



Початковий тест включав кілька типів геліосистем, однією з яких стала установка, заснована на технології «люмінесцентних сонячних концентраторів» (LSC) - полімерних листів з прозорим покриттям з молекулами, які здатні відображати фотони і випромінювати їх в напрямку фотоелементів. За його результатами було зроблено висновок, що сонячні панелі LSC потребують удосконалення, перш ніж їх установка стане економічно доцільною. Але саме під час цього експерименту можна було спостерігати приголомшливий ефект - працюючі сонячні батареї із зображенням Ніколи Тесли.

## **КОМПОЗИТНА АРМАТУРА ДЛЯ АРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ**

*Григорчук М.В., Барський коледж  
транспорту та будівництва Національного  
транспортного університету  
Керівник Білик Ю. А.*

Арматура з металевих стержнів до недавнього часу вважалася не тільки надійним, але і єдиним прийнятним варіантом для створення міцного «скелета» елементів споруд будь-якого призначення. Але висока схильність до корозії в середовищі з підвищеною кислотністю або лужністю, в свою чергу, призводить до активізації хімічних реакцій, а також до руйнування самої конструкції. Тому на зміну їй прийшла композитна арматура.

Неметалева композитна арматура знайшла своє застосування при армуванні бетонних конструкцій і елементів дорожнього

будівництва, виробів сантехнічного призначення, конструкціях для укріплення морських споруд та в спорудах медичного призначення. В основному, арматура може бути застосована при виробництві залізобетонних плит, а також для зведення фундаменту, для зміцнення мостів, гідроспоруд та інших будівель. Вона непогано зарекомендувала себе в бетонах на шлакопортландцементі, пуцолановому цементі, зі змішаними в'язучими з високим вмістом активних мінеральних добавок, а також в бетонах із хлоридовмістовними протиморозними добавками [4].

Зовні цей будівельний матеріал являє собою світлі прутки з різними відтінками жовтого кольору (якщо вони зроблені зі скловолокна) або вираженого чорного (за умови, що застосовувався базальт) (рис.1).

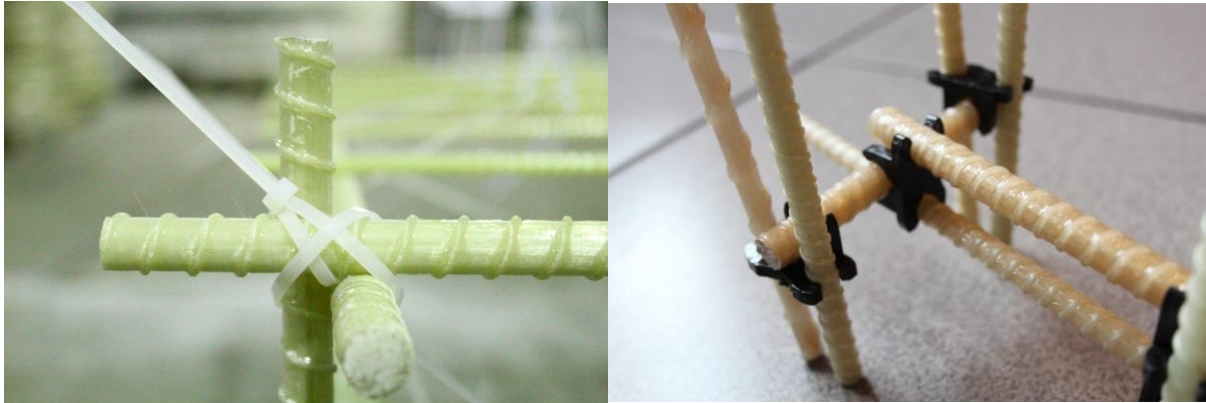


Рисунок 1 – Неметалева композитна арматура на основі базальту і склоровінгу

Структура матеріалу дуже складна, це не єдиний метал, це два шари матеріалу, які складаються з волокон, смол і полімерів. Можна розділити конструкцію прута на два шари – зовнішній і внутрішній. Внутрішній шар складається з паралельних волокон, які просочені спеціальними смолами. Зовнішній шар складається з тих же волокон, але вони переплетені між собою, що значно покращує міцність будматеріалу. Практично щороку виробники вносять коректування в свій продукт, роблячи його ще більш досконалим за якістю і властивостями. Наприклад, щоб поліпшити властивості смол, сюди можуть додаватися спеціальні модифіковані добавки, які багаторазово покращують показники арматури при експлуатації [3].

Композитні прутки при закладці залізобетонних елементів використовуються аналогічно сталевим. З них збирається каркас

згідно з рекомендаціями для певного типу елемента конструкції з потрібним кроком, а в місцях перетину елементи арматури скріплюються стяжками або в'язальним дротом. Пластикові стяжки застосовуються рідше, а от в'язальний дріт – частіше (рис.2).



а)

б)

Рисунок 2 – Способи з'єднання композитних арматурних стержнів

Фахівці називають ряд переваг композитної арматури:

- зручність транспортування та застосування за рахунок малої ваги;
- при монтажі не застосовуються зварювальні роботи;
- стійкість до впливу різних агресивних середовищ;
- стійкість до корозії;
- міцність на розрив.

У скловолокна є свої переваги, які дозволяють поліпшити показники споруді зробити його довговічним. По-перше, скловолокно не боїться вологи і хімічно агресивних речовин, воно може довгий час перебувати у воді і в лузі, яка присутня в цементі. По-друге, композитна арматура може витримувати великі перепади температур, її можна спокійно використовувати в інтервалі температур від 70° С морозу до 100° С спеки. По-третє, композитна продукція значно менше важить, це дуже хороший показник для будівельників, тепер набагато легше вести роботи і виробляти транспортування продукції [3].

У нашій країні найбільш відома арматура склопластикова або базальтопластикова, для виробництва тут використовують спеціальні сполучні смоли, як кремнієвоорганічні або фенолальдегідні. Природно даний варіант складно назвати

екологічно чистим, тому в останні роки також використовують й інші рішення, наприклад епоксидні або ненасичені смоли.

Сам виробничий процес розділений на кілька етапів. Спочатку необхідно отримати нитки-волокна, з якими доведеться працювати далі. Після їх отримання нитки відправляються в верстат, де повністю просочуються спеціальним складом у вигляді смоли. Далі нитки протягуються через спеціальну воронку, яка прогріта до певної температури. Нитки щільно скріплюються між собою, однак поверхня отриманої заготовки виходить дуже гладкою. Всім відомо, що гладка арматура погано витримує навантаження в бетонній плиті, тому проводиться додаткова процедура, за допомогою якої, на поверхню накладається ще один шар матеріалу, правда в цьому випадку нитки сплетені між собою, що в підсумку дає рельєфну поверхню. У деяких випадках виробники використовують вальцування існуючої гладкої заготовки, без використання додаткового шару. У підсумку отримуємо стержні діаметром від 4 до 20 мм в 10 разів легше за міцністю в порівнянні з аналогом. А їх вартість, можливо, лише злегка відрізняється від ціни на звичайні сталеві прутки. Наприклад, вартість композитної арматури 10 мм у середньому становить 15,20 грн/пог.м., а звичайної – 13,40 грн/пог.м.

Каркас склопластикової конструкції не схильний до впливів води, солі, кислот, хімічних реагентів, лужного середовища і іншого роду руйнівників. Термоактивна і термопластична смола з полімеру і еластомерних матеріалів виступають захисним бар'єром від зовнішнього середовища і хімічних реагентів. Склопластикове волокно ж, в свою чергу, ефективно сприяє збільшенню міцності арматури і її розтягуванню. Композитна склопластикові арматура довговічна в застосуванні і перевищує за цими критеріями сталеву арматуру в 2-3 рази.

Завдяки своїм перевагам, склопластикові арматура є більш ефективним будівельним матеріалом в порівнянні зі своїми аналогами з бетону і сталі. Одне з головних її переваг є міцність, що дозволяє використовувати арматуру з меншим перерізом. Легкість, еластичність, будівельна довжина і інші характеристики арматури впливають на швидкість монтажних робіт [3].

До мінусів композитної арматури можна віднести низький модуль пружності матеріалу. Даний параметр в порівнянні зі сталлю менше в 4 рази, що негативно позначається при роботі

композитної арматури на розтяг. Зміна форми стержня неможливо без нагріву, що створює труднощі при виготовленні монтажних петель і заставних деталей. На відміну від сталі, композитний матеріал втрачає свої властивості міцності вже при температурах порядку 150-300° С, в залежності від виду використовуваних у виробництві волокон (склопластик або базальтопластик).

Світовий досвід використання композитної арматури описано в багатьох збірниках і у рекомендаціях щодо проектування та конструювання у США, Канаді, Японії, Італії. Композитна арматура стала стандартним рішенням в таких галузях індустрії, як портові споруди, верхня сітка арматури для мостових настилів, різні заводські армовані бетонні вироби, орнаментний і архітектурний бетон. Будівництво таких проектів, як будівля GondaBuilding клініки Mayo в місті Рочестер штату Міннесота, Національний інститут охорони здоров'я в місті Бетесда штату Меріленд, міст в м. Поттер Каунти штату Техас, а також міст в м. Беттендорф штату Айова не обійшлись без використання композитної арматури [1].

Арматура на основі склоровінгу була використана при будівництві бетонного мосту довжиною 13,8 м, що перекриває ріку Беаркрік в м. Морисон штату Колорадо (США). В цій споруді композитна арматура використовувалася в опорах, похилих крилах стін, парапетах і зігнутій монолітній бетонній арці, а в дорожньому настилі мосту також була використана арматура на основі склоровінгу.

Із застосуванням арматури на основі склоровінгу фірми Pultrall Канада побудований міст, який перекриває шосе №65 в Графстві Ньютон штату Індіана (США). Міст складається з трьох прольотів довжиною 58 м, шириною 10,5 м із підсиленням бетонним полотном, яке знаходиться вгорі двотаврових сталевих балок на бетонних опорах. Бетонна плита завтовшки 200 мм в нижній частині армована сталевією арматурією з епоксидним покриттям. Верхня частина плити в зоні можливого контакту із солями армована в поперечному і повздовжньому напрямках композитною арматурією у відповідності з розрахунком [2].

В середині 90-х років в Японії вже налічувалося більше 100 комерційних проектів із застосуванням неметалевої композитної арматури. В Азії Китай став видатним споживачем композитної

арматури, використовуючи її в нових конструкціях, починаючи від мостових настилів до проведення підземних робіт.

Використання композитної арматури в Європі почалося 1986 року в Німеччині з будівництва автодорожнього мосту, після чого були запущені широкомасштабні програми по дослідженню і використанню композитної арматури. У рамках європейського проекту BRITE/EURAM Project “Елементи з волоконних композитів і технологія застосування неметалевої арматури” в 1991-1996 роках були проведені випробування та аналіз композитних матеріалів. Пізніше компанія EUROCRETE очолила європейську програму

досліджень і демонстраційних проектів.

В останні роки в Україні освоєно виробництво неметалевої композитної арматури. Фірма “ТОВ Технобазальт-Інвест” виробляє неметалеву композитну арматуру на основі базальтового ровінгу, а фірма “ТОВ ТГ Екіпаж” - на основі базальтового і склоровінгів [1].

#### **Літератури**

1. Клімов Ю.А. Використання неметалевої композитної арматури для армування бетонних конструкцій / Ю.А. Клімов, Ю.А. Вітковський, О.С. Солдатченко // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – К.:– 2011. – Вип. 42. –с. 13-17.
2. CAN/CSA-S806-02, “Design and Construction of Building Components with Fiber-Reinforced Polymers”, Canadian Standards Association, Toronto, Ontario, Canada, (May 2002), 187 p.
3. Лучко Й.Й. Перспектива підвищення довговічності плит проїзної частини мостів при використанні базальту / Й.Й. Лучко, Т. І. Коваль. // Каменяр. – 2012. – №9. – с. 443–450.
4. Коваль П.М. Ефективність використання базальтопластикової арматури при армуванні плити проїзної частини моста/ П.М. Коваль, О.Я. Гримак, Т.І. Коваль // Вісник державної академії будівництва та архітектури – 2016 - №61 – с. 193 – 197.