

## ОПТИМІЗАЦІЯ ЕПЮРИ ПОПЕРЕЧНОЇ АРМАТУРИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗГИНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Білозір В.В. (Львів)

Показана можливість використання аналітичного методу оптимізації епюри матеріалів для розрахунку та конструювання поперечного армування залізобетонних елементів. Теоретично виведені формули для визначення оптимальних координат зміни інтенсивності поперечного армування.

Норми проектування [1] передбачають вимоги щодо кроку поперечних стержнів для конструкцій балкового і плитового типу. При цьому інтенсивність армування, встановлена розрахунком, має бути рівна [1]

$$q_{sw} \geq \frac{\varphi_{b_2} (1 + \varphi_n + \varphi_f) R_{bt} b}{2} \quad (1)$$

де  $\varphi_{b_2}$  - коефіцієнт, який для важкого бетону рівний 0,6;

$\varphi_n$ ,  $\varphi_f$  - коефіцієнти, які враховують вплив поздовжніх сил та поличок відповідно;

$R_{bt}$  - розрахунковий опір бетону осьовому розтягові;

$b$  - ширина поперечного перерізу.

З урахуванням того, що згідно з [1]

$$Q_{bmin} = \varphi_{b_2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_0 \quad (2)$$

де  $Q_{bmin}$  - мінімальне значення частини поперечної арматури, яку сприймає бетон над похилою тріщиною, і порівнюючи (1) та (2), можна зробити висновок, що при величині проекції небезпечної похилої тріщини на поздовжню вісь елемента, рівній  $2h_0$ , інтенсивність армування повинна забезпечувати рівність частин зусиль  $Q_{sw}$  та  $Q_{bmin}$ .

З огляду на вказані вимоги норм проектування поставимо задачу про пошук оптимального розподілу інтенсивності поперечного армування  $q_{sw}$  вздовж балкового елемента. Розрахункова схема балки з епюрою поперечної арматури показані на рисунку. Під епюрою поперечної арматури розумітимемо епюру внутрішніх поперечних сил, накладену на епюру зовнішніх поперечних сил.

$$\frac{dS}{dl_1} = 0 \quad (3)$$

З рисунка видно, що  $S$  можна знайти таким чином:

$$S = Q_{b\min} \left(\frac{l}{2} - l_2\right) + 0.5 \left(\frac{ql}{2} - ql_1 - Q_{b\min}\right)(l_2 - l_1) + \\ + 0.5 \left(\frac{ql}{2} - \left(\frac{ql}{2} - ql_1\right)\right)l_1 \quad (4)$$

Знайдемо  $l_1$  з умови

$$\frac{dS}{dl_1} = -\frac{ql}{4} - \frac{ql_2}{2} + ql_1 + \frac{Q_{b\min}}{2} + ql_1 = 0 \quad (5)$$

Звідси отримуємо

$$l_1 = \frac{l + 2l_2}{8} - \frac{Q_{b\min}}{4q} \quad (6)$$

Тут  $l_2$ , як було вказано вище, визначається з умови

$$Q_{\max} - ql_2 = Q_{b\min} \quad (7)$$

Розв'язавши (7), отримуємо:

$$l_2 = \frac{Q_{\max} - Q_{b\min}}{q} \quad (8)$$

Отримані результати дозволяють зробити такі висновки:

1. Показано, що епюру поперечної арматури, як і звичайну епюру матеріалів [2], можна оптимізувати.

2. При потрійній зміні інтенсивності поперечного армування в межах півпрогону балки координату  $l_2$  доцільно поставити у пряму залежність від  $Q_{b\min}$ , що визначається згідно з нормами [1], а  $l_1$  - визначати з умови (3). При цьому  $l_1$ , як свідчить рівняння (6), залежить від  $l$ ,  $l_2$ ,  $q$  та  $Q_{b\min}$ .

### Литература

1. СНиП 2.03.01-84\* Бетонные и железобетонные конструкции / Гос-строй СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1984. - 79 с.
2. Білозір В.В. Аналітичний метод оптимізації епюри матеріалів / Вісник ДУ «Львівська політехніка» Теорія і практика будівництва. - №360.-1998.-с.7-12.

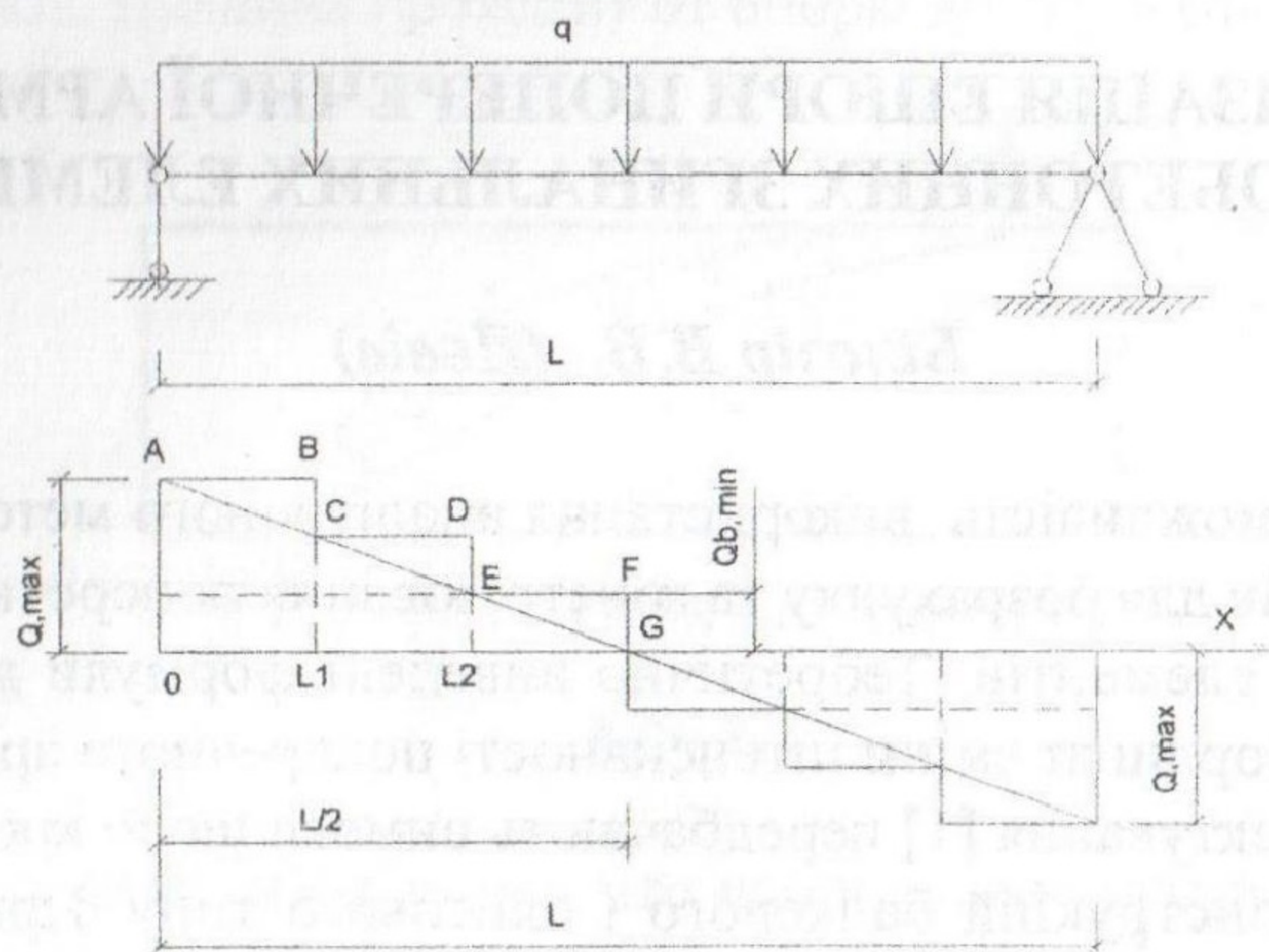


Рис. Розрахункова схема та епюра поперечної арматури при потрійній зміні інтенсивності армування  $q_{sw}$  в межах півпрогону балки.

Епюра матеріалів свідчить про те, що в межах відстані між координатами  $l_2$  та  $l/2$  інтенсивність армування може бути найменшою, оскільки на цьому проміжку  $Q_{b,min}$  перевищує величини зовнішньої поперечної сили. На цій ділянці крок поперечних стержнів приймається максимальним і згідно з нормами проектування [1], а діаметр поперечних стержнів – мінімально можливим. Таким чином, для балки, завантаженої рівномірно розподіленим навантаженням, за умови ще однієї зміни інтенсивності армування поперечними стержнями в точці з координатою  $l_1$  найменші витрати матеріалів будуть тоді, коли перевищення площі епюри зусиль, які сприймаються поперечною арматурою і бетоном, над епюрою зовнішніх поперечних сил буде мінімальним. Таким чином, для балки, завантаженої рівномірно розподіленим навантаженням, за умови ще однієї зміни інтенсивності армування поперечними стержнями в точці з координатою  $l_1$ , найменші витрати поперечної арматури будуть тоді, коли перевищення площі епюри зусиль, які сприймаються поперечною арматурою і бетоном над епюрою зовнішніх поперечних сил буде мінімальним. Іншими словами, сума площ трикутників ABC, CDE та EFG, яку позначимо  $S$ , має бути щонайменшою. Оскільки  $l_2$  – фіксована координата (її визначає  $Q_{b,min}$ ), то  $S$  залежатиме лише від  $l_1$ . Площа  $S$  буде мінімальною, якщо  $l_1$  знаходитиметься з умови