



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **20590** (13) **U**
(51) МПК (2006)
C04B 40/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ ПРИСКОРЕНОГО ВИЗНАЧЕННЯ МОРОЗОСТІЙКОСТІ БЕТОНУ**

1

2

(21) u200612273

(22) 22.11.2006

(24) 15.01.2007

(46) 15.01.2007, Бюл. № 1, 2007 р.

(72) Дорофєєв Віталій Степанович, Вировий Вале-
рій Миколайович, Кровяков Сергій Олексійович,
Мішутін Андрій Володимирович, Романов Олек-
сандр Алімович(73) ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИ-
ЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

(57) Спосіб прискореного визначення морозостій-
кості бетону, що включає випробування зразків
шляхом заморожування та відтаювання у 5% роз-
чині хлористого натрію при температурі - $50\pm 5^\circ\text{C}$,
який **відрізняється** тим, що визначення морозо-
стійкості здійснюється по лінійному рівнянню, вра-
ховуючи зміну після 5 циклів випробувань відно-
шення сумарної довжини технологічних тріщин на
боковій грані зразка, які проявляються у розчині
таніну, до площі бокової грані зразка.

Корисна модель відноситься до виробницт-
ва будівельних матеріалів і галузі будівництва та
призначена для прискореного визначення
морозостійкості бетону.

Відомо спосіб, який описано у ДСТУ Б В.2.7-
49-96 „Бетони. Прискорені методи визначення
морозостійкості при багаторазовому
заморожуванні та відтаюванні”. Цей спосіб
передбачає випробування зразків бетону після
заморожування та відтаювання у розчині
хлористого натрію при температурі $-18\pm 2^\circ\text{C}$ чи при
температурі $-50\pm 5^\circ\text{C}$. Випробування проводяться
до досягнення 5% втрати міцності. Цей метод
визначення марки по морозостійкості все одне є
достатньо довготривалим та трудомістким. Навіть
при роботі з температурою $-50\pm 5^\circ\text{C}$ для бетонів з
рівнем морозостійкості 400 циклів метод
потребує близько 40 робочих днів для всього

В основу корисної моделі поставлена задача
створити спосіб, який дасть змогу значно приско-
рити визначення рівня морозостійкості бетону з
достатньо високою точністю.

Поставлена задача вирішується тим, що за-
пропонований спосіб включає випробування зраз-
ків шляхом заморожування та відтаювання у 5%
розчині хлористого натрію при температурі -
 $50\pm 5^\circ\text{C}$, згідно корисної моделі визначення
морозостійкості здійснюється по лінійному рівнян-
ню, враховуючи зміну після 5 циклів випробувань
відношення сумарної довжини технологічних трі-
щин на боковій грані зразка, які проявляються у
розчині таніну, до площі бокової грані зразка.

Причинно - наслідковий зв'язок між суттєвими
ознаками та очікуваним результатом. Визна-
чення морозостійкості здійснюється по ліній-
ному рівнянню, що значно прискорює термін
випробувань. Враховується зміна відношення
сумарної довжини технологічних тріщин на бо-
ковій грані зразка, які проявляються у розчині
таніну, до площі бокової грані зразка, що дозво-
ляє одержати достатньо точний результат за 5
циклів випробувань.

Запропонований спосіб здійснюється наступ-
ним чином:

Зразки віком не менш 28 діб 3-6 хвилин ви-
тримуються у розчині таніну. Після фіксується до-
вжина проявлених технологічних тріщин на одній з
бокових граней зразка, яка помічається (не вер-
хньої - через яку велось формування зразка, і не
нижньої). Проводиться 5 циклів заморожування
та відтаювання у 5% розчині хлористого натрію
при температурі $-50\pm 5^\circ\text{C}$. Після висушуванні на
повітрі зразки знову 3-6 хвилин витримуються у
розчині таніну і знову фіксується довжина прояв-
лених технологічних тріщин на боковій грані зраз-
ка, яка помічалася. По величині зміни сумарної
довжини тріщин визначається відношення зміни
сумарної довжини тріщин бокової грані до площі
цієї бокової грані. По цій величині на основі нако-
пиченого статистичного матеріалу для даного
типу бетону визначається морозостійкість по лі-
нійному рівнянню, яке будується по методу най-
менших квадратів.

Приклад здійснення запропонованого спо-
соби.

(13) **U**(11) **20590**(19) **UA**

Досліджувався вплив на властивості бетону дозування цементу, добавки суперпластифікатору С-3, Пенетрону Admix та рідкого скла. Відповідно варіювалися чотири фактори: дозування сульфатостійкого портландцементу, від 600 до 800кг/м³; дозування суперпластифікатору С-3, від 0.6 до 1% від маси цементу; дозування добавки Пенетрон Admix, від 0 до 3% від маси цементу; дозування натрієвого рідкого скла, від 0 до 4% від маси цементу. Використовувався митий пісок з модулем крупності 2.8. Всі суміші мали рівну легкоукладальність (8-10см по пенетрації стандартного конусу), тобто В/Ц суміші залежало від складу.

У віці 180 діб визначалося відношення суми довжин поверхневих тріщин у межах грані зразка (ділянки) - L (см) до площі цієї грані (ділянки) - S (см²). Це відношення прийнято ще називати коефіцієнтом технологічної пошкодженості бетону по площі K_{пс}. Прояв тріщин робився за рахунок експонування зразків в розчині таніну. Для досягнення більшої точності зразки фотографувалися цифровою фотокамерою, потім зображення друкувалися у масштабі 3:1. Довжина проявлених поверхневих (технологічних) тріщин замірювалась курвіметром по надрукованим фотографіям.

Початковий аналіз відношення L/S у 18 експериментальних точках показав, що сама величина цього відношення відрізняється між зразками із окремими складів не більше, ніж на 19% - від 2.31 до 2.75см/см². Але розподіл на поверхні технологічних тріщин у композитів з різних складів принципово відрізняється. На Фіг.1 показано у однаковому масштабі вигляд тріщин на поверхнях зразків з однаковим дозуванням цементу (600кг/м³) та С-3 (1%), але на Фіг.1.а - композит, модифікований 1.5% Пенетрону Admix, а на Фіг.2 - модифікований 4% рідкого скла.

Початковий аналіз відношення L/S у 18 експериментальних точках показав, що сама величина цього відношення відрізняється між зразками із окремими складів не більше, ніж на 19% - від 2.31 до 2.75см/см². Але розподіл на поверхні технологічних тріщин у композитів з різних складів принципово відрізняється. На Фіг.1 показано у однаковому масштабі вигляд тріщин на поверхнях зразків з однаковим дозуванням цементу (600кг/м³) та С-3 (1%), але на Фіг.1.а - композит, модифікований 1.5% Пенетрону Admix, а на Фіг.2 - модифікований 4% рідкого скла.

Таблиця 1

Рівні морозостійкості, відношення L/S у віці 180 діб та зміни цього відношення під впливом 5 циклів заморожування та відтаювання у солоній воді при -50°C.

№	цемент	С-3	Пенетрон Admix	Рідке скло	Відношення L/S у віці 180 діб	відношення L/S після 5 циклів заморожування та відтаювання у солоній воді при -50°C	Зміна відношення Δ L/S (після 5 циклів заморожування та відтаювання у солоній воді при -50°C)	морозостійкість F (цикли)
1	700	5.6	10.5	14	2.537	3.190	0.653	300
2	600	3.6	18	0	2.380	2.873	0.493	350
3	600	6	0	24	2.670	3.400	0.730	200
4	800	4.8	0	32	2.750	3.443	0.693	250
5	800	8	24	32	2.730	3.433	0.703	300
6	800	8	0	0	2.497	3.027	0.530	350
7	700	7	21	0	2.403	2.867	0.463	400
8	700	4.2	0	0	2.433	2.997	0.563	300
9	700	4.2	21	28	2.707	3.343	0.637	250
10	800	6.4	24	0	2.363	2.793	0.430	600
11	600	4.8	0	0	2.313	2.843	0.530	400
12	600	4.8	18	24	2.680	3.370	0.690	250
13	800	4.8	12	0	2.430	2.900	0.470	500
14	600	6	9	0	2.307	2.843	0.537	400
15	600	3.6	9	24	2.707	3.420	0.713	200
16	800	4.8	24	16	2.627	3.247	0.620	400
17	600	6	18	12	2.593	3.233	0.640	300
18	600	3.6	0	12	2.603	3.273	0.670	250

На фото на Фіг.1 можна побачити, що склади з рідким склом мають більш довгі тріщини, які розділяють матрицю бетону на окремі доволі великі масиви. На поверхні складів без рідкого скла з Пенетроном малюнок тріщин має більш дискретний вигляд: тріщини набагато коротші, хоча їх більше.

З метою одержання більш виразних числових показників впливу складу модифікованого дрібнозернистого бетону на відношення L/S оцінювалась зміна цього показника Δ L/S під впливом 5 циклів

по випробувань по прискореному методу у солоній воді при заморожуванні до -50°C на установці "Frigeria" (це співпадає з 50 циклами заморожування та відтаювання при температурі -20°C у прісній воді). Дані про зміну відношення Δ L/S під впливом заморожування та відтаювання теж приведено у таблиці 1.

Аналіз таблиці дозволяє сказати, що під дією заморожування та відтаювання менше всього змінилася AL/S композитів з максимальним дозуванням цементу та Пенетрону Admix,

дозуванням С-3 близько 0.8% та без рідкого скла, а найбільш істотно підвищилась $\Delta L/S$ у композитів з рідким склом, що пояснюється високим В/Ц рівно рухомих сумішей з цим модифікатором.

На Фіг.3 показана діаграма, яка відображає вплив факторів складу на $\Delta L/S$ для бетонів без рідкого скла (діаграма побудована по експериментально статистичній моделі). На Фіг. видно, що у складів з підвищеним дозуванням цементу під дією заморожування та відтаювання відношення $\Delta L/S$ змінилося в меншій мірі, ніж у складів з мінімальним дозуванням цементу. Оптимальним є вміст добавки С-3 близько 0.8%. Також важливим є те, що під дією морозу найменш змінилася $\Delta L/S$ бетонів, модифікованих Пенетроном Admix. Це можна пояснити специфічною дією складових добавки, які колюматують пори та капіляри у бетоні.

Також слід відмітити, що коефіцієнт кореляції між рівнем $\Delta L/S$ та морозостійкістю бетону F у даному випадку дорівнює - 0.856, що дозволяє сказати про зв'язок даних показників з ризиком не більш 1% (морозостійкість бетону для 18 досліджених складів показана у Таблиці 1). Тобто зразки, у яких в меншій мірі змінилося відношення L/S показують більшу морозостійкість. На Фіг.4 показана діаграма, яка відображає вплив факторів на морозостійкість бетону F, яка побудована по відповідній експериментально-статистичній моделі аналогічно діаграмі на Фіг.3, тобто для складів без рідкого скла. Можна побачити, що вплив факторів

на рівень F має дзеркальну схожість з їх впливом на $\Delta L/S$.

На Фіг.5 показана діаграма, яка відображає взаємозв'язок між рівням $\Delta L/S$ та морозостійкістю F у 18 експериментальних точках.

У даному випадку рівняння, яке є лінією тренду, побудованої по методу найменших квадратів, і яке дозволяє оцінити морозостійкість композиту по рівню зміни відношення $\Delta L/S$ під дією заморожування та відтаювання має вигляд:

$$F(\text{цикли}) = 891.933 \cdot \Delta L/S \quad (1)$$

Пряма, побудована по даній лінії тренду (1) показана на Фіг.3. Достовірність апроксимації (1) дорівнює 0.749.

Тобто можна оцінювати зміну відношення сумарної довжини технологічних тріщин на боковій грані зразка, до площі бокової грані зразка при заморожуванні та відтаюванні з метою експрес оцінки морозостійкості бетону. Ця методика може дозволити достатньо точно прогнозувати F бетону з значно коротший термін, ніж навіть по прискореному методу.

У Таблиці 2 показано порівняння рівнів морозостійкості, які визначалися по стандартному методу та по запропонованому прискореному способу. Як можна побачити, помилка способу не перевищує 20%. Слід відмітити, що фактична морозостійкість, яка визначається стандартною методикою, теж має помилку в залежності від виду бетону до 10-15%.

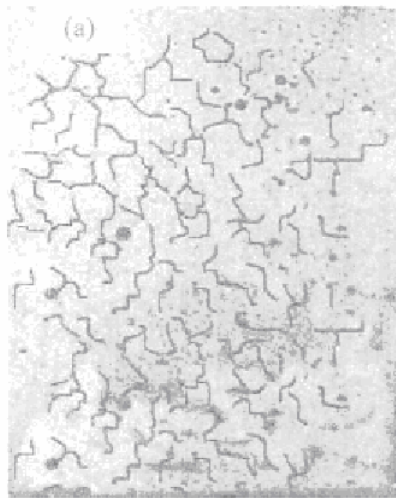
Таблиця 2

Порівняння рівнів морозостійкості, які визначалися по стандартному методу та по запропонованому прискореному способу.

№	$\Delta L/S$	фактична морозостійкість F(цикли)	Морозостійкість, яка визначена по запропонованому прискореному способу F (цикли)	Помилка методу (%)
1	0.653	300	281.8	6
2	0.493	350	431.0	23
3	0.73	200	209.9	5
4	0.693	250	244.4	2
5	0.703	300	235.1	22
6	0.53	350	396.5	13
7	0.463	400	459.0	15
8	0.563	300	365.7	22
9	0.637	250	296.7	19
10	0.43	600	489.8	18
11	0.53	400	396.5	1
12	0.69	250	247.2	1
13	0.47	500	452.5	10
14	0.537	400	390.0	3
15	0.713	200	225.8	13
16	0.62	400	312.5	22
17	0.64	300	293.9	2
18	0.67	250	265.9	6

Таким чином, запропонований спосіб дає змогу за короткий термін, всього за 5 циклів випробувань, з достатньою точністю визначити морозостійкість бетону. Це дозволяє значно знизити

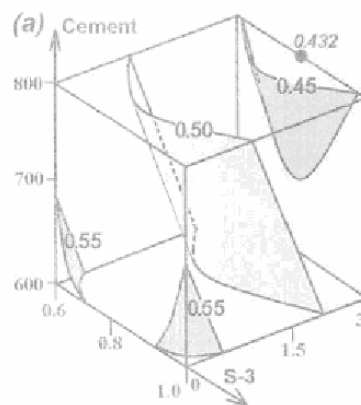
трудомісткість випробувань, знизити навантаження на холодильне обладнання лабораторій та скоротити енерговитрати.



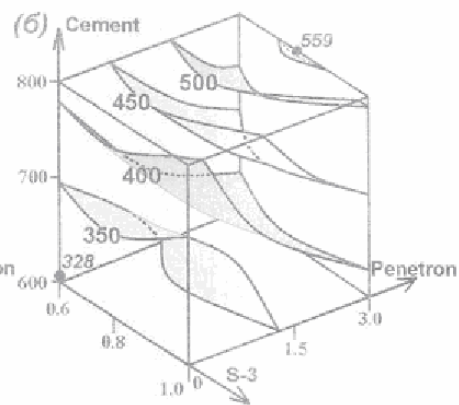
Фіг.1



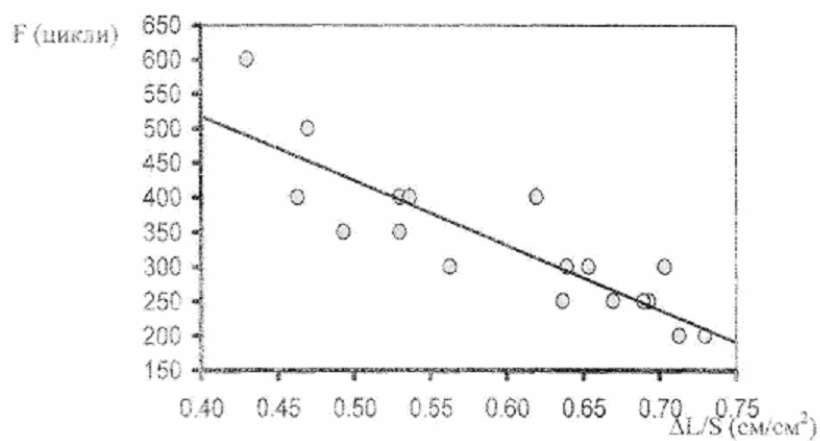
Фіг.2



Фіг.3



Фіг.4



Фіг.5