

12. Weiss W.J., Guler K., Shah S.P. An Experimental Investigation to Determine the Influence of Size on the Flexural Behavior of High Strength Reinforced Concrete Beams (see [11]). – pp. 709-718.
13. Vander lei R.D., Giongo J.S., Takeya T. Theoretical – Experimental Analysis of Reinforced High Strength Concrete Columns Under Eccentric Compression. (see [11]). – pp. 673-682.
14. Takeuti A.R., de Hanai J.B. Strength and Ductility of Reinforced Concrete Columns Strengthened with High-Performance Concrete Jackets. (see [11]). – pp. 646-655.
15. Sun Y., Ikenono Y., Sakino K. Mechanical Properties of Ultra High-Strength Concrete Confined by Steel Tube. (see [11]). – pp. 636-645.
16. Practical design of reinforced and prestressed concrete structures based on the CEB – FIP mode code (MC 78). – London: Thomas Telford Limited, 1984. – 36 pp.
17. CEB – FIP Eurocode 2: Design of Concrete Structures. Part 1: General Rules and Rules for Buildings, ENV 1992 –1-1. – Brussels: CEN, 1991. – 253 pp.
18. Зак М.Л., Гуца Ю.П. Аналитическое представление диаграммы сжатия бетона // Совершенствование методов расчета статически неопределимых железобетонных конструкций: Сб. науч. трудов. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1987. – С.103-107.
19. Мадатян С.А., Горячев Б.П. Расчет деформаций изгибаемых железобетонных элементов при работе арматуры в упруго-пластической стадии / Предельные состояния элементов железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1976. – С.132-137.
20. Семенов Н.И. Предварительно напряженный железобетон с витой проволочной арматурой. – М.: Стройиздат, 1976. – 208 с.
21. Карпенко Н.И., Мухамедиев Т.А., Петров А.Н. Исходные и трансформированные диаграммы деформирования бетона и арматуры // Напряженно-деформированное состояние бетонных и железобетонных конструкций: Сб. науч. трудов. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1986. – С.7-25.
22. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 76 с.
23. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций / А.А.Гвоздев, С.А.Дмитриев, Ю.П.Гуца и др. – М.: Стройиздат, 1978. – 204 с.
24. Кудзис А.П. Железобетонные и каменные конструкции: В 2-х ч. Ч.1. Материалы, конструирование, теория и расчет. – М.: Высшая школа, 1988. – 287 с.
25. Таха Х. Введение в исследование операций: В 2-х кн., кн. 2 / Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 496 с.
26. Митрофанов В.П. Уточнение понятий случаев разрушения железобетонных элементов при внецентренном сжатии // Проблеми теорії і практики залізобетону: Зб. наук. статей, присвячених 100-річчю з дня народження проф. М.С.Торяника. – Полтава: ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 1997. – С. 323–326.

Получено 25.10.2004

УДК 624.012.41

С.І.РОГОВИЙ, канд. техн. наук

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

СУЧАСНИЙ СТАН ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ЗАЛІЗОБЕТОНУ

На основі результатів аналізу існуючих розрахункових моделей, а також теоретичних і експериментальних досліджень запропоновано удосконалену деформаційну мо-

дель розрахунку міцності нормальних перерізів залізобетонних елементів, яка надає можливість відмовитися від деяких емпіричних залежностей та отримати розв'язки актуальних прикладних задач при проектуванні залізобетонних конструкцій.

Однією з найважливіших задач теорії залізобетону є узагальнення й обґрунтування результатів досліджень закономірностей силового деформування та розробка на їх основі розрахункової моделі, яка об'єктивно оцінює напружено-деформований стан (НДС) і міцність бетонних і залізобетонних конструкцій. В якості такої моделі останнім часом всебічно вивчається і впроваджується в практику нелінійна деформаційна модель розрахунку, заснована на реальних діаграмах стану (деформування) матеріалів – бетону та арматури. Така модель сьогодні розглядається як один з перспективних напрямків удосконалення теорії розрахунку залізобетонних конструкцій.

Істотний внесок у вирішення проблем дослідження НДС, які є основою деформаційної теорії, зроблено вченими України. Завдяки їх науковим працям став можливим подальший розвиток, удосконалення і впровадження деформаційної розрахункової моделі.

Слід відзначити експериментальні і теоретичні дослідження, виконані під керівництвом О.Б.Голишева, А.М.Бамбури, В.Я.Бачинського в НДІБК [1, 2]. Тут вперше в Україні почалися розробки ключових питань, пов'язаних з побудовою загальної деформаційної теорії залізобетону, та започаткована прикладна теорія розрахунку залізобетонних конструкцій. На їх основі з'явилися перші рекомендації щодо уточненого розрахунку залізобетонних елементів з урахуванням повної діаграми стиску бетону.

Відома своїми досягненнями школа вивчення деформативних властивостей бетону, яку створили О.Ф.Яременко, В.С.Дорофеев та ін. [3, 4]. Тут вирішені питання досліджень деформацій і тривалого опору бетону в методиці діаграм-ізохрон, побудови залежностей між напруженнями і деформаціями, розробки методів розрахунку залізобетонних елементів на основі повної діаграми деформування бетону. При цьому досліджувалися не тільки діаграми стану бетону, а й діаграми деформування кам'яної кладки.

Суттєвим внеском в удосконалення деформаційної моделі розрахунку є дослідження Є.М.Бабича та ін. [5], де вивчалися питання апроксимації залежностей «напруження - деформації», що враховують нелінійність деформування бетонів, та вирішувалися різні проблеми, пов'язані з удосконаленням деформаційної теорії.

Метод нелінійного розрахунку, який на всьому діапазоні завантаження, включаючи граничний, дозволяє оцінювати НДС перерізу запропоновано В.С.Шмуклером та І.Я.Лучковським [6]. За відомою фіз-

ровою деформацією тут визначаються всі необхідні атрибути розрахункової моделі, а також несуча здатність без залучення яких-небудь апріорних постулатів, прийнятих в інших методах.

Завдяки науковим працям вітчизняних і зарубіжних вчених стало можливим вирішення ряду важливих питань деформаційної моделі розрахунку, яка має суттєві переваги у порівнянні з іншими методами. Така розрахункова модель дає змогу на єдиній методологічній основі оцінювати НДС і міцність залізобетонних елементів при різних силових діях: умовно однорідному (за випадкових ексцентриситетів) та неоднорідному (позацентровому) стиску, позацентровому (у випадку великих ексцентриситетів) розтягу, а також при згині. При цьому можуть розглядатись різні елементи, в тому числі із складеними та комбінованими перерізами, що включають різні види і класи бетону й арматури. Така модель, враховуючи фізичний характер роботи бетону й арматури, надає можливість об'єктивно оцінювати НДС і міцність залізобетонних та бетонних конструкцій, що дозволяє отримувати більш надійні та економічні рішення. Мається на увазі, що за певних умов можливе уникнення переоцінки міцності бетону та використання більш високої межі розрахункового опору арматури.

При цьому слід відзначити наявність ряду невирішених проблем існуючих деформаційних розрахункових моделей. У більшості випадків при реалізації такої моделі граничні деформації бетону розглядаються як деякі фізичні константи матеріалу і не враховується вплив ряду важливих факторів: виду силової дії, геометричної форми перерізу елемента, різних співвідношень характеристик міцності і деформативності матеріалів, коефіцієнта армування та ін., – які є суттєвими чинниками впливу на деформативність бетону. Однією з найважливіших у цьому напрямку проблем є реалізація в завершеному вигляді, доведеному до рівня практичного використання, науково обгрунтованої концепції визначення граничних деформацій бетону.

До цього також необхідно зауважити, що значна частина існуючих методів експериментальної оцінки повних діаграм стану бетону $\sigma_b - \varepsilon_b$ (напруження - деформації), які б давали можливість отримувати стабільні значення параметрів таких діаграм і досліджувати їх істотні властивості залежно від різних впливових факторів, не достатньо науково обгрунтована. Важливою проблемою удосконалення таких методів досліджень є забезпечення стійкого деформування (такого, що затухає в часі) в умовах роботи дослідного зразка на низхідній частині діаграми $\sigma_b - \varepsilon_b$.

Що стосується забезпечення згаданого стійкого деформування,

вирішення такої проблеми витікає з аналізу особливості силового деформування бетону в умовах стримування деформацій, що має місце, наприклад, при наявності арматури або інших жорстких елементів, які працюють синхронно з бетоном та виконують функції жорстких в'язів. Така особливість за певних умов [7] дає можливість забезпечувати рівноважне деформування бетону природним шляхом (без штучного регулювання швидкості деформування) в умовах роботи на низхідній частині діаграми $\sigma_b - \varepsilon_b$, що дозволяє удосконалити спосіб дослідження міцності та деформативності [8].

Реалізація науково обгрунтованої концепції визначення граничних деформацій бетону дає змогу удосконалити нелінійну деформаційну модель розрахунку [9]. При цьому вирішуються такі проблеми:

- визначення теоретичних передумов [7], які обгрунтовують фізичну сутність спільного деформування бетону й арматури та дають можливість одержати якісну і кількісну оцінку впливу характеристик міцності і деформативності матеріалів на характер граничних деформацій бетону;

- моделювання трансформованої діаграму стану $\sigma_b - \varepsilon_b$ [9], яка встановлює межу стійкого деформування бетонних і армованих елементів із урахуванням ряду впливових факторів (виду силової дії, геометричної форми перерізу, схеми розміщення арматури і коефіцієнта армування) і надає можливість перетворити систему рівнянь рівноваги зовнішніх і внутрішніх зусиль у граничному стані в розв'язку, що в свою чергу вирішує ряд важливих практичних задач розрахунку залізобетонних конструкцій.

На основі зазначеної удосконаленої нелінійної деформаційної моделі розрахунку вперше сформульовані і реалізовані теоретичні основи визначення граничної висоти стисненої зони бетону нормального перерізу, при якій напруження в розтягнутій арматурі досягають граничних значень. Це в свою чергу дає можливість отримати спрощені розрахункові залежності [10], які дозволяють уникати ітераційних методів [9] пошуку граничних деформацій бетону.

Таким чином, розв'язання вказаних проблем надає можливість створення удосконаленої деформаційної моделі розрахунку, в основу якої прийнята науково обгрунтована концепція визначення критичних деформацій бетону в граничному стані. При цьому можлива об'єктивна оцінка НДС і міцності конструктивних елементів, котрі проектуються на стадії нового будівництва, а також тих, що експлуатуються певний час, частково втратили свої експлуатаційні якості і потребують підсилення різними способами, внаслідок чого виникає

необхідність розрахунків складних (комплексних) перерізів.

Одержані результати знайшли застосування в деяких науково-дослідних і науково-виробничих організаціях. Реалізація запропонованої розрахункової моделі за певних умов (для високоміцних матеріалів – бетону та арматури) надає можливість економити арматурну сталь (до 22%) за рахунок більш точного врахування її роботи та більш повного використання її характеристик міцності при спільній роботі з бетоном, а також уникати переоцінки міцності бетону.

За результатами виконаних досліджень запропоновано рекомендації щодо розрахунку міцності нормальних перерізів при різних силових діях (однорідному, неоднорідному стиску та згині) для включення в Державні будівельні норми (ДБН) «Бетонні та залізобетонні конструкції».

Впровадження удосконаленої розрахункової деформаційної моделі дозволить відмовитися від деяких емпіричних залежностей, отримати розв'язки актуальних прикладних задач при проектуванні різних конструкцій, приймаючи економічні та надійні проектно-конструкторські рішення, що створює передумови вдосконалення та реалізації більш ефективних бетонних і залізобетонних елементів як простих, так і складних перерізів, які включають різні види і класи бетону та арматури.

1. Голишев О.Б., Бамбура А.М. Развитие теории железобетона // Будівництво України. – 2003. – С.11-18.

2. Бачинский В.Я. Некоторые вопросы, связанные с построением общей теории железобетона // Бетон и железобетон. – 1979. – С.18-21.

3. Карпенко Н.И., Прокопович И.Е., Мухамедиев Т.А., Петров А.Н., Яременко А.Ф. Учет деформаций ползучести и длительного сопротивления бетона в методике диаграмм-изохрон // Совершенствование методов расчета статически неопределимых железобетонных конструкций: Сб. науч. тр. / Под ред. Н.И.Карпенко, Т.А.Мухамедиева. – М.: НИИЖБ, 1987. – С.66-81.

4. Дорофеев В.С., Барданов В.Ю. Расчет изгибаемых элементов с учетом полной диаграммы деформирования бетона. – Одесса: ОГАСА, 2003. – 210 с.

5. Бабич С.М., Крусь Ю.О. До питання побудови діаграми деформування бетону та визначення коефіцієнта повноти епюри напружень // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. Вип. 6. – Рівне, 2001. – С.94-104.

6. Шмуклер В.С., Лучковский И.Я. Учет полной диаграммы σ_b - ϵ_b в алгоритме расчета железобетонных элементов // Будівельні конструкції. Вип.59. – К.: Будівельник, 2003. – С.143-150.

7. Роговой С.И. Модель деформирования и разрушения композитных материалов при однородном сжатии с учетом деструктивных процессов // Проблемы прочности. – 2002 – №4. – С.132-139.

8. Спосіб одержання повних діаграм стану: Патент України 55204 А, МКІ Е04С1 /04 / Роговий С. І., Круглий Д. В., Пахомов Р.І. (Україна). №2002076000; Заявл. 19.07.2002; Опубл. 17.03.2003, Бюл. № 3. – 3 с.

9. Роговой С.И. Нелинейное деформирование в теории железобетона и расчет

прочности нормальных сечений. – Полтава: Полт. НТУ, 2002. – 183 с.

10.Роговий С.І. Посібник із розрахунку міцності нормальних перерізів елементів залізобетонних конструкцій на основі нелінійної деформаційної розрахункової моделі. – Полтава: ПолтНТУ, 2004. – 40 с.

Отримано 15.10.2004

УДК 624.012.4 - 183.2 : 620.178.6

Д.А.ТАХТАЙ, В.И.ВЕРЕТЕННИКОВ, канд. техн. наук,
А.А.БАРМОТИН, канд. техн. наук

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ БЕТОНА ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Приводятся результаты влияния циклического нагружения на прочность и деформативность бетона при осевом и внецентренном сжатии, предложения по теоретическому описанию напряженно-деформированного состояния внецентренно-сжатых бетонных элементов подвергнутых циклическому сжатию.

Напряженно-деформированное состояние сечений бетонных и железобетонных элементов при малоцикловом нагружении изучены Е.М.Бабичем [1], А.Я.Барашиковым [2], Е.И.Дмитрюковой [5] и др.

Циклическое нагружение изгибаемых и внецентренно-сжатых элементов приводит к возникновению существенной неоднородности бетона по высоте сечения элемента из-за различия в уровнях нагружения волокон сжатой и растянутой зон. Рекомендации норм по расчету прочности, деформаций и трещиностойкости бетонных и железобетонных элементов учитывают влияние этого фактора обобщенно, что объясняется в основном недостаточной изученностью физико-механических свойств бетона и напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов при действии циклических нагрузок.

Значительная часть накопленных экспериментальных данных была получена при осевом и внецентренном нагружении образцов. В проводимых экспериментальных исследованиях наибольшее внимание уделялось несущей способности и деформациям элемента в целом. Напряженно-деформированное состояние бетона сжатой зоны устанавливали исходя из опытов на осевое малоцикловое нагружение.

Целью настоящей работы является изучение влияния способов циклического нагружения на диаграмму деформирования бетона при неоднородном сжатии.

Для моделирования работы сжатой зоны железобетонных элементов, подвергающихся циклическому действию нагрузки, нами была ис-