

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ НАПЛАВНИХ МОСТІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

*Тихоненко О.О., ст. гр. ДМ-41-20,
Науковий керівник: д.т.н., проф. каф. МКіБМ Бугаєвський С.О.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Плавучі мости мають особливі технічні характеристики в порівнянні зі звичайними мостами або іншими плавучими спорудами. Більшість із них можна коротко перерахувати наступним чином [1-3]:

- використовується природний закон плавучості води;
- немає потреби у традиційних опорах або фундаментах;
- для підтримки поперечної та поздовжньої орієнтації моста необхідна якірна або швартова система;
- міст створює перешкоду для морського руху, тому потрібний навігаційний отвір;
- міст повинен з'єднувати опори через коливання припливів та відливів протягом дня та зменшувати небажані поперечні сили, коли міст спирається безпосередньо на опору;
- необхідна стійка структурна система на обох кінцях моста, щоб зменшити посилений відгук від відображення хвиль на вільному кінці;
- економічно ефективні рішення;
- аналіз багатожорсткого тіла має відносну перевагу для відповідності хвильовим навантаженням.

Причини вибору плавучих мостів мають бути досліджені з погляду економічних та технічних проблем. Плавучі конструкції краще стаціонарних за наступних умов:

- на великих глибинах, де влаштування стаціонарного фундаменту дуже дороге або неможливе;
- у місцях з дуже слабким дном, де влаштування стаціонарних фундаментів

неможливе;

- у віддалених місцях, де складно збудувати або виконати проєкт, у цьому випадку споруда може бути збудована в іншому місці, а потім перевезена на основне місце;

- у тих портах, де спостерігаються сильні припливи та відливи, тому буде велика різниця між поверхнею палуби корабля та стаціонарного причалу у тимчасових проєктах та операціях, після яких споруда вже не стане в нагоді;

- у тих проєктах, в яких екологічні та біологічні умови не повинні сильно змінюватись;

- розумне рішення, коли звичайні мости неможливі.

Сучасні плавучі мости, як правило, складаються із залізобетонних понтонів з надбудовою з залізобетону або сталі або без неї. Понтони можуть бути залізобетонними із звичайного або з попередньо напруженого бетону, який напружений в одному або декількох напрямках. Залежно від розташування понтонів, вимог до конструкції та будівництва, умов місцевості або типів перешкод, які необхідно подолати, плавучі мости поділяються на два типи: суцільно понтонний і та роздільно понтонний тип. Отвори для проходу малих суден і рухомий прогін для великих суден можуть бути вбудовані в кожен з двох типів сучасних плавучих мостів.

Роздільний понтонний плавучий міст (рис. 1) складається з окремих понтонів, розміщених поперечно до споруди і перекритих проговною будовою зі сталі або залізобетону. Надбудова повинна мати достатню міцність і жорсткість, щоб підтримувати відносне положення окремих понтонів. Два плавучі мости в Норвегії відносяться до типу роздільних понтонних плавучих мостів. Обидва типи плавучих споруд є технічно здійсненними і відносно простими для аналізу. Вони можуть бути безпечно спроектовані таким чином, щоб витримувати гравітаційні навантаження, сили вітру і хвиль, а також екстремальні події, такі як зіткнення суден і сильні шторми.



Рисунок 8.1 – Плавучий міст Нордхордланд у Норвегії [1]

Суцільний понтонний плавучий міст (рис. 2) складається з окремих понтонів, з'єднаних між собою в суцільну конструкцію. Понтони можуть бути з'єднані в поздовжньому і поперечному напрямку. Розмір кожного окремого понтона визначається проєктними вимогами, будівельними можливостями та обмеженнями, що накладаються транспортним маршрутом. Верхня частина понтонів може бути використана як проїзна частина або надбудова над понтонами. Всі існуючі плавучі мости у штаті Вашингтон відносяться до типу суцільних понтонних плавучих мостів.



Рисунок 2 – Плавучий міст через канал Худ в США [1]

Вони добре виконують функції автодорожніх споруд з високоякісним

покриттям проїзної частини для безпечного руху за більшості погодних умов. Вони мають унікальну привабливість та низький вплив на навколишнє середовище. Це дуже економічно вигідні типи мостів для водних переходів, де вода глибока (наприклад, понад 30 м) і широка (наприклад, понад 900 м), але течія не повинна бути дуже швидкою (наприклад, понад 6 вузлів), вітер не повинен бути занадто сильним (наприклад, середня швидкість вітру понад 160 км/год.), а хвилі не повинні бути занадто високими (наприклад, значна висота хвилі понад 3 м). У світі налічується трохи більше десятка діючих понтонних мостів. Сполучені Штати мають п'ять понтонних мостів, чотири з них у штаті Вашингтоні і п'ятий на о. Гаваї. Інші мости розташовані по всьому світу в Норвегії, Нідерландах, Канаді, Німеччині та Японії.

Мости такі ж різні, як і країни, в яких вони знаходяться. Більшість з них зроблені з залізобетону, але один міст зроблений здебільшого зі скловолокна. Кілька мостів все ще дерев'яні, а деякі – сталеві. Плавучий міст для гольфу Takahiko-Three County Golf Course з переднапруженого бетону був побудований в 1992 р. в м. Дайго у префектурі Ібаракі в Японії. Міст довжиною 57 м побудований з бетону та попередньо напружених ниток, армованих пластиком, та використовується для руху гольф-карів та машин технічного обслуговування.

Вони варіюються від декількох сотень метрів в довжину до понад 2 км. Кожен міст унікально спроектований з урахуванням специфічних елементів і топографії місцевості.

Прикладами сучасних постійно плаваючих залізобетонних споруд є:

- бетонна платформа Heidrun з натяжними опорами (60000 м³ бетону) у Північному морі (рис. 3, а);
- бетонна напівзанурена платформа Troll West (46000 м³ бетону), у Північному морі (рис. 3, б);
- бетонна баржа N'Kossa (26400 м³ бетону) біля західного узбережжя Африки (рис. 3, в);

- бетонний термінал для скрапленого газу Sakti Ardjuna в Індонезії 140,6×41,5×7,4 м (рис. 3, г).

Наведені нижче короткі пояснення стосуються лише технічних характеристик плавучих мостів, які дають змогу отримати чітке уявлення про методи та вимоги до проєктування (рис. 4).



Рисунок 3 – Прикладами сучасних постійно плавучих залізобетонних споруд (а-г)

Evergreen Point Floating Bridge – Плавучий міст Евергрін-Пойнт. Плавучий міст Евергрін-Пойнт, який тепер офіційно називається міст губернатора Альберта Д. Росселліні, є найдовшим плавучим мостом у світі – 2310 м (рис. 5).

Через нього проходить державна траса 520 через озеро Вашингтон з м. Сіетл до м. Медіни, і місцеві жителі часто називають його «мостом 520».

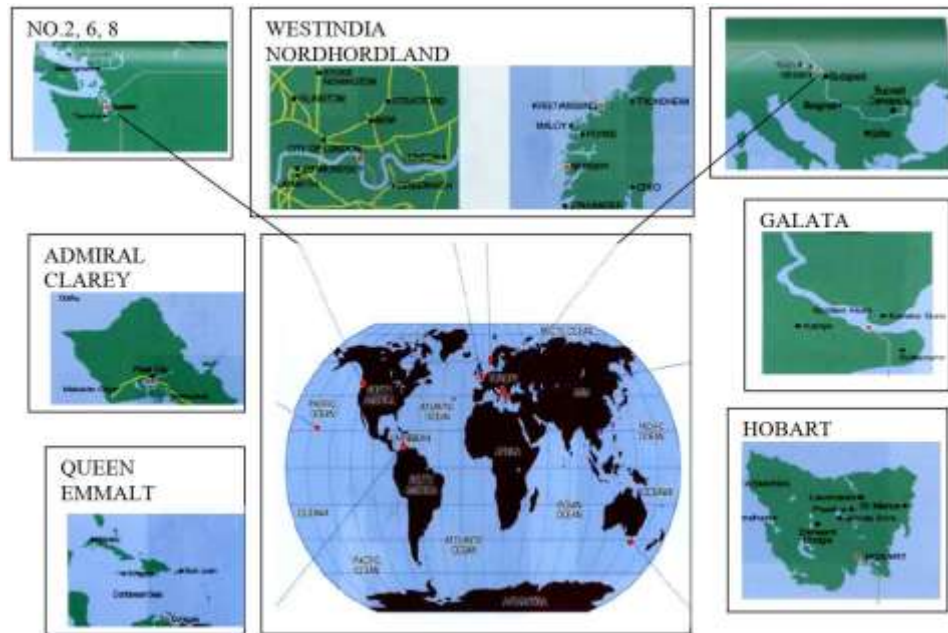


Рисунок 4 – Карта розміщення плавучих мостів по всьому світу [1]



Рисунок 5 – Evergreen Point Floating Bridge, США (а-в)

Починаючи з серпня 1960 р., будівельні бригади на березі побудували 33 порожнисті бетонні коробки (понтони), кожна з яких мала розміри 110×18×45 м в довжину, ширину і висоту відповідно. Ці величезні понтони були спущені на воду, а потім відбуксировані на місце, де вони були з'єднані товстими сталевими тросами з якорями, щоб утримувати їх на місці. 62 якоря, закопані глибоко в дно озера, важать близько 77 т кожен. Посередині міст має висувний розвідний прогін, який піднімається для захисту конструкції від сильного вітру. Розрахований на чотири смуги руху і розрахований на 65000 транспортних засобів на день, зараз він пропускає 115000.

Зношеність мосту в поєднанні з пошкодженнями, спричиненими штормом, призвела до необхідності його дорогого ремонту. Міст зазнає впливу припливів і відливів (1,2 м), а розрахункова швидкість вітру становила 137 км/год. Будівництво мосту обійшлося у відносно скромні 21 млн. дол. США (154 млн. доларів на сьогоднішній день).

Перелік посилань:

1. Master Thesis of Ali Halim Saleh Mega Floating Concrete Bridge. Final report. 2010. 229 p.
2. Kristine Senderud Modeling and Analysis of Floating Bridge Concepts Exposed to Environmental Loads and Ship Collision. Norwegian University of Science and Technology. 2018. 210 p.
3. Sergio Tattoni Pontoon Bridges / Conference: Int. Seminar EVOLUZIONE NELLA SPERIMENTAZIONE PER LE COSTRUZIONI. 2016. 26 p. <https://www.researchgate.net/publication/303685309>