

БУДІВНИЦТВО

УДК 693.547.6

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БЕТОННИХ РОБІТ В УМОВАХ ЖАРКОГО КЛІМАТУ

Асп. Салім Мусса, докт. техн. наук, проф. Сердюк В. Р.

Вступ

В районах з сухим жарким кліматом влітку в денний час температура з затінку досягає 35—45 °С, а відносна вологість повітря, як правило, складає 20—25 %. Специфіка бетонних робіт в таких умовах ускладнюється значними добовими коливаннями температури, інтенсивною сонячною радіацією, відсутністю опадів. Недооцінка особливостей сухого жаркого клімату призводить до різкого зменшення якості бетонних робіт, бетонних виробів. Особливості виконання бетонних робіт в умовах жаркого клімату (збільшення водопотреби суміші, швидка втрата рухомості, зручноукладальності, складності в регулюванні вмісту залученого повітря, інтенсивне збезводнення свіжоукладеного бетону, значна пластична усадка бетону, нерівномірність температурного поля під дією сонячної радіації, ускладнення умов виконання бетонних робіт, підвищення їх вартості і погіршення умов праці) вносять відповідні корективи в їх технологію.

Збільшення витрат води є найпоширенішим заходом, який забезпечує відпускну рухомість бетонної суміші з підвищеною температурою, але при цьому зменшується міцність та погіршуються інші фізико-механічні властивості бетонів. Негативно впливає сухий жаркий клімат і на процеси твердіння та на структуроутворення укладеного бетону. Інтенсивне випаровування води з бетону призводить до значної пластичної усадки і подальшого збільшення тріщин бетонних виробів, погіршення фізико-механічних властивостей конструкцій.

Мета роботи — проведення узагальнення практичного досвіду технології бетонних робіт, гідратаційного тверднення мінерального в'язучого в умовах сухого і жаркого клімату і визначення наукових основ використання хімічних добавок для гальмування тужавіння в'язучого.

Технологічні особливості гідратаційного тверднення бетону

З підвищенням температури різко збільшується кінетика росту міцності бетону. Важливу роль при цьому відіграє обезвожування бетону за відсутності догляду за ним. Недоглянутий або неправильно укладений бетон в жарку і суху погоду втрачає протягом першої доби до 50-70 % води затвердіння, причому основна частина води випаровується в перші години його тверднення. За даними [1] при інтенсивності випаровування 0,71 кг/(м²т) максимальна пластична усадка становить 3,65 мм/м; при 0,8 кг/(м²т) — 3,55 мм/м; при 0,85 кг/(м²т) — 4,6 мм/м. Критичною інтенсивністю обезводнення вважається величина, рівна 1 кг/(м²т). Заходи запобігання усадці приймаються обов'язково, якщо очікується критична або близька до критичної інтенсивність випаровування.

Догляд за бетоном повинен бути організований таким чином, щоб виключити протягом певного часу втрату вологи і забезпечити процес гідратації і тверднення в'язучого з отриманням максимально можливої міцності. Найпоширенішим способом догляду за бетоном є утримання його поверхні у вологому стані.

В початковий період догляду за бетоном не допускається безпосередній контакт бетону, що твердіє, з водою. Бетон закривають брезентом, полімерними плівками або вологовміщувальними покриттями. Подальший догляд за бетоном може виконуватись різними способами, в тому числі й систематичним зволоженням вологоємкого покриття, витриму-

ванням відкритих поверхонь бетону під шаром води (водяні басейни), штучне затоплення водою бетонних виробів і конструкцій, розпилення води по поверхні бетонних виробів.

Будівельно-технічні властивості цементу, в першу чергу міцність, починають проявлятися через деякий час після початку процесів гідролізу і гідратації цементних мінералів. Чим швидше проходять ці процеси, тим інтенсивніше проходить приріст міцності цементу, що твердіє. Міцність портландцементу збільшується нерівномірно. Вже через 5—6 годин з моменту затворення його водою цементний камінь має помітну міцність, яка протягом першої доби інтенсивно росте. Дані, показані в табл. 1, свідчать, що за першу добу твердіння за нормальних умов портландцемент набирає до 50 % марочної міцності. Протягом наступних діб темп приросту міцності різко зменшується і складає за сьому добу лише 3 %, а в процесі подальшого твердіння добовий приріст міцності складає 1,2—0,5 % .

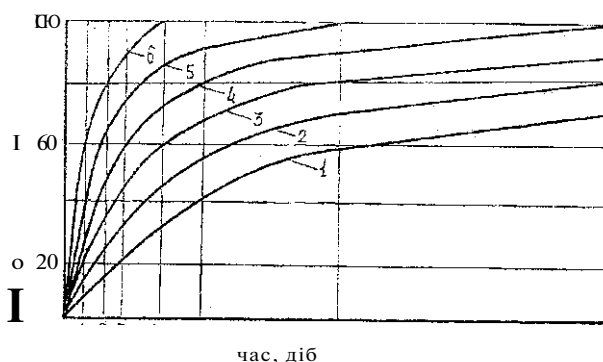
Таблиця 1

Інтенсивність приросту міцності портландцементу

N п/п	Марка цементу	Діб / добовий приріст міцності, % від K23											
		1	2	3	4	5	6	7	10	15	20	25	28
1	M 400	35	11	8,5	6,8	5,9	4,8	3,3	1,6	1,2	1,2	1,1	0,9
2	M 600	53	5,0	4,8	4,0	4,0	3,5	3,1	2,3	1,2	0,9	0,6	0,5
3	M 800	44,7	11,4	8,3	7,2	5,7	4,7	3,0	1,2	0,7	0,6	0,5	0,5

Численні дослідження підтверджують, що під час тверднення бетонних сумішей фактор часу і температура надзвичайно суттєво впливають на приріст міцності бетону.

Вплив температурного фактору на кінетику гідратації мінерального в'язучого надзвичайно великий. Теплова обробка бетону при атмосферному тиску є найпоширенішим і ефективним методом прискорення твердіння бетону на заводах бетонних та залізобетонних виробів. Обробка бетону здійснюється паром, електричним струмом, високотемпературними носіями, а також комбінованими способами.



1 - 1 °C; 2 - 5 °C; 3 - 10 °C; 4 - 20 °C; 5 - 30 °C; 6 - 40 °C.

Рис. 1. Приріст міцності бетону класу В 35 на портландцементі М500 в залежності від температури тверднення: 1 - 1 °C; 2 - 5 °C; 3 - 10 °C; 4 - 20 °C; 5 - 30 °C; 6 - 40 °C

Як видно з рис. 1, найсуттєвіше зміцнення бетону, незалежно від температури твердіння, відбувається в ранній період твердіння, і чим вища температура твердіння, тим інтенсивніше мінеральне в'язуче набирає міцність.

Для цементного бетону характерне цікаве явище, на яке звернули увагу С. Бегрстрем і Д. Байфорде [2]. Якщо бетон замішаний і твердіє протягом двох годин при вищій температурі, то через 28 діб подальшого твердіння за нормальних умов він буде мати меншу міцність, ніж замішаний та витриманий також дві години при нижчій температурі.

Консистенція бетонної суміші впливає на кінетику твердіння бетону. Приріст міцності у бетоні з жорстких сумішей проходить інтенсивніше, ніж з рухомих сумішей. В процесі тривалого тверднення міцність бетону постійно збільшується і через 10—12 років може перевищувати &28 в два і більше разів. В технології бетону відомі явища падіння міцності незалежно від виду в'язучого, викликані власними напруженнями, пов'я-

заними з перекристалізацією гідратних новоутворень і кристалізаційного тиску, що виникає.

В умовах жаркого клімату, так як і при зимовому бетонуванні, необхідно приймати заходи щодо уникнення температурних напруг і попередження появи тріщин під час **виробництва шпильки ящиків зливання** товщиною до 0,5 м перепад температур в центрі плити і на її поверхні може аділадата 15—20 °С, що небезпечно через швидкий перехід води з рідинного стану в газоподібний з шивмюа. ш ^ ч т а ж ^ ^ ^ ^ ^ ^ ^ ^ < ^ з ф ^ с ^ ^

даттц>до -тттішшіжштт^тшітв "в ^ажжвостт від температури Ч часу твердіння.

Таблиця 2

Питоме тепловиділення цементів (кДж/кг) при ізотермічному твердінні бетону

Вид цементу	Температура, °С	Тривалість твердіння, діб							
		0, 25	0,5	1	2	3	7	14	28
ПЦ 400	5	-	-	29	63	97	168	210	252
	10	12,	25	50	105	139	210	252	294
	20	46,2	67	105	168	210	273	315	336
	40	75,6	126	89	231	273	315	336	-
	60	105	168	231	273	302	336	-	-
	80	168	210	252	307	336	-	-	-
ПЦ 500	5	12,6	21	42	84	126	189	231	273
	10	21,0	42	63	105	160	252	286	315
	20	50,4	84	126	189	231	294	336	378
	40		168	210	269	302	357	378	-
	60	189,0	231	273	315	349	378	-	-
	80	210	273	313	357	378	-	-	-

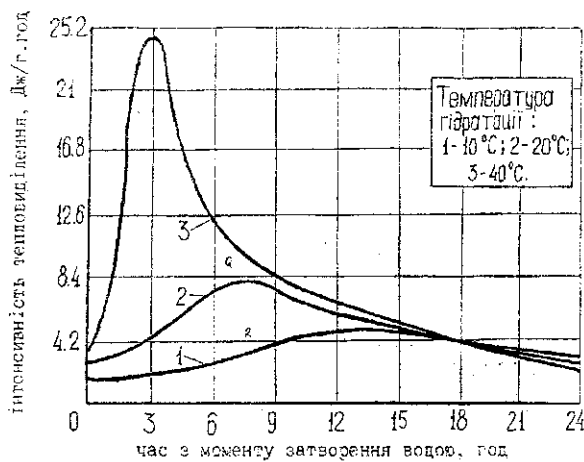


Рис. 2. Інтенсивність тепловиділення при гідрації цементу (В/Ц = 0,4)

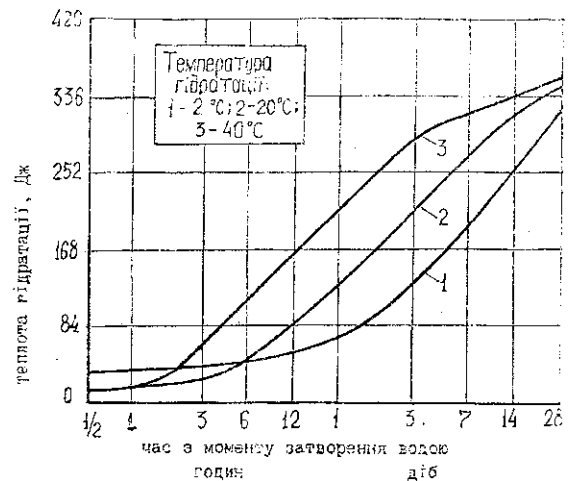


Рис. 3. Кінетика гідрації цементу

На рис. 2 показані результати, отримані О. Даніельсом, а на рис. 3 — Г. Людвігом і С. Пенсом, які показали, що з підвищенням температури скорочується індукційний період і збільшується інтенсивність тепловиділення. З рис. 3 видно, що в залежності від температури, через 2—4 години після затворення цементного тіста починається тепловиділення. Воно тим більше, чим більша початкова температура. Через добу, наприклад, при температурі твердіння 40°C тепла виділилось приблизно в 2 рази більше, ніж при 20°C. При температурі 2°C процес гідрації цементу гальмується, тому і відповідно зменшується і тепловиділення. Через 28 діб кількість тепла, яке виділилось при темпера-

турі 20 і 40 °С, практично однакова, а кількість тепла, яке виділилось при температурі твердіння 2 °С наближається до тієї ж величини. Ці дослідження проводились на цементях високої активності і показали, що сумарне тепловиділення на окремій стадії гідратації цементу пропорційне ступеню його гідратації, а швидкість останньої залежить від температури та дисперсності мінерального в'язучого [5].

В умовах жаркого клімату тепловиділення цементу найуспішніше використовується під час виготовлення виробів і конструкцій на полігонах з використанням геліотермообробки. Для виключення температурних напруг і виникнення тріщин в процесі бетонування масивних конструкцій в ряді випадків приймаються заходи з відводу тепла або зменшення температури бетону, який використовується. І навпаки, під час бетонування конструкцій з великим модулем відкритої поверхні необхідно приймати заходи зі збереження і використання тепла, яке виділяється цементом під час гідратації, для підтримки підвищеної температури і інтенсивнішого приросту міцності.

Виконання бетонних робіт з підвищенням температури бетонної суміші до 30—35 °С і стабільності інших технологічних факторів в порівнянні з нормальною призводить до перевитрат цементу на 35—45 кг/м³ для відновлення рухомості суміші шляхом додаткового перемішування її та добавок води і цементу.

Аналітичні дослідження і накопичений досвід в азіатських республіках колишнього Радянського Союзу, країн Близького Сходу показує, що проблеми і складності, пов'язані з інтенсивним зростанням міцності, втратою рухомості бетонної суміші ще до її вкладання, інтенсивним тепловиділенням цементу при підвищених температурах мають бути розбиті на два етапи. На першому етапі вирішуються проблеми гальмування процесів гідратації мінерального в'язучого за допомогою хімічних добавок поверхнево-активних речовин (ПАР), які повинні вводитись під час виготовлення суміші. Це надасть можливість зберегти протягом кількох годин легкоукладальність бетонної суміші. На другому етапі реалізуються технологічні прийоми, приведені вище, щодо захисту вкладеного в опалубку бетону від прямого сонячного випромінювання та випаровування води.

Використання добавок-пластифікаторів, уповільнювачів дозволяє забезпечити необхідну рухомість і міцність бетону без збільшення витрат цементу. Для транспортування готової бетонної суміші на значні відстані в жарку погоду використовуються добавки ССБ, кормової цукрової патоки. Проведеними нами дослідженнями [6] встановлено, що добавка цукрової патоки в оптимальній кількості збільшує життєздатність цементних розчинів, дозволяє подовжити терміни тужавіння цементу до 10—20 годин в залежності від мінералогічного складу цементу, підвищити водоутримувальну здатність, загальмувати процеси структуроутворення і втрати рухомості бетону. При цьому характеристики міцності такого бетону вже в 7-добовому віці навіть перевищують ці показники для бетонів без добавок, підвищується морозостійкість бетону і його водонепроникність. Так, бетон з добавкою цукрової патоки витримує не менше 500 циклів поперемінного заморожування і відтаювання, що дозволяє рекомендувати його для будівництва в самих несприятливих кліматичних районах.

Натурні дослідження, проведені нами в умовах сухого і жаркого клімату (Сектор Газу) з використанням цементів М 400—500 виробництва Ізраїлю показали, що використання цукорвміщувальних добавок 0,1 % від маси в'язучого дозволяє продовжити тривалість зручноукладальності бетону до 4—6 годин, що є достатнім. Крім того в останні 5-10 років обов'язковим елементом сьогодення є використання автобетоновозів для одночасного транспортування і перемішування бетонної суміші. Бетонна суміш, яка використовується для виготовлення фундаментів, елементів перекриття, колон включає: цемент — 280 кг, пісок — 700 кг, гравій дрібної фракції (0,075—9,5 мм) — 350 кг, гравій середньої фракції (0,075—19 мм) — 350 кг, гравій крупної фракції (0,075—25 мм) — 650 кг і хімічні добавки, які пластифікують бетонну суміш і гальмують тужавіння це-

5у™івельна галузь Сектора Газу головним чином споживає цементи виробництва Ізраїлю і добавки-пластифікатори і гальмувальники тужавіння цементу інших країн, які ЗІХІЛІЕН: патентами і є досить дорогими. Порівняльні дослідження добавок-гальмувальників тужавіння виробництва Ізраїлю і добавок кормової цукрової патоки при

БУДІВНИЦТВО

дозуванні ОД — 0,15 % від маси в'язучого є рівнозначними щодо жавіння і відсутності їх впливу на фізико-механічні характерне"] що твердіє.

Велика роль в технології бетону в країнах Близького Сход; ракційності бетонних сумішей. Так, використання трьох-чотирьох і двох фракцій дрібного заповнювача забезпечує випробниптзе : необхідною однорідністю і мінімальними витратами цементу. ~д,- випускають до 15 фракцій заповнювачів, що забезпечує економ: технологічні властивості бетонної суміші під час її транспортуї а:-:-:

На рис. 4 показана схема організаційно-технологічних заход. під час виконання бетонних робіт в умовах жаркого клімату.

.ту гальмування ту- оементного каменя,

іводиться багатоф- ікційного крупного :з високої якості з гкладу. в США [7] ементу і покращує з:/гадання, о:: неоедбачаються

Організаційно-технологічн:

Додаткове перемішування бетону перед укладанням з добавками води і цементу (перевитратц⁵ цементу 30 — 40 кг/м³)

Використання багато- фракційних заповнювачів

Виготовлення бетонів на місці їх використання

Використання охолодженої води

Використання авгобетонозмішувачів

\ і Використання сухих сумішей

Догляд за укладеним бетоном

Рис. 4. Організаційно-технологічні заходи бетонування в умовах с;о::: . г:-о:-:-гс клімате-

Висновки

З підвищенням температур гідратації цементу максимальний приріст міцності і тепло- виділення припадає на першу добу його твердіння.

Оптимізація технології бетонних робіт в умовах жаркого клімату зводиться до викори- стання цукровміщуючих поверхнево-активних добавок, які гальмують процес тужавіння цементу, і належного виконання організаційно-технологічних заходів, які виключають інтенсивне випаровування води.

ЛІТЕРАТУРА

1. Миронов С. А., Малинский Е. Н., Невакшонов А. Н. Влияние состава бетона на его пластическую усадку в условиях сухого жаркого климата // Строительство и архитектура Узбекистана. — 1975, — № 9. — С. 2—5.
2. Beg§Irot 8. O., ВiГог. Прорейієз оГсолстеле а* earіу адез. // Маїегіаіх еі солзішсіопз, 1979.— Уоі. 13. — N 75.
3. Запорожец И. Д., Окорочков С. Д., Парийский А. А. Тепловыделение бетона. М—Л.: Стройиздат, 1966. — С. 314.
4. Миронов С. А., Малинский Е. Н. Основы технологии бетона в условиях сухого жаркого климата. М.: Стройиздат, 1985. - 317 с.
5. Идорн Г. М. Гидратация портландцементного теста при повышенной температуре и атмосферном давлении. — К. кн.: Пятый международный конгрессе по химии цемента. — М.: Стройиздат, 1973. — С 311—319.
6. Сердюк В.Р., Салим Мусса. Збереження легкоукладальності цементних композицій // Вісник ВІПІ. — 1996. — № 2. - С. 5-7.
7. Михайлов К. В., Волков Ю. С. Бетон и железобетон в строительстве. — М.: Стройиздат, 1987. — С. 14.

Кафедра менеджменту та охорони праці в будівництві