



Національний університет

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
та природокористування

**Національний університет водного
господарства та природокористування**

кафедра інженерних конструкцій

051-167

**Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
з дисципліни “Залізобетонні і кам’яні конструкції” на тему:
“Зчеплення арматури з бетоном”
(студентами за напрямом підготовки 6.06010101
“Будівництво” освітньо-кваліфікаційного спрямування
“Промислове і цивільне будівництво”)**

**Рекомендовано
методичною комісією за
підготовки напрямком 6.060101
“Будівництво”**

(Протокол № 4 від 21.12.2011р.)

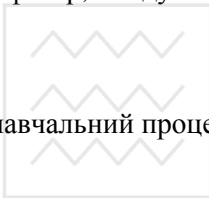
Р і в н е - 2 0 1 2



Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни “Залізобетонні і кам’яні конструкції” на тему: “Зчеплення арматури з бетоном” студентами за напрямом підготовки 6.06010101 “Будівництво” освітньо-кваліфікаційного спрямування “Промислове і цивільне будівництво”/ В.Є.Бабич. – Рівне: НУВГП, 2012. – 13 с.

Упорядник: В.Є.Бабич, кандидат технічних наук

Відповідальний за випуск Є.М.Бабич – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерних конструкцій.



В навчальний процес вводиться вперше.



Вступ

Робочою програмою навчальної дисципліни “Залізобетонні і кам’яні конструкції” передбачено вивчення фізико-механічних характеристик залізобетону, в тому числі зчеплення арматури з бетоном.

Особливою умовою спільної роботи бетону і арматури в складі залізобетонних конструкцій є наявність між ними надійного зчеплення. Під зчепленням розуміють опір стержня (арматури) витягуванню або видавлюванню із бетону. При витягуванні стержнів з бетону (в розтягнутих, згинальних елементах, анкерах тощо) відбувається зміщення арматури відносно бетону. Коли зміщення досягаються критичних значень, виникає поперечний тиск стержнів на бетон, що призводить до порушення зчеплення і розколюванню бетону.

Внаслідок зміщення стержнів на контакті з бетоном виникають дотичні напруження зчеплення, які залежать від багатьох факторів: профілю арматури, міцності бетону, діаметра стержнів, довжини анкерування тощо. Зчеплення забезпечується опором бетону зминанню та зрізом між поперечними ребрами стержнів, силами склеювання та силами тертя (перший фактор забезпечує приблизно $\frac{3}{4}$ загального опору зміщенню стержнів).

Лабораторна робота базується на результатах досліджень за комплексною кафедральною тематикою “Дослідження роботи та удосконалення методів розрахунків будівельних конструкцій при різних режимах зовнішніх впливів” (державний реєстраційний номер 0107U0004181).

Метою даних методичних вказівок є надання допомоги студентам поглибити теоретичні знання про зчеплення арматури з бетоном, як основного фактору роботи залізобетону під навантаженням.



1. Задачі лабораторної роботи

В лабораторній роботі необхідно:

- проаналізувати при витягуванні процес зміщення стержня в бетоні (побудувати залежність “зміщення вільного торця стержня δ – напруження в арматурі σ_s ” та залежність між “дотичними напруженнями τ і зміщенням стержня δ ”;
- встановити характер руйнування бетону внаслідок втрати зчеплення з арматурою;
- визначити максимальні дотичні максимальні напруження зчеплення τ .

2. Дослідні зразки та характеристика матеріалів для їхнього виготовлення.

2.1. Дослідні зразки.

Дослідні зразки виготовляються у вигляді бетонних призм квадратного перерізу зі стороною 150мм і висотою $10d$, де d – діаметр стержня (рис. 1)

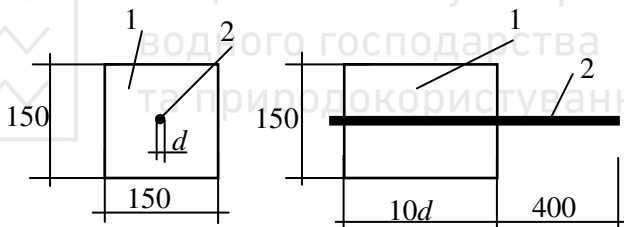


Рис. 1. Конструкція дослідних зразків:

1 – бетонна призма; 2 - стержень

Зразки виготовляються по три близнюки (з однієї бетонної суміші, однакового розміру із однаковими стержнями). Для визначення механічних характеристик бетону з цієї ж суміші одночасно виготовляються три призми $150 \times 150 \times 600$ мм (можна $100 \times 100 \times 400$ мм) та три куби з розміром ребер 150мм, а також чотири

призми розміром 100×100×400 мм, які обладнуються спеціальними анкерами та випробовуються на розтяг. Арматуру приймають діаметром в межах 12 – 16 мм класу А400С або А500С.

2.2. *Бетон.* Бетон підбирають такого складу, щоб він відповідав приблизно класу С22/25. Міцнісні характеристики бетону визначаються шляхом випробовування кубів і призм, які заносять в табл. 1 – табл. 3.

Таблиця 1

Кубикова міцність бетону

Номер зразка, i	Площа поперечного перерізу A_i , m^2	Руйнуюча сила, F_i , кН	Міцність окремих зразків, $f_{ci,cube}$, МПа	Середня кубикова міцність, $f_{cm,cube}$, МПа
К-1				
К-2				
К-3				

Таблиця 2

Міцність призм на осьовий стиск (призмова міцність)

Номер зразка, i	Площа поперечного перерізу A_i , m^2	Руйнуюча сила, F_i , кН	Міцність окремих зразків, $f_{ci,prism}$, МПа	Середня призмова міцність, $f_{cm,prism}$, МПа
П-1				
П-2				
П-3				

Таблиця 3

Міцність бетону при осьовому розтягу

Номер зразка, i	Площа поперечного перерізу A_i , m^2	Руйнуюча сила, F_i , кН	Міцність окремих зразків, f_{cti} , МПа	Середня міцність на розтяг, f_{ctm} МПа
ПР-1				
ПР-2				
ПР-3				



Міцність окремих зразків визначається за формулою

$$f_{ci} = \frac{F_{ui}}{A_s}, \quad (1)$$

де f_c - відповідна міцність бетону;

A_i - площа поперечного перерізу окремого зразка;

F_{ui} - руйнуюча сила для кожного зразка.

Середня міцність визначається за формулою

$$f_{cm} = \frac{\sum f_{ci}}{3} \quad (2)$$

2.3. *Арматура.* Для армування залізобетонних конструкцій використовують порівняно нову стержневу арматуру за ДСТУ 3760:2006 “Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови” (рис.2).

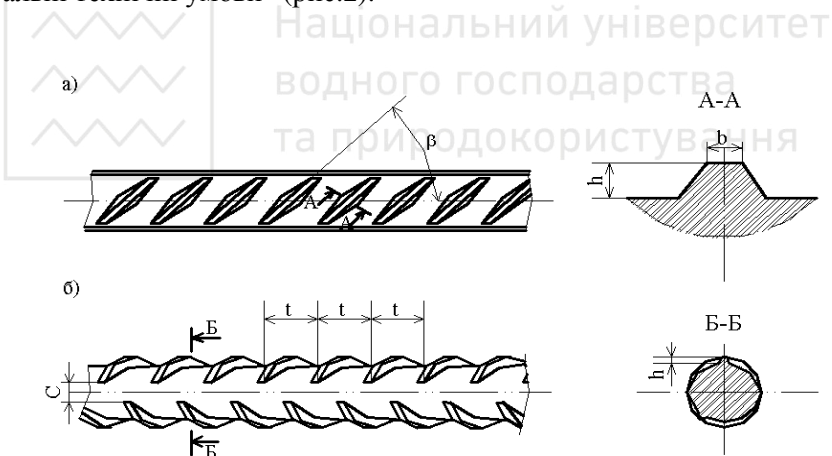


Рис. 2. Схема стержня серпоподібного профілю.

Основною характеристикою профілю стержнів є висота поперечних виступів h , їхній крок t та кут нахилу β . В стержнях, які використовують для виготовлення, необхідно визначити фізичну або умовну межу текучості та геометричні характеристики профілю (табл. 4 і табл. 5).



Межа текучості арматури

Номер зразків, i	Площа поперечного перерізу $A_{s,i}$	Зусилля, F_i , кН	Межа текучості, $f_{uk,i}$ МПа	Середнє значення межі текучості, f_{ukm} МПа
1				
2				
3				

Таблиця 5
Геометричні характеристики профілю стержнів

Номер перерізів замірювання	Висота поперечного виступа h_i , мм	Середнє значення h_m , мм	Крок поперечних виступів t_i , мм	Середнє значення t_m , мм	Коефіцієнт $\lambda = h_m / t_m$
1					
2					
3					
4					
5					
6					

3. Методика випробування зразків

Дослідження зчеплення арматури з бетоном виконується шляхом висмикування (витягання) стержня з бетонної призми з використанням спеціального реверсного натяжного пристрою в розривній гідравлічній машині (рис. 3).

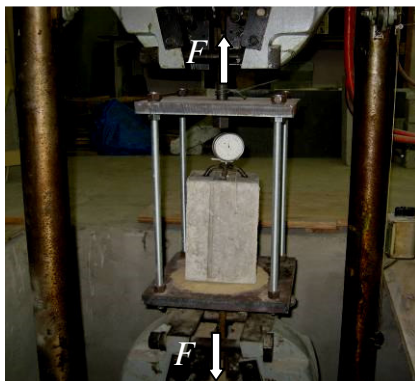
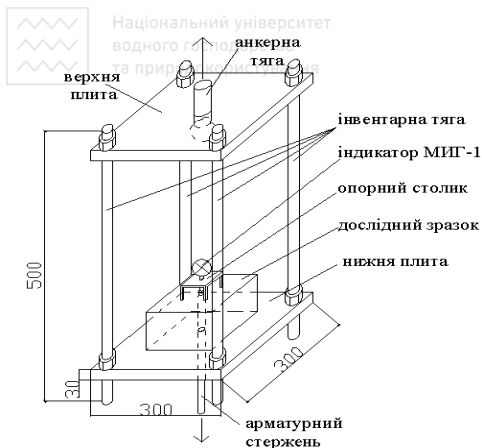


Рис. 3 Пристрій для витягання стержня з бетонної призми

Навантаження до стержня прикладаються ступенями, рівними приблизно $\Delta F = 0,1F_u$, де F_u - очікуване руйнуюче навантаження. Під час навантаження вимірюються проковзування (переміщення) вільного кінця стержня відносно торця призми індикатором годинникового типу з ціною поділки 0,001мм. Індикатор кріпиться до торця призми за допомогою спеціального тримача.

На кожному ступені навантаженні робляться витримки з фіксованим його значенням та знімаються відліки з індикатора. Значення навантаження та відліки заносяться в таблицю (табл. 6).

За критерій руйнування приймається розколювання бетонної призми або зміщення вільного кінця стержня відносно торця призми на $\delta_u = 0,1$ мм.



Результати випробування окремого зразка

№№ ступеня навантаження	Сила, F, кН	Напруження в арматурі, σ_s , МПа	Відліки по індика- тору, мм	Зміщення торця стержня $N_i - N_l$	Дотичні напруження зчеплення, τ , МПа
1			N_l		
2			N_i		
3					
4					
5					
n			N_n		
Руйнуюче навантаження $F_u =$		кН			

4. Аналіз результатів випробувань

За даними табл. 6 для кожного зразка усереднюються значення зміщень вільного кінця стержнів відносно торця призми і значень дотичних напружень зчеплення (табл. 7)

В табл. 6 і табл. 7 напруження в арматурі визначається за формулою

$$\sigma_s = \frac{F}{A_s} = \frac{4F}{\pi d^2}, \quad (2)$$

де F - сила, яка прикладається до завантаженого кінця стержня (визначається за шкалою преса)

A_s - площа поперечного перерізу стержня (для зразків – близнюків A_s однакова).

Таблиця 7

Усереднені значення результатів випробовувань

Напруження в стержнях σ_s , МПа	Дотичні напру- ження зчеп- лення, τ , МПа	Зміщення вільного кінця стержнів, δ , мм				Теоре- тичні значення дотич- них напру- жень, τ_{teor} , МПа	$\frac{\tau}{\tau_{teor}}$
		Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Сере- дне зна- чення, δ , мм		



Дотичні напруження зчеплення визначаються за формулою

$$\tau = \frac{F}{\pi d l_{an}}, \quad (3)$$

де d - діаметр стержня;

l_{an} - довжина анкерування стержня (висота призми).

Граничне значення середніх напружень зчеплення стержнів з бетоном τ_u визначаються за формулою

$$\tau_u = \frac{F_u}{\pi d l_{an}}, \quad (4)$$

де F_u - руйнуюче зусилля.

Значення τ_u визначаються для кожного зразка, після чого знаходить середнє $\tau_{u,m}$.

Теоретичне значення напруження зчеплення можна визначити за формулою

$$\tau_{teor} = \beta \frac{\ln(1 + \alpha \delta)}{1 + \alpha \delta}, \quad (5)$$

де $\alpha = 0,78 \lambda f_{cm,prism}^{1,5}$;

$$\beta = 5,71 \lambda f_{cm,prism},$$

де $f_{cm,prism}$ - призмova міцність бетону, МПа;

δ - зміщення вільного торця стержня δ , мм.

Теоретичні граничні значення дотичних напружень зчеплення $\tau_{u,teor}$ визначаються за формулою (5) при $\delta = \delta_u = 0,1 \dot{\delta}$.

В роботі виконується порівняння теоретичних і експериментальних значень дотичних напружень зчеплення, як в процесі навантаження (табл. 7), так і граничних значень.

За даними табл. 7 будуються графіки залежностей " $\sigma_s - \delta$ " та " $\sigma_s - \tau$ " (рис. 4 і рис. 5)

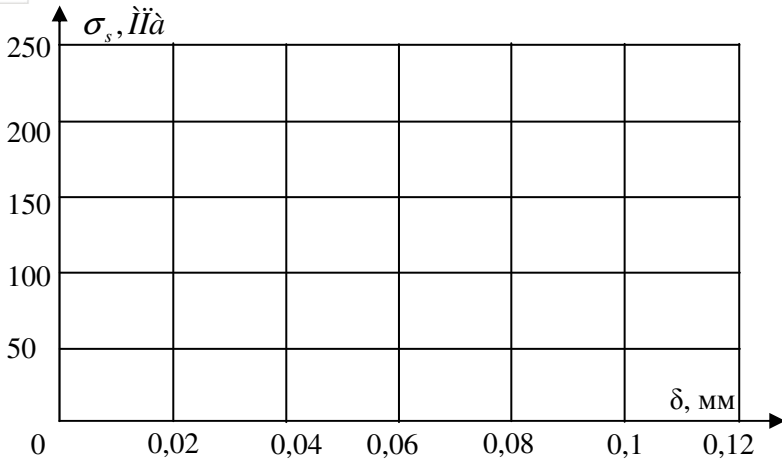


Рис. 4. Зміна проковзування стержнів δ залежно від напруження σ_s .

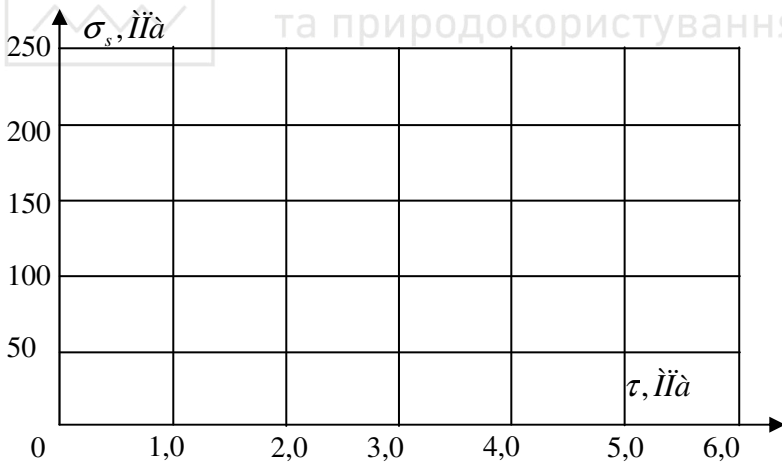


Рис. 5. Залежність τ і σ_s .



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Висновки до лабораторної роботи

1. Описується характер руйнування зразка.
2. Наводяться заключення стосовно теоретичних і експериментальних дотичних напружень зчеплення стержнів з бетоном.
3. Наводяться значення граничних напружень зчеплення стержнів з бетоном.



Національний університет
водного господарства
та природокористування