

Скачков Сергей Владимирович
Skachkov Sergey Vladimirovich

Ростовский государственный строительный университет
Rostov State building University

Доцент кафедры металлических, деревянных и пластмассовых конструкций
Assistant Professor of the Department "metal, wooden and plastic constructions
St-pr@bk.ru

Расчёт элементов вантовых конструкций из фиброармированных пластиков

Calculation of cable-stayed structures out of elements fibroarmirovannyh plastics

Аннотация: Рассматривается опыт применения конструкций из фиброармированных пластиков (ФАП) в строительстве. В статье анализируются конструктивные особенности вантовых конструкций из ФАП и основные принципы расчета.

The Abstract: Discusses the experience of application of fibroarmirovannyh plastics (FAP) in construction. The article discusses the design features of the cable-stayed constructions from the FAP and the basic principles of calculation.

Ключевые слова: Ванты, нити, пластик.

Keywords: Guys, filament, plastic.

Применение в строительстве фиброармированных пластиков (ФАП) стало возможным благодаря ускоренному развитию химической промышленности в середине XX века. В ряде технически развитых стран (Германия, Нидерланды, СССР, Япония, США и др.) были начаты соответствующие научные исследования. Появилась возможность приспособлять физические и механические свойства композитных материалов к специфическим задачам при строительстве зданий и сооружений.

В системе ФАП используются: стекловолокно, арамидные и углеродные волокна. ФАП являются анизотропными материалами. Механические характеристики многослойных пластиков определяются путем испытания образцов с соответствующим количеством слоев. Предельное удлинение порядка 3%; Плотность 1,8 — 2 т/м³. При этом диаграмма при растяжении прямолинейна вплоть до разрыва, что является фактором позволяющим применить закон Гука без ограничений и упростить расчёты.

Основными достоинствами конструкций из ФАП являются: высокая прочность, жесткость, устойчивость к усталостным повреждениям, стойкость к коррозии и высокие изоляционные свойства, что обуславливает применение в агрессивной окружающей среде.

ФАП применяются в основном в стержнях и канатах, а также при усилении строительных конструкций, в виде листов, приклеиваемых к поверхностям несущих элементов.

С использованием кабелей из ФАП, был выполнен пешеходный мост, который соединяет две публичные площадки для гольфа и перекинут через реку *River Tay* в Шотландии. Пролет вантовых конструкций 63 метра. *PARAFIL* состоит из сердечника параллельных, плотно упакованных, сухих кевларовых волокон, в оболочке из полиэтилена.

Композитные кабельные опоры, были установлены на пешеходном мосту, построенном через реку *Gave de Pau* во Франции. Шестнадцать углепластиковых композитных кабелей поддерживают стометровый пролет (стальные кабели использовались в крайних опорах).

Завершенный в 1996 году, мост *Stork* в Винтертур (Winterthur), Швейцария, является вантовым автомобильным мостом с композитными кабелями: два из его 24-х кабелей поддержки являются углепластиковыми композитами, установленными для демонстрации их использования и долговечности. Пролеты моста: 63 и 61 метра.

В настоящее время освоено производство фибропластиковой арматуры на базе углеродных и арамидных волокон, исследованы их физико-механические свойства. Проволока и канаты изготавливаются из углеродного волокна диаметром 7 микрон с пределом прочности 3 600 МПа. Из проволоки свиваются канаты различной несущей способности, подвергаемые после свивки термической обработке.

Проведен значительный комплекс исследований опытных балочных конструкций с различными видами неметаллической арматуры, возведены автомобильные и пешеходные мосты небольших пролетов. Ведутся активные поиски целесообразного применения углепластиковой арматуры в различных областях строительства: так, например, высокопрочные ленты различного поперечного сечения из углепластика начали применять для усиления железобетонных конструкций в эксплуатируемых ответственных сооружениях.

В данной работе рассматриваются работа под нагрузкой элементов вантовых конструкций, выполненных из ФАП в покрытии выставочного павильона. Учитываются особенности конструкций из фиброармированных пластиков, их расчетные характеристики (предел прочности, модуль упругости). Расчеты выполнены с помощью автоматизированных программных комплексов. Конечно-элементная модель использованная в расчете показана на рис. 1.

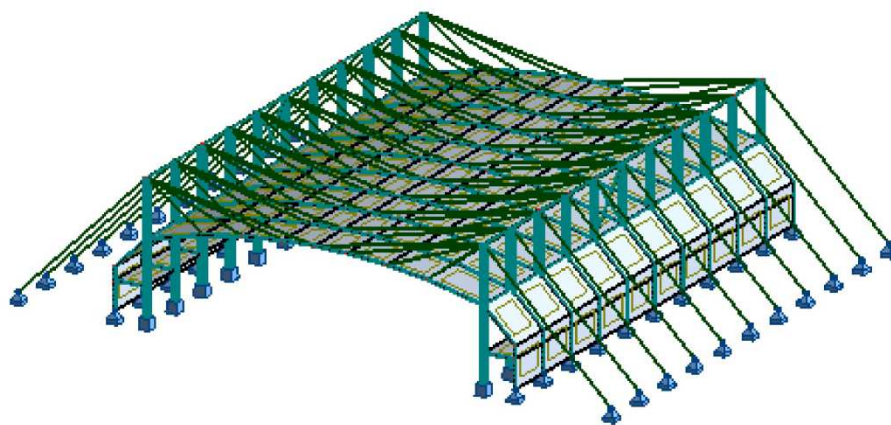


Рис. 1. Конечно-элементная модель несущих конструкций выставочного павильона

Ванты представлены в виде конечно-элементной системы способной воспринимать только растягивающие усилия - элементы типа «вант» или «трос» (рис.2). Определены основные компоненты напряжений, линейных деформации, в том числе главные и эквивалентные напряжения.

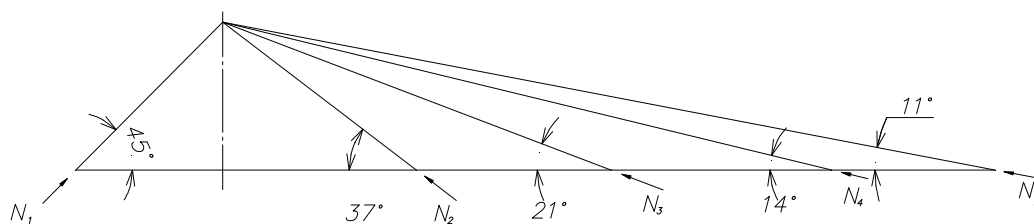


Рис. 2. Схема усилий в вантах покрытия

При проектировании выставочного павильона с применением конструкций из фиброармированных пластиков выполнены практические расчеты несущей способности вант. Произведён сбор нагрузок, уточнена расчётная схема покрытия. Определены геометрические характеристики конструкций из фиброармированных пластиков исходя из практической несущей способности в предположении упругой работы.

Определены также величины распора упругой нити (рис. 3). Расчет производился в два этапа. Сначала определяется распор H_0 без учета продольных деформаций, затем определяется распор H с учетом упругих деформаций.

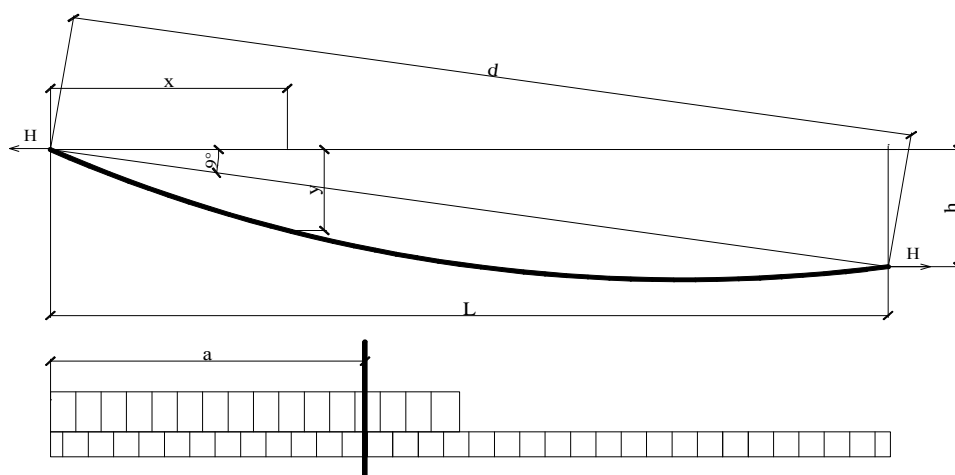


Рис. 3. Расчетная схема нити

$$H_0 = \sqrt{\frac{D\alpha(1-\alpha)L}{yc}},$$

где

$$\text{характеристика нагрузки } D = \int_0^L M q dx = \int_0^L Q^2 dx,$$

$$\alpha = \frac{a}{L},$$

Распор с учетом упругих деформаций определяется по уравнению

$$H^3 + \frac{DEF \cos \varphi \cos^2 \varphi^2 H^2}{2LkH_0} = \frac{DEF \cos \varphi \cos^2 \varphi^2}{2LkH_0},$$

где k учитывает геометрическую схему упругой нити.

Полученные значения согласуются с численным решением.

Выполненный сравнительный анализ эффективности применения рассматриваемых и типовых конструкций показал, что композитные материалы, сделанные с использованием углеродных, арамидных или стекловолокон, позволяют снизить от 60% до 75 % веса по сравнению с традиционными материалами и следовательно являются перспективными при строительстве зданий и сооружений различного назначения.

Выявлено основное преимущество применения конструкций из ФАП: высокая жесткость и прочность углепластиковых элементов обуславливает применение легких конструкций - стержень на основе углеволокна имеет приблизительно одинаковую со сталью жесткость, при этом вес меньше на 60-80%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлические конструкции. В 3 т. Т.1. Общая часть. (Справочник проектировщика) / Под. Ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова) – М.: изд-во АСВ, 1998 – 576 с.
2. Л.Г. Дмитриев, А.В. Касилов. «Вантовые покрытия». Расчет и конструирование. Изд. 2-е, перераб. И доп. Киев, 1974, 272 стр.
3. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Расчетно-теоретический. В 2-х кн. Кн. 1. Под ред. Уманского А.А., М. Стройиздат, 1972. 600 с.