

УДК 691.175:699.8

*Коваленко О.В. канд. техн. наук, зав. лабораторії,
Дехтяр О.О. канд. техн. наук, пров.наук.співроб.,
Брюзгіна Н.Д. канд. техн. наук, старш. наук.
співроб.,
Литвиненко П. Є. головний фахівець,
Інститут водних проблем і меліорації НААН,
м. Київ*

МІЦНІСНІ ТА РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛІМЕРЦЕМЕНТНОГО ПОЛІПРОПІЛЕНФІБРОБЕТОНУ

Основним матеріалом гідротехнічних споруд водгосподарсько-меліоративного комплексу є цементний бетон. Забезпечення його довговічності, а отже, надійності і довговічності конструкцій і споруд при прийнятих техніко-економічних показниках є досить складною і актуальною проблемою для водогосподарських, проектних і будівельних організацій. Її вирішення потребує обґрунтованого призначення проектних вимог до бетону, розробки і забезпечення його оптимальних складів і технології, забезпечення заходів, які направлені на захист бетонних та залізобетонних конструкцій від агресивного впливу зовнішнього середовища, який має багатофакторний характер [1, 2].

Аналізуючи сучасні тенденції в області підвищення надійності, довговічності та ефективності залізобетонних елементів споруд різного призначення можна констатувати, що для вирішення даної проблеми в світовій практиці застосовують бетони нового покоління (нової генерації) [2].

Разом з тим, напевно чи знайдеться інша галузь будівництва, яка пред'являє настільки широкий перелік вимог до матеріалів і конструкцій, ніж гідротехнічна: оптимальна міцність, висока морозостійкість, водостійкість, водонепроникність, корозійна стійкість, ударна міцність, зносо- і кавітаційна стійкість, високий ступінь ремонтнопридатності. Отже, впровадження бетонів нового покоління в практику будівництва, відновлення та реконструкції ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу є актуальним і своєчасним завданням.

Одним із перспективних напрямків підвищення експлуатаційної надійності ГТС є застосування фібробетонів [3]. Фібробетон (дисперсно-армований бетон) являє собою композиційний матеріал, який додатково містить волокнистий наповнювач, що рівномірно розподілений в тілі бетону.

Аналіз властивостей різних фібр дозволяє зробити висновок, що найбільш високоміцною є сталева фібра, від неї по фізико-механічним властивостям значно відстає група полімерних фібр, однак корозійна стійкість і відносно низька вартість визначає їх привабливість для застосування в гідромеліоративному будівництві. Фібра із лугостійких скляних волокон і базальтова фібра складають третю групу, яка освоюється індустрією будівельних матеріалів і яка представляє інтерес для подальших досліджень.

По механічним властивостям до металевої фібри наближуються надвисокомодульні поліамідні волокна (СВМ - волокна), однак їх висока вартість змушує вишукувати шляхи зниження вмісту цих добавок. Штапельовані високомодульні вуглецеві волокна, які завоювали собі місце в промисловості конструкційних вуглепластиків, могли б без конкуренції служити ідеальним варіантом будівельної фібри, якби не їх неприпустимо висока вартість.

Таким чином на сьогодні полімерна та базальтова фібра мають найбільшу привабливість для створення економічно-доцільних цементних композитів з підвищеними фізико-механічними характеристиками.

Для виготовлення фібробетону досліджено доцільність використання різної полімерної фібри: поліпропіленової, нейлонової, поліефірної, поліамідної, акрилової, поліетиленової та ін. Фібра із синтетичних волокон найбільш дешева і хімічно стійка. Але вона має низький модуль пружності і високу граничну деформативність, що зумовлює деформативність бетону, особливо після тріщиноутворення. Разом з тим, вона може ефективно використовуватися для поліпшення реологічних та фізико-механічних властивостей бетону, підвищення його довговічності.

Найбільш широке застосування у світі вже близько 20 років знаходить поліпропіленова фібра. Цю фібру відрізняє відносно високий модуль пружності (до 8000 МПа), висока хімічна стійкість і міцність на розтяг (до 770 МПа), широкий температурний діапазон застосування, неелектропровідність.

Іншим видом бетонів, які ефективно продовжують термін експлуатації гідротехнічних споруд є бетони, модифіковані полімерами - полімерцементні бетони [4].

На відміну від звичайних бетонів з модифікуючими добавками (пластифікаторами, гідрофобізаторами і т.п.), які вносяться мікродозами і не змінюють корінним чином хімізм твердіння і структуру цементного каменю, полімерна складова полімерцементних бетонів відносно велика і служить зв'язуючим матеріалом в додаток до мінерального в'язучого - цементу. При суміщенні цих різних за властивостями речовин утворюються матеріали зі складною органомінеральною структурою і специфічними властивостями, які запозичені як у цементів, так і у полімерів. Змінюючи природу і кількість полімеру, що вводиться, можливо широко регулювати технологічні властивості бетонної суміші і фізико-механічні характеристики бетону. Високі адгезійні властивості, підвищені міцнісні характеристики, водонепроникність, корозійна стійкість, тріщиностійкість полімерцементних бетонів забезпечують успішне вирішення проблеми створення нових ефективних композиційних матеріалів на їх основі.

Завдання, методика і результати наукових досліджень

Метою даної роботи було визначення впливу вмісту компонентів на міцнісні та технологічні характеристики дрібнозернистого полімерцементного поліпропіленфібробетону.

Дослідження проводили на зразках-балочках розміром 4x4x16 см, які формували протягом 30 с на стандартній вібропрощадці з подальшою витримкою в повітряно-сухих умовах при температурі 22-25°C протягом 28 діб.

Під час досліджень було використано наступні вихідні матеріали:

- портландцемент ПЦ II/III- 400 (БАТ «Кривий ріг цемент», м. Кривий Ріг);
- кварцовий пісок $M_k=1,5$;
- суперпластифікатор Bevetol-SPL (компанія Isomat);
- латекс Adiplast (компанія Isomat);
- фібру поліпропіленову Fibermesh (компанія Sintetic Industries).

Суміші готували вручну. З метою досягнення рівномірного розподілу компонентів використовували трьохстадійне перемішування: спочатку поліпропіленову фібру перемішували з сухими компонентами, потім суперпластифікатор та латекс перемішували з водою. На третьому етапі перемішували розчин суперпластифікатора та латексу з сухою сумішшю портландцементу, піску та фібри. Цементно-піщане відношення (Ц:П) для всіх зразків складало 1:3.

Досліджували суміші без суперпластифікатора і з суперпластифікатором Bevetol-SPL, вміст якого складав 0,8% від маси цементу.

Для одержаних сумішей визначали реологічні характеристики (рухливість) згідно з ДСТУ Б В.2.7-239:2010, а затверділого розчину – міцність на розтяг при згині ($R_{зг}$) згідно з ДСТУ Б В.2.7-187:2009.

Досліджено вплив вмісту латексу та фібри на $R_{зг}$ рівнорухливих цементнопіщаних розчинів (глибина занурення конусу - 3,0 см) (рис.1, 2).

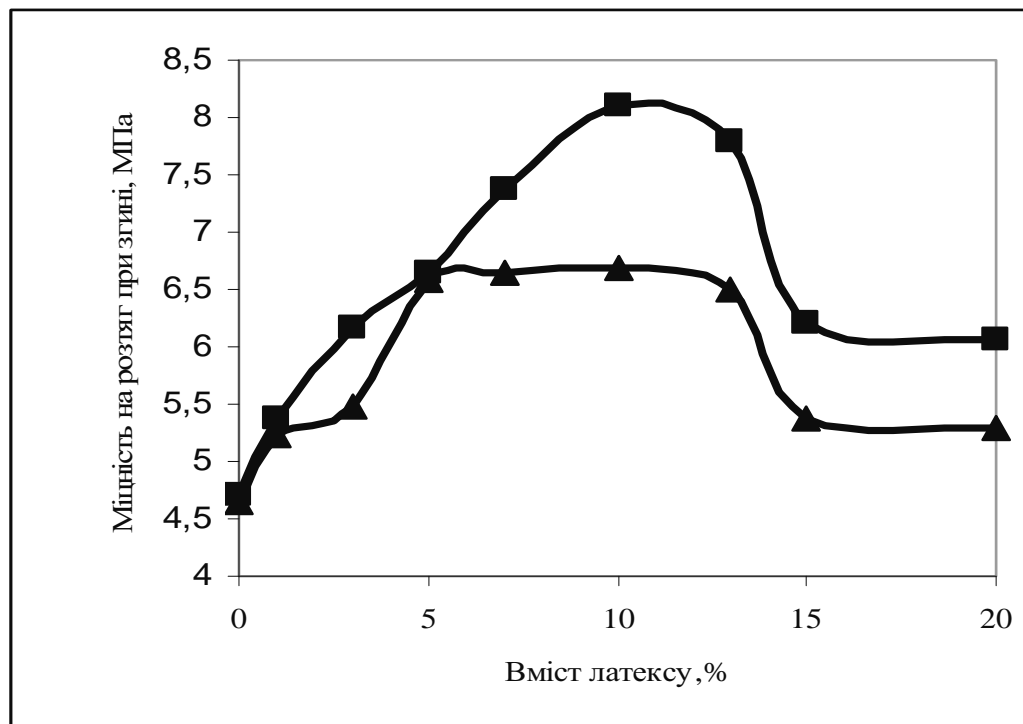


Рисунок 1 - Вплив вмісту латексу на $R_{зг}$ цементнопіщаного розчину:

▲ – без суперпластифікатора; ■ – з суперпластифікатором

Зі збільшенням вмісту латексу Adiplast від 1 до 10% від маси сухих компонентів (цементу і піску) міцність на розтяг при згині $R_{зг}$ зростає від 4,64 до 6,68 МПа (без застосування суперпластифікатора) і від 4,71 до 8,10 МПа при наявності суперпластифікатора в композиції. Збільшення міцності відповідно складає 1,13 – 1,44 і 1,14 – 1,72 рази.

При подальшому збільшенні вмісту латексу в композиції міцність останньої дещо знижується. Це вказує на те, що існує певний оптимум вмісту латексу в цементнопіщаному розчині, при якому зберігається суцільність цементного гелю в структурі, полімер же заповнює найдрібніші пори і капіляри, а також обволікає цементні зростки і частинки заповнювача. При подальшому збільшенні вмісту латексу доля полімеру в тілі в'язучого стає переважаючою, а цементні новоутворення створюють хаотичні включення, що негативно впливає на міцнісні показники.

При введенні фібри Fibermesh в цементнопіщану суміш в кількості 0,05 – 0,25% від маси цементу і піску міцність на розтяг при згині затверділого композиту дещо зростає із збільшенням вмісту фібри, але при подальшому збільшенні її концентрації практично не змінюється (рис.2).

Позитивний вплив на міцність як полімерцементного, так і поліпропіленфібробетону чинить суперпластифікатор, що пояснюється більш низьким В/Ц для таких сумішей при однаковій рухливості, а також більш однорідною структурою отверділих композитів.

Проведені дослідження впливу поліпропіленової фібри на міцність полімерцементного розчину при різних концентраціях латексу (рис.3).

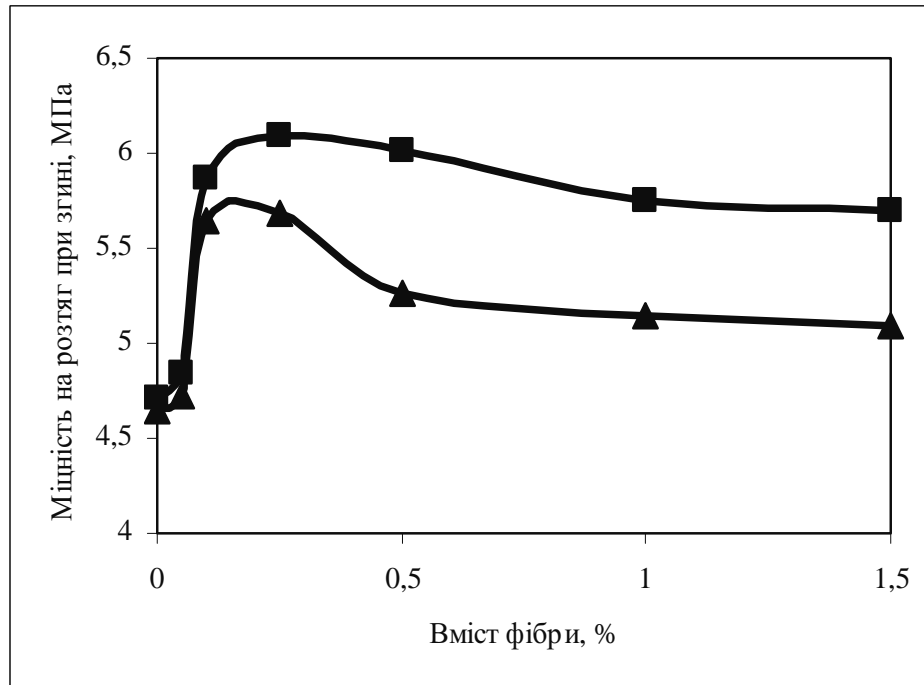


Рисунок 2 - Вплив вмісту фібри на $R_{зг}$ цементнопіщаного розчину:

▲ – без суперпластифікатора; ■ – з суперпластифікатором

Як видно із даних, що наведені на рис. 3 введення поліпропіленової фібри в полімерцементний розчин, як і добавка фібри в цементнопіщаний розчин призводить до збільшення $R_{зг}$ на 1 МПа. Міцність же полімерцементного фібробетону в 2,03 рази більша в порівнянні з традиційним цементнопіщаним розчином. Отримані дані свідчать про те, що ефект підвищення міцності цементнопіщаного розчину від сумісного введення латексу та фібри підвищується.

Досліджували реологічні характеристики фіброполімерцементних розчинів в залежності від вмісту латексу (вміст фібри складав 0,3% від маси цементу і піску).

Аналіз результатів досліджень показує, що при введенні латексу в композицію для одержання рівнорухливих сумішей (глибина занурення конусу - 3,0 см) необхідно знижувати В/Ц, причому витрати води зменшуються на величину більшу, ніж кількість води, яка вноситься в суміш разом з латексом, що вказує на пластифікуючу дію латексу (табл.1).

Досліджено вплив суперпластифікатора Bevetol-SPL на рухливість цементнопіщаних та полімерцементних розчинів.

Вплив суперпластифікатора Bevetol-SPL на рухливість цементнопіщаних розчинів наведено в таблиці 2.

Як видно із отриманих даних при введенні суперпластифікатора рухливість цементнопіщаних розчинів зростає в 1,4 – 2,09.

В полімерцементних розчинах при введенні суперпластифікатора також спостерігається зростання рухливості композицій (табл. 3).

Визначено, що рухливість фіброполімерцементних розчинів не залежить від вмісту фібри (табл. 4).

Збільшення вмісту фібри від 0,1 до 0,3 % (від маси цементу і піску) практично не впливає на цей показник при вмісті латексу від 1 до 10 %.

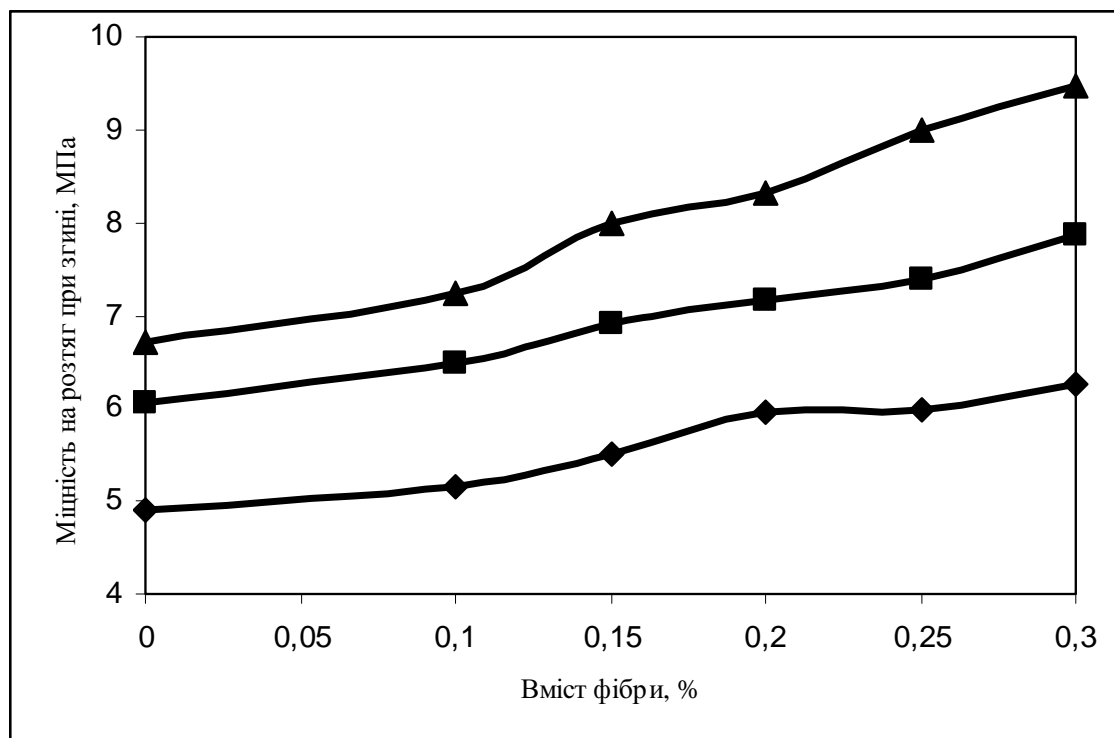


Рисунок 3 - Вплив вмісту поліпропіленової фібри на $R_{зг}$ цементнопіщаного розчину:

◆ – 1%; ■ – 5%; ▲ - 10% від маси цементу і піску.

Таблиця 1 - Вплив латексу на В/Ц рівнорухливих фіброполімерцементних розчинів

№ п/п	Вміст латексу, % від маси цементу і піску	В/Ц	В/Ц з урахуванням води в латексі	Зниження В/Ц, %	
				без урахування води в латексі	з урахуванням води в латексі
1	-	0,52	-	-	-
2	1	0,46	0,49	11,5	5,8
3	3	0,37	0,46	28,8	11,5
4	5	0,29	0,43	44,2	17,3
5	7	0,20	0,41	61,5	21,2
6	10	0,12	0,39	76,9	25,0

Таблиця 2 - Вплив суперпластифікатора Bevetol-SPL на рухливість цементнопіщаних розчинів

№ п/п	В/Ц	Глибина занурення конусу, см		Збільшення рухливості, рази
		без суперпластифікатора	з суперпластифікатором	
1	0,6	2,2	4,6	2,09
2	0,56	2,0	4,3	2,15
3	0,52	1,8	3,1	1,72
4	0,49	1,5	2,2	1,40

Таблиця 3 - Вплив суперпластифікатора Bevetol-SPL на рухливість полімерцементних розчинів

№ п/п	В/Ц	Глибина занурення конусу, см при вмісті латексу					
		0,5 % від маси цементу і піску		1% від маси цементу і піску		3 % від маси цементу і піску	
		без супер-пластифікатора	з супер-пластифікатором	без супер-пластифікатора	з супер-пластифікатором	без супер-пластифікатора	з супер-пластифікатором
1	0,5	2,4	2,8	3,0	3,6	3,3	4,1
2	0,45	1,7	2,4	2,1	3,0	3,0	3,7
3	0,40	1,2	2,1	1,4	1,9	2,8	3,4

Таблиця 4 - Вплив фібри на рухливість фіброполімерцементних розчинів

№ п/п	Вміст фібри, % від маси цементу і піску	Глибина занурення конусу, см при вмісті латексу		
		1 % від маси цементу і піску (В/Ц=0,46)	5% від маси цементу і піску (В/Ц=0,30)	10% від маси цементу і піску (В/Ц=0,14)
1	0,1	3,2	3,3	3,5
2	0,2	3,1	3,4	3,5
3	0,3	3,0	3,5	3,5

Проведені дослідження стали підґрунтям для створення нового композиційного матеріалу для відновлення і реконструкції ГТС, які сполучають в собі позитивні якості фібробетону і полімерцементного бетону – полімерцементного фібробетону [5, 6].

Висновок Одержані функціональні залежності впливу компонентів на міцнісні та реологічні властивості полімерцементного фібробетону. Показано, що міцність композиційних матеріалів підвищується при сумісному введенні полімерної добавки та фібри. Рухливість фіброполімерцементних розчинів суттєво залежить від вмісту латексу та суперпластифікатора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дворкин Л.И. Проектирование показателей свойств и составов бетона для конструкций гидромелиоративных систем // Шляхи підвищення надійності проєктування, будівництва та експлуатації гідротехнічних споруд меліорації. Матеріали VI науково-практичного семінару “Структура, властивості та склад бетону”. –К. – 2007. – с.4-25.
2. Позняк О.Р. Конструкційні бетони нової генерації // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2011. - № 39. – с.58-62.
3. Скрипченко В.С. Фибра для бетона, новые методы армирования // Бетон и железобетон – 2010. № 3. – с.15 – 19.
4. Коваленко О.В., Дехтяр О.О., Литвиненко П.Є. Полімерцементні дрібнозернисті бетони для гідроізоляційних покриттів та ремонту залізобетонних конструкцій // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2011. -№39. – с.47-52.
5. Пат. України 56751, МПК СО4 В 14/42. Фібробетонна суміш/ О.В.Коваленко, Н.Д.Брюзгіна, О.О.Дехтяр. – 2011. – Бюл. №2.
6. Пат. України 56754, МПК СО4 В 7/00. Полімерцементний розчин/ О.В.Коваленко, О.О.Дехтяр, Н.Д.Брюзгіна. – 2011. – Бюл. №2.