

Факультет  
будівництва та архітектури

Кафедра  
технології та організації  
будівництва

# «Несуча здатність залізобетонних конструкцій підсилених нарощуванням»

Доповідач ст. гр. Буд-71  
Чізмар С.С  
Керівник  
к.т.н., доцент Мазурак А.В.

Дубляни 2017

В даний момент і в близькому майбутньому залізобетон в нашій країні залишається важливішим конструктивним матеріалом будівництва. Це пояснюється великим запасом сировини для виготовлення в'язучих та заповнювачів, високими конструктивними та експлуатаційними якостями залізобетону. Зараз швидкий ріст розвитку промисловості, важкого стаціонарного устаткування та збільшення ваги автотранспортних засобів, які призводять до збільшення навантажень на конструкції, викликає необхідність підвищення вимог до експлуатаційної надійності залізобетонних конструкцій.

## МЕТА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Визначити експериментальним і теоретичним шляхом параметрів несучої здатності залізобетонних балочних елементів підсилених методом нарощування.

Досягнення поставленої мети реалізується на основі вирішення наступних задач досліджень:

- розробити методику експериментальних досліджень залізобетонних елементів, підсилених нарощуванням;
  - провести експериментальні дослідження несучої здатності підсилених залізобетонних елементів;
  - запропонувати розрахунок з використанням чинних нормативних документів.
- провести аналіз отриманих результатів;

# Дефекти залізобетонних балок

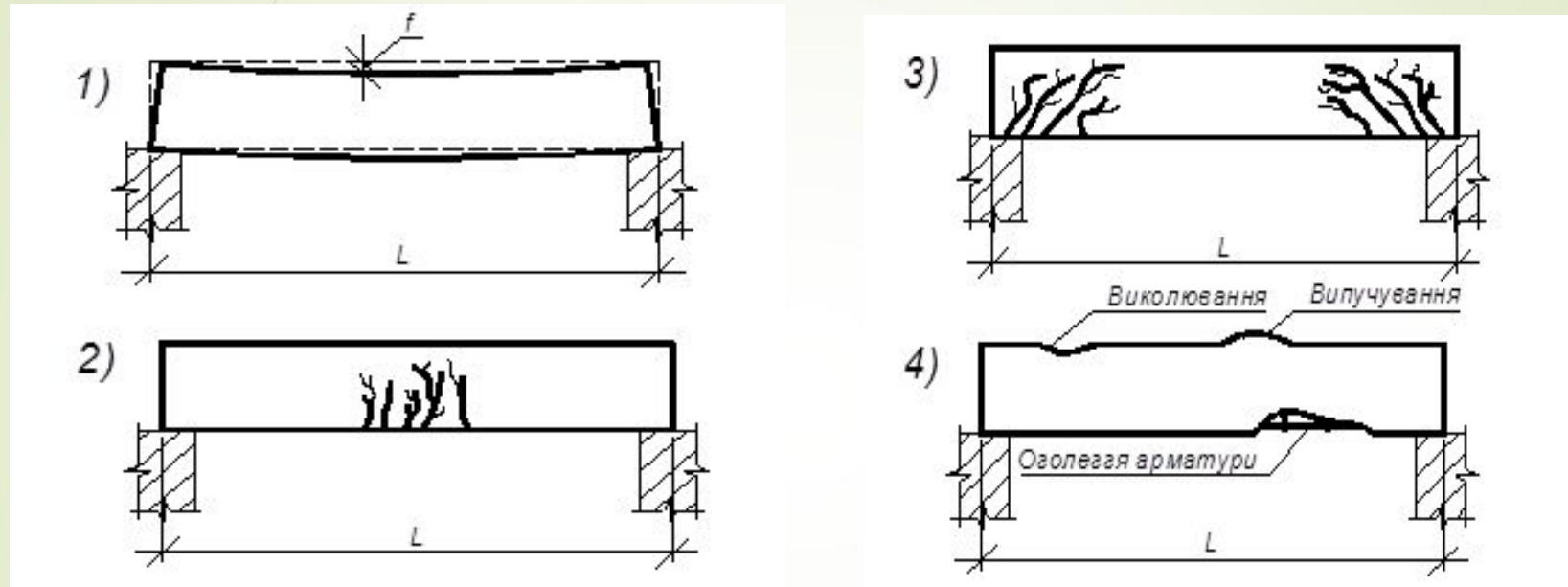


Рис.1.1 Характерні дефекти залізобетонних балок:

1) прогин; 2) вертикальні нормальні тріщини; 3) похилі тріщини; 4) корозія арматури відколюванням бетону.

# Дефекти залізобетонних колон

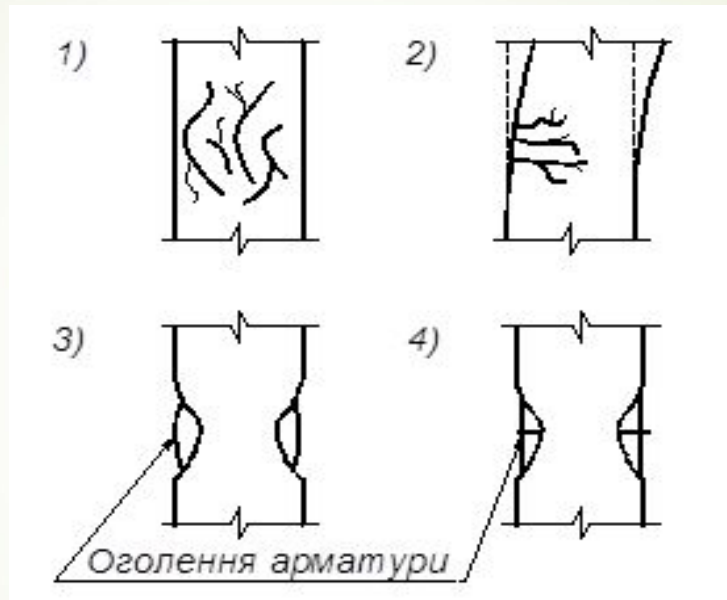



Рис. 1.2 Характерні пошкодження в залізобетонних колонах: 1) поздовжні тріщини; 2) поперечні тріщини; 3) випучування стиснутих стержнів арматури; 4) корозія арматури і бетону;



# Способи підсилення залізобетонних конструкцій

Підсилення шляхом *збільшення перетину робочого елемента* за допомогою:

- встановлення обойми;
- нарощування перетину;
- за допомогою «Сорочки»;
- за допомогою металевих затяжок;
- за допомогою інноваційних матеріалів (вуглепластику)

# Підсилення нарощуванням перетину

При підсиленні **нарощуванням перетину** за рахунок додавання **шарів матеріалу** арматура підсилення зв'язана з'ярунатурою основного конструктивного елемента. Його роблять з бетону або залізобетону. Таке підсилення буває одно-, дво-, тришарове та замкнене.

При підсиленні **нарощуванням перетину** висуваються такі вимоги:

- міцність бетону підсилення повинна бути вищою за міцність бетону основи;
- вживають заходів щодо покращення сумісної праці перетинів основи та підсилення.

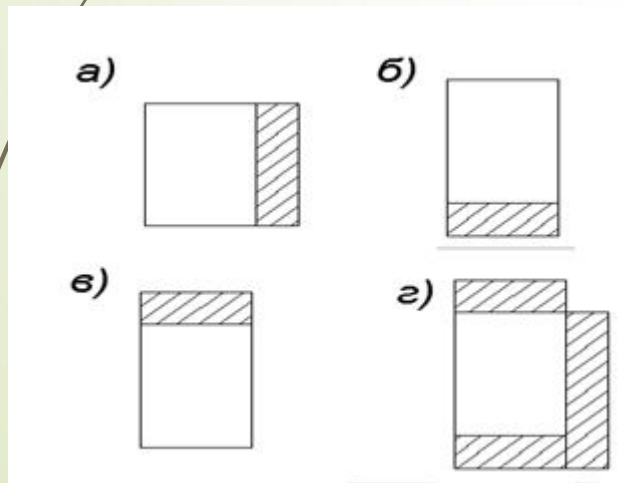
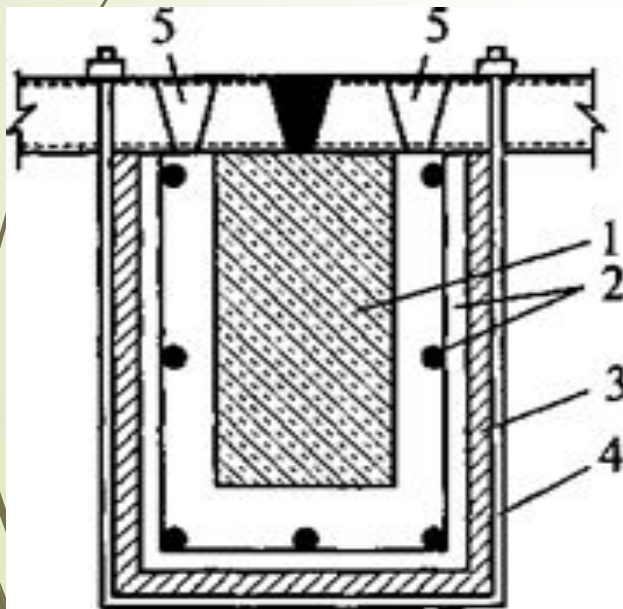


Рис 1.3 Способи підсилення балок при недостатній несучій здатності, ушкодженні з оголенням арматури:  
а) нарощування перерізу збоку; б) нарощування перерізу знизу; в) нарощування перерізу зверху; г) комбіноване нарощування перерізу;

# Підсилення методом «Сорочки»

Конструкції сорочок на відміну від обойм є незамкнуті з одного боку. Товщина 3 ... 10 мм . Сорочки армують замкнутої по горизонталі арматурою і вертикальними стержнями , що встановлюються у вертикальних площин існуючих конструкцій в розтягнутій зоні , що підсилюється. В цьому випадку перетин робочої арматури визначають розрахунком . У стислій і нейтральній зонах подовжню арматуру встановлюють конструктивно . Конструкції сорочок використовують для посилення ригелів , балок перекриттів , колон та фундаментів .

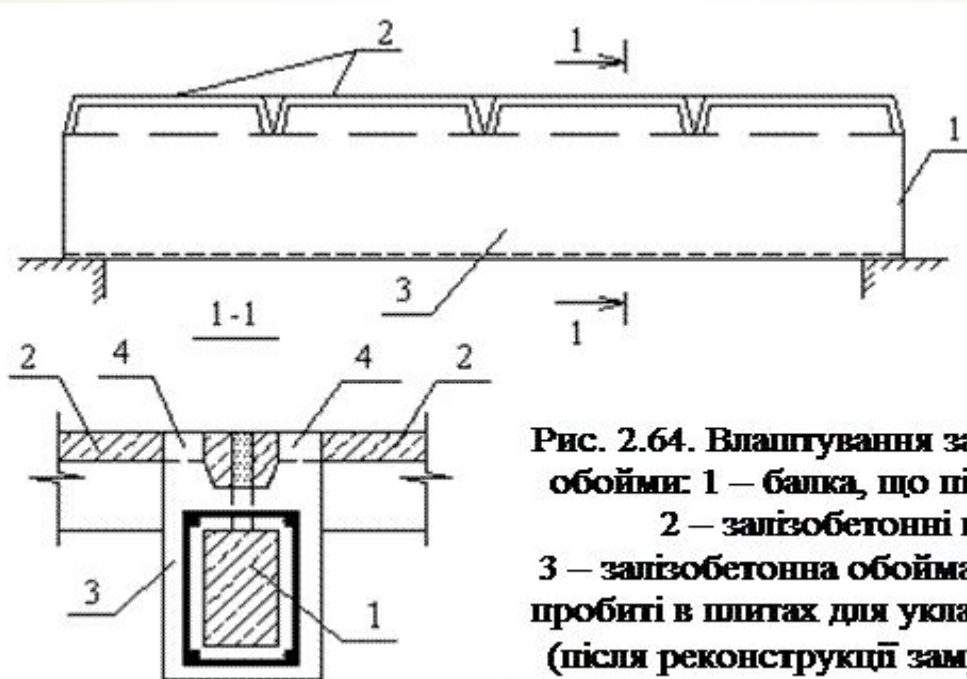


- 1 – балка яку підсилюють;
- 2 - арматурний каркас ;
- 3 - підвісна опалубка ;
- 4 – закріплюючі елементи опалубки;
- 5 - отвори в плиті для подачі бетонної суміші



# Підсилення за допомогою обойми

**Обойма** – спеціальна конструкція, яка, обтискуючи конструктивний елемент з двох боків або по периметру перетину, підвищує його жорсткість. Армура обойми не зв'язана з арматурою основного перетину. Обойми виготовляють із залізобетону або сталі та використовують, коли є можливість повного або часткового розвантаження елемента на момент його підсилення.



**Рис. 2.64.** Влаштування залізобетонної обойми: 1 – балка, що підсилюється; 2 – залізобетонні плити; 3 – залізобетонна обойма; 4 – отвори, пробиті в плитах для укладання бетону (після реконструкції замуровуються)



# Методика експериментальних досліджень

З метою реалізації поставлених задач досліджень було виготовлено серію залізобетонних балок, призм і кубів



Рис. 1.4. Конструкція головних дослідних балок:

а) опалубочне креслення балок;

б) армування головної балки;

## Характеристики експериментальних балок до підсилення

Характеристики		Шифр балок	
		Б-1	Б-2
Переріз балок $m \times h$ см		80x250	78x250
а р м а т у р а	Площа перерізу $m^2 \times 10^4$		
	розтягнута	2,01 (Ø16)	2,01 (Ø16)
	стиснута	0,283 (Ø 6)	0,283 (Ø 6)
	поперечна	0,283 (Ø 6)	0,283 (Ø 6)
	Розрахункове значення міцності арматури на границі текучості $f_{yd}$ , МПа	460	460
	розтягнута		
	стиснута	430	430
	Характеристичне значення міцності арматури $f_{yk}$ , МПа		590
	Розтягнута	590	
	стиснута	430	430
поперечна	430	430	
Модуль пружності $E_s \times 10^{-5}$	розтягнута	2,05	2,05
	стиснута	1,79	1,79
	поперечна	1,79	1,79
б е т о н	Призмova міцність $R_c$ , МПа	22,8	
	Початковий модуль пружності $E_c \times 10^{-3}$ , МПа	20,8	

Наступним етапом було проведення підсилення дослідних зразків нарощуванням. Запроектовано два варіанта підсилення залізобетонних балок: І - збільшення бокової поверхні (двостороннє) в приопорній ділянці шарами бетону товщиною бетону 40мм з кожної сторони, з вкладанням металевого каркасу із поздовжньою повздовжньою робочою арматурою була стержнева арматура  $\varnothing 12$  А400С, конструктивна і поперечна –  $\varnothing 6$  класу 240С, крок поперечної арматури – 120мм. Підсилення зразків проходило в чотирьох частинах на при опорних ділянка бали БП-1. Довжина підсилення складала 550мм. В кожній із частині вкладався окремий каркас(рис. 1.5).

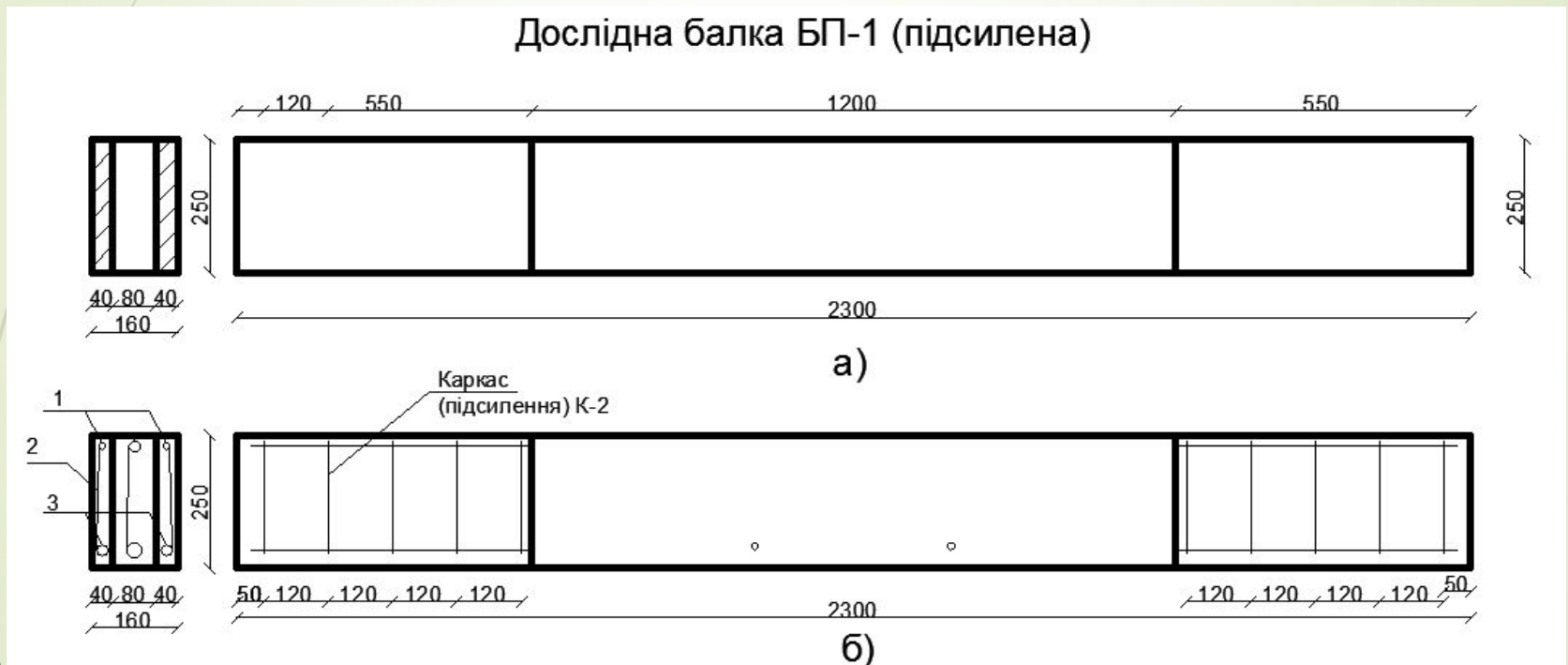


Рис. 1.5. Конструкція підсиленої балки БП-1: а) Опалубочне креслення балок; б) Балки з металевим каркасом підсилення К-2; 1- стиснута арматура  $\varnothing 6$ ; 2 – поперечна арматура  $\varnothing 6$ ; 3 – розтягнута арматура  $\varnothing 12$ ;

II - виконується збільшенням розмірів поперечного перерізу конструкції, бетонною сорочкою з вкладанням в середину V подібного каркасу К-3 підсилення з робочою арматурою в стиснутій зоні  $\varnothing 6$  А240С та арматурою у розтягнутій зоні  $2 \times \varnothing 12$  А400С. Поперечне армування було з арматури  $\varnothing 6$  А240 з кроком 240 мм, прикріплене за допомогою зварювання до поздовжньої арматури рис. 1.6.

### Дослідна балка БП-2 (підсилена)

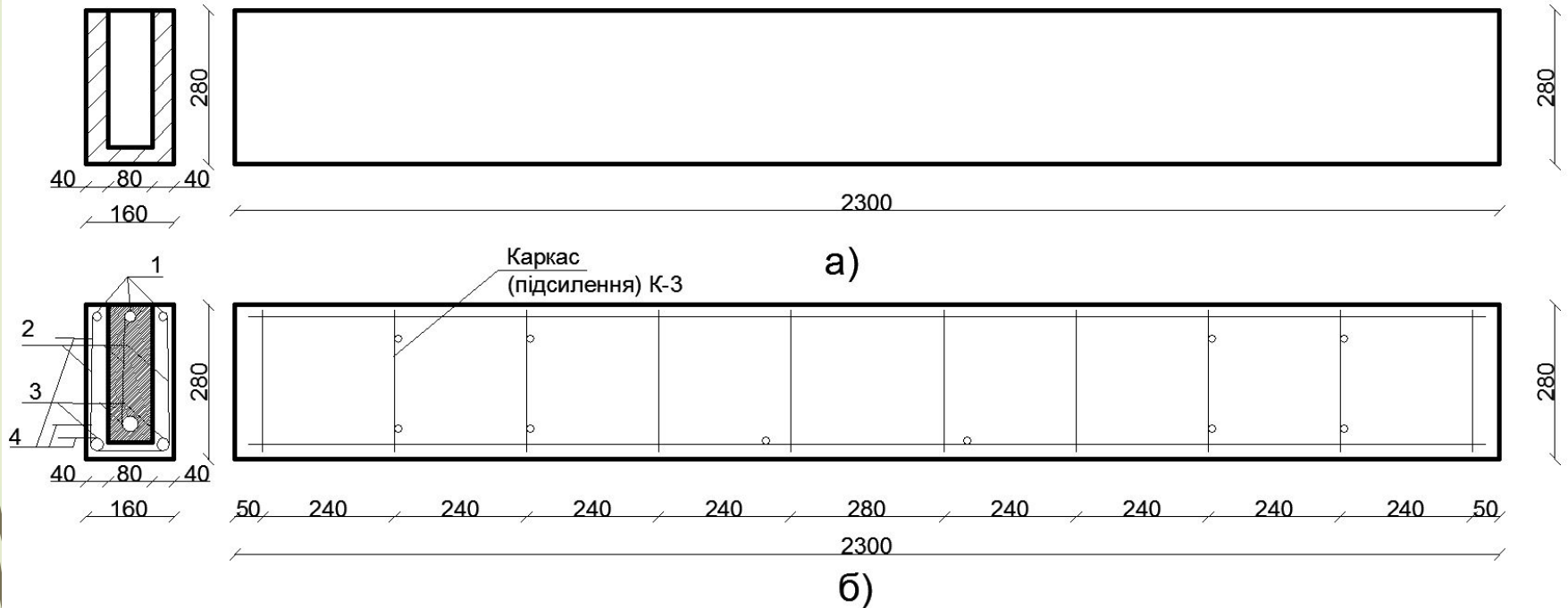


Рис. 1.6. Конструкція підсиленої балки БП-2: а) Опалубочне креслення балок; б) Балки з металевим каркасом підсилення К-3; 1- стиснута арматура  $2 \times \varnothing 6$ ; 2 – поперечна арматура  $\varnothing 6$ ; 3 – розтягнута арматура  $2 \times \varnothing 12$ ;

# Характеристики експериментальних балок після підсилення

Характеристики		Шифр балок	
		Б-П-1	Б-П-2
Переріз балок $b \times h$ , см		160x250	160x280
1		2	3
а р м а т у р а	Площа перерізу $m^2 \times 10^4$	2,01( $\varnothing 16$ )+	2,01( $\varnothing 16$ )+
	розтягнута	2,26(2x $\varnothing 12$ )	2,26(2x $\varnothing 12$ )
	стиснута	0,849 (3x $\varnothing 6$ )	0,849 (3x $\varnothing 6$ )
	поперечна	0,849 (3x $\varnothing 6$ )	0,849 (3x $\varnothing 6$ )
	Розрахункове значення міцності арматури на границі текучості $f_{yk}$ , МПа	460	460
	Розтягнута (в основній)		
	Розтягнута (в підсиленні)	560	560
	Стиснута	430	430
	Поперечна	430	430
	Характеристичне значення міцності арматури на границі текучості $f_{yk}$ , МПа		
	Розтягнута (в основній)	590	590
	Розтягнута (в підсиленні)	660	660
	1	2	3
	стиснута	430	430
поперечна	430	430	
Модуль пружності $E_s \times 10^{-3}$			
Розтягнута (в основній)	2,05	2,05	
Розтягнута (в підсиленні)	1,92	1,92	
стиснута	1,79	1,79	
поперечна	1,79	1,79	
б е т о н	Призмova міцність $R_c$ , МПа основна		22,8
	підсилення		38,7
	Початковий модуль пружності $E_{cs} \times 10^{-3}$ , МПа основна		20,8
	підсилення		37,2

# Підготовка експериментальних балок до досліджень

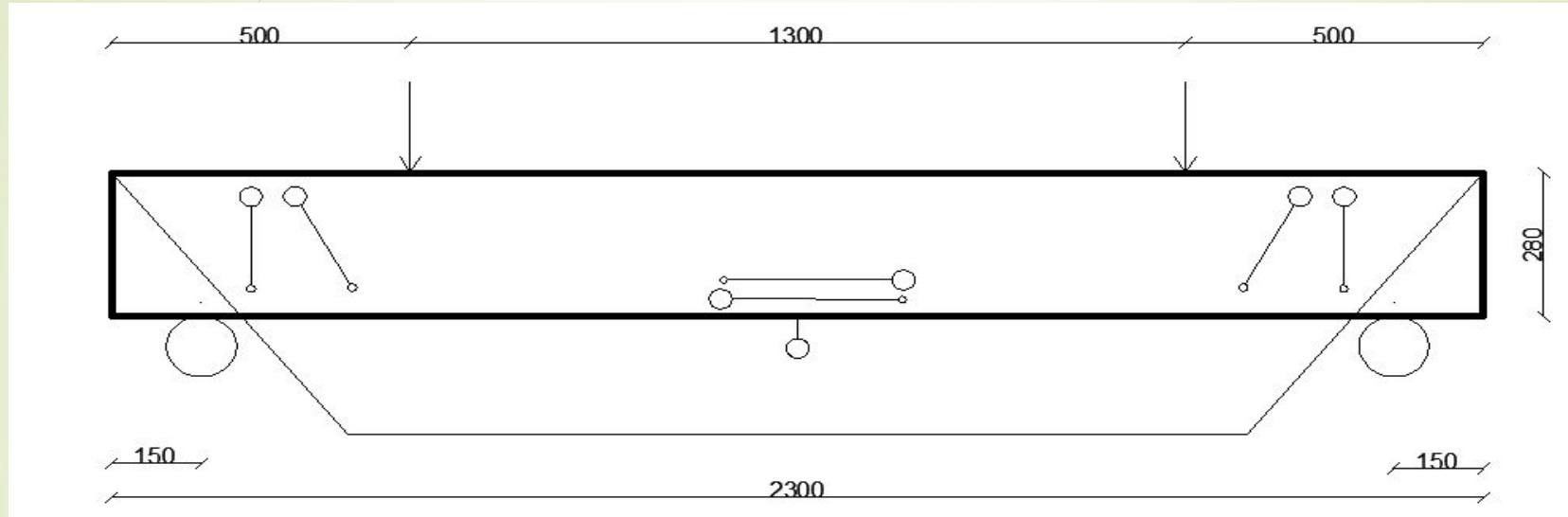


Рис.1.7 Схема розташування дослідних приладів при випробуванні балок: Балки Б-П-2

# Підготовка експериментальних балок до досліджень

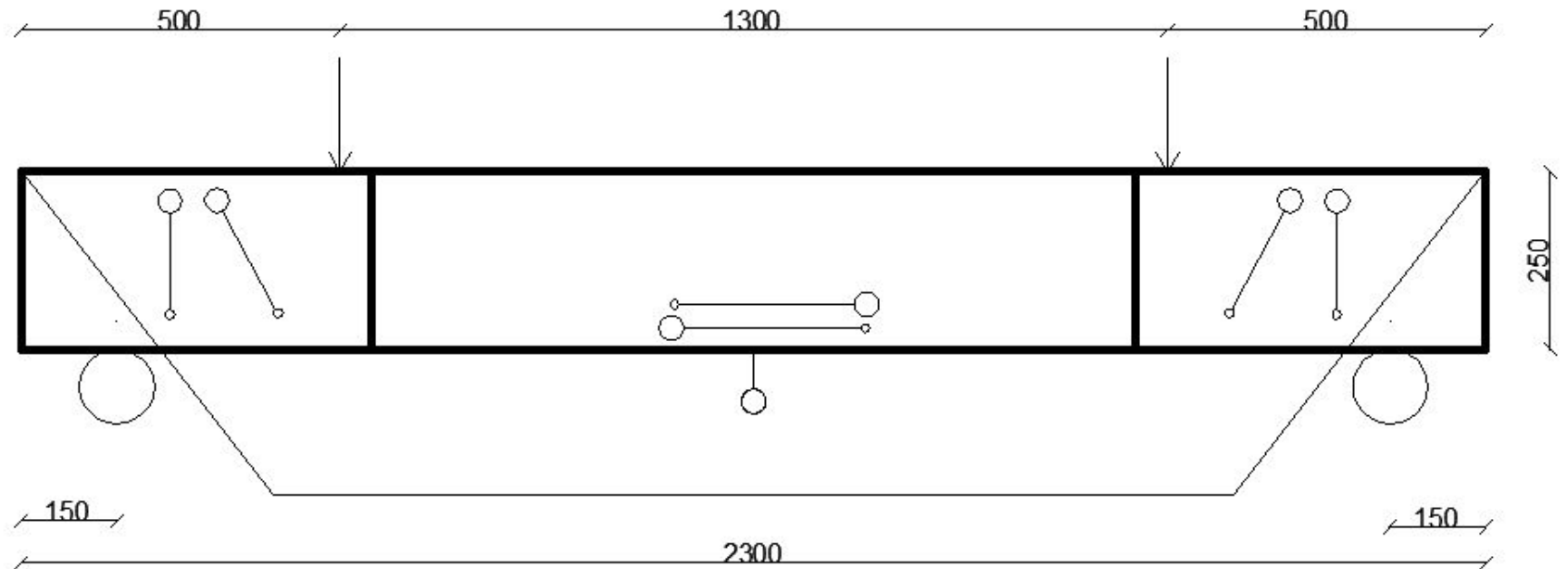


Рис. 1.8 Схема розташування дослідних приладів при випробуванні балок:  
Балки Б-П-1



# Підготовка балки Б-П-2 до експерименту

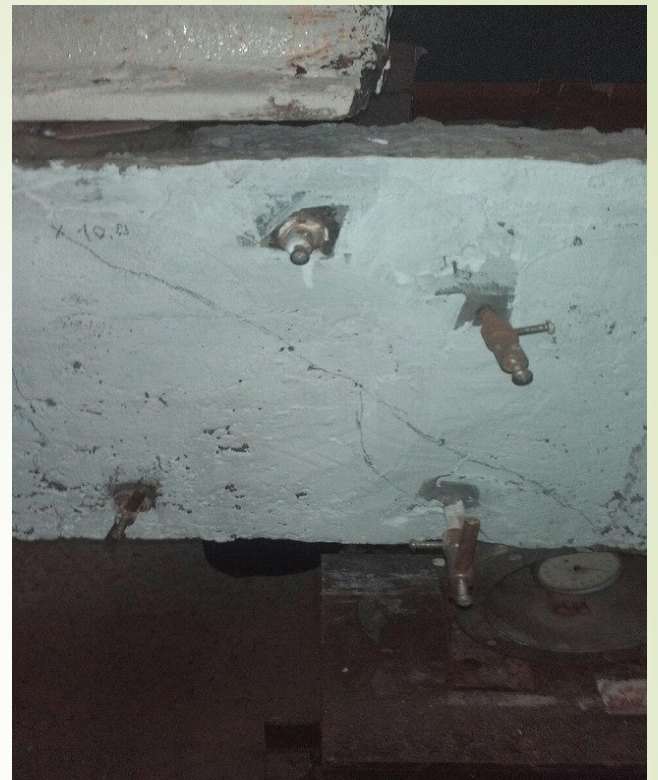




# Підготовка балки Б-П-1 до експерименту







# Аналіз результатів проведених досліджень

Експериментальні та розрахункові значення несучої здатності залізобетонних перерізів.

+

Шифр балки	Експериментальні та розрахункові значення		
	Експериментальні значення $V_{dl}, \text{кН}$	Теоретичні значення ДБН В.2.6-98 2009 $V_{Rd}, \text{кН}$	$\frac{V_{dl} - V_{Rd}}{V_{Rd}}$ %
Б-П-1	102,4	59,92	-41%
Б-П-1Б	101,9	59,92	-40%
Б-П-2	109,8	54,81	-50%
Б-П-2Б	109,2	54,81	-49%

□



# Висновки

- 1. Для вивчення несучої здатності залізобетонних елементів підсилених нарощування була визначена методика випробувань за допомогою якої проводились експериментальні дослідження.
- 2. Проводились розрахунки підсилених дослідних зразків за допомогою деформаційної моделі.
- 3. Руйнування експериментальних зразків проходило по несучої здатності залізобетонних перерізів , похилих до поздовжньої осі в при опорних ділянках, руйнуванням стиснутого бетону над вершиною похилої тріщини чи втратою міцності поперечної арматури.
- 4. Порівнявши величини експериментальних і розрахункових значень несучої здатності за перерізами, похиленими до повздовжньої осі, бачимо розбіжність результатів дослідних балок в районі 40-50% в бік перевищення експериментальних величин над розрахунковими.
- 5. Значення прогинів отримані при проведенні експериментальних досліджень показали задовільний результат збіжності з розрахунковими значеннями на рівні – 6%.