

УДК 624.074

А. В. МУЩАНОВ, И. В. РОМЕНСКИЙ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ СТРУКТУРНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ТРУБ ТИПА МАРХИ

В статье представлены общие принципы формообразования структурных покрытий из труб типа МАРХИ. Рассмотрены вопросы особенностей проектирования таких покрытий на нетиповом плане с соотношением сторон 1,0:1,6. Приведены основные зависимости для показателей напряженно-деформированного состояния покрытия (усилия в основных элементах, перемещения узлов) от его геометрических параметров.

структурное покрытие, система МАРХИ, численный анализ, напряженно-деформированное состояние

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Система МАРХИ представляет собой принципиально новый способ проектирования и строительства, основанный на тесном взаимодействии вопросов расчета, изготовления, транспортировки и монтажа составных элементов конструкции и формирования объемно-пространственной конструктивной «оболочки» зданий и сооружений. Эта система отвечает всестороннему качественному анализу функционально-технологических, архитектурно-художественных, строительно-технических и экономических задач.

В отличие от ранее существующих методов строительства, основанных на типизации крупных строительных конструкций (колонна, балка, ферма и т. п.) или зданий в целом, в системе МАРХИ объектом типизации является стержень и узловой элемент, оптимизированные по массе и несущей способности. Они не подчиняются какой-либо конкретной архитектурно-конструктивной форме, что обеспечивает возможность их накопления на складе завода-изготовителя с последующей комплектацией любой необходимой конструкции.

Перекрестно-стержневые пространственные конструкции системы МАРХИ обладают большими формообразующими возможностями, позволяющими решать практически любые объемно-композиционные задачи, в которых пространственный каркас решает не только функционально-утилитарную задачу перекрытия пространства, но и является формообразующей композицией всего сооружения. Собираемые из отдельных трубчатых стержней и многогранных узловых элементов при помощи одноболтового соединения, ПСПК системы МАРХИ представляют собой регулярные структуры, в основе которых лежат правильные многогранники, обладающие важнейшим свойством – плотным заполнением пространства и единой длиной модульного стержня в пределах проектируемой конструкции.

Этими свойствами, в частности, обладают правильные Платоновы тела – *тетраэдр* и *октаэдр*, – и ряд Архимедовых тел – *полуправильные многогранники*, получаемые делением ребер Платоновых тел на равное число отрезков.

Унифицированный сортамент системы МАРХИ был создан на основе оптимизации по весу ограниченного числа стержневых и узловых элементов, выбор которых основывается на трех основных аспектах:

1. Определение градаций несущих способностей стержневых и узловых элементов сортамента, используемых для комплектации практически неограниченного количества монтажных схем пространственных конструкций;

2. Определение рационального числа типоразмеров стержневых и узловых элементов в большом диапазоне несущей способности от 1 до 1 000 кН;

3. Стандартизация основных геометрических размеров стержневых и узловых элементов и их соединений, а также применение конструктивных материалов высокой прочности, обеспечивающих оптимальную экономику монтажных марок системы.

Система МАРХИ обладает множеством положительных качеств и является надежным и экономически выгодным вариантом покрытия. Однако, существует определенный ряд проблем, с которыми возможно столкновение при выборе в качестве покрытия системы МАРХИ:

- использование системы МАРХИ при нестандартных пролетах приводит к геометрическому изменению элементарной ячейки и соответственно нестандартного шага колонн;
- из-за нетрадиционного соотношения размеров объекта в плане ($68,4 \times 42 \approx 1,6:1,0$) в узлах возникают большие усилия. И даже использование самых высокопрочных болтов применяющихся в данный момент в Украине 40X «селект» не позволяет решить эту проблему.

Некоторыми возможными способами регулировки усилий в элементах покрытия является:

- изменение локальных геометрических параметров (в данном случае изменение элементарной ячейки по высоте);
- изменение общей геометрии покрытия путем «вспарушивания» (перехода от простой геометрии к криволинейной).

ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛЕЙ СТАТЬИ (ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ)

Целью исследования данной работы является отыскание таких геометрических параметров ячейки, которые могли бы удовлетворять максимальной несущей способности высокопрочного болта 40X «селект», а именно 100 т. И для достижения этой цели, в работе используется как аналитический расчет, так и численный расчет конструкций напряженно-деформированного состояния.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Аналитический метод расчета основывается на приближенном методе расчета плит покрытия и производится в соответствии с методикой, предложенной в работах Трушева А. Г. [1].

Численные исследования были произведены с помощью программного комплекса «SCAD» – вычислительный комплекс для прочностного анализа конструкций методом конечных элементов. Единая графическая среда синтеза расчетной схемы и анализа результатов обеспечивает неограниченные возможности моделирования расчетных схем от самых простых до самых сложных конструкций.

В ходе анализа основным варьируемым параметром являлось соотношение высоты покрытия к пролету (h/l), в зависимости от которых анализировалось изменение усилий в основных несущих элементах покрытия. Данные анализа предоставлены в табл. 1 и 2, а также на рис. 1 и 2. В представленных таблицах и рисунках использовались следующие обозначения:

В рис. 1. и 2 использованы следующие условные обозначения:

$N_{\min p}$ – максимальные сжимающие усилия в раскосах, полученные численным методом.

N_p – усилия в раскосах, полученные аналитическим методом.

$[N]$ – предельно допустимые нагрузки по несущей способности болта.

ОБЩИЕ ВЫВОODY ПО РАБОТЕ

1. Для анализируемого плана покрытия ($a : b = 1,6:1,0$), при нагрузке $Q = 263 \text{ кг/м}^2$, характерной для города Донецка, предельным соотношением h/l , при котором возможно использование типовых узлов системы МАРХИ есть $h/l \approx 1/17$ что несколько отличается от традиционных рекомендаций по назначению h/l для структурных покрытий ($1/15 \dots 1/30$) [2].

2. Наиболее чувствительными к изменению соотношения h/l являются усилия в поясах, которые изменяются пропорционально высоте покрытия h . При уменьшении высоты покрытия в 2 раза усилия в поясах структуры увеличиваются на 100 %. Менее чувствительными к изменению геометрии являются усилия в раскосах, для которых изменение геометрических параметров покрытия в 2 раза приводит к изменению усилий в раскосах до 40 %.

3. Сопоставление результатов аналитических и численных исследований показывают их удовлетворительность сходимости в пределах 15 %. Указанные отличия объясняются тем, что в отличие от аналитического расчета, где расчетной схемой является изгибаемая пластина способная воспринимать

Таблица 1 – Параметры и результаты аналитического расчета

№ строки	Параметры	Соотношение h к l				
		1/15	1/16,5 (Standard)	1/20	1/25	1/30
1	Коэффициенты:					
	Ψ	49	49	49	49	49
	$a_{кор}$	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5
	$a_{\partial l}$	21	21	21	21	21
2	V (кН)	54,1	54,1	54,1	54,1	54,1
3	$M_{кор}$ (кНм)	358,6	358,6	358,6	358,6	358,6
	$M_{\partial l}$ (кНм)	158,4	158,4	158,4	158,4	158,4
	M_{max} (кНм)	358,6	358,6	358,6	358,6	358,6
4	h (м)	3	2,74	2,5	2	1,5
5	$l_{кор}$ (м)	42	42	42	42	42
6	$l_{\partial l}$ (м)	68,4	68,4	68,4	68,4	68,4
7	P (кН/м)	2,628	2,628	2,628	2,628	2,628
8	$a_{кор}$ (м)	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
9	$A_{\partial l}$ (м)	3	3	3	3	3
10	$a_{l,кор}$ (м)	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
11	$a_{l,\partial l}$ (м)	3	3	3	3	3
12	$Sin\alpha$	0,85	0,83	0,81	0,74	0,64
13	N_n	$\pm 753,06$	$\pm 824,5$	$\pm 903,7$	$\pm 1129,6$	$\pm 1506,1$
14	N_p	$-366,6$	$-375,4$	$-384,7$	$-421,1$	$-486,9$

Таблица 2 – Параметры и результаты численного расчета

№ строки	Параметры	Соотношение h к l				
		1/15	1/16,5 (Standard)	1/20	1/25	1/30
1	$N_{max, n}$, кН (эл-т 247)	871,27	953,05	1 043,6	1 302,1	1 733,27
2	$N_{min, n}$, кН (эл-т 861)	-854,5	-937,27	-1 028,75	-1 289,19	-1 722,19
3	W_{max} , мм (узел 143)	93,3	107,9	125,8	186,4	318,5
4	$N_{min, p}$, кН (эл-т 1 237)	-265,41	-273,36	-282,89	-313,53	-372,56

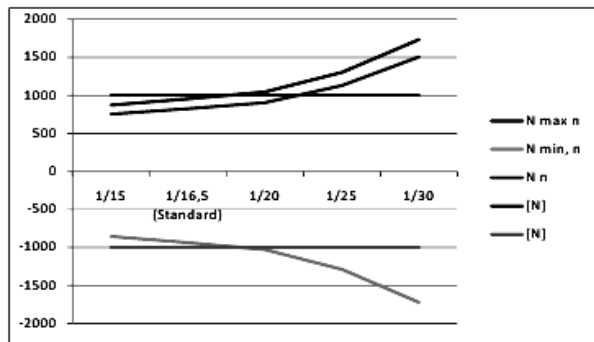


Рисунок 1 – Усилия в поясах (численный и аналитический расчет) в зависимости от соотношения h / l .

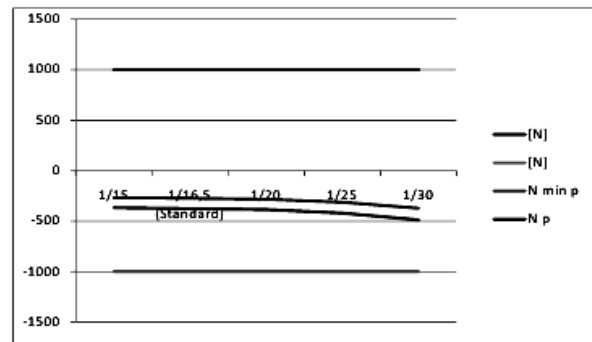


Рисунок 2 – Максимальные усилия в раскосах (численный и аналитический расчет) в зависимости от соотношения h / l .

как нормальные, так и касательные напряжения, в численном расчете – расчетная схема является дискретной, состоящей из изменяемых фигур в виде прямоугольников, которые не способны воспринимать сдвигающие усилия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трущев, А. Г. Пространственные металлические конструкции [Текст] : Учебное пособие для вузов / А. Г. Трущев. – М. : Стройиздат, 1983. – 215 с.

2. Беленя, Е. И. Металлические конструкции [Текст] / Е. И. Беленя. – М. : Стройиздат, 1985. – 560 с.

Получено 28.05.2014

О. В. МУЩАНОВ, І. В. РОМЕНСКИЙ
ЗАСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ЗУСИЛЬ В ЕЛЕМЕНТАХ СТРУКТУРНОГО
ПОКРИТТЯ З ТРУБ МАРКИ МАРХИ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті представлені загальні принципи формоутворення структурних покриттів з труб типу МАРХИ. Розглянуті питання особливостей проектування таких покриттів на нетиповому плані із співвідношенням сторін 1,0:1,6. Наведені основні залежності для показників напружено-деформованого стану (зусилля в основних елементах, переміщення вузлів) від його геометричних параметрів.

структурне покриття, система МАРХИ, чисельний аналіз, напружено-деформований стан

ALEXANDER MUSCHANOV, IGOR ROMENSKIY
METHODS REGULATION FORCES IN PAVEMENT STRUCTURAL ELEMENT
IZ TUBE TYPE MARCHI

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The general principles of formation of structural roofs of pipes type MARCHI are presented in the paper. The questions of the design features of such roofs on non-typical plan with an aspect ratio of 1,0:1,6 are considered. The basic functions for indicators of roof stress-strain state (efforts in the basic elements, node displacements) from its geometric parameters.

structural roof, the MARCHI system, numerical analysis, the stress-strain state