

PREPRINT ARTICLES

Section 1. Construction, Architecture

Підсилення металевих конструкцій зовнішнім армуванням методом наклеювання високоміцних фіброармованих систем: аналітичний підхід

Ірина Руднєва

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037
irene_r@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9711-042X>

Отримано 12.04.2021, прийнято 19.05.2021
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0101>

ВСТУП

Будівельна спадщина України включає численні приклади застосування металевих конструкцій, особливо тих, які використовуються в промислових будівлях та у великопробльотних спорудах. Застосування металевих конструкцій в будівництві зумовлене, перш за все, їх механічними властивостями. Вони морозостійкі і витримують температуру до -65 градусів, жорсткі, стійкі, міцні та надійні. Також їх можна використовувати в районах з підвищеною сейсмічною активністю. Але, як і у випадку з іншими типами конструкцій, існує необхідність у відновленні або підсиленні металевих конструкцій внаслідок конструктивних дефектів, зносу несучих елементів, а також з метою збільшення несучої здатності. У певних випадках, підсилення полімерними композитами, армованими волокном (FRP), дає кращий результат, в порівнянні з традиційними методами підсилення з використанням металу (Рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Особливо важливим є вибір максимально ефективного методу, як з точки зору надійності, так і з точки зору рентабельності, на що впливає тривале припинення експлуатації споруди, зупинка виробничого процесу або неможливість користуватися

прилеглою територією для виконання робіт з реконструкції. При цьому необхідно зберегти не тільки будівлю в цілому, але і зовнішній архітектурний вигляд споруди. Отже, важливою є не тільки економічна, конструктивна, але і соціальна складова.



a



б

Рис. 1. Підсилення металевих конструкцій композитними матеріалами

a – підсилення існуючих балок двома пластинами з вуглецевого волокна. Транспортний міст Слаттокса, Англія; *б* – Тікфордській чавунний арочний міст в Великобританії. Смуги з вуглецевого волокна приклеєно до нижньої сторони поздовжніх елементів і в кільцях перемички

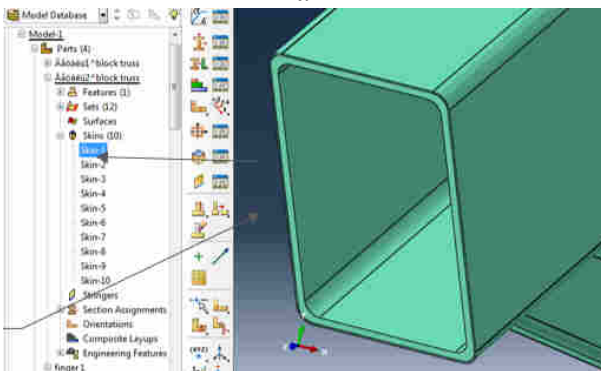
Традиційні методи підсилення, що зараз використовуються для відновлення або збільшення несучої здатності металевих конструкцій, засновані на застосуванні сталевих елементів шляхом їх кріплення болтами або зварювання, які збільшують навантаження на конструкцію і схильні до корозії і втоми.

Цілями підсилення металевих конструкцій композитними матеріалами є:

- збільшення або відновлення межі міцності на розтяг;
- збільшення або відновлення межі міцності на згин;
- підвищення втомної міцності;
- останні дослідження також виявили можливість збільшення або відновлення несучої здатності тонких стиснутих елементів.



a



б

Рис. 2. Підсилення металевих конструкцій композитними матеріалами

a – модель блока згинально-жорстких ниток;

б – пояс ферми, підсилений зовнішнім армуванням

Альтернативним методом підсилення є застосування високоміцних фіброармованих систем (ФАС) шляхом наклеювання на основну конструкцію. ФАС мають високу міцність, малу вагу, стійкі до корозії, прості у використанні. У певних випадках, підсилення полімерними композитами, армованими волокном (FRP), дає кращий результат, в порівнянні з традиційними методами підсилення з використанням металу.

В даний час одним з найдинамічніших видів великопрольотних конструкцій в архітектурному і конструктивному відношенні є підвісні покрівлі.

Метою дослідження стала оцінка несучої здатності висячих згинально-жорстких ниток, підсилених зовнішнім армуванням методом наклеювання фіброармованих систем (Рис.2), і надання загальних рекомендацій по виконанню підсилення та збільшення несучої здатності цим типом сучасного матеріалу.

Розрахунки моделі конструкції покриття виконувались в сучасному програмному комплексі ABAQUS/CAE, заснованому на методі скінченних елементів.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Пропонується метод, заснований на сумісності деформацій для визначення НДС підсилених несучих металевих елементів наскрізного перерізу висячої стержневою оболонки шляхом зовнішнього армування високоміцними фіброармованими системами.

2. Виконаний розрахунок підсиленої висячої металеві конструкції наскрізного перерізу зовнішнім армуванням ФАС на основі вуглецю, в програмному комплексі ABAQUS, показав, що найбільші напруження і деформації з'являються в області, близької до зовнішнього опорного контуру (Рис. 2).

3. Підсилення несучих елементів зовнішнім армуванням на основі вуглецю, призвело до зниження деформацій споруди, а також до можливості збільшення несучої здатності.

4. Після включення в роботу вуглепластика відсоткове зменшення вертикального прогину склало 26,6% для згинально-жорстких ниток, підсилених композитним матеріалом з вуглепластика. Величина розтягуючих напружень знизилась приблизно на 14%.

5. Незважаючи на великий обсяг інформації про матеріали в світі, питання надійності альтернативних методів підсилення композитними FRP-матеріалами, саме металевих конструкцій, та забезпечення її надійності залишаються невивченими. Крім того, вимоги до довговічності, пристосованості до виробництва, економічної ефективності, екологічних та соціальних факторів повинні виконуватися у загальному обсязі.

6. В Україні відсутня нормативно-дослідна база, присвячена проблемі підсилення металевих будівельних конструкцій композитними матеріалами, тому є можливість використовувати виключно зарубіжний досвід досліджень і рекомендацій при проектуванні такого роду підсилень.

Ключові слова: композитні матеріали; фіброармовані системи; дефекти; пошко-

дження; реконструкція; підсилення металевих конструкцій; реконструкція армований волокном полімер FRP.

ЛІТЕРАТУРА

1. I.N. Rudnieva. (2020) Comparative analysis of strengthening of building structures (masonry, metal structures, reinforced concrete) using FRP-materials and traditional methods during reconstruction. *Strength of Materials and Theory of Structures*, 105, 267-291. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2020.105.267-291>
2. М.В. Прядко, І.М. Руднева, Ю.М. Прядко. (2018) *Обстеження та підсилення будівельних конструкцій промислових будівель: Навчальний посібник*, Київ: КНУБА, 332.
3. І. Руднева, Ю. Прядко, М. Прядко, Г. Тонкачєєв (2020). Особливості та перспективи використання технологій підсилення будівельних конструкцій композиційними матеріалами при реконструкції споруд. *Збірник наукових праць Будівельні конструкції. Теорія і практика*, 7, 12-22. DOI:10.32347/2522-4182.7.2020.12-22.