

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Ariel University (Ізраїль)
University North (Хорватія)
Politechnika Lubelska (Польща)
ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних
конструкцій»
Академія будівництва України
Українська академія архітектури
НВЦ «Екострой»
ТОВ «Стікон»



ЗБІРНИК ТЕЗ
міжнародної науково-технічної конференції
Структурування та руйнування
композиційних будівельних матеріалів
та конструкцій,
присвяченої 80-річчю заслуженого діяча науки і
техніки України, доктора технічних наук, професора
Вирового Валерія Миколайовича
23 квітня 2024 року



м. Одеса

ОПОРНІ КОНСТРУКЦІЇ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ ІЗ БЕТОНУ, АРМОВАНОГО КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ

Наджафов Е. Ф., асп., Плугін Д. А., д.т.н., проф.,
Плугін А. А., д.т.н., проф., Лобяк О. В., к.т.н., доц.,
Слепченко С. В., асп.

Український державний університет залізничного транспорту

Перша електрифікована ділянка на залізницях колишнього радянського простору з'явилась в Азербайджані. Ділянка Баку – Сабунчі була електрифікована постійним струмом 1,2 кВ у 1926 р., а контактна мережа на перегонах підвішена на дерев'яних опорах. Проте масова електрифікація розпочалась лише у 1955–56 рр. Як опори контактної мережі спочатку застосовували металеві гратчасті або трубчасті стояки, які встановлювали в котловани, заповнювані бетоном. Але це конструктивно-технологічне рішення для того часу було визначено як надто металомістке, тому майже одразу почалось застосування залізобетонних опор.

Перший тип залізобетонних опор – ЖБД, відкритого профілю двотаврові з отворами у стінці, які виготовляли із віброваного бетону без попереднього напруження арматури [1]. Такі опори не мали потрібної надійності й довговічності, тому майже одразу розпочалось застосування конічних трубчастих центрифугованих опор типу ЖБК [1, 2]. Вершина опори вже після її розпалублення закривалась заглушкою із бетонної суміші, ущільненої штикуванням. Центрифугований бетон за рахунок відтиснення зайвої води та зниження В/Ц мав набагато більшу міцність та щільність, проте опори типу ЖБК виготовлялись з ненапруженим каркасом із стержневої арматури, були схильні до утворення поперечних тріщин від згинального моменту і тому також не набули економічно виправданої довговічності [2].

З 1957 р. центрифуговані опори почали виготовляти з попередньо напруженою подовжною арматурою із високоміцного дроту із вуглецевої сталі $\square 5$ мм та спіральною арматурою із холоднотягнутого дроту $\square 3$ мм (типів УЖБК, ГК, СЖБК, СК, СКУ, СКЦ, потім С) [1, 2]. Вони набагато краще опирались згинальному моменту, проте у вершині опор часто утворювались подовжні тріщини від попереднього напруження арматури через переармування, тому наступним удосконаленням опор стало встановлення у вершині підсилювальних кілець із стержневої арматури, які дійсно майже усунули тріщини у вершині опор. Для уповільнення морозного руйнування бетону та корозії арматури внизу опори розпочали влаштовувати заглушку, а на

комлеву частину на висоту до 1 м вище умовного обрізу фундаменту – наносити ізоляційне покриття із бітумної мастики, сланцевого лаку тощо. Пізніше від нижньої заглибки відмовились і почали наносити ізоляційне покриття ванним просоченням на зовнішню і внутрішню поверхню стінок опор. Для усунення умов, що сприяють морозному руйнуванню бетону та корозії арматури, в стінках опор починаючи з типу СКЦ почали влаштовувати вентиляційні отвори. Під час експлуатації опор на ділянках, електрифікованих постійним струмом, з'ясувалось, що попередньо напружений дріт зазнає інтенсивної електрокорозії [2]. Це змусило для ділянок, електрифікованих постійним струмом, впровадити опори типу СКЦо, СО з комбінованим армуванням – попередньо напруженим із високооміщного дроту по всій висоті опори і додатковим ненапруженим стержневим в комлевій частині до рівня на 1 м вище умовного обрізу фундаменту. Стержнева арматура істотно збільшує площу стікання корозійного струму з арматури в бетон і далі в землю і, отже, знижує густину струму стікання, уповільнюючи електрокорозію. Крім того, вона запобігає раптовому падінню опори внаслідок корозійного руйнування дроту, забезпечуючи її контрольоване під час нагляду повільне нахилання по мірі розвитку корозійного ураження [2].

Більша частина застосовуваних в Азербайджані та Україні опор контактної мережі є нероздільними, які встановлюються у попередньо виритий котлован. Оскільки зворотня засипка котловану не відтворює природний стан ґрунту, опори, на які впливають підвищені згинальні моменти – встановлені у крутих кривих, анкерні тощо, а також опори, встановлені у слабких ґрунтах, на укосах нестійких насипів, схильні до швидкого нахилання. Для таких випадків починаючи з перших типів на додаток до нероздільних були впроваджені роздільні опори – укорочені, встановлювані у збірні залізобетонні фундаменти стаканного типу. За формою поперечного перерізу нижньої частини фундаменти виготовляли спочатку двотаврові, потім трьохпроменеві. Для зведення таких фундаментів були впроваджені спеціальні агрегати віброзанурювачі АВСЕ, які забезпечували занурення фундаменту у ґрунт вібрацією. Занурений таким чином фундамент ущільнює ґрунт навколо себе і за рахунок цього, а також свого розвинутого перерізу набагато краще, ніж комель опори кільцевого перерізу, опирається згинальним моментам.

Під час переходу від виготовлення опор з ненапруженою арматурою до наступних типів опор з попередньо напруженою арматурою виникали проблеми технологічного характеру, які обумовлювали неприпустиме зниження товщини захисного шару [3, 4].

Центрифуговані опори формують у формах, що збираються із двох півформ. В нижню півформу поміщують арматурний каркас і укладають бетонну суміш, зверху одягають верхню півформу і стягують її з нижньою за допомогою відкидних бовтів. Зібрану форму переставляють на центрифугу і центрифугують. Бетонна суміш розподіляється по внутрішній поверхні форми, ущільнюється, зайва вода відтискається і за рахунок конічності виводиться із форми в бік комлевої частини. Форму поміщують в пропарювальну камеру і піддають тепловологісній обробці, після якої розпалублюють, бетонують заглушку, оснащують закладними деталями. У перших конічних опор з ненапруженою арматурою каркас збирали на кондукторі, обв'язували бетонними фіксаторами захисного шару з випусками в'язального дроту і вкладали у нижню півформу. Це забезпечувало надійне дотримання вимог до захисного шару бетону.

Для переходу на попередньо напружене армування форми зробили силовими, а збиральний стенд сумістили з гідравлічною натяжною станцією. Спочатку на від'єднуванні від стенда оголовки навішують попередньо намотаний на «мотовилі» пакет із безперервного дроту у 24 обороти (48 дротин) з одягнутими на нього підсилювальними кільцями і бухтою дроту для спірального армування, частково натягують пакет, розмотують та фіксують в'язальним дротом спіраль. Потім по роликам стенда підкочують під пакет нижню півформу, заповнюють бетонною сумішшю, одягають верхню півформу, скріплюють півформи відкидними бовтами, донатягують пакет і передають вали його натяг на форму за допомогою упорних гвинтів між формою та оголовком. Незважаючи на те, що в технологічній документації були передбачені бетонні фіксатори захисного шару, їх встановлення було неможливим – вони зрізались під час підкочування нижньої півформи. Тому у попередньо напружених опорах виникали суттєві порушення товщини захисного шару, який не піддавався контролю існуючими електромагнітними приладами через нерегулярне розміщення подовжньої арматури (чергування окремих дротів та пучків по 2 і 3 дротини) і густу спіраль. Спеціальне тарування електромагнітних приладів ИЗС-10Н, виконане НДІБК у 1987 р., дозволило провести масштабні дослідження дотримання вимог до товщини захисного шару 9127 опор, виготовлених шістьма різними заводами [3]. Було встановлено, що захисний шар не відповідає нормативним вимогам у 80,2 % опор. Після впровадження низки організаційно-технічних заходів ці показники вдалось знизити до 50,8 %.

Дослідженнями [5] показано, що після 50–60 років експлуатації на ділянці Баку – Вöyüк Кəsik Азербайджанської залізниці,

електрифікованій постійним струмом, міцність бетону опор на стиск знаходиться в межах 41–62,5 МПа, середня складає 50,5 МПа, гарантована із забезпеченістю 95 % – 48 МПа. Товщина зовнішнього захисного шару складає 25–30 мм, глибина його карбонізації – 1–3 мм, ознак корозії арматури не спостерігається. 89,3 % опор мають незначні пошкодження I і II категорії і можуть бути залишені під наглядом або відремонтовані, 10,7 % мають пошкодження III і IV категорії у вигляді руйнування заглушок, відколів бетону, подовжніх тріщин розкриттям понад 2 мм та підлягають заміні. Близько 30 % опор відхиляються від вертикалі більше ніж на 2°. Викладене дозволило визначити подальші напрямки розвитку конструкції, технології виготовлення і установлення опор, позбавлених недоліків існуючих опор та відповідних сучасним умовам. Припущено, що опори із композитною арматурою матимуть набагато меншу електропровідність і не будуть зазнавати електрокорозійних впливів. Розроблено конструкцію центрифугованої бетонної опори з композитною попередньо-напруженою арматурою, виконано аналіз її напружено-деформованого стану та порівняльні випробування навантаженням моделей з композитною та сталевую арматурою. Запропоновано також конструктивно-технологічне рішення роздільних конічних опор із оцинкованої сталі, встановлюваних на монолітні циліндричні фундаменти із бетону з композитною арматурою за допомогою анкерних болтів.

Література

1. Кудрявцев А.А. Несущая способность опор контактной сети. Транспорт, Москва (1988) 160 с.
2. Вайнштейн А.Л., Павлов А.В. Коррозионные повреждения опор контактной сети. Транспорт, Москва (1988) 111 с.
3. Плугин А.А. Повышение качества опор контактной сети на основе применения статистических методов. Межвузовский сборник научных трудов, ХИИТ, Харьков, 13 (1990) 51–57.
4. Плугин А.А. Удосконалення складу та структури бетону з урахуванням електроповерхневих властивостей його складових для підвищення міцності та стійкості виробів кільцевого перерізу. Дисертація... к.т.н. 05.23.05. зах.14.06.1994. ХІБІ, Харків (1994). 245 с.
5. Existing Overhead Contact Line Assessment of Concrete Poles Baku – Boyuk Kesik (Georgian Border). Report evaluation of concrete poles. ILF Consulting Engineers Austria GmbH, Innsbruck, Austria. DB Engineering and Consulting GmbH, Leipzig, Germany (2016) 40 p.

Довгань О. Д., Вировой В. М., Хлицов М. В., Довгань П. М. Інформаційні технології при вивченні структури будівельних композитів	52
Дудар І. Н., Яворовська О. В. Використання відходів від руйнувань у будівельній індустрії як стратегічний шлях до відновлення України	56
Ishakov I., Ribakov Y. Stress-strain model for compressed concrete without empirical coefficients	61
Клим А. Б., Бліхарський Я. З Відновлення несучої здатності залізобетонних балок з використанням Sika MONOTOP-4012	62
Kopiika N. S., Blikharskyi Y. Z. The use of CFRP materials for strengthening of RC beams with corrosion damages of rebar	67
Krivenko P., Rudenko I., Konstantinovskiy O., Kovalchuk A. Strength development of slag-containing cements: problems and decisions	71
Кровяков С. О., Ігнатенко А. В., Чистяков А. О. Властивості бетону з використанням вторинного щебеню з неоднорідним складом	75
Крутий Ю. С., Вакуленко В. В. про розробку методу розрахунку функціонально-градієнтних балок на пружній основі Вінклера	79
Луцкін Є. С., Шинкевич О. С., Ляшенко Т. В. Аналіз модифікованих багатокомпонентних систем з використанням чисельних методів	83
Мартинов В. І., Тайчан Д. С., Макарова С. С. Вплив твердої фази на властивості ніздрюватого бетону	86
Мірошниченко С. В., Рильський А. О., Тютюкін С. В. Дрібнозернистий бетон для 3D друку: проблеми та перспективи	88
Муригін М. А., Пługін А. А., Пługін Д. А., Лобяк О. В. Залізничні шпали з бетону, армованого композитною арматурою	92
Наджафов Е. Ф., Пługін Д. А., Пługін А. А., Лобяк О. В., Слепченко С. В. Опорні конструкції контактної мережі залізниць із бетону, армованого композитною арматурою	96
Неутов С. П., Єсванджія В. Ю. Несуча здатність та тріщиностійкість пошкодженої балки, підсиленої фібробетоном у стиснутій зоні	100