

РАЗВИТИЕ ДЕСТРУКЦИЙ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ ПОЛНЫХ ДИАГРАММ

Кобринец В.М., д.т.н., проф., Совгира В. В., ассистент

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

Надежная, длительная, и безопасная эксплуатация каркасных зданий гражданского и промышленного назначения интенсивно возводимых из бетонных и железобетонных конструкций с влиянием значимых факторов на стадии проектирования обеспечивается обоснованными решениями аналитических выражений с использованием физико-механических характеристик материалов, нормированных в ДБН на основании испытания базовых призм при центральном сжатии и растяжении. Вместе с тем полученные характеристики являются параметрами диаграмм деформирования одноосно сжатого бетона, фиксирующих на заданных уровнях нагрузки зависимость между напряжениями σ_c и деформациями ε_c .

Описание аналитическими выражениями полных диаграмм σ_c - ε_c одноосно сжатого бетона, отражающих влияние значимых факторов на процессы развития деструкций в структуре однородно сжатого бетона с ростом нагрузки на восходящем и нисходящем участке отражено в работах [5 - 7].

Однако преобладающее число несущих конструкций работают в условиях сложного напряженно-деформированного состояния (НДС) – внецентренное сжатие, изгиб, статически неопределимые конструкции и др.

Использование физико-механических характеристик одноосно сжатого тяжелого бетона, согласно гипотезе одноосности, при сопоставлении внутренних сил (объем эпюры напряжений внецентренно сжатых с $e_0 = 1/6 h$ бетонных элементов) с внешним усилием показывает, что в уровнях нагрузки ($0,75 \leq 1 \leq 0,8$) $N_{u,e}$ объемы теоретических эпюр напряжений при "мягких" и "жестких" режимах нагружения на 15...30% меньше внешних (показаний пресса). Эти обстоятельства отрицают приемлемость гипотезы одноосности работы волокон неоднородно сжатого бетона и одновременно свидетельствуют о том, что внецентренно нагруженный бетон работает в других условиях в сравнении с одноосным.

Структура бетона, включающая твердую фазу, поровое пространство, микро- и макротрещины с его реологическими свойствами неоднородна и ее изменение с ростом нагрузки при неоднородном сжатии существенно влияет на деформативность, трещиностойкость, упругопластичность и другие свойства. Следовательно, физические причины, объясняющие процессы

деформирования и разрушения структуры неоднородно сжатого бетона на разных уровнях нагрузки требуют изучения.

Структурные (физические) теории [5] достаточно глубоко изучают физическую сущность поведения одноосно сжатого бетона под нагрузкой. Однако не учитывают наличие в нем изолированных пор (включений) и эффекта взаимодействия между ними, а также между порами и микротрещинами, что существенно отражается на изменении концентрации напряжений и, следовательно, на начальном внутреннем напряженно-деформированном состоянии бетонного элемента до приложения нагрузки.

В то же время, внецентренное сжатие, изгиб приносят изменения в сопротивление неоднородно сжатого бетона, следовательно, и в процессы развития деструкций структуры бетона, его деформирования и разрушения даже в сопоставлении с относительно изученным одноосно сжатым бетоном.

Исследователи [2...4 и др.] полагают, что разрушение материалов в виде бетона происходит при разрыве в хрупком состоянии и сдвиге в пластичном состоянии. Любой из этих видов разрушений включает процесс зарождения и роста дефектов, вызывающих хрупкое или вязкое разрушение.

Согласно современным теоретическим представлениям [3] проведение механических испытаний материалов (включая бетоны), обеспечивающих их равновесный процесс деформирования и разрушения, возможен при получении полных с ниспадающей ветвью диаграмм деформирования неоднородно сжатого бетона.

Многочисленные экспериментальные исследования однородно и неоднородно сжатого бетона показывают, что развитие деформаций и разрушение бетона с ростом нагрузки и форма диаграммы $\sigma_c - \varepsilon_c$ зависит от ряда значимых факторов, включая вид напряженного состояния и режимы („мягкий”, „жесткий”) нагружения [5].

Следовательно, как показывают исследования [5], „жесткий” режим нагружения обеспечивает условия стабильного и равновесного характера деформирования бетонного образца с учетом накапливаемой потенциальной энергии в системе „испытательная машина - образец”, предусматривающий [5;6] перераспределение с образца часть потенциальной энергии на упругий кондуктор не снижая жесткости испытательной машины.

В этих условиях деформирования интенсивность деструктивных процессов (зарождение, раскрытие существующих трещин их рост и слияние в магистральные) в структуре бетона на уровнях $(0,75 \leq 1 \leq 0,8) N_{ue}$ замедляется по причине перераспределения с образца часть потенциальной энергии на упругий кондуктор. Возникающее в неоднородно сжатом бетоне на этих уровнях нагрузки внутреннее сложное напряженное состояние, взаимодействуя с начальным (или установившимся после нагружения на очередной ступени) полем напряженного состояния в бетонном элементе стабилизирует процесс

интенсивного развития деструкций, устраняя преждевременное, лавинообразное разрушение.

Испытание бетонных элементов призмной прочностью ($f_{c,10} = 19,2; 39,7; 64,4$ МПа) исследованных серий, соответственно, А, В, С тяжелого бетона осуществлялось с „мягким“ и „жестким“ режимом нагружения по методике, изложенной в [1; 5...7].

Процесс деформирования и разрушения неоднородно сжатого бетона исследовался с учетом изменения его структуры на различных уровнях нагружения с использованием критериев $\varepsilon_{cy}; \varepsilon_{cx}; \theta_c; v; \Delta t; f_{crc}; f_{rc}$ [5...7], отражающих: характер изменения поперечных, продольных и объемных деформаций; коэффициента Пуассона; скорости прохождения ультразвука.

Обобщая результаты экспериментов о деформировании неоднородно сжатого тяжелого бетона и данные литературных источников, учитывая феноменологические требования к зависимости $N_e/N_{ue} - \varepsilon_{c,e}$ предложены аналитические выражения [5...7], описывающие полные диаграммы зависимости $N_e/N_{ue} - \varepsilon_{c,e}$ деформирования неоднородно сжатого бетона при „мягком“ и „жестком“ режиме кратковременного статического нагружения.

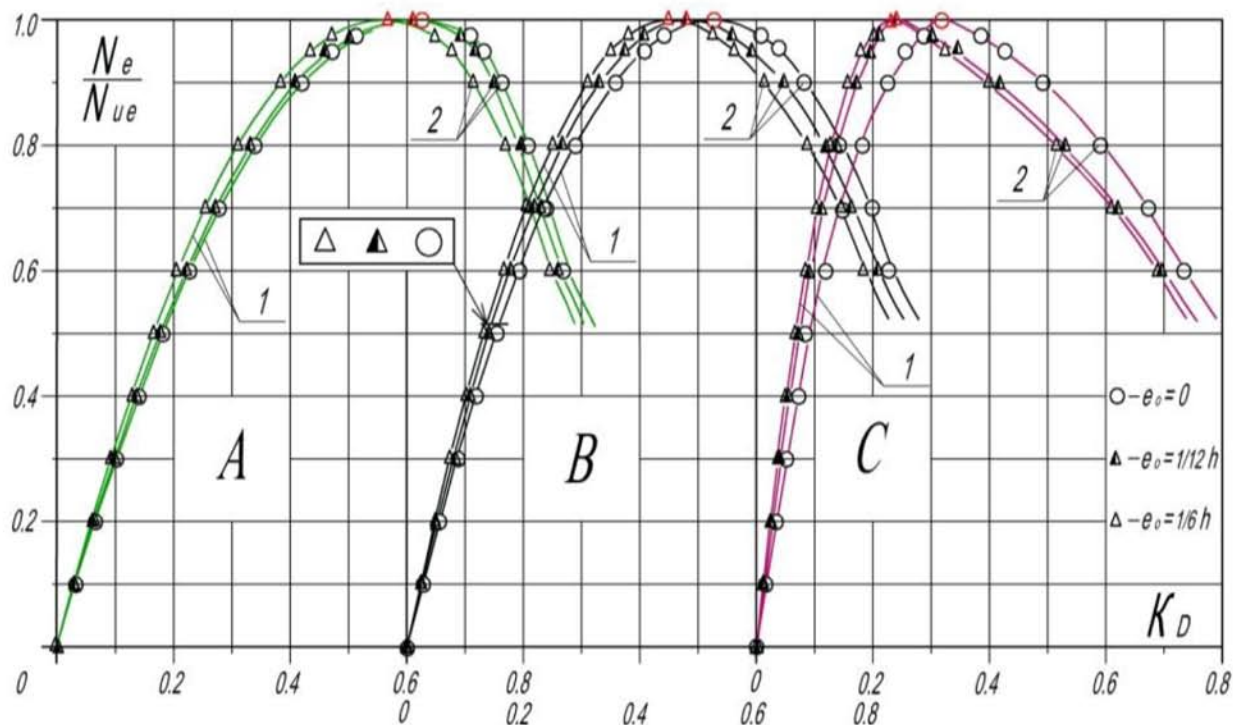


Рис. 1. Диаграммы зависимости $N_e/N_{ue} - K_{D,e}$ изменения коэффициента деструкций структуры тяжелого бетона, отражающий процесс развития псевдо-пластических деформаций и разрушения структуры бетона с ростом нагрузки; $\circ; \blacktriangle; \triangle$ - средние опытные значения и кривые соответственно для $e_0 = 0; e_0 = h/12; e_0 = h/6$; 1 - теоретические кривые изменения K_D ; 2 - опытные значения K_D ; образцы пятой группы типоразмеров из тяжелого бетона серий А; В и С, соответственно, $f_{c10} = 19,2; 39,7; 64,4$ МПа

Приведенные на рис. 1 диаграммы зависимости $N_e/N_{ue} - K_{D,e}$ качественно и количественно отображают процессы развития деструкций в структуре одноосно и внецентренно сжатого тяжелого бетона с ростом нагрузки исследованных серий прочности А; В; С тяжелого бетона, выраженных в виде псевдопластических деформаций, нарушений упругопластических свойств структуры бетона с ростом нагрузки на восходящих и нисходящих участках полных диаграмм деформирования $\sigma_c/f_c - \varepsilon_c$ однородно и $N_e/N_{ue} - \varepsilon_{c,e}$ неоднородно сжатого бетона. Сопоставление K_D одноосно и $K_{D,e}$ внецентренно сжатого бетона свидетельствует, что уровень N_e/N_{ue} величины K_D одноосно сжатого бетона существенно ниже уровня $K_{D,e}$ неоднородно сжатого бетона. Отмеченное превышение между K_D и $K_{D,e}$ увеличивается на участках диаграмм $N_e/N_{ue} - \varepsilon_{c,e}$ в уровнях нагрузки $(0,75 \leq 1 \leq 0,8)N_{ue}$, где интенсивность развития деструкций в неоднородно сжатом бетоне $K_{D,e}$ по отношению к одноосно сжатому существенно выше. Из графиков диаграмм $N_e/N_{ue} - K_{D,e}$ следует, что коэффициенты развития деструкций в одноосно сжатом бетоне K_D на всех уровнях больше $K_{D,e}$ неоднородно сжатого бетона.

Графики диаграмм $N_e/N_{ue} - K_{D,e}$ также отражают процесс разуплотнения технологически образовавшихся вакансий, дислокаций субмикро- и микропор внутри кристаллов, а также микропор и трещин цементного камня, включая микро- и макродефекты структуры бетона [5;6] до уровня f_{crc}^* восходящего участка полной диаграммы $N_e/N_{ue} - \varepsilon_{c,e}$ и диссипативные процессы интенсивного развития микро- и макротрещин в цементном камне и бетоне со слиянием их в фрагменты магистральных трещин и расслоение образца на фрагменты на нисходящей ветви полной $N_e/N_{ue} - \varepsilon_{c,e}$ диаграммы деформирования неоднородно сжатого бетона. Зависимость $N_e/N_{ue} - K_{D,e}$ можно описать аналитическим выражением (1)

$$K_{D,e} = 1 - n_{c,e}, \quad (1)$$

где: $K_{D,e}$ – параметр, характеризующий развитие деструкций в структуре одноосно и неоднородно сжатого бетона; $n_{c,e}$ – коэффициент упругости неоднородно сжатого бетона определяется из выражения [5;7]

$$n_{c,e} = [(v_{cu,e} \cdot N_e) / N_{ue}] / [1 \pm (1 - N_e) / N_{ue} v_{cu,e}]. \quad (2)$$

Выражение (1) зависимости $N_e/N_{ue} - K_{D,e}$, а также зависимости N_e/N_{ue} ($\varepsilon_{cy}; \varepsilon_{cx}; \theta_c; v; \Delta t; f_{crc}^*; f_{crc}^*$) от уровня нагрузки отражают количественную и качественную оценку процесса развития деструкций в структуре неоднородно сжатого бетона на всех уровнях его нагружения при влиянии значимых факторов: $e_o = 0 \dots 1/6h$, прочности бетона, упруго-вязких свойств и режима нагружения.

Литература

1. ГОСТ 24452-80. Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона.- Москва.: Изд-во стандартов, - 981.-55с.
2. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона.- Москва.: Стройиздат,-1962. - 96с.
3. Жуков В.В., Шевченко В.И. Изучение процесса разрушения бетона после пожара с использованием полных диаграмм деформирования//Изв. вузов. Стр-во и архитектура.- 1988.- № 3.-С.2 - 6.
4. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. - Москва.: Стройиздат, 1996.- 411с.
5. Мишутин А.В., Кобринец В.М., Совгира В.В. Процесс разрушения одноосно сжатого бетона // Вісник ОДАБА: збірник наукових праць. - Одеса: ОДАБА, 2014. –Вип. 55.-С.185-197.
6. Совгира В.В. Реологическая модель деформирования и разрушения одноосно сжатого бетона на основе полных равновесных диаграмм его упруго-пластических характеристик// Вісник ОДАБА: збірник наукових праць.- Одеса: ОДАБА, 2016.- Вип. №62.- С.233-239.
7. Совгира В.В. Полные равновесные диаграммы деформирования одноосно сжатого и растянутого бетона/В.В. Совгира//Проблемы современного бетона и железобетона: сб. научн. Трудов/ Ин-т БелНИИС. – Минск, 2016. - Вып.8, -С.270-289.

DEVELOPMENT OF DESTRUCTIONS ECCENTRICALLY COMPRESSED CONCRETE ON BASIS OF COMPLETE DIAGRAMS

Experimental studies of the development of destruction in the structure of heterogeneously compressed concrete ($K_{D,e}$) under the influence of significant factors: load eccentricity, cross-sectional dimensions, concrete strength, soft loading regime, and so on.

The diagrams of the $N_e/N_{ue} - K_{D,e}$ dependences show qualitatively and quantitatively the processes of destruction development in the structure of inhomogeneously compressed heavy concrete of the investigated strength series $f_{c,10}=(19,2; 39,7; 64,4)$ МПа, expressed as pseudoplastic deformations, violations of the elastoplastic properties of the concrete structure with increasing load on the ascending and descending sections of the complete deformation diagrams.