

## ВПЛИВ ТРИВАЛОГО СТИСКУ НА ЗАЛЕЖНІСТЬ «СІЧНИЙ МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦІЙ – НАПРУЖЕННЯ» БЕТОНУ

*Наведено результати експериментальних досліджень. Проаналізовано вплив власних структурних напружень, викликаних тривалим стиском, на окреслення діаграми «січний модуль деформації – напруження» при стиску бетону. Пояснено причини такого впливу.*

**Ключові слова:** структурні напруження, січний модуль деформації, повзучість бетону.

**Постановка проблеми.** З урахуванням тривалого періоду експлуатації будівельних споруд (конструкцій) виникає доцільність проведення дослідів стосовно впливу тривалого навантаження на властивості бетону. Цей фактор обумовив проведення досліджень щодо впливу тривалого стиску на деформативні властивості бетону.

**Аналіз останніх досліджень.** Результати дослідів впливу тривалого стиску на величину модуля деформацій бетону суперечливі. Експерименти одних дослідників показали збільшення модуля деформацій бетону за рахунок попереднього тривалого стиску [1, 2, 3]. В інших дослідях виявлено зниження величини модуля деформацій при паралельному збільшенні міцності бетону [4] або ж не виявлено практично ніякого впливу тривалого стиску на величину модуля деформацій [5]. Пояснення причин впливу тривалого навантаження на величину модуля деформацій бетону, як правило, не наводяться чи мають такий же суперечливий характер, як і результати дослідів.

**Не дослідженими,** таким чином, залишаються причини суперечливих впливів тривалого стиску на модуль деформації бетону.

**Метою** цих дослідів є розкриття фізичної механіки суперечливих результатів впливу попередніх навантажень на деформативні властивості бетону.

**Виклад основного матеріалу.** Досліди проводилися на призмах із поперечним перерізом 10×10 см. Призми бетонували у вертикальному положенні в металевих формах із застосуванням торцевих плиток, які забезпечували герметичне зберігання зразків у формах, а також давали змогу випробовувати їх на стиск і розтяг без зміни центрування [6].

У віці 5 діб зразки були розпалублені, 6 призм (із десяти) – вологоізолювані. У віці 10 діб призми (три – вологоізолювані та дві – неізолювані) були навантажені стискуючими силами 120 кН (0,4 від руйнівної сили). Через 70 діб призми були розвантажені та випробувані на стиск (так само, як і ті, що вільно тверднули) з вимірюванням деформацій тензометрами ТА-2 з базою 400 мм, що забезпечило точність вимірювання  $1 \cdot 10^{-5}$  одиниць відносної деформації.

Додатково при короткочасних навантаженнях – розвантаженнях (перед тривалим навантаженням призм і при їх розвантаженні) вимірювалася швидкість ультразвуку за двома напрямками за допомогою двох ультразвукових приладів УКБ-1. Зміни швидкості ультразвуку під час вимірювання перед тривалим навантаженням були незначні (не перевищували 40 м/с) та пов'язані зі зміною щільності бетону при його розвантаженні.

Результати вимірювання швидкості ультразвуку  $V_1$  і  $V_2$  (у напрямках УЗК-1 та УЗК-2) при розвантаженні призм показані на рис. 1.

Ці результати є прямим доказом появи та розкриття поперечних мікротріщин розриву в бетоні по цементному каменю (розчину) й відсутності поздовжніх мікротріщин відриву після тривалого навантаження:

а) практично відсутня зміна швидкості ультразвуку ( $\Delta V_2 = \pm 30$  м/с) в поперечному напрямі всіх дослідних зразків при короткочасному циклічному навантаженні підтверджує відсутність поздовжніх мікротріщин відриву;

б) зменшення швидкості проходження ультразвуку в поздовжньому напрямі по УЗК-1 ( $\Delta V_1 = 240-470$  м/с у різних зразках) при розвантаженні призм, які були тривало навантажені, підтверджує появу та розкриття поперечних мікротріщин у цих зразках при практичній відсутності такого зменшення у зразках, що вільно тверднули.

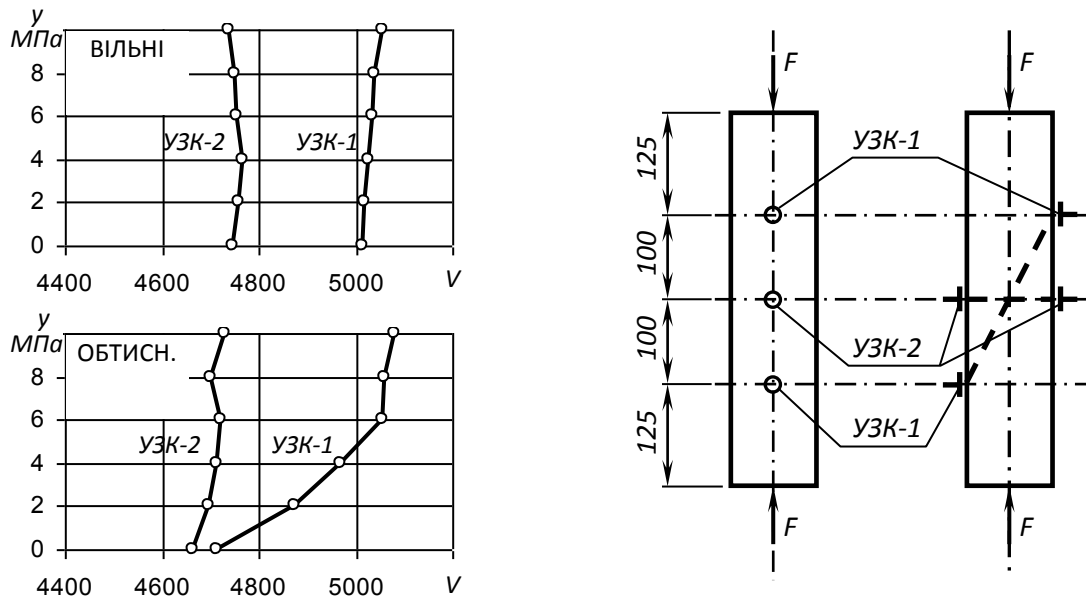


Рисунок 1 – Зміна швидкості ультразвуку ( $V$ ) при розвантаженні призми та схема установки ультразвукових приладів

Другим підтвердженням появи поперечних мікротріщин є окреслення діаграми «січний модуль деформації – напруження» ( $E' - \sigma$ ). Раніше було доведено, що діаграма  $E' - \sigma$  бетонів, які не мають тріщин і значних власних напружень, є прямолінійною [7]. Для бетонів, у зразках яких є поперечні тріщини, діаграма  $E' - \sigma$  на початку навантаження викривляється вниз від прямої лінії, тобто на початку координат модуль  $E'$  зростає (до закриття тріщини) [8].

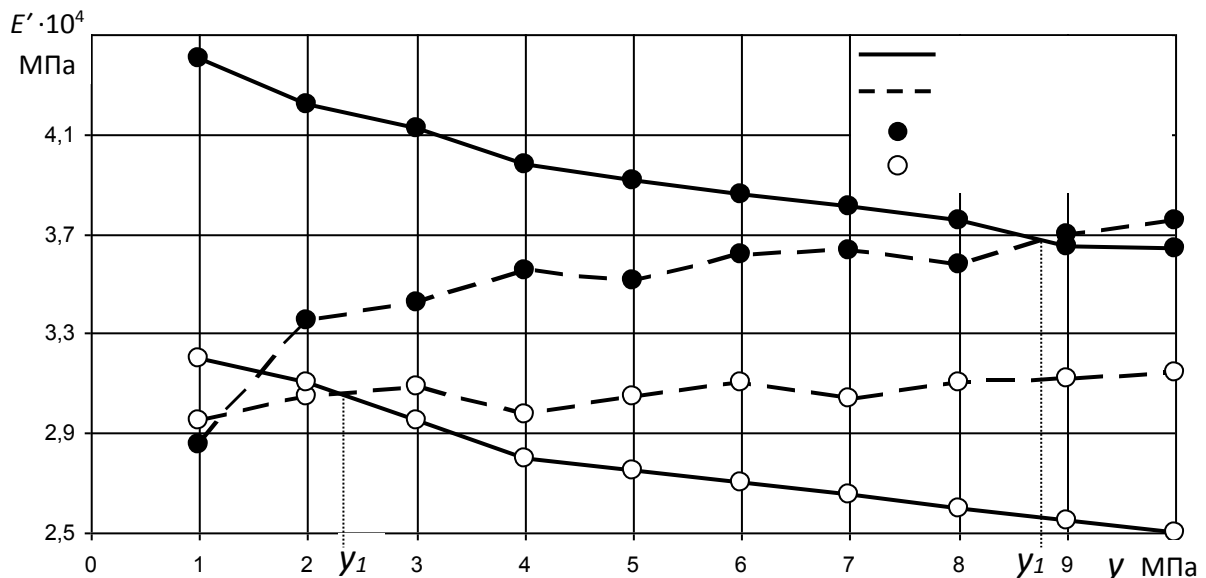


Рисунок 2 – Діаграми «січний модуль деформації – напруження»

Як видно з рис. 2, діаграми  $E' - \sigma$  для зразків, які тривало навантажувалися, на початку навантаження мають висхідні ділянки (модуль деформації зростає) і величину модуля, меншу, ніж у зразків, що вільно тверднули. У зв'язку з тим, що величину модуля пружності частіше

всього визначають як січний модуль деформацій, то й аналізувати причини суперечливих результатів у дослідах різних дослідників доцільно проводити за діаграмами  $E' - \sigma$ .

**Висновки.** Як видно з рис. 2, співвідношення величин січних модулів деформацій залежить від взаєморозташування діаграм  $E' - \sigma$  бетонів, які вільно тверднули, і тривало навантажуваних бетонів. Якщо визначати величину модуля деформацій при напруженнях, менших, ніж  $y_1$  (рис. 2), то модуль деформацій тривало навантажуваних бетонів буде меншим від модуля деформацій бетонів, що вільно тверднули. У процесі визначення модуля при напруженнях, вищих, ніж  $y_1$ , результати співвідношення модулів будуть протилежні попереднім. Якщо визначати величину модуля при напруженнях, близьких до  $y_1$  (точка перетину діаграм бетонів, які вільно тверднули, та тривало навантажуваних бетонів), то модулі будуть практично однакові.

Величина напружень  $y_1$  залежить від властивостей бетону, рівня і терміну тривалого навантаження, від швидкості навантаження при визначенні модуля деформацій, а тому може змінюватися в широких межах. Навіть під час визначення модуля при одному й тому ж рівні навантаження можна одержати різні результати співвідношення величини модулів деформацій тривало навантажуваних і ненавантажуваних бетонів.

Слід також відмітити, що короткочасні навантаження теж впливають на деформативні властивості бетону, хоч і меншою мірою, ніж тривалі. Як показали досліди, в яких призми перерізом 10Ч10 см вертикального бетонування навантажувалися короткочасно до рівня 0,3–0,4 від руйнівного чотири – дванадцять разів, жодне навантаження не проходить безслідно для деформативних властивостей бетону [9]. Невипадково ця особливість породила, як показало міжнародне опитування, багато методів визначення величини модуля деформацій бетону [10].

Слід також відмітити, що однією з причин суперечливих результатів досліджень модулів пружності бетону є існуючі методи їх визначення, які включають в себе короткочасні навантаження при центруванні призм горизонтального бетонування та визначення величини модуля на одному ступені навантаження.

З метою виключення цих недоліків доцільно рекомендувати екстраполяційний метод визначення початкового модуля пружності при вертикальному бетонуванні зразків (призм) [7]. Оскільки в цьому методі модуль пружності визначається за багатьма ступенями навантаження, то з'являється можливість виключити з аналізу явно помилкові відліки вимірювальних приладів.

#### Література

1. Саталкин, А. В. Раннее нагружение бетона и железобетона в мостостроении / А. В. Саталкин, Б. А. Сенченко. – М.: Автотрансиздат, 1956. – С. 85 – 93.
2. Сытник, В.И. Экспериментальные исследования прочности и деформативности высокопрочных бетонов / В.И. Сытник, Ю.А. Иванов // Высокопрочные бетоны: сб. тр. – К.: Будівельник, 1967. – С. 60 – 61.
3. Мельник, Р.А. Исследование деформативности и прочности бетона при длительном сжатии / Р.А. Мельник // Бетон и железобетон. – 1964. – №3. – С. 132 – 135.
4. Улицкий, И.И. Экспериментальное исследование деформативности бетона и жесткости железобетонных изгибаемых элементов при длительном нагружении / И.И. Улицкий, И.А. Русинов // Новое в строительной технике. Вып XII. – К.: Госстройиздат УССР, 1959. – С. 68 – 71.
5. Бондарев, М.В. О влиянии предшествующего процесса деформирования на деформации бетона / М.В. Бондарев // Структура, прочность и деформации бетона: сб. тр. – М.: Госстройиздат, 1966. – С. 99 – 113.
6. Фенко, Г.А. Методика комплексного испытания бетонных призм на растяжение и сжатие / Г.А. Фенко // Ползучесть и усадка бетона: сб. тр. (материалы совещания союзной комиссии РИЛЕМ). – К.: Будівельник, 1969. – С. 181 – 185.

7. Макаренко, Л.П. Практический способ определения модуля упругости и упругопластических характеристик бетона при сжатии / Л.П. Макаренко, Г.А. Фенко // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1970. – №10. – С. 141-147.

8. Фенко, Г.А. Влияние структурных напряжений на деформативные свойства бетона / Г.А. Фенко // Изв. вузов. Строительство. – 2001. – №4. – С. 142 – 145.

9. Фенко, Г.А. Влияние кратковременных нагрузжений на деформативные свойства бетона / Г.А. Фенко // Вопросы надежности железобетонных конструкций: сб. тр. – Куйбышев, 1974. – С. 121 –124.

10. Wosche, K. Resultats d'une enquete internationale sur la de'termination do module d'elasticite du beton en compression / K. Wosche, W. Manns // Materiaux et constructions.– Madrid, 1970.–V3. №15.– P. 179 – 196.

Надійшла до редакції 18.12. 2011

© О.Г. Фенко, А.О. Фенко, М.В. Пашинський

**А.Г. Фенко, к.т.н., доцент, А.А. Фенко, Н.В. Пашинский, студенты**

**Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка**

### **ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СЖАТИЯ НА ЗАВИСИМОСТЬ «СЕКУЩИЙ МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИЙ – НАПРЯЖЕНИЕ» БЕТОНА**

*Приведены результаты экспериментальных исследований. Проанализировано влияние собственных структурных напряжений, вызванных длительным сжатием, на очертание диаграммы «секущий модуль деформации – напряжение» при сжатии бетона. Объясняются причины такого влияния.*

**Ключевые слова:** структурные напряжения, секущий модуль деформации, ползучесть бетона.

**O.G. Fenko, master of sciences, associate professor A.O. Fenko, N.V. Pashinskiy, students**

**Poltava National Technical University named in honour of Yu. Kondratyuk**

### **THE INFLUENCE OF LINGERING COMPRESSION UPON DEPENDENCE «SECANT MODULUS OF DEFORMATION – STRESS» OF CONCRETE**

*The results of experimental investigations are given here. The influence of their own structural stresses, caused by long compression upon diagram outline «secant modulus of deformation – stress» of concrete. The reasons of such influence are explained.*

**Key words:** structural stresses, deformation section module, concrete creep.