

RESEARCH OF STABILITY OF A THREE-LAYER CIRCULAR SHELL WITH LIGHT AGGREGATE REINFORCED BY RING RIBS OF RIGIDITY

On the given article the question of definition critical forces and critical rib rigidity of a three-layer circular shell with a light aggregate are considered. The shell is reinforced by ring ribs of rigidity. There have been obtained questions to determine critical forces and critical rigidity of ribs for the joint-leaned shell reinforced by ring ribs of rigidity.

УДК 624.072:012.4.046

РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК-СТЕНОК С ТРЕЩИНАМИ

**Еньков Е.У., к.т.н., доц., Чердинцев С.Р., ст. гр. ЗКМех-607м(н),
Викториано Рикардо (Ангола), ст. гр. ПГС-607м**

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ДБН допускают эксплуатацию железобетонных конструкций (кроме особо оговоренных), с трещинами, ограничивая ширину их раскрытия. В плоской задаче трещинообразование учитываем по упрощенной модели теории деформирования железобетона Н.И. Карпенко [1] для схемы непересекающихся трещин, в том числе и наклонных к арматуре, что имеет место про нагрузках эксплуатационного уровня (h – толщина балки-стенки):

$$N_n = N_{\max} = \sigma_n h \geq N_{bt}, \quad \sigma_l h = N_l = N_{\min} \leq N_{bt},$$

где: $n(\max), l(\min)$ – нормали площадок главных напряжений; N_{bt} – усилие трещинообразования; h – толщина элемента.

Теория [1] различает 3 стадии работы железобетонного элемента:

1) упругая (60÷70% от N_{bt}), и упруго-пластическая стадии при отсутствии трещин: в упругой стадии материал считается изотропным; в упруго-пластической стадии деформируется как некоторый ортотропный материал, в котором начинают развиваться пластические деформации, в т.ч. быстросотекающие деформации ползучести, причем оси ортотропии зависят от направления главных площадок; влияние армирования до появления трещин не учитывается; 2) стадия с трещинами при работе арматуры в упругой стадии; 3) упруго-пластическая стадия с трещинами при работе арматуры в пластической области. В стадиях 2) и 3) теория рассматривает

железобетон с трещинами как «особый анизотропный материал», анизотропия которого зависит от многих факторов.

Полагается, что справедливы следующие предпосылки:

- а) применим принцип наложения (суперпозиции) для средних деформаций;
- б) трещины образуются по площадкам главных растягивающих напряжений;
- в) арматура F_x и F_y «размазывается» по длине сечения с интенсивностью f_{ax} и f_{ay} , коэффициенты армирования $\mu_i = f_{ai}/h$, ($i=x, y$);
- г) арматура в наклонных трещинах воспринимает, кроме растягивающих, также сдвигающие усилия, что учитывается коэффициентами $\lambda_x(t)$ и $\lambda_y(t)$, которые определяются из специальных экспериментов;
- д) вдоль осей x и y (рис. 1) деформации элемента складываются из проекции средних деформаций арматуры и деформаций полос бетона между трещинами;
- е) деформации полос бетона вдоль трещин определяются без учета арматуры и поперечных деформаций бетона.
- ж) усреднение деформаций арматуры между трещинами производится с помощью коэффициентов типа Мурашева В.И. $\psi_{ax}(t)$ и $\psi_{ay}(t)$.

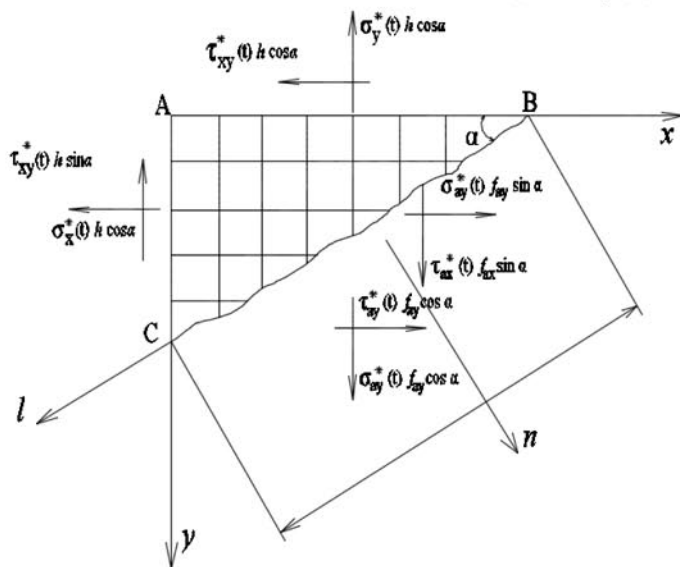


Рис.1. Распределение напряжений для элемента с трещиной

Алгоритм и условия сходимости процесса расчета балок-стенок изложены в [3] как для кратковременного ($t = \tau_1$), так и для длительного

$(t > \tau_1)$ нагружения.

Удовлетворительные результаты счета в *конечных разностях* получены с применением итерационной процедуры для условной диаграммы работы железобетонного элемента с трещинами $N_n = f(\varepsilon_n)$, где n - нормаль к направлению трещины [3]. Идея использования такой диаграммы заключается в том, что уровню напряженного состояния в узле с трещиной ставится в соответствие меньшая деформация, а значит, и меньшие напряжения, чем этого требуют физические зависимости [2]. Подобный прием в исследованиях НИИЖБ назван «прогнозированием усилий».

По приведенному алгоритму произведен расчет железобетонных балок-стенок из опытов Леонгардта Ф. и Вальтера Р. при кратковременном действии нагрузки, а также балок-стенок БС-1;2;3 и БСД-1;2;3 из опытов Кедича И.Н. [4] при кратковременном (БС) действии нагрузки для $t = \tau_1 = 30$ сут. и длительном (БСД) нагружении для моментов времени

$$t \geq \tau_1 \geq 30, t_1, \dots, t_k = 310 \text{ сут.}$$

Балки-стенки Кедича И.Н. с размерами 100x50x7см ($H/L=0,5$) армированы каркасами с нижней рабочей арматурой $2\phi 10$ мм класса А-II и нагружены равномерно- распределенной нагрузкой $q = 140$ кН/м. Величина среднего усилия в растянутой арматуре между трещинами определена по формуле

$$N_a^c(t) = \varepsilon_a^c(t) E_a F_a,$$

где $\varepsilon_a^c(t)$ – средние деформации железобетонного элемента с трещинами на уровне реальной арматуры.

Для сжатой зоны бетона $\sigma_b^c(t) = \sigma_x^c$, а средние напряжения в растянутом бетоне и «размазанной» арматуре нижней зоны определены из условий:

$$\sigma_b^c(t) = \sigma_x^c(t) - \mu_x \sigma_a^c(t), \quad \sigma_a^c = \varepsilon_x^c(t) E_a,$$

где μ_x – коэффициент армирования; $\varepsilon_x^a(t)$ – средние деформации железобетонного элемента на уровне рабочей растянутой арматуры.

Напряжения в арматуре в сечении с трещиной равны

$$\sigma_{ax}^{cr}(t) = \sigma_{ax}^c(t) / \psi_{ax}(t).$$

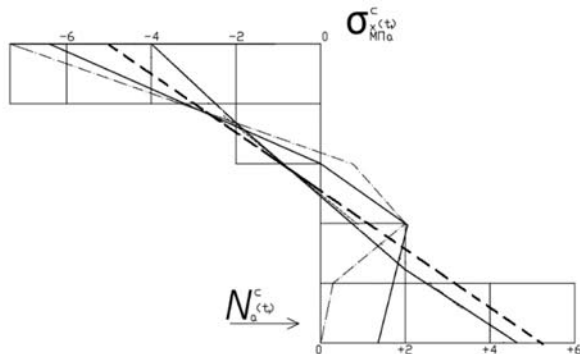


Рис. 2. Эпюры средних напряжений σ_x^c для сечения по оси симметрии:

- _____ для балок-стенок из опытов Кедича И.Н. [4], $\tau_1 = 30$ сут.;
 --- по элементарной теории изгиба балок;
 по методу конечных разностей;
 -.-.- по предлагаемой методике.

Усилия в нижней растянутой арматуре N_a в результате составляют:

при $\tau_1 = 30$ сут.:

-средние: опытные 14,2 кН; по расчету 12,2 кН; из упруго-изотропного решения 39,9 кН;

-в трещине: опытные 21,3 кН; по расчету 20,3 кН ($\psi_{ax} = 0,667$);

При $t = 310$ сут.:

-средние: опытные 27,42 кН; по расчету 26,7 кН;

-в трещине: опытные 27,5 кН; по расчету 27,2 кН ($\psi_{ax} = 0,98$).

Совпадение опытных и расчетных данных вполне удовлетворительное.

Очевидно, что расчеты балок-стенок как изотропно-упругих значительно завышают растягивающие напряжения (перерасход арматуры), и заметно занижают напряжения в бетоне сжатой зоны. В условиях длительного действия нагрузки вследствие выключения из работы растянутого бетона существенно возрастают усилия в растянутой арматуре.

Литература

1. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. — М.: Стройиздат, 1976. — 204с.
2. Еньков Е.У. Физические зависимости плоского напряженного состояния железобетона с трещинами в условиях ползучести и экспериментальное обоснование соответствующих параметров. — Строительные конструкции, 1979, вып. 32, с. 54-57.

3. Еньков Е.У. Сходимость решения плоской задачи теории железобетона с учетом трещинообразования и ползучести / Е.У. Еньков, А.Ф. Яременко, В.С.Гапшенко. – Тез. докл конф. .2017, с. 44-47.

4. Кедич И.Н. Экспериментальные исследования несущей способности и трещинообразования однопролетных железобетонных балок-стенок. В сб. Строительные конструкции и расчет сооружений.- Минск: ВШ, 1971, с. 53–63.

THE COMPUTATION OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WALLS WITH CRACKS

The permitting differential equation for the plane problem, taking in consideration the anisotropic character of work of reinforced concrete with cracks is realized in algorithm of computation of beams walls. The results of experimental data and the proposed computer simulation are compared.

УДК 539.3

НЕЛИНЕЙНОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ОБОЛОЧЕК ИЗ КОМПОЗИТОВ С ЛОКАЛИЗОВАННЫМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ НЕСОВЕРШЕНСТВАМИ

Жукова Н.Б., к.ф.-м.н.

Институт механики им.С.П.Тимошенко НАН Украины, г.Киев

К настоящему времени достигнуты значительные успехи в исследовании влияния начальных геометрических несовершенств на устойчивость оболочек. Однако возникают новые актуальные задачи, порожденных применением композитных материалов, новых технологических процессов, расширением представлений о существующих формах несовершенств. Интенсивность проводимых исследований стимулируется тем, что между расчетными и экспериментальными критическими нагрузками для композитных цилиндрических оболочек неизбежно наблюдается существенное различие. Оценка влияния конкретных вариантов начальных геометрических несовершенств на устойчивость оболочек также представляет большой интерес. Это относится, в частности, к неосесимметричным локальным несовершенствам, где отсутствие симметрии в геометрии оболочки затрудняет применение аналитических методов решения.

Получено решение задачи об устойчивости и начальном закритическом поведении композитных цилиндрических оболочек с узкой продольной вмятиной. Нелинейная теория оболочек Тимошенко-Миндлина и асимптотический метод Бискова-Хатчинсона положены в основу вывода системы нелинейных уравнений, связывающих параметр нагрузки и