

МІЦНІСТЬ І ДЕФОРМАТИВНІСТЬ БЕТОНІВ НА ОСНОВІ БЕЗГІПСОВОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

Бігун Г.Г.

Національний університет "Львівська політехніка"

Для розрахунку цементобетонних покриттів, які експлуатуються в складних температурно-вологісних умовах, а також конструкцій, які працюють під впливом високих температур (більше 50 °С) в умовах періодичного або постійного зволоження паром, технічною водою і конденсатом (наприклад, в конструкціях водовідвідних каналів промислових вод ГЕС і ТЕС, а також резервуарів для гарячих розчинів на хімічних підприємствах), необхідно мати значення температурного коефіцієнту лінійного розширення (ТКЛР) зволоженого або насиченого водою бетону.

В роботі (1) описано результати дослідження впливу вологості бетону на безгіпсовому портландцементі (БГПЦ) на ТКЛР і рекомендується спосіб, який дозволяє на стадії проектування більш точно передбачити напружений стан бетону дорожніх покриттів.

Дослідження впливу вологості на ТКЛР бетону вимагає складної і високоточної апаратури, тому що, підтримуючи тривалий час задану температуру в сушильній шафі, необхідно одночасно вимірювати температурну деформацію зразку і визначати його масу.

По цій причині в науковому світі донедавна вважали, що при самих несприятливих умовах вологість практично не впливає на температурні напруження, які разом з навантаженням від автомобіля є вирішальними при визначенні міцності дорожнього покриття [2].

Без контролю за масою зразка не можливо було зрозуміти, чому при визначенні ТКЛР бетонних зразків постійно змінюється температурна деформація, і неможливо отримати 2-3 однакові значення, які б засвідчили точність вимірювання. Тепер це зрозуміло і чітко видно на графіку залежності ТКЛР від вологості бетону (рис. 1).

В кожний момент часу сумарна деформація бетонних зразків складається із вологісної (усадки чи набухання) і температурної.

По цій причині "чисті" температурні деформації вологих зразків при підвищених температурах за даною методикою [1] неможливо точно визначити.

Однак можна позбутися впливу вологості на величину ТКЛР, визначаючи температурні деформації попередньо водонасичених бетонних зразків в підігрітій до необхідної температури воді.

Для досліджень була зібрана спеціальна установка, в яку поміщали водонасичені зразки попередньо замірявши компаратором їх довжину і зваживши. Поетапно витримували дослідні зразки в воді при температурах 40, 60 і 80 °С не менше 1,5 год і 4-5 разів на кожному етапі з проміжком 0,5 год заміряли компаратором їх довжину. Різниця показів компаратора до занурення в гарячу воду і після витримки тривалий час в гарячій воді давала температурні деформації зразків. Слід зауважити, що при багаторазовому визначенні видовження зразків в гарячій воді результати були стабільними, і розкид значень був незначний.

В дослідженнях використовували зразки серій С-11–С-14, їх розміри, склад (Д:П і В/Ц), кількість домішок і умови твердіння наведені в роботі [1], а також – зразки серій С-1–С-4 такого самого складу з В/Ц-0,35 та іншою кількістю домішок (див. табл. 1). Після виготовлення

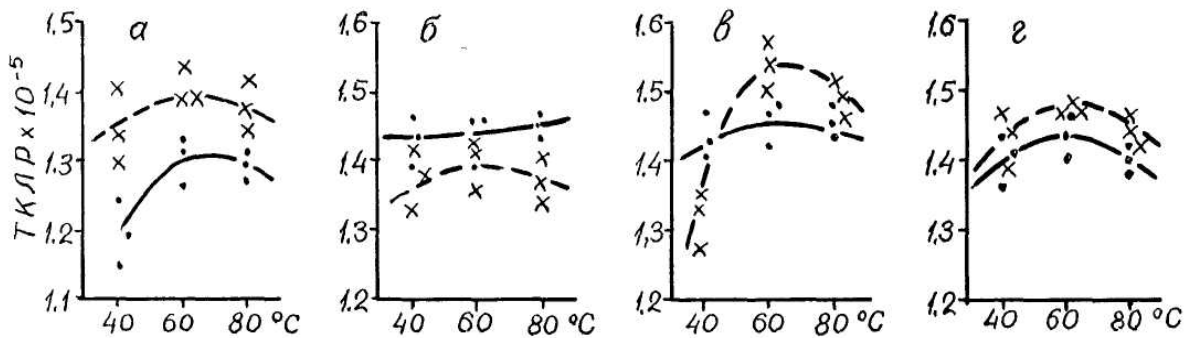
половина зразків кожної серії тверднула з повітряно-сухих умов, а інша – на протязі 28 діб в нормальних умовах, а пізніше – в повітряно-сухих, як і перша половина.

До визначення ТКЛР в гарячій воді зразки всіх серій досліджувались на усадку до моменту її стабілізації, на набухання до повного водонасичення, на вплив вологості на ТКЛР за методом (1) і тільки в віці 230 діб після повторного водонасичення до стабілізації деформацій набухання – на визначення ТКЛР в підігрітій воді при температурах 40, 60 і 80 °С.

Результати досліджень ТКЛР, міцнісні і деформаційні характеристики всіх серій мілкозернистого бетону приведено в табл. 1 і 2. Для порівняння в таблицях наведено значення ТКЛР, визначені при $t=120$ °С практично сухого бетону за методом [1].

Як видно, для серій С-1 – 0-4 значення ТКЛР визначені в сухому стані і в підігрітій воді, майже однакові. Розкид значень не більше 5-10 %, а для зразків серій С-11 – С-14 – досягає 15 %.

На рис. 1 і 2 представлені графічно результати досліджень. На всіх графіках залежності ТКЛР від температури мають екстремальний характер при 60 °С і одні криві випуклі, інші – вгнуті.

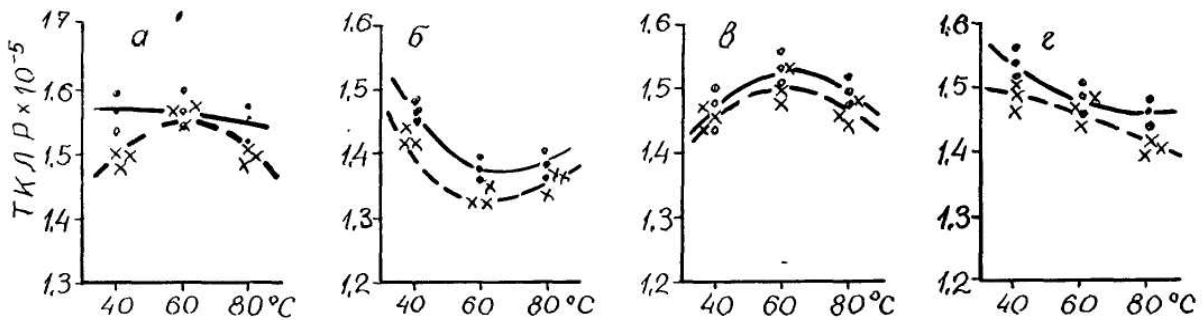


а, б, в, з – відповідно серій С-1, С-2, С-3 і С-4. Умовні позначення: – зразки, які тверднули в повітряно-сухих умовах; х – в нормальних умовах на протязі 28 діб після виготовлення.

Рис. 1. Результати дослідження ТКЛР мілкозернистого бетону в гарячій воді

Дослідження і пояснення даних закономірностей продовжується.

В роботі [1] наведено також деформації усадки і набухання зразків серій С-11 – С-14. Для серій С-1 – С-4, які тверднули в повітряно-сухих умовах, вони становлять $103-118$ і $50-80 \times 10^{-5}$, а для зразків, які 28 діб тверднули в нормальних умовах, – $51-74$ і $66-84 \times 10^{-5}$. Температурні деформації зразків ($\Delta l/l$) серій С-1 – С-4 відповідно становили $30-38$ і $34-39 \times 10^{-5}$.



а, б, в, з – відповідно серій С-11, С-12, С-13 і С-14. Умовні позначення: – зразки, які тверднули при температурі (-28 °С) – 28 діб, х – відповідно 14 діб.

Рис. 2. Результати досліджень ТКЛР мілкозернистого бетону в гарячій воді

Таким чином, температурні деформації зразків серій С-1–С-4, визначені в гарячій воді, в два рази менші від деформацій набухання при повному водонасиченні.

В бетоні конструкцій, які експлуатуються в складних температурно-вологісних умовах, при неможливості вільного розширення виникають внутрішні напруження.

Таблиця 1 – Характеристики міцності і деформативності серій С-1 – С-4

Серія	К-сть домішок, % від $P_{ц}$		Характеристики міцності і деформативності R_{pu} ТКЛР $\times 10^{-5}$ 1/град, при t °С					
	П	ЛСТ	$R_{сн}$ МПа	в сухому стані	в підігрітій воді після повного водонасичення			
				120°	40°	60°	80°	
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	
С-1	5,0	0,5	7,2/52,0	1,32-1,40	1,15-1,25	1,27-1,34	1,28-1,32	
С-1 ¹	5,0	0,5	8,5/55,5	1,47-1,56	1,30-1,41	1,39-1,44	1,35-1,42	
С-2	2,5	0,5	6,1/46,7	1,38-1,53	1,39-1,47	1,40-1,47	1,44-1,48	
С-2 ¹	2,5	0,5	7,6/48,8	1,43-1,53	1,33-1,42	1,36-1,44	1,35-1,41	
С-3	5,0	1,0	7,5/51,5	1,46-1,49	1,40-1,47	1,42-1,48	1,44-1,48	
С-3 ¹	5,0	1,0	8,8/52,7	1,40-1,52	1,27-1,36	1,50-1,58	1,46-1,52	
С-4	2,5	1,0	4,6/20,8	1,47-1,57	1,36-1,44	1,40-1,46	1,38-1,42	
С-4 ¹	2,5	1,0	8,6/50,3	1,37-1,47	1,38-1,46	1,46-1,48	1,42-1,47	

Примітка. Зразки серій С-1 – С-4 тверднули після виготовлення в повітряно-сухих умовах, а серій С-1¹ – С-4¹ – 28 діб в нормальних умовах, а пізніше в повітряно-сухих.

Таблиця 2 – Характеристики міцності і деформативності серій С-11 – С-14

Серія	К-сть домішок, % від $P_{ц}$		Характеристики міцності і деформативності R_{pu} ТКЛР $\times 10^{-5}$ 1/град, при t °С					
	П	ЛСТ	$R_{сн}$ МПа	в сухому стані	в підігрітій воді після повного водонасичення			
				120°	40°	60°	80°	
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	
С-11	4,5	0,5	6,0/24,0	1,40-1,45	1,53-1,59	1,54-1,59	1,52-1,57	
С-11 ¹	4,5	0,5	2,7/19,4	1,30-1,38	1,48-1,50	1,55-1,57	1,48-1,51	
С-12	4,5	1,0	3,4/15,2	1,28-1,33	1,45-1,48	1,35-1,39	1,36-1,40	
С-12 ¹	4,5	1,0	3,2/16,3	1,38-1,40	1,41-1,44	1,32-1,35	1,33-1,37	
С-13	15,0	1,0	3,6/19,6	1,20-1,27	1,43-1,47	1,51-1,56	1,48-1,52	
С-13 ¹	15,0	1,0	3,9/10,6	1,21-1,29	1,43-1,45	1,47-1,53	1,44-1,48	
С-14	15,0	0,5	3,9/18,0	1,17-1,23	1,51-1,53	1,45-1,50	1,43-1,48	
С-14 ¹	15,0	0,5	2,7/11,0	1,16-1,21	1,45-1,47	1,43-1,48	1,39-1,41	

Примітка. Зразки серій С-11 – С-14 тверднули 28 діб при температурі (-28 °С), а серій С-11¹ – С-14¹ – 14 діб.

Використовуючи результати даного дослідження, їх можна визначити за формулою:

$$\delta_{\text{др}} = K \left(\beta_H + \frac{\Delta t}{l} \right) \cdot E_{\delta},$$

де K – коефіцієнт, який враховує ступінь можливості вільного розширення конструкції;

β_H – відносні деформації набухання;

$\Delta t/l$ – відносні температурні деформації, отримані при дослідженні зразків в гарячій воді;

E_{δ} – модуль пружності бетону, визначений на водонасичених зразках. Точність визначення внутрішніх напружень в бетоні при цьому підвищиться.

Література

1. Р. Лівша, Г. Бігун. Вплив вологості на коефіцієнт температурного лінійного розширення бетонів. Вісн. ДУ “Львівська політехніка”, № 278. Резерви прогресу в архітектурі та будівництві. Дільниця оперативного друку ДУЛП. 1994, С. 55-59.
2. Горецкий Л.И. Теория и расчет цементобетонных покрытий на температурные воздействия. – М.: Транспорт, 1965. – 284 с.
3. Саницкий М.А. Безгипсовые портландцементы с регулируемыми сроками схватывания. Аналитический обзор. – М.: ВНИИССМ. 1990. – 64 с.