

5. Seongcheol Ch. Internal relative humidity and drying shrinkage of hardening concrete containing lightweight and normal-weight coarse aggregates: A comparative experimental study and modeling, *Construction and Building materials* 148, 2017. – pp. 288–296.

6. Симонов М.З. Основы технологии легких бетонов / Симонов М.З. – М.: Стройиздат, 1973. – 58 с.

7. Wang X.F., Fang C., Kuang W.Q., Li D.W., Han N.X., Xing F. Experimental investigation on the compressive strength and shrinkage of concrete with pre-wetted lightweight aggregates, *Construction and Building materials* 155, 2017. – pp. 867–879.

УДК 624.012

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ

СЕМЕНЮК С. Д., СЕДЛЯР Т. Н.

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В 1988 году Бабиц Е. М. в своей книге «Конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях» [1] в одной из глав приводит требования трех категорий, которые будут предъявляться легким бетонам в зависимости от условий работы и вида применяемой арматуры. Эти три категории имеют следующие характеристики:

1. Не допускается образование трещин при действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок, учитываемых с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f > 1$.

2. Допускается ограниченное по ширине непродолжительное раскрытие трещин под действием постоянных, длительных и кратковременных нагрузок при условии их последующего надежного закрытия под действием постоянных и длительных нагрузок (при $\gamma_f = 1$).

3. Допускается ограниченное по ширине непродолжительное и продолжительное раскрытие трещин. Однако, по современным

нормам проектирования [2], которые действуют в Республике Беларусь, эти категории потеряли свою актуальность.

Трещинообразование следует ограничивать до степени, при которой оно не будет влиять на надлежащее функционирование и долговечность конструкции или ухудшать ее внешний вид.

Трещинообразование является обычным в железобетонных конструкциях, подверженных изгибу, срезу, кручению или растяжению, которые возникают при непосредственном приложении нагрузки или ограничении либо вынужденных деформациях.

Образование трещин может быть допущено без проверки ширины их раскрытия, если они не влияют на функционирование конструкции.

Если требуется контроль ширины раскрытия трещин, необходимо установить минимальное количество арматуры, имеющей сцепление с бетоном, для контроля трещинообразования в зонах, в которых ожидается растяжение. Требуемое количество арматуры может быть рассчитано из условия равновесия между растягивающим усилием в бетоне непосредственно перед образованием трещин и растягивающим усилием в арматуре при ее текучести или при меньшем напряжении, если это необходимо для ограничения ширины трещин.

Если более строгий расчет показывает, что меньшая площадь сечения арматуры будет достаточной, требуемая минимальная площадь арматуры может быть рассчитана следующим образом. При профильных сечениях, таких как тавровые и коробчатые балки, минимальное армирование следует определять для каждой части сечения (стенок, полок) по формуле:

$$A_{s,\min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}, \quad (1)$$

где $A_{s,\min}$ — минимальная площадь сечения арматурной стали в пределах растянутой зоны;

A_{ct} — площадь растянутой зоны бетона, т. е. той части сечения, которая, согласно расчету, растянута перед образованием первой трещины;

σ_s — абсолютное значение максимального напряжения, допускаемого в арматуре непосредственно после образования трещины;

$f_{ct,eff}$ — среднее значение прочности бетона при растяжении в момент, когда впервые могут возникнуть трещины;

k – коэффициент, учитывающий влияние неравномерных самоуравновешенных напряжений, которые приводят к снижению ограничивающих усилий:

k_c – коэффициент, учитывающий распределение напряжения в сечении непосредственно перед образованием трещин и изменение плеча внутренней пары сил.

Для железобетонных и предварительно напряженных плит зданий, подвергающихся изгибу без существенного осевого растяжения, нет необходимости применять специальные меры для ограничения ширины раскрытия трещин, если общая высота не превышает 200 мм.

Ширина раскрытия трещин по [2] определяется по формуле:

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}), \quad (2)$$

где $s_{r,\max}$ – максимальное расстояние между трещинами;

ε_{sm} – средние относительные деформации арматуры при определяющем сочетании воздействий, включая влияние вынужденных деформаций и учитывая работу бетона на растяжение. Учитывают только дополнительную относительную деформацию, выходящую за нулевое значение деформаций бетона на том же уровне;

ε_{cm} – средняя относительная деформация бетона между трещинами.

Значение $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ определяется по формуле:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (3)$$

где σ_s – напряжение в растянутой арматуре сечения с трещиной;

k_t – коэффициент, зависящий от длительности действия нагрузки;

$$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varnothing / \rho_{p,eff} \quad (4)$$

Однако формула (4) может видоизменяться в зависимости от разных ситуаций, например, если расстояние между стержнями, имеющими сцепление с бетоном, превышает $5 \cdot (c + \varnothing/2)$ (см. рис. 1).

Или если в растянутой зоне нет арматуры, имеющей сцепление с бетоном, верхнее значение для ширины раскрытия трещины определяют, принимая максимальное расстояние между трещинами по формуле:

$$s_{r,\max} = 1,3 \cdot (h - x) . \quad (5)$$

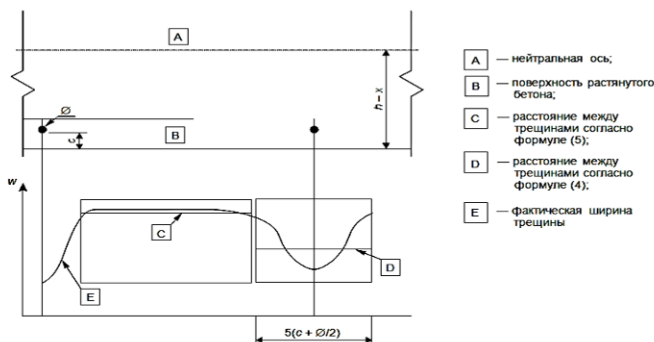


Рис. 1. Ширина трещины w на поверхности бетона по отношению к расстоянию между стержнями

По всему вышесказанному можно сделать выводы: нынешние нормативные документы при расчете на трещиностойкость требуют знаний большого количества значений, а также формулы расчетов для тяжелых и легких бетонов не отличаются, хотя имеются колоссальные отличия в определении всех остальных характеристик.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич, Е.М. Конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях / Е.М. Бабич / – Киев.: Головное издательство издательского объединения «Выща школа», 1988. – С. 207.

2. ТКП EN 1992 -1-1-2009 Еврокод 2 Проектирование железобетонных конструкций Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Министерство архитектуры и строительства. – Минск., 2010.