

НЕСНА ЗДАТНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗГИНАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ СИЛОВИХ, ДЕФОРМАЦІЙНИХ ТА ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВАХ

Ткачук І.А.

ТОВ «Тест», Бровари, Україна

Визначення напружено-деформованого стану залізобетонних згинаних конструкцій на всіх стадіях навантаження при комбінаціях силових і високотемпературних впливів залишається складним завданням, загальне рішення якого відсутнє. При вирішенні цього завдання необхідно зважати на специфіку деформації всіх елементів згинаної системи (грунтової основи, фундаментів або колон, пластинчастих елементів перекриттів тощо), а також взаємний вплив.

До чинників, що визначають поведінку будівельних конструкцій в умовах пожежі, відносять [1]:

- ступінь навантаження конструкцій та окремих елементів;
- вигляд і кількість пожежного навантаження, що визначає температурний режим, а також теплоту пожежі;
- теплове навантаження на конструкцію;
- теплофізичні та фізико-механічні характеристики матеріалів, з яких виконано будівельні конструкції;
- умови нагріву та способи з'єднання конструкцій.

Згідно ДСТУ Б В.1.1-4-98* [2], фактичні межі вогнестійкості будівельних конструкцій визначаються при дії нормативних навантажень (приймаються характеристичні значення величин навантажень згідно ДБН В.1.2-2:2006 [3]). Значення характеристичних навантажень встановлюються залежно від призначення конструкцій і умов експлуатації.

У відповідності з ДБН В.1.2-2:2006 [3] розрізняють навантаження постійні та тимчасові. Тимчасові навантаження підрозділяються на тривалі, короткочасні й особливі.

Постійними називаються такі навантаження, які діють на будівельну конструкцію постійно. До таких навантажень відносяться власна маса конструкцій, тиск ґрунту, дія попереднього напруження конструкцій тощо.

Тривалими називаються такі навантаження, що діють на конструкцію тривалий час. До таких навантажень відносять масу технологічного устаткування, тиск рідин і газів в резервуарах і трубопроводах, масу складованих вантажів тощо.

Короткочасними називають навантаження, що діють нетривалий час. До таких навантажень відносяться маса людей, рухоме підйомно-транспортне устаткування, сніг, вітер (при пожежі не враховується), маса матеріалів, використовуваних при монтажних, ремонтних і реконструктивних роботах тощо.

Особливі навантаження – це навантаження, які можуть з'явитися у виняткових випадках, а саме:

- при сейсмічній і вибуховій дії;
- аварійних порушеннях технологічного процесу;
- різких просіданнях ґрунтів.

Класифікація цих навантажень, що використовується в ДБН В.1.2-2:2006 [3], дозволяє віднести випадок пожежі до особливих впливів. У відповідності з цим для оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій використовуються постійні та тривалі навантаження.

Межею вогнестійкості будівельних конструкцій називають показник вогнестійкості конструкцій, який визначається часом від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з нормованих для даної конструкції граничних станів з вогнестійкості [2]. Межа вогнестійкості знижується зі збільшенням навантажень, що діють на конструкції.

Залежно від виду та умов з'єднання конструкцій схеми завантаження та невідгідного поєднання чинних зусиль в перетинах елементів та вузлах визначають максимальні значення згинальних моментів M і стискальних зусиль N . Розрахунок внутрішніх силових чинників, що виконується за правилами опору матеріалів і будівельної механіки, називається статичним розрахунком конструкції.

Пожежне навантаження – це кількість теплоти (МДж), яка виділяється при повному згоранні всіх горючих і трудногорючих матеріалів (зокрема, що входять до складу будівельних конструкцій), що знаходяться в приміщенні або які можуть надходити до нього [3].

Пожежне навантаження визначається на основі [3]:

- проектно-конструкторської документації;
- технологічних карт;
- натурального обстеження приміщень експлуатованих будівель;
- даних щодо пожежонебезпечних властивостей речовин і матеріалів, наведених в довідковій літературі, спеціалізованих банках даних, а також отриманих в результаті лабораторних і натурних випробувань.

Розрахункова методика будується на основі таких передумов.

1. Для опису властивостей ґрунтової основи, що деформується, приймається модель змінного коефіцієнта жорсткості [4, 5 та ін.].
2. Для опису властивостей залізобетону приймається модель НДІБК [6, 7, 8, 9 та ін.], основні положення якої наступні:

як розрахунковий приймається перетин, напружено-деформований стан якого відповідає середньому стану блоку між тріщинами, якщо такі є;

для середніх деформацій бетону й арматури приймається гіпотеза плоских перетинів;

зв'язок між напруженнями та деформаціями бетону й арматури приймається у вигляді діаграм (рис. 1, 2);

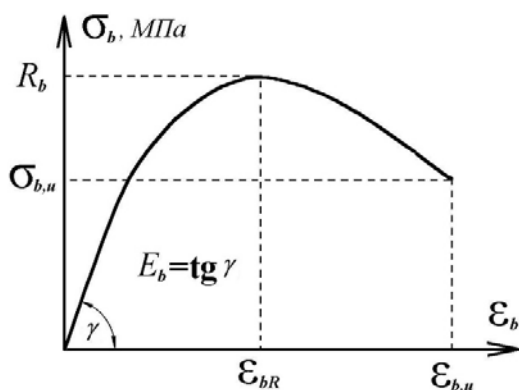


Рис. 1. Умовно-точна діаграма "σ - ε" бетону

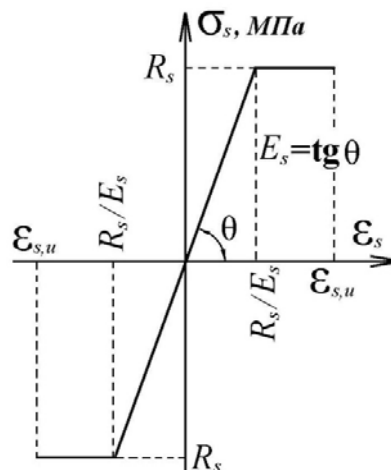


Рис. 2. Ідеалізована діаграма "σ - ε" арматурній сталі

вплив тріщиноутворення на роботу залізобетону враховується шляхом множення опору $R_{b,t}$ на коефіцієнт $\varphi_{b,t} < 1$;

вплив температурного нагріву на фізико-механічні властивості бетону враховується за допомогою системи коефіцієнтів: γ_{bT} – коефіцієнта умов роботи для призмової міцності бетону на стиск, γ_{bT} – коефіцієнта умов роботи бетону на розтяг, β_b – коефіцієнта зниження модуля пружності бетону. Емпіричні формули для коефіцієнта умов роботи бетону та коефіцієнта зниження модуля пружності бетону, якими можна користуватися в практичних розрахунках в залежності від виду бетону, наведено в монографії [9];

напружено-деформований стан перетину залізобетонної балки визначається за формулою:

$$B_i = M_i / \kappa_i, \quad (3)$$

де B_i , M_i , κ_i – відповідно жорсткість, згинальний момент і кривизна i -го перетину;

вичерпання несної здатності перетину відбувається у разі досягнення деформаціями стиснутого бетону або розтягнутої арматури своїх граничних значень $\varepsilon_{b,u}$, $\varepsilon_{s,u}$.

3. Несна здатність системи вважається вичерпаною, якщо:

досягнуто максимум на кривій стану (рис. 3)

$$\frac{dq_l}{df} = 0, \quad (4)$$

де q_l – модуль вектора силового впливу;

f – деяке характерне переміщення конструкції;

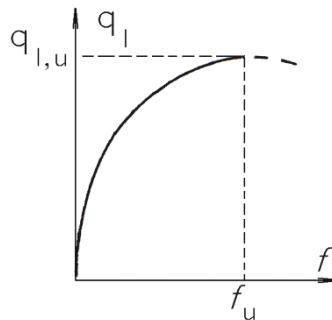


Рис. 3 Діаграма стану системи

зруйнований хоч би один перетин будь-якого елемента;

ширина розкриття тріщин перевищила допустимі з умов експлуатації значення.

4. Вплив поверхневих руйнувань бетону унаслідок агресивних дій навколишнього середовища, корозійного зносу арматури та високотемпературних впливів враховується шляхом завдання реальних розмірів перетинів елементів і зниження міцності бетону. Міцність бетону елементів, що знаходяться в експлуатації в умовах агресивного середовища або після пожежі, визначається методами неруйнівного контролю або шляхом узяття проб.

Відповідно до прийнятих передумов напружено-деформований стан перетину описується системою рівнянь [7]:

$$F(\kappa, \varepsilon_0) - N = 0; \quad (5)$$

$$\Phi(\kappa, \varepsilon_0) - M = 0, \quad (6)$$

де $\kappa = 1/R$ – кривизна вигнутої осі в перетині (R – радіус кривизни перетину);

ε_0 – деформації в перетині на рівні центру тяжіння його бетонної частини.

При оцінці напружено-деформованого стану [7] розглядалася можливість існування двох форм рівноваги:

весь перетин стиснуто або частину його розтягнуто, причому деформації розтягування ε_{bt} не перевищують величини $\varepsilon_{bt,R} = R_{bt} / E_b$;

перетин має стиснуту і розтягнуту зони при $\varepsilon_{bt} > \varepsilon_{bt,R}$.

Функції $F(\kappa, \varepsilon_0)$, $\Phi(\kappa, \varepsilon_0)$, приведені в рівняннях (5) і (6), для різних форм рівноваги мають різний вигляд [7] і залежать від характеристик міцності та деформативності бетону й арматури.

Знаючи параметри напружено-деформованого стану бетону й арматури, можна визначити напружено-деформований стан розрахункового перетину залізобетонного елемента на всіх стадіях навантаження. Це дозволить отримати залежності "зусилля–деформація" і "момент–кривизна" та на їхній основі залежності "деформація–модуль пружності". При цьому необхідно враховувати, що характеристики міцності бетону й арматури залежать як від тривалості дії силового навантаження, так і від можливої дії високої температури під час пожежі. Таким чином, при розрахунках необхідна побудова багатьох вищезазначених залежностей для різних умов експлуатації конструкцій.

Для визначення розрахункового пожежного навантаження розробляється сценарій розвитку можливої пожежі. При цьому необхідно врахувати розвиток площі горіння залежно від місця виникнення загорання, а також вигляду та місця розташування горючих і трудногорючих речовин і матеріалів, їхню швидкість і повноту згорання залежно від умов природної або вимушеної вентиляції, дію на динаміку пожежі систем пожежогасіння. Розрахункове пожежне навантаження визначається на основі критеріїв пожежної безпеки, встановлених ДБН В.1.1-7-2002 [10], для найбільш несприятливого з погляду цих критеріїв сценарію розвитку пожежі.

Напружено-деформований стан згинаної системи за умов спільної дії силових, деформаційних та високотемпературних впливів, а також агресивного середовища може бути визначений різними методами будівельної механіки. Залежності між прогинами та кривизнами перетинів з достатньою для практичних розрахунків точністю можуть бути визначені за допомогою методу початкових параметрів [8]. Розрахунок згинаної системи в цілому може бути виконаний із застосуванням обчислювальних комплексів типу ЛПРА, які засновані на методі скінченних елементів.

Розрахунки згинаної системи виконуються, послідовно, уточнюючи характеристики перетинів залізобетонних елементів на основі попередньо отриманих залежностей і елементів, що моделюють ґрунтову основу.

Якщо існуюча згинана система за результатами виконаних обстежень і розрахунків знаходиться на межі руйнування, необхідно розробити заходи щодо забезпечення її тривалої та безпечної експлуатації. Підсилення конструкції може бути виконане одним із способів: введенням розвантажувальних елементів; підсиленням бетоном або залізобетоном (з можливим введенням і металевих елементів).

Прийняття будь-якого з цих способів підсилення конструкцій залишається за технологіями.

Методика розрахунку згинаної системи, що отримала пошкодження в результаті експлуатації, була використана при перевірочних розрахунках багатопорожнинних панелей перекриттів, що отримали пошкодження в результаті пожежі. В ході робіт було встановлено, що конструкції отримали небезпечні пошкодження: руйнування поверхневих шарів бетону на глибину до 50 мм, тріщини, виколи бетону, руйнування по похилих і нормальних перетинах, порушення зчеплення арматури та бетону. Залишкові прогини панелей становили 40...85 мм. Аналіз технічного стану та перевірочні розрахунки конструкцій дозволили зробити висновки про аварійний стан панелей і розробити заходи щодо забезпечення їхньої тривалої та безпечної експлуатації, включаючи проект підсилення конструкцій панелей і прилеглих конструкцій стін і перегородок.

Висновки

1. Запропоновано методику деформаційного розрахунку будь-яких згинаних стрижньових елементів з урахуванням властивостей залізобетону, ґрунтів основи і можливості їхньої деградації. Розглядається можливість врахування зміни параметрів елементів і фізико-механічних властивостей матеріалів, в т.ч. і при високотемпературних впливах.
2. Методика розрахунку розповсюджується на згинані залізобетонні елементи. Визначено критерії вичерпання несної здатності.
3. Результатами розрахунків за данною методикою можуть бути не тільки визначення НДС, але й прогноз поведінки конструкції в часі і оцінка залишкового ресурсу, тобто сумарного напрацювання елемента від моменту контролю його технічного стану до переходу в граничний стан. Прогноз вичерпання несної здатності дозволить визначити слабкі елементи системи та розробити відповідні заходи захисту конструкцій.

Література

1. Мосалков И.Л., Плюснина Г.Ф., Фролов А.Ю. Огнестойкость строительных конструкций. – М.: Спецтехника, 2001. – 484 с.
2. ДСТУ Б В.1.1–4–98*. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги / Держбуд України. – К.: Держбуд України, 2005. – 18 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінбуд України. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 60 с.
4. Методические рекомендации по определению коэффициентов жесткости оснований зданий и сооружений / НИИСК Госстроя СССР. – Киев, 1987. – 32 с.
5. Методические рекомендации по учету нелинейных свойств основания при расчетах конструкций по реальным диаграммам деформирования грунта / НИИСК Госстроя СССР. – Киев, 1985. – 60 с.
6. Методические рекомендации по определению жесткости железобетонных элементов / НИИСК Госстроя СССР. – Киев, – 1987. – 42 с.
7. Методические рекомендации по уточненному расчету железобетонных элементов с учетом полной диаграммы сжатия бетона / НИИСК Госстроя СССР. – Киев, 1987. – 24 с.
8. Голоднов А.И. Исчерпание несущей способности железобетонных стержневых элементов существующих зданий и сооружений // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Вид-во ЛНАУ, 2007. – № 71 (94). – С. 64–69.
9. Милованов А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре. – М.: Стройиздат, 1998. – 304 с.
10. ДБН В.1.1–7–2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва / Держбуд України. – К.: Держбуд України, 2003. – 41 с.