

УДК 666.96

МОДИФІКАЦІЯ ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНИХ РЕМОНТНИХ РОЗЧИНІВ РЕДИСПЕРГУЮЧИМ ПОЛІМЕРНИМ ПОРОШКОМ

О.В. КОВАЛЕНКО, канд. техн. наук
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

Наведено результати досліджень реологічних властивостей цементно-піщаних сумішей та фізико-механічних властивостей цементно-піщаних розчинів, модифікованих редиспергуючим полімерним порошком, як матеріалів для ремонту та відновлення залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу.

Ключові слова: цементно-піщаний розчин, редиспергуючий полімерний порошок, фізико-механічні властивості, реологічні властивості, модифікуючі добавки, сухі будівельні суміші

Актуальність проблеми. Значна частина залізобетонних гідротехнічних споруд (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу (ВМК) знаходиться в незадовільному технічному стані і потребує проведення ремонтно-відновлювальних робіт (РВР) у кількості 10-15 тис. одиниць щорічно. Традиційно в процесі РВР ГТС ВМК застосовують технології з використанням звичайних цементно-піщаних розчинів, які мають низькі адгезійні та фізико-механічні властивості. Покращення фізико-механічних властивостей цементно-піщаних розчинів може бути досягнуто за рахунок їх модифікації різними хімічними та мінеральними добавками, зокрема мікрокремнеземом (МК) [1], порошковим суперпластифікатором (СП) [2] та комплексною органо-мінеральною добавкою, яка складається із МК і СП [3]. Модифікація цементно-піщаних розчинів указаними добавками дозволяє знизити водоцементне відношення (В/Ц) суміші, значно підвищити міцнісні характеристики ремонтного композиту та знизити його водопоглинання.

За результатами досліджень одним із недоліків ремонтних цементно-піщаних розчинів, модифікованих СП і МК, є недостатня адгезійна міцність до бетону (0,2...0,3 МПа), що знижує ефективність їх використання в технологіях РВР. Вирішення проблеми може бути подальша модифікація цементно-піщаних сумішей редиспергуючими полімерними порошками (РПП). РПП – сухі полімерні порошки, які при замішуванні суміші з водою утворюють водні полімерні дисперсії (редиспергуються) і сухий полімерний порошок перетворюється на клейову полімерну дисперсію, яка при твердінні цементно-піщаного розчину еластично армує цементний камінь, укріплює цементну матрицю в слабких місцях та підвищує адгезійну міцність цементно-піщаного розчину до бетону [4].

Метою даної роботи було встановлення ефективності застосування РПП як модифікатора цементно-піщаних розчинів для отримання полімерцементних ремонтних композитів з підвищеними фізико-механічними властивостями для конструкційного ремонту залізобетонних ГТС. Для досягнення цієї мети досліджували вплив РПП на реологічні властивості ремонтних сумішей (рухомість) та на фізико-механічні властивості не модифікованих та модифікованих цементно-піщаних розчинів. Особливий

інтерес представляють питання впливу РПП на властивості ремонтного розчину за присутності інших порошкових модифікаторів: полікарбоксилатного суперпластифікатора останнього покоління та активної мінеральної добавки (мікрокремнезему).

Методика досліджень. У дослідженнях застосували матеріали: портландцемент ПЦ 1- 500 ПАТ «Волинь-цемент»; пісок річковий Дніпровський з модулем крупності $M_{кр.} = 1,49$; РПП на основі сополімеру вінілацетату з вінілверсататом (VA/VeoVa) марки Неоліт Р4400 (Neolith Р 4400), мікрокремнезем марки Elkem Microsilica, порошковий полікарбоксилатний суперпластифікатор марки SikaViscoCrete 225.

Суміші готували з використанням ручного низькообертового електроміксера: спочатку перемішували сухі компоненти протягом 5 хв., потім цю суміш перемішували з водою протягом 5 хв. Цементно-піщане відношення (Ц:П) для всіх зразків розчинів складало 1:2,5. Такі розчини характеризуються підвищеними міцнісними властивостями у порівнянні із стандартними розчинами складу Ц:П=1:3. Вміст мікрокремнезему в суміші складав 5% від маси цементу, вміст суперпластифікатора – 0,3% від маси цементу.

Для одержаних розчинових сумішей визначали рухомість R (см), а для розчину – міцність на стиск $R_{ст}$ (МПа) і на розтяг при згині $R_{зг}$ (МПа) згідно ДСТУ Б В. 2.7-239:2010 «Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Методи випробувань (EN 1015-11:1999, NEQ)». Міцність на розтяг при згині визначали на зразках-балочках розміром 40x40x160 мм, міцність на стиск - на половинках зразків-балочок. Адгезійну міцність $R_{ад}$ (МПа) визначали на зразках вісімках таких розмірів: поперечний переріз середньої частини – 22,5x22,5 мм, довжина середньої частини – 10 мм, загальна довжина зразка – 78 мм. Випробування проводили згідно ДСТУ Б В.2.7-126:2011 «Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови». Фізико-механічні характеристики ремонтних композитів визначали у віці 28 діб нормально-вологого зберігання для цементно-піщаних зразків та нормально-вологого зберігання 3 доби плюс 25 діб нормально-повітряно-сухого зберігання для полімерцементних зразків.

Результати досліджень. Введення РПП у цементно-піщану суміш при постійному В/Ц призводить до підвищення її рухомості (рис.1), що

вказує на пластифікуючу здатність полімерного порошку. Найбільш різке зростання рухомості спостерігається при вмісті РПП в діапазоні 0...30% від маси цементу.

Для одержання рівнорухомих сумішей при додаванні РПП необхідно знижувати В/Ц. При введенні в суміш 10...30% РПП від маси цементу її водопотреба зменшується на 20...30% (рис.2). Зниження водопотреби розчинової суміші пояснюється наявністю поверхнево-активних речовин (ПАР), які входять до складу РПП.

Введення РПП у кількості більше 30% призводить до значного збільшення в'язкості і клейкості розчинової суміші (ефект «гумової» суміші), що призводить до утруднення її перемішування і укладання.

При постійному В/Ц із введенням у цементно-піщану суміш РПП у кількості 10...30% від маси цементу міцність на розтяг при згині ремонтного композиту зростає в 1,65...2,05 рази (рис. 3а), однак міцність на стиск при цьому суттєво знижується (рис. 3б).

Введення РПП забезпечувало отримання рівнорухомих розчинових сумішей при зниженні В/Ц на 20...30%, що призводило до збільшення міцності

розчину на розтяг при згині з 6,5 МПа до 11,0 МПа при 10-відсотковому вмісті полімеру і до 12,5 МПа при 30-відсотковому його вмісті (рис.4а) Таким чином, зміцнюючий ефект від введення РПП у рівнорухомі суміші вищий, ніж у випадку сумішей з постійним В/Ц. Це пояснюється тим, що підвищення міцності на розтяг при згині розчинів, одержаних із рівнорухомих сумішей, відбувається як за рахунок утворення додаткового полімерного каркаса в полімермінеральному композиті, так і за рахунок зниження водопотреби (В/Ц) таких сумішей. Найбільший приріст міцності на розтяг при згині спостерігається в діапазоні вмісту РПП від 0 до 10% від маси цементу.

Міцність на стиск у цьому діапазоні концентрацій РПП практично не змінюється (рис. 4б), а при вмісті полімерного порошку більше 10% міцність на стиск знижується з 40,3 МПа до 31,5 МПа, тобто на 22%. Найбільш різке падіння міцності на стиск спостерігається в діапазоні вмісту РПП від 10 до 30%. Отже, наявність полімерного каркаса в полімермінеральній матриці призводить до зниження міцності на стиск цементно-піщаного розчину, тому вміст РПП у цементно-піщаній суміші більше 10% від маси цементу є недоцільним для композитів, що призна-

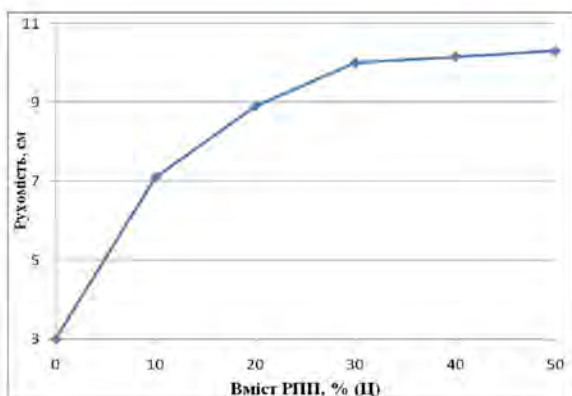


Рис.1. Вплив вмісту РПП на рухомість суміші (В/Ц=0,4)

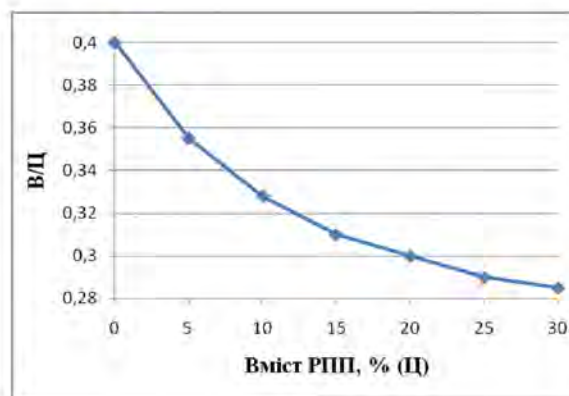


Рис.2. Вплив вмісту РПП на В/Ц рівнорухомої суміші (P=3,0 см)

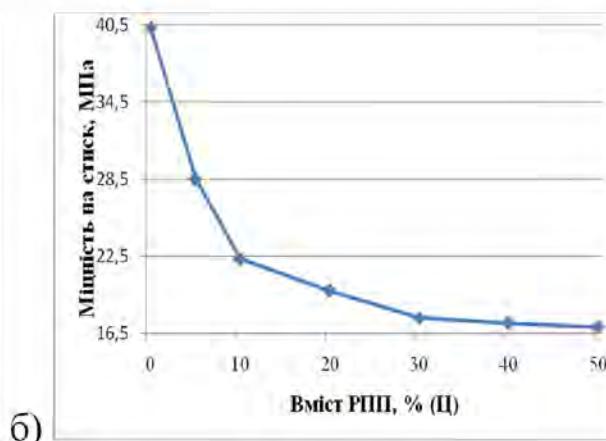
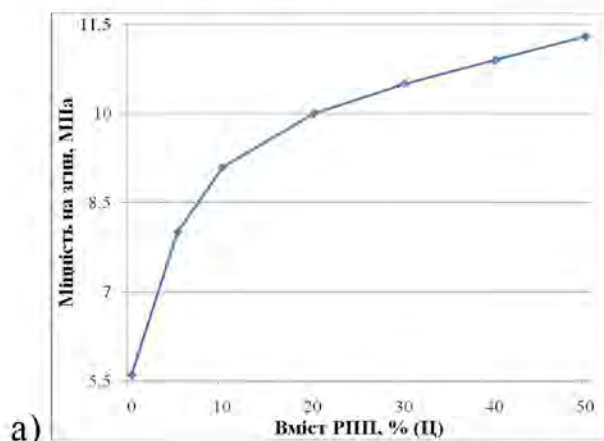


Рис. 3. Вплив вмісту РПП : а) на міцність на розтяг при згині; б) на міцність на стиск цементно-піщаного розчину при постійному В/Ц=0,4

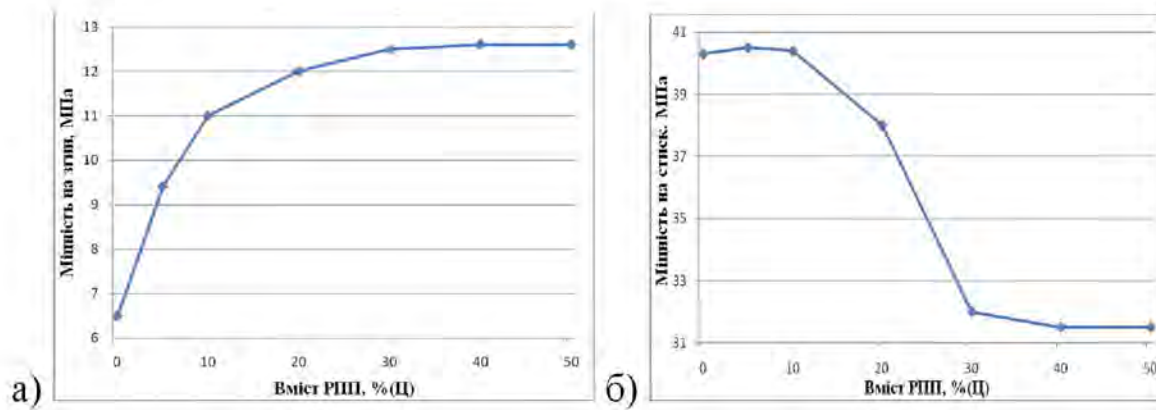


Рис. 4. Вплив вмісту РПП : а) на міцність на розтяг при згині;
б) на міцність на стиск цементно-піщаного розчину при постійній рухомості ($P=3,0$ см)

чені для конструкційного ремонту залізобетонних споруд. Вміст РПП більше 10% від маси цементу може бути доцільним для еластичних гідроізолюючих складів, для яких показник міцності на стиск не є визначальним.

Характер впливу РПП на реологічні та міцнісні властивості розчинів, модифікованих полікарбоксилатним суперпластифікатором та мікрокремнеземом, дещо інший ніж його вплив на не модифікований цементно-піщаний розчин. Із збільшенням вмісту РПП у модифікованих сумішах від 0 до 10% рухомість сумішей зростає з 3,0 до 6,5 см, в діапазоні від 10 до 15% практично не змінюється, а при вмісті більше 15% рухомість сумішей знижується (рис.5а). При вмісті РПП від 0 до 5% В/Ц рівнорухомих сумішей знижується від 0,30 до 0,26, в діапазоні від 5 до 10% не змінюється, а при вмісті більше 10% зростає (рис.5б).

Таким чином, для модифікованих сумішей пластифікуючий ефект проявляється при концентраціях РПП 5...10%, при подальшому збільшенні вмісту РПП водопотреба сумішей збільшується. Це пояснюється тим, що при підвищених концентраціях РПП та при низьких значеннях В/Ц води зачнення не вистачає для повного диспергування полімерного порошку.

При введенні РПП в модифіковані суміші міцність на розтяг при згині модифікованих розчи-

нів зростає як при постійному В/Ц - з 8,2 МПа до 11,6 МПа (рис.6а), так і при постійній рухомості - з 8,2 МПа до 13,4 МПа (рис.7а).

Міцність на стиск при введенні РПП в модифіковані суміші знижується як при постійному В/Ц (з 64,0 МПа до 53,0 МПа) (рис.6б), так і при постійній рухомості (з 64,0 МПа до 56,0 МПа) (рис.7б). При постійній рухомості міцність на стиск незначно знижується при вмісті РПП до 10% від маси цементу. Більш інтенсивне зниження міцності на стиск спостерігається при вмісті РПП більше 10%, однак цей показник залишається вищим за міцність на стиск не модифікованих розчинів.

Результати досліджень впливу РПП на адгезійну міцність та водопоглинання модифікованих цементно-піщаних розчинів, одержаних із жорстких рівнорухомих ($P=3,0$ см) сумішей, наведені на рис. 8. Як видно із рис.8а, адгезійна міцність розчинів зростає з 0,2 МПа до 0,98 МПа, тобто в 4,9 рази при збільшенні вмісту РПП від 0 до 8% від маси цементу. Водопоглинання розчину при цьому знижується в 1,35 рази (рис.8б).

Адгезійна міцність полімерцементного розчину збільшується із збільшенням рухомості, яка збільшується із збільшенням В/Ц розчинової суміші при одному й тому ж вмісті РПП в останній (рис.9).

Найбільші показники адгезійної міцності мають полімерцементні розчини, одержані на основі сумі-

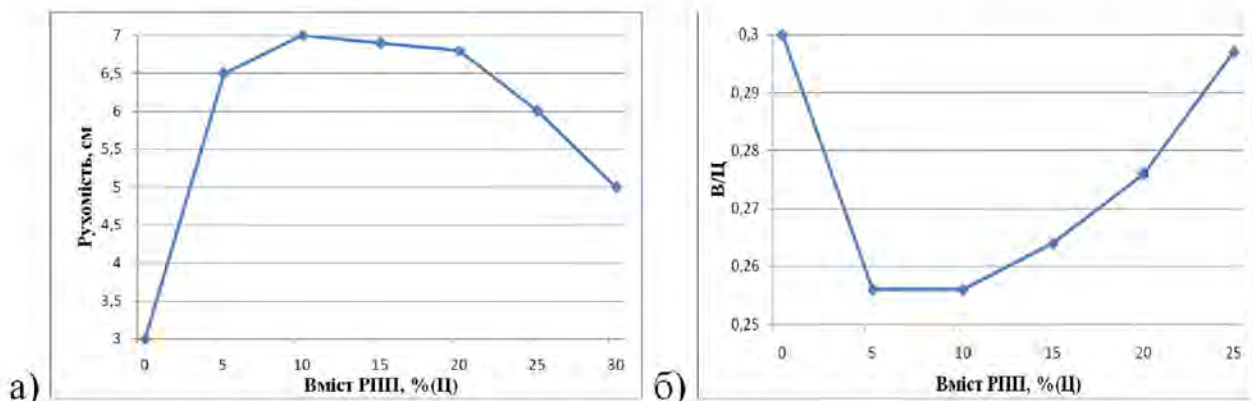


Рис.5. Вплив РПП : а) на рухомість ($В/Ц=0,3$), (б) на В/Ц ($P=3,0$ см) модифікованих сумішей

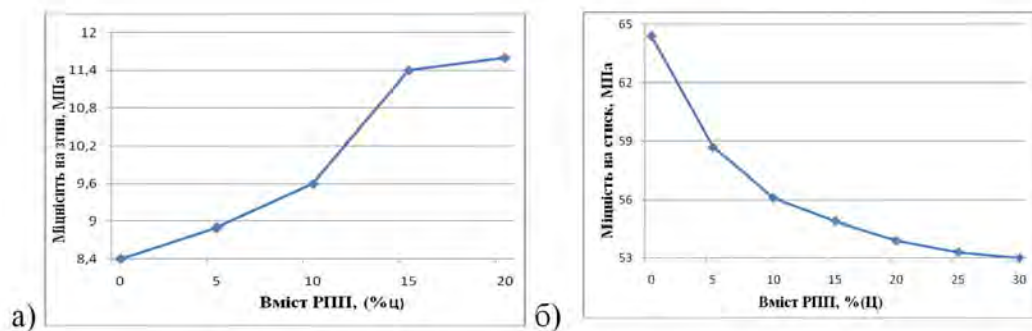


Рис. 6. Вплив вмісту РПП : а) на міцність на розтяг при згині; б) на міцність на стиск модифікованих розчинів при постійному В/Ц=0,4

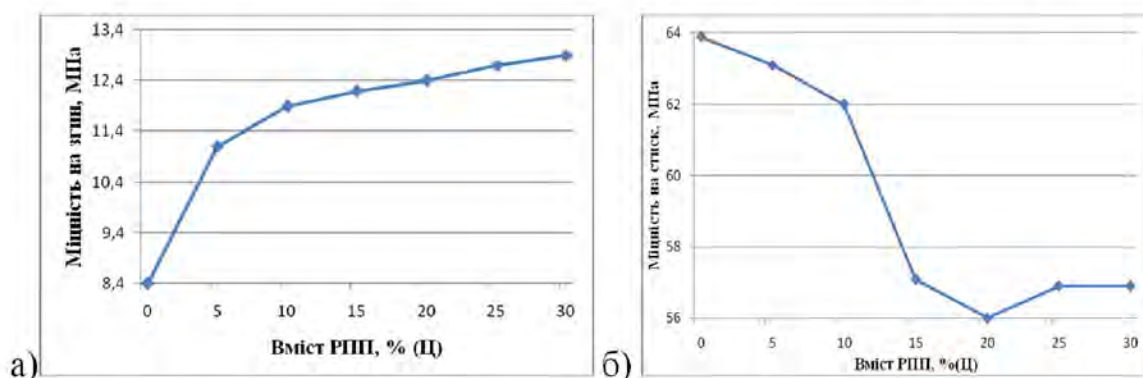


Рис. 7. Вплив вмісту РПП : а) на міцність на згин; б) на міцність на стиск модифікованих розчинів при постійній рухомості (P=3,0 см)

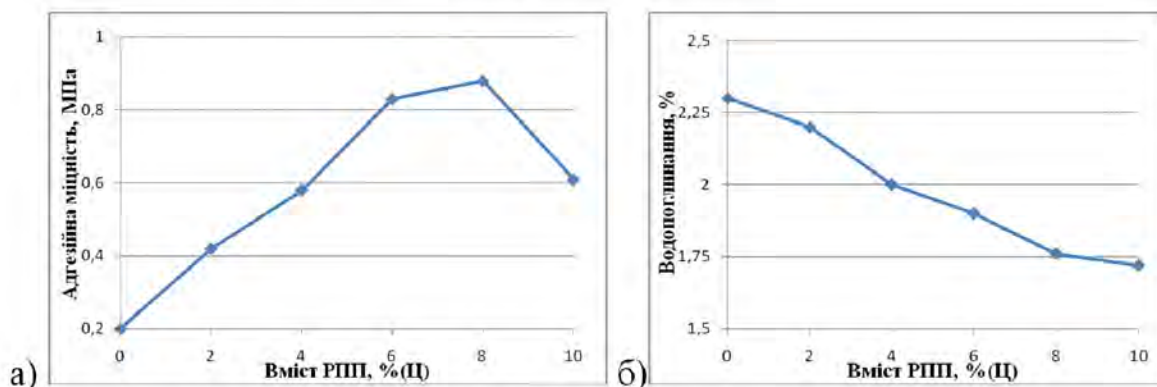


Рис.8. Вплив РПП на адгезійну міцність (а) та на водопоглинання (б) модифікованого розчину

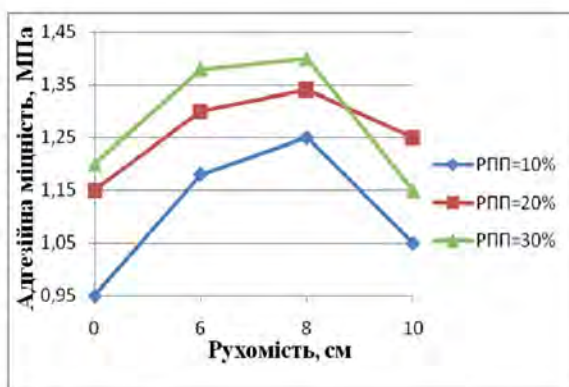


Рис.9. Вплив рухомості на адгезійну міцність полімерцементного розчину

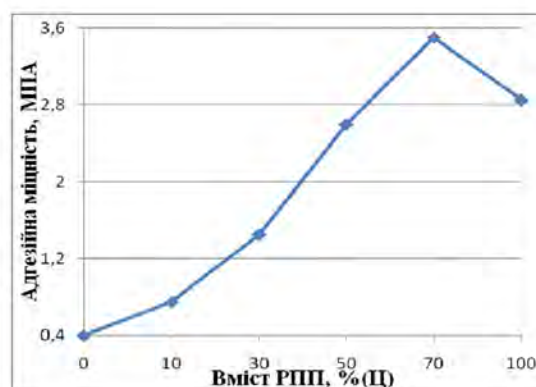


Рис.10. Вплив РПП на адгезійну міцність праймеру (P=7.0 см)

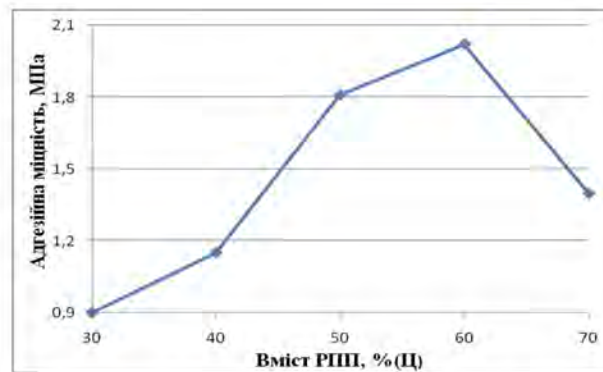


Рис.11. Вплив РПП на адгезійну міцність системи матеріалів «ремонтний розчин - праймер»

шей, у яких рухомість знаходиться в межах 6-8 см. При такій рухомості суміш переходить до іншої категорії по технологічності: з жорсткої тіксотропної ремонтної (P=3,0-3,5 см) до пластично-литої (P=6-8 см). Пластично-лито суміш перспективна для застосування в якості праймеру, тобто проміжного адгезійного шару між поверхнею, що ремонтується, та ремонтним композитом. Підвищення вмісту РПП у праймері до 70% від маси цементу дозволяє підвищити його адгезійну міцність до 3,5 МПа, тобто до рівня когезійної міцності бетону (рис.10). Таким чином, для підвищення ефективності конструкційного ремонту доцільно застосовувати систему матеріалів: «праймер+ремонтна суміш».

Вплив вмісту РПП на адгезійну міцність системи ремонтних матеріалів, яка складається із свіженанесеного на бетон праймеру та підформованої до нього ремонтної суміші, наведено на рис. 11.

Як видно з рис.11, характер впливу вмісту РПП на адгезійну міцність системи «ремонтний розчин : праймер» аналогічний як і у випадку адгезійної міцності праймеру, однак у даному випадку міцність зчеплення з бетонною поверхнею нижча ніж у самого праймеру. Максимум адгезійної міцності системи «ремонтний розчин : праймер» досягається

при вмісті РПП=50...60% від маси цементу і складає 2,02 МПа.

Висновок. Модифікація цементно-піщаних розчинів редиспергуючим полімерним порошком марки Neolith P 4400 є ефективним методом покращення їх реологічних властивостей, підвищення адгезійної міцності та міцності на розтяг при згині. Міцність на стиск розчинів при цьому знижується. Застосування РПП у кількості 10% від маси цементу в комплексі з полікарбоксилатним порошковим суперпластифікатором марки SikaViscoCrete 225 та мікрокремнеземом марки Elkem Microsilica відкриває перспективу створення на їх основі полімерцементних сухих будівельних сумішей для ремонту та захисту залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу. Орієнтовна вартість таких сумішей складає 12... 14 грн./кг.

Для підвищення адгезійної міцності полімерцементного ремонтного розчину до бетонної основи необхідно застосовувати праймер, який містить у своєму складі 60...70% від маси цементу полімерного порошку і має рухомість 6...8 см. Орієнтовна вартість такого праймеру складає 20...25 грн./кг.

Бібліографія

1. Коваленко О.В. Вплив порошкового полікарбоксилатного суперпластифікатора Сіка ВіскоКрет 225 на властивості цементно-піщаного розчину / О.В. Коваленко, А.О. Агєєв // Меліорація і водне господарство.-2014.- Вип.101.- С.342-353.
2. Коваленко О.В. Вплив мікрокремнезему Elkem Microsilica на властивості цементно-піщаного розчину / О.В. Коваленко // Меліорація і водне господарство.- 2015.- Вип.102.- С.120-123
3. Коваленко О.В. Вплив комплексної органічно-мінеральної добавки на властивості цементно-піщаного розчину / О.В. Коваленко, А.О. Агєєв // Меліорація і водне господарство.-2015.-Вип.102.- С.128-130.
4. Влияние редиспергируемых порошков на свойства цементных строительных растворов / А.Е. Захезин, Т.Н. Черных, Б.Я. Трофимов, Л.Я. Крамар // Строительные материалы.- №10.- 2004.- С.6-7.

А.В. Коваленко

Модифікація цементно-піщаних ремонтних розчинів редиспергуючим полімерним порошком

Приведены результаты исследования реологических свойств цементно-песчаных смесей и физико-механических свойств цементно-песчаных растворов, модифицированных редиспергирующим полимерным порошком, как материалов для ремонта и восстановления железобетонных гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса

A.V. Kovalenko

Modification of cement-sand matrixes with redispersible powder.

The results of studies of the rheological properties of the cement-sand mixtures and physico-mechanical properties of the cement-peschanoyh solutions modified redispersible polymer powder as materials for the repair and restoration of concrete hydraulic structures Water Management and reclamation complex