

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

КОМУНАЛЬНЕ
ГОСПОДАРСТВО
МІСТ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК

ЗАСНОВАНО У 1992 році

ВИПУСК **97**

СЕРІЯ: ТЕХНІЧНІ НАУКИ
ТА
АРХІТЕКТУРА

Харків 2011

УДК 624.012.45: 624.046

А.О. ДМИТРЕНКО, к.т.н., доцент,

Т.А. ДМИТРЕНКО, ст. викладач

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ НА ПРОДАВЛЮВАННЯ ПЛИТНИХ КОНСТРУКЦІЙ БЕЗ ПОПЕРЕЧНОЇ АРМАТУРИ

In article durability calculation on punching shear in ferro-concrete slabby designs without cross-section reinforcing taking into account longitudinal reinforcing is considered; comparison with experimental data is spent.

Keywords - punching shear, ferro-concrete, reinforcing.

В статье рассмотрен расчет прочности на продавливание в железобетонных плитных конструкциях без поперечного армирования с учетом продольного армирования; проведено сравнение с экспериментальными данными.

Ключевые слова – продавливание, плитные конструкции, армирование.

У статті викладено розрахунок міцності на продавлювання у залізобетонних плитних конструкціях, без поперечного армування з урахуванням поздовжнього армування; проведено порівняння з експериментальними даними.

Ключові слова – продавлювання, плитні конструкції, армування.

Постановка проблеми. Існуюча нормативна методика розрахунку міцності плитних конструкцій на продавлювання, без поперечного армування не бере до уваги низку факторів, які впливають на міцність, та потребує їх урахування.

Аналіз публікацій. Розрахунок міцності залізобетонних плитних конструкцій на продавлювання, без поперечного армування проводиться на основі формули для визначення виникнення похилих тріщин при прольоті зрізу, що рівний 1 Тобто під кутом 45^0 , оскільки небезпека руйнування таких елементів після виникнення похилих тріщин досить висока.

На основі дослідних даних для елементів із важкого бетону без попереднього напруження О.С. Залесов та інші вчені рекомендують здійснювати розрахунок виникнення похилих тріщин за формулою (1) [2], цю формулу і взято за основу при визначенні міцності похилих перерізів у залізобетонних елементах, що згинаються, без поперечного армування [1]. На даний час як в Україні, так і в Росії розрахунок на дію поперечних сил проводиться з використанням емпіричних співвідношень [4].

Удосконалення інженерних методів розрахунку на основі існуючого методу – один із шляхів подальшого розвитку методів розрахунку як міцності похилих перерізів залізобетонних елементів, що згинаються [5], так і міцності на продавлювання плитних конструкцій.

Виділення не розв’язаних раніше частин загальної проблеми. Не розв’язаною частиною загальної проблеми є врахування додаткових факторів, які впливають на міцність залізобетонних плитних конструкцій на продавлювання, без поперечного армування.

Формулювання цілей статті. Метою статті є викладення методики розрахунку визначення міцності залізобетонних плитних конструкцій на продавлювання, без поперечного армування з урахуванням поздовжнього армування.

Виклад основного матеріалу. Розрахунок міцності на продавлювання плитних конструкцій, без поперечного армування тісно пов’язаний з розрахунком міцності похилих перерізів залізобетонних елементів, що згинаються, без поперечного армування при прольоті зрізу рівному 1. Оскільки експериментальні дані міцності похилих перерізів залізобетонних елементів, що згинаються, без поперечного армування мають значний розкид, небезпека руйнування таких елементів після виникнення похилих тріщин досить висока, руйнування має крихкий характер, то розрахунок міцності похилих перерізів таких елементів слід проводити з урахуванням зусилля виникнення похилих тріщин [9]. Для виконання розрахунку виникнення похилих тріщин у залізобетонних елементах, які згинаються, необхідно якомога повніше враховувати всі фактори, що впливають на процес тріщиноутворення.

В [9] викладено методику розрахунку міцності похилих перерізів залізобетонних елементів, що згинаються без поперечного армування. Для обчислення поперечної сили Q_{crc} , при якій утворюються похилі тріщини в

елементах без попереднього напруження, за основу взято формулу, котру рекомендують використовувати Залесов О.С. та інші науковці [2],

$$Q_{crc} = \frac{1,2 \cdot R_{bt,ser} b h_0^2}{c}, \quad (1)$$

де b – ширина перерізу балки;

h_0 – робоча висота перерізу балки;

c – довжина проєкції на поздовжню вісь елемента найбільш небезпечного похилого перерізу.

При цьому $0,6 \cdot R_{bt,ser} b h_0 \leq Q_{crc} \leq 2,5 \cdot R_{bt,ser} b h_0$

Таким чином, в елементах без попереднього напруження розрахунок виникнення похилих тріщин можна суттєво спростити. Адже в цій формулі враховані основні фактори, що впливають на тріщиностійкість похилих перерізів: розрахунковий опір бетону розтягу для другої групи граничних станів, геометричні розміри перерізу, відносний прогін зрізу. Але не враховано додаткового фактора – поздовжнього армування. Дослідження залізобетонних балок показують збільшення тріщиностійкості при підсиленні розтягнутої зони [6].

На основі експериментальних даних різних авторів у [7] враховано вплив поздовжньої арматури на зусилля виникнення похилої тріщини та отримано таку залежність:

$$Q_{crc} = \frac{0,75 \cdot R_{bt,ser} b h_0^2 \cdot \sqrt{1,1 + 0,7 \mu \frac{c}{h_0}}}{c}. \quad (2)$$

Відсоток поздовжнього армування визначається за формулою

$$\mu = \frac{A_s}{b \cdot h} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де A_s – площа поперечного перерізу поздовжньої арматури.

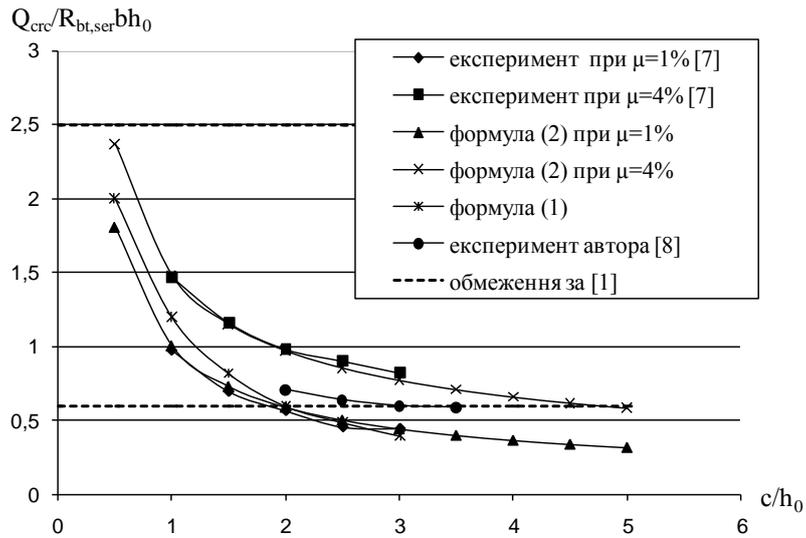


Рис. 1. Графік залежності зусилля тріщиноутворення від довжини прогону зрізу

Відношення $\frac{Q_{crc}}{R_{bt,ser} \cdot b \cdot h_0}$ за формулою (2), як бачимо з графіка (рис. 1), добре збігається з експериментальними даними. Відповідно доцільніше використовувати для визначення виникнення похилих тріщин формулу (2) замість традиційної (1).

Запропонована формула (2) враховує основні фактори, що впливають на виникнення похилої тріщини: розрахунковий опір бетону розтягу по другій групі граничних станів, геометричну форму перерізу, відносний прогін зрізу, відсоток поздовжнього армування та суттєво спрощує розрахунок виникнення похилих тріщин в елементах без попереднього напруження з важкого бетону порівняно з формулою існуючих норм. Як показує практика, обмежувати величину сили тріщиноутворення $Q = 0,6 \cdot R_{bt,ser} \cdot b \cdot h_0$ доцільно лише в елементах з $\mu \geq 1,5\%$. В елементах, які армовані поздовжньою арматурою при $\mu = 1\%$, похила тріщина може утворюватися і при $Q = 0,45 \cdot R_{bt,ser} \cdot b \cdot h_0$ за наявності прогону зрізу $\frac{c}{h_0} = 2,5$

[8]. Тому для елементів із $\mu < 1,5\%$ треба нижню границю утворення похилої тріщини встановити на рівні $Q = 0,45 \cdot R_{bt,ser} b h_0$.

Оскільки на зусилля виникнення похилої тріщини впливає поздовжнє армування, відповідно воно має вплив і на несучу здатність елементів без поперечного армування.

Розрахунок із визначення несучої здатності елементів без поперечного армування слід проводити на основі формули (2).

Ця формула враховує, окрім загальноприйнятих чинників, вплив поздовжнього армування, що більш реально оцінює несучу здатність елементів без поперечного армування.

У загальному випадку формула для визначення міцності похилих перерізів залізобетонних елементів, які згинаються, без поперечного армування матиме вигляд

$$Q_u = \frac{0,625 \varphi_{b4} (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_0^2 \sqrt{1,1 + 0,7 \mu \frac{c}{h_0}}}{c}, \quad (4)$$

де права частина умови приймається не більшою ніж $2,5 R_{bt} b h_0$ і не меншою за $\varphi_{b3} (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_0$, а у разі $\mu_s < 1,5\%$ – не меншою від $0,45 (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_0$; коефіцієнт φ_{b4} приймається за п. 3.32 [1].

За діючими нормами [1], розрахунок на продавлювання плитних конструкцій (без поперечного армування) на продавлювання повинен виконуватися за умови

$$F \leq \alpha \cdot R_{bt} \cdot u_m \cdot h_0 \quad (5)$$

де F – продавлююча сила;

α – коефіцієнт, що приймається для важкого бетону 1;

u_m – середнє арифметичне значення периметрів верхньої та нижньої основ піраміди, що створена при продавлюванні в межах робочої висоти перерізу.

При проведенні розрахунку за (5) передбачається, що продавлювання відбувається по боковій поверхні піраміди, меншою основою якої становить площина дії продавлюючої сили, а бокові грані нахилені під кутом 45^0 до горизонталі (рис. 2).

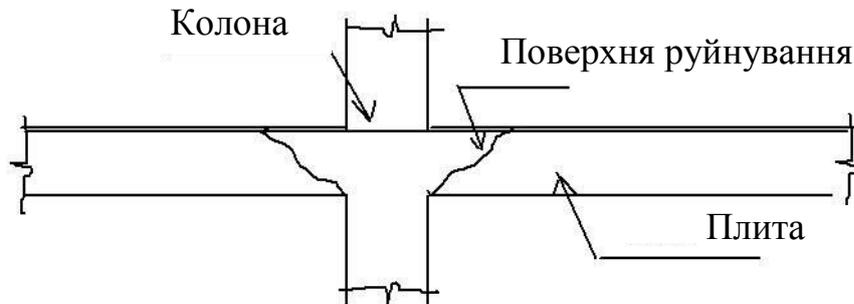


Рис. 2. Схема для розрахунку залізобетонних елементів на продавлювання

В залізобетонних балках це відповідає прольоту зрізу $\frac{c}{h_0} = 1$, при цьому ширина перерізу b при розрахунку на продавлювання плитних конструкцій усереднюється арифметичним значенням периметрів верхньої та нижньої основ піраміди, що створена при продавлюванні в межах робочої висоти перерізу u_m .

Таким чином формулу (5) при розрахунку на продавлювання плитних $\frac{c}{h_0} = 1$ конструкцій при можемо записати у вигляді

$$F(Q) \leq \frac{0,625 \varphi_{b4} R_{bt} b h_0^2 \sqrt{1,1 + 0,7 \mu \frac{c}{h_0}}}{c} \quad (6)$$

Тут коефіцієнт $(1 + \varphi_n)$ упущено, хоча, можливо він повинен мати місце при дії поздовжніх стискуючих сил, які можуть виникати в залежності від умов завантаження плитної конструкції.

Взявши до уваги, що φ_{b4} для важкого бетону рівний 1,5; для плитних конструкцій середня робоча ширина перерізу це u_m , та прийнявши $c=h_0$ (прольот зрізу рівний 1) маємо

$$F(Q) \leq \frac{0,625 \cdot 1,5 \cdot R_{bt} \cdot u_m \cdot h_o^2 \sqrt{1,1 + 0,7 \mu \frac{h_o}{h_o}}}{h_o} = 0,9375 \cdot R_{bt} \cdot u_m \cdot h_o \sqrt{1,1 + 0,7 \mu}$$

Таким чином можемо визначити міцність на продавлювання плитних конструкцій (без поперечної арматури) з урахуванням поздовжнього армування плити

$$F \leq 0,9375 \cdot R_{bt} \cdot u_m \cdot h_o \sqrt{1,1 + 0,7 \mu} \quad (7)$$

Тут коефіцієнт поздовжнього армування μ слід визначати для верхньої частини плити в межах площі дії продавлюючої сили за формулою

$$\mu = \frac{A_s}{u_m \cdot h} \cdot 100\%$$

де A_s – площа поперечного перерізу всієї поздовжньої арматури на площі дії продавлюючої сили;

u_m – середнє арифметичне значення периметрів верхньої та нижньої основ піраміди, що створена при продавлюванні в межах робочої висоти перерізу,

h – висота плити.

Формула (7) за відсутності поздовжнього (верхнього рис. 2) армування перетворюється на формулу діючих норм. За наявності поздовжнього армування формула (7) дає можливість врахувати додатково вплив поздовжнього армування щодо міцності на продавлювання плитних конструкцій (без поперечного армування).

Як бачимо з графіка (рис. 2), обчислення несучої здатності монолітного безбалкового безкапітельного перекриття на продавлювання,

без поперечного армування за запропонованою формулою (7) більш наближене до експериментальних даних [10, 11] та враховує додатковий фактор – поздовжнє армування.

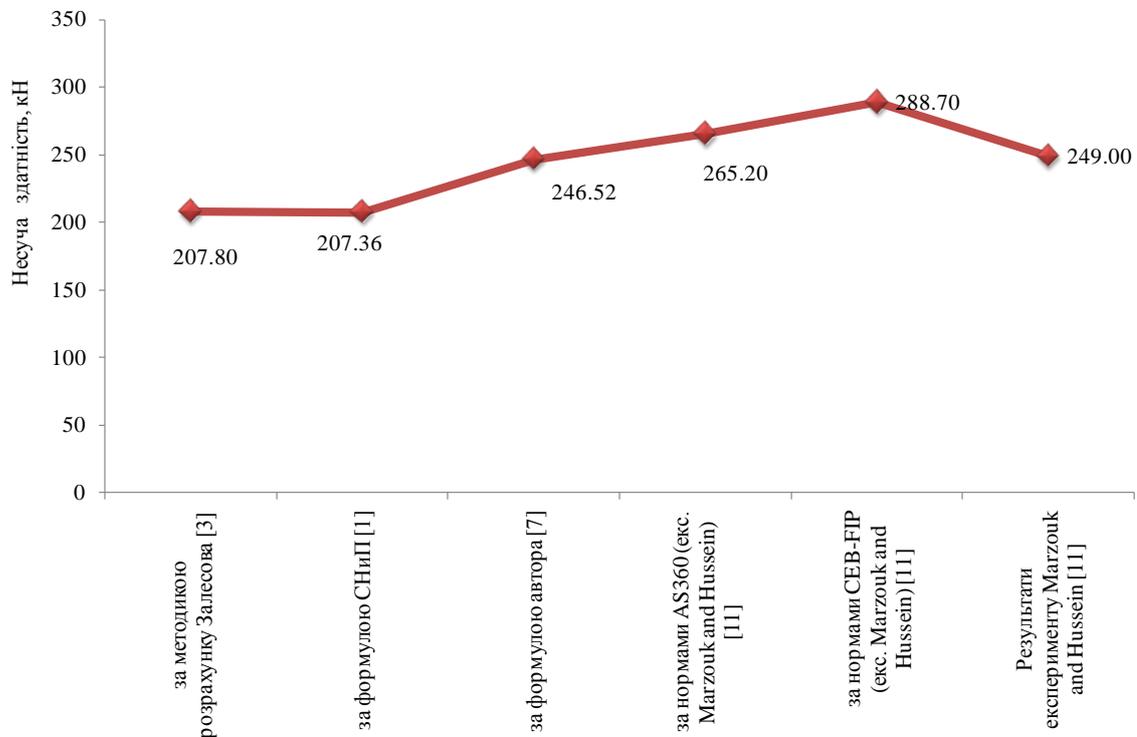


Рис. 3. Графік порівняння розрахункової та експериментальної несучої здатності на продавлювання плит перекриття

Висновки.

Наведена вище формула розрахунку міцності на продавлювання враховує, на відміну від діючих норм, вплив поздовжнього армування.

Розрахунок міцності на продавлювання плит перекриття без поперечного армування можна проводити за формулою (7), яка додатково враховує поздовжнє армування і більш наближена до фактичних даних експериментів.

Список літератури

1. СНиП 2.03.01.-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 88 с.

2. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям / А.С.Залесов, Э.Н.Кодыш, Л.Л. Лемыш, И.К.Никитин. – М.: Стройиздат, 1988. – 320 с., ил.
3. Залесов А.С. Научно-технический отчет по теме: Разработка методики расчета и конструирования монолитных железобетонных безбалочных перекрытий, фундаментных плит и ростверков на продавливание / А.С. Залесов, Е.А. Чистяков, А.С. Махно. – М., 2002. – 55 с.
4. Залесов А.С., Мухамедиев Т.А. Настоящее и будущее расчета железобетона // Бетон и железобетон. – 2005. – №4. – С. 3–6.
5. Дорофеев В.С., Карпюк В.М., Ковров А.В. К вопросу об экспериментальном обеспечении дальнейшего развития методов расчета прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов // Збірник наукових праць „Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди” / Нац. ун-т водного господарства та природокористування. — Рівне: НУВГП, 2006. – Вип. 14. – С 463–471.
6. Барашиков А.Я., Колякова В.М., Блалі М. Экспериментальные исследования трещиностойкости железобетонных балок, усиленных различными материалами // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій Держбуду України Т. 2. – К.: НДІБК, 2005.– Вип. 62. – С. 100–105.
7. Дмитренко А.О. Визначення зусилля утворення похилих тріщин у залізобетонних елементах, що згинаються // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – Вип. 17. – С. 102–104.
8. Двоскина Л.Г. Исследование вклада характеристик железобетонных элементов в их прочность по наклонному сечению: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Вильнюс, 1977. – 16 с.
9. Дмитренко А.О. Експериментальне дослідження залізобетонних балок по похилому перерізу // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПДТУ, 2000. – Вип. 6. Ч. 2. – С. 87–90.
10. Marzouk, H. and Hussein, A. Experimental Investigation on the Behaviour of High-Strength Concrete Slabs. ACI Structural Journal, Nov.-Dec., V. 88, No. 6, 1991, pp. 701-713.
11. D. Tuan Ngo. Electronic Journal of Structural Engineering, 1 2001.