

УДК 624.1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПРОФИЛИРОВАННОГО НАСТИЛА АРОЧНОЙ ФОРМЫ ПОД МОНТАЖНЫМИ НАГРУЗКАМИ В ПЕРЕКРЫТИЯХ НИЖНЕЙ СВОДЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПОДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ

А.А. Комлев, С.А. Макеев
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

***Аннотация.** Проведены экспериментальные исследования работы несъемной опалубки из профилированного настила арочной формы на действие монтажной нагрузки в конструкциях сборно-монолитных перекрытий малозаглубленных подземных пешеходных переходах. Рассмотрены испытательные схемы, соответствующие действительной работе профилированного настила арочной формы. Получены зависимости прогибов от действия монтажной нагрузки. Проверена общая устойчивость арок из профилированного настила. Получены рекомендации по использованию профилированного настила арочной формы в качестве несъемной опалубки.*

***Ключевые слова:** подземные пешеходные переходы, сборно-монолитное перекрытие, профилированный настил арочной формы.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент времени идет активный поиск способов применения профилированного настила, поскольку он является универсальным конструктивным материалом. Традиционно он используется в конструкциях покрытий и других ограждающих конструкциях. Перспективным направлением стало использование профилированного настила в виде несъемной опалубки при изготовлении монолитных перекрытий [1, 2]. После появления технологии гибки профилированного настила в продольном направлении область его использования значительно расширилась, его стали использовать в виде самонесущих арок [3, 4]. Однако, с появлением арочных конструкций, профилированный настил стал использоваться не только как изгибаемый элемент, но и как сжато-изогнутый, что повлекло за собой появления большого количества новых вопросов и как следствие новых исследований [5].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПРОФИЛИРОВАННОГО НАСТИЛА АРОЧНОЙ ФОРМЫ ПОД МОНТАЖНЫМИ НАГРУЗКАМИ В ПЕРЕКРЫТИЯХ С НИЖНЕЙ СВОДЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПОДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ

В сборно-монолитных перекрытиях малозаглубленных подземных переходов, с нижней

сводчатой поверхностью в качестве несъемной опалубки может применяться арочный профилированный настил. Который на стадии возведения будем воспринимать нагрузку от веса свежееуложенного бетона, монтажников и оборудования. В работе [6] рассматривался вопрос об эффективном использовании различных типов профлиста при различных пролетах, однако не были проведены экспериментальные работы. Целью данной работы стало экспериментальное определение возможности использования профилированного настила арочной формы в качестве несъемной опалубки.

Поскольку исследования монолитных перекрытий с нижней сводчатой поверхностью площадью 12-20 м² сопряжено со значительными трудностями. Испытание больших панелей требует сооружения громоздкой установки, большого количества приборов, материалов и занимает много времени, поскольку необходимы неоднократные повторения эксперимента. Поэтому было решено проводить исследования на арочных фрагментах. (Рис.1). Программа экспериментальных работ была разработана в соответствии с [7 - 9].

Было изготовлено 3 масштабных модели, в масштабе 1:1, из стального профилированного настила арочной формы пролетом $l = 3500$ мм, шириной $B = 300$ мм (Рис. 1). Для арок принято отношение $f = l/25$. При сохранении этого отношения высота опытной арки $f = 3500/25 = 140$ мм. Для опытных моделей использован профнастил марки НС21-1000-1 [10].

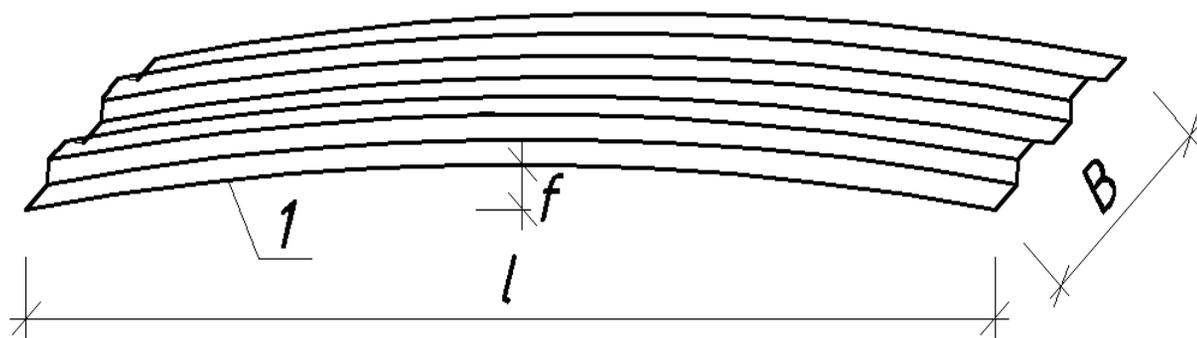


Рисунок 1 – Опытное изделие
1 – арка из стального профилированного настила
f – стрела подъема арки, l – пролет арки, B – ширина образца

Для проведения экспериментальных исследований были предусмотрены схемы испытаний, соответствующие действительной работе профилированного настила арочной формы под монтажными нагрузками (Рис. 2).

Испытание профилированного производилось с целью получения данных о возмож-

ности использования профилированного настила арочной формы в качестве несъемной опалубки, а именно восприятие нагрузок от веса свежеложенного бетона, монтажников и оборудования.

Образцы загружали бетонными блоками со средним весом 180 Н. Деформации арки изме-

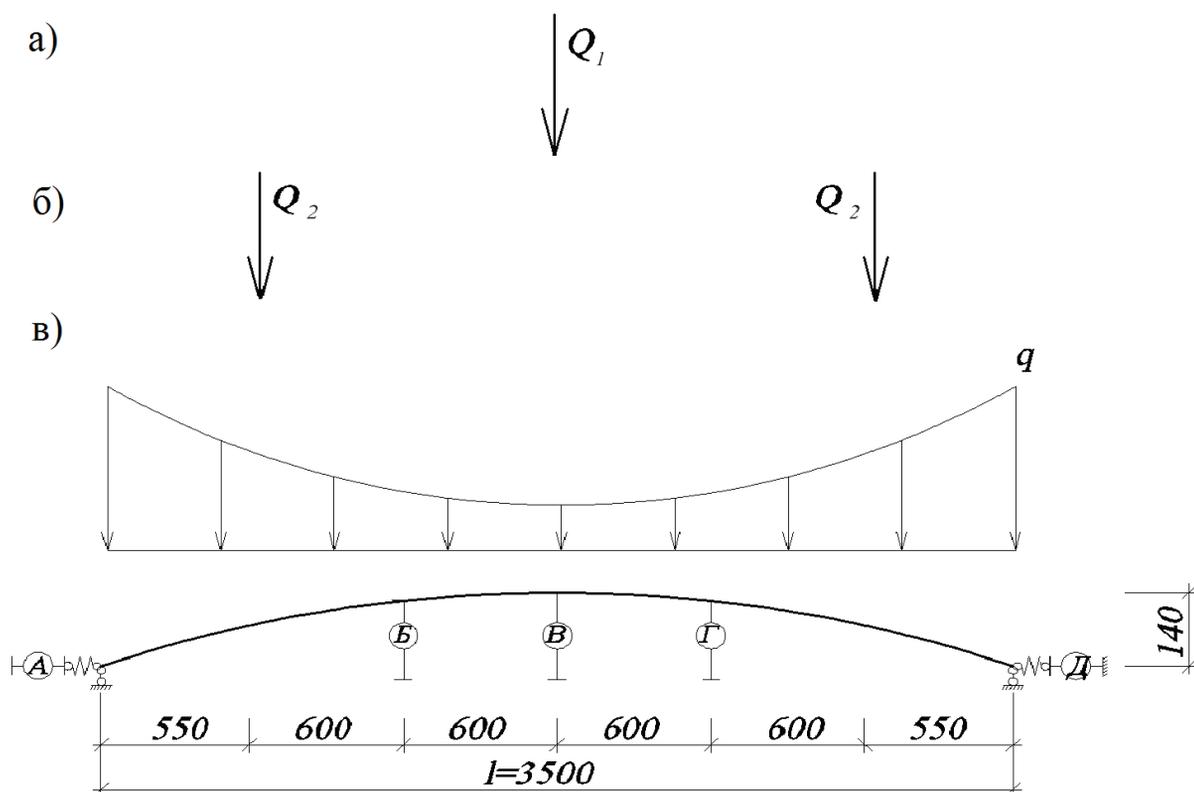


Рисунок 2 – Схема испытания профилированного настила:
а) на монтажную нагрузку от веса монтажника в середине пролета;
б) на монтажную нагрузку от веса свежеложенного бетона в приопорных зонах;
в) на монтажную нагрузку от веса свежеложенного бетона распределенного по всей поверхности.

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ряли прогибомерами Максимова в середине и в третях пролета Б, В, Г. Опоры арки выполнены из уголков, закрепленных на металлических траверсах. (Рис.3.) Индикаторами часового типа А и Д, с ценой деления 0.01 мм, измеряли податливость пор.

Схема 1 - сосредоточенная нагрузка в середине пролета от условного веса монтажника $P=700$ Н (Рис. 1.а).

При испытании по 1 схеме приложено 4 ступени нагрузки. В таблице 1 приведены значения нагрузки по ступеням загрузений, показания индикаторов, значения прогибов и перемещений.



Рисунок 3 – Крепление профнастила к опорным элементам



Рисунок 4 – Испытание профилированного настила на нагрузку от веса монтажника и оборудования в середине пролета

Таблица 1
ЗНАЧЕНИЯ НАГРУЗКИ ПО СТУПЕНЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ, ПОКАЗАНИЯ ИНДИКАТОРОВ

№ п/п	P, Н	Перемещения в точке А, мм	Прогиб в точке Б, мм	Прогиб в точке В, мм	Прогиб в точке Г, мм	Перемещения в точке Д, мм
0	0	0	0	0	0	0
1	185	0.18	3.5	5.8	2.7	0.32
2	367.5	0.39	6.8	8.9	5.3	0.62
3	552.5	0.6	10.4	13.6	7.8	0.98
4	732.5	0.77	13.6	17.8	9.9	1.36

Схема 2 - загрузка свежеложенным бетоном в приопорных зонах, при бетонировании от опор к середине (Рис.1.б). При испытании по 2 схеме также было приложено 4 ступени

нагрузки. В таблице 2 приведены значения нагрузки по ступеням загрузений, показания индикаторов, значения прогибов и перемещений.



Рисунок 5 – Испытание профилированного настила на нагрузку от веса свежесушеного бетона в опорных зонах

Таблица 2
ЗНАЧЕНИЯ НАГРУЗКИ ПО СТУПЕНЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ, ПОКАЗАНИЯ ИНДИКАТОРОВ

№ п/п	$P, Н$	Перемещения в точке А, мм	Прогиб в точке Б, мм	Прогиб в точке В, мм	Прогиб в точке Г, мм	Перемещения в точке Д, мм
0	0	0	0	0	0	0
1	185 x 2	0.08	1.7	2.4	1.5	0.17
2	365 x 2	0.23	5	4.9	4.4	0.48
3	550 x 2	0.37	6.8	5.3	6.1	0.65
4	735 x 2	0.48	8.3	6	6.7	0.8

Схема 3 – загрузка свежесушенным бетоном по всей поверхности арки (Рис. 1.в) При испытании по 3 схеме арка нагружалась от центра к опорам, за 7 ступеней нагрузки. В та-

блице 3 приведены значения общей нагрузки по ступеням загрузений, показания индикаторов, значение прогибов и перемещений.



Рисунок 6 – Испытание профилированного настила на нагрузку от веса свежесушеного бетона распределенного по всей поверхности

**РАЗДЕЛ III.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**

Таблица 3
ЗНАЧЕНИЯ НАГРУЗКИ ПО СТУПЕНЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ, ПОКАЗАНИЯ ИНДИКАТОРОВ

№ п/п	P, H	Перемещения в точке А, мм	Прогиб в точке Б, мм	Прогиб в точке В, мм	Прогиб в точке Г, мм	Перемещения в точке Д, мм
0	0	0	0	0	0	0
1	18.5	0.18	4	5.4	3.3	0.36
2	552.5	0.61	9.9	12.4	8.1	0.47
3	912.5	0.85	15.2	17.3	11.8	1.48
4	1282.5	1.12	20	21.1	15.4	1.96
5	1652.5	1.28	22.5	23.2	17.4	2.25
6	2022.5	1.32	23.5	24.2	19.1	2.32
7	2372.5	1.48	26.5	26.1	19.4	2.5

Сравнение численных (f_m), полученных в результате компьютерного моделирования, и экспериментальных (f_{on}) значений деформаций в полой арке приведено в табличной форме (табл. 4 – 6) и графически (Рис. 7 - 9).

Таблица 4
СРАВНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРОГИБОВ В ПОЛОЙ АРКЕ ПРИ ЗАГРУЖЕНИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ СИЛОЙ ОТ ВЕСА МОНТАЖНИКА В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА

№п/п	Q_1, H	$f_{on}, мм$	$f_m, мм$	$\gamma_{cp} = f_{on}/f_m$	$\gamma_{cp} * f_m, мм$ ($\gamma_{cp} = 1.25$)
0	0	0	0	0	0
1	185	5.8	3.22	1.80	4.0
2	367.5	8.9	6.56	1.36	8.2
3	552.5	13.6	10.3	1.32	12.9
4	732.5	17.8	13.3	1.34	16.6

Таблица 5
СРАВНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДЕФОРМАЦИЙ В ПОЛОЙ АРКЕ ПРИ ЗАГРУЖЕНИИ НАГРУЗКОЙ ОТ ВЕСА СВЕЖЕУЛОЖЕННОГО БЕТОНА В ПРИОПОРНЫХ ЗОНАХ, ПРИ БЕТОНИРОВАНИИ ОТ ОПОР К СЕРЕДИНЕ

№п/п	$Q_2 * 2, H$	$Q_{умоз}, H$	$f_{on}, мм$	$f_m, мм$	$\gamma_{cp} = f_{on}/f_m$	$\gamma_{cp} * f_{np}, мм$ ($\gamma_{cp} = 1.25$)
0	0	0	0	0	0	0
1	185 x 2	370	2.4	0.92	2.61	1.2
2	365 x 2	730	4.9	2.66	1.84	3.3
3	550 x 2	1100	5.3	3.63	1.46	4.5
4	735 x 2	1470	6	4.65	1.29	5.8

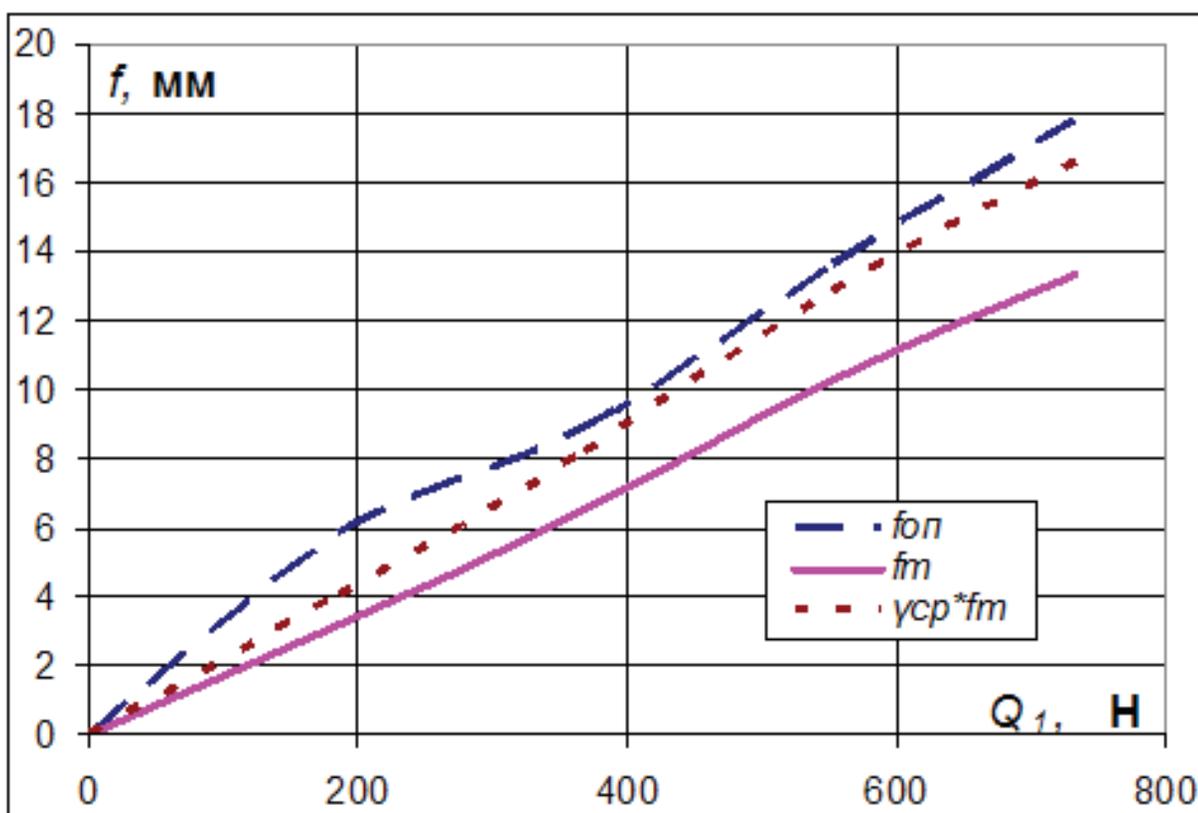


Рисунок 7 – Зависимость значений прогибов от сосредоточенной нагрузки в полой арке

Таблица 6
СРАВНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДЕФОРМАЦИЙ
В ПОЛОЙ АРКЕ ПРИ ЗАГРУЖЕНИИ НАГРУЗКОЙ ОТ ВЕСА СВЕЖЕУЛОЖЕННОГО
БЕТОНА РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПО ВСЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

№п/п	$\Sigma q_{b'}$, H	$f_{оп'}$, MM	f_m , MM	$\gamma_{ср} = f_{оп}/f_m$	$\gamma_{ср} * f_m$ MM ($\gamma_{ср} = 1.25$)
0	0	0	0	0	0
1	185	5.4	3.54	1.53	4.4
2	552.5	12.4	7.5	1.65	9.4
3	912.5	17.3	13.78	1.26	17.2
4	1282.5	21.1	17.45	1.21	21.8
5	1652.5	23.2	18.9	1.23	23.6
6	2022.5	24.2	19.02	1.27	23.8
7	2372.5	26.1	20.55	1.27	25.7

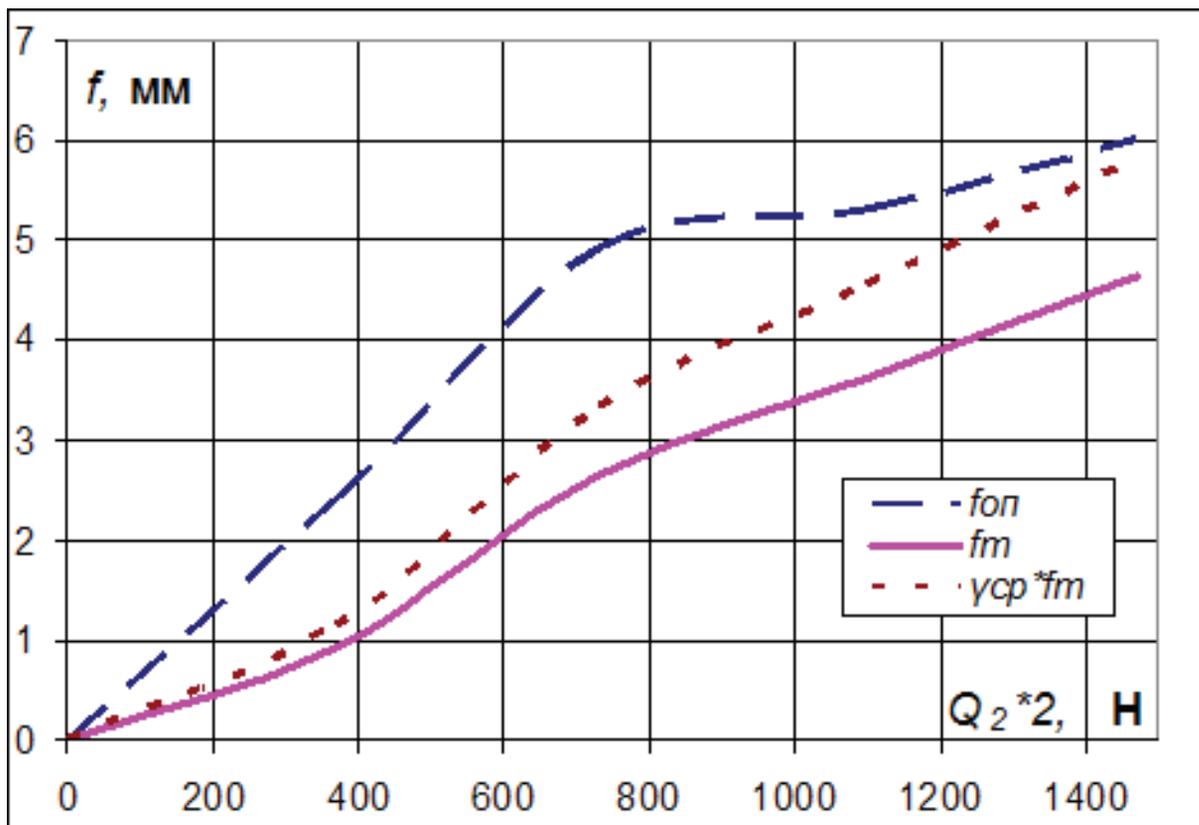


Рисунок 8 – Зависимость значений прогибов от нагрузки в пологой арке в приопорных участках

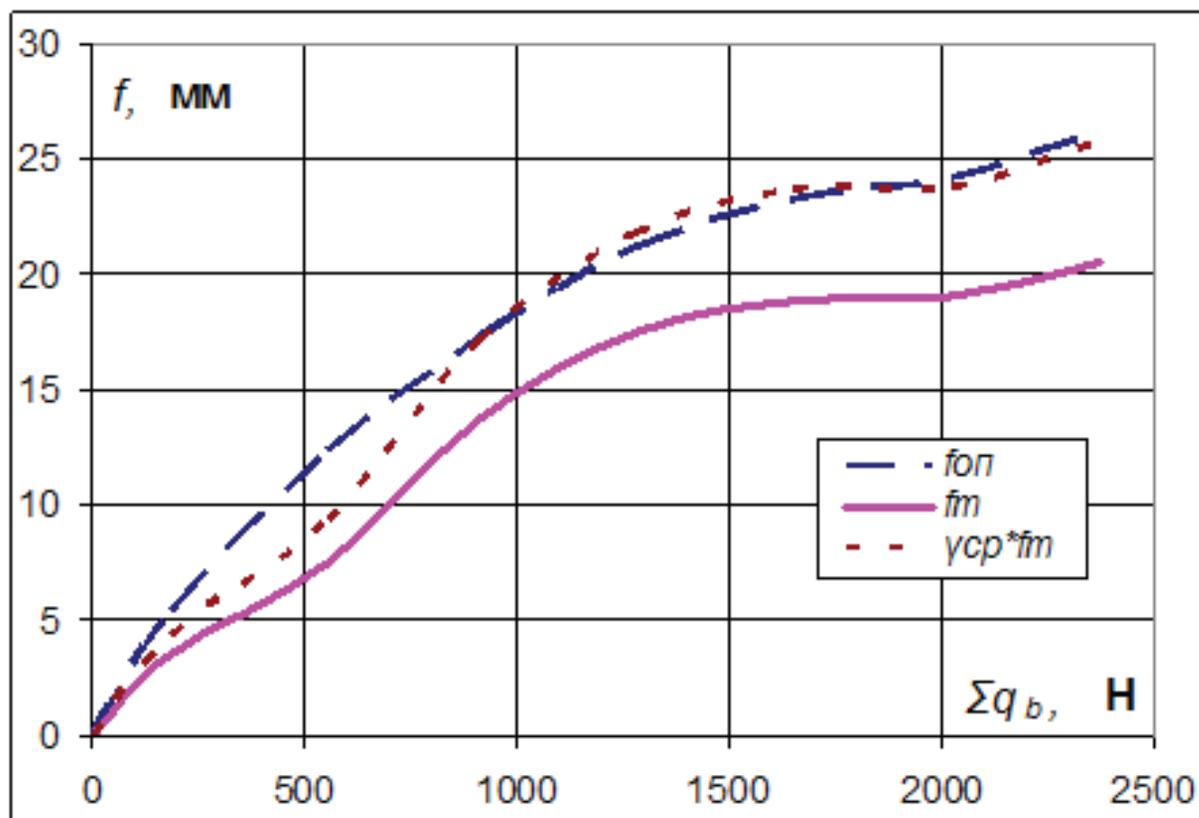


Рисунок 9 – Зависимость значений прогибов от нагрузки, распределенной по всей поверхности



Рисунок 10 – Картина обмятия торцевых участков профилированного настила

В результате сравнения прогибов, полученных в результате эксперимента и моделирования в программном комплексе “Лира ПК” выявлено: прогибы, полученные в результате эксперимента, больше чем расчетные. Это объясняется тем, что происходит дополнительное осевое перемещение торца арки из-за обмятия торцевых участков профилированного настила и перемещения нижней полки профилированного листа, вследствие поворота арки. Наиболее интенсивно обмятие происходит на первых этапах загрузений.

Разница опытных значений с результатами моделирования объясняется еще и тем, что расчет проводился в упругой стадии. Не учтено удлинение оси арки от деформации, которое определяется по формуле [11]:

$$\Delta_f = 8f^2/3l, \quad (1)$$

где: Δ_f - удлинение оси арки от деформации, f – прогиб арки, l – пролет арки.

Для теоретических значений прогиба введен коэффициент условия работы арочного профилированного настила $\gamma_{cp} = f_{пр}/f_m \approx 1,25$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам испытаний было установлено, что прочность стального профилированного настила арочной формы для восприятия монтажных нагрузок достаточна, потери общей устойчивости пологой арки не происходит, отмечено обмятие торцевых участков профилированного настила (Рис. 10). Перемещения и прогибы соответствуют условиям, при которых возможно устройство перекрытия. Для снижения нагрузки на несъемную опалубку и экономии материала арочному профнастилу целесообразно задавать дополнительное зна-

чение вылета стрелы $f \approx l_0/200$ (строительный подъем).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клименко Ф.Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием. – К.: Будівельник, 1984. – 88 с.
2. Abbas, H. S., Bakar, S. A., Ahmadi, M., Haron, Z. Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab // *GRADEVINAR* 67 (2015) 3, pp. 225-233, doi: 10.14256/JCE.1112.2014
3. Афанасьев В.Ю., Соколовский З.Н., Макеев С.А. Несущие арочные покрытия из трапециевидного профиля производства ООО «Монтажпроект», г. Омск // Роль механики в создании эффективных материалов, конструкций и машин 21 века: Труды всероссийской научно-технической конференции, 6-7 декабря 2006г. - Омск: СибАДИ, 2006. -С 81-86.
4. Красотина Л.В., Краснощекоев Ю.В., Мосенкис Ю.М. Использование арочного профнастила при реконструкции зданий // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2009. №14. с. 41-46.
5. Низамеев В.Г., Башаров Ф.Ф. Исследование несущей способности профилированного настила при внецентренном сжатии с учетом закритической его работы // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. №1 (35). С. 95-101.
6. Комлев А.А. Эффективность несъемной опалубки из арочного профилированного настила // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: материалы V Всероссийской научно-практи-

ческой конференции студентов, аспирантов и молодых ученых - Омск: СибАДИ, 2010. Кн. 2, - С.174-177.

7. Золотухин Ю.Д. Испытание строительных конструкций: [Учеб. пособие для вузов по спец. "Пром. и гражд. стр-во"]. Мн.: Высш. школа, 1983. – 208с., ил.

8. Аронов Р.И. Испытание сооружений. Учебное пособие для вузов. М., "Высш. Школа", 1974. – 187с., ил.

9. Долидзе Д.Е. Испытание конструкций

и сооружений. Учеб. Пособие. М., "Высш. школа", 1975.

10. ТУ 1122-002-44880798-01 Профиль стальной холодногнутый листовой с трапециевидной формой гофра С21-1000. Технические условия.

11. Погребной Я.Ф. Оптимизация технологических и конструктивных решений с варьированием параметров продольных узловых связей. - Киев: Будівельник, 1973. - 134с.

EXPERIMENTAL STUDIES OF PROFILED FLOORING ARCHED UNDER CONSTRUCTION LOADS IN THE SLABS WITH LOWER VAULTED SURFACE SUBWAYS

A.A. Komlev, S.A. Makeev

Abstract. *Experimental studies of permanent shuttering of profiled flooring, arched shape on the effect of mounting loads in the construction of precast-monolithic slabs slightly deepened underground pedestrian crossings. Considered the test scheme, valid work profiled flooring, arched shape. The dependences of the deflection from the action of mounting loads. Proven overall stability of the arches of the profiled decking. Recommendations for the use of profiled flooring arched as permanent formwork.*

Key words: *underground pedestrian crossings, precast-monolithic slab, profiled sheeting arched.*

REFERENCES

1. Klimenko F.E. Stalbetonnye konstrukcii s vneshnim polosovym armirovaniem [Reinforced concrete construction with external reinforcement strip]. Kiev, 1984, 88 p.

2. Abbas, H. S., Bakar, S. A., Ahmadi, M., Haron, Z. Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab [Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab]// GRADEVINAR 67 (2015) 3, pp. 225-233.

3. Afanas'ev V.Ju., Sokolovskij Z.N., Makeev S.A. Nesushhie arochnye pokrytija iz trapecevidnogo profilja proizvodstva OOO «Montazh-proekt», g. Omsk [Supporting an arched cover of a trapezoidal profile manufactured by "Montazh-proekt", Omsk]. Trudy vserossijskoj nauchno-technicheskoj konferencii, 6-7 dekabnja 2006. Omsk, SibADI, 2006, pp 81-86.

4. Krasotina L.V., Krasnoshhekov Ju.V., Mosenkis Ju.M. Ispol'zovanie arochnogo prof-nastila pri rekonstrukcii zdaniy [The use of arched corrugated sheet in the reconstruction of buildings] Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii, 2009, №14. pp. 41-46.

5. Nizameev V.G., Basharov F.F. Issledovanie nesushhej sposobnosti profilirovannogo nastila pri vnecentrennom szhatii s uchetom zakriticheskoj ego raboty [Research of bearing

capacity of profiled sheeting under eccentric compression considering overcritical of his work]. Izvestija Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta, 2016, №1(35), pp. 95-101.

6. Komlev A.A. Jefferktivnost' nesushhej opalubki iz arochnogo profilirovannogo nastila [The efficiency of a fixed timbering from the arched profiled flooring] Razvitie dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noj infrastruktury na osnove racional'nogo prirodopol'zovanija: materialy V Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, Omsk, SibADI, 2010. Kn.2, pp.174-177.

7. Zolotuhin Ju.D. Ispytanie stroitel'nyh konstrukcij [Testing of building structures]. Minsk, 1983, 208 p.

8. Aronov R.I. Ispytanie sooruzhenij [Test structures]. Moscow, 1974, 187 p.

9. Dolidze D.E. Ispytanie konstrukcij i sooruzhenij [Test structures]. Moscow, 1975.

10. ТУ 1122-002-44880798-01 Профиль стальной холодногнутый листовой с трапециевидной формой гофра С21-1000 [The cold-formed steel sheet profile with trapezoidal corrugation C21-1000].

11. Погребной Я.Ф. Оптимизация технологических и конструктивных решений с варьированием параметров продольных узловых связей [Optimiza-

