

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ КРИВОЛІНІЙНИХ ЕСТАКАД

Валько С.О., Гайдаш О.В. ДМ-41-16

керівник: доц. Бережна К.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Практика проектування і будівництва міських транспортних споруд, зокрема, шляхопроводів, естакад, розв'язок, в останні роки помітно змінилася. Головною причиною змін, що відбулися є швидке і безперервне зростання інтенсивності руху автотранспорту. У справі безпосередньо мостового проектування важливе місце займають складні в плані і профілі протяжні естакади, що входять до складу транспортних розв'язок і надземних ліній.

Наявність розвиненої міської інфраструктури в місці будівництва транспортної споруди диктує ряд специфічних вимог до будівельних конструкцій і технологій [1-4].

Серед конструкційних матеріалів прогонових будов транспортних шляхопроводів та естакад широко використовується залізобетон, як найбільш повно відповідає більшості перерахованих вимог, рідше – стале-залізобетон та сталь. Далі розглянемо конструктивні форми залізобетонних прогонових будов.

За способом виготовлення конструкцій залізобетонних естакад і шляхопроводів їх поділяють на монолітні, збірно-монолітні та збірні. Вибір способу виробництва робіт зі зведення

споруд залежить від місцевих умов планування, наявності будівельного обладнання, кліматичних умов та інших факторів.

З конструктивних форм, широко застосовуються плитні, ребристі та коробчасті прогонові будови з монолітного, збірного і збірно-монолітного залізобетону. Розподіл конструктивних форм відповідно довжини прольотів наведено на рисунку 1. Монолітні залізобетонні конструкції найбільш часто використовують у складі нерозрізних прогонових будов

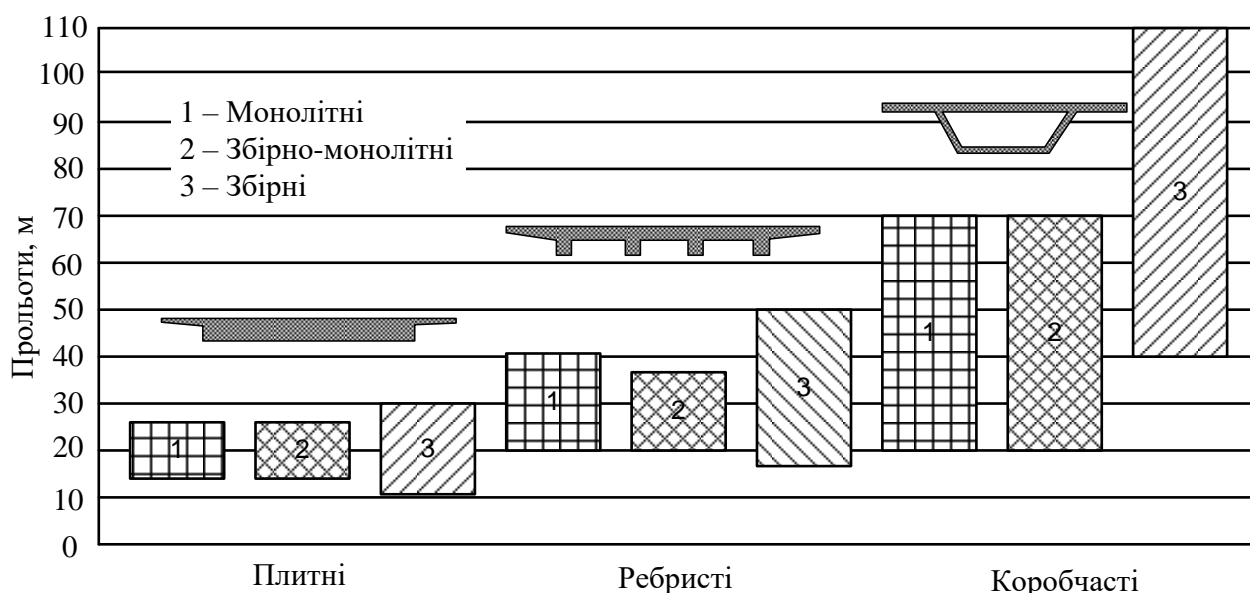


Рисунок 1 – Розподіл конструктивних форм прогонових будов відповідно довжині прольотів

Монолітні плитні прогонові будови перекривають невеликі прольоти, дозволяють використовувати нерегулярне уздовж та поперек прольоту спирання на стійки, а головне - утворювати вільний план і профіль проїзної частини. Мала будівельна висота забезпечує компактність споруди.

Монолітні ребристі (плитно-ребристі) конструкції володіючи перевагами плитних прогонових будов, дозволяють перекривати великі прольоти, мають меншу питому вагу та витрати матеріалів. Але вони вимагають поперечно-осьового багато-стоякового або діафрагмового обпирання, а складність монтажу зростає у порівнянні з плитними через наявність ще більш дорогих опалубок.

Монолітні коробчасті прогонові будови найбільш ефективно використовують матеріал і дозволяють перекривати найбільші прольоти. Центральне точкове спирання коробки дозволяє використовувати компактні конструкції опор. Їх доцільно проектувати на прямолінійних ділянках та заокругленні великого радіусу. Методи монтажу аналогічні іншим монолітним конструкціям, але ще більш трудомісткі і дорогі, що компенсується зниженням витрат матеріалу при великих прольотах.

Плитні збірні прогонові будови зі звичайним або попередньо напруженим армуванням перекривають невеликі розрізні прольоти, мають малу будівельну висоту і потребують осьового спирання на ригель. Їх використовують на ортогональних і косих перехрестях в складі прямолінійних шляхопроводів. Улаштувати криволінійні естакади з них важко. Їх відрізняє простота монтажу, високі темпи будівництва.

Ребристі збірні прогонові будови з таврових балок найбільш поширений тип конструкцій в нашій країні. Їх відрізняє широкий діапазон прольотів, що можливо ними перекрити, мала витрата

матеріалу, ефективна технологія споруди. Вони можуть бути застосовані для криволінійних естакад великого радіусу заокруглення з хордовим розташуванням прольотів, що спираються на ригелі. Найбільш часто з них формують розрізні, температурно-нерозрізні, рідше - нерозрізні прогонові будови.

Коробчасті збірні прогонові будови, а також плитно-ребристі конструкції нерозрізного типу перекривають значні прольоти, мають невелику будівельну висоту і не потребують спирання на зовнішній ригель. Така конструктивна форма дозволяє утворювати криволінійні прогонові будови при використанні на кривих секторних блоків, або поперечних швів змінної товщини. Технології монтажу схожі з монолітними коробчастими прогоновими будовами з тією різницею, що замість робіт з бетонування проводиться монтаж блоків і попередньо-напруженої арматури, що знижує трудомісткість технологічного процесу на будівельному майданчику.

Збірно-монолітні конструкції об'єднують в собі особливості монолітних і збірних прогонових будов.

Плитні збірно-монолітні прогонові будови перекривають невеликі прольоти, мають малу будівельну висоту і потребують осьового спирання на ригель. Збірні плити є опалубкою для монолітної плити проїзної частини. Їх використовують на ортогональних і косих перетинах в складі прямолінійних шляхопроводів.

Ребристі збірно-монолітні прогонові будови складаються з збірних ребристих балок різноманітної форми, перекритих

монолітною плитою. Вони можуть бути застосовані для криволінійних естакад великого і середнього радіусу заокруглення з хордовим розташуванням прольотів, що спираються на ригелі. При цьому хордове розташування балок на кривих компенсується плавною формою консолі плити проїжджої частини. Можливо їх використання і на кривих малого радіусу (до 20 м). В цьому випадку ребра зі збірного залізобетону мають криволінійний обрис. Великою перевагою такого типу конструкцій є полегшення ведення робіт з бетонування монолітних плит, так як встановлені збірні елементи грають роль риштування, а в окремих випадках і опалубки.

Коробчасті збірно-монолітні прогонові будови, як правило, представляють собою багатоконтурні напівзамкнуті конструкції, утворені балками коритоподібного профілю, включеними в спільну роботу монолітною плитою проїзної частини. Вони дозволяють перекривати порівняно великі прольоти в складі розрізних шляхопроводів і естакад. Криві великого радіусу утворені ними аналогічні балковим конструкцій з прямолінійними ребрами.

Статична схема збірно-монолітних естакад завжди змінюється під час будівництва. Збірні елементи працюють як розрізні або консольні балки, а після твердіння бетону омонолічування система починає працювати як нерозрізна або рамна.

Для криволінійних естакад великого радіусу можуть використовуватися ті ж конструктивні форми прогонових будов,

що і для прямолінійних споруд, обмеження накладається тільки на технології будівництва, які обирають виходячи з конкретної містобудівної та транспортної ситуації. Найбільш бажаними є поздовжнє насування з конвеєрно-тиловою збіркою або циклічним бетонуванням і монтаж шлюзовими і стріловидними кранами, а найменш кращим - монтаж на суцільних риштуваннях.

Для криволінійних естакад середнього і особливо малого радіусу найбільш ефективно можуть бути використані тільки деякі конструктивні форми прогонових будов:

- плитні і ребристі монолітні конструкції;
- плитно-ребристі збірні конструкції;
- ребристі збірно-монолітні з криволінійними ребрами заводського виготовлення і монолітною плитою.

У той же час на сучасному етапі будівництва найбільшого поширення отримують плитні монолітні конструкції, як більш надійні і довговічні в порівнянні з іншими типами.

Плитні прогонові будови можуть мати постійну або змінну висоту як у поздовжньому, так і у поперечному напрямках. Крім того, існують плитні прогонові будови зі змінною висотою тільки у поперечному напрямку. Плитні прогонові будови постійної висоти спираються по всій ширині на ригелі рамних опор, на опору-стінку або в окремих точках на стійку опори. Прольоти монолітних плитних естакад суцільного перетину з постійною висотою призначають близько 10÷15 м при розрізній схемою та 12÷25 м при нерозрізній. Повна ширина прогону В повинна бути не більше 15÷20 м, щоб не викликати зайвих великих поперечних

температурних деформацій, що погіршують умови роботи опорних частин. Якщо ширина більше, влаштовують поздовжні ребра. Виступаючі ригелі опор, а також поздовжні ребра погіршують зовнішній вигляд плитний конструкції.

Якщо більшість опор плитний естакади має конструкцію з однією стойкою або стовпом, то вони повинні бути жорстко об'єднані з прогоновими будовами. Плитні прогонові будови, що спираються на опори-стілки або одностолбчасті опори, в поперечному напрямку в багатьох випадках мають змінний перетин.

Якщо повна ширина плитного прольоту помітно менше його прольоту, тобто $V/L < 0,3 \div 0,5$, то в середині прольоту робота такої несучої конструкції наближається до роботи балки і зусилля в напрямку поперек прольоту невеликі.

При невеликих прольотах естакади можливо розташування опор у шаховому порядку. Для полегшення ваги, в монолітних прогонових будовах влаштовують порожнечі різного виду. Найчастіше порожнечі роблять круглими, овальними або прямокутними. Такі конструкції за характером роботи близькі до багато-контурних коробчастих прогонових будов. Умовно можна прийняти, що прогонова будова відноситься до плитних, якщо $V/h > 8 \div 10$ і загальна площа пустот становить менше половини площі бруто поперечного перерізу. При прольотах 30÷40 м нерационально залишати висоту прогонової будови постійної вздовж напрямку руху. Конструкції, що застосовують при таких прольотах мають висоту, що плавно змінюється. Опори

найчастіше виконують одно-стовбчастими, затиснутими у прогонову будову і фундамент. Прогонові будови такого типу називають "грибоподібними". При поєднанні стовпів великого діаметру до прогонової будови вдається значно зменшити її висоту в середині прольоту. Недолік таких конструкцій - складність бетонування плити зі змінною висотою в усіх напрямках. Часто їх споруджують в стандартній опалубки методом бетонування по прольотах. При великій довжині і жорстких опорах в грибоподібних естакадах можуть розвиватися значні напруги, викликані температурним розширенням або стисненням, тому не більш ніж через 50-60 м влаштовують деформаційні шви.

Армування прогонових будов монолітних естакад здійснюється ненапруженою або попередньо напруженою арматурою. Можливо і їх поєднання. Кількість арматури і відстань між її елементами визначають розрахунком при дотриманні вимог діючих норм. Розрізні плитні прогонові будови, що спираються по всій ширині, мають поздовжню робочу і поперечну конструктивну арматуру. У опор влаштовують відгини, переводячи частину арматури в верхню зону. Поблизу середини прольоту встановлюють більш часто нижню і верхню поперечну арматуру, яка, крім підтримки робочих поздовжніх стрижнів, сприймає поперечні згинальні моменти обох знаків.

У нерозрізних прогонових будовах у проміжних опор також влаштовують відгини, а при необхідності встановлюють додаткову верхню поздовжню арматуру, що працює на негативний згинальний момент. У поперечному перерізі суцільної або плити з

порожнинами можна не влаштовувати замкнених хомутиків, розподіляючи робочі стрижні рівномірно по ширині плити.

У тому випадку, коли прогонова будова спирається на стійки в окремих точках, поперечна арматура поблизу опор сприймає значні позитивні і негативні моменти і повинна розташовуватися більш часто, ніж в прольоті. Відгини поперечної арматури розташовують поблизу точок обпирання.

Складніше армуються косі і криволінійні плитні прогонові будови. Подовжню робочу і поперечну конструктивну нижню арматуру косої розрізної конструкції розміщують паралельно граням прогонової будови у плані. До середини прольоту число поздовжніх стрижнів збільшується. Верхню поперечну арматуру таких плит розташовують перпендикулярно поздовжньої естакаді осі, збільшуючи її кількість у тупих кутів, так як в цій області можливий розвиток поперечних негативних згинальних моментів.

Плитні конструкції з косим спиранням на опорні частини доцільніше армувати поздовжніми і поперечними стрижнями по косому напрямку. Над стояками опор число поперечних стрижнів збільшують і влаштовують відгини, так само як в прямих прогонових будовах.

Криволінійні нерозрізні прогонові будови армують аналогічно прямолінійним поздовжньою і поперечною арматурою. Однак через різної жорсткості зон прогонової будови, що примикають до зовнішньої і внутрішньої грані, зусилля в них будуть також різними. Це вимагає нерівномірного розміщення

поздовжньої нижньої і верхньої арматури в плані прогонової будови.

Прогонові будови, затиснені в поодинокі стовпи, схильні до дії негативних згинальних моментів поблизу опори як в поздовжньому, так і в поперечному напрямках. Відповідно до цього верхню арматуру над стовпом встановлюють у вигляді перехресної сітки стрижнів з найбільшим згущенням над ним. Якщо прогонова будова має у опори збільшену товщину, то частина поздовжніх і поперечних стрижнів може бути виконана з відгинами.

Плитні прогонові будови змінної висоти в поздовжньому і поперечному напрямках можна армувати радіально розташованою над стовпом опори верхньою арматурою. Нижню арматуру можна розташовувати так само, як в прогонових будов з постійною висотою.

Поздовжні елементи арматури розташовують на всій довжині прогону, плавно переводячи з нижньої зони в прольоті в верхню над опорами. У протяжних естакадах частина поздовжніх елементів арматури обривають в прольотах, відгинаючи їх до верхньої або нижньої межі. У поперечному напрямку армують залежно від способу спирання на опори і роботи плитної конструкції над опорами як нерозрізний або консольної балки.

Криволінійні прогонові будови можуть мати нижню поздовжню арматуру, що проходить по всій їх довжині, але вона згущується в плані до внутрішньої грані. Нижня арматура може бути також зігнутою в плані з анкеруванням на внутрішніх гранях

конструкції. Верхню поздовжню арматуру розташовують над опорами на довжині, яка визначається протяжністю зони негативних моментів. Розмір цієї зони змінюється по ширині плити.

Питання раціонального розміщення розрахункового армування криволінійних плитних прогонових будов вимагають додаткового дослідження з використанням розрахункових методик, реалізованих на сучасному програмному забезпеченні.

Аналіз конструктивних форм прогонових будов, що використовуються для реалізації складних планувальних рішень розв'язок дозволяє зробити висновок про конструктивну і технологічну ефективності застосування монолітних залізобетонних прогонових будов для міських криволінійних естакад.

ЛІТЕРАТУРА

1. Попов В.И. Городские транспортные сооружения / В.И. Попов. – М.: МАДИ (ГТУ), 2007. – 357 с.
2. Попов В.И. Городские мосты и транспортные развязки: учеб. пособие / В.И. Попов. – М., 2009. – Ч. 1. – 145 с.; Ч. 2. – 149с.
3. Попов В.И. Разветвляющиеся транспортные эстакады: монография) / В.И. Попов // Lambert Academic Publishing, 2014. – 202 с.
4. Саламахин П.М. Инженерные сооружения в транспортных сооружениях (учебник для бакалавриата): в 2-х частях / П.М. Саламахин, Л.В. Маковский, В.И. Попов. – М.: Академия, 2014. – 450 с.