

Тема 6. Розрахунок і проектування залізобетонних елементах. Програмний модуль „LIRA-Arm”. Призначення і можливості. Армування стержневих елементів. Перевірка заданого армування.

6.1 Загальні відомості

Підбір арматури і перевірка заданого армування в стержньових і пластинчастих елементах для різних випадків напруженого стану проводиться за допомогою конструюючих систем «ЛІР-АРМ» і «ЛІВР» (ЛІР-АРМ локальний). Розрахунок проводиться відповідно до нормативних вимог [1].

Площі арматури по першій і другій групах граничних станів обчислюються по зусиллях від окремих завантажень по розрахункових поєднаннях навантажень (РПН) і розрахункових поєднаннях зусиль (РПЗ), які отримані в результаті розрахунку конструкції.

Визначення армування здійснюється на базі нормативних даних, яка містить відомості про розрахункові характеристики арматури і бетону, діаметрах і площах арматурних стержнів і т.п.

Для підбору армування в системі «ЛІР-АРМ» в інтерактивному режимі задаються додаткові дані: нормативні і розрахункові характеристики бетону і арматури, призначаються конструктивні елементи, задається уніфікація елементів і т.п.

Для визначення і перевірки армування в системі «ЛІВР» початкові дані можна ввести як в інтерактивному режимі, так і шляхом експорту даних з «ЛІР-АРМ» з їх подальшим коректуванням. У системі «ЛІВР» можна багато разів змінювати параметри перетину, зусилля і поєднання і проводити підбір арматури.

При розрахунку армування можна застосовувати характеристики арматури, які відповідають ДСТУ 3760-98 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій».

Для визначення армування в елементах розрахункової схеми розроблені різні модулі армування «стержень», «балка-стінка», «плита» і «оболонка».

6.2 Армування стержньових елементів

Модуль армування «стержень» проводить підбір арматури в стержньових елементах від наступних зусиль:

- нормальної сили (стиснення або розтягування) N ;
- крутячого моменту M_k ;
- згинальних моментів в двох площинах M_y, M_z ;
- перерізуючих сил в двох площинах Q_y, Q_z .

Розрахунок виконується по першій (міцність) і другій (тріщиностійкість) групі граничних станів.

Допустимі форми перетину: прямокутник, тавр з полицею внизу, тавр з полицею зверху, двутавр, коробчатий перетин, кільце, круг, хрестовий перетин, кутник, тавр із зміщеною стінкою полка внизу, тавр із зміщеною стінкою полка зверху.

При підборі подовжньої арматури граничний стан перетину прийнятий відповідно за [2]: стиснута зона бетону з розрахунковою напругою, з контролем відносної висоти (залежно від класу бетону), розтягнута і стиснута арматура з розрахунковими опорами сталі.

Алгоритм має дві гілки: для плоского випадку (за наявності згинального моменту в одній площині і нормальної сили) і для просторового випадку (за наявності згинальних моментів в двох площинах і нормальної сили).

У просторовому випадку перетин розбивається на елементарні прямокутні площадки. Граничний стан знаходиться ітераціями. Перетин приймається лінійно пружним на кожному кроці ітерації. З перетину видаляється розтягнутий і перенапружений бетон, а також перенапружена арматура. При видаленні перенапружених елементарних площадок зовнішні

зусилля знижуються до величини, яку здатні сприйняти перенапружені елементи перетину при їх розрахункових опорах. Потім перераховуються геометричні характеристики перетвореного перетину і ітерації продовжуються до тих пір, поки на двох суміжних кроках не відбудеться змін в перетині або не наступить «виродження» перетину. У останньому випадку збільшується площа арматури і ітераційний цикл повторюється.

Проводиться контроль відсотка армування. Якщо перевищені 5%, то видається повідомлення з рекомендацією збільшити розміри перетину або підвищити класи матеріалів.

У просторовому випадку окрім цього контролюється гранична площа стиснутої зони, величина якої збільшується за наявності стискаючої нормальної сили.

Площа подовжньої і поперечної арматури, яка обумовлена крученням, визначається по методиці, яка викладена в [3].

За наявності стискаючої сили враховується вплив прогину відповідно за [2]. Якщо умовна критична сила виявляється меншою за стискаючу, то виконується збільшення критичної сили за рахунок збільшення відсотка армування, але не більше 7%.

Перевіряється здатність перетину сприйняти крутячий момент і поперечну силу відповідно до вимог пп. 3.30 і 3.37 [2].

Кожен перетин перевіряється на отриману з лінійного розрахунку кількість розрахункових поєднань зусиль (РПЗ). Щоб врахувати можливість появи стиснутої арматури в подальших розрахункових поєднаннях, організований цикл з коефіцієнтами до зусиль 0,6; 0,9; 1,0 і цикл по розрахункових поєднаннях, на кожному кроці якого враховується арматура, яка отримана з попередніх поєднань зусиль.

Розрахункові поєднання зусиль формуються в результаті лінійного розрахунку, або задаються користувачем в автономному режимі. Критеріями вибору РПЗ є екстремальні напруги в периферійних зонах перетину. Всього

для стержня перевіряються до 34 критеріїв. Співпадаючі розрахункові поєднання зусиль (РПЗ) відсікаються.

Формуються дві внутрішні групи РПЗ: за наявності короточасних навантажень сумарна тривалість яких мала (група В), і без таких (група А). Для цих двох груп РПЗ застосовуються різні коефіцієнти умов роботи бетону (табл. 15 [2]). У розрахунку також можна використовувати РПН або зусилля, які отримані після розрахунку всієї схеми.

Модуль враховує в розрахунку арматуру, що встановлюється по конструктивним вимогам. Для елементів, що згинаються, це стержні $\varnothing 10$ мм в кутах перетину, для стиснутих елементів - стержні $\varnothing 16$ мм або $\varnothing 12$ мм для малих перетинів. Перевіряються також мінімальні відсотки армування відповідно до [2]. При великих розмірах перетину по сторонам ставиться конструктивна арматура. При необхідності можна відмовитися від конструктивних вимог [2].

Модуль «стержень» спирається на нормативну базу, в якій містяться розрахункові і нормативні характеристики матеріалів, а також процедури для геометричних характеристик бетонного перетину.

На вимогу користувача виконується розрахунок ширини розкриття тріщин. Максимальна ширина для тривалого і нетривалого розкриття тріщин задається користувачем. Нульову ширину розкриття тріщин задавати заборонено.

Передбачена ознака особливих умов роботи стержня:

0- звичайний стержень;

1 – балка;

2 - нижні колони першого поверху багатоповерхової каркасної будівлі ;

3 - інші колони багатоповерхової каркасної будівлі.

Особливі умови 2 і 3 введені по рекомендаціях п.3.56 [1].

Поперечна сила сприймається бетоном і поперечною арматурою.

Модуль використовує методику, викладену в [4] і [5].

За бажанням користувача може бути виконане симетричне армування або несиметричне армування, щодо місцевих осей перетину Y1 або Z1.

Як правило, для елементів що згинаються (балки), призначають несиметричне армування (зазвичай щодо горизонтальної осі Y1).

Для колон, як правило, призначають симетричне армування, оскільки в колонах моменти, що вигинають, обумовлені головним чином знакозмінними навантаженнями. Несиметричне армування колон може бути виправдане за наявності значних місцевих навантажень (наприклад, тиск ґрунту). Користувачеві досить призначити несиметричне армування, не визначаючи вісь, щодо якої відсутня симетрія. Ця вісь визначається автоматично, шляхом аналізу розрахункових поєднань зусиль.

У загальному випадку результати для кожного перетину видаються в трьох строчках [6]:

- повна арматура, підібрана по першій і другій групах граничних станів;
- арматура, підібрана по першій групі граничних станів;
- частина арматури, обумовлена крученням.

У необхідних випадках друк супроводжується повідомленнями про помилки або попереджувальними повідомленнями. У вихідних таблицях видаються також відсотки армування, перетини поперечної арматури в двох напрямках і ширина розкриття тріщин.

У модулі «стержень» реалізовано два алгоритма підбору арматури, які обираються користувачем:

- **алгоритм дискретної арматури** з пріоритетним розташуванням стержнів в кутових зонах перетину; забезпечує найбільш раціональне розташування арматури, оскільки кутові стержні сприймають згинальні моменти обох напрямів. Порівнянню з алгоритмом розподіленої арматури цей підхід, як правило, дозволяє зменшити необхідну площу арматурних стержнів;

- алгоритм розподіленої арматури з рівномірним розташуванням розрахункових площ по сторонах перетину, реалізований в комплексах сімейства «ЛІРА». В порівнянні з алгоритмом дискретного армування такий підхід приводить до перевитрати арматури. Проте в цьому випадку користувачеві надається можливість провести вибір діаметрів і розстановку арматурних стержнів самостійно.

Основний алгоритм, реалізований в модулі «стержень», віддає перевагу кутовим стержням (в межах встановленого користувачем обмеження на максимальний діаметр арматури). Це обумовлено тим, що кутові стержні здатні найефективніше сприймати згинальні моменти різних напрямів. Наприклад, при перевірці позакентрово-стиснутого стержня із площини дії основного моменту, переважно у всіх випадках виявляється достатнім площі кутових стержнів, які підібрані при розрахунку в площині дії основного моменту. Окрім цього кутові стержні, як правило, встановлюються за умовами конструювання залізобетонного елемента. При проектуванні колон не рекомендується обмежувати сортамент арматури, оскільки при цьому алгоритм не матиме можливості розташувати в кутах стержні великого діаметру, що є найбільш доцільним.

Алгоритм розподіленої арматури не допускається в наступних випадках:

- при розрахунку просторового стержня, в якому один із згинальних моментів (M_Y або M_Z) перевищує інший на 10%;
- за наявності арматури, обумовленої дією згинального моменту, яка розташовується по сторонах перетину і не може бути «розмазаною»;
- у двотавровому перетині;
- за наявності переважаючого моменту M_Z .

В результаті підбору арматури видаються наступні величини (позначення показані на рис. 6.1).

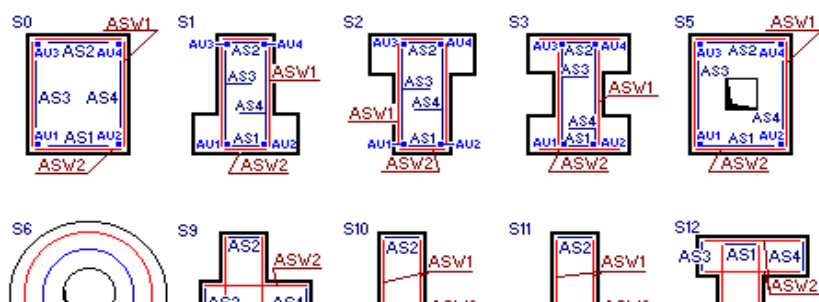


Рисунок 6.1 – Розташування арматури в залізобетонних перетинах стержнів.

1. Подовжня арматура (площі подовжньої арматури (см^2) і відсоток армування)

AU1 - площа кутової нижньої подовжньої арматури (у лівому нижньому куті перетину);

AU2 - площа кутової нижньої подовжньої арматури (у правому нижньому куті перетину);

AU3 - площа кутової верхньої подовжньої арматури (у лівому верхньому куті перетину);

AU4 - площа кутової верхньої подовжньої арматури (у правому верхньому куті перетину);

AS1 - площа нижньої подовжньої арматури

AS2 - площа верхньої подовжньої арматури

AS3- площа бічної подовжньої арматури (у лівій кромки перетину);

AS4- площа бічної подовжньої арматури (у правій кромки перетину);

2. Поперечна арматура (площі поперечної арматури (см^2), підбраної при кроці хомутив 100 см)

ASW1- вертикальна поперечна арматура;

ASW2- горизонтальна поперечна арматура;

Видається також ширина короткочасного і тривалого розкриття тріщин (мм).

При підборі арматури з пріоритетом кутових стрижнів в таблиці результатів площі кутових стрижнів будуть виведені в графах AU1, AU2, AU3, AU4, а в графах AS1, AS2, AS3, AS4 - площі арматури, за винятком площ кутових стрижнів.

Якщо був використаний алгоритм розподіленої арматури з рівномірним розташуванням розрахункових площ уздовж сторін перетину, то кутова арматура $AU1$, $AU2$, $AU3$, $AU4$ входить у величини $AS1$, $AS2$.

Для балок рекомендується призначати несиметричне армування відносно горизонтальної вісі перетину, а для колон - симетричне, оскільки в колонах згинальні моменти обумовлені, головним чином, знакозмінними навантаженнями. Несиметричне армування колон може бути виправдане за наявності значних місцевих горизонтальних навантажень (наприклад, тиск ґрунту) або значних кранових навантажень. При цьому алгоритм автоматично вибирає тип несиметричного армування, щодо горизонтальної $Y1$ або вертикальної $Z1$ осей перетину, аналізуючи величини згинальних моментів. Несиметричне армування щодо вісі Z реалізоване тільки для прямокутного і коробчатого перетинів. У перетинах типу хрест ($S9$), кутник ($S10$), тавр із зміщеною стінкою ($S11$, $S12$) завжди видається несиметричне армування.

6.3 Перевірка заданого армування для стержньових елементів

Перевірка армування проводиться в системі «ЛАВР».

У перетині елемента за шаблоном задається розстановка подовжніх арматурних стержнів і поперечної арматури. Розрізняються наступні типи подовжніх стержнів по розташуванню в перетині:

- кутові нижні;
- кутові верхні;
- нижні першого ряду;
- нижні другого ряду;
- верхні першого ряду;
- верхні другого ряду;
- бічні зліва першого ряду;
- бічні зліва другого ряду;
- бічні справа першого ряду;

- бічні справа другого ряду;
- стержні довільні, задаються по координатах.

Перевірка проводиться таким чином. Визначається кількість подовжньої арматури, необхідної для сприйняття крутячого моменту. Така арматура повинна бути розташована у кромок перетину (не в кутах). Якщо необхідна арматура відсутня, видається повідомлення: "Перетин не проходить при перевірці роботи на кручення. Коефіцієнт запасу (k)".

Якщо сприйняття крутячого моменту забезпечене, то арматура, необхідна для сприйняття крутячого моменту, при перевірці нормальної сили і згинальних моментів виключається.

Потім перевіряється поперечна арматура на дію крутячого моменту і поперечних сил. Якщо поперечної арматури недостатньо для сприйняття крутячого моменту і поперечної сили, видається повідомлення "Перетин не проходить по умові перевірки поперечної арматури на дію поперечної сили».

Потім проводиться перевірка подовжньої арматури на дію нормальної сили і згинальних моментів в двох площинах. Якщо перетин проходить, то зусилля збільшуються з кроком 5% до тих пір, поки не перевищать несучу здатність перетину. В результаті видається повідомлення: "Перетин проходить. Коефіцієнт запасу (k)", де k - коефіцієнт відношення до зовнішніх зусиль на передостанньому кроці ітерацій.

Якщо перетин не проходить, то зусилля зменшуються з кроком 5% до тих пір, поки перетин не стане достатнім і видається повідомлення: "Перетин не проходить. Коефіцієнт запасу (k), де k - коефіцієнт відношення до зовнішніх зусиль на останньому кроці ітерацій.