УДК 691.54

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДІВ БЕТОНІВ НА АКТИВОВАНОМУ КОМПОЗИЦІЙНОМУ В'ЯЖУЧОМУ

Барабаш І.В., *д.т.н., проф.,* **Зубченко Н.А.** *інж.*

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Одною з актуальних задач сучасного матеріалознавства є максимального використання техногенної сировини при виробництві в'яжучих без зниження їх якості.

Практика виробництва цементів показала, що одним з найбільш ефективних методів зниження витрат енергоємного клінкеру з застосування шлаків у складі композиційних цементів, тобто в'яжучих, що містять крім клінкеру не менше двох основних компонентів та до складу яких входить до 80% мінеральних добавок [1]. З врахуванням сировинної бази України в якості компонентів композиційного цементу доцільно використовувати доменний шлак [2] і в якості пуцолани мікрокремнезем [3]. Для отримання в'яжучих низькою водопотреби також слід використовувати суперпластифікатор [2].

Одним з ефективних і технічно опрацьованих методів активації в'яжучих є механоактивація [4]. Проте на сьогодні мало інформації щодо підвищення ефективності композиційних в'яжучих за рахунок активації. Тому актуальна задача вивчення можливості застосування механоактивованого композиційного цементу з суперпластифікатором.

Досліджувалися властивості бетонів на композиційному в'яжучому, в якості компонентів якого використовувався клінкер, гіпсовий камінь, доменний шлак комбінату «Запоріжсталь» і мікрокремнезем. За 25-ти точковим оптимальним планом проводився 4-х факторний експеримент [5], в якому варіювалися наступні фактори складу:

X_1 – кількість в'яжучого (400±100 кг/м^3),

X_2 – частка мікрокремнезему у в'яжучому (5±5%),

X_3 – частка введеного в в'яжуче меленого до $S_{пт}$ =400 м^2/кг гранульованого шлаку, (30±30%),

X_4 – температура ізотермічної витримки твердіння бетону (50±30˚С).

Тепло-волога обробка бетонів проводилася за режимом 2+2+6+2 = 12 годин, при терміні ізотермічної витримки, рівному 6 годин. Використовувався гранітний щебінь крупністю 5..20 мм і кар'єрний пісок з модулем крупності 2.7, добавка суперпластифікатор С-3 в кількості 1%

від маси цементу. Всі бетонні суміші мали рівну рухливість ОК = 6 ± 1 см .

Аналіз отриманих матеріалів показав, що В/Ц бетонних сумішей на активованому в'яжучому на 5..7% нижче, ніж у сумішей, приготованих за традиційною технологією. Зміст мікрокремнезему і шлаку в композиційному цементі незначно позначається на величині В/Ц.

Використання активованого композиційного в'яжучого дозволяє отримати бетони з високою міцністю вже в ранні терміни твердіння. При введенні 10% мікрокремнезему міцність в 3-х добовому віці зростає на 5..6 МПа. Заміна 60% клінкерної складової на мелений шлак знижує ранню міцність бетону на 5.. 7 МПа. За рахунок тепло-вологої обробки при температурі 50°С міцність бетонів у віці 3-х діб зростає на 7..10 МПа, при температурі 80°С – на 13..18 МПа. Механоактивація в'яжучого підвищує міцність бетону у віці 3-х діб на 4..8 МПа.

Введення 10% мікрокремнезему в в'яжуче збільшує міцність бетону у віці 28 діб на 5..8 МПа. Заміна частини клінкерної складової меленим шлаком незначно знижує міцність бетону, при цьому це зниження компенсується за рахунок пуцоланового компоненту (мікрокремнезему). Активація в'яжучого дозволяє збільшити міцність бетону в марочному віці на 4..6 МПа. Крім того, застосування механоактивованих композиційних цементів забезпечує високу морозостійкість бетону. Склади з вмістом шлаку 60% при використанні 10% мікрокремнезему мають рівень F аналогічний складам на клінкерному цементі. За рахунок механоактивації в'яжучого морозостійкість бетонів підвищується на 50-ті циклів.

Вибір оптимальних складів бетонів на активованому композиційному в'яжучому проводився графічним методом по діаграмах типу «квадрати на квадраті», побудованим за відповідними адекватним ЕС-моделями. На квадрати були накладені ізолінії, що відображають рівні основних фізико-механічних властивостей бетонів у віці 28 діб і міцності у віці 3-х діб (як для механоактивованих, так і для контрольних складів).

Далі області, що не задовольняють критеріям обмеження, були виключені (рис.1 і рис.2). В якості критеріїв обмеження були прийняті:

- міцність при стиску не нижче 45 МПа;
- морозостійкість не нижче 350 циклів.

Після даної процедури у не виключеної ні по одному з названих вище критеріїв частини факторного простору були обрані оптимальні склади з урахуванням необхідності використання максимального кількість доменного шлаку в композиційному в'яжучому.

Також як додатковий бажаний критерій для другого варіанту складів була прийнята міцність бетону у віці 3-х діб – вона мала складати не менш 30 МПа.

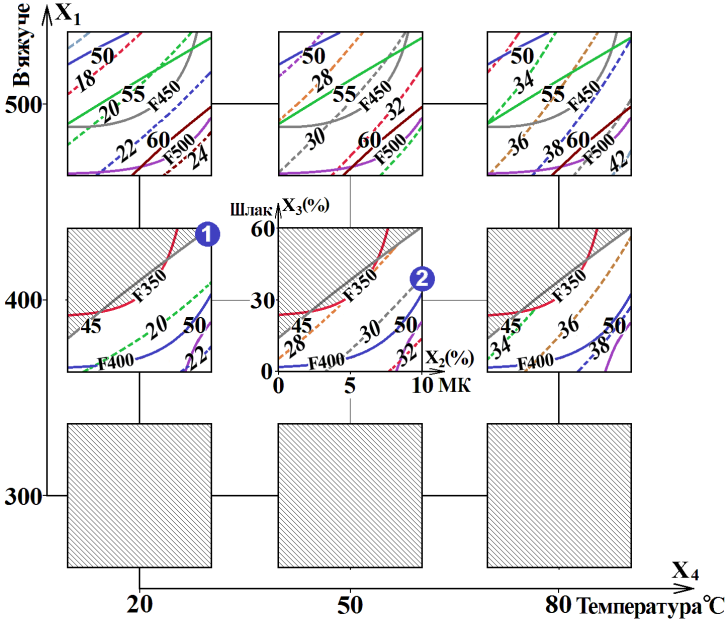

Рис.1. Вибір оптимальних складів бетонів на активованому композиційному в'яжучому графічним методом

На рис.1 пронумерованими точками у вигляді кружків показані два обраних склади на механоактивованого в'яжучому з міцністю близько 45 МПа і морозостійкістю не нижче F350. *1-й склад* (без урахування міцності у віці 3-х діб) – при витраті цементу 400 кг/м^3, максимальній кількості меленого гранульованого шлаку у в'яжучому (60%), при використанні 10% мікрокремнезему і без застосування тепло-вологої обробки. Даний склад можна рекомендувати для монолітного домобудівництва та інших видів бетонних робіт і конструкцій, що не потребують теплової обробки конструкцій. 2*-й склад* (з урахуванням досягнення міцності 30 МПа у віці 3-х діб) – при витраті цементу 400 кг/м^3, кількості меленого гранульованого шлаку у в'яжучому близько 40%, при використанні 10% мікрокремнезему і при температурі ізотермічної витримки при тепло-вологої обробці 50°С. Даний склад можна рекомендувати для збірних залізобетонних конструкцій та інших бетонних і залізобетонних конструктивів, які вимагають швидкої розспалубки або

повинні бути швидко введені в експлуатацію, при цьому можлива їх теплова обробка. Більш «м'який» режим обробки (температура витримки 50°С замість 80°С) обрана з умови мінімізації витрат енергії на виробництво конструкцій.

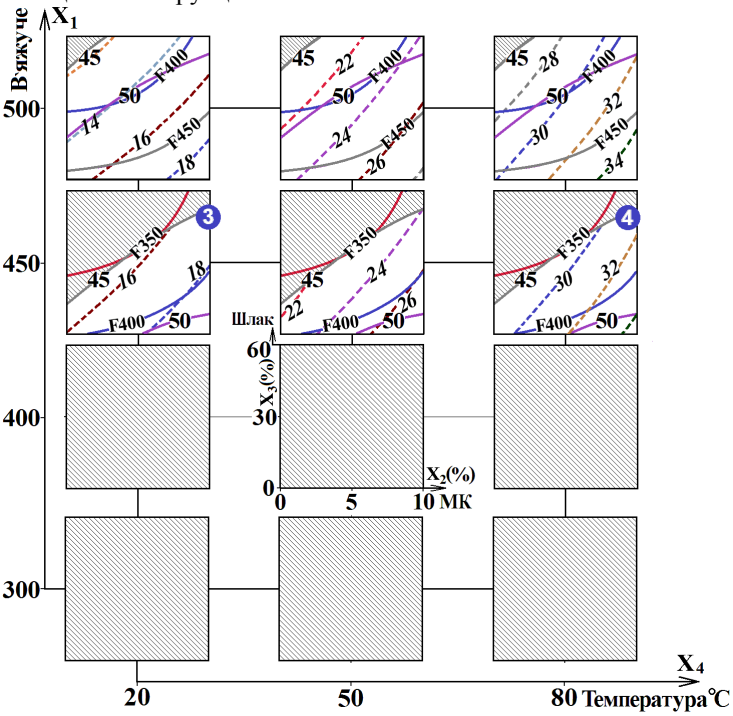

Рис.2. Вибір графічним методом оптимальних складів бетонів на композиційному в'яжучому, приготованих за традиційною технологією

Аналогічні за своїми властивостями склади були вибрані і для бетонів, виготовлених за традиційною технологією. На рис.2 показані два обраних склади з міцністю близько 45 МПа і морозостійкістю не нижче F350. Через те, що бетони, приготовані за традиційною технологією, мають в цілому меншу міцність, ніж приготовані на активованому в'яжучому, для досягнення необхідних властивостей міцності та морозостійкості необхідно підвищити витрату в'яжучого. Відповідно оптимальні рішення знаходяться в області кількості композиційного портландцементу 450 кг/м^3.

3-й склад (без урахування міцності у віці 3-х діб) – при витраті цементу 450 кг/м^3, кількості меленого гранульованого шлаку в в'яжучому

близько 50%, при використанні 10% мікрокремнезему і без застосування тепло-вологої обробки. *4-й склад* (з урахуванням досягнення міцності 30 МПа у віці 3-х діб) – при витраті цементу 450 кг/м^3, кількості меленого гранульованого шлаку в в'яжучому близько 50%, при використанні 10% мікрокремнезему і при температурі ізотермічної витримки при тепло-вологої обробці 80°С.

Ці два склади мають більшу матеріало- і енергоємність у порівнянні з складами №1 і №2 через відсутність активації і тому можуть бути рекомендовані тільки в тому випадку, якщо немає можливості провести механоактивацію композиційного в'яжучого.

Висновки

Таким чином, обрані рекомендовані оптимальні склади бетонів на композиційному в'яжучому, кожен з яких може бути використаний в залежності від необхідного для конкретного завдання рівня ранньої міцності та економічної доцільності з урахуванням поточних цін на енергоносії, обладнання та сировину. При цьому склади на активованому в'яжучому мають явні переваги з точки зору ресурсозбереження та економії енергії за рахунок більшої частки використання відходу виробництва (меленого доменного шлаку), а також за рахунок меншої витрати в'яжучого і більш низькій температурі ізотермічної витримки при необхідності тепло-вологої обробки виробів.

Також в рамках досліджень було розроблено технологічну схему отримання бетону та будівельних виробів на основі активованого композиційного цементу і проведена дослідно-промислова перевірка розробленої технології виробництва бетонної суміші.

Summary

The optimum composition of concrete is on composite binders. For this issue graphical method was used. Concretes have the strength not less than 45 MPa and frost-resistance is not lower than F350. Each of the four selected compositions can be used for different tasks. Compositions are made on activated binder were more economical effective.

Литература

1. Соболь Х.С. Концепція застосування модифікованих композиційних цементів у будівельному виробництві / Х.С. Соболь // Вісник національного ун-ту «Львівська політехніка». – 2004. - №520. – С.179-182.

2. Дворкін Л.Й. Композиційні в′яжучі низької водопотреби, що містять цементний пил / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін, І.В. Чорна // // Вісник ОДАБА. Вип. 48. Частина 1. - Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2012. – С. 121-129.

3. Фесенко В.А. Микрокремнезем как активная минеральная добавка / В.А. Фесенко // Химические и минеральные добавки в бетон. Под. ред. А.Б. Ушерова-Маршака – Харьков: Колорит, 2005. – С.57-60.

4. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в’яжучих речовин / І.В. Барабаш. - Навч. посібник. – Одеса: Астропрінт, 2002. – 100 с.

5. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 327 с.