

## Лекція 8. Розрахунок стиснутих елементів

### 8.1 Конструктивні особливості

Залізобетонні елементи можуть бути стиснені зовнішніми повздовжніми силами центрально, тобто по осі поперечного перерізу, або позацентрово.

Центральний стиск – явище зустрічається рідко, його можна здійснити тільки у лабораторії. У реальних умовах через недосконалість геометричних форм елементів конструкцій, відхилення їх реальних розмірів від призначених за проектом, неоднорідності бетону і інших причин відбувається позацентровий вплив сил з так званими випадковими ексцентриситетами.

До центральностиснутих елементів умовно зараховують: проміжні колони у будівлях і спорудах, верхні пояси ферм, завантажених у вузлах, висхідні розкоси і стійки ґратки ферм.

До позацентровостиснутих елементів належать крайні колони промислових і цивільних будівель, стійки естакад, елементи рамних конструкцій, арок.

Залізобетонні колони за конструкцією діляють на три основних види: з гнучкою повздовжньою арматурою і поперечними стрижнями, або хомутами (рис.6.1,*a,b*); з опосередкованою арматурою у вигляді спіралі, або кілець (рис.6.1,*c*); з жорсткою (несучою) арматурою (рис.6.1, *d*).

Вибір тієї чи іншої конструкції колони залежить від призначення будівлі, способу його зведення, розміру навантаження, архітектурних і економічних вимог (міркувань).

Сьогодні найбільшого розповсюдження набули колони, що мають квадратний, прямокутний поперечний переріз. Але під час армування спіралями, або зварними кільцями приймають звичайно круглий, або багатокутний поперечний переріз. У промисловому будівництві використовують колони ефективного двотаврового поперечного перерізу (переважно для важко навантажених колон).

Із трьох основних видів колон розглянемо колони із гнучкою повздовжньою арматурою.

Такі колони армують повздовжніми робочими стрижнями, або в'язаними хомутами (рис.6.2). Несуча здатність таких колон забезпечується сумісною роботою на стиск бетону і повздовжньої арматури, яка сприймає на себе частину навантаження.

Основне призначення поперечної арматури полягає у попередженні передчасного випинання робочої арматури внаслідок повздовжнього згину. До того ж, поперечна арматура дає можливість утворення просторових арматурних каркасів.

У разі незначних ексцентриситетів повздовжнього зусилля поперечні перерізи призначають, переважно, квадратними.

За дії значних моментів, розміри поперечних перерізів збільшують у

площині дії моменту. У цих випадках доцільні перерізи прямокутні, двотаврові тощо.

Розміри сторін прямокутних перерізів колон за величини їх до 500мм. приймають кратними 50 мм.; за більших величин – кратним 100 мм. Колони перерізу 250x250 мм. у монолітному залізобетоні не рекомендують через труднощі їх бетонування.

Для звичайних не дуже навантажених колон використовують бетон В20.

Для колон промислових будівель, які несуть важке кранове навантаження, а також для нижніх поверхів багатоповерхових будівель застосовують бетон класу В30 і В40, а в окремих випадках В50 і В60. Бетон класу В15 використовують тільки у колонах, поперечні розрізи яких призначають конструктивно.

Як повздовжню робочу арматуру доцільно використовувати гарячекатану сталь класів А-ІІ і А-ІІІ, а для поперечного армування – звичайну арматуру дроту класу В-1 і гарячекатану сталь А-І.

Повздовжню арматуру необхідно назначати за можливості великих діаметрів (від 12-40мм.), оскільки товстіші стрижні менш гнучкі.

У поперечному перерізі колони, стрижні повздовжньої арматури розміщують біля поверхні елемента (із захисним шаром бетону). Віддаль між повздовжніми стрижнями потрібно приймати не менше від 30мм і не менше діаметра стрижня.

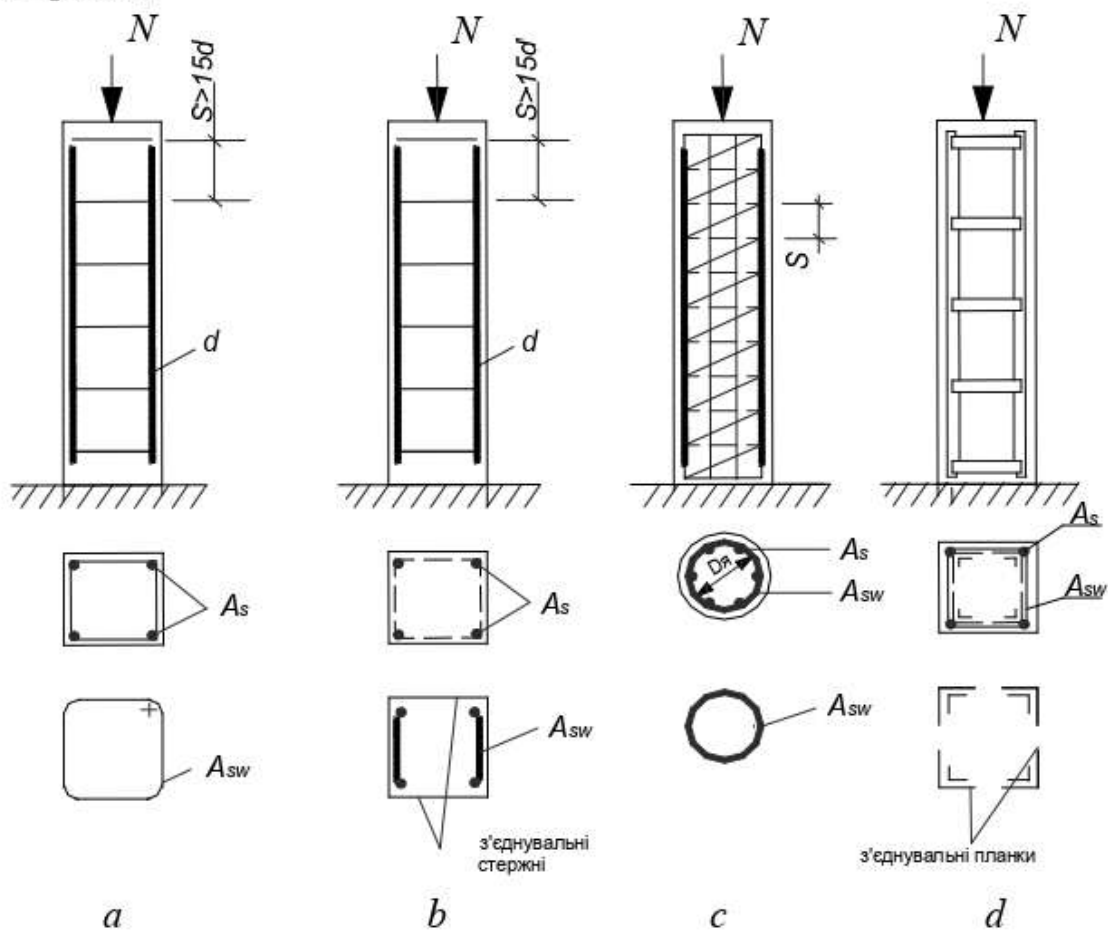


Рис. 6.1. Колони: *a* – з в'язаними каркасами; *b* – із зварними каркасами; *c* – із зварними кільцями; *d* – з жорсткою арматурою.

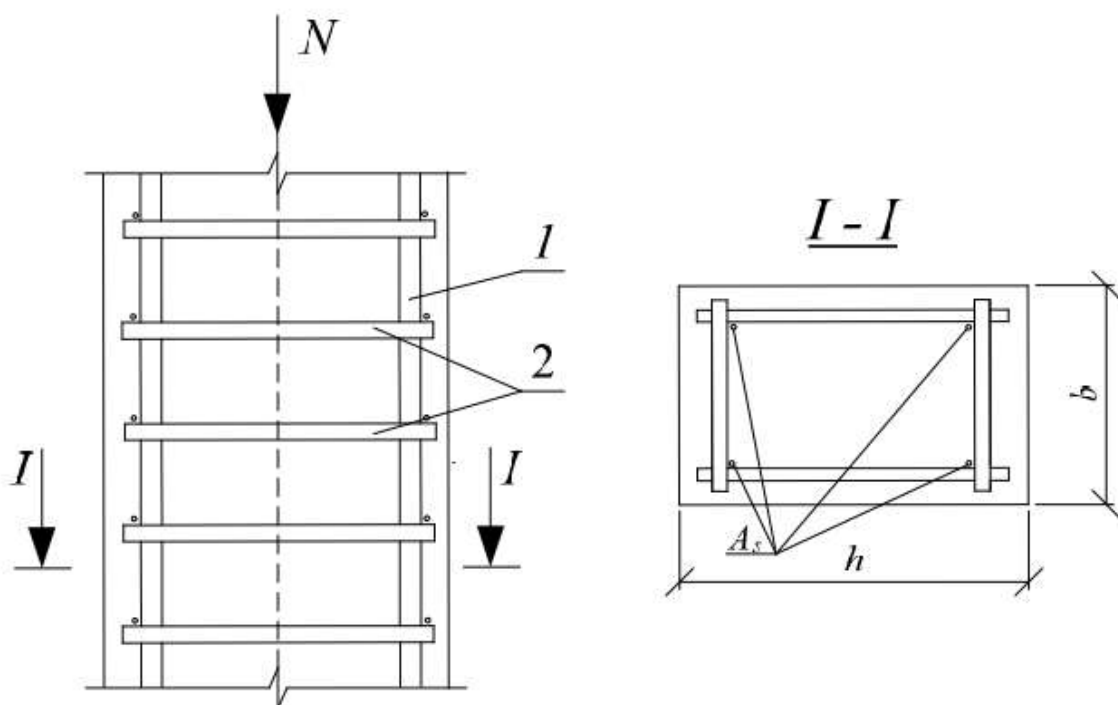


Рис. 6.2. Армування залізобетонних елементів при малих ексцентриситетах поздовжньої сили: 1 – повздовжня аатура; 2 – хомути.

Арматуру виготовляють у вигляді зварних або в'язаних каркасів. Просторові зварні каркаси виконують зварюванням із окремих плоских каркасів (рис.6.3,*a,b*), або із двох плоских каркасів, з'єднаних поперечними стрижнями. У в'язаних каркасів стрижні повздовжньої арматури об'єднують у просторовий каркас хомутами за допомогою в'язального дроту (рис.6.3,*c,d*).

У зварних каркасах всі поперечні стрижні приварюють до всіх кутових стрижнів. Хомути в'язаних каркасів повинні бути розміщені так, щоб повздовжні стрижні, у всякому випадку, через один, були розташовані у місцях перегину хомутів, а самі перегини – на віддаль у плані, не більше 400мм. При ширині грані перерізу не більше 400мм і кількості повздовжніх стрижнів біля кожної грані не більше чотирьох. Всі повздовжні стрижні охоплюються одним хомутом. У всіх інших випадках встановлюють додаткові хомути (рис. 6.3,*a*), або поперечні стрижні з гаками-шпильками (рис. 6.3,*d*).

Поперечні стрижні (хомути), повинні бути розташовані на віддаль не більше  $15d$  у в'язаних каркасах і  $20d$  у зварних ( $d$  – найменший діаметр повздовжніх стиснених стрижнів). Віддаль між поперечними стрижнями (хомутами), у всіх випадках не повинна перевищувати 500мм. Віддаль між хомутами у межах стику стисненої арматури внаклад без зварювання повинно бути не більше  $10d$ .

Діаметр поперечних стрижнів (хомутів), встановлюють без розрахунку і у в'язаних каркасах приймають такими, що дорівнюють не менше 5 мм, а також не менше  $0,2d$  при хомутах із звичайного дроту класу В-1 діаметром 5мм., або із сталі класу А-1 і  $0,25d$  при хомутах із сталі інших видів ( $d$  – найменший діаметр повздовжніх стрижнів). У зварних каркасах мінімальний діаметр попе-

речних стержнів приймають із умови зварювання.

На рис.6.4 показано приклад армування колони одноповерхової промислової будівлі.

У стиснених елементах найбільше повздожнє армування, зазвичай, не перевищує 3%, а найменше повинно бути не менше 0,3–0,5%.

Оптимальний відсоток армування з економічної доцільності становить 0,8–1,5%.

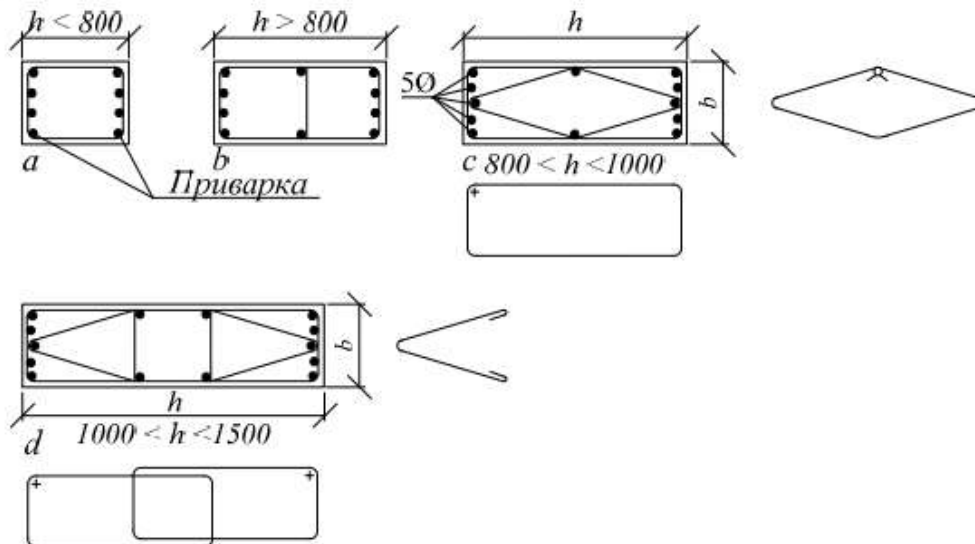


Рис. 6.3. Армування позациентрово стиснутих колон прямокутного перерізу

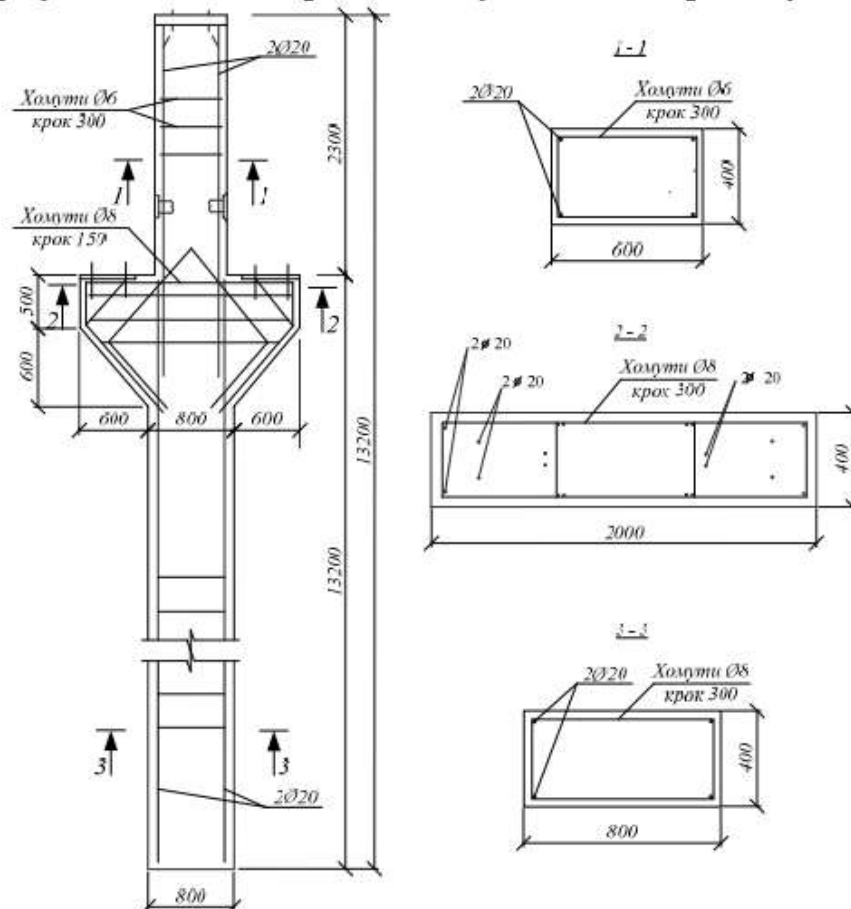


Рис. 6.4. Приклад армування позациентрово стиснутої колони прямокутного перерізу

## 8.2 Загальні розрахункові засади

Позацентрово-стисненими елементами називають такі, які піддаються дії повздовжньої стискальної сили незалежно від її ексцентриситету (віддалі від стискальної сили до центра ваги перерізу).

Під час розрахунку позацентрово-стиснених залізобетонних елементів постійно повинен враховуватись випадковий ексцентриситет  $e_a$  зумовлений неоднорідністю бетону в перерізі елемента і іншими випадковими факторами (чинниками), при тому  $e_a$  потрібно підсумувати з ексцентриситетом повздовжньої сили, одержаним за статичним розрахунком.

Значення випадкового ексцентриситету приймають таким, що дорівнює не менше:  $1/600$  вільної (розрахункової) довжини елемента,  $1/50$  висоти перерізу елемента, або  $1\text{ см}$ . Отже, для одержання загального ексцентриситету  $e_0$  (ексцентриситет повздовжньої сили щодо центра ваги приведеного перерізу) у елементах статично-визначених конструкцій, необхідно випадковий ексцентриситет підсумовувати із розрахунковим ексцентриситетом повздовжньої стискальної сили

$$e_0 = e_a + e_{op},$$

де  $e_{op}$  – розрахунковий ексцентриситет.

Для елементів статично невизначених конструкцій значення  $e_0$ , приймають таким, що дорівнює ексцентриситету, отриманому із статичного розрахунку конструкції, але не менше  $e_a$ . Центральні-стиснені елементи розраховують як позацентрово-стиснені з випадковим ексцентриситетом. Особливість руйнування позацентрово-стиснених залізобетонних елементів залежить від ексцентриситету повздовжньої сили  $a_0$  і армування стисненої і розтягнутої зони перерізу елемента.

Під час завантаження повздовжньою силою з великим ексцентриситетом, або за наявності у розтягненій зоні не високоміцної арматури, руйнування починається з боку розтягнутої грані перерізу. Спочатку появляються тріщини в розтягнутому бетоні, які по мірі збільшення навантаження (напруження), у арматурі розкриваються все ширше; нейтральна вісь переміщається ближче до стисненої грані. Коли у розтягненій арматурі досягається межа текучості, починається руйнування елемента, зумовлене досягненням граничних опорів у стисненому бетоні і стисненій арматурі. Такий вид руйнування позацентрово-стиснених елементів (випадок перший), спостерігається за відносної висоти стисненої зони  $\xi \leq \xi_y$ , де визначається за формулою (19.15).

У разі дії повздовжньої сили з малим ексцентриситетом, або за спіральної арматури переріз елемента може виявитись повністю стисненим, або мати незначну стиснену зону. Відповідно арматура  $A_2$  стиснена, а арматура  $A_3$  розташована у грані, віддаленої від сили, може бути і стисненою і розтягнутою. Руйнування елемента у такому випадку починається із стиснутої зони (випадок другий), що відповідає  $\xi > \xi_y$ .

Отже, на основі дослідів розпізнають два основних випадки руйнування стиснених елементів: