

Методика розрахунку залізобетонних елементів підсилених збільшенням перерізу деформаційним методом

Мета роботи – розробити методику розрахунку залізобетонних елементів підсилених збільшенням перерізу деформаційним методом. Нова методика повинна ґрунтуватися на сучасних деформаційних моделях бетону та арматури і дозволяти виконувати розрахунки міцності, жорсткості та тріщиностійкості конструкцій, що підсилюються, з єдиних позицій на всіх етапах їх роботи до підсилення і після підсилення.

Наукова новизна роботи полягає у розробці розрахункового апарату з оцінки напружено-деформованого стану нормальних перерізів залізобетонних елементів підсилених збільшенням перерізу на основі використання деформаційної моделі.

Практична значимість. Розроблена методика розрахунку напружено-деформованого стану нормальних перерізів залізобетонних елементів підсилених збільшенням перерізу на основі застосування деформаційного підходу дозволяє достовірно та більш раціонально моделювати роботу, виконувати оцінку міцності, жорсткості та тріщиностійкості таких елементів. Застосування деформаційного підходу дозволяє отримати достовірні криві деформування нормальних перерізів підсилених конструкцій. Це створює можливості виконувати фізичне моделювання підсилених конструкцій у комплексних просторових розрахунках з врахуванням всіх особливостей роботи залізобетонних конструкцій під навантаженням.

Основні задачі, які необхідно вирішати для досягнення поставленої мети:

- проаналізувати сучасний стан в галузі методів розрахунку експлуатованих залізобетонних конструкцій, що підсилюються збільшенням перерізу;
- виконати аналіз сучасних деформаційних моделей бетону та арматури;
- розглянути напружено-деформований стан нормальних перерізів залізобетонних елементів підсилених збільшенням перерізу в загальній постановці;
- розробити методику та алгоритм розрахунку деформаційним методом напружено-деформованого стану нормальних перерізів залізобетонних елементів підсилених збільшенням перерізу та реалізувати його на ЕОМ;
- визначити на основі проведення чисельного експерименту найбільш раціональну область застосування розробленої методики.

Об'єкт дослідження. Залізобетонні балки, що підсилюються збільшенням перерізу після тривалої експлуатації.

Предмет дослідження. Напружено-деформований стан нормальних перерізів залізобетонних балок підсилених збільшенням перерізу з врахуванням сучасних деформаційних моделей бетону та арматури.

ДІАГРАМИ ДЕФОРМУВАННЯ БЕТОНУ ТА АРМАТУРИ

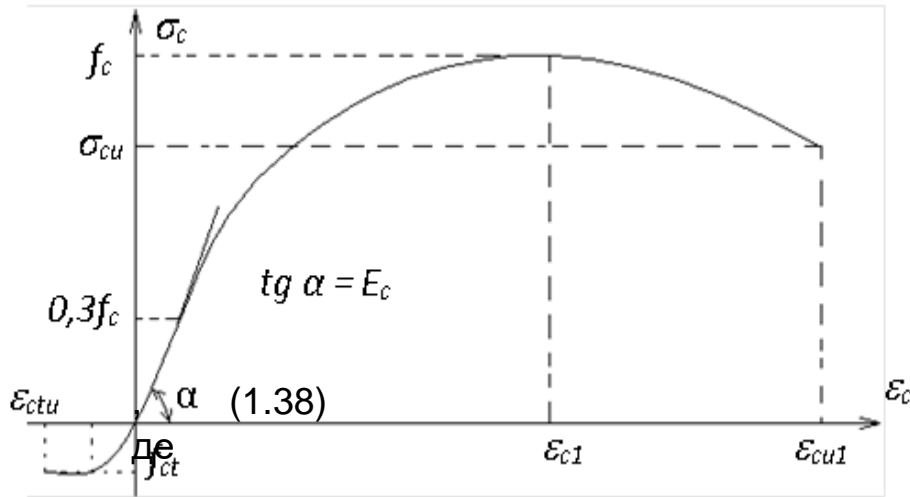


Рис. 1 – Розрахункова діаграма бетону

Рівняння станів бетону:

якщо $\varepsilon_{cu1} \geq \varepsilon_c \geq -f_{ct}/E_c$

$$\sigma_c = f_c \sum_{k=1}^5 a_k \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^k = f_c \sum_{k=1}^5 a_k \eta^k = f_c [a_1 \eta + a_2 \eta^2 + a_3 \eta^3 + a_4 \eta^4 + a_5 \eta^5], \quad (1)$$

де $\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1}$;

якщо $-f_{ct}/E_c > \varepsilon_c \geq \varepsilon_{ctu}$ $\sigma_c = \psi_{ct} f_{ct}$ (2)

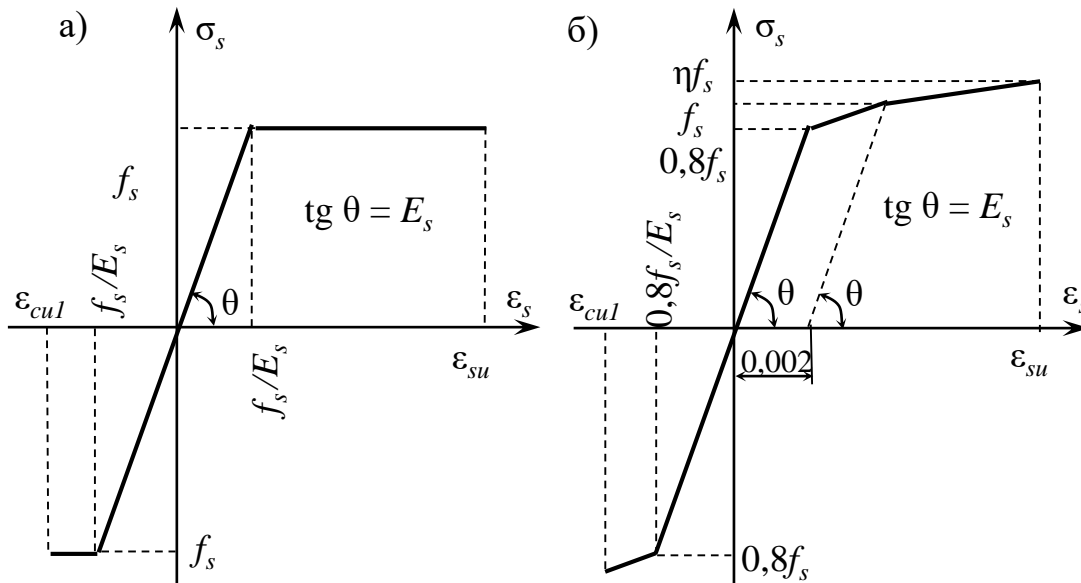


Рис. 2 – Спрощені діаграми “ σ_s — ε_s ” арматурної сталі:
а – з фізичною межею текучості; б – з умовною межею текучості

Рівняння станів арматури:

$$\sigma_s = \bar{E}_s (\varepsilon_s - \varepsilon_{sp}) + \Delta\sigma_s \quad (3)$$

де $\varepsilon_{sp} = \sigma_{sp}/E_s$ – деформації попереднього напруження арматури.

Для арматури з фізичною границею текучості:

$$\text{якщо } \frac{R_s - \sigma_{sp}}{E_s} \geq \varepsilon_s - \varepsilon_{sp} \geq -\frac{R_s + \sigma_{sp}}{E_s}$$

$$\bar{E}_s = E_s, \Delta\sigma_s = \sigma_{sp}$$

$$\text{якщо } \varepsilon_s - \varepsilon_{sp} > \frac{f_s - \sigma_{sp}}{E_s} \text{ та } \varepsilon_s - \varepsilon_{sp} < -\frac{f_s + \sigma_{sp}}{E_s}$$

$$\bar{E}_s = 0, \Delta\sigma_s = \pm f_s$$

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН НОРМАЛЬНОГО ПЕРЕРІЗУ ПІДСИЛЕНОГО ЗБІЛЬШЕННЯМ ПЕРЕРІЗУ

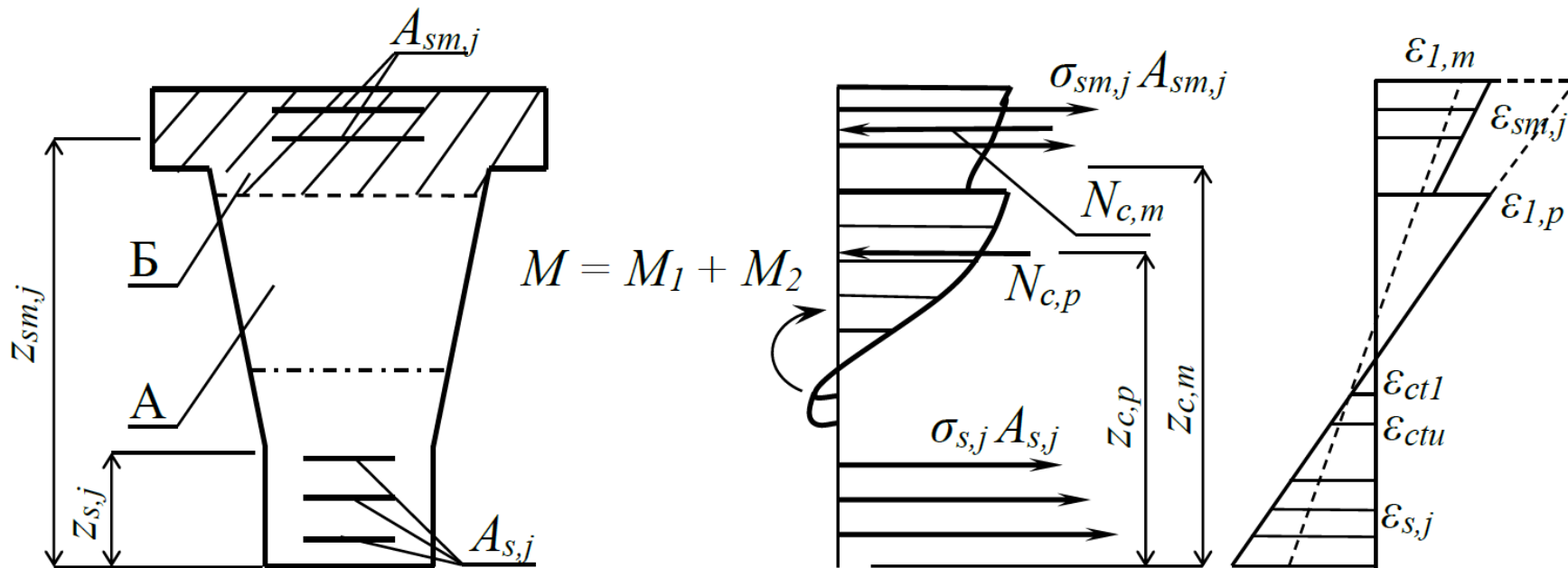


Рис. 3 – Розрахункова схема нормального перерізу елемента, що підсилюється збільшенням перерізу:

А, Б – відповідно збірний елемент та монолітна частина перерізу;

$N_{c,m}$, $N_{c,p}$ – зусилля, яке сприймає збірний елемент та, відповідно, монолітна частина перерізу;

$\epsilon_{1,m}$, і $\epsilon_{1,p}$ – відносні деформації стиску верхнього крайнього волокна відповідно монолітної частини та збірного елемента перерізу;

ϵ_{ctu} – відносні граничні деформації розтягу бетону (в даному випадку – бетону збірного елемента);

M_1 і M_2 – згинальні моменти від зовнішніх навантажень прикладених відповідно до набуття монолітним бетоном заданої міцності та частини зовнішніх навантажень, що прикладені після набуття монолітним бетоном заданої міцності;

ЗАГАЛЬНІ ФОРМУЛИ

Рівняння напружено-деформованого стану збірного елемента на першій стадії роботи – до набуття монолітним бетоном підсилення заданої міцності

$$N_{c,p}z_{c,p} - \sum_{j=1}^n \sigma_{s,j}A_{s,j}z_{s,j} - M_1 = 0; \quad (4)$$

$$N_{c,p} - \sum_{j=1}^n \sigma_{s,j}A_{s,j} = 0; \quad (5)$$

$$\varepsilon_{(c,s),(i,j)} = \pm \varepsilon_1 \mp \chi_1 (h_p - z_{(c,s),(i,j)}). \quad (6)$$

Рівняння напружено-деформованого стану підсиленого елемента на другій стадії роботи – після включення в роботу монолітного бетону підсилення

$$N_{c,p}z_{c,p} + N_{c,m}z_{c,m} - \sum_{j=1}^n \sigma_{s,j}A_{s,j}z_{s,j} - \sum_{j=n+1}^t \sigma_{sm,j}A_{sm,j}z_{sm,j} - M_1 - M_2 = 0; \quad (7)$$

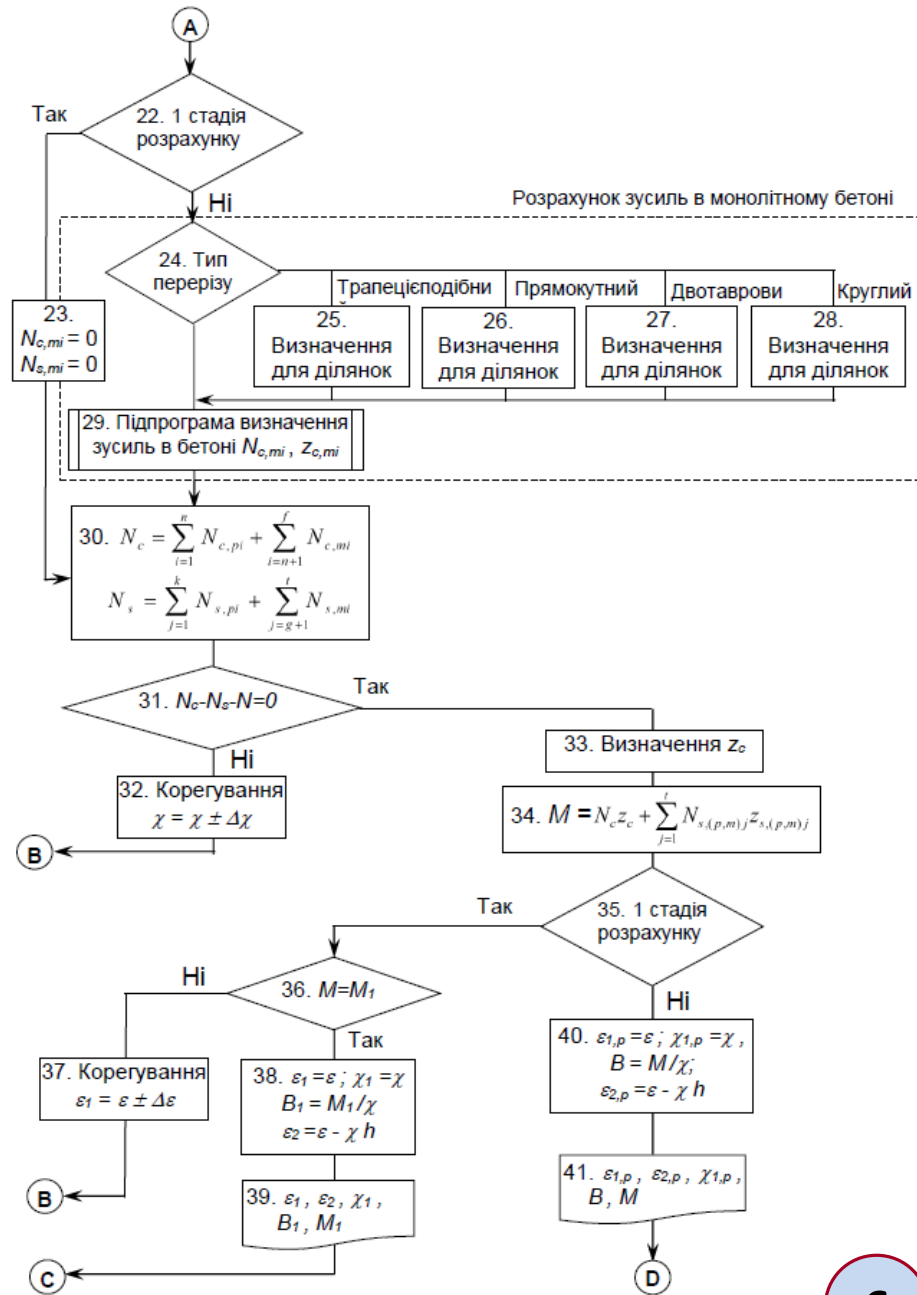
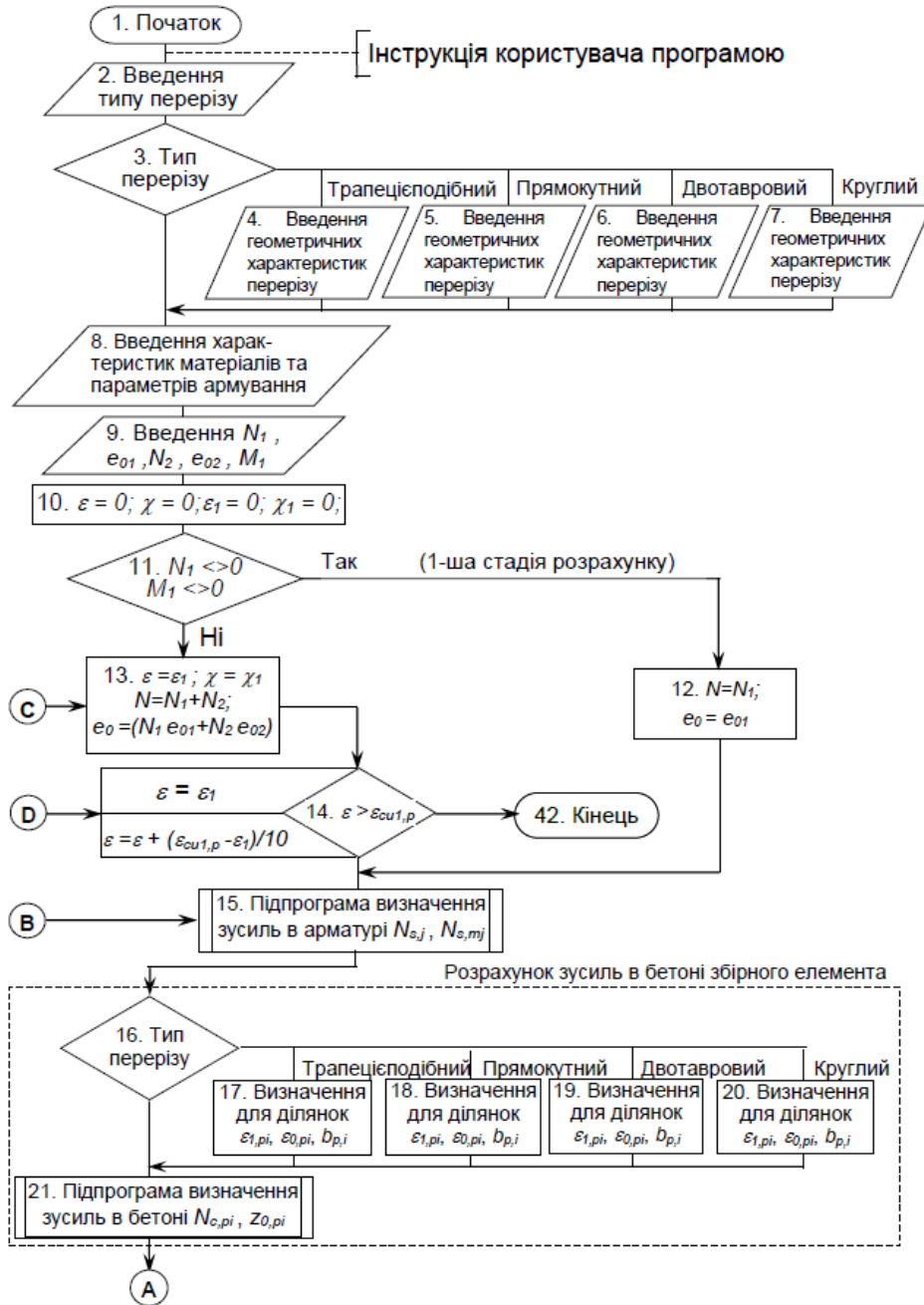
$$N_{c,p} + N_{c,m} - \sum_{j=1}^n \sigma_{s,j}A_{s,j} - \sum_{j=n+1}^t \sigma_{sm,j}A_{sm,j} = 0; \quad (8)$$

$$\varepsilon_{(c,s),p(i,j)} = \pm \varepsilon_{1,p} \mp \chi_p (h_p - z_{(c,s),p(i,j)}); \quad (9)$$

$$\varepsilon_{(c,s),m(i,j)} = \pm \varepsilon_{1,m} \mp \chi_m (h_m - z_{(c,s),m(i,j)}), \quad (10)$$

$$\chi_p = \chi_1 + \chi_m; \quad \varepsilon_{1,p} = \varepsilon_1 + \varepsilon_m \quad (11)$$

Укрупнена блок – схема програми на ЕОМ



Визначення раціональної області застосування розробленої методики

Таблиця 1 – Характеристики елементів плит для чисельного експерименту

Маркування плит	Методика розрахунку	Кількість арматури A_s , cm^2	Відсоток армування збірного елемента, %	Класи матеріалів	
				Арматури	Бетону
П1 норм	Нормативна [10]	5,65 (5Ø12)	0,283	A400C	C16/20 (B20)
П1 проп	Пропонована				
П1 до підс	–				
П2 норм	Нормативна [10]	10,05 (5Ø16)	0,503	A400C	C16/20 (B20)
П2 проп	Пропонована				
П2 до підс	–				
П3 норм	Нормативна [10]	15,71 (5Ø20)	0,786	A400C	C16/20 (B20)
П3 проп	Пропонована				
П3 до підс	–				

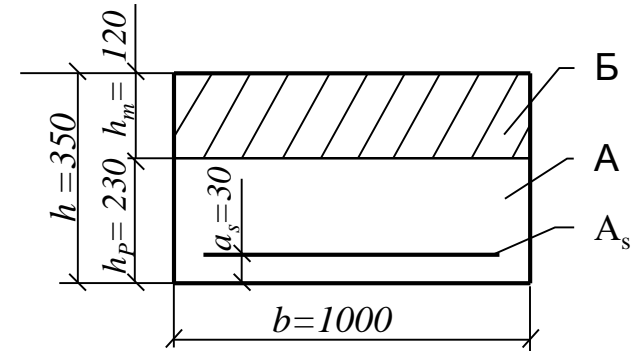


Рис. 4 – Геометричні розміри плитних елементів чисельного експерименту

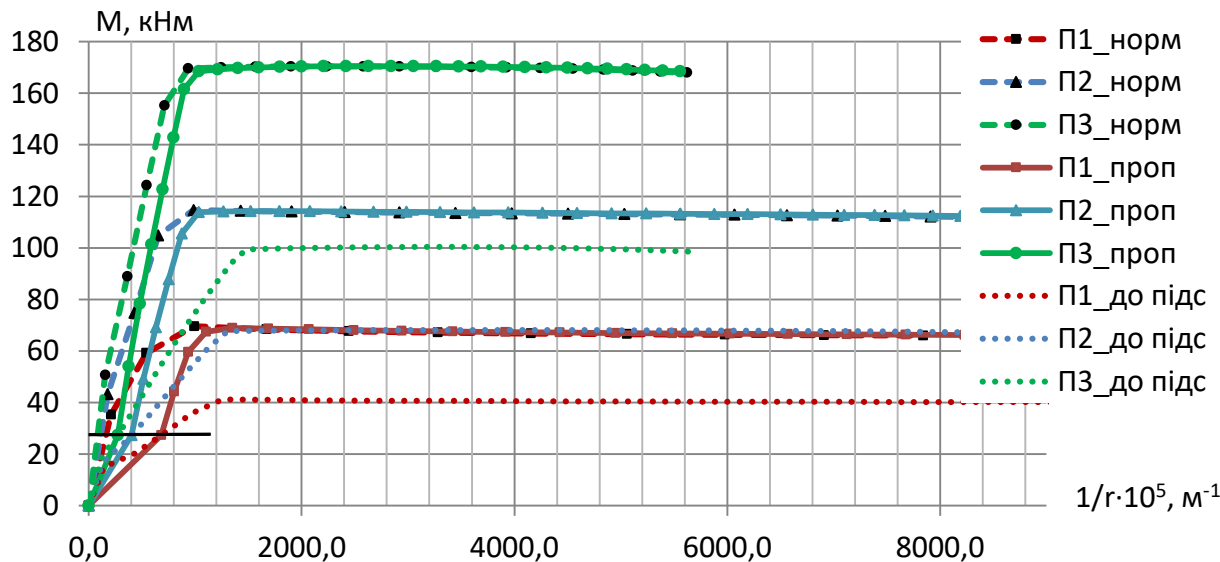


Рис. 5 – Діаграми деформування плитних елементів чисельного експерименту для розрахунків міцності конструкцій (1 ГГС)

Таблиця 2 – Результати розрахунків міцності підсилених плитних елементів

Марка плит	M_1 , кНм	M_{u1} , кНм	Рівень навантаження $\frac{M_1}{M_{u1}} \cdot 100, \%$	M_w , кНм за методикою		$\frac{M_{u_проп}}{M_{u_норм}}$
				Норм	Проп	
П1	27,3	41,2	66,3	69,6	69,0	0,99
П2		68,1	40,1	114,6	114,3	1,00
П3		100,3	27,2	170,4	170,5	1,00

Висновок. Розрахунки міцності підсилених елементів за нормативною та пропонованою методиками дають однакові результати.

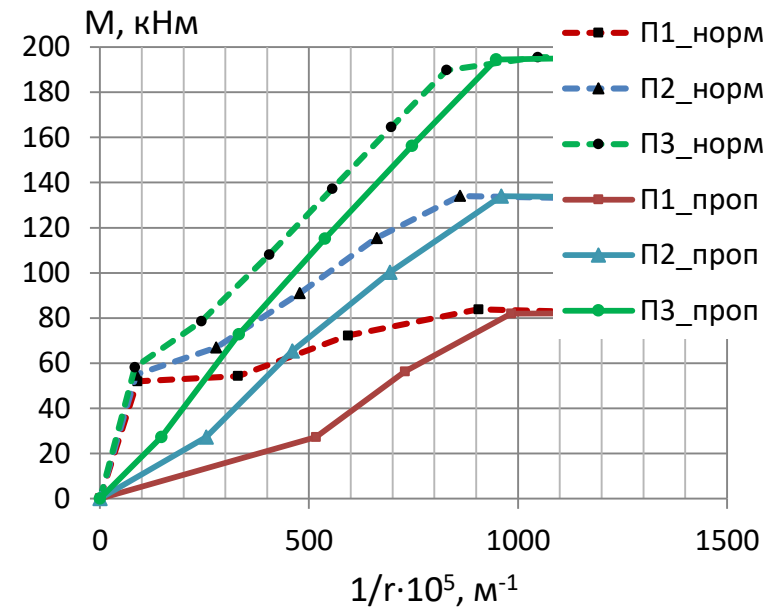


Рис. 6 – Діаграми деформування плитних елементів для розрахунків тріщиностійкості та жорсткості (2 ГГС)

Таблиця 3 – Результати розрахунків для оцінювання тріщиностійкості та жорсткості підсилених плитних елементів

Марка плит	$M_{експл}$	σ_s , МПа		w_k , мм		$(1/r) \cdot 10^5$, м ⁻¹		$\frac{w_{k_проп}}{w_{k_норм}}$	$\frac{(1/r)_{проп}}{(1/r)_{норм}}$
		Норм	Проп	Норм	Проп	Норм	Проп		
П1	53,1	98,4	246,0	0,101	0,252	210	706	2,49	3,36
П2	87,9	221,1	233,3	0,179	0,189	452	611	1,06	1,35
П3	131,1	244,1	245,8	0,202	0,204	524	619	1,01	1,18

Висновок. Похибка у розрахунках параметрів тріщиностійкості та жорсткості за нормативної методикою становить від 1,0 до 236 %. Пропонована методика дозволяє більш обґрунтовано та достовірно оцінювати тріщиностійкість та жорсткість підсилених елементів.

Впровадження розробленої методики

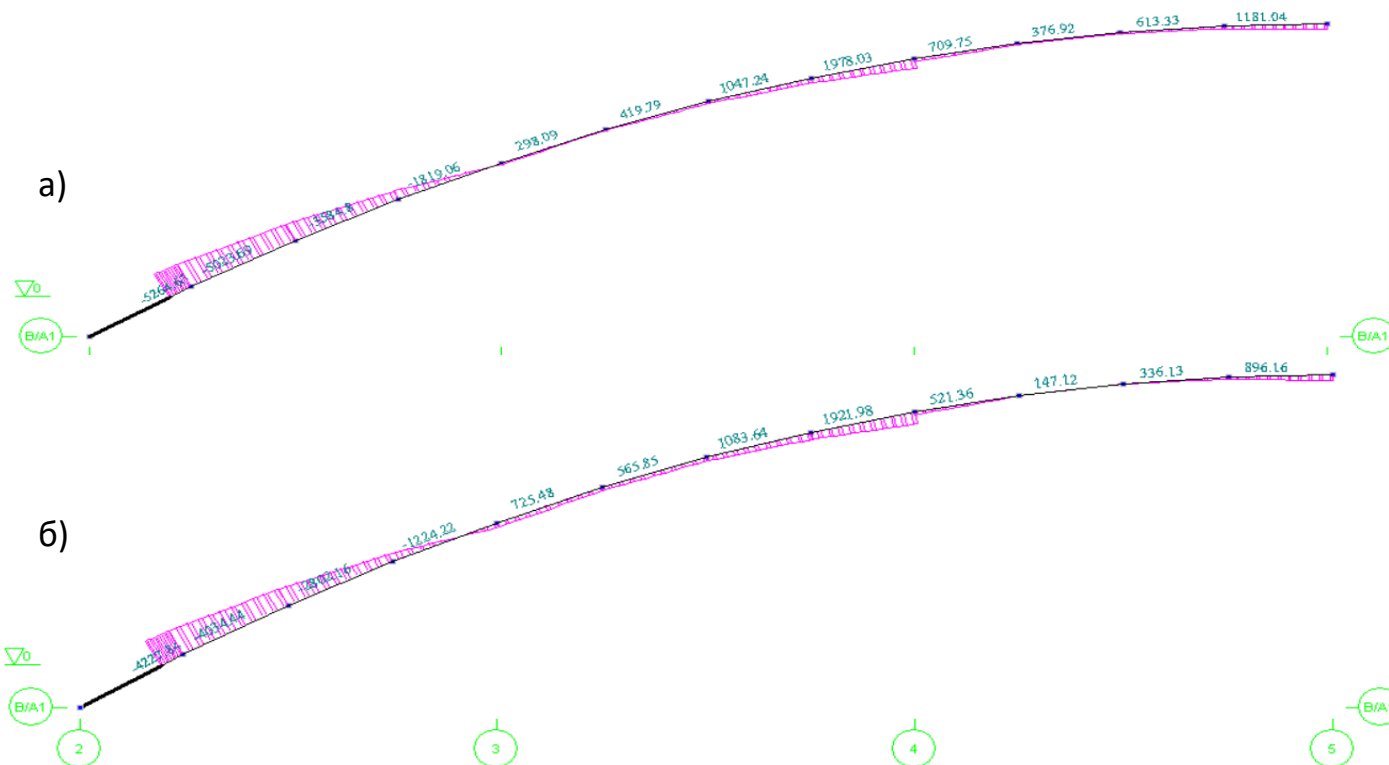


Рис. 5 – Епюри згинальних моментів (М, кНм) в крайній арці від сполучення постійних, температурного кліматичного (зі знаком «-») та рухомого навантаження А11 за результатами: а) **пружного** розрахунку; б) **нелінійного** розрахунку

Таблиця 4 – Порівняння значень згинальних елементів в перерізах арки за результатами пружного та нелінійного розрахунків

Вид розрахунку	Переріз арки «в п'яті»		Переріз арки «в ключі»		Витрати арматури на арку	
	М, кНм	%	М, кНм	%	кг	%
Пружний	5264,6	100	1181,0	100	3437,9	100
Нелінійний	4227,8	80,1	896,2	75,9	3157,4	91,8

Висновки

1. Розроблена методика розрахунку залізобетонних елементів підсилених збільшенням перерізу, яка ґрунтується на основі використання сучасних деформаційних моделей бетону та арматури, дозволяє оцінювати їх напружено-деформований стан на будь-якій стадії роботи від початку завантаження до моменту руйнування. При цьому достовірно враховується робота бетону в розтягнутій зоні. Даний апарат дозволяє виконувати розрахунки як підсилених так і збірно-монолітних конструкцій, а також з єдиних позицій оцінювати як міцність, так і деформативність підсилених конструкцій.

2. Запропонований алгоритм розрахунку дозволяє визначати реальну картину розподілу напружень та деформацій між елементом, що підсилюється (збірним елементом) та монолітною частиною підсилення конструкції, а також застосовувати для опису деформування бетону збірного елемента та монолітного бетону різні діаграми деформування матеріалів. Наприклад, це дозволяє завдяки певним трансформаціям діаграми бетону збірного елемента обґрунтовано враховувати передісторію його деформування до підсилення та властивості «старого» бетону в розрахунках.

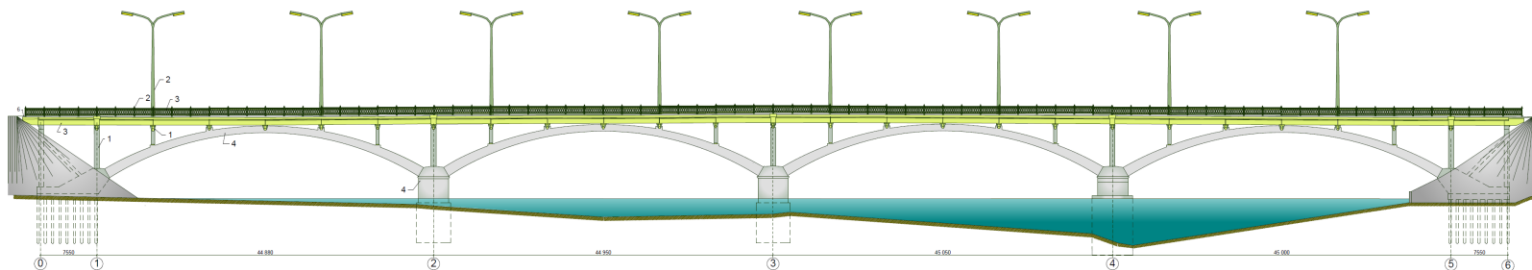
4. Прийняті аналітичні залежності описання діаграми " $\sigma_c - \epsilon_c$ " у вигляді поліному 5-го ступеня, що найбільш достовірно описують роботи стиснутого бетону, дозволяють реалізувати алгоритм розрахунку підсилених балочних елементів на ЕОМ деформаційним методом. Окрім цього ці залежності за рахунок відповідних трансформацій дозволяють обґрунтовано враховувати зміни міцністних та деформативних характеристик бетону та режим діючого навантаження при розрахунку інтегральної залежності роботи нормального перерізу конструкції "M – 1/g".

5. Приведені формули розрахунку зусиль в бетоні та координат їх прикладання в перерізі дають можливість застосовувати розглянутий метод для розрахунку конструкцій, що мають різноманітні за обрисом перерізи, а також дозволяють розв'язувати задачі знаходження напружено-деформованого стану як однорідних, так і складених перерізів.

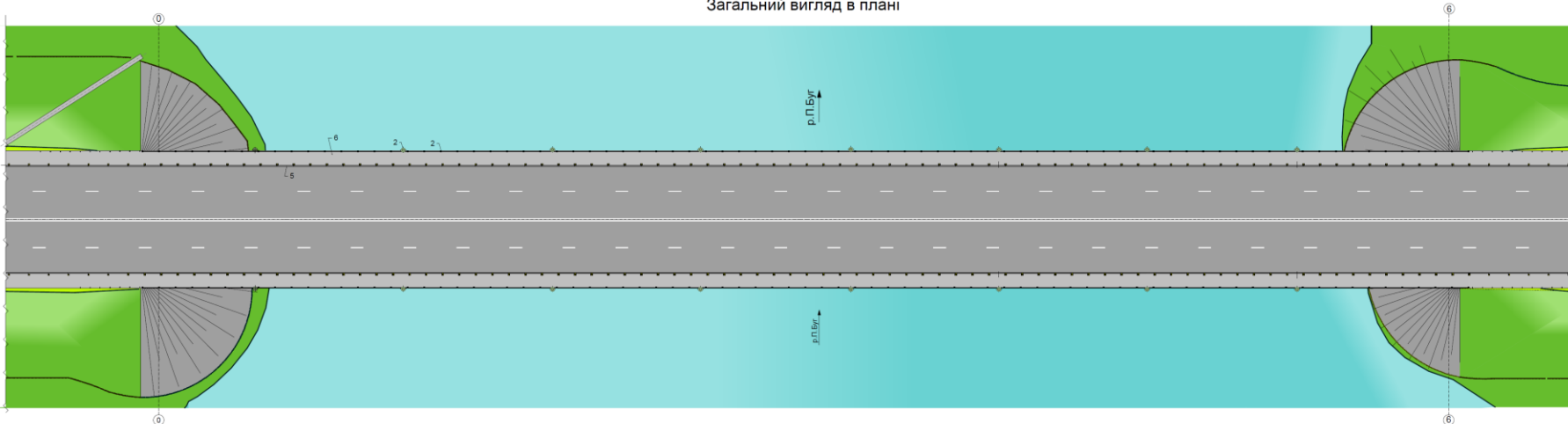
6. Проведені чисельні дослідження розробленої методики розрахунку підсилених елементів показали що найбільш раціональною областю її застосування є виконання розрахунків параметрів тріщиностійкості та жорсткості підсилених конструкцій, а також виконання розрахунків статично невизначених конструкцій за деформованою схемою.

Фасад та план мосту через річку Південний Буг по вул. В.Чорновола у м. Вінниця

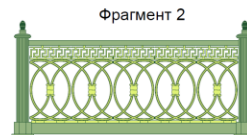
Загальний вигляд мостової споруди з верхової сторони



Загальний вигляд в плані



Фрагмент 1



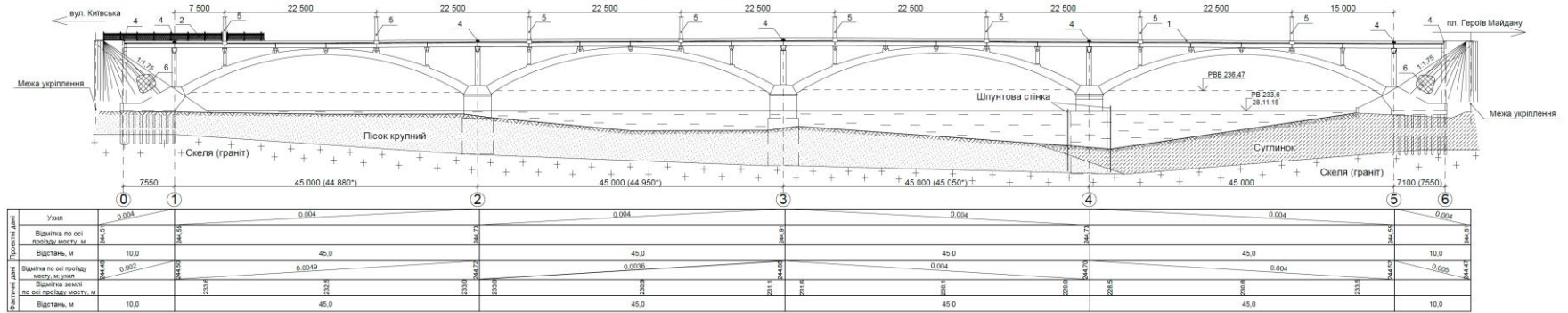
Фрагмент 2

Паспорт оздоблення

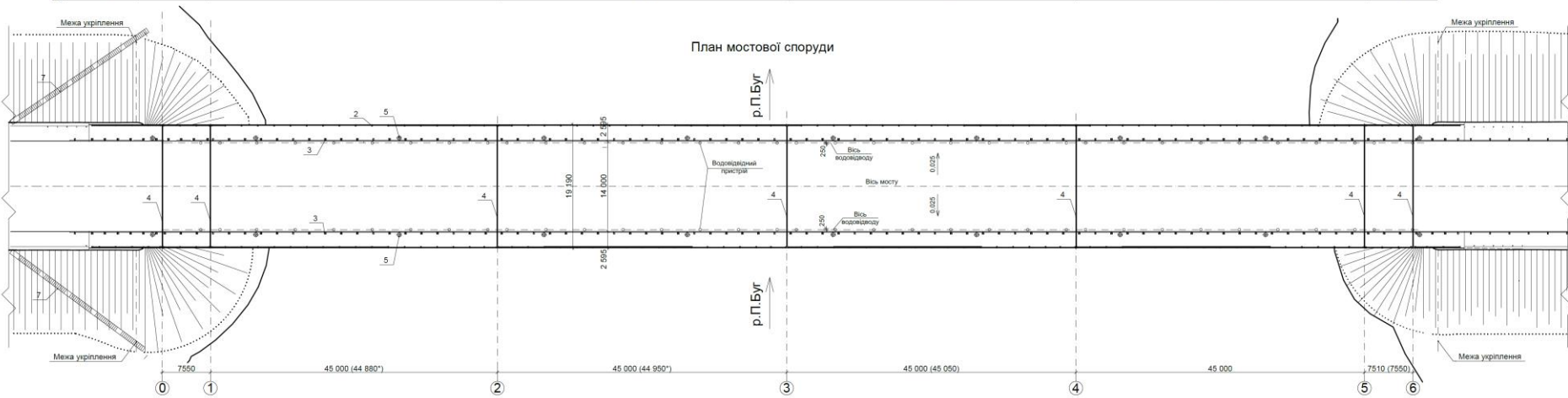
1	Стійки, ригелі	RAL 1018
2	Опори освітлення, перильне огородження	RAL 6021
3	Середня секція перильного огородження, балки прогонової будови, торці ригелів	RAL 1026
4	Арки, опори	RAL 7047
5	Огорожа безпеки	RAL 1016
6	Тротуар	RAL 7004

Схема розташування елементів мостової споруди

Схема розташування елементів мостової споруди



План мостової споруди



1-1

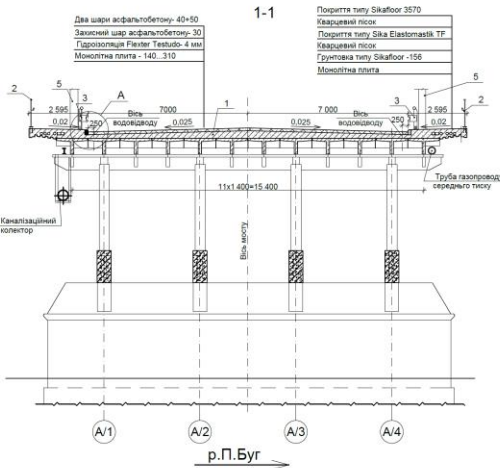
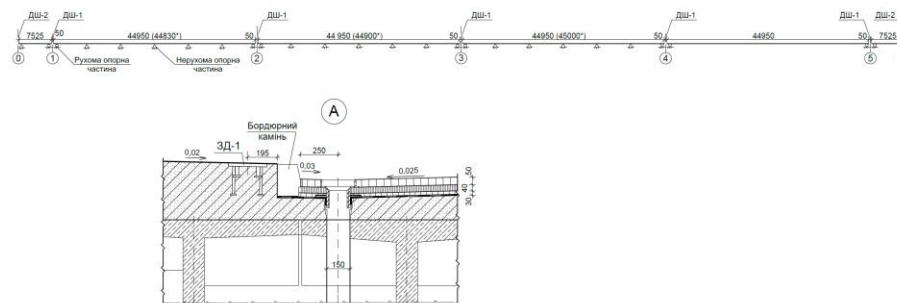


Схема розташування деформаційних швів та опорних частин

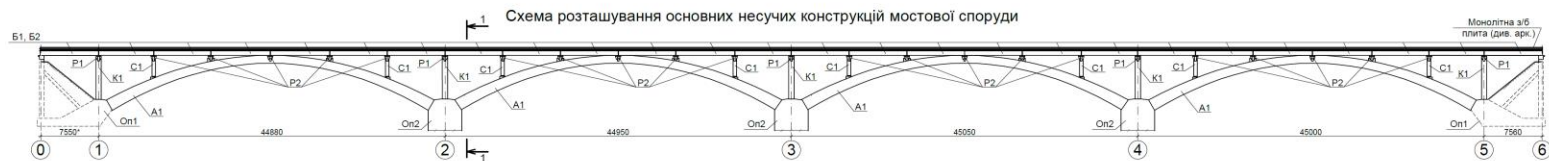


Специфікація елементів мосту

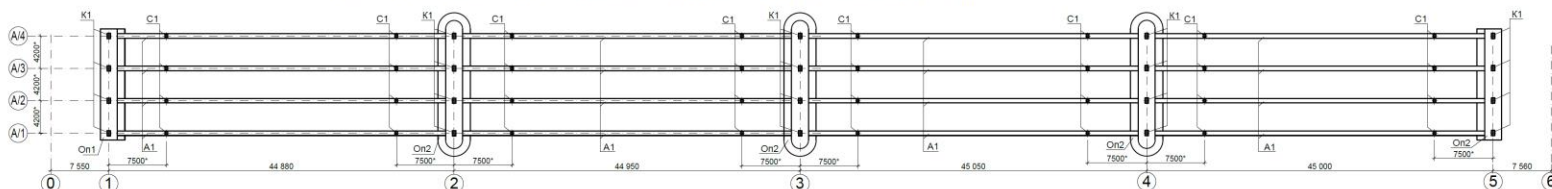
Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Маса 1 елем. кг	Примітка
1	B.52-12-15-AB.2, арк. 3-7	Монолітна плита проїзної частини			898 м ³
2	B.52-12-15-AB.2, арк. 10-11	Перильне огородження*			428 м.п.
3	B.52-12-15-AB.2, арк. 12	Бар'єрне огородження			440 м.п.
4	B.52-12-15-AB.2, арк. 13	Деформаційні шви, ДШ-1, ДШ-2	7		
5	B.52-12-15-AB.1, арк. 24	Опора освітлення	20		
6	B.52-12-15-AB.1, арк. 22	Укріплення укосів конуса			
7	B.52-12-15-AB.1, арк. 22	Монолітні сходи	2		

1. Інженерно-геологічні умови нанесені за матеріалами вишукувань виконаних у 1948 р. "ІНЖПРОСТРОЙ"
 2. На схемі та плані вказані проектні розміри. В дужках та зі знаком "*" вказані розміри виміряні під час обстеження у грудні 2015 р. Розташування деформаційних швів та стійок освітлення уточнювати по місцю по осі конструктивних елементів.

Схема розташування несучих конструкцій мостової споруди



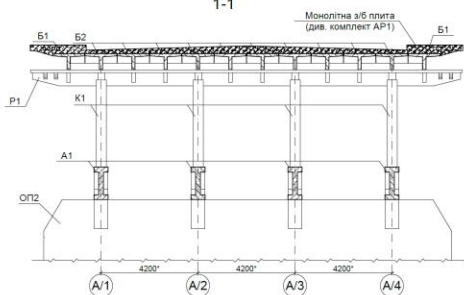
План розташування основних несучих конструкцій мостової споруди (опори, арки, стійки)



План розташування основних несучих конструкцій мостової споруди (ригелі та балки проїзної частини)



1-1



Загальні вказівки

1. Робоча документація розроблена на підставі "Завдання на проектування" та у відповідності до вимог ДБН В.2.3.-22:2009 "Мости та труби. Основні вимоги проектування", ДБН В.2.3-14:2006 "Мости та труби. Правила проектування", та ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення" тощо.
2. Арматура підсилення залізобетонних конструкцій:
 - А-I, стержнева гарячекатана гладка марки сталі С13не, С13сп згідно з ГОСТ 5781-82
 - А-III, стержнева гарячекатана періодичного профілю марок сталі 25Г2С згідно з ГОСТ 5781-82.
3. Організацію та виробничий контроль будівельно-монтажних робіт здійснювати у відповідності до вимог ДБН А.3.1-5:2009 "Організація будівельного виробництва", та рішень розділу з організації будівництва на стадії "Проект".
4. Порядок підсилення конструкцій наведений на відповідних аркушах робочої документації.
5. Реконструкцію мостової споруди передбачено виконувати з частковим обмеженням руху згідно з схемою організації дорожнього руху.

Послідовність виконання реконструкції мостової споруди:

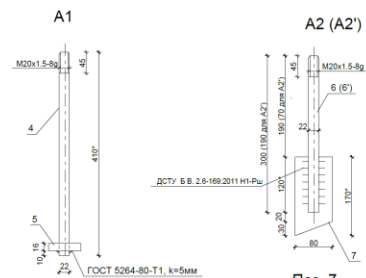
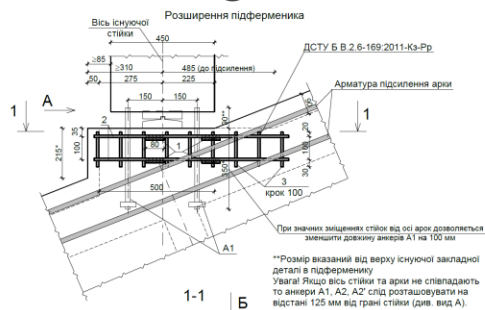
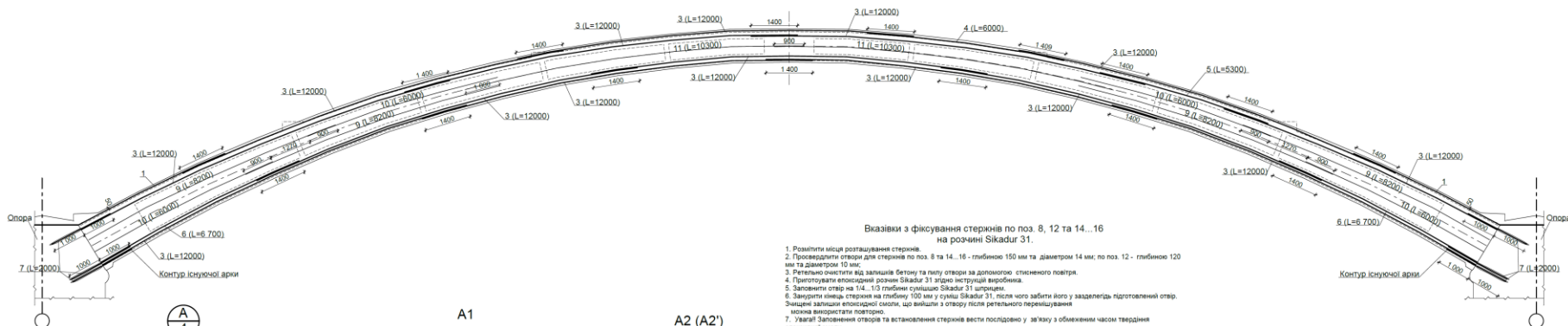
- 1) В рамках підготовчих робіт виконується організація дорожнього руху на споруді із закриттям половини мосту для руху пішоходів та транспорту;
- 2) Далі виконуються роботи з розбирання та демонтажу мостового полотна, бар'єрного та перильного огорожень, тротуарних плит та блоків, стійок освітлення тощо;
- 3) Виконується демонтаж дефектних балок проїзної частини (по два ряди з кожної сторони мосту);
- 4) Виконується суцільно очистка поверхонь всіх несучих залізобетонних конструкцій піскуструменевим способом від продуктів корозії бетону та арматури;
- 5) Далі виконуються послідовно роботи з ремонту та підсилення залізобетонних арок, стійок, колон, ригелів та балок проїзної частини мосту;
- 6) Здійснюється монтаж нових балок проїзної частини. Попередньо балки слід виготовити та замовити на спеціалізованому заводі залізобетонних конструкцій.
- 7) Виконується підсилення існуючих балок проїзної частини;
- 8) Влаштується накладна плита проїзної частини;
- 9) Виконується монтаж труб водовідведення та влаштовуються дренаж асфальтобетонного покриття проїзної частини мосту;
- 10) Виконуються роботи по ремонту ділянок підходів до мостової споруди;
- 11) Проводяться роботи з влаштування деформаційних швів, бар'єрного та перильного огорожень, стійок освітлення;
- 12) Влаштується дорожнє та тротуарне покриття, а також здійснюється облаштування підходів до мосту;
- 13) Далі в послідовності по п. 1...12 виконуються роботи на іншій половині мосту.

Специфікація несучих елементів мостової споруди

Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Маса 1 елем., кг	Примітка
		Складальні одиниці			
Op1		Берегова опора Op1	2		
Op2		Промісна опора Op2	3		
A1		Арка A1	18		
K1		Колона рами надбудови опори моста K1	20		
C1		Стілки надарочних конструкцій C1	32		
P1		Ригелі рам надбудов опору мосту P1	6		
P2		Ригелі надарочних конструкцій P2	20		
B1		Крайні балки проїзної частини B1	52		
B2		Рядові балки проїзної частини B2	260		

Підсилення арок мосту (продовження)

Розкладка поздовжньої арматури

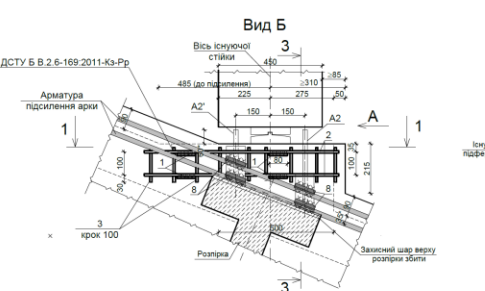
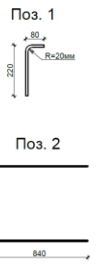
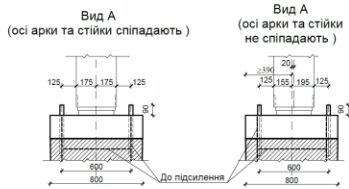
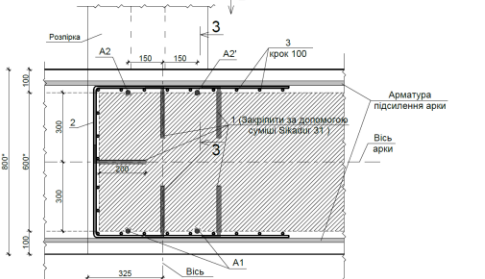


Порядок виконання підсилення арки:

- Виконати очищення бетонних поверхонь та розкриття арматури піскоструйним способом від продуктів корозії, а саме: арматура повинна бути зачищена до металевого блиску по всьому периметру стержня, бетонна поверхня повинна бути здоровою, без залишків крихт продуктів бетону. Виконати захист розкриття арматури шляхом нанесення шару SikaMonotop 910.
- Виконати армування підферменка в місці обірання стійки С-1, згідно аркушу 4.2.
- Встановити армування підсилення арки в такий послідовності:
 - встановити стержні по поз. 8 та 12 за допомогою епоксидної суміші SikaDur 31 (див. вказівки по влаштуванню);
 - виготовити та встановити в проектне положення каркаси Кр-1;
 - встановити поздовжнє армування підсилення арки згідно креслення, фіксуючи стержні до каркасів Кр-1;
 - за допомогою в'язального дроту. Стержні по поз. 1 (поз. 2 для арок крайніх прольотів) та 7 поблизу опор заанкерити в опорах;
 - встановити поперечне армування підсилення арки (в місцях обірання надарчнич конструкцій використовувати стержні по поз. 6');
 - встановити в опорних частинах арки металеві обойми МО-1. Після встановлення обойми нанести на елементи обойми захисний шар із SikaMonotop-910.
- Нанести адгезійний шар із SikaTop-Armotec 110 EpoSec та встановити опалубку.
- Не пізніше ніж 8 год після нанесення адгезійного шару виконати бетонування конструкції підсилення арки бетоном класу С32/40, марки за морозостійкістю не менше W6. Приготування бетонної суміші слід виконувати із застосуванням сучасних добавок SikaPlast-5320 та SikaFiber PPM-12, які дозволяють отримувати самоущільнюючий бетон з мінімальним показником усадку.
- Усі роботи із застосуванням матеріалу фірми "Sika" слід вести згідно інструкцій фірми-виробника.
- Після закінчення бетонування виконати захист арок згідно з проектом.

Специфікація на підсилення 1-го підферменка стійки С-1 (Всього 32 шт.)

Поз.	Позначення	Найменування	Складальні одиниці		Маса т в'єм. кг	Примітка
			Кількість	Маса т в'єм. кг		
A1	цей аркуш	Анкер А1	2	1,85		
A2	цей аркуш	Анкер А2	1	1,83		
A2'	цей аркуш	Анкер А2'	1	1,50		
1		Ø10 А-III ГОСТ 5781-82, L=340 мм	10	0,21	2,1	
2		Ø10 А-III ГОСТ 5781-82, L=2330 мм	2	1,44	2,88	
3		Ø10 А-III ГОСТ 5781-82, L=150 мм	23	0,093	2,14	
8		Ø20 А-1 ГОСТ 5781-82, L=90 мм	4	0,22	0,88	
Матеріали						
		SikaDur -31.			0,2 кг	

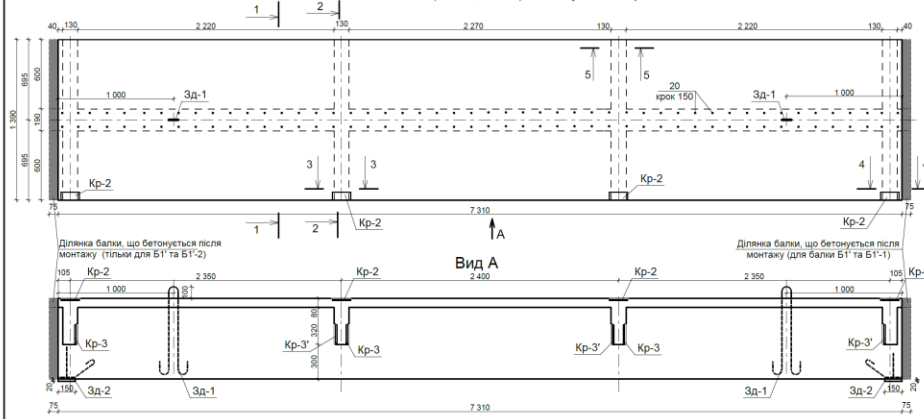


Відомість витрат сталі на підсилення арок А-1, кг

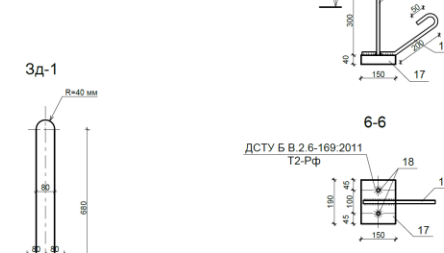
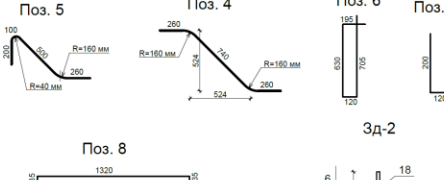
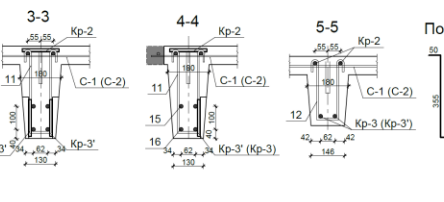
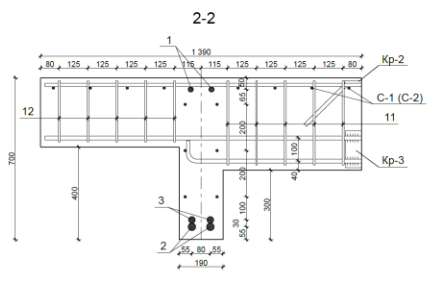
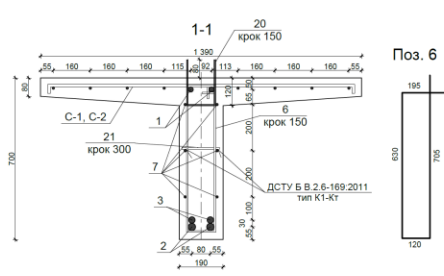
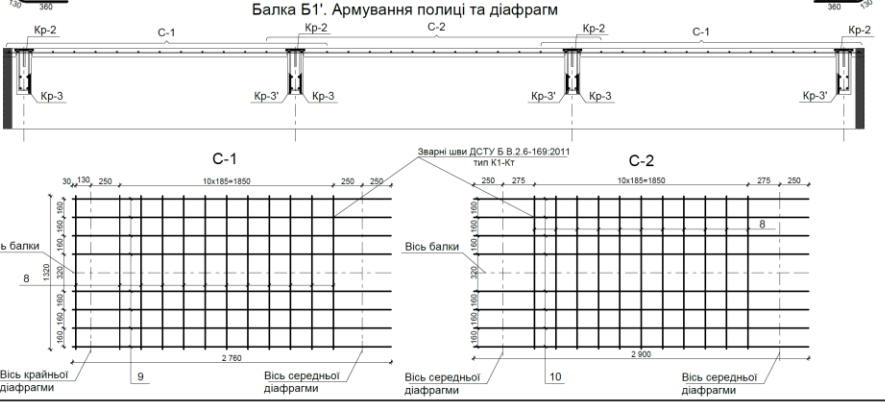
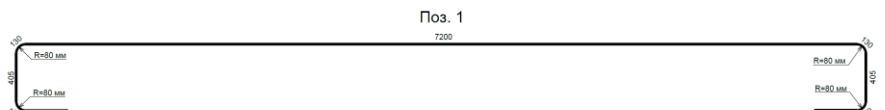
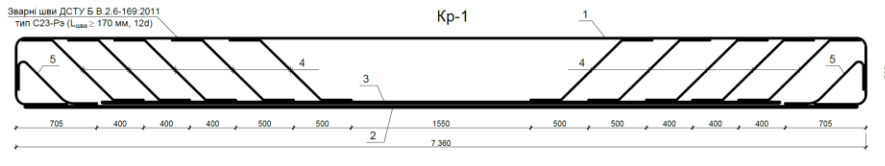
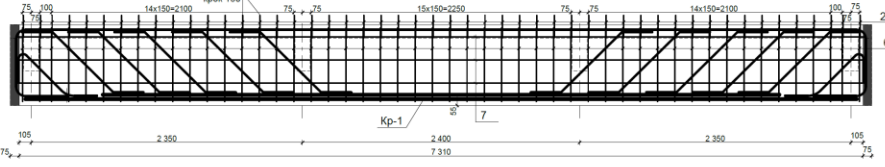
Марка елемента	Вироби арматурні										Вироби металеві										Всього				
	Арматура класу А-I					Арматура класу А-III					Прокат марки Ст Д16					Всього									
	ГОСТ 5781-82					ГОСТ 5781-82					ГОСТ 19903-74					ГОСТ 19903-74									
	Ø8	Ø12	Разом	Ø16	Ø20	Ø22	Разом	Ø12П	Разом	Ø32	Разом	Ø40	Ø160	Ø16120	Ø2071	Ø20120	Разом	Гальв. пок.	Разом						
На 1 вузол крайнього прольоту	95,3	1300	1395,3	29,28	415,3	9,28	1010,1	28,04	391,0	1783,0	3178,3	32,0	32,0	100,0	100,0	6,0	16,32	63,88	6,16	11,6	16,56	120,52	3,84	3,84	256,36
На 1 вузол середнього прольоту	95,3	1300	1395,3	28,28	415,3	9,28	1010,1	-	377,2	1741,1	3136,4	32,0	32,0	100,0	100,0	6,0	16,32	63,88	6,16	11,6	16,56	120,52	3,84	3,84	256,36
На шпиль (16 вузол)	1524,8	20800	22324,8	468,48	6644,8	148,48	16761,6	224,3	4542,6	28193,3	50578,1	512,0	512,0	1600,0	1600,0	96,0	2611,2	1022,1	98,6	185,6	294,96	1628,36	61,44	61,44	4101,82

Креслення балок проїзної частини мосту

Балка Б1' (Б1'-1, Б1'-2). Опалубочне креслення



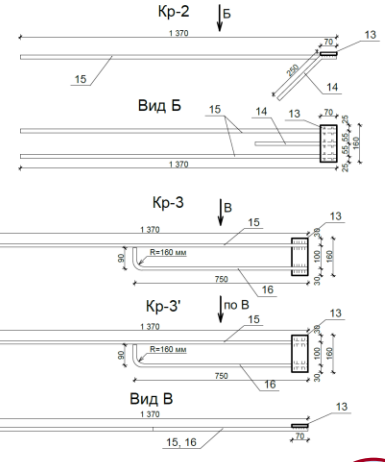
Балка Б1'. Арматура ребра



Специфікація на одну балку Б1' (Б1'-1, Б1'-2)					
Поз.	Позначення	Найменування	к-ть	Маса 1 елем. кг	Примітка
		Складальні одиниці			
Кр-1	цей аркуш	Каркас Кр-1	2	119,24	
Кр-2	цей аркуш	Каркас Кр-2	4	5,88	
Кр-3	цей аркуш	Каркас Кр-3	3	4,55	
Кр-3'	цей аркуш	Каркас Кр-3'	3	4,55	
С-1	цей аркуш	Сітка С-1	2	23,8	
С-2	цей аркуш	Сітка С-2	1	23,03	
Зд-1	цей аркуш	Закладна деталь Зд-1	2	4,74	
Зд-2	цей аркуш	Закладна деталь Зд-2	2	10,18	
6		Ø8 А-III ГОСТ 5781-82, L=1645	50	0,66	
7		Ø8 А-III ГОСТ 5781-82, L=7360	6	2,94	
11		Ø8 А-III ГОСТ 5781-82, L=695	20	0,36	
12		Ø8 А-III ГОСТ 5781-82, L=695	20	0,28	
15		Ø16 А-III ГОСТ 5781-82, L=1370 мм	2	2,16	
16		Ø16 А-III ГОСТ 5781-82, L=840 мм	2	1,33	
20		Ø10 А-III ГОСТ 5781-82, L=520 мм	50	0,32	
21		Ø8 А-III ГОСТ 5781-82, L=150 мм	25	0,06	
		Матеріали			
		Бетон класу С25/30 (В30), F200, W8.		2,05 м³	Для Б1' та Б1'-1 та Б1'-2

Специфікація арматурних виробів

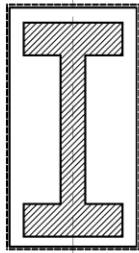
Марка виробу	Поз.	Найменування	к-ть	Маса 1 елем. кг	Маса виробу, кг
	1	Ø22 А-III ГОСТ 5781-82, L=9250 мм	1	27,75	
Кр-1	2	Ø32 А-III ГОСТ 5781-82, L=7200 мм	1	45,43	119,24
	3	Ø38 А-III ГОСТ 5781-82, L=5850 мм	1	28,3	
	4	Ø14 А-III ГОСТ 5781-82, L=1200 мм	10	1,52	
	5	Ø14 А-III ГОСТ 5781-82, L=1050 мм	2	1,28	
Кр-2	8	Ø12 А-III ГОСТ 5781-82, L=1390 мм	12	1,25	23,8
	9	Ø8 А-III ГОСТ 5781-82, L=2760 мм	8	1,1	
С-1	8	Ø12 А-III ГОСТ 5781-82, L=1390 мм	11	1,25	23,03
	10	Ø8 А-III ГОСТ 5781-82, L=2300 мм	8	1,16	
С-2	10	- 12x70 ГОСТ 19903-90, L=160 мм	1	1,06	
Кр-2	14	Ø16 А-III ГОСТ 5781-82, L=320 мм	1	0,5	5,88
	15	Ø16 А-III ГОСТ 5781-82, L=1370 мм	2	2,16	
	13	- 12x70 ГОСТ 19903-90, L=160 мм	1	1,06	
Кр-3	15	Ø16 А-III ГОСТ 5781-82, L=1370 мм	1	2,16	4,55
	16	Ø16 А-III ГОСТ 5781-82, L=840 мм	1	1,33	
Зд-1	Ø20 А-III ГОСТ 5781-82, L=1920 мм	1	4,74		
Зд-2	- 40x150 ГОСТ 19903-90, L=190 мм	1	8,95		
	Ø14 А-III ГОСТ 5781-82, L=300 мм	2	0,36	10,18	
	Ø14 А-III ГОСТ 5781-82, L=420 мм	1	0,51		



Примітки:
 1. Балка Б1' відокремлюється від Б1'-1 та Б1'-2 тільки тим, що торцеві сторони балки Б1' бетонується після монтажу балки, а у балки Б1'-1 (Б1'-2) одна торцева сторона бетонується разом з середньою частиною, а інша після монтажу. Арматура балок Б1', Б1'-1 та Б1'-2 не відокремлюється.
 2. Завершання арматурних стержнів до повноти в закладній деталі Зд-2 та каркаса Кр-2 та Кр-3 виконувати у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.6-169:2011 (тип узяття П1-Рш).

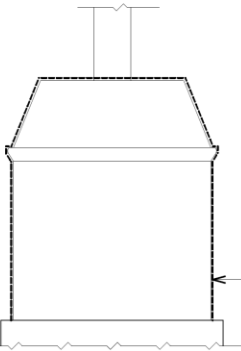
Схеми ремонту та захисту несучих конструкцій мосту

Схема захисту відремонтованих та підсилених залізобетонних конструкцій



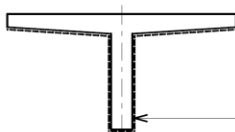
2 шари Sikagard-680 S Betoncolor
Sikagard -702 W Aquaphob (гідрофобізація)
Sika MonoTop-723 N (шпаклювання нерівностей)
Підсилена (відремонтована) конструкція

Схема ремонту пошкоджених поверхнь масивних частин опор мосту



Захист відремонтованих конструкцій згідно із "схемою захисту"
Sika MonoTop-412 NFG (ремонтний шар)
Sika MonoTop-910 N (антикорозійний шар відкритої арматури)
Масивна частина опори моста

Схема ремонту пошкоджених поверхнь балок проїзної частини (ригелів Р2, стійки та стійок берегової опори)



Захист відремонтованих конструкцій згідно із "схемою захисту"
Sika MonoTop-412 NFG (ремонтний шар)
Sika MonoTop-910 N (антикорозійний шар відкритої арматури та адгезійний шар)
Очищена поверхня балки проїзної частини (ригеля або стійки берегової опори)

Відомість об'ємів матеріалів на відновлення конструкцій мосту

Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Маса 1 елем. кг	Примітка	Площа конструкції Од. м2 Всього, м2
		Арки А1 (разом з розпірками)	16			
		Sika MonoTop-723 N		731 кг	11696 кг	
		Sikagard-702 W Aquaphob		4,3 кг	68,8 кг	215,3440
		Sikagard-680 S Betoncolor		86 кг	1376 кг	
		Балки Б1' Б1-1' Б2' Б2-1' (захист)	101			
		Sika MonoTop-723 N		45 кг	7726,5 кг	
		Sikagard-702 W Aquaphob		0,45 кг	45,45 кг	22,52272,5
		Sikagard-680 S Betoncolor		9,0 кг	909 кг	
		Балки Б2 (ремонт, захист)	211			
		Sika MonoTop-910		1,517 кг	320 кг	
		Sika MonoTop-412 NFG		28,82 кг	6080 кг	
		Sika MonoTop-723 N		85,4 кг	24212,3 кг	22,54747,5
		Sikagard-702 W Aquaphob		0,45 кг	95 кг	
		Sikagard-680 S Betoncolor		9,0 кг	1899 кг	
		Опори мосту (ремонт, захист)	5			
		Sika MonoTop-910			818 кг	
		Sika MonoTop-412 NFG			13452 кг	69,7218,7
		Sika MonoTop-723 N			4057,6 кг	795,6
		Sikagard-702 W Aquaphob			15,91 кг	
		Sikagard-680 S Betoncolor			318,25 кг	
		Ригелі Р2 (ремонт та захист)	20			
		Sika MonoTop-910		7,7 кг*	154 кг	
		Sika MonoTop-412 NFG		228 кг*	4560 кг	
		Sika MonoTop-723 N		175,5 кг	4475,8 кг	43,88377,6
		Sikagard-702 W Aquaphob		0,88 кг	17,55 кг	
		Sikagard-680 S Betoncolor		17,55 кг	351 кг	
		Ригелі Р1(захист)	5			
		Sika MonoTop-723 N		112,9 кг	959,5 кг	
		Sikagard-702 W Aquaphob		1,13 кг	5,64 кг	56,43282,2
		Sikagard-680 S Betoncolor		22,58 кг	112,9 кг	
		Стілки С1(захист)	32			
		Sika MonoTop-723 N		11,2 кг	609,3 кг	
		Sikagard-702 W Aquaphob		0,111 кг	3,58 кг	5,6179,2
		Sikagard-680 S Betoncolor		2,24 кг	71,7 кг	
		Колони К1(захист)	20			
		Sika MonoTop-723 N		31,5 кг	1071 кг	
		Sikagard-702 W Aquaphob		0,31 кг	6,2 кг	15,75315
		Sikagard-680 S Betoncolor		6,3 кг	126 кг	
		Консоль монолітної плити (захист)				
		Sika MonoTop-723 N			1140,4 кг	
		Sikagard-702 W Aquaphob			6,71 кг	335,4
		Sikagard-680 S Betoncolor			134,16 кг	

* - вказано середнє значення витрат матеріалів на ремонт однієї конструкції

Рекомендації по виконанню робіт з ремонту та захисту з/б конструкцій

1. Підготовка поверхнь бетону до ремонту

Після видалення поверхні включень видалення старого "хворого" бетону і очистки поверхні. Поверхні бетону конструкцій перед організацією робіт перевіряється на наявність пустот, тріщин та інших прихованих дефектів методом простукування молотком. Місця в яких чути глухий звук розчищаються до "здорового" бетону.

Поверхні очищаються у відповідності з розробленими планами організації робіт. Якщо проекту немає, слід дотримуватись наступних інструкцій:

- видалення бетону слід виконувати в місцях конструкцій, що зазнали впливу різних корозійних процесів в місцях з бетоном низької міцності до "здорового" бетону. Особливо в місцях виступу солей, там де бетон пошкоджений процесами корозії та карбонізації, в місцях тріщин, з сльдами іржі, там де розміщена арматура та закладні деталі з ознаками корозії; раковини та тріщини шириною розкриття від 0,4 мм - розчищаються;

- розкриття арматури та закладних деталей, що зазнали корозії, виконувати на всю довжину включаючи незкородовані ділянки не менше ніж 2 см у кожному напрямку. Якщо вся нижня поверхня розкритої ділянки стержня арматури зкородована, рекомендується розчистити шар бетону на даній ділянці на глибину приблизно 5 см за стержень арматури чи закладної;

- на усіх поверхнях з/б конструкцій, що ремонтується, виконується очистка ділянок забруднених залишками гідроізоляції, пофарбування, пилу та іншими речовинами (жир, мазу, бітум, нафтопродукти, тощо), що зменшують адгезію (зчеплення) ремонтного шару з основою, отримати міцність основи на відірв не менше 1,5 МПа (Н/мм2).

Підготовку поверхнь з/б конструкцій слід виконувати наступними механізмами та інструментами: молоток, зубило, кирка, металеві (дротяні) щітки, електро(пневмо-) перфоратори, відбільні молотки, кордові щітки ручні та електро-механічні (пневмо-механічні), піскоструйні, водоструйні агрегати низького (8-8 атм.) та високого (до 40 атм.) тиску.

Підготовлена поверхня повинна бути захищена від повторного забруднення.

2. Антикорозійний захист розкритої арматури.

Захист арматури необхідно виконувати одразу після її очистки шляхом нанесення двох шарів Sika MonoTop-910 N. Товщина захисного шару повинна становити не менше 1 мм. Наступні ремонтні шари необхідно наносити через 12-24 годин після видалення захисного шару.

3.1. Поверхневий "ручний" ремонт та відновлення з/б конструкцій (балки проїзної частини, що не замінюються; ригелі Р2 ; стійки берегових опор).

Виконується за технологією фірми Sika:

- підготувати бетонні поверхні у відповідності з рекомендаціями п. 1 та п. 2.

- перед нанесенням адгезійних шарів добре зволожити ремонтні поверхні, а вільну воду видалити стисненим повітрям. Продувку та промивку виконують безпосередньо перед нанесенням адгезійного шару. Нанести ремонтні шари на суху поверхню заборонено, оскільки відбувається відсмоктування води із свіжоукладеного матеріалу, що різко знижує міцність бетону.

- нанести за допомогою щітки або методом набризгу на всю ремонтну поверхню 1 шар адгезійного шару Sika MonoTop-910;

- заповнення (шпаклювання) дефектів в бетоні ремонтними сумішами методом "мокре по мокрому" по звільненню адгезійного шару. Дефекти глибиною до 5 см шпаклюються за один раз шаром Sika MonoTop-412 NFG; дефекти глибина яких більше 5 см необхідно відновлювати поетапно, при цьому перед нанесенням додаткових шарів необхідно наносити адгезійні шари.

3.2 Ремонт бетону методом омоноличування. (арки, ригелі Р1, стійки С1 та колони К1)

Виконувати за такою технологією:

- підготувати бетонні поверхні у відповідності з рекомендаціями п. 1 та п. 2.

- встановити елементи підсилення (армування);

- влаштування опалубки;

- омоноличування (бетонування) конструкцій.

4. Фінішне захисне покриття бетонних поверхнь

Після ремонту бетонних поверхнь однією із наведених технологій, в деяких випадках необхідно виконати шпаклювання м'як ремонтну матеріалом Sika MonoTop-723 N. Після чого провести гідрофобізацію (грунтування) поверхнь матеріалом Sikagard-702 W Aquaphob., та нанести 2 шари захисного покриття Sikagard-680 S Betoncolor.

Вказівки:

1. Після підсилення залізобетонних конструкцій моста слід виконати ремонт поверхнь конструкцій моста, пошкодження яких не були усунені в процесі підсилення.

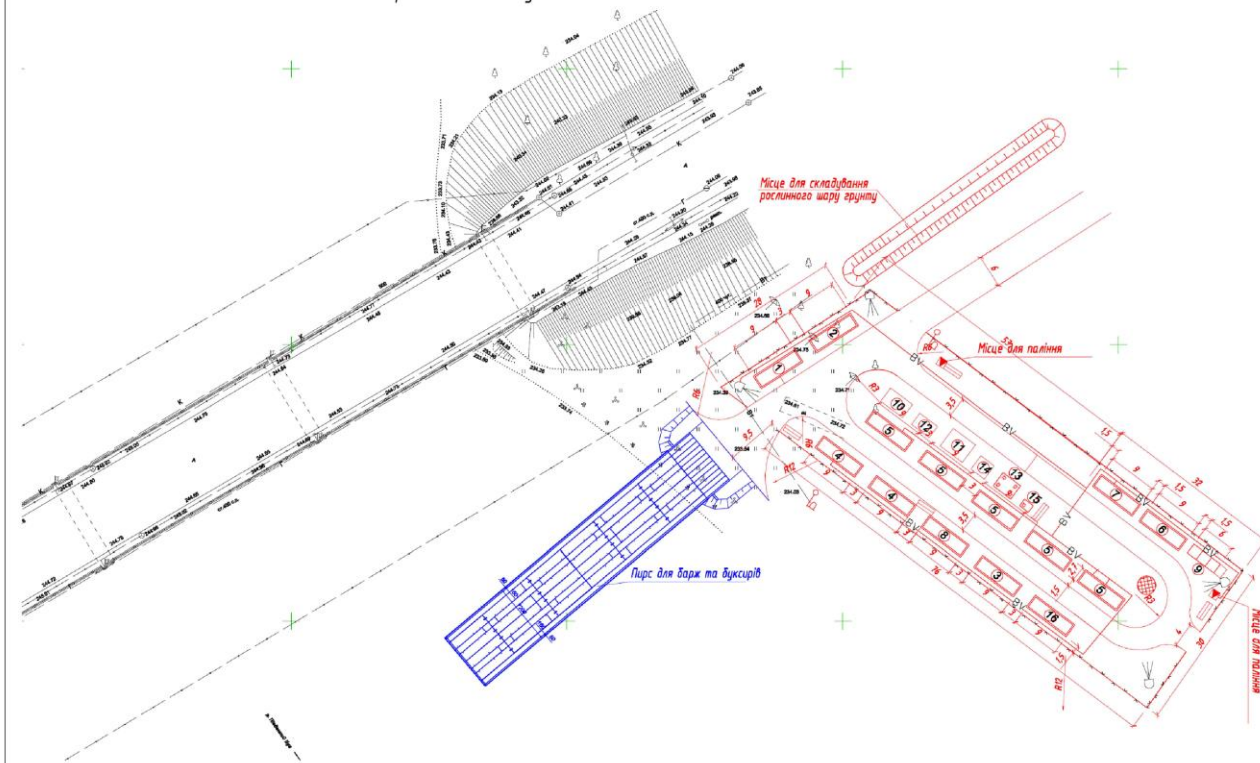
2. Ремонтні підлягають: поверхні масивних опор моста, ригелі та стійки берегових опор, ригелі Р2 та "старі" балки проїзної частини Б2.

3. Ремонт слід виконувати за схемою ремонту на цьому аркуші і у відповідності до вимог технологічних карт та рекомендацій фірми "Sika".

4. Після ремонту виконати захист поверхнь всіх конструкцій мосту згідно з схемою захисту на цьому аркуші.

Генеральний план будівельного майданчика

Генеральний план будівельного майданчика

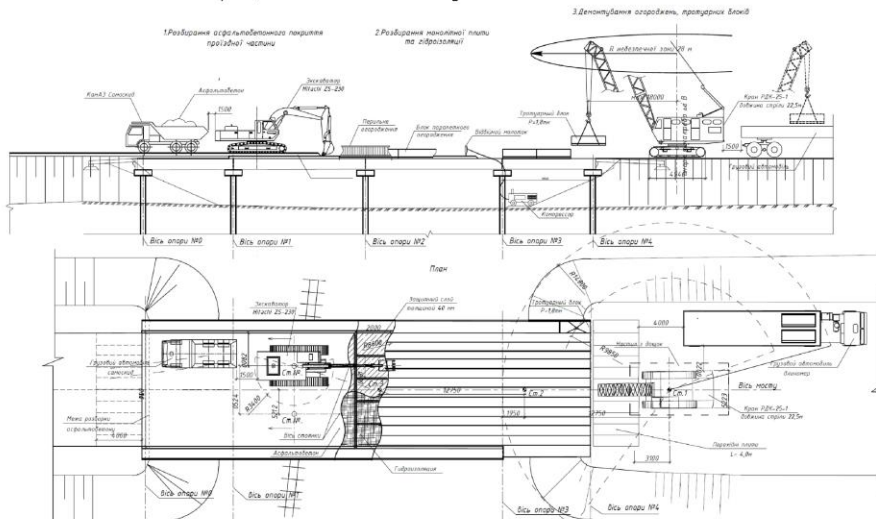


- Умовні позначення на будівельному генеральному плані:
- BV — тимчасова повітряна електромережа
 - тимчасова огорожа будівельного майданчика
 - тимчасові будівлі
 - постійна дорога
 - тимчасова дорога
 - ▲ інвентарна електростанція
 - щит з пристосуваннями пожегозахисності
 - прожекторна мачта
 - навів майданчик відкритого складування
 - ворота у тимчасовій огорожі
 - цистерна з водою

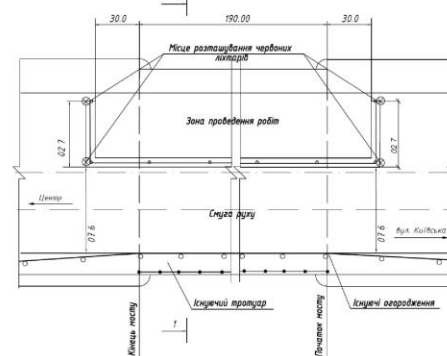
ЕКСПЛІКАЦІЯ ТИМЧАСОВИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

№	Найменування тимчасових будівель та споруд	Тип (Серія)	Площа м ²	Розміри LxВxШ, м
1	Прохідна, диспетчерська	Пересувна УТС 420-01	24,3	9x2,7x2,5
2	Комтара виконавця	Пересувна УТС 420-01	24,3	9x2,7x2,5
3	Призначення для об'їзду і захисту від сонячного випромінювання	Пересувна УТС 420-01	24,3	9x2,7x2,5
4	Гардеробні	Пересувна УТС 420-01	2x24,3	9x2,7x2,5
5	Призначення для прийняття їжі і відпочинку	Пересувна УТС 420-01	5x24,3	9x2,7x2,5
6	Душеві	Пересувна УТС 420-01	24,3	9x2,7x2,5
7	Умивальні	Пересувна УТС 420-01	24,3	9x2,7x2,5
8	Сушилка для одягу і взуття	Пересувна УТС 420-01	24,3	9x2,7x2,5
9	Туалети	Збірно-розбірні	3x4	2x2x2,5
10	Склад для зберігання в'янутих блоків	Відкритий	15	5x3
11	Склад для зберігання з.б. панелей	Відкритий	20	5x4
12	Склад для зберігання з.б. ланок	Відкритий	4x2,5	4x2,5
13	Склад металоконструкцій і металевих виробів	навіс пачки у штабелі	12	4x3
14	Склад для зберігання з.б. плит	Відкритий	9	3x3
15	Склад пиломатеріалів	навіс штабеля	3	2x1,5
16	Призначення для зберігання інструментів і інвентаря	Пересувна УТС 420-01	24,3	9x2,7x2,5

Принципова схема демонтажу елементів мостового полотна



Конструкція тимчасових огорожень мосту



Специфікація елементів на огорожу

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль. шт.	Маса од. кг	Примітка
1	ГОСТ12579-78	Бетонний блок ФБС24.4.6-п	68	1300	36,92м ³
2	ГОСТ19463-72	Ліс круглий діам. 8 см, L=1,4м	69	-	152м ³
3	ГОСТ8486-66	Пиломатеріал: брус 80х100 мм, L=5м	66	-	8,47м ³
4	ГОСТ8486-66	Пиломатеріал: дошки 80х200 мм, L=3,80м	1200	-	2,87м ³
		Червоні лікварі	4	-	
		Фарбування пофарбування			115,0м ²

Календарний графік реконструкції мосту

РОБОТА	Кількість робочих в бригаді	Кількість робочих днів	I рік будівництва												II рік будівництва											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Підготовчі роботи	45	23	23																							
Тимчасові переустрії комунікацій	5	7																							7	
Влаштування монтажних площадок та під'їздів до них	9	30	30																							
Влаштування будівельного майданчика	5	30	30																							
Влаштування потесей для ремонту прольоту 0-1	12	54,4		54																			54			
Влаштування опалубки для ремонту арок прольоту 0-1	12	30,1		30																			30			
Влаштування опалубки тротуару прольоту 0-1	12	54,4		54																			54			
Демонтаж тротуару прольоту 0-1	6	22,8		23																			23			
Демонтаж прольотної будови прольоту 0-1	6	7,3																							7	
Монтаж прольотної будови прольоту 0-1	6	7,3																							7	
Влаштування монолітного тротуара прольоту 0-1	18	23,8		24																				24		
Влаштування монолітної накладної плити прольоту 0-1	18	12,8			13																			13		
Монтаж деформаційного шва прольоту 0-1	5	6,5																							6	
Влаштування асфальтобетонного покриття прольоту 0-1	27	2,8																							2	
Влаштування потесей для ремонту прольоту 1-2	12	54,4			54																					
Влаштування опалубки для ремонту арок прольоту 1-2	12	30,1			30																					
Влаштування опалубки тротуару прольоту 1-2	12	54,4			54																					
Демонтаж тротуару прольоту 1-2	6	22,8			23																					
Демонтаж прольотної будови прольоту 1-2	6	7,3																							7	
Монтаж прольотної будови прольоту 1-2	6	7,3																							7	
Влаштування монолітного тротуара прольоту 1-2	18	23,8			24																				24	
Влаштування монолітної накладної плити прольоту 1-2	18	12,8			13																				13	
Монтаж деформаційного шва прольоту 1-2	5	6,5																							6	
Влаштування асфальтобетонного покриття прольоту 1-2	27	2,8																							2	
Влаштування потесей для ремонту прольоту 2-3	12	54,4			54																					
Влаштування опалубки для ремонту арок прольоту 2-3	12	30,1			30																					
Влаштування опалубки тротуару прольоту 2-3	12	54,4			54																					
Демонтаж тротуару прольоту 2-3	6	22,8			23																					
Демонтаж прольотної будови прольоту 2-3	6	7,3																							7	
Монтаж прольотної будови прольоту 2-3	6	7,3																							7	
Влаштування монолітного тротуара прольоту 2-3	18	23,8			24																				24	
Влаштування монолітної накладної плити прольоту 2-3	18	12,8			13																				13	
Монтаж деформаційного шва прольоту 2-3	5	6,5																							6	
Влаштування асфальтобетонного покриття прольоту 2-3	27	2,8																							2	
Влаштування потесей для ремонту прольоту 3-4	12	54,4			54																					
Влаштування опалубки для ремонту арок прольоту 3-4	12	30,1			30																					
Влаштування опалубки тротуару прольоту 3-4	12	54,4			54																					
Демонтаж тротуару прольоту 3-4	6	22,8			23																					
Демонтаж прольотної будови прольоту 3-4	6	7,3																							7	
Монтаж прольотної будови прольоту 3-4	6	7,3																							7	
Влаштування монолітного тротуара прольоту 3-4	18	23,8			24																				24	
Влаштування монолітної накладної плити прольоту 3-4	18	12,8			13																				13	
Влаштування асфальтобетонного покриття прольоту 3-4	5	6,5																							6	
Монтаж деформаційного шва прольоту 3-4	27	2,8																							2	
Влаштування потесей для ремонту прольоту 4-5	12	54,4			54																					
Влаштування опалубки для ремонту арок прольоту 4-5	12	30,1			30																					
Влаштування опалубки тротуару прольоту 4-5	12	54,4			54																					
Демонтаж тротуару прольоту 4-5	6	22,8			23																					
Демонтаж прольотної будови прольоту 4-5	6	7,3																							7	
Монтаж прольотної будови прольоту 4-5	6	7,3																							7	
Влаштування монолітного тротуара прольоту 4-5	18	23,8			24																				24	
Влаштування монолітної накладної плити прольоту 4-5	18	12,8			13																				13	
Влаштування асфальтобетонного покриття прольоту 4-5	5	6,5																							6	
Монтаж деформаційного шва прольоту 4-5	27	2,8																							2	
Влаштування потесей для ремонту прольоту 5-6	12	54,4			54																					
Влаштування опалубки для ремонту арок прольоту 5-6	12	30,1			30																					
Влаштування опалубки тротуару прольоту 5-6	12	54,4			54																					
Демонтаж тротуару прольоту 5-6	6	22,8			23																					
Демонтаж прольотної будови прольоту 5-6	6	7,3																							7	
Монтаж прольотної будови прольоту 5-6	6	7,3																							7	
Влаштування монолітного тротуара прольоту 5-6	18	23,8			24																				24	
Влаштування монолітної накладної плити прольоту 5-6	18	12,8			13																				13	
Влаштування асфальтобетонного покриття прольоту 5-6	5	6,5																							6	
Монтаж деформаційного шва прольоту 5-6	27	2,8																							2	
Укладка пароводних плит на омоноличування вузлів	12	16																							16	
Нанесення розмітки проїздної частини	6	18																							18	
Монтаж сталевих перил	6	7,3																							7	
Монтаж бар'єрно огорожі	6	7,3																							7	
Сдача моста	40	8																							8	

Календарний план реконструкції мосту

Назва окремих будівель, споруд або видів робіт	Кашторисна вартість, тис. грн.	Розподілення капіталовкладень і об'ємів будівельно-монтажних робіт по роках			Пусковий комплекс		
		Всього	в т.ч. БМР	1		2	3
1. Підготовка території будівництва	511,32109	456,53669	511,32109	-	-	-	
2. Земляне плато та конуси	1610,18334	14,37,6637	-	-	1610,18334	-	
3. Посилення залізобетонних конструкцій	22315,98208	19924,25186	16852,12966	5463,03242	5463,03242	-	
4. Спеціальні допоміжні заходи	5815,66815	5792,56085	3877,7121	1938,56605	-	-	
5. Пріліжка частина мосту	1654,812879	14,735,82923	-	7387,91642	7387,91642	-	
6. Облаштування дорож	130,44,714	176,4,7056	-	38,82355	73,64,771	-	
7. Тимчасові будівлі та споруди	1158,01996	1033,94439	1158,01996	-	-	-	
8. Інші роботи та витрати	74,88,17310	-	1315,02895	44,29,85819	154,2,28606	-	
9. ПДВ	124,69,17262	-	1312,2964	6,34,7,69819	3395,50619	-	
Разом	74815,03574	8233,7794	38086,18878	20373,51714			