

Луговской М.А.; Мухин А.В., канд. техн. наук  
(БрГТУ, г. Брест)

## СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ БАЛКИ С ВНЕШНИМ АРМИРОВАНИЕМ И РАЗЛИЧНЫМИ АНКЕРНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Сталежелезобетонные внешние конструкции имеют ряд преимуществ по сравнению с железобетонными и стальными: внешнее армирование в них кроме несущих функций одновременно выполняет роль опалубки; заполнение бетоном пространства между внешним армированием позволяет повысить огнестойкость конструкции, а также увеличить прочность бетона за счет его работы в обойме и несущую способность всей конструкции в целом.

В лаборатории кафедры строительных конструкций университета были проведены экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных балок трех типов, отличающихся по виду анкерных устройств, используемых для обеспечения совместной работы железобетонного ядра и внешнего жесткого армирования. Целью исследований являлось исследование особенностей предельного состояния сталежелезобетонных балок с различными анкерными устройствами.

Сталежелезобетонное сечение балок состояло из двух прокатных швеллеров № 20 по ГОСТ 8240 из стали класса С245 по ГОСТ 27772, пространство между которыми было заполнено бетоном, имеющим прочность по результатам испытания кубов 34,44 МПа и армированным двумя стержнями Ø10мм класса S400 (А-III), расположенными в растянутой зоне.

Совместная работа внешнего жесткого армирования и железобетонного ядра обеспечивалась различными анкерными устройствами [1]. Во всех образцах имелись гибкие анкерные устройства из арматурных стержней Ø10 мм класса S400 (А-III), приваренные к стенкам швеллеров в сжатой и растянутой зоне бетона. В балках типа I также были применены анкерные устройства из прокатных равнополочных уголков L 25×4 по ГОСТ 8509 из стали класса С245 по ГОСТ 27772, которые располагались перпендикулярно к продольной оси элементов (рис. 1, а). В балках типа II применены анкерные устройства из прокатных равнополочных уголков L 25×4 по ГОСТ 8509, которые расположены наклонно к продольной оси

элементов под углом  $45^\circ$ . В балках типа III анкерные устройства из прокатных уголков отсутствуют (рис. 1, б).

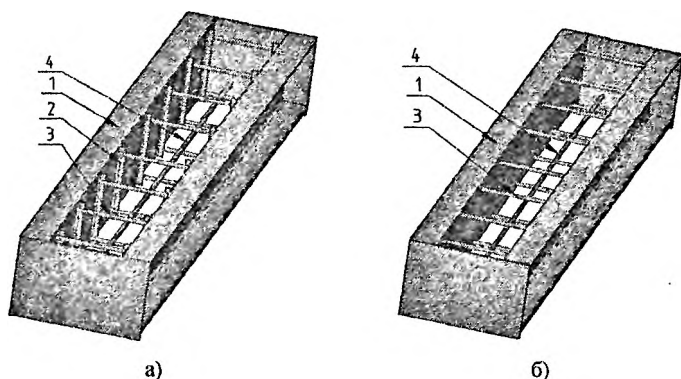


Рис. 1. Конструктивное решение опытных балок типов I (а) и III (б) до бетонирования: 1 – внешнее жесткое армирование; 2 – анкерные устройства из равнонопочных уголков; 3 – анкерные устройства из арматурных стержней; 4 – армирование железобетонного ядра

Общий вид анкерных устройств балок типов I, II и III приведен на рисунке 2.

Опытные образцы загружались двумя сосредоточенными силами для создания области чистого момента. Нагружение через траверсу осуществлялось гидравлическим домкратом ДГ-50 грузоподъемностью 500 кН. Нагрузка на конструкцию измерялась с помощью динамометра, установленного в раму совместно с гидравлическим домкратом, последовательно включенным в гидравлическую цепь нагружения. Давление в домкратах создавалось передвижной насосной станцией.

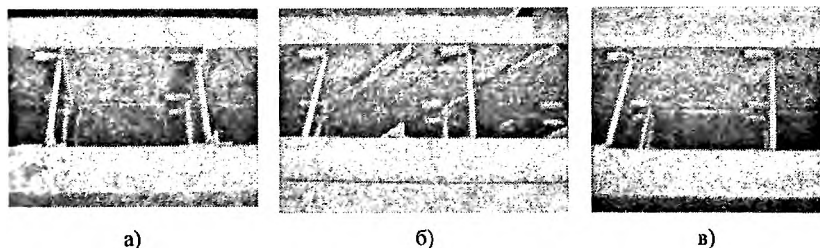


Рис. 2. Общий вид анкерных устройств исследуемых элементов: а – балка типа I; б – балка типа II; в – балка типа III

При нагружении измеряли вертикальные перемещения в трех точках балок: в середине балок и на расстоянии 504 мм от обоих опор балок.

Для определения напряжений измерялись фибровые деформации в поперечном сечении внешнего армирования, находящемся в зоне чистого момента.

Общие деформации измеряли прогибомерами, фибровые деформации – тензорезисторами с базой 10 мм. Кроме того, при проведении испытаний параллельно фиксировались деформации в наиболее сжатой и наиболее растянутой зоне внешнего армирования при помощи механических тензометров с использованием индикаторов часового типа с ценой деления 0,002 мм. По фибровым деформациям определяли фибровые напряжения.

Нагрузка на балки прикладывалась поэтапно с шагом 30 кН. В балках всех типов за предельное состояние принимался момент, когда напряжения в нижней зоне швеллеров достигали предела текучести.

В балках типов I и II наиболее растянутые волокна внешнего армирования достигали предела текучести при нагрузке 240 кН, в балках типа III – при нагрузке 210 кН.

Следует отметить, что при выдерживании балок при вышеуказанной предельной нагрузке наращивания прогибов балок не наблюдалось.

В балках типов I, II и III первые трещины в бетоне растянутой зоны образовались в зоне чистого момента в месте расположения гибких анкерных устройств: в балках типов 1 и 2 трещины в бетоне растянутой зоны образовались при нагрузке, равной 60 % от предельной, в то время как в элементах типа 3 трещины в бетоне растянутой зоны образовались при нагрузке, равной 55 % от предельной. В балках типа I, II и III первые трещины в бетоне растянутой зоны образовались в зоне чистого момента в месте расположения гибких анкерных устройств.

На рисунке 3 приведены диаграммы распределения напряжений по высоте сечения внешнего армирования для балок типов I, II, III при величине нагрузки 120 кН.

Проанализировав распределение напряжений по высоте внешнего армирования при нагрузке 120 кН, можно сделать вывод, что в балках типа III железобетонное ядро и внешнее армирование работают независимо друг от друга, о чем свидетельствует положение нейтральной оси, которая расположена практически посередине высоты сечения. В то же время для балок типа I и II нейтральная ось сдвинута вверх и находится на расстоянии 65 – 75 мм от верхней грани жесткого армирования, что свидетельствует о том, что анкерные устройства в виде прокатных уголков вовлекают в совместную работу с внешним армированием бетон сжатой зоны.

Таким образом, при испытаниях сталежелезобетонных балок всех типов предельное состояние элементов наступает в результате достижения предела текучести и развития пластических деформаций нижней зоны прокатных элементов.

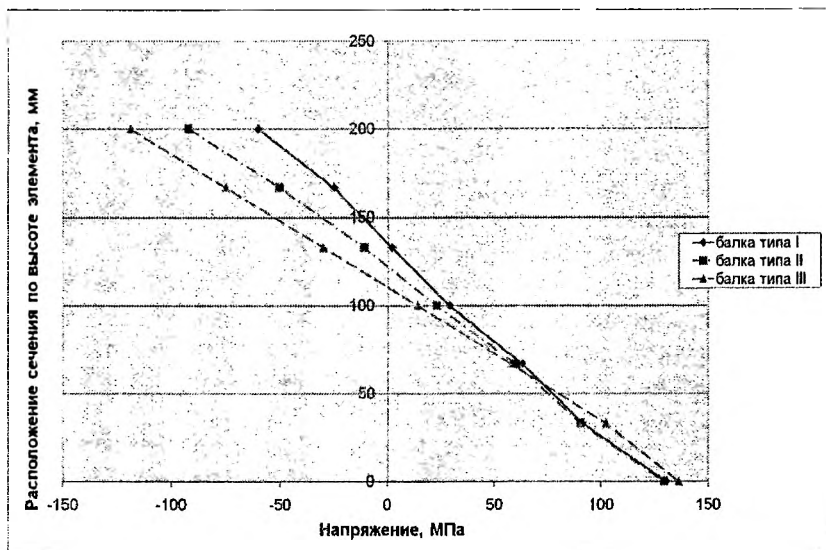


Рис. 4. Напряжения по высоте сечения внешнего армирования в балках типа I, II, III при нагрузке 120 кН

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что анкерные устройства в виде прокатных уголков вовлекают в совместную работу на изгиб железобетонное ядро балок, в то время как в балках, не имеющих подобных анкерных устройств, внешнее армирование и железобетонное ядро работают на изгиб практически независимо друг от друга.

### Литература

1. Конструкции сталежелезобетонные покрытий и перекрытий: правила проектирования: ТКП 45-5.03-16-2005. – Минск: Минстройархитектуры, 2006. – 76 с.