

У збірнику опубліковані наукові статті з раціонального використання природних ресурсів, гідротехнічних споруд, будівництва, машинознавства, економіки, права. Призначений для наукових працівників, інженерів, аспірантів та студентів вищих навчальних закладів.

Редакційна колегія

Мошинський В.С., д.с.-г.н., професор, ректор НУВГП, головний редактор; **Савіна Н.Б.**, д.е.н., професор, в.о. проректора з наукової роботи та міжнародних зв'язків НУВГП, заступник головного редактора; **Мамай Л.М.**, здобувач кафедри екології, провідний фахівець відділу аспірантури і докторантури, відповідальний секретар; **Россінський В.М.**, к.т.н., старший викладач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи, відповідальний секретар; **Левицька С.О.**, д.е.н., професор, директор навчально-наукового інституту економіки, менеджменту та права; **Герасімов Є.Г.**, начальник науково-дослідної частини, к.т.н., доцент; **Клименко М.О.**, директор навчально-наукового інституту агроекології та землеустрою, д.с.-г.н., професор; **Хлапук М.М.**, директор навчально-наукового інституту водного господарства та природооблаштування, д.т.н., професор; **Гавриш В.С.**, в.о. директора навчально-наукового механіко-енергетичного інституту, к.т.н., доцент; **Макаренко Р.М.**, в.о. директора навчально-наукового інституту будівництва та архітектури, к.т.н., доцент; **Тадесв П.О.**, в.о. директора навчально-наукового інституту автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки, д.пед.н., професор; **Марчук М.М.**, в.о. директора навчально-наукового автодорожнього інституту, к.т.н., професор; **Дорошенко О.О.**, голова Ради молодих вчених, к.е.н., доцент кафедри обліку і аудиту; **Грицина О.О.**, заступник голови Ради молодих вчених, к.т.н., доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки; **Пінчук О.Л.**, к.т.н., старший викладач кафедри водогосподарського будівництва та експлуатації гідромеліоративних систем; **Лук'янчук О.П.**, к.т.н., доцент, доцент кафедри підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх, меліоративних машин і обладнання сільськогосподарського виробництва; **Глінчук В.М.**, к.т.н., старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства; **Карпан Т.С.**, аспірант кафедри транспортних технологій і технічного сервісу; **Гарбарук Ю.В.**, аспірант кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки; **Шапран С.Ю.**, аспірант кафедри архітектури та середовищного дизайну; **Филипчук Л.В.**, старший викладач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій; **Янчук О.Є.**, к.т.н., доцент кафедри геодезії та геоінформатики; **Самолук Н.М.**, к.е.н., доцент кафедри трудових ресурсів і підприємництва; **Вашай Ю.В.**, к.е.н., старший викладач кафедри економічної теорії; **Ботвінко-Ботюк О.М.**, викладач кафедри іноземних мов та українознавства, аспірант Волинського національного університету ім. Лесі Українки кафедри практики англійської мови.

Збірник «Студентський вісник Національного університету водного господарства та природокористування» зареєстрований у Державній реєстраційній службі України - реєстраційний номер КВ 20359 - 10159 Р від 11.10.2013 р.

Матеріали Студентського вісника НУВГП розглянуті і рекомендовані до видання на Вченій раді університету 27 червня 2014 р., протокол № 6.
Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП

© Національний університет водного господарства та природокористування, 2014

УДК 624.012.25

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ ЗАЛЕЖНО ВІД
ТОВЩИНИ ЗАХИСНОГО ШАРУ****О. В. Соловей**

студент 4 курсу, група ПЦБ-42, навчально-науковий інститут, будівництва та архітектури
Науковий керівник – к.т.н., доцент В. Є. Бабич

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

Висвітлені нові результати дослідження впливу захисного шару бетону на граничні значення напружень зчеплення арматури з бетоном. Показано, що при захисному шарі бетону, рівному діаметру стержня, напруження зчеплення до 20% менші порівняно з визначеними на стандартних зразках (захисний шар більше трьох діаметрів).

Ключові слова: бетон, арматура, захисний шар, напруження зчеплення.

Приведены новые результаты исследований влияния толщины защитного слоя бетона на предельные напряжения сцепления арматуры с бетоном. Установлено, что при защитном слое бетона, равном диаметру стержня, напряжения сцепления до 20% меньше по сравнению с полученными на стандартных образцах (защитный слой больше трех диаметров).

Ключевые слова: бетон, арматура, защитный слой, напряжения сцепления, анкеровка.

New research results of the influence of the concrete protective layer on the extreme meaning of adhesion tension of reinforcement with concrete are presented. It is shown that with concrete protective layer, that equals diameter of reinforcement, tension adhesion are lower on 20 per cent in comparison with tension, that were fixed on standard models (the protective layer is more than three diameters).

Keywords: concrete, reinforcement, protective layer, tension adhesion.

Зчеплення арматури з бетоном – одна із найважливіших характеристик залізобетону, що в основному визначає його міцність, жорсткість і тріщиностійкість, а також необхідну довжину анкерування стержнів для забезпечення надійної їхньої спільної роботи. На величину граничних напружень зчеплення впливають багато факторів, основним з яких є міцність бетону, діаметр стержнів, довжина анкерування, а також товщина захисного шару бетону. В нормах проектування залізобетонних конструкцій встановлюється мінімальний захисний шар бетону, який повинен повністю забезпечити зчеплення стержнів з бетоном, і приймається з умов $c_{min} \geq c_{min,b} = d$ і $c_{min} \geq 10$ мм, де $c_{min,b}$ – мінімальний захисний шар з умов зчеплення, а d – діаметр стержнів [1]. Для передачі зусиль зчеплення з арматури на бетон необхідна базова довжина заанкерення стержнів $l_{b,rqd}$, яка, згідно з [2], залежить від розрахункового значення граничних напружень зчеплення f_{bd} . Значення f_{bd} визначається опосередкованим шляхом залежно від розрахункового значення міцності бетону на розтяг f_{ctd} . Таким чином, довжина анкерування визначається за основним параметром f_{bd} , який не підтверджений експериментально та визначається в [2] досить наближено. Також експериментально не доведено, що величина захисного шару бетону $c_{min,b}$ достатня для повної передачі зусиль зчеплення.

В роботі [3] наведені дані про визначення напружень зчеплення арматури з бетоном на стандартних зразках, які являють собою бетонні оболонки у вигляді призм з центрально розташованим стержнем, який витягувався (виривався) з бетону. Авторами робіт [4, 5]

запропоновані математичні моделі для визначення граничних напружень зчеплення залежно від діаметра стержнів, класу бетону, довжину анкерування та кількості повторних навантажень. В усіх цих дослідах відстані від поверхні арматури до найближчої поверхні бетону в 3.4 рази перевищували діаметр стержнів, що відрізняється від рекомендованої товщини захисного шару в реальних конструкціях.

Наведені результати перших експериментальних досліджень [6] впливу товщини захисного шару бетону на граничні напруження зчеплення його з арматурою. В досліді випробувано 30 призмових зразків. В роботі показано, що при $c = d$ фактичні граничні напруження зчеплення приблизно на 20% менші, ніж значення, отримані при випробування стандартних зразків ($c > 3d$). В цій же роботі зазначено, що для визначення коефіцієнта умов роботи належить продовжити дослідження за різної міцності бетону. Новим дослідженням цього питання присвячена ця стаття, а саме: дослідженню впливу товщини захисного шару бетону за класом вищим, ніж в роботі [6], на граничні напруження зчеплення.

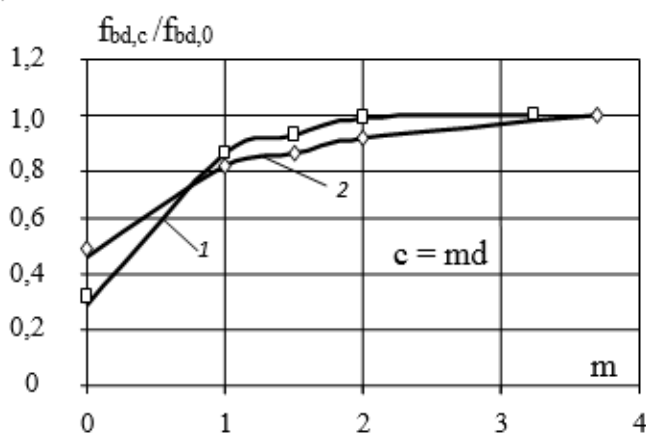


Рис. 1. Залежність граничних напружень зчеплення f_{bd} від товщини захисного шару бетону $c = md$ (1 - $d = 20$ мм; 2 - $d = 12$ мм)

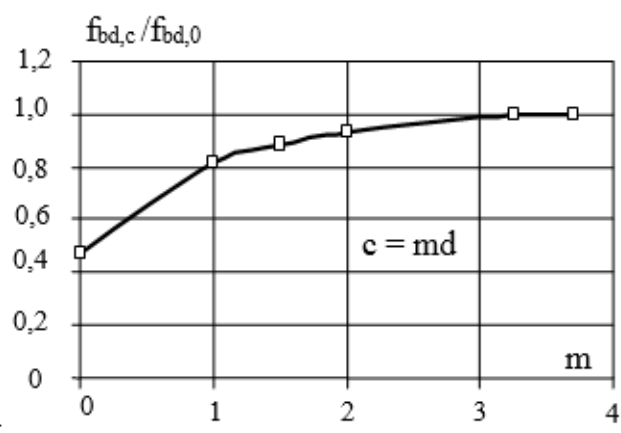


Рис. 2. Залежність граничних напружень зчеплення f_{bd} від товщини захисного шару бетону $c = md$ з урахуванням дослідів [6]

Попередні дослідження показали, що товщина захисного шару бетону суттєво впливає на граничні напруження зчеплення з ним арматури та на характер руйнування оточуючого бетону. Тому, з метою досконалого вивчення особливостей впливу захисного шару на зчеплення арматури серповидного профілю з бетоном, прийнято за доцільне провести дві серії експериментальних досліджень.

Було випробувано 30 основних зразків у вигляді бетонних призм із заробленими в них арматурними стержнями, які розташовувалися паралельно поздовжній осі на різній віддалі від зовнішньої поверхні бетону. В першій групі зразків використовувалися призми з поперечним перерізом 100x100 мм та стержні діаметром $d = 12$ мм, в другій групі - 150x150 мм і $d = 20$ мм, відповідно. Довжина призм (довжина анкерування стержнів l_b) складала 120 і 200 мм. В кожній групі для кожного розташування стержнів виготовлялося по три основних зразки-близнюки. В процесі випробувань вимірювали силу F та переміщення вільного кінця стержня δ відносно торця призм, за допомогою годинникового індикатора з ціною поділки 0,001 мм. За результатами випробувань трьох зразків-близнюків обчислювалися середні напруження в арматурних стержнях σ_s , також, під час досліджень переміщення вільного кінця стержнів, враховувалося, що вони теж в значній мірі залежать від товщини захисного шару і діаметра арматури. В зразках першої групи приблизно до напружень $\sigma_s = 50$ МПа зміщення вільного кінця не спостерігалось, а в зразках другої групи - до $\sigma_s = 75$ МПа. Майже в усіх інших зразках відбулося крихке розколювання призм при $\delta \leq 0,1$ мм.

Оцінити вплив товщини захисного шару на максимальні напруження зчеплення з арматурою можна шляхом аналізу графіку, представленого на рис.1, де цифрою 1 вказано арматуру $d = 20$ мм, цифрою 2 вказано арматуру $d = 12$ мм. На рис. 2 наведена залежність $l_{bd,c} / l_{bd0}$ за середніми результатами експериментальних досліджень, отриманих в роботі [6], та результатами, наведеними в цій статті. Відношення $l_{bd,c} / l_{bd0}$ при $c = 1,0d, 1,5d$ та $2,0d$ відповідно склали 0,82; 0,89 та 0,93. Таким чином, за мінімального захисного шару бетону $c = d$, що вимагається в нормах проектування, фактичні граничні напруження зчеплення менші, ніж вони визначаються експериментально на загально прийнятих зразках, з розташуванням стержнів по осям бетонних призм $c > 3d$. Це необхідно враховувати в розрахунках довжини анкерування арматури, коли граничні значення напружень зчеплення приймаються за експериментальними даними.

Нові експериментальні дані підтверджують, що захисний шар бетону суттєво впливає на характер руйнування зразків та значення граничних напружень зчеплення арматури з бетоном. Порівняння результатів дослідження зразків бетону класів C16/20 і C20/25 не виявили впливу на залежність граничних напружень зчеплення від товщини захисного шару бетону. При захисному шарі бетону, рівному $c = d$, граничні напруження зчеплення знижуються майже на 20 % порівняно з їхніми значеннями при $c > 3d$, що необхідно враховувати при розрахунках анкерування арматури.

Список використаних джерел:

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 166 с.
3. Бабич Е. М. Анкерівка в бетоне арматури серповидного профіля // Бабич Е. М., Поляновська Е. Е., Чапюк А. С./ Проблеми сучасного бетону и залізобетону: Матеріали Третього міжнародного симпозиума. – Минск: «Мінсктиппроєкт», 2011. – Том 1.- С.37 – 45.
4. Бабич Є. М. Математична модель напруження зчеплення арматури з бетоном // Є.М. Бабич, О.Є. Поляновська / Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2012. – Випуск 47. – Частина 1. – С. 28 – 33.
5. Кундрат М. М. Опір арматурних стержнів мало цикловому витяганню з бетону // М. М. Кундрат, О. П. Борисюк, О. Є. Поляновська, Т. П. Мейта / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне : НУВГП, 2013. – Випуск 27. – С. 120 – 126.
6. Бабич В.Є. Вплив товщини захисного шару на зчеплення арматури з бетоном // В. Є. Бабич, О. Є. Поляновська, П. М. Онопрійчук / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. - Рівне: НУВГП, 2012. – Випуск 23. – С. 88 – 93.