

Використовуючи граничні умови для функції $v(x)$, які у даному випадку мають вигляд

$$EIv''(0) = 0 ; \quad EIv'''(0) = 0 ; \quad EIv''(l_0) = 0 ; \quad EIv'''(l_0) = 0$$

і розв'язок рівняння (2.7) у вигляді [2]

$$v(x) = B^*(x, x_0) \times v_0, \quad (2.10)$$

де $B^*(x, x_0)$ знаходимо за формулою (1.8), отримуємо рівняння стійкості стрижня.

1. Горошко О.А. Динамика упругой конструкции в условиях свободного полета. К.: Наукова думка. 1965. 165 с. 2. Тацій Р.М. Узагальнені квазідиференціальні рівняння. Наук.-учб. Центр матем. моделюв. ІППММ ім. Я.С. Підстригача АН України. Львів, 1994. 54 с.

УДК 620.179.16

Станіслав Фіц

Люблінська Політехніка, Польща

ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЖ МІЦНІСТЮ БЕТОНУ НА СТИСК І УДАР ТА ЙОГО ПОРИСТОЮ СТРУКТУРОЮ

© Станіслав Фіц, 2002

Представлено залежність між структурою бетону і його міцністю на стиск і міцності на удар.

Вступ

Під поняттям пористості цементного тіста прийнято вважати суму усіх пористот розміром від 50 до 75000 Å^0 (Anqstrem). Поділ пористот залежно від їх розміру прийнято після аналізу праці RILLEM, згідно з якою

- капілярні пористоти – $> 1000 \text{ Å}^0$;
- пористоти контракційні (проміжні), що виступають між кристалами вапна і глинисто-сірковапна і знаходяться в межах $100 \div 1000 \text{ Å}^0$;
- пористоти гелеві – знаходяться в масі слабкокристалізованих кремнеземів вапна – $50 \div 100 \text{ Å}^0$.

Дослідження залежності між пористістю і статичною міцністю бетону на стиск було основою дослідів багатьох авторів: Шестоперов, Powers, Volome'у, Горчаков та ін., натомість вплив пористості бетону на його міцність при динамічному навантаженні (ударі) залишається повною мірою не досліджений.

Методика проведення дослідів

Дослідження міцності бетонів на стиск і удар було виконано на бетонних кубиках розміром $15 \times 15 \times 15$ см, після дозрівання в лабораторних умовах протягом 28 діб ($t=18^\circ\text{C}$, $\phi=90\%$). Міцність бетону на удар визначено за допомогою балістичного молота [2].

Бетонний кубик, що знаходився на ковадлі, піддано ударним навантаженням за допомогою молота-бабки (розміщеного на сталій висоті), що приводився в рух за допомогою електромагніту. Міцність бетону на удар визначається на основі заборсованої через кубик

бетону енергії (E_A) до моменту його руйнування. Для дослідження пористості структури бетону були відібрані зразки з центральної частини зруйнованих кубиків (3 штуки по $1,5 \text{ см}^3$ кожна).

Склад бетонної суміші, з якої було виготовлено досліджувані зразки кубиків наведений в табл. 1.

Таблиця 1

Склад бетонної суміші

№	Кількість піску [кг/м ³]	Кількість води [л]	Кількість цементу [кг/м ³]	Щебінь		w/c*	Консистенція за технічним віскозиметром
				Ø4÷10мм	Ø10÷20мм		
1	826	160	400	353	706	0,40	21
2	862	160	355,5	353	706	0,45	21
3	892	160	320	353	706	0,50	22
4	917	160	291	353	706	0,55	22
5	892	160	228,5	353	706	0,70	20

* w/c – водоцементне відношення.

Структуру зразків досліджено в ртутно-вакуумному приладі для визначення пористості типу **AG-65** (*Carlo-Erba*). Об'єм пустот у зразках визначено через об'єм ртуті, дилатометричним методом з автоматичною реєстрацією в вигляді функції тиску в періоді $0,1 \div 100 \text{ МПа}$. Методом ртутної породозиметрії визначено об'єм і розміри пустот в цементному камені з різним показником водоцементного відношення w/c, що наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристика пористості досліджених зразків

№	w/c	Об'єм відкритих пустот V [см ³ /г]	Об'єм пустот капілярних $>1000A^0$ V_K [см ³ /г]	Капілярні пустоти [%]	Розмір [A^0]	Міцність	
						f_c [МПа]	E_A [Nm]
1	0,40	0,035896	0,004558	12,70	301	43,5	1937,0
2	0,45	0,039578	0,005447	13,79	329	36,5	1376,0
3	0,50	0,046789	0,009362	20,01	339	30,2	924,8
4	0,55	0,058720	0,015332	26,11	438	26,5	487,5
5	0,70	0,083964	0,032200	38,35	488	17,4	293,4

Результати дослідів

Залежність між розміром пустот і їх об'ємом у цементному камені показана на рис. 1.

Проведені дослідження з визначення пористості цементного каменя з різним показником w/c підтверджують знані з літератури залежності [4]. Зменшення w/c призводить до збільшення об'єму усіх видів пустот.

Мінливість характеристик міцності на стиск (f_c) і удар (E_A) залежно від об'єму пустот зображено на рис. 2 і 3.

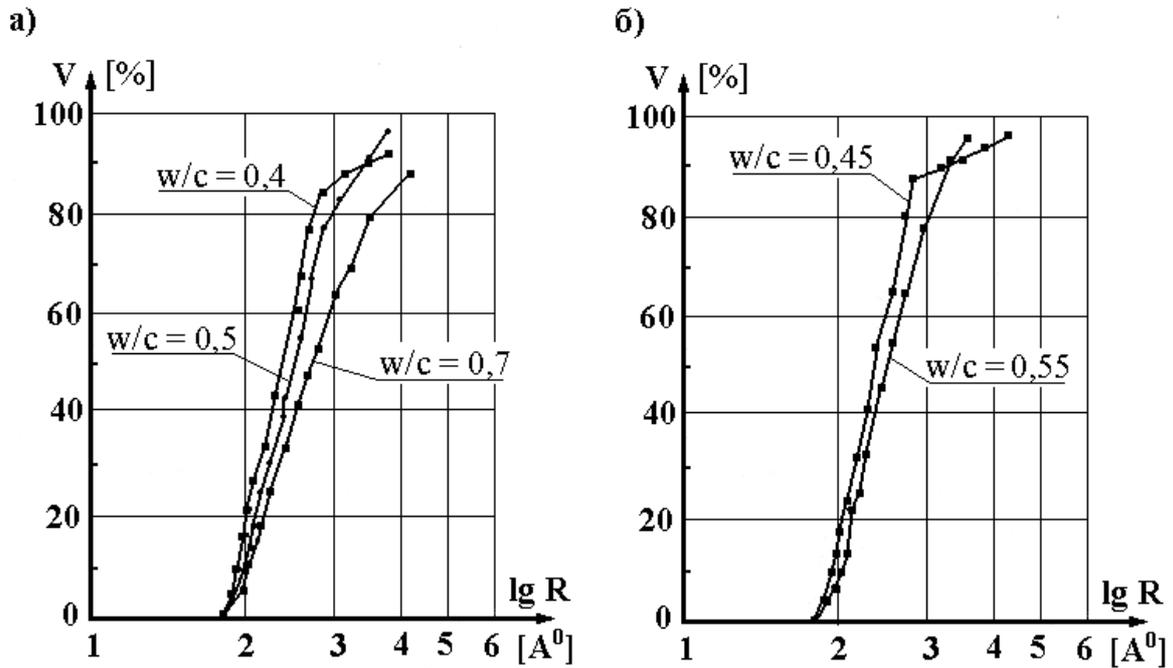


Рис. 1. Об'єм і розміри пустот у досліджених зразках цементного розчину з різним показником w/c

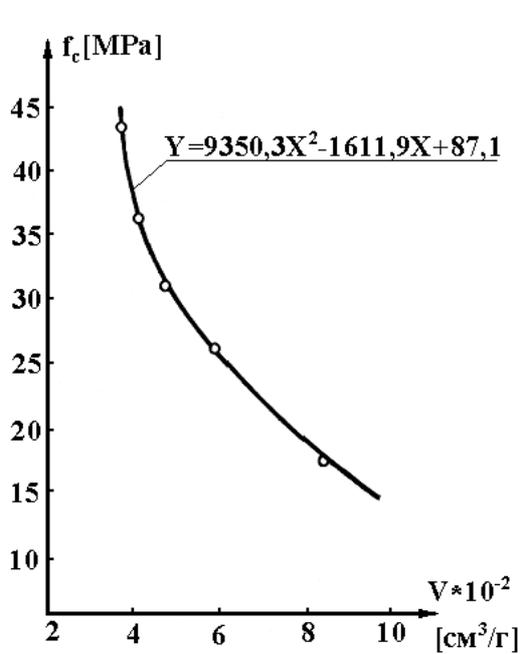


Рис. 2. Залежність міцності бетону на стиск від об'єму пустот

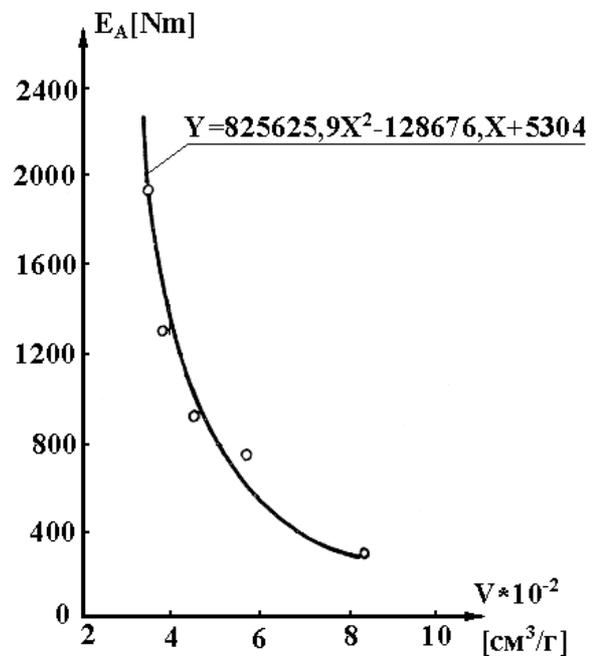


Рис. 3. Залежність міцності бетону на удар від об'єму пустот

В обидвох досліджених випадках збільшення кількості і об'єму пустот призвело до підвищення (f_c) і (\bar{E}_A), причому міцність на удар зменшується набагато швидше ніж статистична міцність для того самого виду бетону, що показано на рис. 4. Наприклад, збільшення об'єму пустот до $8 \cdot 10^{-2}$ ($\text{см}^3/\text{Г}$) в цементному розчині призвело до зменшення міцності на стиск на 59%, натомість міцності на удар на 82% в стосунку до початкової величини, яка була нами прийнята за 100% для бетонів з $w/c = 0,40$.

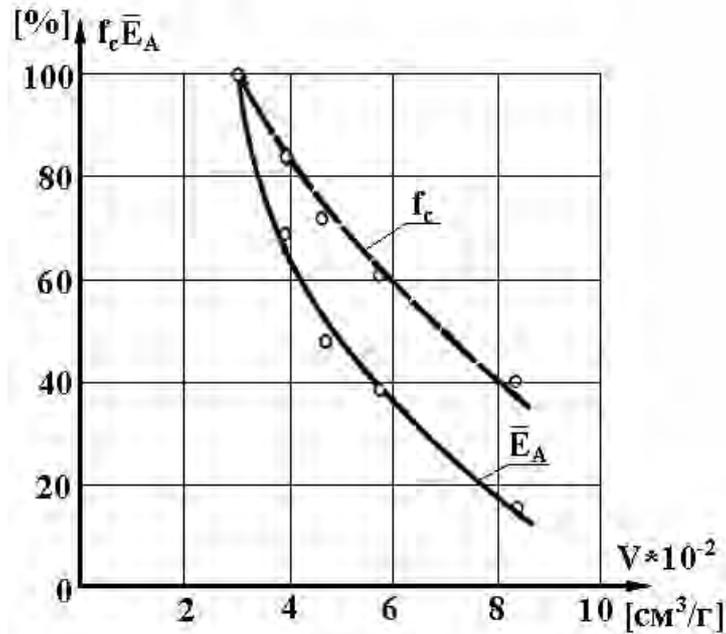


Рис. 4. Залежність міцності бетону на удар і стиск від об'єму пустот

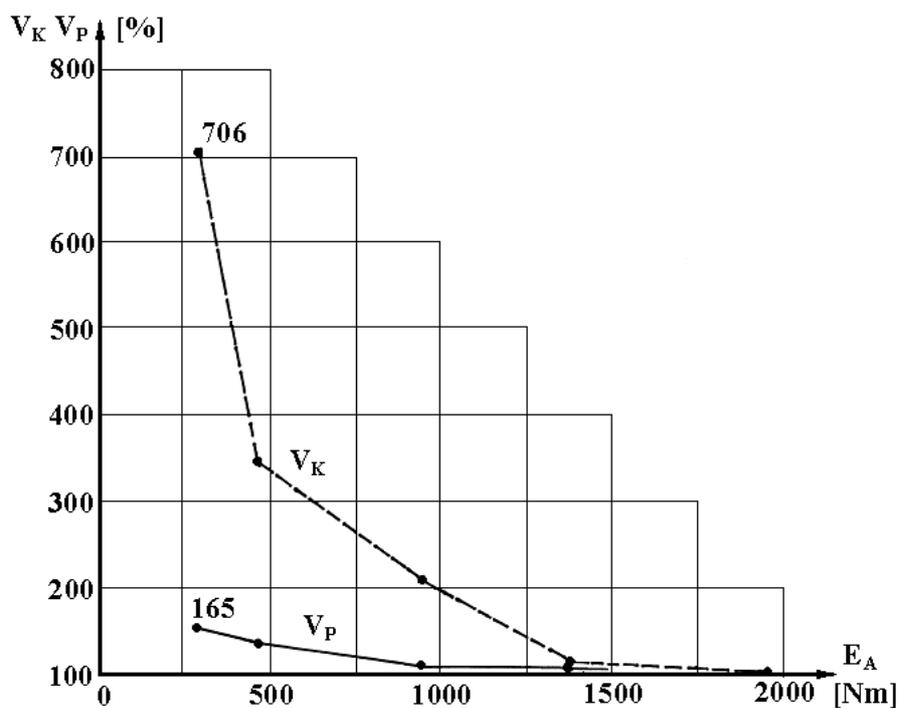


Рис. 5. Залежність між об'ємом пустот (V_K , V_P) і E_A

Головною причиною такого значного зменшення (E_A) порівняно з (f_c) є те, що руйнування бетону при динамічному навантаженні настає внаслідок перевищення напружень розтягу в бетоні.

Дослідження зруйнованих кубикових зразків при визначенні (E_A) методом багаторазових динамічних навантажень через удар чітко вказували на те, що область руйнування бетону проходить через розчин і зону контакту заповнювач-розчин. Самі зерна заповнювача, з огляду на значно більшу міцність порівняно з цементним каменем, а також на меншу кількість капілярів і пустот, залишилися не зруйнованими.

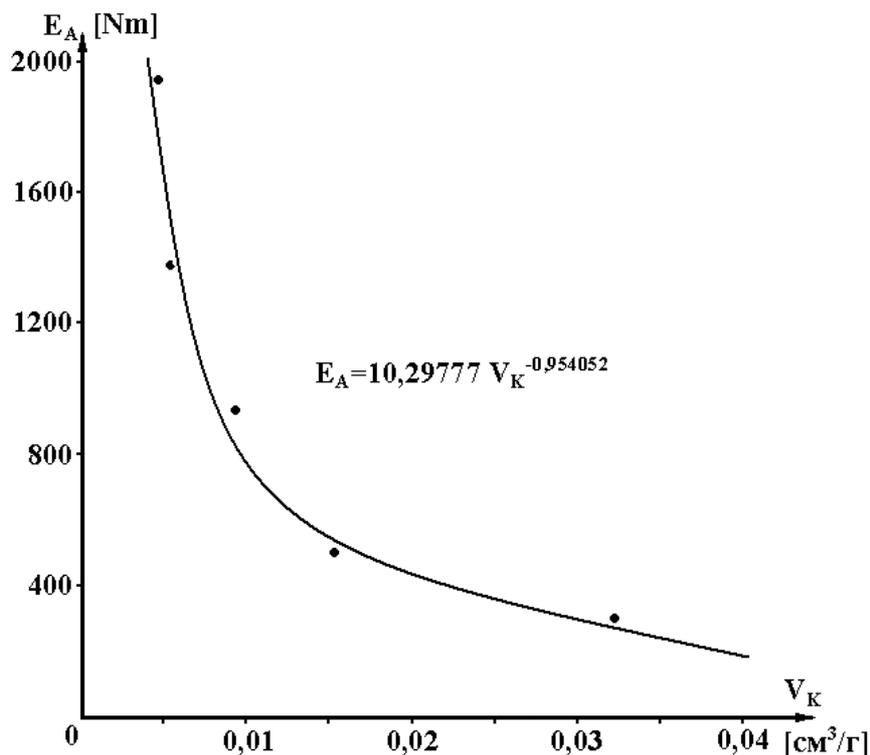


Рис. 6. Залежність міцності на удар (E_A) від об'єму капілярних пустот (V_K)

Породозиметричні дослідження виявили, що в межах зміни $w/c = 0,4 \div 0,7$ спостерігається збільшення кількості капілярів V_K в 7,06 разів, а V_P в 1,65 раза, що зображено на рис. 5 і 6. Збільшення кількості пустот при $w/c = 0,4 \div 0,7$ призвело до зменшення міцності бетону на стиск f_c в 2,5 рази і міцності бетону на удар E_A в 6,6 раза. Причиною значного зменшення міцності на удар виявилися пустоти $>1000A^0$.

Висновки

Збільшення кількості пустот у бетоні призводить до зменшення міцності на удар, причому міцність на удар E_A зменшується швидше ніж міцність бетону на стиск f_c .

Міцність бетону на удар E_A значною мірою залежить від напружень розтягу, які є основною причиною руйнування бетону. На це вказує характер поверхні бетону, по якій відбулося руйнування кубикових зразків.

При статичному навантаженні кубиків бетону на гідравлічному пресі існує явище концентрації напружень і часткове навантаження в слабших місцях досліджуваних зразків. Це вказує на те, що вплив внутрішніх пустот на міцність при стиску f_c є менший, ніж на удар E_A .

Визначення міцності на удар E_A можна застосовувати при визначенні витривалості бетону (наприклад, при порівнянні міцності бетону “нового” і підданого перемінним багаторазовим циклам заморожування і розморожування). Залежно від міцності на удар E_A можна визначити вплив капілярних пустот на міцність і морозостійкість бетону.

1. Горчаков Г.И. *Состав, структура и свойства цементных бетонов*. М., 1976. 2. Fic S. *Ocena wytrzymałości betonu na uderzenie przy pomocy młota wahadłowego // Inżynieria i budownictwo*. 1995. №7-8. 3. Fic S. *Wytrzymałość na uderzenie jako kryterium oceny mrozoodporności betonu // Inżynieria i budownictwo*. 2001. №3. 4. Боженев И.М. *Бетон при динамическом напряжении*. М., 1970.

УДК 69.057: 693.056

М.Р. Щеглюк

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра автоматизації теплових хімічних процесів

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ СТРИЖНЕВОЇ АРМАТУРИ В УМОВАХ БУДІВНИЦТВА

© Щеглюк М.Р., 2002

Проаналізовано економічну ефективність електротермічного напруження стрижневої арматури при виготовленні попередньо напружених стиків плит перекриття, а також витрату арматурної сталі і прокату, електроенергії та трудомісткості при напруженні конструкцій за двома існуючими технологіями.

Використання нових сучасних технологій у будівництві нерозривно пов'язано із вдосконаленням технологій виготовлення конструкцій та спорудження будівель. Найпершим завданням вдосконалення конструкцій із залізобетону є значне зменшення енерго-, матеріало- і трудомісткості при їх виготовленні і монтажі, а також підвищення експлуатаційних якостей, надійності і довговічності. Одним із шляхів вирішення цього завдання у будівництві для виготовлення збірних, збірно-монолітних і монолітних конструкцій є широке використання електротермічного способу попереднього напруження арматури в умовах будівництва. Для ширшого впровадження цього способу розроблена вдосконалена технологія напруження арматури, що має значні переваги над технологією, яка використовувалась при будівництві деяких споруд.

Оцінити економічну ефективність електротермічного напруження стрижневої арматури в умовах будівництва за удосконаленою технологією зручно провести на прикладі виконання попереднього напруження стику ребристих плит перекриття. Дані для дослі-