

2. В стыках с плитами марок Пн-1 и Пн-2 (серии II и III), имевших внутренние анкеры на напрягаемых стержнях, характер поверхности разрушения (рис.3) существенно отличается от разрушения плит в стыках серий I и IV. Наличие зон обжатия бетона торцевых участков плит вблизи напрягаемых стержней кардинально меняет характер напряженно-деформированного состояния (НДС) бетона по длине опорной зоны плиты. В зоне расположения анкеров в бетоне плиты создается объемное напряженное состояние, являющееся причиной существенного увеличения прочности бетона в опорной зоне плиты.

3. В случае использования в платформенных стыках ненапряженных плит перекрытий либо плит с натяжением арматуры на внешние упоры разрушение опытных образцов "по плитам" происходило при напряжениях составляющих

$(0.93 \dots 0.97) \times R_{\text{пл}}$. Для стыков с применением плит, преднатянутых по методике, предложенной в [1,2], разрушение бетона опорных зон плит и, соответственно, стыков происходило при напряжениях, составляющих $(1.07 \dots 1.09) \times R_{\text{пл}}$.

Выводы

1. Разработанная в [1,2] конструкция преднатянутых плит с принципиально новой схемой натяжения арматуры на внутренние несмешающиеся упоры позволила создать в зоне анкеровки (опорная зона плит) объемное напряженное состояние и тем самым увеличить несущую способность платформенных стыков на 15...17% по сравнению со стыками с ненапряженными плитами, либо в случае применения плит с "традиционным" натяжением арматуры на внешние упоры.

2. Наличие в опорных зонах

преднатянутых плит выемок от внутренних упоров форм не ведет к снижению прочности торцов плит, что следует учитывать при проектировании новых серий панельных зданий.

Библиографический список

1. Граник В.Г., Затрускин Ю.И. Патент РФ №2017911. "Форма для изготовления предварительно-напряженных железобетонных изделий". Приоритет от 7 апреля 1992г.

2. Граник В.Г., Александров Е.Ф. Патент РФ №2109898 "Способ изготовления преднатянутых железобетонных изделий и форма для осуществления способа". Приоритет от 24.09.1996.

3. Граник В.Г. Исследование преднатянутых плит с внутренними анкерами в платформенных стыках//Жилищное строительство. — № 1. — 1993. — стр. 21-24.

4. Инструкция по проектированию конструкций панельных жилых зданий, ВСН 32-77, СИ, М., 1978.

АРМАТУРА

С.А.МАДАТЯН, д-р техн. наук, проф., В.В.ДЕГТАРЁВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Деформативность и трещиностойкость изгибаемых элементов, армированных стержнями класса А500С, соединёнными внахлестку без сварки

В первом номере журнала за 2002 г. была опубликована статья, посвящённая прочности железобетонных изгибаемых элементов, армированных стержнями класса А500С, соединёнными внахлестку без сварки. В ней была описана методика проведения эксперимента и конструкция опытных балок.

В данной статье рассматривается влияние длины нахлестки при наличии и отсутствии в её пределах поперечной арматуры (огибающих хомутов), объёмного коэффициента армирования в пределах длины нахлестки, вида периодического профиля арматуры и прочности бетона на деформативность и трещиностой-

кость железобетонных изгибаемых элементов.

Следует отметить, что в большинстве случаев первые нормальные трещины были обнаружены в сечениях у границы зоны стыка и под грузами.

В балках с составными стержнями наблюдалось образование продольных трещин в зоне стыка.

На рис. 1 показан график зависимости относительного момента образования нормальных трещин $M_{\text{crc},\text{сост.}}^{\text{exp}} / M_{\text{crc},\text{ц.}}^{\text{exp}}$ ($M_{\text{crc},\text{сост.}}^{\text{exp}}$ — момент образования нормальных трещин в балках с составными стержнями; $M_{\text{crc},\text{ц.}}^{\text{exp}}$ — момент образования нормальных трещин в балках с цельными

стержнями) от относительной длины нахлестки l/d при отсутствии в её пределах поперечной арматуры (серия 1).

Из этого графика видно, что при длине нахлестки 20d и 30d значение момента образования нормальных трещин в балках с составными стержнями было равно значению момента образования нормальных трещин в балках с целыми стержнями. Значение момента образования нормальных трещин в балках с длиной нахлестки 10d составляло 0,75 $M_{\text{crc},\text{ц.}}^{\text{exp}}$.

Во всех балках серии 1 продольные трещины образовывались одновременно с разрушением.

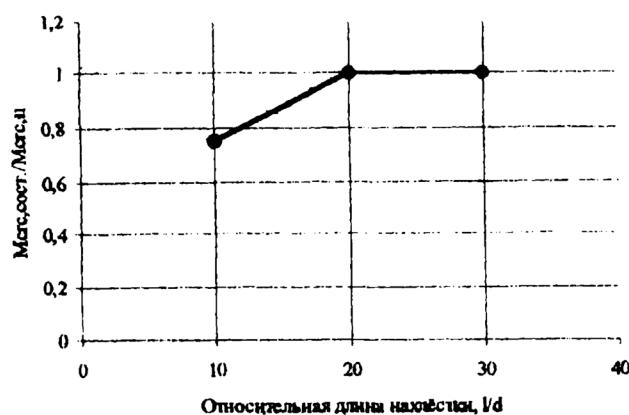


Рис. 1. Зависимость относительного момента образования нормальных трещин от длины нахлестки (без хомутов)

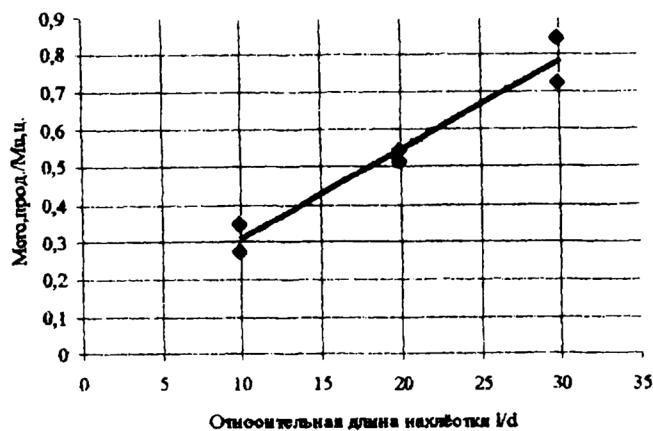


Рис. 2. Зависимость относительного момента образования продольных трещин от длины нахлестки (без хомутов)

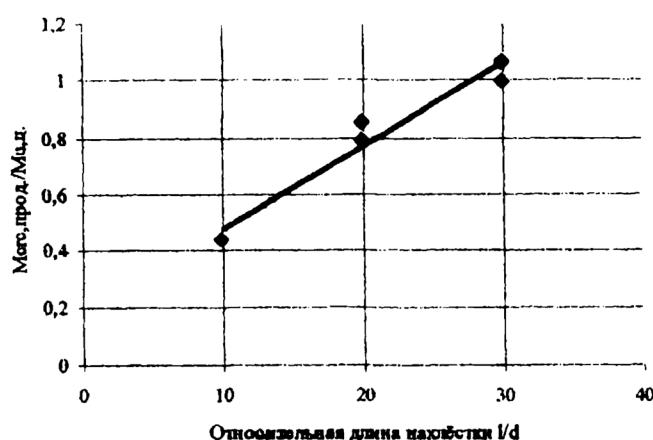


Рис. 3. Зависимость относительного момента образования продольных трещин от длины нахлестки (с хомутами)

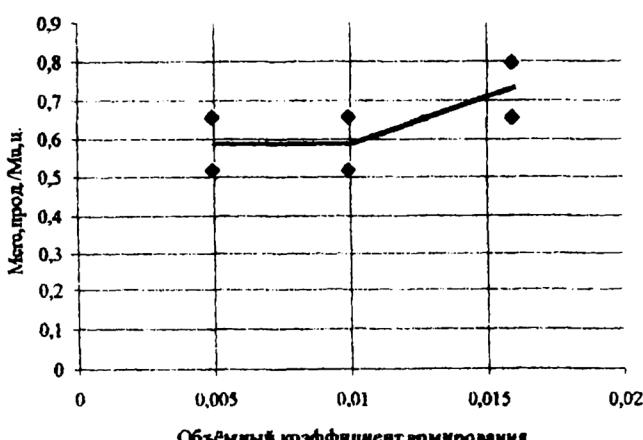


Рис. 4. Зависимость относительного момента образования продольных трещин от объемного коэффициента армирования

График зависимости относительного момента образования продольных трещин в зоне стыка $M_{\text{crack},\text{prod.}}/M_{\text{crack},\text{exp}}$ ($M_{\text{crack},\text{exp}}$ – опытный момент образования продольных трещин в зоне стыка; $M_{\text{crack},\text{prod.}}$ – опытный разрушающий момент балок с целыми стержнями) от относительной длины нахлестки (без поперечной арматуры) показан на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что с увеличением длины нахлестки увеличивается и момент образования продольных трещин. Эта зависимость является линейной.

Проведённые исследования показали, что при наличии в пределах длины нахлестки поперечной арматуры в виде огибающих хомутов, установленных с шагом 40 мм ($\mu_v=0,016$) момент образования нормаль-

ных трещин не зависит от длины нахлестки. Он был равен моменту образования нормальных трещин в балках с целыми стержнями.

На рис. 3 показан график зависимости относительного момента образования продольных трещин в зоне стыка от относительной длины нахлестки, при наличии в пределах стыка огибающих хомутов с объёмным коэффициентом армирования $\mu_v=0,016$.

Из рис. 3 следует, что увеличение длины нахлестки при наличии в её пределах огибающих хомутов приводит к практически линейному увеличению момента образования продольных трещин.

Постановка в пределах длины нахлестки хомутов с шагом 40 мм ($\mu_v=0,016$) привела к увеличению

момента образования продольных трещин в опытных балках с длиной нахлестки 10d, 20d и 30d соответственно на 45, 54 и 31 %.

При длине нахлестки равной 30d и наличии в её пределах огибающих хомутов ($\mu_v=0,016$) момент образования продольных трещин был равен разрушающему моменту балок с целыми стержнями.

В результате проведённых исследований было установлено, что при изменении объёмного коэффициента армирования от 0,005 до 0,016 и длине нахлестки 30d момент образования нормальных трещин равен $0,75M_{\text{crack},\text{exp}}$ и не зависит от шага хомутов.

На рис. 4 приведён график зависимости относительного момента образования продольных трещин в

зонестыка от объёмного коэффициента армирования. Из него следует, что при уменьшении объёмного коэффициента армирования от 0,016 до 0,01 момент образования продольных трещин уменьшается от 0,73M_{цц}^{exp} до 0,59M_{цц}^{exp}. При дальнейшем уменьшении объёмного коэффициента армирования от 0,01 до 0,005 момент образования продольных трещин не изменяется и равен 0,59M_{цц}^{exp}.

В исследованном интервале изменения относительной площади смятия поперечных рёбер от 0,071 (серповидный профиль) до 0,117 (кольцевой профиль) при длине нахлестки 20d и объёмном коэффициенте армирования в пределахстыка $\mu_v=0,01$ момент образования нормальных трещин не зависел от вида периодического профиля арматуры и был равен в среднем 0,88M_{сгс.ц.}^{exp}.

Абсолютная величина момента образования продольных трещин также не зависела от вида периодического профиля и была равна 14 кНм.

В исследованном интервале изменения прочности бетона от 31,5 до 42,3 Н/мм², длине нахлестки 30d и объёмном коэффициенте армирования в пределах стыка $\mu_v=0,016$ прочность бетона не повлияла на значение момента образования нормальных трещин, которое было равно опытному моменту образования нормальных трещин в балках с целыми стержнями M_{сгс.ц.}^{exp}.

Значение момента образования продольных трещин увеличивается с ростом прочности бетона. Эта зависимость может быть описана уравнением

$$\frac{M_{сгс.прод}^{exp}}{M_{цц}^{exp}} = 0,016R_{15} + 0,192, \quad (1)$$

где R₁₅ – прочность бетонных кубов размером 15x15x15 см.

Влияние исследуемых факторов на ширину раскрытия трещин состояло в следующем:

- в балках, армированных стержнями, соединёнными внахлестку без сварки, ширина раскрытия нормальных трещин была больше, чем в балках с целыми стержнями;
- с увеличением длины нахлестки как при отсутствии в её пределах поперечной арматуры, так и при её наличии, уменьшается ширина раскрытия нормальных трещин;

- с увеличением относительной площади смятия f_t уменьшается ширина раскрытия нормальных трещин и увеличивается ширина раскрытия продольных трещин. Ширина раскрытия продольных трещин в балках с арматурой кольцевого периодического профиля достигала 0,1 мм, в то время как в точно таких же балках с арматурой серповидного периодического профиля она не превышала 0,025 мм.

- влияние объёмного коэффициента армирования в пределах стыка и прочности бетона на ширину раскрытия трещин установлено не было.

Рассмотрим влияние исследуемых факторов на деформативность изгибающихся элементов.

Было установлено, что прогибы балок с целыми стержнями в большинстве случаев были больше, чем прогибы балок с составными стержнями. Этот факт можно объяснить следующим. Стыкуя арматуру внахлестку, мы в одном сечении (в середине пролёта) устанавливаем вдвое большее количество арматуры. Это приводит к некоторому повышению жёсткости элемента. С другой стороны, в пределах стыка происходит смещение стержней относительно бетона, что приводит к снижению жёсткости. В проведённых опытах, по-видимому, превалирующим было первое.

Это подтверждается тем, что перед разрушением балок с длиной нахлестки 10d и 20d их прогиб был больше прогиба балок, армированных целыми стержнями. То есть при нагрузках, близких к разрушающим, большее влияние на жёсткость стало оказывать смещение стержней относительно бетона в пределах стыка. При наличии в пределах стыка огибающих хомутов, увеличение длины нахлестки приводит к уменьшению прогибов. Влияние длины нахлестки при отсутствии в её пределах поперечной арматуры на прогибы установить не удалось, так же как и влияние объёмного коэффициента армирования и прочности бетона.

Вид периодического профиля арматуры не повлиял на прогибы.

Кроме этого, было установлено, что

- поперечные деформации растяжения бетона на уровне армату-

ры в зонестыка были больше у балок с составными стержнями по сравнению с балками, армированными целыми стержнями;

- поперечные деформации растяжения бетона на уровне арматуры в зонестыка с увеличением объёмного коэффициента армирования уменьшались;

- у балок, армированных как целыми, так и составными стержнями кольцевого периодического профиля, поперечные деформации растяжения бетона на уровне арматуры были больше, чем у балок, армированных стержнями серповидного периодического профиля.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В балках, армированных стержнями, соединёнными внахлестку без сварки, ширина раскрытия нормальных трещин была больше, а прогибы меньше, чем в балках, армированных целыми стержнями.

2. С увеличением длины нахлестки при отсутствии в её пределах поперечной арматуры повышается момент образования нормальных трещин и продольных трещин, уменьшается ширина раскрытия нормальных трещин.

3. Постановка в пределах длины нахлестки огибающих хомутов с объёмным коэффициентом армирования $\mu_v=0,016$ обеспечивает независимость момента образования нормальных трещин от длины нахлестки и приводит к повышению момента образования продольных трещин на 31-54 % (в зависимости от длины нахлестки). С увеличением длины нахлестки при наличии в её пределах огибающих хомутов с $\mu_v=0,016$ повышается момент образования продольных трещин и уменьшается ширина раскрытия нормальных трещин.

4. При изменении объёмного коэффициента армирования μ_v от 0,016 до 0,005 и длине нахлестки 30d_s момент образования нормальных трещин был равен 0,75M_{сгс.норм.ц.}^{exp} и не зависел от μ_v . Уменьшение μ_v от 0,016 до 0,01 привело к уменьшению момента образования продольных трещин на 24 %. Дальнейшее уменьшение μ_v от 0,01 до 0,005 не повлияло на момент образования продольных трещин.

5. Момент образования нормальных и продольных трещин, а также прогибы не зависят от вида периодического профиля арматуры (серповидный или кольцевой). С увеличением относительной площади смятия f_r уменьшается ширина раскрытия нормальных трещин и увеличивается ширина раскрытия продольных трещин.

6. При наличии в пределах длины нахлестки огибающих хомутов увеличение длины нахлестки приводит к уменьшению прогибов.

7. Поперечные деформации растяжения в зоне стыка были больше у балок с составными стержнями по сравнению с балками, армированными целыми стержнями.

8. Поперечные деформации ра-

стяжения в зоне стыка с увеличением объёмного коэффициента армирования уменьшались.

9. У балок, армированных как целыми, так и составными стержнями кольцевого периодического профиля, поперечные деформации растяжения были больше, чем у балок, армированных стержнями серповидного периодического профиля.

Н.М.МИХЕЕВ, инж. (Барнаульский строительный колледж); К.В. ТАЛАНОТОВА, канд. техн. наук, доц. (АлтГТУ им. И.И. Ползунова)

К вопросу о классификации стальных фибр для дисперсного армирования бетонов

Для дисперсного армирования бетонов - стальфибробетонов (СФБ) в настоящее время применяется стальные фибры различного типа. В литературе [2] имеются описания и характеристики различных типов фибр. К основным характеристикам фибр следует отнести:

- геометрические параметры;
- механические свойства;
- технологические характеристики;
- специальные свойства.

Геометрические параметры фибр - это длина, диаметр или приведенный диаметр (площадь поперечного сечения), форма поперечного сечения, отношение длины к диаметру, форма, состояние поверхности.

Длина фибр (l_f) – параметр, в определенных пределах зависящий от технологии их изготовления, технологических и механических требований к ним и стальфибробетону.

Проволочную фибру можно изготавливать практически любой длины. Длина фибр, изготавливаемых из тонкого листа, ограничивается шириной зуба подвижного ножа и может достигать 100 мм. Длина фибр при продольной резке практически не ограничена. Длина фрезерованных фибр ограничивается шириной зуба фрезы и может быть до 40 мм. Длина фибры из каната ограничивается шагом свивки и составляет 1,5 от шага свивки. Длина токарной фибры соответствует ширине режущей

кромки резца и достигает 50 мм. Данные о длине фибры из расплава не приводятся ввиду отсутствия достоверной информации.

Выбор длины фибр регламентируется конструктивными и технологическими требованиями:

- расчетными сопротивлениями материала (R_{fb} , R_{fbf});
 - способом приготовления стальфибробетонной смеси;
 - способом введения фибр в смесь;
 - требованиями к сцеплению фибр с бетоном (при отсутствии специальных способов по обеспечению заданного сцепления)

Фибры большей длины, при одинаковом диаметре, более склонны к комкованию на всех технологических переделах: загрузке, транспортировке, выгрузке, дозировке, подаче в смеситель и перемешивании смеси. Соответственно, чем меньше длина фибр, при прочих равных условиях, тем меньше их склонность к образованию комков.

Однако чем больше длина фибр, тем больше усилие, необходимое для их выдергивания из тела затвердевшего бетона и тем выше сопротивление стальфибробетона растяжению. Когда эта величина достигает критического значения, фибра рвется. Дальнейшее увеличение длины практически не влияет на механические свойства стальфибробетона.

Диаметр фибр (d_f), как правило, колеблется от 0,1мм до 1,2 мм, а по литературным данным [1] - до 1,8 мм. С уменьшением диаметра фибр увеличивается эффективность фибрового армирования, но усложняется технология приготовления смеси и изготовления изделий. Для волокон не круглого сечения производится пересчет по площади поперечного сечения к кругу и вычисляется приведенный диаметр.

По форме поперечного сечения фибры можно разделить на:

- круглые (проводочные и литые);
 - овальные (проводочные сплющеные и литые);
 - треугольные (фрезерованные из сляба, из тонкого листа). Сечение может быть в виде остроугольного, прямоугольного или тупоугольного треугольника;
 - серповидные (фрезерованные из сляба и тонкого листа, токарные);
 - трапециевидные (из тонкого листа).

Достоверные данные о влиянии формы поперечного сечения фибр на технологические характеристики стальфибробетонной смеси и физико – механические характеристики стальфибробетона в литературе отсутствуют. Поэтому условно следует считать, что, в первом приближении, она не оказывает существенного влияния на эти характеристики