

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ

Сапельник О.О. ДМ-51-19

керівник: ст.викл. Круль Ю.М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

На сьогоднішній день сталезалізобетонні прогонові будови активно застосовуються при будівництві мостів по всьому світу. Сталезалізобетонні конструкції мають ряд переваг в порівнянні з металевими і залізобетонними системами, що дозволило їм зайняти міцну позицію в діапазоні прольотів 40-80м, серед яких можна відзначити підвищену вертикальну і горизонтальну жорсткості конструкції; високу несучу здатність; а також простоту вузлових з'єднань, що значно полегшує процес монтажу.

Проектування моста інженер починає з промальовування поперечного перерізу прогонової будови. Слід розташувати в поперечному перерізі головні балки, призначити їх конфігурацію і поперечні елементи, їх об'єднання з плитою. Обов'язковою умовою є деталізація, достатня для подання конструктивних рішень по основних вузлів для розрахунків. Це обсяг робіт інженер зазвичай виконує без розрахунків, покладаючись тільки на свій досвід або на аналоги [3].

Всю сукупність і різноманітність застосовуваних сталезалізобетонних прогонових будов можна класифікувати по ряду характерних ознак:

- за зовнішньою статичною схемою
- за конструкцією головних балок

- за способом підтримки залізобетонної плити
- за влаштуванням залізобетонної плити

Найбільш характерно за зовнішньою статичною схемою застосування сталезалізобетонних прогонових будов в балочно-розрізних системах мостів. У балочно-нерозрізних системах включення залізобетонної плити в роботу проводиться за допомогою спеціальних заходів, таких як попереднє напруження або штучне регулювання зусиль. Для перекриття великих прольотів мостів широко застосовуються сталезалізобетонні ферми, висячі і вантові системи. Найменше використання сталезалізобетонні прогонові будови отримали в консольних, розпірних та арочних системах, в першу чергу в зв'язку з труднощами індустріалізації будівництва і підвищення вартості конструкції.

На рис 1 показані основні типи поперечних перерізів сталезалізобетонних мостів з плитою проїзду у верхньому рівні.

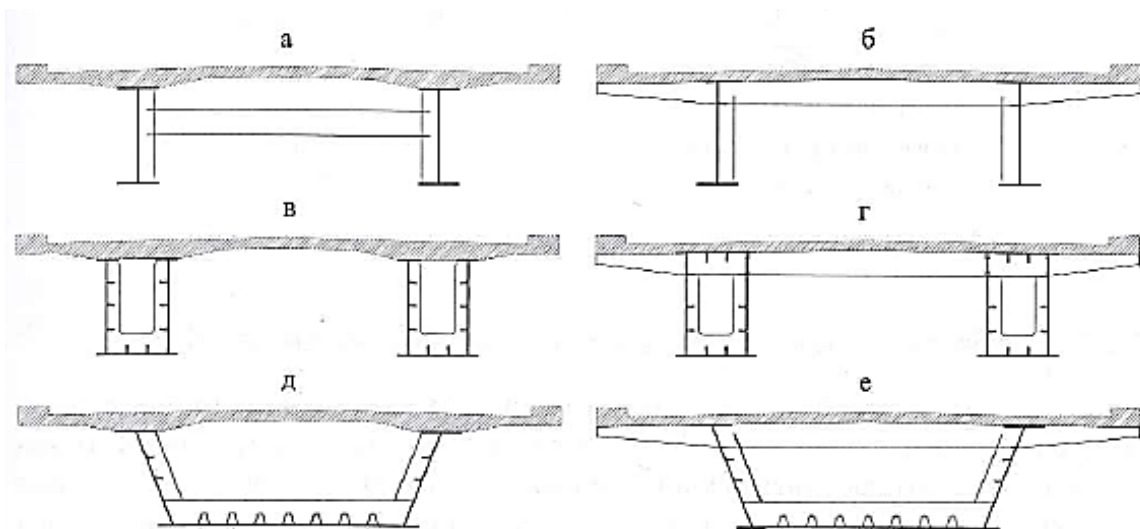


Рисунок 1 – Типи поперечних перерізів

За способом підтримання залізобетонної плити можуть бути об'єднанні поверху поперечними балками та не мати зв'язків по довжині мосту.

Двотаврові балки об'єднані поперечними балками в середньому рівні висоти стінки (рис. 2) Плита обперта тільки на пояси головних балок. Поперечні балки приєднані до поперечних ребер стінки і утворюють з ребрами на стінках рамні вузли. Між плитою і поперечною балкою залишається зазор для можливості проходження пересувної опалубки.



Рисунок 2 – Двотаврові балки об'єднані поперечними балками в середньому рівні

Пара (або більше) двотаврових головних балок об'єднані в верхньому рівні поперечними балками (рис. 3). Пояси головних і поперечних балок утворюють площину, на якій обперта плита. Консольні частини плити можуть бути вільні від поперечних балок.

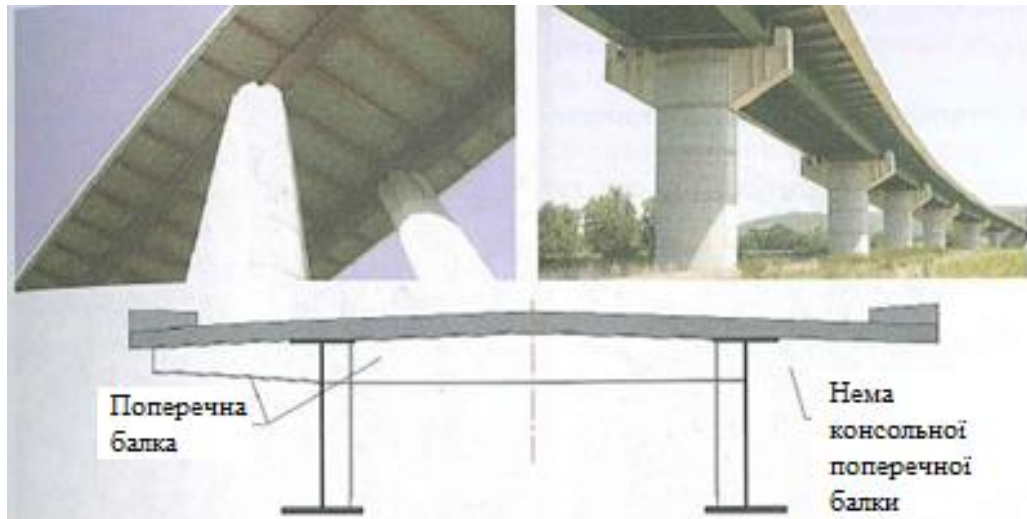


Рисунок 3 – Двотаврові балки об'єднані поперечними балками в верхньому рівні

У поперечному перерізі мосту розташовані дві (або більше) відкриті або замкнуті зверху коробки (рис. 4). Коробки можуть бути об'єднані поверху поперечними балками. Коробки також можуть не мати зв'язків по довжині мосту.

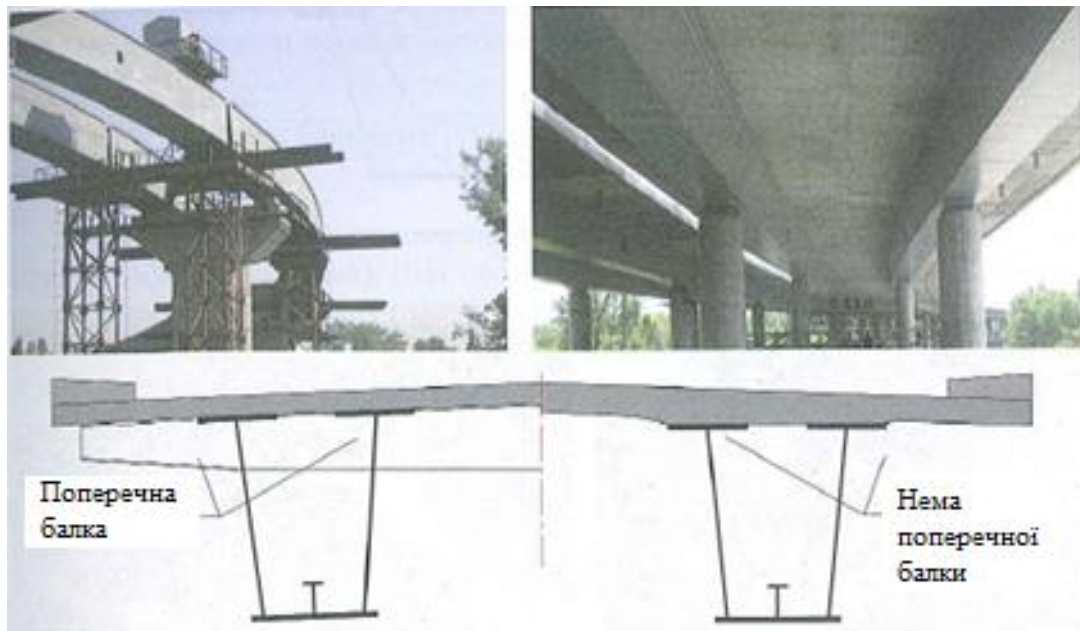


Рисунок 4 – Дві (або більше) відкриті або замкнуті зверху коробчасті балки

У поперечному перерізі прогону розташована одна відкрита або замкнута зверху коробка (рис. 5). Плита може спиратися на пояси головних балок, а при наявності поперечних балок - на пояси цих балок. Консольні частини плит можуть бути підтримані підкосами.

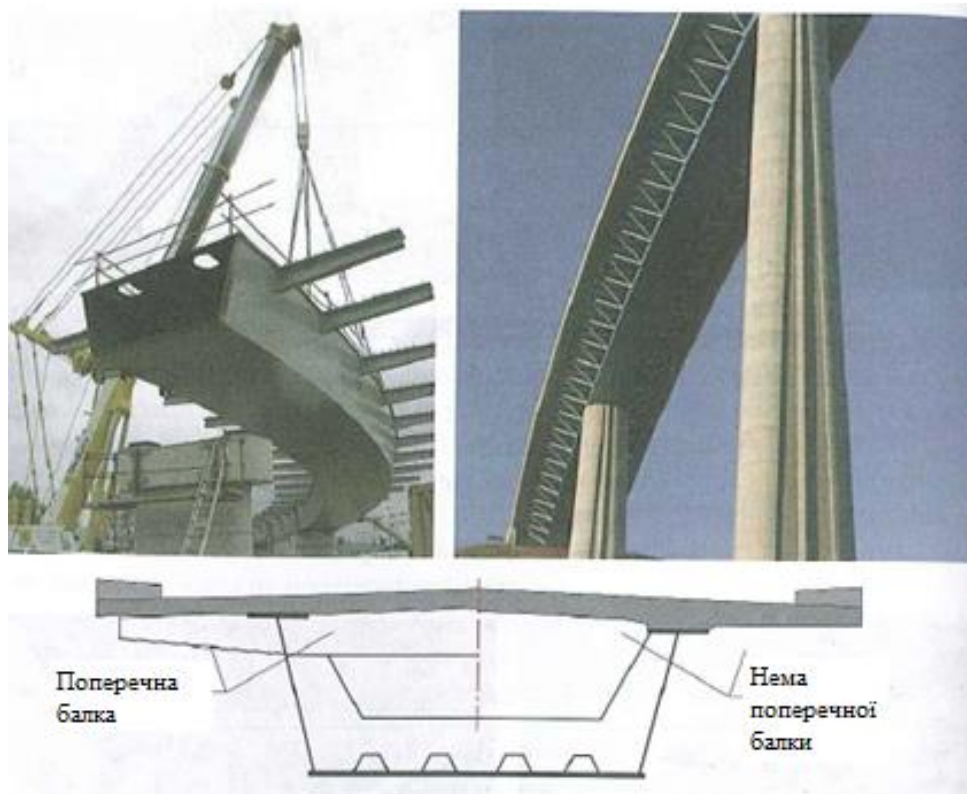


Рисунок 5 – Одна відкрита або замкнута зверху коробчаста балка

Для зведення мостів на автомобільних дорогах високих категорій застосовуються сталезалізобетонні балки коробчатого перетину з збільшеними консолями залізобетонної плити. Широка прогонова будова має одну коробку в поперечному перерізі (рис. 6). Плита опирається на пояси коробок і на пояси поздовжніх балок між стінками коробки і на консолях. Поздовжні балки підтримані підкосами. До цього ж типу може бути віднесена конструкція з

поперечними і поздовжніми балками, які утворюють балочну клітку.

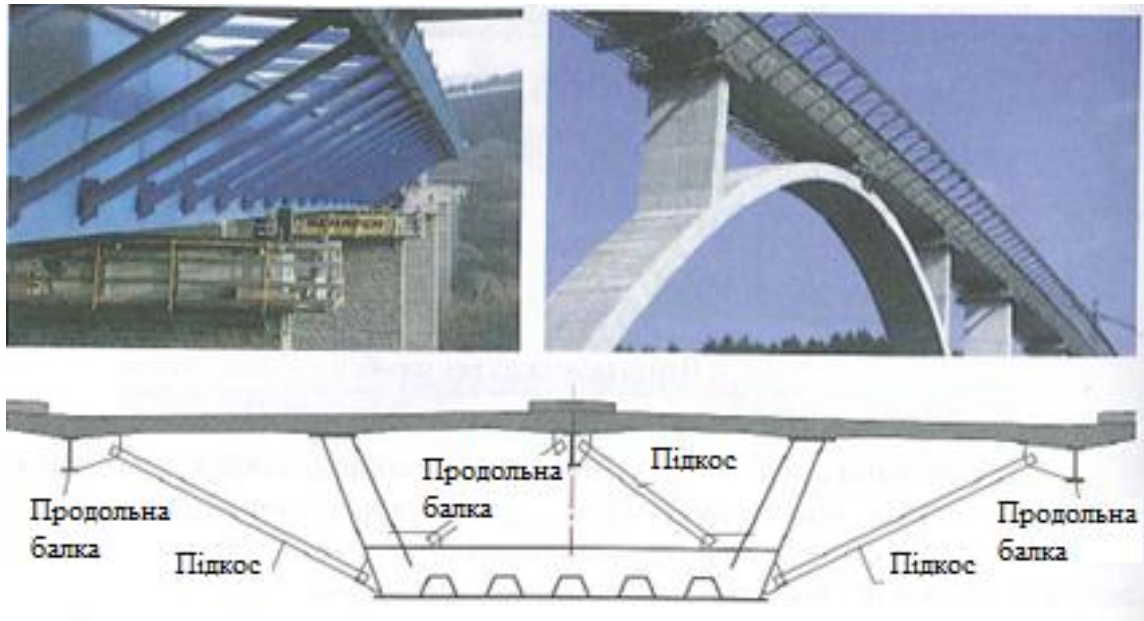


Рисунок 6 – Широка прогонова будова

За влаштуванням залізобетонної плити розрізняють прогонові будови із застосуванням монолітних і збірних залізобетонних плит. Кожен із запропонованих варіантів має як позитивні, так і негативні особливості. Зокрема, для бетонування монолітної плити необхідно влаштовувати опалубку, виконувати на місці арматурні роботи та укладання бетону. Це робить процес зведення конструкцій більш трудомістким і вимагає великих витрат часу, в порівнянні зі збірними плитами, але забезпечує хорошу зв'язок бетону з упорами і повну монолітність плити. Широке поширення в останні роки отримує бетонування по незнімній опалубці, виконаної з профільованого листа. При збірній плиті значно прискорюються темпи будівництва.

Основним же недоліком є необхідність досягнення однакової міцності бетону плити і бетону ділянок омонолічування.

Проблема зниження власної ваги є на сьогоднішній день одним з основних питань при проектуванні сучасних конструкцій. Стосується, ця проблема і сталезалізобетонні конструкції. Варіантом вирішення даного питання може бути застосування в сталезалізобетонних системах полегшених металевих і залізобетонних елементів.

Різновидами полегшених металевих балок є балки з використанням гофрованої і перфорованої стінок та балок омонолічених бетоном. Розглянемо кожен варіант більш детально.

Балки з гофрованою стінкою

В англійській термінології балки з гофрованими стінками (corrugated webs) називають ще sin-балки - через схожість форми вигинів стінки з синусоїдою, хоча форма вигину може бути і трикутної, і трапецієподібної.

Перший автодорожній міст міст Коньяк (Cognac bridge) з гофрованою стінкою, побудований у Франції в 1986 р, мав довжину 105 м, максимальний проліт 43,0 м. Залізобетонна плита проїзду підтримана трикутною коробкою висотою 2,285 м, утвореної з гофрованих стінок товщиною 8 мм і нижнього пояса зі сталеві труби, згодом заповненою бетоном. У 1987 р побудований відаук Маурге довжиною 324,5 м з прольотом 53,6 м (рис. 7). Висота трикутної коробки 3 м, нижній пояс - сталева труба 610 мм, згодом заповнена бетоном.



Рисунок 7 – Відаук Маурге

З 1993 року біля десятка мостів побудовано в Японії. Балки вантової частини мосту Yahaga-Gawa (рис. 8) виконані у вигляді коробок висотою 4-6м з залізобетонними поясами та металевими гофрованими стінками. Стальна вставка центрального прольоту має довжину 127м.

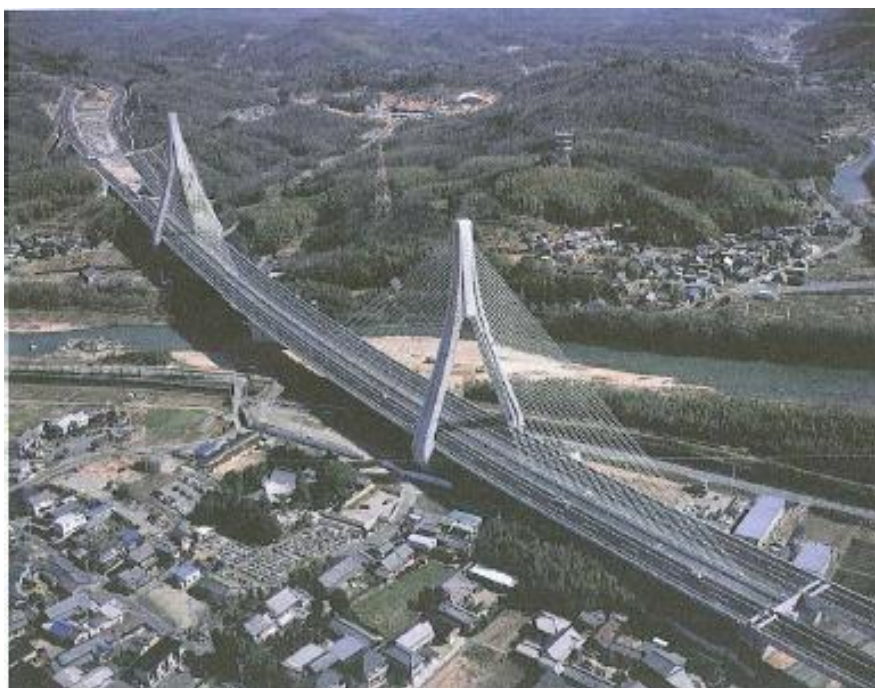


Рисунок 8 – Міст Yahaga-Gawa

Щоб використовувати гофровані стінки для головних балок сталі залізобетонних мостів, одного зниження ваги стінок недостатньо. Потрібно вирішити цілий комплекс питань:

- Повинна бути відпрацьована надійна та дешева технологія виготовлення стінок та балок
- Потрібно мати технологічні та надійні конструкції стиків балок, вузлів приєднання поперечних конструкцій до стінок, вузлів спирання на опори і т.д.
- Не дивлячи на те, що принципи розрахунку таких балок дані в Єврокодах, для проектування мосту цього замало, потрібен досвід проектування.

Балки з перфорованою стінкою

Наскрізна балка, за рахунок збільшення своєї висоти, дозволяє перерозподілити матеріал перетину, концентруючи його ближче до периферійних волокон, що істотно підвищує такі геометричні характеристики перерізу як момент інерції і момент опору, а частина матеріалу стінки, близько 30-40% в центральній зоні безпечно для конструкції вилучається. Цього можна домогтися за рахунок застосування наскрізного двотавра, одержуваного розпуском його стінки по зігзагообразній лінії з подальшою зрушенням їх частин на півкроку зигзагу і зварюванням виступів стінки (рис. 9). Іноді наскрізні двотаври називають двотаврами з перфорованою стінкою. Двотаврові балки з перфорованою стінкою, в порівнянні з прокатними, забезпечують 20-30% економії металу і дешевше останніх на 10-

18%. За трудомісткості виготовлення вони на 25-30% ефективніше, ніж зварні двотаврові балки за рахунок скорочення операцій обробки і обсягу зварювання. При використанні таких конструкцій замість ферм економічний ефект досягається за рахунок зниження витрат металу і трудомісткості монтажу, поліпшення умов транспортування, зниження експлуатаційних витрат, високого рівня механізації процесу виготовлення.

У мостобудуванні наскрізні двотаври можуть використовуватися як в якості основних несучих елементів, так і другорядних елементів великопрольотних конструкцій.

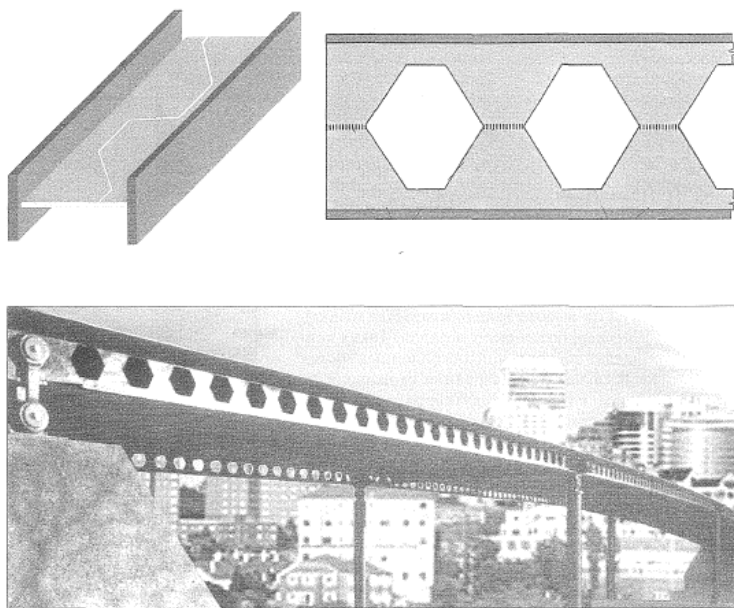


Рисунок 9 – Двотаври з перфорованою стінкою

Ще більше несучу здатність наскрізного двотавру можна підвищити за рахунок введення в його склад додаткових прямокутних вставок, що дозволяють збільшити висоту елемента. Але при цьому виникає потреба посилення стінки ребрами жорсткості, які виконуються зазвичай з куточків (рис. 10).

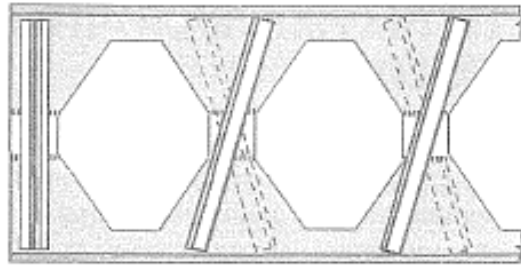


Рисунок 10 – Наскрізний двотавр з додатковими вставками

Досить раціональним використанням двотаврів є їх розміщення в три яруси (рис. 11). Середній ярус виконується з коротких вставок, завдяки чому в середній по висоті зоні виявляється відносно небагато непрацюючого металу. Така конструкція має достатню для балкових систем жорсткість. У разі використання складних прокатних профілів, в тому числі двотаврів з паралельними гранями полиць, виконання поперечних стиків за допомогою зварювання не допускається. Так як виконання поперечного стику за допомогою накладок, закріплених на високоміцних болтах, вельми складно, довжина прольотів, що перекривається такою конструкцією, обмежується довжиною прокату, що поставляється виробником.

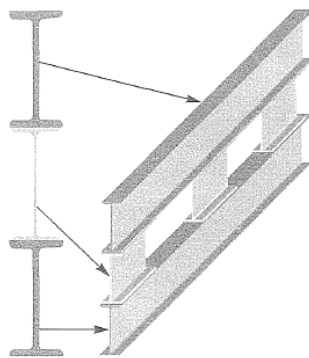


Рисунок 11 – Конструкція балки з двотаврів, розміщених в три яруси.

Утоплені в бетон балки

Мости з утопленими в бетон балками в даний час використовуються як на автомобільних, так і на залізницях. Такі конструкції широко використовуються для мостів під швидкісні потяги в Німеччині і у Франції. Характерне перетин такого моста показано на рис.12.

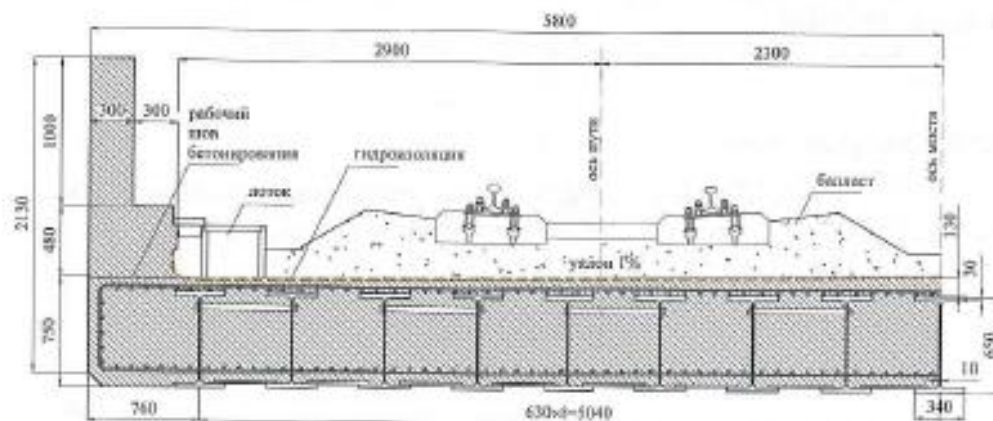


Рисунок 12 – Міст під швидкісні потяги у Франції

ЛІТЕРАТУРА

1. Стрелецкий Н.Н. Сталежелезобетонные мосты / Стрелецкий Н.Н. – М.: Транспорт, 1965.
2. Стрелецкий Н.Н. Сталежелезобетонные пролетные строения мостов / Стрелецкий Н.Н. – М.: Транспорт, 1981. – 260 с.
3. Корнеев М.М. Сталежелезобетонные мосты: теоретическое и практическое пособие по проектированию. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015, – 400с.
4. Сквозные балки пролетных строений ав-тоторожных мостов: монография / В.М. Картопольцев, А.в. Картопольцев, Е.В. Балашов, А.Г. Боровиков ; под общ. ред. В.М. Картопольцева. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. – 136 с.