

Жук В.В., Левчук А.С., Галалюк А.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ СТЕН ИЗ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Введение. В настоящее время в Республике Беларусь налажено производство элементов несъемной опалубки с применением цементно-стружечных плит (ЦСП) по технологии австрийской фирмы VST Group [1]. Сущность этой технологии заключается в том, что в качестве опалубки используются ЦСП, раскроенные и скрепленные специальными металлическими замками в заводских условиях и смонтированные на строительной площадке, в промежуточное пространство которых подается самоуплотняющийся бетон, образующий вместе с арматурными изделиями, установленными до соединения замков, и несъемной опалубкой каркас здания. Такая технология позволяет значительно уменьшить трудозатраты – на том же объеме, что сейчас выполняется традиционными методами строительства, задействуется в 4 раза меньше рабочих [2].

Наиболее ответственным изделием элементов несъемной опалубки является специальный металлический замок, состоящий из двух профилей L240 (уголок) и одного профиля DS (распорка), изготовленных методом штамповки из тонколистовой стали. С помощью шурупов профили L240 с шагом 450 мм по высоте и 250 мм по ширине крепятся к цементно-стружечным плитам. После установки арматурных изделий в соответствии с исполнительной документацией и проверки комплектности обеих частей опалубки на специальном стенде производится процесс соединения замков (рис. 1).

Целью настоящей работы являются экспериментальные исследования элементов несъемной опалубки стен из ЦСП на действие кратковременной горизонтальной нагрузки, возникающей в процессе бетонирования конструкции.



Рис. 1. Фрагмент элемента несъемной опалубки стены из ЦСП

Характеристика объекта исследования. Работа выполнялась в три этапа. На первом этапе было определено удельное сопротивление выдергиванию шурупов из ЦСП с размерами $b \times k \times \delta = 50 \times 50 \times 24$ мм. На втором этапе испытаниями кратковременной нагрузкой на растяжение (моделирование распорного действия бетонной смеси на щит опалубки) были подвергнуты фрагменты несъемной опалубки, изготовленные из двух цементно-стружечных плит размерами

$b \times k \times \delta = 250 \times 450 \times 24$ мм, соединенных между собой одним замком. На третьем этапе определялось напряженное состояние металлических замков натурального элемента несъемной опалубки стены размером $b \times k \times \delta = 1250 \times 2800 \times 248$ мм на кратковременное действие нагрузок, возникающих при бетонировании конструкции.

Малые образцы ЦСП с шурупами, фрагменты несъемной опалубки и сам элемент несъемной опалубки стены были изготовлены на оборудовании и производственных площадях филиала «Завод ЖБК» ОАО «Строительный трест №8».

Методика экспериментальных исследований. Образцы ЦСП для определения удельного сопротивления шурупов были изготовлены с учетом требований [3] размерами $50 \times 50 \times 24$ мм. В образце перпендикулярно пласти плиты в предварительно высверленное отверстие диаметром 4,5 мм ввинчивался шуруп диаметром 5 мм и длиной 40 мм на глубину 22 мм. Образец ЦСП с шурупом закладывался в специально изготовленное приспособление [4], прикреплённое к нижнему и верхнему захватам испытательной машины МР-0,5-1 (рис. 2). Шурупы выдергивались при непрерывном перемещении головки испытательной машины с постоянной скоростью. Скорость была принята такой, чтобы время испытания было не менее 1 и не более 2 минут. Максимальная нагрузка P_{\max} определялась с погрешностью 1%. Удельное сопротивление выдергиванию шурупов (q_w) в Н/мм вычислялось с точностью до 0,1 Н/мм по формуле:

$$q_w = \frac{P_{\max}}{l}, \quad (1)$$

где P_{\max} – наибольшая нагрузка, Н;

l – длина несущей резьбовой части шурупа, мм.

Для испытания фрагмента несъемной опалубки стен из ЦСП была изготовлена оснастка (рис. 3). Испытательная оснастка обеспечивала работу образца с максимальным приближением к условиям работы соединения в элементе несъемной опалубки стены в процессе бетонирования конструкции. Испытания проводились на разрывной машине с максимальной нагрузкой по шкале силоизмерителя до 20 кН. Скорость движения захвата обеспечивала разрушение испытываемого образца за 1–3 минуты.

В процессе изготовления натурального элемента несъемной опалубки стены на профили DS металлических замков были наклеены тензорезисторы 5П1-5-200-Б-12. Тензорезисторы устанавливались на металлических замках как по ширине (нижний ярус), так и по высоте (средний ряд) конструкции. С целью ограничения объема конструкции несъемной опалубки по длинной стороне, на всю высоту её были установлены заглушки из ЦСП с размерами $b \times k \times \delta = 200 \times 2800 \times 24$ мм. Соединение элементов несъемной опалубки и заглушек выполнено при помощи металлических скоб диаметром 1,5 мм длиной 38 мм, установленных с шагом 30 ± 50 мм и клея-уплотнителя TECSEAL TECFIXMS 441 на базе MS ПОЛИМЕРА.

Жук Василий Васильевич, к.т.н., доцент кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Левчук А.С., младший научный сотрудник филиала Республиканского унитарного предприятия «Институт БелНИИС» Научно-технического центра.

Галалюк А.В. младший научный сотрудник филиала Республиканского унитарного предприятия «Институт БелНИИС» Научно-технического центра.

Беларусь, РУП «Институт БелНИИС», 224023, ул. Московская, 267/2.



Рис. 2. Приспособление для выдёргивания шурупов

Элемент несъёмной опалубки стены был установлен на горизонтальную площадку и заполнялся бетонной смесью высотой слоя по 600 мм. Через 5 минут после достижения контролируемого уровня бетонной смеси в автоматическом режиме при помощи компьютерного тензометрического комплекса «ТИССА-В-485/65» снимались отсчеты по тензодатчикам.



Рис. 3. Испытание фрагмента несъёмной опалубки из ЦСП
Напряжения растяжения в металлических замках вычислялись по формуле:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E, \quad (2)$$

где ε – относительные деформации;
 E – модуль упругости стали.

Анализ результатов испытаний. Результаты статической обработки опытных данных испытания 29 образцов показали, что средняя величина выдёргивающей нагрузки составляет 2,74кН на один шуруп, а удельное сопротивление выдергиванию шурупов, определённое по формуле (1) – 124,7Н/мм. Результаты испытаний согласуются с данными, полученными в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и ЦНИИПромзданий [5].

При испытании трёх образцов фрагментов несъёмной опалубки стен на растяжение средняя величина разрушающей нагрузки составила 5,3 кН. С учётом крепления уголков L240 к ЦСП пятью шурупами диаметром 5 мм величина выдергивающей нагрузки на один шуруп составляет 1,06 кН. Отметим, что характер разрушения образцов неодинаковый – в одном образце произошло раскрытие металлического замка (рис. 4,а), в двух образцах – выдёргивание крепёжных шурупов из ЦСП (рис. 4,б).



а) – раскрытие металлического замка; б) – выдёргивание крепёжных шурупов из ЦСП

Рис. 4. Характер разрушения фрагмента несъёмной опалубки

Сравнительный анализ полученных данных испытаний на выдёргивание шурупов из ЦСП и образцов фрагментов несъёмной опалубки показал, что средняя величина выдергивающей нагрузки в последнем случае в 2,58 раза меньше. По нашему мнению, это связано с внецентренным приложением растягивающего усилия к крепёжным шурупам металлического замка – ось шурупов смещена от оси приложения растягивающего усилия (рис. 4,а) на 10 мм. Характер разрушения малых образцов и фрагментов несъёмной опалубки косвенно подтверждает наше предположение. Так, при определении удельного сопротивления выдергиванию шурупов ось шурупа совпала с осью приспособления (рис. 2), и в результате при испытаниях образцов шурупы выдёргивались из плиты без нарушения её целостности рядом с отверстием. При испытаниях образцов фрагментов несъёмной опалубки (рис. 4,б) при выдергивании шурупов вырывался и верхний слой материала по площади контакта уголка L240 с ЦСП.

Полученные нами данные о несущей способности металлического замка ($P=4,8\div 5,8$ кН) согласуются с данными испытаний, по-

лученными специалистами аналогичного по профилю предприятия в Республике Словакия (VST Verbundschalungstechnik) при испытаниях фрагментов несъемной опалубки стен размерами $b \times h \times D = 450 \times 450 \times 24$ мм ($P = 3,90 \div 45,90$ кН) [6]. Согласно [6] минимальная несущая способность одного металлического замка составляет 3,35 кН.

В результате обработки данных тензодатчиков, установленных на металлические замки нижнего яруса при уровне заполнения бетонной смесью натурального элемента несъемной опалубки 1,2 м, среднее растягивающее усилие на один замок составило 1,91 кН [7], что в 2,77 раза ниже разрушающего усилия, полученного при испытаниях фрагментов несъемной опалубки.

В соответствии с рекомендациями обязательного приложения 11 [8] при расчёте опалубки монолитных бетонных и железобетонных конструкций должны приниматься горизонтальные нагрузки от давления свежееуложенной бетонной смеси и нагрузки от сотрясений, возникающих при укладке бетонной смеси в опалубку бетонируемой конструкции.

Интенсивность максимального бокового давления бетонной смеси на опалубку определяется по формуле:

$$P_{\max} = \gamma \cdot H, \quad (3)$$

где γ – объёмная масса бетонной смеси;

H – высота уложенного слоя бетонной смеси.

При уровне заполнения бетонной смесью элемента несъемной опалубки 1,2 м и плотности самоуплотняющего бетона 2454 кг/м^3 – $P_{\max} = 29,45$ кПа. Величина горизонтальной нагрузки на боковую опалубку при подаче бетона из бетоновода составляет 4 кПа (табл. 2, Прил. 11 [8]). При расчёте элементов опалубки по несущей способности вышеприведённые значения нормативной нагрузки необходимо умножить на коэффициент перегрузки равный 1,3 (табл. 4, Прил. 11 [8]). Металлические замки нижнего яруса, расположенные на расстоянии 275 мм от низа элемента несъемной опалубки, воспринимают усилие: только от бокового давления свежееуложенной смеси – 3,79 кН; с учётом нагрузки, возникающей при укладке бетонной смеси в опалубку – 4,44 кН.

Отметим, что согласно [6] теоретическая несущая способность одного металлического замка принята 2,21 кН, что связано с отличием технологии бетонирования конструкции – уровень заполнения опалубки бетонной смесью принят 1,0 м и, очевидно, технологический процесс бетонирования конструкции исключает нагрузки от сотрясений, возникающие при укладке бетонной смеси в опалубку.

Заключение. На основании выполненных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Несущая способность металлических замков по результатам испытаний фрагментов несъемной опалубки на растяжение со-

ставляет 5,3 кН, что больше теоретической несущей способности 4,44 кН, определенной с учетом рекомендаций [8].

2. Фактическая несущая способность металлического замка элемента несъемной опалубки стены, определённая при уровне заполнения бетоном 1,2 м, равна 1,91 кН, что в 2,77 раза меньше усилия, полученного при испытаниях фрагментов несъемной опалубки и почти в 2 раза меньше теоретической несущей способности опалубки, определённой по [8] при действии горизонтальной нагрузки только от уложенной бетонной смеси.
3. Полученные результаты экспериментальных исследований могут служить предпосылкой для корректировки конструктивного решения несъемной опалубки из ЦСП и положений технических условий ТУ ВУ 200002603.001-2011 в части назначения величины разрушающей нагрузки на элементы несъемной опалубки стен.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Брест, 2013. – Режим доступа: www.easybuildirg.ru. – Дата доступа: 10.02.2013.
2. Австрийское ноу-хау в строительной отрасли Беларуси. – 2011. – Режим доступа: <http://bsc.by/story/avstriyskoe-nou-hau-v-stroitelnoy-otrasli-belarusi>. – Дата доступа: 09.01.2013.
3. Плиты древесностружечные. Метод определения удельного сопротивления выдергиванию гвоздей и шурупов. ГОСТ 10637-78*. – Введ. 01.01.1980. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 4с., с изменением 1,2.
4. Древесина. Метод определения удельного сопротивления выдергиванию гвоздей и шурупов: ГОСТ 16483.33-77* (СТ СЭВ 2364-80). – Введ. 01.01.1978. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 5с.
5. Бойтемирова, И.Н. Ограждающие конструкции с применением цементно-стружечных плит / И.Н. Бойтемирова, Г.В. Изотова, Н.С. Ермолин. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1983. – С. 2–10. – (экспресс-информация. Механическая обработка древесины; Вып. 6 / Всес. науч.-иссл. и проект. ин-т экономики, орг-ции упр. пр-вом и информ. по лесной, целл.-бум. и деревообр. пром-сти).
6. Организационная директива ОС-06. Испытание на разрыв винтового соединения анкеровки металлических стеновых замков: VST Verbundschalungstechnik, s.r.o. – Нитра. – 7с.
7. Калита, А.В. Исследование соединений несъемной опалубки из цементно-стружечных плит: дис. магистра техн. наук: 70 80 01 / А.В. Калита. – Брест, 2013. – 99с.
8. Строительные нормы и правила. Несущие и ограждающие конструкции. СНиП 3.03.01-87. – Введ. 01.07.1995. – М.: Госстрой СССР, 1991. – 192 с.

Материал поступил в редакцию 05.03.14

ZHUK V.V., LEVCHUK A.S. GALALYUK A.V. Pilot studies of an element of a fixed timbering of walls from it is cement – the struzhechnykh of plates

Results of pilot studies of elements of a fixed timbering of walls are presented in article from is cement - the struzhechnykh of plates on action of short-term horizontal loading.

Bearing ability of metal locks of fragments and natural element of a fixed timbering from TsSP on action of the loadings arising at concreting is defined.

УДК 624.04

Уласевич В.П., Жданов Д.А.

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ БЕСКАРКАСНЫХ АРОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Введение. После появления компьютера с операционными системами, обеспеченными интерактивным интерфейсом пользователя, строительная механика как наука приобрела надежный инструмент для проведения сложных вычислительных экспериментов, что позволило, с одной стороны, совершенствовать классические мето-

ды расчета, построенные на линейных математических моделях, а с другой – развивать новые методы, учитывающие действительный характер работы конструкций под внешними силовыми и другими воздействиями, которые в общем случае являются нелинейными. К сожалению, универсальность таких широко используемых в совре-

Уласевич Вячеслав Прокофьевич, к.т.н., профессор кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Жданов Дмитрий Александрович, магистр технических наук, аспирант кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.