

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОЇ ВИТРИМКИ БЕТОННОЇ СУМІШІ НА ТРІЩИНОСТІЙКІСТЬ БЕТОНІВ

© Солодкий С.Й., Аларджан Р.А., 2007

Досліджено вплив попередньої витримки бетонної суміші за температури 45 ± 3 °С на характеристики міцності і тріщиностійкості затверділого бетону. Виявлено позитивну роль комплексного хімічного додатка на основі натрію сульфату і суперпластифікатора.

The effect of the preseasoned concrete mixture at the temperature 45 ± 3 °C on the characteristics of the firmness and crack resistance of the hardened concrete has been investigated. The positive role of the complex chemical admixture on the basis of sodium sulphate and superplasticizer has been revealed.

Вступ. На об'єктах, які мають лінійний характер, зокрема в транспортному будівництві, місце укладення бетонної суміші в конструкцію може знаходитися на відстані декількох десятків кілометрів від місця її виробництва. Тому виникає необхідність у транспортуванні бетонної суміші протягом тривалого часу. Положення ускладнюється тією обставиною, що бетонування переважно здійснюється у теплий період року, коли температура повітря може сягати 30–35 °С і вище, при цьому суміш під час тривалого транспортування нагрівається до температури понад 40 °С. Це призводить до швидкої втрати рухливості бетонної суміші, її пересихання, неякісного укладання і, як наслідок, до порушення структури бетону і зниження його будівельно-технічних властивостей. Відомо, що для збереження живучості бетонної суміші під час тривалого транспортування або витримки до укладання використовуються суперпластифікатори і хімічні добавки поліфункціональної дії.

Постановка проблеми. Сьогодні відсутні дослідження впливу періоду попередньої витримки бетонної суміші на основі композиційних цементів на характеристики довговічності затверділого бетону і, зокрема, його тріщиностійкості.

Мета досліджень – оцінити вплив періоду витримки бетонної суміші за підвищених додатних температур перед укладенням на характеристики тріщиностійкості і міцності бетону на основі модифікованих композиційних цементів.

Аналіз останніх досліджень. В [1] запропоновано використовувати швидкотверднучий малогіпсовий портландцемент, модифікований комплексним хімічним додатком, що вміщає натрію сульфат і пластифікатор для бетонів з раннім набором міцності в сухих спекотних умовах. Визначено характеристики міцності, модуль пружності і морозостійкість бетонів, що тверднули в сухих спекотних умовах. Дослідженнями [2, 3, 4] встановлено закономірності впливу речовинного складу композиційних цементів, їх активності і витрати, типу макроструктури важкого бетону на характеристики тріщиностійкості за критеріями лінійної механіки руйнування.

Об'єкти та методи досліджень. Дослідження реалізовані на бетонних сумішах складу Ц:П:Щ:В = 1:2,17:3,42:0,45 за витрати композиційних цементів – 350 кг/м³. Як в'язуче використано два види композиційних цементів V типу (КЦ): КЦ-1 – “портландцементний клінкер (50 %) – основний доменний гранульований шлак (15 %) – перліт (35 %)", КЦ-2 – “портландцементний клінкер (64 %) – доменний гранульований шлак (20 %) – зола-виносу ТЕС (16 %)". Активність цементів за згину/стиску у віці 28 діб становить: КЦ-1 – 7,5/31,0 МПа, КЦ-2 – 8,4/38,0 МПа. Як

крупний заповнювач використано суміш фракцій гранітного щебеню – 10–20 (65 %) і 5–10 (35 %) з пустотністю 44 %, як дрібний заповнювач – кварцовий пісок з модулем крупності 1,32.

Бетонну суміш модифікували комплексним хімічним додатком (КХД), що складається з натрію сульфату (5 частин) і суперпластифікатора Релаксол „Супер” (1 частина) в кількості 6 % мас. цементу. Вибір суперпластифікатора ґрунтується на рекомендаціях виробника по його використанню для пластифікації бетонних сумішей під час монолітного будівництва за високих додатних температур. КХД вводили в бетонну суміш, попередньо розчинивши у воді за температури 40–50 °С. Показник легковкладальності бетонної суміші становив 7 см (P2) при використанні КЦ-1 (на перліті) і 9 см (P2) – при використанні КЦ-2 (на золі).

Після приготування суміші в лопатовій мішалці рівні її частини використовували для формування 4-х призм 0,1x0,1x0,4 м і прогрівання в термошафі за температури 45±3 °С у ретельно закритих кристалізаторах (рис. 1).

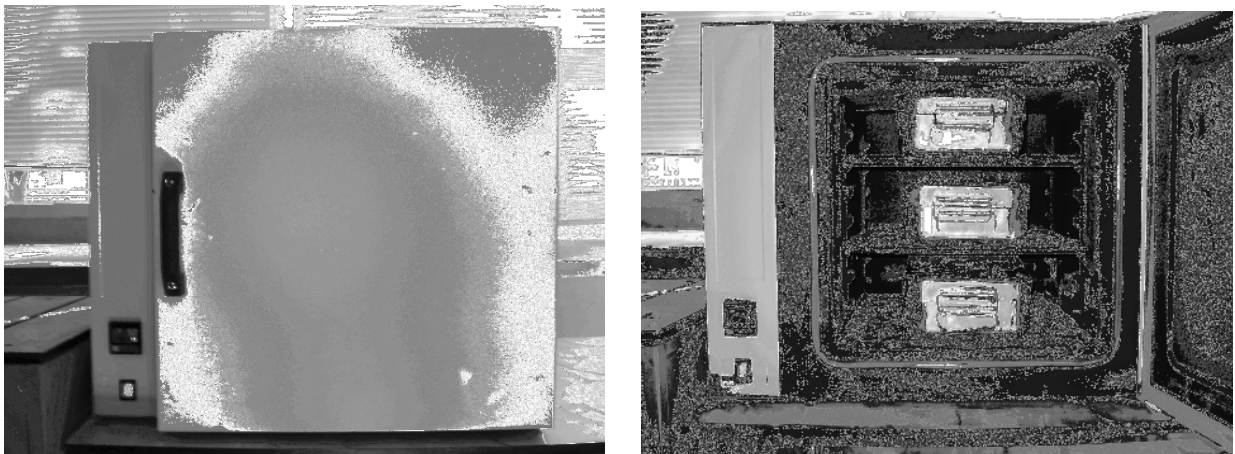


Рис. 1. Витримка бетонної суміші у термошафі

Після витримки у термошафі протягом 60 хв бетонну суміш з показником легковкладальності 0 см перемішували і формували чотири призми 0,1x0,1x0,4 м. В подальшому усі призми після зберігання в нормальних умовах протягом 90 і 30 діб в повітряно-сухих умовах випробовували на тріщиностійкість, а половинки призм – на міцність за час стиску.

Характеристики тріщиностійкості бетонів визначали під час рівноважних механічних випробувань із записом і комп'ютерною обробкою повної діаграми F–V відповідно до вимог [5] на установці, створеній на кафедрі „Автомобільні шляхи” НУ „Львівська політехніка”. Рівноважні випробування зразків зі штучною тріщиною дають змогу зупиняти завантаження на будь-якій стадії розповсюдження макротріщини, а також отримати стабільний характер розвитку та просування магістральної тріщини аж до повного їх руйнування. Про це свідчать плавні, без зривів, спадаючі вітки повністю рівноважних діаграм деформування (ПРДД). Важливою перевагою концепції рівноважних випробувань є те, що розраховані за ПРДД енергетичні та силові характеристики руйнування бетону інваріантні до умов випробувань.

Аналіз числових значень характеристик тріщиностійкості проводили з урахуванням двох стадій деформування і руйнування бетону: I – докритична стадія руйнування (до моменту початку руху магістральної тріщини) за параметрами статичного критичного коефіцієнта інтенсивності напружень (K_c) та енергетичних характеристик (W_m, W_e, G_I, J_I); II – закритична стадія руйнування (з моменту старту тріщини і до повного руйнування зразка) за параметрами критичного коефіцієнта інтенсивності напружень (K_c) та енергетичних характеристик (W_I, G_F, G_{ce}).

Результати досліджень та їх обговорення. Повністю рівноважні діаграми деформування досліджуваних бетонів показано на рис. 2, 3, а розраховані за ПРДД характеристики тріщиностійкості наведено в таблиці.

Характеристики міцності і тріщиностійкості бетонів

Витримка суміші, хв	R, МПа	$W_m, 10^{-2}$ Нм	$W_e, 10^{-2}$ Нм	$W_l, 10^{-2}$ Нм	$G_i, Дж/м^2$	$G_F, Дж/м^2$	$G_{ce}, Дж/м^2$	$J_i, Дж/м^2$	$K_i, МПа^{1/2}$	$K_c, МПа^{1/2}$
КЦ-1										
60	33,4	7,88	18,40	131,82	43,80	250,37	35,65	28,63	0,68	0,61
0	27,4	10,32	16,90	91,72	45,37	181,03	35,08	31,37	0,70	0,62
КЦ-2										
60	35,8	9,52	23,91	117,36	55,72	235,45	23,46	35,99	0,80	0,52
0	29,7	7,69	17,82	98,57	42,51	193,98	35,86	27,90	0,70	0,63

Як свідчить аналіз діаграм деформування бетонів, попередня витримка бетонної суміші за температури 45 ± 3 °С протягом 60 хв спричинила збільшення площі діаграм, причому для бетонів на КЦ-1 – в закритичній стадії деформування (рис. 2), для бетонів на КЦ-2 – переважно в докритичній стадії (рис. 3). Це кореспондується із збільшенням міцності на стиск у 1,2 раза бетонів із попередньою витримкою бетонної суміші.

Для бетонів на КЦ-1 прогрівання бетонної суміші фактично не вплинуло на величину критичних коефіцієнтів інтенсивності напружень (K_i , K_c). Водночас площа діаграми в закритичній стадії деформування, а отже, і енерговитрати на локальне статичне деформування в зоні магістральної тріщини (W_l) зросли у 1,44 раза. Питомі ефективні енерговитрати на статичне руйнування (G_F), що характеризують енергетичний потенціал опору руйнуванню поперечного перетину, зросли у 1,38 раза. Отже, тривале прогрівання бетонної суміші на основі композиційного цементу із вмістом перлиту і пониженим вмістом клінкеру (50 %) істотно збільшує енергетичні характеристики тріщиностійкості і фактично не впливає на величину в'язкості руйнування.

Для бетонів на КЦ-2 прогрівання бетонної суміші спричиняє зростання величини статичного критичного коефіцієнта інтенсивності напружень (K_i) і падіння критичного коефіцієнта інтенсивності напружень (K_c). В закритичній стадії деформування спадної вітки діаграми майже збігаються до точки їх перегину. Це свідчить про те, що позитивна роль прогрівання бетонної суміші збігається тільки в докритичній стадії деформування бетонів.

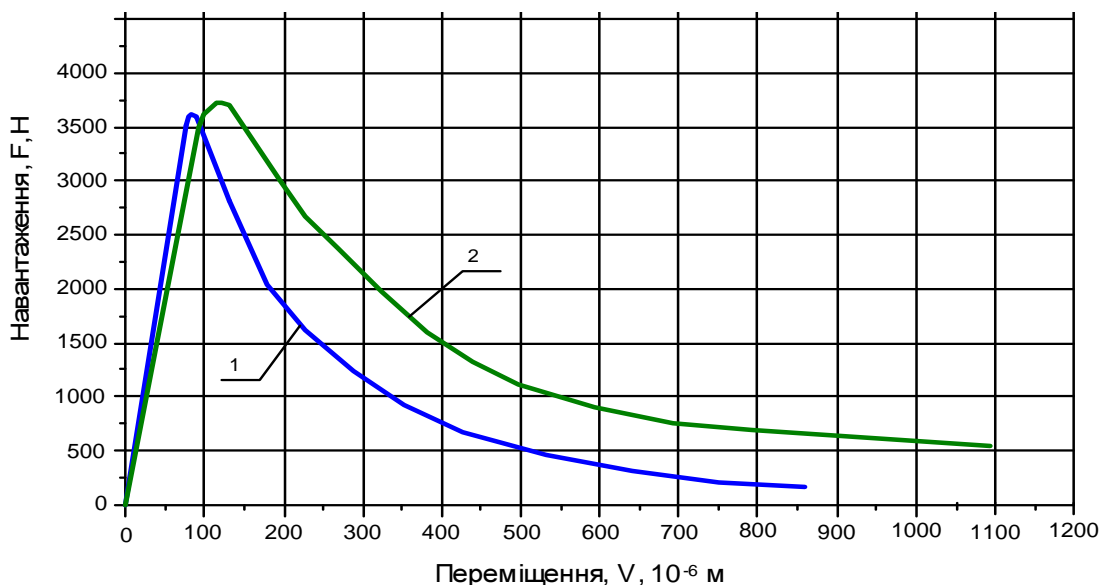


Рис. 2. ПРДД бетону на КЦ-1: 1 – без попередньої витримки бетонної суміші; 2 – з витримкою бетонної суміші перед формуванням за $t=45 \pm 3$ °С

Зростання енерговитрат на локальне статичне деформування в зоні магістральної тріщини (W_1) і питомих ефективних енерговитрат на статичне руйнування (G_F) у бетонів з попереднім прогріванням суміші відбувається за рахунок ділянки діаграми, яка лежить за точкою перегину спаданої вітки, що не має практичного значення для роботи бетонної конструкції.

Отже, сумісний аналіз ПРДД, показників міцності на стиск і характеристик тріщиностійкості бетонів на композиційних цементах, модифікованих КХД, дає змогу загалом позитивно оцінити роль попередньої витримки бетонної суміші за підвищеної температури. Це пов'язано з відмінностями у мікроструктурі бетону і характері взаємодії цементної матриці з заповнювачами за рахунок активізації дії КХД на основі натрію сульфату і суперпластифікатора.

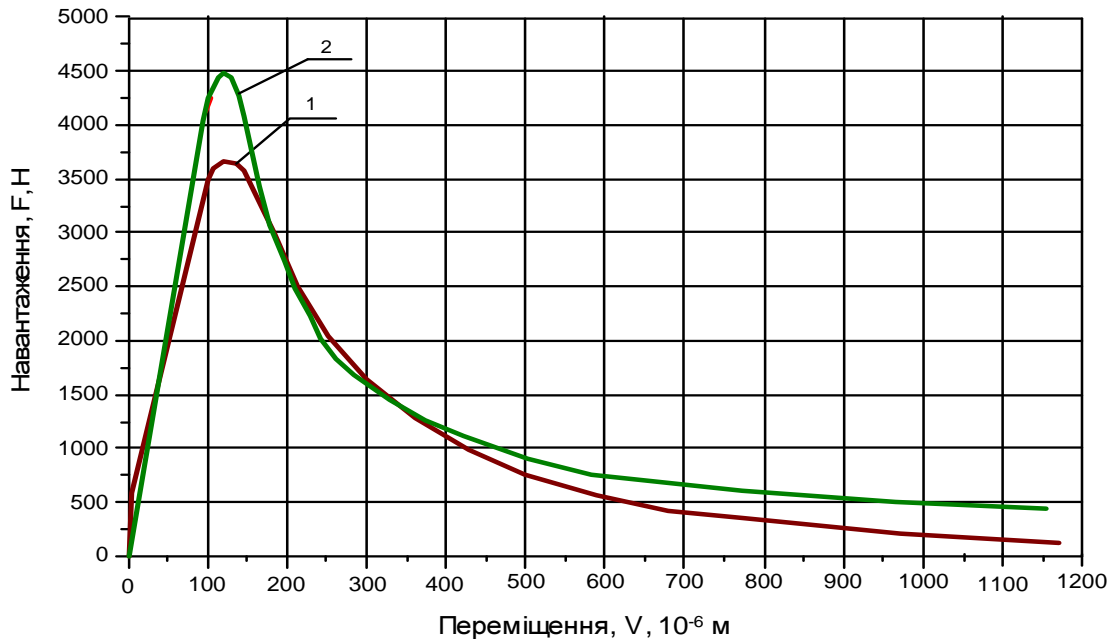


Рис. 3. ПРДД бетону на КЦ-2: 1 – без попередньої витримки бетонної суміші; 2 – з витримкою бетонної суміші перед формуванням за $t=45\pm 3$ °С

Висновки. 1. Застосування композиційних цементів V типу, модифікованих КХД, в бетонних сумішах, що піддаються тривалій витримці за підвищених температур, дає можливість зберегти живучість суміші на рівні, достатньому для монолітного бетонування, підвищити міцність на стиск і тріщиностійкість затверділого бетону.

2. Попередня витримка бетонної суміші за підвищеної температури на основі композиційного цементу з вмістом природної пуцолани (перліту) і пониженим вмістом клінкеру (50 %) істотно збільшує енергетичні характеристики тріщиностійкості і фактично не впливає на величину в'язкості руйнування.

3. Позитивна роль витримки бетонної суміші на основі композиційного цементу з вмістом штучної пуцолани (золи-винесення) і максимальним вмістом клінкеру для цементів V типу (64 %) проявляється переважно в докритичній стадії деформування до зрушення магістральної тріщини.

4. Отримані результати дають змогу рекомендувати використання модифікованих композиційних цементів для бетонування конструкцій в умовах сухого спекотного клімату.

1. Салман М. Бетон на быстротвердеющих портландцементных композициях для сухих жарких условий: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.05 / Львовский политехн. ин-т. – Львов, 1993. – 16 с. 2. Солодкий С.Й., Гайванович Р.В. Влияние типа цемента на характеристики трещиностойкости бетонів // Бетон і залізобетон в Україні. – 2007. – №1. – С.17–24. 3. Солодкий С.Й., Поваляшко М.В. Влияние активности и вмісту цементів на характеристики трещиностойкости бетонів транспортних споруд: Збірник наукових праць „Дороги і мости”. – К., 2007. – Вип. 7. – Т. I. – С. 205–214. 5. ГОСТ 29167-91 Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости при статическом нагружении.