УДК 624.15: 624.014

НОВЫЕ ТРЕХСЛОЙНЫЕ РЕБРИСТЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ ОПОР ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ

Ращепкина С.А.

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФБГУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.», Балаково, e-mail: Rashh2008@mail.ru

Предлагаются новые конструктивные решения опор с применением инновационные материалов. Рассматривается три принципа повышения несущей способности мостовых оболочечных опор из сборных трехслойных ребристых элементов: применение ребристой рулонной заготовки; создание несущей способности опоры за счет дополнительного заполнения ребер мелкозернистым бетоном или песком; передача вертикальных нагрузок на каркас оболочечной опоры, которые дают возможность проектировать и строить мостовые опоры из рулонных заготовок с использованием низколегированной стали, причем на мягких и просадочных грунтах. Трехслойный ребристый элемент состоит из стальной листовой заготовки и дискретно прикрепленных к ней полос. С обеих сторон элемента прикрепляют слои углеволокна с загибом за кромки пластины с последующим объединением всех слоев. Деформирование плоских заготовок производят после адгезии соединяемых слоев, а полые ребра заполняют материалом после установки всех конструкций опоры в проектное положение. Представлены аналитические зависимости, графики и номограмма по определению давления сжатого воздуха для создания ребристого элемента. Приводятся численные примеры, даются рекомендации по использованию номограмм. Применение трехслойных элементов позволит уменьшить сроки возведения опор, повысить их надежность, снизить стоимость пролетного строения на 10–12,5 %.

Ключевые слова: металл, трехслойные ребристые элементы, опоры пролетного строения

NEW THREE-LAYER RIBBED ELEMENTS FOR SUPPORT OF THE SUPERSTRUCTURE

Rashchepkina S.A.

Balakovsky Institute of engineering technology and management (a branch) FBSI HPE «Of the Saratov state technical University. Y.A. Gagarin», Balakovo, Russia (413800, Saratov region, Balakovo, e-mail: Rashh2008@mail.ru

Offers new constructive solutions supports with application of innovative materials. Discusses the three principles of improving the carrying capacity of bridge shell supports made of prefabricated sandwich ribbed elements: the use of ribbed rolled billets; creation of bearing capacity of support by filling in the additional edges to the fine-grained concrete or sand; the transfer of vertical loads on the frame of the shell supports, which give the opportunity to design and build the bridge piers of rolled blanks with the use of low-alloyed steel, and the soft and subsiding soils. Three-layer ribbed element is made of steel sheet blanks and discrete attached to the bands. On both sides of the element attach layers of carbon fiber with a bend the edges of the plates with the subsequent unification of all layers. Deformation of slabs produced after the adhesion of connected layers, and hollow ribs fill material after installation of all types of support in the design position. Analytical dependences, graphics and nomogram by definition pressure of compressed air to create a ribbed element. Numerical examples are given recommendations on the use of nomograms. In-use three-layer elements allow to reduce terms of piers, improve reliability, reduce the cost of the superstructure on 10–12,5 %.

Keywords: metal, sandwich ribbed elements, support the superstructure

1. В настоящее время вторгаются в реальную практику новые конструктивные решения опор и применяемых инновационных материалов. В первую очередь следует указать на опоры пролетных строений транспортных сооружений в виде сборных железобетонных опускных колодцев или стальных труб большого диаметра [2, 6]. Они повышают степень надежности опор при непредвиденной просадке грунтового основания и соответствующем нарушении целостности конструкции пролетного строения. Предлагаются опоры пролетного строения, разработанные на основе анализа существующих опор и экспериментально-теоретических исследований [3, 4].

Для создания мостовых опор из сборных трехслойных ребристых элементов рассматриваются *три принципа* повышения их несущей способности:

1) применение ребристой рулонной заготовки;

2) создание несущей способности опоры за счет дополнительного заполнения ребер мелкозернистым бетоном, песком;

3) передача вертикальных нагрузок на каркас стальной опоры транспортных сооружений.

Использование этих принципов и рекомендации по конструированию опор пролетного строения дают возможность проектировать и строить мостовые опоры из

рулонных заготовок с использованием низколегированной стали марки 09Г2С, причем на мягких (заторфованных) и просадочных грунтах.

2. Трехслойный ребристый элемент состоит из стальной листовой заготовки и дискретно прикрепленных к ней полос (рис. 1). С обеих сторон элемента прикрепляют слои углеволокна [7] с загибом за кромки пластины с последующим объединением всех слоев [1]. Причем деформирование плоских заготовок производят после адгезии соединяемых слоев. Полые ребра заполняют материалом после установки всех конструкций опоры в проектное положение. На рис. 1 обозначено: 1 – ребристая заготовка; 2 – слои углеволокна; 3 – заполнитель, например мелкозернистый бетон.

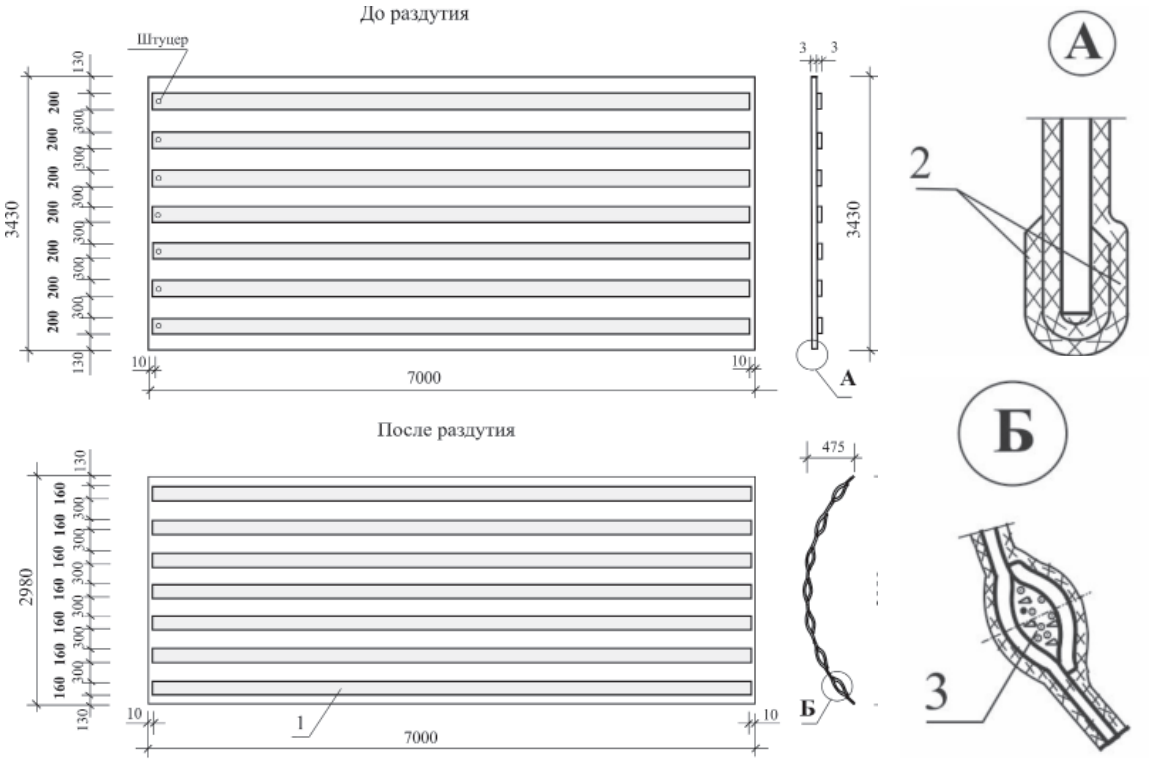


Рис. 1. Создание трехслойного ребристого элемента

На основе экспериментально-теоретических исследований были получены аналитические зависимости и построены графики и номограммы (рис. 2–3), из которых четко видно как изменяется давление в процессе формирования трехслойного ребристого элемента при коэффициентах раздутия kp от 0,1 до 0,8. Кроме того, видно, как влияет материал плоских заготовок и полос на их деформирование при образовании продольных полых ребер в трехслойном ребристом элементе.

3. Определение давления для создания трехслойного ребристого элемента (панели).

Пример 1. Требуется рассчитать необходимое давление сжатого воздуха для создания трехслойного ребристого элемента (рис. 1) при следующих данных: коэффициенты раздутия и сжатия $k_р = k_с = 0{,}8$; расчетное сопротивление стали по пределу текучести $\sigma_т = 230$ МПа; толщина листа и полос $t_s = 3$ мм; ширина полос $h_s = 200$ мм.

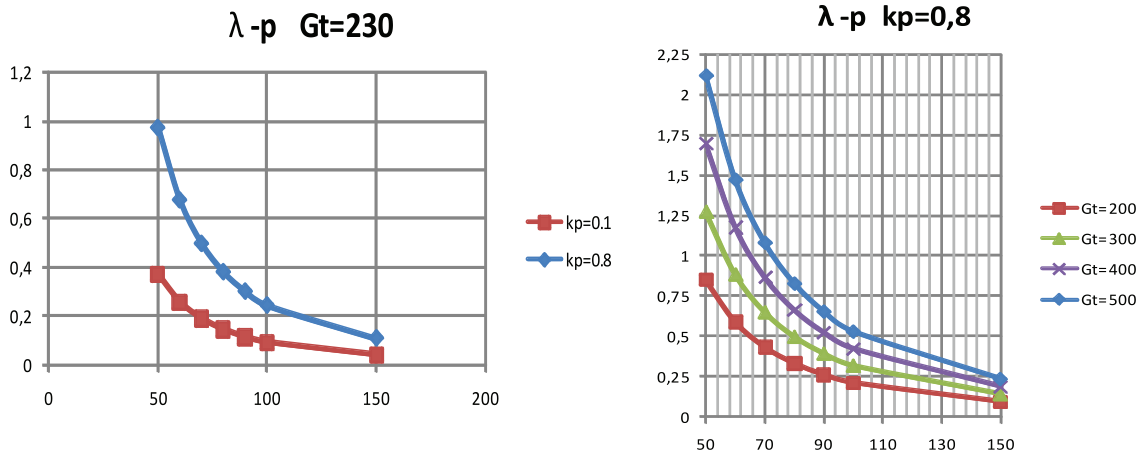
Давление сжатого воздуха вычислим по формуле [4, 7]:

$$p = \frac{4\pi^2\sigma_T}{\lambda_n^2(\pi^2 k_c^2 - 4k_p^2)},$$

$$\lambda = h_s/t_s = 200/3 = 66{,}66 \approx 70 < 100.$$

$$p = \frac{4\cdot 3{,}14^2\cdot 230\,\text{МПа}}{66{,}7^2(3{,}14^2\cdot 0{,}8^2 - 4\cdot 0{,}8^2)} = \frac{9070{,}8\ \text{МПа}}{4443{,}55(6{,}31 - 2{,}56)} =$$

$$= \frac{9070{,}8}{16663{,}33} = 0{,}544\ \text{МПа} = 5{,}44\ \text{кг/см}^2.$$



а б

Рис. 2. К определению параметров ребристой панели:
а – зависимость гибкости деформируемого элемента от давления сжатого воздуха;
б – влияние материала элемента на его деформирование

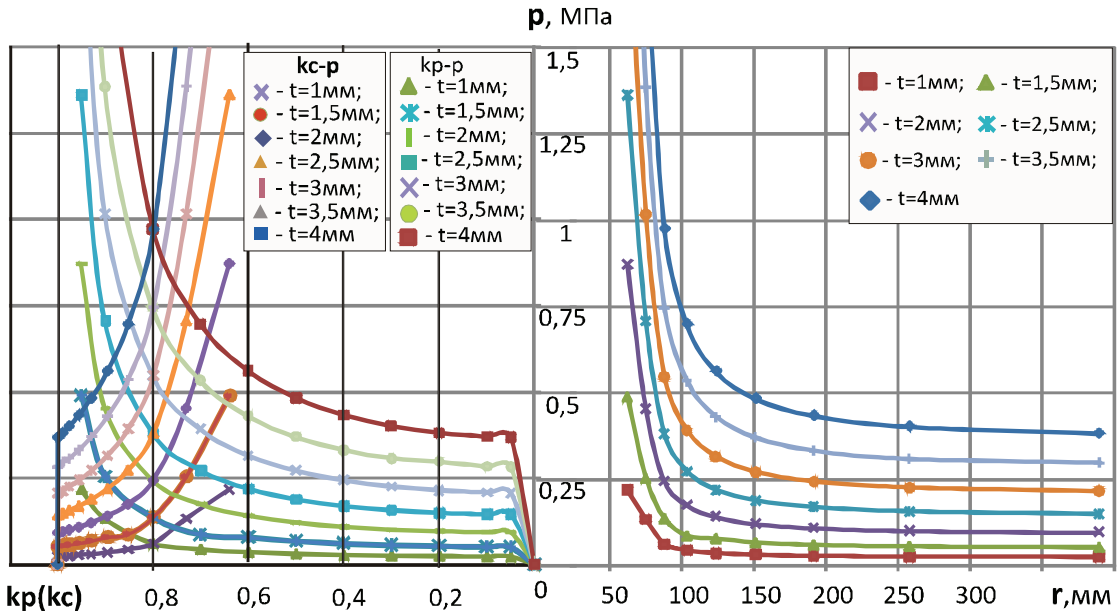


Рис. 3. Зависимость $k_p(k_c) – p – r$ (h_s = 200 мм; σ_m = 230 МПа)

Пример 2. Требуется рассчитать необходимое давление сжатого воздуха при следующих данных: коэффициенты раздутия и сжатия $k_p = k_c = 0{,}8$; расчетное сопротивление стали по пределу текучести $\sigma_т = 230$ МПа; толщина листа и полос $t_s = 1{,}5$ мм; ширина полос $h_s = 200$ мм.

Давление сжатого воздуха вычислим по формуле:

$$p = \frac{4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 230\,\text{МПа}}{133{,}33^2\,(3{,}14^2 \cdot 0{,}8^2 - 4 \cdot 0{,}8^2)} = \frac{9070{,}8\ \text{МПа}}{17776{,}8889(6{,}31 - 2{,}56)} =$$

$$= \frac{9070{,}8}{71996{,}4} = 0{,}1259\ \text{МПа} = 1{,}26\ \text{кг/см}^2.$$

где $\lambda = h_s/t_s = 200/1{,}5 = 133{,}33 \approx 135$.

Давление можно определить, используя графики, представленные на рис. 2 (при заданной гибкости и принятом материале трехслойных ребристых элементов). Например, при коэффициенте раздутия $k_р = 0,8$, гибкости $\lambda = 135$ и $G_т = 230$ МПа по графику находим $p = 0,13$ МПа, что согласуется с аналитическим расчетом.

Согласно работе [5] рекомендуется вводить поправочный коэффициент равный 1,3. Тогда имеем:

$$p = 1,3 \cdot 1,26 = 1,6 \text{ кг/см}^2.$$

Используя номограмму, можно установить размеры эллипсоидального поперечного сечения (радиус) продольного ребра трехслойного ребристого элемента одновременно с определением давления сжатого воздуха, необходимого для его создания (рис. 3). Например, при $k_р = 0,8$ при $t = 1,5$ мм находим – давление $p = 0,13$ МПа = 1,3 кг/см^2 и радиус поперечного сечения эллипсоидального ребра, равный $r \approx 90$ мм.

4. Конструкция пролетного строения. Оболочечные опоры (рис. 4) собирают из сборных трехслойных ребристых элементов, прикрепляемых к каркасу, состоящему из стоек из прямоугольных труб; верхнего, нижнего и трех промежуточных колец, выполненных из полосы шириной 200 мм и толщиной 3 мм. После монтажа всех элементов оболочечной опоры вертикальные ребра необходимо заполнить раствором, или мелкозернистым бетоном, или другим материалом.

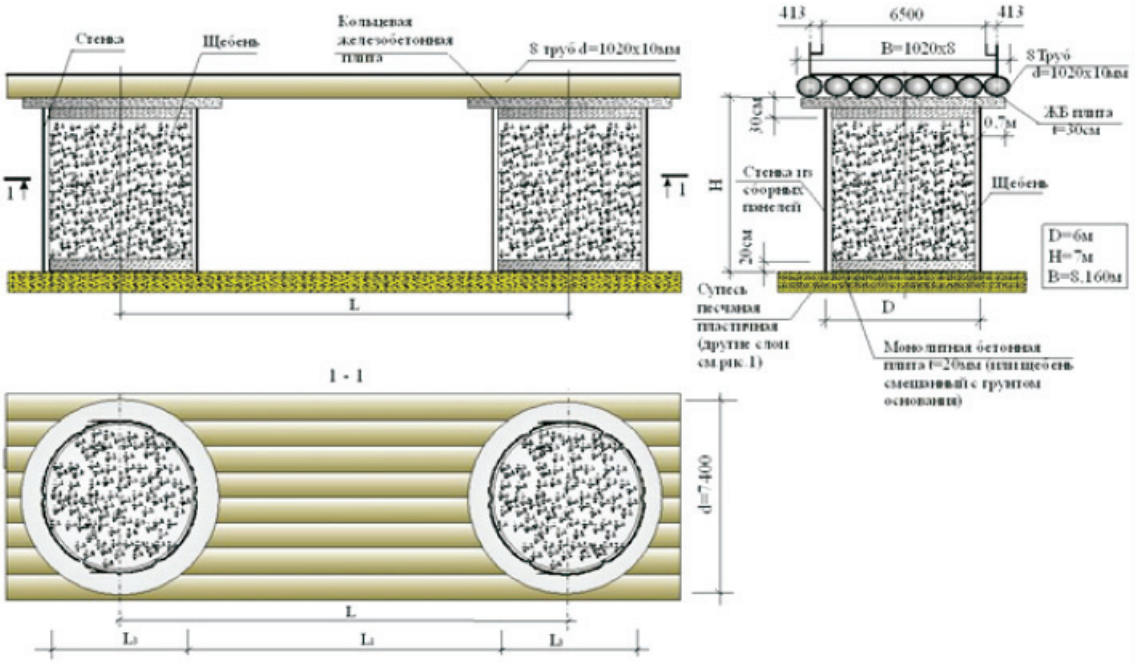


Рис. 4. Пролетное мостовое строение с опорами из сборных трехслойных панелей

Были разработаны варианты опор пролетного строения транспортных сооружений, скомпонованных из сборных трехслойных ребристых элементов с круговым, эллипсоидальным, прямоугольным и комбинированным сочетанием (рис. 5).

В основу создания оболочечных опор были заложены принципы образования опоры с учетом унификации конструктивных решений, использования рациональных способов изготовления и монтажа, экономичности перемещения к месту строительства.

Выводы

Анализ проведенных исследований показал, что использование трехслойных ребристых элементов приводит к снижению стоимости опор пролетного строения в целом на 10,0–12,6 % за счет использования рулонной листовой стали при их изготовлении плоских заготовок, компактности поставки и снижения сроков монтажа пролетного строения.

Применение трехслойных ребристых строительных элементов позволяет снизить металлоемкость и энергоемкость оболочечной конструкции опор транспортных сооружений. За счет применения инновационных материалов высокого качества [1, 7] сформированные строительные элементы обладают большой жесткостью и несущей способностью, имеют повышенную сопротивляемость специальным нагрузкам.

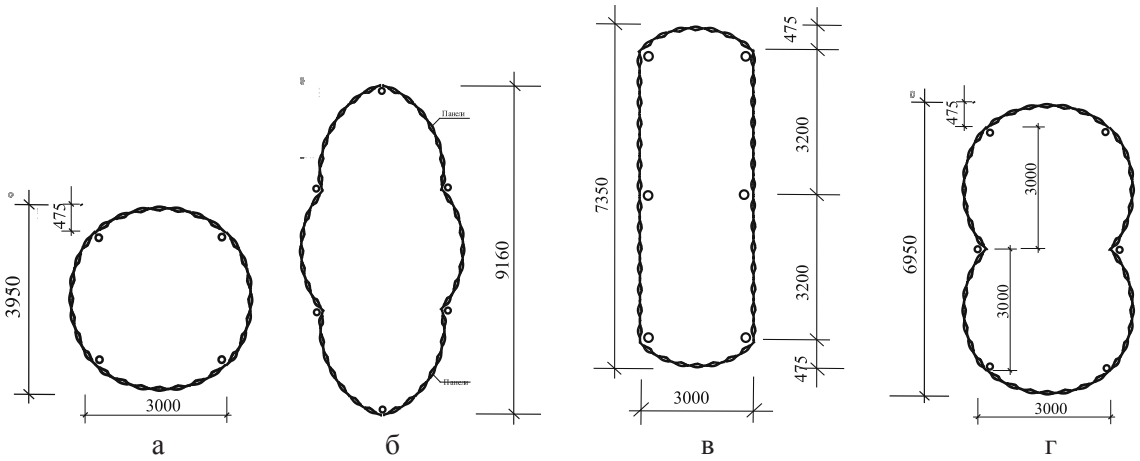


Рис. 5. Типы опор при различной компоновке трехслойных ребристых элементов: а – круговые; б – эллипсоидальные; в – прямоугольные; г – волнообразные

Список литературы

1. Мир клея: loctite [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mirkleya.ru/catalog/cianokrilatnye_klei_loctite/ (дата обращения: 15.01.13).

2. Пособие по производству работ при устройстве оснований и фундаментов. Ч.2. Раздел 7. Сооружения, устраиваемые способом стена в грунте (к СНИП 3.02.01-83). – М.: НИИОСП.

3. Ращепкина С.А. Новые пространственные ребристые металлические конструкции зданий и сооружений. Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 7. – С. 48–50.

4. Ращепкина С.А. Определение основных параметров формообразования цилиндрической ребристой панели с использованием номограмм // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. – 2010. – № 1. – С. 122–127.

5. Ращепкина С.А. Металлические емкости из легких конструкций повышенной транспортабельности. – Саратов: СГТУ, 2007. – 288 с.

6. Рекомендации по устройству фундаментов способом опускного колодца. – М.: НИИОСП. 1988.

7. Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов. – М.: ОАО ЦНИИС. 2010. – 182 с.

References

1. World glue: loctite [Electronic resource]. Mode of access: http://www.mirkleya.ru/catalog/cianokrilatnye_klei_loctite/ (date of access: 15.01.13).

2. Benefit on the production of works at the device of the bases and foundations. Part 2. Section 7. Facilities arranged by the way wall in soil (to SNIP 02/03/01-83). M: NIIOSP.

3. Rashchepkina S.A. New spatial ribbed metal structures of buildings and constructions. Industrial and civil construction, 2009, no. 7. pp. 48–50.

4. Rashchepkina S.A. Determination of the basic parameters of forming a cylindrical ribbed panel with the use of nomograms. Scientific-technical magazine the Bulletin of MGSU, 2010. no. 1. pp. 122–127.

5. Rashchepkina S. A. Metal containers made of lightweight structures of increased transport of return. Saratov: Saratov state technical University. 2007. 288 p.

6. Recommendations of foundations way standpipe well. M.: NIIOSP. 1988.

7. Guidelines for repair of concrete and reinforced concrete structures of transport constructions taking into account compatibility of materials. M.: JSC CNIIS. 2010.

Рецензенты:

Овчинников И.Г., д.т.н., профессор кафедры «Транспортное строительство», ФБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов;

Иващенко Ю.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы и технологии», директор строительно-архитектурно-дорожного института, ФБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 11.04.2014.