

**ИСПОЛЬЗОВАНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит // Строительная механика и расчет сооружений. – 1990. – №2. – С. 22-26.
2. Жакин А.И., Чихладзе Э.Д., Веревичева М.А. Теория теплообмена в пористых средах // Изв. ВУЗов. Строительство. – 1998. - №1. – С. 111-116.
3. Огнестойкость бетонных и сталебетонных конструкций. Харьков, Сб. трудов ХарГАЖТ, вып. 40, 2000. – 97с.
4. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Несущая способность сталебетонных плит // Бетон и железобетон. – 1990. – №10. – С. 30-31.

УДК 624.014

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ДОТИЧНИХ НАПРУЖЕНЬ В СТАЛЕВИХ БАЛКАХ ЗІ ЗМІННИМ ПЕРЕРІЗОМ**

*С.І.Білик, к.т.н., доцент*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*

**Постановка проблеми.** В балках зі змінним перерізом дотичні напруження змінюються по висоті перерізу не так як в балках з постійним перерізом [2,5]. Встановлено, що у двотаврових клиноподібних балах зі змінною висотою стінки в залежності від навантаження дійсні дотичні напруження по стику стінки і полиць більші ніж за традиційним розрахунком [4,6].

**Аналіз основних досліджень, публікацій і невирішених задач.** В дослідженнях Мітчелла [2,5] встановлено, що консольній клиноподібній пластині при згині дотичні напруження приймають максимальні значення в крайніх волокнах. Особливий вплив поперечних сил на напружено-деформований стан сталевих елементів змінного перерізу відмічено в [1,3,4]. В роботах [6,7] на підставі загальних робочих гіпотез теорії опору матеріалів отримано підхід, за яким стало можливим визначати дотичні напруження в клиноподібних балках зі змінною висотою прямокутного перерізу.

**Формування цілей.** Розробити загальну методику визначення дотичних напружень в двотаврових балках зі змінною висотою стінки при різних відношеннях висот кінцевих перерізів за робочими гіпотезами лінійної зміни нормальних напружень щодо висоти балки.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Розглянуто консольно защемлену двотаврову балку зі змінною висотою перерізу. Полиці балки мають нахил під кутом  $\alpha_n$  до центральної поздовжньої осі симетричного перерізу. Прийнято лінійне зростання висоти перерізу балки.

$$h_{cz} = h_{c0}(1 - \gamma_h z / l) \rightarrow \gamma_h = 1 - \frac{h_{cn}}{h_{c0}}. \quad (1)$$

Момент інерції площі перерізу ( $I_{xz}$ ) та статичний момент відокремленої частини ( $S_{xz}$ ) записано з урахуванням зміни висоти перерізу (1) і поточної координати по висоті перерізу стінки  $y_c$ .

$$S_{xz} = (1 - \gamma_h z / l) b f t_f \left(\frac{h_{c0}}{2}\right) + 0.5 t_\omega \left(\frac{h_{c0}}{2}\right)^2 (1 - \gamma_h z / l)^2 - 0.5 t_\omega y_c^2;$$

$$I_{xz} = [2(1 - \gamma_h z / l)^2 b f t_f \left(\frac{h_{c0}}{2}\right)^2 + t_\omega \frac{h_{c0}^3}{12} (1 - \gamma_h z / l)^3]. \quad (2)$$

В основу досліджень покладені робочі гіпотези про характер розподілення дотичних напружень в балках [4,6]. Прийняті гіпотези справедливі, якщо ширина стінки балки набагато менша за ширину полиці  $t_w \ll h$ .

Згинальний момент прийнято розглядати в декартовій системі координат, яка розташована в центрі ваги максимального за розмірами перерізу:

$$M_{xz} = Pl(1 - z / l) = M_0(1 - z / l). \quad (3)$$

В роботах (4,6) отримана диференціальна рівняння дотичних напружень в залежності від навантаження та змінних геометричних характеристик перерізу.

$$\tau = -\frac{1}{t_w} \left(\frac{M_{xzi} S_{xzi}}{I_{xzi}}\right)';$$

$$\tau = -\frac{1}{t_w} [Pl(1 - z / l)]' \frac{S_{xzi}}{I_{xz}} - \frac{1}{t_w} [Pl(1 - z / l)] \left(\frac{S_{xzi}}{I_{xz}}\right)'; \quad (4)$$

$$\tau = \frac{QS_{xzi}}{t_w I_{xz}} - \frac{M_{xz}}{t_w} \left(\frac{S_{xzi}}{I_{xz}}\right)'. \quad (5)$$

Перший доданок у формулі (5) є вираз для визначення дотичних напружень за формулою Журавського, а другий поправка на змінність перерізу. При постійних геометричних характеристиках перерізу по довжині балки формула (4) автоматично переходить до відомої формули.

Після диференціювання відношення (4) перейде до такого вигляду.

$$\tau = \frac{Pl(1 - \gamma_h z / l) b f t_f \left(\frac{h_{c0}}{2}\right) + 0.5 t_\omega (1 - \gamma_h z / l)^2 \left(\frac{h_{c0}}{2}\right)^2 - 0.5 t_\omega y_c^2}{t_\omega I_{xz}} -$$

$$- \gamma_h \frac{Pl(1 - z / l)}{t_\omega l (1 - \gamma_h z / l)} \frac{[b f t_f \left(\frac{h_{c0}}{2}\right) (1 - \gamma_h z / l) [I_{xz} - I_{x0z}] + 0.5 t_\omega (1 - \gamma_h z / l)^2 \left(\frac{h_{c0}}{2}\right)^2 I_{x0z}]}{I_{xz}^2} +$$

$$+ \gamma_h \frac{Pl(1 - z / l)}{t_\omega l (1 - \gamma_h z / l)} \frac{0.5 t_\omega y_c^2 (2I_{xz} + I_{x0z})}{I_{xz}^2}.$$

В більш компактному вигляді остання формула для визначення дотичних напружень в стінці балки зі змінною висотою стінки із зосередженою силою на вільному кінці матиме вигляд.

$$\tau = \frac{PS_{xzi}}{t_w I_{xz}} - \gamma_h \frac{M_{x0}(1-z/l)}{t_{\omega} I_{xz}(1-\gamma_h z/l)} [b_f t_f (\frac{h_{cz}}{2})(1 - \frac{I_{x0z}}{I_{xz}}) + 0.5 t_{\omega} (\frac{h_{cz}}{2})^2 \frac{I_{x0z}}{I_{xz}}] +$$

$$+ \gamma_h \frac{M_{x0}(1-z/l)}{t_{\omega} I_{xz}(1-\gamma_h z/l)} [0.5 t_{\omega} y_c^2 (2 + \frac{I_{x0z}}{I_{xz}})]. \quad (6)$$

В останню формулу входять чотири доданки, три з яких приймають сталі значення для конкретного перерізу, тобто змінюються по довжині балки і залежать від інтегральних характеристик перерізу, а один доданок змінюється в залежності від координати точки по висоті перерізу.

У випадку, коли у балка відсутні полиці ( $S_{xfz} = I_{xf0} = 0$ ,

$I_{xz} = I_{x0z}$ ), переріз прямокутний зі змінною висотою, формула (6) перейде до відношення.

$$\tau = \frac{P}{I_{xz}} [0.5 (\frac{h_{cz}}{2})^2 - 0.5 y_c^2] - 0.5 \gamma_h \frac{P(1-z/l)}{I_{xz}(1-\gamma_h z/l)} (\frac{h_{cz}}{2})^2 + 1.5 \gamma_h \frac{P(1-z/l)}{(1-\gamma_h z/l)} \frac{y_c^2}{I_{xz}}. \quad (7)$$

Для клиноподібних балок ( $\gamma_h = 1$ ) формула (7) перейде до відношення (8), яке було отримано у роботах [3,6].

$$\tau = \frac{P}{I_{xz}} [0.5 (\frac{h_{cz}}{2})^2 - 0.5 y_c^2] - 0.5 \frac{P(1-z/l)}{I_{xz}(1-z/l)} (\frac{h_{cz}}{2})^2 + 1.5 \frac{P(1-z/l)}{(1-z/l)} \frac{y_c^2}{I_{xz}}.$$

$$\tau = \frac{P y_c^2}{I_{xz}}. \quad (8)$$

**Висновки і перспективи.** Встановлено, що для двотаврових балок зі змінною висотою перерізу дотичні напруження залежать від координати точки перерізу ( $y_c^2$ ). Дотичні напруження в балках змінного перерізу залежать як від поперечної сили. Так від епюри згинального моменту по довжині балки. Відношення мінімального моменту інерції до максимального моменту інерції площі перерізів кінцівок балок ( $I_{xn} / I_{x0}$ ) впливають та характер зміни дотичних напружень по висоті стінки балки. При зменшенні параметра змінності перерізу ( $\gamma_h \rightarrow 0$ ) формула (6) переходить до відомої формули Журавського.

Достовірність досліджень підтверджується близькістю результатів числових досліджень до результатів, обчислених за точним рішенням для балок прямокутного перерізу за теорією пружності матеріалів [4,6], а також

плавністю переходу значень дотичних напружень в балках з полицею до балок з прямокутним перерізом при зменшенні площі полиць двотаврів.

Таким чином, виявлена закономірність зростання дотичних напружень від нейтральної осі до зовнішніх полиць в перерізах двотаврових балок зі змінною висотою стінки. З іншого боку, встановлено, що чим більше співвідношення площі полиць до площі стінки, тим менше різниця між дотичними напруженнями по нейтральній осі та по стику з'єднання полиці і стінки двотаврової балки.

Запропонований підхід щодо визначення дотичних напружень в балках зі змінною висотою може бути використаний для досліджень дотичних напружень і при інших схемах навантажень балок і крайових умов закріплення.

### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Жербин М.М., Билык С.И. Гибкость стальной колонны с перфорированной стенкой переменной высоты. // Известия вузов. "Строительство и архитектура". - 1987, №1. - С.-11.
2. Тимошенко С.П. Курс теории упругости. – К: Наук. думка, 1972. – 508 с.
3. Бирулёв В.В., Добрачёв В.М. Об опыте применения неразрезных сквозных двутавровых балок с регулированием напряжений. // Металлические конструкции и испытание сооружений. Межвуз. темат. сб. - Л.: ЛИСИ - Л.: 1979. - С. 149-152.
4. Пермяков В.О., Білик С.І. Развитие теории прочности и стойкости стержневых стальных каркасов зданий универсального назначения. // Современные строительные конструкции из металла и древесины. – Одесса: ОГАСА, 2005. – С. 151-160.
5. Демидов С.П. Теория упругости. – М.: Высш. школа, 1979. – 432 с.
6. Білик С.І. Дотичні напруження в металевих балках зі змінною висотою стінки. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. - Рівне: УДУВГП, 2004, вип. 11. - С.133-140.
7. Білик С.І. Дотичні напруження в сталевих зварних двотаврових балках зі змінною висотою стінки. // Строительство, материаловедение, машиностроение. // Сб. научн. тр. Вып. 35. Ч. I, – Днепропетровск: МОН України, ПГАСА, 2005. – С. 50-55.