

РОБОТА АНКЕРНИХ З'ЄДНАНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ І БАЛОК СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОСТІВ

Балабух Я.А.

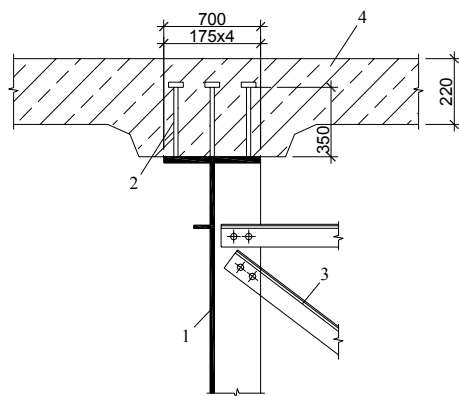
ЛРНТЦ ДерждорНДІ

Об'єднання залізобетонної плити і сталевих головних балок виконують для їх спільної роботи, при якій за рахунок передавання через шов зсувних, відривальних (або притискувальних) зусиль у об'єднаному елементі забезпечується напружено-деформований стан, що наближається до відповідного стану суцільного елемента.

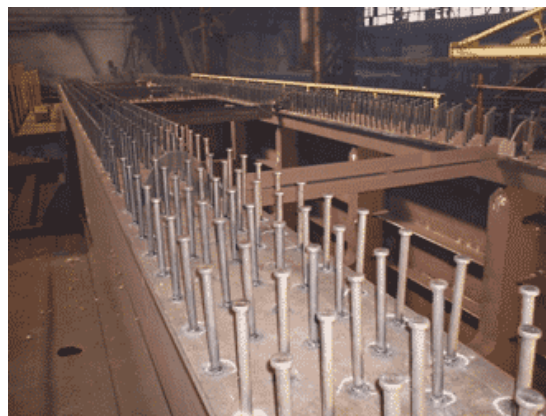
У сучасних сталезалізобетонних мостах середніх прольотів, які розглядаються, найбільш уживаними є вертикальні анкери [1]. Гнучкі упори, які анкерують у бетоні, сприймають не тільки зсувні, але і відривальні зусилля. Такий гнучкий упор, спрямований перпендикулярно площині зсуву, називають вертикальним анкером (рис. 1).

Робота гнучкого вертикального анкера розтягу пов'язана, головним чином, з передаванням через шов відривальних зусиль та скісних розтягувальних, які виникають при згині зі зсувом. У цьому випадку розтягувальне зусилля у вертикальному анкері може з'явитися тільки за результатом великих переміщень зсуву одночасно з виникненням по контакту залізобетону і сталі відповідних притискувальних напружень.

При відсутності об'єднувальних деталей безпосереднє зчеплення бетону зі сталевим поясом може передавати від 1,0 до 2,5 МПа [2, 3]. При наявності об'єднувальних деталей зчеплення порушується при значно більш високих сколювальних напруженнях на площі ділянки об'єднувального шва. Ці напруження за різними дослідженнями [3, 4] становлять від 3,5 до 4,5 МПа. Останні цифри відповідають зсувним напруженням у об'єднувальному шві під час експлуатації, які отримано без урахування роботи об'єднувальних деталей. У дійсності до порушення зчеплення відповідні зсувні зусилля передаються частково безпосередньо зчепленням та частково – через об'єднувальні деталі.



а



б

а – проектне положення анкерів [25]; б – підготовлена поверхня головних балок з анкерами перед бетонуванням плити;

1 – головна сталева балка; 2 – гнучкі циліндричні упори з голівками;

3 – в'язі головних балок; 4 – залізобетонна плита

Рис. 1. Об'єднання залізобетонної плити і металевої балки прогонової будови сталезалізобетонного моста

Випробування показують [2], що вичерпання несної здатності від статичного навантаження при об'єднанні гнучкими циліндричними упорами з голівками відбуваються при досить великих переміщеннях (порядка 1,5 мм) найчастіше від руйнування бетону. Однак нерідко руйнування відбувається при таких же переміщеннях від зрізування упора у поєднанні з його згином та розтягом. Помітне утворення тріщин починається незадовго до повного руйнування. Деформації об'єднання та його повна несна здатність при відношенні $\ell/d > 4,2$ за експериментальними даними не залежить від висоти упора ℓ .

Для об'єднання гнучкими циліндричними упорами з голівками згідно з рекомендаціями нормативних документів багатьох країн [5, 6, 7, 8] прийнято деформаційний критерій граничного стану за міцністю – переміщення зсуву 0,08 мм під статичним навантаженням. Зсувна сила цього граничного стану становить 25...50 % від зсувної сили, яка викликає втрату несної здатності [2].

Зсув величиною 0,08 мм з точки зору експлуатаційної придатності об'єднання абсолютно незначний. Такі великі розрахункові запаси пов'язані з несприятливими особливостями роботи об'єднання гнучкими упорами при багаторазовому (особливо, динамічному) навантаженні, яке супроводжується втратою безпосереднього зчеплення бетону зі сталлю та небезпекою руйнування від втоми, а також великим розкидом експериментальних даних. При порушенні безпосереднього зчеплення бетону зі сталлю деформативність з'єднання анкерними штирями збільшується приблизно вдвічі. При міцності бетону більше від 30 МПа досліди показують на 25 % більшу деформативність, ніж прийняту у розрахункових рекомендаціях.

Результати пульсаційних досліджень показують значне зниження максимальних зусиль зсуву по відношенню до граничних статичних, які відповідають зсуву 0,08 мм.

На основі зазначених вище досліджень з урахуванням умов нашої країни, у чинних нормах [7] рекомендовано виконувати перевірку міцності за формулами:

$$\text{при } \ell/d \geq 4,2 \quad S_h = d^2 \sqrt{R_b}; \quad (1)$$

$$\text{при } 2,5 < \ell/d < 4,2 \quad S_h = 24 \ell d \sqrt{R_b}. \quad (2)$$

Крім того, вертикальні анкери мають бути перевірені на зрізування за формулою

$$S_t \leq 0,063 d^2 m R_y. \quad (3)$$

У формулах (1)...(3):

S_h – зсувне зусилля, яке припадає на один гнучкий упор, кН;

S_t – зрізувальне зусилля, яке припадає на один круглий стержень, кН;

ℓ – довжина круглого стержня гнучкого упора, см;

d – діаметр стержня гнучкого упора, см;

R_b, R_y – розрахункові значення, відповідно, призмової міцності бетону і сталі;

m – коефіцієнт умов роботи.

Циліндричні стержні упорів, зварювальні пістолети та інше обладнання для приварювання гнучких упорів з голівками, випускають закордонні фірми “Нельсон”, “Кротон-Паркінсон”, “Пеко”, “Філіпс” та ін. У останні роки на ринку України з’явилося нове обладнання фірми “Нельсон”, яке здатне приварювати болти та шпильки від 5 до 32 мм. Це, безумовно, сприяє багаторазовому збільшенню продуктивності праці (рис. 1, б). Сортамент стержнів передбачає довжину болтів або штирів від 75 до 175 мм, розміри головок становлять 30...35 мм. Зварювальний струм дорівнює 2000...8000 А. При найбільших діаметрах перед його зварюванням розміщують кільце, яке формує шов.

Обстеження сталезалізобетонних мостів в Україні, результати яких наведено вище, показують, що жоден з мостів не має навіть незначних переміщень зсуву при об’єднанні гнучкими упорами. Усе це свідчить про те, що дотримання розрахункових умов (1)...(3) достатнє для забезпечення надійної експлуатації з точки зору спільної роботи головної металевої балки та залізобетонної плити проїзної частини.

Ці висновки підтверджують результати досліджень 14 сталезалізобетонних мостів, які були проведені під керівництвом В.І.Шестерикова [9]. Руйнування об’єднання по упорах встановлювали за зміщенням плити відносно пояса металевої балки за наявністю локальних тріщин у плитах у зоні упорів (похилих, поздовжніх, поперечних). Відмічено, що при належному догляді за деформаційними швами відносна деформація $\beta \ell_{ym} / \ell_{np} \approx 0,01 \dots 0,05$ за 15...20 років. Якщо у прогоновій будові застосовані конструкції деформаційних швів у відповідності до вимог нормативних документів, а також якщо ведуть догляд за цими швами, то графіки деградації може бути зміщений праворуч та відмови перших упорів можна чекати не раніше 15...20 років з початку експлуатації (криві 2 на рис. 2).

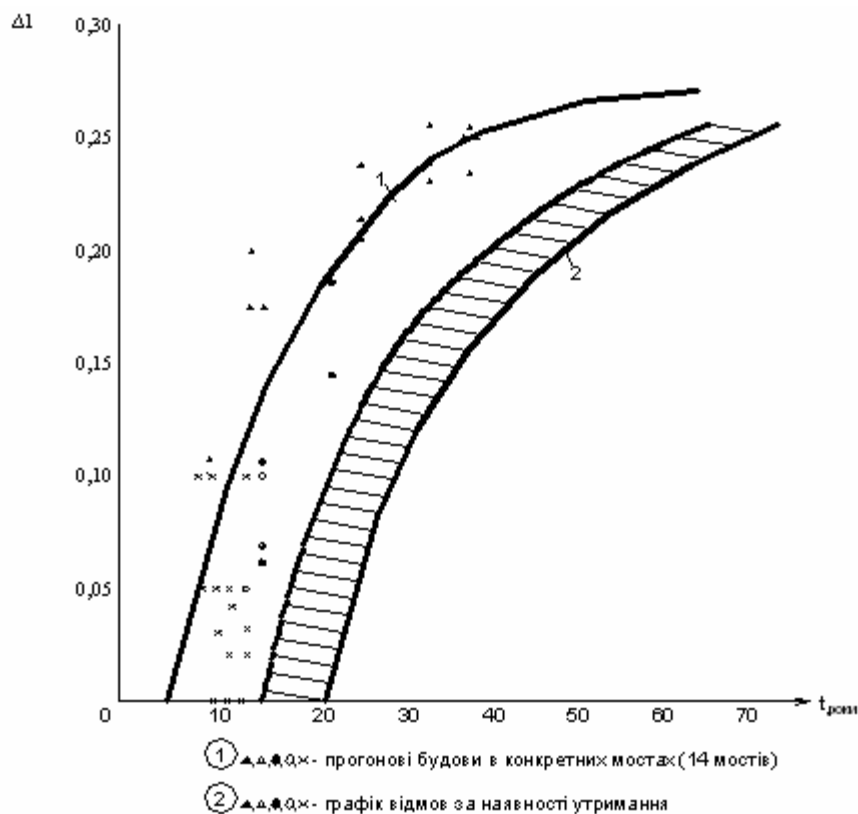


Рис. 2. Темп відмови упорів по довжині прогонових будов $L=42,5$ м

Висновки

В сучасних сталезалізобетонних мостах найбільш уживаними є гнучкі циліндричні анкери з головками. Експериментальні дослідження таких з'єднань та досвід їх експлуатації свідчить про їх надійність в роботі у сталезалізобетонних мостах.

Література

1. Звіт з обстеження та випробування нового моста через р. Західний Буг біля с. Ягодина Волинської області / “Тріада”. – Договір № П 02-08. – Кер. роб. П.М.Коваль, 2002 – 88 с.
2. Стрелецкий Н.Н. Сталежелезобетонные пролётные строения мостов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 360 с.
3. Марков В.В. Исследование условий совместной работы железобетонной плиты с металлическими сплошными балками // Тр. НИИЖТ, 1958. – Вып. 13. – С. 62-79.
4. Kloppel K., Weichermuller H. Versuche mit Verbundtragern. – Der Stalbau, 1954. – Н. 6. – S. 5-16.
5. Нгуен Ван Тим. Выбор оптимальных конструкций автодорожных и городских мостов в условиях Вьетнама. Дис. ... канд. техн. наук. – Киев: КИСИ, 1969 – 249 с.
6. СНИП 2.05.03-84. Мосты и трубы / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 200 с.
7. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости і труби. Правила проектування. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 359 с.
8. Manual for Condition Evaluation of Bridges // Amer. Assoc. of State Highway and Transportation Officials, 2000. – 136 p.
9. Шестериков В.И. Прогнозирование работоспособности сталежелезобетонных пролётных строений // Автомобільні дороги та дорожнє будівництво, 2004. – № 69. – К.: НТУ. – С. 267-272.