УДК 624.012.41

ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ ПЛОСКОНАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ДИСКОВ С ТРЕЩИНАМИ

Яременко А.Ф., *д.т.н., проф.,* **Гапшенко В.С.,** *к.т.н., доц.*

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина

Экспериментальные исследования железобетонных дисков 300х300х70 мм.проведены при кратковременном и длительном действии нагрузки. Всего испытанно 115 дисков, 108 кубов, 132 бетонных призмы. Сетки для дисков выполняли из арматуры периодического профиля класса А-400С диаметром 6 мм., бетон тяжелый класса Б30, изготовленный из составляющих: цемент активностью 40 МПа; песок морской с модулем крупности 1,69; щебень гранитный с наименьшей и наибольшей крупностью 1,5 и 20 мм. Дозирование составляющих бетона по компонентам (цемент:песок:щебень=1:1,6:3,0 при W/C = 0,425) осуществляли по массе. Методика испытаний дисков описана в работах [1], [2].

На основе замеренных по двум сторонам диска показаниям индикаторов судили о характере деформирования его под действием неодноосной нагрузки – «растяжении-сжатии». Определяли средние деформации: ε_1 – сплошных полос бетона, на которые разделялся диск после появления трещин;ε_n–железобетона с трещинами по направлению оси растяжения. Кроме того, в дисках с α = 45° определяли средние деформации деформации железобетона по направлению арматурных стержней ней ε_x. Применение индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм.обеспечило достаточную точность измерений в процессе испытаний (погрешность измерений не превышала 0,3 %).

Характер изменения деформаций растяжения ε_n дисков с α= 90° различен: в начальный момент (при отсутствии трещин) они не значительны, в момент раскрытия трещин деформации ε_n скачкообразно возрастают и увеличиваются нелинейно вплоть до приложения последней ступени растягивающей нагрузки.

Увеличение деформаций ε_n наблюдается и после фиксирования нагрузки растяжения, при последующем сжатии опытного образца в перпендикулярном направлении.

Деформации ε_1, вызванные действием сжимающих напряжений, в процессе испытаний возрастают по закону,близкому к линейному, до уровня напряжений 0,7…0,8R_{cr}. При более высоких уровнях напряжений деформации сжатия ε_1 не линейны. Для напряжений, вызывающих разрушение опытного образца, характерен рост деформации ε_n и ε_1 без затухания во время выдержки. Разброс опытных данных деформаций ε_1 не велик (коэффициент вариации составляет $v = 0{,}04$); для деформаций ε_n соответственно ν=0,07.

Деформативность дисков с углом наклона стержней α= 45° отличается от деформативности образцов с α= 90°. Если деформации ε_1 не на много превышают таковые в дисках с α= 90° и их разброс составляет ν=0,05, то деформации ε_n при действии одинаковых напряжений значительно больше (ν= 0,2). Деформации ε_n в 2 - 2,2 раза больше деформаций ε_{xy}.

При длительном действии нагрузки для дисков с направлением стержней α= 45 и 90° увеличиваются деформации ε_n, причем существенный их прирост происходит в первые 4-5 суток после приложения последней ступени нагрузки. Деформации ε_1 и особенно ε_{xy} изменяются во времени незначительно.

Установлен факт существенного влияния сжимающих напряжений на деформативность железобетонных дисков с трещинами в перпендикулярном направлении – направлении растяжении образца. Сжимающие напряжения не высокого уровня несколько улучшают работу элемента (уменьшают деформации), либо достигая уровня напряжений η_l= 0,5 и выше существенно ухудшают его работу – увеличивают эти деформации.

Введение в формулу, определяющею коэффициенты В.И. Мурашеваψ_{si}функции φ_{ps}, учитывающей влияние поперечного обжатия, позволило более точно определять средние деформации арматуры:

$$\psi_{si}=1 -0{,}75\varphi_{ls,l}\varphi_{ps}\frac{\lambda cr}{\lambda i\ \eta n},\psi_{si}\geq 0{,}25 \qquad (1)$$

Для случая кратковременного действия нагрузки, при $\varphi_{ls,i}$= I величину φ_{ps} вычисляем по формуле:

$$\varphi_{ps}=(1 - \psi_{sx}) / (0{,}75\frac{\lambda cr}{\lambda i\eta n}) \qquad (2)$$

Значение ψ_{sx}при этом определяли непосредственно по экспериментальным данным, коэффициенты λ – по рекомендациям Н.И. Карпенко и А.Ф. Яременко.

Установленно, что функция φ_{ps} не зависит от угла α и ее можно описать в виде полинома второй степени чере уровень относительных напряжений:

$$\varphi_{ps}=1+1{,}2\eta_l(1-2\eta_l) \qquad (3)$$

Деформация арматуры в трещине можно определить по формуле:

$$\varepsilon_{si}=\frac{\sigma n\ \lambda i}{Es\ \mu si},\ (i=x,y) \qquad (4)$$

Средние относительные деформации арматуры вычисляются по формуле:

$$\varepsilon_{si}=\psi_{si}\varepsilon_{si},\quad (i=x,y). \qquad (5)$$

Вычисленные по формулам (4) и (5) деформации удовлетворительно совпадают с опытными данными А.Я.Мельника и авторов. [3]

В результате образования трещин, диск разделялся на четыре полосы, размеры которых примерно соответствовали размерам бетонных призм. Однако прочность полос оказалась ниже прочности призм, так как полосы имели рваные грани, в которых структура бетона оказалось нарушенной.

Прочность железобетонных дисков в момент времени t_o определяется по формуле:

$$R_g(t_o)=0{,}82R_{bn}(t_o)(1-0{,}25\sin 2\alpha). \qquad (6)$$

Из формулы видно, что прочность дисков с $\alpha=90^o$ на 18%, а дисков с $\alpha=45^o$ на 38,5% ниже призменной.

Результаты испытаний железобетонных дисков в возрастах 28…1825 суток показали, что приращение за счет твердения бетона прочности незагруженных дисков и призм отличается незначительно.[4] Если призменную прочность в момент временитможноопределить по формуле:

$$R_{bn}(t)=[1+(\frac{28}{40+B})(\frac{t-28}{t+11})]R_{bn}(t_o), \qquad (7)$$

то прочность железобетонных дисков в такой же момент времени t можно определять по формуле заменив в ней t_oна t.

$$R_g(t)=0{,}82R_{bn}(t)(1-0{,}25\sin 2\alpha). \qquad (8)$$

Для определения предела длительного сопротивления железобетонных дисков с трещинами проведены четыре серии испытаний при действии растягивающих напряжений σ_n= 2,38 Мпа и сжимающих напряжений различных уровней. Зависимость между относительным значением длительных сжимающих напряжений и времени пребывания под нагрузкой до момента разрушения $t-t_o$мин.,аппроксимировали формулой:

$$\eta_l=0{,}985-0{,}016\ln(t-t_o). \qquad (9)$$

Три серии дисков были загружены на уровень сжимающих напряжений $\eta_l\leq 0{,}85$. Они не разгрузились после $t-t_o$= 280 суток пребывания под нагрузкой. После разрушения дисков догружением оказалось, что в среднем прочность их возросла на 50%. Выполненные автором испытания, анализ и обработка полученных опытных данных и данных других авторов, позволяют рекомендовать следующую расчетную формулу для определения прочности полос бетона между трещинами на сжатие при двухосном растяжении-сжатии:

$$R_g(t)=\frac{Rbn(t)\ \eta i}{185\ln+0{,}9}. \qquad (10)$$

Отметим, что формула дает нижнюю оценку прочности диска, поскольку в ней не учитывается дополнительное увеличение прочности бетона за счет сжимающих напряжений.

Выводы

1. Методика испытаний железобетонных дисков с трещинами при двухосном растяжении-сжатии предусматривает проведение опытов в установке для испытаний фрагментов железобетонных конструкций (дисков); при этом обеспечивается равномерное распределение нагрузки по осям ее приложения с устранением трения на контакте торца образца с обжимающим устройством; погрешность измерения деформации и контроля

нагрузки не превышала 2%. Это позволило достаточно полно моделировать напряженно-деформированное состояние железобетонных элементов в процессе кратковременных идлительных испытаний.

2. Установлен факт существенного влияния сжимающих напряжений на деформативность железобетонных дисков с трещинами в перпендикулярном направлении – направлении напряжения. Сжимающие напряжения невысокого уровня несколько улучшают работу элемента (уменьшают деформации), либо достигая уровня ηl=0,5 и выше существенно ухудшают его работу – увеличивают деформации.

Введение в формулу (1), определяющую коэффициенты В.И.Мурашеваψsi, функций φps,учитывающей влияние поперечного сжатия, позволило более точно определять средние деформации арматуры. Об этом свидетельствует соответствие деформаций, полученных теоретически-экспериментальным данным автора и других исследований.

3. Характер напряженного состояния и ориентация арматурной сетки относительно трещин оказывают существенное влияние на сопротивление железобетонных дисков. В проведенных испытаниях кратковременная прочность растянуто-сжатых дисков при сжатии 18…38% ниже призменной. Заметное влияние на прочность дисков оказывает уровень растягивающих напряжений в них. Относительная длительная прочность железобетонных дисков не меньше, чем длительная прочность бетонных призм. Если уровень напряжения сжатия не превышает относительную длительную прочность, происходит упрочнение образцов. В проведенных опытах прочность таких образцов при догружении оказалась в среднем на 50% выше кратковременной прочности железобетонных дисков в момент загружения.

4. Выполненные автором испытания, анализ и обработка опытных данных, позволяют рекомендовать расчетную формулу (10) для определения прочности полос бетона между трещинами на сжатие при двухосном растяжении-сжатии. Формула (10) дает нижнюю оценку прочности полос бетона.

Полученные данные о кратковременной прочности железобетонных элементов, при догружениях, указывают на дополнительное упрочнение бетона под нагрузкой. Этот резерв может быть использован при возведении и реконструкции зданий и сооружений.

5. Применение полученных в работе опытных данных и рекомендаций по расчету позволяет обеспечить надежность при проектировании плоскостных конструкций с трещинами или выявить резервы несущей способности.

Summary

Experimental tests of reinforced concrete discs with cracks 300x300x70 mm at complex strained state is "tension-compression". The analysis of the received data the authors and other researchers.Recommendations on the use of research results in normative instruments.

Литература

1. Яременко А.Ф., Гапшенко В.С. Методика испытаний плосконапряженных железобетонных элементов с трещинами. «Экспериментальные исследования инженерных сооружений». Тезисы докл. VIВсесоюзной конференции (май 1986, Новополоцк), с. 294.

2. Яременко А.Ф., Гапшенко В.С. Об особенностях испытаний плосконапряженных железобетонных элементов с трещинами. Депонировано во ВНИИИС, М., №6631, вып. 4, 1986.

3. Яременок А.Ф., Мельник А.Я., Гапшенко В.С. Результаты испытаний железобетонных дисков с трещинами при растяжении, сжатии и растяжении с поперечным обжатием высокого уровня. Депонировано во ВНИИНТПИ, М., №10663, вып. 9, 1990.

4. Гапшенко В.С. Влияние возраста загружения на прочность железобетонных дисков при растяжении-сжатии. Тезисы докл. конференции «Исследование работы и применение в строительстве эффективных элементов и конструкций», - Ровно, 1990, с. 69.