

Г.О. Фенко, к.т.н., доц., А.В. Гергель, к.т.н., доц.,
О.Г. Фенко, к.т.н., доц., В.В. Пашинський, студент,
Р.О. Повзик, студент Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка

ВПЛИВ ТРИДЦЯТИП'ЯТИРІЧНОГО РОЗТЯГУ НА МІЦНІСТЬ БЕТОНУ

Аналізуються причини впливу тривалого навантаження на міцність бетону. Наводяться результати експериментальних досліджень впливу тривалого розтягу на міцність бетону.

Анализируются причины влияния длительных нагрузок на прочность бетона. Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния длительного растяжения на прочность бетона.

The influence reasons on durable loading on concrete strength are being analyses here. The results of experimental investigations of durable tensions influence upon concrete strength are presented here.

Ключові слова: *структурні напруження, повзучість бетону, тривале навантаження.*

Постановка проблеми. Наприкінці минулого століття теоретично та експериментально був доведений вплив тривалого навантаження на міцність бетону. Ураховуючи те, що будівельні конструкції експлуатуються протягом десятків років, проведені дослід з терміном тривалого навантаження 15 і 30 років. Розвиваючи тенденції до збільшення терміну тривалого навантаження, проведені дослід стосовно впливу тридцятип'ятирічного розтягу на міцність бетону, результати яких наводяться в даній роботі.

Аналіз останніх досліджень. У середині минулого століття було експериментально доведено збільшення міцності бетону при стиску, розтязі та згині за рахунок тривалого навантаження при дії руйнівного навантаження такого ж напрямку, що й тривале. Пояснювалося таке збільшення міцності інтенсифікацією хімічних процесів (додатковою гідратацією цементу), викликаних тривалим навантаженням. Ураховуючи збільшення міцності бетону за рахунок попереднього тривалого навантаження, в будівельних нормах (СНИП) була закладена величина розрахункового опору (R_T) в попередньо напружених елементах на 40% вищою, ніж у попередньо ненавантажуваних елементах (тобто $R_T = 1,4 R_p$).

Наприкінці шістдесятих років минулого століття теоретично була доведена неминучість зниження міцності бетону на розтяг після тривалого стиску. Для підтвердження теоретичних висновків у Полтавському національному технічному університеті (колишньому будівельному інституті) були проведені дослід, в яких бетонні призми навантажувались тривалими стискуючими силами різної інтенсивності, після чого випробовувались на центральний розтяг до руйнування. З метою досягнення чистоти дослідів використовувалось спеціальне обладнання, котре дозволяло випробовувати одну й ту ж бетонну призму на стиск і розтяг, не змінюючи центрування [1, 2].

Досліди підтвердили очікуване зниження міцності на розтяг після тривалого стиску бетону на 30–36% [3, 4], що пояснюється появою в цементному камені (розчині) власних розтягуючих напружень (після розвантаження бетону), викликаних повзучістю бетону при стиску. При розтязі такого бетону цементний камінь (розчин) досягає граничного стану раніше, ніж у бетоні, який вільно тверднув.

Можна зробити загальний висновок: зменшення розмірів цементного каменю (викликане усадкою або повзучістю при стиску) обумовлює підвищення міцності бетону при стиску і знижує при розтязі, а збільшення розмірів цементного каменю (викликане набряканням чи повзучістю при розтязі) повинне підвищувати міцність при розтязі й знижувати при стиску. Ці висновки підтвердилися експериментально [4, 5].

Слід також відмітити, що призми, навантажені розтягуючими силами в ранньому віці, на початку випробувань скорочувались у розмірах за рахунок збільшення усадки, викликані додатковою гідратацією цементу, обумовленою руйнуванням гелевої оболонки цементних зерен і потраплянням вологи до ядер зерен, які ще не прореагували. Цей фактор порушував чистоту дослідів при тривалому розтязі.

Зменшити вплив додаткової усадки могли досліди на старих бетонах (коли хімічні процеси вже практично затухли) або при значному збільшенні терміну тривалого навантаження, що й було реалізовано. Проведені досліди з тривалістю навантаження 11 і 15 років [6].

Також виконані досліди на старому бетоні. Вологоізольовані бетонні призми вільно тверднули 20 років, після чого були навантажені розтягуючими силами різної інтенсивності на термін 10 років. Знову підтвердилися основні висновки попередніх дослідів із деякими особливостями впливу тривалого навантаження на властивості бетону [7]. При проведенні експериментів був помічений вплив зміни атмосферного тиску на деформації бетону, що обумовило проведення дослідів щодо впливу атмосферного тиску на деформації усадки та набрякання бетону [8].

З метою наближення дослідів до реальних експлуатаційних умов будівельних конструкцій були проведені досліди з тридцятирічним терміном розтягу важкого бетону [9].

Запропонована також аналітична оцінка зміни міцності бетону при стиску і розтязі залежно від рівня тривалого навантаження [10, 11].

Недостатньо дослідженим залишається вплив тривалого навантаження на властивості легких бетонів. Доцільно також збільшити термін тривалого навантаження при досліді над важкими бетонами, а також узагальнити теоретичну оцінку впливу тривалого навантаження на міцність бетону.

Мета статті. Проаналізувати вплив тридцятип'ятирічного розтягу на міцність бетону при розтязі і стиску та обґрунтувати фізичну механіку такого впливу.

Виклад основного матеріалу. У січні 1974 року були виготовлені бетонні призми розмірами 10×10×80 см. Призми бетонувались, як і в попередніх серіях, у вертикальному положенні в металевих формах із торцевими плитками, які забезпечували герметичне зберігання бетону до розпалубки [1, 2]. Після розпалубки у віці 14 днів призми були покриті

вологоізолюючою сумішшю (суміш складається з воску, технічного масла та парафіну) і встановлені в пружинні установки під розтягуюче навантаження різної інтенсивності.

На початку тривалого навантаження вимірювались деформації бетону тензотрами ТА-2 на базі 400 мм. У перші дні випробувань, як і в попередніх дослідах [6, 9], у навантажених зразках усадка перевищувала повзучість при розтязі, в результаті чого скорочення навантажених призм було більшим, ніж вільних. Через деякий час деформації усадки та повзучості почали згасати і стали меншими, ніж деформації бетону, пов'язані зі змінами атмосферного тиску [8], після чого деформації не вимірювалися до кінця тривалого навантаження.

Через 35 років призми були розвантажені й випробувані на розтяг до руйнування на випробувальній машині УИМ-50. При розвантаженні та випробуваннях на розрив теж вимірювалися деформації тензотрами ТА-2, що дало можливість додатково проконтролювати рівень тривалого навантаження, порівнюючи деформації зразків при розвантаженні й розтязі.

Після розриву обидві частини зразків склалися в одне ціле і випробовувалися на стиск на пресі 2ПГ-125.

Результати дослідження впливу тривалого розтягу на міцність бетону подані в таблиці 1 та на рис.1.

Таблиця 1 – Міцність бетону після тривалого розтягу

Призми	Міцність при розтязі (МПа)	Міцність при стиску (МПа)
П - 0	2,9	47,0
П - 5	3,5	48,2
П - 10	3,2	45,0
П - 15	2,7	38,3

Як видно з таблиці та рисунка, тривалий розтяг вплинув на міцність бетону при розтязі й при стиску. Так, розтяг силою 5 кН збільшив міцність і на стиск, і на розтяг. Рівень тривалого розтягу 10 та 15 кН знизив міцність і на стиск, і на розтяг.

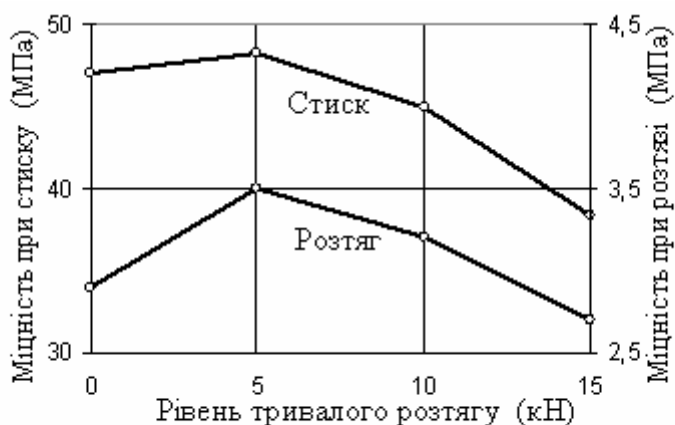


Рис. 1. Міцність бетону при розтязі й стиску після тривалого розтягу

Висновки. Збільшення міцності бетону на стиск за рахунок тривалого розтягу силою 5 кН (рівень навантаження 0,2 від руйнуючого) можна

пояснити активізацією хімічних процесів, викликаних деформацією бетону в ранньому віці. Зниження міцності бетону на стиск при підвищенні рівня тривалого розтягу до 10 та 15 кН (відповідно 0,4 та 0,6 від руйнуючого) обумовлене впливом власних структурних напружень, викликаних повзучістю бетону при розтязі: цементний камінь стиснутий, а щебінь розтягнутий.

Міцність бетону при розтязі після тривалого розтягу силою 5 кН зростає за рахунок тих же власних структурних напружень. Зниження міцності на розтяг після тривалого навантаження 10 та 15 кН можна пояснити деякими структурними змінами: очевидно, появою мікротріщин у старому, крихкому бетоні за відсутності пластичних деформацій у цементному камені.

Слід також відмітити доцільність розширення та узагальнення існуючих теоретичних розробок щодо впливу тривалого навантаження на властивості бетону з метою отримати можливість прогнозувати поведінку навантаженого бетону.

Література

1.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.

2.А. с. 387248.1973. Приспособление для испытания бетонных призм на центральное растяжение и сжатие / Г.А. Фенко, Л.П. Макаренко (СССР); заявл. №1461735 от 20.06.1970; видано 28.03.1973 г.

3.Макаренко Л.П. О снижении прочности на растяжение после длительного обжата / Л.П. Макаренко, Г.А. Фенко // Бетон и железобетон. – 1970. – №7. – С. 44 – 45.

4.Макаренко Л.П. Влияние усадки и ползучести при длительном обжатии бетонов на их трещиностойкость и прочность при последующем растяжении / Л.П. Макаренко, Г.А. Фенко // Ползучесть и усадка бетона: сб. тр. (материалы совещания союзной комиссии РИЛЕМ). – К.: Будівельник, 1969. – С.69 – 80.

5.Макаренко Л.П. Влияние уровня длительного сжатия и растяжения бетона на его прочность при перемене знака усилий в преднапряженных элементах / Л.П. Макаренко, Г.А. Фенко, И.О. Свиначенко // Вопросы надежности железобетонных конструкций: сб. тр. – Куйбышев, 1973. – С.151 – 154.

6.Фенко Г.А. Влияние длительного растяжения на свойства бетона / Г.А. Фенко, А.В. Гергель // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 2001. – №11. – С.129 – 132.

7.Фенко А.Г. Влияние длительного растяжения на свойства старого бетона / А.Г. Фенко, А.В. Гергель // Бетон и железобетон в Украине. – 2005. – №2. – С.5 – 7.

8.Фенко А.Г. Влияние изменения атмосферного давления на деформации усадки и набухания бетона / А.Г. Фенко // Бетон и железобетон в Украине. – 2001. – №6. – С.9 – 10.

9.Фенко О.Г. Вплив тридцятирічного розтягу на міцність бетону / О.Г. Фенко, А.В. Гергель, Г.О. Фенко, Ю.В. Дрижирук, П.М. Бовсуновська // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – Вип.17. – С.70 – 72.

10. Макаренко Л.П. Сопротивление бетона сжатию и растяжению после кратковременного и длительного сжатия различной интенсивности / Л.П. Макаренко // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1985. – №2. – С.8 – 11.

11. Макаренко Л.П. Прочность бетона при кратковременном растяжении и сжатии после длительного растяжения различной интенсивности/ Л.П. Макаренко // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1985. – №7. – С.1 – 4.

12. Битько Н.М. К вопросу определения нелинейных деформаций ползучести тяжелого бетона без учета его старения и наследственности/ Н.М. Битько, О.В. Кузнецова, В.Н. Величко // Бетон и железобетон в Украине. – 2007. – №4. – С.9–13

Надійшла до редакції 3.06.2009

© Г.О. Фенко, А.В. Гергель, О.Г. Фенко,

В.В. Пашинський, Р.О. Повзик