

Секція: Будівництво.

Мельник О. С.

*К.т.н., доцент кафедри професійної освіти та технологій за профілями,
Уманський державний педагогічний університет
імені Павла Тичини, м.Умань, Україна*

КРУТИЛЬНА ЖОРСТКІСТЬ ТА МІЦНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Розрахунок пролітних будов здійснюється при розчленуванні конструкції на окремі балки, з подальшим визначенням крутильної та згинальної жорсткостей. Оскільки згинальні жорсткості досліджено досить добре, тому розглянемо теоретичне визначення крутильної жорсткості та міцності окремого елемента. Нормальні тріщини суттєво впливають на НДС залізобетонного елемента. Тому є актуальним розгляд крутильної жорсткості та міцності елемента з нормальними тріщинами.

Для визначення переміщень при крученні елемента, до верхньої полицки якої прикладений крутний момент, треба для початку визначити внутрішні зусилля, які діють в кожній окремій пластині, з яких складається балка порожнистого трикутного перерізу. Для цього скористаємось методом, запропонованим Б. Е. Уліцьким [2]. Суть методу полягає у розтині конструкції на окремі елементи (пластини) (рис. 1) з наступним оглядом роботи кожного з них і складанням умов сумісності деформації по лініях розтину між окремими пластинами. В даному випадку в будь-якій точці по перетину будуть діяти чотири складових функцій погонних зусиль, що визначатимуть характер напружень: вертикальні $S(x)$ (вздовж осі Z); горизонтальні $T(x)$ вздовж прольоту (вздовж осі X); горизонтальні $H(x)$ поперек прольоту (вздовж осі Y) і поперечні згинальні моменти $m(x)$.

На рис. 1 показана схема зусиль, що діють у верхній пластині на якій індекси зверху і знизу позначають: 1 і 3 - зправа та зліва трикутного перерізу відповідно.

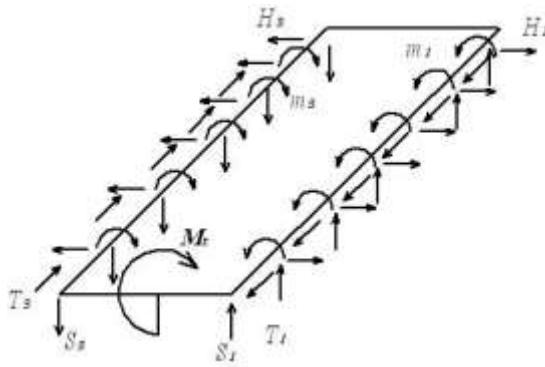


Рис. 1. Схема зусиль, які діють по лініях розтину у верхній плиті

Невідомі зусилля визначаються з умови сумісності деформацій по лініях розтину. Для складання рівнянь сумісності необхідно розписати всі можливі переміщення верхньої точки бокової плити.

Розв'язком усієї задачі буде знаходження коефіцієнтів Фур'є для невідомих функцій.

$$\left\{ \begin{array}{l} H(x) = \sum_{n=1}^{\infty} H_n \cdot \cos \frac{n \cdot \pi \cdot x}{l}; \\ S(x) = \sum_{n=1}^{\infty} S_n \cdot \cos \frac{n \cdot \pi \cdot x}{l}; \\ T(x) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n \cdot \cos \frac{n \cdot \pi \cdot x}{l}; \\ m(x) = \sum_{n=1}^{\infty} m_n \cdot \cos \frac{n \cdot \pi \cdot x}{l}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Достовірним вважатиметься розв'язок, коли відповідна пара зусиль верхньої лівої та правої точок будуть однаковими, або сходитимуться із заданою наперед точністю.

За розробленими автором методиками з використанням методики Уліцького Б.Е. вираз для переміщень від указанного зусилля визначатиметься за формулою (2):

$$J_s = \sum_{n=1}^m \left(\frac{l}{n \cdot \pi} \right) \cdot S_2 \cos \left(\frac{n \cdot \pi \cdot l_{cvc}}{l} \right) \cdot \left(\frac{A7631_n + A7641_n - 2\mu}{E} \right) \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

Де α – половина кута при вершині трикутного перерізу;

l – довжина порожнистого трикутного елемента; E – модуль пружності бетону; μ - коефіцієнт Пуассона; h – ширина бокової грані;

$$A_{7631_n} = \frac{sh(2uh) - 2uh}{sh(2uh) + 2uh}; \quad A_{7641_n} = \frac{sh(2uh) + 2uh}{sh(2uh) - 2uh}; \quad uh = \frac{n \cdot \pi \cdot h}{2 \cdot l} \quad (3)$$

Загального методу визначення міцності залізобетонних елементів з нормальними тріщинами при крученні не існує. Розглянемо схему зусиль, що діють в нормальному перерізі з тріщиною. (рис.2).

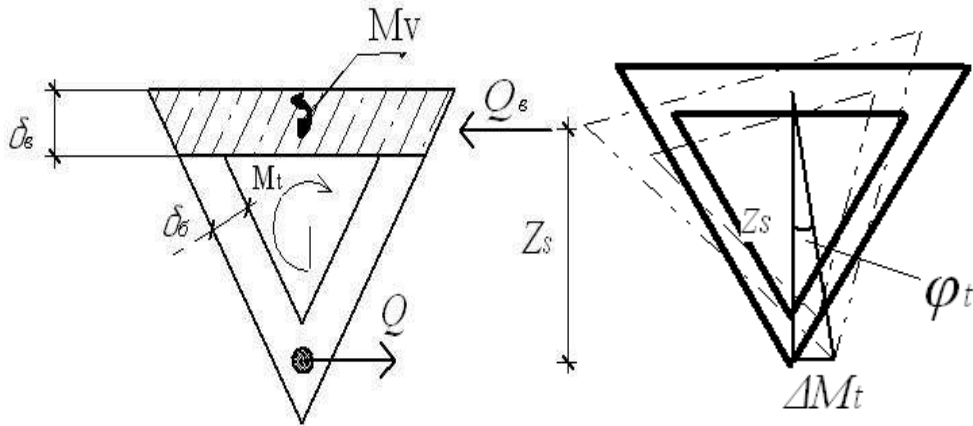


Рис. 2. Зусилля та схема повороту в поперечному перерізі пустотілого профілю з нормальною тріщиною

Зовнішній момент кручення M_t утворює у верхній полиці крутний момент M_v і момент M_Q , що утворюється парою сил Q і Q_b . Момент пари цих сил (рис. 2) рівний:

$$M_Q = Q \cdot Z_s \quad (4)$$

Z_s – відстань від центру ваги арматури до центру ваги зжатої зони бетону). Умову рівноваги (кручення навколо повздовжньої осі елементу) записують у вигляді:

$$M_t - M_Q = M_v \quad (5)$$

Крутний момент спричинює утворення сил, що діють вздовж всього прольоту балки. Найбільшу залежність спричинюють горизонтальні сили $H(x)$ і поперечні згинальні моменти $m(x)$, і записуються у вигляді:

$$H(x) = \sum_{i=1}^n H_i \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi}{l}\right) \quad (6)$$

$$m(x) = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi}{l}\right)$$

Довжина l_i i -частинки буде рівна:

$$l_i = \frac{l}{2} - \left[\Delta \cdot (i-1) + \frac{\Delta}{2} \right]; \quad \Delta = \frac{l}{2 \cdot i} \quad (7)$$

Кути повороту від дії поперечних згинальних моментів $m(x)$ і горизонтальних сил $H(x)$ представлені у вигляді:

$$\varphi_H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \cdot b \cdot l_i \cdot (H_i + H_{i-1})}{G \cdot I_t}; \quad \varphi_m = \sum_{i=1}^n \frac{2 \cdot \Delta \cdot l_i \cdot m_i}{G \cdot I_t} \quad (8)$$

Кут повороту всього перерізу буде рівний різниці кутів повороту від дії зовнішнього крутного моменту Mt та поперечних згинальних моментів $m(x)$ і горизонтальних сил $H(x)$.

$$\varphi_t = \frac{M_t \cdot l}{GI_t} - \varphi_H - \varphi_m \quad (9)$$

Переміщення від дії одиничної нагельної сили Q_s , що діє на одиницю ширини буде рівним:

$$\Delta Q_s = Q_s \cdot Z_s \quad (10)$$

$$Q_s = \frac{\Delta M_t}{M_t}; \quad \Delta M_t = \frac{\varphi_t \cdot Z_s}{2} \quad (11)$$

При досягненні критичного моменту біля берегів тріщини спостерігався певний зсув арматури [1], що відбувався під дією деякої нагельної сили Q , яка в свою чергу виникала від дії зминання бетону у верхній зоні і визначається за методикою Азізова Т.Н. [2]:

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta M_t}{\Delta Q_{s,s} + 2 \cdot \Delta_{sm,s}}; \quad \Delta Q_s = \Delta M_t \cdot \frac{Z_s}{M_t} \quad (12)$$

Величина R_{btm} визначається за методикою Вахненка П.Ф.[3] за формулою:

$$R_{btm} = 0.233 \cdot \sqrt[3]{R_{bt}^2} \quad (13)$$

Де R_{bt} – призмova міцність бетону.

При дослідженні тріщиностійкості була використана методика, запропонована Касаєвим Д. Х. і використаною Дюрменовою С.Ю.[4-5] у своїх дослідженнях для балок з наскрізними пустотами. $W_{\tau,pl}$ – пружньо-пластичний момент опору, який після математичних перетворень набуватиме вигляду:

$$W_{\tau,pl} = \frac{M_v}{\left(0.88 + 0.08 \cdot \frac{\delta_a}{b}\right) \cdot R_{btm}} \quad (14)$$

Величина напруження у стиснутій зоні визначається:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_v}{W_{\tau,pl}} \leq R_{btm} \quad (15)$$

Величину σ_{\max} порівнюємо з міцністю бетону на розтяг R_{btm} і визначаємо відсоток запасу міцності.

Розрахункові значення міцності, визначеної за запропонованою методикою, задовільно збігаються з експериментальними даними [1], а тому наведена методика може бути використана при розробці нормативних документів та державних стандартів з проектування конструкцій порожнистого трикутного профілю.

Список використаної літератури

1. Азізов Т.Н. Експериментальні дослідження крутильної жорсткості та міцності залізобетонних елементів порожнистого трикутного перерізу з нормальними тріщинами при крученні/ Т.Н. Азізов, О.С. Мельник /Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. // Зб. наук. статей. Вип.9. – Кривий Ріг: КТУ, 2011. – С. 47-53.
2. Азізов Т.Н. Інженерний метод визначення НДС залізобетонних балок порожнистого перерізу з нормальними тріщинами/ Т.Н. Азізов, О.В. Мельник, О.С Мельник// Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди – Випуск 22 Рівне, 2011 – С.154-161.
3. Вахненко П.Ф. Залізобетонні конструкції. – Київ: Урожай, 1995. – 364 с.
4. Дюрменова С.Ю. Прочность железобетонных балок со сквозными отверстиями при интенсивном кручении Дис. ... кандидата техн. наук: 05.23.01/ Дюрменова Светлана Суюновна. – Черкесск, 2006 – 193 с.
5. Касаев Д.Х. Прочность элементов железобетонных конструкций при кручении и изгибе с кручением. Ростов н/Д.: Изд-во Рост, ун-та, 2001.-176с.