

ПРОВЕРКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ АРКАХ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

Варич А.С., *магистр*, **Григораш А.Ю.**, *магистр*

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Арки обладают огромным несущим потенциалом, поэтому они не потеряли своей актуальности и в наше время. Арочные конструктивные элементы применяются для строительства спортивных сооружений, торговых центров, сельскохозяйственных и промышленных сооружений, а также в мостостроении. Примером может служить современный горнолыжный комплекс «СнежКом» в России. Здание высотой 97 м и 450х70 м по длине и ширине, а так называемая «горнолыжная труба» для катания — 60х380 м. Длина горнолыжного спуска составляет 400 м, а ширина 60 м, перепад высот составляет 65 м.

В Сочи для подготовки к Олимпийским играм запроектирован арочный железобетонный мост через р. Верещагинка, где арки опираются на береговые опоры, а дорожное полотно подвешивается в виде затяжки.

Нью-йоркская компания разработавшая проект самого высокого арочного подвесного моста в мире в Дубае, получила разрешение на его строительство. Высота главной железобетонной арки моста составит 205,1 м, при общей длине моста в 1,6 км. Это будет самое крупное сооружение такого типа. Расстояние от воды до моста составит всего 15 метров.

Примером успешного применения преднапряженных арочных конструкций из сборного железобетона с омоноличенными стыками. может служить строительство участка тоннеля Майко в Японии. Длина тоннеля 3,3 км, площадь поперечного сечения – 150 м². Двухсводчатая арочная конструкция с центральным пилоном, толщина которого изменяется от 0,6 до 2,95 м, расположена на глубине 1,5 м от поверхности земли. Лотковая часть и стены тоннеля выполнены из монолитного железобетона, а сводчатое перекрытие – из сборных железобетонных элементов: двух бесшарнирных арок с омоноличенными стыками в замковом и пятовом сечениях в местах соединения со стенами и пилоном.

В 2007 г. сдан в эксплуатацию мост через реку Гауя на автодороге Адажи – Кадага общей протяженностью 137м, шириной проезда 8м. Железобетонное предварительно напряженное неразрезное пролетное строение опирается на пяти опорах. Русловой пролет длиной 80 м – металлическая арка из труб диаметром 812мм с толщиной стенки 16мм и распорки из труб диаметром 500мм с толщиной стенки 20мм поддерживает на металлических регулируемых подвесках русловую часть железобетонного пролетного строения. Монолитные опоры на забивных 12м призматических сваях. Трубы арок заполнялись самоуплотняющимся бетоном.

В 2004 г. в Ханты-Мансийске построен уникальный мост через Иртыш. Длина моста 1400 метров, но главная его гордость – арочный пролет длиной 231 метр. Его русловая часть представляет собой стальное неразрезное пролетное строение комбинированной системы типа «арка-ферма-балка». Высота пролетного строения в середине арочного пролета моста 42,7 м, верх арки возвышается над опорами на 57,6 м и над уровнем высокой межени на 67,2 м.

Для устройства защитной оболочки над объектом «Укрытие» Чернобыльской АЭС защитное сооружение будет создаваться в виде арочного свода. Размеры защитного сооружения следующие:

- длина – 150 метров;
- высота – 92, 5 метра;

- пролет арки – 257 метров;

В исследованиях арок чаще всего использовались расчеты без учета действительной работы материала в конструкции, а также расчетные схемы не учитывали деформирование арки в процессе эксплуатации. Применение новых малоизученных материалов, обладающих высокой прочностью требует дополнительного изучения их длительного поведения в конструкции. По этой причине возникла необходимость расчетов арочных железобетонных конструкций с применением современных материалов, таких как: арматура более высокого класса прочности; и бетона на Западе получившего название High Performance Concrete - "высококачественный бетон" (при укладке он проявляет свойства удобоукладываемости, при выдерживании набирает высокую (до 80 МПа) и сверхвысокую (свыше 80 МПа) прочность, а в эксплуатации обладает высокой долговечностью).

С помощью программного комплекса SCAD выполнен сравнительный анализ разрушающей нагрузки, полученной экспериментальными исследованиями, и просчитанной по современным нормам эксплуатационной нагрузки.

Для выполнения расчета отобраны следующие модели арок, геометрические характеристики которых приведены в таблице [1]:

Модель №1 [2] пролетом 232 см со стрелой подъема 45 см имеет переменные размеры сечения по высоте, которое изменяется по закону $h_i = h_s / \cos \alpha$. Размеры сечения в середине пролета $h_s = 5,6$ см. Ширина сечения арки 20 см. Арка армировалась вязаным каркасом нижняя арматура 2Ø8 А-240С, верхняя арматура 2Ø8 А-240С, хомуты Ø3, через каждые 5 см. Бетон В30. Для приближения режима нагружения к действительным условиям, были испытаны двумя домкратами, т. е. двумя группами пропорционально изменяющихся сил. Одна из этих групп, состоящая из 8 сил имитировала постоянную нагрузку; другая, состоящая из четырех сил, имитировала невыгодно расположенную временную нагрузку. Разрушение модели произошло путем превращения ее в механизм при суммарной разрушающей нагрузке в 168,8 кН.

Бесшарнирная арка (модель №2) пролетом 300 см со стрелой подъема 30 см имеет постоянные размеры сечения $h = 5,6$ см, $b = 10$ см. Арка армировалась сварным каркасом рабочая арматура 2Ø14 А-400С, поперечная Ø10 А-300С. Бетон В30. При испытаниях модель загружалась одной сосредоточенной силой в середине пролета. Кратковременное испытание выполнялось при ступенчато возрастающей нагрузке. Загружение производилось до потери несущей способности арки, разрушение произошло при нагрузке равной 90 кН [3].

Модель №3 пролетом 235 см со стрелой подъема 46 см имеет переменный размер сечения по высоте, который изменяется по закону $h_i = h_s / \cos \alpha$. Размеры сечения в середине пролета $h_s = 5$ см. Ширина сечения арки 20 см. Арка армировалась вязаным каркасом: нижняя арматура 2Ø8 А-400С, верхняя арматура 2Ø8 А-400С, хомуты Ø3. Бетон В25. При нагрузке 161,5 кН модель превратилась в механизм вследствие наличия четырех пластических шарниров «по бетону» [4].

Двухшарнирная арка с затяжкой (модель №4) пролетом 216 см со стрелой подъема 40 см имеет постоянные размеры сечения $h = 14$ см, $b = 10$ см. Арка армировалась сварным каркасом рабочая арматура 2Ø10 А-500С, поперечная Ø4 Вр-І. Затяжку арки выполняли из стержня Ø28 класса А - 400С, на концах которого делали резьбу Ø24 мм для анкерования на торцах верхнего пояса. Бетон В45. Нагрузка на модель прикладывалась в виде сосредоточенных сил на расстоянии 40 см от оси симметрии арки через траверсу гидравлическим прессом. Разрушение произошло вследствие раздробления бетона на участке приложения нагрузки, которая составила в момент разрушения 126 кН [5,6].

В программном комплексе SCAD [7] были построены 4 расчетные модели арок, геометрические характеристики которых соответствуют экспериментальным моделям.

Модели №1-3 разбивались на конечные элементы 2-го типа, опорные связи на концах арок были ограничены перемещения по X , Z , U_y .

Для первой модели нагрузка распределенная по всей конструкции арки, а также догружена в левой части пролета арки.

Модель №2 нагружалась сосредоточенной силой в середине пролета.

Нагрузка для арки №3 распределенная по всей конструкции.

Модель №4 разбивалась на конечные элементы 2го типа, опорные связи на концах арки были ограничены перемещения по Z, связь в направлении X ограничивает затяжка. Нагрузка в виде двух сосредоточенных сил находящихся на расстоянии 40см от центра пролета арки.

По проценту армирования и современным нормативным требованиям, эксплуатационная нагрузка на каждую модель арки составила:

- для первой модели нагрузка по всей длине арки - 3,067 т/м, в половине пролета арки - 1,96. Что составляет 0,419 от разрушающей нагрузки;

- нагрузка модели №2 - 1,75 т. Что составляет 0,19 от разрушающей нагрузки;

- для модели №3 нагрузка составила 6,46 т. Что составляет 0,4 от разрушающей нагрузки;

- арка №4 имеет нагрузку в 3,5 т. Что составляет 0,273 от разрушающей нагрузки.

Из этого следует, что материал в арках используется не рационально. Что позволяет считать, за необходимое изучение арочных конструкций и разработку рекомендаций по определению оптимальных, эффективных арочных конструкций.

Выводы

1. Использование арочных конструкций с применением высокопрочных материалов в современных зданиях и сооружениях целесообразно, но появляются новые конструктивные решения, расчетные схемы которых не рассматривались ранее, что требует их дальнейшего изучения.

2. Полученные в работе эксплуатационные нагрузки для выделенных моделей арок, которые составили от разрушающей: для бесшарнирной арки с переменным сечением 0,4. для двухшарнирной – 0,2 показывают не рациональное использование материала в конструкции.

SUMMARY

A comparative analysis of the operational loads of reinforced concrete arches, defined by calculation in the software complex SCAD with failure load, obtained by experimental means.

ЛИТЕРАТУРА

1.Варич А.С. Трещинообразование и разрушение железобетонных арок при нагружении // Сб. науч. трудов «Вісник одеської державної академії будівництва та архітектури», вып.32. - Одесса: ОГАСА. - 2008. - с. 19-25.

2.Джапаридзе Г.С. исследование рациональных форм железобетонных арок на основе теории предельного равновесия. Автореферат на соискание к.т.н. - Тбилиси, 1968. - 29 с.

3.Ярцев Б.А. Экспериментальное исследование пологих арок при кратковременном нагружении. /Сб. «Конструкции из клееной древесины и пластмасс» - Л.: ЛИСИ, 1982. - С. 132 - 134

4.Ахвледиани Н.В., Джапаридзе Г.С., Хизанишвили А.Л. Экспериментальное исследование несущей способности железобетонных бесшарнирных арок, при малых эксцентриситетах продольных сил. /Сб. «Расчет и испытание железобетонных конструкций» - Тбилиси, 1966. - С. 54 - 60

5.Бабич Є.М., Кислюк Д.Я. Дослідження роботи двохшарнірних залізобетонних арок при короткочасному повторному навантаженні. / Зб. «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди», вип.16, ч.2 - Рівне, 2008. - С. 40 - 47

6.Кислюк Д.Я. Методика експериментальних досліджень роботи двохшарнірних залізобетонних арок при повторних навантаженнях. / Зб. «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди», вип.12 - Рівне, 2005. - С. 169 – 174

7.Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. SCAD office. Вычислительный комплекс SCAD - Москва: Издательство СКАД СОФТ, 2007. - 609с.