

ДЕФОРМАТИВНІСТЬ НОРМАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ ЗОВНІШНЬОЮ КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ

© Мурин А.Я., Сорохтей В.М., 2009

Подано результати експериментальних випробувань залізобетонних балок, підсилених зовнішньою композитною арматурою. Наведено графіки деформацій по висоті нормальних перерізів.

The results of in experimental tests of reinforced-concrete beams, strengthened an external composite reinforcement are given in this paper. Graphics of strains of normal cuts are resulted.

Постановка питання. Для збільшення жорсткості та міцності конструктивних елементів, які працюють у специфічних умовах та агресивних середовищах, сьогодні широко використовується практика підсилення залізобетонних конструкцій за допомогою наклеювання пластиків, армованих волокнами з різних матеріалів, які наклеюються у зонах максимального розтягу на поверхні конструкцій як додаткове зовнішнє армування [1–4]. Балки – найрозповсюдженіші елементи конструкцій і їх несуча здатність визначається значенням згинального моменту. Під час зантаження балки деформуються, що призводить до утворення тріщин і зміни деформаційних властивостей балок, тому для сприйняття навантаження (за недостатньої кількості розтягнутої арматури) застосовують армовані композити. Важливим завданням є знаходження оптимальних шляхів та оптимізація підсилення залізобетонних балок.

Широке застосування вуглепластиків в Україні стримується відсутністю розрахунково-нормативної бази, адаптованої до ДБН України. Експериментальні дослідження багатьох авторів, проведені у Швейцарії, Німеччині, Японії, Польщі та Україні [5–8], та їх порівняння показали значний розкид експериментальних показників міцності, деформативності та тріщиностійкості підсилених залізобетонних конструкцій. Сьогодні немає єдиної теорії розрахунку деформативності залізобетонних конструкцій, підсилених зовнішньою композитною арматурою.

Мета роботи – теоретично-експериментальне дослідження деформативності нормальних перерізів залізобетонних згинаних конструкцій, підсилених зовнішньою композитною арматурою.

Теоретичні обґрунтування. За основу для цієї роботи прийняті розрахункові залежності, запропоновані у [11]. Під час застосування гіпотези плоских перерізів (справедливість якої підтверджується експериментальними дослідженнями) відносні деформації будь-якого перерізу по висоті пропорційні до відносних деформацій крайніх стиснутих фібр бетону.

Величину деформацій, що досягаються у зовнішній композитній арматурі, можна визначити з такого виразу:

$$e_L = e_c \left(\frac{h-x}{x} \right) - e_{c0}, \quad (1)$$

де ϵ_{cu} – гранична деформація крайнього стиснутого волокна бетону, яка визначається з діаграми роботи бетону на стиск; ϵ_{c0} – початкова деформація крайнього розтягнутого волокна бетону до підсилення; h – висота балки; x – висота стиснутої зони бетону, що визначається з умов рівноваги внутрішніх сил.

Деформації довільного перерізу по висоті приймаються пропорційно.

Експериментальні дослідження. Для дослідження деформативності залізобетонних конструкцій, підсилених зовнішньою композитною арматурою, були виготовлені залізобетонні балки двох серій завдовжки 2100 мм, завширшки 120 мм і заввишки 220 мм. Зразки серій 1 та 2 відрізнялись міцністю бетону. Змінним параметром у межах кожної серії був відсоток армування зовнішньою композитною арматурою. Характеристики експериментальних зразків детально описано у [11].

Результати досліджень. Під час випробувань за допомогою мікроіндикаторів годинникового типу вимірювалися деформації верхніх стиснутих фібр бетону, деформації поблизу нейтральної осі, деформації внутрішньої сталеві арматури та зовнішньої композитної арматури (рис. 1).

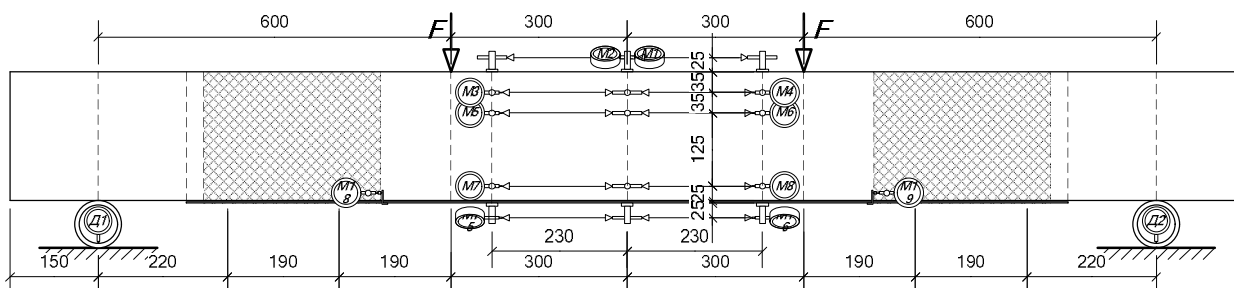


Рис. 1. Розташування вимірювальних приладів на експериментальних балках

Під час аналізу значення деформацій, отриманих з показів мікроіндикаторів М-1, М-2, М-15 та М-16 (за межами перерізу), приводили до деформацій верхніх стиснутих фібр бетону та деформацій композитної арматури за допомогою лінійної інтерполяції.

Під час випробування непідсиленого зразка 1Б-1 за значень навантаження, близьких до руйнівного ($M=14$ кНм), деформації по висоті перерізу є фактично пропорційними (рис. 2, б):

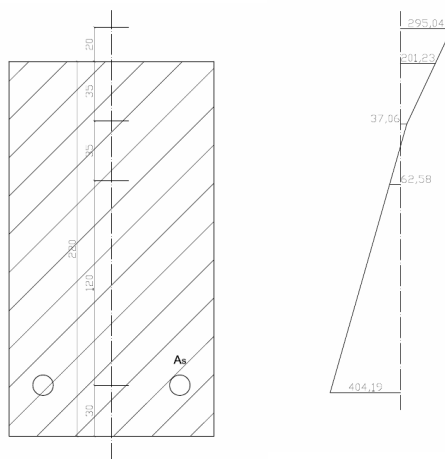


Рис. 2. Відносні деформації балки 1Б-1 по висоті перерізу, $\epsilon \times 10^5$:
а – поперечний переріз балки; б – деформації поперечного перерізу за $M=14$ кНм

Під час випробування зразка 1БП-2-1, підсиленого композитною стрічкою завширшки 50 мм ($A_f = 0,6$ см²) за навантаження $M=23$ кНм (рис. 3, б), деформації по висоті перерізу є фактично пропорційними зі зломом прямої у нижній частині перерізу, що свідчить про початок відшарування стрічки від бетонної поверхні; за навантаження $M=26,2$ кНм (рис. 3, в) відхилення від прямої є більш явним (збільшення відшарування).

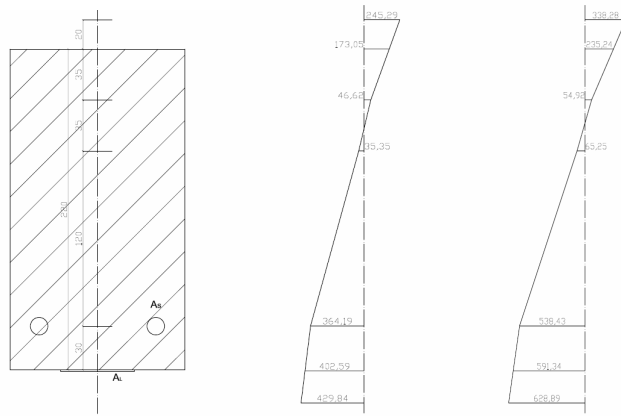


Рис. 3. Відносні деформації балки 1БП-2-1 по висоті перерізу, $\epsilon \times 10^5$:
 а – поперечний переріз балки; б – деформації поперечного перерізу за $M=23,0$ кНм;
 в – деформації поперечного перерізу за $M=26,2$ кНм

Під час випробування зразка 1БП-5-2, підсиленого композитною стрічкою завширшки 25 мм ($A_f = 0,3$ см²) за навантаження $M = 20,5$ кНм (рис. 4, б), деформації по висоті перерізу є фактично пропорційними. Під час розрахунку підсиленої балки за методикою [11] граничний згинальний момент становить $M_u = 19,3$ кНм (за руйнування приймається перевищення граничних деформацій композитної стрічки $\epsilon_f = 0,005$). Під час розрахунку за [10] граничний згинальний момент становить $M_u = 22$ кНм (за руйнування приймається початок відшарування композитної стрічки). Це свідчить про можливість використання обох методик для розрахунку підсилених згинаних залізобетонних конструкцій, причому за методикою [11] забезпечується більший запас надійності.

За навантаження $M = 23,7$ кНм (близького до руйнівного) (рис. 4, в) деформації композитної арматури приблизно дорівнюють деформаціям внутрішньої арматури (порушення гіпотези плоских перерізів), що можливе за значного відшарування і зсуву стрічки підсилення.

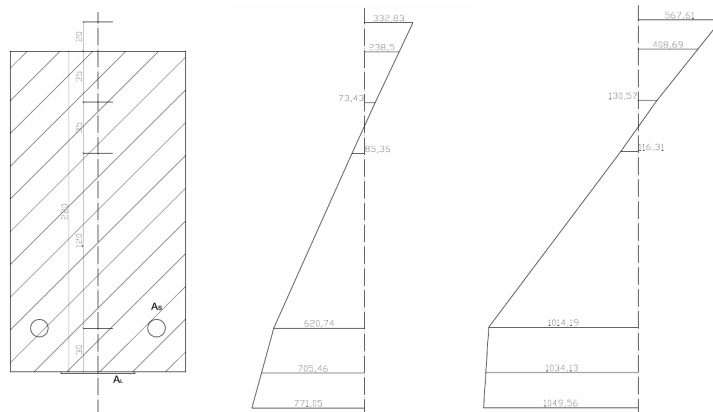


Рис. 4. Відносні деформації балки 1БП-5-2 по висоті перерізу, $\epsilon \times 10^5$:
 а – поперечний переріз балки; б – деформації поперечного перерізу за $M=22,0$ кНм;
 в – деформації поперечного перерізу за $M=23,7$ кНм

За граничних експлуатаційних рівнів навантаження деформації по довжині композитної стрічки є близькими за значеннями, тобто тріщини у розтягнутій зоні не дуже впливають на нерівномірність деформацій по довжині. Після початку відшарування композитної арматури виявлено нерівномірність деформацій стрічки у різних перерізах по довжині, що призводить до зсуву стрічки (рис. 5).

По висоті перерізу деформації за експлуатаційних рівнів навантаження фактично пропорційні (підтвердження гіпотези плоских перерізів) за деформацій $\epsilon_L \leq 0,005$. За більших деформацій зафіксовано нерівномірний розподіл деформацій по висоті перерізу.

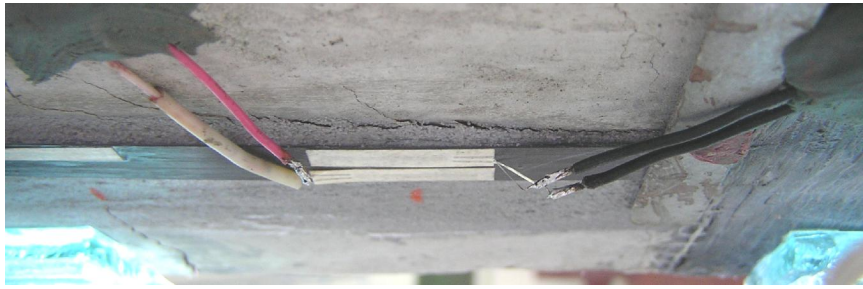


Рис. 5. Відшарування зовнішньої композитної арматури експериментальних балок

За перевищення граничних деформацій ($\varepsilon_f > 0,005$) внаслідок місцевого та загального відшарування стрічки підсилення деформації композитної арматури по довжині значно відрізняються, тому для вивчення її роботи необхідно детально дослідити деформації композитної арматури по довжині.

Висновки: 1. Проведені експериментальні дослідження залізобетонних балок за різних процентів підсилення зовнішньою композитною арматурою показали складний напружено-деформований стан нормальних перерізів.

2. Необхідно розрізнити два етапи роботи підсиленних конструкцій – експлуатаційний (до відшарування зовнішньої композитної арматури та $\varepsilon_f \leq 0,005$) та граничний (відшарування зовнішньої композитної арматури та $\varepsilon_f > 0,005$). На експлуатаційному етапі (до відшарування стрічки) деформації композитної арматури є приблизно однаковими по довжині стрічки і можуть бути визначені за [10, 11].

3. За перевищення граничних деформацій ($\varepsilon_L > 0,005$) внаслідок місцевого та загального відшарування стрічки підсилення деформації композитної арматури по довжині значно відрізняються, тому для вивчення їх роботи необхідно детально дослідити деформації композитної арматури по довжині.

1. Кваша В.Г., Мельник І.В., Климпуш М.Д. Експериментальне дослідження залізобетонної мостової балки за ТП вип. 56, підсиленої композитною стрічкою з вуглецевих волокон CFRP // Зб. "Автомобільні дороги та дорожнє будівництво". – Вип.62. – К., 2001. – С. 267–271. 2. Хаятин Ю.Г., Чернявський В.Л., Аксельрод Е.З. Применение углепластиков для усиления строительных конструкций // Бетон и железобетон. – М., 2002. – №6. – С. 17–20; 2003. – №1. – С. 25–29. 3. Кваша В., Мельник І., Собко Ю., Мурин А., Добрянський Р. Застосування композитів CFRP для підсилення залізобетонних мостів в Україні. 9th International Scientific Conference "Current issues of civil and environmental engineering". – Rzeszow, 3–4 September, 2004. – С. 221–227. 4. Rybak M. Łagoda M.: Wzmacnianie mostów betonowych za pomocą przyklejanego zbrojenia zewnętrznego. XVIII Konferencja Naukowo-Techniczna „Awary Budowlane”, Szczecin-Międzyzdroje, 1997. – P.41–50. 5. Meier U., Kaiser K. Strengthening of Structures with CFRP Laminates, Advanced Composite Materials in Civil Engineering Structures, Proceedings of the Specialty Conference (ASCE), Las Vegas, Nevada, 1991. – P. 224–232. 6. Kaminska M., Kotynia R. Badania żelbetowych belek z taśmami CFRP przyklejonymi na ich powierzchniach // XVI konferencja naukowo-techniczna "Beton i prefabrykacja". – T. 2. – Jadwisin. – 1998. – S. 479–484. 7. Kybicki J. Badania doświadczalne zarysowanych belek żelbetowych z naklejonymi taśmami kompozytowymi z włókien węglowych // Prace instytutu techniki – kwartalnik. 2002. – №4 (124). – S. 43–59. 8. Мурин А.Я., Добрянський Р.З. Дослідження роботи залізобетонних балок, підсиленних наклеюванням композитної арматури // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – Вип. 2005-4(52). –

Макіївка, 2005. – С.254–257. 9. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с. 10. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами // ГУП «НИИЖБ», ООО «Интераква». – М., 2006. – 48 с. 11. Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. Technical report fib, bulletin 14, 2001, 130 p. 11. Мурин А.Я. Міцність нормальних перерізів залізобетонних балок, підсилених зовнішньою композитною арматурою // Вісник національного університету "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". – 2008. – №627. – С. 155–158.

УДК 504.06. 628.4

П.В. Новосад, Л.І. Челядин*, В.Л. Челядин*
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра автомобільних шляхів

*Івано-Франківський національний університет нафти і газу

ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ

© Новосад П.В., Челядин Л.І., Челядин В.Л., 2009

Наведено аналіз наявності відходів I–III класу небезпеки та золошламів по областях зокрема та в Україні загалом. Розраховано та встановлено їх негативний вплив на екологічну безпеку об'єкта та регіону. Для розробки енергоощадних технологій утилізації техногенної сировини запропоновано класифікувати відходи за вмістом вологи на три типи. Встановлено, що для розроблення енергоощадних технологій утилізації золи ТЕС і скопу у пористий теплоізоляційний матеріал, необхідно враховувати співвідношення компонентів і вміст вологи.

The analysis of I-III danger class wastes and ash slurry in particular on regions and in the whole Ukraine was done. Their negative influence on ecological safety of object and region was set and calculated. For development of energy-saving technologies of technogenic raw material utilization was suggested to classify wastes according to moisture content on three types. It was established that for development of energy-saving technologies of fly ash and paper pulp wastes utilization in porous heat-insulation material it is necessary to take into account components correlation and moisture content.

Вступ. За даними спеціалістів, через стіни і дахи будинків втрачається приблизно 70 % тепла. Рациональне використання конструкційно-теплоізоляційних та теплоізоляційних матеріалів уможливить зберегти тепло і знизити витрати на опалення більш ніж у два рази. Висока енергомісткість виробництва будівельних матеріалів і вартість зведення та експлуатації житла обумовлюють пошук нових матеріалів. Одним з основних напрямків розроблення енергоощадних технологій є створення теплоефективних будівельних виробів, під час використання яких забезпечується зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів експлуатації будинків. Освоєння таких технологій та збільшення обсягів виробництва і використання теплоефективних виробів сприятиме енергетичній незалежності держави.

Постановка проблеми. В умовах виснаження світових сировинних ресурсів вкрай нерационально як з економічного, так і з екологічного погляду закопувати в землю готову сировину, придатну для використання. Головною ж проблемою використання цієї сировини стає її вилучення зі сміттової маси, оскільки в суміші вона фактично непридатна для переробки. Комплексний підхід до переробки промислових відходів повинен ґрунтуватися на стратегічному довготривалому плануванні, для забезпечення гнучкості, здатної адаптуватися до майбутніх змін у складі і кількості