

УДК 624.011.02

Экспериментальное исследование натуральных балок из клееной древесины

Фурсов В.В., д.т.н., Пурызданха М.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Украина

Анотація. У статті наведено результати випробувань натурних балок із клееної деревини, неармованих і армованих, прогоном 4,5 м і перетином 140х600 мм. Балки навантажувалися домкратами вантажопідйомністю 20 т у третинах прогонів зосередженими силами, що передаються через сталеві траверси до верхніх фібр випробовуваних балок. Деформації балок фіксувалися датчиками активного опору (загальним числом близько 100 штук), індикаторами годинникового типу і прогиномірами. За результатами випробувань побудовані графіки деформацій, а також епюри нормальних і дотичних напружень. Показаний характер руйнування балок.

Анотация. В статье приведены результаты испытаний натуральных дощатоклееных балок, неармированных и армированных, пролетом 4,5 м и сечением 140х600 мм. Балки нагружались домкратами грузоподъемностью 20 т в третях пролетов сосредоточенными силами, передающимися через стальные траверсы к верхним фибрам испытываемых балок. Деформации балок фиксировались датчиками активного сопротивления (общим числом около 100 штук), индикаторами часового типа и прогибомерами. По результатам испытаний построены графики деформаций, а также эпюры нормальных и касательных напряжений. Показан характер разрушения балок.

Abstract. The article presents the results of the experiment on full-scale paste-plank beams, unreinforced and reinforced, with span of 4,5 m and section of 140x600 mm. The beams were loaded with 20 tons capacity jacks at the thirds of the spans with concentrated forces, which are transmitted via the steel traverse to the upper fiber of the tested beams. Deformations of the beams were recorded by the indicating gauges and deflectometer. According to the test results there were deformation graphics made, as well as diagrams of normal and shear stresses. A fracture behavior of the beams is shown.

Ключевые слова: парные балки из клееной древесины, неармированная балка, односторонне армированная балка, деформативность, несущая способность

Постановка проблеми. В последние годы в странах постсоветского пространства (Россия, Белоруссия, Литва), а особенно в странах Западной Европы, в жилищном и сельскохозяйственном строительстве резко возросло использование клееной древесины (КДК) [1, 4, 5, 10]. Как известно, отечественные методы испытания древесины изложены в основных ГОСТах, включающих в себя свыше 50 наименований. Принятые еще во время СССР, они не отменены до сих пор и регламентируют испытания малых «чистых», т. е. без пороков и несовершенств, образцов. При назначении расчетных сопротивлений учитывается ряд

факторов: коэффициенты надежности по материалу, коэффициент вариаций, масштабный фактор, а также изменение расчетных сопротивлений в зависимости от времени приложения нагрузок, влажности и температуры. Принятие Еврокодов несколько меняет подход к проведению испытаний. Согласно EN-408 исследованию следует подвергать модели натуральных размеров, в основном изгибаемых, что существенно увеличивает расходы по проведению экспериментов и требует наличия современного оборудования лабораторий. В отечественной практике на изгиб испытываются балочки сечением 20x20 мм и длиной 300 мм (малые чистые образцы). Максимальные пролеты составляют, как правило, не более 2000 мм, что связано, в первую очередь, с размерами экспериментального оборудования.

В отдельных случаях для снижения деформативности, повышения несущей способности конструкций или при ограничении строительной высоты используется армирование наружных зон изгибаемых либо сжатых изогнутых стержней. Армирование осуществляется одиночными стержнями, либо группой их из арматурной стали класса А-III, а также с помощью пластин, стальных или стеклопластиковых. Армирование – достаточно простой технологический процесс, заключающийся в устройстве на гранях балок пазов, заполняемых клеем пластической консистенции, в которые утапливаются арматурные стержни либо пластины. Иногда в зонах установки арматуры дополнительно прибивается защитная доска. В практике строительства наиболее часто применяется симметричное армирование, как в растянутой, так и в сжатой зонах изгибаемых элементов. Однако, в сжатых зонах балок арматура практически не нужна, а в балках переменной по длине жесткости армирование верхнего пояса технологически затруднено.

Методика проведения испытаний. В рамках содружества с БелНИИ (Брест, Белоруссия) под руководством проф. Фурсова В. В. нам представилась возможность проведения испытаний парных натуральных балок из клееной древесины, изготовленной на заводе деревянных конструкций в Гомеле, одна из которых неармированная, а вторая армировалась в нижней грани арматурными стержнями класса А-III, диаметром 14 мм. Пролет балок в осях между опорами составил 4,5 м. Поперечное сечение моделей – 140x600 мм. Опорные части балок были решены с помощью постановки вертикальных клеенных стержней из арматурной стали класса А-III, (4 \varnothing 14 мм и длиной 400 мм в неармированной и 2 \varnothing 18 мм и длиной 550 мм в армированной).

По техническим условиям рекомендуемый процент армирования при симметричной установке арматуры должен составлять от 1 до 3%. В односторонне армированных балках процент использования стали может

быть меньше. Влияние заниженности процента армирования вызывает интерес, поскольку рекомендуемые данные носят эмпирический характер. Общий вид испытаний балок показан на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид испытаний балок:
а) общий вид испытаний, б) торец армированной балки

Нагружение балки производилось домкратами грузоподъемностью 50 т, установленными на стальную распределительную траверсу силовой рамы в третях пролета исследуемых балок, для создания в их средней зоне состояния «чистого» изгиба. В качестве измерительной аппаратуры использовались прогибомеры, индикаторы часового типа, а также датчики активного сопротивления базой 20 мм и сопротивлением около 200 Ом, подключенные к АИД-1. Общее количество датчиков составило 100 штук. Схема расположения датчиков и измерительной аппаратуры в неармированной балке (Б-1) приведена на рис. 2.

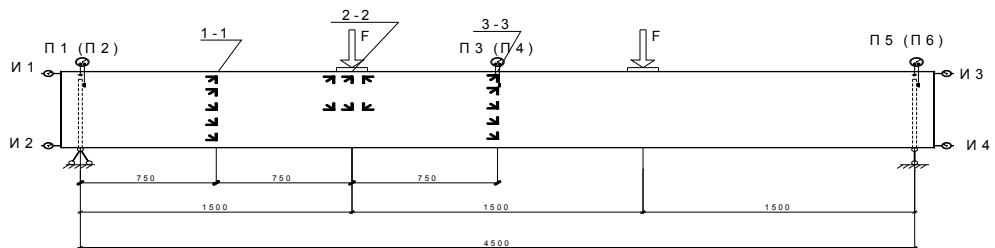


Рис. 2. Схема загрузки и расположения измерительной аппаратуры

Схема расположения датчиков и измерительной аппаратуры в армированной балке (Б-2) приведена на рис. 3.

В процессе эксперимента фиксировалась влажность по всем поверхностям балки, которая колебалась от 12 до 14 %, а также измерялась температура помещения, составившая $+20 \div 22$ °С. При этом относительная влажность в лаборатории не превышала 60 %.

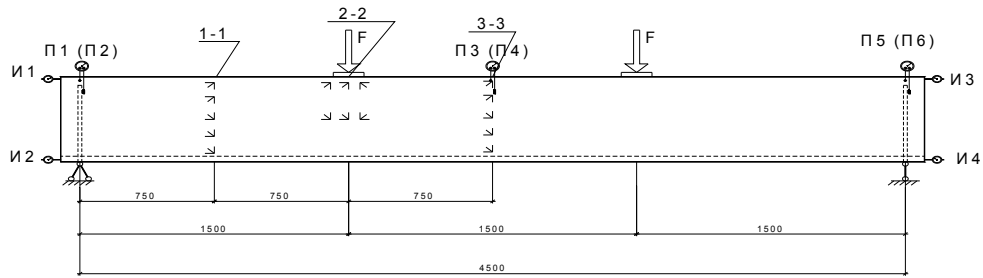


Рис. 3. Схема загрузения и расположения измерительной аппаратуры в армированной балке

После трехкратного нагружения и разгружения балки (шаг – 1 т) до 6 т (что составляло около 25 % от разрушающей нагрузки) осуществлялось основное испытание балки. Нагружение прикладывалось ступенчато, с шагом 4 т.

Обработка показаний измерительной аппаратуры позволила построить графики прогибов балки, представленные на рис. 4.

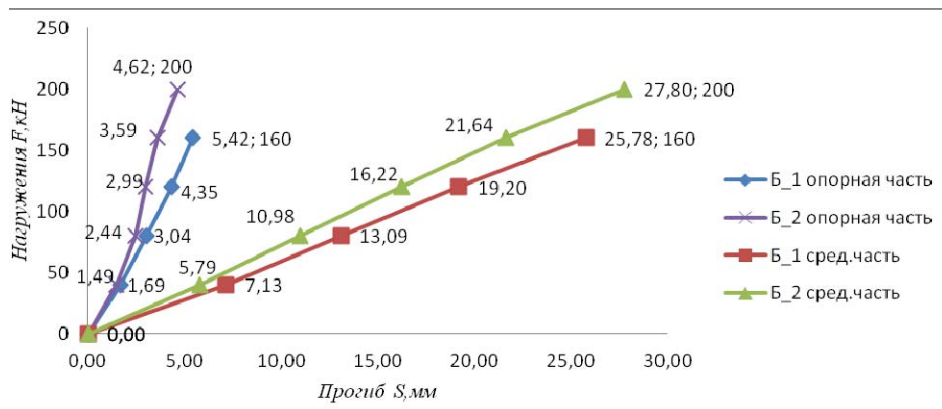


Рис. 4. Прогибы в середине балки и деформация на опорах

Обработанные результаты показаний датчиков позволили получить в поперечных сечениях графики нормальных и касательных напряжений при одинаковой нагрузке, которые приведены на рис. 5.

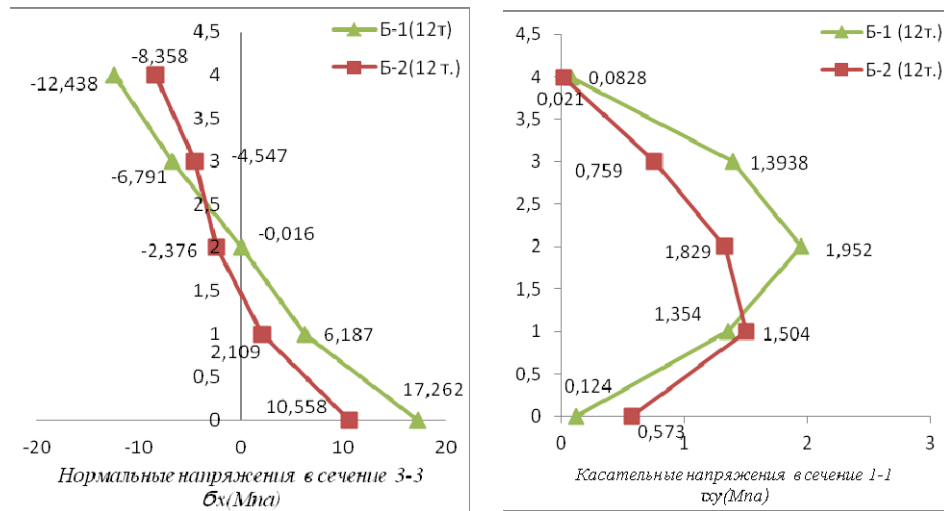


Рис. 5. Графики нормальных и касательных напряжений в балках Б-1 и Б-2

Разрушение балок было идентичным скалыванию в продольном направлении в зоне несколько ниже положения нейтральной оси. Разрушение сопровождалось громким хлопком при нагрузке 19,1 т в Б-1 и 23,1 т – в Б-2. При этом трещина, возникшая в зоне приложения силы, стремительно развивалась в сторону опоры. Следует отметить, что по сравнению с неармированной балкой разрушающая нагрузка увеличилась примерно на 23 %. По соответствующим этапам нагружения прогибы снизились на 18÷26 %, и примерно в таких же соотношениях снизились максимальные значения нормальных и касательных напряжений. Общий вид балок после испытаний приведен на рис. 6.



Рис. 6. Общий вид балок Б-1 (а) и Б-2 (б) после испытаний

На рис. 7 показано разрушение торцов балки, произошедшее несмотря на наличие вклеенного в опорной зоне стержня.



Рис. 7. Разрушение торцов балок Б-1 (а) и Б-2 (б)

После завершения исследований балка была расколота в зоне нижнего пояса для оценки состояния сцепления арматуры с токсичной смолой. В целом, состояние клевого соединения (арматура, клей, древесина) можно признать хорошим.

Выводы

Разрушающая нагрузка, несмотря на заниженный процент армирования в балке Б2, увеличилась на 23 %.

Прогибы в балке Б2 на различных стадиях загрузки снизились в среднем на 20 %.

При этом разрушение в балках Б1 и Б2 произошло от влияния касательных напряжений в зонах по высоте балки, соответствующих их максимальным значениям (по нейтральной оси и несколько ниже ее).

В обоих случаях эпюра касательных напряжений (τ_{xy}) была несимметричной и практически не отличалась по величине.

Максимальные значения эпюры нормальных напряжений (σ_x), снизились на 40 и более процентов.

Вышеизложенное показало, что эффективность одностороннего армирования дана с невысоким его процентом. Для снижения значений касательных напряжений целесообразным представляется дополнительное наклонное армирование, в зонах опор, как предлагают специалисты ЦНИИСКА им. В. А. Кучеренко (г. Москва).

Литература

- [1] Фурсов В. В. Современные конструкции из клееной древесины / В. В.Фурсов, Н. Н.Ковлев, А. Ю. Васильев // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2010. – № 2. – С. 34–41.
- [2] Timber structures. Structural timber and glued laminated timber. Determination of some physical and mechanical properties : EN 408:2010. – Brussels : Management Centre, 2012. – 39 p. – (European Standard).
- [3] Погорельцев А. А. Влияние наклонного армирования на выносливость клееных деревянных балок / А. А. Погорельцев // Разработка и исследование деревянных конструкций / ЦНИИСК : сб. науч. трудов. – 1989. – С. 105–110.
- [4] Васильев С. Н. Клееная древесина в проектировании / С. Н. Васильев // Современные металлические и деревянные конструкции : сб. науч. трудов. – Брест, 2009. – С. 27–29.
- [5] Найчук А. Я. Некоторые особенности расчета клееных деревянных конструкций / А. Я. Найчук, Е. Н. Серов, И. Ф. Захаркевич // Современные металлические и деревянные конструкции : сб. науч. трудов. – Брест, 2009. – С. 212–218.
- [6] Werner G. Holzbau 1. Grundlagen DIN 1052 (neu 2008) und Eurocode 5 / Gerhard Werner, Karlheinz Zimmer, Karin Lißner. – Springer : Softcover, 2009. – 370 S. – ISBN: 978-3-540-95858-1 (Print); 978-3-540-95859-8 (Online).
- [7] Ашкенази Е. К. Анизотропия конструкционных материалов / Е. К. Ашкенази, Э. В. Ганов. – Ленинград : 1980. – С. 45–73.
- [8] Христофорова Т. Н. Влияние некоторых видов ослаблений поперечного сечения на работу армированных деревянных балок : автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук : спец. 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» / Т. Н. Христофорова. – Н. Новгород, 2006. – 25 с.
- [9] Шутенко Л. Н. Клееные соединения древесины и бетона в строительстве / [Л. Н. Шутенко, В. З. Клименко и др.]. – К. : Будівельник. – 1990. – 137 с.
- [10] Ковальчук Л. М. Деревянные конструкции в строительстве / [Л. М. Ковальчук, С. Б. Турковский и др.]. – М. : Стройиздат, 1995. – С. 248.

Надійшла до редколегії 18.09.2013 р.