



УДК 625.745.2

• © В.Н. Абрамов, канд. техн. наук, зав. отделом (ДП “Донецкий ПромстройНИИпроект”)

УПРУГАЯ И УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ РАБОТА ГРУНТО-СТАЛЬНЫХ ГОФРИРОВАННЫХ АРОЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОД ДОРОЖНЫМИ НАСЫПЯМИ

Аннотация. Изложено дополнение к способу практического расчета грунто-стальных гофрированных арочных сооружений под дорожными насыпями, позволяющее достаточно просто установить стадию работы материала конструкций и определить собственную несущую способность упругих арок.

Ключевые слова: упругие и упруго-пластические арки, предельный прогиб, отпор.

Анотація. Викладено доповнення до способу практичного розрахунку грунто-сталевих гофрованих арочних споруд під дорожніми насипами, що дає змогу досить просто встановити стадію роботи матеріалу конструкцій і визначити власну несучу здатність пружних арок.

Ключові слова: пружні та пружно-пластичні арки, граничний прогин, відпір.

Annotation. Addition to a way of practical calculation of soil-steel corrugated arch constructions under the road embankments is stated, allowing it is rather simple to establish a stage of work of a material of designs and to define own bearing abilities of elastic arches.

Key words: elastic and elasto-plastic arches, limit deflection, resistance.

Введение

В работе [1] был показан простой способ практического расчета грунто-стальных гофрированных арочных сооружений под дорожными насыпями (малых мостов, путепроводов, водопропускных труб) по деформационному критерию с учетом нелинейной работы. Рассматривалась полукруговая (рациональная по условиям монтажа, транспортирования и складирования гофрированных элементов одинаковой кривизны) арка единичной ширины (в рамках плоской задачи). Использовались общепринятые расчетные предпосылки теории предельного равновесия и механики грунтов, применяемые в расчетах гибких труб в грунте [2 – 5]:

- за собственную несущую способность арки принималась нагрузка q_0 , соответствующая переходу ее в “механизм” с пластическими шарнирами;
- упругий отпор грунта засыпки выпучиванию боковых участков арки, повышающий ее несущую способность на величину q_2 в системе “конструкция – грунт”, принимался пропорциональным перемещениям по модели Фусса-Винклера.

Критерием исчерпания эксплуатационной пригодности грунто-стальной арки считался момент достижения предельного прогиба f_{np} , составляющего

2,5 % от радиуса r , по аналогии с требованиями норм по ограничению прогиба труб под дорожными насыпями величиной 5 % от диаметра [4], а соответствующая нагрузка принималась за предельную, q_{np} .

Цель данной статьи – дополнить представления о схеме определения (с учетом упругой или упруго-пластической работы материала) собственной несущей способности арки q_0 , как одной из составляющих полной несущей способности арки q_{np} в грунте, в момент достижения предельного прогиба по формуле (2) работы [1]:

$$q_{np} = q_0 + q_2 \quad (1)$$

Основная часть

Исходное положение изложенного в [1] способа расчета грунто-стальных арочных гофрированных сооружений, касающееся учета поддерживающего засыпную арку бокового отпора грунта в ответ на выпучивание стен от вертикальной нагрузки, вполне отвечает сформировавшимся представлениям в данной области знаний [2 – 7]. А исходное положение относительно схемы определения собственной (вне грунта) несущей способности



гофрированной арки требуется дополнить указанием возможности определения этого показателя и для упругой стадии работы материала арки.

Как показали результаты численных расчетов грунто-стальных полукруговых арок радиусом r от 3,0 м до 7,0 м из элементов толщиной t от 3,0 мм до 8,0 мм с размерами гофра от 150×50 до 400×150 (соответственно, длина и высота волны гофра, мм) принятый за критерий исчерпания эксплуатационной пригодности прогиб величиной 2,5 % от радиуса r (превышение которого связано с недопустимым нарушением ровности проезда) может быть достигнут как в упругой стадии работы материала арки, так и за пределами упругой стадии, в зависимости от сочетания геометрических и прочностных параметров арок (размеров гофра, толщины элементов, радиуса арки, характеристик стали). По результатам этих расчетов составлен график (рис. 1) зависимости коэффициента k – множителя к величине изгибной жесткости EI сечения гофрированных элементов шириной 1,0 м – от радиуса r для определения собственной несущей способности q_0 гофрированных арок указанной выше ширины по полученной зависимости:

$$q_0 = kEI, \quad (2)$$

где E – модуль упругости материала арки;
 I – момент инерции сечения гофрированных элементов (шириной 1,0 м).

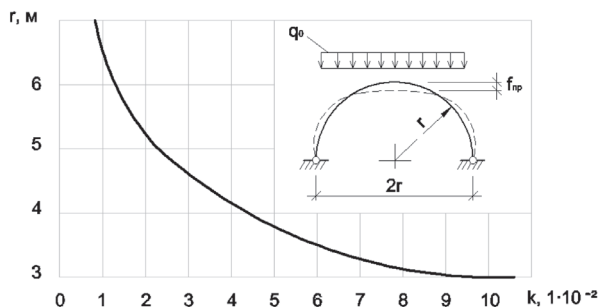


Рис. 1. Значения коэффициента k для полукруговых двухшарнирных арок различных радиусов r шириной 1,0 м в упругой стадии работы при достижении предельного прогиба $f_{np} = 0,025r$

Величина q_0 (собственная несущая способность арки) по формуле (1) соответствует предельной интенсивности вертикальной равномерно распределенной нагрузки в уровне верха арки от веса грунта насыпи над верхом арки и временной подвижной нагрузки, например НК-100, в момент достижения предельно допустимого прогиба $f_{np} = 0,025r$, при условии, что такой прогиб достигается в упругой стадии работы материала.

За критерий того, что гофрированная арка работает в упругой стадии было принято условие не превышения расчетным моментом M_{max} в наиболее

напряженном сечении арки предельного упругого момента $M_{np\ yн} = \sigma_m W$ для арки с пределом текучести стали σ_m и моментом сопротивления W сечения шириной 1,0:

$$M_{max} \leq M_{np\ yн}, \quad (3)$$

или

$$M_{np\ yн} / M_{max} \geq 1. \quad (4)$$

Соответственно, если условия (3) или (4) не выполняются – предельный прогиб арки f_{np} достигается в упруго-пластической стадии работы ее материала.

Для упрощения определения стадии работы арки (упругой или упруго-пластической) из гофрированных элементов современных, применяемых в транспортном строительстве сортаментов с пределом текучести стали 240 МПа, а также для выбора способа установления собственной несущей способности арки q_0 при достижении предельного прогиба f_{np} может быть использован построенный по результатам расчетов график (рис. 2).

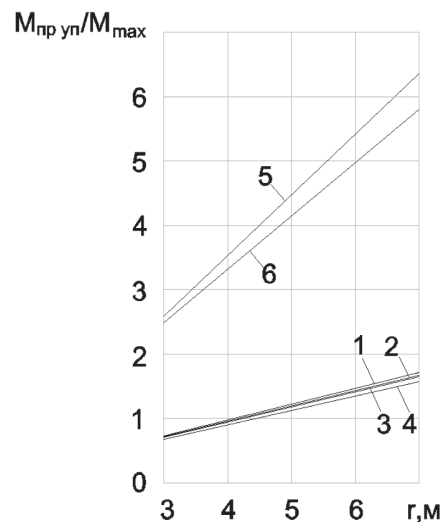


Рис. 2. Зависимость величины отношения $M_{np\ yн} / M_{max}$ от радиуса r полукруговой двухшарнирной арки шириной 1,0 м при предельном прогибе $f_{np} = 0,025r$, выполненной из элементов с гофрами: 150 × 50 (1); 152 × 51 (2); 152 × 51 (3); 164 × 57 (4); 400 × 150 (5) и 380 × 140 (6)

Линии на графике (рис. 2) построены для средних значений толщин гофрированных листов с учетом того, что величина отношения $M_{np\ yн} / M_{max}$ при прогибе рассматриваемой арки, равно предельному, сравнительно мало изменяется с изменением толщины (от 3,0 мм до 8,0 мм) гофрированного листа – примерно на 7,0 % для гофра 150 × 50 и на 2,6 % для гофра 400 × 150.

Из анализа графика на рис. 2 следует, что по геометрическим параметрам рассматриваемых арок и типоразмерам гофрированных элементов арки можно условно разделить на “жесткие” и “гибкие”. При этом



“жесткими” будем считать арки, у которых предельный прогиб достигается за пределами упругой стадии работы материала ($M_{пр\ ун} / M_{max} < 1$), а “гибкими” – арки, предельный прогиб у которых наступает в упругой стадии ($M_{пр\ ун} / M_{max} \geq 1$). Тогда, согласно этому графику, к “жестким” или упруго-пластическим следует отнести полукруговые двухшарнирные арки с гофрами 150×50 , 152×51 , 152×51 и 164×57 радиусом менее 4,0 – 4,5 м, а к “гибким” или упругим – арки с такими же гофрами и с радиусом 4,0 – 5,0 м и более, а также арки с гофрами 380×140 и 400×150 всех рассмотренных здесь радиусов (от 3,0 м до 7,0 м).

Для указанных выше упруго-пластических арок собственная несущая способность q_0 может определяться так, как показано в работе [1], а для упругих арок из элементов рассмотренных сортментов и габаритов – по установленной на основе расчетов простой зависимости (2).

Выводы

Изложенное дополнение к способу расчета грунто-стальных арочных гофрированных сооружений под дорожными насыпями [1] позволяет достаточно просто установить стадию работы полукруговой двухшарнирной арки из элементов применяемых сортментов (упругую или упруго-пластическую) при достижении предельного прогиба (деформационного критерия исчерпания эксплуатационной пригодности сооружения). Предложенная простая расчетная зависимость значительно упрощает определение собствен-

ной несущей способности (одной из составляющих полной несущей способности) рассмотренных арок, достигающих предельного прогиба в упругой стадии работы материала гофрированных элементов.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Абрамов В.Н.** Способ расчета грунто-стальных арочных гофрированных мостов по деформационному критерию с учетом нелинейной работы // Автошляховик України. – 2012. – № 3. – С. 45–48.
2. **Металлические гофрированные трубы под насыпями** / Н.М. Колоколов, О.Я. Янковский, К.Б. Шербина, С.Э. Черняховская. – М.: Транспорт, 1973. – 117 с.
3. **Водопропускные трубы под насыпями** / Е.А. Артамонов, Г.Я. Волченков, Р.С. Клейнер, Р.Е. Подвальный, А.С. Потапов, К.Б. Шербина, О.Я. Янковский / Под ред. О.Я. Янковского. – М.: Транспорт. – 1982. – 232 с.
4. **Инструкция по проектированию и постройке металлических гофрированных водопропускных труб: ВСН 176-78** / Минтрансстрой СССР. – М.: Оргтрансстрой, 1979. – 30 с.
5. **Абрамов В.Н.** Металлические гофрированные своды под грунтовой засыпкой: автореферат дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Л.: ЛИИЖТ, 1989. – 21 с.
6. **Мосты и тоннели** / С.А. Попов, В.О. Осипов, А.М. Померанцев, Б.В. Бобриков, В.Г. Храпов / Под ред. С.А. Попова. – М.: Транспорт, 1977. – 526 с.
7. **Абрамов В.Н.** Особенности работы гибкого свода под насыпью на деформируемом основании // Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури: Будівельні конструкції та споруди. – Вип. 3 (51). – Макіївка: ДонНАБА, 2005. – С. 34–38.

Шановні читачі!

Триває передплата на журнал “Автошляховик України”

“Автошляховик України” – науково-виробничий журнал для фахівців автомобільного транспорту та дорожнього господарства. На його сторінках друкуються матеріали про сучасні технології, наукові дослідження та розробки, висвітлюються питання організації та економіки виробництва, впровадження системи управління якістю транспортно-дорожнього комплексу, а також інформація про нові експлуатаційні й будівельні матеріали.

Передплатити журнал “Автошляховик України” можна в усіх відділеннях зв’язку через Каталог періодичних видань України ДП “Преса”, а також через каталоги передплатних агенцій:

- ПА “Меркурій”;
- ПА “Ідея-Україна”;

Передплатний індекс – 74000

“Автошляховик України” – Ваш помічник і надійне джерело інформації!

