

*М.М. Зайченко, д.т.н., проф.**М.Ю. Штефурко,**А.В. Назарова, к.т.н.,**Ал-Мариді Косай**Донбаська національна академія будівництва і архітектури*

ВИСОКОЯКІСНІ САМОУЩІЛЬНЮВАЛЬНІ БЕТОНИ З КОМПЕНСОВАНОЮ УСАДКОЮ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО БУДІВНИЦТВА

Теоретично й експериментально обґрунтовано вибір розширної добавки у вигляді випаленого протягом години при температурі 1150 °С доломіту та хімічних модифікаторів високоякісного бетону з компенсованою усадкою. Визначено вплив агенту внутрішнього догляду (попередньо водонасичений пористий заповнювач як часткова заміна щільного піску) на технологічні властивості бетонних сумішей, міцнісні та деформаційні характеристики бетону, що містить комплекс модифікаторів

Ключові слова: *високоякісний самоущільнювальний бетон, компенсована усадка, розширна добавка, агент внутрішнього догляду.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими практичними завданнями. В останні роки у будівельній практиці все більш широко застосовують високоякісні бетони (High Performance Concretes), які характеризуються високими показниками технологічності, міцності, щільності структури, низькою проникністю, стабільністю лінійних розмірів та тривалим терміном експлуатації [1]. Високоякісні бетони найбільш ефективно використовувати в промисловому, дорожньому, енергетичному й інших галузях спеціального будівництва, зокрема для конструкцій, що піддаються ударним та вібраційним впливам (опори мостів і естакад, колони промислових цехів з кранами великої вантажопідйомності, основи технологічного обладнання) [2]. Так, при виконанні робіт з монтажу (високоточної цементації) металоконструкцій та промислового обладнання (генератори, компресори, насоси, двигуни, дробарки, підійомно-транспортні машини і механізми тощо) застосовують безусадочні швидкоотверднучі бетонні суміші наливного типу з товщиною заповнення порожнин від 40 до 100 мм і більше (grouts). Наприклад, Російським підприємством "БАСФ Будівельні системи" випускається суха будівельна суміш торгівельної марки "EMACO@S33" (MASTERFLOW@980), яка при замішуванні водою утворює реопластичну, стійку до розшарування бетонну суміш, що характеризується швидкими темпами зростання міцності. Завдяки комплексу модифікаторів бетон розширюється в процесі тверднення, що забезпечує високі експлуатаційні властивості та довговічність.

Однак, широкомасштабне промислове впровадження подібних матеріалів відомих

торгівельних марок (BASF, Mapei, Sika й інш.) стримується, перш за все, їх високою вартістю в Україні, що суперечить одному з головних принципів концепції високоякісних бетонів – ресурсозберігаючих технологій їх одержання на основі доступних сировинних матеріалів на існуючій місцевій виробничій базі [3]. З іншого боку, досягнення високоякісним бетоном заданих показників якості забезпечується лише за умови адекватного вологісного догляду за матеріалом в процесі його тверднення в конструкції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про те, що однією з основних проблем високоякісних бетонів, що відрізняються низьким значенням водоцементного фактору, високим вмістом цементу та дисперсних пуцоланових добавок, є зневоднення капілярних пор в процесі гідратації в'язучого ("самовисихання"), що супроводжується зниженням внутрішньої відносної вологості, появою менісків, розвитком внутрішніх напружень і, як наслідок, аутогенною усадкою [4-6]. У високоякісних бетонах аутогенна усадка за абсолютним значенням наближається до величини вологісної усадки звичайного бетону ($\epsilon = -250 \times 10^{-6}$ і більше [7]) і може призвести до більш суттєвого тріщиноутворення, тому що розвивається значно швидше і відбувається в той період, коли цементний камінь має ще низьку міцність при розтягу та модуль пружності (період між 24 і 48 годинами після тужавлення вважається критичним, коли досягається максимум співвідношення "напруження / міцність при розтягу"). Тріщиноутворення, в свою чергу, призводить до зниження міцності та довговічності бетону, втратам попереднього напруження арматури [1, 4, 8].

Існує декілька способів обмеження усадки (як

аутогенної, так і вологісної): використання розширних та безусадочних цементів, обробка поверхні, застосування розширних компонентів та добавок, що знижують усадку. Технологія бетону з компенсованою усадкою заснована на використанні спеціальних компонентів, таких як сульфаталюмінат або оксид кальцію, які реагують з водою з ефектом обмеженого розширення в армованих бетонних конструкціях. Ця технологія відома вже багато років, але її використання обмежено на практиці через необхідність обов'язкового запровадження вологісного догляду в ранньому віці тверднення бетону після тужавіння [1, 4, 8]. Так, реакція повного перетворення сульфаталюмінату кальцію в еtringіт триває близько семи діб з обов'язковим вологісним доглядом [9] для досягнення необхідного рівня розширення бетону ($\epsilon = +1100 \times 10^{-6}$ [10, 11]). В той же час, реально на практиці зовнішній вологісний догляд, наприклад, розпилювання води по поверхні бетону, можливо запровадити лише для конструкцій з великим модулем відкритої поверхні, зокрема для бетонних підлог. Для більшості залізобетонних конструкцій зовнішній водний догляд, що необхідний для більш повної гідратації та розширення, здійснити неможливо, тому що свіжовідформована конструкція в цей час перебуває в опалубці [12]. Окрім того, для конструкцій з високоякісного бетону ефективність зовнішнього вологісного догляду є дуже низькою через високу щільність бетону вже на ранніх стадіях тверднення і, як наслідок, обмежену penetрацію води вглиб бетону [13].

Неповне розширення сульфаталюмінатного компоненту в бетоні внаслідок дефіциту води (відсутність вологісного догляду) є дуже небезпечним. З одного боку, це не компенсує повну усадку бетону, з іншого – значна кількість сульфату кальцію, що не прореагував, залишається в структурі бетону і може завдавати руйнівного впливу у випадку розвитку сульфатної корозії [14].

Відомо, що бетони з добавкою розширного компоненту на основі оксиду кальцію потребують значно меншої тривалості водного догляду (до двох діб) для досягнення необхідного рівня розширення [9-11]. Науковою школою Mario Collepardi виявлено синергетичний ефект при комбінованому використанні добавки на основі поліпропіленгліколю, що зменшує усадку – Shrinkage Reducing Admixture (SRA), та розширного компоненту на основі CaO навіть за відсутності вологісного догляду [10-13, 15]. При цьому такого синергетичного ефекту при використанні сульфаталюмінатного розширного компоненту не виявлено [15]. Однак, в цьому випадку для самоущільнювальних бетонів (СУБ) з розширним компонентом на основі кальцію оксиду з'являється інша проблема – абсолютне значення

початкового розширення є значно меншим, ніж для звичайного високоміцного бетону, що обумовлено менш інтенсивним зростанням ранньої міцності СУБ. За даними [9, 12] в результаті недостатнього початкового розширення СУБ через місяць витримки в повітряних умовах з відносно вологістю 65 % усадка бетону становила -100 мкм/м. Це пов'язано також з тим, що розширення бетону у ранньому віці, як правило, у межах 2-7 діб, не компенсує усадку, що відбувається у більш пізні терміни, зокрема вологісну [16]. Ці проблеми можуть бути вирішені при використанні прискорювачів тверднення бетону, а також розширного компоненту з ефектом розширення у більш пізні терміни, наприклад оксиду магнію, випаленого при температурах у межах 800-1200°C [16-18]. З іншого боку, на наш погляд, ефект розширення кальцію (магнію) оксиду в бетоні має бути більш повним за умови забезпечення адекватного вологісного догляду, зокрема внутрішнього.

Таким чином, необхідною умовою одержання високоякісних бетонів з компенсованою усадкою є використання комплексу модифікаторів, зокрема:

- суперпластифікатора з високим водоредуруючим ефектом;
- розширного компоненту на основі оксидів кальцію і магнію, одержаного шляхом випалу, наприклад доломіту;
- прискорювача тверднення, що забезпечить необхідну міцність бетону при розширенні оксиду кальцію у ранньому віці тверднення бетону;
- агенту внутрішнього догляду (попередньо водонасиченого дрібного пористого заповнювача), що забезпечить більш повну гідратацію розширного компоненту (оксиду магнію) у більш пізні терміни тверднення.

Метою дослідження є теоретичне й експериментальне обґрунтування одержання складів і технології виробництва високоякісних бетонів з компенсованою усадкою для високоточної цементації обладнання шляхом встановлення закономірностей впливу розширного компоненту та агенту внутрішнього догляду (водонасичений пористий заповнювач) на властивості бетону.

Характеристики об'єктів та методів дослідження. В якості вихідних мінеральних компонентів самоущільнювальних бетонних сумішей, призначених для високоточної цементації технологічного обладнання, прийнято:

- портландцемент ПЦ І-500 (ПЦ) Амвросіївського цементного комбінату;
- заповнювач (З) – відсів подрібнення гранітного щебеню наступного гранулометричного складу: 0...0,315 мм – 8 %; 0,315...1,25 мм – 32 %; 1,25...2,5 мм – 10 %; 2,5...5,0 мм – 20 %; 5,0...10,0 мм – 30 %;
- активна мінеральна добавка (АМД) – мелена до питомої поверхні 400-420 м²/кг золошлакова

суміш Вуглегірської ТЕС.

В якості хімічних модифікаторів бетонних суміш прийнято:

- суперпластифікатор (СП) – порошкова добавка на основі модифікованого полікарбоксилатного ефіру Melflux 5581 F (BASF);
- прискорювач тверднення (ПТ) – порошкова добавка, що прискорює гідратацію цементу без впливу на строки тужавлення, Antigelo S (MAPEI);
- розширюючий компонент (РК) – порошкова добавка, одержана помелом (залишок на ситі №008 – 55 %) випаленого протягом години при температурі 1150°C доломіту; а також порошкова добавка Expancrete (MAPEI) – для контрольних складів бетону.

Як агент внутрішнього догляду застосовано попередньо водонасичений керамзитовий пісок (КП) фракції 2,5-5 мм.

Склад високоміцного самоущільнювального бетону для високоточної цементації технологічного обладнання, кг/м³: ПЦ – 555; З – 1500; АМД – 55; СП – 4,0; ПТ – 5,5; РК – 33; В/Ц – 0,36.

Вплив агента внутрішнього догляду на технологічні властивості бетонних сумішей та міцнісні характеристики бетону. Для визначення впливу комплексу модифікаторів на технологічні властивості бетонних сумішей і міцність бетону при стиску приготовлено чотири склади сумішей, що відрізняються наявністю певних добавок:

- 1 – АМД, СП, РК (випалений доломіт);
- 2 – АМД, СП, РК (випалений доломіт), КП

(попередньо водонасичений);

- 3 – АМД, СП, РК (випалений доломіт), ПТ;

4 – АМД, СП, РК (випалений доломіт), ПТ, КП (попередньо водонасичений).

Встановлено, що вихідна рухливість бетонних сумішей всіх чотирьох складів (при однаковому значенні водоцементного співвідношення 0,36) становить більше 280 мм (рис. 1), що перевищує показник легкоукладальності сухої будівельної суміші для високоточної цементації обладнання "EMACO@S33" (MASTERFLOW@980). Для першого і другого складів сумішей (без добавки прискорювача тверднення) максимальне значення рухливості досягається через 40-45 хвилин після приготування бетонної суміші. Ймовірно, до цього моменту відбувається максимальна адсорбція полікарбоксилатного суперпластифікатора на продуктах гідратації в'язучої речовини, що забезпечує, відповідно, максимальну стабілізацію дисперсної системи за рахунок стеричного ефекту відштовхування. Наявність в бетонній суміші попередньо водонасиченого керамзитового піску (20 % за об'ємом як часткової заміни щільного заповнювача – відсіву подрібнення гранітного щебеню) збільшує початкову рухливість на 3,5 % і на 10,4 % - через 120 хвилин. Збільшення рухливості пов'язано, напевно, з вивільненням води з пір керамзиту при перемішуванні бетонної суміші.

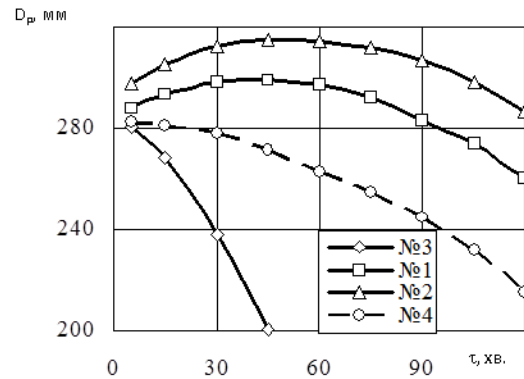


Рис. 1. Зміна рухливості бетонних сумішей в процесі витримання після виготовлення

При додаванні до складу бетонної суміші прискорювача тверднення (склад № 3) вихідна рухливість різко зменшується і вже через 45 хвилин стає меншою 200 мм. В той же час, за наявності в складі бетонної суміші агента внутрішнього догляду (склад № 4) бетонна суміш протягом 120 хвилин зберігає задану рухливість в межах 280-210 мм (зниження вихідної рухливості становить 25 %).

Після визначення рухливості бетонних сумішей формували зразки-куби з розміром ребра 0,05 м, які після тверднення протягом доби розпалублювали й поміщали в камеру нормального тверднення. Встановлено, що бетони, які не містять у своєму складі добавки прискорювача тверднення (№№ 1, 2), у віці доби нормального тверднення мають міцність при стиску близько 20 МПа, натомість міцність бетонів (№№ 3, 4) з прискорювачем тверднення становить 28,0 МПа (більше на 34 %) (рис. 2). Це має позитивно впливати на здатність витримувати напруження при гідратації розширюючого компоненту у ранньому віці тверднення бетону.

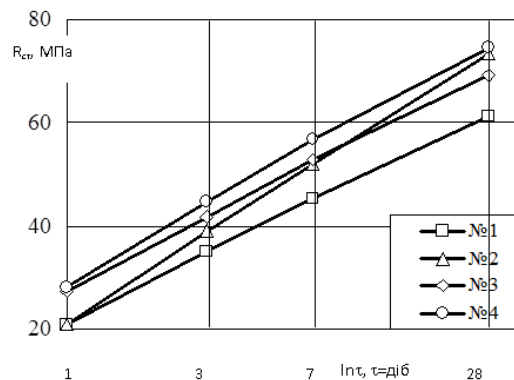


Рис. 2. Міцність бетону при стиску при твердненні за нормальних умов

Позитивний вплив на зростання міцності бетону при стиску надає попередньо водонасичений керамзитовий пісок як агент внутрішнього догляду за бетоном. Його позитивний вплив виявляється у більш пізні терміни тверднення. Так, міцність бетону з агентом

внутрішнього догляду, без добавки прискорювача тверднення (№ 2) вже після семи діб нормального тверднення перевищує міцність бетону з добавкою прискорювача (№ 3). Максимальне значення міцності при стиску в проектному віці (76,5 МПа) досягає бетон, що містить у своєму складі як прискорювач тверднення, так і агент внутрішнього догляду (№ 4).

Вплив агента внутрішнього догляду на аутогенну та вологісну усадку бетону. Аутогенну усадку бетону визначали на зразках-призмах розміром 40×40×160 мм при твердненні в умовах, що виключають випаровування вологи з бетону (рис. 3). Вимірювання деформацій зразків виконано головками вимірювальними важільно-зубчатими типу ІІГ (ГОСТ 18833) з ціною поділки 0,001 мм. Дослідження здійснено на складах №№ 3, 4, що не містять розширюючого компоненту (№№ 3', 4').



Рис. 3. Форма-пристрій для вимірювання деформацій аутогенної усадки

Фіксацію деформацій аутогенної усадки здійснювали протягом 28 діб, потім зразки розпалублювали, на їх торцеві грані наклеювали сталеві репери і надалі здійснювали вимірювання деформацій усадки бетону, викликаних випаровуванням вологи (вологісна усадка). При цьому зразки зберігалися в ексикаторі над порошком хлористого кальцію.

Встановлено, що сумарна величина деформацій бетону складу № 3' у віці 90 діб тверднення досягає значення $\varepsilon=709 \times 10^{-6}$, при цьому на аутогенну усадку припадає величина $\varepsilon=310 \times 10^{-6}$, тобто 44 % (рис. 4).

При частковому заміщенні відсіву подрібнення гранітного щебеню попередньо водонасиченим керамзитовим піском спостерігається значне зниження величини аутогенної усадки, яка становить. В той же час, в умовах обміну з навколишнім $\varepsilon=113 \times 10^{-6}$ середовищем (після 28 діб тверднення) достатньо інтенсивно розвиваються деформації, обумовлені усадкою при висиханні. Сумарні деформації усадки складу № 4' досягають величини $\varepsilon=520 \times 10^{-6}$, однак частка деформацій від аутогенної усадки становить лише 21,5 %, що пов'язано з позитивним впливом на процес гідратації цементу агента внутрішнього догляду. Незважаючи на цей факт, сумарна усадка бетону

навіть за наявності агента внутрішнього догляду набуває великого абсолютного значення, що потребує запровадження заходів, що компенсують усадку, зокрема застосування розширюючих компонентів.

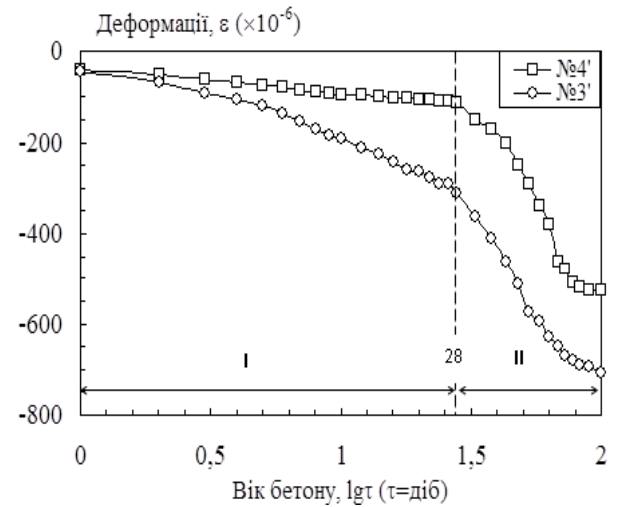


Рис. 4. Зміна деформацій усадки бетону у часі: І – аутогенна усадка; ІІ – усадка бетону при висиханні (вологісна)

Вплив агента внутрішнього догляду та розширюючого компоненту на розширення в обмеженому стані бетону з компенсованою усадкою. Для визначення розширення бетону в обмеженому стані використано спеціальну форму згідно з ASTM C 878/C 878M-09 "Standard Test Method for Restrained Expansion of Shrinkage-Compensating Concrete", розміри 50×50×250 мм (рис. 5).



Рис. 5. Форма для виготовлення зразків згідно з ASTM C 878/C 878M-09

Обмежувальна обійма складається з різьбового низьковуглецевого сталевого оцинкованого стрижня та двох сталевих пластин. Дослідження здійснено на складах, які як розширюючий компонент містять випалений при температурі 1150°C доломіт (№№ 3, 4), а також добавку Expancrete (Mapei) (№№ 3', 4').

Після формування зразки тверднули протягом доби в формах, поверхня бетону була вкрита поліетиленовою плівкою для запобігання випаровування вологи. Після розпалублення негайно здійснювалося вимірювання початкової довжини зразків, після чого зразки занурювали для подальшого тверднення у ванну з водою. Надалі

протягом семи діб здійснювали вимірювання довжини зразків (кожну добу). Після цього зразки виймали з води, вкладали на підкладки для подальшого витримування до 28 діб в повітряних умовах при відносній вологості навколишнього середовища 75-66 %.

Встановлено, що при твердненні у воді протягом семи діб всі зразки бетону виявили схильність до розширення, при цьому більш високі значення розширення в обмеженому стані спостерігаються для зразків з розширним компонентом на основі випаленого доломіту (рис. 6).

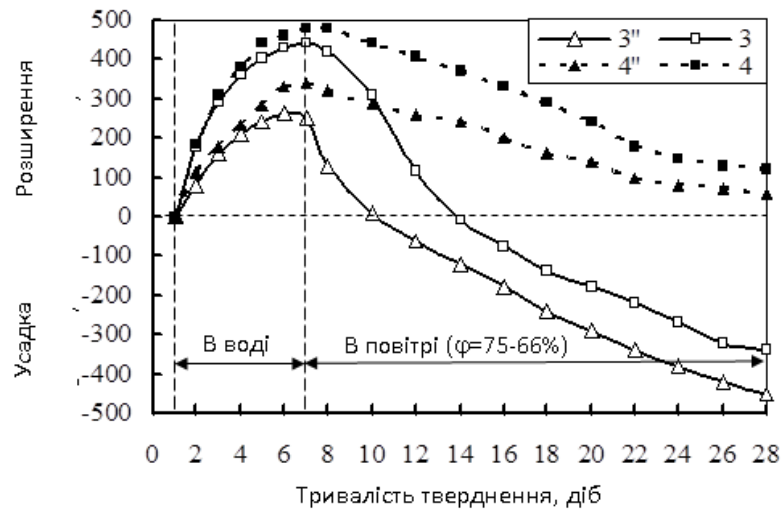


Рис. 6. Вплив агента внутрішнього догляду на обмежене розширення та обмежену усадку високоміцного самоущільнювального бетону

При подальшому твердненні бетону в повітряних умовах спостерігається різке зменшення величини обмеженого розширення для зразків, що не містять у своєму складі агента внутрішнього догляду. Після 10 і 14 діб тверднення для зразків відповідно № 3'', № 3 розширення зникає і в подальшому спостерігається вологісна усадка, яка для бетону з добавкою Expancrete (Mapei) досягає величини $\varepsilon = -480 \times 10^{-6}$.

Використання у складі бетону агента внутрішнього догляду після витримування бетону в повітряних умовах протягом 28 діб забезпечує залишкове розширення бетону для складів №№ 4 і 4'' відповідно $\varepsilon = +120 \times 10^{-6}$ і $\varepsilon = +55 \times 10^{-6}$. Більш високе абсолютне значення обмеженого розширення бетону, що містить як розширний компонент випалений доломіт, у порівнянні з бетоном з добавкою Expancrete (Mapei) обумовлено, напевно, наявністю оксиду магнію, гідратація якого відбувається у більш пізні терміни, ніж оксиду кальцію.

Висновки. 1. Часткова заміна відсіву подрібнення гранітного щебеню еквівалентним об'ємом попередньо водонасиченого пористого заповнювача (керамзитовий пісок) забезпечує зниження деформацій аутогенної усадки бетону, при цьому не відбувається зниження міцнісних властивостей бетону завдяки наявності додаткової води в порах керамзиту для більш повної гідратації в'язучої речовини. 2. Попередньо водонасичений керамзитовий пісок збільшує початкову рухливість бетонних сумішей, що пов'язано з вивільненням води з пір керамзиту при перемішуванні бетонної суміші. При додаванні до складу бетонної суміші прискорювача тверднення вихідна рухливість різко зменшується, в той же час за наявності в складі

агента внутрішнього догляду бетонна суміш протягом 120 хвилин зберігає задану рухливість в межах 280-210 мм. 3. Використання у складі бетону агента внутрішнього догляду забезпечує залишкове розширення бетону до величини $\varepsilon = +120 \times 10^{-6}$ після витримування бетону в повітряних умовах у віці 28 діб. Більш високе абсолютне значення обмеженого розширення бетону, що містить як розширний компонент випалений доломіт, у порівнянні з бетоном з добавкою Expancrete (Mapei) обумовлено наявністю оксиду магнію, гідратація якого відбувається у більш пізні терміни, ніж оксиду кальцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Aïtcin P.C. The Art and Science of Durable High-Performance Concrete / P.-C. Aïtcin // Nelu Spiratos Symp. Committee for the Organization of CANMET/ACI Conferences, 2003: Proc. – 2003. – pp. 69-88.
2. Свиридов Н.В. Бетони прочностью 150 МПа на рядовых поргланцементгах / Н.В. Свиридов, М.Г. Коваленко // Бетон и железобетон. – 1990. - № 2. – С. 21-22.
3. Каприелов С.С. Бетони нового поколения с высокими эксплуатационными свойствами / С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд // Долговечность и защита конструкций от коррозии: междунар. конф., 1999 г.: мат-лы конф. – М., 1999. – С. 191-196.
4. Bentz D.P. Mitigation strategies for autogenous shrinkage cracking / D.P. Bentz, O.M. Jensen // Cem. Concr. Comp. – 2004. – Vol. 26, No 6. – pp. 677-685.
5. Hoff G.C. The use of lightweight fines for the internal curing of concrete / G.C. Hoff // Report prepared for Northeast Solite Corporation: Mississippi, Clinton: Hoff Consulting LLC. – August 20, 2002. – 44 pp.

6. Holt E.E. Early age autogenous shrinkage of concrete / Erika E. Holt // Espoo 2001. Technical Research Centre of Finland, VTT Publications 446. - 184 pp.

7. Cusson D. Internal curing of high-performance concrete with pre-soaked fine lightweight aggregate for prevention of autogenous shrinkage cracking / D. Cusson, T. Hooegeveen // Cem. Concr. Res. – 2008. – Vol. 38. – pp. 757-765.

8. Yang Y. Autogenous shrinkage of high-strength concrete containing silica fume under drying at early ages / Y. Yang, R. Sato, K. Kawai // Cem. Concr. Res. – 2005. – Vol. 35, No 3. – pp. 449-456.

9. Crack-Free Concrete for Outside Industrial Floors in the Absence of Wet Curing and Contraction Joints / M. Collepardi, R. Troli, M. Bressan, F. Liberatore, G. Sforza / Compiled by M. Venturino // 8th Intern. Conf. on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, 29 October - 1 November 2006. – Supplementary Papers of the Proc.: Sorrento (Italy). – pp. 103-115.

10. Effects of shrinkage-reducing admixture in shrinkage compensating concrete // M. Collepardi, A. Borsoi, S. Collepardi, JJ. Ogoumah Olagot, R. Troli // Concrete International. – 2005. – Vol. 27, No 10. – pp. 1-8.

11. Effects of shrinkage-reducing admixture in shrinkage compensating concrete under non-wet curing conditions / M. Collepardi, A. Borsoi, S. Collepardi, JJ. Ogoumah Olagot, R. Troli // Cem. Concr. Comp. – 2005. – Vol. 27. – pp. 704-708.

12. Self Compacting/Curing/Compressing Concrete / R. Troli, A. Borsoi, S. Collepardi, G. Fazio, M. Collepardi, S. Monosi // 6th Intern. Cong. "Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities", 5-7 July 2005: Proc. – Dundee (UK), 2005. – pp. 113-120.

13. Self-Curing, Shrinkage-Free Concrete / M. Collepardi, A. Borsoi, S. Collepardi, R. Troli, M. Valente // Seventh CANMET/ACI Intern. Conf. on Durability of Concrete, 29 May – 2 June 2006: // Proc. – Montreal (Canada), 2006. – pp. 755-764.

14. Collepardi M. A State-of-the-Art Review on Delayed Ettringite Attack on Concrete / M. Collepardi // Cem. Concr. Comp. – Vol. 25, Issue 4-5, May-July 2003 - pp. 401-407.

15. Combined effect of expansive and shrinkage reducing admixtures to obtain stable and durable mortars /

C. Maltese, C. Pistolesi, A. Lolli, A. Bravo, T. Cerulli, D. Salvioni // Cem. Concr. Res. – 2005. – Vol. 35. – pp. 2244-2251.

16. Mo L. Effects of calcination condition on expansion property of MgO-type expansive agent used in cement-based materials / L. Mo, M. Deng, M. Tang // Cem. Concr. Res. – 2010. – Vol. 40. – pp. 437-446.

17. Mo L. Effects of MgO-based expansive additive on compensating the shrinkage of cement paste under non-wet curing conditions / L. Mo, M. Deng, A. Wang // Cem. Concr. Comp. – 2012. – Vol. 34. – pp. 377-383.

18. Xu L. Dolomite used as raw material to produce MgO-based expansive agent / Xu Lingling, Deng Min // Cem. Concr. Res. – 2005. – Vol. 35. – pp. 1480-1485.

АННОТАЦИЯ

Теоретически и експериментально обоснован вибор розширюючої добавки в виде обожженого в течение часа при температуре 1150 °C доломита и химических модификаторов высококачественного бетона с компенсированной усадкой. Исследовано влияние агента внутреннего ухода (предварительно водонасыщенный пористый заполнитель в виде частичной замены плотного песка) на технологические свойства бетонных смесей, прочностные и деформационные характеристики бетона, содержащего комплекс модификаторов

Ключевые слова: высококачественный самоуплотняющийся бетон, компенсированная усадка, расширяющаяся добавка, агент внутреннего ухода.

ANNOTATION

The selection of the expanding additive in the form of calcined for one hour at a temperature of 1150 °C dolomite as well as chemical modifiers of high-performance and shrinkage compensated concrete theoretically and experimentally has been justified. The influence of internal curing agent (pre-water-saturated light weight aggregate as a partial replacement of normal weight sand) on the technological properties of concrete mixtures, and strength and deformation characteristics of concrete containing complex modifiers has been investigated

Keywords: high-performance self-compacting concrete, compensated shrinkage, expanding additive, internal curing agent

УДК 69.057:658.5

Ищенко О.С., ас.

В.І. Доненко, д.т.н., проф.

А.А. Бобраков, к.т.н., доц.

Запорізький національний технічний університет

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ РЕСУРСНО-КАЛЕНДАРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

В статті запропоновані пріоритетні напрямки оновленні існуючих та розробки нових моделей організації системи ресурсно-календарного забезпечення проектів реконструкції (будівництва)