

Висновок. На основі запропонованої методики виконано теоретичні дослідження з розрахунку і проектування металевих комбінованих статично невизначених конструкцій покрівлі різної топології і пружних характеристик.

1. Бельський Г.Е. Развитие практических методов расчета и норм проектирования металлических конструкций // *Строит. механика и расчет сооружений*. – 1965. – № 6. – С. 8–13. 2. Іванік І.Г., Віхоть С.І. Розрахунок комбінованих конструкцій з використанням методу уявних шарнірів // *Теорія і практика будівництва: Вісник Національного університету “Львівська політехніка”*. – 2005. – № 545. – С.74–78. 3. Регулирование, синтез, оптимизация / П.П. Абовский, Л.В. Енджиевский, В.И. Савченко, А.П. Деруга и др. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1985. – 384 с. 4. СНиП II-23-81. Стальные конструкции. Нормы проектирования. – М., 1990. 5. *Справочник проектировщика. Металлические конструкции* / под ред. Н.П. Мельникова. – М.: Стройиздат, 1980. – 776 с.

УДК 691.327.333+539.382+539.384

В.В. Волоцюга¹, І.Б. Горніковська¹, Х.Б. Демчина²
Національний університет “Львівська політехніка”,
¹кафедра будівельних конструкцій та мостів,
²кафедра будівельного виробництва

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ ПІНОБЕТОНУ НА РОЗТЯГ ЗА ЗГИНУ

© Волоцюга В.В., Горніковська І.Б., Демчина Х.Б., 2013

Наведено результати експериментального визначення міцності пінобетону на розтяг за згину. Випробування проведено на зразках звичайного та армованого поліпропіленовою фіброю пінобетону.

Ключові слова: пінобетон, розтяг за згину, фібра.

It is presented the results of experimental determination of foam concrete strength tensile bending. The tests are conducted on samples of plain and polypropylene fiber reinforced concrete.

Key words: foam concrete, bending tensile, fiber.

Вступ. Ще у XIX ст. будівельники додавали у цементно-піщаний розчин телячу кров. Білок крові, реагуючи з розчином, утворював піну, та через складність отримання великої кількості піноутворювача такого роду пінобетон не отримав поширення. У 1930-х роках радянський вчений, будівельник-експериментатор Брюшков додав до цементного розчину “мильний” корінь рослини Сапонарія (лат. *Saponaria*), яка входить до групи рослин, багатих на сапоніни (розчин сапонінів під час збовтування утворює густу стійку піну), але й тоді широкого поширення пінобетон не набув.

Історія ніздрюватих бетонів розвивається з початку XX ст., коли шведський архітектор Еріксон винайшов технологію отримання штучного каменю з близькими до дерева характеристиками. У 1924 р. цей матеріал був захищений міжнародним патентом. До 1970-х років пінобетон уже широко використовувався у сорока країнах по усьому світу. У 1953 р. у м. Березняки (Росія) були побудовані перші цільно-пінобетонні житлові будівлі. Але оскільки за автоклавної обробки пінобетон показав невисоку тріщиностійкість, в подальшому перевага була надана газобетону.

Пінобетон і газобетон відрізняються технологією виготовлення. У пінобетоні поризація відбувається за рахунок введення піноутворювачів, а в газобетоні – за рахунок речовин, які виділяють газ під час хімічних реакцій.

Ніздрюваті бетони поділяють на три групи [3]:

1. Теплоізоляційні, густина у висушеному стані – не більше 500 кг/м³.
2. Конструкційно-теплоізоляційні (використовуються для огорожувальних конструкцій) густиною 500–900 кг/м³.
3. Конструкційний – густиною 900–1200 кг/м³.

Постановка проблеми. Пріоритетним питанням розвитку будівництва залишається прогрес у виробництві і застосуванні енергоефективних місцевих матеріалів з забезпеченням необхідної міцності у будівельних конструкціях. Пінобетон застосовується у будівництві через багато переваг, а саме:

- теплозахист – добре відомо, що найкращим теплоізолятором є повітря, а пінобетон на 40–80 % складається з повітряних бульбашок; для підтримки нормальної температури у приміщенні мінімальна товщина стіни з пінобетону становить 400 мм, у той час, як товщина цегляної стіни для досягнення такого самого результату, повинна бути не меншою від 900 мм;
- добра звукоізоляція – пінобетон має порівняно високу здатність до звукопоглинання. У будівлях з цього матеріалу забезпечуються чинні вимоги щодо звукоізоляції;
- екологічність – у процесі експлуатації пінобетон не виділяє токсичних речовин, а за своїми екологічними характеристиками поступається лише дереву. Для порівняння: коефіцієнт екологічності дерева – 1, пінобетону – 2, цегли – 10, композитних блоків – 20;
- вогнестійкість – пінобетон не горить і не плавиться, під час контакту з відкритим вогнем не розтріскується, ефективно перешкоджає поширенню вогню. Може бути застосований для усіх класів протипожежної безпеки;
- мікроклімат – пінобетон запобігає значним втратам тепла взимку, не боїться вологості, захищає від спеки влітку. Він регулює вологість повітря у приміщенні шляхом вбирання і віддачі вологи, тим самим сприяючи створенню сприятливого мікроклімату, який можна порівняти хіба що з мікрокліматом дерев'яного будинку.

Пінобетон характеризується незначним осіданням, не вимагає віброущільнення, легкоплинний – здатний заповнити будь-які порожнини, легкий в укладанні та обробці, має низькі експлуатаційні витрати, високу ремонтпридатність, простий та дешевий у виготовленні. У табл. 1 [3] наведено деякі характеристики пінобетону порівняно з іншими будівельними матеріалами.

Галузь застосування пінобетону: дорожнє будівництво; тепло-звукоізоляція стін, підлог, перекриттів, дахів; виробництво стінових будівельних блоків для зведення стін будівель та перегородок; несучі та огорожувальні конструкції ліфтових шахт; утеплення тепломереж; монолітне будівництво житлових будівель; заповнення траншейних та інших порожнин тощо.

Таблиця 1

Характеристики пінобетону порівняно з іншими будівельними матеріалами

Показники	Од. вим.	Цегла будівельна		Будівельні блоки		Пінобетон
		глиняна	силікатна	керамзит	газобетон	
Густина	кг/м ³	1550-1750	1700-1950	900-1200	300-1200	300-1200
Маса 1 м ³ стіни	кг	1200-1800	1450-2000	500-900	90-900	90-900
Теплопровідність	Вт/мК	0,6-0,95	0,85-1,15	0,75-0,95	0,07-0,38	0,07-0,38
Морозостійкість	цикл	25	25	25	35	35
Водопоглинання	% по масі	12	16	18	20	14
Межа міцності за стискання	МПа	2,5-25	5-30	3,5-7,5	0,5-25,0	0,25-12,5

Усі ці вищеперераховані переваги зводяться до основного – істотної економії на додаткових будматеріалах для забезпечення тепло- та звукоізоляції, вогнестійкості, мікроклімату у приміщеннях тощо, а отже, до грошових витрат.

Але незалежно від технології та умов виготовлення, недоліками пінобетону залишається низький опір розтягувальним напруженням і підвищена крихкість, в результаті чого вироби часто отримують дефекти під час транспортування та монтажу. З метою усунення таких недоліків, а також підвищення міцності пінобетону застосовується армування, зокрема поліпропіленова фібра.

Визначення міцності бетону полягає у вимірюванні мінімальних зусиль, що призводять до руйнування спеціально виготовлених контрольних зразків бетону під час їх навантаження з постійною швидкістю зростання навантаження і подальшого розрахунку напружень за цих зусиль.

Мета досліджень. Знайти залежність міцності на розтяг за згину від густини пінобетону.

Експериментальні дослідження. Серія з дев'яти зразків призм пінобетону була виготовлена і випробувана на розтяг за згину згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Три призми були армовані поліпропіленовою фіброю. Габаритні розміри зразків – 150×150×600 мм. Зразки промарковані за проектною густиною від D800 до D1200.

Зразки-призми встановлювалися відповідно до схеми, показаної на рис. 1. Навантаження зразків проводили до руйнування.

Дослідні зразки встановлювалися на дві опори – шарнірно рухому та шарнірно нерухому, основою яких була нижня плита преса. Відстань l між опорами становила 450 мм, відстань від краю зразка до опори – 75 мм (рис. 1). Зразок навантажувався двома силами, розміщеними на відстані 150 мм одна від одної, за допомогою домкрата через траверсу. Силу F фіксували за допомогою динамометра з індикатором годинникового типу, який містився між домкратом та верхньою опорною плитою преса. Навантаження зразків здійснювалося безперервно з постійною швидкістю. Загальний вигляд зразків-призм у процесі випробовування показано на рис. 2.

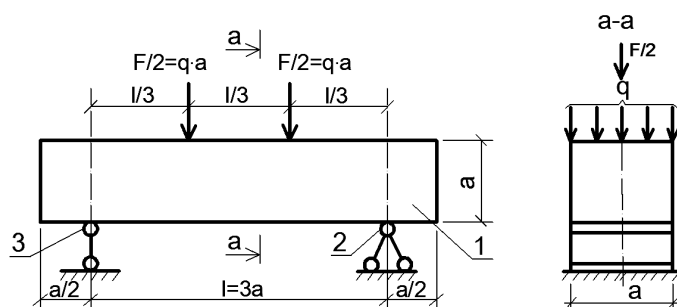


Рис. 1. Схема випробувань на розтяг за згину:
1 – зразок-призма; 2 – нерухома опора; 3 – рухома опора

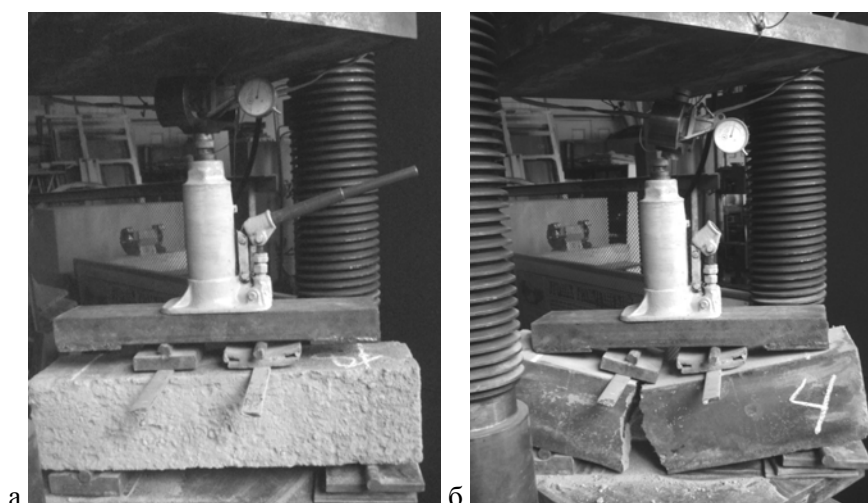


Рис. 2. Вигляд зразків призм у процесі випробувань:
а – зразок, готовий до випробування, б – зразок після руйнування

Руйнування зразків відбувалось у середній третині прольоту – між прикладеними силами. Експериментальні дані досліджень наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Характеристики дослідних зразків та результати випробувань

Габаритні розміри зразка, мм	Фактична густина, кг/м ³	Марка пінобетону	Руйнуюче навантаження, кгс	Границя міцності на розтяг за згину $f_{c,tf}$, МПа
600x150x156	834	D800	120.8	0.13
600x150x156	813	D800	120.8	0.14
603x150x154	767	D800	79.2	0.09
604x151x151	1184	D1200	470.8	0.60
604x152x152	1165	D1200	513.2	0.64
602x151x152	1220	D1200	529.2	0.66
602x150x154	923	D900	158.3	0.18
600x150x152	982	D1000	158.3	0.18
600x150x150	1117	D1100	295.8	0.37

Провівши випробування, отримано числові дані, на основі яких побудовано графіки залежності міцності на розтяг за згину від густини для звичайного та армованого фіброю пінобетону (рис. 3). Міцність кожного зразка обчислена згідно з рекомендаціями чинних норм, зокрема з врахуванням поправкового коефіцієнта для ніздрюватого бетону, який враховує вологість зразків на момент випробування.

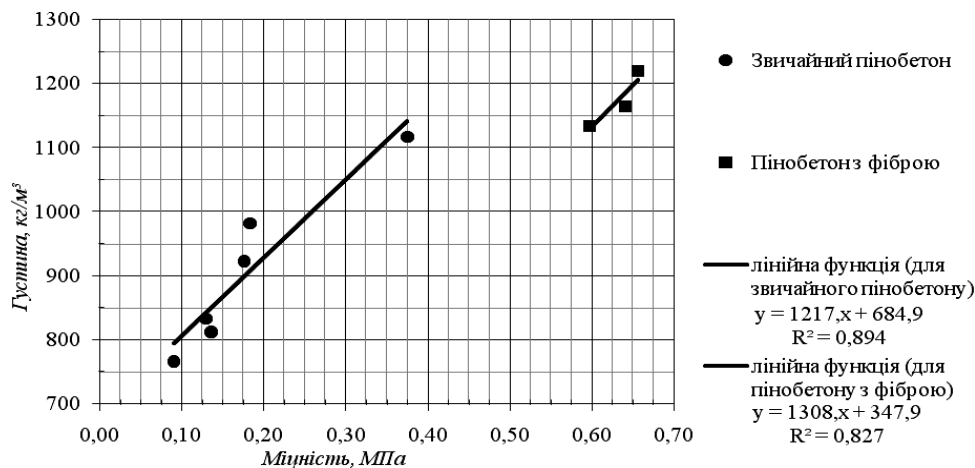


Рис. 3. Залежність міцності на розтяг за згину від густини пінобетону

Аналіз результатів дає змогу відзначити, що введення в пінобетонну суміш поліпропіленової фібри уможливорює покращити міцнісні характеристики пінобетону на розтяг за згину на 38 %.

Можливість армування пінобетону поліпропіленовою фіброю створює передумови для розробки технології виготовлення пінофібробетонних виробів, що характеризуються поєднанням низької власної ваги з підвищеною міцністю на розтяг за згину.

Висновок. За даними експериментальних досліджень:

- Отримано залежність між міцністю на розтяг за згину та густиною для звичайного та армованого фіброю пінобетону.
- Армування пінобетону поліпропіленовою фіброю збільшує міцність на розтяг за згину за густини близько 1100 кг/м³ на 38 %.

- ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.
- ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності.
- Ружинский С. и др. Все о пенобетоне. – 2-е изд., улучш. и доп. – СПб.: ООО “Строй Бетон”, 2006. – 630 с.