

Анатолий Мухин

Игорь Зинкевич

Леонид Головкин

Брестский политехнический
институт

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛА УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ

Одним из известных методов усиления балок является изменение их напряженного состояния путем устройства в растянутой зоне предварительно напряженной затяжки. Несмотря на часто применяемое в инженерной практике конструктивное решение в существующей литературе не встречается анализ напряженно-деформированного состояния узлов усиления на различных этапах их работы, что существенно, как будет показано ниже, влияет на несущую способность конструкции в целом.

В настоящей статье рассматривается напряженно-деформированное состояние узла А (рис.1) железобетонной балки из бетона класса В25 на стадии натяжения затяжки. Усилие натяжения в узле передается на торец балки через траверсу 3 (рис.1). Вертикальная составляющая усилия натяжения передается на нижележащую опорную конструкцию и допускается, что не влияет на напряженно-деформированное состояние узла. Размеры траверсы определяются прочностью бетона и несущей способностью траверсы, которая зависит от характера распределения контактной нагрузки. Ввиду ограниченности места размещения деталей усиления, траверсу 3 (рис.1) приходится принимать из стального листа, а узел конструировать сварным. Очевидно, что закон распределения контактной нагрузки, передающейся от траверсы на бетон торца балки, зависит от следующих факторов:

- физико-механических характеристик бетона;
- изгибной жесткости траверсы, ее напряженно-деформированного состояния, физико-механических характеристик стали;
- величины усилия натяжения затяжки в момент определения расп-

ределения контактной нагрузки.

Так как деформации ползучести зависят от многих факторов и, в частности, от длительности нагружения и напряжений в бетоне, то, очевидно, что напряженно-деформированное состояние узла будет различно в момент натяжения и в процессе эксплуатации усиленной конструкции. Следует отметить, что распределение контактной нагрузки будет зависеть от величины усилия натяжения затяжки и будет качественно изменяться в процессе натяжения ввиду нелинейности диаграммы $\sigma - \epsilon$ в процессе кратковременного его нагружения.

Ниже рассматривается напряженно-деформированное состояние узла А в процессе натяжения затяжки в условиях кратковременного нагружения бетона усиливаемой балки. Исследование напряженно-деформированного состояния узла выполнялось методом конечного элемента в условиях плоской задачи с использованием прямоугольных конечных элементов.

Для бетона была принята диаграмма $\sigma - \epsilon$ в условиях его кратковременного нагружения описываемая полиномом

$$\sigma = A_0 \epsilon + B_0 \epsilon^2 + C_0 \epsilon^3 + D_0 \epsilon^4 + F_0 \epsilon^5$$

Для бетона класса В25 $E_0 = 30000$ МПа, $R_{b,n} = 180$ МПа.

$$\epsilon_k = 0.004 ; \quad \epsilon_m = 0.002$$

При данных значениях призмочной прочности и относительных деформациях коэффициенты принимают следующие значения:

$$A_0 = 60; B_0 = -75,246; C_0 = 46,532; D_0 = -14,284; F_0 = 1,679;$$

Расчет напряженно-деформированного состояния выполнялся итерационным методом с использованием секущего модуля упругости. За начальную ступень была принята величина N при которой максимальное напряжение в бетоне составило $0,3R_{b,n}$. За критерий сходимости было принято изменение максимальных напряжений в бетоне на величину менее 5% на смежных шагах итерации на каждой ступени натяжения. За расчетную величину натяжения было принято усилие N при котором относительные деформации в бетоне узла составили величину $\epsilon_k = 0,004$. Исследование напряженно-деформированного состояния выполнялось для траверс с различной жесткостью от толщины $t = 30$ мм. до $t = 90$ мм.

На рисунке 2 приведены эпюры контактной нагрузки для тра-

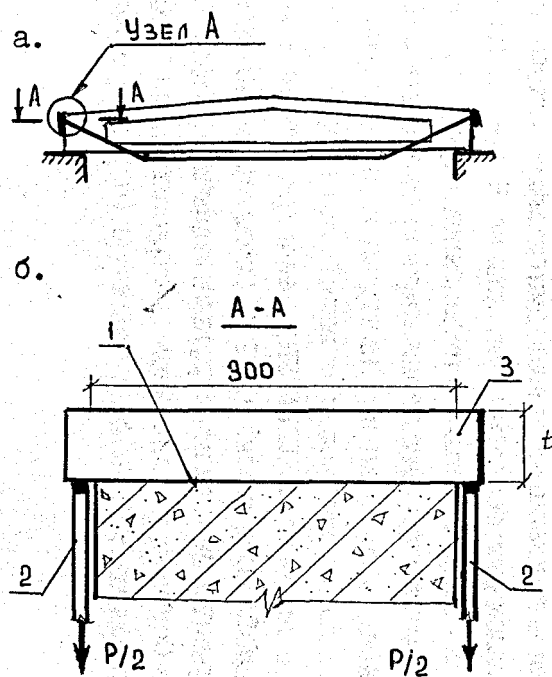


Рис.1. Усиление балки;
а. схема усиления,
б. сечение узла, 1. торец
балки, 2. тяги затяжки,
3. траверса.

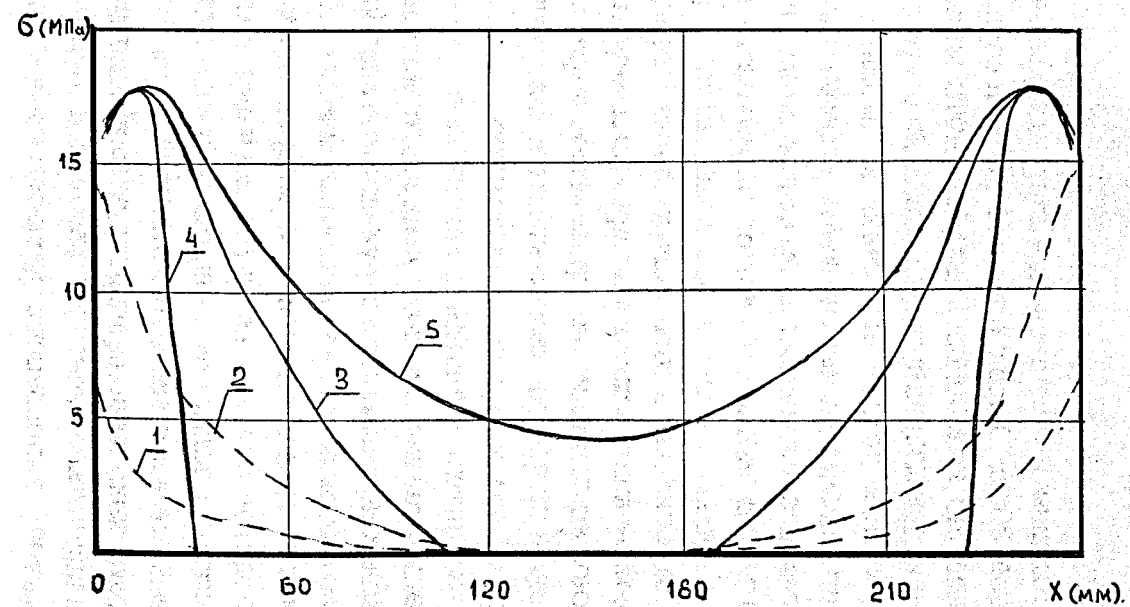


Рис.2. Эпюра контактной нагрузки:
 1. $t = 60\text{мм.}$, $P = 83\text{кН}$; 2. $t = 60\text{мм.}$, $P = 240\text{кН}$;
 3. $t = 60\text{мм.}$, $P = P_u = 498\text{кН}$; 4. $t = 25\text{мм.}$, $P = P_u = 228\text{кН}$;
 5. $t = 90\text{мм.}$, $P = P_u = 750\text{кН}$.

верс различной толщины и её изменение в процессе натяжения для траверсы толщиной 60 мм. Характерно, что неравномерность распределения контактной нагрузки, определяемая отношением максимального напряжения сжатия под траверсой к его среднему значению, равному отношению усилия натяжения к площади траверсы, изменяется от $k=1,9$ для $t=90$ мм. до $k=6,3$ для $t=30$ мм. Неравномерность распределения сжимающих напряжений в бетоне практически сглаживается на глубине 10 см. от поверхности контакта с траверсой.

Необходимо отметить, что при моделировании разрушения бетона даже при увеличении толщины траверсы сглаживания распределения контактной нагрузки не происходит, а разрушение идет вглубь бетона в зоне концентрации контактной нагрузки.

ВЫВОДЫ

1. Распределение контактной нагрузки под траверсой в узле А в условиях кратковременного нагружения бетона определяется зависимостью $\sigma - \epsilon$ для бетона, жесткостью траверсы и величиной усилия натяжения передаваемого от траверсы на бетон.

2. Можно предположить, что ввиду ползучести бетона распределение контактной нагрузки становится в узле более равномерным, что приведет к увеличению изгибающего момента в траверсе при конструктивных мероприятиях обеспечивающих постоянную величину усилия натяжения.

3. Расчет несущей способности узла следует выполнять на стадии натяжения затяжки с учетом работы бетона в условиях его кратковременного нагружения и на стадии эксплуатации конструкции с учетом ползучести бетона.

4. Несущая способность узла в момент натяжения затяжки определяется прочностью бетона балки при его кратковременном нагружении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко С.В. Санжаровский Р.С. Усиление железобетонных конструкций при реконструкции зданий. - М., 1990. - 350 с.
2. Лукаш П.А. Основы нелинейной строительной механики. - М., Стройиздат, 1978. - 204 с.