

**ТЕМА : РОЗРАХУНОК СТИСНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

До стиснутих елементів відносяться колони, стояки рам, верхні пояси і стояки залізобетонних ферм, перегородки і стіни будинків, стіни прямокутних резервуарів з покриттям, елементи сільськогосподарських споруд та багато інших конструкцій. У більшості випадків стиснуті елементи сприймають вплив поздовжньої сили  $N$  і згинаючого моменту  $M$ . У цьому випадку говорять про позацентрово стиснутий елемент. Ексцентриситет  $e_0 = M/N$ , що з'являється в цьому випадку, називають розрахунковим. Якщо ж момент  $M$  відсутній, а діє тільки стискаюча сила  $N$ , то даний вид стиску називається умовно центрально стиснутим елементом з випадковим ексцентриситетом. Розмір випадкового ексцентриситету  $e_a$  приймають рівним більшому зі значень:  $1/600$  довжини елемента і  $1/30$  висоти перерізу елемента, але не менше 1 см.

При розрахунку стиснутих елементів з'являється небезпека втрати їх стійкості - при дії критичної сили  $N_{cr}$  відбувається інтенсивне руйнування стиснутого елемента від зростання прогинів. У розрахунках це явище оцінюють за допомогою коефіцієнтів  $\varphi$  і  $\eta$ .

**Розрахунок умовно центрально стиснутих елементів**

Умовно центрально стиснутим елементом називається такий, в якого є тільки стискаюче зусилля  $N$ , а  $M = 0$ . Такі елементи називають ще стиснутими елементами з випадковими ексцентриситетами. У літературі існує спрощений метод розрахунку несучої здатності таких елементів. Розрахункова довжина їх не повинна перевищувати  $\ell_0 \leq 20h$ , армовані вони симетричною арматурою класів А240С, А300С, А400С, а переріз має квадратну чи прямокутну форми.

Умова міцності для цих елементів має наступний вигляд:

$$N = \eta\varphi[R_b A_b + R_{sc}(A_s + A'_s)] , \quad (4.1)$$

де  $N$  – розрахункова поздовжня сила;

$A_b$  – площа бетону,  $A_b = bh$ ;

$A'_s$  і  $A_s$  – верхня і нижня площі перерізу арматури;

$\eta$  – коефіцієнт поперечного перерізу,  $\eta = 1$  при  $h > 200$ мм і  $\eta = 0,9$  при  $h \leq 200$ мм;

$\varphi$  – коефіцієнт поздовжнього вигину, що залежить від гнучкості елемента  $\lambda = l_0/h$ ;

$$\varphi = \varphi_b + 2(\varphi_s - \varphi_b) \frac{R_{sc}(A_s + A'_s)}{R_b A_b} , \quad (4.2)$$

при цьому  $\varphi_b \leq \varphi_s$ ;  $R_{sc}$  – розрахунковий опір арматури стиску.

Значення коефіцієнтів  $\varphi_s$  і  $\varphi_b$  наведені в табл.4.1.

**Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнтів  $\varphi_s$  і  $\varphi_b$  залежно від  $\lambda$  і відношення  $N_l/N$**

Гнучкість Б $\lambda = l_0/h$	Значення $\varphi_b$ для			Значення $\varphi_s$ для		
	$N_l/N = 0$	0,5	1,0	$N_l/N = 0$	0,5	1,0
6	0,93	0,92	0,92	0,93/0,92	0,92/0,92	0,92/0,92
8	0,9	0,91	0,90	0,92/0,91	0,91/0,91	0,91/0,90
10	0,91	0,90	0,89	0,91/0,91	0,91/0,90	0,90/0,89
14	0,89	0,85	0,81	0,89/0,87	0,87/0,83	0,86/0,80
16	0,86	0,80	0,74	0,87/0,84	0,84/0,79	0,82/0,7
18	0,83	0,73	0,63	0,84/0,80	0,80/0,72	0,77/0,66
20	0,80	0,65	0,55	0,81/0,75	0,75/0,65	0,70/0,58

У таблиці прийняті такі позначення:  $N$  – повне розрахункове навантаження;  $N_l$  – навантаження тривалої дії;  $l_0$  – розрахункова довжина колони; приймають для збірних конструкцій  $l_0 = H$ , для монолітних  $l_0 = 0,7H$ , де  $H$  – висота поверху. У чисельнику наведені значення  $\varphi_s$ , якщо площа проміжних стержнів між крайніми рядами  $A_{sI} < (A_s + A'_s)/3$ , а в знаменнику, якщо  $A_{sI} \geq (A_s + A'_s)/3$ , де  $A_{sI}$  – площа внутрішніх проміжних стержнів.

Послідовність розрахунку арматури при заданих параметрах перерізу  $b$  і  $h$  полягає в наступному. Спочатку задають значення  $\eta = \varphi = 1$ , потім визначають  $(A_s + A'_s)$ :

$$A_s + A'_s = \frac{\frac{N}{\eta\varphi} - R_b A_b}{R_{sc}}. \quad (4.3)$$

Після цього визначають за формулою (4.2) значення  $\varphi$  з урахуванням параметрів  $\varphi_b$  і  $\varphi_s$  по табл.4.1. Потім при отриманому значенні  $\varphi$ , вже не рівному 1, уточнюється сумарна площа  $A_s$  і  $A'_s$ . За цією площею по сортаменту підбирають конкретну арматуру і розподіляють по перерізу. Цей метод розрахунку називається методом послідовних наближень.

При вирішенні задачі по одночасному підборі площі бетону й арматури при заданому навантаженні приймають  $\eta = \varphi = 1$  і додатково задають коефіцієнт армування  $\mu = 0,01$ . Використовуючи формулу (4.1), можна одержати площу перерізу бетону

$$A_b = \frac{N}{\eta\varphi(R_b + \mu R_{sc})}. \quad (4.4)$$

Ця площа служить для визначення розмірів перерізу  $b$  і  $h$ . Розміри приймають дільними 50 мм. Після цього визначають площу арматури за вищенаведеною методикою. Максимальний відсоток армування колон не повинен перевищувати 3%.

### Розрахунок позацентрово стиснутих елементів

При наявності розрахункових значень  $M$  и  $N$  методика розрахунку стиснутих елементів змінюється. Залежно від розмірів ексцентриситету прикладання поздовжньої сили  $N$  ( $e_0 = M/N$ ) розрізняють два характерних випадки руйнування позацентрово стиснутих елементів. При великих ексцентриситетах (випадок 1) руйнування починається з розтягнутої зони елемента (рис.4.1, а). З'являються тріщини в розтягнутій зоні і при подальшому збільшенні навантаження в розтягнутій арматурі напруження досягають межі плинності, після чого руйнується стиснута зона бетону. При цьому дотримується умова  $\xi \leq \xi_R$ .

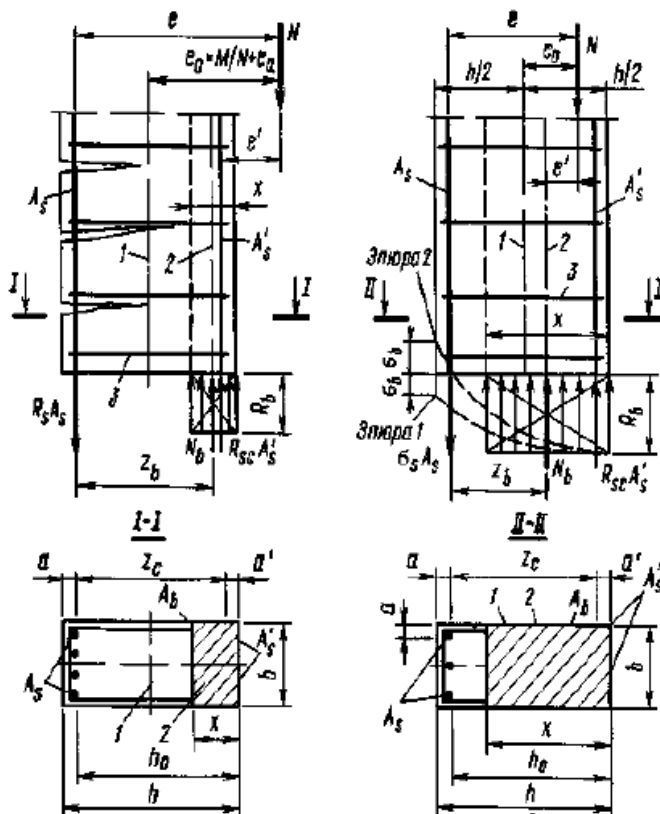
При малих ексцентриситетах (випадок 2) стискаюча сила знаходиться недалеко від центру ваги перерізу, більша частина перерізу стиснута. Руйнування елемента настає внаслідок вичерпання несучої здатності стиснутої зони бетону і стиснутої арматури. Розтягнута арматура  $A_s$  в цьому випадку недовантажена і може бути або розтягнута, або стиснута (рис.4.1, б).

При руйнуванні елементів у випадку 1 напруження в розтягнутій арматурі  $A_s$  приймають рівними  $R_s$ , а при руйнуванні по випадку 2  $\sigma_s < R_s$ , а якщо в цій арматурі стиск, то  $\sigma_s = R_{sc}$ .

Зовнішній момент в обох випадках приймають рівним  $M = Ne$ , де  $e$  – відстань від  $N$  до розтягнутої (найбільш віддаленої) арматури.

Міцність елемента визначають з порівняння зовнішнього і внутрішнього згинальних моментів щодо центру ваги розтягнутої арматури  $A_s$ :

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (4.5)$$



а

б

Рис. 4.1 Схема розрахункових зусиль у позацифровано стиснутих елементах:

а – випадок великих ексцентриситетів; б – випадок малих ексцентриситетів

Висоту стиснутої зони  $x$  визначають з умови рівноваги всіх поздовжніх сил на вісь  $y$ -іє:

для випадку 1

$$N = R_b b x + R_{sc} A'_s - R_s A_s, \quad (4.6)$$

для випадку 2

$$N = R_b b x + R_{sc} A'_s - \sigma_s A_s. \quad (4.7)$$

Значення  $\sigma_s$  у формулі (4.7) визначають за залежністю

$$\sigma_s = \left[ \frac{2(1-\xi)}{1-\xi_R} - 1 \right] R_s. \quad (4.8)$$

Формулою (4.8) можна користуватися, якщо клас бетону розрахункового елемента В30 і менше, а клас арматури А240С, А300С, А400С. Для випадку 2 висоту стиснутої зони  $x$  знаходять методом послідовних наближень, задаючи на першому етапі  $\xi = 0,75$ . Потім з (4.7) визначають  $x$ , обчисливши за (4.8) величину  $\sigma_s$ :

$$x = \frac{N - R_{sc} A'_s + \sigma_s A_s}{R_b b}. \quad (4.9)$$

Наступним наближенням уточнюється  $\xi$  і  $\sigma_s$ .

Для позацентрово стиснутих елементів важливо враховувати гнучкість елемента, що визначається за допомогою коефіцієнта  $\eta$ .

$$e = e_0 \eta + 0,5h - a. \quad (4.10)$$

Параметр  $\eta$  норми рекомендують визначати за формулою

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}}. \quad (4.11)$$

Значення критичної сили  $N_{cr}$  знаходять за формулою

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_0^2} \left[ \frac{I_b}{\varphi_l} \left( \frac{0,11}{0,1 + \delta_e / \varphi_p} + 0,1 \right) + \alpha I_s \right], \quad (4.12)$$

де  $l_0$  – розрахункова довжина елемента;

$I_b$  – момент інерції бетонного перерізу;

$$\varphi_l = 1 + \beta M_1 / M; \quad M_1 – \text{тривала складова загального моменту } M; \quad \beta =$$

1 для важких бетонів;

$$\delta_e = e_0 / h; \quad \text{але не менше } \delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{e_0}{h} - 0,01 R_b; \quad R_b \text{ у МПа;}$$

$$\varphi_p = 1 + 12 \frac{\sigma_{bp}}{R_b} \frac{e_0}{h} – \text{тільки для попередньо напружених елементів;}$$

$\alpha I_s$  – приведений момент інерції арматури, що обчислюється щодо центру ваги бетонного перерізу.