

РАСЧЕТ ТРЕХСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СБОРНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С ПОДАТЛИВЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ОБШИВОК С РЕБРАМИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Острый Р.А. Масляненко Е.В., Стоянов В.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Практичне використання існуючих методик розрахунку складених конструкцій на пружно-податливих зв'язках може представляти певні труднощі для інженерів проектних організацій. У період розвитку обчислювальної техніки й широкого використання програмних комплексів, призначених для розрахунку несучих конструкцій, з'являється можливість адаптації цих програм для практичних розрахунків тришарових конструкцій, з використанням стандартних бібліотек кінцевих елементів.

Методика расчета, приведенная в статье, разработана для расчета составных конструкций на податливых связях и опробована при расчете составных трехслойных панелей, в которых нормальные усилия воспринимаются как жесткими ребрами, так и обшивками. Шаг расстановки связей в таких конструкциях регламентируется СНиП II-25-80, если речь идет о панелях из древесины и фанеры, а также техническими условиями материалов, из которых выполнены обшивки. Шаг расстановки связей определяется исходя из максимального сдвигающего усилия, приходящегося на шов сплачивания. Несущая способность одной связи определяется согласно СНиП «Деревянные конструкции».

Рассмотрим пример задания жесткостных характеристик для панели с двугавровыми ребрами (пояса ребер выполнены из цельной древесины, а стенка - из цементно-стружечной плиты - ЦСП). Обшивки панели также изготовлены из ЦСП. Перед началом расчета, для разбивки ребер и обшивок панели на конечные элементы, необходимо определить количество связей, необходимых при заданной нагрузке и шаг их расстановки l . Также необходимо определить несущую способность одной связи. Как правило, если речь идет о деревянных конструкциях и соблюдены требования СНиП по расстановке связей, несущая способность связи определяется из условия смятия древесины и изгиба нагеля.

На рис.1 показан пример разбивки на конечные элементы расчетной модели трехслойной панели. Все элементы панели задаются при помощи прямоугольных пластинчатых конечных элементов, каждый узел которых имеет 6 степеней свободы. Элементы крепятся между собой жестко.

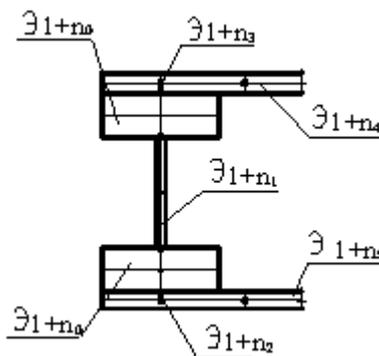


Рис. 1 Разбивка треслойной панели на конечные элементы: \mathcal{E}_{1+n0} – пластинчатые элементы, формирующие деревянные пояса ребер; \mathcal{E}_{1+n1} – пластинчатые элементы, формирующие стенку ребра, выполненную из цементно-стружечной плиты; \mathcal{E}_{1+n2} и \mathcal{E}_{1+n3} – пластинчатые элементы, имитирующие связи обшивок с ребрами панели; \mathcal{E}_{1+n4} и \mathcal{E}_{1+n5} – пластинчатые элементы, формирующие обшивки из цементно-стружечных плит

Элементы пронумерованы в такой последовательности, в которой выполнялся режим сборки.

Несмотря на то, что древесина является анизотропным материалом, в данном случае, допускаем, что пояса выполнены из изотропного материала с модулем упругости равным модулю упругости древесины вдоль волокон при статическом изгибе и соответствующим коэффициентом Пуассона, поскольку размеры поперечного сечения деревянных брусков, составляющих пояса ребра, сравнительно невелики.

При задании жесткостных характеристик стенки ребра, ЦСП также рассматривается как изотропный материал, модуль упругости которого принят равным модулю упругости ЦСП при сдвиге.

Модуль упругости ЦСП при изгибе одинаков во всех направлениях, соответственно материал обшивок рассматривается как изотропный. Модуль упругости принимается равным модулю упругости ЦСП при изгибе.

При стыковке горизонтальных и вертикальных пластинчатых элементов, узел, который является общим для вертикального и горизонтального элемента находится на пересечении осей соединяемых элементов рис. 2.

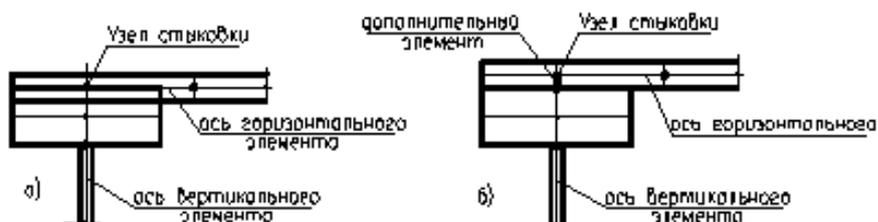


Рис. 2 Положение обшивки относительно ребра: а) до введения дополнительных элементов; б) после введения дополнительных элементов

Для сохранения расчетной высоты панели, возникает необходимость смещения горизонтального элемента на половину его толщины. Поскольку функция «жесткой вставки» реализована только для стержневых элементов, возникает необходимость введения дополнительных пластинчатых элементов, высота которых будет равна половине толщины горизонтального элемента (обшивки), рис. 2 В случае, когда соединение обшивки с ребрами выполнено на клею (жесткое), жесткостные характеристики дополнительных элементов задаются такими же, как для древесины поясов ребер. При соединении обшивок с ребрами на упруго-податливых связях (чаще всего это нагели), жесткостные характеристики дополнительных элементов задаются с учетом несущей способности одного нагеля и шага их расстановки. При этом нагели заменяются пластинчатыми элементами, площадь поперечного сечения которых равна площади поперечного сечения нагеля. Дополнительный элемент, представляющий связь приведен на рис. 3.

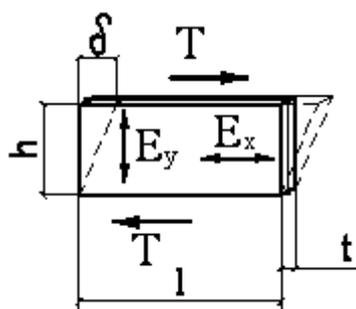


Рис. 3 Дополнительный элемент, представляющий упруго-податливую связь

Жесткостные характеристики дополнительных элементов задаются как для ортотропного материала, при этом значение модуля упругости вдоль оси элемента ограничивается величиной допустимого перемещения (деформации связи). Модуль упругости вдоль оси X определяется по формуле:

$$E_x = \frac{T_c l}{\delta A}; \quad A = t \cdot h; \quad h = 0,5t_{\text{связи}}; \quad t = \frac{\pi d_c^2}{4l}$$

где T_c – несущая способность одной связи; l – шаг расстановки связей;

A – площадь поперечного сечения дополнительного элемента;

d – диаметр нагеля; δ – деформация связи.

Деформация связи определяется экспериментально, либо принимается равной предельной деформации, которая, согласно СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции», для нагельных соединений равна 2 мм.

Модуль сдвига, от которого в первую очередь зависит податливость нагельного соединения определяется по формуле:

$$G = \frac{2n \cdot E_c}{\delta L}$$

где L – пролет панели, n – количество связей на половине пролета.

Поскольку связи, соединяющие обшивки с ребрами панели, работают на изгиб и на выдергивание, а работа стержня с нарезкой на выдергивание характеризуется расчетным сопротивлением древесины на смятие и сжатие поперек волокон, модуль упругости поперек продольной оси элемента принят равным 400 МПа (модуль упругости древесины поперек волокон).

Выводы. Предложенная методика позволяет рассчитать трехслойные конструкции с податливым соединением обшивок с ребрами. При сравнении результатов расчета методом конечных элементов с данными, полученными экспериментальным путем, было установлено, что разница прогибов и напряжений в элементах панели составляет в пределах 12-20%. Таким образом, методика расчета составных конструкций при помощи стандартных программных комплексов, реализующих метод конечных элементов, может быть использована для практических расчетов инженерами проектных организаций наряду с существующими методами расчета составных конструкций с соединением на податливых связях.

1. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. СНиП II-25-80. М. Издательство стандартов, 1974. – 33 с.
2. Трехслойные панели как элементы перекрытия и покрытия в малоэтажном строительстве / В.В. Стоянов, Р.А. Острый, В.В. Дорожкин / Современные конструкции из металла и древесины: сб. науч. тр. – Одесса, 2008. – ч.2. – С.62-69.