РАЗДЕЛ XIX. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Кудрявцев И.А.

Работа соединений элементов деревянных конструкций в условиях низких температур

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/trnio-09-2021-76

Аннотация

В статье дан анализ работы элементов соединений большепролетных конструкций в условиях низких температур. Приведены данные об новых строительных большепролетных объектах, в узловых решениях которых использовались клеенные стержни. Отмечены особенности поведения древесины, металлических стержней и эпоксидного клея в соединении. Раскрыта специфика использования ввинчиваемых стержней для большепролетных деревянных клеенных конструкций.

Приведен сравнительный анализ узловых решений на клеенные и ввинчиваемые стержни.

Ключевые слова: соединение на клеенные стержни, ввинчиваемые стержни, несущие большепролетные конструкции.

Abstract

The article analyzes the work of elements of joints of large-span structures at low temperatures. The data on new construction large-span objects, in the nodal solutions of which glued-in rods were used, are given. The features of the behavior of wood, metal rods and epoxy glue in the joint are noted. The specificity of the use of screwed-in rods for large-span glued wooden structures is disclosed.

A comparative analysis of nodal solutions for glued and screwed rods is presented.

Keywords: connection on glued-in rods, screwed rods, supporting large-span structures.

В условиях Сибири и Крайнего Севера использование древесины, для строительства зданий приобретает особую значимость, с учетом низкой теплопроводности данного материала. Стремительный рост на данный момент демонстрируют большепролетные деревянные конструкции. В 2018 г. в Красноярске был возведен спортивный комплекс «Енисей», пролетом 99 м и общественное здание «Тинькофф-Арена» в Санкт-Петербурге; в 2020 г. спортивный комплекс «Байкал» в Иркутске; в 2021 г. спортивный комплекс «Кузбасс» в Кемерово. Сложность строительства аналогичных объектов связана с логистикой и требует большого внимания к узловым решениям большепролетных конструкций.

Для соединения элементов большепролетных конструкций применяются клеенные арматурные стержни, которые соединяются с древесиной эпоксидными клеями. Поведение клеевой прослойки в экстремальных условиях (низкие отрицательные температуры) на данный момент не изучено. Некоторые клеи, эластичные при температуре близкой к комнатной, становятся жесткими при охлаждении до -5°C – -10°C , то есть теряют способность компенсировать движение соединенных поверхностей друг относительно друга именно тогда, когда это движение становится значительным. Например, полиуретановые клеи, безусловно, одни из наиболее эластичных клеевых продуктов – их растяжение до разрыва составляет 500–700%, а у некоторых и несколько больше [1, 2]. Абсолютная величина расширения или сжатия, зависит от размера изделия и изменения температуры. Именно зависимость от размера изделия делает сложным лабораторное испытание – стандартные образцы соединения для испытания на сдвиг, размером 25×12 мм, могут без

потери прочности пройти многократные температурные перепады; но при длине клеевого шва один-два метра, тот же клей на тех же материалах окажется неспособен выдержать типичные для улицы температурные перепады.

Использование эпоксидных клеевых систем для вклеенных стержней связано с их высокими механическими качествами, высокой адгезией к металлическим элементам и стойкостью к температурным перепадам. Также клей не дает усадки при отверждении, в результате чего не возникает трещин и разрывов в самом клеевом шве.

Температура и влага являются основными климатическими факторами, которые оказывают значительное влияние на деревянные конструкции [3, 4]. Учитывая, что коэффициенты температурного расширения у металла, древесины и эпоксидного клея различны, изменение температуры приведет к появлению дополнительной сдвиговой нагрузки на клеевом шве. Однако для древесины характерен низкий коэффициент теплопроводности $0,17\text{--}0,31 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, зависящий от породы, плотности, влажности и направления разреза [5]. Древесина плохой проводник тепла. Значит тепловое воздействие на линейные изменения древесины минимальны. В большей степени древесина подвержена изменению влажности. Увеличение размеров древесины, при возрастании влажности зависит от направления волокон.

Низкие температуры создают условия, которые оказывают значительное влияние на металлические стержни. Хрупкость стали (хладноломкость) отмечается при отрицательных температурах порядка -50 °C . При понижении температуры предел текучести металла повышается, что замедляет образование пластической зоны в основании образования трещины или разреза [6].

Использование вклеенных стержней для узловых решений большепролетных конструкций является доминирующим на сегодняшний день, несмотря на технологическую сложность выполнения. Но набирают популярности соединения на ввинчиваемых стержнях [7, 8].

Принятие СП 299.1325800.2017 “Конструкции деревянные с узлами на винтах. Правила проектирования” позволило специалистам иметь на руках нормативную базу, предназначенную для различных расчетов узловых решений с применением винтовых соединений. Из них наиболее популярными в практике являются конструкционные саморезы.

Данный вид крепежа имеет спиральную нарезку, позволяющую уйти от предварительного формирования отверстия в деревянном элементе, что в свою очередь упрощает и удешевляет монтаж. На Российском рынке производитель «Срах» являлся первооткрывателем конструкционных саморезов. Сейчас конкуренция значительно выросла: появился большой выбор качественных конструкционных саморезов от нескольких известных производителей, что значительно повлияло на их цену и доступность. Также, для решения различных задач, появились саморезы со своими конструктивными особенностями:

- потайные или тарельчатые головки;
- резьба по всей длине или резьба, ограниченная на определенном отрезке длины.

Популярным аналогом саморезов являются системы скрытого крепежа, а также крепёжные элементы из лёгких сплавов, которые, для обеспечения плотного нагельного соединения, могут просверливаться на месте монтажа сквозь конструкцию. Данные системы с каждым годом набирают популярность в отечественной строительной индустрии.

Однако стоит отметить ряд отрицательных факторов, которые являются проблемной стороной данных деталей. Во-первых, их высокая стоимость, как самих конструкционных саморезов, так и ввинченных стержней. Во-вторых, сами крепёжные элементы не всегда имеются в наличии, если необходимы длины и диаметров больших размеров, что зачастую приводит к долгим срокам ожидания их поставок из Европы. Ну, и главной проблемой данных стержней, является разночтение в европейских и отечественных нормах по правилам расстановки нагелей в древесине.

Система ЦНИИСК, в отличие от европейских систем крепежа, включает определённую податливость самих соединений на саморезах и ввинчиваемых стержнях, что исключает возможность реализовать жёсткие узловые решения. Кроме этого, малый диаметр и относительно небольшая длина, также заставляет их применять только в узлах с небольшими напряжениями.

Из-за этих особенностей, в ближайшее время, стоит ожидать планомерное увеличение использования как саморезов, так и скрытых систем крепежа в решении простых узлов, однако ответственные узлы и жёсткие соединения, будут по-прежнему решаться за счёт применения клеенных стержней.

1. Ковалева Е.Г., Радоуцкий В.Ю. Эпоксидные полимеры в строительстве: проблемы и перспективы. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №2, стр. 39-42.
2. Миронова С.И., Тихомиров А.В., Кирютина С.Е. Изучение стойкости клеевых соединений деревянных конструкций на основе однокомпонентного полиуретанового клея к температурно-влажностным воздействиям. Г. СПб. Вестник гражданских инженеров. 2017 г, №2(61), стр. 90-95.
3. Винокуров, А.А., Докторов, И.А., Лавров, М.Ф. Влияние отрицательной температуры и влаги на прочность цельной и клееной древесины. Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, 3 (3), 2006 71-77.
4. Буслаев Ю.Н. Исследование влияние отрицательных температур и влажности на долговечность клееных элементов деревянных конструкций (на примере Центральной Якутии): Дис. ...канд. техн. Наук. Л.: ЛИСИ, 1982. 225с
5. А.М. Боровиков, У.Н. Уголев. Справочник по древесине. М. Лесная промышленность. 1989, – 296 стр.
6. А.А. Рыжиков. О природе хладноломкости металлов. Физика и техника высоких давлений. 2003, том 13, №2, стр. 52-60.
7. В.С. Груничев. Варианты соединений большепролетных клееных деревянных конструкций. Крепеж, клеи, инструмент. 2021, №1, стр. 50-51.
8. В.И. Линьков. Повышение несущей способности соединений на наклонных ввинченных стержнях. Инженерный вестник Дона. 2020, № 11.