

ПІДБІР СКЛАДУ ПОРОШКОВОГО БЕТОНУ З УРАХУВАННЯМ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ

Вступ

Методів розрахунку складів реакційно-порошкових бетонів (РПБ), які входять до його складу на отримання заданої міцності, досі не існує. Це, перш за все, пов'язане з багатокомпонентністю складу і необхідністю отримання високорозтікаємих бетонних сумішей. Безумовно, що наукові принципи розрахунку складу РПБ будуть розвиватися не один десяток років по мірі напрацювання експериментальних даних. Проте окремі положення про співвідношенні компонентів у порошкових бетонах вже можуть бути окреслені. Крім того склад порошкових бетонів залежить від характеристик компонентів, які в ньому використовуються.

Основна частина

Виходячи з наявних публікацій, вимоги до гранулометричного складу піску виходять з умов забезпечення максимального ущільнення, округленої форми частинок і обмеження їх максимальних розмірів для виключення значних сил тертя [1].

Де Ларрард і Седран [2] досліджували пісок з розміром часток 0,125 і 0,4 мм і виявили, що товщина плівки водо дисперного клею, яка забезпечує хорошу реологію була 48–88 мкм.

Товщина плівки розраховувалася по виведеній формулі (1):

$$e_m = D (\sqrt[3]{g^*/g} - 1) \quad (1)$$

де D – діаметр зерен піску; g^* – об'єм порошкового бетону; g – абсолютний об'єм піску.

Рішард П. і Чейзері М. [3] вважають, якщо цемент має середній розмір частин 11–15 мкм, то пісок повинен бути з середнім діаметром зерен 250 мкм. По рекомендаціям [3] об'єм цементуючої зв'язки із цементу, мікрокремнезему (МК), базальтової муки і води повинен бути приблизно 650 л/м³, а вміст піску по об'єму – 350 л/м³. У відповідності з [3] низька пластична в'язкість в межах 35–100 отримується, якщо відношення об'єму піску до середньої порожнистості його знаходиться в межах 0,87–0,92.

Для експериментальних досліджень був взятий кварцевий пісок Краснополянського піщаного кар'єру, який добувається в с. Красная Поляна Донецької області. Характеристики піску наведені в табл. 1.

Характеристика кварцового піску

№ п/п	Характеристики	Одиниці вимірювання	Краснополянський кварцовий пісок
1	Вміст пиловидних і глинистих домішок	%	4,1
2	Вміст органічних домішок	%	0,1
3	Істинна густина	г/см ³	2,61
4	Насипна густина	кг/м ³	1412
5	Розмір частин	мм	0,14–0,63

Хімічний склад кварцового піску

Найменування матеріалу	Вміст основних оксидів, мас. %					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	K ₂ O
Краснополянський кварцовий пісок	99,571	0,116	0,053	0,113	0,002	0,003

Де Ларрард Ф. вважає, що для текучості і міцності вміст SiO₂ в заданих межах не являється вирішальним. Більш важливим, являється вміст вуглецю, який проявляється в темному забарвленні МК і зменшує текучість порошкових бетонів [4,5].

Як правило, вміст МК приймаються від 25 до 30% від маси цементу, причому більшу кількість (30%) зазвичай вводять в реакційно-порошкові бетони (РПБ) дуже великої міцності до 400 МПа і більше [5].

В нашому складі, з урахуванням орієнтації на створення фібро-РПБ з міцністю 140–150 МПа при вмісті фібри 1% по об'єму, кількість МК приймалась 15%.

В експериментальних дослідженнях використовувався мікрокремнезем заводу феросплавів м. Стаханов. Характеристика мікрокремнезему представлені в табл. 3.

Вміст води по даним, які приведені в роботах [1,2,3,4,5] лежить для РПБ у відносно широкій області від 140 до 220 л/м³ і у великій мірі залежить від ефективності суперпластифікатора (СП).

В якості суперпластифікаторів застосовували нафталінформальдегідну добавку С-3, характеристики якої наведені в табл. 4.

Витрату цементу розраховують виходячи із загального об'єму дисперсної суміші при відповідному врахуванні оптимальних відношень маси МК і базальтової муки до цементу.

Прирівнюємо суму об'ємів цементу, МК і базальтової муки до об'єму суміші 405 л [5]. З урахуванням густини цементу $P_{\text{ц}} = 3,1$ г/см³, МК – $P_{\text{МК}} = 2,35$ г/см³ і базальтової муки $P_{\text{бм}} = 3,02$ г/см³, отримаємо:

$$\frac{C}{3,1} + 0,15 \frac{C}{2,35} + 0,55 \frac{C}{3,02} = 405 \quad (1)$$

$$C = 687 \text{ кг}; \text{МК} = 136 \text{ кг}; \text{БМ} = 378 \text{ кг}$$

де C – портландцемент; МК – мікрокремнезем; БМ – базальтова мука.

У дослідженнях був використаний бездобавочний портландцемент ПЦ М 400 (згідно ДСТУ Б В.2.7-46) Кам'янець-Подільського заводу. Хімічний склад портландцементу наведений в табл. 5.

В якості реакційно-активних дисперсних заповнювачів використовувалась базальтова мука, що

Таблиця 1

Таблиця 3

Хімічний склад мікрокремнезему

Найменування матеріалу	Вміст основних оксидів, мас. %					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	CaO	SO ₃
мікрокремнезем заводу феросплавів м. Стаханов	87,5...93,6	0,84...0,94	0,21...0,26	0,31...0,37	1,36...1,52	1,5...5,0

Таблиця 4

**Характеристики
суперпластифікатора**

Показник	C-3
Зовнішній вигляд	Світло-коричнева рідина
Ефективність дії, зменшення води, %	До 20
Дозування добавки (% від маси цементу)	0,7...1,4
Густина, кг/л	1,15

Таблиця 5

Хімічний склад портландцементу

Найменування матеріалу	Вміст основних оксидів, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	MgO	CaO	SO ₃
портландцемент М 400 Кам'янець-Подільського цементного заводу	20,75	5,8...6,5	4...4,5	0,6...0,8	1,2...1,6	64...66	0,3...0,4

Таблиця 6

Фізико-хімічні характеристики базальтової муки

№ п/п	Характеристики	Одиниці вимірювання	Костопільська базальтова мука
1	SiO ₂	%	49,11
2	Al ₂ O ₃	%	14,37
3	Fe ₂ O ₃	%	5,16
4	FeO	%	7,64
5	CaO	%	11,6
6	MgO	%	7,64
7	TiO ₂	%	1,85
8	Mn	%	0,19
9	Na ₂ O	%	2,3
10	K ₂ O	%	0,17
11	P ₂ O ₅	%	0,16
12	Зовнішній вигляд	-	Темно-сірий порошок
13	Густина	кг/м³	3020
14	Водопоглинання по масі	%	0,15–0,2

добувається в Костопільському районі Рівненської області. Фізико-хімічні характеристики базальтової муки наведені в табл. 6.

В експериментальних дослідженнях використовувалась поліпропіленова фібра. Технічні характеристики поліпропіленової фібри наведені в табл. 7.

Висновки

- Використання запропонованих матеріалів і принципу підбору складу дозволить отримати високоміцні реакційно-активні порошкові бетони з міцністю на стиск 130–150 МПа.

- Сформовані вимоги до гланулометрії і крупності тонкозернистого піску, складу мікрокремнезему, якості суперпластифікатора, якості базальтової муки, геометричним параметрам фібри і її міцності, якості цементу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Kessler H., Kugelmodell für Ausfallkormengen dichter Betone. Betonwetk + Festigteil-Technik, Heft 11, S. 63-76, 1994.
2. De Larrard F., Sedran Th. Optimization of ultrahigh-performance concrete by the use of a packing model. Cem. Concrete Res., Vol.24 (6). S. 997-1008, 1994.
3. Richard P., Cheurezy M. Composition of Reactive Powder Concrete. Cem. Coner.Res.Vol.25. No.7, S.1501-1511, 1995.
4. De Lazzard F. Ultrafine Particles for Making vary High-Performance Concretes, LCPC, Paris, France. High-Performance Concrete: From material to structure. Edited by Yyes Malier. Published by E FN spon, 2-6 Boundary Row, London SEJ. JSBN 0419 176004, 1992.
5. Richard P. Cheyrezy M.H. Reactive Powder Concretes with High Ductility and 200-800 MPa Compressive Strength. ACI, SPI144-24, S. 507-518, 1994.

Таблиця 7

Технічні характеристики поліпропіленової фібри

№ п/п	Характеристики	Одиниці вимірювання	Значення характеристик
1	Діаметр	мкм	19
2	Довжина	мм	2
3	Матеріал поліпропілен	%	100
4	Густина	кг/м³	910
5	Модуль Юнга	Н/мм²	3500
6	Міцність на розрив	Н/мм²	350
7	Температура розм'якшення	°C	145
8	Колір	-	прозора-білий
9	Хімічна стійкість	-	Повна до всіх кислот