

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА НАДМІЦНОГО БЕТОНУ

Радченко Р. О., студ. гр. ПЦ-171

Науковий керівник: **Завацький С. В.**, к.ф.-м.н., доцент
Національний університет «Чернігівська політехніка»

Сьогодні важко собі уявити цивілізований світ без бетону. Об'єми та якість виробництва бетону досить повно характеризують рівень техногенного розвитку суспільства. Житлові, промислові, громадські та сільськогосподарські будівлі, дороги, мости – це далеко не повний перелік застосування галузей бетону на нашій планеті.

Бетон – це затверділий композиційний матеріал з необхідними фізико-механічними властивостями, який отримують шляхом перемішування та ущільнення раціонально підібраної суміші в'язучого (мінерального клею), заповнювачів та добавок.

Бетони, як будівельний матеріал відомі більше десяти тисяч років. Основними передумовами широкого застосування бетону є невичерпні природні запаси сировини, можливість використання відходів виробництва металургії, конструктивна сумісність з іншими матеріалами, відносно висока міцність на стиск та довговічність.

Основний вид бетонів, що широко застосовуються – цементні на портландському цементі та його різновидах. Серед цих бетонів найбільш масове застосування знаходять важкі бетони на щільних заповнювачах.

В світовій практиці намітилася тенденція до підвищення міцності застосовуваних бетонів з міцністю при стисканні 60-80 МПа та довговічністю 100 і більше років. Перевага високоміцних бетонів безперечна.

В сучасних умовах можливо отримувати високоміцні бетони з міцністю 50...100 МПа і особливо високоміцні з міцністю понад 100 МПа. На практиці більш широке застосування отримали високоміцні бетони з міцністю 50 ... 80 МПа. Для отримання високої міцності необхідно створити особливо щільну, міцну і монолітну структуру бетону. Цього можна досягти при виконанні ряду умов, що впливають з фізичних основ структуроутворення бетону: 1) застосуванням високоміцних цементів і заповнювачів; 2) гранично низьким водоцементним відношенням; 3) високою гранично допустимою витратою цементу; 4) застосуванням суперпластифікаторів і комплексних добавок, що сприяють утворенню щільної структури бетону; 5) особливо ретельним перемішуванням і ущільненням бетонної суміші; 6) створенням найбільш сприятливих умов тверднення бетону.

Для високоміцних бетонів слід застосовувати цементи активністю >50 МПа бажано з низькими значеннями нормальної густини. В залежності від призначення бетону для його приготування доцільно використовувати цемент певного мінералогічного складу. При виготовленні збірних залізобетонних виробів невеликих і середніх розмірів застосовують високоміцні тонкомолоті портландцементи з підвищеним вмістом трьохкальцієвого силікату ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2(\text{C3S})$) і трьохкальцієвого алюмінату ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3(\text{C3A})$) і швидкотвердіючі цементи [1]. Для масивних виробів і конструкцій, виготовлених на полігонах без теплової обробки, рекомендується застосовувати цементи зі зниженим вмістом $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3(\text{C3A})$ і обмеженим вмістом $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2(\text{C3S})$ (менше 50%), краще всього белітові. Такі цементи тверднуть протягом тривалого терміну, забезпечуючи високу кінцеву міцність бетону. У першу добу твердіння тепловиділення і усадка цементу невеликі і відповідно об'ємні деформації та шкідливі власні напруження у бетоні також незначні. Для забезпечення більш рівномірного твердіння можуть також використовуватися пластифікатори і сповільнювачі тужавіння.

Заповнювачі для високоміцного бетону повинні бути чистими, мати гарний зерновий склад з малою пустотністю і не містити слабких зерен. Межа міцності крупного заповнювача повинна бути на 20% вище заданої міцності бетону.

З підвищенням міцності бетону вплив заповнювача на структуру бетону і результати випробувань поступово збільшуються. Для кожного заповнювача є граничне значення міцності бетону, вище якого на даному заповнювачі отримати бетон важко і економічно невигідно, так як незначне підвищення міцності бетону супроводжується значним збільшенням витрат цементу. Зазвичай ця межа настає, коли міцність на розтягнення бетону наближається до міцності заповнювача. Для особливо високоміцних бетонів застосовують заповнювачі підвищеної міцності з діабазу і базальту [2].

Висока щільність і міцність бетону досягаються застосуванням гранично низького водоцементного відношення. Проте із зменшенням В/Ц підвищується в'язкість цементного тіста, погіршуються умови приготування і ущільнення бетонної суміші, збільшується вміст повітря. В результаті порушується прямолінійна залежність міцності бетону від водоцементного співвідношення і після досягнення певних мінімальних значень В/Ц подальше його зниження практично мало сприяє підвищенню міцності бетону.

Виробництво високоміцних бетонів з критично низьким В/Ц можливе тільки при використанні спеціальних технологічних прийомів. До таких прийомів належать застосування суперпластифікаторів або комплексних добавок, що містять підвищену дозу пластифікатора, прискорювача твердіння та анти-повітряпоглинаючого компонента, або використання особливо інтенсивних способів ущільнення бетонної суміші, наприклад пресування або роликowego прокату [3]. В результаті досягається висока щільність і міцність бетону. При застосуванні суперпластифікаторів прямолінійна залежність міцності бетону від водоцементного відношення зберігається до $C/V = 4$ [1].

Істотне значення для технології бетону має той факт, що при низьких В/Ц порушується закон сталості водопотреби бетонної суміші, тобто при збільшенні витрати цементу понад 400 кг/м³ доводиться для отримання рівномірних сумішей збільшувати одночасно і витрати води, щоб компенсувати різке підвищення в'язкості цементного тіста. Відповідно зростають витрати цементу, що призводить до погіршення структури бетону, збільшення тепловиділення і усадки, а також до збільшення шкідливих внутрішніх напружень і деструктивних явищ. В цьому випадку ефективність використання цементу.

Для гарантованого отримання щільної і міцної структури бетону витрати цементу у високоміцному бетоні обмежують: для збірних залізобетонних виробів малих і середніх розмірів максимально допустимі витрати цементу 550 кг/м³, для виробів великої масивності – 450 кг/м³. Для зниження витрат цементу застосовують наступні технології [3]:

підвищення активності високоміцних цементів механічним або хімічним шляхом (додавання домішок з добавкою 2...3 % гіпсу або з комплексною добавкою на основі суперпластифікаторів за питомої поверхні 4000...5000 см², активації в спеціальних установках);

застосування спеціально підібраної суміші заповнювачів з мінімальною пустотністю і водопотребою;

введення в бетонну суміш суперпластифікаторів і комплексних добавок;

призначення класу бетону, якщо це можливо, за його міцності в більшому віці, ніж 28 діб.

Введення суперпластифікаторів особливо ефективно знижує витрати цементу. При цьому рухливість і одночасно щільність бетонної суміші різко збільшується та зберігається сталість витрат води. В результаті підвищується ефективність використання цементу у високоміцних бетонах.

Найкращими умовами для твердіння високоміцного бетону є нормальні (температура 20...25°C, вологість 100%). З підвищенням температури і особливо при тепловій обробці в масиві бетону виникають значні градієнти температури і вологості, що призводять до міграції вологи і до температурно-вологісних деформацій. А це в свою чергу викликає нерівномірну

усадку цементного каменю [3]. В результаті зростають деструктивні явища, тому для прискорення твердіння високоміцного бетону за допомогою термічної обробки необхідно застосовувати більш тривалу попередню теплову витримку і дуже м'які температурні режими (повільне підймання і зниження температури, дотримання стабільної температури прогрівання в межах 50 ... 60°C, забезпечення високої вологості середовища). При цьому тривалість теплової обробки обмежується часом до моменту, коли міцність бетону досягне 50...70% від його класу. Тоді в подальшому високоміцні бетони поступово з часом досить задовільно набувають проектної міцності.

При дотриманні розглянутих умов міцність бетону може перевищити марку цементу в 1,5...1,7 рази, тому застосування високоміцного бетону дозволяє скоротити масу і матеріаломісткість залізобетонних виробів.

Отже, традиційні технології виробництва бетону не дозволяють отримати клас бетону вище С80, оскільки при додаванні цементу міцність бетону зростає тільки до певної межі.

Сьогодні у світовій практиці виробництва надміцного бетону широко застосовується технологія «SELF-Compacting concrete» - технологія бетону, що самоущільнюється [4]. За новою технологією міцність бетону може досягнути класу С200 з витратами цементу в півтора - два рази меншими. Для покращення характеристик такого бетону використовують електролітичні пластифікатори та спеціальні реагенти [4].

Переваги такого бетону очевидні: по-перше, підвищення міцності бетону зменшить транспортні потреби для перевезення залізобетонних виробів, які матимуть менші поперечні розміри, а отже і менший об'єм матеріалу; по-друге, при укладанні нового бетону не потрібно застосування вібраторів, оскільки суміш самоущільнюється і легко заповнює будь-яку форму недоступну звичайному бетону (це дозволяє заощадити трудозатрати на виконання бетонних робіт); по-третє, при перевезенні звичайний бетон розшаровується і тому його потрібно перевозити в авто бетонозмішувачах, а бетон нового покоління можна перевозити в самоскидах.

Новий бетон можна застосовувати скрізь, де застосовується звичайний бетон. Наприклад, наливні підлоги з високою опірністю до стирання. Їх практично неможливо подряпати і застигають вони майже в два рази швидше, ніж наливні підлоги з традиційного бетону. Пористість нового матеріалу в 5 разів нижче, ніж у звичайного бетону. Його можна використовувати в будівництві спеціалізованих об'єктів, таких як космодроми, підводні споруди, великопрольотні мости, хмарочоси тощо.

В даний час в будівництві найчастіше, в якості особливо міцних бетонів застосовується марка М500, хоча, реальний попит є на марку М1000 [2].

Надміцний бетон нового покоління марки М1500 може бути отриманий практично на будь-якому заводі бетонних виробів і будь-яких заповнювачах. Саме основну характеристику бетону - міцність на стискання підвищеного значення можна отримати за технологією «SELF-Compacting concrete».

Список використаних джерел

1. «Бетони і будівельні розчини» - підручник / В. І. Гоц, В. В. Павлюк, П. С. Шилюк. – Вид. 2-е, доп. І переробл. – К.: Основа, 2016. – 568с.
2. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво / Р.Ф. Рунова, В.І. Гоц, І.І. Назаренко, В.Й. Сівко, П.С. Шилюк, В.Н. Старчук, В.І. Братчун, А.М. Плугін, М.А. Саницький – К.: УВПК «ЕксОб». – 2008. – 360 с.
3. Модифікатори нової генерації для бетонів / М.А. Саницький, О.Р. Позняк, У.Д. Марущак, М.М. Чемерис та ін. // Будівельні матеріали та виробн. – 2006. – №1. – С. 5–7.
4. Завацький С.В., Менайлов О.М. Бетон, що самоущільнюється – будівельна технологія майбутнього. // Збірник наукових праць ЧДТЕУ «Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейській досвід»: Чернігів, 2010 р. вип. №6, С. 237-240.