

3. Коршунов Д.А. Об актуальных вопросах теории железобетона//Бетон и железобетон. - 1998. - № 3. - С. 21-23.
4. Байков В.Н., Мадатян С.А., Дудолов Л.С., Митасов В.М. Об уточнении аналитической зависимости диаграммы растяжения арматурных сталеы//Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. - 1983. - № 9. - С. 1-5.
5. Байков В.Н. О дальнейшем развитии общей теории железобетона// Бетон и железобетон. - 1979. - № 7. - С. 27-29.
6. Бамбура А.Н. Развитие методов оценки напряженно-деформированного состояния и несущей способности железобетонных конструкций на основе реальных диаграмм деформирования материалов//Научно-практические проблемы современного железобетона. Зб. тезисов Первой всеукраинской наук.-техн. конф. - Киев, 1996. - С. 36-39.
7. Узун И.О. Учет полных диаграмм деформирования бетона и арматуры в расчетах железобетонных конструкций//Строительные конструкции. Міжвід. наук.-техн. зб. - Киев: НДІБК, 1999. - Вип. 50. - С. 228-232.
8. Яшин А.В. О некоторых деформативных особенностях бетона при сжатии//Теория железобетона. - М.: Стройиздат, 1972. - С. 131-137.
9. Бабич Е.М., Крусь Ю.А., Гарницкий Ю.В. Новые аппроксимации зависимости "напряжения-деформации", учитывающие нелинейность деформирования бетонов//Изв. вузов. Сер. Строительство. - 1996. - № 2. - С. 39-44.

УДК 624.011.1

Баранова Т.И., Миряев Б.В., Толушов С.А.

КРАТКОВРЕМЕННОЕ ИСПЫТАНИЕ СЖАТО-ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КУПОЛА

Сборные элементы сетчатых куполов при действии равномерно распределенной внеузловой нагрузки можно отнести к сжато-изгибаемым элементам.

На кафедре строительных конструкций Пензенской ГАСА проведены экспериментальные исследования сжато-изгибаемых элементов купольного покрытия.

Для экспериментального исследования сжато-изгибаемых элементов купола был разработан и изготовлен универсальный стенд, позволяющий прикладывать к элементам опорные моменты, продольную нагрузку и поперечную нагрузку, распределенную по треугольнику. Нагрузка может быть как кратковременной так и длительной.

Стенд представляет собой сборно-разборную конструкцию, выполненную из прокатной стали ($I100 \times 5$, $L50 \times 50 \times 5$), с соединением деталей на болтах М10 (рис 1).

Длина испытываемых образцов может изменяться от 1000 до 1800 мм. На стенде имеется две опоры - неподвижная и подвижная, выполненные в виде рычагов, позволяющих создавать в опорных сечениях элементов изгибающие моменты различной величины. Все рычаги уравновешены с помощью контргрузов. Конструкция опор дает возможность моделировать узлы купольного покрытия и, в частности, различные виды податливых соединений, с помощью которых элементы купола соединяются с узловыми деталями. Конструкция стенда позволяет испытывать элементы при различных соотношениях продольной и поперечной нагрузок. Поперечная нагрузка на образец может прикладываться в одной, двух и четырех точках через специальную систему подвесок.

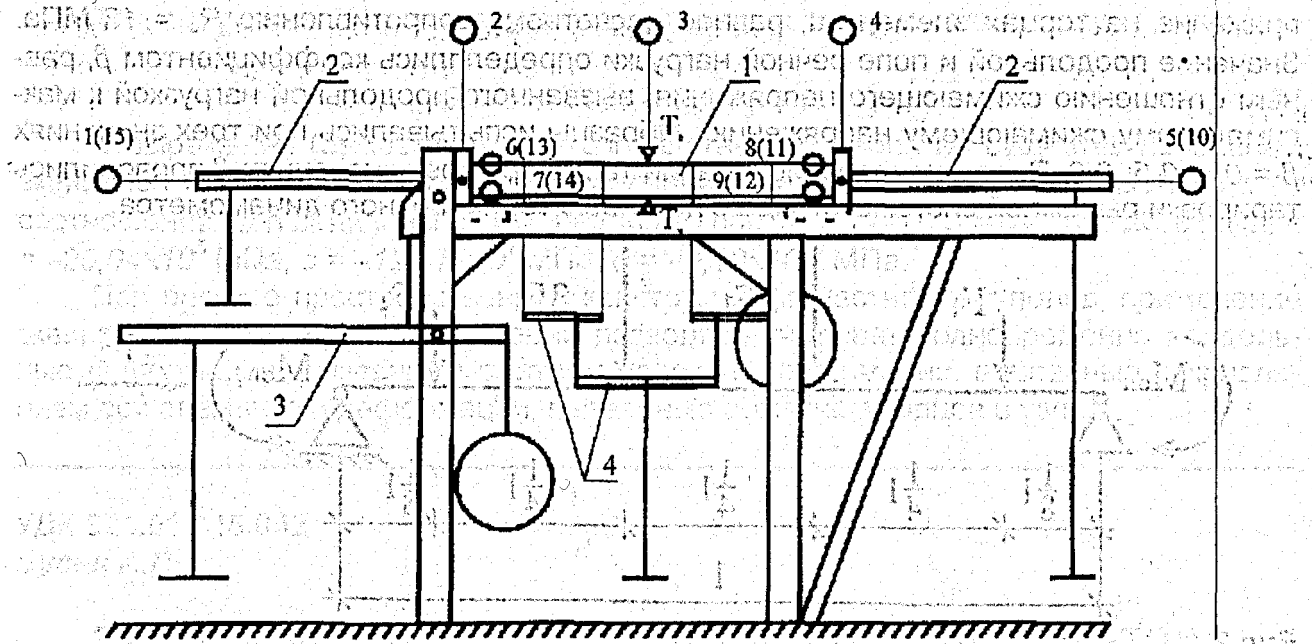


Рис 1.

Схема универсального стенда с установленными приборами

1 – деревянный элемент;

2 – рычаги для создания опорных моментов;

3 – рычаг для создания продольной нагрузки;

4 – траверсы для создания поперечной нагрузки;

П1-5, П10, П15 – прогибомеры;

ИБ-9, И 11-14 – индикаторы часового типа;

Тв, Тн – верхний и нижний тензометры соответственно.

Условные обозначения:

П – прогибомер 6ПАО;

И – индикатор часового типа;

Т – тензометр.

Для предотвращения потери устойчивости плоской формы деформирования ребер на стенде имеются 5 специальных ограничителей, препятствующих боковому выпучиванию образцов и в то же время позволяющих им свободно деформироваться в вертикальной плоскости.

Перед испытанием производился подробный осмотр испытуемых элементов с целью оценки качества материала и качества их изготовления. Нагружение элементов производилось через систему рычагов посредством чугунных грузов.

При проведении испытаний учитывалась возможность внезапного разрушения нагруженного элемента, поэтому, неукоснительно соблюдались правила техники безопасности.

Нагружение образцов осуществлялось ступенями в равные промежутки времени. Схема приложения нагрузки показана на рис.2.

Каждая ступень состояла из 2-х этапов. На первом этапе прикладывались опорные (концевые) моменты и поперечная нагрузка распределенная по треугольнику. На втором этапе прикладывалась продольная нагрузка. В соответствии с "Рекомендациями по испытанию деревянных конструкций" величина одной ступени нагружения была назначена равной 0,2 от величины расчетной нагрузки. В качестве расчетной нагрузки была принята нагрузка, вызывающая суммарное сжимающее на-

пряжение на торцах элементов, равное расчетному сопротивлению $R_c = 13$ МПа. Значение продольной и попе речной нагрузки определялись коэффициентом β , равным отношению сжимающего напряжения, вызванного продольной нагрузкой к максимальному сжимающему напряжению. Образцы испытывались при трех значениях $\beta = 0,4; 0,5; 0,6$. Перед началом испытаний также при трех значениях β проводились тарировки рычажной системы стнда с помощью тарировочного динамометра.

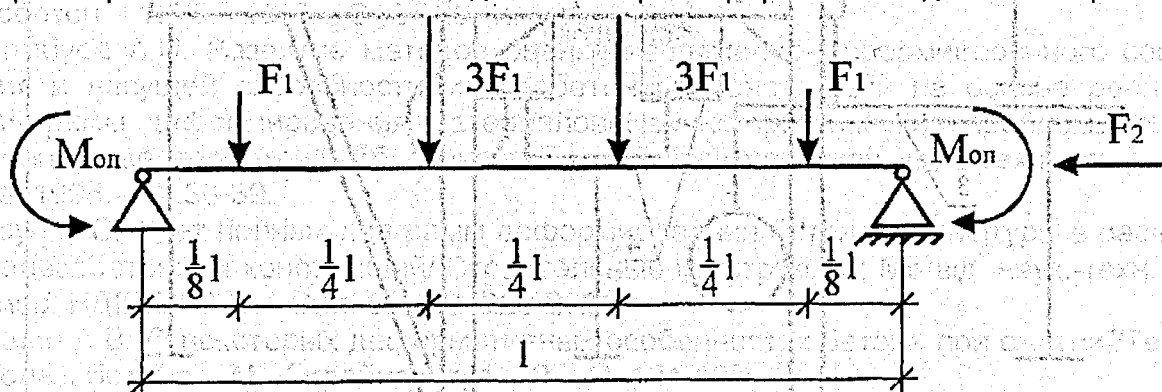


Рис.2.
Схема приложения нагрузки

Каждый образец перед началом основного испытания нагружался только продольной нагрузкой для определения фактического модуля деформации и центрирования элемента.

Перед началом основных испытаний элемент выдерживался в разгруженном состоянии в течение пятикратного общего времени приложения и выдержки под нагрузкой (не менее 4 часов).

Предпринята попытка довести до разрушения два элемента пролетами 1150 мм и 1400 мм. Испытания проводились при $p = 0,4$. Разрушение первого элемента произошло при нагрузке равной 3,75 расчетной, вследствие скалывания древесины вдоль волокон в верхней зоне с последующим разрывом волокон в нижней зоне. Испытание второго элемента были остановлены при нагрузке равной 4 расчетным, т.к. эта нагрузка определяется несущей способностью стнда. При нагрузке 3,5 расчетной наблюдалось образование пластических шарниров в опорных зонах, которые характеризовались большими пластическими деформациями смятия торцов в нижней зоне и эффектом «отлипа», представляющим собой увеличение зазора между торцом элемента и узловой деталью. Величина зазора достигала 4 мм.

Проведенные экспериментальные исследование деревянных элементов купола на совместное действие опорных изгибающих моментов, продольной и поперечной нагрузок позволили уточнить напряженно-деформированное состояние сжато-изгибаемых элементов, получить аппроксимирующие зависимости вида:

$$\sigma = a \cdot \varepsilon_3 + b \cdot \varepsilon_3^2 + c \cdot \varepsilon_3^3 + d \cdot \varepsilon_3^4 \quad (1)$$

где: σ — сжимающее напряжение;

$\varepsilon_3 = \delta / l_0$ — эквивалентная относительная деформация;

здесь δ — сближение центров узловых деталей;

l_0 — расстояние между центрами узловых деталей.

Для практических расчетов важное значение имеет производная кривой — касательный модуль:

$$E_k = d\sigma / d\varepsilon_3 \quad (2)$$

Тогда с учетом (2) получаем выражение для эквивалентного модуля деформации:

$$E_s = a + 2b \cdot \epsilon_s + 3c \cdot \epsilon_s^2 + 4d \cdot \epsilon_s^3 \quad (3)$$

В выражении (3) коэффициент a представляет собой по существу начальный эквивалентный модуль деформации. Значения коэффициентов a , b , c , d зависят от соотношения l/h и величины β . Так, например при $l/h = 11,5$ и $\beta = 0,4$, $a = 9933$ МПа, $b = -25,04 \times 10^5$ МПа, $c = -12,47 \times 10^7$ МПа, $d = 40,10 \times 10^{10}$ МПа.

При расчете пространственных конструкций, в частности куполов, применение эквивалентного модуля деформации позволяет учитывать одновременно продольные деформации, вызванные сжатием волокон, деформации, вызванные искривлением оси элемента и деформации, вызванные обмятием торцов в узлах.

УДК 624.012.45.042

Бусел А.П.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА ПРИ УСИЛЕНИИ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Для восстановления проектных эксплуатационных свойств железобетонных конструкций и для их повышения по сравнению с проектными выполняют усиление конструкций. В зависимости от цели при усилении железобетонных конструкций их рассчитывают по условию прочности, по деформациям или трещиностойкости.

Вопросами усиления железобетонных конструкций начали заниматься давно и к настоящему времени разработано большое количество конструктивных решений и технологических приемов их усиления. Примеры усиления конструкций зданий и сооружений встречаются в инженерной практике довольно часто [4, 6].

Способ усиления и восстановления, включающий в себя усиление железобетонных конструкций путем увеличения площади поперечного сечения за счет устройства обойм, рубашек или односторонних и двусторонних наращиваний сечений конструкций железобетонных конструкций, получил наиболее широкое распространение в строительстве. Применение обойм рекомендуется для усиления колонн. В этом случае достигается наибольшая эффективность этого конструктивного решения. В некоторых случаях усиление сжатых элементов путем ограничения поперечных деформаций производится установкой предварительно напряженной косвенной арматуры в виде спиральной обмотки из проволоочной арматуры.

Ввиду того, что бетон представляет собой неоднородное тело, внешняя нагрузка создает в нем сложное напряженное состояние. В подвергнутом сжатию бетонном образце напряжения концентрируются на более жестких частицах, обладающих большим модулем упругости, вследствие чего по плоскостям соединения частиц возникают усилия, стремящиеся нарушить связь между ними. В то же время в местах ослабления бетона порами и пустотами происходит концентрация напряжений. Из теории упругости известно, что в теле с отверстием, подвергнутом сжатию, наблюдается концентрация как сжимающих, так и растягивающих напряжений. При этом растягивающие напряжения действуют по площадкам, параллельным сжимающей силе. Поскольку бетон содержит большое количество пор и пустот, растягивающие напряжения у одного отверстия накладываются на соседние. В результате, в бетонном образце, подвергнутом осевому сжатию, возникают как продольные сжимающие, так и поперечные растягивающие напряжения (вторич-