

**ПОПРУГА П.В., ШЕЙНІЧ Л.О., МИКОЛАЄЦЬ М.Г.**  
 Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»  
 м. Київ, Україна

**КИРИЧЕНКО І.О.**  
 ЗАТ „Євроресурс корпорація”  
 м. Київ, Україна

**ЛИСАК Ю.І.**  
 ТОВ МЦ Баухемі  
 м. Київ, Україна

УДК 691.3

## ПІДСИЛЕННЯ ОПОРИ №7 ЗАЛІЗНИЧНО-АВТОМОБІЛЬНОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ ЧЕРЕЗ Р. ДНІПРО В М. КИЄВІ

Ключові слова: опора, обойма, підсилення, тріщини, ін'єктування, бетоні

*У статті розглянуто питання підсилення опори №7 залізнично-автомобільного мосту через р. Дніпро в м. Києві на залізничній ділянці Київ-Московський-Дарниця.*

*В статье рассматривается вопрос усиления опоры №7 железнодорожно-автомобильного моста через р. Днепр в г. Киеве на железнодорожном участке Киев-Московский-Дарниця.*

*Issue of bridge №7 footing strengthening for railway and road bridge across Dnieper river in Kiev in the railway section Kiev Moscovskiy- Darnitsa is considered in the paper.*

На стадії проектування та будівництва опори №7 залізнично-автомобільного мосту через р. Дніпро в м. Києві на залізничній ділянці Київ-Московський-Дарниця були допущені помилки, що викликали потребу у її підсиленні.

Відповідно до проектної документації, опора №7 – залізобетонна монолітна конструкція висотою 20,695 м, формою у плані та збоку близька до прямокутної, з фронту – трапецевидна із висхідними сторонами. Опора складається із тіла опори, ростверку та пальового фундаменту. Загальний вигляд опори №7 мосту наведено на рис. 1.

Залізобетонна ремонтна обойма (рис. 2) товщиною 150 мм армована попередньо напруженими стержнями, які встанов-

лювались у двох напрямках в горизонтальній площині вздовж тіла опори біля її граней. Крок і діаметр стержнів прийнято згідно з мінімальним вмістом армування 0,05 %. Крім того обойма армована сіткою зі стержнів та додатковими горизонтальними стержнями, які встановлюють під вирізом у тілі опори. Обойма опори повинна бути виготовлена з бетону класу за міцністю на стиск В35, маркою за морозостійкістю F200 і маркою за водонепроникністю W6. Бетон повинен задовольняти вимогам ДБН В.2.3-14 [1]. Середня густина важких бетонів повинна бути в межах від 2200 до 2500 кг/м<sup>3</sup> включно.

Опалубні, арматурні і бетонні роботи при посиленні опори №7, залізнично-автомобільного мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві на залізничній ділянці Київ-Московський-Дарниця, виконували відповідно до проектної документації, технологічного регламенту, ДБН В.2.3-14 [1] та СНиП 3.03.01 [2].

Компоненти бетонної суміші відповідали наступним вимогам:

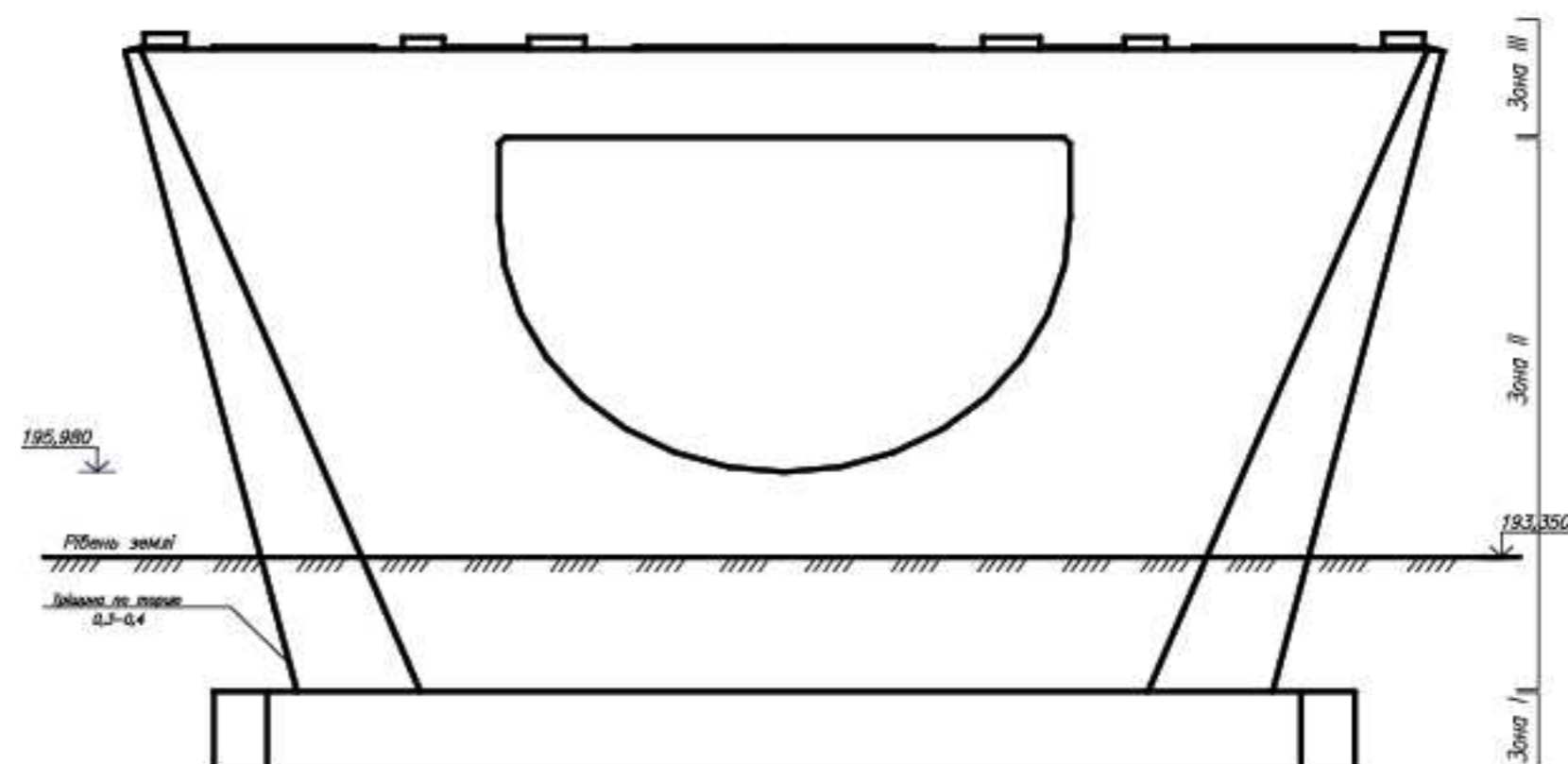
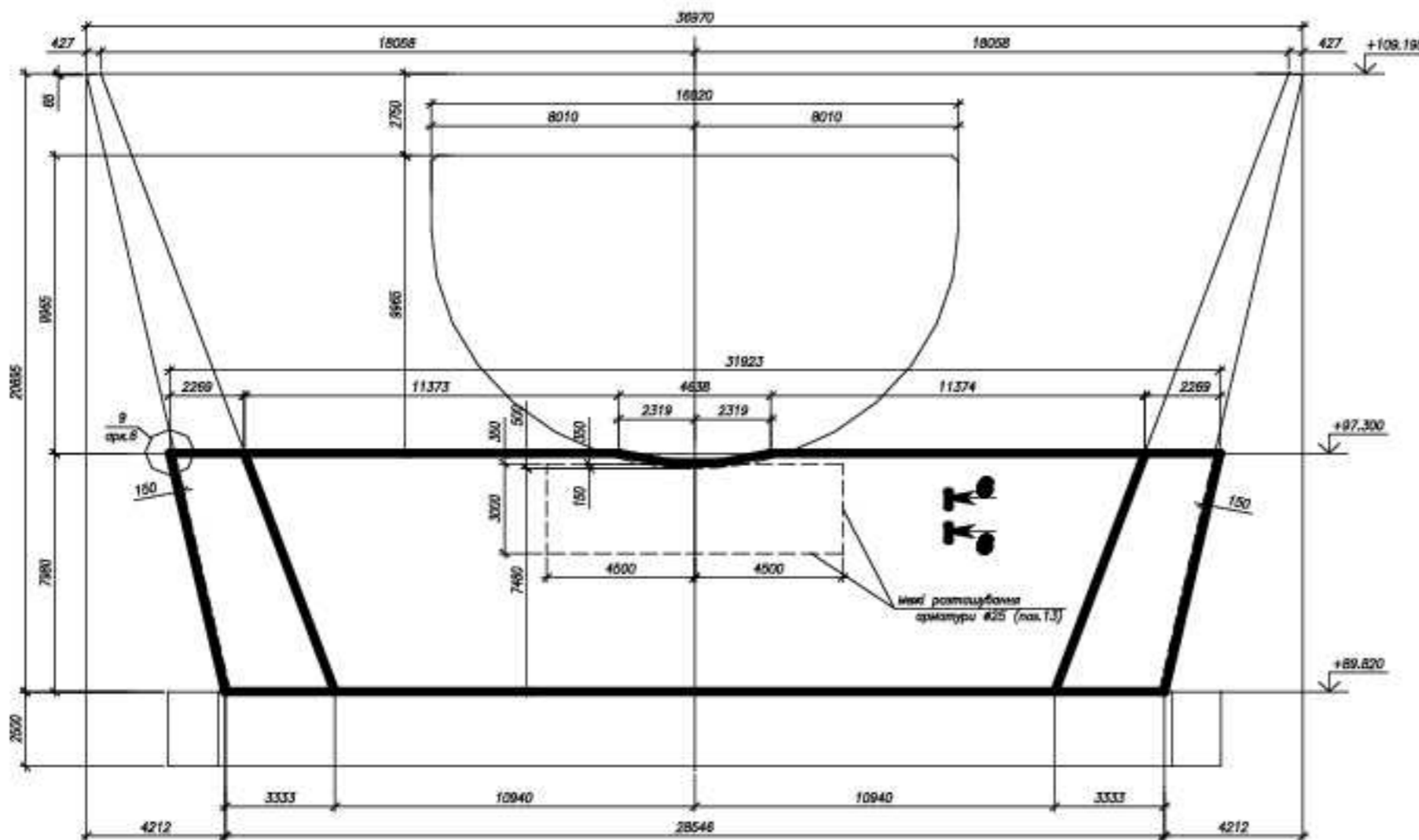


Рис. 1. Загальний вигляд опори №7 мосту



6-6

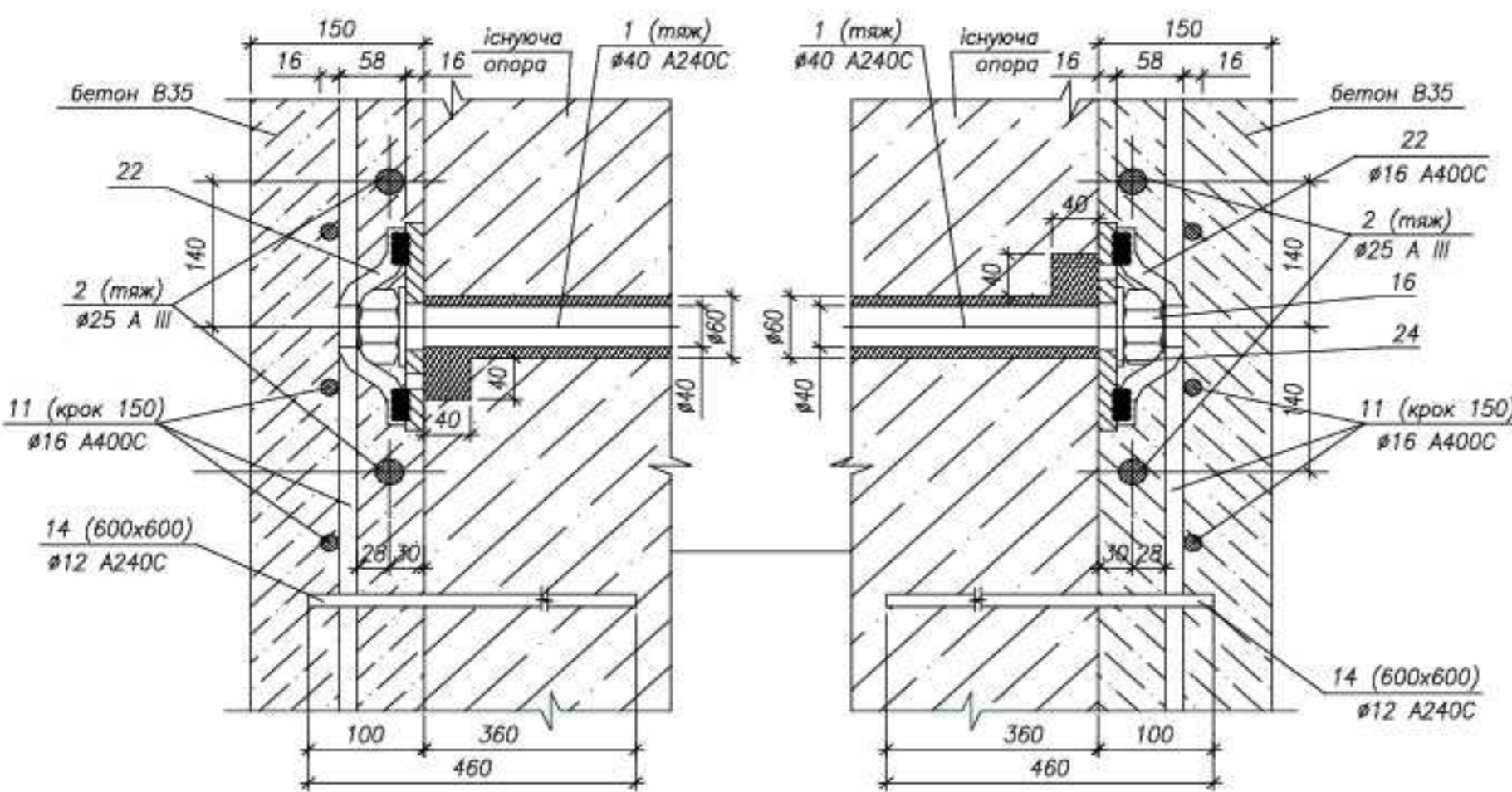


Рис. 1. Схема розташування залізобетонної обойми посилення опори №7 мостового переходу

Таблиця 1

Назва показника	Значення показника (характеристика)
Зовнішній вигляд	рідина
Колір	бурштин
Густина	0,93±0,02 кг/л при t = 20 <sup>0</sup> С
Ефективний компонент	біополімери
Вміст шкідливих речовин, хлоридів	відсутні
Вміст сухої речовини (активної)	5 %
Специфічна дія	Покращує когезію, зменшує розчинівідділення та водовідділення бетонної суміші
Термін зберігання	12 місяців в оригінальному пакованні

- портландцемент з добавкою шлаку ПЦ II/A-III відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-46 [3], з нормованим вмістом трьохкальцієвого алюмінату (3CaO•Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) не більше 8 % за масою (значення для клінкеру);

- пісок щільний природний відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-32 [4], з модулем крупності 1,5...2,1;
- крупний заповнювач природний відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-74 [5], ДСТУ Б В.2.7-75 [6] з розміром фракції більше 5 мм до 10 мм включно (група за зерновим складом – дрібний), з маркою за міцністю 1200 (група за міцністю – дуже міцна);
- хімічна добавка Дупатон SR-3 відповідно до вимог ТУ У В.2.7-24.6-02498197-385 [7], з пластифікуючим ефектом 1 групи;
- мінеральна добавка Геокон G0 відповідно до вимог ТУ У В.2.7-24.6-24917660-002 [8];
- VISCOFLUID SCC фірми ВАТ «Мапей Україна» з наведеними характеристиками у табл. 1;
- вода для бетонів відповідно до вимог ГОСТ 23732 [9].

Добавка VISCOFLUID SCC розроблена на основі біополімерів, здатна зменшити розшарування суміші, суттєво покращити її пластичність, однорідність, а також зменшити розчинівідділення та водовідділення.

Технічні характеристики добавки VISCOFLUID SCC наведено у табл. 1.

Для рівномірного заповнення порожнин між тяжами та тілом опори №7 використовувався цементний клей Centricrete FB ТОВ МЦ Баухемі.

Технічні характеристики цементного клею Centricrete FB наведено у табл. 2.

Бетонна суміш при укладанні мала марку за легкоукладальністю P5 з осадкою конуса під час вивантаження з бетонозмішувача 21см та більше і через 2 години після приготування не менше 20см. Водовідділення бетонної суміші не перевищувало 0,8%, розчинівідділення 4%.

Температура бетонної суміші при виході з АБЗ повинна бути не вище 25°С влітку та не нижче 10°С в осінній період.

Міцність бетону обойми у віці 28 діб нормального твердіння (при температурі 20±3°С і відносній вологості 95±5%), визначена на основі випробувань бетонів на об'єкті підсилення опори, була не менше 45,84МПа при коефіцієнті варіації 13,5% (згідно з ГОСТ 18105).

Проведення робіт по заповненню порожнин між тяжами та тілом опори мосту виконувалось згідно з проектом посилення опори №7, ДБН В.2.3-14 [1], СНиП 3.03.01 [2] та технологією розробленою співробітниками ТОВ МЦ Баухемі.

Матеріал Centricrete FB має майже однакові з бетоном властивості. Це запобігає перерозподілу зусиль, які

Таблиця 2

Назва показника	Значення показника (характеристика)
Основний компонент	мінеральний
Колір	сірий
Густина складу	приблизно 1,7 г/см <sup>3</sup>
Співвідношення води до порошкового компоненту Centricrete FB	0,6
Дозування добавочного компоненту Contricrete-Additiv	2 % від маси порошкового компоненту Centricrete FB
Зернистість (95 мас. %)	60 мкм
Міцність на стиск:	
на 2 добу	приблизно 28,8 Н/мм <sup>2</sup>
на 7 добу	приблизно 34,8 Н/мм <sup>2</sup>
на 28 добу	приблизно 42,3 Н/мм <sup>2</sup>
Зміна об'єму	відсутня
Життєздатність суміші	30 хв.
Термін зберігання	6 місяців в оригінальному пакованні

виникають у випадку використання матеріалу з міцністю, вищою або нижчою за міцність бетону конструкції, а також розвиток щілин в ній. Матеріал у готовому вигляді має низьку густину, що підвищує його проникнення в найменші ділянки порожнин конструкції і як результат відтворення суцільної монолітності конструкції. Матеріал є безумовним, безпечним як для арматури, так і для бетону з високим рівнем лужності.

Роботи із застосуванням Centricrete FB виконувати при температурі повітря та поверхні конструкції нижче +5°C заборонено.

Зміни розкриття щілин під час ін'єктування та фази твердіння неприпустимі. Повна відсутність динамічних навантажень на конструкцію на протязі щонайменше 48 годин в нормальних умовах (T = +20°C, відносна вологість 50%).

Особливу увагу приділяли попередньому зволоженню порожнини або тріщини безпосередньо перед ін'єктуванням суспензії.

Підготовчі роботи включали в себе:

- забезпечення вільного доступу до всіх ділянок конструкції, на яких проводяться роботи;
- влаштування будівельного риштування;
- перевірку наявності води, електричної напруги (220В), достатнього освітлення (в разі проведення робіт у нічний час) і тари для утилізації відходів;
- видалення пилу з порожнин отвору за допомогою стиснутого повітря (компресор).

Для запобігання витікання ін'єкційного розчину з відкритого отвору під час ін'єктування, останній з обох сторін конструкції закривався мінеральним розчином Nafufill KM 250 на глибину 4 см. Поверхню бетону безпосередньо перед нанесенням мінерального розчину зволожували.

В нижню частину отвору однієї зі сторін конструкції під кутом приблизно 45° знизу вгору встановлювався пластиковий пакер MC-Schlagpacker.

З іншої протилежної сторони в верхню частину отвору також під кутом приблизно 45° встановлювали пластикову контрольну трубку діаметром 10 мм та довжиною 100 мм. Встановлення цієї контрольної трубки здійснювали під час нанесення мінерального розчину для запечатування отвору.

Після «запечатування» отвору, встановлення пакера для нагнітання ін'єкційної суспензії та встановлення контрольної трубки заповнювали порожнину отвору водою (рис. 3). Це зволожувало бетон отвору та дало змогу перевірити щільність запечатування та встановлення трубок. Заповнення водою здійснюється пневматичною помпою з мінімально можливим тиском. Заповнення здійснювали до появи води з контрольної трубки.

Після 10...15 хвилин повністю зливали воду з отвору через вже встановлений пакер.

Для ін'єктування використовували готовий матеріал Centricrete FB.

Для нагнітання матеріалу використовували пневматичний мембранний насос низького тиску з можливістю високочутливої настройки. Максимальний робочий тиск 7 атм. Для роботи насос потребує 200 л/хв.

стиснутого повітря.

Ін'єктування починали з нижнього пакера та нагнітали суспензію найменшим можливим тиском до появи матеріалу із контрольної трубки або до досягнення тиску 8 атм. Після цього перекривали кран помпи, закривали запірний пристрій пакера, шланг помпи знімали.

Місця непередбачуваного прориву матеріалу, під час ін'єкційних робіт, замазуються швидкоотверднувачим цементним розчином. Під час цих робіт ін'єктування зупиняється. Через дві доби пакери та контрольні трубки демонтували за допомогою електричних інструментів «болгарка». Заглиблення від трубок замазали розчином. Залишки ін'єкційного розчину на поверхні кладки були обережно розчищені механічним способом (скрепки, скарпелі) після висихання розчину.

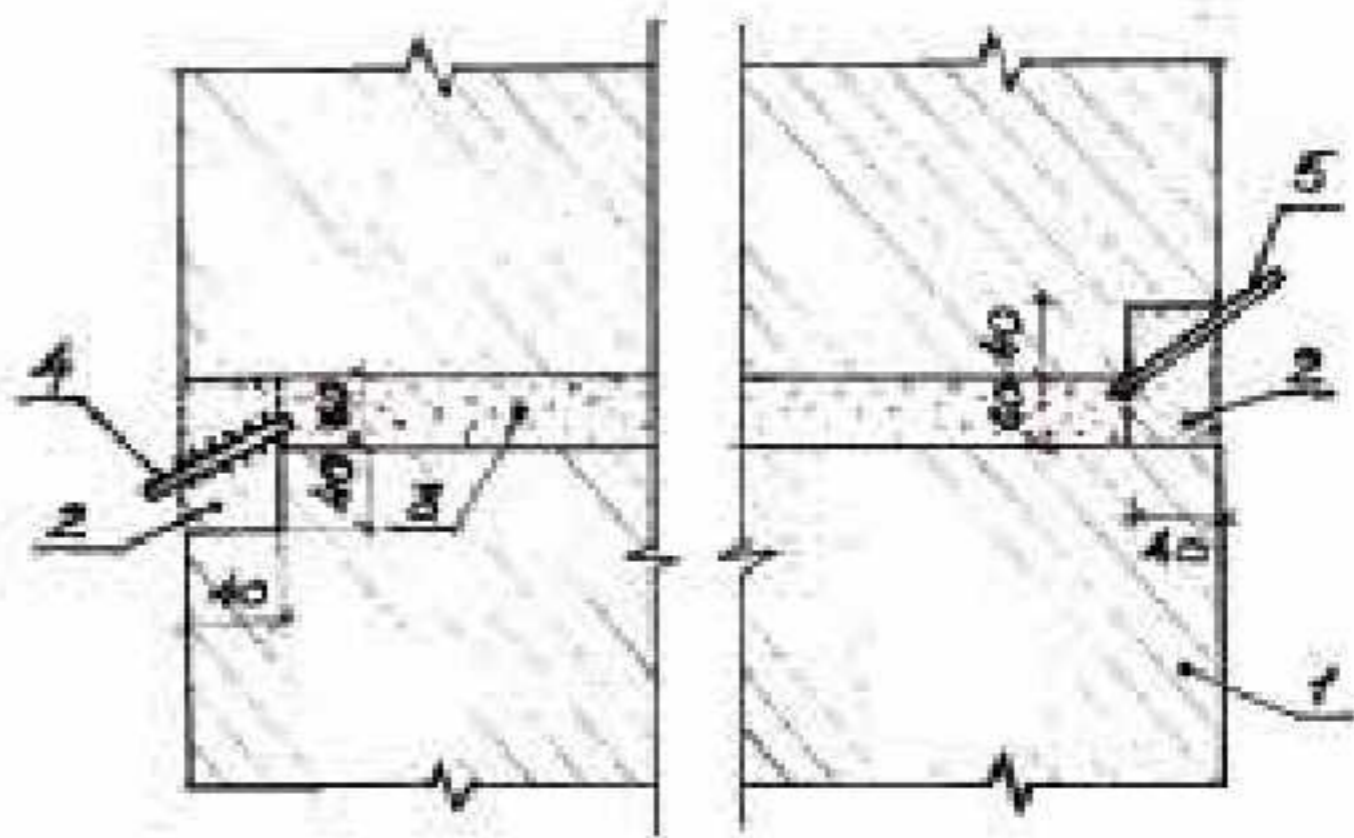


Рис. 3. Схема «запечатування» отворів та встановлення пакера і контрольної трубки

- 1 – тіло залізобетонної конструкції;
- 2 – мінеральний матеріал Nafufill KM 250 для «запечатування» обох кінцевих отворів магістрального отвору;
- 3 – магістральний отвір з тяжами (арматура  $\varnothing 40$ , A240C), який заповнюється ін'єкційною суспензією;
- 4 – пластиковий пакер MC-Schlagpacker довжиною 115 мм і діаметром 18 мм;
- 5 – контрольна пластикова трубка для випуску повітря та контролю заповнення.

Роботи з облаштування опалубки, бетонування, догляду за бетоном та контролю якості тіла обойми опори виконували згідно з проектом, технологічним регламентом та діючими технічними нормами і правилами, в тому числі ДБН В.2.3-14 [1], СНиП 3.03.01 [2] та СНиП III-4-80\* [10].

Перед ін'єктуванням тріщин та влаштуванням залізобетонної обойми зі змішаним армуванням усі металеві елементи (арматура, листові сталь і т.п.) були оброблені захисним протикорозійним складом згідно інструкції щодо його використання. Обробка елементів здійснювалась безпосередньо перед влаштуванням їх у конструкціях.

Підготовчі роботи по бетонуванню ремонтної обойми опори включають наступні заходи:

- приймання опалубки, арматурного каркасу та натягнутих тяжів в порожнинах тіла опори та ін'єктування в порожнини розчину Centricrete FB ТОВ МЦ Баухемі;
- підготовку вологозахисних матеріалів для захисту свіжоукладеного бетону верхньої поверхні тіла обойми опори від вологотеплообміну з навколишнім середовищем;
- підготовку механізмів: бетононасосів і вібраторів;
- оснащення приладами освітлення;
- підготовку поста для контролю якості бетонної суміші;
- ревізію системи енергозабезпечення та забезпечення техніки безпеки.

Для посилення опори №7 використали опалубку, яка складається із сталевих листів, покритих фанерою.

Під час монтажу опорних лісів, риштування та елементів опалубки конструкцій обойми опори, інструментальної вивірки її положення та відповідності проекту, опалубку очищали від сміття і обдували стисненим повітрям, в разі необхідності поверхню опалубки протирали сухою мішковиною.

При монтажі опалубних щитів була забезпечена герметичність стиків між ними, що виключало можливість втрат цементного тіста при віброуцільненні бетонної суміші.

Особливу увагу в процесі бетонування звертали на герметичність поздовжніх швів між щитами опалубки,

що виключало можливість втрат цементного молока і цементного тіста при віброуцільненні бетонної суміші.

Герметичність країв опалубних стиків між собою досягається ретельністю підгонки країв щитів один до одного та проклейкою стиків липкою стрічкою.

Поверхню щитів перед монтажем ретельно очищали від бруду і вручну протирали формуючі поверхні мішковиною, просоченою мастилом (наприклад PERI). Змазку наносили гранично тонким шаром, виключаючи її потрапляння на арматуру.

Бетонування тіла обойми опори (рис. 4) розпочинали після завершення робіт по заповненню порожнин між тяжами та тілом опори.

Бетонування тіла обойми опори здійснювалось в 4 захватки. Висота захваток складає 2000 мм. Розбивка на захватки пояснюється тим, що тіло обойми опори при його загальній висоті 7980 мм має малу ширину поверхні (150 мм), через яку укладається та вібрується бетонна суміш та досить густе армування в тілі обойми опори.

Тіло ремонтної обойми опори бетонувалось до відмітки + 97.300. Бетонну суміш укладали в тіло обойми опори горизонтальними шарами однакової товщини без розривів з послідовним направленням укладання в одну сторону у всіх шарах. Укладання кожного шару бетонної суміші здійснювали на бетон до початку його тужавіння. Для забезпечення монолітності кладки, темп укладання бетонної суміші в тіло обойми опори складав близько 50 м<sup>3</sup>/год для даних розмірів тіла обойми опори.

Товщину шару призначали з фактичної подачі бетонної суміші виходячи з умов, що перерва до укладання послідовного шару бетонної суміші у кожному конкретному місці не перевищувала втрати рухливості раніше укладеної суміші в попередньому шарі на 1...1,5 см осадки стандартного конуса. Ця перерва не перевищувала 40...50 хвилин.

Тіло обойми опори та її елементи, що закриваються у процесі проведення робіт (підготовка основи опори, арматура, закладні деталі та ін.), а також правильність встановлення і закріплення опалубки і підтримуючих її елементів були прийняті у відповідності з ДБН А.3.1-5 [11].

Подача бетонної суміші до місця укладання проводилась двома бетононасосами, що знаходились з двох протилежних сторін опори мосту.

Перед початком уцільнення бетонну суміш рівномірно розподіляли по площі смуги укладання. Висота окремих виступів і западин над загальним рівнем поверхні розподіленої бетонної суміші не перевищувала 10 см. Віброуцільнення бетонної суміші здійснювали за допомогою ручних вібраторів з діаметром вібробулави 3...4 см.

Після укладання бетонної суміші в першому шарі бетонованої конструкції бетононасоси вимикали, переносили бетоноводи до її торцевої поверхні і розподіляли бетонну суміш в другому шарі. Віброуцільнення проводили аналогічно, як і для першого шару, але з обов'язковим «заходженням» вібратора в нижній шар.



Рис. 4. Бетонування ремонтної обойми опори №7

Аналогічно проводили укладання та ущільнення інших шарів.

Ущільнення бетонної суміші проводили з дотриманням таких правил:

- а) крок перестановки глибинних вібраторів не повинен перевищувати полуторного радіусу їх дії, який визначається візуально при початку ущільнення суміші;
- б) глибина занурення вібратора в бетонну суміш повинна забезпечувати поглиблення його в раніше укладений шар на 5...10 см;
- в) контакт вібратора під час його роботи з арматурою і опалубкою бетонуючої об'ємної опори не допускається.

Тривалість віброущільнення повинна забезпечити достатнє ущільнення бетонної суміші, ознаками закінчення ущільнення є:

- а) припинення осідання суміші;
- б) поява блиску цементного молочка на поверхні суміші;
- в) припинення виділення бульбашок повітря.

У процесі бетонування проводився відбір зразків бетону згідно з вимогами ДБН В.2.3-14 [1]. Початок зняття опалубки здійснювали після досягнення бетоном 75% міцності і при різниці температури бетону і навколишнього повітря не більше 5 ° С. Вимоги до поверхні бетону пред'являються відповідно до вказівок СНиП 3.03.01 [2].

Улаштування опалубки для послідувочної захватки починали після завершення бетонування попередньої захватки.

Витримування та догляд за бетоном виконували згідно з СНиП 3.03.01 [2].

У початковий період тверднення бетон захищали від потрапляння атмосферних опадів або втрати воло-

ги, у подальшому підтримували температуро-вологісний режим із забезпеченням максимальних умов для забезпечення набору міцності. Після бетонування першої захватки відкрита поверхня горизонтального шву вкривалась вологотеплозахисним покриттям. Перед початком бетонування другої та послідувочних захваток вологотеплозахисне покриття знімалось та проводили очистку поверхні бетону попередньо бетонованої захватки від залишків зайвого бетону та різного роду включень.

Прийняття мір по догляду за бетоном ремонтної об'ємної опори, порядок і терміни їх проведення, контроль за їх виконанням та терміни розпалубки конструкцій встановлювались в ППР.

### ВИСНОВКИ:

1. На стадії проектування та будівництва опори №7 залізнично-автомобільного мосту через р. Дніпро в м. Києві на залізничній ділянці Київ-Московський-Дарниця були допущені помилки, що викликали потребу у її підсиленні.

2. Тому щоб уникнути в подальшому таких небажаних ситуацій та будувати будівлі та споруди з гарантованою довговічністю (терміном експлуатації), необхідно:

- забезпечити виконання проекту робіт у заданий термін і в заданому об'ємі;
- забезпечити використання будівельних матеріалів, вказаних в проекті будівництва, технологічних регламентах і т.п.;
- забезпечити якісну експертизу проектної документації;
- забезпечити контроль будівництва;
- забезпечити проведення науково-технічного супроводу об'єктів будівництва.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування: ДБН В.2.3-14:2006
2. Несущие и ограждающие конструкции: СНиП 3.03.01-87\*
3. Цементы общестроительного назначения. Технические условия: ДСТУ Б В.2.7-46-96
4. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-32-95
5. Строительные материалы. Крупные заполнители природные из отходов промышленности, искусственные для строительных материалов и изделий, конструкций и работ. Классификация: ДСТУ Б В.2.7-74-98
6. Будівельні матеріали. Щебінь і гравій щільні придатні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт: ДСТУ Б В.2.7-75-98
7. "Добавки до бетонів Dynamon SR1, Dynamon SR2, Dynamon SR3, Dynamon SP1, Dynamon SP2, Dynamon SP3, MAPEFLUID N200, MAPEPLAST PT1":ТУ У В.2.7-24.6-02498197-385. – К.: НДІБВ.
8. Модифікатори бетону «Геокон Г». Технічні умови: ТУ У В.2.7-24-6-24917660-002-2004
9. Вода для бетонов и растворов. Технические условия: ГОСТ 23732-79
10. Техника безопасности в строительстве: СНиП III-4-80\*
11. Организация строительного производства: ДБН А.3.1-5-96