

2012-%D0%BF

4. Budinki i sporudi. Proektuvannya visotnih zhitlovih i gromads'kih budinkiv: DBN V.2.2-24:2009. – [Chinnij z 01.09.2009]. – K. : Minregionbud Ukraïni, 2009. – 106 s. – (Derzhavni budivel'ni normi Ukraïni).

5. Konstrukcii budinkiv ta sporud. Teplova izolyaciya budivel': DBNV.2.6-31:2006. zi Zminoyu №1 vid 1 lipnya 2013 roku – [Chinnij 01.04.2007]. – K. : Minregionbud Ukraïni, 2006. – 70 s. – (Derzhavni budivel'ni normi Ukraïni).

6. Koval' E. A. `Energo`effektivnost' arhitekturno-konstruktivnyh sistem malo`etazhnyh zhilyh zdaniy: diss. kand. tehn. nauk: 05.23.01. / E. A. Koval' – D., 2012. – 152 s.

УДК 624.046.2

ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СПРОЩЕНИХ МЕТОДИК РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПЕРЕРІЗІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Д. М. Зезюков, к. т. н., доц.

Ключові слова: *нормативні документи, залізобетонні елементи, граничні моменти*

Постановка проблеми та аналіз публікацій. Під час виконання розрахунків проектувальники користуються певними правилами застосування, що є загальноприйнятими методами, відповідними принципам і вимогам. У цьому випадку повинно бути допустимо використання альтернативних (спрощених) методик проектування, якщо можна довести, що вони складені відповідно принципам і забезпечують не менший ступінь безпеки, міцності і зручності експлуатації, ніж методики, пропоновані чинними нормативними документами. До цього питання слід підходити з обережністю. Вузька інтерпретація цієї вимоги не заохочує використання альтернативних методик. Еквівалентність можна розуміти більш широко, як достатність ступеня безпеки, міцності і зручності експлуатації для виконання конструкціями своїх функцій. Якщо трактувати питання таким чином, то Єврокод, на основі якого складено ДБН В.2.6-98:2009, що набрав чинності, дозволяє використовувати досить значну частину методик із нормативних документів, що діють на території пост-радянського простору, оскільки основні принципи значною мірою збігаються. Слід також зазначити, що у разі використання будь-якої альтернативної методики вже не можна вважати, що проектування виконано в повній відповідності з ДБН В.2.6-98:2009, однак регулювальні організації, під час проведення перевірок зазвичай користуються спрощеною методикою колишніх, перевірених, нормативних документів.

Мета статті. Шляхом зіставлення граничних моментів у перерізі залізобетонного елемента в зоні чистого згину, отриманих шляхом використання методик розрахунку, викладених у деяких нормативних документах, виявити відмінності між застосуванням національного нормативного документа ДБН В.2.6-98 : 2009 з можливістю використання спрощених методик на стадії попереднього проектування.

Виклад матеріалу. Як приклад розглянуто залізобетонну балку перерізом $h \times b = 400 \times 300$ мм. Клас бетону, прийнятий під час розрахунків, – $C^{20}/_{25}$, із розрахунковими характеристиками $f_{cd} = 14.5$ МПа; $E_{cm} = 30 \cdot 10^3$ МПа. Клас арматури А500С, з розрахунковими характеристиками $f_{yd} = 435$ МПа; $E_{cm} = 20 \cdot 10^5$ МПа. Захисний шар бетону для розтягнутої і стиснутої арматури прийнятий рівним 40 мм. Із розрахунку просторового каркасу житлового будинку, з сіткою колон 6×6 м, з урахуванням усіх можливих комбінацій навантажень, у програмному комплексі SCAD Office 11.3 було підібрано теоретичне армування. Площа перерізу розтягнутої арматури склала $A_s = 3.77$ см², площа стиснутої арматури – $A_s' = 2.26$ см².

Виходячи з отриманого армування для перетину балки в прольоті було виконано ряд розрахунків із використанням як вітчизняних норм проектування, так і зарубіжних, для зіставлення граничних моментів у перерізі.

Розрахунки з визначення несучої здатності перетинів виконано за такими нормативними документами і правилами:

1) Технические условия и нормы проектирования и возведения железобетонных сооружений, 1926 г.;

- 2) Період до виходу СНиП II-B.1-62* (1932 – 1955 гг.);
- 3) СНиП II-B.1-62* «Бетонные и железобетонные конструкции», 1962 г.;
- 4) СНиП II-21-75 «Бетонные и железобетонные конструкции», 1975 г.;
- 5) СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции», 1984 г.;
- 6) СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры», 2003 г.;
- 7) СНБ 5.03.01-02 «Бетонные и железобетонные конструкции», 2002 г.;
- 8) EN 1992-1-1 «Design of concrete structures» 1992;
- 9) ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» 2009 р.

Таблиця

*Граничні моменти в перерізі залізобетонного елемента
в зоні чистого згину визначено за деякими нормативними документами*

| Нормативний документ | Розрахункове армування A_s / A_s' , см^2 | Граничний момент, M_{Rd} (Г·М) | Відносна різниця, (%) |
|--|---|----------------------------------|-----------------------|
| Технические условия и нормы проектирования и возведения железобетонных сооружений, 1926 г. | 3.77/2.26 | 5.13 | 92.3 |
| Период 1932 – 1955 гг. | | 5.58 | 100.4 |
| СНиП II-B.1-62* | | 5.67 | 102.0 |
| СНиП II-21-75 | | 5.56 | 100 |
| <u>СНиП 2.03.01-84*</u> | | 5.56 | <u>100</u> |
| СП 52-101-2003 | | 5.56 | 100 |
| СНБ 5.03.01-02 | | 5.55 | 99.8 |
| EN 1992-1-1 | | 5.35 | 96.2 |
| ДБН В.2.6-98:2009 | | 5.62 | 101.1 |

Із таблиці видно, що відмінність між граничними моментами, визначеними за національними нормами та вищепереліченими (нині чинними) нормами Росії, Білорусі та Євросоюзу, не перевищує 5 % у бік зменшення граничних значень.

Про нелінійний розрахунок елементів. Нелінійний розрахунок заснований на використанні нелінійних деформацій, до яких схильні залізобетонні елементи. Цей метод рідко застосовують на практиці, зважаючи на його складність. Для нелінійного розрахунку потрібна наявність комп'ютера та інформація про арматуру по всій довжині конструкції. Цей метод може виявитися корисним для оцінки міцності перетинів уже готової конструкції або у разі, якщо необхідно переконатися в надійності багаторазово використовуваних однотипних конструкцій (у тому числі, переднапружених із натягом арматури на упори).

Нелінійний метод розрахунку передбачає визначення пластичних шарнірів, яке включає розрахунки поворотів у шарнірах. У рамках даного методу відмова досягається, коли:

- 1) у пластичному шарнірі відмічається граничний поворот;
- 2) кількість пластичних шарнірів перетворює конструкцію на механізм.

Пластичний шарнір утворюється, коли сталь досягає межі текучості.

Розглянемо проліт нерозрізної балки, зображений на рисунку. Для визначення граничного стану з несучої здатності необхідно виконати такі розрахункові заходи:

1. Знаючи властивості арматури, розміри перерізу і клас бетону, обчислюють моменти M_{yk} в перетинах А і В. M_{yk} – згинальний момент при нарузі в арматурі f_{yk} . Обчислюють також момент M_{yd} з використанням коефіцієнтів надійності.

2. Визначають навантаження, яке викликає пружні згинальні моменти, рівні M_{yk} в перетинах А і В.

3. Поетапно збільшують навантаження та розраховують на кожному етапі таке:

- а) кут повороту шарнірів у перетинах А і В, підсумовуючи кривизни балки між шарнірами (для цього необхідно розбити балку на кілька частин. Кривизна в кожній частині визначається за формулою (5.18) [2], яка відповідає формулі (7.18) з [3]):

$$\alpha = \zeta \alpha_{II} + (1 - \zeta) \cdot \alpha_I,$$

де: α – деформаційна характеристика, що розглядається, наприклад, деформація, кривизна або поворот.; α_{II} , α_I – параметри, обчислені для стану «без тріщин» та «з тріщинами» відповідно; ζ – коефіцієнт розподілу (враховує зниження жорсткості у перерізі при розтягу);

б) згинальний момент у перерізі В;

с) деформації сталі та бетону в перетинах А, Б і В.

4. Порівнюють кут повороту в перетинах А і Б з граничним кутом повороту.

5. Відмова виникає тоді, коли в перетинах А і Б буде досягнуто граничний кут повороту або коли у перерізі В виникає момент M_{yk} .

6. Розраховують навантаження, яке відповідає стану «відмови», визначеному вище.

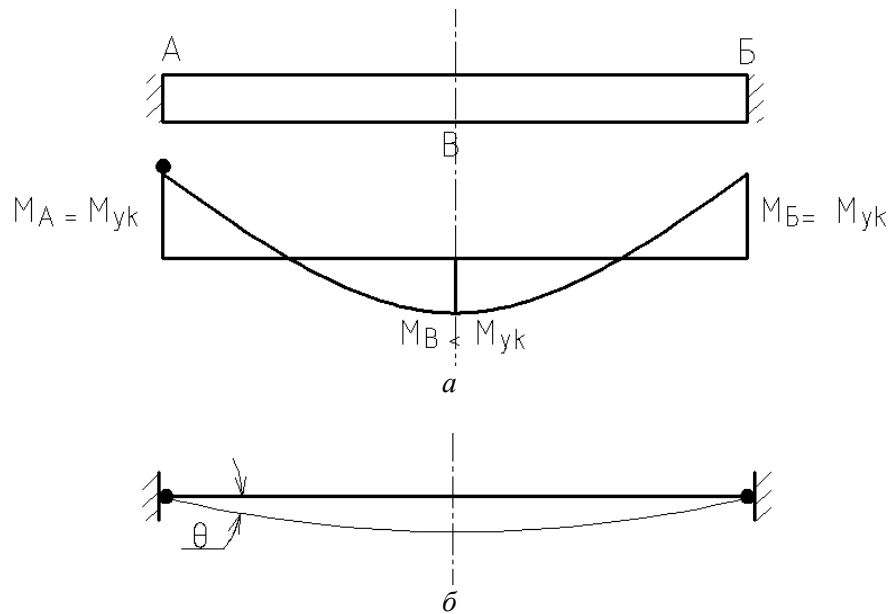


Рис. Схема для аналізу пластичних деформацій нерозрізної балки:
а – пружні моменти під час формування першого шарніра в А і Б;
б – обертання θ на першому шарнірі із збільшенням навантаження

Треба зазначити, що розрахунок кутів повороту виконується на підставі середніх значень механічних характеристик, а міцність – на підставі розрахункових величин, тобто з використанням коефіцієнтів надійності.

Зазначені процедури наведені для того, щоб проілюструвати етапи розрахунків на відносно простому прикладі. Необхідно розуміти, що розрахунок багатопротітної балки виявиться досить складним, навіть у разі використання комп'ютера. Крім того, в ході розрахунку необхідно враховувати ряд граничних умов. Із цих причин даний метод рідко застосовується на практиці, частіше замість нього застосовують розрахунки з урахуванням перерозподілу граничних моментів унаслідок пластичних деформацій.

Щодо особливостей розрахунку залізобетонних елементів по нормальних перетинах за нормами [1]. Відповідно до п.4.2 [2], несуча здатність залізобетонного елементу прямокутного перерізу на дію згинального моменту визначена за формулами (4.3, 4.4) [2].

Система двох нелінійних алгебраїчних рівнянь (4.3, 4.4) [2] з двома невідомими розв'язується підбором із контролем критеріїв вичерпання несучої здатності на кожному кроці розрахунків. Для оцінки напружено-деформованого стану розрахункового перерізу застосовується деформаційний метод.

За результатами розв'язання систем рівнянь (4.3, 4.4) [2] будується діаграма «момент – кривизна». Найбільша величина зафіксована на цій діаграмі і приймається за несучу здатність.

Висновок. Зазначений в [1] та [2] розрахунок нормальних перетинів залізобетонних елементів деформаційним методом не важкий, але потребує тривалого часу для розв'язання простих задач. Порівняно до чинних норм Росії, Білорусі та Євросоюзу, результат визначення несучої здатності по нормальних перетинах не перевищує 5 % у бік зменшення граничних

значень, при цьому та ж різниця між скасованими нормами СНиП 2.03.01-84* та [1] складає до 2%. Виходячи з отриманих даних, для виконання приблизних розрахунків на стадії попереднього проектування достатньо скористатися легкою та перевіреною часом методикою, з подальшим уточненням результатів за [1] під час детальних розрахунків.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування : ДБН В.2.6-98:2009. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 71 с. – (Бібліотека офіційних видань).
2. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б В.2.6-156: 2010. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 170 с. – (Бібліотека офіційних видань)
3. Eurocode 2: Design of concrete structures. General rules and rules for buildings: ENV 1992-1-2. – Brussels, 2001. – 52 p.

SUMMARY

While implementation of calculations, designers use the certain rules of application, that are the generally accepted methods. There must be possibly the use of the simplified design techniques in this case, if it is possible to prove that they are confronted to corresponding principles and provide the degree of safety and durability not less, than methodologies offered by operating normative documents. Eurocode on the basis of which DBN V.2.6-98:2009 was made, allows to use considerable part of methodologies from the normative documents operating on the territory of former post-soviet territory, as their basic principles correspond largely. During the use of any alternative methodology it is already impossible to consider, that planning is executed in complete accordance with DBN V.2.6-98:2009, however regulative organizations, during realization of calculations, usually use the simplified methodology of the former, tested, normative documents.

By comparison of maximum moments in the cut of reinforce-concrete element in the zone of clear bend, which were received with the help of using of methodologies of calculation which were used in some normative documents, it is necessary to reduce differences between application of national normative document of DBN V.2.6-98:2009 with possibility of the use of the simplified methodologies on the stage of the previous planning.

Marked in DBN V.2.6-98:2009 the calculation of the normal crossing of reinforce-concrete elements according to the deformation method is not difficult, but needs a lot of time for the decision of simple tasks. Comparatively with the operating norms of Russia, Belarus and European Union, the result of determination of bearing strength of the normal crossing does not exceed 5 % toward the reduction of maximum values, while the same difference between the cancelled norms of SNiP 2.03.01-84* is 2 %. Coming from the obtained data, for implementation of approximate calculations on the stage of the previous planning, it is enough to take advantage of easy and tested methodology, with further clarification of results at the detailed calculations.

REFERENCES

1. Konstrukcii' budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstrukcii'. Osnovni polozhennja proektuvannja : DBN V.2.6-98:2009. – Ofic. vyd. – K. : Minregionbud Ukrai'ny, 2009. – 71 s. – (Biblioteka oficijnyh vydan').
2. Konstrukcii' budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstrukcii' z vazhkogo betonu. Pravyla proektuvannja : DSTU B V.2.6-156: 2010. – Ofic. vyd. – K. : Minregionbud Ukrai'ny, 2010. – 170 s. – (Biblioteka oficijnyh vydan').
3. Eurocode 2 : Design of concrete structures. General rules and rules for buildings: ENV 1992-1-2. – Brussels, 2001. – 52 p.