

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КОНТАКТУ У ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ КОНСТРУКЦІЯХ НЕРОЗРІЗНИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ МОСТІВ

© Сало В.Ю., Думич І.Ю., 2009

Наведено дослідні дані міцності контакту під час натурних випробувань фрагмента прогонової будови у вигляді однопрогонової консольної збірно-монолітної балки таврового перерізу.

Precast-monolithic T-shape cross section span simply supported cantilever beam in situ testing of contact strength data was described.

Вступ. Постановка питання. На кафедрі мостів та будівельної механіки Національного університету “Львівська політехніка” розроблені нові конструктивні рішення збірно-монолітних нерозрізних прогонових будов з попередньо-напруженими стиками [1]. Для таких конструкцій задача розрахунку міцності контакту збірного елемента і монолітного бетону набуває самостійного значення.

Дослідження показали, що руйнування збірно-монолітних балок по контакту є результатом вичерпання міцності шва від дії горизонтальних зсувних напружень на ділянках відсічених похилими тріщинами. Для нерозрізних конструкцій ділянки зсуву по контакту під час досягнення в збірно-монолітній конструкції першого граничного стану чітко виділяються і обмежуються прогінними і опорними похилими тріщинами самого небезпечного напрямку (рис. 1).

Враховуючи те, що збірно-монолітна конструкція зберігає монолітність контакту аж до граничного стану, розрахунок ведуть за тими самими правилами, що і для елементів монолітного перерізу. Для практичних цілей під час визначення середнього значення зсуваючих напружень, що діють у площині контакту двох бетонів, використовується формула Журавського. Друга практична сторона розглядуваної задачі полягає в пошуку найекономніших конструкцій контактів, здатних прийняти більші зсуваючі зусилля за мінімальних затрат матеріалу на поперечне армування і мінімальні затрати на їх влаштування. Загалом (за наявності поперечної арматури і шпонок) середній сумарний граничний опір зсуву на одиницю довжини визначається за формулою

$$S_{IQ} = \tau_g \cdot b = S_1 + S_2 + S_3, \quad (1)$$

де S_1 – зсувне зусилля на одиницю довжини балки, що сприймається поперечною арматурою;

S_2 – те саме, що сприймається за рахунок щеплення і зачеплення збірного елемента і бетону;

S_3 – те саме, що сприймається бетонною шпонкою.

Середні значення зсуваючих граничних напружень визначають із розгляду рівноваги ділянки балки, вирізаної із загальної системи по лінії утворення і розвитку магістральних похилих тріщин. Утворення і розвиток похилих тріщин біля проміжних опор необхідно чекати у тих місцях, де моменти зовнішніх сил рівні або перевищують момент утворення тріщин у крайніх розтягнутих волокнах балок. За небезпечну похилу тріщину у прогоні приймається тріщина, що збігається з перерізом стику (рис. 1).

Перевірку міцності контакту виконуємо із умови

$$S_{gQ} = S_{iQ} \cdot l_{sh}, \quad (2)$$

де S_{gQ} – зсувне зусилля у шві спряження; l_{sh} – довжина ділянки зсуву.

За поперечної арматури у вигляді вертикальних стрижнів:

$$S_{gQ} = N_{bsp} + R_s \cdot A'_{s\ sup}; \quad (3)$$

$$\text{де } R_s \cdot A_{s\ sup} = N_{b\ sup}. \quad (4)$$

Величини N_{bsp} , $N_{b\ sup}$ і X_{sp} , X_{sup} визначаються під час розрахунку перерізів на загальний випадок із сумісного розв'язку рівнянь:

$$R_b \cdot A_b = \sum \sigma_{si} \cdot A_{si}; \quad (5)$$

$$\sigma_{si} = \frac{S_{scu}}{1 - \frac{\bar{\omega}}{1,1}} (\frac{\bar{\omega}}{1,1} - 1) + S_{spi}. \quad (6)$$

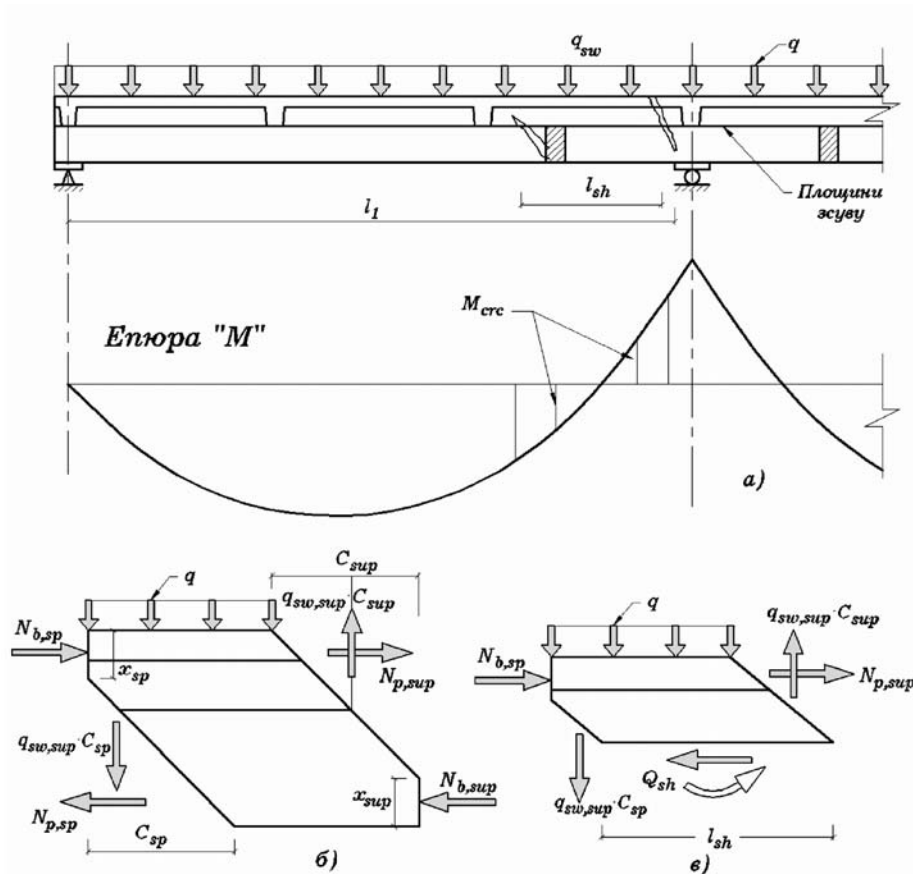


Рис. 1. Розрахункова схема для контакту збірної елементи і монолітного бетону за двозначної епюри згинальних елементів

При цьому в розрахунках необхідно використовувати опори бетону і арматури, що регламентуються нормами проектування мостів [2].

З метою опрацювання конструктивних і технологічних рішень і підтвердження теоретичних передумов були проведені експериментальні дослідження фрагментів з попередньо напруженими стилями натурних розмірів.

Фрагмент збірно-монолітної конструкції прогонової будови (рис. 2) натурних розмірів був виконаний з прогонової балки БС-12, надпорної балки БС-6 і консольної балки БС-3 з поперечним перерізом прямокутної форми розмірами 26×50 см, об'єднаних з ребристими плитами заввишки 40 см і бетоном замонолічування завтовшки 10 см. Під час випробувань збірно-монолітної конструкції завантаження в прогоні і на консолі змінювалось відповідно до розрахункових величин моментів і появи перших тріщин на опорі і в прогоні, а після цього поступово аж до руйнування. Під час випробувань велись спостереження за напружено-деформованим станом і несучою здатністю досліджуваної конструкції.

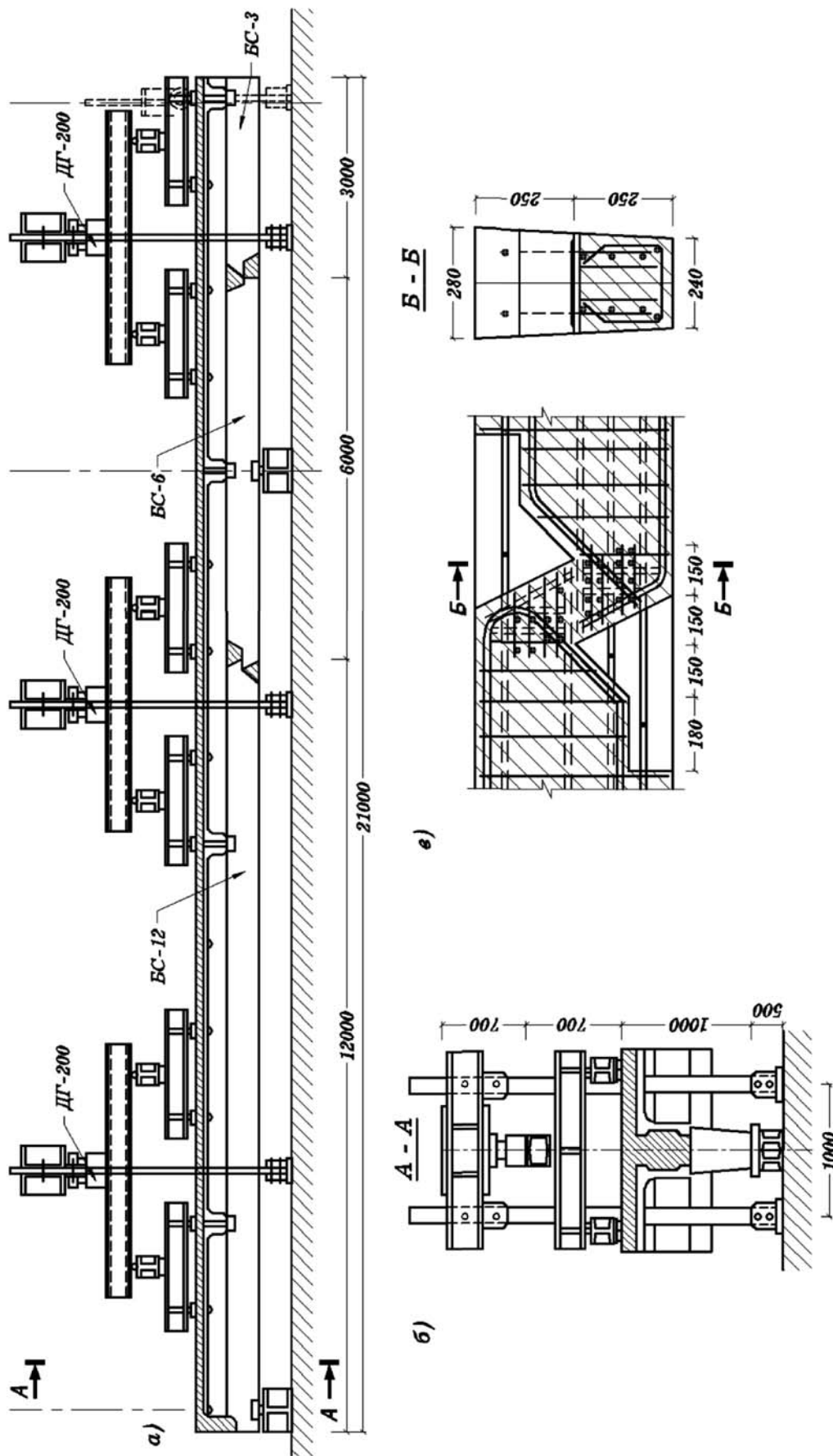
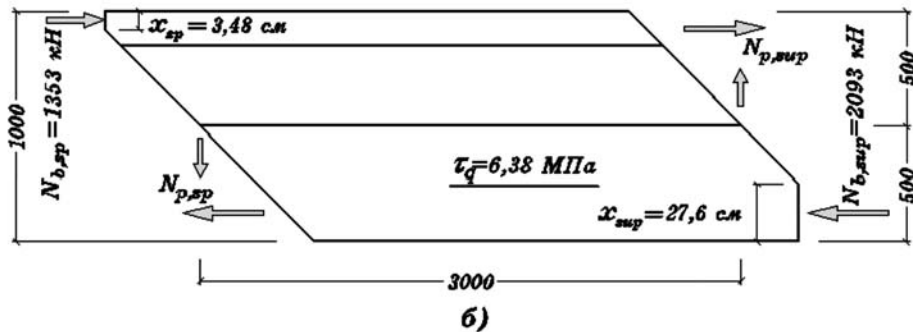
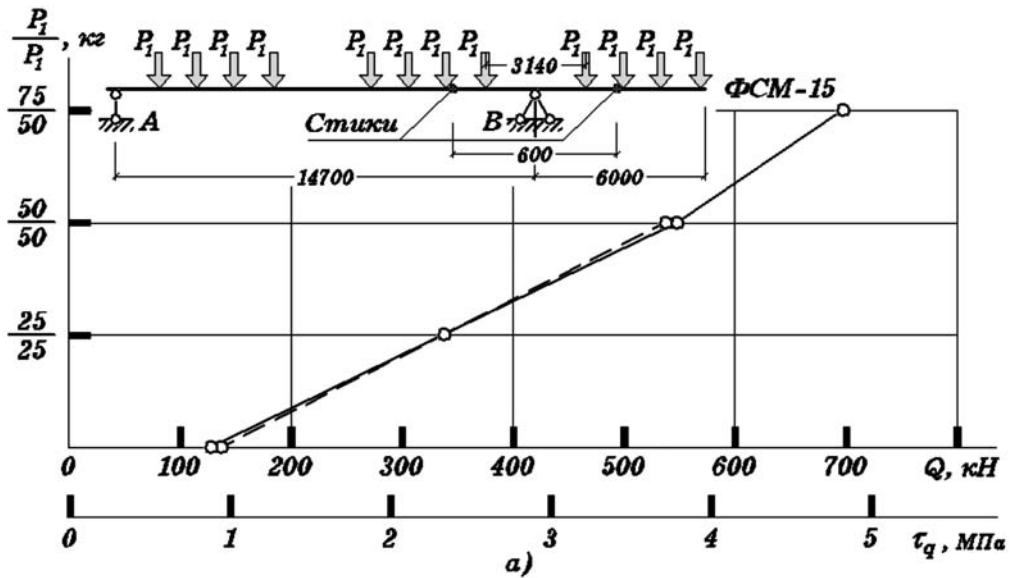


Рис. 2. Схема виробування фрагмента балки збірно-монолітного нерозрізного мосту ребристої конструкції



Вид зв'язку	Вихідні дані	Вираз для розрахунку	Величина зусиль зсуву
Щеплення і защемлення	$l = 3000; b = 180;$ $R_{bt} = 2,1$	$1,6 \cdot R_{bt} \cdot b$	378
Вертикальні стержні	$d = 14; R_b = 23,5$	$\frac{d^2 \cdot \sqrt{10R_b} \cdot n}{a_b}$	399
Бетонні шпонки	$A_{b,ан} = 2250; R_{bt} = 2,1$	$\frac{2 \cdot R_{bt} \cdot A_{b,ан}}{a_c}$	315
Зварні стики	$l_w = 100; R_{wf} = 184,8$	$\frac{2 \cdot R_{wf} \cdot m \cdot t_f \cdot l_w}{a_{ан}}$	8

в)

Рис. 3. Графік і схеми до розрахунку граничних зусиль зсуву по контакту збірного елемента і монолітного бетону

Дослідні прогини балки до моменту появи тріщин добре узгоджуються з теоретичними, підрахованими як для пружного тіла по жорсткості $B=0,85$. Величина дослідного прогину в прогоні, що відповідає повному нормативному моменту M , дорівнює 2,27 см або 1/660 прогону. Теоретичний прогин дорівнює 1,97 см, що на 13,2 % менше від дослідного. Сумарна величина прогину від початку випробування становила 8,9 см, або 1/168 прогону. Повна величина поперечної сили на опорі В в момент руйнування становила 1461,0 кН.

Дані замірів деформацій бетону за допомогою приладів показали, що замонолічена плита повністю включається в сумісну роботу з балкою як в стиснутій зоні в прогоні, так і на опорі в

розтягнутій зоні. Надійна сумісна робота плит з балкою на усіх стадіях роботи підтверджується і характером утворення і розвитку тріщин (рис. 1.)

Для вивчення характеру руйнування збірно-монолітної балки по контакту під час випробування створювались жорсткі умови для того, щоб руйнування при порушенні монолітності шва наступило до граничного стану у нормальному перерізі або в похилому над косою тріщиною. Це досягалось тим, що на ділянці балки з двозначною епюрою моментів опір зсуву визначався тільки за рахунок сил щеплення, механічного защемлення і роботи поперечної арматури, прийнятої з розрахунку міцності по похилих перерізах.

Для аналізу напруженого стану збірно-монолітної балки за зростаючого статичного завантаження проведений розрахунок зсуваючих напружень за формулою Журавського. Для порівняльного аналізу визначались середні зсуваючі зусилля, розглядаючи граничну рівновагу ділянки балки, вирізаної із загальної системи по лінії утворення і розвитку магістральних опорної і прогінної похилих тріщин. На рис. 3 наведені величини зсуваючих напружень, повних зсуваючих зусиль на відсіченій ділянці балки, вираховані із умов роботи елемента в пружно-пластичній стадії і в стадії граничної рівноваги.

На момент появи перших похилих тріщин і деформацій зсуву зсуваючі напруження по контакту збірного і монолітного бетонів становили 4,98 МПа, що значно вище від їх граничного значення R_b , sh . Значні деформації зсуву з появою поздовжніх тріщин по підливці між збірними елементами відмінені за подальшого збільшення навантаження, коли зсуваючі напруження по розрахунку досягли 6,71 МПа. При цьому деформації зсуву становили 0,25 мм.

Повне вичерпання несучої здатності пройшло за значних деформацій зсуву (близько 1,4 мм) від руйнування бетону по контакту.

Середня величина зсуваючих напружень, що діють у площині об'єднувального шва двох бетонів, визначена із умов граничної рівноваги, становила 6,41 МПа, що вказує на добру збіжність значень граничних зусиль зсуву, вирахованих за формулою Журавського.

Для поперечних перерізів розроблюваних збірно-монолітних прогонових будов раціональним видом штучних зв'язків можуть бути поперечна арматура, бетонні шпонки, зварні з'єднання збірних плит з балкою. Передача зсуваючих зусиль на об'єднувальні зв'язки забезпечує збереження монолітності контакту збірного елемента і монолітного бетону аж до настання граничного стану конструкції.

Висновки. Аналіз результатів випробувань фрагмента натурних конструкцій підтвердив можливість широкої реалізації опрацьованих збірно-монолітних нерозрізних систем мостів з попередньо-напруженими стиками. Аналіз величин деформацій бетону балок, бетону замонолічування і арматури показав, що усі елементи прогонової будови включаються до спільної роботи у стиснутій і розтягнутій зонах, про що свідчить характер утворення тріщин і руйнування цих конструкцій.

1. Гнідець Б.Г., Сало В.Ю. Випробування дослідних збірно-монолітних прогонових будов мостів з попередньо напруженими стиками // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". – 2006. – № 562. – С. 24–30. 2. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби. Правила проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 359 с.