

РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТЕРЖНЕВИХ СИСТЕМ НА СЕЙСМІЧНІ ВПЛИВИ МЕТОДОМ ДИСКРЕТНОГО ВРАХУВАННЯ ЖОРСТКОСТІ

Кочкаръов Д.В.

Національний університет водного господарства та природокористування
м. Рівне, Україна

АНОТАЦІЯ: Розглянуто методику розрахунку залізобетонних стержневих систем з урахуванням нелінійної роботи матеріалів на сейсмічні впливи. Показано переваги запропонованої методики.

АННОТАЦИЯ: Рассмотрено методику расчёта железобетонных стержневых систем с учетом нелинейной работы материалов на сейсмические воздействия. Показаны преимущества предложенной методики.

ABSTRACT: The method of calculation of reinforced concrete elements systems with the nonlinear materials to seismic impacts. The advantages of the proposed method.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: залізобетонні стержневі системи, нелінійна робота матеріалів, сейсмічні впливи.

ВСТУП

Розрахунок статично невизначених залізобетонних стержневих систем в нелінійній постановці виконують у сучасних програмних комплексах [1]. При цьому виникають певні проблеми та незручності насамперед пов'язані з обмеженістю запропонованих діаграм деформування, не врахування впливу розтягнутого бетону в блоці між тріщинами та багаторівневого тріщиноутворення, а також неможливістю врахування динамічних впливів при нелінійних розрахунках. Це вказує на необхідність та актуальність питань пов'язаних із удосконаленням методик

розрахунку стержневих статично невизначених систем у нелінійній постановці за різних впливів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Діючи норми проектування [2] за аналогією із нормами [11] розглядають три типи розрахунку: нелінійний розрахунок, лінійно-пружний розрахунок та лінійно пружний розрахунок із обмеженим перерозподілом. При цьому подано лише загальні вказівки та рекомендації. В основу розрахунку статично-невизначених систем у багатьох країнах [3 - 10] покладено метод приведених моментів інерції. Суть його полягає у певному корегуванні пружного моменту інерції з урахуванням особливостей роботи перерізів залізобетонних елементів. Але більшість формул методу приведених моментів інерції носять емпіричний характер. Методи лінійного програмування дозволяють в багатьох випадках розв'язувати нелінійні задачі [1], але врахування різного роду впливів їй досі лишається доволі складним питанням.

Мета досліджень - розробити розрахунковий апарат для розрахунку статично невизначених стержневих систем за різних силових впливів на основі нелінійної деформаційної моделі.

МЕТОД ДОСЛІДЖЕНЬ

Для розрахунку статично невизначених залізобетонних систем з урахуванням нелінійних діаграм деформування запропонуємо метод дискретного врахування жорсткості. Він полягає у зведенні розрахунку нелінійних пружно-пластичних систем до лінійних із змінним поперечним перерізом, використовуючи жорсткість за відповідного виду деформування.

Жорсткість при згині для перерізів залізобетонних елементів будемо визначати за виразом

$$D_i = \frac{M_i}{I/r_{mi}}, \quad (1)$$

де D_i – згинальна жорсткість, M_i – згинальний момент у відповідному перерізі по довжині залізобетонного елемента, I/r_{mi} – середня кривина на певній ділянці до відповідного перерізу.

Згинальну жорсткість перерізів за позацентрового стиску залізобетонних елементів будемо визначати за формулою

$$D_i = \frac{N_i e_i}{I / r_{mi}}, \quad (2)$$

де N_i – поздовжня сила у відповідному перерізі, e_i – ексцентриситет прикладення поздовжньої сили до фізичної осі елемента. Ексцентриситет повинен прийматися з урахуванням прогину та випадкового ексцентриситету.

Жорсткість перерізів при стиску визначимо за виразом

$$D_{Ni} = \frac{N_i}{\varepsilon_{cmi}}, \quad (3)$$

де D_{Ni} – жорсткість при стиску, ε_{cmi} – середні деформації бетону найбільш стиснутого волокна поперечного перерізу. Ексцентриситет повинен прийматися з урахуванням прогину та випадкового ексцентриситету.

Визначення жорсткості ділянок залізобетонних елементів здійснюють за усередненою кривою, яка може бути визначена для середнього перерізу декількома способами. Перший полягає у визначенні цієї кривини шляхом введення до деформацій бетону та арматури відповідних коефіцієнтів. Другий спосіб дозволяє встановлювати середню кривину безпосередньо із рівнянь рівноваги, в яких опосередковано враховується робота розтягнутого бетону між тріщинами. Найбільш точний спосіб полягає у розгляді окремо перерізів із тріщинами та без них, що дає змогу отримати дійсну епюру кривини перерізів залізобетонних елементів. Після чого виконується усереднення кривини по довжині елемента. Даний спосіб, натомість, є найбільш трудомістким, він вимагає попереднього розрахунку за більш простими методиками.

Таким чином використання методу дискретного врахування жорсткості передбачає отримання діаграм стану перерізів $M-I/r$ або $Ne-I/r$ перед початком ітераційного розрахунку. Такі діаграми повинні бути встановлені для кожного розрахункового перерізу, що дасть змогу визначити їх згинальну жорсткість за виразами (1), (2), яка і буде використовуватись у розрахунках статично невизначених залізобетонних систем.

Сформулюємо загальну схему розрахунку статично невизначених систем при визначенні їх несучої здатності за методом дискретного врахування жорсткості:

1. Складаємо розрахункову схему, встановлюємо місця та значення навантажень.
2. Розбиваємо елемент на певну кількість однакових ділянок. За розрахункові перерізи приймаємо початок, кінець та середину цих ділянок.

Параметри міцності будемо встановлювати по кінцям ділянок, параметри жорсткості по середніх перерізах ділянок. На рис.1 точками позначені перерізи, в яких буде встановлюватись жорсткість і прийматись постійною в межах даної ділянки.

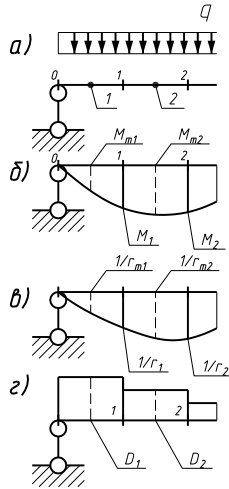


Рис. 1. До розрахунку методом дискретного врахування жорсткості:
 а) розрахункова схема; б) епюра моментів; в) епюра кривини;
 г) епюра жорсткості

3. Розраховуємо статично-невизначену систему за певного навантаження, одним із методів будівельної механіки, попередньо прийнявши жорсткість залізобетонних елементів, як для пружних систем. На даному етапі не варто враховувати вплив арматури у зв'язку з тим, що значення жорсткості буде на кожному кроці уточнюватись. А тому на даному етапі згинальну жорсткість можна визначити за формулою

$$EI = E_c \frac{bh^3}{12}. \quad (4)$$

4. Встановлюємо перерізи залізобетонних елементів із різним армуванням.

5. Визначаємо для кожного встановленого перерізу діаграму стану $M-I/r$ або $Ne-I/r$ у відповідності із діючими зусиллями.

6. Для відповідного середнього перерізу за діаграмою стану при відомому згинальному моменті визначаємо кривину.

7. Уточнюємо жорсткість на кожній розрахунковій ділянці, шляхом використання формул (1), (2).

8. Виконуємо розрахунок пружної системи із уточненими значеннями жорсткості.

9. Визначаємо похибку в різниці згинальних моментів попередньої схеми із схемою з уточненою жорсткістю. Пункти 6, 7, 8 виконуємо до отримання необхідної точності розрахунку.

10. Для отримання несучої здатності статично-невизначених систем необхідно знайти таке максимальне значення зовнішнього навантаження, за якого для всіх перерізів можна отримати розв'язок. Дану умову можна трактувати, як свого роду екстремальний критерій для статично-невизначених систем.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Запропонований метод дає можливість розраховувати залізобетонні стержневі системи з урахуванням нелінійних діаграм деформування за різних силових впливів. Розглянемо в чому полягає відмінність від загально прийнятої методики реалізованої у сучасних САПР.

При динамічних розрахунках нелінійних систем на дію сейсмічного навантаження поступають таким чином. Спочатку розглядають так звані лінійні схеми, за пружних характеристик матеріалів. Визначають інерційні сили які виникають внаслідок дії сейсмічного навантаження. Далі розглядають схему у нелінійній постановці, а інерційні сили отримані з попереднього розрахунку прикладають, як зовнішнє навантаження. Таким чином основний недолік полягає у тому, що динамічний розрахунок зовсім не враховує нелінійність роботи матеріалів. А як відомо, будівлі і споруди можуть зазнавати сейсмічних впливів протягом всього терміну експлуатації, тобто тоді, коли нелінійні властивості матеріалів будуть мати місце.

Метод дискретного врахування жорсткості дозволяє встановити значення інерційних сил за нелінійних діаграм деформування матеріалів, при цьому достатньо розглядати лише одну схему у лінійній постановці. Після отримання значень зусиль від динамічного навантаження необхідно виконати уточнення жорсткості за формулами (1), (2), (3). Даний процес збіжний, та вже після другої ітерації отримують достатню точність.

ВИСНОВОК

Розглянутий метод дискретного врахування жорсткості дозволяє проводити розрахунок стержневих систем за різних силових впливів, а саме визначати інерційні сили, що виникають при сейсмічних впливах, пульсації вітру, встановлювати більш точно динамічні характеристики

будівель і споруд (частота та період власних коливань) з урахуванням нелінійної роботи матеріалів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Городецкий А.С. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций / Городецкий А.С., Шмуклер В.С., Бондарев А.В. – Киев–Харьков, 2003. – 889 с.
2. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. - [Чинні від 2011-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
3. ACI 318– 95. Building Code Requirements for Reinforced Concrete. ACI 318– 95 and Commentegeru (318– 95R). – American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1995– 369 p.
4. BS 8110-1: Structural use of Concrete – Part 1: Code of Practice for Design and Construction. – London: British Standard Institution, 1998. – 210 p.
5. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary: ACI 318– 95. – Michigan, 1996. – 369 pp. – (Стандарт США).
6. CAN.3-A23.3-M94. Design of concrete structures for buildings, CanadianStandards Association. Rexdale, Ont, Canada, 1994, 281 p.
7. Comite' Euro-international du beton. Code modele CEB-FIP pour les structures en beton (Version de reference) / Bulletin d' information N 124/125 – F. – Paris, 1978.
8. Tragenwerke aus Beton, Stahlbeton und Spahbeton. Teil: Bemessung und Construction: DIN 1045–1. – Berlin, 1998 – 178 p.
9. Design of concrete structures – Part 1: General rules and rules for buildings: EN 1992: Eurocode 2. – Brussels, 2002. – 230 p.
10. Notes on ACI 318-05 Building Code Requirements for Structural Code / edited by Mahmoud E. Kamara, Basile G. Rabbat. – USA, Portland Cement Association, 2005. – 1008 p.

REFERENCES

1. Information technology calculation and design of building structures / Gorodetsky A.S., Shmukler V.S., Bondarev A.V. - Kiev-Kharkiv, 2003. - 889 p.
2. Construction of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete structures. Substantive provisions: State building codes V.2.6-98: 2009. [Valid from 2011-06-01]. - K: Minregionstroy of Ukraine, 2011. - 71 p.
3. ACI 318– 95. Building Code Requirements for Reinforced Concrete. ACI 318– 95 and Commentegeru (318– 95R). – American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1995– 369 p.

4. BS 8110-1: Structural use of Concrete – Part 1: Code of Practice for Design and Construction. – London: British Standard Institution, 1998. – 210 p.
5. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary: ACI 318– 95. – Michigan, 1996. – 369 pp.
6. CAN.3-A23.3-M94. Design of concrete structures for buildings, CanadianStandards Association. Rexdale, Ont, Canada, 1994, 281pp.
7. Comite' Euro-international du beton. Code modele CEB-FIP pour les structures en beton (Version de reference) / Bulletin d' information N 124/125 – F. – Paris, 1978.
8. Tragenwerke aus Beton, Stahlbeton und Spahbeton. Teil: Bemessing und Construction: DIN 1045–1. – Berlin, 1998 – 178 p.
9. Design of concrete structures – Part 1: General rules and rules for buildings: EN 1992: Eurocode 2. – Brussels, 2002. – 230 p.
10. Notes on ACI 318-05 Building Code Requirements for Structural Code / edited by Mahmoud E. Kamara, Basile G. Rabbat. – USA, Portland Cement Association, 2005. – 1008 p.

Стаття надійшла до редакції 03.08.2015 р.