

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ БЕТОНУ ПІСЛЯ ВПЛИВУ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Пархоменко Р.В.¹, Яковчук Р.С.¹, Вировой В.М.²

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
м. Львів,*

Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

ВСТУП. В Україні щорічно виникають десятки тисяч пожеж в будівлях, так у 2010 році вогнем знищено і пошкоджено 22284 будівлі і споруди, у 2009 - 21840, у 2008 - 20984, у 2007 - 23108. Однією із основних вимог до споруд [1] є дотримання вимог пожежної безпеки, а саме: збереження несучої здатності конструкцій протягом визначеного часу; обмеження поширення вогню та диму в споруді, а також на сусідні споруди і прилеглі території; забезпечення евакуації людей із споруди або їх рятування в інший спосіб; забезпечення безпеки рятувальних команд. В [1] зазначено, що за умови належної експлуатації споруд основні вимоги до них повинні виконуватися протягом обґрунтованого строку служби споруд з урахуванням передбачуваних впливів. У 2008 році в Україні набрали чинності ДБН В.1.2-7-2008 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека» [2]. Ці норми установлюють основні положення та вимоги до виробів, будівель і споруд щодо забезпечення пожежної безпеки, визначеної у [1]. Де також зазначено, що основна вимога повинна виконуватись з прийнятною вірогідністю, протягом економічно обґрунтованого терміну експлуатації об'єкта.

Існуюча система технічної діагностики не дозволяє виконувати довгострокове прогнозування поведінки будівельних конструкцій після пожеж. Тому проблема дослідження будівельних конструкцій, які зазнали впливу високих температур, щодо можливостей подальшої їх експлуатації залишається досить актуальною.

Для дослідження бетонних конструкцій, що зазнали впливу високих температур, так як вони схильні переважно до руйнування через поширення дефектів типу тріщин, пропонується використати метод визначення в'язкості руйнування бетону. В роботі [3] проведено огляд наукових публікацій останніх років щодо використання методів механіки руйнування для дослідження процесів зародження та поширення тріщин в бетонних конструкціях до критичного рівня, а також визначення

оптимальних критеріїв тріщиностійкості для оцінки довговічності бетону.

ОСНОВНА ЧАСТИНА. Для проведення досліджень тріщиностійкості бетону за методикою [4] використовувалась установка кафедри автомобільних шляхів Національного університету "Львівська політехніка", яка забезпечує контрольоване поширення тріщини. Випробування зразків проводилися за схемою триточкового згину за допомогою 200-тонного гідравлічного преса (рис.1).

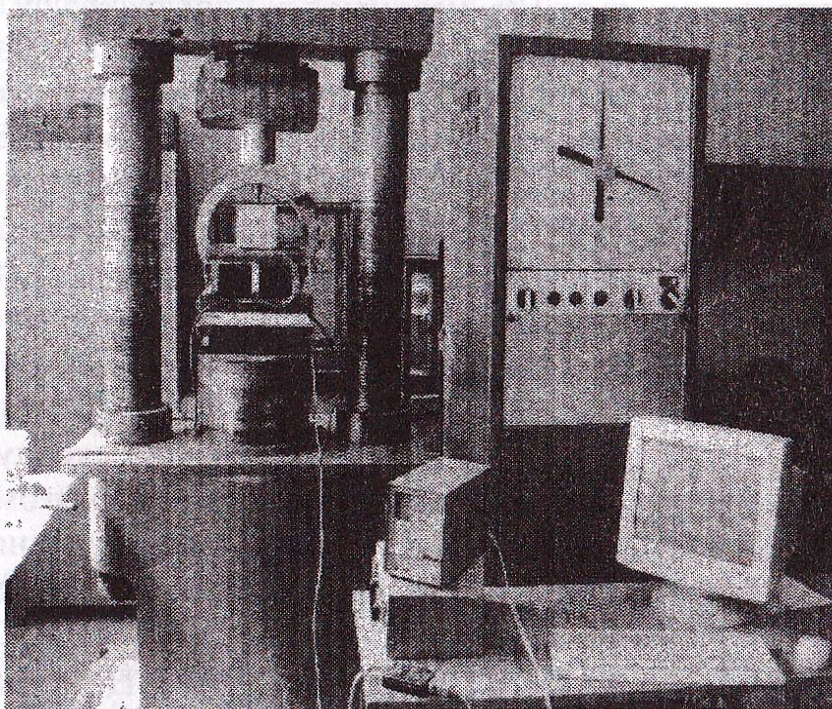


Рис. 1. Загальний вигляд випробувальної установки

Сама методика дослідження тріщиностійкості бетону, з врахуванням нагрівання зразків до високих температур, детально описана в роботі [5]. Згідно з вимогами ГОСТ 10180 [6], було виготовлено 20 дослідних зразків-призм, з розрахунку - 4 зразки на кожне значення температури: 20°C, 200°C, 400°C, 600°C, 800°C. Час витримки зразків при цих температурах приймали на основі аналітичних даних щодо оперативної роботи підрозділів Оперативно-рятувальної служби МНС за період з 2001 до 2009 року, а саме середній час ліквідування пожеж з врахуванням часу слідування підрозділів на пожежі та часу розвитку пожежі до повідомлення, що становить 40 хв.

На рис. 2 - 6 представлені отримані повністю рівноважні діаграми деформування зразків бетонів для всіх серій.

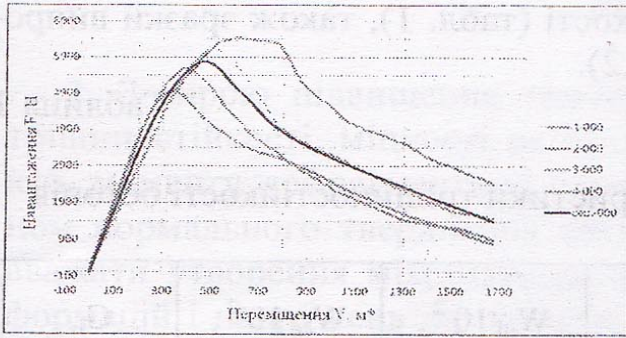


Рис.2. Повністю рівноважні діаграми деформування зразків бетону базової серії «000» - 20°C

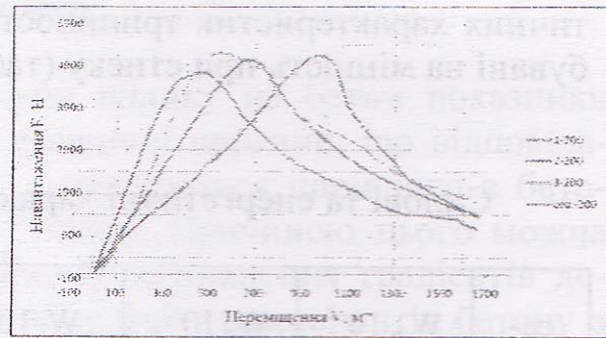


Рис.3. Повністю рівноважні діаграми деформування зразків бетону серії «200» - 200°C

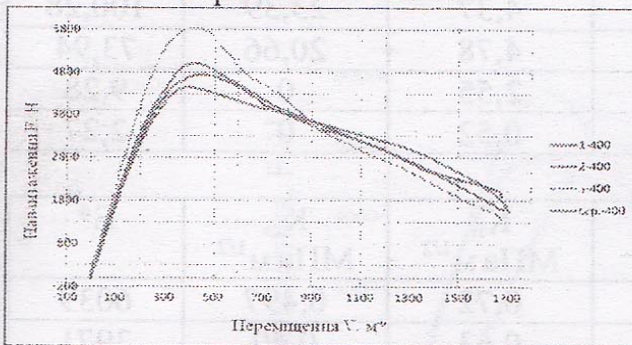


Рис.4. Повністю рівноважні діаграми деформування зразків бетону серії «400» - 400°C



Рис.5. Повністю рівноважні діаграми деформування зразків бетону серії «600» - 600°C

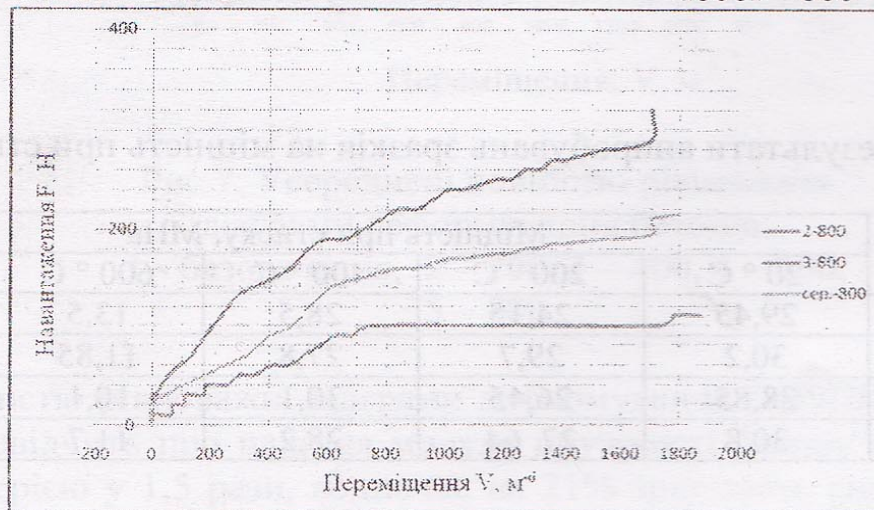


Рис.6. Повністю рівноважні діаграми деформування зразків бетону серії «800» - 800°C

Розрахунковим шляхом визначені енерговитрати на окремі етапи деформування і руйнування зразка, а також значення силових і енерге-

тичних характеристик тріщиностійкості (табл. 1), також зразки випробувані на міцність при стиску (табл.2).

Таблиця 1

Силові та енергетичні характеристики тріщиностійкості бетонів

серія	$W_m \cdot 10^{-2}$, Дж	$W_e \cdot 10^{-2}$, Дж	$W_l \cdot 10^{-2}$, Дж	$W_{ui} \cdot 10^{-2}$, Дж	$W_{ce} \cdot 10^{-2}$, Дж	G_i , Дж/м ²
Б	4,92	46,61	221,59	3,79	24,50	85,90
200	3,75	56,42	200,55	4,37	23,39	100,28
400	2,47	42,15	196,46	4,78	20,66	73,94
600	0,61	4,96	0,86	2,55	0	9,28
800	0,32	1,04	0	0,52	0	2,27

серія	G_f , Дж/м ²	G_{ce} , Дж/м ²	J_i , Дж/м ²	K_i , МПа м ^{1/2}	K_{cs} , МПа м ^{1/2}	E^*
Б	447,00	40,83	92,18	0,72	0,497	6039
200	428,28	38,98	107,56	0,63	0,40	3971
400	397,69	34,43	81,91	0,61	0,41	5098
600	9,70	0	13,54	0,06	0	393
800	1,74	0	3,30	0,01	0	61

Таблиця 2

Результати випробувань зразків на міцність при стиску

№ зразка	Міцність при стиску, МПа				
	20 ° C	200 ° C	400 ° C	600 ° C	800 ° C
1	29,45	24,15	28,5	13,5	5,7
2	30,2	29,7	27,8	11,85	5,2
3	28,85	26,45	30,1	10,1	5,5
4	30,8	27,64	28,2	11,7	6

На рис. 7 представлені отримані усереднені повністю рівноважні діаграми деформування бетонів для всіх серій.

Висновки

1. З мірою підвищення температури впливу на бетон показники тріщиностійкості, міцності на стиск, граничні прогини, що відповідають моменту дефрагментації бетону, зменшуються порівняно з бетоном нормального тверднення (базова серія). Причиною цього можна вважати утворення мікротріщин внаслідок виникнення градієнтів деформацій і напружень на границях поділу фаз і компонентів бетону з причини різних значень коефіцієнта лінійного температурного розширення компонентів бетону. Із збільшенням температури теплового впливу інтенсивність цих процесів поглиблюється.

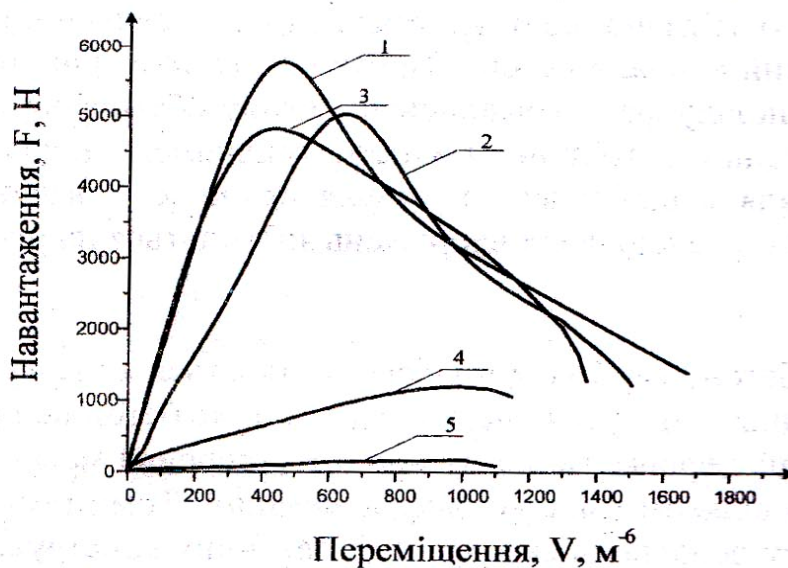


Рис.7. Усереднені повністю рівноважні діаграми деформування бетонів:
1 - базова серія, 2 - 200, 3 - 400, 4 - 600,
5 - 800

2. Повністю рівноважні діаграми деформування (ПРДД) бетону серії «200» свідчить про падіння модуля пружності бетону порівняно з базовою серією у 1,5 рази, водночас на 21% зростають енерговитрати на пружне деформування (W_e) і значення загальних енерговитрат на докритичне деформування (W_i) на 16% порівняно з бетоном базової серії. В закритичній стадії деформування за показником значення роботи на локальне руйнування в зоні макротріщини (W_l) бетон серії «200» незначно поступається бетону базової серії. Це пов'язано із істотним збільшенням абсциси точки зламу діаграми до 630×10^{-6} м порівняно з 440×10^{-6} м у бетону базової серії при незначній зміні її ординати.

Вочевидь, зменшується розклинюючий ефект внаслідок видалення вільної і капілярно зв'язаної води. Деструктивний вплив температури 200°C на структуру бетону не є істотно небезпечним, що підтверджується падінням значень статичного критичного КІН і критичного КІН відповідно на 12% і 19% порівняно з бетоном базової серії. Це кореспондується із зниженням приблизно на 20% міцності бетону на стиск.

3. Бетон, що підданий тепловому обробленню за температури 400°C (серія «400»), відновлює свої пружні властивості до рівня бетону базової серії. Конфігурація ПРДД майже повторює ПРДД базової серії із зменшенням ординати точки зламу приблизно на 1000 Н. Це можна пояснити видаленням вільної, капілярно зв'язаної, адсорбційної і частково хімічно зв'язаної води кристалогідратів завдяки чому відбувається своєрідний «випал» бетону. Проте інтенсивне тріщиноутворення на поверхнях поділу фаз і компонентів бетону обумовлює подальше зниження показників тріщиностійкості, граничного прогину і міцності бетону. Завдяки відновленню модуля пружності значення критичних коефіцієнтів інтенсивності напружень знаходяться на рівні бетону серії «200».

4. Для бетону серії «600» якісно змінюється конфігурація діаграми деформування – відсутня спадна вітка, а отже бетон не працює в закритичній стадії деформування. В момент утворення макротріщини бетон руйнується шляхом миттєвої дефрагментації. Тому температуру 600°C з точки зору подальшої експлуатації бетонних конструкцій можна вважати критичною, за якої бетон вже практично не чинить опір розвитку тріщин ($K_i = 0,06$), а його міцність на стиск зменшується більше ніж в три рази.

5. Оброблення бетону за температури 800°C повністю руйнує структуру бетону, що підтверджується асимптотичним наближенням висхідної вітки діаграми до осі абсцис, наближенням енергетичних і силових характеристик тріщиностійкості і міцності бетону на стиск до нуля.

SUMMARY

The article presents values of power and energy characteristics of fracture toughness and fully equilibrium diagrams of deformation of

concrete specimens after heating them to temperatures of 200 ° C, 400 ° C, 600 ° C and 800 ° C. Constructed completely averaged equilibrium diagrams of deformation of samples of concrete for these temperatures.

Література

1. Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд/Затв. постановою Кабінету Міністрів України від 20.12.2006 р. № 1764.

2. ДБН В.1.2-7:2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.

3. Пархоменко Р.В., Яковчук Р.С., Вировий В.М. Зміна тріщиностійкості бетонних конструкцій після впливу високих температур//Вісник ОДАБА.- Вип. №39, частина 2.- Одеса, 2010.- С.141-145.

4. ГОСТ 29167-91 Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении.

5. Яковчук Р.С. Методика оцінювання тріщиностійкості бетону після впливу високих температур//Зб. наук. пр.- Львів:ЛДУ БЖД, 2011. - №18. – С.170-177.

6. ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.