

УДК 624.016

СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗГИБУ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ПЕРЕКРЫТИЙ ИЗ ДРЕВСИНЫ И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Г.О. ЦИПАН, Л.В. СИРОТКИНА
(Представлено: Д.Н. Лазовский, А.М. Хаткевич)

В статье рассмотрена возможность применения древесины и железобетона в единой конструктивной системе. Предпринята попытка применения деформационного метода расчета сопротивления изгибу деревянного ребристого перекрытия с монолитной железобетонной плитой, позволяющего учесть диаграммы деформирования древесины, бетона и арматуры.

Введение. Совместное использование бетона и древесины в единой конструктивной системе затрудняется их большой «разнородностью». Так, для данных строительных материалов будут существенно отличаться: структура, прочность, модули деформаций, плотность, долговечность, коэффициенты линейного расширения и т.п. В то же время история развития строительных конструкций демонстрирует возможность объединения в единую систему зачастую весьма разнородных материалов как в пределах одной конструкции, так и в пределах здания либо сооружения. Известно совместное применение стали и древесины, композитных материалов с бетоном и каменной кладкой и др.

При осуществлении работ по реконструкции возможна модернизация междуэтажных перекрытий путем усиления существующих деревянных перекрытий, либо только балок перекрытий, увеличением сечения с устройством в сжатой зоне железобетонной плиты. Вышеуказанный метод весьма технологичен, имеет низкую трудоемкость, позволяет отказаться от поддерживающих лесов и подмостей при замене перекрытий, а самое главное – *сохранить нетронутым декоративную отделку, исторические росписи потолков и стен, имеющих определенную ценность.*

Возможное конструктивное исполнение дерево-железобетонного перекрытия в процессе реконструкции (рисунок 1).

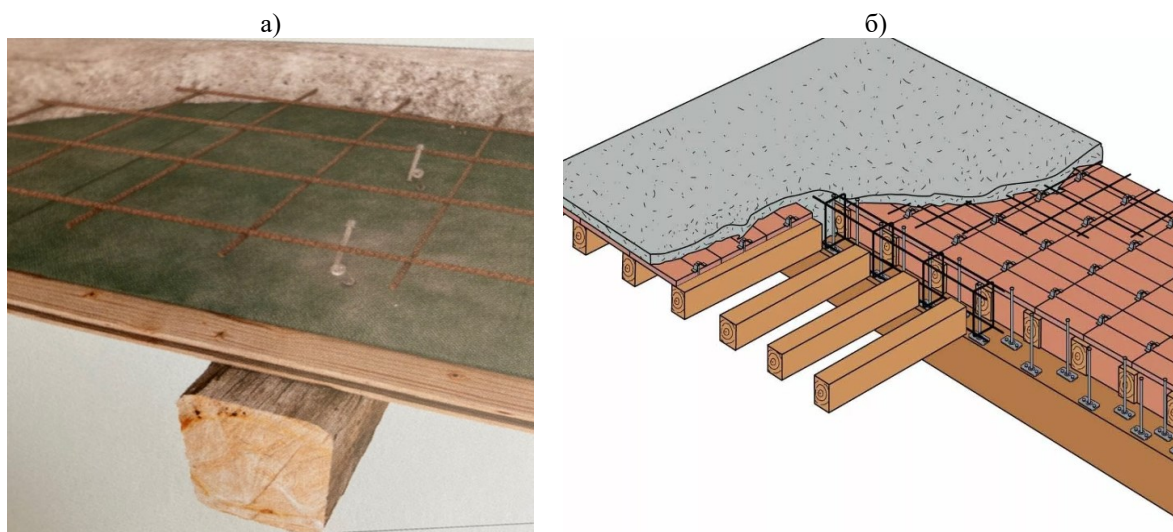


Рисунок 1. – Конструкция дерево-железобетонного перекрытия с устройством плоской монолитной плиты по настилу (а) и с устройством ребристой монолитной плиты для существенного повышения прочности (б)

Применение такого метода реконструкции перекрытий сопряжено с рядом сложностей, среди которых немаловажное место занимает отсутствие методики расчета дерево-железобетонных перекрытий, что и явилось целью данного исследования

Основная часть. Знакомство с историей исследования деревянных и дерево-железобетонных перекрытий [1-3] позволяет выявить ряд важных факторов:

- совместная работа бетона и древесины в достаточной мере может быть обеспечена устройством стальных нагелей (гвозди, штыри, обрезки арматуры, а также специально разработанные анкеры) практически до достижения предельного состояния по несущей способности;
- закономерности развития деформаций в комплексной конструкции соответствуют гипотезе Бернулли более известной как гипотеза плоских сечений (рис.2).

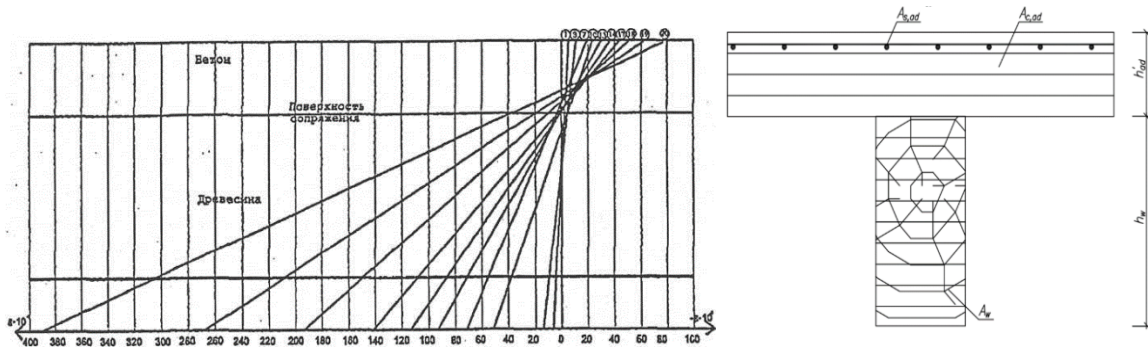


Рисунок 2. – Распределение деформаций по высоте поперечного сечения несущей балки фрагмента дерево-железобетонного перекрытия при разных уровнях нагружения в зоне максимального изгибающего момента

Указанные факторы соответствуют условиям применения деформационного метода расчета нормальных сечений, основанного на совместном применении:

- уравнений равновесия внутренних усилий в нормальном (поперечном) сечении;
- использовании предпосылки в виде гипотезы плоского сечения, касающейся распределения относительных деформаций в пределах нормального сечения во высоте сечения;
- аппроксимаций диаграмм деформирования древесины, бетона и арматуры для каждого элементарного слоя, определяющих связь между напряжениями и деформациями.

В результате можно получить систему разрешающих уравнений, учитывающую включение в работу в работу бетона после частичной загрузки деревянной несущей балки:

$$\begin{cases}
 \sum_k E'_w A_w \varepsilon_w + \sum_m E'_{c,ad} A_{c,ad} \varepsilon_{c,ad} + \sum_i E'_{s,ad} A_{s,ad} \varepsilon_{s,ad} = 0; \\
 \sum_n E'_w A_w \varepsilon_w (y_w - y_{0,ad}) + \sum_m E'_{c,ad} A_{c,ad} \varepsilon_{c,ad} (y_{c,ad} - y_{0,ad}) + \\
 + \sum_i E'_{s,ad} A_{s,ad} \varepsilon_{s,ad} (y_{s,ad} - y_{0,ad}) - (M_y + M_{y,ad}) = 0; \\
 \varepsilon_w = \varepsilon_{w[1]} + \varepsilon_{w,ad}; \\
 \varepsilon_{w,ad} = \frac{1}{r_{y,ad}} (y_w - y_{0,ad}); \varepsilon_{c,ad} = \frac{1}{r_{y,ad}} (y_{c,ad} - y_{0,ad}); \\
 \varepsilon_{s,ad} = \frac{1}{r_{y,ad}} (y_s - y_{0,ad});
 \end{cases} \quad (1)$$

- где E'_w – текущее значение секущего модуля упругости для элементарных площадок древесины балки;
 A_w – площадь сечения элементарных площадок древесины балки;
 $\varepsilon_{w,ad}$, $\varepsilon_{c,ad}$, $\varepsilon_{s,ad}$ – относительные деформации элементарных площадок древесины балки конструкции, бетона и арматуры железобетонной плиты от воздействий, приложенных после усиления;
 $\varepsilon_{w[1]}$ – относительные деформации в элементарных площадках древесины балки;
 $1/r_y$ – кривизна деревянной балки по направлению оси y ;
 y_w – расстояния от выбранной оси до центра тяжести элементарных площадок древесины балки в поперечном сечении;
 y_0 – расстояния от выбранной оси до центра тяжести поперечного сечения деревянной балки;
 M_y – изгибающий момент в плоскости оси y , воспринимаемый конструкцией в расчетном поперечном сечении балки в момент времени включения в совместную работу дополнительных элементов бетона и арматуры плиты;
 $M_{y,ad}$ – изгибающий момент в плоскости оси y от дополнительных воздействий на деревожелезобетонную конструкцию;
 $E'_{c,ad}$, $E'_{s,ad}$ – текущие значения секущих модулей упругости элементарных площадок бетона и арматуры железобетонной плиты соответственно;
 $A_{c,ad}$, $A_{s,ad}$ – площадь сечения бетона и арматуры элементарных площадок железобетонной плиты соответственно;

$\varepsilon_c, \varepsilon_s$ – относительные деформации элементарных площадок бетона и арматуры железобетонной плиты от суммарных воздействий после усиления соответственно;

$1/r_{y,w}$ – кривизна усиливаемой конструкции от суммарных воздействий после усиления по оси y , при этом $1/r_{y,w} = 1/r_y + 1/r_{y,ad}$;

$1/r_{y,ad}$ – кривизна деревянной балки и железобетонной плиты от воздействий после усиления по оси y ;

$y_{c,ad}, y_{s,ad}$ – расстояние от выбранной оси до центра тяжести элементарных площадок соответственно бетона и арматуры железобетонной плиты после усиления;

$y_{0,ad}$ – расстояние от выбранной оси до центра тяжести поперечного сечения железобетонной плиты после усиления.

Решение системы (1) выполняется итерационным методом. Критерием разрушения служит достижение бетоном в сжатой зоне или древесиной в растянутой и сжатой зонах предельных значений деформаций.

Заключение. Исследование и использование дерево-железобетонных перекрытий является перспективным направлением в области реконструкции, позволяющим сохранить исторически ценные интерьеры помещений. Предпринята попытка применения деформационного метода расчёта дерево-железобетонных перекрытий, позволяющего учесть свойства древесины и железобетона в виде их диаграмм деформирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов, И.С. Прочность и деформативность деревожелезобетонных изгибаемых элементов при статических и повторных нагружениях : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.01/ И.С. Абдрахманов. ГОУ ВПО Казанский гос. арх. - строит. ун-т. – М., 2009. – 43с.
2. Коченов В.М. Несущая способность элементов и соединений деревянных конструкций / В.М. Коченов. – М.: Стройиздат, 1953. – 320 с.
3. Дыбенко Г.И. Предельное состояние деревянной балки при изгибе со сжатием / Г.И. Дыбенко // Сб. науч. тр. Киевского ИСИ, 1959. – Вып. 12. – С.33-44.