

ЗОВНІШНЬО БЕЗРОЗПІРНІ ВИСЯЧІ МОСТИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ КОНСТРУКЦІЇ

*Федотова Г.І., Ткаченко Б.В. ст. гр. ДМ-26т1-22,
Науковий керівник: ас. каф. МКіБМ Штефан О.М.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Якщо необхідно уникнути будівництва важких і дорогих анкерних опор [1-3], то можна використовувати так звані зовнішньо безрозпирні (безрозпирні) висячі системи (рис. 1), основна особливість яких, полягає в тому, що у відношенні до опорних реакцій вони подібні до нерозрізних балок (рис. 2), а розпір від кабелів у них не передається за межі моста.



Рисунок 1 – Єлизаветинський міст у м. Будапешт (Угорщина)

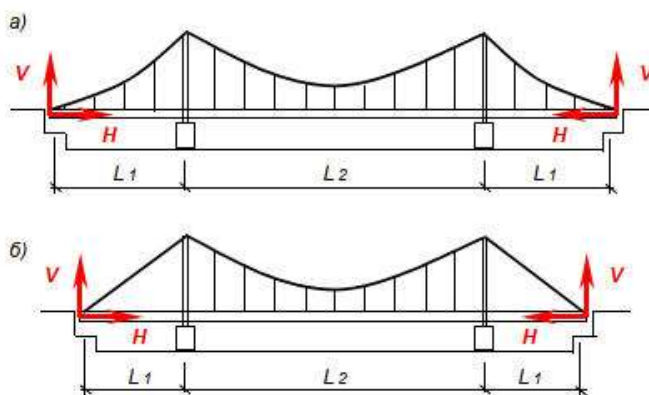


Рисунок 2 – Схема передачі зусиль від кабелю у висячих мостах із нерозрізними балками жорсткості а - за $L_1 > 0,25 \times L_2$; б - за $L_1 < 0,25 \times L_2$,

Міст має стійки пілонів, що хитаються, які шарнірно прикріплені до опор, при цьому балка жорсткості пропущена крізь отвори в стійках пілонів за схемою: 57+290+57 м (рис. 1).

Балки жорсткості в таких мостах можуть бути нерозрізними, будучи розпіркою, або консольними, водночас шарніри мають допускати передавання стискальних зусиль від розпору (рис. 3).

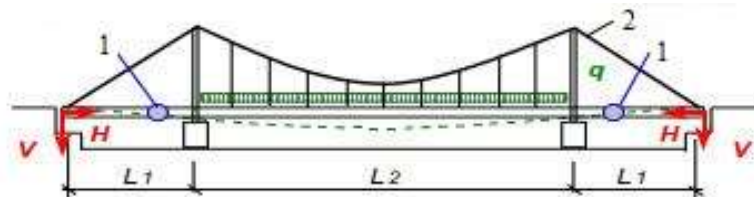


Рисунок 3 – Схема безрозпірного моста з шарнірною балкою жорсткості:

1 – шарнір; 2 – відтяжка

Великий міст Йончжон (Сорок) має довжину 4420 м і складається з трьох різних структурних систем: висячий міст (550 м), фермовий міст (2250 м) і сталевий коробчатий міст (1620 м). Міст є частиною швидкісної автомагістралі міжнародного аеропорту Інчхон (Північна Корея) та був збудований у 2000 р. (рис. 4). Міст має подвійні яруси для проходження шестисмугової автомагістралі на верхньому ярусі та чотирисмугової автомагістралі з подвійною залізничною колією на нижньому ярусі (рис. 4, б, в). Висячий міст - це 3-вимірний самоанкерний підвісний міст. Форма тросу і жорсткої балки були розроблені таким чином, щоб символізувати карниз традиційного корейського будинку Kiwa House (будинок з черепичним дахом).

До переваг безрозпірних мостів відносять:

- відсутність необхідності в улаштуванні дорогих анкерних опор і спеціальних анкерів для закріплення несучих кабелів;
- меншу чутливість до температурних впливів, оскільки в тих спорудах не виникає додаткових «зовнішніх» температурних зусиль;

- наявність сприятливих умов для застосування залізобетонних балок жорсткості.



Рисунок 4 – Безрозпірний висячий міст Сорок (Південна Корея): а - вигляд; б – верхній рівень проїзду; в – нижній рівень проїзду

До недоліків безрозпірних мостів відносять:

- необхідність монтажу балки на риштуваннях (при цьому відіграє роль глибина води, наявність і потужність льодоходу, забезпечення безперервного судноплавства тощо) або за допомогою монтажних вант, тому що балку потрібно монтувати до підвішування кабелю, а спорудження її навісним способом істотно утруднене (рис. 5);

Слід зазначити, що складання балки жорсткості навісним способом все ж

можливе, але тільки за початкового жорсткого закріплення бічних прогонів (рис. б).

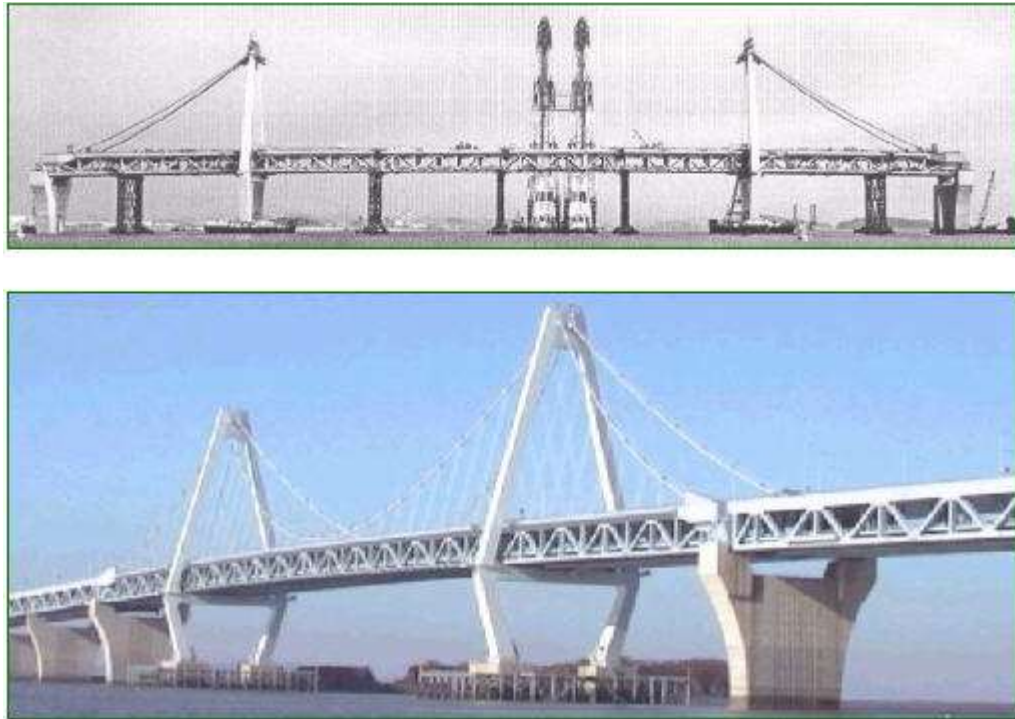


Рисунок 5 – Збірка безрозпiрного висячого моста в Корей на тимчасових опорах

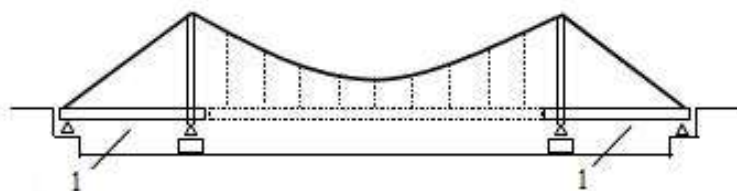


Рисунок 6 – Складання в навіс центральної прогонової будови моста при початковому жорсткому закріпленні крайніх: 1 – жорстке закріплення

- необхідність потужніших балок жорсткості, пов'язана з їхньою додатковою роботою на стиск;
- знижена, за інших рівних умов вертикальна жорсткість системи, пов'язана

з тим, що точки закріплення кабелю на кінцях балки жорсткості не можна вважати нерухомими за рахунок стиснення балки.

Раніше, як переваги безрозпірних висячих мостів відзначали наявність сприятливих умов для застосування в них залізобетонних балок жорсткості (рис. 7). При цьому, основними особливостями залізобетонних балок є:

- можливість використання місцевих матеріалів при їх виготовленні;
- конструктивно потужніші перерізи, за яких, як правило, не потрібне спеціальне посилення перерізів на міцність і стійкість;
- підвищена корозійна стійкість;
- відносно невисока вартість порівняно з металевими конструкціями, оскільки вартість залізобетону істотно менша за вартість металу;
- підвищена загальна жорсткість балок, завдяки значній власній вазі, тому що у відсотковому відношенні до сумарних впливів, частка впливу від тимчасового навантаження стає невеликою;
- менша, порівняно з металевими конструкціями, чутливість до можливих перспективних змін величини тимчасового навантаження;
- швидке, в 2-3 рази загасання коливань і, отже, підвищена аеродинамічна стійкість;
- можливість регулювання (раціоналізації) зусиль обтиснення балки зміною стріли провисання кабелю;
- залежність у висячих системах розмірів поперечних перерізів балок не від довжини прогону, а від довжини панелі, а отже, можливість використання в однакових панелях постійних перерізів балок, незалежно від величини прогону (тобто можливість виготовлення стандартних залізобетонних блоків довжиною в одну панель і складання з них прогонів різної довжини).



Рисунок 7 – Висячий міст із залізобетонною балкою жорсткості (Китай)

З урахуванням наведених вище позитивних особливостей, слід зазначити, що останніми роками частина висячих і вантових мостів за кордоном проектується і будується із застосуванням залізобетонних балок (у всіх побудованих мостах із залізобетонною балкою жорсткості, пілони також виконані із залізобетону). При цьому накопичений досвід свідчить про те, що величина прогону 50-150 м є для залізобетонних балок раціональною, а економічно доцільні рішення висячих мостів із залізобетонною балкою жорсткості можна пропонувати за прогонів до 350-500 м.

Ідея про доцільність застосування залізобетону у висячих системах була висловлена ще 1926 р. проф. Г. Меланом, однак він головним чином бачив у цьому лише можливість підвищення загальної жорсткості висячих конструкцій.

Необхідно зазначити, що особливо корисною є можливість використання розпорошення висячих систем для створення попереднього обтиснення бетону балки жорсткості, оскільки саме висячі системи зі сприйнятим розпорошенням, у яких кабель зі сталі працює на розтягнення, а бетон балки жорсткості – на позacentрове стиснення, найбільшою мірою відповідають природі роботи кожного з матеріалів.

Залізобетонну висячу балку можна розглядати як перетворену попередньо напружену балку, в якій елементи попереднього напруження винесені з тіла

балки в окремий шпренгельний пояс.

Порівняно зі звичною попередньо напруженою системою, така перетворена конструкція має низку переваг:

1. Збільшення робочої висоти її і, відповідно, плеча внутрішньої пари сил призводить до зменшення зусиль у системі від розрахункового навантаження.

2. Незалежність величини розпору в системі від пластичних деформацій бетону дає змогу краще використати кожен із матеріалів конструкції і створює передумови для економії високоміцного дроту.

3. Оскільки попереднє обтиснення бетону створюється за рахунок власної ваги його, то відпадає потреба в дорогих операціях з попереднього натягу канатів.

Однак, тут слід нагадати, що висячі прогонові будови зі сприйнятим розпором можуть монтуватися, як правило, тільки на суцільних риштуваннях, що, здебільшого, зводить нанівець увесь економічний ефект, який отримують за рахунок застосування залізобетону. Якщо ж відмовитися від передачі розпору на балку жорсткості, то застосування для неї залізобетону втрачає сенс.

Перелік посилань:

1. Niels J. Gimsing, Christos T. Georgakis. Cable supported bridges. Concept and design. Third Edition. WILEY. 2012. 592 p.
2. Holger Svensson. Cable-Stayed bridges. 40 years of experience worldwide. 2012. 451 p.
3. Judith Dupré. Bridges. A history of the world's most spectacular spans. Black Dog & Leventhal Publishers. 2017. 350 p.