

## Вывод

Конструкции, выполненные с комбинированным преднапряжением арматуры, имеют повышенную трещиностойкость и жесткость сечения, что дает основание эффективно использовать их в качестве контурных элементов пространственно-деформируемых покрытий и перекрытий.

## Литература

1. Антонов К.К., Рогатин Ю.А. Расчет квадратных железобетонных плит, защемленных по контуру. / Бетон и железобетон. 1975. N 4. с. 27-29.
2. Байков В.Н., Хампе Э., Рауз Э. Проектирование железобетонных тонкостенных пространственных конструкций: Учебное пособие для ВУЗов. М. Стройиздат. 1990. 232 с.
3. Tur W., Król M., Kondratczyk A. Kryterium projektowania stropów zespolonych z udziałem betonu ekspansywnego. Konstrukcje zespolone. IV Konferencja naukowa. Wydawnictwo wyższej szkoły inżynierskiej w Zielonej Górze. Zielona Góra, 1996 – 9 s.
4. Тур В.В., Кондратчик А.А., Кондратчик Н.И. Железобетонные конструкции из напрягающего бетона с арматурой преднапряженной механическим способом. Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь. Сб. ст. III научно-технического межвузовского семинара. Брест. 1997.
5. Тур В.В. Прочность, жесткость и трещиностойкость самонапряженных ребристых плит перекрытий. Дисс. канд. техн. наук. М. 1989. с. 275.

## О РАБОТЕ ПРИОПОРНЫХ СЕЧЕНИЙ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Тур В.В., Кондратчик А.А., Кондратчик Н.И.*

Правильная оценка возможности элемента воспринимать усилия, действующие в приопорном сечении, определяет не только надежность конструкции, но и ее экономичность, поскольку оптимальное распределение поперечной арматуры по сечению должно обеспечить максимальное использование последней.

### Постановка задачи

Работа приопорной зоны железобетонных конструкций привлекает исследователей своей сложностью и ответственностью. Совместное действие изгибающего момента и поперечной силы, многообразие факторов, влияющих на несущую способность "зоны среза", привело к возникновению различных подходов в оценке ее сопротивления внешним воздействиям [1]. Следует признать, что большинство исследований проводилось на сплошных элементах и число работ по изучению поведения приопорных сечений сборно-монолитных конструкций под нагрузкой чрезвычайно ограничено.

Создание конструкции, состоящей из двух материалов, даже близких по своим физико-механическим свойствам, предопределяет появление новых факторов, влияющих на работу наклонных сечений (различные деформативные и прочностные характеристики материалов, появление контактной плоскости, разделяющей сечение и т.д.), которые, в свою очередь, оказывают влияние на результаты, полученные при изучении на сплошных элементах. Это обстоятельство создает необходимость проведения специальных исследований работы приопорной зоны сборно-монолитных конструкций.

### Напряженное состояние приопорных участков до приложения внешних воздействий

В сборно-монолитной конструкции до приложения нагрузки формируется собственное внутреннее напряженно-деформированное состояние. В монолитном бетоне набетонки происходит связанная усадка. Деформации усадки, благодаря силам сцепления в плоскости контакта монолитного и сборного бетонов вызывают деформации верхних волокон сборного элемента. Накопление этих деформаций наблюдается на концевых участках конструкции, где концентрируются усилия сдвига и отрыва по длине контакта (см. рис.1). Величина сдвигающего усилия зависит от характеристики жесткости связи в контактной плоскости; с увеличением жесткости связи возрастает концентрация усилий, а с увеличением податливости напряжения снижаются распределяясь на большую длину контакта [2].

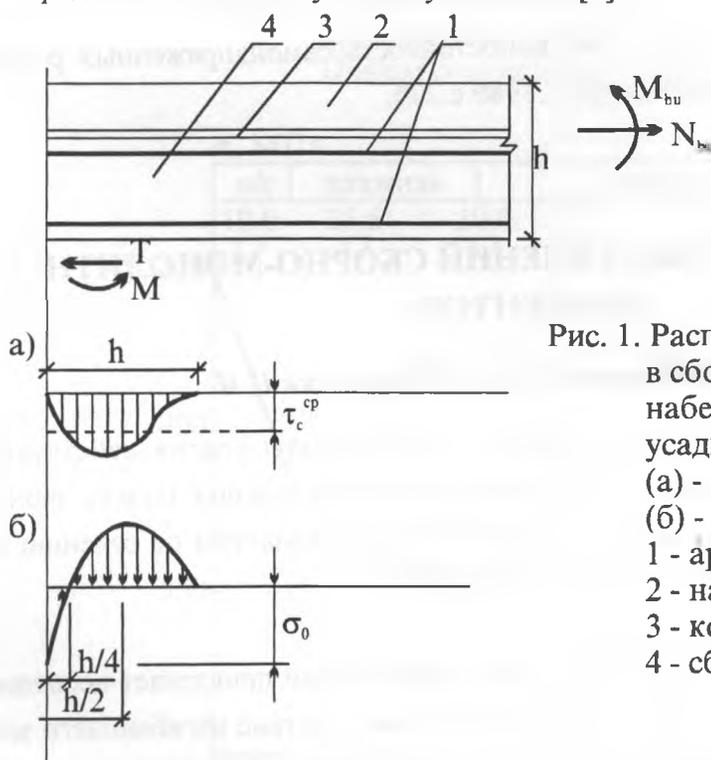


Рис. 1. Распределение сдвигающих усилий в сборно-монолитном элементе с набетонкой из бетона на ПЦ от усадки:

- (а) - эпюра сдвигающих усилий;
- (б) - эпюра напряжений отрыва.
- 1 - арматура;
- 2 - набетонка из бетона на ПЦ;
- 3 - контактный слой;
- 4 - сборный элемент.

На рис. 2а представлена эпюра напряжений по высоте сечения, иллюстрирующая внутреннее напряженное состояние составного сечения при усадке материала набетонки.

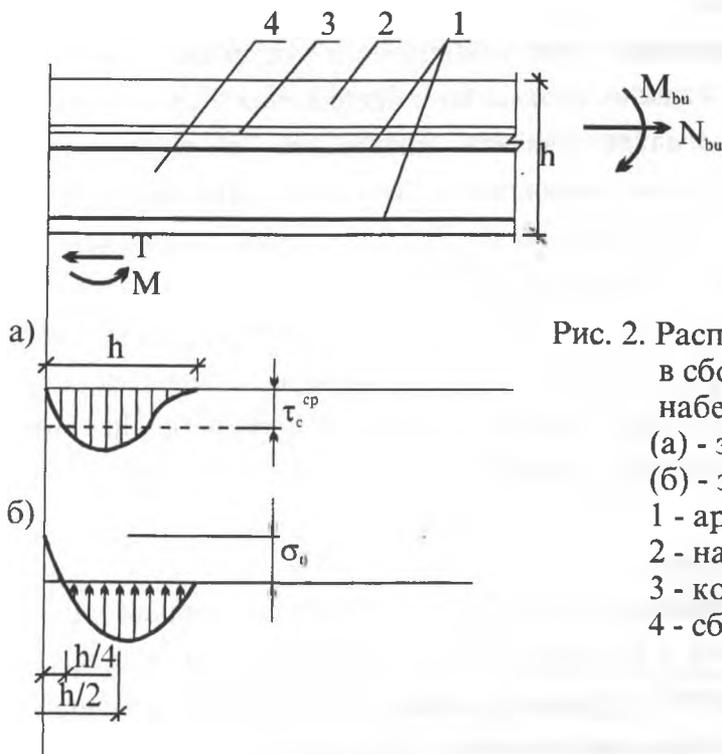


Рис. 2. Распределение сдвигающих усилий в сборно-монолитном элементе с набетонкой из напрягающего бетона (а) - эпюра сдвигающих усилий; (б) - эпюра нормальных напряжений. 1 - арматура; 2 - набетонка из бетона на ПЦ; 3 - контактный слой; 4 - сборный элемент.

При использовании напрягающего бетона для изготовления набетонки через силы сцепления в контактной плоскости на сборный элемент передаются силы расширения и напряженное состояние изменяется (см. рис. 2 и рис. 3б). Сборный элемент будет работать на внецентренное растяжение и изгиб, а набетонка на внецентренное сжатие и изгиб. Числовые значения достигаемых напряжений будут зависеть, в первую очередь, от надежности связей в контактной плоскости.

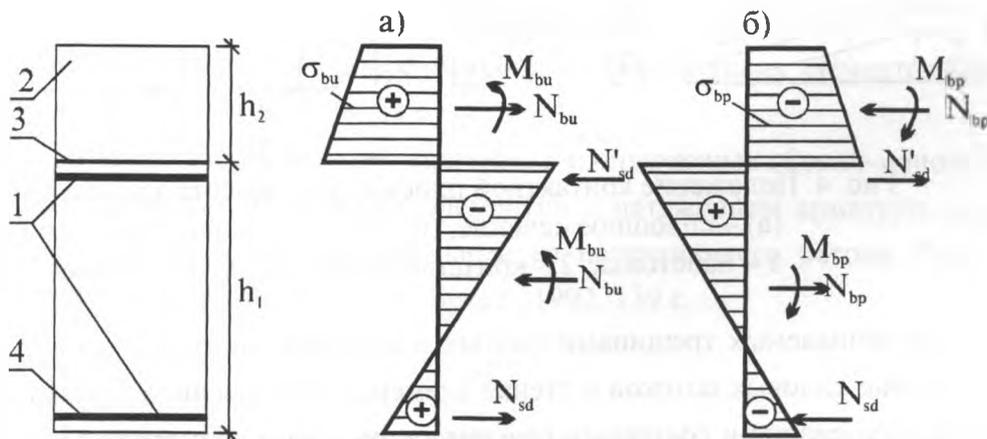


Рис. 3. Распределение напряжений по высоте сечения возникающих в процессе усадки монолитного бетона:

- (а) набетонка из бетона на ПЦ; (б) набетонка из бетона на НЦ;  
 1 – арматура; 2 – набетонка;  
 3 – контактный слой; 4 – сборный элемент.

Напряженное состояние приопорных участков после приложения внешних сил

После приложения нагрузки в сечении следует рассматривать две характерные стадии напряженного состояния приопорной зоны.

А) До появления трещин.

В общем случае рассматривается цельный элемент в сечениях которого действуют главные растягивающие и главные сжимающие напряжения. Критерием образования наклонной трещины следует считать предельное сопротивление бетона растяжению в сложном двухосном напряженном состоянии. Для сборно-монолитной конструкции принципиальное значение будет иметь положение контактной плоскости соединения сборного элемента с монолитным бетоном, т.е. положение сечения, где будет зарождаться трещина (см. рис. 4). Положение этого сечения будет зависеть не только от концентрации напряжений, но и от прочностных характеристик бетона набетонки и сборной части, от жесткости связей в контактной плоскости. При этом исходное напряженное состояние будет суммироваться с усилиями от внешней нагрузки.

Б) После появления трещин.

Появление трещин заставляет исследователей отказаться от привычного распределения напряжений в сечении, т.к. возрастает неоднородность поля напряжений на припорном участке. Анализируя результаты испытаний балок как сплошных, так и сборно-монолитных, выделим очередность появления наклонных трещин и появление

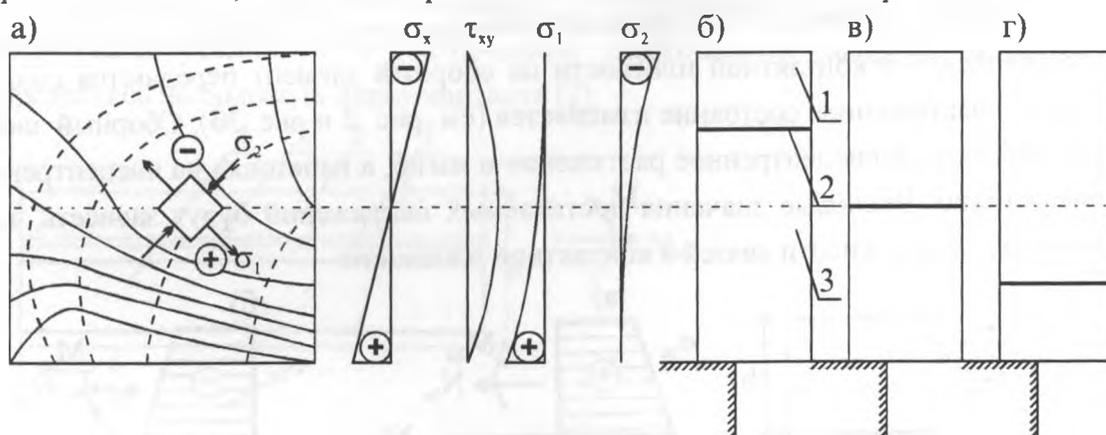


Рис. 4. Положение контактной плоскости по высоте элемента  
(а) – сплошное сечение; (б), (в), (г) - сборно-монолитное сечение;  
1 – набетонка; 2 – контактная плоскость; 3 – сборный элемент.

ограничиваемых трещинами сжатых наклонных подкосов, ориентированных по направлению силовых потоков в стенке элемента. Увеличение нагрузки и дальнейшее трещино-образование в составных сечениях показывает, что предельная несущая способность наклонного сечения должна проверяться также исходя из положения контактной плоскости по высоте сечения.

При небольшой толщине набетонки (рис. 5а) следует оценить несущую способность по материалу сборного элемента, учитывая прочностные характеристики монолитного бетона при определении усилия в сжатой зоне бетона над наклонной трещиной. В случае, когда толщина набетонки больше или равна высоте сжатой зоны бетона над наклонной трещиной следует учитывать, что наклонная трещина будет

иметь горизонт-тальный участок по контактной плоскости (рис. 5б, участок А–Б). Увеличение толщины набетонки ( $h_2 > 0,5h$ ) приведет к возникновению ситуации, когда несущая способность наклонного сечения будет зависеть от прочности на сдвиг участка В–С (см. рис. 5в).

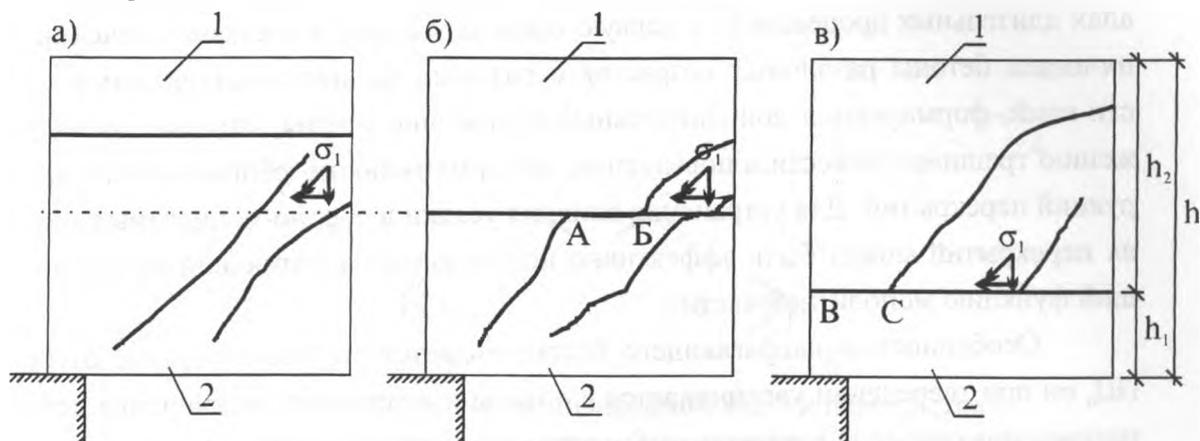


Рис. 5. Развитие наклонных трещин в сборно-монолитных элементах при различной толщине набетонки  
1 – набетонка; 2 – сборный элемент.

#### Выводы

Трещиностойкость и прочность наклонных сечений сборно-монолитных элементов зависит от исходного напряженного состояния и отношения толщины монолитного слоя набетонки к полной высоте сечения.

#### Литература

1. Васильев П.И., Рочняк О.А. Сопротивление железобетонных элементов поперечным силам. Мн: Наука и техника, 1978, 88 с.
2. Отчет о НИР. Исследование предварительно-напряженных сборно-монолитных конструкций, составленных из сборных элементов с натяжением арматуры на твердеющую бетонную смесь и монолитной части из напрягающего бетона. Рук. Тур В.В. Брестский политехнический институт, Брест.: 1992, 139 с.

## САМОНАПРЯЖЕННЫЕ БЕЗРИГЕЛЬНЫЕ СБОРНО-МОНОЛИТНЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ

*Басов В.С., Тур В.В.*

Конструктивные решения сборно-монолитных конструкций, в частности перекрытий, представлены в практике строительства достаточно широко и разнообразно. Они сочетают в себе преимущества сборных и монолитных конструкций, таких как существенное сокращение трудозатрат на опалубочные работы по сравнению с возведе-