

ОСОБЛИВОСТІ ВИПРОМІНЮВАННЯ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ПРИ ВИПРОБУВАННІ БЕТОННИХ ЗРАЗКІВ РІЗНИХ СКЛАДІВ НА ЧИСТИЙ ЗГИН

Фаль А.Є.

ДерждорНДІ

Для забезпечення надійної і довговічної роботи залізобетонних конструкцій транспортних споруд необхідно застосовувати бетони, які б крім міцності забезпечували тріщиностійкість, водонепроникність, морозо- і хімічну стійкість.

Важливим показником для оцінки довговічності бетону є його міцність на розтяг, від якої залежить тріщиностійкість конструкції та характер розвитку тріщин під впливом експлуатаційних навантажень. Розвиток руйнівних процесів залежить від виду напруженого стану та характеристик міцності, деформативності і тріщиностійкості бетону.

Для отримання довговічних бетонів необхідно використовувати добавки, які покращують властивості бетонів. Важливо при цьому знати вплив добавки на структуру бетону та на кінетику процесів зародження і розвитку мікроефектів та мікротріщин, які в подальшому проростають у макродефекти і призводять до зниження довговічності.

Руйнування бетону відбувається внаслідок поступового накопичення мікроефектів в структурі бетону, тому для виконання даних досліджень передбачалося використання методу акустичної емісії [1, 2, 3]. Основна перевага методу АЕ полягає в тому, що фізичне поле, яке реєструється, створюється самим об'єктом і несе повний об'єм інформації про процеси, які відбуваються у структурі матеріалу від моменту прикладання навантаження до моменту руйнування.

Для дослідження впливу добавки на роботу бетону при розтягу та характер накопичення і розвитку процесів мікроруйнувань було розроблено програма випробувань [4], яка передбачала випробування бетонних призм п'яти серій розміром 600×150×150 мм, які відрізнялися видом добавки, за схемою чистого згину (таблиця 1).

Таблиця 1 – Склад бетонної суміші дослідних зразків

Серія	Проект-ний клас бетону, В	Склад бетонної суміші, кг/м ³				Марка цементу	В/Ц	Добавка
		Ц	П	Щ ₅₋₁₀	Щ ₁₀₋₂₀			
I	30	480	480	550	720	400	0,42	Без добавки
II	30	455	400	500	720	400	0,44	Зола унос 90 кг
III	30	488	500	580	720	400	0,33	Пластифікатор 1,2 %
IV	30	480	480	550	720	400	0,42	Фібра 0,9 кг
V	30	480	500	580	720	400	0,38	Пластифікатор 1,5%

Як базовий склад прийнято важкий бетон без добавки, кількість цементу становила 480 кг, В/Ц=0,42. Для бетону другої серії використано золу – унос Добровірівської ТЕС у кількості 90 кг/м³, що при кількості цементу 455 кг становило майже 20%. Як суперпластифікатори використано STACHEMENT 2000 у кількості 1,2% від маси цементу для зразків третьої серії та комплексну хімічну добавку у кількості 1,5% від маси цементу для зразків п'ятої серії. Серія 4 виготовлялась із додаванням до бетону поліпропіленової фібри фірми STACHEMA у кількості 0,9 кг/м³ (рекомендації виробника), що становило 0,2% від кількості цементу.

Випробування проводили за схемою прикладання зусиль, що пропонується ГОСТ 10180-78 [5], у віці 300-330 діб. Навантаження прикладали ступенями за допомогою десятитонного гідравлічного домкрату, який був під'єднаний до насосної станції. Величина приросту навантаження становила 10% від теоретичного руйнівального. На кожному ступеню навантаження виконувалась витримка тривалістю 4 хв. Рівень навантаження контролювався з допомогою кільцевого динамометра (рис.1).



Рисунок 1 – Випробування бетонних призм за схемою чистого згину

Для вимірювання деформацій бетону призми посередині прольоту на підготовлену поверхню клеєм “ціакрін” приклеювали тензорезистори з базою вимірювання 50 мм. По висоті перерізу приклеювали репери для замірів деформацій за допомогою механічного компаратора. Посередині прольоту проводили заміри прогину зразка під навантаженням, для чого на призмі встановлювалась металева рамка із мікроіндикатором годинникового типу.

Вимірювання часу проходження ультразвуку через матеріал зразка проводили приладом УК-14 П на початку і в кінці ступеня навантаження. Датчики встановлювались на нижній поверхні призми через тонкий шар солідолу та притискалися гумовою стрічкою. База поверхневого прозвучування бетону становила 300 мм. Реєстрація та аналіз АЕ проводили під час завантаження і під час витримки протягом 60-120 с.

Фіксація процесу утворення мікротріщин при дослідженні зразків методом акустичної емісії здійснювали за параметрами прийнятих сигналів з використанням критеріальної оцінки, що базується на швидкості зміни щільності енергії сигналів, які реєструються.

Аналіз напружено-деформованого стану бетонних зразків проводили за вимірними прогинами, деформаціями нижніх розтягнутих волокон, зміною часу проходження

ультразвукової хвилі, за сигналами АЕ. Напруження, які виникали в зразках під час випробування, обчислювали за формулою, яка враховує пружно-пластичну роботу розтягнутого бетону [7]:

$$\sigma_{bti} = \frac{3,5M_i}{bh^2}, \quad (4)$$

де σ_{bti} – значення напруження на ступеню; M_i – значення прикладеного моменту.

Графіки зміни прогину та розтягувальних фібрових деформацій дослідних зразків, представлено на рис. 2.

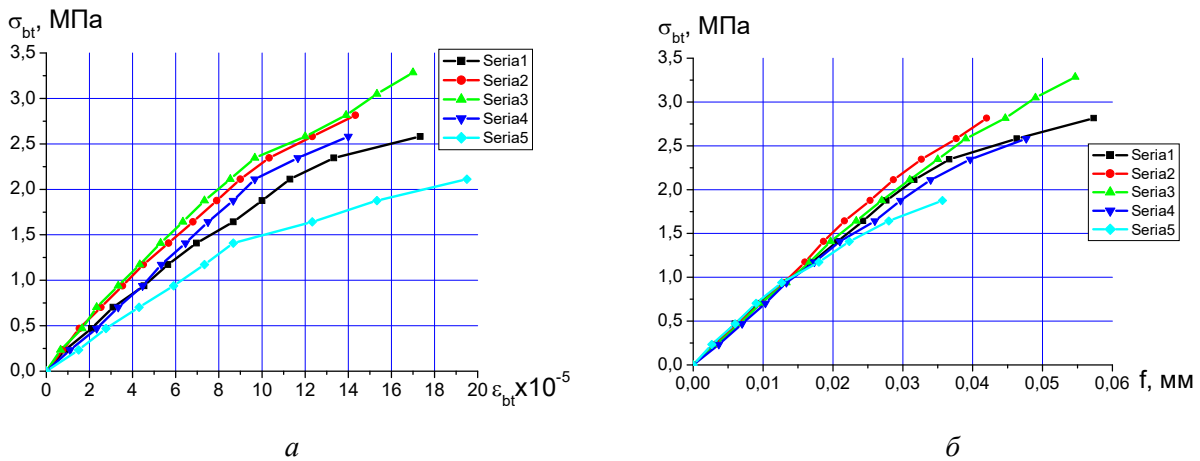
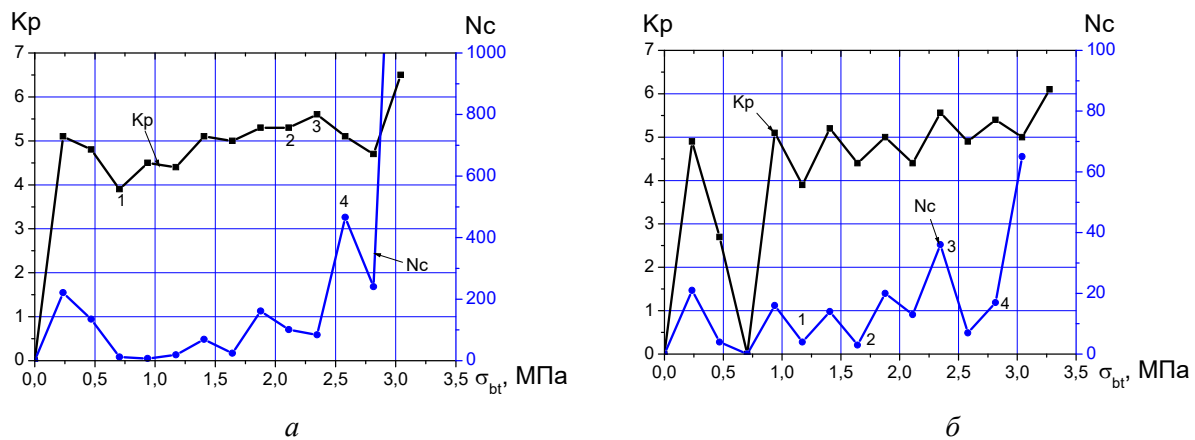


Рисунок 2 – Графіки зміни розтягувальних деформацій (а) та прогинів (б) в залежності від величини прикладеного навантаження

Спільний аналіз графіків зміни прогинів та розтягувальних деформацій дозволив виділити точки, в яких відбувається перехід бетону до наступної стадії деформування (по зміні кута нахилу кривих даних параметрів). Ці точки 1,2,.. були накладені на графіки, що відображають перебіг внутрішніх процесів в структурі бетону (рис.3). Дані точки, які характерні для кожної серії, добре узгоджуються з параметрами АЕ. Слід відмітити, що сигнали акустичної емісії чітко прив'язані до рівня розтягувальних напружень в бетоні і також залежать від зміни зовнішнього навантаження.



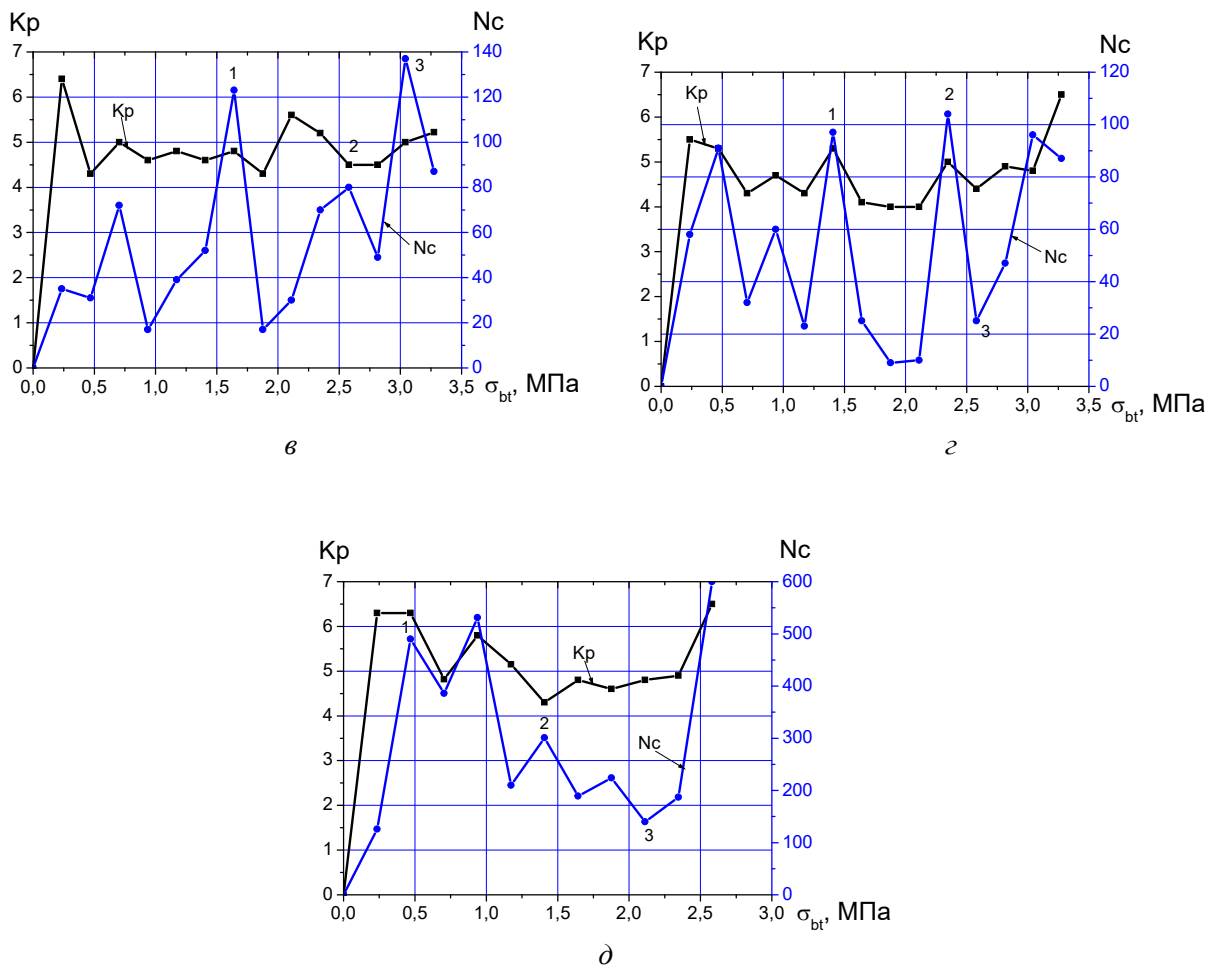


Рисунок 3 – Суміщені графіки залежності накопичення сигналів (N_c) та коефіцієнту K_p від рівня напруження (σ_{bt}) при випробуванні бетонних призм на згин: ПЗ 15 (а), ПЗ 26 (б), ПЗ 34 (в), ПЗ 45 (г), ПЗ 55 (д)

Висновки

За результатами випробування зразків на згин встановлено, що використання ефективних добавок дозволяє підвищити міцність бетону на розтяг. Найнижчий рівень розтягувальних деформацій зафіксовано в бетонах 2, 3 та 4 серій. В порівнянні з базовим складом бетону серії 1 більшу міцність мають бетони серій 2, 3, 4. Значення напружень, при яких утворюється мікротріщина, в них найвищий. Аналіз сигналів акустичної емісії підтверджує, що накопичення мікроруйнувань в процесі збільшення навантаження в бетонах, які виготовлені з використанням добавок, відбувається повільніше в порівнянні зі звичайним важким бетоном. При роботі бетону на розтяг при згині на стадії руйнування фіксується утворення характерної експоненціальної залежності, яка в бетонах з добавками супроводжується меншим виділенням енергії сигналів акустичної емісії.

Література

1. Коваль П.М., Сташук П.М. Дослідження руйнування бетону з використанням методу акустичної емісії // Будівельні конструкції. Всеукраїнська науково-практична конференція “Аварії на будівлях і спорудах та досвід їх попередження”. Збірник наукових праць. Київ. НДІБК. Випуск 51 – 1999. – С. 341-346.
2. Коваль П.М., Лучко Й.Й., Сташук П.М. Оцінка тріщиностійкості бетонів в мостових конструкціях з використанням методу акустичної емісії. // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій, НАН України ФМІ ім. Г.В.Карпенка. Збірник наукових праць. Випуск 3. В-во “Каменярь” Львів. – 2001. – С. 91-100.
3. Коваль П.М., Фаль А.Є. Дослідження бетонів для плит проїзної частини автодорожніх мостів з використанням методу акустичної емісії // Структура, властивості та склад бетону. III науково-практичний семінар. УДУВГП, 2003. – С. 77-82.
4. Фаль А.Є. Акустична емісія при дослідженні бетонів для плит проїзної частини. Перспективи розвитку будівельних конструкцій, будівель, споруд та їх основ. НДІБК. 2003. – Випуск 58. – С. 406-412.
5. ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М: Государственный комитет по делам строительства.. – 1990г./Введ. в действие с 01.01.1991.
6. Филоненко С.Ф. Акустическая эмиссия. Контроль, измерение, диагностика. – К.: КМУГА, 1999. – 332 с.
7. Строительные нормы и правила. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования (СНиП 2.03.01-84). / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.