

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПУСТОТНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ**

¹Сурьянинов Н.Г., д.т.н., профессор,
sng@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0003-2592-5221

¹Неутов С.Ф., к.т.н., доцент,
neutov.stepan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0132-124X

¹Корнеева И.Б., к.т.н., доцент,
korneevairinaborisovna@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0104-6938
¹Одесская государственная академия строительства и архитектуры
ул. Дидрихсона, 4, г. Одесса, 65029, Украина

Аннотация. Приведены результаты исследования деформативности и трещиностойкости пустотной плиты перекрытия ПК 30.12-8, изготовленной на предприятии ООО «Великодолинский завод ЖБК», полученные в ходе натурных статических испытаний в лабораторных условиях. Плита испытана нагружением до разрушения в соответствии с действующими нормами по эквивалентной схеме. Нагрузка прикладывалась небольшими ступенями для детального изучения процесса деформирования плиты. На каждой ступени два раза фиксировались показания приборов, а также, начиная с момента образования первой трещины, измерялась ширина раскрытия трещин. В качестве измерительных приборов использовались тензодатчики, индикаторы часового типа, микроскоп МУП-2 и прогибомеры.

В результате обработки показаний приборов получены графики зависимости изменения продольных деформаций и прогиба от нагрузки.

Всего в процессе испытаний осуществлена 21 ступень нагружения. До седьмой ступени нагружения графики имеют линейный характер, затем появляется первая трещина и нелинейность на графиках, а на 7-11 этапах кривые резко отклоняются от вертикали, появляются еще 11 трещин. Далее процесс трещинообразования замедляется, деформации растут не так быстро, происходит постепенное раскрытие трещин и кое-где появление новых.

При испытаниях была достигнута разрушающая нагрузка 111,8 кН. Процесс трещинообразования начался при нагрузке 44,41 кН, что составило 40% от фактической разрушающей нагрузки. Появление первой трещины произошло при нагрузке 40% от максимальной, а половина от общего количества трещин появилась при нагрузке, которая составляет 57% от максимальной. Из общего количества трещин только четыре оказались сквозными, то есть они проявились как на нижней поверхности, так и на двух боковых поверхностях плиты. Две трещины оказались приопорными, тогда как две другие расположены в пролете плиты. Еще две трещины зафиксированы на всей ширине нижней поверхности и на одной из боковых. Именно у этих шести наиболее длинных трещин оказалась максимальная глубина и ширина раскрытия при потере несущей способности плиты. До появления первой трещины прогиб составляет 8% от зафиксированного в конце испытаний. За время активного трещинообразования прогиб возрос в 4 раза и достиг 31% от своего максимального значения, которое на момент потери несущей способности составило 2,45 см.

Ключевые слова: железобетон, пустотная плита перекрытия, деформативность, трещиностойкость, экспериментальные исследования.

Введение. Совершенствование теории сопротивления бетона и железобетона на основе разработки новых подходов при проведении теоретических, компьютерных и экспериментальных исследований, по-прежнему, остается актуальной задачей. Разработка и изучение реальных физических закономерностей, учитывающих структурно-технологические факторы, нелинейность, неупругий характер деформирования бетона, появление и развитие трещин, совместную работу бетона и арматуры и множество других факторов, ведут, в

конечном итоге, к созданию более надежных и одновременно экономичных конструкций.

Среди множества факторов, определяющих эффективность и долговечность той или иной конструкции, деформативность и трещиностойкость играют не менее важную роль, чем несущая способность. Их всестороннее изучение является наиболее информативным при проведении экспериментальных исследований. Серийно выпускаемые железобетонные конструкции подвергаются таким исследованиям в заводских условиях. В данной работе описываются результаты эксперимента, который проводился в научной лаборатории – исследовалась деформативность и трещиностойкость серийной пустотной плиты перекрытия ПК 30.12-8.

Анализ последних исследований. Изучению деформативности и трещиностойкости железобетонных конструкций посвящено большое количество публикаций. Можно отметить работы Н.И. Карпенко, В.И. Травуша, В.И. Колчунова, В.С. Федорова, Х.З. Баширова и сотен других авторов. Результаты этих исследований до настоящего времени продолжают оставаться предметом дискуссий в отношении различий предлагаемых подходов к решению задач трещиностойкости, прочности и деформативности конструкций при одновременном проявлении силовых воздействий и влияния среды. Однако в этом кратком обзоре более подробно остановимся на публикациях последних лет.

Интересные испытания натурного фрагмента сборно-монолитного каркаса с плоскими перекрытиями описывают авторы работы [1]. Исследовался фрагмент каркаса, состоящего из двух ячеек с размерами в плане по осям колонн $7,2 \times 6,4$ м и $4,5 \times 6,4$ м и с пролетом несущих монолитных участков 6,4 м, между которыми в пределах их высоты располагаются многопустотные плиты перекрытия. Испытание осуществлялось в две стадии. На первой стадии перекрытие было нагружено вертикальной распределенной нагрузкой (монолитные участки не загружались) до уровня контрольной нагрузки по жесткости и трещиностойкости.

В статье [2] рассмотрены экспериментальные и теоретические исследования, омоноличенного перекрытия, образованного многопустотными плитами и монолитными ригелями, при действии горизонтальных нагрузок.

С.Г. Абрамян и Д.В. Гнатюк [3] анализируют самые распространенные в последнее время сборные и сборно-монолитные каркасные системы зданий и сооружений с плоскими перекрытиями, приводят их краткие характеристики. Вместе с тем, подчеркивается, что почти всем системам присущи определенные недостатки, что обоснованный выбор каркасной системы, кроме высокой технологичности и надежности, должен отвечать требованиям архитектурной выразительности и гибкости принимаемых решений на всех стадиях жизненного цикла объекта недвижимости.

В статье [4] выполнен качественный и количественный анализ результатов испытаний моделей сборных перекрытий различной конструкции при действии нагрузки в их плоскости, полученных в Астраханском государственном техническом университете. Рассмотрены модели перекрытий с продольной и поперечной раскладкой панелей, замоноличенными швами, армированным монолитным поясом по периметру модели и вдоль ее центральной оси. Для определения характера деформирования сборных перекрытий в своей плоскости использован метод определения обобщенных изгибных и сдвиговых жесткостей сборных железобетонных перекрытий и стен, учитывающий раскрытие швов между элементами конструкции и образование трещин в бетоне по данным решения обратной задачи, который получил развитие в виде обобщенных формул. На основе комплексного изучения сборных перекрытий различной конструкции предложены конструктивные способы повышения жесткости и обеспечения прочности сборного перекрытия при работе в своей плоскости в случае сейсмического и ветрового воздействия.

Из работ зарубежных авторов отметим статью [5], где основное внимание уделяется поведению железобетонных конструкций в виде плоских плит, поскольку они очень уязвимы в плане разрушения. Особенно, если учесть, что конструкции плоских плит могут иметь недостаточную жесткость. Остаточная нагрузочная способность остальных конструкций может не выдержать существующих эксплуатационных нагрузок после удаления нескольких колонн.

Авторами были испытаны две серии многопанельных конструкций плоских плит с двумя различными нагрузочными установками для изучения поведения перераспределения нагрузки и остаточного сопротивления структур плоских плит, когда речь идет о двух разных фазах разрушения. Были представлены и обсуждены основные результаты испытаний, такие как реакция смещения нагрузки, характер трещины, режимы. На основании результатов испытаний проведена серия дополнительных экспериментов с целью выяснить влияние каждого параметра конструкции.

В этом направлении работают и многие другие зарубежные авторы [6-11], но, в основном, при испытаниях моделей плит либо фрагментов каркаса здания предпочтение отдается вопросам несущей способности и гораздо меньше – деформативности и трещинообразованию.

Целью данной работы является экспериментальное исследование деформативности и трещиностойкости серийной многопустотной плиты перекрытия ПК 30.12-8 серии 1.141-1 [12] путем проведения натурных статических испытаний в лабораторных условиях.

Материалы и методика исследований. Плита перекрытия ПК 30.12-8 изготовлена из бетона С16/20 и арматуры А IVc согласно [13-15] на заводе ООО «Великодолинский завод ЖБК». Одновременно из этого же замеса были изготовлены образцы-кубы с размером ребра 10 см, которые испытаны на сжатие согласно [16]. Плита перекрытия испытана нагружением до разрушения в соответствии с [17] по эквивалентной схеме. Нагрузка прикладывалась небольшими ступенями для детального изучения процесса деформирования плиты. На каждой ступени два раза фиксировались показания приборов, а также, начиная с момента образования первой трещины, измерялась ширина раскрытия трещин. В качестве измерительных приборов использовались тензодатчики, индикаторы часового типа, прогибомеры и микроскоп МУП-2.

Результаты исследования. Для определения деформаций и перемещений тензодатчики 1, 2, 3 и 4 были закреплены на верхней поверхности плиты (рис. 1, а), 5 и 6 – на боковой поверхности в сжатой зоне и 7 – на боковой поверхности у нижней грани; индикаторы 1 и 9 располагались на боковой поверхности плиты в растянутой зоне, 2 и 8 – также на боковой поверхности, но в сжатой зоне, 3, 4, 5, 6 и 7 – на верхней поверхности плиты (рис. 1, а); прогибомеры (рис. 1, б) – посередине пролета с каждой стороны. Схемы расположения измерительных приборов показаны на рис. 2 и рис. 3.

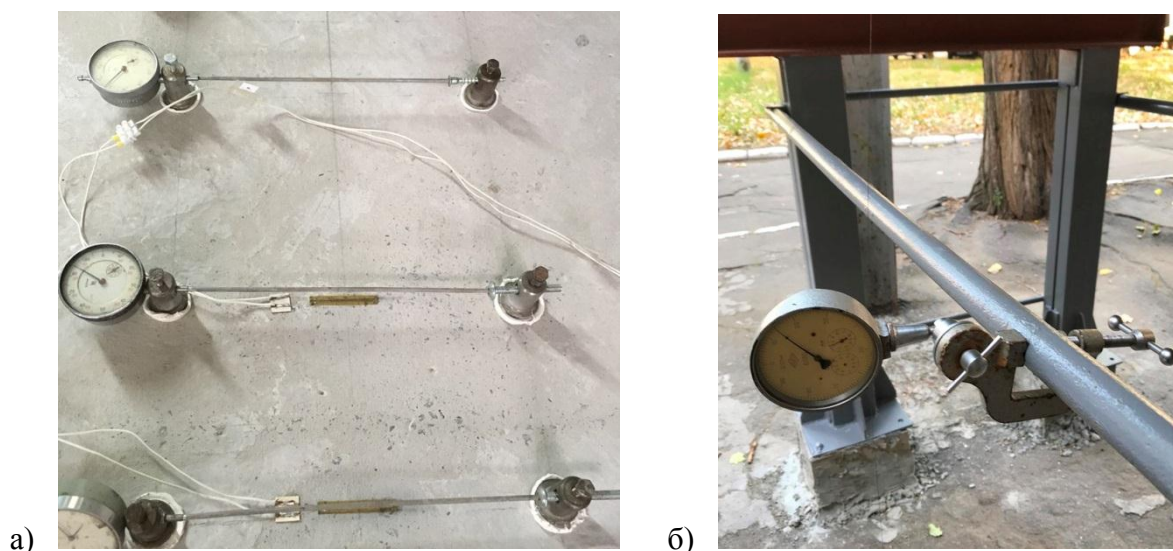


Рис. 1. Измерительные приборы:
а – тензорезисторы и индикаторы; б – прогибомер

С целью дублирования измерений тензорезисторы наклеивались под индикаторами.

В результате обработки показаний приборов получены зависимости изменения продольных деформаций при увеличении нагрузки (рис. 4).

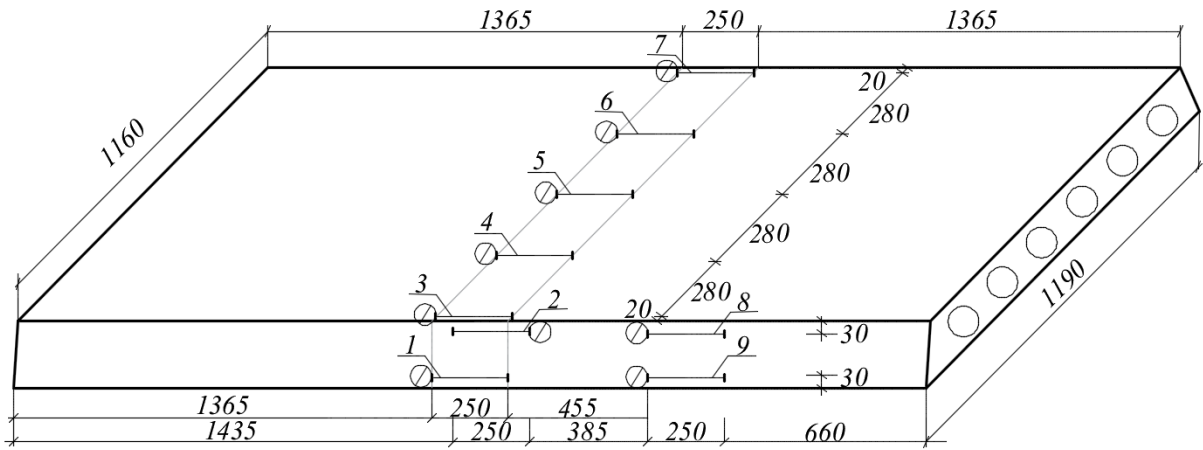


Рис. 2. Схема расположения индикаторов

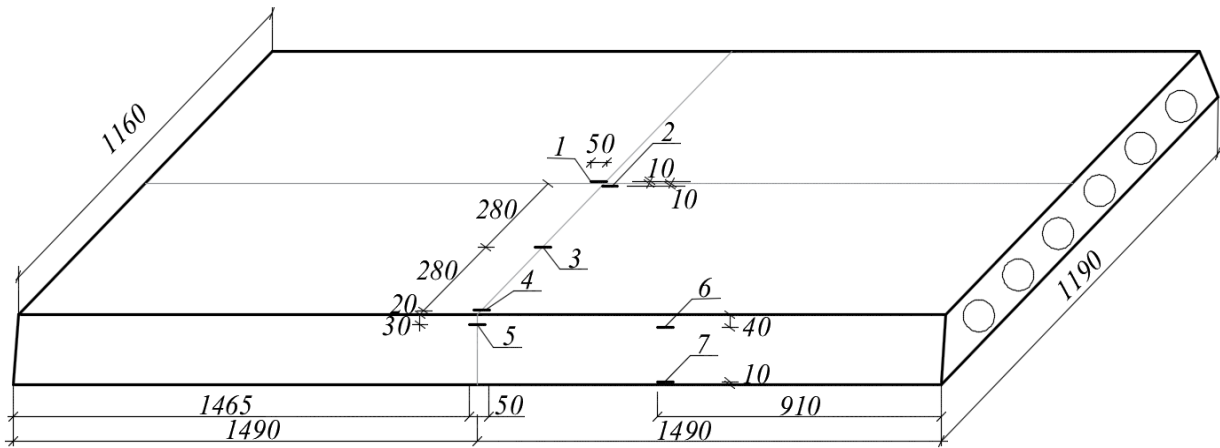


Рис. 3. Схема расположения тензорезисторов

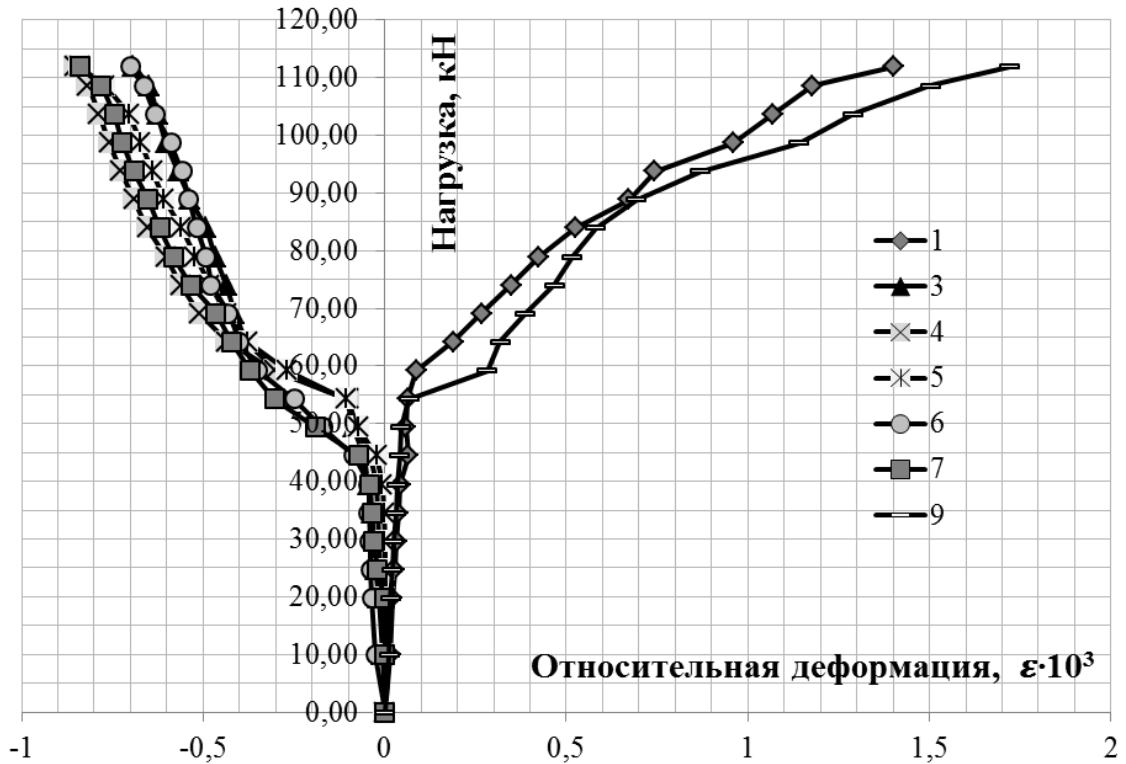


Рис. 4. Относительная деформация по показаниям индикаторов

Характер кривых на рис. 4 дает точное представление о начале процесса образования трещин. Так, до седьмой ступени нагружения графики имеют линейный характер, затем появляется первая трещина и нелинейность на графиках, а на 7-11 этапах нагружения кривые резко отклоняются от вертикали, появляются еще 11 трещин. Далее процесс трещинообразования замедляется, деформации растут не так быстро, происходит постепенное раскрытие трещин и кое-где появление новых. Появление первой трещины произошло при нагрузке 40% от разрушающей, а примерно половина общего количества трещин появилась при нагрузке, составляющей 57% от разрушающей.

Последовательность образования трещин приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Последовательность появления трещин при увеличении нагрузки

№ ступени загрузки	Нагрузка, кН	№ трещины	Минимальная видимая высота сжатой зоны, см
7	44,41	1	6,5
8	49,34		
9	54,28	2 - 8	2,5
10	59,21		
11	64,14	9 - 12	3
12	69,08	13, 14	5
13	74,01	15	7
14	78,95	16	10
15	83,88		
16	88,81	17, 18	4,5
17	93,75		
18	98,68		
19	103,62	19 - 23	5
20	108,55		
21	111,84		

По данным двух прогибомеров построены графики зависимости прогибов от нагрузки (рис. 5), имеющие такой же характер, как и графики деформаций. До появления первой трещины прогиб составляет 8% от зафиксированного в конце испытаний. За время активного трещинообразования прогиб возрастает в 4 раза и достигает 31% от своего максимального значения, которое на момент потери несущей способности составляет 2,45 см.

Сравнивая значения относительных продольных деформаций по показаниям индикатора №5 и двух тензорезисторов №1 и №2, расположенных по центру верхней поверхности плиты (рис. 6), можно убедиться в корректности работы измерительных приборов.

Черным цветом (рис. 6) отмечен график зависимости деформаций от нагрузки, построенный по показаниям индикатора. Как видно из рисунка, значения деформаций, полученные разными способами, незначительно отличаются друг от друга.

В процессе испытаний особое внимание уделялось трещинообразованию. Во время выдержки каждой ступени производился осмотр конструкции, замерялась ширина раскрытия уже существующих трещин и фиксировалось появление новых. На рис. 7 показано их расположение и высота. Трещинообразование началось при нагрузке 44,41 кН, что составило 40% от фактической разрушающей. Из общего количества трещин только четыре оказались сквозными, то есть они проявились как снизу, так и на двух боковых поверхностях плиты. Это трещины 1, 7, 10, 11, причем, 7 и 11 можно назвать приопорными, тогда как 1 и 10 расположены в пролете плиты. Еще две трещины, 6 и 17, зафиксированы на всей ширине нижней поверхности и на одной из боковых. Именно у этих шести наиболее длинных трещин оказалась максимальная глубина и ширина раскрытия при потере несущей способности плиты.

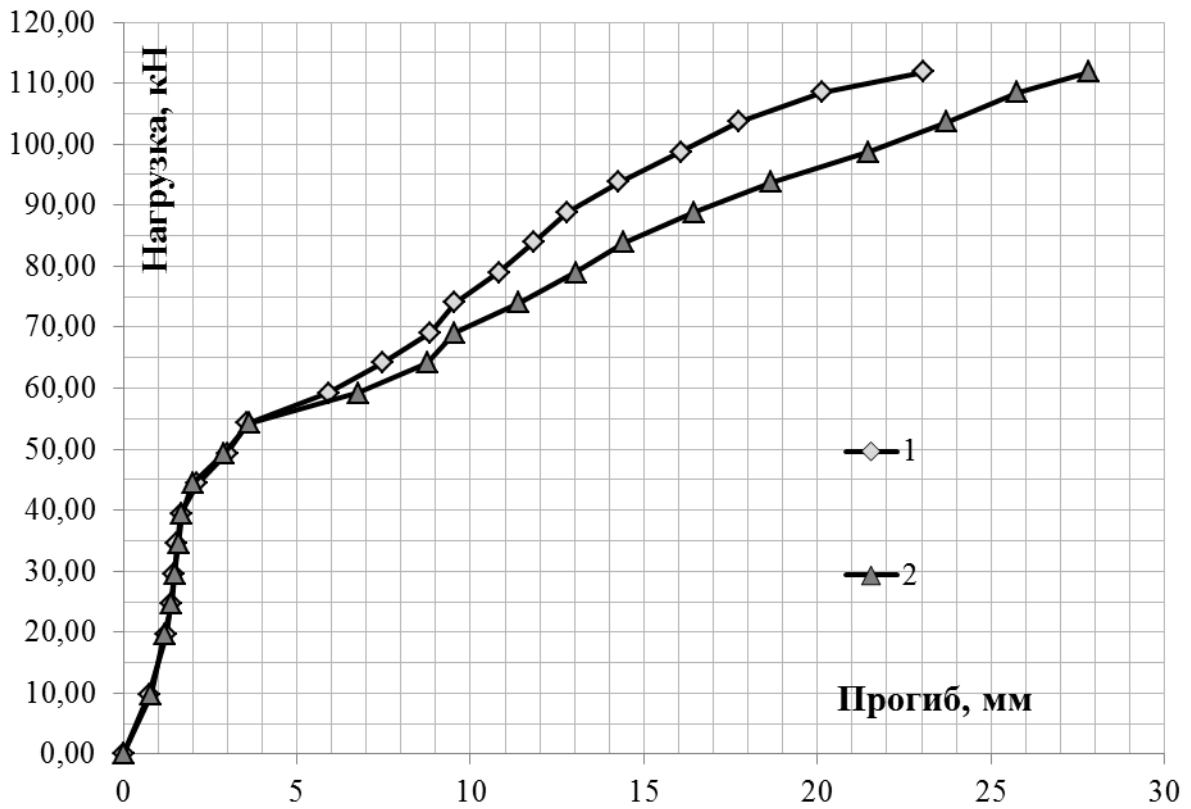


Рис. 5. Показания прогибомеров в середине пролета плиты

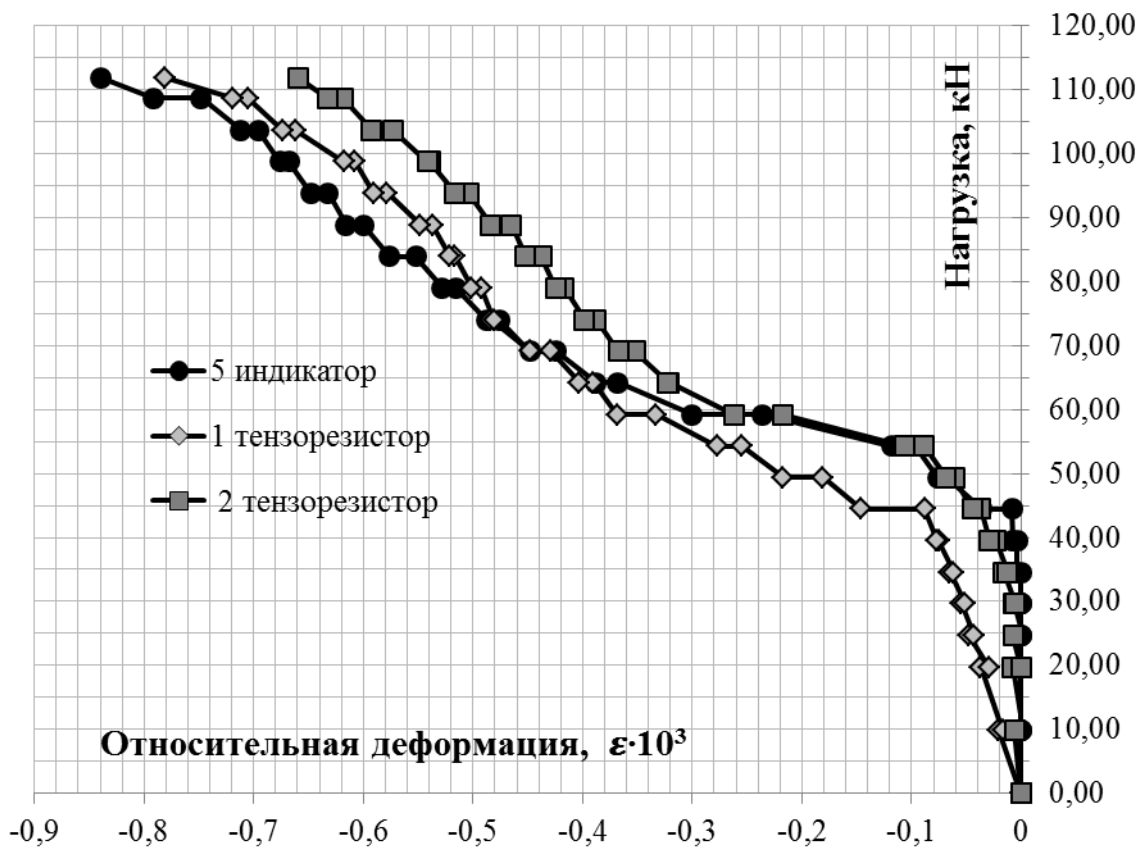


Рис. 6. Относительная деформация по показаниям индикатора и тензорезисторов

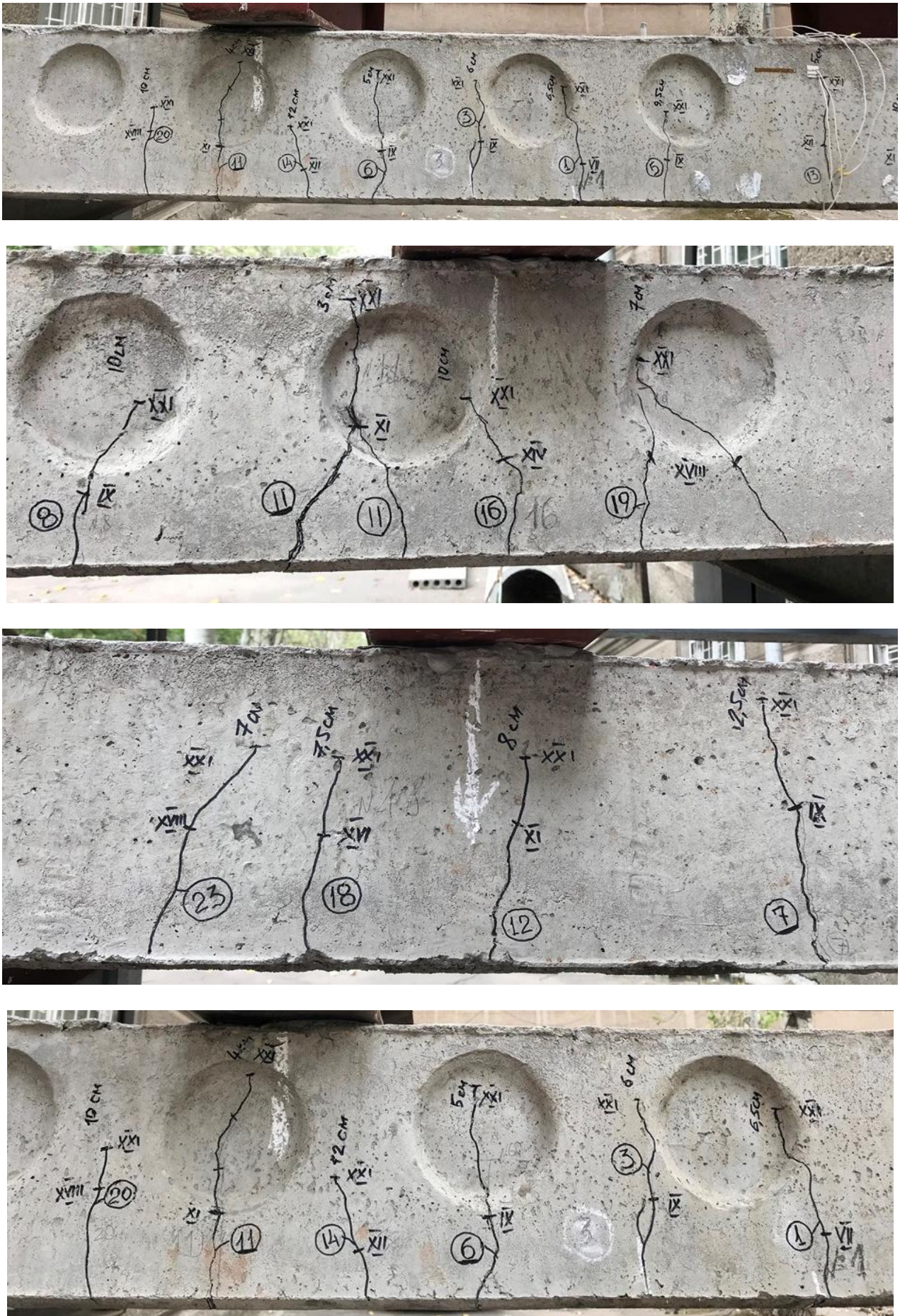


Рис. 7. Трещины на боковых поверхностях плиты

Ширина раскрытия трещин приведена в табл. 2.

Таблица 2 – Ширина раскрытия трещин при увеличении нагрузки

№ трещины	Изгибающий момент, кНм	Начальная ширина раскрытия, мм	Конечная ширина раскрытия, мм
1	13,77	0,1	0,7
2	16,83	0,1	0,14
3	16,83	0,1	0,2
4	16,83	0,02	0,03
5	16,83	0,05	0,1
6	16,83	0,15	0,5
7	16,83	0,03	0,5
8	16,83	0,03	0,04
9	19,88	0,02	0,03
10	19,88	0,25	0,6
11	19,88	0,2	1,0
12	19,88	0,1	0,14
13	21,41	0,1	0,2
14	21,41	0,05	0,07
15	22,94	0,08	0,1
16	24,47	0,05	0,06
17	27,53	0,1	0,4
18	27,53	0,1	0,13
19	30,59	0,1	0,15
20	30,59	0,1	0,12
21	30,59	0,1	0,3
22	30,59	0,1	0,3
23	30,59	0,1	0,15

Выводы. При испытаниях была достигнута разрушающая нагрузка 111,8 кН, то есть несущая способность плиты оказалась в 1,55 раза больше расчетной. Процесс трещинообразования начался при нагрузке 44,41 кН, что составило 40% от фактической разрушающей нагрузки. Появление первой трещины произошло при нагрузке 40% от максимальной, а половина от общего количества трещин появилась при нагрузке, которая составляет 57% от максимальной. Из общего количества трещин только четыре оказались сквозными, то есть они проявились как на нижней поверхности, так и на двух боковых поверхностях плиты. Две трещины оказались приопорными, тогда как две другие расположены в пролете плиты. Еще две трещины зафиксированы на всей ширине нижней поверхности и на одной из боковых. Именно у этих шести наиболее длинных трещин оказалась максимальная глубина и ширина раскрытия при потере несущей способности плиты. При испытаниях за время активного трещинообразования прогиб возрос в 4 раза и достиг 31% от своего максимального значения, которое на момент потери несущей способности составило 2,45 см.

Литература

1. Карякин А.А., Сонин С.А., Попп П.В., Алилуев М.В. Испытания натурального фрагмента сборно-монолитного каркаса системы «АРКОС» с плоскими перекрытиями. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. «Строительство и архитектура»*. 2009. Вып. 9. С. 16-20.
2. Алявдин П.В., Мордич А.И., Белевич В.Н. Прочность и деформации сборно-монолитных дисков перекрытий при сдвиге в их плоскости. *Бетон и железобетон*. 2014. № 2. С. 13-18.
3. Абрамян С.Г., Гнатюк Д.В. Сборные и сборно-монолитные каркасные системы высотных зданий с плоскими плитами перекрытия. *Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ»*.

2017. Том 9. №1. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/83TVN117.pdf> (доступ свободный).

4. Сапожников А.И., Егупов К.А. Работа сборного перекрытия в его плоскости и способы повышения его прочности и жесткости. *Промышленное и гражд. стр-во*. 2014. № 5. С. 54-58.

5. Qian K., Li B. Resilience of Flat Slab Structures in Different Phases of Progressive Collapse. *ACI Structural Journal*. 2016. Volume: 113 (Iss. 3). pp. 537-548.

6. Yan J.B., Wang J.Y., Liew J.Y.R., Qian X.D., Zhang W. Reinforced ultra-lightweight cement composite flat slabs: experiments and analysis. *Materials & Design*. 2016. Vol. 95. pp. 148-158.

7. Карабанов Б. В. Приближенная оценка прогибов железобетонных плит перекрытий с использованием ПК Лири. *Бетон и железобетон*. 2010. № 1. С. 12-13.

8. Обозов В. И., Беляев А. Ф. Экспериментальные исследования на моделях разрушения монолитных железобетонных перекрытий каркасных зданий. *Бетон и железобетон*. 2010. № 3. С. 9-12.

9. Yuan J., O'Reilly M., Matamoros A., Darwin D. Effect of Preexisting Cracks on Lap Splice Strength of Reinforcing Bars. *ACI Structural Journal*. 2016. Vol. 113, No. 4. pp. 801-812.

10. Olmati P., Sagaseta J., Cormie D., Jones A.E.K. Simplified reliability analysis of punching in reinforced concrete flat slab buildings under accidental actions. *Engineering Structures*. 2017. Vol. 130. pp. 83-98.

11. Darwin D., Dolan C. W., Nilson A.H. Design of Concrete Structures. 15th edition. New York: McGraw-Hill, 2016. 786 p.

12. Серия 1.141-1. Выпуск 60. Панели перекрытий железобетонные многопустотные. Рабочие чертежи: цНиЭП Жилища. НИИЖБ, 1983. 52 с.

13. ДСТУ Б В.2-6-53:2008. Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови.: К.: Мінрегіонбуд України, 2008. 39 с. (Національний стандарт України)

14. ДСТУ Б В.2.6-2:2009. Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови.: К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 29 с. (Національний стандарт України)

15. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення: Офіц. вид. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с. (Конструкції будинків і споруд. Державні будівельні норми України).

16. ДСТУ Б.В.2.7-214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с. (Національний стандарт України).

17. ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. IV. 30 с. (Національний стандарт України).

References

- [1] A.A. Karyakin, S.A. Sonin, P.V. Popp, M.V. Aliluev, "Ispytaniya naturного fragmenta sborno-monolitного karkasa sistema «ARKOS» s ploskimi perekrytiyami", *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvenного universiteta. Ser. «Stroitelstvo i arhitektura»*, Vol. 9, pp. 16-20, 2009.
- [2] P.V. Alyavdin, A.I. Mordich, V.N. Belevich, "Prochnost i deformacii sborno-monolitnyh diskov perekrytij pri sdvige v ih ploskosti", *Beton i zhelezobeton*, no. 2, pp. 13-18, 2014.
- [3] S.G. Abramyan, D.V. Gnatyuk, "Sbornye i sborno-monolitnye karkasnye sistemy vysotnyh zdaniy s ploskimi plitami perekrytiya", *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE»*, Tom 9, no. 1, 2017. Available: <http://naukovedenie.ru/PDF/83TVN117.pdf>. (dostup svobodnyj).
- [4] A.I. Sapozhnikov, K.A. Egupov, "Rabota sbornogo perekrytiya v ego ploskosti i sposoby povysheniya ego prochnosti i zhestkosti", *Promyshlennoe i grazhd. str-vo*, no. 5, pp. 54-58, 2014.
- [5] K. Qian, B. Li, "Resilience of Flat Slab Structures in Different Phases of Progressive Collapse", *ACI Structural Journal*, Volume: 113 (Iss. 3), pp. 537- 548, 2016.
- [6] J.B. Yan, J.Y. Wang, J.Y.R. Liew, X.D. Qian, W. Zhang, "Reinforced ultra-lightweight cement composite flat slabs: experiments and analysis", *Materials & Design*, Vol. 95, pp. 148-158, 2016.

- [7] B.V. Karabanov, "Priblizhennaya ocenka progibov zhelezobetonnyh plit perekrytij s ispolzovaniem PK Lira", *Beton i zhelezobeton*, no. 1, pp. 12-13, 2010.
- [8] V.I. Obozov, A.F. Belyaev, "Eksperimentalnye issledovaniya na modelyah razrusheniya monolitnyh zhelezobetonnyh perekrytij karkasnyh zdaniy", *Beton i zhelezobeton*, no. 3, pp. 9-12, 2010.
- [9] J. Yuan, M. O'Reilly, A. Matamoros, D. Darwin, "Effect of Preexisting Cracks on Lap Splice Strength of Reinforcing Bars", *ACI Structural Journal*, Vol. 113, no. 4, pp. 801–812, 2016.
- [10] P. Olmati, J. Sagaseta, D. Cormie, Jones AEK, "Simplified reliability analysis of punching in reinforced concrete flat slab buildings under accidental actions", *Engineering Structures*, Vol. 130, pp. 83-98, 2017.
- [11] D. Darwin, C.W. Dolan, A.H. Nilson, *Design of Concrete Structures*. 15th edition. New York: McGraw-Hill, 2016.
- [12] Seriya 1.141-1. Vypusk 60. Paneli perekrytij zhelezobetonnyye mnogopustotnyye. Rabochiye chertezhi: tsNiEP Zhilishcha. NIIZhB, 1983.
- [13] DSTU B V.2-6-53:2008. Pliti perekrytij zalizobetonni bagatopustotni dlya budivel i sporud. Tekhnichni umovi. K.: Minregionbud Ukraïni, 2008.
- [14] DSTU B V.2.6-2:2009. Konstruktsii budinkiv i sporud. Virobi betonni i zalizobetonni. Zagalni tekhnichni umovi. K.: Minregionbud Ukraïni, 2010.
- [15] DBN V.2.6- 98:2009. Betonni i zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennya. Ofits. vid. K.: Minregionbud Ukraïni, 2011.
- [16] DSTU B.V.2.7-214: 2009. Betony. Metody vyznachennya mitsnosti za kontrol'nymy zrazkami. K.: Minrehionbud Ukrainy, 2010.
- [17] DSTU B V.2.6-7-95 (GOST 8829-94). Izdeliya stroitelnyye betonnyye i zhelezobetonnyye sbornyye. Metody ispytaniy nagruzheniyem. Pravila otsenki prochnosti. zhestkosti i treshchinostoykosti. K.: Derzhavniy komitet Ukraïni u spravakh mistobuduvannya i arkhitekturi, 1997.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАТИВНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПУСТОТНОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ

¹Сур'янінов М.Г., д.т.н., професор,
sng@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0003-2592-5221

¹Неутов С.П., к.т.н., доцент,
neutov.stepan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0132-124X

¹Корнеєва І.Б., к.т.н., доцент,
korneevairinaborisovna@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0104-6938

¹Одеська державна академія будівництва та архітектури
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Аноація. Наведено результати дослідження деформативності і тріщиностійкості пустотної плити перекриття ПК 30.12-8, виготовленої на підприємстві ТОВ «Великодолинський завод ЗБК», отримані в ході натурних статичних випробувань в лабораторних умовах. Плита випробувана навантаженням до руйнування відповідно до діючих норм за еквівалентною схемою. Навантаження прикладалося невеликими ступенями для детального вивчення процесу деформування плити. На кожній ступені два рази фіксувалися показання приладів, а також, починаючи з моменту утворення першої тріщини, вимірювалася ширина розкриття тріщин. В якості вимірювальних приладів використовувалися тензодатчики і індикатори годинникового типу.

В результаті обробки показань приладів отримані графіки залежності зміни поздовжніх деформацій і прогину від навантаження.

Всього в процесі випробувань здійснена 21 ступінь навантажування. До сьомої ступені навантажування графіки мають лінійний характер, потім з'являється перша тріщина і нелінійність на графіках, а на 7-11 етапах криві різко відхиляються від вертикалі, з'являються ще 11 тріщин. Далі процес тріщиноутворення сповільнюється, деформації ростуть не так швидко, відбувається поступове розкриття тріщин і подекуди поява нових.

При випробуваннях було досягнуто руйнівне навантаження 111,8 кН. Процес утворення тріщин почався при навантаженні 44,41 кН, що склало 40% від фактичної величини руйнівного навантаження. Поява першої тріщини сталася при навантаженні 40% від максимального, а половина від загальної кількості тріщин з'явилася при навантаженні, яке становить 57% від максимального. Із загальної кількості тріщин тільки чотири виявилися наскрізними, тобто вони проявилися як на нижній поверхні, так і на двох торцях плити. Дві тріщини виявилися приопорними, тоді як дві інші розташовані в прольоті плити. Ще дві тріщини зафіксовані на всій ширині нижньої поверхні і на одній з бічних. Саме у цих шести найбільш довгих тріщин виявилася максимальна глибина і ширина розкриття при втраті несучої здатності плити. До появи першої тріщини прогин становить 8% від зафіксованого в кінці випробувань. За час активного тріщиноутворення прогин зріс в 4 рази і досяг 31% від свого максимального значення, яке на момент втрати несучої здатності склало 2,45 см.

Ключові слова: залізобетон, пустотна плита перекриття, деформативність, тріщиностійкість, експериментальні дослідження.

EXPERIMENTAL STUDIES OF DEFORMABILITY OF REINFORCED CONCRETE HOLLOW CORE FLOOR SLAB

¹Surianinov M.G., Doctor of Science, Professor,
sng@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0003-2592-5221

¹Neutov S.P., PhD., Assistant Professor,
neutov.stepan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0132-124X

¹Korneieva I.B., PhD., Assistant Professor,
korneevairinaborisovna@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0104-6938

¹Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
4, Didrikhson street, Odessa, 65029, Ukraine

Abstract. The results of the study of the deformability and fracture toughness of a hollow core floor slab PK 30.12-8, manufactured at the enterprise Velikodolinsky Zavod ZhBK LLC, obtained in the course of full-scale static tests in laboratory conditions, are presented. The plate is tested by loading to failure in accordance with applicable standards in an equivalent circuit. The load was applied in small steps for a detailed study of the process of plate deformation. At each stage, the readings of the instruments were recorded twice, and also, starting from the moment of the formation of the first crack, the width of the crack opening was measured. As measuring instruments, strain gauges and dial gauges were used.

As a result of processing the instrument readings, we obtained graphs of the dependence of the longitudinal deformation and deflection on the load.

In total, 21 loading steps were carried out during the tests. Up to the seventh loading stage, the graphs are linear, then the first crack and non-linearity appear on the graphs, and at stages 7-11 the curves sharply deviate from the vertical, 11 more cracks appear. Further, the process of crack formation slows down, deformations do not grow so fast, there is a gradual opening of cracks and in some places the appearance of new ones.

During testing, a breaking load of 111.8 kN was achieved. The cracking process began at a load of 44.41 kN, which amounted to 40% of the actual breaking load. The first crack appeared at a load of 40% of the maximum, and half of the total number of cracks appeared at a load of 57% of the maximum. Of the total number of cracks, only four were through, that is, they appeared both on the bottom surface and on the two ends of the plate. Two cracks were support, while the other two are located in the span of the plate. Two more cracks are fixed along the entire width of the lower surface and on one of the side ones. It was these six longest cracks that showed the maximum depth and width of the opening with the loss of the bearing capacity of the plate. Before the first crack appears, the deflection is 8% of that recorded at the end of the test. During active crack formation, the deflection increased 4 times and reached 31% of its maximum value, which at the time of the loss of bearing capacity was 2.45 cm.

Keywords: reinforced concrete, hollow core slab, deformability, crack resistance, experimental studies.

Стаття надійшла до редакції 3.02.2020