

ДЕРЕВОБЕТОННЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЙ С НАГЕЛЬНЫМИ КОННЕКТОРАМИ И ВРУБКАМИ

Симонова Яна Евгеньевна, Сюй Кайсюань

Научный руководитель: д.т.н., профессор кафедры МДК Черных Александр Григорьевич

Ключевые слова: составные деревобетонные конструкции, конструкции с применением ДПК, податливые соединения составных конструкций, многослойные плиты

Цель работы

Определение несущей способности и деформативности составной деревобетонной плиты перекрытия на основе ДПК.

Объект исследования

Составная деревобетонная плита перекрытия на основе ДПК.

Предмет исследования

Напряжённо-деформированное состояние составной деревобетонной плиты перекрытия на основе ДПК, возникающее при изгибе.

Методы исследования

Экспериментальное исследование деревобетонного соединения на саморезах, установленных под углами 30, 45, 60 градусов к плоскости сплачивания, на сдвиг. Экспериментальное исследование составных деревобетонных плит с соединением на саморезах, установленных под углом 60 градусов к плоскости сплачивания, и на врубках. Численное исследование работы составной деревобетонной плиты на изгиб методом конечных элементов.

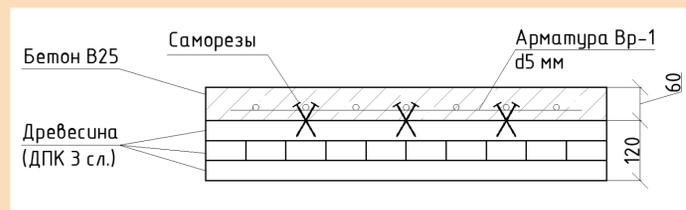


Рисунок 1 – Эскиз конструкции составной деревобетонной плиты перекрытия



Рисунок 2 – Пример применения деревобетонных плит перекрытия при возведении зданий. Фотография с площадки строительства объекта Limberlost Place в Канаде

Экспериментальное исследование по определению несущей способности деревобетонного соединения при работе на сдвиг

Экспериментальное исследование включает испытание образцов деревобетонного соединения на саморезах, установленных под углами 30, 45, 60 градусов к плоскости сплачивания «крест-накрест». Для испытания изготовлено по 3 образца каждого из трех типов, отличающихся углом установки саморезов, выбраны трехслойные элементы из ДПК, саморезы из высокопрочной стали, имеющие тарельчатую головку. Для железобетонной части принят бетон класса В25 с армированием сеткой 100х100х5 мм.

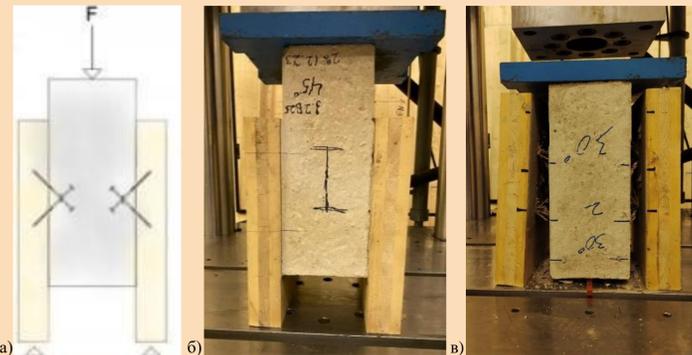


Рисунок 3 – а) схема испытания; б) один из образцов после установки в испытательную машину; в) один из образцов после испытания

Анализ графика зависимости «нагрузка-деформации» (рис. 4), полученного в ходе испытания всех образцов, показывает, что образцы с углом установки саморезов в 60 градусов обладают наибольшей несущей способностью.

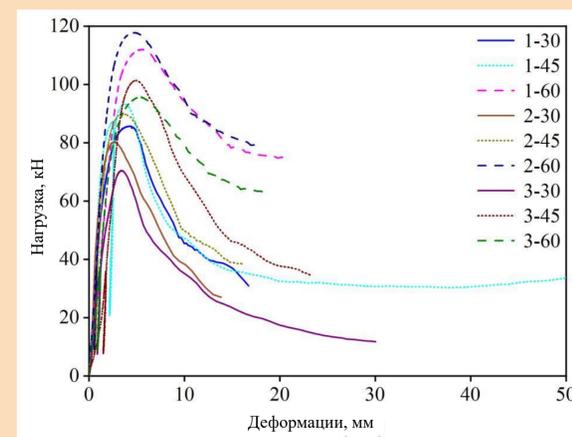


Рисунок 4 – График «нагрузка – деформации» для всех образцов, полученный во время испытания

Таблица 1 – Протокол испытания образцов

| Образцы с углом наклона саморезов | Перемещение δ , мм при нагрузке F=0 кН | Перемещение δ , мм при нагрузке F=1 кН | Нагрузка 0,4 Fmax | | Нагрузка 0,1 Fmax | | Нагрузка Fmax | |
|-----------------------------------|---|---|-----------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | Значение нагрузки, кН | Перемещение δ , мм | Значение нагрузки, кН | Перемещение δ , мм | Значение нагрузки, кН | Перемещение δ , мм |
| 45° | №1 | 0 | 37 | 0,63 | 9 | 0,61 | 93,26 | 3,78 |
| | №2 | 0 | 37 | 0,54 | 9 | 0,5 | 90,04 | 3,47 |
| | №3 | 0 | 37 | 0,35 | 9 | 0,35 | 101,45 | 4,96 |
| 30° | №1 | 0 | 37 | 0,6 | 9 | 0,54 | 85,71 | 4,28 |
| | №2 | 0 | 37 | 0,55 | 9 | 0,48 | 80,27 | 2,72 |
| | №3 | 0 | 37 | 0,41 | 9 | 0,39 | 70,51 | 3,33 |
| 60° | №1 | 0 | 37 | 0,83 | 9 | 0,64 | 112,02 | 5,67 |
| | №2 | 0 | 37 | 0,59 | 9 | 0,53 | 117,8 | 4,88 |
| | №3 | 0 | 37 | 0,48 | 9 | 0,38 | 95,7 | 5,48 |

Экспериментальное исследование по определению несущей способности деревобетонных плит при работе на изгиб

Экспериментальное исследование включает испытание образцов деревобетонного соединения двух типов (рис. 5): на саморезах, установленных под углом 60 градусов к плоскости сплачивания «крест-накрест», и на врубках. Для испытания изготовлено по 2 образца каждого из двух типов, выбраны трехслойные элементы из ДПК, саморезы из высокопрочной стали, со скрытой головкой. Для железобетонной части принят бетон класса В25 с армированием сеткой 50х50х5 мм. Образцы в данный момент набирают прочность.

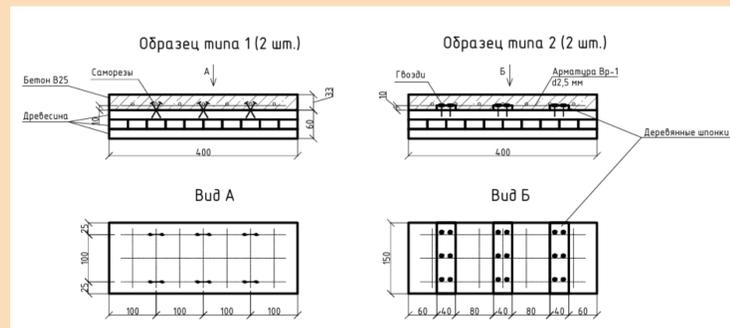


Рисунок 5 – Эскизы внешнего вида образцов



Рисунок 6 – а) схема испытания; б) процесс подготовки образцов

Численное моделирование составной деревобетонной плиты с упругоподатливым соединением при опирании по четырем сторонам

Моделирование конструкции производится в программном комплексе «SCAD». Класс бетона В25, высота сечения бетонной части 60 мм, класс арматуры Вр-1 и диаметр арматуры 5 мм в первом приближении определены из опыта проектирования исходя из геометрических характеристик сечения и утверждены по итогу проверки прочности сечения на действие изгибающего момента от заданной нагрузки, определенной как нагрузка, действующая на перекрытие гражданского здания. Расчетная схема принята в виде 4 пластин, отстоящих друг от друга на высоту $h = h_n/2 + h_{n+1}/2$, где h_n и h_{n+1} – толщины n-го и n+1-го слоев. Между слоями из ж/б и ДПК установлены упругие связи. Жесткость упругих связей в направлении X определялась из данных экспериментального исследования на сдвиг, в направлении Y – теоретически, исходя из выведенной зависимости, в направлении Z принято значение жесткости, стремящееся к бесконечности. В узлах пластин из ДПК установлено объединение перемещений по x,y,z узлов, находящихся друг под другом, попарно – нижнего слоя ДПК со средним и далее – среднего с верхним. Для задания условий опирания плиты по периметру нижней пластины установлены связи, соответствующие шарнирному опиранию плиты по четырем сторонам

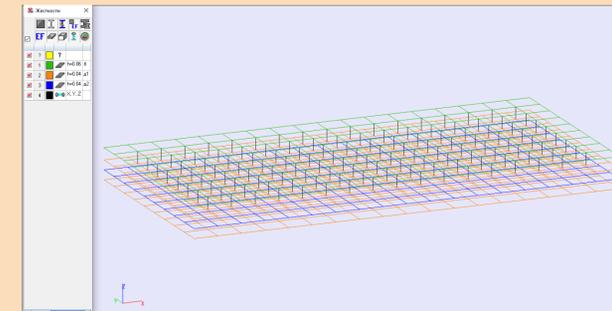


Рисунок 7 – Назначенные жесткости элементов

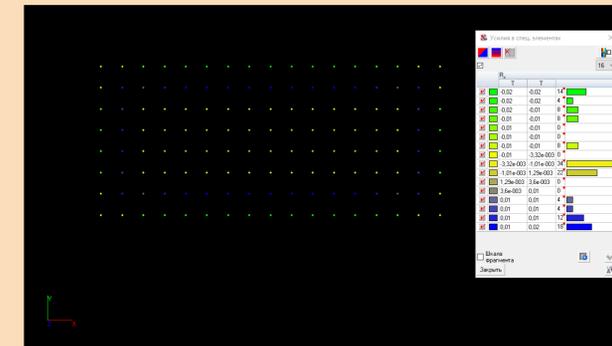


Рисунок 8 – Усилия в упругих связях

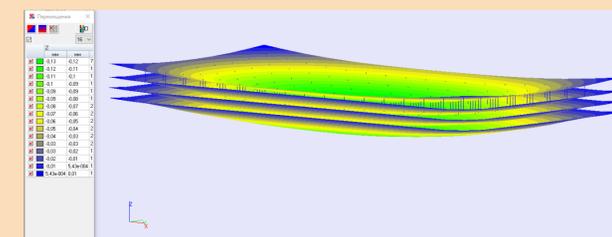


Рисунок 9 – Деформации по Z

Посредством моделирования составной деревобетонной плиты в ПК SCAD при сравнении результатов расчета с результатами ручного расчета по нормам и оценке адекватности полученных результатов сделаны следующие выводы:

- армирование, требуемое при расчете в ПК, соответствует рассчитанному вручную, т.о. для армирования бетонного слоя с заданными параметрами подходит сетка класса ВР-1 50х50х5 мм;
- усилия в ж/б и ДПК, полученные посредством расчета в ПК, соответствуют рассчитанным по формулам строительной механики; схема их распределения говорит об отсутствии необходимости в установке соединителей в середине пролета;
- усилия в связях по оси Z, полученные посредством расчета в ПК, у опор составляют не более 0,02 т, в пролете – близки к 0; схема их распределения подтверждает предположение об отсутствии необходимости установки их в середине пролета;
- деформации по оси Z, полученные посредством расчета в ПК, составляют не более 0,13 мм и не превышают предельных по нормам; схема деформирования соответствует стандартной схеме для плиты, опертой по четырем сторонам, с действующей равномерно распределенной нагрузкой.