

УДК 666.97

МОДИФІКОВАНІ ЦЕМЕНТНО-ЗОЛЬНІ КЛЕЄВІ СУМІШІ І РОЗЧИНИ НА ЇХ ОСНОВІ

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЦЕМЕНТНО-ЗОЛЬНЫЕ КЛЕЕВЫЕ СМЕСИ И РАСТВОРЫ НА ИХ ОСНОВЕ

MODIFIED ANCHOR CEMENT-FLY ASH MIXTURES AND MORTARS ON THEIR BASIS

Дворкін О. Л. д.т.н., проф., Дворкін Л. Й., д.т.н., проф., Гарніцький Ю. В., к.т.н., доц. (Національний університет водного господарства і природокористування, м. Рівне)

Дворкин О. Л. д.т.н., проф., Дворкин Л. И., д.т.н., проф., Гарницкий Ю. В., к.т.н., доц. (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

Dvorkin O. L. doctor of science, professor Dvorkin L.Y, doctor of science, professor, Harnitskyu J. V., candidate of science associate professor (National University of Water Management and Environmental Sciences, Rivne)

В статті наведені результати досліджень впливу золи-виносу і поліфункціонального модифікатору на властивості зола-цементних клеєвих сумішей. Приведені відповідні математичні моделі та їх аналіз.

В статье приведены результаты исследований влияния золы-уноса и полифункционального модификатора на свойства зола цементных клеевых смесей. Приведенные соответствующие математические модели и их анализ.

In article the results of researches of influence of bearing ash and polifunctional modifier on properties of ash-cement glue mixtures are given. The proper mathematical models and their analysis are resulted.

Ключові слова:

**Портландцемент, сухі суміші, зола-виносу, суперпластифікатор.
Портландцемент сухие смеси, зола-унос, суперпластифікатор
Portlandcement, dry mixes, fly-ash, superplasticizer.**

Досліджували спільний вплив золи-виносу і поліфункціонального модифікатору (ПФМ), що складається з суперпластифікатору С-3 і добавки

редиспергуємого полімеру (сополімер вінілацетату) - РП на водопотребу і повітрявтягування зола-цементних клеєвих сумішей.

При введенні золи-виносу в цементно-піщані розчини їхній склад однозначно характеризується трьома параметрами: зола-цементним (З/Ц), водоцементним (В/Ц) і піщано-цементним (П/Ц=n) відношеннями. Для зола-цементних сумішей суму абсолютних об'ємів можна знайти з рівняння:

$$1000 - V_{\text{пв}} = \frac{Ц}{\rho_{\text{Ц}}} + \frac{З}{\rho_{\text{З}}} + \frac{В}{\rho_{\text{В}}} + \frac{П}{\rho_{\text{П}}}, \quad (1)$$

де $V_{\text{пв}}$ - об'єм втягнутого повітря; $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{З}}$, $\rho_{\text{В}}$ - істинні густини відповідно цементу, золи і піску; Ц, З, В і П - відповідно витрати цементу, золи, води і піску за масою.

Звідки:

$$\frac{Ц}{\rho_{\text{Ц}}} + \frac{З}{\rho_{\text{З}}} + \frac{В}{\rho_{\text{В}}} + \frac{П}{\rho_{\text{П}}} = 1000 - V_{\text{пв}}, \quad (2)$$

$$\frac{Ц}{1/\rho_{\text{Ц}} + (З/Ц)/\rho_{\text{З}} + В/Ц + П/\rho_{\text{П}}} = \frac{1000 - V_{\text{пв}}}{1/\rho_{\text{Ц}} + (З/Ц)/\rho_{\text{З}} + В/Ц + П/\rho_{\text{П}}}. \quad (3)$$

Співвідношення піску і цементу (n) в модифікованих розчинах можна знайти з залежності:

$$n = f(X_1, X_2, З/Ц, В/Ц), \quad (4)$$

де X_1, X_2 - фактори, що характеризують вміст і склад ПФМ.

Для одержання математичних моделей, що характеризують властивості золоцементних сумішей із добавками досліджуваного ПФМ були реалізовані експерименти, алгоритмізовані відповідно до трьохрівневого плану V_4 . Умови планування експериментів наведені в табл.1. Вихідними матеріалами були: портландцемент М500 типу П групи А, природній кварцовий пісок (модуль крупності 2.4) і зола-виносу класу А (питома поверхня $325 \text{ м}^2/\text{кг}$).

Таблиця 1

Умови планування експериментів

№ п/л	Фактори варіювання	Кодоване позначення	Рівні варіювання		
			-1	0	+1
1	Вміст ПФМ, % маси цементу	X_1	0	1,5	3
2	Частка С-3 у складі ПФМ, %	X_2	0	0,5	1,0
3	Водо-цементне відношення (В/Ц)	X_3	0,4	0,5	0,6
4	Зола-цементне відношення (З/Ц)	X_4	0,1	0,4	0,7

Як видно з табл.1, при плануванні експерименту передбачалося вивчення достатньо широкої області складів золоцементних розчинів, що включають як склади без ПФМ, так і склади, що містять до 3% ПФМ. При цьому граничними складами ПФМ були однокомпонентні добавки С-3 і РП.

При реалізації дослідів у кожній точці матриці підбирали піщано-цементне відношення (n), при якому для заданих значень факторів забезпечувалася літа консистенція суміші (розплив конуса на струшуючому

столику 220...240 мм, відповідно занурення конуса Стройцила 10...12 см). Для литих золо-цементно-піщаних сумішей вимірювали необхідну витрату води, водовідділення і повітрявтягування. З них виготовляли також зразки для дослідження показників міцності.

Матриця планування і результати дослідів наведені в табл.2.

Таблиця 2

Матриця планування і результати дослідів по визначенню властивостей золо-цементних розчинових сумішей

№ п.п.	Кодовані значення факторів				Піщано-цементне відношення, n	Водопотреба, л/м ³	Об'єм втягнутого повітря, %
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄			
1	+1	+1	+1	+1	4,1	255	1,1
2	+1	+1	+1	-1	4,81	220	1,5
3	+1	+1	-1	+1	1,1	250	0,6
4	+1	+1	-1	-1	1,92	195	0,7
5	+1	-1	+1	+1	3,55	335	1,5
6	+1	-1	+1	-1	4,25	310	2,9
7	+1	-1	-1	+1	0,93	283	1,7
8	+1	-1	-1	-1	2,72	225	2,1
9	-1	+1	+1	+1	3,85	275	1,1
10	-1	+1	+1	-1	4,92	240	1,5
11	-1	+1	-1	+1	0,97	390	1,1
12	-1	+1	-1	-1	2,1	351	1,6
13	-1	-1	+1	+1	3,85	375	1,9
14	-1	-1	+1	-1	5,1	343	2,1
15	-1	-1	-1	+1	1,05	385	1,1
16	-1	-1	-1	-1	2,05	347	1,3
17	+1	0	0	0	2,51	230	1,5
18	-1	0	0	0	3,24	260	1,7
19	0	+1	0	0	2,75	228	0,9
20	0	-1	0	0	2,43	265	1,4
21	0	0	+1	0	3,64	220	1,7
22	0	0	-1	0	1,62	295	1,3
23	0	0	0	+1	2,15	275	1,1
24	0	0	0	-1	3,15	235	1,5

Адекватні отриманим експериментальним даним рівняння регресії для піщано-цементного відношення, водопотреби й об'єму втягнутого повітря наведені в табл. 3. При аналізі математичної моделі водопотреби суміші (5) привертає увагу те, що вплив факторів, що характеризують кількість (X₁) і

склад (X_2) ПФМ в золоцементних литих сумішах і сумішах без добавки золи достатньо близький.

Значний ефект взаємодії між X_1 і X_2 показує, що найбільший пластифікуючий ефект, як при великих, так і при малих дозах ПФМ, має місце при переважанні в останньому суперпластифікатора С-3. Різнознакові але близькі по величині лінійний і квадратичний ефекти при X_3 показують, що при його підвищених значеннях ($X_3 > 0$) зміна В/Ц призводить до несуттєвого збільшення водопотреби, у той же час при низьких В/Ц ($X_3 < 0$) водопотреба істотно зростає. Ця закономірність добре відома в бетонознавстві як правило постійності водопотреби [1,2].

Багатьма дослідженнями [3,4] показана можливість пластифікуючого ефекту золи у бетонах. Проте, аналіз моделі (5) показує що в розчинових сумішах, що містять суперпластифікатор, додатковий пластифікуючий ефект золи практично не відчувається.

Таблиця 3

Рівняння регресії властивостей золо-цементних розчинових сумішей із добавками ПФМ

№ п.п	Властивість	Рівняння регресії
1	Водопотреба, л/м ³	$y_1 = 235,3 - 37,13X_1 - 25,98X_2 - 8,29X_3 + 19,99X_4 + 9,48X_1^2 + 10,69X_2^2 + 19,19X_4^2 + 25,44X_1X_3 - 19,94X_2X_3$ (5)
2	Об'єм втягнутого повітря, %	$y_2 = 1,355 - 0,33X_1 + 0,213X_2 - 0,244X_3 + 0,242X_4 + 0,242X_1^2 - 0,208X_2^2 + 0,142X_3^2 - 0,058X_4^2 - 0,2X_1X_2$ (6)
3	Піщано-цементне відношення (n)	$y_3 = 2,6 - 0,069X_1 + 1,322X_3 - 0,530X_4 + 0,271X_1^2 - 0,014X_2^2 + 0,026X_3^2 + 0,046X_4^2 - 0,094X_1X_3 + 0,027X_1X_4 + 0,099X_2X_3$ (7)

Вже першими дослідниками золи-виносу було встановлено [5], що залежність рухливості бетонної або розчинової суміші від вмісту золи має екстремальний характер і оптимальний вміст її повинен становити не більше 30% маси цементу. По нашим експериментальним даним в розчинових цементно-зольних сумішах при золо-цементному відношенні від 0,1 до 0,4, водопотреба зростає несуттєво, у той час як при В/Ц > 0,4 - її збільшення стає суттєвим (рис.1). Так, з отриманих даних випливає, що збільшення З/Ц від 0 до 0,4 призводить, при вмісті ПФМ – 1,5% і частці С-3 у складі ПФМ – 0,5, до збільшення водопотреби на 8...13 л (точки 13,14 і 21,22 табл.2). Збільшення З/Ц від 0,1 до 0,7 викликає додаткове збільшення водопотреби суміші вже на 40л (точки 23, 24 табл.2). Із зменшенням В/Ц зростання водопотреби при підвищеному вмісті в литій суміші золи-виносу стає більш суттєвим. Так, підвищення З/Ц від 0,1 до 0,7 при В/Ц=0,6 дало приріст водопотреби на 35л, а при В/Ц=0,4 на 55л (точки 1...4 табл.2). Це можна

пояснити більш різким зростанням в'язкості бетонної суміші за межами області постійності водопотреби, тобто при низьких В/Ц.

Аналіз рівняння (5) показує, що правило постійності водопотреби клеєвих сумішей має місце при різноманітних дозуваннях і складах ПФМ і золю-цементних відношеннях. В залежності від значень зазначених факторів може істотно змінюватися величина критичного В/Ц $(В/Ц)_{кр}$, інтенсивність зростання водопотреби суміші при $В/Ц < (В/Ц)_{кр}$ (рис.1). Характерно, що значення $(В/Ц)_{кр}$ зміщується вбік менших значень при підвищеному вмісті ПФМ.

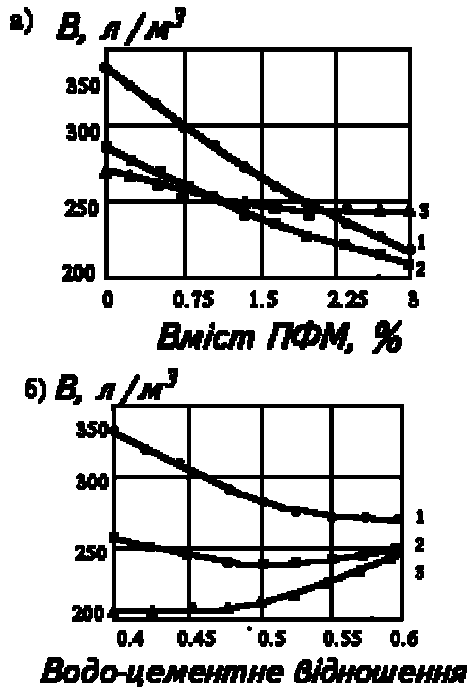


Рис.1. Розрахункові залежності водопотреби золю-цементних клеєвих сумішей з добавкою ПФМ

- а) В/Ц: 1 – 0,4; 2 – 0,5; 3 – 0,6; ($X_2=0$; $X_4=0$);
- б) вміст ПФМ: 1 – 0; 2 – 1,5; 3 – 0,3; ($X_2=0$; $X_4=0$)

Вплив золю-цементного відношення на водовміст розчинових сумішей з добавкою ПФМ залежить від дисперсності золю-виносу і відповідно вмісту в ній вуглецевих часточок, що не згоріли (НВЧ), і їхньої нормальної густоти. Як відомо [3,5,6] більш крупні фракції золю-виносу містять більше НВЧ, що мають підвищене водопоглинання, і часточок неправильної форми. Водопотреба суміші при використанні золю підвищеної дисперсності дещо зменшується. Підвищення дисперсності золю і зниження її водопотреби

можуть бути досягнуті їх відбором з останніх полів електрофільтрів або подрібненням, що руйнує органомінеральні агрегати, які входять в золу.

Для клейових розчинів повинна бути забезпечена необхідна водоутримуюча здатність.

І.Н.Грушко для оцінки водоутримуючої здатності бетонних сумішей запропонована залежність:

$$V_{yt} = 1,35K_{н.г} Ц + V_{п.П} + 0,07S_{пит.щ}, \quad (8)$$

де $K_{н.г}$ - нормальна густина цементу; $V_{п.П}$ – водопотреба піску; $S_{пит.щ}$ – питома поверхня щебеню; $Ц$ і $П$ – відповідно витрата цементу та піску на 1 м^3 бетонної суміші.

У роботі [2] показано, що для бетонних сумішей більш доцільно використовувати залежність:

$$V_{yt} = (1,35...1,65)K_{н.г} Ц + V_{п.П} + V_{щ.Щ}, \quad (9)$$

де $V_{щ}$ і $Щ$ – відповідно водопотреба та витрата щебеню.

На основ модифікованих цементно-зольних паст виготовляли розчинові суміші складу 1:2, 1:3 та 1:4 при $З/Ц=0,4$ і розпливі конуса 170...180 мм.

Оцінка отриманих даних показує, що як і слід було очікувати, із введенням піску та збільшенням його вмісту у суміші і дисперсності (а відповідно і водопотреби) водоутримуюча здатність розчинів збільшується. Використання для розрахунку водоутримуючої здатності модифікованих цементно-зольних сумішей рівнянь 8,9 неприйнятне, головним чином через те, що не враховується ефект впливу ПФМ, який позначається не тільки через зміну $K_{н.г}$. На водоутримуючій здатності розчинових сумішей очевидно позначається об'єм втягнутого повітря. Як показує аналіз, розрахункова залежність для приблизної оцінки кількості води, яка утримується модифікованими цементно-зольними сумішами може бути представлена у вигляді рівняння

$$V_{yt} = (1,35...1,65)K_{н.г} (Ц+З) + V_{п.П} + KР_{мод}, \quad (10)$$

де $R_{мод}$ – параметр, який для досліджених ПФМ оцінюється вмістом ПД та ЕЦ.

На повітрявміст досліджених цементно-зольних паст впливають усі варіювані фактори. Збільшення золоцементного відношення призводить до помітного зменшення повітрявтягування.

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. - М.: Высш. шк., 1987. - 415 с.
2. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л. Основи бетонознавства. - Київ: Основа, 2007. – 613 с.
3. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Корнейчук Ю.А. Эффективные цементно-зольные бетоны. –Ровно: Изд-во "Эден", 1999. – 195 с.
4. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. -Киев: Будівельник, 1991. – 137 с.
5. Стольников В.В. Использование золы-уноса от сжигания пылевидного топлива на тепловых электростанциях, - Л.: Энергия, 1989. - 50 с.
6. Сергеев А.М. Использование в строительстве отходов энергетической промышленности. - К.: Будивельник, 1984. - 120 с.