064	0,182	0,058	0,090	0,191	0,11
8	0,202	0,45	0,188	0,174	-0,07	0,064	0,183	0,027	0,090	0,191	0,016
9	0,266	0,25	0,184	0,176	-0,04	0,035	0,185	0,005	0,050	0,193	0,049
10	0,326	0,37	0,232	0,178	-0,23	0,052	0,187	-0,194	0,074	0,195	-0,16
11	0,34	0,34	0,191	0,179	-0,06	0,048	0,187	-0,021	0,068	0,196	0,026
12	0,348	0,28	0,162	0,179	0,105	0,040	0,188	0,160	0,056	0,196	0,21
13	0,36	0,37	0,19	0,18	0,053	0,052	0,188	-0,011	0,074	0,197	0,037
14	0,409	0,38	0,185	0,181	0,022	0,054	0,19	0,027	0,076	0,198	0,07
15	0,56	0,32	0,239	0,187	-0,218	0,045	0,195	-0,18	0,064	0,204	-0,15
16	0,562	0,25	0,247	0,187	0,243	0,035	0,195	-0,21	0,050	0,204	-0,17
17	0,57	0,28	0,232	0,187	-0,194	0,040	0,196	-0,15	0,056	0,204	-0,12
18	0,901	0,38	0,271	0,199	0,266	0,054	0,207	-0,23	0,076	0,215	-0,21

Ср. отклонение	0,044	0,007			0,007			0,007	
Ср. арифметическое	0,176	0,177			0,186			0,194	
Коэфф. вариации	0,248	0,038			0,036			0,035	

В таблице приведены результаты сопоставления опытных данных усилий трещинообразования, приведённых в работе [2] (четвёртый столбец), с расчётными данными, полученными по нормативной методике (пятый столбец) и по методике с учётом сопротивления бетона распространению трещин (столбцы восьмой и одиннадцатый). Значение  $m_{crc}$  в таблице есть относительная величина момента трещинообразования ( $m_{crc}=M/(bh^2)$ ). Из-за экономии места в таблице дана только часть расчётных данных. Опущены, например, данные при  $k_0=4$ , что характерно для тяжёлых бетонов (В.П.Крамской [3]). Однако эти данные не противоречат выводам, вытекающим из тех, что представлены в таблице.

Выводы. На основании табличных данных (в опытах [2] бетон был лёгким) можно сделать вывод, что опытные данные в целом лучше описываются расчётной схемой с линейным деформированием растянутого бетона и введением зоны предразрушения, в пределах которой бетон оказывает сопротивление распространению трещины силой  $N_{crc}$ . При этом эмпирический коэффициент  $k_0$  в формуле для определения критического коэффициента интенсивности напряжений

$$K_{IC}=k_0R_{bt}(d_s)^{1/2}$$

следует принимать в зависимости от плотности бетона по соотношению

$$k_0=(D/1200)^2,$$

где  $D$  - безразмерный параметр, численно равный плотности бетона в кг/м<sup>3</sup>.

#### Примечания:

1. Пересыпкин Е.Н. Расчет стержневых железобетонных элементов. М.: Стройиздат, 1988. 169 с.
2. Егиян С.С. Трещиностойкость изгибаемых элементов из керамзитобетона марки М50 // Совершенствование технологии и расчёта железобетонных конструкций / НИИЖБ. М., 1984. С. 32–35.
3. Пересыпкин Е.Н., Крамской В.П. Методика определения критического коэффициента интенсивности напряжений для армированного бетона // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1982. № 9. С. 22–24.

УДК 624.072.2.012

### Влияние вида бетона на трещиностойкость железобетонных конструкций

<sup>1</sup> Евгений Николаевич Пересыпкин

<sup>2</sup> Владимир Петрович Починок

<sup>3</sup> Виктор Сергеевич Шевцов

<sup>4</sup> Сергей Викторович Шевцов

<sup>1</sup> Сочинский государственный университет, Россия

354000, г. Сочи, ул. Советская, 26а

доктор технических наук, профессор

E-mail: pen40@rambler.ru

<sup>2</sup> Кубанский государственный технический университет, Россия

353000, г. Краснодар, Красная, 166,

кандидат технических наук, профессор

E-mail: pen40@rambler.ru

<sup>3</sup> Сочинский государственный университет, Россия

354000, г. Сочи, ул. Советская, 26а

кандидат технических наук, профессор

E-mail: vishev@mail.ru

<sup>4</sup> Сочинский государственный университет, Россия

354000, г. Сочи, ул. Советская, 26а

кандидат технических наук

E-mail: se2404@gmail.com

**Аннотация.** Изложен метод расчёта железобетонных элементов, особенностью которого является включение в систему внутренних усилий результирующего вектора напряжений в окрестности вершины трещины, где упругие напряжения превышают расчётное сопротивление бетона растяжению. Метод позволяет более точно по сравнению с традиционными расчётными схемами определить параметры напряженно-деформированного состояния конструкции во всех стадиях её работы. Его применение может оказаться полезным при обработке экспериментов, оценке остаточной несущей способности конструкций при технических обследованиях, в практике расчёта и проектирования железобетонных конструкций.

**Ключевые слова:** железобетонные элементы; сопротивление распространению трещин; механика разрушения.