

Рис. 6. Криві прогинів по прогиномірах:
а – еталонних балок; б – балок на похилих опорах

1. Гоголь М.В., Гайда О.М. Регулювання напружень та деформацій в балочних конструкціях // Вісник НУ “Львівська політехніка”. Теорія та практика будівництва. – Львів. 2000. 2. Гоголь М.В., Гайда О.М. Балочна конструкція. Заявка на винахід № 99127148. Пріоритет від 28.12.99. 3. Пермяков В.А., Ременников А.М. Поиск геометрических схем металлических конструкций на основе методов нелинейного программирования / Совершенствование сварных конструкций / Под ред. Жербина М.М.; АН Украины, ин-т электросварки им. Патона Е.О. – К.: Наукова думка, 1992. – с. 68–73.

УДК 624.012

Б.Г. Демчина, В.Б. Верба, Х.Б. Демчина¹
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій і мостів

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З ПІНОБЕТОНОМ

© Демчина Б.Г., Верба В.Б., Демчина Х.Б., 2005

Наведено методику та результати лабораторних експериментальних досліджень зчеплення арматури з пінобетоном. Визначено середні значення параметрів зчеплення арматури при різних діаметрах та марках пінобетону. Подано рекомендації щодо покращання зчеплення арматури з пінобетоном та напрямки подальших досліджень.

This article is devoted to methods and results of laboratory experimental examination of adherence between aerated concrete and reinforcing steel. The article informs about testing and its results. There were determined average values of adherence stresses when using different steel diameters and concrete grade. In conclusion there is given recommendation about improvement of adherence and future researches.

Вступ. Пінобетон – сучасний матеріал для виготовлення стінових блоків та панелей, панелей перекриття та балкових конструкцій з підвищеними тепло- та звукоізоляційними властивостями. Переваги пінобетону:

¹ Учасники експерименту: Марчук С., Карась Я. – Люблінська політехніка (Польща), Чень Р., Світій Р. – фірма “Каменярь” (Україна)

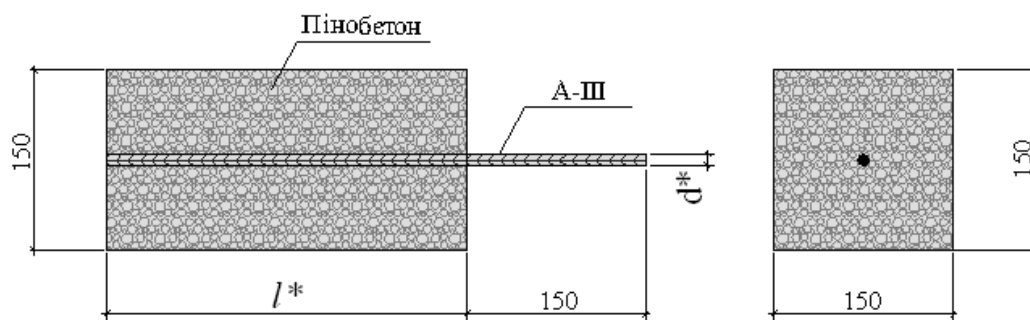
– Екологічна чистота. Пінобетон не містить шкідливих хімічних речовин. Він складається з цементу і дрібного заповнювача – піску, інших мінеральних речовин.

– Вологостійкість. На відміну від автоклавного, досліджуваний пінобетон має закрито-пористу структуру, тому вбирає воду тільки поверхневим шаром (5–10% по об'єму бетону).

– Довговічність. Строк служби пінобетону при нормальних умовах експлуатації не обмежений. З роками він стає тільки міцнішим.

Пінобетон щораз більше використовують у будівництві, однак сучасних дослідних даних вкрай обмаль. У даному дослідженні необхідно було визначити силу, яку потрібно прикласти для висмикування арматури з пінобетону та вивчити залежність цієї сили від марки пінобетону, діаметра арматури та додаткових заходів, застосованих для покращання зчеплення (обробка арматури цементним молочком за день до формування зразків); спробувати звести результати випробувань до вимог СНиП 2.03.01-84* [1].

Хід та методика випробувань. Для проведення дослідження було виготовлено 8 пар дослідних зразків з пінобетону марок D800 та D1200, в яких була вклеєна арматура періодичного профілю Ø8 А-III та Ø10 А-III відповідно. Було передбачено дві довжини зони анкерування – 20d та 30d, а також половина стрижнів перед бетонуванням була оброблена цементним молочком (табл. 1). Випуск арматури для захвату губками розривної машини було прийнято 150 мм (рис. 1).



* Значення l та d прийняти відповідно до табл. 1

Рис. 1. Конструкція дослідних зразків

Таблиця 1

Специфікація дослідних зразків

Серія	Маркування	Марка пінобетону по густині	Вид арматури	Довжина анкерування, мм	Примітки
1	ПА-1.1	D800	Ø8 А-III	160	Стержні оброблені цементним молочком
	ПА-1.2			160	
	ПА-1.3			240	
	ПА-1.4			240	
	ПА-1.1.М			160	
	ПА-1.2.М			160	
	ПА-1.3.М			240	
	ПА-1.4.М			240	
2	ПА-2.1	D1200	Ø10 А-III	200	Стержні оброблені цементним молочком
	ПА-2.2			200	
	ПА-2.3			300	
	ПА-2.4			300	
	ПА-2.1.М			200	
	ПА-2.2.М			200	
	ПА-2.3.М			300	
	ПА-2.4.М			300	

Випробування дослідних зразків 1 (рис. 2, а) виконували на розривній машині 2 марки Р-10 за допомогою спеціальної силової рамки 3, запроєктованої для даних випробувань. Ціна поділки динамометра на розривній машині змінювалася, що дозволяло визначати величину навантаження з точністю до 40 Н. Зразки були сформовані так, що торець арматури був виведений до нижньої грані призми пінобетону. Знизу до пінобетону був прикріплений індикатор годинникового типу 4 з ціною поділки 0,01 мм. За його допомогою визначали переміщення арматури щодо пінобетону. Для надійного закріплення індикатора до поверхні бетону тримач 5 приклеювався та додатково загвинчувався шурупами з самонарізною різзю. Для рівномірної передачі тиску від силової рамки на поверхню пінобетону між рамкою та пінобетоном вкладалися прокладка з ДСП 6 з розсвердленим отвором під арматуру.

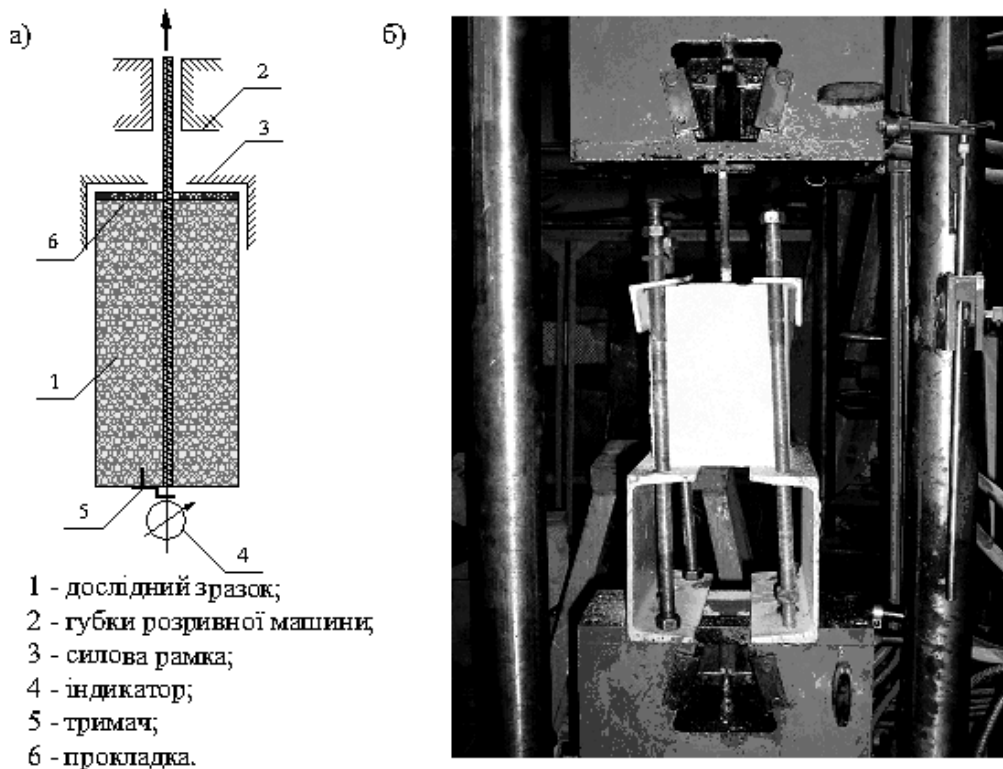


Рис. 2. Випробування дослідних зразків:
 а – схема випробування; б – загальний вигляд дослідної установки та зразка після випробування

Загальний вигляд дослідної установки зображено на рис. 2, б.

Мінімальна довжина анкерування арматури в пінобетоні була прийнята, враховуючи рекомендації п. 5.14 СНиП 2.03.01-84*[1] для бетону $l_{an} \geq \lambda_{an}d = 20d$. З врахуванням того, що пінобетон має значно меншу міцність порівняно з важким бетоном, в частині дослідних зразків додатково збільшено довжину анкерування до $30d$ та виконана обробка арматури цементним молочком за одну добу до бетонування зразків.

Під час досліджень відліки показів індикатора та динамометра знімали при переміщенні арматури на 0,01 мм. Отримані числові результати випробувань були опрацьовані у вигляді графіків “N-a” (рис. 3, 4).

Аналіз результатів. Аналізуючи виконані експериментальні дослідження, можемо здійснити такі міркування. Зчеплення арматури з пінобетоном забезпечується зусиллям зминання бетону і його зрізу, а також силами тертя на поверхні арматури завдяки обтискуванню арматури пінобетоном при його усадці та склеюванні пінобетону з арматурою. У пінобетоні через його низьку міцність збільшується вплив двох останніх факторів порівняно з першим.

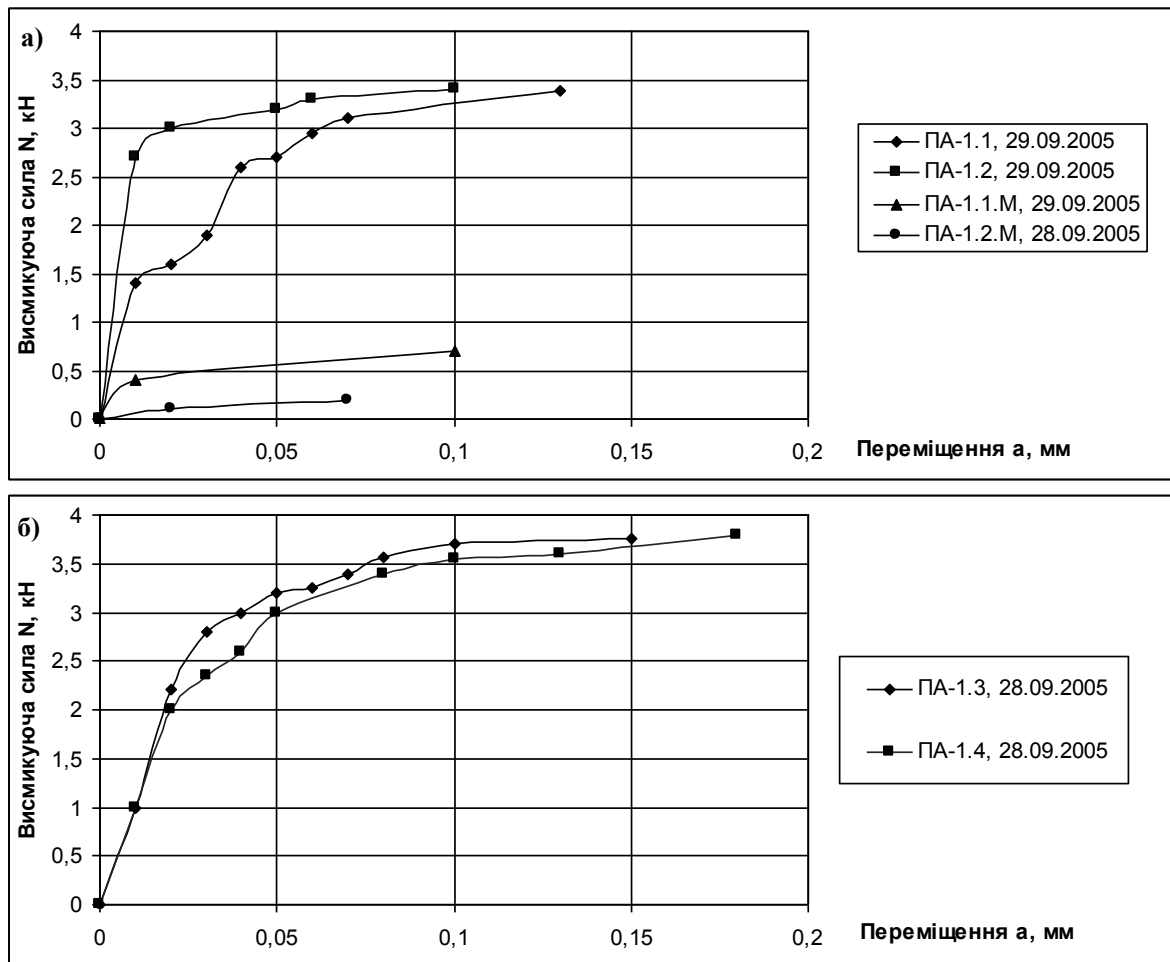


Рис. 3. Результати експериментальних досліджень зразків серії 1:
 а – для зразків марки ПА-1.1, ПА-1.2, ПА-1.1.М, ПА-1.2.М;
 б – для зразків марки ПА-1.3, ПА-1.4. Зразки ПА-1.3.М, ПА-1.4.М
 виключені з експерименту

Проаналізувавши отримані графіки, пересвідчуємося, що відомі підходи до пояснення зчеплення арматури з бетоном [2] добре узгоджуються з отриманим результатом. Коли дотичні напруження зчеплення, які розподіляються вздовж стрижня нерівномірно, в якомусь місці досягають максимального значення, то зв'язок арматури і пінобетону в цьому місці зникає. Це локальне послаблення зчеплення в цьому місці спричиняє перерозподіл напружень зчеплення вздовж осі стрижня, але оскільки довжина зони передачі зусиль від арматури до пінобетону зменшилась через згадане вище послаблення, то по краях послаблення знову досягаються максимальні напруження. Відбувається зростання зони, в якій зчеплення арматури з пінобетоном відсутнє. Цей процес наростає лавиноподібно і арматура висмикується, що наочно ілюструють графіки (див. рис. 3, 4).

За проведеними експериментальними дослідженнями отримані такі основні результати:

- для марки пінобетону D800 при збільшенні довжини зони анкерування на 50 % спостерігається збільшення необхідної висмикуючої сили на 15 %.
- для марки пінобетону D1200 при збільшенні довжини зони анкерування на 50 % спостерігається збільшення необхідної висмикуючої сили на 20 %.
- при збільшенні діаметра стрижнів з Ø8 до Ø10 (абсолютна довжина зони зчеплення збільшується на 25 %, а площа перерізу арматури збільшується на 56 %) середні значення висмикуючої сили навіть дещо падають, що свідчить про значне зниження напружень зчеплення при зростанні поперечного перерізу арматури.

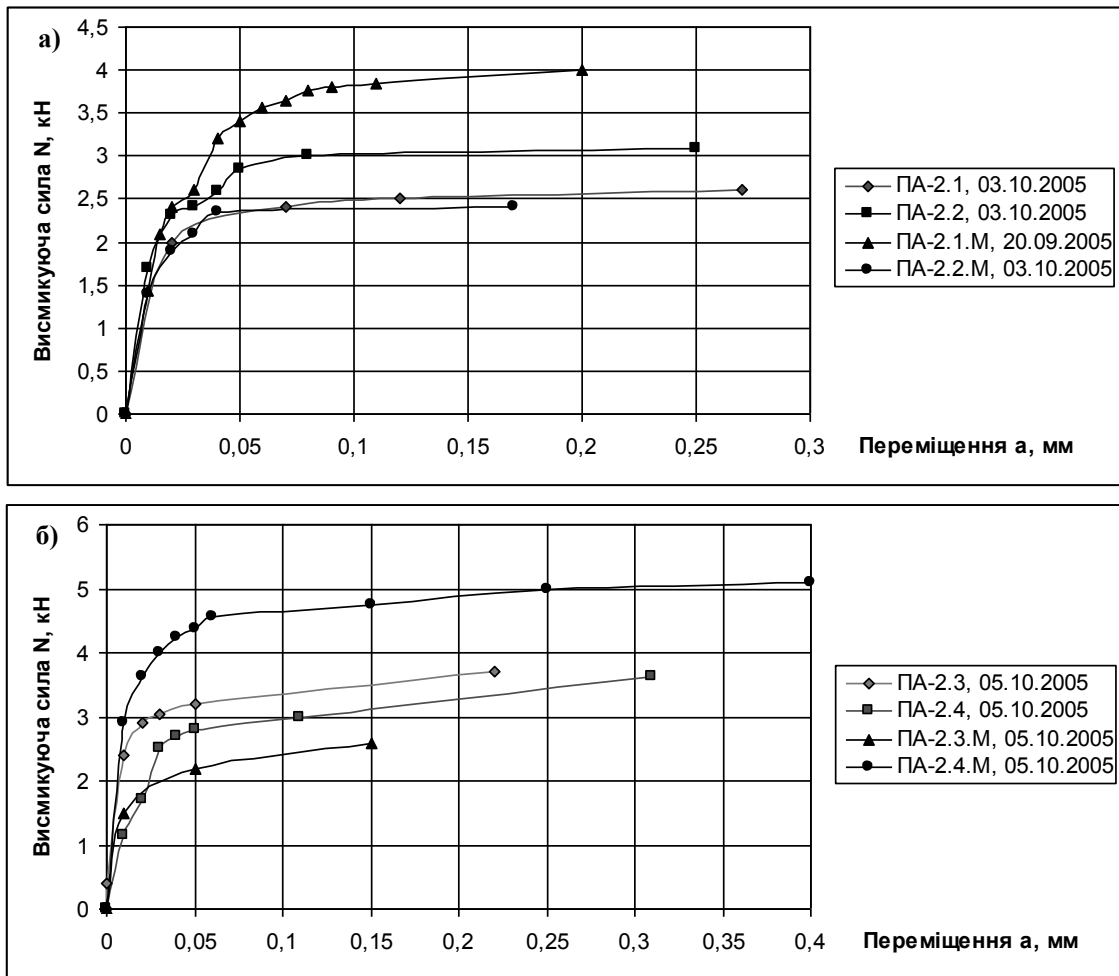


Рис. 4. Результати експериментальних досліджень зразків серії 2:
 а – для зразків марки ПА-2.1, ПА-2.2, ПА-2.1.М, ПА-2.2.М;
 б – для зразків марки ПА-2.3, ПА-2.4, ПА-2.3.М, ПА-2.4.М

Висновки. Зчеплення арматури з пінобетоном є значно меншим від зчеплення арматури з важким бетоном через малу міцність пінобетону. Для кращого анкерування арматури в пінобетоні треба використовувати додаткові засоби і заходи у вигляді приварювання шайб та висаджування головок в арматурі, відгинів арматури, додаткових поперечних стрижнів в опорних частинах тощо. Для повнішого використання арматури у пінобетонній конструкції необхідно приймати арматуру меншого діаметра, відповідно збільшити кількість стрижнів (цей висновок співзвучний з рекомендацією п. 5.17 СНиП 2.03.01-84* [1] і потребує проведення ґрунтовних досліджень щодо рекомендованого максимального діаметра ненапруженої арматури для пінобетону, який тепер прийнято таким, що дорівнює $\varnothing 16$). Результати досліджень показують, що обробка стрижнів цементним молочком перед бетонуванням не дає однозначного результату, очевидно, це пов'язане з якістю виконання цієї обробки; простежується також тенденція того, що обробка цементним молочком позитивніше впливає на зчеплення арматури і пінобетону при більших діаметрах арматури.

1. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с. 2. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Обиций курс: Учеб. для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 767 с.