

Лекція 9. Розрахунок розтягнутих елементів

Конструктивні особливості

До центрально-розтягнутих елементів належать затяжки і підвіски арок, нижні пояси, а також деякі розкоси і стійки крокв'яних ферм, стінки циліндричних резервуарів і трубопроводів, які піддаються тиску рідини із середини і інші елементи.

Центральний розтяг виникає, коли повздовжня розтягувальна сила N прикладена у центрі ваги перерізу (рис. 7.1).

Центрально-розтягнені елементи армують окремими стрижнями або званими каркасами з рівномірним розміщенням арматури у перерізі. У разі великої ширини конструкції (стінки резервуарів) можна використовувати зварні сітки. Діаметр повздовжньої арматури можна змінювати у широких межах (3–30 мм і більше).

Стики робочих стрижнів виконують переважно на зварці. У в'язаних каркасах і сітках стики робочих стрижнів внаклад допускаються тільки для плитних елементів за довжини накладу не менше $20d$. Місця стиків розташовують врозбіг.

Коли повздовжня розтягувальна сила N прикладена з ексцентриситетом щодо центра ваги перерізу або коли повздовжня розтягувальна сила прикладена у центрі ваги перерізу, але одночасно діє згинальний момент M (рис.7.2 *a*), елемент працює на позацентровий розтяг. У таких умовах працюють стінки прямокутних резервуарів (рис. 7.2, *b*), елементи деяких рамних систем, стінки бункерів, нижні пояси крокв'яних ферм і затяжки арок, якщо навантаження, прикладене між вузлами і ін.

Особливість армування позацентрово-розтягнутих елементів аналогічна особливості армування позацентрово-стиснених елементів: повздовжню робочу арматуру встановлюють по краях перерізу, перпендикулярним площині згину, і зв'язують поперечними хомутами.

9.1 Розрахунок міцності центрально- і позацентрово-розтягнутих елементів за нормальними перерізами

Центрально-розтягнені елементи. Під час розрахунку на міцність таких елементів роботу бетону на розтяг не враховують, все навантаження сприймається арматурою. На основі умови рівноваги розрахункова формула має вигляд

$$N \leq R_s \cdot A_{s, \text{tot}}, \quad (7.1)$$

де N – розрахункова повздовжня розтягувальна сила від зовнішнього навантаження; R_s – розрахунковий опір розтягнутої арматури; $A_{s, \text{tot}}$ – площа перерізу всієї повздовжньої арматури.

9.2 Позацентрово-розтягнені елементи. У разі позацентрового розтягу аналогічно як у згинальних елементів (пар.2, роз.19) і позацентрово-стиснені (пр.2,роз.20) розрізняють два випадки руйнування: $\xi < \xi_y$ –перший випадок; $\xi > \xi_y$ – другий випадок.

У першому випадку, коли стиснена зона у перерізі відсутня ($\xi = 0$), розрахункова повздовжня сила від зовнішнього навантаження повністю сприймається всією повздовжньою арматурою. Це відбувається у разі розташування повздовжньої сили між рівнодійний зусиль у арматурі S і S' (рис.7.3,а); переріз цілком розтягнений і опір бетону розтягу не враховують. Розрахунок виконують із умов, які випливають із рівнянь рівноваги моментів щодо арматури S і S' :

$$N \cdot e \leq R_s \cdot A_s \cdot Z_s; \quad (7.2)$$

$$N \cdot e' \leq R_s \cdot A_s \cdot Z_{s'}. \quad (7.3)$$

де e і e' – ексцентриситети сили N до центра ваги арматури , відповідно S і S' .

Якщо за першого випадку частина перерізу стиснена, а друга – розтягнена (рис.7.3, b), розраховують на основі таких припущень: у граничному стані напруження у стисненому бетоні досягають розрахункового опору, R_b , у стисненій арматурі – $R_{s.c}$ і у розтягненій арматурі – R_s . Це збігається з передумовами розрахунку згинальних елементів з подвійною арматурою і розрахунку позацентрово-стиснених елементів.

Розрахункові формули для елементів будь-якої симетричної форми одержують із загальних рівнянь рівноваги

$$N \cdot e \leq R_b \cdot S_{b,0} + R_{s.c} \cdot S'_{s0}; \quad (7.4)$$

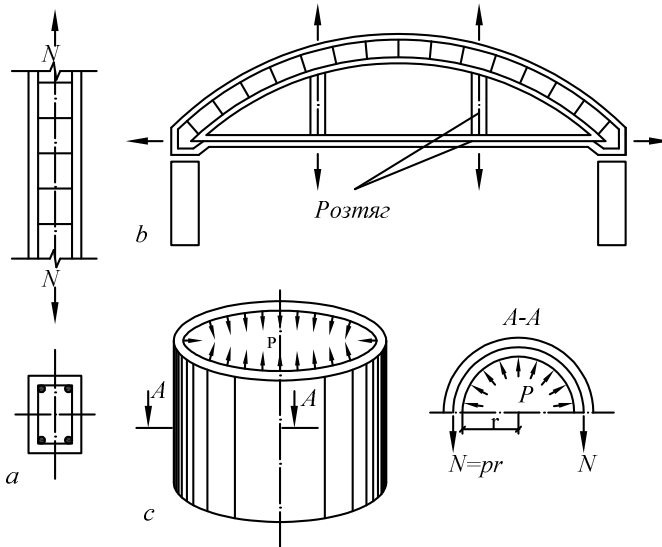


Рис.7.1.Залізобетонні елементи, які працюють на центральній розтяг:
 а - колона; б - арка; с - резервуар.

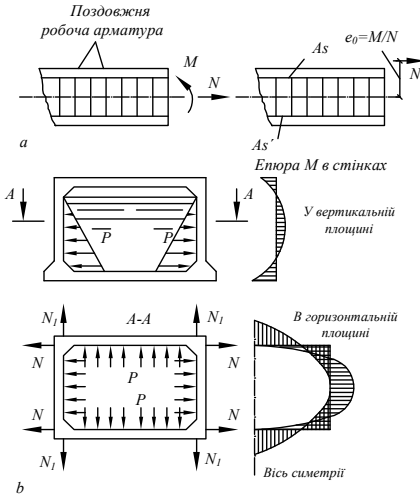


Рис.7.2. Робота залізобетонних елементів на позacentровий розтяг

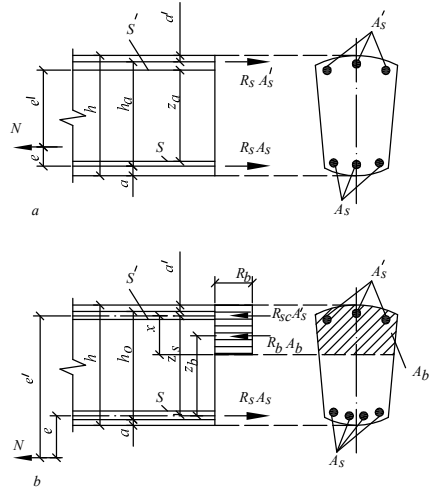


Рис.7.3. Схеми дій зусиль в поперечному перетині розтягнутих елементів: *a* - при малих ексцентриситетах; *b* - при великих ексцентриситетах

$$N \leq R_s A_s - R_{s,c} \cdot A'_s - R_b \cdot A_b, \quad (7.5)$$

$$R_b \cdot S_{b,N} + R_{s,c} \cdot A'_s \cdot e' - R_s \cdot A_s \cdot e = 0, \quad (7.6)$$

у яких $S_{b0} = A_b \cdot Z_b$; $S'_{s0} = A'_s \cdot Z_s$; і $S_{b,N} = A_b (e - z_b)$, тобто мають ті самі значення, які при позacentровому стиску (пар.3, роз.20).

Потрібно звернути увагу на те, що порівняно із позacentровим елементом, де знаки доданків змінювались, у рівняннях моментів знаки доданків не змінюються, оскільки напрямок моментів залишається таким самим. У рівняннях зусиль знаки змінюються, оскільки поздовжня сила N спрямована у протилежний бік.

Розрахункові формули (7.4) – (7.6) справедливі, і стиснена арматура враховується повністю, якщо задовольняється умова $Z_b \leq Z_s$.

Якщо ця умова не задовольняється, тобто $Z_b > Z_s$, напруження у стисненій арматурі можуть не досягти розрахункового опору і розраховують із умови

$$N (e + z_s) \leq R_s A_s Z_s. \quad (7.7)$$

Якщо $Z_s < Z'_b$ (де Z'_b визначають без врахування арматури A'_s), тоді $N (e + Z'_b) \leq R_s \cdot A_s \cdot Z'_s$, (7.8)

Для позacentрово-розтягнутих прямокутних перерізів при $\zeta=0$ умови міцності мають такий самий вигляд, як і для перерізів будь – якої симетричної форми. Тому умови (7.2) і (7.3) залишаються без змін. При тому

$$e = 0,5 h - a - e_o; \quad (7.9)$$

$$e' = 0,5 h - a' + e_o; \quad (7.10)$$

$$e_o = M/N, \quad (7.11)$$

де h – висота перерізу; M – розрахунковий згинальний момент; N – розрахункова повздовжня розтягувальна сила.

Якщо частина прямокутного перерізу стиснена, то розрахункові формули одержимо із виразів (7.4) – (7.6), підставивши у них геометричні характеристики перерізу

$$A_e = b x S_{b0} = b x (h_0 - 0.5x); \quad e = e_o - 0.5h + a;$$

$$e' = e_o + 0.5h - a'; \quad S_{bN} = b x (e + h_0 - 0.5x);$$

$$N e \leq R_b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'); \quad (7.12)$$

$$N \leq R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_b b x; \quad (7.13)$$

$$R_b b x (e + h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s e' - R_s A_s e = 0. \quad (7.14)$$

Міцність прямокутних перерізів перевіряють за формулами (7.2), (7.3), (7.12) – (7.14).

Часто буває необхідно визначити площі перерізу арматури A_s і A'_s за відомих розрахункових значень M і N при заданих розмірах перерізу, класу бетону і класу сталі арматури.

Тоді для прямокутних перерізів при $\xi = 0$ із умови (7.2)

$$A'_s = N e / R_s (h_0 - a'), \quad (7.15)$$

а із умови (7.3)

$$A_s = N e' / R_s (h_0 - a'). \quad (7.16)$$

У елементах прямокутного перерізу у разі виконання умови $Z_b \leq Z_s$ для одержання оптимального значення $A_s + A'_s$ за бетону класу В30 і нижче, прийнявши $x = 0.55 h_0 (a' = 0.1h_0)$, одержимо формулу для визначення A'_s , подібну формулі (22.22);

$$A'_s = (N e - 0.4 R_b b h_0) / R_{sc} (h_0 - a')$$

При тому площа перерізу розтягнутої арматури

$$A_s = (R_b / R_s) e \xi h_0 + (R_{sc} / R_s) A'_s + N / R_s. \quad (7.17)$$

Тут порівняно з формулою (20.27) змінено знак перед членом, в який входить сила N , оскільки ця сила розтягувальна.

Якщо A'_s знайдено із виразу (20.22), у формулу (7.17) необхідно підставити $\xi = 0,55$.

Виконуючи умову $Z_b > Z_s$, напруження у стисненій арматурі можуть не досягнути розрахункового опору, і розтягнену арматуру знайдемо із умови (7.7)

$$A_s = N (e + Z_s) / (R_s Z_s). \quad (7.18)$$

Якщо $Z_s < Z'_b$, із умови (7.8)

$$A_s = N (e + Z'_b) / (R_s Z'_b). \quad (7.19)$$

За другого випадку ($\xi > \xi_s$) розраховують за формулами (5.4) – (5.6), підставляючи у них замість R_s значення δ_s , яке визначається за формулою (20.32);

$$N e \leq R_b S_{b0} + R_{sc} S'_{s0}; \quad (7.20)$$

$$N \leq \sigma_s A_s - R_{sc} A'_s - R_b A_b; \quad (7.21)$$

$$R_b S_{bN} + R_{sc} A'_s e' - \sigma_s A_s e = 0. \quad (7.22)$$

Під час розрахунку позацентрово-розтягнених елементів не враховують

довготривалу дію навантаження і гнучкості елемента, тому що в цьому разі під час деформації елемента ексцентриситет повздожньої сили не збільшується, а зменшується, що в розрахунку міцності не враховують.

9.3 Розрахунок міцності позацентрово-розтягнутих елементів за похилими перерізами

Якщо у позацентрово-розтягнутому елементі діє поперечна сила, тоді варто мати на увазі, що при розтягувальній силі N головні розтягуючі напруження більші, ніж при стискальній силі N . Тому необхідно зберігати деякі нормативні вимоги.

1. Якщо повздожня сила проходить між рівнодійними зусиль у арматурі S і S' вся поперечна сила у будь-якому похилому перерізі повинна бути сприйнята поперечною арматурою, тобто для таких похилих перерізів повинна задовольнятися умова

$$Q \leq q_{sw}c = (R_{sw}A_{sw}/s)c, \quad (7.23)$$

де Q – розрахункова поперечна сила; q_{sw} – зусилля у хомутах на одиницю довжини елемента; c – проекція похилого перерізу на повздожню вісь елемента; R_{sw} – розрахунковий опір у поперечних стрижнях (хомутах); A_{sw} – площа перерізу хомутів на одиницю довжини елемента; S – крок хомутів.

2. Якщо повздожня сила N прикладена за межами віддалі між рівнодійними зусиль у арматурі A_s і A'_s , розрахунок похилих перерізів повинен виконуватись як для згинальних елементів за формулами п.3 розділу 19. При тому значення Q_b визначають за формулою (19.83)

$$Q_b = [\varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_b + bh_0] / e;$$

коефіцієнт φ_n при дії повздожніх розтягувальним сил визначають за формулою (19.86)

$$\varphi_n = -0.2(N / R_b bh_0),$$

і приймають за абсолютною величиною, але не більше 0,8.

Питання для самоперевірки

1. Які елементи залізобетонних конструкцій належать до центрально-розтягнутих?
2. У чому полягає особливість розрахунку центрально-розтягнутих елементів?
3. Накресліть розрахункову схему позацентрово-розтягнутих елементів у граничному стані.
4. Перерахуйте особливості розрахунку на міцність позацентрово-розтягнутих елементів за похилими перерізами.
5. Коли розрахунок на міцність позацентрово-розтягнутих елементів за похилими перерізами не виконують?