

ВЛИЯНИЕ НАКЛОННЫХ ТРЕЩИН ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ ЗАГРУЖЕНИЙ НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ И ПРОЧНОСТЬ ТОНКОЙ СТЕНКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ДВУТАВРОВЫХ БАЛОК ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПРОЛЕТА СРЕЗА

М. М. Тамов, В. П. Починок

Кубанский государственный технологический университет
г. Краснодар

В настоящее время в эксплуатации находится множество промышленных и гражданских зданий с железобетонным каркасом, используемых не по своему первоначальному назначению.

Запроектированные и построенные для выполнения одних технологических процессов, они подвергаются реконструкции с учетом требований новых задач. При этом ранее действовавшие эксплуатационные нагрузки могли вызвать существенное трещинообразование, и в случае изменения напряженного состояния в результате смены схемы загрузки работа таких конструкций с трещинами будет отличаться от новых, не имеющих трещин.

Отечественные нормы проектирования железобетонных конструкций ориентированы преимущественно на новое строительство и, в частности, не содержат методов расчета на поперечную силу с учетом изменений напряженного состояния, возникающих при реконструкции объектов или их техническом перевооружении.

Существует несколько известных методов расчета железобетонных балок на поперечную силу, основанных на различных расчетных моделях. Исследования в данном направлении активно ведутся как в нашей стране, так и за рубежом. Строительные нормы разных стран не имеют единого подхода к этому вопросу, что, по-видимому, объясняется сложностью данного вида напряженно-деформированного состояния и его аналитического описания.

Определяющим для расчета изгибаемых элементов зачастую является предотвращение разрушения по нормальному сечению. В отличие от последнего наступление предельного состояния при действии больших поперечных сил может быть внезапным и трудно предсказуемым. Это объясняет также и консервативность норм по отношению к своим принятым ранее и в определенной степени устаревшим методикам, обеспечивающим существенный запас прочности.

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №2 2010

Одной из наиболее опасных схем разрушения железобетонных двутавровых балок при действии поперечных сил является раздробление стенки в приопорной зоне. Оно возможно при наличии достаточно мощного продольного и поперечного армирования и небольшой толщины стенки. В этом случае часть стенки, расположенная в пролете среза, оказывается в условиях плоского напряженного состояния.

Следствием этого является образование системы более или менее параллельных наклонных трещин, разделяющих стенку на бетонные призмы. Таким образом, часть балки в пролете среза представляет собой сложную систему, основными компонентами которой являются сжатый и растянутый пояса балки, растянутая поперечная арматура и сжатые наклонные бетонные призмы стенки. В этой системе действуют силы также зацепления по берегам наклонных трещин, а также нагельные силы в продольной и поперечной арматуре.

Результаты проведенных в нашей стране многочисленных исследований в этом направлении легли в основу расчетных условий отечественных норм. Их актуальная версия [1, 2] содержит эмпирическое выражение, существенно упрощенное по сравнению с содержащимся в нормах предыдущего поколения [3]. В современных сводах правил нет использовавшихся ранее коэффициентов, отражающих влияние некоторых наиболее существенных факторов на прочность стенки. Эти изменения, несомненно, упростили процедуру расчета, но вместе с тем и отдалили ее результаты от реальной несущей способности конструкций.

Целью проводимого нами исследования является определение влияния предшествующих нагрузок на прочность стенки по наклонным полосам бетона в широко применяемых в промышленном и транспортном строительстве двутавровых железобетонных балок. Исследуемый вид разрушения является частным случаем разрушения балок по

поперечной силе. Проведенный нами аналитический обзор отечественных и зарубежных научных источников не выявил аналогичных выполненных работ в подобном направлении. По нашему мнению, этот вопрос представляет значительный научный интерес и имеет важное практическое значение.

Для экспериментального исследования были изготовлены железобетонные двутавровые балки длиной 2340 мм и высотой 280 мм. Так как разрушение их должно происходить по выделенным косыми трещинами наклонным полосам стенки, то было принято поперечное сечение с достаточно развитыми полками, тонкой стенкой толщиной 3 см и мощным продольным армированием, исключая разрушение по нормальным сечениям.

Поперечное армирование выполнено в виде сварных сеток из высокопрочной проволоки Вр-I с диаметром 3 и 5 мм. Концы продольных арматурных стержней для предотвращения проскальзывания их на опорах были приварены к анкерующим пластинам у торцов балок. В верхней полке образцов предусмотрена плоская сетка для повышения сопротивления полки местным испытательным нагрузкам.

Необходимое высокое качество стенки потребовало использования щебня мелкой фракции и бетонирования образцов на вибростенде. Балки подвергались термообработке при атмосферном давлении в пропарочной камере в течение 10-12 часов.

Основным исследуемым фактором является влияние на прочность стенки изменения пролета среза в образцах с развитыми наклонными трещинами. Варьируются: прочность бетона; схемы нагружения; коэффициент армирования стенки и наклон арматурных стержней.

При очень малых пролетах среза $a < 1,5h$ балки рассматриваются как специфические «короткие элементы», характер работы которых отличается от исследуемого. Поэтому значения a/h в наших опытах приняты равными 1,5; 2,3 и 3,0. План эксперимента представлен в таблице 1.

Образцы разделены на три группы в соответствии с пролетом среза $(a/h)_2$, при котором каждый из них доводится до разрушения. Для пролета среза первоначального нагружения $(a/h)_1$ приняты соответственно два значения, отличных от $(a/h)_2$.

В каждой группе предусмотрен следующий порядок испытаний. Несущая способность элементов с одинаковыми конструктив-

ными и прочностными характеристиками определяется испытанием эталонных балок с пролетом среза $(a/h)_2$ без изменения схемы нагружения. При испытании остальных балок нагрузка, вызывающая развитую систему трещин, прикладывается с пролетом среза $(a/h)_1$, после чего балка доводится до разрушения при другом пролете среза $(a/h)_2$. При этом первоначальная нагрузка остается приложенной в виде определенной доли своего первоначального значения ($f_{res} > 0$) или полностью снимается ($f_{res} = 0$).

Некоторые разновидности истории нагружения требуют сохранения доли постоянной нагрузки первоначального нагружения одновременно с возрастающей нагрузкой второй схемы. Для такого испытания запроектирована и изготовлена опытная рычажная шарнирная установка, способная передавать суммарную нагрузку до 140 кН в любых точках по верхнему поясу балки.

Деформации бетона по главным направлениям измеряются при помощи проводочных тензорезисторов на бумажной основе тензометрической станцией в комплекте с переключателем датчиков, позволяющей производить измерения в ста точках.

Результатом экспериментальной работы станут сведения о напряженно-деформированном состоянии и схемах разрушения стенки балок. Их анализ должен выявить закономерности, свойственные тонкостенным балкам при описанных сложных условиях нагружения. Конечной задачей осуществляемой работы является разработка методики расчета двутавровых балок с учетом истории нагружения на основе выводов из собственных экспериментов, а также экспериментов отечественных и зарубежных ученых.

Разработанная методика будет реализована в виде компьютерной программы, реализующей полученные зависимости. Она может быть использована как по отдельности, так и в качестве интегрированного модуля в составе мощных расчетных комплексов.

Привлечение внимания к продукту будет осуществляться посредством:

- 1) сотрудничества с разработчиками расчетных комплексов;
- 2) докладов о проделанной работе на специализированных конференциях и форумах;
- 3) участия в выставках, посвященных вопросам проектирования;
- 4) распространения информации на специализированных интернет-форумах;

**ВЛИЯНИЕ НАКЛОННЫХ ТРЕЩИН ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ ЗАГРУЖЕНИЙ НА ХАРАКТЕР
РАЗРУШЕНИЯ И ПРОЧНОСТЬ ТОНКОЙ СТЕНКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ДВУТАВРОВЫХ
БАЛОК ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПРОЛЕТА СРЕЗА**

Таблица 1 – План эксперимента

№	Тип	№ опыта п/п	R	f_{res}	$(a/h)_1$	$(a/h)_2$?sw	γ
Группа 1								
1	1	9	40,7	-	-	1,5	0,007	90
2	1	17	43,4	0	2,3	1,5	0,007	90
3	1	27	44,2	0	3,0	1,5	0,007	90
4	1	15	44,5	0,3	2,3	1,5	0,007	90
5	1	16	44,5	0,3	3,0	1,5	0,007	90
6	1	11	42	0,7	2,3	1,5	0,007	90
7	1	12	42	0,7	3,0	1,5	0,007	90
Группа 2								
8	1	5	45,1	-	-	2,3	0,007	90
9	1	2	40,9	0	1,5	2,3	0,007	90
10	1	8	39,5	0	3,0	2,3	0,007	90
11	1	7	39,5	0,7	1,5	2,3	0,007	90
12	1	14	35,8	0,7	3,0	2,3	0,007	90
13	3	24	40,2	-	-	2,3	0,007	45
14	3	19	26,9	0	1,5	2,3	0,007	45
15	3	20	26,9	0	3,0	2,3	0,007	45
16	3п	31	42,8	-	-	2,3	0,007	45
17	3п	32	42,8	0	1,5	2,3	0,007	45
18	3п	33	43,5	0	3,0	2,3	0,007	45
Группа 3								
19	1	13	35,8	-	-	3	0,007	90
20	1	4	33,4	0	1,5	3	0,007	90
21	1	3	37,1	0	2,3	3	0,007	90
22	1	1	35,3	0,7	1,5	3	0,007	90
23	1	18	32,5	0,7	2,3	3	0,007	90
24	2	21	30,7	-	-	3	0,015	90
25	2	22	30,7	0	1,5	3	0,015	90
26	2	23	40,2	0	2,3	3	0,015	90
27	1п	25	40,3	-	-	3	0,007	90
28	1п	26	40,3	0	1,5	3	0,007	90
29	1п	9	40,7	0	2,3	3	0,007	90
30	2п	28	44,2	-	-	3	0,015	90
31	2п	29	43,5	0	1,5	3	0,015	90
32	2п	30	43,5	0	2,3	3	0,015	90

Некоторые результаты проводимого исследования были доложены на состоявшейся в мае 2010 г. Международной научно-практической конференции в г. Сочи, посвященной строительству Олимпийских объектов, и опубликованы в сборнике материалов этого мероприятия.

Исследование входит в перечень заданий, финансируемых Федеральным агентством по образованию. Проект участвует в конкурсе на соискание Зворыкинской премии и будет представлен на смене «Инновации и техническое творчество» Всероссийского молодежного образовательного Форума «Селигер 2010».

Актуальность выполняемой работы подтверждается концепцией устойчивого развития, активно внедряющейся при строительстве в экономически развитых странах, в частности, при реализации олимпийских проектов. Важнейшим из её принципов является снижение отрицательного влияния на окружающую среду, одним из путей которого является максимальное эффективное использование ранее построенных зданий и сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.
2. СП 52-102-2004. Предварительно напряженные железобетонные конструкции.
3. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции.