

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-9-37-44

Ефимов О.И., Гимранов Л.Р., *Фаттахова А.И., Чеканин М.С.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
*E-mail: Fattakhova.Alsou@yandex.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КОМБИНИРОВАННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОФИЛИРОВАННОГО НАСТИЛА ОТ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАГРУЗОК

Аннотация. Комбинированные сталежелезобетонные перекрытия с использованием профилированного настила – наиболее частое решение в зданиях со стальным каркасом. Гибкие упоры обеспечивают совместную работу каркаса и дисков перекрытия. Деформации комбинированного перекрытия, а, следовательно, и каркаса в горизонтальной плоскости, могут возникать из-за возможного появления неравномерных силовых воздействий, вызывающих сдвиг. При этом, в конечном счёте, на величину этих деформаций оказывает влияние как уровень силовых воздействий и сдвиговая жесткость диска перекрытия, так и податливость гибких упоров, соединяющих последний с несущим каркасом. В работе предлагается способ определения деформаций диска перекрытия и несущего каркаса от горизонтальной нагрузки.

Рассматривается задача, в которой квадратная в плане плита перекрытия опирается по контуру на ригели каркаса, но ее закрепление гибкими упорами предусмотрено по двум параллельным сторонам.

Предложена формула определения перемещений каркаса от горизонтальной нагрузки. Аналитически определено перемещение диска перекрытия, отмечено как податливость гибких упоров влияет на определение конечного результата. На примере численного эксперимента демонстрируется возможность применения предложенного способа.

Перемещения в дисках перекрытий позволят оценить жесткость каркаса от горизонтальных нагрузок без акцентирования внимания на деформации каждой составляющей сталежелезобетонной плиты. Кроме того, позволит рациональнее использовать материалы и ресурсы путем оптимизации конструктивных решений.

Ключевые слова: комбинированное перекрытие, перемещения, горизонтальные нагрузки, сдвигающие усилия, гибкие упоры, деформация сдвига, стальной болт.

Введение. Как и прежде, большее распространение имеют здания с металлическим каркасом. Основная масса зданий и сооружений имеет небольшую этажность, однако даже при расчетах каркасов таких зданий требуется учитывать неравномерные горизонтальные нагрузки, например, ветровая нагрузка, действующая на половину каркаса. С увеличением же этажности влияние горизонтальных нагрузок увеличивается. Так для многоэтажных гражданских зданий с применением металлического каркаса ветровая нагрузка возрастает настолько, что снеговой нагрузкой допустимо иногда пренебрегать [1]. Всё это говорит о важности изучения сдвиговой жесткости каркаса.

В отечественной нормативной документации нормируются перемещения несущего каркаса в основном от вертикальных нагрузок. Пожалуй, единственное ограничение горизонтальных перемещений относится к верхним узлам каркаса, что характеризует, в определенной мере, изгибную жесткость каркаса в целом.

За рубежом здания из металлокаркаса распространены куда больше, чем в России, однако, несмотря на это, вопросы перемещений от горизонтальных нагрузок затронуты поверхностно [2,

3]. Основная роль в восприятии неравномерных горизонтальных нагрузок на каркас отводится дискам перекрытий. Наиболее частое решение – сталежелезобетонная плита с использованием профилированного настила. Совместность работы плиты с ригелями каркаса обеспечивается гибкими упорами. Жесткости плиты перекрытия и ригелей каркаса весьма велики по сравнению с отпорностью гибких упоров, поэтому именно податливость последних и определяет перемещения всей конструкции при действии неравномерных горизонтальных нагрузок.

В СП 266.13258000-2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования» расчеты гибких упоров от действия горизонтальных нагрузок не оговорены. Сечения упоров подбирают по усилиям от вертикальных нагрузок, а шаг постановки регламентируется обеспечением всестороннего обжатия бетоном и совместностью работы упора и плиты.

В зарубежной литературе имеется раздел расчетов гибких упоров комбинированных перекрытий с учетом действия горизонтальных нагрузок [4]. Как правило, это технические условия производителей, основанные на исследова-

ниях местных ученых [5–7]. Однако нормативные документы, применяемые за рубежом, отличаются от отечественных, поэтому отечественным производителям приходится доказывать допустимость применения тех или иных конструктивных решений.

В свете всего вышесказанного поставлена задача определения перемещений дисков перекрытий от горизонтальных нагрузок. Требовалось разработать инженерный способ, позволяющий оценить жесткость каркаса, не вдаваясь в подробности расчета деформативности каждого элемента, оперируя лишь прикладываемой нагрузкой.

Гибкие упоры – конструктивные элементы, обеспечивающие жесткость каркаса, работают на сдвиг и обладают некоторой податливостью, поэтому сдвиговые усилия в упорах позволяют оценить перемещения с учетом их податливости.

Рассмотрена плита квадратной формы в плане, закрепленная по двум параллельным ригелям к ячейке балочной клетки. В качестве гибких упоров приняты стальные болты – небольшие стержни круглого сечения диаметром от 6 до 25 мм со шляпкой на одном конце, так как это наиболее простое конструктивное решение, применяемое в комбинированных перекрытиях.

Материалы и методы. Решение задачи условно поделено на два этапа: определение усилий в стальных болтах от действующей сдвигающей нагрузки, определение перемещения рамки (ячейки несущего каркаса) относительно плиты перекрытия. При решении задачи было принято, что жесткости рамки и плиты бесконечно большие. Расчетная схема представлена на рис. 1а. Рамка размерами $a \times b$ закреплена по вертикали и горизонтали. Условно показаны стальные болты, расположенные по продольным балкам. От действия нагрузки F рамка сдвигается на Δ , а в стальных болтах появляются сдвигающие усилия Q_x и Q_y .

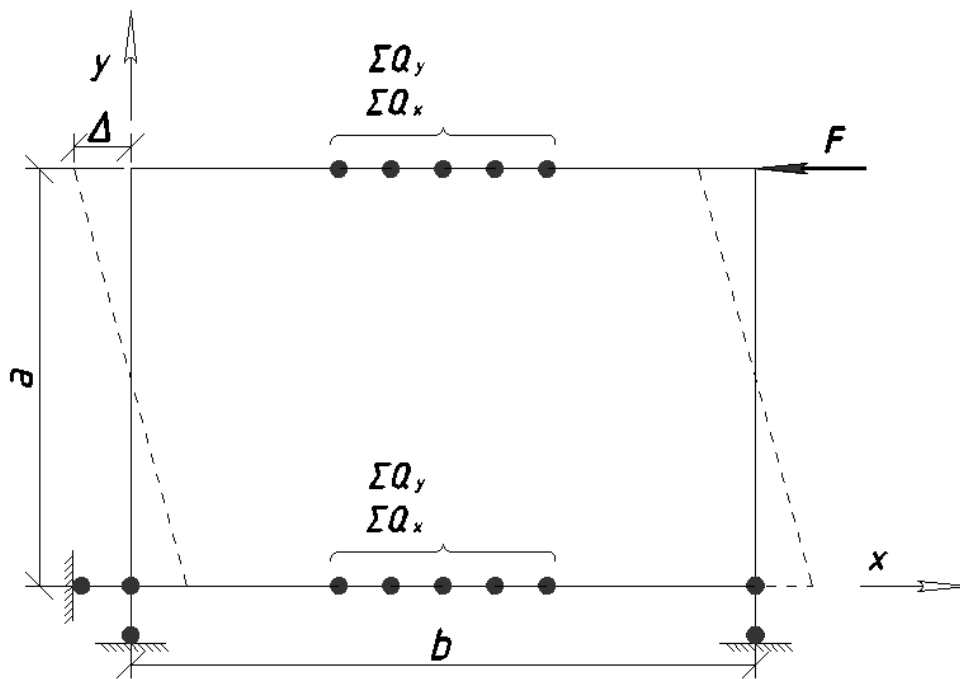


Рис. 1. Расчетная схема рамки

Опорные реакции и внутренние усилия в стержнях рамки определяются из условий равновесия, при этом принято, что в узлах рамки шарнира, а геометрическая неизменяемость обеспечена прикрепленной к рамке плитой.

На рис. 2 представлены эпюры внутренних усилий в стержне рамки, параллельному нагрузке.

Гибкие упоры по конструктивным требованиям установлены равномерно и симметрично вдоль ригеля, поэтому достаточно рассмотреть уравнения равновесия для половины ригеля.

Усилие в каждом гибком упоре – S_{xi} и S_{yi} . Вертикальные составляющие S_{yi} определяются из условия равновесия (1) и из условий совместности деформаций (2, 3).

$$\sum_{i=1}^{n_b} S_{yi} x_i = \frac{Fa}{2} \tag{1}$$

$$\frac{S_{yi}}{S_{y1}} = \frac{x_i}{x_1} \tag{2}$$

$$S_{yi} = \frac{\frac{Fa}{2} x_i}{\sum x_i^2} \tag{3}$$

Горизонтальная составляющая S_{xi} , учитывая «недеформируемость» плиты перекрытия, определяется по выражению (4), где n_b – число упоров на ригеле.

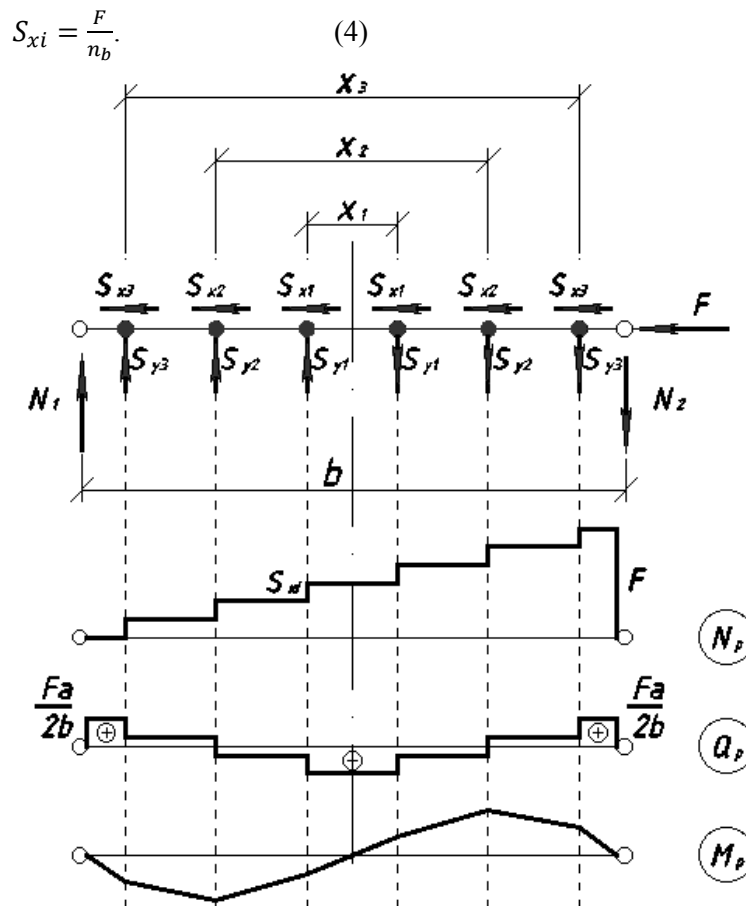


Рис. 2. Эпюры внутренних усилий в продольной балке рамки

Одной из конечных задач является получение инженерной формулы для определения деформации сдвига всей рамки (ячейки каркаса).

Деформация складывается из сдвига плиты перекрытия и податливости гибких упоров (5).

$$\Delta = \sum \int_0^{l_i} \frac{N_{pi} \bar{N}_i}{EA_i} dl_i + \sum \int_0^{l_i} \frac{M_{pi} \bar{M}_i}{EJ_i} dl_i + \sum \mu_i \int_0^{l_i} \frac{Q_{pi} \bar{Q}_i}{GA_i} dl_i + 2n_b \bar{S}_{ix} S_{ix} D_x + 2n_b \bar{S}_{iy} S_{iy} D_y, \quad (5)$$

где \$N_{pi}\$, \$M_{pi}\$, \$Q_{pi}\$ – внутренние усилия в элементах рамки и плиты при действии сдвигающей нагрузки; \$\bar{N}_i\$, \$\bar{M}_i\$, \$\bar{Q}_i\$ – внутренние усилия в элементах рамки и плиты при действии единичной нагрузки по направлению искомого перемещения; \$D_x\$, \$D_y\$ – значения податливости, определяемые по зависимостям, установленным производителями гибких упоров для их определенного конструктивного решения; \$\bar{S}_{ix}\$, \$\bar{S}_{iy}\$ – усилия сдвига, приходящиеся на гибкие упоры при приложении к рамке единичного сдвигающего усилия по направлению искомого перемещения. Жесткости рамки и плиты значительно больше жесткости гибких упоров. Пренебрегая этими деформациями, получаем выражение (6).

$$\Delta = \frac{2S_{ix} n_b a}{t_{red} b G_{red}} + 2n_b \bar{S}_{ix} S_{ix} D_x + 2 \sum_{i=1}^{n_b} \bar{S}_{iy} S_{iy} D_y, \quad (6)$$

где \$t_{red}\$ – приведенная толщина плиты перекрытия; \$G_{red}\$ – приведенный модуль сдвига плиты перекрытия.

эксперимент с использованием ПК «Лира-САПР», реализующий «метод конечных элементов». В последующем производится сравнение результатов расчёта с использованием формул (3, 4 и 6) и данных, полученных в ходе численного эксперимента.

Рассматривается квадратная в плане плита размерами \$6 \times 6\$ м, лежащая на рамке (на ригелях ячейки каркаса). Плита прикреплена к рамке «стад болтами», поставленными с шагом 10 см по двум сторонам, параллельным прикладываемой к рамке сдвигающей силе. Рамка из двутавров 60Б2, шарнирно соединённых в углах, что представляет собой геометрически изменяемую систему. Диаметр «стад болтов» 16 мм. Железобетонная плита с несъемной опалубкой из профилированного листа представляется в расчётной схеме пластинами с приведенной толщиной 12 см, что соответствует перекрытию из профилированного настила высотой 80 мм, железобетонная полка равна 70 мм. Класс прочности бетона В20.

Для косвенного подтверждения достоверности полученных формул произведен численный

Угол рамки загружен сдвигающей нагрузкой 50 кН.

На рис. 3 представлена расчетная схема рассматриваемой ячейки перекрытия в исходном и деформированном состояниях.

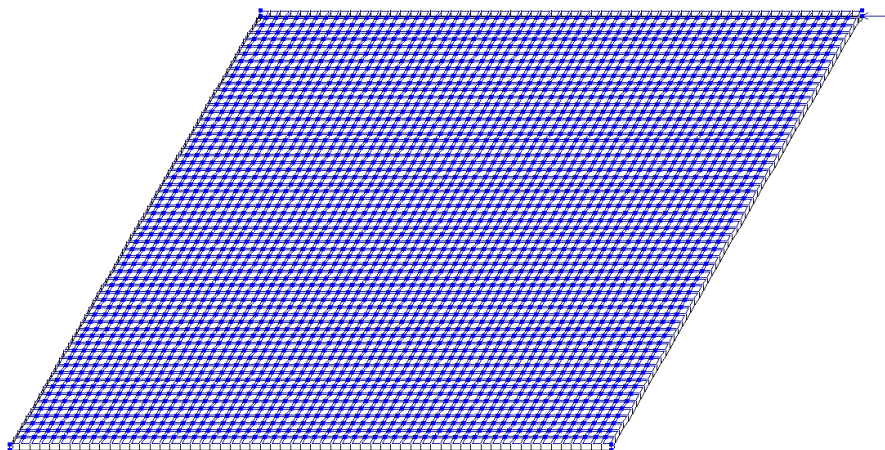


Рис. 3. Расчетная модель плиты в ПК Лира-САПР

Податливость гибких упоров D_x , D_y определяется по графикам, приведенным в руководствах для проектировщиков, например, в [11], или же определяются в результате испытаний. Для каждого конструктивного решения определяются свои значения податливости в продольном и поперечном направлениях. Согласно ГОСТ Р 54773-2011 или ГОСТ Р 58336-2018 проводятся испытания участка плиты, на котором расположено от одного до трех анкеров. Податливость определяется по графику сдвига балки по плоскостям контакта плиты и балки.

В исследовании [10] был проведен подобный эксперимент в программном комплексе Ansys, позволяющем моделировать реальную работу соединения. К участку плиты размерами 400×300 мм, опертому на полку двутавра 60Б2, поэтапно была приложена нагрузка в 50 кН (рис. 4). Податливость соединения в обоих направлениях определялась делением нагрузки на общие перемещения образца в рассматриваемом направлении.

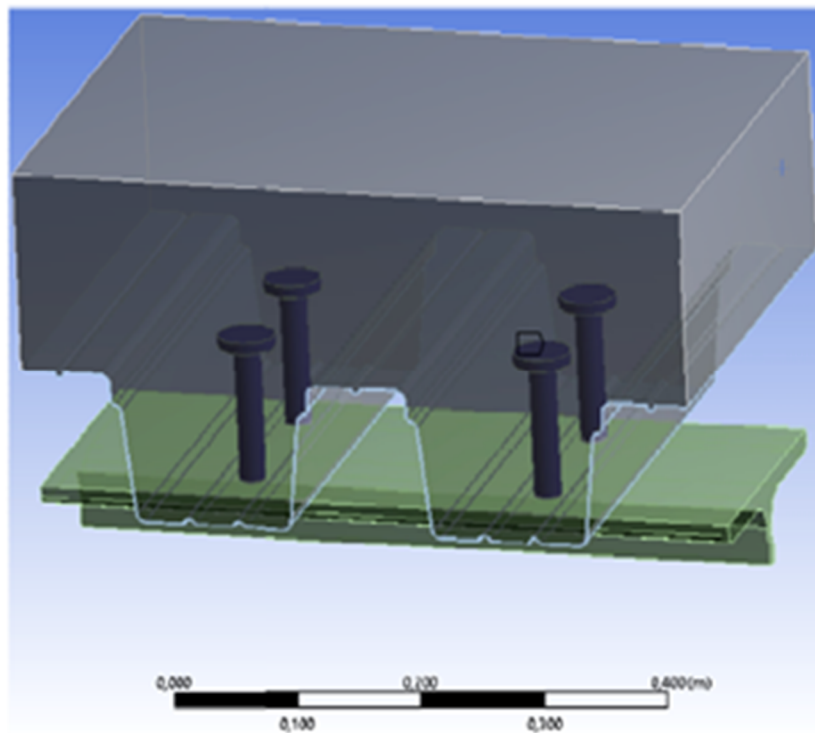


Рис. 4. Расчетная модель участка плиты для определения податливости

Результаты численного эксперимента были сопоставлены с графиками, приведенными в руководстве для проектировщиков [15], а также с результатами реальных испытаний, полученными другими исследователями [12–14].

Перемещения образца плиты размерами 6×6 м были определены по (6) и сопоставлены с результатами численного эксперимента в ПК Лири-САПР.

Результаты и дискуссия. В результате расчёта модели с использованием ПК «Лири-САПР» для всех упоров рассматриваемого ригеля получено горизонтальное сдвигающее усилие 0,874 кН, а вертикальные - распределены по линейному треугольному закону, при этом сдвигающее усилие на крайнем упоре 5,085 кН, на среднем около нуля. Сдвигающие усилия на упорах параллельного рассматриваемому ригеля такие же, что лишний раз подтверждает симметричность задачи.

Сдвигающие усилия в крайних гибких упорах, определённые по формулам (3) и (4), отличаются от полученных в результате численного эксперимента не более чем на 2 %. На значение усилий в анкерах, расположенных ближе к середине пролёта, больше влияют жесткостные характеристики компьютерной модели, поэтому разница между результатами вычислений инженерным способом и метода конечных элементов была больше.

Наибольшие усилия получены в угловых гибких упорах, их податливость и определяет перемещение всей плиты. Усилие в угловом стаде болте составило $S_{x1}=0,874$ кН, $S_{y1}=5,085$ кН, податливость равна $D_x=161160,8$ Н/мм, $D_y=230829,6$ Н/мм. По формуле (6) получено перемещение равное 3,51 мм.

Программный комплекс Лири-САПР позволяет определять перемещения, которые составили 4,316 мм. Результат численного эксперимента больше аналитического расчета из-за деформативности элементов конструкции, которые в свою очередь зависят от жесткостных характеристик.

В исследовании [12] был проведен натурный эксперимент по определению перемещений плиты размерами 6×6 м. Перемещения при сколе бетона вокруг анкеров при нагрузке 82,14 кН составили 4,6 мм, то есть при рассматриваемой в рамках данного исследования нагрузке перемещения составили бы около 3,5–4 мм.

Значения перемещений, определенных компьютерным моделированием, завышены из-за деформативности отдельных элементов конструкции, поэтому для получения более точного ре-

зультата необходимо отдельно уточнить жесткостные характеристики элементов или ввести поправочные коэффициенты.

В заключение следует отметить, что предложенный инженерный метод определения перемещений ячейки перекрытия от неравномерных горизонтальных сдвигающих воздействий достаточно точно отражает действительную работу конструкции и может быть рекомендован для практического использования.

Выводы.

1. Предложен простой инженерный способ определения усилия в гибких упорах при действии на ячейку каркаса неравномерного сдвигающего усилия. Достоверность предложенного способа подтверждена проведением численных экспериментов на аналогичной модели с использованием ПК «Лири-САПР».

2. Предложена инженерная формула по определению перемещений ячейки каркаса с опирающейся на нее плитой перекрытия и закрепленной по двум сторонам гибкими упорами, при этом гибкие упоры устанавливаются на два параллельных ригеля рамки. Достоверность предложенной инженерной формулы подтверждена проведением численных экспериментов на аналогичной модели с использованием ПК «Лири-САПР» и ПК «Ansys». Расхождения не превышают 18 %.

3. Установлено, что, с достаточной точностью, можно рассматривать деформацию рамки как результат сложения сдвиговой деформации самой плиты перекрытия и податливости гибких упоров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сюй П., Фу С., Ван Ц., Сяо Ц. Проектирование современных высотных зданий (пер. с китайского). М.: Изд-во ABC, 2008. 469 с.
2. Luttrell L., Mattingly J., Schultz W., Spoto T. Diaphragm Design Manual. Steel Deck Institute. 4th Ed. T. 2015. 405 p.
3. O'Brien P., Eatherton M.R., Easterling W.S. Characterizing the load-deformation behavior of steel deck diaphragms using past test data. Cold-formed steel research consortium report series CFSRC R-2017-02 June 2017. 243 p.
4. Роджер П. Джонсон Руководство для проектировщиков к Еврокоду 4: Проектирование сталежелезобетонных конструкций EN 1994-1-1 (перевод с английского). МГСУ. М.: 2013. 412 с.
5. Dennis L. D., Ehab E. Behavior of Headed Stud Shear Connectors in Composite Beam // Journal of Structural Engineering. 2005. Vol. 131(1). DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2005)131:1(96)
6. Wang H., Yu J., Liu J.P., Chen Y.F. Shear behavior of shear stud groups in precast concrete

decks // Engineering Structures. 2019. Vol. 187. Pp. 73–84. DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.02.002

7. Shim H.B., Lee J.H. Shear force of headed shear studs, high-strength shear studs and steel plate embedded in concrete: An experimental study Material // Research Innovations. 2019. Vol. 8. Pp. 145–148. DOI: 10.1179/1432891715Z.0000000001645

8. Фаттахова А.И. Влияние горизонтальных нагрузок на работу стад-болтов в комбинированных плитах перекрытия // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 1. С. 31–42. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.1.31-42

9. Фаттахова А.И. Анализ распределения усилий в сдвиговых упорах комбинированных перекрытий многоэтажных зданий с различным соотношением сторон // Известия вузов. Строительство. 2020. № 1. С. 46–56. DOI 10.32683/0536-1052-2020-733-1-46-56

10. Gimranov L., Fattakhova A. Shear stops forces distribution analysis in combined floors of multi-storey buildings 2020 // IOP Conf. Ser.: Mater.

Sci. Eng. 890. 012080. DOI:10.1088/1757-899X/890/1/012080

11. Luttrell L., Schultz W., Li D. Diaphragm design manual, fifth edition, Steel desk institute, Glenshaw, 2017. 292 p.

12. Wang Q., Liu Y., Luo J., Lebet J.-P. Experimental study on stud shear connectors with large diameter and high strength // International Conference on Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE), 2011. Pp. 340–343

13. Hicks S.J. Strength and ductility of headed stud connectors welded in modern profiled steel sheeting // Structural Engineer. 2007. Vol. 85(10). Pp. 32–38.

14. Molken T., Dobrić J., Rossi B. Shear resistance of headed shear studs welded on welded plates in composite floors // Engineering Structures. 2019. Vol. 197. DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.109412

15. Luttrell L. Diaphragm Design Manual. Third Edition. Appendix VII. Hilti and simpson strong-tie screws. Glenshaw, 2013. 25p.

Информация об авторах

Ефимов Олег Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и испытания сооружений. E-mail: ef-oleg@mail.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Линур Рафаилевич Гимранов, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой металлических конструкций и испытания сооружений. E-mail: leenur@mail.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Фаттахова Алсу Илсуровна, аспирант кафедры металлических конструкций и испытания сооружений. E-mail: fattakhova.alsoul@yandex.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Чеканин Максим Сергеевич, магистр кафедры металлических конструкций и испытания сооружений. E-mail: fattakhova.alsoul@yandex.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Поступила в 14.04.2021 г.

© Ефимов О.И., Гимранов Л.Р., Фаттахова А.И., Чеканин М.С., 2021

Efimov O.I., Gimranov L.R., *Fattakhova A.I. Chekanin M.S.

Kazan State University of Architecture and Engineering

**E-mail: fattakhova.alsou@yandex.ru*

DETERMINATION OF THE MOVEMENTS OF THE COMBINED FLOORING USING PROFILED FLOORING FROM HORIZONTAL LOADS

Abstract. Combined steel-reinforced concrete floors using profiled flooring are the most common solution in buildings with a steel frame. Flexible stops ensure the joint work of the frame and the flooring disks. Deformations of the combined flooring, and therefore of the frame in the horizontal plane, can occur due to the possible appearance of uneven force effects that cause a shift. At the same time, the magnitude of these deformations is influenced by both the level of force influences and the shear stiffness of the flooring disk, as well as the malleability of the flexible stops connecting the latter to the supporting frame. The paper proposes a method for determining the deformations of the flooring disk and the supporting frame from a horizontal load. The problem is considered in which a square floor slab is based on a contour on the crossbars of the frame,

but its fixing with flexible stops is provided on two parallel sides. A formula for determining the movements of the frame from the horizontal load is proposed. The displacement of the flooring disk is analytically determined, it is noted how the malleability of flexible stops affects the determination of the final result. Using the example of a numerical experiment, the possibility of using the proposed method is demonstrated. The movement in the flooring disks will allow to assess the rigidity of the frame from horizontal loads without focusing on the deformation of each component of the steel-reinforced concrete slab. In addition, it will help to use materials and resources more efficiently by optimizing design solutions.

Keywords: combined overlap, displacement, horizontal loads, shear forces, flexible stops, shear deformation, stud bolt.

REFERENCES

1. Xu P., Fu X., Wang C., Xiao T. Design of modern high-rise buildings (translated from Chinese) [Proyektirovaniye sovremennykh vysotnykh zdaniy (per. s kitayskogo)]. M.: ABC, 2008. 469 p. (rus)
2. Luttrell L., Mattingly J., Schultz W., Sputo T. Diaphragm Design Manual. Steel Deck Institute. 4th Ed. T. (2015). 405 p.
3. O'Brien P., Eatherton M.R., Easterling W.S. Characterizing the load-deformation behavior of steel deck diaphragms using past test data. Cold-formed steel research consortium report series CFSRC R-2017-02 June 2017. 243p.
4. Jonson R.P. Designer's guide to Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures EN 1994-1-1 (transl. from engl.) [Rukovodstvo dlya proyektirovshchikov k Yevrokodu 4: Proyektirovaniye stalezhelezobetonnykh konstruktsiy EN 1994-1-1 (perevod s angliyskogo)]. M.: MGSU, 2012; 412. (rus)
5. Dennis L. D., Ehab E. Behavior of Headed Stud Shear Connectors in Composite Beam. Journal of Structural Engineering. 2005. Vol. 131(1). DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2005)131:1(96)
6. Wang H., Yu J., Liu P.J., Chen Y.F. Shear behavior of shear stud groups in precast concrete decks. Engineering Structures. 2019 Vol. 187. Pp. 73–84 DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.02.002
7. Shim H.B., Lee J.H. Shear force of headed shear studs, high-strength shear studs and steel plate embedded in concrete. An experimental study Material. Research Innovations. 2019. Vol. 8.p. 145-148. DOI: 10.1179/1432891715Z.0000000001645
8. Fattakhova A. I. Impact of horizontal loads on the work of stud bolts in combined floor slabs [Vliyaniye gorizonta'nykh nagruzok na rabotu stadboltov v kombinirovannykh plitakh perekrytiya]. Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2020. Vol. 15. Pp. 31–42. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.1.31-42 (rus)
9. Fattakhova A.I. Multi-storey buildings combined floors with different aspect ratios shear stops forces distribution analysis [Analiz raspredeleniya usilii v sdvigovykh uporakh kombinirovannykh perekrytiy mnogoetazhnykh zdaniy s razlichnym sootnosheniyem storon]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [Proceedings of universities. Building]. 2020. Vol. 1. DOI 10.32683/0536-1052-2020-733-1-46-56 (rus)
10. Gimranov L., Fattakhova A. Shear stops forces distribution analysis in combined floors of multi-storey buildings. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020 DOI:10.1088/1757-899X/890/1/012080
11. Luttrell L., Schultz W., Li D. Diaphragm design manual, fifth edition, Steel desk institute, Glenshaw, 2017. 292p.
12. Wang Q., Liu Y., Luo J., Lebet J.-P. Experimental study on stud shear connectors with large diameter and high strength. International Conference on Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE), 2011. Pp. 340–343.
13. Hicks S. J. Strength and ductility of headed stud connectors welded in modern profiled steel sheeting. Structural Engineer. 2007. Vol. 85(10). Pp. 32–38
14. Molkens T., Dobrić J., Rossi B. Shear resistance of headed shear studs welded on welded plates in composite floors. Engineering Structures. 2019. Vol. 197. DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.109412
15. Luttrell L. Diaphragm Design Manual. Third Edition. Appendix VII. Hilti and simpson strong-tie screws. Glenshaw, 2013. 25 p.

Information about the authors

Efimov, Oleg I. PhD. E-mail: ef-oleg@mail.ru. Kazan State University of Architecture and Engineering. Russia, 420043, Kazan, st. Zelenaya, 1.

Gimranov, Linur R. PhD. E-mail: leenur@mail.ru. Kazan State University of Architecture and Engineering. Russia, 420043, Kazan, st. Zelenaya, 1.

Fattakhova, Alsou I. Postgraduate student. E-mail: fattakhova.alsou@yandex.ru. Kazan State University of Architecture and Engineering. Russia, 420043, Kazan, st. Zelenaya, 1.

Chekanin, Maxim S. Graduate student. E-mail: fattakhova.alsou@yandex.ru. Kazan State University of Architecture and Engineering, Russia, 420043, Kazan, st. Zelenaya, 1.

Received 14.04.2021

Для цитирования:

Ефимов О.И., Гимранов Л.Р., Фаттахова А.И., Чеканин М.С. Определение перемещений комбинированного перекрытия с использованием профилированного настила от горизонтальных нагрузок // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 9. С. 37–44. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-9-37-44

For citation:

Efimov O.I., Gimranov L.R., Fattakhova A.I. Chekanin M.S. Determination of the movements of the combined flooring using profiled flooring from horizontal loads. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 9. Pp. 37–44. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-9-37-44