

РОБОТА СТАЛЕБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕРІЗУ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА КОСЕ ЗГИНАННЯ

© Кобзєва О.М., 2010

Проаналізовано роботу сталебетонного елемента прямокутного перерізу на міцність та деформативність при косому згинанні. Виконано порівняння експериментальних та теоретичних даних для коротких колон, на підставі чого зроблено висновок про відповідність запропонованої методики розрахунку сталебетонного елемента прямокутного перерізу наявним експериментальним даним.

Ключові слова: сталебетонний елемент, вимушена деформація, ядро, обойма, контактні сили.

The author provides the strength analysis of rectangular steel concrete element working under the conditions of unsymmetrical bending. Basing on comparison of theoretical and experimental results for short columns the author makes the conclusion about the reliability of proposed calculation methodology.

Keywords: steel concrete element, core, cage, forced deformation, contact forces.

Вступ. Знизити вартість й трудомісткість будівництва можна за допомогою застосування конструкцій із зовнішнім армуванням замість сталевих і в багатьох випадках залізобетонних. Це пояснюється спрощеною технологією виготовлення сталебетонних конструкцій, ефективним використанням міцнісних властивостей матеріалу, сполученням функцій робочої арматури із захисним огороженням від механічних та інших впливів.

Для підвищення ефективності й поширення конструкцій із зовнішнім армуванням у практиці будівництва необхідне розроблення способів розрахунку, що передбачають урахування взаємодії між обоймою і ядром і їхнім взаємним впливом на напружено-деформований стан і несучу здатність бетонного ядра, обойми й всієї конструкції загалом.

Методика розрахунку. Методика розрахунку сталебетонного елемента прямокутного перерізу на міцність та деформативність при косому згинанні основана на розкритті контакту між сталевією обоймою та бетонним ядром. Схема впливу на сталебетонний елемент, що складається із металевої обойми та ядра, приймається у вигляді вимушеної деформації $\varepsilon = k \cdot x = \frac{x}{\rho}$, де ρ – радіус кривизни нейтрального шару, x – відстань від нейтрального шару до волокна, що розглядається.

Припускається, що ядро та обойма у стиснутій зоні працюють спільно, без відриву і проковзування. В розтягненій зоні можливе виникнення щілин, нормальних до повздовжньої осі елемента. Критерієм виникнення щілин для конкретного виду напруженого стану є досягнення у волокнах бетону граничних напружень. Після виникнення щілин у напрямі дії максимальних розтягуючих напружень у перпендикулярних напрямках смуги бетону працюють без щілин.

За невідомі прийнято нормальні x_i, x_m, \dots, x_{lp} та дотичні $x_{\lambda}, x_{\nu}, \dots, x_{t\varnothing}$ контактні сили у стисненій та розтягнутій зонах перерізу. Бетон в умовах тривісного напруженого стану приводиться до ізотропного матеріалу зі змінними параметрами деформування E і ν .

Сили взаємодії між ядром та обоймою знаходять із умов рівності на межі контакту з такої системи рівнянь:

$$\vec{A} \cdot \vec{x} = -\vec{H} . \quad (1)$$

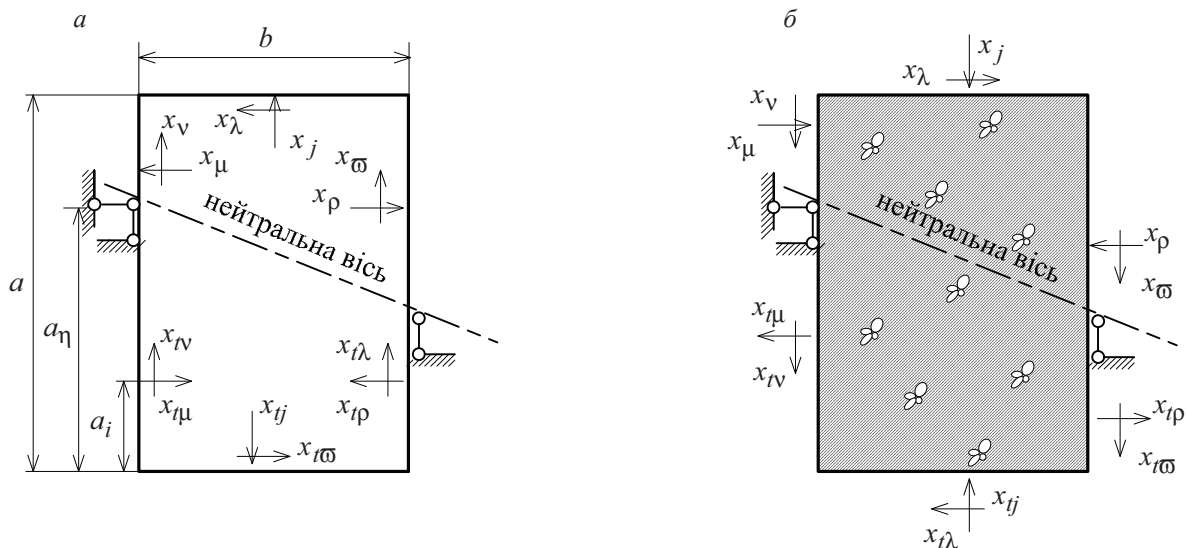


Рис. 1. Розрахункові схеми сталобетонного елемента: а – обойми; б – ядра

Елементи $(\delta_{kj} - \delta_{kj}^*), \dots, (\delta_{kt\varpi} - \delta_{kt\varpi}^*)$ матриці A являють собою різницю поперечних переміщень точок k обойми і ядра від одиничних сил; елементи $(\Delta_{kc} - \Delta_{kc}^*)$ матриці-стовпця H – відповідно різницю поперечних переміщень обойми та ядра від заданого зміщення торцевих поверхонь елемента.

Поперечні переміщення $\delta_{kj} - \delta_{kt\varpi}$ визначаються у замкненому вигляді за допомогою розрахунку контуру методом сил. При цьому враховуються деформації, викликані згинанням і повздовжніми силами. Для визначення поперечних переміщень від одиничних сил $x_j \dots x_{t\varpi}$ у ядрі розв'язується плоска задача зі змінними параметрами пружності E і ν .

Поперечні переміщення обойми від заданих поздовжніх зміщень визначаються звичайним способом, а для визначення поперечних переміщень у ядрі від заданих деформацій розв'язується просторова задача теорії пружності для призматичного тіла одиничної довжини, виконаного із ізотропного матеріалу зі змінними параметрами деформування.

Запропоноване розв'язання реалізується числово кроковим перебором деформованих етапів сталобетонного елемента. Кожний деформований стан визначається кривизною. Лінеаризація нелінійного боку задачі здійснюється в процесі послідовних наближень, змінними параметрами якого є сичний модуль деформації бетону E і коефіцієнт поперечної деформації ν в кожній точці скінченно-різницевої сітки. Процес послідовних наближень на кожному кроці продовжується до досягнення задовільного збігу за величинами модулів пружності. Визначивши контактні сили, знайдемо положення головних площадок, головні напруження в бетоні σ_{b2}, σ_{b3} , а потім σ_{b1} , та сталі σ_{st} . Згинаючий момент в перерізі і положення нейтральної осі визначаються із умов рівноваги.

Порівняння теоретичних та експериментальних даних. Для підтвердження теоретичних рішень було здійснено експериментальні дослідження. Досліджувались дві серії зразків. Перша серія складалася із п'ятнадцяти зразків з розмірами 125×125 мм і висотою 500 мм, товщиною обойми $\sigma = 2$ мм. Друга серія містила шістнадцять зразків з розмірами поперечних перерізів 120×60 мм. Товщина обойми $\sigma = 3,2$ мм, довжина зразків $\ell = 1000$ мм. Колони першої та другої серій виготовляли із двох листів, зігнутих у вигляді швелерів і зварених уздовж усієї довжини, зразки заповнювались бетоном. Зразки були виконані із бетону з модулем деформації, $E_b = 26 \cdot 10^3$ МПа (перша серія) та $E_b = 25 \cdot 10^3$ МПа (друга серія), міцність бетону відповідно $R_b = 39,32$ МПа; $R_b = 35,4$ МПа. Отримані в результаті випробувань характеристики сталі були відповідно такими: $\sigma_m^{1c} = 378$ МПа, $\sigma_m^{2c} = 241$ МПа, $\sigma_e^{1c} = 570$ МПа, $\sigma_e^{2c} = 360$ МПа.

Випробування колон першої серії здійснювали на гідравлічному пресі ПММ-125, а зразків другої серії – на універсальній гідравлічній машині ГРМ-1. Опорні пристрої забезпечували шарнірну схему закріплення зразка, а спеціальні оголовки уможливили випробування колон з різними ексцентриситетами прикладання зовнішнього навантаження. В процесі випробувань замірялись поздовжні і поперечні деформації сталеві обійми. Для цього по всьому периметру середнього перерізу по довжині наклеювали тензодавачі. Центрування колон здійснювалось за показаннями тензодавачів. Колони завантажувалися етапами з витримками для зняття показань вимірювальних приладів.

На рис. 2 наведені графіки залежності граничного навантаження від відносного ексцентриситету, що були отримані експериментально і теоретично. Аналізуючи їх, можна відзначити відповідність експериментальних і теоретичних даних. Під впливом граничного навантаження відбувається випинання зразків. Це пояснюється досягненням в сталі напруження, що дорівнює межі текучості, при цьому відбувається руйнування бетону і відрив його від сталеві обійми. У разі центрального стиску межа текучості досягається в обіймі по периметру перерізу.

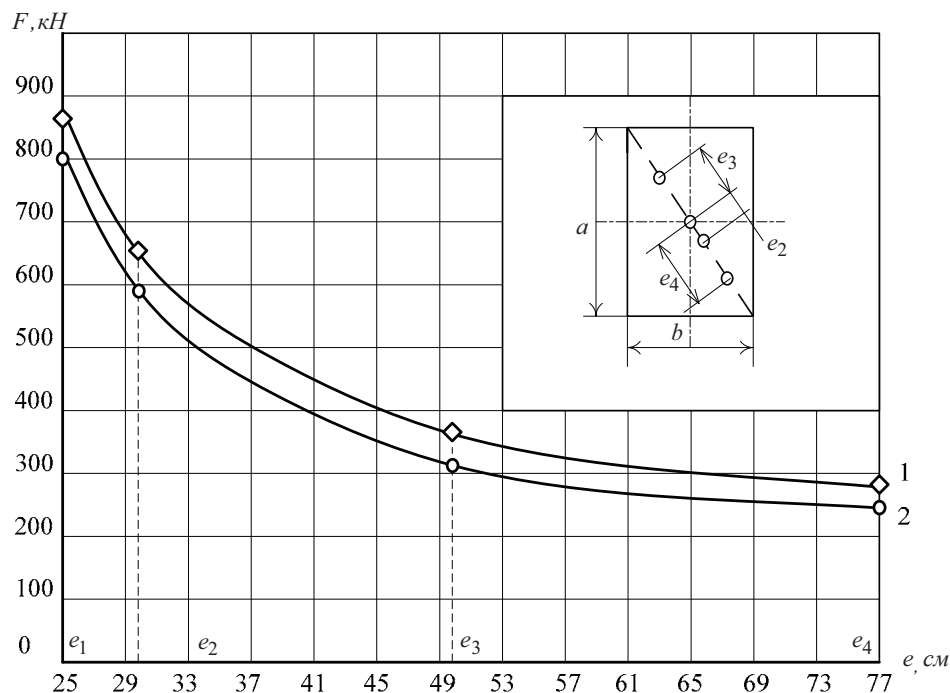


Рис. 2. Графіки залежності граничного навантаження від відносного ексцентриситету:
1 – експериментальна крива; 2 – теоретична крива

Висновки. Здійснені експериментальні дослідження колон і числові розрахунки при центральному стисканні показали, що при $v_s > v_b$ бетонне ядро розтягнене у поперечному напрямі, але розтягуючі напруження не перевищують напружень, що характеризують міцність контакту між ядром та обіймою. При рівні напруженого стану в бетоні $R_{np} / R_b = 0,3...0,4$ контактні нормальні і контактні дотичні сили зменшуються і змінюють знак. В процесі подальшого стискання контактні дотичні сили досягають граничних значень, що дорівнюють силам зчеплення між бетоном і обіймою, і виключаються із роботи. У граничному стані ядро й обійма контактують лише в кутах перерізу за допомогою нормальних сил.

Якщо навантаження прикладено позацентровано, то руйнування сталобетонної колони починається з витріщання обійми в стиснутій зоні. Причиною витріщання обійми є досягнення в ній поздовжніх деформацій, які дорівнюють деформаціям текучості та руйнування бетону в кутових зонах.

Порівняння теоретичних та експериментальних даних вказує на високу точність теоретичного методу.

1. Чихладзе Э.Д., Арслаханов А.Д. Расчет сталебетонных элементов на прочность при внецентренном сжатии и изгибе // Вопросы обеспечения экономичности и эксплуатационной надежности конструкций транспортных сооружений (межвузовский сборник научных трудов). – Вып. 21. – Харьков: ХИИТ, 1993. – С. 23–35. 2. Вахненко П.Ф., Клименко В.И., Торяник М.С. Исследования деформативности кососжимаемых железобетонных элементов прямоугольного сечения // Строительные конструкции. – 1997. – Вып. 130. – С. 90–96. 3. Вахненко П.Ф., Клименко В.И. Некоторые вопросы жесткости кососжимаемых железобетонных элементов // Строительные конструкции. – 1975. – Вып. 26. – С. 14–19. 4. Шагин А.Л. Об оценке работы бетона в условиях сложного напряженного состояния // Реализация региональной комплексной научно-технической целевой программы “Бетон” // Тез. докл. обл. конф. – Харьков, 1983. – С. 28–30. 5. Яшин А.В. Теория деформирования бетона при простом и сложном нагружении // Бетон и железобетон. – 1985. – № 10. – С. 35–37. 6. Гайдук Е.Н. Напряженно-деформированное состояние и расчет несущей способности сталебетонных элементов, работающих на внецентренное сжатие и изгиб: Дис. канд. техн. наук: 05.23.01., кн № 011741от 28 мая 1996. – Харьков, 1996. – 134 с.

УДК 624.21.095.32

М.П. Коваль

Національний транспортний університет, м. Київ
кафедра опору матеріалів

ВИПРОБУВАННЯ ПЛИТИ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ ІЗ ЗОВНІШНІМ АРМУВАННЯМ АВТОДОРОЖНЬОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МОСТА

© Коваль М.П., 2010

Здійснено випробування монолітної залізобетонної плити проїзної частини автодорожнього моста із незнімною опалубкою з металевого профільованого настилу. Статичними випробуваннями плити завантаженим баластом автомобілем встановлено, що металевий профільований настил включився у сумісну роботу з бетоном і працює як зовнішня арматура. Прийнята конструкція плити проїзної частини моста має достатню міцність, жорсткість і тріщиностійкість для сприйняття нормованих тимчасових навантажень.

Ключові слова: плита проїзної частини, профільований настил, зовнішня арматура, міцність, жорсткість і тріщиностійкість

Testing of bridge deck slab with reinforcement by a profiled metal floor are considered. By static test of a deck slab it has been established, that profiled metal floor works as external armature. The accepted design of a plate possesses sufficient strength, rigidity and crack resistance for perception of temporary loads.

Keywords: deck slab, metal floor, external armature, strength, rigidity and crack resistance.

Постановка проблеми. До плити проїзної частини автодорожніх мостів останнім часом ставляться підвищені вимоги. Так, у нових нормах з проектування мостів [1] плиту дозволяється влаштовувати тільки із монолітного залізобетону, обмежується мінімальна товщина плити – 20 см. Це зумовлено підвищенням вимог до експлуатаційної надійності та довговічності транспортних споруд загалом, а плита проїзної частини є важливим елементом, який безпосередньо сприймає вплив тимчасового рухомого навантаження і зазнає агресивної дії води із розчиненими в ній хімічними сполуками.