



Research Article


Received: November 17, 2023

Accepted: December 13, 2023

Published: December 29, 2023

ISSN 2658-5553

## Steel-reinforced concrete elements strengthened by the anchoring method

Korsun, Volodymyr Ivanovich<sup>1</sup>    
Vinogradova, Natalya Anatolevna<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Saint Peterburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Peterburg, Russian Federation; [korsun\\_vi@mail.ru](mailto:korsun_vi@mail.ru) (K.V.I.)

<sup>2</sup>Joint stock company LENMORNIIPROEKT for designing, investigations and scientific research in the field of sea transport, St. Peterburg, Russian Federation; [natasha-vinograd@mail.ru](mailto:natasha-vinograd@mail.ru) (V.N.A.)

Correspondence:\* email [natasha-vinograd@mail.ru](mailto:natasha-vinograd@mail.ru); contact phone [+79215622768](tel:+79215622768)

### Keywords:

Steel-reinforced concrete; Thin steel profile; Anchoring methods; Shear test; Deformations; Tension; Calculation

### Abstract:

**The object of research** is steel-reinforced concrete elements in which various anchoring methods provide the joint work of concrete and steel. **Method.** The results of experimental studies of the bearing ability to shift the units of a galvanized sheet profile with a reinforced concrete structure concerning the beams of the Marco-UNIVIVERSAL system and the development of a methodology for the calculated determination of the limit voltages in the designs of thin-leaf rolling. Four methods of connecting rental sheets with concrete design have been implemented: without special anchors due to the adhesive ability of cement stone; with the help of frozen ones at the stage of manufacturing the design of anchor bolts; with the aid of steel dowels scored in concrete durability; With the help of bends inside the concrete block sections of the sheet rolling profile. Regarding shifting efforts, at the time of the destruction of the compounds, the maximum stresses are determined in the profile sheets, recommended as calculated resistances. **Results.** Conclusions have been drawn about the most optimal ways of surveying the sheet profile in concrete from the standpoint of its most complete inclusion in the work as part of steel-reinforced concrete structures, as well as considering the manufacturability of the installation of anchor devices at the construction site.

## 1 Introduction

Для современного строительства характерно все более широкое применение сталежелезобетонных и сборно-монолитных конструкций [1]. Их преимуществом является высокая скорость возведения при сохранении требуемых параметров несущей способности и долговечности [2]. Ограниченность применения обусловлена недостаточностью нормативной базы и, соответственно, теоретических и экспериментальных исследований [3].

Примерами изучения особенностей работы сталежелезобетонных конструкций являются приведенные ниже работы ряда исследователей.

Брэдфорд М.А. [4], [5], [6] выполнил долговременные испытания перекрытий по профилированному стальному настилу. Установлено, что процесс высыхания бетона в таких перекрытиях протекает неоднородно вследствие односторонней снизу гидроизоляции конструкции сплошным стальным профилем. На основе результатов экспериментов предложена методика расчета деформаций таких перекрытий.

Валдманн Д. [7] выполнил экспериментальное исследование 22 образцов элементов перекрытий по профилированному настилу, в которых варьировалась форма и толщина



стального листа. На основании выполненных исследований сформулированы выводы о влиянии параметров профиля на несущую способность перекрытия.

Дериш Я. [8] провел испытания безбалочного сталежелезобетонного перекрытия, где сталежелезобетонная балка включена в состав его плиты. Во избежание нарушения совместности работы стального профиля и железобетонной балки была применена специальная анкеровка. Полученные результаты позволили создать методику расчета таких конструктивных систем.

Билый П. и Монако А. исследовали работу различных типов анкеров, обеспечивающих совместность работы, стали и бетона: шпильки с головками, L-образный упор [9], болтовое соединение, оптимизированное для применения в сейсмоопасных районах [10].

Баня В.Я. [11] испытал сталежелезобетонные плиты на ударные воздействия и сформировал математическую модель их разрушения.

Фасан М. [12] предложил использовать анкеровку с амортизирующими спиральями для компенсации сейсмических воздействий.

Лю Я. [13] исследовал 7 образцов сталежелезобетонных перекрытий на воздействие вибрационных нагрузок, имитирующих ходьбу людей. По результатам эксперимента установлено, что сечение и тип конструкции перекрытия значительно влияют на параметры вибрации, тогда как вес человека и время его контакта с поверхностью практически не оказывают подобного влияния.

Мохаммед Т.А. [14] проводил численные исследования сталежелезобетонной плиты на воздействие комбинированной ударно-взрывной нагрузки. Исследование показало влияние прочности бетона и стальной части конструкции на стойкость по отношению к прикладываемой нагрузке. Увеличение прочности арматуры и анкеров прироста стойкости не дало.

Медведевым В.Н. [15] предложено использование многоцелевого усиливающего стального элемента в конструкции перекрытия, который служит для обеспечения надежного сцепления между стальным листом и бетоном, воспринимает строительные и эксплуатационные нагрузки. Уточнены методы расчета конструкций с применением данного элемента.

Гравит М.В. [16] провела экспериментальное исследование на огнестойкость сталежелезобетонной сборно-монолитной плиты перекрытия с целью совершенствования методики расчета подобных конструкций на огневое воздействие.

Снигирева В.А. [17] выполнила численное исследование нелинейного напряженно-деформированного состояния трубобетонных конструкций двух типов: трубобетонной колонны и бетонной колонны в обойме из стальной трубы. Результаты исследования показали, что при заполнении трубы бетоном может возникать дефект в виде нарушения связи между бетоном и сталью. В случае устройства стальной обоймы дефект такого типа отсутствует.

Замалиевым Ф.С. [18], [19] выполнены долговременные испытания сталежелезобетонных перекрытий на действие изгибающих нагрузок. По результатам были предложены аналитические выражения для расчета прочности конструкций данного типа с учетом ползучести.

В работе [20] выполнены экспериментальные исследования комбинированных конструкций из железобетона и алюминия.

Фаттахова А.И. [21], [22] исследовала анкерующие устройства сталежелезобетонных перекрытий – стад-болтов и гибких упоров.

Тонких Г.П. [23] исследовал сдвиговое соединение монолитных сталежелезобетонных перекрытий на угловых анкерных упорах.

В 2020 году авторами исследованы особенности работы при изгибе сборно-монолитных перекрытий системы «МАРКО-УНИВЕРСАЛ» (производитель ООО «СМП МАРКО», Россия, г. Санкт-Петербург) [24], в которых тонколистовой оцинкованный профиль специальной конструкции используется в качестве опорной конструкции для легкобетонных вставок на этапе изготовления. При этом вопрос эффективности включения тонколистового профиля в несущую способность железобетонных балок перекрытия не был исследован в достаточной мере. Показано, что в конструкциях без специальной анкеровки тонколистовой профиль работает на восприятие растягивающих напряжений в нижней зоне балок до уровня порядка 0.25 от предельного изгибающего момента. Затем наблюдалось проскальзывание с отслоением листа от конструкции и последующая работа железобетонной конструкции без влияния на ее несущую способность листового профиля. Устройство дополнительной анкеровки путем крепления листа к конструкции с помощью забиваемых в бетон стальных дюбелей позволило включить в работу тонколистовой профиль и обеспечить его надежную работу в составе конструкции вплоть до максимальных нагрузок, воспринимаемых конструкциями. В данной статье представлены результаты

Korsun, V.; Vinogradova N.

Steel-reinforced concrete elements strengthened by the anchoring method;

2023; *Construction of Unique Buildings and Structures*; 109 Article No 10932. doi: 10.4123/CUBS.109.32



экспериментального исследования влияния способов и параметров анкеровки листового профиля в железобетоне на его способность воспринимать сдвигающие усилия и на количественные параметры эффективности включения в совместную работу с железобетоном.

Объектом исследования являются элементы железобетонных конструкций перекрытий системы «МАРКО-УНИВЕРСАЛ» (производитель ООО «СМП МАРКО», Россия, г. Санкт-Петербург) с внешним тонколистовым профилем в нижней зоне [25]. Предметом исследования являются усилия сдвига в узлах сопряжения тонколистового профиля с железобетоном при различных способах анкеровки.

Целью исследований является определение несущей способности на сдвиг узлов соединений листового профиля с бетоном железобетонной конструкцией и разработка методики расчетного определения предельных напряжений в конструкциях тонколистового проката в составе сборно-монолитного сталежелезобетонного перекрытия системы «МАРКО-УНИВЕРСАЛ».

## 2 Materials and Methods

В процессе выполнения работы авторами применены экспериментальный и численный методы исследования.

Конструкция испытательной установки представляет собой опорную плиту с приваренными к ней двумя вертикальными швеллерами. К швеллерам шестью болтами с каждой стороны симметрично с каждой из сторон прикреплялись листы профиля опытной конструкции (рисунки 1, 2). Сдвигающее усилие создавалось с помощью гидравлического домкрата. Опытные образцы были изготовлены в форме бетонного элемента призматической формы размерами 200 x 124 x 500 (мм), обрамленного с двух сторон листами стального профиля «МАРКО-УНИВЕРСАЛ» (рисунок 3). Размеры опытных образцов определялись размерами листов стандартного стального профиля, условиями обеспечения равномерности поля напряжений в бетоне при передаче усилий от домкрата, а также исключения взаимовлияния элементов анкерных креплений.

Реализованы 4 типа анкерного крепления листов профиля к бетону опытных образцов:

- тип 1 – без анкеров, за счет клеящей способности цементного камня;
- тип 2 – с помощью замоноличенных при бетонировании анкерных болтов М8 (по 6 болтов с каждой стороны);
- тип 3 – с помощью стальных дюбелей Ø4 мм, забиваемых в набравший прочность бетон (без нарушения сцепления за счет склеивания листа профиля с бетоном)
- тип 3а – то же, что и тип 3, но с предварительно нарушенным сцеплением профиля с бетоном;
- тип 4 – с помощью загибов внутрь бетонного блока участков листа (рисунок 3).

В процессе испытаний на всех этапах нагружений измерялись величины взаимных смещений листов профиля и бетонного ядра опытного образца, определялась несущая способность анкерных креплений по максимальным величинам нагрузки в момент разрушения.

Теоретические исследования характеристик напряженно-деформированного состояния элементов составного сечения и количественных параметров исчерпания прочности неоднородных сталежелезобетонных элементов с внешним тонколистовым профилем в растянутой зоне выполнены для этапов нагружения возрастающим изгибающим моментом с помощью программы «BRUS» на основе нелинейной деформационной модели железобетона [26], [27]. Наличие в сечении тонколистового профиля моделировалось заданием участка неоднородного поперечного сечения элемента с соответствующими профилю характеристиками продольной жесткости. Частичная податливость анкерных соединений, определенная в экспериментальной части исследований соответственно типам анкерных устройств, учитывалась путем задания соответствующих дополнительных деформаций для элементов профиля. Результаты численных исследований, показавшие близкое соответствие опытным данным, явились основой для разработки представленной ниже инженерной методики расчета изгибаемых железобетонных элементов с внешним листовым армированием с учетом параметров эффективности включения в работу листового профиля соответственно принятым способам анкеровки.

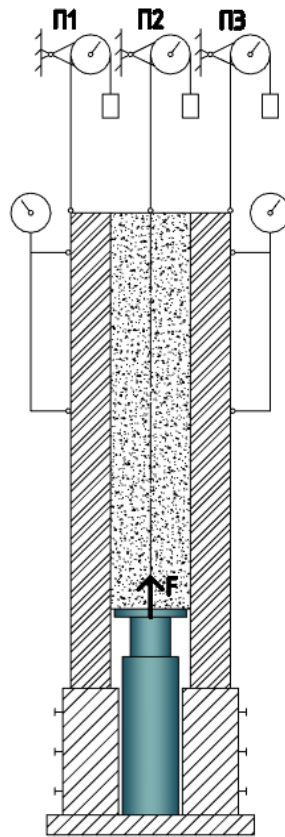


Рис. 1 – Схема испытаний  
Fig. 1 – Tests scheme



Рис. 2 -Процесс испытаний  
Fig. 2 -Testing

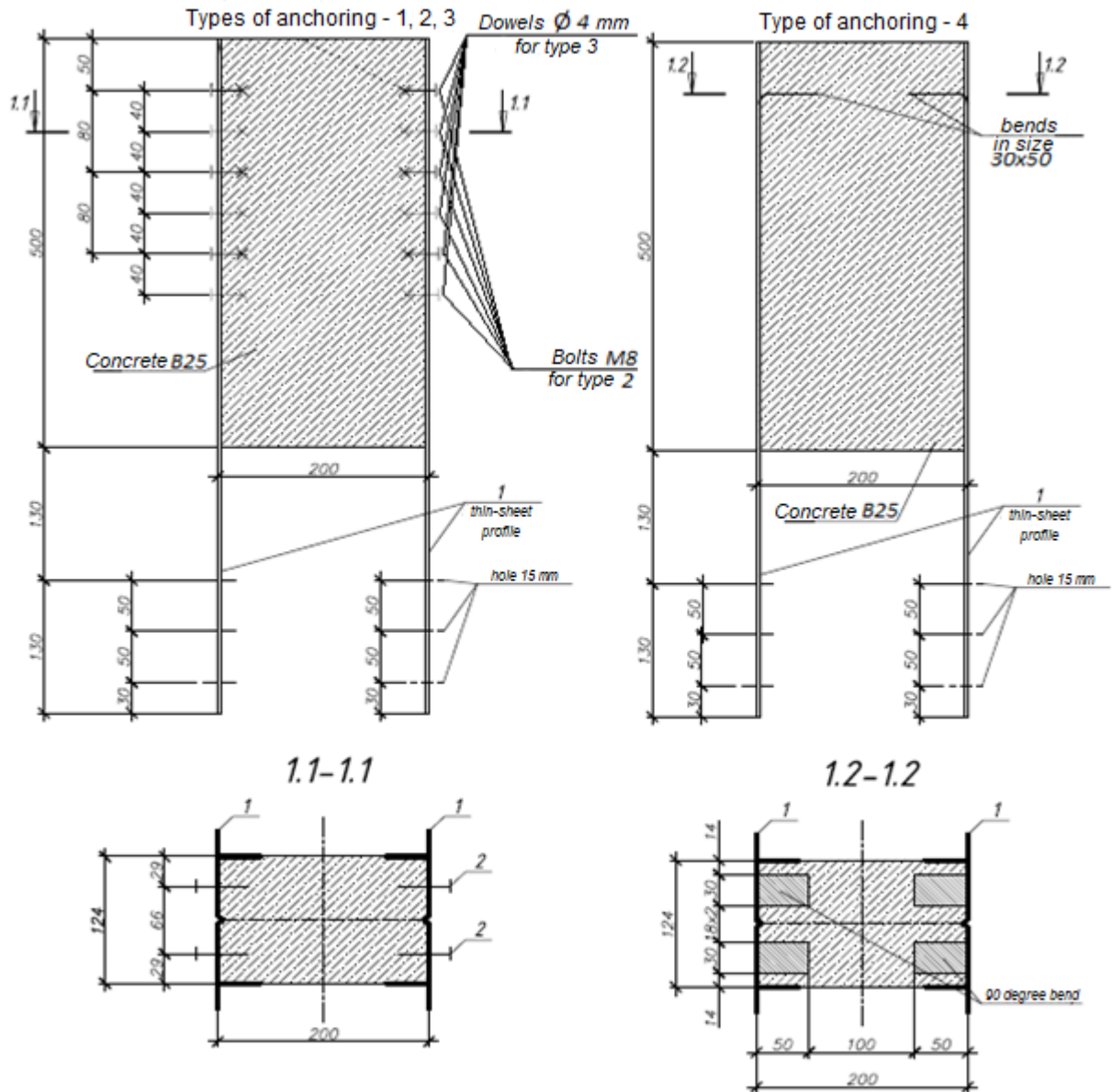
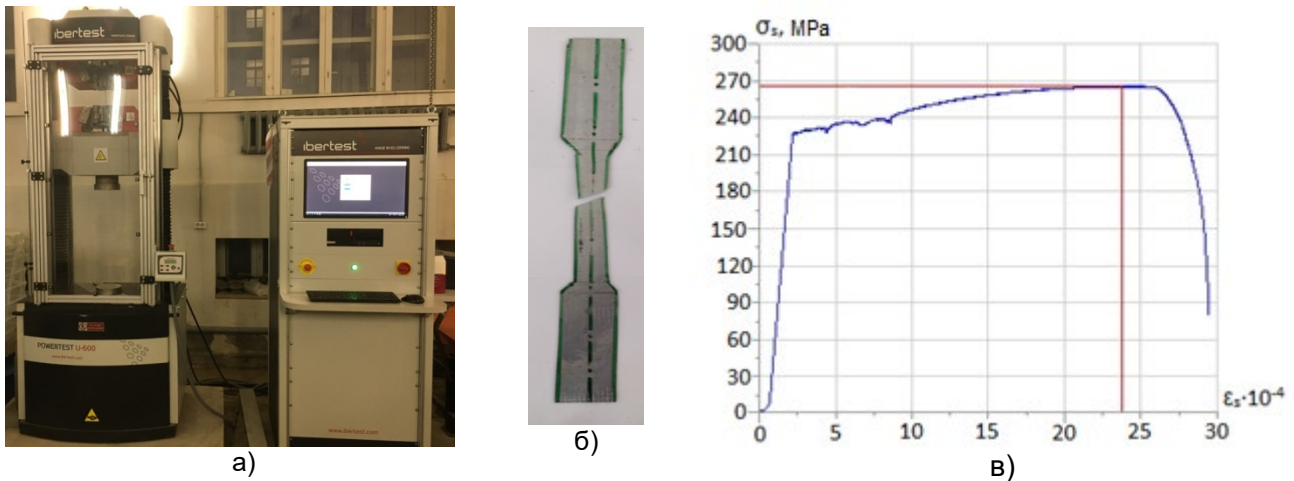


Рис. 3 - Конструкции типов анкеровки образцов для испытаний  
Fig. 3 – Designs of anchor types for testing

### 3 Results and Discussion / Результаты и обсуждения

Экспериментальные исследования выполнены в научно-испытательной лаборатории «Политех-СКИМ-тест» СПбПУ Петра Великого. Приложение нагрузки осуществлялось ступенями. В процессе испытаний измерялись взаимные смещения листов стального профиля и бетонного блока по показаниям прогибомеров П-1 ÷ П-3 с точностью 0.001 мм (рисунок 2). Показания приборов фиксировались в начале и в конце каждого этапа приложения нагрузки после 5-минутной выдержки. Величина прикладываемой нагрузки определялась по показаниям манометра гидродомкрата.

Исходные характеристики механических свойств стального профиля определены из испытаний на растяжение его фрагментов с рабочей длиной 120 мм, шириной 22–24 мм (рисунок 4б). Испытания выполнены в лаборатории СПбГАСУ на испытательной установке IbertestPowertestu-600 (рисунок 4а). По результатам испытаний построены графики зависимостей относительных перемещений от напряжений (рисунок 4в).



**Рис. 4 - Испытательная машина (а), вид опытных образцов (б) и диаграмма деформирования стали листового проката (в)**

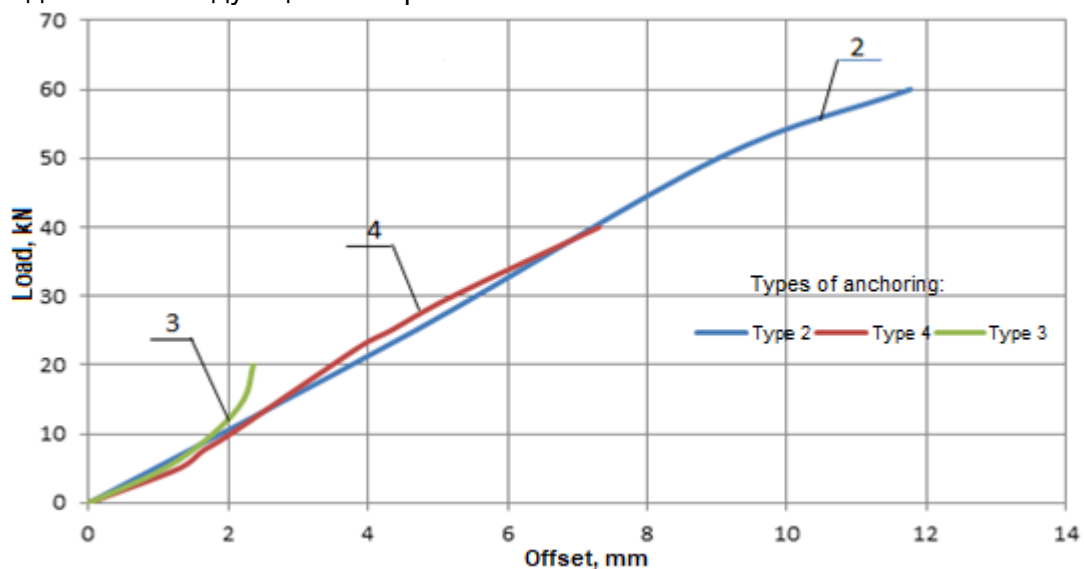
**Fig. 4 - Testing machine (a), type of prototypes (b), and deformation diagram of sheet steel (в).**

Средние по результатам испытаний образцов листового проката значения напряжений, соответствующих достижению состояния текучести, составили  $\sim 235$  МПа, временному сопротивлению  $\sim 265$  МПа.

По результатам испытаний на сдвиг листов профиля относительно бетонного блока построены графики зависимости величин их взаимных смещений от величины приложенной сдвигающей силы (рисунок 5).

Разрушение образца с листами профиля без анкерных креплений к бетону (тип 1) произошло в результате отслоения листов профиля от бетона при сдвигающей силе  $F$  порядка 8 кН, что соответствовало максимальным величинам касательных напряжений, равных  $\tau = 0.06$  МПа, и нормальных напряжений в листе профиля, равных, в среднем, по сечению листа, значению порядка  $\sigma = 12.3$  МПа.

Разрушение образцов с анкерными креплениями по типам 2 и 3 происходило в результате смятия листов профиля в местах контакта с анкерными болтами (рисунок 6а) и дюбелями (рисунок 7) и сопровождалось последующим их отрывом от бетонного блока.



**Рис. 5 - Величины взаимных смещений листового профиля и бетонного блока в зависимости от величины сдвигающей силы при принятых способах анкеровки**

**Fig. 5 – Values of mutual displacements of a sheet profile and a concrete block depending on the magnitude of the shear force with the adopted anchoring methods**

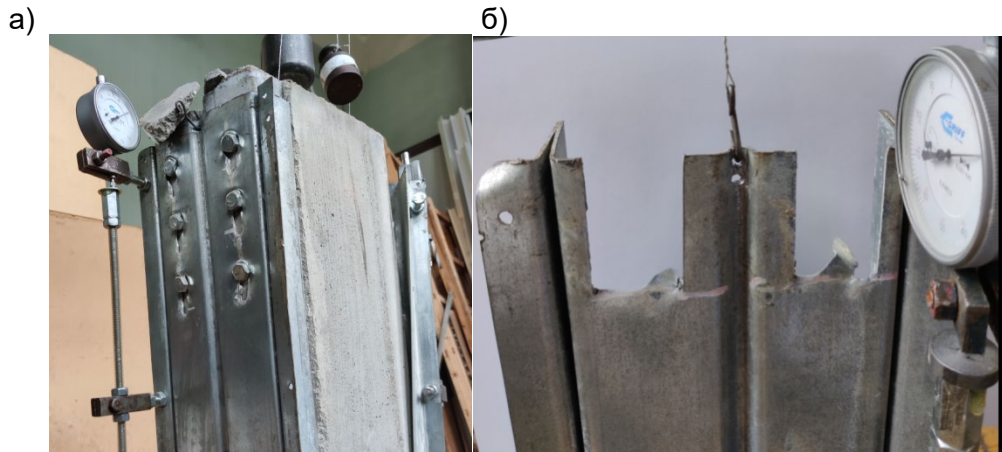
Разрушение образца с анкерровкой по типу 4 происходило в результате разрыва металла профиля в местах загиба и замоноличивания в бетоне с отделением стальных листов от бетонного блока (рисунок 6б).

Korsun, V.; Vinogradova N.

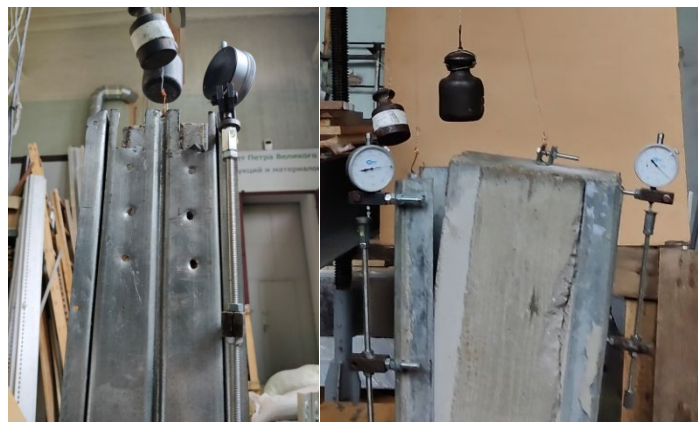
Steel-reinforced concrete elements strengthened by the anchoring method;

2023; *Construction of Unique Buildings and Structures*; **109** Article No 10932. doi: 10.4123/CUBS.109.32

Величины разрушающих усилий и расчетных напряжений в листах профиля представлены в таблице 1.



**Рис. 6 - Виды разрушения листов прокатного профиля с типами анкерровок 2 и 4**  
**Fig. 6 - Types of destruction of rolled profile sheets with anchoring types 2 and 4**



**Рис. 7 - Виды разрушения листов прокатного профиля с типом анкеровки 3**  
**Fig. 7 - Types of destruction of rolled profile sheets with anchoring type 3**

### **Методика расчета параметров включения в работу листового профиля системы МАРКО (производитель ООО «СМП МАРКО», Россия, г. Санкт-Петербург).**

Рассматриваемые типы анкерных креплений позволяют частично включить в работу тонколистовой профиль совместно с железобетоном на восприятие усилий, действующих в расчетном сечении. Степень включения в работу листов профиля зависит от типа примененного анкерного устройства, количества анкерующих элементов и может быть оценена величиной напряжений  $\sigma_y$ , воспринимаемых листами профиля в предельном состоянии.

Расчет таких сталежелезобетонных конструкций системы МАРКО (производитель ООО «СМП МАРКО», Россия, г. Санкт-Петербург), как составных конструкций, может быть выполнен в соответствии с требованиями российских сводов правил СП 63.13330.2018 [28] и СП 266.1325800.2016 [29]. В расчетной схеме усилий в нормальном сечении изгибаемого элемента (рисунок 8) важным является назначение расчетных напряжений  $\sigma_y$  в листе профиля. На основе нормативных методов расчета согласно российскому своду правил СП 16.13330.2017 [30] и с учетом результатов выполненных экспериментальных исследований разработана методика определения величин  $\sigma_y$  соответственно типам анкерных креплений.

**Таблица 1. Характеристики несущей способности анкерных соединений применительно к листовому профилю «МАРКО-УНИВЕРСАЛ» (производитель ООО «СМП МАРКО», Россия, г. Санкт-Петербург)**

**Table 1. Characteristics of the bearing capacity of anchor joints concerning the sheet profile "MARCO-UNIVERSAL" (manufacturer LLC "SMP MARKO," Russia, St. Petersburg)**

Метод определения характеристик	Параметр	Характеристики несущей способности элементов анкерных соединений исследованных типов на сдвиг				
		Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 3а	Тип 4
Опытные данные	Максимальная сдвигающая сила $F$ для анкерного соединения при двухстороннем креплении к бетонному блоку, кН	8	60	30	22	40
	в т.ч. приходящаяся на одностороннюю конструкцию анкерного крепления – $N = F / 2$ , кН	4	30	15	11	20
	в т.ч. приходящаяся на один конструктивный элемент (болт, дюбель, листовая загиб) анкерного крепления – $N / n_s$ , кН	4	5	2.5	1.83	10
	Максимальные напряжения в листе профиля МАРКО (производитель ООО «СМП МАРКО», Россия, г. Санкт-Петербург) при принятом типе анкеровки $\sigma_y = N / A_{sl}$ , МПа	12.3	92.3	46.2	33.8	61.5
	Напряжения в металле листового профиля МАРКО (производитель ООО «СМП МАРКО», Россия, г. Санкт-Петербург), обусловленные сопротивлением на смятие одного элемента анкерного крепления $\sigma_y = N / (n_s \cdot A_{sl})$ , МПа	-	15.4	7.7	5.63	10.25
	То же, обусловленное сопротивлением на растяжение одного листа-анкера в месте загиба, МПа	-	-	-	-	30.8*
Относительные величины напряжений в профиле	На 1 элемент анкерного крепления $\gamma_{ci} = \sigma_y / R_s$ ( $i$ – номер типа анкеровки)	0	0.07	0.03	0.02	0.13

Примечания: 1.  $n_s$  – количество анкерных элементов в конструкции;

2.  $A_{sl} = A_{sl1} + A_{sl2} = 3.25 \text{ см}^2$  – площадь поперечного сечения листа профиля МАРКО (производитель ООО «СМП МАРКО», Россия, г. Санкт-Петербург),

$A_{sl1}$  и  $A_{sl2}$  – соответственно площади сечения горизонтальной и вертикальной частей профиля

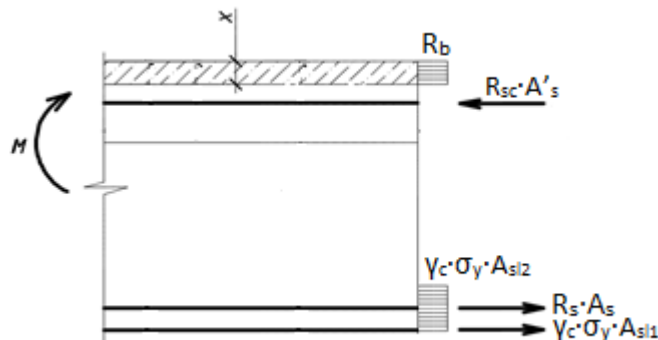


Рис. 8 – Расчётная схема усилий в нормальном сечении изгибаемого элемента конструкции МАРКО (производитель ООО «СМП МАРКО», Россия, г. Санкт-Петербург)





**Fig. 8 – Calculation scheme of forces in the normal section of the bending structural element MARCO (manufacturer LLC "SMP MARKO," Russia, St. Petersburg)**

Для элементов типа 1 без дополнительных анкерных устройств учет клеящей способности цементного камня можно не производить, так как при уровне нагружения порядка 0.25 от максимального изгибающего момента происходит взаимный сдвиг листа профиля и бетона, что исключает их совместную работу в дальнейшем.

Для анкерных конструкций типов 2 и 3 за основу принята методика расчета одноболтовых соединений согласно российскому своду правил СП 16.13330.2017 [24]. Основное расчетное условие, определяющее в виде формулы (187) указанного российского свода правил СП 16.13330.2017 [24] расчетное усилие  $N$ , воспринимаемое болтами, применительно к решаемой задаче может быть представлено в виде:

$$N = n_b \cdot R_y \cdot d_b \cdot t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_{ci}, \quad (1)$$

где:  $n_b$  – количество болтов в составе анкерного крепления;

$R_y$  – расчетное сопротивление листовой стали по пределу текучести;

$d_b$  – диаметр болта (дюбеля);

$t$  – толщина листа профиля (для рассматриваемого типа профиля  $t=1\text{мм}$ );

$\gamma_b$  – коэффициент условий работы болтового соединения, принимаемый для данного случая равным 1;

$\gamma_{ci}$  – коэффициент условий работы для листа профиля в зависимости от типа анкерного соединения, определяемый на основе результатов экспериментальных исследований, представленных в таблице 1.

Расчетное значение напряжений  $\sigma_y$  в листе профиля фиксированного поперечного сечения с  $A_{sl} = 3.25 \text{ см}^2$ :

$$\sigma_y = N / A_{sl} = n_b \cdot R_y \cdot d_b \cdot t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_{ci} / A_{sl}, \quad (2)$$

Для анкерной конструкции типа 4 усилие, воспринимаемое металлом загибов в предельном состоянии:

$$N = A_n \cdot R_y \cdot \gamma_{c4}, \quad (3)$$

где:  $A_n$  – площадь сечения нетто участков листа профиля в местах их загиба в бетон.

$\gamma_{c4}$  – коэффициент условий работы для листа профиля при анкеровке в бетоне в виде загибов.

Расчетное значение напряжений  $\sigma_y$  в листе профиля при анкеровке по типу 4:

$$\sigma_y = N / A_{sl} = A_n \cdot R_y \cdot \gamma_{c4} / A_{sl}, \quad (4)$$

Значения коэффициентов условий работы  $\gamma_{ci}$  в составе железобетонной конструкции для исследованных типов анкерных креплений представлены в таблице 1.

Варьируя характеристиками анкерных соединений в части параметров  $n_b$ ,  $d_b$ ,  $A_n$ , можно регулировать величину  $\sigma_y$  и, соответственно, степень включения листового профиля в несущую способность сталежелезобетонных перекрытий системы МАРКО. При совместном применении анкеров по типу 4 (в процессе омоноличивания конструкции) и по типу 3 (дополнительная анкеровка профиля в затвердевший бетон) расчетное значение напряжений  $\sigma_y$  в профиле может быть определено как сумма решений по формулам (2) и (4):

$$\sigma_y = N / A_{sl} = (n_b \cdot R_y \cdot d_b \cdot t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_{c3} + A_n \cdot R_y \cdot \gamma_{c4}) / A_{sl} \leq R_y \quad (5)$$



## 4 Conclusions / Заключение

Основными результатами работы являются следующие:

1. Результаты испытаний содержат количественные характеристики эффективности включения листов стального профиля в работу конструкций сборно-монолитных перекрытий системы «МАРКО-УНИВЕРСАЛ» (производитель ООО «СМП МАРКО», Россия, г. Санкт-Петербург) соответственно типам анкерных устройств.
2. Клеящая способность цементного камня при отсутствии дополнительных анкерных креплений обеспечивает совместную работу листов профиля с бетоном при ограниченных значениях изгибающих моментов, не превышающих 0.25 от несущей способности конструкций. При более высоких уровнях нагружения совместность работы листового профиля с бетоном конструкции нарушается, что исключает его вклад в несущую способность конструкции.
3. При использовании анкерующих элементов в виде замоноличенных стальных болтов (анкеры типа 2) и забитых в затвердевший бетон дюбелей (анкеры типа 3) нарушение совместности работы стального листа профиля толщиной 1 мм с бетоном происходит за счет смятия металла листа.
4. При заанкеривании металлического профиля в бетоне с помощью загибов элементов листов (анкеры типа 4) разрушение таких креплений при сдвиге происходит в результате разрыва листов профиля по месту загиба. Глубина анкеровки элемента листа профиля в бетоне, равная 50 мм, является достаточной для надежного закрепления в бетоне.
5. Наиболее простой и технологичной в построечных условиях является анкерная конструкция по типу 4. Повысить уровень включенности листового профиля в работу конструкции возможно с помощью дополнительной забивки дюбелей в затвердевший бетон (анкеровка по типам 3 и 3а).
6. При совместном применении элементов анкеровки по типам 4 и 3 (3а) их вклад в несущую способность конструкции может быть получен по формуле (5) суммированием составляющих напряжений  $\sigma_y$ , определяемых по формулам (2) и (4) соответственно количеству и размерам загибаемых элементов листов, а также количеству забиваемых в бетон дюбелей.

## References

1. Ahmed, I.M., Tsavdaridis, K.D. (2019) The evolution of composite flooring systems: applications, testing, modelling and eurocode design approaches. *Journal of Constructional Steel Research*, **155**, 286–300. <https://doi.org/10.1016/J.JCSR.2019.01.007>.
2. Thamrin R., Zaidir., Wahyuni A. (2023) Shear capacity of reinforced concrete beams strengthened with web bonded steel bars or steel plates. *Results in Engineering*, **100953**. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.100953>.
3. Travush, V.I., Konin, D. V, Krylov, A.S. (2018) Strength of composite steel and concrete beams of highperformance concrete. *Magazine of Civil Engineering*, **79(3)**, 36–44. <https://doi.org/10.18720/MCE.79.4>.
4. Gholamhoseini A., Gilbert R.I., Bradford M. (2018) Long-Term Behavior of Continuous Composite Concrete Slabs with Steel Decking. *Aci Structural Journal*, **115**, 439–449. <https://doi.org/10.14359/51701133>.
5. Gholamhoseini, A., Gilbert, R.I., Bradford, M.A. (2014) Creep and Shrinkage Effects on the Bond-Slip Characteristics and Ultimate Strength of Composite Slabs. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, **82**, 1085–1097. <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2014.09.001>.
6. Ataei, A., Bradford, M.A., Valipour, H. (2016) Sustainable Design of Deconstructable Steel-Concrete Composite Structures. *Procedia Engineering*, **145**, 1153–1160. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.04.149>.
7. Waldmann D., May A., Thapa V.B. (2017) Influence of the sheet profile design on the composite action of slabs made of lightweight woodchip concrete. *Construction and Building Materials*, **148**, 887–899. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.193>.
8. Derysz J., Lewinski P.M., Wiech P.P. (2017) New concept of steel-reinforced concrete floor slab in the light of computation model and experimental research. *Procedia Engineering*, **193**, 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.200>.



9. Bily P., Fladr J., Kohoutkova A. (2017) Behavior of anchorage areas in the steel-concrete composite structure loaded by longitudinal shear forces. *Procedia Engineering*, **172**, 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.029>.
10. Monaco A., Pagnotta S., Colajanni P., Mendola L. (2023) Innovative connections for steel-concrete-trussed beams: a patented solution. *Procedia Structural Integrity*, **44**, 1925–1932. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.246>.
11. Baniya, W.J., Zaki, W., Farrag, C.M.R., Rashed, D.A. (2020) Behavior of composite pre-flat slabs in resisting punching shear forces. *Alexandria Engineering Journal*, **59(1)**, 333–347. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.12.045>.
12. Fasan, M., Bedon C., Amadio C. (2023) Spiral-based confinement in slabs for the seismic performance enhancement of steel-concrete composite frames. *Procedia Structural Integrity*, **44**, 1045–1051. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.135>.
13. Liu J., Huang S., Li J., Chen Y.F. (2021) Vibration Serviceability of Large-Span Steel–Concrete Composite Beam with Precast Hollow Core Slabs Under Walking Impact. *Engineering*, **19**. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.04.025>.
14. Mohammed T.A., Abebe S. (2022) Numerical investigation of steel-concrete composite (SCC) beam subjected to combined blast-impact loading. *Heliyon*, **8(9)**. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10672>.
15. Medvedev V.N., Semeniuk S.D. (2016) Durability and deformability of braced bending elements with external sheet reinforcement. *Magazine of Civil Engineering*, **3**, 3–15. <https://doi.org/10.5862/MCE.63.1>.
16. Gravit, M., Nedviga, E., Vinogradova, N., Teplova, Z. (2017) Fire resistance of prefabricated monolithic slab. *MATEC Web of Conferences*, **106**, 02025. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710602025>.
17. Snigireva, V.A., Gorynin, G.L. (2018) The nonlinear stress-strain state of the concrete-filled steel tube structures. *Magazine of Civil Engineering*, **83(7)**, 73–82. <https://doi.org/10.18720/MCE.83.7>.
18. Zamaliev F.S., Zakirov M.A. (2018) Stress-strain state of a steel-reinforced concrete slab under longterm. *Magazine of Civil Engineering*, **83(7)**, 12–23. <https://doi.org/10.18720/MCE.83.2>.
19. Zamaliev F.S., Tamrazyan A.G. (2023) To the evaluation of the carrying capacity of steel concrete beams on the basis of bent profiles. *Vestnik MGSU*, **8(18)**, 1220–1229. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.8.1220-1229>.
20. Szumigala, M., Polus, Ł. (2017) An Numerical Simulation of an Aluminium-concrete Beam. *Procedia Engineering*, **172**, 1086–1092. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.02.167>.
21. Fattakhova A.I. (2020) Impact of horizontal loads on the work of stud bolts in combined floor slabs. *Vestnik MGSU*, **1(15)**, 31–42. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2020.1.31-42>.
22. Gimranov L.R., Fattakhova A.E. (2021) Flexible stop's force determining method in a combined plate using profiled flooring. *Vestnik MGSU*, **8(16)**, 997–1005. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2021.8.997-1005>.
23. Tonkih G.P., Chesnokov D.A. (2021) An experimental study of a shear connection of steel-reinforced concrete slabs with angle shear studs. *Vestnik MGSU*, **2(16)**, 144–152. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2021.2.144-152>.
24. Korsun V.I., Vinogradova N.A., Shvets G.A. (2020) Bearing Capacity of Reinforced Concrete T-beams with a SteelProfile. *Construction of Unique Buildings and Structures*, **89**, 8904. <https://doi.org/10.18720/CUBS.89.4>.
25. STO-33051099.001-2015. Organization standard. Typical solutions in the construction of frame-beam prefabricated monolithic floors MARKO with blocks of aerated concrete. <https://edrid.ru/rid/217.015.9442.html>.
26. Korsun V.I., Morozov V.I., Tamrazyan A.G., Alekseytsev A.V. (2023) Nonlinear Deformation Model for Analysis of Temperature Effects on Reinforced Concrete Beam Elements. *Buildings*, **13**, 1–16. <https://doi.org/10.3390/buildings13112734>.
27. Korsun V.I., Khon K. (2023) Strains and strength of reinforced concrete beams manufacturing by high-strength concrete for non-coincident planes of temperature gradient and loading. *Construction of Unique Buildings and Structures*, **109**, 10914. <https://doi.org/10.4123/CUBS.109.14>.
28. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. <https://docs.cntd.ru/document/554403082>.



29. SP 266.1325800.2016. Composite steel and concrete structures. Design rules. <https://docs.cntd.ru/document/456044285>.
30. SP 16.13330.2017. Steel structures. <https://docs.cntd.ru/document/456069588>.