

Поняття про теорію опору залізобетону

Теорія залізобетону — це прикладна наука на основі узагальнення експериментальних досліджень і досягнень практики будівництва.

Головна задача теорії залізобетону полягає у забезпеченні необхідних експлуатаційних якостей конструкцій при найбільш економічних показниках. Цього досягають правильним розрахунком і конструюванням її на стадії проектування.

Розв'язання цієї задачі для залізобетону ускладнюється тим, що маємо справу з матеріалом, який не можна підпорядкувати закону Гука (діаграма a — e має нелінійний характер і залежить від часу), і, крім того, після появи тріщин залізобетон втрачає суцільність, тобто класичні методи опору матеріалів для розрахунку стають непридатними. Пружно-пластичні властивості бетону і залізобетону — повзучість, усадка — істотно впливають на напружено-деформований стан залізобетону. Ці властивості в значній мірі залежать від виду бетону й арматури, виду деформації та інших факторів. Точно врахувати всі багаточисленні фактори, від яких залежить міцність і деформативність залізобетону, неможливо. Тому при розробці методів розрахунку залізобетонних конструкцій широко використовують дослідні дані, одержані в результаті експериментів, направлених на виявлення впливу різних факторів на залізобетон.

Методику розрахунку постійно вдосконалюють на основі експериментальних даних, наближуючи теоретичні розрахунки до дійсної роботи конструкцій.

У світовій практиці в даний час застосовують три основних методи розрахунку залізобетонних конструкцій: за допустимими напруженнями, руйнівними зусиллями і граничними станами.

Стадії напружено-деформованого стану при згинанні

Напружено-деформований стан елемента залежить від навантаження. При поступовому збільшенні навантаження на елемент послідовно виникають три

стадії напружено-деформованого стану.

Стадія I. При малих навантаженнях (згинальних моментах) напруження в бетоні і арматурі невеликі, деформації мають пружний характер. Залежність між напруженнями і деформаціями лінійна і епюри напружень як у стиснутій, так і в розтягнутій зонах трикутні (рис. 4.15, а).

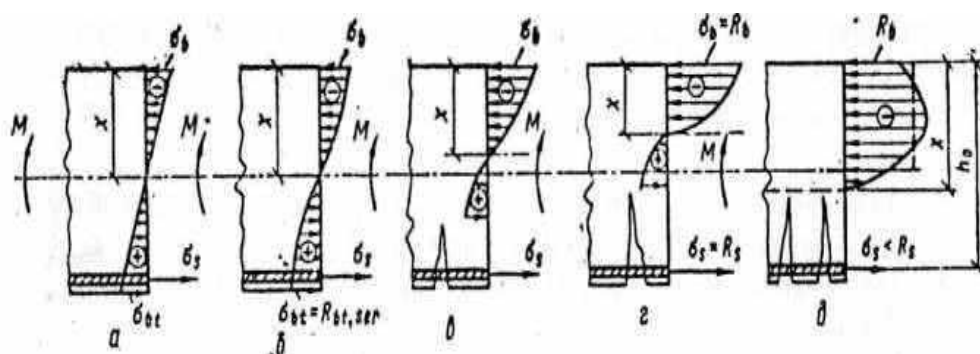


Рис. 4.15. Стадії напружено-деформованого стану при згинанні:

а — I; б — I_а; в - II; г—III (випадок 1) і д— III (випадок 2)

При збільшенні навантаження в розтягнутій зоні бетону розвиваються пластичні деформації, епюра напружень стає криволінійною і напруження досягають границі міцності на розтягання $\sigma_{bt} = R_{bt,ser}$

І У стиснутій зоні в бетоні переважають пружні деформації і епюра напружень близька до трикутної (стадія Iа). Цю стадію (рис. 4.15, б) беруть за основу при розрахунку на утворення тріщин.

Стадія II (рис. 4.15, в). Оскільки $\sigma_{bt} = R_{bt,ser}$, то подальше збільшення навантаження призводить до утворення тріщин у розтягнутій зоні. В місцях тріщин розтягувальні зусилля в основному сприймаються арматурою і частково бетоном над тріщиною. В стиснутій зоні в бетоні розвиваються пластичні деформації і епюра напруг стає криволінійною. При цьому нейтральна лінія піднімається вгору і висота стиснутої зони x зменшується. Вважають, що стадія II закінчується тоді, коли напруження в розтягнутій арматурі досягають границі текучості.

Стадія II зберігається тривалий час і характерна для експлуатаційних навантажень («65 % від руйнівних»), бо для багатьох конструкцій тріщини допускаються. За цією стадією проводиться розрахунок прогинів і ширини розкриття тріщин.

С т а д і я ІІІ (рис. 4.15, г, д) — це стадія руйнування. Розрізняють два характерних випадки руйнування елементів.

Випадок 1 (рис. 4.15, г) має місце в нормально армованих елементах, в яких кількість розтягнутої арматури не перевищує певної межі. Руйнування починається з розтягнутої зони, де напруження в арматурі досягають границі текучості ($\sigma_a = R_s$), внаслідок чого швидко збільшується прогин, зменшується висота стиснутої зони через ріст тріщин. Напруження в бетоні стиснутої зони зростають, досягають тимчасового опору на стискання ($\sigma_b = R_b$) і бетон роздавлюється. Таким чином, перед руйнуванням елемента в нормальному перерізі утворюється пластичний шарнір і тому руйнування називається пластичним.

Випадок 2 (рис. 4.15, д) — елемент руйнується внаслідок роздавлювання бетону стиснутої зони; при цьому напруження в розтягнутій арматурі можуть не досягати границі текучості ($\sigma_s < R_s$) і її міцність використовується не повністю. Таке руйнування носить крихкий характер і, як правило, має місце в переармованих елементах.

Нормально армований елемент по довжині має перерізи з різними стадіями напружено-деформованого стану: стадія І — в перерізах з найменшими згинальними моментами; стадія ІІ — в перерізах з більшими моментами; стадія ІІІ — в перерізах з максимальними моментами.

Розрахунок за методом граничних станів

Починаючи з 1955 р. залізобетонні конструкції розраховують за методом граничних станів.

Під граничним розуміють такий стан конструкції, після досягнення якого подальша експлуатація конструкції стає неможливою через недостатню міцність (несучу здатність), втрату стійкості, недопустимі переміщення або місцеві пошкодження. Відповідно до цього встановлено дві групи граничних станів: 1) за несучою здатністю; 2) за придатністю для нормальної експлуатації.

Розрахунок за першою групою граничних станів виконують з метою недопущення руйнування конструкцій (розрахунок міцності), втрати стійкості (розрахунок на поздовжнє згинання) або положення (розрахунок на перекидання і зсув).

Розрахунок за другою групою граничних станів має за мету не допустити надмірних деформацій (прогинів), виключити можливість утворення тріщин в бетоні або обмежити їхню ширину.

Розрахунок за першою групою граничних станів є основним і виконується для всіх конструкцій на дію розрахункових навантажень, а розрахунок за другою групою граничних станів проводиться тільки для тих конструкцій, які, зберігаючи міцність, втрачають свої експлуатаційні якості внаслідок надмірних прогинів, утворення тріщин або надмірного розкриття їх.

Навантаження, які діють на конструкцію, і характеристики міцності матеріалів, з яких виготовлена конструкція, можуть змінюватись і відрізнятись від середніх значень. Тому вводиться система розрахункових коефіцієнтів, які враховують можливі відхилення різних факторів:

коефіцієнт надійності щодо навантаження γ_f — враховує змінність навантажень;

коефіцієнти надійності щодо бетону γ_c і арматури γ_s — враховують змінність показників міцності цих матеріалів;

коефіцієнт надійності щодо призначення конструкції $\gamma_{d,1}$ — враховує ступінь відповідальності і капітальності будинків і споруд;

коефіцієнти умов роботи Y_6 (і Y_s — дають змогу оцінити деякі особливості роботи матеріалів і конструкцій в цілому, що не можуть бути відображені у розрахунках прямо. Ці коефіцієнти встановлюють на основі експериментальних досліджень і практики, і вони забезпечують необхідну надійність роботи конструкцій на всіх стадіях: виготовлення, транспортування, будівництва й експлуатації.

Основна ідея методу розрахунку за граничними станами полягає в забезпеченні таких умов, щоб навіть тоді, коли на конструкцію діють максимально можливі навантаження, а міцність бетону й арматури мінімальна, конструкція не руйнувалась і не діставала недопустимих прогинів або тріщин.

Нормативний і розрахунковий опори бетону

Міцність бетону змінюється. Навіть зразки з одного бетону покажуть при випробуванні різну міцність, що пояснюється неоднорідністю структури бетону і неоднаковими умовами випробувань. Із усіх можливих значень міцності в розрахунок необхідно ввести таке, яке з необхідною надійністю забезпечить нормальну експлуатацію конструкції.

При проектуванні нормативний опір бетону вибирають рівним класу бетону В, який являє собою міцність бетонного кубика з ребром 15 см з надійністю 0,95 (не менше 95 % випробуваних кубиків покажуть міцність не нижчу R_n).

Для визначення R_n користуються формулою

$$R_n = R_m (1 - 1,64 v) \quad (4.16)$$

де R_m — середнє значення тимчасового опору на стискання,

$$R_m = \frac{n_1 R_1 + n_2 R_2 + \dots + n_k R_k}{n} \quad (4.17)$$

де n_1, n_2, \dots, n_n — кількість випробування кубиків, які показали відповідно міцність R_1, R_2, \dots, R_n , n — загальна кількість кубів; $v = 0,135$ — коефіцієнт варіації.

Нормативний опір бетонних призм осьовому стисканню (призмова міцність)

$$R_{bn} = (0,77 - 0,001) R_n \quad (4.18)$$

Якщо міцність бетону на розтягання контролюють випробуванням зразків, то нормативний опір осьовому розтягання

$$R_{btm} = R_{bn} (1 - 1,64 v) \quad (4.19)$$

де R_{bn} — середнє значення тимчасового опору на розтягання, визначене за формулою (4.17); $v = 0,165$ — коефіцієнт варіації.

Розрахункові опори бетону для граничних етапів першої групи R_b і R_{bt} визначають діленням нормативних опорів на відповідні коефіцієнти надійності бетону при стисканні V_{bc} або при розтяганні V_{bt}

$$R_b = \frac{R_{bn}}{V_{bc}}, \quad R_{bt} = \frac{R_{btm}}{V_{bt}} \quad (4.20)$$

Для важкого бетону $\gamma_{bc} = 1,3$, $\gamma_{bt} = 1,5$

Ці коефіцієнти враховують можливе зниження фактичної міцності порівняно з нормативною внаслідок відмінності міцності бетону в реальних конструкціях від міцності у зразках та багато інших факторів, які залежать від умов виготовлення й експлуатації конструкцій.

Розрахункові опори бетону для першої групи R_b і R_{bt} знижують (в окремих випадках збільшують) множенням на відповідні коефіцієнти умов

роботи бетону γ_{bt} . Ці коефіцієнти враховують тривалість дії навантаження,

умови, характер і стадію роботи конструкції, спосіб її виготовлення та інші фактори. Наприклад, при врахуванні постійних, довгодіючих і короткочасних навантажень (крім навантажень короткочасної дії) коефіцієнт $\gamma_{b2} = 0,9$, а при врахуванні постійних, довгодіючих, короткочасних (в тому числі навантажень короткочасної дії) і особливих навантажень $\gamma_{b2} = 1,1$

Розрахункові опори бетону для граничних станів другої групи $R_{b,ser}$ і $R_{bt,ser}$ визначають з коефіцієнтом надійності $\gamma_{bc} = \gamma_{bt} = 1$, тобто згідно з формулою

(4.20), і беруть рівними нормативним опорам ($R_{b.ser} = R_{bn}$, $R_{bt.ser} = R_{btn}$).

Значення нормативних і розрахункових опорів наведені в табл. 4.4.

Клас бетону за міцністю на стискання	Нормативний і розрахунковий опори для граничних станів другої групи, МПа		Розрахунковий опір для граничних станів першої групи, МПа		Початковий модуль пружності E_c , МПа	
	осьовому стисканню R_{bn} $R_{b,ser}$	осьовому розтягнню R_{bt} $R_{bt,ser}$	осьовому стисканню R_b	осьовому розтягнню R_{bt}	при природному твердінні бетону	при тепловій обробці бетону
V7,5	5,5	0,70	4,5	0,48	16 000	14 500
V10	7,5	0,85	6,0	0,57	18 000	16 000
V12,5	9,5	1,00	7,5	0,66	21 000	19 000
VI5	11,0	1,15	8,5	0,75	23 000	20 500
V20	15,0	1,40	11,5	0,90	27 000	24 000
V25	18,5	1,60	14,5	1,05	30 000	27 000
V30	22,0	1,80	17,0	1,20	32 500	29 000
V35	25,5	1,95	19,5	1,30	34 500	31000
*V40	29,0	2,10		1,40	36 000	32 500
	32,0	2,20	25,0	1,45	37500	34 000
V50	36,0	2,30	27,5	1,55	39 000	35000
V55	39,5	2,40	30,0	1,60	39 500	35 500
V60	43,0	2,50	33,0	1,65	40 000	36000

Контрольні запитання і завдання для самоперевірки

1. Які властивості і фактори заважають створити точну теорію опору залізо-бетону?
2. У чому полягають особливості роботи вигнутого елемента в стадії II?
3. Мета й особливості розрахунку залізобетонних конструкцій за методом граничних станів.
4. Які основні розрахункові коефіцієнти для методу граничних станів і які фактори вони враховують?
5. Написати і пояснити формули для визначення нормативного опору бетону.
6. Як визначити розрахункові опори бетону на розтягання і стискання?

Конспекти та відповіді надсилати на пошту ashmarina@ukr.net