

ТЕМА : ДВА МОЖЛИВИХ ВИПАДКИ РУЙНУВАННЯ ВИГНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Граничний стан вигнутого елемента за несучою здатністю (міцністю) характеризується руйнуванням по перерізу, нормальному до осі елемента, або по навісному перерізу (рис. 4.20). Руйнування по нормальному перерізу проходить від дії згинального моменту, а руйнування по навісному перерізу — від дії поперечної сили.

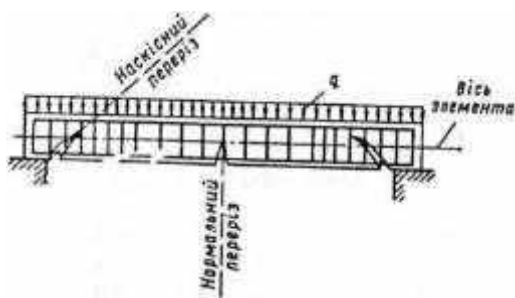


Рис. 4.20. Схема руйнування вигнутих елементів

В залізобетонних нормально армованих вигнутих елементах руйнування починається з розтягнутої арматури. У так званих переармованих елементах руйнування може початись із стиснутої зони бетону, а в арматурі напруження будуть меншими, ніж розрахунковий опір.

Відповідно до двох випадків руйнування елемента розрізняють і два випадки розрахунку:

1. розрахунок ведуть з передумови, що напруження в арматурі досягають розрахункового опору ($\sigma_s = R_s$), а вже пізніше настає руйнування бетону стиснутої зони;
2. руйнування починається із стиснутої зони бетону, а напруження в арматурі менші, ніж розрахунковий опір ($\sigma_s < R_s$).

Розрахунок міцності по нормальних перерізах для прямокутного профілю з одиночною арматурою

1

При розрахунку міцності по нормальних перерізах за основу приймають стадію III напружено-деформованого стану (рис. 4.15, а). Для спрощення розрахунку введено такі допущення:

напруження в бетоні стиснутої зони рівні розрахунковому опору ($\sigma_b = R_b$);

криволінійну епюру напружень в бетоні стиснутої зони замінюють на прямокутну(рис.4.21);

в розтягнутій зоні бетон не працює ($\sigma_b t = 0$), а працює лише арматура.

Міцність елемента буде забезпечена, якщо найбільший згинальний момент від зовнішнього навантаження M не перевищує моменту внутрішніх зусиль (мінімальної несучої здатності):

$$M \leq M_u \quad (4.22)$$

В перерізах з одиночною арматурою робоча арматура є тільки в розтягнутій зоні. Момент внутрішніх сил M створюється парою сил N_s , і N_b з плечем Z_b .

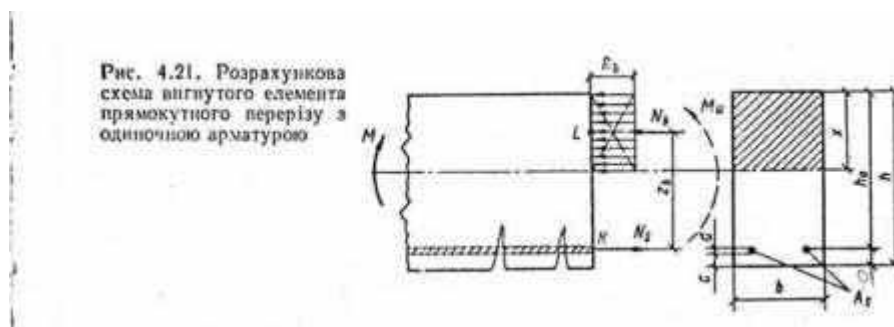
Рівнодійна стискувальних зусиль у бетоні

$$N_b = R_b b x \quad (4.23)$$

рівнодійна зусиль у розтягнутій арматурі

$$N_s = R_s A_s \quad (4.24)$$

де X — висота стиснутої зони; A_s — площа поперечного перерізу арматури



У розрахункові формули вводять не всю висоту перерізу, а так звану робочу або корисну висоту

$$h_u = h - a, \quad (4.25)$$

де a — відстань від розтягнутої грані перерізу до центра ваги арматури; при однорядному розміщенні робочої арматури $a = c + 0,5d$ (c — товщина захисного шару бетону, d — діаметр арматури).

Для одержаної системи сил можна скласти рівняння рівноваги:

2

$$1) \sum X = 0; 2) \sum M_k = 0; 3) \sum M_L = 0$$

Із рівняння 1 дістаємо

$$\begin{aligned} N_s - N_b &= 0 \\ R_s A_s - N_b b x &= 0 \\ x &= \frac{R_s A_s}{R_b b} \end{aligned} \quad (4.26)$$

Із рівняння 2 маємо

$$\begin{aligned} M_u &= N_b z_b \\ M_u &= R_b b x (h_0 - 0,5x) \end{aligned} \quad (4.27)$$

Користуючись формулами (4.22, 4.26, 4.27), перевіряють міцність елемента.

Для підбору арматури (приймавши $M_u = M$) використовують рівняння рівноваги

$$M_u = M = N_s z_b = R_s A_s (h_0 - 0,5x) \quad (4.28)$$

$$A_s = \frac{M}{R (h_0 - 0,5x)}$$

s 0

Формули 1, 2, 3 є справедливими для першого випадку руйнування елемента ($\sigma_s = R_s$), коли висота стиснутої зони x менша граничної висоти, тобто $x \leq x_R$, або $\xi \leq \xi_R$

Відносна висота стиснутої зони

$$\xi = \frac{x}{h_0} \quad (4.29)$$

Гранична відносна висота стиснутої зони

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{sc,u}} (1 - \omega)} \quad (4.30)$$

sc,u 1,1

де ω — коефіцієнт, який для важкого бетону 0,85; $\beta = 0,008$ — коефіцієнт для всіх видів бетону; $R_b =$ в МПа; σ_{sR} — напруження в арматурі, МПа (для арматури за формулами; $\sigma_{sc,u}$ — граничне напруження в арматурі стиснутої зони: для $\gamma_{b_2} \geq 1400$ МПа

Для переармованих елементів ($\xi > \xi_R$) маємо другий випадок руйнування, яке починається із стиснутого бетону, а міцність арматури не використовується в повній мірі і тому елементи треба проектувати так, щоб задовольнялася умова $\xi \leq \xi_R$. Якщо все-таки $\xi > \xi_R$ то ненапружені елементи з бетону класу ВЗО I нижче і арматури класів А-I, А-11, А-III можна розраховувати за формулами (4.26... 4.28), підставляючи в них значення $x = x_R = \xi_R h_0$

3. Коефіцієнти армування

Вміст арматури у конструкції оцінюють коефіцієнтом армування.

Коефіцієнт армування — відношення площі поперечного перерізу арматури A_s до робочої площі перерізу,

$$\mu = \frac{A_s}{bh_0} \quad (4.32)$$

—

Відсоток армування

$$\mu\% = 100 \frac{A_s}{bh_0} \quad (4.33)$$

Залежність відносної висоти від коефіцієнта армування

$$\xi = \frac{x}{h_0} = (R A_s) / (R b h_0) = \mu R / R \quad (4.34)$$

З формули (4.34) видно, що зі збільшенням коефіцієнта армування μ відносна висота збільшується, і тому якщо прийняти граничне значення відносної висоти стиснутої зони ξ_R , то дістанемо формулу для максимального коефіцієнта армування

$$\mu_{\max} = \xi_R R_b / R_s \quad (4.35)$$

Нормами обмежується і значення мінімального коефіцієнта армування, який для вигнутих елементів приймають $\mu_{\min} = 0,0005$. Для правильно запроектованих елементів задовольняється умова

$$\mu_{\min} \leq \mu \leq \mu_{\max} \quad (4.36)$$

Практикою встановлено оптимальні значення коефіцієнтів армування: для балок $\mu = 0,01 \dots 0,02$, для плит $\mu = 0,003 \dots 0,006$.

Розрахунок прямокутних перерізів за допомогою таблиць

З метою спрощення розрахунків для підбору розмірів перерізу елементів і арматури рекомендується користуватись таблицями, у яких наведені значення коефіцієнтів A_0 і η залежно від відносної висоти стиснутої зони (табл. 4.6).

Якщо для формули (4.27) $M_u = M$ і $x = \varepsilon h_0$, то можна записати

$$M = R_b b \xi h_0 (h_0 - 0,5 \xi h_0) = R_b b h_0^2 \xi (1 - 0,5 \xi) = R_b b h_0^2 A_0$$

Звідси дістанемо

$$A_0 = \frac{M}{R_b b h_0^2} \quad (4.37)$$

де

$$A_0 = \xi(1 - 0,5 \xi) \quad (4.38)$$

Якщо у формулі (4.38) прийняти граничну висоту стиснутої зони ε_R , то

дістанемо максимальне значення коефіцієнта A_R

$$A_R = \xi_R(1 - 0,5\xi_R) \quad (4.39)$$

а також граничний момент, який сприймається елементом з одиночною арматурою, при якому бетон стиснутої зони передчасно не руйнується:

$$M_{\max} = A_R R b h^2 \quad (4.40)$$

Другий коефіцієнт η — це відношення $\eta = z_b / h_0$

$$\eta = \frac{h_0 - 0,5x}{h_0} = 1 - 0,5\xi \quad (4.41)$$

або $z_b = \eta h_0$ і тому формула для визначення площі перерізу арматури має такий

вигляд:

$$M = R_s A_s z_b = R_s A_s \eta h_0 \quad (4.42)$$
$$A_s = \frac{M}{R_s h \eta}$$

s 0

З формули (4.37) для певного вибраного значення коефіцієнта A_0 можна визначити необхідну робочу висоту перерізу

$$h_0 = \sqrt{\frac{M}{A_0 R_s b}} \quad (4.43)$$