

МОЖЛИВІСТЬ ОДЕРЖАННЯ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОНІВ

Розглядається можливість створення високоміцних бетонів, підбору складу бетонної суміші, Проведено кількісний рентгенофазний аналіз цементу та визначення міцності бетонних зразків для партій цементу .

Ключові слова: Рентгенофазний аналіз, водоцементне відношення , добавки, поліфракційний заповнювач.

Рассматривается возможность создания высокопрочных бетонов, подбор состава бетонной смеси. Проведен количественный рентгенофазный анализ цемента и определение прочности бетонных образцов для вариации партий цемента.

Ключевые слова: Рентгенофазный анализ, водоцементное отношение, добавки, полифракционный заполнитель.

The possibility of creating a high-strength concrete and implemented range of concrete mixture. A quantitative x-ray phase analysis of cement and concrete definition of the strength of cement samples for variations parties.

Keywords: X-ray analysis, water-cement ratio, additives, fractional field filler.

Реалізація концепції висотної забудови передбачає використання бетонів нового покоління, що істотно відрізняються за різними параметрами від звичайних. При аналізі спектра таких бетонів можна відзначити наступні тенденції: перехід до використання важких бетонів високих класів; підвищення вимог до їх функціональності і довговічності; підвищення ефективності використання цементу у складі бетонних сумішей [1, 2].

Поява нових бетонів заснована, з одного боку, на більш глибоких уявленнях про механізм формування високоякісної структури цементного каменю і бетону (це пов'язано з сучасними методами і апаратом досліджень), а з іншого боку, з можливістю модифікувати цементну систему за допомогою високо-ефективних добавок. Так, при розробці високоміцних бетонів найбільш простими і, як здається, очевидними рішеннями є збільшення вмісту цементу та зниження водоцементного відношення за рахунок ефективного суперпластифікатора. Однак, як показує практика, збільшення вмісту цементу при влаштуванні масивних фундаментних плит і огорожуючих конструкцій товщиною більше 500 мм із монолітного залізобетону, виника-

ють проблеми пов'язані із тріщиноутворенням внаслідок підвищеної екзотермії і збільшення температурних напружень бетону, а також зі збільшенням його усадки і повзучості у віддалені терміни тверднення. Зниження ж рівня водоцементне відношення (В/Ц) нижче певних значень може викликати саморуїнування бетону в результаті пізньої гідратації цементних мінералів в обмеженому поровому просторі. Тому при проектуванні високоміцних важких бетонів витрата цементу, як правило, зменшується а значення водоцементного відношення $\sim 0,23$ [3].

В умовах наведених обмежень існує ряд концепцій одержання високоміцних бетонів з нормативними деформаційними характеристиками. Зокрема це концепція, що передбачає використання органомінеральних комплексів, що містять розширюючу композицію [4-6], а також альтернативна їй концепція досягнення високої міцності за рахунок використання ресурсів мезо- і макроструктури бетону (за умови використання ефективного суперпластифікатора) [7-11]:

- поліпшення реологічних властивостей бетонної суміші (розтікання, самоущільнення, перекачуваність);

- зменшення ролі міцності щебенів і, відповідно, збільшення ролі міцності розчинної частини (зростає значимість фактора В/Ц) у формуванні міцності бетону;

Наведені вище закономірності дозволяють виділити в рамках концепції два протилежних підходи до одержання високоміцних бетонів.

1. Максимальне наближення кривої розсіву поліфракційного заповнювача (ПФЗ) (рис.1) до нижньої границі сприятливої області (3) (у лівій частині графіка) обмежено необхідністю одержання високорухомої бетонної суміші. Бетонна суміш хоча і має рухливість класів П4-П5, але, як правило, не придатна для перекачування внаслідок підвищеної "щебенистості". Досягнення високої міцності бетону в значній мірі лімітується міцністю щебенів, при цьому міцність бетону характеризується зниженою чутливістю до кількості цементу і В/Ц, що дозволяє значно знизити вміст цементу і підвищує стабільність значень міцності бетону (при стабільній міцності щебенів).

2. Максимальне наближення кривої розсіву ПФЗ до верхньої границі сприятливої області (3) і вихід до припустимої області (4) сприяє тому, що бетонна суміш має високу рухливість (П4-П5) і придатна до перекачування, а при достатній кількості фракцій менше 0,125 мм – до самоущільнення. Міцність бетону прямо залежить від міцності розчиненої частини і відповідно марки цементу і В/Ц, що робить бетон чутливим до цих факторів. При вичерпанні ресурсів підвищення міцності розчиненої частини і відповідно бетону за рахунок цементу і В/Ц вдаються до додаткових рішень – введенню активних мінеральних добавок, використанню дрібного заповнювача з активованою поверхнею тощо.

Звичайно можливі компромісні рішення між розглянутими підходами, які в кожному конкретному випадку визначаються вимогами до бетону і фактичними характеристиками сировинних матеріалів. Такі компромісні підходи, зокрема, були використані в даній роботі при одержанні високоміцних бетонів з використанням метакаоліну.

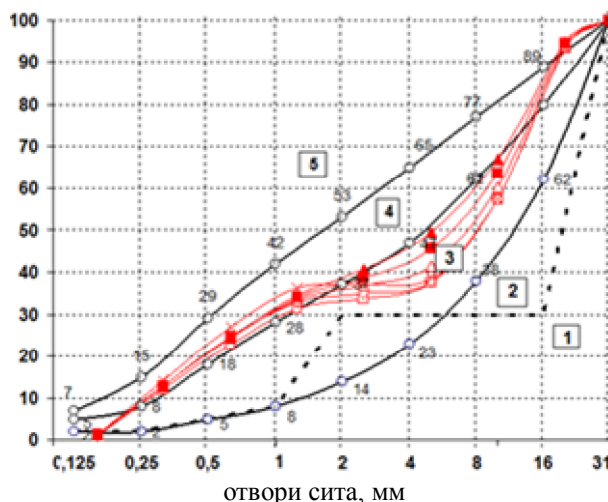


Рис.1 Ситові криві ПФЗ для важкого бетону із застосуванням відсіву. Цифри в квадратах – області складів ПФЗ. Вміст у відсотках "піску + відсіву" у ПФЗ: —○— 31+6 —◇— 33+4 —△— 33+8 —■— 33+13 —▲— 33+18 —×— 37.

В ході виконання досліджень були використані наступні сировинні матеріали:

- портландцемент ПЦ І-500 ВАТ "Подільський Цемент" за ДСТУ Б В.2.7-46-96;
- щебень гранітний фракцій 5-10 і 10-20 (марка за міцністю 1000-1200);
- відсів гранітний мокрого збагачення фракції 2,5...5 мм;
- пісок річковий дніпровський $M_k=1,85$;
- зола виносу Ладиженської ДРЕС;
- метакаолін (ВАТ "Харківський дослідний цементний завод");
- суперпластифікатор (СП) "Stm 2572" ("Stachema");
- суперпластифікатор (СП) "Muraplast FK 63.30" (ТОВ "МЦ БАУХЕМ").

Проектування й дослідження складів бетонних сумішей і бетонів були виконані відповідно до вимог наступних нормативних документів: ДСТУ Б В.2.7-43-96, ДСТУ Б В.2.7-96-2000, ДСТУ Б В.2.7-114-2002, ГОСТ 27006- 86, ГОСТ 10180- 90.

Дослідження активності партій цементу здійснювали за ГОСТ 310.4. Визначення кількісного мінералогічного складу цементу здійснювали за "Методом внутрішнього стандарту" [12].

На першому етапі досліджень в лабораторії КНУБА паралельно з лабораторією ВАТ "ЗЗБК ім. С. Ковальської" було досліджено

активність партій цементу ПЦ І-500 виробництва ВАТ "Подільський цемент" за стандартною методикою ГОСТ 310.4 (рис.2).

При визначенні за "Методом внутрішнього стандарту" [12] кількісного мінералогічного складу проб цементу наведених партій, в якості аналітичних ліній на рентгенограмі (рис.3) були обрані: для С3А – найбільш інтенсивна лінія з $d=2,70 \text{ \AA}$, для С4АF – лінія з $d=2,64 \text{ \AA}$, для С3S – лінія з $d=3,04 \text{ \AA}$. Більшість інтенсивних ліній β -С2S накладається на відповідні лінії інших клінкерних мінералів, тому в якості аналітичної для цього мінералу була обрана слабка лінія з $d=2,89 \text{ \AA}$. Перед проведенням аналізу для побудови градувальних графіків виготовляли еталонні суміші з різним вмістом клінкерних мінералів, дисперсність яких забезпечували просіюванням крізь сито № 008. Сумарна маса кожної суміші становила 2 г, до кожної суміші додавалося 0,5 грам еталонної речовини – флюориту (CaF_2), інтенсивна лінія якого з $d=3,16 \text{ \AA}$ знаходиться поблизу аналітичних ліній клінкерних мінералів. Отримані суміші ретельно перемішувалися.

За результатами вимірів інтенсивності відбивань були побудовані градувальні графіки, на осі ординат яких відкладалася масова частка відповідного мінералу в еталонній суміші, виражена у відсотках, а

на осі абсцис – величини відношення інтенсивності аналітичних ліній мінералу і еталона (флюориту). За допомогою цих графіків був проведений кількісний фазовий аналіз цементів, результати якого наведені на рис.3.

Проведений кількісний рентгенофазний аналіз цементів, дозволив пояснити їх нестабільність та низьку активність зниженим вмістом та коливаннями вмісту аліту (С3S) в межах 40–55% (в середньому 45%). При цьому вміст беліту (С2S) знаходиться в межах 10–20% (в середньому 14,6%). Вміст алюмінату (С3А) та алюмофериту (С4АF) змінювався незначно і складав всередньому 7,2% для С3А та 13,3% для С4АF.

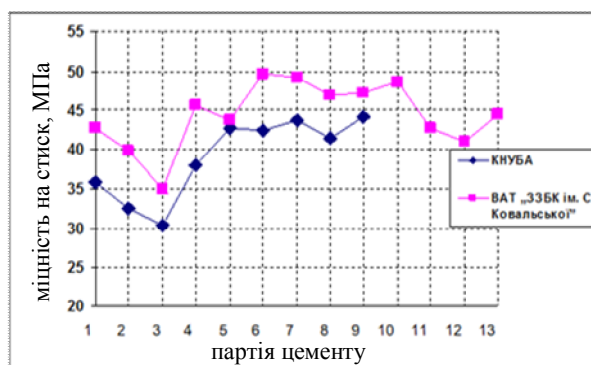


Рис.2 Результати стандартних випробувань активності проб цементу ПЦ І-500 різних партій виробництва.

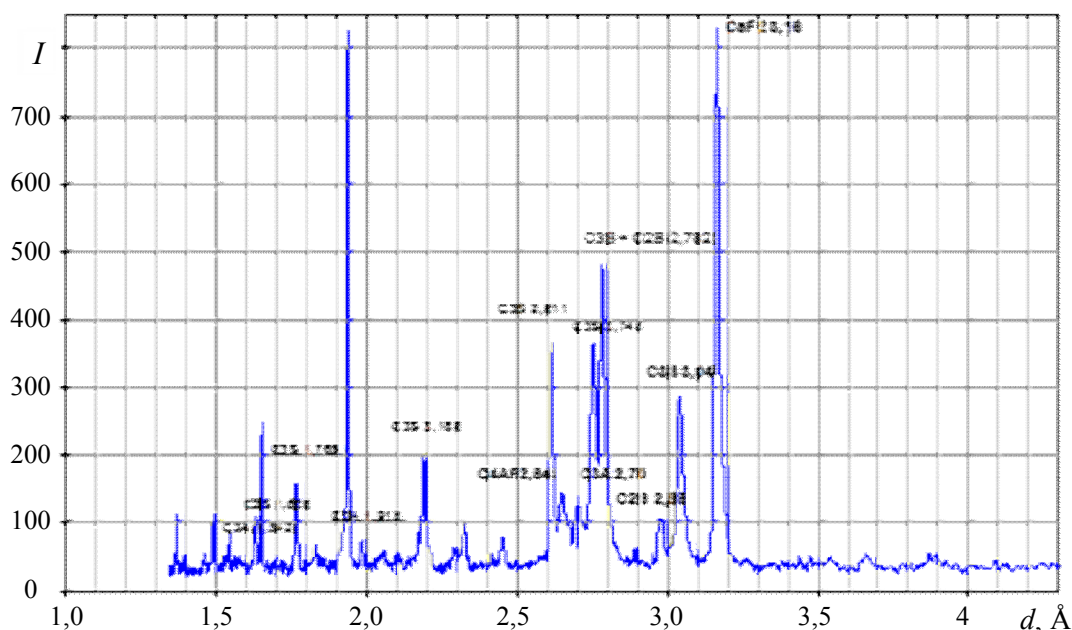


Рис.3 Кількісний рентгенофазний аналіз цементів.

Ідентифікація двогідрату і напівгідрату сульфату кальцію ускладнена внаслідок можливості фіксації за допомогою рентгенофазного аналізу вмісту речовин в кількості не менше 5%.

Для порівняння визначено фазовий склад цементу ПЦ І-500 виробництва ВАТ "Балцем", який характеризується значно вищим вмістом С3S – 64% і С2S – 19,3% та зниженим вмістом С3А – 5,8% і С4АF – 10%.

В цілому слід відзначити, що використання цементу з низьким вмістом С3S значно ускладнює одержання високоміцних бетонів, зокрема при використанні золи і метаксаоліну, оскільки ефективність застосування цих добавок передбачає наявність в тверднучій системі надлишкового портландиту $\text{Ca}(\text{OH})_2$, в той час як системи з низьким вмістом С3S характеризуються зниженим вмістом $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рунова Р.Ф., Руденко І.І., Троян В.В. Роль добавки в уменьшении клинкерной составляющей при производстве товарных бетонных смесей // 10-я Межд. научно-практ. конф. "Дни современного бетона". – Запорожье: "Планета", 2008. – С. 45-59.
2. Рунова Р.Ф., Руденко І.І., Гоц В.І., Шилюк П.С. Снижение расхода цемента как путь обеспечения долговечности бетона // Міжвідомчий наук.-техн. збірник "Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону". – Київ, НДІБК. – Т. 2. - 2005. - С. 42-50.
3. ТУ 5745-227-36554501-06 Бетонные смеси для высокопрочных тяжелых мелкозернистых бетонов классов по прочности на сжатие В70...В100. Технические условия.
4. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардунян Г.С., Киселева Ю.А., Пригоженко О.В. Новые бетоны и технологии в конструкциях высотных зданий. // Высотные здания. – 2007. – № 5. – С.94-101.
5. Kaprielov S., Sheynfeld A., Kardumian H., Dondukov V. A multi-component modifier for shrinkage compensated or self-stressed high-strength concrete // Eighth CANMET/ACI International Conference on Superplasticizers and other chemical admixtures in concrete. Sorrento, Italy, 2006. –P. 87-102.
6. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардунян Г.С., Дондуков В.Г. Структура и свойства высокопрочных бетонов, содержащих комплексный органоминеральный модификатор "Эмбэлит" // II Всероссийская Международная конференция по бетону и железобетону "Бетон и железобетон - пути развития", 5-9 сентября 2005.
7. Рунова Р.Ф., Руденко І.І., Троян В.В., Товстониш В.В., Щербина С.П., Пашина Л.Д. Формирование структуры высокопрочных бетонов. // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка – 2008. – №29. – С. 91-97.
8. Троян В.В., Товстониш В.В. Поліфракційність заповнювача як технологічний фактор формування структури високоміцного бетону // Строительство, материаловедение, машиностроение / 7 Сб. научн. трудов. Рун. 47, Днепроретровск, ПГАСА, 2008. – С. 660-669.
9. Рунова Р.Ф., Руденко І.І., Троян В.В. Анализ факторов, определяющих свойства товарных бетонных смесей // Материалы 1-й Международной научно-практической конференции "Товарный бетон - новые возможности в строительных технологиях". – Харьков 2008. – С.16-43.
10. Рунова Р.Ф., Руденко І.І., Троян В.В. Роль фракційності заповнювача у формуванні властивостей модифікованих високоміцних бетонів / Сб. "Современные бетоны", Запорожье, 2007. – С.51-57.
11. Рунова Р.Ф., Руденко І.І., Троян В.В. Высокопрочные бетоны для высотного строительства: Особенности рецептурных решений // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. – 2007. – Вип. 67. - С.478-491.
12. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ: Учеб пособие. - М.: Высш. школа, 1981.