

УДК 624. 012. 45

**ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ КОНТАКТА СОПРЯЖЕНИЯ
УПРОЧНЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКАХ С
ВНЕШНИМ ЛИСТОВЫМ АРМИРОВАНИЕМ**

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КОНТАКТУ СПОЛУЧЕННЯ
ЗМІЦНЮЮЧОГО ЕЛЕМЕНТА В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛКАХ ІЗ
ЗОВНІШНІМ ЛИСТОВИМ АРМУВАННЯМ**

**STUDY OF THE CONTACT INTERFACE OF THE REINFORCING
MEMBER IN CONCRETE BEAMS WITH EXTERNAL SHEET
REINFORCEMENT**

Семенюк С.Д., д.т.н., зав. кафедрой, Медведев В.Н., ассистент, Якушева А.П., магистрантка, Столяренко В.Ю., магистрант (Белорусско-Российский университет, г. Могилев).

Семенюк С.Д., д.т.н., зав. кафедрой, Медведев В.Н., ассистент, Якушева А.П., магистрантка, Столяренко В.Ю., магистрант (Білорусько-Російський університет, м. Могилів).

Semeniuk S.D., Doctor of Engineering, Head of Department, Medvedev V.N., assistant, Yakusheva A.P., post-graduate student, Stolyarenko V.Y., post-graduate student (Belarusian-Russian University, Mogilev).

На моделях имитирующих сдвиг внешней листовой стали железобетонной балки совместно с упрочняющим элементом, проведены испытания восьми узлов сопряжения объединяющих попарно две равноценные конструкции. Приведена методика и результаты экспериментальных исследований работы контакта сопряжения упрочняющего элемента в железобетонных балках с внешним листовым армированием. Представлены графики деформаций сдвига в зависимости от нагрузки.

На моделях імітують зрушення зовнішньої листової сталі залізобетонної балки спільно з зміцнюючим елементом, проведені випробування восьми вузлів сполучення об'єднують попарно дві рівноцінні конструкції. Наведено методику та результати експериментальних досліджень роботи контакту сполучення зміцнюючого елемента в залізобетонних балках із зовнішнім листовим армуванням. Представлені графіки деформацій зсуву в залежності від навантаження.

Models simulating shift external sheet steel reinforced concrete beam in conjunction with reinforcing member tested, eight-node interface combining two pairs of equivalent structures. The method and results of experimental studies of the contact interface of the reinforcing member in concrete beams with external sheet reinforcement. Shows graphs of shear deformation depending on the load.

Ключевые слова:

Железобетон, внешнее листовое армирование, сдвиг, нагрузка, упругая стадия, упрочняющий элемент, прочностные характеристики.

Залізобетон, зовнішнє листове армування, зсув, навантаження, пружна стадія, зміцнюючої елементи, характеристики.

Reinforced concrete, external reinforcement sheet, shear load, the elastic stage, the reinforcing member, the strength characteristics.

Сталобетонные конструкции применяются в энергетическом, промышленном и гражданском строительстве, а также в мостостроении, гидротехническом и сельскохозяйственном строительстве.

Мировая практика применения конструкций с внешним листовым армированием свидетельствует о рациональности и эффективности их использования. Основным преимуществом данного рода конструкций, является их внешняя арматура (стальной лист), которая одновременно выполняет силовые и изоляционные функции, что дает возможность в ряде случаев уменьшить размеры поперечного сечения конструкций.

Целью проведения настоящих экспериментальных исследований является сравнение прочностных характеристик сталобетонных образцов, армированных фасонной сталью со сталобетонными образцами, в которых помимо упрочняющего элемента находятся анкерующие арматурные стержни.

Характеристика опытных образцов

В качестве объекта исследования выбраны конструкции, представляющие собой две бетонные призмы размерами 150x150x450мм, соединенные между собой боковой стороной каждая, с полками прокатного двутавра 20Б1 с приваренными упрочняющими элементами-анкерами, в которых находятся по 2 арматурных стержня диаметром 10 мм (рисунок 1).

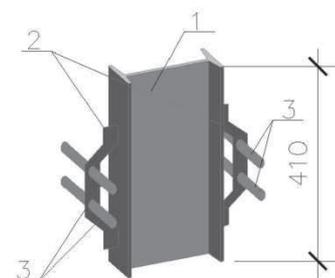


Рис. 1. Двухавр с упрочняющими элементами на полках: 1 – Двухавр 20Б1 высотой 450мм; 2 – стальные упрочняющие элементы; 3 – стальные анкерующие арматурные стержни \varnothing 10 мм.

Заготовки двухавров [1] длиной 410мм получали путем газовой резки.

Упрочняющий элемент выполнен из листовой арматуры путем газовой резки. Его характеризует низкая металлоемкость, простота изготовления и монтажа.

Для приготовления бетона применялся портландцемент марки М 500. Основные характеристики цемента определялись в соответствии [2]. В качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый песок. Основные характеристики песка определялись в соответствии с ГОСТ 8735-88. В качестве крупного заполнителя применялся гранитный щебень фракции 10-20мм. Основные характеристики щебня определялись в соответствии [3].

Подбор состава бетона производился расчетно-экспериментальным методом в соответствии с [4]. При этом учитывались и фактические характеристики заполнителей. Бетонную смесь приготавливали в лабораторных условиях вручную. Составы дозировали по весу. Все образцы формовались в деревянно-щитовой опалубке.

Проектируемая опалубка представляет собой короб из фанеры. Для придания жесткости конструкции по верхнему контуру опалубки поставлены брусья, создавая периметр. Стыки стенок для сопротивления вибрационным нагрузкам скручиваются стальной вязальной проволокой по горизонтальному контуру. Все необходимые соединения производились с помощью универсальных саморезов по дереву, обеспечивающие легкий монтаж и демонтаж при сборке и разборке опалубки с помощью электроинструмента. Для обеспечения более легкой разопалубки конструкций, а также для повышения износостойкости и повышения оборачиваемости, бетонируемая сторона опалубки была обтянута полиэтиленовой пленкой толщиной 120мкм.

Испытания проведены на измерительной установке СМ-2-2000-УХЛ 4.2 ИП6013-2000-1. Для возможности испытания узлов сопряжения в прессе была изготовлена стальная платформа 750х750 мм, толщиной 10 мм, усиленная по периметру равнополочными уголками 75х5 мм. На эту платформу устанавливались испытываемые образцы.

Сдвиговые деформации замерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, которые устанавливались на стыке бетона с двутавром группами по три с двух диаметрально противоположных сторон по высоте. Индикаторы крепились к двутавру и к бетону на оцинкованные стальные уголки 20х35 мм при помощи холодной сварки.

На нижнем торце двутавра также устанавливается индикатор для измерения прогиба (рисунок 2).

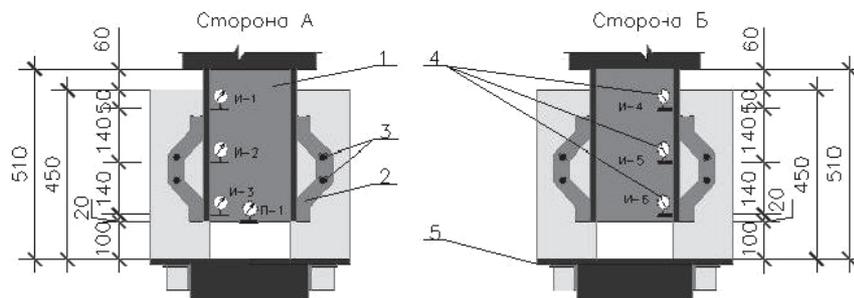


Рис.2. Схемы расстановки измерительных приборов

1 – Двутавр 20Б1; 2 – стальные упрочняющие элементы; 3 – стальные анкерующие арматурные стержни \varnothing 10 мм; 4- индикаторы часового типа; 5- стальная платформа.

Методика испытания

Если в тавровых балках с бетонной плитой постоянной толщины или вутах используются объединительные детали, то допускается применение стандартных испытаний на сдвиг.

Вначале нагрузку прикладывали постепенно этапами до достижения 40 % от ожидаемой разрушающей, а затем циклически («нагрузка — разгрузка») 25 раз в диапазоне между 5 % и 40 % от ожидаемой разрушающей нагрузки.

Последовательные приращения нагрузки осуществляли таким образом, чтобы разрушение произошло не ранее чем через 15 мин.

Продольные деформации сдвига по контакту между каждой бетонной призмой и стальным сечением измеряли непрерывно в процессе при каждом этапе нагружения. Деформации сдвига по контакту измеряли, до тех пор, пока нагрузка не снизилась на 20 % от максимальной.

Деформации отрыва каждой призмы от стального сечения измеряли как можно ближе к месту расположения каждой группы объединительных деталей.

В качестве образца приведены данные испытаний узла № 3 по каждой стороне призм (рисунок 3).

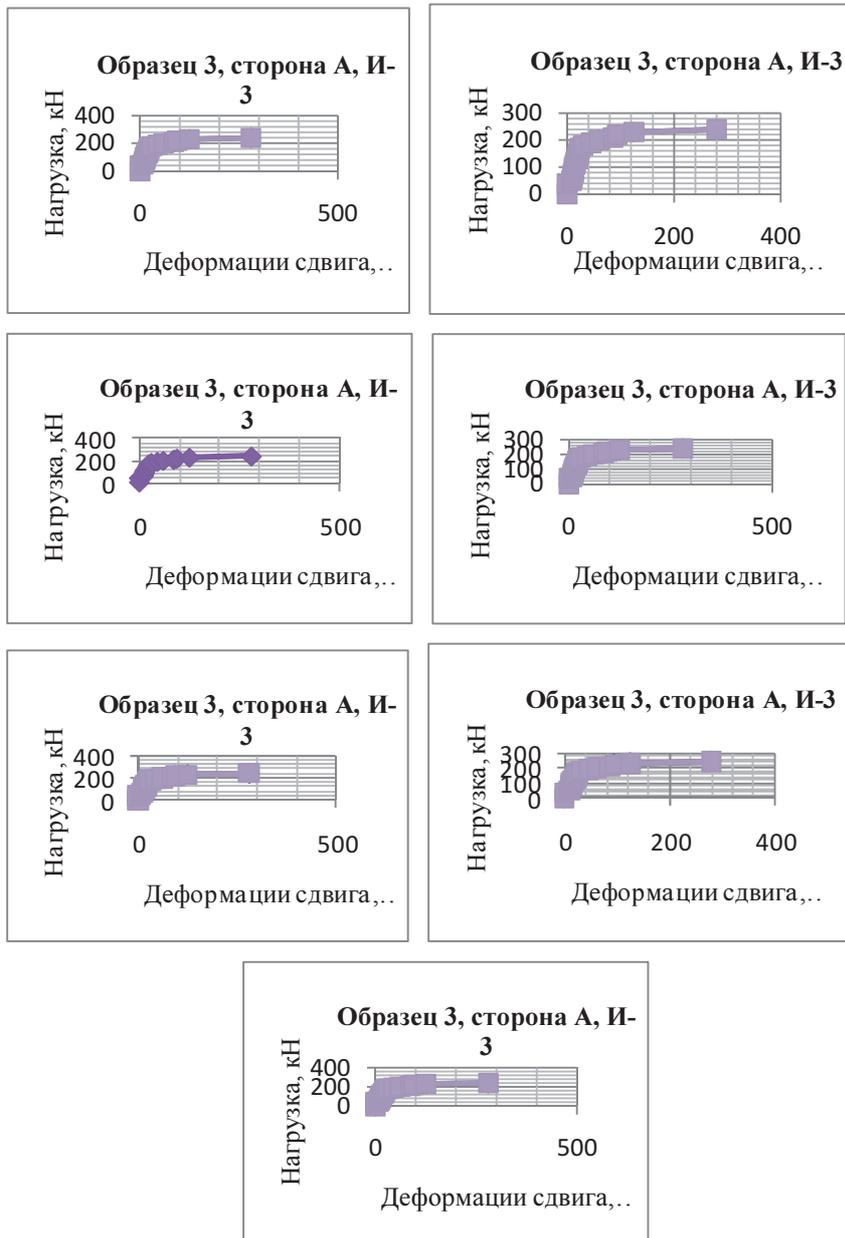


Рис. 3. Результаты испытаний по образцу 3

Работа в упругой стадии до нагрузки $P_{упр}=230$ кН, максимальная разрушающая нагрузка $P_{разр}=242,2$ кН

Таблица 1

Сводная таблица результатов экспериментальных данных образцов без анкеров

	П-3	П-7	П-8	П-4	П-1	П-6	П-2	П-10
$P_{упр},$ кН	78,4	86,6	84,3	137	111,7	70	70	75
$P_{разр},$ кН	105	126	111	150	123	104	104	100

Таблица 2

Сводная таблица результатов экспериментальных данных образцов с анкерами

	П-3	П-5	П-7	П-9	П-2	П-4	П-6	П-10
$P_{упр},$ кН	230	190	180	190	190	190	200	190
$P_{разр},$ кН	242,2	237,2	215,6	219,2	214	210	229	230

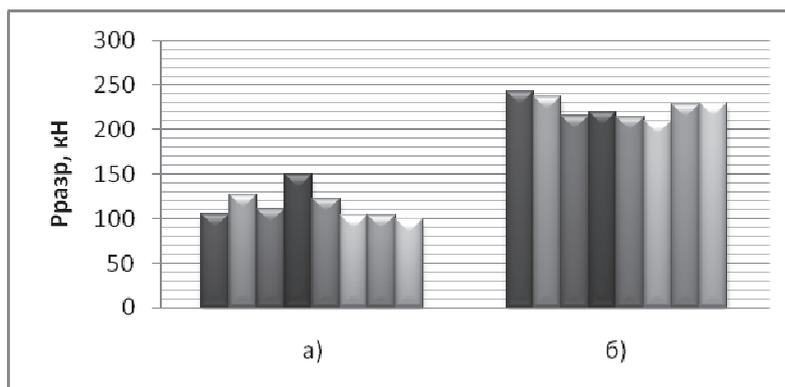


Рис.4. Сводная диаграмма физико-механических характеристик испытанных образцов а) без анкеров; б) с анкерами

Выводы: Одной из главных задач проведения экспериментальных исследований являлось сравнение прочностных характеристик сталебетонных образцов с армированными фасонной сталью с отличающимися геометрическими размерами.

Основное положение теории деформирования и прочности бетона состоит в том, что изменение различных участков диаграммы состояний при нагружении бетона связано с появлением новых особенностей деформирования или изменением прочности материала.

До границы микроразрушений наблюдается в основном упругая деформация бетона (главным образом кристаллического скелета цементного камня и заполнителей). Деформация ползучести бетона обусловлена

временем действия нагрузки, а следовательно, и скоростью ее подъема, без учета деформаций начальной области. Линейная ползучесть характеризуется небольшим искривлением диаграммы сжатия бетона. Последующее нагружение связано с развитием микроразрушений материала и нарушением его целостности в микрообъемах.

Граница наступления нелинейности ползучести определяется за счет наложения на деформации собственно ползучести деформаций, связанных с нарушением структуры материала. Это выражается в том, что удельные деформации ползучести не сохраняют примерно постоянного значения, а начинают возрастать по мере превышения уровня границы микроразрушений.

Длительное действие нагрузки с напряжениями, превышающими R_c , вызывает разрушение структуры.

Таким образом, можно сделать вывод, что для увеличения сцепления упрочняющего элемента с бетоном конструкции целесообразно применять анкерирующие арматурные стержни, которые позволяют повысить сцепление упрочняющего элемента с бетоном. При этом, в наибольших по площади и длине полушарных упрочняющих элементах, наблюдалось увеличение сцепления с бетоном. Значения разрушающих нагрузок с дополнительной анкерровкой стальными арматурными стержнями по сравнению с образцами без анкерровки увеличились на 90-95% (рисунок 4).

1.ГОСТ 26020-83. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент- БелГИСС.- Минск, 1986-8с. 2.ГОСТ 310.3-76. Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема.-МПСМ СССР.-1978-12с. 3.ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.- НПП РУП "Стройтехнорм" .-1995-40с. 4.ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава.- НИИЖ Госстроя СССР.-1987-12с. 5.ТКП EN 1992-1-1-2009 (02250) Еврокод 2 Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.-Минской архитектуры РБ. – М: Минск 2010. 6.Семенюк С.Д. К расчету прочности пространственных сечений железобетонных элементов прямоугольного профиля //Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць РДТУ. Вип.7. - Рівне, 2001. – С.198-206.