

ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНУ ЗА НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

*Г. Дмитрів, ст. викладач
Львівський державний аграрний університет*

Ключові слова: від'ємна температура, напружено-деформований стан, модуль пружності, максимальний стиск.

Key words: negatives Fieber, angespannt deformierter Befund, Modul der Federkraft, maximaler ballt.

Begutachten Ergebnisse der vorherigen Durchforschungen der Anspannungen in Beton bei negativen Fiebern. Ist geführt analytische Abhängigkeiten der Deformation des Betons und ist geführt sie quantitative Charakteristiken

Постановка проблеми. Проблема розрахунку залізобетонних конструкцій із урахуванням температури полягає в розробці методів, які б враховували фізичну нелінійність деформування залізобетону і довготривалі процеси в бетоні й арматурі під дією температури в умовах суттєвої неоднорідності й анізотропії матеріалу.

Найдосконалішою була б теорія, яка б враховувала спільні довготривалі процеси та явища нелінійності. Але створення такої теорії для моделювання складного напруженого стану бетону є важким завданням, і можливий простіший спосіб опису фізичних співвідношень, який ґрунтується на окремому врахуванні цих явищ [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Напружено-деформований стан конструкцій визначає декілька чинників: монолітний чи збірний варіант, наявність попереднього напруження і метод його створення, розрахункова схема конструкції, конструктивне вирішення вузлів спряження елементів тощо.

У праці В.М. Левіна, В.Д. Передерія, В.Г. Лебедева [2] конструкція розглядається як симетрично армований консольний стрижень, защемлений в основі. Стрижень має постійне навантаження від власної ваги. Особливостями, які в багатьох випадках визначають напружено-деформований стан конструкції на стадії виготовлення, є навантаження бетону в молодому віці і швидке зростання зовнішнього навантаження, яке залежить від швидкості виготовлення конструкції. Задачі з визначення напружено-деформованого стану в арматурі й бетоні конструкції під час експлуатації з врахуванням довготривалої дії температури і навантаження вирішують на базі спадкової теорії старіння для різних розрахункових схем наближеним кроковим методом пружних розв'язків. Методика враховує неоднорідність бетону, особливості розвитку температурно-усадкових і пружних деформацій бетону за додатних і від'ємних температур, температурне старіння, нелінійність і зворотність деформацій повзучості бетону за різних температурних режимів, вплив температури на міцність бетону і властивість арматури, наявність плоско напруженого стану, появу й розкриття тріщин у бетоні і низку інших чинників [2].

Розроблені спрощені методи розрахунку міцності й тріщиностійкості конструкції, які ґрунтуються на методиці Норм [3] і враховують наведені чинники за допомогою деяких інтегральних характеристик.

Постановка завдання. Завдання – проаналізувати існуючі результати досліджень впливу від'ємних температур на характеристики бетону.

Виклад основного матеріалу. Питання впливу від'ємних температур при розрахунку інженерних будівель і споруд досліджували вчені як в Україні, так і за її межами. Встановлено, що у разі заморожування бетону до мінус 45...65 °С міцність зростає на 17-22%, граничне стискування – на 22,5-25,6%, початковий модуль пружності –

на 3,6-6,1% [4]. Лінійна залежність між напруженням і деформацією за від'ємних температур порушується вже за низьких напружень. Граничний стиск бетону після заморожування і відтавання без зволоження суттєво зменшується.

За даними Г.В. Червонобаби, після 30 циклів заморожування до мінус 45...50 °С і відтавання без зволоження граничний стиск знизився на 18,5%.

Дослідами В.Н. Бойкова, В.О. Алмазова, В.М. Москвіна, В.Н. Ярмаковського та ін. [4-8] встановлено, що стискальне напруження невеликого рівня до 0,4 R_{пр} (з протиморозними домішками - до 0,6 R_{пр}) не призводить до суттєвого зменшення міцності й модуля пружності бетону у разі почергового перемінного заморожування й відтавання зі зволоженням. Під час дії вищих стискальних, а також розтягувальних напружень, які перевищують 0,25 R_р, спостерігається значний розвиток деструктивних процесів і зниження міцності, морозостійкості й модуля пружності бетону. Почергове заморожування до мінус 45.....50 °С і відтавання без зволоження бетону, завантаженого до 0,6 R_{пр} (за даними В.Червонобаби), практично не позначилось на міцності (зростання на 6%) і суттєво знизило граничне стискання – на 23% після першого циклу і на 25,5% після 30 циклів.

Для конструкцій, які експлуатуються за підвищених і від'ємних температур, діапазон знакозмінних температурних режимів значно збільшується. Бетон конструкцій у літній період може зазнавати дії підвищених технологічних температур до 200°С, а в зимовий період під час зупинки технологічного процесу (це стосується групи залізобетонних інженерних споруд, які зазнають у процесі експлуатації технологічного нагріву і дії зовнішніх температур) – заморожування до мінус 50...60°С.

Дослідами встановлено, що властивість бетону на стиск при морозі після його попереднього нагріву залежить від температури і часу дії підвищених температур, а також від рівня довготривалого навантаження в період дослідження. Порівняно з властивостями бетону еталонних зразків, які досліджувались за температури -45°С, у бетону, попередньо нагрітого впродовж тривалого часу за температур 60-200°С, значно змінилась призмova міцність – зменшилась на 13,1-17,5%, модуль пружності зменшився на 39-58%, граничне стискання зросло на 15,4-48,7%. Порівняно з аналогічними показниками бетону в нагрітому стані властивість змінилась меншою мірою. Заморожування до мінус 45°С призвело до зміни призмovoї міцності від 3,9 до +10%. [9]

Для аналітичного опису діаграм деформування бетону під час стиску і розтягу в умовах від'ємних температур за основу прийнято залежність деформації за нормальної температури [9]:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \left\{ 1 - \varepsilon \left[\frac{k_s}{2\varepsilon_o} + \frac{\varepsilon \cdot (1 - k_s)}{3\varepsilon_o} \right] \right\}, \quad (1)$$

де $\varepsilon_o = R / \left\{ E \left[1 - \frac{1}{2} k_s - \frac{1}{3} (1 - k_s) \right] \right\}$; R – міцність бетону, яку беруть за осьового стиску

рівною R_{np}; k_s – коефіцієнт, що враховує вид напруженого стану бетону; $\varepsilon_o = 2R_{np} / E$.

Для бетону, який не зволожується, вплив від'ємних температур на властивості бетону під час стиску пропонується враховувати двома залежностями: залежністю, що враховує приріст змінної міцності бетону під час заморожуванні [9]

$$\Delta R_{np,x} = 3,6 \cdot 10^{-5} (t - 20^0)^2 \cdot R_{np}, \quad (2)$$

і залежністю, що враховує зміну модуля січення, відповідно до призмovoї міцності бетону при заморожуванні

$$k_x(t) = 1 - 0,5(t - 20^0)10^{-3} \quad (3)$$

Аналітична залежність для опису діаграми деформації бетону при стиску в умовах від'ємних температур з урахуванням залежностей (2) і (3) запишеться

$$\sigma_x(t) = \frac{E \cdot \varepsilon_x(t)}{k_x(t)} \left[1 - \frac{\varepsilon_x(t)}{2\varepsilon_{ox}} \right], \quad (4)$$

де $\varepsilon_{ox} = \{(R_{np} - \Delta R_{np.x})2\} / E k_x(t)$.

Для осьового розтягу бетону аналітична залежність, що описує діаграму деформації за від'ємних температурах, має вигляд [9]

$$\sigma_{xp}(t) = \frac{E \cdot \varepsilon_{xp}(t)}{k_x(t)} \left[1 - \frac{\varepsilon_{xp}(t)}{4\varepsilon_{ox}^p} - \frac{\varepsilon_{xp}^2(t)}{6(\varepsilon_{ox}^p)^2} \right], \quad (5)$$

де $\varepsilon_{ox}^p = \{12(R_p - \Delta R_{p.x})\} / 7E k_x(t)$.

Додаткові втрати від релаксації напружень в арматурі визначають за додатковими залежностями [9].

Висновки. Огляд характеристик бетону у разі впливу на нього низьких температур показав, що попередні дослідження й одержані характеристичні залежності не дозволяють моделювати характеристики бетону в широкому діапазоні від'ємних температур. В одержаних математичних залежностях не враховано комплексну дію температур як на арматуру, так і на сам наповнювач – бетон.

Тому доцільно розробити аналітичні залежності, які б уможливили моделювати характеристики бетону, враховуючи дію температур на всі складові компоненти залізобетонних конструкцій.

Бібліографічний список

1. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1974. – 315 с.
2. Левин В.М., Передерей В.Д., Лебедев В.Г. Определение напряжений в ствoлах монолитных железобетонных дымовых труб // Энергетическое строительство. – 1979. – № 4. – С. 18-20.
3. СНиП П-21-75. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1982. – 89 с.
4. Москвін В.М., Подвальный А.М., Савицкий А.Н., Ярмаковский А.Н. // Бетон для строительства в суровых климатических условиях. – Л.: Стройиздат, 1973. – 320 с.
5. Бойков В.Н., Алмазов В.О., Бойко В.Г. О работе изгибаемых элементов при отрицательных температурах // Бетон и железобетон. – 1982. – № 6. – С. 6-8.
6. Гончаров А.А., Иванов Ф.М. Морозостойкость бетонов различной прочности, нагруженных сжатием // Гидротехническое строительство. – 1969. – № 6. – С. 18-21.
7. Гончаров Г.И., Гузев Е.А., Сейланов Л.А. Совместное влияние нагрузки и отрицательной температуры на деформативность изгибаемых элементов // Бетон и железобетон. – 1980. – № 9. – С. 7-10.
8. Москвін В.М., Подвальный А.М. О морозостойкости бетона в напряженном состоянии // Бетон и железобетон. – 1960. – № 2. – С. 17-19.
9. Кричевский А.П. Расчет железобетонных инженерных сооружений на температурные воздействия. – М.: Стройиздат, 1984. – 148 с.