

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦЕМЕНТНИХ КОМПОЗИЦІЙ, МОДИФІКОВАНИХ ПОЛІКАРБОКСИЛАТНИМИ ТА МЕХАНО-АКТИВОВАНИМИ КВАРЦОВИМИ ДОБАВКАМИ

Пушкарьова К.К., д.т.н., професор,

Каверин К.О.,

Калантасівський Д.О.,

Київський національний університет будівництва і архітектури

Abstract. Article established the effectiveness of modifications by complex organo-mineral additive based on polycarboxylate superplasticizer and mechanical activated quartz additive for cement matrix that can be used to obtain high-strength concrete.

Вступ. Використання композиційних в'язучих є досить ефективним способом вирішення проблеми ресурсозбереження у будівельній галузі [1-3], що дозволяє скоротити витрату портландцементу та підвищити якість бетону за рахунок введення мінеральних добавок природного і техногенного походження, які можуть проявляти як гідралічні, так і пуцоланові властивості.

Для розкриття властивостей мінеральних добавок найчастіше використовують механоактивацію, яка передбачає помел в агрегатах різної механічної дії [4].

Відомо, що оптимізація структури на різних ієрархічних рівнях є гарантом довговічності бетону і досягається за рахунок використання різних добавок, які вводять до складу бетонної суміші в невеликих кількостях і є невід'ємним компонентом сучасного бетону [5-9].

Вихідні матеріали та методи досліджень. Як вихідні сировинні матеріали в дослідженнях використовували портландцемент ПЦ І 500-Н, суперпластифікатори різних торгових марок на основі полікарбоксилатів (SikaPlast 555W, MC PowerFlow 3100), які за результатами ІЧ-спектроскопії (табл. 1) отримані на основі поліетиленгліколів, а саме:

Таблиця 1 – Характеристика полікарбоксилатних добавок

Назва добавки	Інфрачервоні спектри
<p style="text-align: center;">MC PowerFlow 3100</p>	<p style="text-align: center;">D:\MEAS\Dopointel\Kolesnik\MC Power Flow 3100 dry.0 MC Power Flow 3100 dry NaCl 26/09/2014</p> <p style="text-align: center;">Page 1/1</p>
<p style="text-align: center;">Sika Plast 555W</p>	<p style="text-align: center;">D:\MEAS\Dopointel\Kolesnik\Sika Plast 555W.1 Sika Plast 555W NaCl 08/10/2014</p> <p style="text-align: center;">Page 1/1</p>

MC PowerFlow 3100 містить поліетиленгліколь з молекулярною масою 3000, що в своєму складі має поліетиленполіамін (ПЕПА), SikaPlast 555W – поліетиленгліколь з молекулярною масою 1000, що в своєму складі містить поліакриламід; тонкодисперсна кремнеземиста добавка на основі меленого кварцового піску. Помел кварцового піску здійснювали в шаровому млині протягом 2 годин до питомої поверхні ($S_{\text{пит}} = 3000 \text{ см}^2/\text{г}$).

Дослідження проводили з використанням комплексу фізико-механічних методів досліджень згідно діючих нормативних документів. Суперпластифікатори вводили у кількості 0,5%, 1,0% та 1,5%, а тонкомелену добавку – у кількості 20%, 25%, 37,5 і 50% від маси цементу. Визначення кінетики зміни міцності проводили на зразках-кубах розмірами $2 \times 2 \times 2 \text{ см}$, що тверділи у стандартних умовах протягом 3, 7 та 28 діб. Водоцементне відношення (В/Ц) для зразків-кубів на основі портландцементу, модифікованого комплексною органо-кремнеземистою добавкою, становило 0,3; 0,36; 0,42; 0,48.

Результати досліджень фізико-механічних характеристик цементних зразків-кубів на основі портландцементу ПЦ 500-I-N без добавок та модифікованого полікарбоксилатними пластифікаторами і комплексною органо-кремнеземистою добавкою представлені в таблиці 2. При введенні даних суперпластифікаторів в кількості 0,5...1,5% від маси цементу (таблиця 2, склад № 2..7) можна відмітити, що на ранніх етапах твердіння (3, 7 доба) найбільший приріст міцності штучного каменю спостерігається при використанні добавки суперпластифікатора MC PowerFlow 3100 (таблиця 2, склад № 2..4), при цьому міцність при стиску на третю добу досягає 68,75 МПа (склад № 3), що на 50% більше міцності контрольних зразків. На пізніх етапах твердіння (28 доба) найбільш ефективною є добавка суперпластифікатора SikaPlast 555W (таблиця 2, склад № 6..7), введення якої дало змогу підвищити міцність при стиску до 100,9 МПа (склад № 7), що на 38% перевищує міцність контрольних зразків.

Наступним кроком досліджень було визначення сумісності роботи полікарбоксилатного суперпластифікатора та меленого кварцового піску (таблиця 2, склад № 8..15) при модифікації вищевказаних цементних матриць.

Аналіз отриманих даних дозволяє зазначити, що при введенні до вищенаведених складів (таблиця 2, склад № 2..7) кремнеземистої добавки в кількості 20% від маси цементу міцність при стиску в ранні терміни зростає від 15 до 40%, а на 28 добу від 2 до 13% залежно від виду суперпластифікатора.

Якщо порівнювати дані з результатами випробування бездобавочних зразків (таблиця 2, склад № 1), то модифікація цементної матриці комплексною органо-кремнеземистою добавкою сприяє збільшенню міцності на 3 добу від 60 до 78 %, на 7 добу – від 57 до 67% та на 28 добу – від 34 до 40%.

Порівнюючи діаграми кінетики зміни міцності цементного каменю у часі при стиску можна стверджувати, що найбільш ефективною і оптимальною з точки зору економії цементу виявилася комплексна органо-кремнеземиста добавка на основі суперпластифікатора SikaPlast 555W в кількості 1,5% (від маси цементу) і молотого кварцового піску в кількості 20% (від маси цементу). Міцність при стиску зразків складає у віці 3 діб – 84,4 МПа, у віці 7 діб – 87,9 МПа та у віці 28 діб – 102,6 МПа (склад № 12).

Таким чином, можна зробити висновок про доцільність введення комплексної органо-кремнеземистої добавки як на стадії приготування в'язучої речовини, так і на стадії виготовлення бетонних сумішей. При цьому одночасно вирішується декілька проблем: екологічна, ресурсо- і енергозберігаюча, зниження собівартості композиційних в'язучих, затрат при виготовленні товарних бетонів і залізобетонних виробів.

Висновки. Досліджено ефективність сумісної дії полікарбоксилатних суперпластифікаторів та кремнеземистої добавки на основі меленого кварцового піску та встановлено, що найбільше оптимальне значення міцності досягається при використанні полікарбоксилатного суперпластифікатора SikaPlast 555W в кількості 1,5% від маси цементу і молотого кварцового піску в кількості 20% від маси цементу. Міцність при стиску даних зразків у віці 3 діб складає 84,4 МПа, та у віці 28 діб – 102,6 МПа. Введення комплексної органо-мінеральної добавки до складу цементної матриці дозволяє підвищити міцність на 3

добу від 60 до 78 %, на 7 добу – від 57 до 67% та на 28 добу – від 34 до 40% порівняно з міцністю зразків на основі чистого портландцементу.

Таблиця 2 – Склади в'язучих речовин, модифікованих полікарбоксилатними добавками та кінетика зміни міцності цементного каменю у часі

№ складу	Цемент ПЦ І - 500 Н, мас.%	МП мас. %	Суперпластифікатор		В/Ц	Графічна інтерпретація зміни міцності у часі																				
			назва	мас. %																						
1	100	-	-	-	0,32	<table border="1"> <caption>MC PF 3100 Strength Data</caption> <thead> <tr> <th>Time (days)</th> <th>1.50%</th> <th>1%</th> <th>0.50%</th> <th>0%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>64.92</td> <td>68.75</td> <td>62.58</td> <td>47.20</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>63.00</td> <td>71.68</td> <td>81.60</td> <td>52.50</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>84.30</td> <td>87.50</td> <td>84.33</td> <td>73</td> </tr> </tbody> </table>	Time (days)	1.50%	1%	0.50%	0%	3	64.92	68.75	62.58	47.20	7	63.00	71.68	81.60	52.50	28	84.30	87.50	84.33	73
Time (days)	1.50%	1%	0.50%	0%																						
3	64.92	68.75	62.58	47.20																						
7	63.00	71.68	81.60	52.50																						
28	84.30	87.50	84.33	73																						
2	100	-	MC PF 3100	0,5	0,24																					
3	100	-		1	0,24																					
4	100	-		1,5	0,24																					
5	100	-	SikaPlast 555w	0,5	0,24	<table border="1"> <caption>SikaPlast 555w Strength Data</caption> <thead> <tr> <th>Time (days)</th> <th>1.50%</th> <th>1%</th> <th>0.50%</th> <th>0%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>58.75</td> <td>45.08</td> <td>57.08</td> <td>47.20</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>64.33</td> <td>78.50</td> <td>53.67</td> <td>52.50</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>100.9</td> <td>97.4</td> <td>76.73</td> <td>73</td> </tr> </tbody> </table>	Time (days)	1.50%	1%	0.50%	0%	3	58.75	45.08	57.08	47.20	7	64.33	78.50	53.67	52.50	28	100.9	97.4	76.73	73
Time (days)	1.50%	1%		0.50%	0%																					
3	58.75	45.08		57.08	47.20																					
7	64.33	78.50	53.67	52.50																						
28	100.9	97.4	76.73	73																						
6	100	-	1	0,24																						
7	100	-	1,5	0,24																						
8	80	20	MC PF 3100	1	0,3	<table border="1"> <caption>MC PF 3100 Strength Data (W/C)</caption> <thead> <tr> <th>Time (days)</th> <th>1:0.25</th> <th>1:0.5</th> <th>1:0.75</th> <th>1:1.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>75.90</td> <td>64.70</td> <td>55.40</td> <td>41.00</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>82.90</td> <td>77.80</td> <td>73.30</td> <td>57.40</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>98.50</td> <td>91.70</td> <td>83.60</td> <td>88.4</td> </tr> </tbody> </table>	Time (days)	1:0.25	1:0.5	1:0.75	1:1.0	3	75.90	64.70	55.40	41.00	7	82.90	77.80	73.30	57.40	28	98.50	91.70	83.60	88.4
Time (days)	1:0.25	1:0.5		1:0.75	1:1.0																					
3	75.90	64.70		55.40	41.00																					
7	82.90	77.80		73.30	57.40																					
28	98.50	91.70	83.60	88.4																						
9	75	25	1	0,36																						
10	62,5	37,5	1	0,42																						
11	50	50	1	0,48																						
12	80	20	SikaPlast 555w	1,5	0,3	<table border="1"> <caption>SikaPlast 555w Strength Data (W/C)</caption> <thead> <tr> <th>Time (days)</th> <th>1:0.25</th> <th>1:0.5</th> <th>1:0.75</th> <th>1:1.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>84.40</td> <td>76.60</td> <td>63.70</td> <td>53.90</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>87.90</td> <td>66.00</td> <td>73.00</td> <td>71.80</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>102.6</td> <td>99.3</td> <td>81.9</td> <td>82.5</td> </tr> </tbody> </table>	Time (days)	1:0.25	1:0.5	1:0.75	1:1.0	3	84.40	76.60	63.70	53.90	7	87.90	66.00	73.00	71.80	28	102.6	99.3	81.9	82.5
Time (days)	1:0.25	1:0.5		1:0.75	1:1.0																					
3	84.40	76.60		63.70	53.90																					
7	87.90	66.00		73.00	71.80																					
28	102.6	99.3	81.9	82.5																						
13	75	25	1,5	0,36																						
14	62,5	37,5	1,5	0,42																						
15	50	50	1,5	0,48																						

Література

1. Зоткин А.Г. Эффекты минеральных добавок в бетоне / А.Г. Зоткин. // Технология бетонов. – 2007. – № 4. – С.10–12.
2. Химические и минеральные добавки в бетон / Под ред. А. Ушерова-Маршака. – Х.: Колорит, 2005. – 280 с.
3. Ушеров-Маршак А.В. Добавки в бетон: прогресс и проблемы / А.В. Ушеров-Маршак. // Строительные материалы. – 2006. – № 10. – С. 8. –12.

4. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации в переработке природного и техногенного сырья / Е.Г. Аввакумов, А.А. Гусев. – Новосибирск : Академическое изд-во “Гео”, 2009. – 155 с.
5. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В.Г. Батраков. – М.: Технопроект, 1998. – 768 с.
6. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 528с.
7. Баженов Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 380 с.
8. Дворкин Л.И. Цементные бетоны с минеральными наполнителями / Дворкин Л.И., Выровой В.Н. и др. – Киев, Будівельник, 1991. – 136 с.
9. Рунова Р.Ф. В’язучі речовини / Р.Ф. Рунова, Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін, Ю.Л. Носовський. – К.: Основа, 2012. – 448 с.