

ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДУ КАМЕНЕБЕТОННОЇ СУМІШІ

І.Н. Дудар, В.П. Загреба, А.О. Коваленко

Вступ

Проектування складу бетону - ключова технологічна задача, вирішення якої визначає рівень експлуатаційної надійності конструкцій і споруд, а також міру раціонального використання ресурсів, витрачених на їх виготовлення і зведення.

Основоположником практичної методології проектування складу бетону є Д. Абрамс. Він, узагальнивши результати експериментальних досліджень в лабораторії Чикаго Portlandcement Association, сформулював основні завдання проектування складів бетону і методи їх рішення. За Абрамсом проектування складу бетону полягає в «виборі водоцементного чинника, відповідного заданій міцності і умовам роботи споруд, та знаходженні такої комбінації заповнювачів, яка могла б дати бетон необхідної якості і придатної консистенції». При цьому має бути забезпечена найменша витрата засобів на виготовлення бетону і його укладання [1].

У сучасній технології під проектуванням складу бетону розуміють обґрунтування, вибір вигляду вихідних матеріалів і їх співвідношень, що забезпечують при заданому критерії оптимальності нормовані проектні вимоги до бетонної суміші і бетону. При використанні методології системного підходу проектування складів бетону може включати ряд додаткових завдань, пов'язаних з оптимізацією технологічних параметрів виробництва і проектних вимог.

Д. Абрамс вперше запропонував два методи проектування складу бетону: «пробний метод» або експериментальний підбір, і метод попередніх обчислень. Як показала практика, обидва методи мають право на існування і розвиток.

Найбільш загальний підхід до проектування складу бетону заснований на кількісному обліку взаємозв'язків типу властивість-структура-склад бетону шляхом аналізу і спільного вирішення рівнянь, що пов'язують показники властивостей бетону з параметрами його структури [1].

Оптимальна структура бетону - це структура, яка забезпечує комплекс необхідних властивостей при виконанні заданих умов оптимальності (мінімальна витрата цементу, мінімальна вартість бетонної суміші і ін.). Відповідно до цієї умови складу бетону можуть істотно відрізнятися за різних умов оптимальності.

У будівельно-технологічній практиці найбільшого поширення набули методи проектування складу бетону з необхідною міцністю при стискуванні. Це обумовлено, по-перше, тим, що при конструктивних розрахунках міцність бетону є основним його параметром, і, по-друге, припущенням, що з міцністю однозначно пов'язані і інші необхідні властивості бетону. Останнє припущення, проте, не є досить загальним. Дійсно, з міцністю бетону при стискуванні однозначно пов'язано багато його властивостей: міцність при вигині, розтягуванні, зносостійкість, стійкість кавітації і ін. Проте не є однозначною залежність міцності і морозостійкості, міцності і повзучості і так далі, і їх розрахункове визначення має бути засноване на використанні комплексу спеціальних кількісних залежностей.

Технологічні особливості проектування складу бетонної суміші

Проектування складу бетону може розглядатися як ізольована система (перший тип завдань) і як підсистема загальних технологічних систем, наприклад проектування бетонних і каменебетонних конструкцій і технологія їх виробництва (другий тип завдань). У першому випадку завдання полягає лише в оптимальному рецептурному забезпеченні заданих параметрів, а в другому - вирішується додатково і завдання оптимізації самих параметрів, що задаються (легкоукладальності суміші, міцності бетону і ін.).

Існуюча практика передбачає, в основному, вирішення завдань першого типу, що не завжди може виявитися достатнім. Наприклад, прагнення технологів добитися максимальної економії цементу при проектуванні бетону заданої міцності не є продуктивним, якщо сам показник міцності не оптимальний з позицій вартості конструкцій. Зокрема, використання бетону підвищеної міцності може дозволити зменшити перетин конструкцій і, таким чином, з

позицій витрати цементу на одиницю виробів (конструкцій), а не на кубометр бетону, може виявитися вигіднішим. Аналогічно, не завжди техніко-економічно обґрунтованими є показники легкоукладальності бетонних сумішей, від яких істотно залежить склад. Наприклад, якщо критерієм оптимізації складу є вартість конструкції, використання жорсткої бетонної суміші може виявитися менш вигідним, враховуючи трудовитрати на укладання бетону, ніж використання литої суміші, хоча остання містить більшу кількість цементу. У зв'язку з цим є раціональним, там де це можливо, об'єднувати зусилля конструкторів, технологів і економістів для комплексного вирішення завдань конструктивного і технологічного проектування бетону [1].

При проектуванні складу бетону в завданнях другого типу передбачається їх багатоваріантність. Вибір того або іншого складу визначають в конкретних умовах, виходячи з прийнятого критерію оптимальності. Такими критеріями найчастіше можуть бути мінімальна витрата цементу, мінімальна середня щільність бетону, мінімальна вартість бетону. Може бути вибраний складніший критерій, наприклад, вартість конструкцій або навіть всієї споруди в цілому з врахуванням не лише вартості бетону, але і трудомісткості, вартості виготовлення, перевезення і монтажу конструкцій.

У завданнях другого типу як чинники складу бетонної суміші, що оптимізуються, розглядаються не лише рецептурні (співвідношення заповнювачів, витрата добавки), але технологічні і конструктивні параметри.

Розробка досить загального і доступного розрахунково-експериментального методу проектування складів бетонних сумішей із заданою легкоукладальністю і міцністю бетону стала можливою завдяки використанню ряду припущень, зроблених на основі фізичних закономірностей, обумовлених впливом структури бетону на його властивості. Такими закономірностями є правило водоцементного відношення, правило постійності водопотреби бетонних сумішей, правило оптимального вмісту піску і ін. Дані закономірності можуть бути використані і при багатопараметричному проектуванні складу бетону.

Проектування складу каменебетонної суміші

Існуючі методи розрахунку складу бетонної суміші не можуть бути застосовані для визначення складу каменебетонної суміші, оскільки окрім відомих складових, остання включає також і кам'яну накидку. На практиці при будівництві каменебетонних конструкцій обмежуються наближеними рекомендаціями з вказуванням співвідношення між бетонною сумішшю і будовим каменем (приблизно по 50 %). Проте, вказаний підхід підбору складу не може бути раціональний у виробництві масивних мало-армованих виробів, для виготовлення яких на основі принципу віброімпульсного ущільнення, розроблена технологія каменебетонних виробів [2]. У запропонованому способі передбачено роздільне укладання кам'яної накидки фракції 70...140 мм і дрібнозернистої бетонної суміші з максимальною крупністю заповнювача до 10 мм в пропорціях, визначених залежністю:

$$\frac{V_{б.с.м.}}{V_{к.н.}} = K_{р.к.н.} \cdot V_{п.к.н.}, \quad (1)$$

де $V_{б.с.м.}$ – абсолютний об'єм бетонної суміші з дрібним заповнювачем, м³;

$V_{к.н.}$ – абсолютний об'єм кам'яної накидки, м³;

$K_{р.к.н.}$ – коефіцієнт розсунення кам'яної накидки;

$V_{п.к.н.}$ – насипна пористість крупного заповнювача, %;

з подальшим ущільнююче-перемішуючим формуванням за віброімпульсним режимом, що визначається залежністю:

$$A(\tau) = A_{\max} \cdot |\sin \omega \tau|, \quad (2)$$

де $A(\tau)$ – амплітуда віброімпульсного впливу в момент часу (τ), мм;

$\omega = 2\pi f$, f – частота віброімпульсного впливу, Гц;

τ – час ущільнення (перемішування).

Такий режим дозволяє виконувати рівномірний розподіл кам'яної накладки в бетонній суміші з врахуванням забезпечення необхідної величини бетонного прошарку між каменями, а також ефективно подальше ущільнення.

Спочатку виконується розрахунок складу дрібнозернистої бетонної суміші з врахуванням необхідної легкоукладальності при мінімальній витраті цементу і оптимальному піщано-щебеневому відношенні за методом абсолютних об'ємів або граничної щільності, або за фізико-аналітичним методом [3, 4, 5, 6, 7].

Потім визначається склад каменебетонної суміші виходячи з умови, що бетонна суміш і кам'яна накладка повинні заповнити одиничний об'єм (1 м^3) в певних оптимальних співвідношеннях, так аби бетонна суміш заповнила порожнечі кам'яної накладки з врахуванням розсунення каменя на задану величину. Математичну модель вищевикладеної умови можна записати в такому вигляді:

$$\frac{B_{см.}}{\gamma_{б.см.}} + \frac{K_{н.}}{\rho_{к.н.}} = 1, \quad (3)$$

$$\frac{B_{см.}}{\gamma_{б.см.}} = v_{п.к.н.} \cdot \frac{K_{н.}}{\gamma_{к.н.}} \cdot K_{р.к.н.} \quad (4)$$

де $B_{см.}$ – витрата бетонної суміші на 1 м^3 каменебетону, кг;

$K_{н.}$ – те ж, кам'яної накладки, кг;

$\gamma_{б.см.}$ – об'ємна маса бетонної суміші, кг/м^3 ;

$\rho_{к.н.}$ – щільність кам'яної накладки, кг/м^3 ;

$\gamma_{к.н.}$ – об'ємна маса кам'яної накладки, кг/м^3 ;

$v_{п.к.н.}$ – порожнистість кам'яної накладки, %;

$K_{р.к.н.}$ – коефіцієнт розсунення кам'яної накладки бетонною сумішшю.

Розрахунок складових каменебетонної суміші на другому етапі здійснюється в такій послідовності:

1. Визначення порожнистість кам'яної накладки за залежністю:

$$v_{п.к.н.} = 1 - \frac{\gamma_{к.н.}}{\rho_{к.н.}}; \quad (5)$$

2. Визначення дослідним шляхом коефіцієнта розсунення кам'яної накладки бетонною сумішшю в межах $K_{р.к.н.} = 1,4 \dots 1,8$, залежного від габаритів формованого виробу, насиченості арматурою і прийнятої технології укладання каменебетонної суміші;
3. Розрахунок витрати кам'яної накладки і бетонної суміші на 1 м^3 каменебетонної суміші:

$$K_{н.} = \frac{1}{\frac{K_{р.к.н.} \cdot v_{п.к.н.}}{\gamma_{к.н.}} + \frac{1}{\rho_{к.н.}}}, \quad (6)$$

$$B_{см.} = \left(1 - \frac{K_{н.}}{\rho_{к.н.}}\right) \cdot \gamma_{б.см.}; \quad (7)$$

4. Розрахунок витрати складових каменобетону:

$$Ц_{к.см.} = \frac{Ц_{б.см.} \cdot B_{см.}}{\gamma_{б.см.}}, \quad (8)$$

$$П_{к.см.} = \frac{П_{б.см.} \cdot B_{см.}}{\gamma_{б.см.}}, \quad (9)$$

$$Щ_{к.см.} = \frac{Щ_{б.см.} \cdot B_{см.}}{\gamma_{б.см.}}, \quad (10)$$

$$B_{к.см.} = \frac{B_{б.см.} \cdot B_{см.}}{\gamma_{б.см.}}, \quad (11)$$

де $Ц_{б.см.}$, $П_{б.см.}$, $Щ_{б.см.}$, $B_{б.см.}$ - витрати цементу, піску, щебеню і води відповідно на 1 м³ бетонної суміші, визначені на першому етапі;

$Ц_{к.см.}$, $П_{к.см.}$, $Щ_{к.см.}$, $B_{к.см.}$ - те ж саме на 1 м³ каменобетонної суміші.

Витрата кам'яної накидки визначається з залежності (6).

Висновки

- Розроблена методика розрахунку складу каменобетонної суміші призначена для використання головним чином в заводських умовах, може бути також рекомендована і для будівельного майданчика при зведенні конструкцій з каменобетону.
- Дана методика дозволить обґрунтовано встановлювати витрату кам'яної накидки і бетонної суміші з врахуванням міцнісних характеристик матеріалу, що підвищить економічну ефективність каменобетону.

Список літератури

1. Дворкин Л. И. Основы бетоноведения / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Санкт-Петербург, 2006. – 423 с.
2. А. с. 1673463. Способ формования бетонных изделий / М. Ф. Друкованый, В. П. Загреба, В. Ф. Щуровский. – Б. И., 1991.
3. Сизов В. П. Проектирование состава бетона / В. П. Сизов. – М.: Стройиздат, 1979. – 214 с.
4. Скрамтаев Б. Г. Способ определения состава бетона различных видов / Б. Г. Скрамтаев, П. Ф. Шубенкин, Ю. М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1966. – 109 с.
5. Баженов Ю. М. Способы определения состава бетона различных типов / Ю. М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1975. – 56 с.
6. Пунагин В. Н. Основы проектирования составов бетона / В. Н. Пунагин. – Ташкент, Узбекистан, 1983. – 88 с.
7. Пунагин В. Н. Теория и практика назначения составов бетона / В. Н. Пунагин. – Киев: УМК ВО, 1990. – 151 с.

Дудар Ігор Никифорович – д.т.н., професор, зав. кафедри містобудування та архітектури Вінницького національного технічного університету.

Загреба Василь Петрович – к.т.н., доцент кафедри містобудування та архітектури Вінницького національного технічного університету.

Коваленко Андрій Олександрович – магістрант Вінницького національного технічного університету.