

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУТАВРОВЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК

Павел Литовченко, Виталий Молошный, Ирина Елькина,
Сергей Литовченко

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Аннотация. Проведены испытания новых типов балок, установлены предельные разрушающие нагрузки и исследованы особенности характера разрушения. Предложены конструктивные решения позволяющие повысить эксплуатационную прочность деревянных балок.

Ключевые слова: деревянные конструкции, двутавровые балки, стенка, клеевой стык

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие строительства особенно в сейсмически активных районах характеризуется стремлением снизить собственную массу конструкций и повысить их теплотехнические характеристики. Это привело к возрождению на отечественном строительном рынке конструкций, создаваемых с применением древесины и отходов ее переработки. При этом, разработанные ранее положения расчета и проектирования таких конструкций, как правило, нуждаются в экспериментальном подтверждении.

Так известное конструктивное решение двутавровых деревянных балок с плоской стенкой, получившее широкое применение в строительстве, в последние годы приобрело существенное изменение – стенку, выполнявшуюся ранее из фанеры, изготавливают из ориентированно-стружечной плиты (OSB) [1]. Поскольку прочностные и деформативные характеристики фанеры и OSB имеют существенные отличия, то для постановки таких балок на производство определения расчетных нагрузок для их применения в строительстве необходимо провести экспериментальные исследования их поведения под нагрузкой.

ОБЪЕКТ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

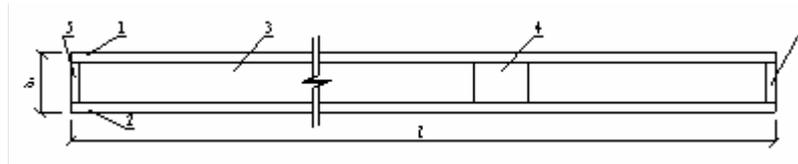
Представленные к испытаниям новые типы балок, изготавливаются частным предпринимателем Духонченко Ю.В. в соответствии с ТУ У В.2.6-20.3-2363218754-001:2009: пояса балки изготавливаются из деревянных брусков сосны второго сорта; стенка балки составная, выполнена из ориентированно-стружечной плиты; сопряжение стенки с поясами осуществлено при помощи клевого соединения типа «гребешок». Глубина «гребешка» составляет не менее 12 мм. Все клеевые швы выполнены при помощи клея «ИовакольR102/70» с добавлением 5% отвердителя «ИоватR195/40».

Было испытано девять деревянных балок двутаврового сечения со стенками из ориентированно-стружечной плиты типа БД-280-85 расчетным пролетом 4,0 м. Конструктивное решение и схема испытания балок приведены на рис.1.

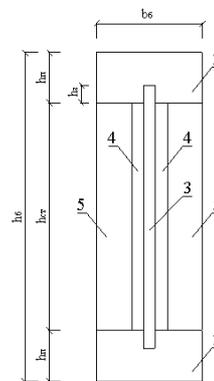
Геометрические параметры сечения балок составили:

- - высота балок $h_b = 280$ мм;
- - ширина поясов $b_b = 90$ мм;
- - высота пояса балок $h_p = 43$ мм;
- - высота стенки балки $h_{ст} = 194$ мм;
- - толщина стенки балок $\delta_{ст} = 10$ мм;
- - глубина защемления стенки в поясах $h_z = 12$ мм.

а)



б)



в)

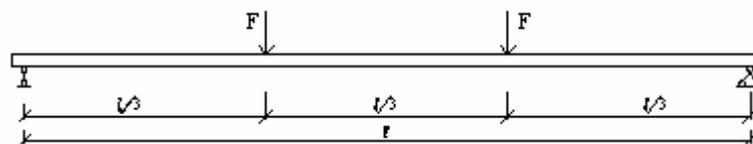


Рис.1. Двутавровая деревянная балка со стенкой из OSB: а,б – конструктивное решение балки;

в – схема испытания: 1 – верхний пояс балки, 2 – нижний пояс балки, 3 – стенка из OSB, 4 – накладки из OSB, 5 – опорные ребра

Fig. 1. Wooden j-beam with a wall from OSB: а,б - is a structural decision of beam; в - chart of test: 1 - is an overhead belt of beam, 2 - is a lower belt of beam, 3 - is a wall from OSB, 4 - are protective straps from OSB, 5 - are supporting ribs

До начала испытаний балок были определены физико-механические характеристики ориентированно-стружечных плит (OSB), использованных в качестве стенки. Модуль упругости ориентированно-стружечных плит составил приблизительно $0,55E_{\phi}$, а предел их прочности при изгибе - примерно вдвое меньше, чем у фанеры марки ФСФ. Пояса балки изготавливались из древесины сосны второго сорта. Все полученные фактические характеристики были учтены при определении несущей способности балок, проведении испытаний и анализе результатов эксперимента.

Определение несущей способности балок проводили из условия загрузки однопролетной балки двумя сосредоточенными силами $F_{расч}$ (рис.1б).

При расчете балок использовали приведенные геометрические характеристики сечений с учетом различных модулей упругости материалов стенки и поясов. При этом характеристики стенки приводили к материалу поясов. В результате расчета устанавливали величину расчетной разрушающей нагрузки $F_{расч}$ и соответственно теоретический максимальный прогиб f_T при этой нагрузке. Затем проверяли прочность стенки на срез (1) и величину скалывающих напряжений между стенкой из OSB и деревянным поясом (2):

$$\tau_{ср} = \frac{Q \cdot S_{np}}{J_{npOSB} \cdot b_{расч}} \leq R_{срOSB} ; (1) \quad \tau_{ск} = \frac{Q \cdot S_{np}}{J_{npOSB} \cdot 2 \cdot a_3} \leq R_{скOSB} \cdot (2)$$

Испытания балок проводили на базе лаборатории металлических и деревянных конструкций Испытательного центра строительных материалов и конструкций Национальной академии природоохранного и курортного строительства.

Нагрузку на балки прикладывали при помощи гидравлического домкрата через металлическую траверсу, обеспечивая реализацию принятой расчетной схемы (рис.2).

Методикой испытаний предусматривалось измерение деформаций и перемещений в центральной части балки и на ее опорах.

Для измерения деформаций использовали петлевые проволочные датчики сопротивления с подключением и тензометрическому мосту ЦТМ-3, а перемещения измеряли прогибомерами БПАО. Нагружение балок проводили поэтапно с усилием 200 кг. Выдержка на каждом этапе после приложения нагрузки составляла 10-15 мин.

а)



б)



Рис.2. Испытание балок: а - общий вид испытания; б - прогибомер бРАО и тензорезисторы подключенные к тензометрическому мосту ЦТМ-3 в середине пролета балки

Fig. 2. Test of beams a - general view of test; б) - progibomer бРАО and tenzorezistory connected to the tenzometricheskomu bridge of СТМ-3 in the middle of flight of beam

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ результатов испытаний показал на достаточно близкое совпадение расчетных величин и с фактическими разрушающими нагрузками и прогибами балок перед разрушением. Так отклонения по разрушающей нагрузке составили 11% в большую сторону при коэффициенте вариации 7,5%. Среднее значение прогибов балок перед разрушением составило 2,2 см и не превышало 3,0 см. Причем, вплоть до разрушения зависимость между нагрузкой и прогибом носила линейный характер. Максимальные значения напряжений перед разрушением в древесине поясов балок в зоне чистого изгиба, вычисленные по деформациям крайних волокон поясов, достигали 20 МПа, а напряжения в стенках из OSB зоне действия максимальных поперечных сил 3,5 МПа.

Разрушение балок, как правило, происходило от действия растягивающих напряжений в нижнем поясе. При этом разрушался зубчатый клеевой шов (рис.3а). В одном образце, там где прочность клеевого соединения поясов и стенки была не достаточна, разрушение начиналось по клеевому соединению. После того как соединение перестает воспринимать касательные напряжения, резко возростали вертикальные деформации стенки, происходил срез стенки и разрыв нижнего пояса (рис.3б).

а)



б)



Рис.3. Характер разрушения образцов а - разрушение нижнего пояса по клеевому соединению; б - разрушение клеевого соединения стенки с поясом с последующим срезом стенки.

Fig. 3. Character of destruction of standards а - destruction of lower belt on glue connection; б - debond wall with a belt with the subsequent cut of wall

При испытании в одной из балок выявили признаки потери устойчивости из плоскости сжатого пояса балки при уровне нагружения 70-80% от теоретической разрушающей нагрузки (рис.4). На следующем этапе нагружения балка начала изгибаться из плоскости. Эксперимент был прекращен. После снятия нагрузки балка приобрела первоначальную форму. Такое поведение опытного образца при нагружении объясняется дефектами его изготовления. В частности указанный образец изначально был не прямолинейным по длине.



Рис.4. Изгиб балки из плоскости

Fig. 4. Bend of beam from a plane

ВЫВОДЫ

Испытания показали удовлетворительную работу деревянных балок двутаврового сечения со стенками из ориентированно-стружечной плиты. Во всех случаях несущая способность балок превысила расчетную разрушающую нагрузку, вычисленную с использованием расчетных характеристик материалов в 1,5-1,7 раза.

Принятые геометрические параметры поперечного сечения балки оптимизированы для пролета 4,0 м, так как в этом случае несущая способность балки по различным расчетным случаям примерно одинакова.

При изготовлении конструкций особое внимание следует уделить качеству выполнения клеевого соединения стенки с поясами балки.

При применении конструкций в качестве несущих элементов здания или сооружения следует обеспечить устойчивость сжатого пояса балок путем его раскрепления из плоскости балки или выполнять дополнительную проверку:

$$\frac{M}{\varphi \cdot W_{прив}} \leq R_c . \quad (3)$$

Для повышения эксплуатационной надежности балок рекомендуем увеличить длину шипов зубчатого соединения деревянных брусков поясов балки до 15- 20 мм и увеличить глубину защемления стыка стенки в поясах до 20 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. EN 300. Плиты ориентированностружечные. Технические условия.
2. ДБН В.1.2-2:2006 Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. – К.: Минстрой Украины, 2006 г. – 78 с.
3. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогобы и перемещения. Требования проектирования. – К.: Минстрой Украины, 2006 г. – 9 с.
4. СНиП II-25-80 Деревянные конструкции. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1983г. – 31с.
5. ГОСТ 4981-87 Балки перекрытий деревянные. – М.: Госстрой, 1988 г. – 17 с.
6. В.З.Кліменко. Проектування дерев'яних конструкцій – К.: ІЗМН, 1998 г. - 431с.
7. И.М.Гринь. Проектирование и расчет деревянных конструкций.- К.: Будівельник, 1988 г. – 214с.
8. Руководство по проектированию клееных деревянных конструкций. – М.: Стройиздат, 1977 г. – 190 с.
9. Н.А.Филиппов, И.А.Константинов. Примеры расчет и проектирования деревянных конструкций. – Л.: Стройиздат, 1965 г. - 302 с.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF WOODEN J-BEAMS

Pavel. Litovchenko, Vitaly Moloshnyy, Irina El'kina, Sergey Litovchenko

Summary. The tests of new types of beams are conducted, the maximum destroying loadings are set and the features of character of destruction are investigational. Structural solutions are offered allowing to promote operating durability of wooden beams.

Key words: timber-works, j-beams, wall, glue joint.