

РОЗРОБКА ВИСОКОРУХЛИВИХ РОЗЧИНІВ ДЛЯ РЕМОНТУ БЕТОННИХ ТА КАМ'ЯНИХ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД СПОСОБОМ ПІДВОДНОГО ІН'ЄКТУВАННЯ

Наведено дослідження щодо розробки високорухливих розчинів для ремонту бетонних та кам'яних транспортних споруд способом підводного ін'єктування. По результатах досліджень також рекомендовано складові для виготовлення високорухливих сумішей та розроблено технологію їх приготування.

Приведены исследования относительно разработки высокоподвижных растворов для ремонта бетонных и каменных транспортных сооружений способом подводного инъецирования. По результатам исследований также рекомендованы составляющие для изготовления высокоподвижных смесей и разработана технология их приготовления.

The article presents results of the studies regarding development of high-agility mortars for repair of concrete and stone-based transport erections by way of subwater injecting. Basing on results of the study, recommendations have been given for fabrication of high-agility mixtures and corresponding technology has been proposed.

Відомо, що ремонт локальних пошкоджень підводних части бетонних та залізобетонних транспортних споруд проводиться з метою відновлення монолітності, підвищення міцності, усунення фільтрації води крізь кладку, підвищення її довговічності та запобіганню подальшої руйнації [1–3].

Як показали попередні дослідження, серед існуючих способів підводного ремонту, більш глибоких досліджень потребує спосіб підводного ін'єктування. Особливо важним є якісний підбір матеріалів та розробка ефективних високорухливих сумішей. Основною метою наведених у статті досліджень є розробка високорухливих розчинів для ремонту бетонних та кам'яних транспортних споруд способом підводного ін'єктування. На основі проведених досліджень рекомендовано для виготовлення ін'єкційних розчинів такі базові матеріали:

- портландцемент (Криворізького цементного заводу) ПЦ П/А-ІІІ-400, активність $R_{ц} = 42,85$ МПа, нормальна густина $HГ = 25,4$ %;
- пісок річковий дніпровський, середня густина $\rho_0 = 2,66$ г/см³, насипна густина 1,6 кг/л, модуль крупності $МК = 1,2$;
- розчин прискорювача твердіння $CaCl_2$, концентрація розчину $K_{CaCl_2} = 23$ %; густина розчину $\rho_{CaCl_2} = 1,208$ кг/л;
- мікронаповнювач ПГВФ – пил газоочищення виробництва феросиліцію, середня густина $\rho = 2,23$ кг/см³, насипна густина $\rho_n = 0,83$ кг/л; питома поверхня $S_n = 14400$ см²/г.

Для отримання високорухливих не розшарованих сумішей рекомендується вводити до складу розчину пластифікуючі домішки (табл. 1).

Таблиця 1

Домішки, що рекомендовані для застосування у разі ремонту бетонних та залізобетонних штучних споруд під водою способом ін'єктування

Найменування, марка	Клас домішки	Вплив на фізико-механічні характеристики розчинів та бетонів	% домішки від маси цементу
Вітчизняні домішки			
Комплексна домішка ПЛКП-С	Пластифікатор, прискорювач твердіння, збільшення водостійкості та морозостійкості	Збільшує рухливість бетонної суміші до 15...17 см; збільшує міцність на стискання при однаковій рухливості на 22...25 %; збільшує водонепроникність на одну одиницю за маркою	0,8...1,5
ПФМ-БС	Пластифікатор	Зменшує на 15...20 % витрати води на приготування бетонної суміші без зміни її рухливості; збільшує міцність на стискання при однаковій рухливості на 20...27 %	0,5...1,5

Найменування, марка	Клас домішки	Вплив на фізико-механічні характеристики розчинів та бетонів	% домішки від маси цементу
M-1	Пластифікатор (розроблений автором)	Знижує водопотребу бетонної суміші на 10...12 % для отримання рівно-рухливого бетону; збільшує міцність на стискання при однаковій рухливості на 28...31 %. Покращує структуру бетону; збільшує морозостійкість на 30...35 %	0,8...2,0
Закордонні домішки			
Sika ViscoCrete5 (Швейцарія)	Суперпластифікатор	Зменшує на 30...33 % витрати води на приготування бетонної суміші без зміни її рухливості; збільшення міцності на стиск при однаковій рухливості на 38...45 %; зниження усадочних деформацій	0,3...0,8
Marefluid-200 (Італія)	Суперпластифікатор	Зменшує на 27...30 % витрати води на приготування бетонної суміші без зміни її рухливості; збільшує міцність на стиск при однаковій рухливості на 35...40 %; знижує водонепроникність	0,5...1,5
C-3 (Росія)	Суперпластифікатор	Знижує водопотребу бетонної суміші на 15 % для отримання рухливого бетону; підвищує міцність (на 32...38 %), щільність бетону, покращує його структуру; збільшує зчеплення нового бетону зі старим	0,2...0,7

Оптимальну кількість домішки, що вводиться, варто визначати в кожному конкретному випадку експериментальним шляхом.

Встановлено, що розчин для підводного бетонування ін'єкційним способом повинний задовольняти такі вимоги: мати високу рухливість та зв'язність; бути стабільним, тобто здатним зберігати більш-менш тривалий час свої початкові властивості.

У результаті проведених лабораторних досліджень термінів твердіння цементу встановлено, що в підводних умовах час початку твердіння різко збільшується до 4 годин, що дозволяє рекомендувати звичайний портландцемент М400 для проведення ремонтних робіт. Розчини на основі такого цементу виявилися найбільш зв'язними і стабільними.

Результати експериментів підтверджують, що не можна обмежуватися застосуванням цементів для підводного бетонування паспортними термі-

нами твердіння, тому необхідно в кожному конкретному випадку проводити додаткові лабораторні випробування ремонтних сумішей.

Виконані експерименти на розчинах різних видів цементу з застосуванням пісків Придніпровського регіону і різних в'язучих, дозволили встановити показники для оцінки придатності розчину для підводного бетонування:

- по рухливості – занурення конуса в розчинну суміш повинне відповідати величині 17...18 см;

- по зв'язності – відносне водовідділення розчину, як показник зв'язності за час відстоювання в посудині протягом 1,0 год повинне бути в межах 3,0...4,0 %;

- за міцністю – межа міцності при стисканні зразків розміром 10×10×10 см у 7 і 28-добовому віці повинна бути не менш 11 МПа.

Склад розчину змінювався залежно від виду і властивості застосовуваних цементів (табл. 2).

Таблиця 2

Основні середні характеристики розчинів для ін'єкційного способу

Вид цементу	Склад розчину		Властивості розчину, $\min R_{ct}$, МПа у віці, діб	
	за масою	В/Ц	7	28
Портландцемент	1:1,7		12,0...14,0	24,0...27,0
Пуцолановий	1:1,8	0,70...0,95	8,0...11,0	18,0...22,0
Сульфатостійкий	1:2,0		11,0...13,0	22,0...24,0

Примітки: Середня щільність розчину $\rho = 2000...2100$ кг/м³

Результати показують, що використання звичайного портландцементу задовольняє прийняті вимоги. Розчини на його основі достатньо пластичні, зв'язні і міцні.

У результаті проведених досліджень розроблені оптимальні склади розчинів для підводного ін'єктування, фізико-механічні характеристики наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Фізико-механічні властивості розчинів для ін'єктування в накиданий кам'яний масив за опалубкою

№ розчину	Діаметр розпливу мініконуса D , мм	Адгезійна міцність $R_{адг}$, МПа	Міцність при стисканні $R_{ст}$, МПа
Без пластифікатора			
1	229	0,8	25,2
2	234	1,1	27,1
3	241	0,9	26,3
З пластифікатором ПФМ-БС			
4	235	1,3	31,1
5	240	1,5	32,4
6	246	1,1	30,9
З пластифікатором ПЛКП-С			
7	233	1,2	30,1
8	242	1,4	31,3
9	243	1,0	30,9
З пластифікатором ПКМ-1 (розроблений автором)			
10	235	1,4	32,2
11	240	1,6	33,6
12	246	1,3	31,8
З суперпластифікатором С-3			
13	239	1,2	33,6
14	242	1,3	35,1
15	250	1,1	32,7

Приготування цементно-піщаних розчинів, з використанням мікронаповнювачів та хімічних домішок для ін'єкційних робіт виконують у розчинозмішувачах примусової дії. У змішувач завантажують пісок і необхідну кількість мікронаповнювача. Суміш перемішують 2...2,5 хв. Потім завантажують цемент і перемішують 1...1,5 хв. До перемішаних твердих складових суміші додають необхідну кількість води з хімічною домішкою, відмірену тарованою посудиною. Суміш перемішують до однорідного стану, але не менше 3 хв. Із розчинозмішувача суміш подають у приймальний бункер розчинонасоса, за допомогою якого виконують ін'єктування масиву.

При підводному ін'єктуванні приготування сумішей виконується на місці робіт безпосередньо перед початком ін'єктування.

Висновки

- У результаті проведених досліджень було:
- розроблено новий пластифікатор ПКМ-1 для високорухливих сумішей;
 - рекомендовані складові для виготовлення високорухливих сумішей;
 - розроблено технологію приготування високорухливих сумішей;
 - розроблено високорухливі розчини для ремонту бетонних та кам'яних транспортних споруд способом підводного ін'єктування.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Пшинько А. Н. Подводное бетонирование и ремонт искусственных сооружений: Монография. – Д.: Пороги, 2000. – 411 с.
2. Пшинько А. Н. Проблемы ремонта инженерных транспортных сооружений / А. Н. Пшинько, Н. Н. Руденко // Залізничний транспорт України. – 2000. – № 3. – С. 12–14.
3. Клочко Б. Г. Биоводостойкий гидротехнический бетон с полимерфенольными добавками: Монография. – Д.: Арт-Пресс, 1998. – 184 с.

Надійшла до редколегії 02.02.2006.