

УДК 666.972.16

М.А. Саницький, У.Д. Марущак, Г.Я. Шевчук, Т.В. Бабаєвська*

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра ХТС

* “Будіндустрія ЛТД” (м. Запоріжжя)

**БЕТОНИ, МОДИФІКОВАНІ КОМПЛЕКСНИМИ
ПОЛІФУНКЦІЙНИМИ ДОДАТКАМИ,
ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ В ЗИМОВИХ УМОВАХ**

© Саницький М.А., Марущак У.Д., Шевчук Г.Я., Бабаєвська Т.В., 2002

Досліджено особливості структуроутворення цементних систем, модифікованих комплексними хімічними добавками поліфункційної дії. Показано ефективність використання нового виду модифікаторів на основі тіосульфату та роданіду натрію для бетонів, що тверднуть в зимових умовах.

Монолітне бетонування останнім часом все більше домінує у будівництві, що зумовлює необхідність застосування модифікаторів – прискорювачів, пластифікаторів, стабілізаторів тощо. При цьому в розвинутих країнах близько 80 % бетонних робіт виконується з використанням таких добавок. В Україні цей показник значно нижчий, але потреба в хімічних добавках зростає з кожним роком. Разом з тим, при монолітному бетонуванні часто збільшуються терміни будівництва, особливо в зимовий період. Тому для регулювання властивостей бетонної суміші та затверділого бетону, а також для економії цементу щораз ширше використовують комплексні модифікатори – хімічні добавки поліфункційної дії, що забезпечують тверднення бетонів при понижених та від’ємних температурах і дозволяють одержати вироби з покращеними будівельно-технічними властивостями, зокрема, з підвищеною міцністю, довговічністю. До таких добавок можна зарахувати нові модифікатори системи “Релаксол”, основу яких становлять пластифікатор, стабілізатор та прискорювач тверднення – побічний продукт коксохімічного виробництва, що містить тіосульфат та роданід натрію [1].

Встановлення закономірностей направленої регулювання параметрів цементних систем на стадії взаємодії цементу з водою є обов’язковою умовою створення бетонів з заданими будівельно-технічними властивостями. Суттєвий вплив на структуроутворення цементних систем і формування структури цементного каменю має характер модифікування продуктів гідратації. Одержання максимально щільної структури цементного каменю досягається за рахунок зміни технологічних прийомів та параметрів виробництва бетону. Гідратація цементів і особливості структуроутворення гідратних фаз визначають властивості затверділого бетону [2].

Для дослідження впливу комплексних модифікаторів, до складу яких входять тіосульфат та роданід натрію (відповідно $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та NaCNS), на тверднення в’язучих та бетонів в різних температурних умовах використовували портландцементи ВАТ “Івано-Франківськцемент” ПЦ П/А-Ш-400 та ПЦ І-500 (таблиця). Значний практичний інтерес становить використання комплексних модифікаторів як інтенсифікаторів розмелення цементів. Механо-хімічна активація цементу за допомогою добавок-модифікаторів у вібротоліній дозволяє підвищити марку цементу до 550.

Результати калориметричного вивчення гідратації портландцементів показали, що при випробуванні звичайного портландцементу перший екзоефект, який зумовлений явищами змочування в'язучого водою, у випадку тонкомеленого цементу зростає на 42 %, індукційний період при цьому скорочується на 12 %. Другий екзоефект, що виявляється внаслідок формування гідратних новоутворень, у разі активованого цементу фіксується раніше і є на 15 % більшим, ніж у звичайного. Отже, тонкомелені цементи характеризуються підвищеною екзотермією і становлять інтерес для бетонів, що тверднуть на морозі.

Фізико-механічні властивості портландцементів

Вид цементу	$S_{\text{пит}}$, м ² /кг	Залишок на ситі 008, %	Терміни тужавіння, год-хв		Границя міцності, МПа, у віці, діб		
			початок	кінець	при стиску		
					2	7	28
ПЦ П/А-Ш-400	293	14,0	1–20	4–25	–	27,1	40,8
ПЦ І-500	380	1,6	1–20	5–50	20,5	–	51,4
ПЦ І-550-РН	410	0,8	1–40	3–20	25,7	41,3	58,1

Згідно з даними рентгенофазового аналізу, основними кристалічними гідратними фазами при гідратації портландцементу з додатками-модифікаторами, як і у випадку без додатків, є гідроксид кальцію та еtringіт. Треба відзначити, що введення додатків сприяє збільшенню інтенсивності ліній гідроксиду кальцію та прискоренню гідролізу алітової фази. Введення додатків дозволяє підвищити ступінь гідратації портландцементу через 1 добу в 1,5–2 рази відповідно і міцність на 20–40 %. Згідно з даними електронної мікроскопії, використання додатків-модифікаторів типу “Релаксол” у складі цементного каменю забезпечує умови утворення і стабілізації гексагональних фаз та формування щільнішої структури затверділого цементного каменю.

Тверднення бетону при від’ємних температурах супроводжується інтенсивним льодоутворенням, що призводить до виникнення незворотних структурних деформацій і руйнування цементного каменю [3]. З метою прискорення процесів раннього структуроутворення портландцементу, зменшення його водопотреби і збільшення кількості незамерзаючої рідкої фази у складі портландцементу використовують протиморозні добавки.

Методом низькотемпературної дилатометрії встановлено, що температура початку замерзання дрібнозернистого бетону (Ц:П = 1:2, В/Ц = 0,4) на основі звичайного портландцементу становить –2 °С, а структурні деформації, що виникають при цьому – 1,68 %. Характерно, що температура початку замерзання дрібнозернистого бетону (Ц:П = 1:2, В/Ц = 0,4) на основі активованого портландцементу ($S_{\text{пит}} = 350$ м²/кг) становить –6 °С. Введення 4 мас. % протиморозного модифікатора фірми “Композит”, основою якого є нітрат кальцію $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (гранична концентрація 40 %, температура замерзання розчину – 21,6 °С), до складу дрібнозернистого бетону забезпечує пониження температури початку замерзання рідкої фази до –6 °С, структурні деформації, що виникають при цьому – 1,58 %. Використання додатків типу “Релаксол” навіть у менших кількостях (до 2 мас. %) залежно від складу відтягує температуру початку замерзання до –5...–12 °С зі зменшенням деформацій льодоутворення до 0,4 %.

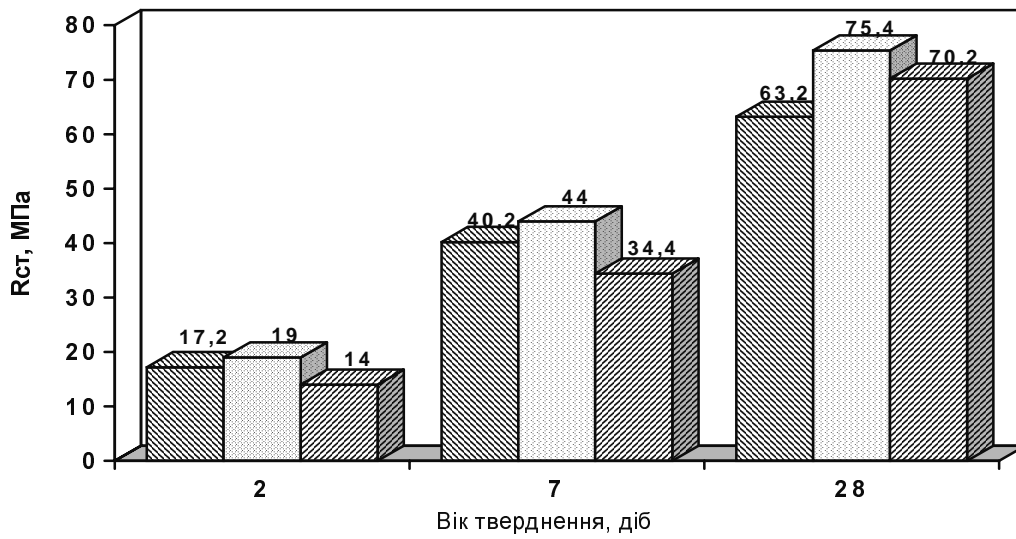
З кристалохімічного погляду тіосульфат натрію можна порівняти з сульфатом натрію, а роданід-аніон CNS^- ($-\text{N}=\text{C}=\text{S} \leftrightarrow -\text{S}-\text{C}\equiv\text{N}$) – з нітрит-аніоном NO_2^- ($-\text{O}-\text{N}=\text{O}$). Проте

розміри іонів $S_2O_3^{2-}$ та CNS^- є більшими, ніж їх кристалохімічних аналогів, що виявляється у підвищенні їх активності та збільшенні розчинності солей цих аніонів. Для нітриту натрію евтектична температура становить $-19,6\text{ }^\circ\text{C}$ (гранична концентрація розчину 28 %). Разом з тим, робочий діапазон його використання обмежений температурою $-15\text{ }^\circ\text{C}$, що пов'язано з недостатньою швидкістю набору міцності на морозі. У той же час роданід натрію характеризується підвищеною розчинністю і для 40 %-го водного розчину температура початку замерзання становить $-24\text{ }^\circ\text{C}$. Для бетону з протиморозними додатками особливо небезпечним є пониження температури нижче евтектичної через виникнення інтенсивних деформацій розширення при утворенні льоду. Потрібно відзначити, що у великих порах вода починає замерзати при $0\text{ }^\circ\text{C}$, а в капілярах вона перетворюється в лід при нижчих температурах. Під час гідратації пористість цементного каменю зменшується і концентрація роданіду натрію внаслідок сегрегації в порову рідину зростає, що забезпечує інтенсифікацію тверднення бетонів навіть при малих (до 2 мас. %) кількостях протиморозного додатку.

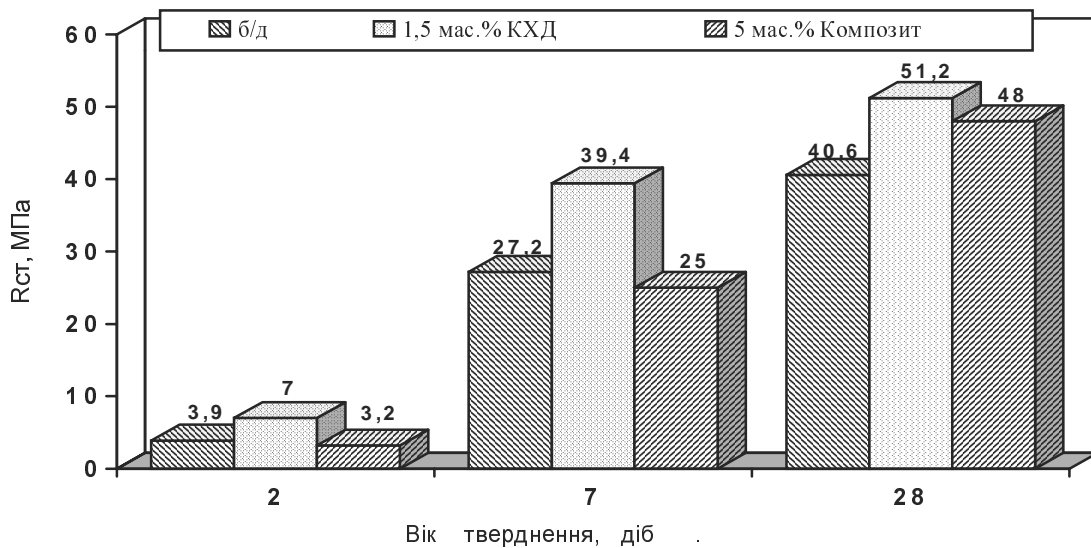
Значить бетони з підвищеною щільністю володіють більшою стійкістю до заморозування. Введення комплексного додатку типу “пластифікатор-прискорювач тверднення” до бетонної суміші внаслідок явища синергізму призводить до зниження загальної кількості води замішування, а в результаті – до збільшення концентрації протиморозного додатку в поровій рідині, зниження температури кристалізації льоду та зменшення структурних деформацій. Значний вплив на якість затверділого бетону має час, що минув від замішування бетонної суміші до її замерзання. При замерзанні води до початку тужавіння цементу основним негативним ефектом є сповільнення тужавіння. Після розмерзання процеси тверднення бетону відновлюються. Згідно з [4], найнебезпечнішим для бетону є період замерзання, що збігається з кінцем тужавіння цементу. При досягненні молодим бетоном критичної (мінімально необхідної) міцності 5 МПа створюється можливість протидії негативному впливу від'ємних температур. Тому важливе значення має час досягнення бетоном такої міцності, яка залежить значною мірою від активності цементу, температури та інтенсифікуючої дії комплексних модифікаторів.

Визначення ефективності використання додатків проводили на зразках бетону на основі Івано-Франківського портландцементу ПЦ II/A-III-400 (витрата цементу 550 кг/м^3); заповнювачами використано пісок Ясинецького родовища ($M_k = 1,45$), гранвідсів фракції 5–10 мм. Зразки бетону тверднули в нормальних умовах та при знакозмінних температурах ($-9...+5\text{ }^\circ\text{C}$). Як показали результати фізико-механічних випробувань (рисунок), введення 1,5 мас. % додатку типу “Релаксол” у складі комплексного хімічного додатку дозволяє прискорити набір ранньої міцності. Для порівняння використовували портландцемент без додатків та з протиморозним модифікатором фірми “Композит”. При використанні додатку типу “Релаксол” в нормальних умовах тверднення на 28 добу досягається міцність бетону $R_{28} = 75,4\text{ МПа}$, що вище на 19,2 і на 7 % відповідно порівняно з бетоном без додатків та з модифікатором фірми “Композит”. При твердненні бетонів в умовах знакозмінних температур введення додатку “Релаксол” забезпечує одержання бетону класу В40, у той час як без додатків і з додатком фірми “Композит” отримуються бетони відповідно В30 і В35.

Вплив додатків-модифікаторів на міцність бетонів на портландцементях з механохімічною активацією свідчить, що в нормальних умовах та при знакозмінних температурах суттєво прискорюється набір міцності, зокрема на першу добу міцність бетону зростає в 1,8 раза. В умовах знакозмінних температур на 28 добу тверднення міцність бетону з додатками є на 30 % вищою, ніж бетону без додатків.



а



б

Вплив додатків на міцність бетону :

а – в нормальних умовах;

б – при значозмінних температурах ($t = -9...+5$ °C)

Отже, комплексні модифікатори на основі тіосульфату та роданіду натрію за рахунок підсилення водоредукуючого ефекту ПАР сприяють легковкладальності бетонної суміші і дозволяють покращити будівельно-технічні властивості бетону, зокрема його міцність, морозостійкість та водонепроникність. Крім того, додатки на основі “Релаксолу” створюють можливість перебігу реакцій гідратації при від’ємних температурах завдяки пониженню температури замерзання води в бетонній суміші; прискоренню гідратації цементу і збільшенню кількості тепла

гідратації. Це дозволяє використовувати їх як інтенсифікаторами тверднення бетонів, так і протиморозних додатків, що має суттєве значення при монолітному бетонуванні.

1. Синашко Н.П., Лихопуд А.П., Саницький М.А. и др. Система химических добавок в бетоны и строительные растворы “Релаксол” // Будівельні матеріали. – 2000. – № 5. – С. 30–34. 2. Физико-химические основы формирования структуры цементного камня / Л.Г. Шпынова, В.И. Чих, М.А. Саницький и др. – Львов, 1981. – 160 с. 3. Иванова О.С., Саницький М.А., Шийко О.Я. Бетонирование в зимних условиях с применением комплексных химических добавок // Пром. строительство. – 1987. – № 12. – С. 22–23. 4. Kon E. Betowanie zimą //Polski cement. – 2000. – № 1. – S. 28–30.

УДК 624

І.В. Санніков
ЗНДІЕП, Київ

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СТИКОВОГО З'ЄДНАННЯ КОМПОЗИТІВ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТАХ З ЛИСТОВОЮ ГОФРОВАНОЮ АРМАТУРОЮ

© Санніков І.В., 2002

Розглянуто конструкцію, технологію та обладнання для з'єднання композитів в залізобетонних плитах з листовою гофрованою арматурою. Для мінімізації ваги анкерних в'язів поставлена оптимізаційна задача нелінійного програмування з обмеженням на зовнішній діаметр та товщину стінки анкера. Наведено графічне розв'язання задачі.

Однією із задач проектування залізобетонної плити з листовою гофрованою арматурою є обчислення необхідної кількості анкерних в'язів між плитою та елементами балкової клітки залежно від зусиль, які діють в місцях встановлення анкерних в'язів при навантаженні плити. Необхідність в такому з'єднанні настає безпосередньо після того, як дотичні напруження по контакту “бетон-гофрований профіль” перевищують граничні значення для адгезії ($\tau_{\text{EXT}} > 0,05$ МПа). Далі анкер, як елемент такого з'єднання, сприймає всі види зусиль: розтяг, згин та зсув, які передає бетон на елементи поверхні анкера ($N_{\text{an},l}$, $N_{b,t}$), під дією згинальних моментів та поперечних сил. Визначення зусиль в елементах з'єднання детально розглянуто в працях [1–3]. Нижче (рис. 1) показана конструкція плити, схема зусиль згину від зовнішніх сил, які діють по осі ряду анкерів в поперечному напрямку, а також зусиль, які діють на один анкер.

Задача оптимізації, розглянута в статті, сформульована як задача проектування на множині допустимих значень змінних проектування одиничного трубчастого (пустотілого) анкера, який встановлений на опорі плити (сталій балці) та з'єднує композити (залізобетон, листові армування, елементи балкової клітки) плит в конструктивне ціле.