

УДК 691.327.3

К ВОПРОСУ О НОРМИРОВАНИИ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

И. И. МЕЛЬЯНЦОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Исследования в области механики легких бетонов сводятся не только к изучению прочности и долговечности, но и деформативных характеристик.

Одним из базовых параметров, используемым для практической оценки диаграммы деформирования легкого бетона, является модуль упругости E_{lcm} . В нормах проектирования СП 5.03.01–2020 *Бетонные и железобетонные конструкции* он регламентируется как тангенс угла наклона секущей между точками $\sigma_c = 0$ и $\sigma_c = 0,4f_{lcm}$ диаграммы и определяется в зависимости от класса по прочности на сжатие и коэффициента η_E , учитывающим верхнее значение плотности для класса легкого бетона по плотности. Значение E_{lcm} в пределах одного класса может меняться в зависимости от класса бетонной смеси по консистенции и соответствующим маркам по удобоукладываемости. Таким образом, модуль упругости в нормах проектирования представляет собой функцию двух аргументов: прочности и плотности легкого бетона.

Исследования в области нормирования модуля упругости для легких бетонов в зависимости от прочности бетона и плотности проводились многими учеными. В частности, Г. Д. Цискрели и А. Б. Пирадов провели ряд исследований легких бетонов на различных заполнителях широкого диапазона прочности и плотности. Полученный ими большой разброс данных зависимости модуля упругости от прочности бетона не дал возможности описать их конкретной зависимостью.

Г. А. Бужевич также отмечал, что прямой пропорциональной зависимости между прочностью на сжатие и модулем упругости легких бетонов различных видов нет. В то же время у тяжелых бетонов модуль упругости скоррелирован с его прочностью. Доказано, что максимальные значения деформаций при разрушении возрастают в бетонах с низкими прочностными характеристиками.

У А. М. Невилля факторами, влияющими на модуль упругости тяжелого бетона, являются также количественное соотношение компонентов в смеси, характеристики заполнителя и плотность бетона. В легких же бетонах модуль упругости не зависит от модуля упругости цементной матрицы и соотношения компонентов в составе бетона.

Во многих источниках предложена обобщенная эмпирическая формула, устанавливающая зависимость модуля упругости легкого бетона E от кубиковой прочности на сжатие R и объемного веса бетона γ :

$$E = A \cdot \gamma^k \cdot \sqrt{R^n}, \quad (1)$$

где A , k , n – эмпирические коэффициенты.

Значения эмпирических коэффициентов у различных авторов варьируются в широких пределах. В каждом конкретном исследовании легкого бетона на пористом заполнителе различного вида должно быть произведено на основании статистической обработки достаточно большое количество опытных данных.

Более сложный подход к определению модуля упругости легкого бетона предложил Ю. И. Мешкаускас. Он описал модуль упругости как многофакторную функцию, включающая функцию, определяющую модуль упругости при условии фиксирования остальных факторов $f(R, \gamma)$, функцию фактора времени $f(t)$ и функцию предыстории напряженного состояния бетона $f(\tau, \eta)$:

$$E = f(R, \gamma)f(t)f(\tau, \eta)m_1m_2m_3, \quad (2)$$

где m_1, m_2, m_3 – коэффициенты, учитывающие условия твердения, влажности и уровень относительных напряжений.

Данный подход в определении модуля упругости учитывает механические и технологические факторы, но главная роль в данной зависимости отводится прочности бетона.

Расчет модуля упругости на основании прочности и плотности в проектировании легкобетонных конструкций дает хорошую сходимость с опытными данными для классов LC 12/13...LC 20/22. Остальные факторы ввиду своей малозначительности можно не учитывать. При увеличении же классов по прочности наблюдается достаточный разброс фактических данных, полученных из результатов испытания образцов. Данный разброс связан с концентрацией напряжений из-за разницы в значении модуля упругости заполнителя и растворной составляющей.

Существуют зависимости, описывающие модуль упругости бетона через модули упругости его компонентов, т. е. растворной составляющей и заполнителя. Значения модулей упругостей легкого бетона, полученные по экспериментальным исследованиям, тем больше отличаются от расчетных, чем больше разница между упругими характеристиками растворной матрицы и заполнителя.

В монографии И. А. Иванова подчеркивается роль отношения модуля упругости растворной составляющей к модулю упругости заполнителя E_p/E_z . Не опровергая значимости плотности и прочности бетона для нормирования модуля упругости легкого бетона, автор рекомендует при проектировании требуемого состава основываться на две составляющие: прочность крупного заполнителя, используемая не только для достижения определенного класса бетона по прочности, но и его долговечности, и соотношение E_p/E_z . Величина E_p/E_z рассматривается как критерий структуры и используется в математических моделях для описания упругих свойств, а также имеет тесную связь с механикой разрушения легкого бетона.