

Помимо вышеотмеченного возможно также учитывать нестационарный ветровой поток с учётом различных моделей турбулентности, с изменением профиля скорости по высоте сооружений и различные типы местности.

Литература

1. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 44 с.
2. Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия: ТКП EN 1991-1-4-2009 (02250). Еврокод 1. – 120 с.
3. Фомичёв, В.Ф. Определение аэродинамических характеристик ветрового воздействия на отдельно стоящие сооружения с использованием программного комплекса Ansys / В.Ф. Фомичёв, А.Г. Рябов. Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов европейского союза в области строительства: сб. науч.-техн. ст. – Минск: БНТУ, 2012. – Часть 1. – 260 с.

УДК 624.014.2

Малиновский В.Н., канд. техн. наук, доц.; Кривицкий П.В.
(БрГТУ, г. Брест)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИОПОРНОЙ ЗОНЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ПОЛОГИМ ОТГИБОМ ПРЕДНАПРЯЖЕННОЙ КАНАТНОЙ АРМАТУРЫ

Применение в изгибаемых элементах перевода (отгиба) части продольной предварительно напрягаемой арматуры из нижней зоны в пролете в верхнюю на опорах способствует значительному повышению трещиностойкости наклонных сечений при существенном снижении количества поперечного армирования, а в ряде случаев позволяет и вовсе отказаться от него. При использовании отгибаемой предварительно напряженной арматуры создаются благоприятные условия для экономии бетона за счет уменьшения толщины стенки и сокращения веса конструкции за счет придания им целесообразных форм. При применении конструкций с ломанным нижним поясом возникает возможность при прямолинейном армировании добиться тех же преимуществ, что при использовании отогнутой арматуры. Однако, как показывают результаты исследований [1 – 4], роль предварительно

напряженных отгибов канатов в оценке сопротивления действию внешних усилий неоднозначна и даже, в определенной мере, противоречива.

Конструкция опытных образцов и материалы

Экспериментальные исследования особенностей изменения напряженно-деформированного состояния бетона, а также прочности и трещиностойкости изгибаемых конструкций с отогнутой арматурой выполнялись на двух образцах балочного типа длиной 3,0 м, прямоугольного сечения высотой 0,3 м и шириной 0,12 м. Оба образца армировались двумя преднапряженными канатами диаметром 12 мм Y1860S7, расположенными в два ряда, с рабочей высотой $d = 250$ мм. Канат нижнего ряда имеет прямолинейное очертание, верхний – в третях пролета переводился из нижней зоны в пролете к верхней грани на опоре с выходом через торцевую грань. Угол наклона отгиба составлял 9° . В верхней зоне (растянутой при создании преднапряжения и сжатой при загрузке) предусматривалась ненапрягаемая арматура в количестве $2\text{Ø}12$ S500 с $A_{sc} = 2,26$ см². Загружались балки двумя сосредоточенными силами с пролетом среза 800 мм.

Конструктивное решение опытных балок характеризовалось отсутствием по всей длине поперечного армирования. В обеих балках зона передачи предварительных напряжений с каната на бетон усиливалась косвенным армированием в виде спирали из проволоки диаметром 4 мм (диаметр спирали 50 мм) и шагом – 30 мм.

В опытных образцах варьировалось усилие предварительного натяжения канатов с учетом потерь: балка БН – $0,4f_{pk}$, вторая БВ – $0,8f_{pk}$.

Результаты экспериментальных исследований

При начальном этапе загрузки в образцах обеих серий в приопорной зоне в нижней части сечения направление главных площадок практически перпендикулярно продольной оси балок.

При нагрузке $2F = 30$ кН в балке с меньшим усилием обжатия образовались первые нормальные трещины в зоне чистого изгиба, затем – нормальные трещины на небольшом участке приопорной зоны, слегка искривляясь в сторону сосредоточенного груза. С дальнейшим увеличением нагрузки при $2F = 40 - 50$ кН в приопорной зоне в балке сформировались слабовыраженные наклонные трещины, являясь, в большей степени, продолжением нормальных трещин. Наклонные трещины, достигнув отогнутой арматуры, в своем развитии тормозились, а раскрытие их было значительно меньше, чем в уровне нижней грани. Угол наклона главных растягивающих деформаций в середине сечения в местах возможного появления магистральной диагональной трещины сформировался уже на начальных этапах загрузки и составил $27 - 30^\circ$ (рис. 1).

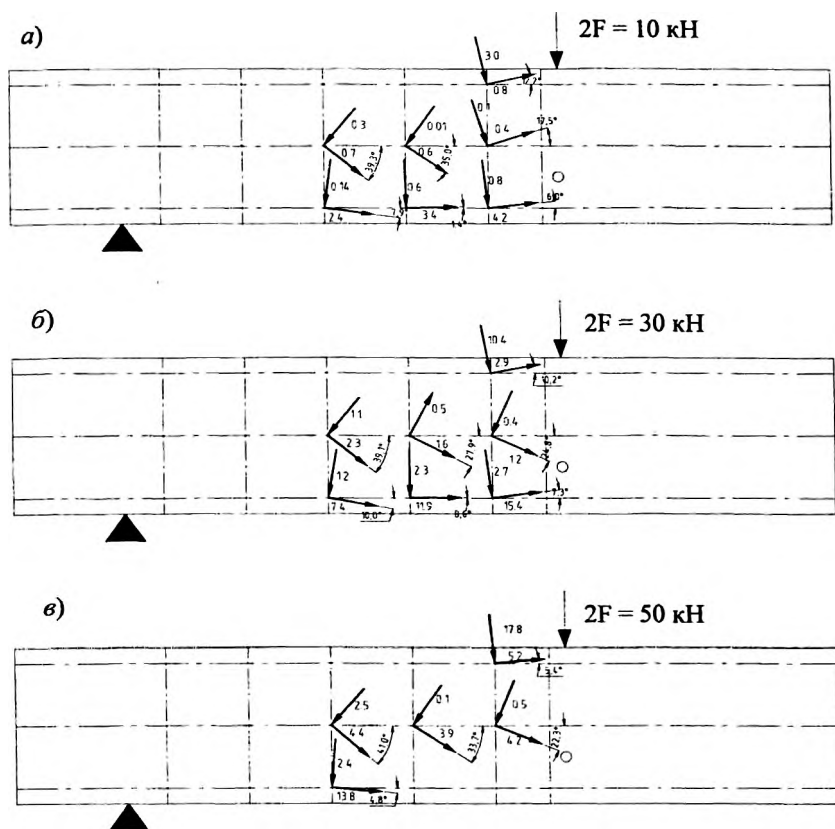


Рис. 1. Направление и величины главных деформаций ($\epsilon \cdot 10^{-5}$) в опытном образце БН на различных этапах нагружения

На следующих ступенях нагружения в средней части сечения в опорной зоне произошел поворот главных площадок по часовой стрелке с изменением угла наклона главных деформаций на $3 - 5^\circ$. Разрушение балки произошло по наклонному сечению при суммарной нагрузке $2F = 69 \text{ кН}$, вследствие смятия бетона сжатой зоны сечения при одновременном выпучивании в плоскости балки верхней арматуры. Прогиб балки в момент разрушения составил 26 мм.

В балках с высоким уровнем преднапряжения при нагрузке $2F = 30 \text{ кН}$ угол поворота главных площадок в середине сечения составлял $34 - 36^\circ$.

При дальнейшем нагружении угол наклона главных растягивающих деформаций увеличился до $41,5^\circ$ (рис. 2).

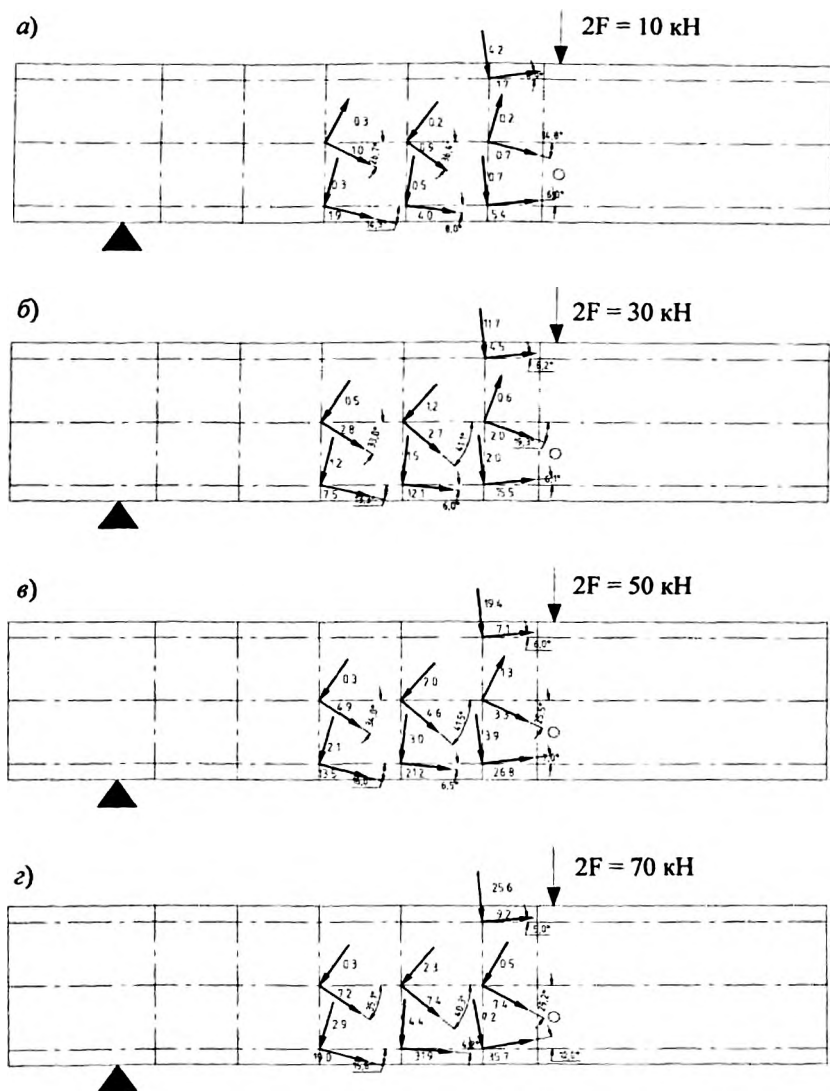


Рис. 2. Направление и величины главных деформаций ($\epsilon \cdot 10^{-5}$) в опытном образце БВ на различных этапах нагружения

При нагрузке $2F = 60 - 70$ кН в балке появились первые нормальные трещины под приложенной нагрузкой и в зоне «чистого» изгиба. С увеличением нагрузки до $2F = 80$ кН в средней части высоты сечения приопорной зоны образовалась диагональная трещина, которая развивалась в направлении сжатой и растянутой граней, шириной раскрытия в месте пересечения с отогнутой арматурой значительно меньшей (0,2 мм), чем в зонах над и под трассой напрягаемой отогнутой арматуры, где ширина раскрытия трещины составила 1,8 мм. В момент разрушения балки ($2F = 90$ кН) сформировался явный сжатый бетонный подкос с общим направлением от опоры к пролетному грузу. Угол наклона трещин непосредственно у опоры балки БВ был близок к углу $35 - 40^\circ$, а на высоте выше $1/4$ высоты балки от нижней грани принимал более пологую траекторию ($\alpha = 23 - 27^\circ$). Прогиб опытного образца составил 19 мм.

Выводы:

1. Из результатов экспериментальных исследований следует, что изменение степени обжатия бетона отогнутой арматурой влияет как на угол наклона главных деформаций сжатия и растяжения, так и на их величины.
2. Согласно полученным экспериментальным данным угол наклона главных растягивающих деформаций в зоне возможного появления наклонной трещины для балок с высоким уровнем преднапряжения находится в пределах $35 - 40^\circ$, а магистральная наклонная трещина имеет более пологое направление к продольной оси балки (проекция трещины составляет две рабочие высоты сечения) в сравнении с балками с меньшим значением усилия обжатия бетона.

Литература

1. Междуэтажные перекрытия переменной высоты тепловых и атомных станций / В.Ф. Старостин [и др.] // Бетон и железобетон. – 1986. – № 1. – С. 8 – 10.
2. Чупак, Н.М. Работа железобетонных балок с отогнутой преднапрягаемой арматурой / Н.М. Чупак Совершенствование строительных конструкций и строительного производства. – Кишинев: Штинца. – 1984. – С. 76 – 81.
3. Техничко-экономические показатели стропильных балок с отогнутой продольной арматурой / Н.Н. Цыганков [и др.] // Промышленное строительство. – 1970. – № 10 – С. 21 – 22.
4. Малиновский, В.Н. Сопротивление предварительно напряжённых железобетонных балок из высокопрочного бетона с отогнутой стержневой арматурой при изгибе с поперечной силой: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.Н. Малиновский. –Л., 1988.