

розвитими країнами. Основною тенденцією розвитку при значному збільшенні обсягів виробництва буде прагнення до одержання високоякісних продуктів. Розширення їхньої номенклатури може бути зв'язано реанімуванням промисловості і потребами в таких спеціальних розчинах, як хімічно стійкі, бар'єрні проти небезпечних випромінювань, теплорегулюючі, звуковбирні і тому подібного. З урахуванням національних особливостей популярності житлового будівництва з цегли зростає потреба в економічно доцільних кладочних розчинах. Перспективним для України може стати використання як сировину металургійних шлаків і паливних зол з розробкою рецептури, що забезпечує задану довірчу межу стабільності властивостей. Це цілком погодиться з необхідністю рішення проблеми високообразовання на поверхні розчинів, одержуваних на основі бездодаткового цементу, за рахунок реалізації пуццоланової реакції. Як показав п'ятилітній досвід роботи лідируючих виробників, одним з визначальних принципів стратегії розвитку нових технологій, що безсумнівно відносяться до наукомістких, є залучення інтелектуального потенціалу високопрофесійних фахівців в області хімії і технології силікатних будівельних матеріалів, фундаментальна підготовка яких і визначить у кінцевому рахунку успіхи цього напрямку.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

Роботи, зв'язані з застосуванням будівельних сумішей необхідно виконувати відповідно до вимог ДБН В.2.6-22-2001 "Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей", а також керуватися відповідними вимогами будівельних норм і правил. Найбільш якісні показники розчину досягаються при температурі 20 °С і відносній вологості повітря 60%. Важливо враховувати, що роботи, що виконуються, з тонкошаровими розчинами вимагають чіткого дотримання температурного режиму і не допускають улучення прямих сонячних променів і обветривання, тому що вода, що міститься в розчині, служить одним з основних компонентів розчину, що додає йому необхідні фізико-механічні характеристики. Тому інтенсивне і надмірне видалення води в першу добу - неприпустимо.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Будмайстер. 2002. №3. С.34-35.
2. Будмайстер. Сухі будівельні суміші. 2002. №9 . С.10-11.
3. Окольська Л. Структура пропозиції ринку сухих будівельних сумішей // Будівельні матеріали. 2004, С. 50-51/
4. Сухі суміші від "Будмайстер" // Будівництво і реконструкція. – 2003, С. 11.
5. ДБН В.2.6-22-2001 "Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей".
6. Ощадливе будівництво // Капбудівництво. 2003 . №2. С. 25-29.
7. Рудавський А. //Будмайстер. Сухі будівельні суміші. 2002 . №9. С. 12-16
8. Демідас В.А. Сухі будівельні суміші // Будівництво України. 1999. №5. С.17-19.

УДК 624.073.11

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ ОБЛЕГЧЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ ИЗГИБЕ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

С.П. Литовченко, научный руководитель В.В. Жигна, к.т.н., доц.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Современное развитие строительства характеризуется всё большим применением широкого ассортимента строительных материалов и конструкций. Это не в последнюю очередь связано со стремлением повысить теплозащиту гражданских и промышленных зданий с целью экономии топливно-энергетических ресурсов и снижения эксплуатационных расходов на отопление. Решение данной задачи может быть достигнуто

за счёт применения конструкций с высоким сопротивлением теплопередаче, в первую очередь стен, а также чердачных перекрытий и покрытий.

Высокие технико-экономические показатели новых материалов способствуют расширению ассортимента строительных конструкций. Постоянно расширяется класс конструкций, в которых разделяются несущие и изолирующие функции. К требованиям по несущей способности, предъявляются всё большие требования по теплоизоляции, при жестких стоимостных критериях.

Это приводит к появлению на рынке различных многослойных конструкций, которые различаются свойствами конструктивных и изолирующих материалов, конфигурацией и способами соединения конструкционных слоев.

Опыт применения, в практике отечественного и зарубежного строительства, ограждающих слоистых железобетонных конструкций подтверждает их надёжность в эксплуатации и высокую экономическую эффективность в сравнении с обычными железобетонными конструкциями.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТИПЫ ПАНЕЛЕЙ

Обычно, под многослойными строительными конструкциями подразумевают трёхслойные конструкции. Внутренний и наружный слои стены (плиты) - пластины из прочного материала (армированный бетон, металлические гофрированные листы) и средний слой – утеплитель (пенобетон, пенополистирол, минеральная вата и др. эффективные в теплотехническом отношении материалы) [3]. Важным элементом таких конструкций является способ соединения внутреннего и наружного слоев панели для их совместной работы, который в значительной степени определяет напряженно-деформированное состояние панели, способ ее расчета, методику испытания. По способу соединения наружных слоев панели можно разделить на три конструктивных типа: 1 - панели с жесткими контурными ребрами; 2 - панели с дискретными жесткими шпонками; 3 - панели с использованием гибких связей.

ОПИСАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННОГО РЕШЕНИЯ

Объектом исследований приняты облегченные трехслойные панели, которые могут использоваться в качестве стеновых панелей, панелей перекрытия и покрытия (рис.1). Какого бы назначения панели не были, они изготавливаются прямоугольной формы необходимой унифицированной длины и ширины, толщиной 20, 25 и 30см. Изначально панели представляют собой плиты из пенопласта, между которым укладываются плоские вертикальные арматурные каркасы W-образной формы. Каркасы объединяются в панели с помощью верхней и нижней арматурных сеток (размер ячеек 5х5см, диаметр арматуры 3-5 мм), которые также стягивают и пенопласт.



а)



б)

Рис.1. Применение панелей:

а - в качестве несущей стены; б - в качестве панели покрытия.

В таком виде панели транспортируются, переносятся и монтируются. Принцип крепления панелей состоит в том, что сетку, объединяющую каркасы и пенопласт связывают с выпусками арматуры несущей конструкции проволокой, таким образом,

будущая плита надежно заанкерена с несущими конструкциями (рис. 2); в местах стыков устанавливается дополнительная сетка. В таких панелях легко устраиваются оконные и дверные проемы, осуществляется проводка коммуникаций (рис. 3). После того как вся конструкция установлена, с наружной и внутренней стороны конструкций наносится торкретбетон (по 4 см с каждой стороны панелей), который формирует полноценную монолитную железобетонную конструкцию (рис. 4).



а)

б)

Рис.2. Крепление панелей:

а - к выпускам арматуры из фундамента; б - между собой.

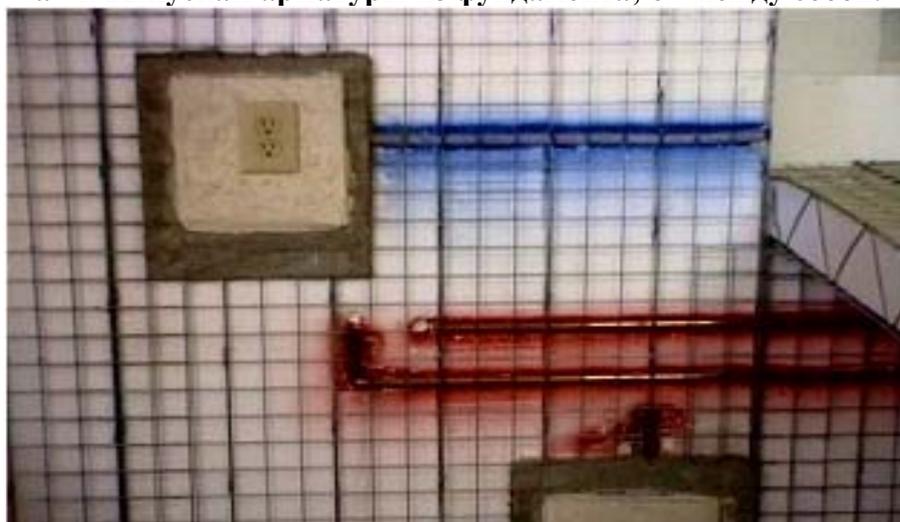


Рис.3. Прокладка коммуникаций в панелях.



Рис.4. Нанесение торкретбетона.

Рассматриваемым трехслойным панелям присущи следующие достоинства:

1. Экономия средств - для производства панелей не требуется никаких сложных технологий; они легко перевозятся, переносятся, монтируются и не требуют для этого квалифицированного труда. Панели легко изменяются по форме и размерам вручную, а при монтаже могут использоваться их «обрезки», что исключает докупку материала;
2. Высокая прочность - несмотря на кажущуюся хрупкость панелей, железобетона достаточно для обеспечения необходимой прочности и жесткости;
3. Легкий вес – особенно в период монтажа конструкций – панели длиной 6 м и шириной 1,5 м свободно поднимают и монтируют двое рабочих; приведенная толщина бетона в законченном виде панелей составляет 8 см;
4. Применимы в сейсмических районах;
5. Повышенная теплоизоляция;
6. Повышенная звукоизоляция;
7. Стандартный набор работ обеспечивается как при механическом, так и при ручном труде.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа многослойных конструкций существенно отличается от работы однослойных [2,4]. Несмотря на актуальность задачи, что обусловлено вопросами энергосбережения, и большим количеством проведенных исследований, особенности работы многослойных конструкций в достаточной мере не изучены.

Для многослойных строительных конструкций в настоящее время нет единой, нормированной теории расчёта. В таких случаях нормативные документы позволяют в качестве расчётного аппарата использовать экспериментально-теоретическую оценку свойств конструкции. Современная методика математического моделирования поведения конструкций даёт возможность получить аналитические зависимости для интересующих нас свойств объектов.

Анализ литературных источников и ранее проведенных исследований [2,4,5] позволил сформулировать следующие цели исследований:

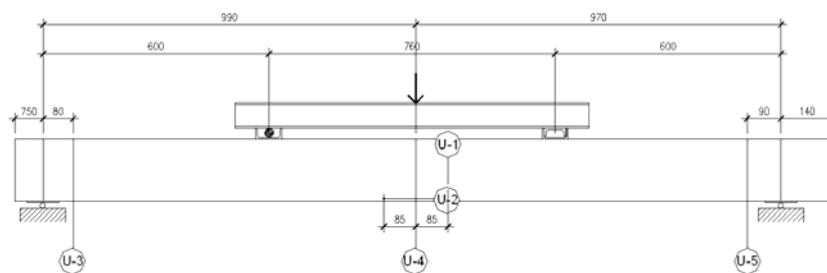
- выявить особенности работы трехслойных изгибаемых панелей под нагрузкой, стадии и характер разрушения панелей;
- оценить напряженно деформированное состояние трехслойных панелей при изгибе под действием распределенной нагрузки;
- оценить несущую способность изгибаемых трехслойных панелей в зависимости от геометрических параметров и характера армирования;
- разработать рекомендации по применению трехслойных панелей.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования поведения панелей проводили путем создания математической модели конструкции и анализа ее поведения при изгибе. При этом усилия в элементах панели определяли с учетом физической нелинейности поведения материала при нагружении [5].

С целью создания адекватной математической модели был проведен физический эксперимент, направленный на получение данных, необходимых для построения модели. Использовали осредненные данные испытания двух идентичных образцов. Испытания проводили по схеме статически определимой однопролетной балки, нагруженной равными сосредоточенными силами, приложенными на расстоянии $1/3$ пролета от опоры (рис.5).

В процессе испытания измеряли деформации бетона в сжатой и растянутой зонах конструкции, применяя индикаторы часового типа МИГ-1 с ценой деления шкалы 0.001 мм и базой измерения 170 мм, и вертикальные перемещения панели, которые измеряли прогибомерами 6 ПАО-ЛИСИ ценой деления шкалы 0.01 мм.



a)



б)

Рис.5. Испытание образца: а - расстановка приборов и схема испытания; б - подготовка и проведение испытаний.

Математическую модель создавали в ПК «ЛИРА 9.4». Так как панель перекрытия при данном конструктивном решении работает по балочной схеме, то для изучения ее поведения проводили анализ фрагмента плиты в пределах арматурного каркаса. Расчетная схема располагается в плоскости XOZ и представляет собой идеализованную модель конструкции (рис.6).

Анализ проводили в нелинейной постановке шаговым методом с использованием фактических диаграмм деформирования материалов, которые были получены путем испытания фрагментов арматуры на растяжение и бетонных призм на сжатие.

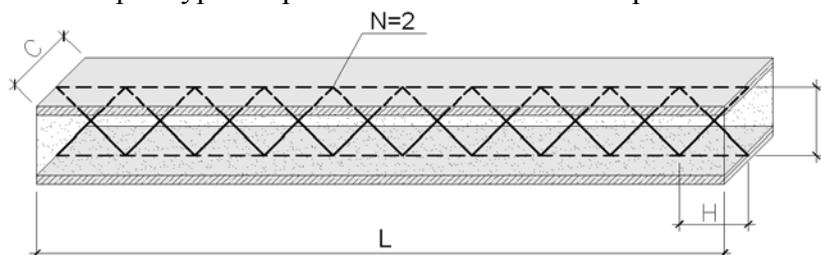


Рис.6. Идеализированная математическая модель конструкции.

В табл. 1 приведены данные сравнение результатов физического эксперимента с результатами математического моделирования.

Полученная и апробированная таким образом математическая модель в последующем была применена для анализа напряженно-деформированного состояния идентичных панелей, имеющих другие геометрические параметры.

Сопоставление результатов испытания физической и математической моделей

Сопоставление нагрузок								
Образования трещин в зоне чистого изгиба			Достижение предела текучести арматуры в зоне чистого изгиба			Потеря устойчивости расколов каркаса		
Математической Модели, кг	Опытного Образца, кг	Расхождение, %	Математической Модели, кг	Опытного Образца, кг	Расхождение, %	Математической Модели, кг	Опытного Образца, кг	Расхождение, %
978	1000	2.2	2930	3100	5.48	3826	3890	1.65

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве объекта исследования приняты трехслойные панели перекрытия, имеющие жесткое защемление на опорах, со следующими характеристиками: плиты состоят из трех слоев, объединенных каркасами. Наружные слои выполнены из бетона класса В20 толщиной 4 см, внутренний слой - из пенопласта, каркас и сетка - из арматуры Вр-I диаметром 5мм. Основной каркас устанавливается с шагом $C=100$ мм либо $C=150$ мм. Основной каркас состоит из одного, либо двух или трех плоских каркасов, устанавливаемых вплотную – $N=1, 2, 3$. Расстояние между центрами горизонтальной арматуры каркаса, H (в дальнейшем – высота), принимали равным 150 мм, 200 мм и 300 мм. Расчетная длина панелей составляла 2, 3, 4, 5 и 6 м. Опираемые панели по краям – жесткое защемление. Всего проведен расчетный анализ 90 моделей конструкций, загружаемых равномерно распределенной нагрузкой.

На каждом расчетном шаге производили оценку напряженно-деформированного состояния на основании данных о нарастании перемещений, появлении и развитии трещин, появлении пластических шарниров, разрушении отдельных конечных элементов, достижении предельных состояний. Оценка устойчивости сжатых расколов выполняли вручную. По мере достижения предельных сжимающих усилий сжатые расколы исключали из расчетной схемы.

По результатам расчета установлено, что наиболее напряженными участками панелей являются приопорные, что согласуется с классической теорией распределения усилий в статически неопределимых балках. Перераспределение моментов за счет образования пластических шарниров происходило после потери устойчивости крайними сжатыми наклонными элементами каркаса.

Анализ данных поведения математических моделей под нагрузкой позволил выделить основные этапы их работы. Окончание каждого этапа характеризуется следующими качественными изменениями:

- появление трещин в растянутом бетоне. Причем трещины образуются вначале на приопорных участках, а затем в пролетных сечениях. Характерной особенностью данного вида панелей является то, что вплоть до разрушения развитие трещин по высоте бетонных слоев ограничивается местоположением арматурной сетки, скрепляющей продольные каркасы и слой утеплителя;

- потеря устойчивости крайних сжатых наклонных элементов каркаса или достижение предела текучести арматуры в крайних растянутых наклонных элементах. После чего происходит образование пластических шарниров, постепенное выравнивание изгибающих моментов в опорных и пролетных сечениях панелей;

- напряжения в растянутых элементах арматуры достигают предела текучести, резко увеличиваются вертикальные перемещения и после образования всех пластических шарниров происходит разрыв арматурных стержней.

Разрушение происходит либо от действия поперечной силы – когда напряжения в арматуре наклонных элементов каркаса, испытываемых сжатие, достигают предельных значений на сжатие, а испытываемых растяжение - предельных значений на растяжение; либо от действия изгибающего момента – когда в растянутых горизонтальных стержнях арматуры напряжения достигают предельных значений. Вид разрушения и величина разрушающей нагрузки существенно зависят от геометрических параметров и количества принятых плоских каркасов. В табл. 2 приведены полученные характер и вид разрушения панелей.

Таблица 2

Характер и вид разрушения панелей

Количество каркасов N	C=100 мм					C=150 мм						
	Высота Н, мм	Длина L, м				Высота Н, мм	Длина L, м					
		2	3	4	5		6	2	3	4	5	6
1	150	▲	▲	●	●	●	150	▲	●	●	●	●
	200	▲	▲	▲	●	●	200	▲	▲	●	●	●
	250	▲	▲	▲	▲	●	250	▲	▲	▲	●	●
2	150	▲	▲	●	●	●	150	▲	▲	●	●	●
	200	▲	▲	▲	●	●	200	▲	▲	▲	●	●
	250	▲	▲	▲	▲	●	250	▲	▲	▲	●	●
3	150	■△	■△	■△	●	●	150	▲■	■△	■△	●	●
	200	▲□	■△	■△	■△	●	200	▲□	■△	■△	■△	●
	250	▲□	▲■	■△	■△	●	250	▲□	▲■	■△	■△	■△

Примечание:

■ - разрушение образца от действия изгибающего момента

□ - разрушение образца от действия поперечной силы

Условные обозначения:

- - напряжение в арматуре в растянутой зоне достигло предела текучести;
- ▲ - потеря устойчивости сжатого наклонного элемента каркаса;
- - напряжения в растянутом наклонном элементе каркаса достигло предела текучести;
- △ - разрушается растянутый раскос и практически сразу сжатый;
- ▲□ - разрушается сжатый раскос и практически сразу растянутый;

Максимальные расчетные прогибы панели длиной 6м составили 26.291мм, что не превышает нормативного прогиба $L/200=30$ мм, что свидетельствует о достаточных жесткостных характеристиках панели.

В результате математического моделирования получены значения разрушающих нагрузок, которые в чистом виде не могут быть использованы в качестве расчетных нагрузок при проектировании данных панелей перекрытия. В соответствии с нормами произведен переход от полученных разрушающих нагрузок к расчетным полезным нагрузкам путем исключения собственного веса панелей и введения коэффициента безопасности.

5. Определены и рекомендованы для проектирования полезные нагрузки для каждого типа панелей путем исключения из значений разрушающей нагрузки собственного веса панелей и введением коэффициента надежности по нагрузке $K=1.5$ и $K=1.8$.

ЗАДАЧИ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Для массового внедрения указанного типа панелей в строительство необходимо изучить напряженно-деформированное состояние панелей при центральном и внецентренном приложении нагрузки, узлов их сопряжения, поведение панелей при динамических нагрузках, а также огнестойкость панелей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДСТУ Б В.2.6 – 7 – 95 Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытания нагружения. Правила оценки прочности, жёсткости и трещиностойкости. – К.: Укрархбудинформ, 1995. – 44 с.
2. Кобелев В.Н., Коварский Л.М., Тимофеев С.И. Расчет трехслойных конструкций/под ред. В.Н. Кобелева. – М.: Машиностроение, 1984. – 303 с.
3. Майборода В.Ф., Карпюк В.М. Трехслойные железобетонные конструкции. – К. Будивельник, 1990. – С. 47-80
4. Майборода В.Ф., Карпюк В.М. Прочность приопорных участков трехслойных конструкций//Строит. конструкции. – Киев: Будівельник, 1986. – Вып.39. – С. 84 – 86
5. Пискунов В.Г., Вериженко В.Е. Линейные и нелинейные задачи расчета слоистых конструкций. – Киев.: Будівельник, 1986. – 176 с.

УДК 624.011.14

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК ПЕРЕМЕННОЙ ВЫСОТЫ

Пинчук Е. А., научный руководитель Кириленко В.Ф. к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Эффективность использования древесины в строительстве обусловлена совокупностью уникальных свойств, не присущих другим материалам. Древесина относится к самовосстанавливающимся ресурсам, которыми располагает большинство районов страны. Это говорит о безусловной перспективности деревянных клееных конструкций (ДКК). Расход энергии и выделение углекислого газа при производстве ДКК в десятки раз меньше по сравнению с производством бетона, стали, алюминия и других строительных материалов. Более того, она легка и удобна в обработке. Склеивание позволяет экономнее использовать древесину. Слои высокого качества размещаются в зонах больших напряжений, низкого — там, где напряжения меньше. В результате из натуральной низкосортной древесины можно получить строительные элементы с лучшими характеристиками, чем из естественной древесины.

В отличие от железобетонных, деревянные конструкции находят наиболее эффективное применение в легких покрытиях и в тех сооружениях, где с наибольшей полнотой используется малый объемный вес древесины при относительно высоких прочностных и упругих характеристиках работы ее вдоль волокон и малые коэффициенты теплопроводности поперек волокон. Эти физико-механические показатели определяются природной своеобразно рассредоточенной трубчато-волокнистой структурой древесины, малым удельным весом и высокой удельной прочностью древесины. Удельная прочность древесины вдоль волокон не уступает прочности стали, а удельная масса древесного вещества в пять раз меньше ($\rho_{др.}=1,54 \text{ г/см}^3$, $\rho_{ст.}=7,85 \text{ г/см}^3$). Существенное снижение веса таких конструкций по сравнению с железобетонными уменьшает вес всего здания и его фундаментов, облегчает перевозку конструкций, упрощает и ускоряет монтаж.

В сочетании с малым весом древесина стойко выдерживает ударные и циклические нагрузки, поэтому деревянные конструкции достаточно стойки в мостах и при землетрясениях. Трехэтажные дома и четвертый этаж-мансарда имеют наивысшую