

Технологія і організація виробництва

УДК 693.54

В.А. Голубничий, м.н.с. КНУБА,
Г.А. Голубничий, м.н.с. НДІБК

МІЦНІСТЬ БЕТОНІВ У КОНСТРУКЦІЯХ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ ЗБУДОВАНОГО ЗА ІНОЗЕМНІ ІНВЕСТИЦІЇ

АНОТАЦІЯ. Наведені результати досліджень міцності бетонів у залізобетонних конструкціях логістичного центру.

Ключові слова: бетони, міцність, конструкції.

АННОТАЦИЯ. Приведены результаты исследований прочности бетонов железобетонных конструкций логистического центра.

Ключевые слова: бетоны, прочность, конструкции.

SUMMARY. The results of researches of concrete strength of reinforced concrete construction logistics center is resulted.

Key words. concrete, strength, construction.

Постановка проблеми. Проблема покращення властивостей бетонів, у тому числі підвищення їх міцності, при спорудженні будівельних об'єктів з монолітного бетону в теперішній час відноситься до актуальних. Це пов'язано з їх впливом не тільки на експлуатаційні властивості цих споруд, але і на економічні результати будівництва.

Зв'язок з науковими і практичними завданнями і аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні та інших іноземних державах проведені вагомі наукові роботи, які спрямовані на вирішення проблеми отримання бетонів з проектними показниками їх властивостей, у тому числі їх міцності, при спорудженні будівельних об'єктів з монолітного бетону [1...3]. Внаслідок їх впровадження науково забезпечено спорудження багато- і малоповерхових житлових будинків, споруд промислового призначення та багато інших і окремих залізобетонних конструкцій з застосуванням монолітного бетону.

Будівництво логістичних центрів за іноземні інвестиції відрізняється значними вимогами як до темпів, так і якості будівельних робіт, у тому числі бетонних. При цьому однозначно бетони у конструкціях цих об'єктів повинні стабільно досягати проектних показників по міцності.

Метою роботи є дослідження міцності бетонів у конструкціях логістичного центру.

Виклад основного матеріалу. На житомирському шосе на відстані 30 км від м. Києва збудовано логістичний центр загальною площею 60 тис. м². Будівництво здійснювалось за рахунок інвесторів з м. Москва. При спорудженні фундаментів застосовано бетон з проектним класом по міцності при стиску В25 Р4, а залізобетонних конструкцій, які розташовані на відмітках вище за 0.000-В30Р4.

Склади бетонів наведених класів по міцності при стиску, характеристики бетонних сумішей і бетонів наведені у табл. 1. При їх виготовленні були застосовано: цементи ПЦ І-500 Балаклійського цементно-шиферного комбінату і ПЦ ІІ/Б-ІІІ-400 Криворізького цементно-гірничого комбінату, нормальна густина їх цементного тіста не перебільшувала 27%.; пісок річковий дніпровський з Мкр = 1.3, вологість 4 мас.%; щебінь гранітний Коростенського кар'єру фракції 5...20 мм; суперпластифікатор СП-1 – ТОВ „Поліпласт” Новомосковськ (Росія), який вводили у кількості 0.6% від маси цементу. Проведені дослідження свідчать, що суперпластифікатор відповідає вимогам ДСТУ БВ.2.7-69-98.

Склад бетонних сумішей, технологія їх виготовлення, правила приймання, методи контролю і транспортування відповідала ДСТУ БВ.2.7.-96-2000 “Суміші бетонні. Технічні умови”.

При визначенні проектних показників кубкової міцності бетонів на стиск після їх твердіння у нормальних умовах використовується залежність (1, 2)

$$R_6 = AR_{ц} \left(\frac{Ц}{В} - 0.5 \right) \quad \text{для бетонів з } \frac{В}{Ц} \geq 0.5 ; \frac{Ц}{В} \leq 2.5 \quad (1)$$

$$R_6 = A_1 R_{ц} \left(\frac{Ц}{В} + 0.5 \right) \quad \text{для бетонів з } \frac{В}{Ц} \leq 0.5 ; \frac{Ц}{В} \geq 2.5 \quad (2)$$

Величини коефіцієнтів A і A_1 , що характеризують якість заповнювачів відповідно дорівнюють: 0.65 та 0.43 (при застосуванні високоякісних заповнювачів – щебінь із щільних гірських порід з високою міцністю – марка по міцності при їх випробуванні у циліндрі не менше за 1200, пісок з $M_{кр} > 2.0$); 0.60 та 0.40 (при застосуванні звичайних заповнювачів); 0.55 та 0.37 (при застосуванні заповнювачів погіршеної якості – щебінь із щільних порід з маркою по міцності при випробуванні у циліндрі менше за 1000, пісок з $M_{кр} < 1.5$).

У формулах (1, 2): $Ц$ – витрати цементу на 1 м³ бетону, кг; $В$ – витрати води на 1 м³ бетону, л; $R_{ц}$ – активність цементу після його твердіння на протязі визначеного часу у стандартних умовах, МПа.

Витрати води у бетонних сумішях залежить від виду і витрат цементу, піску, щебеню, добавок ПАР. Її спочатку визначали по таблицям або графікам наведеним в [1]. Потім теоретичні витрати води корегували з урахуванням виду ПАР і умовної групи цементів. Остання відноситься до 1-ої, якщо вміст у клінкері цементу C_3S перебільшує 49 мас.%, а C_3A – менше за 6 мас.%; до 2-ої – C_3S знаходиться у межах 40...49 мас.%, C_3A – 6...8 мас.%; до 3-ої – C_3S знаходиться у межах 33...40 мас.%, C_3A – 8...10 мас.%. Орієнтовне зменшення витрат води у бетонних сумішах з рівною рухливістю в залежності від групи цементу і витрат суперпластифікатора дорівнює (1): вміст суперпластифікатора 0.5 % від маси цементу 1-ої групи – 18, 2-ої – 17, 3-ої – 15 мас.%; вміст суперпластифікатора 0.75 % від маси цементу 1-ої група – 23, 2-ої – 22, 3-ої – 19 мас.%; вміст суперпластифікатора 1.0 % від маси цементу 1-ої група – 28, 2-ої – 27, 3-ої – 24 мас.%; вміст суперпластифікатора 1.25 % від маси цементу 1-ої група – 33, 2-ої – 32, 3-ої – 25 мас.%. Отримані розрахунковим шляхом витрати води корегували шляхом виготовлення пробних партій бетонних сумішей.

Таблиця 1.

Склад і характеристика бетонних сумішей.

N п/п	Склад бетонних сумішей, кг/м ³				Густина сумішей, кг/м ³
	Цемент	Пісок	Щебінь	Вода	
1	410	660	1180	180	2430
2	490	590	1170	185	2435
3	350	725	1180	180	2435
4	400	475	1180	180	2433

Примітки: осадка конусу бетонних сумішей (ок) дорівнювала 19 см; у бетонних сумішах № 1,2 застосовано цемент ПЦ II/Б-III-400 Криворізького цементно-гірничого комбінату, №3,4-ПЦ I-500 Балаклійського цементно-шиферного комбінату.

Температура бетонних сумішей до початку їх укладання у конструкції у літній період не перевищувала 303...308 К. Догляд за бетоном починали безпосередньо після його укладання у конструкції і продовжували до моменту досягнення ним проектної міцності.

Результати визначення міцності бетонів при стиску, при випробуванні кубиків і такої безпосередньо у конструкціях наведені у табл. 2,3.

Визначено, що найбільші показники спостерігаються у бетонів, які тверділи у нормальних умовах. При їх твердінні у повітря сухих умовах, при середній температурі навколишнього середовища 293 К, міцність при стиску після 28 діб твердіння дорівнює 98...100% від такої після твердіння бетонів на протязі такого ж терміну у нормальних

умовах.

Таблиця 2

Кубкова міцність бетонів при стиску після їх твердіння у різних умовах.

№ п/п	Умови твердіння					
	Нормальні		Повітря – УХ1 При T = 303		На морозі при T = 263 K	
	Тривалість твердіння, діб					
	7	28	7	28	7	28
1	23.0	33.9	21.4	31.5	20.7	28.8
2	28.4	41.8	26.4	38.8	25.6	36.4
3	23.6	33.7	22.0	31.3	21.2	28.6
4	28.9	41.2	26.9	38.3	26.0	36.0
Примітка: склади бетонів відповідають порядковим номерам наведених у табл. 1.						

При підвищенні середньої температури навколишнього середовища до 303 К цей показник коливається у межах 90...97% у порівнянні з таким при твердінні бетонів у нормальних умовах. При твердінні бетонів у зимовий період, з середньою температурою навколишнього середовища 263 К, на протязі 28 діб їх міцність при стиску складає 83...90% від такої при твердінні бетонів у нормальних умовах на протязі такого ж терміну.

Таблиця 3.

Міцність бетонів при стиску у конструкціях після 28 діб їх твердіння у різних умовах.

№ п/п	Умови твердіння					
	Повітря сухі				На морозі	
	Середня T = 293 К		Середня T = 303 К		Середня T = 263 К	
	Метод випробування					
	Механіч.	Керн	Механіч.	Керн	Механіч.	Керн
1	32.2	34.0	30.5	32.9	28.1	30.5
2	29.7	42.0	37.6	40.6	34.7	37.6
3	32.0	33.8	30.3	32.7	28.0	30.3
4	39.2	41.3	37.1	40.0	34.2	37.0
Примітки: склади бетонів відповідають порядковим номерам наведеним у табл. 1; при випробуванні міцності бетонів у конструкціях механічним методом неруйнівного контролю застосовано молоток Кашкарова.						

Отримані результати свідчать про те, що міцність бетону суттєво пов'язана з вмістом у них вільної води, а також її станом. Так при їх твердінні у повітря сухих умовах спостерігається її вилучення. При чому інтенсивність цього процесу посилюється при підвищенні температури навколишнього середовища і зниженні його відносної вологості. Це призводить до уповільнення процесу гідратації цементів незалежно від їх виду, поменшанню у бетонах як коагуляційних, так і кристалізаційних контактів між його складовими. Наслідком чого є послаблення міцності бетонів.

При зниженні температури навколишнього середовища нижче за 273 К частина вільної води, яка знаходиться у порах з умовним радіусом більшим за 10 мкм, переходить у твердий стан. Крім цього внаслідок поменшання температури уповільнюється хімічний процес взаємодії води із складовими цементів. Наслідком цього є уповільнення швидкості збільшення міцності бетону.

При визначенні температури у бетоні залізобетонних конструкцій встановлено їх суттєву неоднорідність по їх перерізу. Так у центральних їх зонах, у перші 1...3 діб твердіння бетону, вона може дорівнювати 323...368 К, а у поверхневих вона залежить від терміну твердіння бетонів, їх складу, виду цементу і температури навколишнього середовища. Це пов'язано з процесами конвективного теплообміну поверхні залізобетонних конструкцій з навколишнім середовищем і теплопередачі теплопровідністю від центральних до поверхневих зон цих конструкцій. Коефіцієнт теплопровідності важких бетонів залежить від їх густини, температури і вологості. У застосованих бетонів він

дорівнював 1.43...1.47 Вт/м·С. Їх коефіцієнт теплоємності змінювався у межах 0.82...0.86 кДж/кг·С, а коефіцієнт теплопровідності – 25.5...26.0 м²/(год·10⁻⁴).

Теплообмін між зовнішньою поверхнею залізобетонних конструкцій і оточуючим повітрям характеризується коефіцієнтом конвективного теплообміну (a_k)

$$a_k = (9.28 + 0.07t_p)(1 + 0.2V) \quad (3)$$

Де V – швидкість повітря, м/с.

t_n – температура поверхні залізобетонних конструкцій.

Тривалість витримки бетону, на протязі якої температура його поверхні зменшується до 0°С вираховується по залежності

$$\tau = \left[(m_0 C t_{бп} + \Pi \epsilon) R_{заг} / a_k M_n (t_{б,ср} - t_{зп}) \right] \quad (4)$$

Де τ – тривалість витримки бетону, на протязі якої температура його поверхні у зимовий період зменшується до 273 К, год; m_0 – густина бетону, кг/м³; C – питома теплоємність бетону, Дж/(кг·К); $t_{бп}$ – початкова температура бетону, К; Π – витрати цементу на 1 м³ бетону, кг; ϵ – тепловиділення 1кг цементу за 1 год, Дж; $R_{заг}$ – загальний термічний опір опалубки і теплоізоляції, $R_{заг} = K_4 t + h_1/k_1 + h_2/k_2 + \dots h_n/k_n$, де $K_4 = 0.05$, h_n – товщина шарів опалубки і теплоізоляції, м, $k_1, k_2, \dots k_n$ – коефіцієнти теплопередачі відповідних шарів опалубки і теплоізоляції, Вт/м² К; a_k – коефіцієнт конвективного теплообміну, Вт/м² К; $M_n = f/V$ – модуль поверхні залізобетонних конструкцій, f – площа поверхні, м², V – об'єм - м³; $t_{б,ср}$ – середня температура бетону за період витримки, К; $t_{зп}$ – температура зовнішнього повітря, К, $t_{зп} = t_{б,п} / (K_1 + K_2 M_n + K_3 \cdot t_{б,п})$, де $K_1 = 1.03$, $K_2 = 0.181$, $K_3 = 0.006$.

Більші температури бетону у центральних зонах конструкцій, у порівнянні з такими у їх поверхневих, обумовлюють прискорені темпи підвищення його міцності у центральних зонах, у порівнянні з такими у його поверхневих, у перші 1...7 діб твердіння бетону. Крім цього, на протязі цього терміну має місце переніс води і затиснутого повітря від центральних до поверхневих зон конструкцій. Наслідком чого є більші показники міцності бетону у центральних зонах конструкцій, у порівнянні з такими у поверхневих його зонах. Що фіксується випробуванням на міцність кернів з центральних частин залізобетонних конструкцій і випробуваннях міцності бетону конструкцій неруйнівним методом механічного контролю, у тому числі з застосуванням молотка Кашкарова або інших приладів.

Висновки.

1. Міцність бетону у залізобетонних конструкціях у перші 28 діб його твердіння у центральних їх зонах перевищує таку у поверхневих зонах конструкцій.
2. Міцність бетону після його твердіння у нормальних умовах на протязі 28 діб перевищує таку після його твердіння у повітря сухих умовах з середньою температурою 303 К і на морозі з середньою температурою 263 К. Збільшення температури навколишнього середовища вище за 303 К, без проведення ефективних заходів по захисту бетону, або її поменшання нижче за 263 К підвищує цю різницю.
3. При випробуванні міцності бетону залізобетонних конструкцій неруйнівними методами контролю з застосуванням приладів механічного принципу дії, при твердінні бетону навіть у літній період на протязі до 28 діб включно, необхідно враховувати той факт, що міцність бетону близько поверхні конструкцій нижча, ніж при випробуванні кубиків, а також у центральних їх зонах.

Література

1. Баженов Ю. М. Технология бетона. – М.: АСВ, 2003.-501 с.
2. Гончаренко Д. Ф., Меерсдорф Е. И. Бурдж Дубай- самое высокое здание в мире./Будівництво України.-2011.-№1.-С.6-11.
3. Веретенников В. И., Долматов А. А., Булавицкий И. С. Технологические факторы, возникающие при возведении вертикальных конструкций каркасных зданий из монолитного железобетона и их последствия. – Технология бетона. - М.: 2006.-№2(6)-С.62-65.