

УДК 624.21

П.М.Коваль, О.Я.Грибак
Національна Академія Образотворчого Мистецтва та Архітектури
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БАЗАЛЬТОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В
БУДІВНИЦТВІ

У статті представлено результати експериментальних досліджень бетонних балок, армованих базальтопластиковою арматурою, при роботі на згин. Визначено несучу здатність та вид руйнування базальтобетонних балок. Встановлено, що за показниками міцності і деформативності базальтобетонні балки можуть використовуватись у будівництві.

Ключові слова: базальтопластиковою арматура, базальтобетонні балки, несуча здатність, прогини, тріщиностійкість.

Рис 4. Літ 5.

П.Н.Коваль, О.Я.Грыбак
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗАЛЬТОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В
СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований бетонных балок, армированных базальтопластиковой арматурой, при работе на изгиб. Определено несущую способность и вид разрушения базальтобетонных балок. Установлено, что по показателям прочности и деформативности базальтобетонных балок могут использоваться в строительстве.

Ключевые слова: базальтопластиковой арматура, базальтобетонни балки, несущая способность, прогибы, трещиностойкость.

Р.М.Koval, O.Y.Grymak
PERSPECTIVES OF USING BAZAL'TOBETONNIH STRUCTURES IN CONSTRUCTION

A promising future of development of building structures in the world based on the use of non-metal fittings for the reinforcement of concrete structures. In Ukraine there are considerable deposits of basalt, several industrial unit produce basalt-plastic valves and there are the domestic regulations for the design of basalt-concrete structures. In order to be able to use such technologies in practice of building structures with concrete, reinforced with basalt-plastic valve, the experimental studies of the structures must be performed. With this purpose were tested six series of concrete beams with cross section 100x200 mm and a length of 2 100 mm of concrete class B40. Longitudinal working bazal'toplastikova steel beams were the following diameters: 4; 6; 8; 10; 12 and 13 mm. Beams tested scheme was used called "four points" fold. Selected types of fracture bazaltobetonnih beams at different weights reinforcement and their carrying capacity were tested. In its bearing capacity of concrete beams reinforced with bazal'toplastikovoï valve close to the beams, reinforced with steel reinforcement. Your backbends research beams with bazal'toplastikovoï valve meet the requirements of items with steel reinforcement. The essential features of the fracture toughness have bazaltobetonnih designs the width of the opening in them is greater than that of concrete. Therefore it is necessary to carry out research on improving crack resistance from bazal'tobetonnih designs.

Keywords: bazal'toplastikova valves, bazal'tobetonnih beams, bearing capacity, your backbends, fracture toughness.

Постановка проблеми. В Україні суттєво зросли вимоги до забезпечення надійної і безпечної експлуатації будівель. Особливої уваги заслуговують транспортні споруди, які зазнають динамічних впливів, малоциклових навантажень високого рівня, агресивної дії навколишнього середовища. Тому в будівництві йде активний пошук і розробка нових матеріалів і конструкцій з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

Перспективним напрямком розвитку будівельних конструкцій в світі вважається використання для армування бетонних конструкцій неметалевої арматури [1]. Перевагами неметалевої арматури у порівнянні із традиційною сталевією є її висока корозійна стійкість, мала питома вага, низька теплопровідність, діелектричність і немагнітність. Досвід використання неметалевої арматури на ряді об'єктів будівництва за кордоном є позитивним.

В нашій державі є значні поклади базальту, кілька заводів випускають базальтопластикову арматуру. Розплавляючи базальт, формують ровінг – тонкі волокна діаметром 14 – 16 мк. Стержень арматури виготовляють з використанням термореактивної смоли, тверднення якої приводить до утворення полімеру. Періодичний профіль поперечного перерізу формують вдавленням обмоточного джгута у зовнішній формовочний шар або спіральним обмотуванням уступами несучого стержня обмоточним джгутом.

©П.М.Коваль, О.Я.Грибак

Для впровадження в практику будівництва базальтобетонних конструкцій, тобто конструкцій із бетону, армованих базальтопластиковою арматурою, необхідно провести експериментальні дослідження таких конструкцій, дослідивши їх напружено – деформований стан на різних стадіях роботи. Саме цьому присвячена дана робота.

Аналіз останніх досліджень. В світовій практиці будівництва при використанні неметалевої арматури для армування згинаних елементів їх розрахунок переважно виконують з використанням нормативного документа АСІ 440 3R – 04 [2]. Згідно положень даного документа розрахунок згинаних конструкцій базується на тому, що такий елемент руйнується від роздроблення бетону в стиснутій зоні або роздроблення бетону разом з розривом арматури.

В Україні для проектування бетонних конструкцій, армованих неметалевою арматурою, використовується ДСТУ – Н Б.В.2.6 – 185 : 2012 [3]. Цей нормативний документ був розроблений під керівництвом професора Ю.А. Клімова на основі експериментальних досліджень неметалевої арматури та згинаних бетонних елементів, армованих такою арматурою.

При експериментальних дослідженнях згинаних елементів, армованих базальтопластиковою арматурою, досліджувалось 3 серії зразків – близнюків [4,5]. Досліджені балки поперечного перерізу 120x220 мм і довжиною 1300 мм виготовлялися із бетону класу В30. Серії відрізнялися коефіцієнтом армування : в першій серії 0, 0059 (2Ø10АНБ), в другій серії – 0,0086 (2Ø12АНБ), в третій - сумарний коефіцієнт розтягнутої і стиснутої зони склав 0, 0146 (2Ø12+2Ø12АНБ).

В цих дослідженнях був досить обмежений діапазон коефіцієнта армування балок та отримано тільки один вид руйнування згинаних елементів – від роздроблення бетону стиснутої зони.

Мета дослідження – встановлення закономірностей зміни напружено – деформованого стану згинаних бетонних елементів, армованих базальтопластиковою арматурою, вивчення роботи при різних видах руйнування базальтобетонних елементів з різними коефіцієнтами армування, отримання даних про міцність, жорсткість і тріщиностійкість базальтобетонних згинаних елементів.

Основні результати дослідження. Дослідними зразками були балки поперечного перерізу 100x200 мм і довжиною 2100 мм (рис.1), які виготовлялися із бетону класу В40.

Каркаси балок складаються з одного стержня робочої арматури діаметру 4; 6; 8; 10; 12 та 13мм базальтопластикової арматури АНПБ довжиною 2100мм (рис.1). В крайніх третях прольоту було забезпечено поперечне армування арматурою Ø 6 мм класу А-1 довжиною 180мм. Крок поперечних стержнів становив 100мм, загальна кількість стержнів поперечної арматури - 16 шт. Верхнє армування виконане стержнями Ø 6мм класу А-1 довжиною 730мм в крайніх третях прольоту. Коефіцієнт армування поперечного перерізу конструкції становить 0,00073; 0,00158; 0,00286; 0,00446; 0,00649; 0,0077.

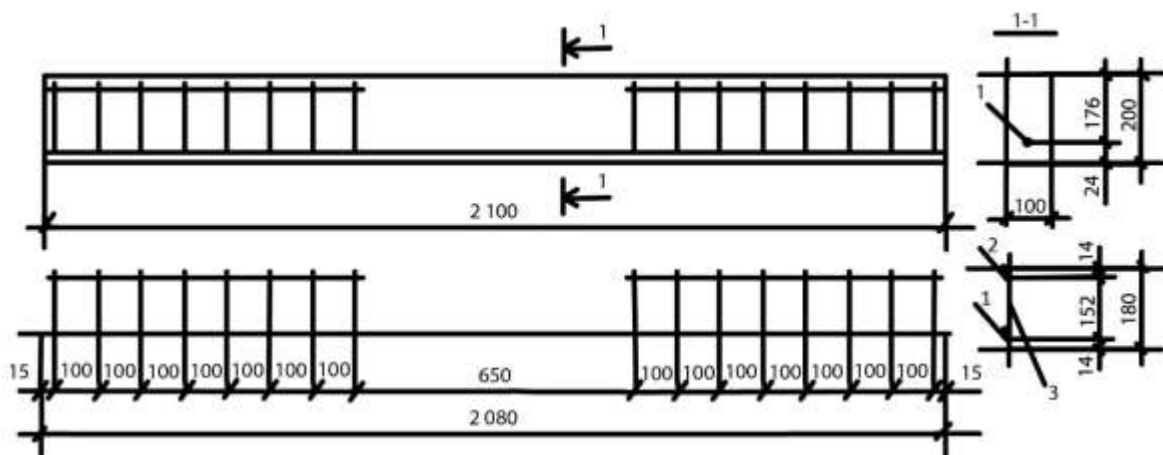


Рис. 1. Конструкція базальтобетонних балок: 1 - 1Ø(4; 6; 8; 10; 12; 13) АНПБ; 2 - 2Ø6А-1; 3 - 16Ø6А-1

©П.М.Коваль, О.Я.Гримак

Для визначення характеристик міцності зразки базальтопластикової арматури діаметром 4; 6; 8; 10 і 12 мм по 6 штук кожного діаметру були випробувані на сертифікованій універсальній розривній машині Е4S – 20. Усереднені результати випробувань статичним розтягом зразків базальтопластикової арматури приведені у таблиці 1.

Таблиця 1

№ зразка	Середнє арифмет. значення внутрішн. діаметру арматури d , мм	Початкова розрах. довжина зразка l_0 , мм	Видовження зразка після руйнування Δl , мм	Зусилля руйнування P_{max} кг	σ_T , МПа	$\sigma_{вз}$, МПа	E_H , МПа	Відносне видовження δ , %
1	4,06	139	3,05	1428	876	1100	47905	2,18
2	6,18	140	3,05	3320	860	1105	48932	2,13
3	8,26	141	3,00	6025	842	1124	44755	2,12
4	10,40	140	2,95	9073	824	1068	46125	2,10
5	12,48	140	2,60	12216	806	998	45378	1,88

Всього було випробувано 6 серій дослідних балок (табл. 2)

Таблиця 2

Серія	Кількість балок, шт.	Поздовжнє армування	Коефіцієнт армування	Вид руйнування	Момент руйнування $M_{cr(ср)}$, кН·м
Б 4	2	1Ø4 АНПБ	0,00073	розрив арматури	5,79
Б 6	2	1Ø6 АНПБ	0,00158	розрив арматури і роздроблення стиснутої зони бетону	6,79
Б 8	2	1Ø8 АНПБ	0,00286	такий самий	19,21
Б 10	2	1Ø10 АНПБ	0,00446	такий самий	23,15
Б 12	2	1Ø12 АНПБ	0,00649	роздроблення стиснутої зони бетону	27,18
Б 13	2	1Ø13 АНПБ	0,0077	такий самий	28,09

Базальтобетонні балки марки Б випробовувались у віці 140-200 діб за схемою чистого згину (рис.2). Випробування здійснювали на силовому стенді двома зосередженими силами, прикладеними в третях прольоту. Навантаження здійснювали 12-ти тонним гідравлічним домкратом.

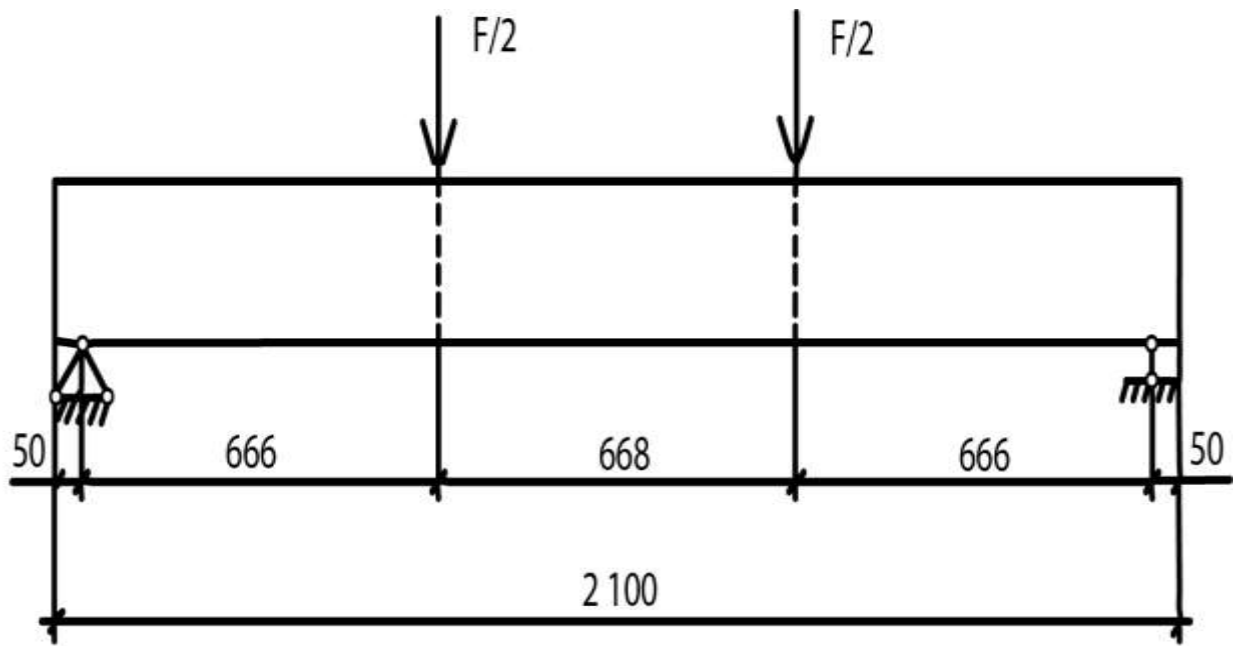


Рис. 2. Схема випробування базальтобетонних балок марки Б

Завантажували зразки ступенями по 0,05 – 0,1 від очікуваного руйнуючого навантаження. Витримка навантаження на кожній ступені була мінімум 15хв, після чого знімали відліки з приладів. Загальний час тривалості ступені складав 50 хвилин. Рівень навантаження контролювали тарованим скоб'яним динамометром, встановленим під розподільчою траверсою. Відліки за індикатором динамометра знімали відразу після досягнення необхідного рівня навантаження та контролювали на протязі всієї ступені.

При випробуванні проводили визначення прогинів балки під навантаженням, прогиномірами з ціною поділки 0,01мм. Прогин фіксували два рази: до і після зняття відліків на ступені.

Фіброві деформації бетону по висоті балки в середині прольоту заміряли, використовуючи індикатори з ціною поділки 0,001мм на базі 200мм та тензорезистори з базою 50 мм у комплекті з вимірювальним приладом Автоматичний вимірювач деформацій (АВД 4М). Тензорезистори приклеювали циакріновим клеєм. Наклейку проводили за 1-2 доби перед експериментом. Деформації арматури балки вимірювали в зоні чистого згину посередині прольоту тензорезисторами базою 20мм, розміщеними ланцюжком по середині прольоту, з використанням вимірювального пристрою АВД 4М. Деформації фіксували після 15-ти хвилинної витримки після навантаження балки.

Прогини балок в середині прольоту вимірювали прогономірами Аістова ПА06. Зсуви вільних кінців базальтопластикової поздовжньої арматури на торцях балок заміряли індикаторами з ціною поділки 0,001мм.

Ширину розкриття тріщин визначали за допомогою мікроскопа МПБ-2 із ціною поділки 0,05мм. Вимірювання проводили на кожній ступені навантаження з моменту появи тріщин, до навантаження рівного 0,7-0,8 від руйнівного. Проводили фіксацію ширини розкриття "старих" тріщин, їх розвитку та положення, а також появи "нових" тріщин на кожній ступені навантаження.

Встановлений вид руйнування для кожної серії балок і згинальні моменти $M_{cr(сер)}$, при яких зруйнувалися балки представлено в таблиці 2. Графіки зміни прогинів f в залежності від навантаження для всіх балок представлено на рис. 3 і 4. Момент утворення тріщин в балках визначався візуально та за графіками зміни прогинів.

Як видно з рис.3, при випробуванні базальтобетонних балок серії Б-4/1 і Б-4/2(рис.3 а, б), не відбулася зміна кута нахилу кривої прогину, це пояснюється тим, що у них був малий

коефіцієнт армування. Максимальний прогин зафіксовано 1,39 мм і 1,27 мм. Після утворення одної тріщини в середній зоні відбувся розрив арматури і руйнування зразка в цілому.

При випробуванні базальтобетонних балок серії Б-6 (рис.3 в, г), зміна кута нахилу кривої прогину, яка свідчить про утворення тріщин в розтягнутій зоні (точка А на графіку), відбулася при значенні навантаження на конструкцію 8кН та 10кН відповідно для балок Б-6/1 і Б6/2. Максимальний прогин зафіксовано 12,8мм і 16,5мм. Після утворення майже одночасно п'яти тріщин відбувся розрив арматури в розтягнутій зоні і роздроблення бетону в стиснутій зоні.

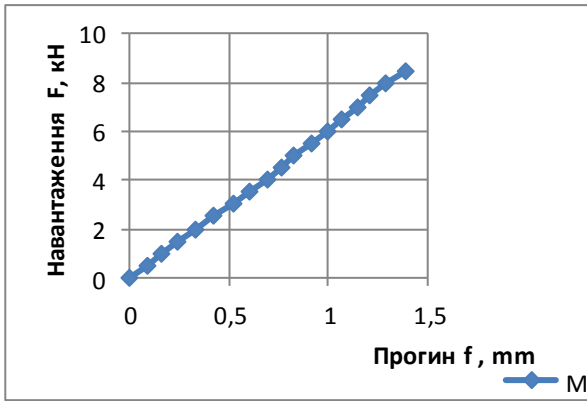
При випробуванні базальтобетонних балок серії Б-8 зміна кута нахилу кривої прогину, що свідчить про утворення тріщин в розтягнутій зоні бетону відбулося в момент навантаження балки Б-8/1 9кН та 9кН на Б-8/2 (т.А на рис.3 д, е). Балки зруйнувалися від розриву арматури і роздроблення бетону в стиснутій зоні. Максимальний прогин зафіксовано 35,8мм і 37,8мм.

При випробуванні базальтобетонних балок марки Б-10, зміна кута нахилу кривої прогину відбувається при навантаженні на балку 7кН та 9кН відповідно для балок Б-10/1 та Б-10/2.(т.А на рис. 4 а, б). Балки зруйнувалися від розриву арматури і роздроблення бетону в стиснутій зоні. Максимальний прогин зафіксовано 47,8мм і 42мм.

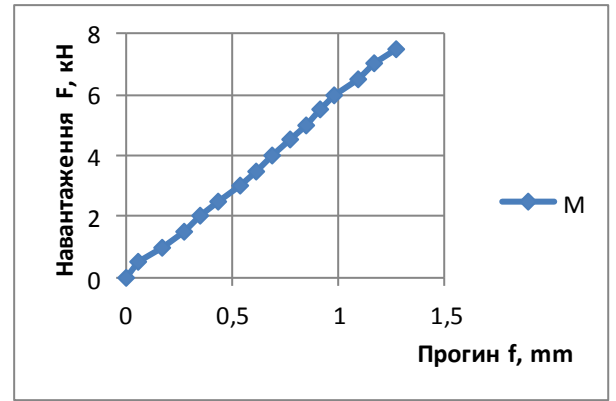
При випробуванні базальтобетонних балок марки Б-12, зміна кута нахилу кривої прогину відбувається при значенні навантаження на балку 7кН та 8кН відповідно для балок Б-12/1 та Б-12/2 (т.А на рис.4 в, г). Максимальний прогин зафіксовано 33,4мм і 33,9мм. Балки зруйнувалися від роздроблення бетону в стиснутій зоні.

При випробуванні базальтобетонних балок марки Б-13, зміна кута нахилу кривої прогину відбувається при навантаженні на балку 8кН та 8кН відповідно для балок Б-13/1 та Б-13/2.(т.А на рис.4 д, е). Балки зруйнувалися від роздроблення в стиснутій зоні. Максимальний прогин зафіксовано 37,5мм і 41,1мм.

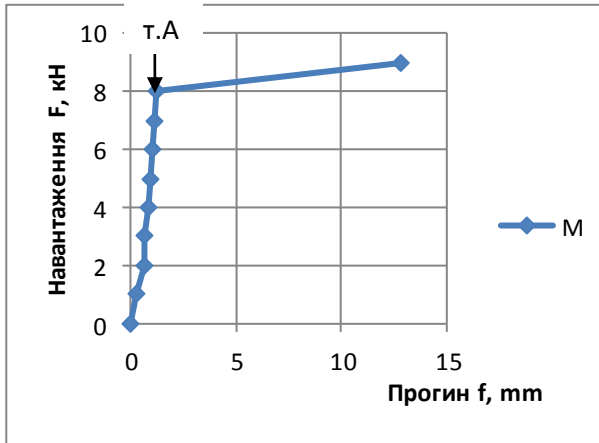
При випробуванні базальтобетонних балок в залежності від коефіцієнта армування отримані різні види руйнування: при 0,00073 – розрив арматури, при 0,00158; 0,00286; 0,00446 – розрив арматури і роздроблення стиснутої зони бетону, при 0,00649 і 0,0077 – роздроблення стиснутої зони бетону. Величини середніх моментів руйнування для всіх серій балок приведені в табл. 2.



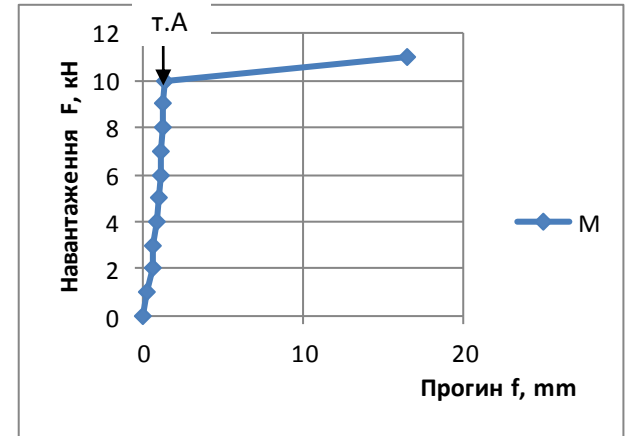
а



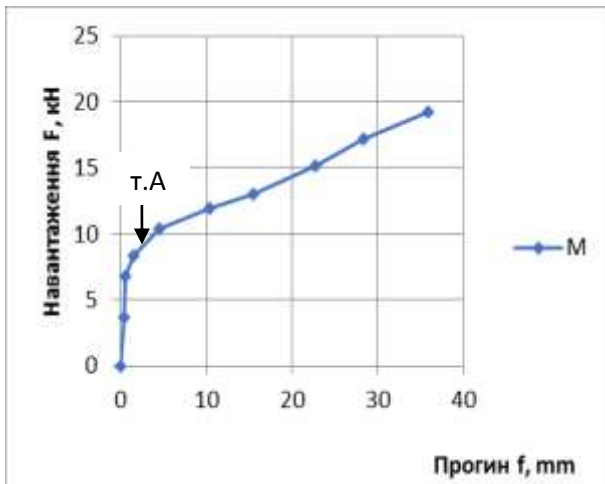
б



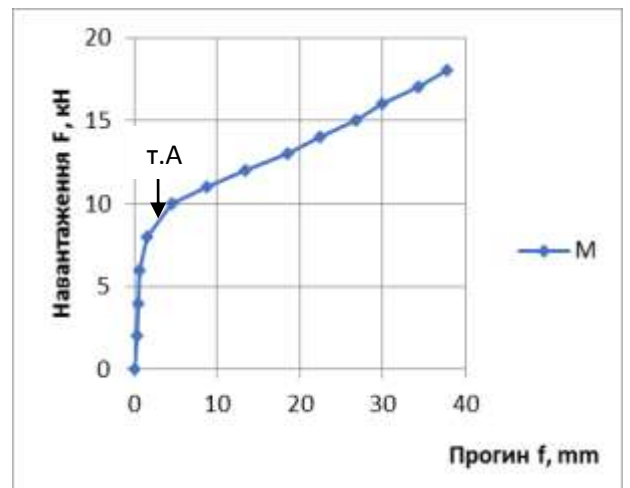
в



г



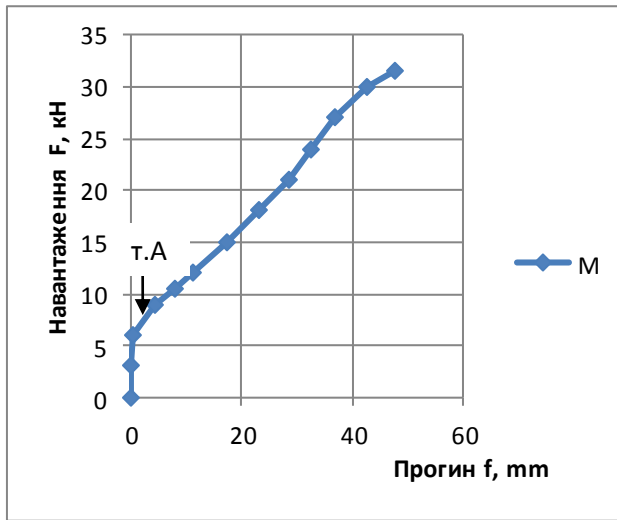
д



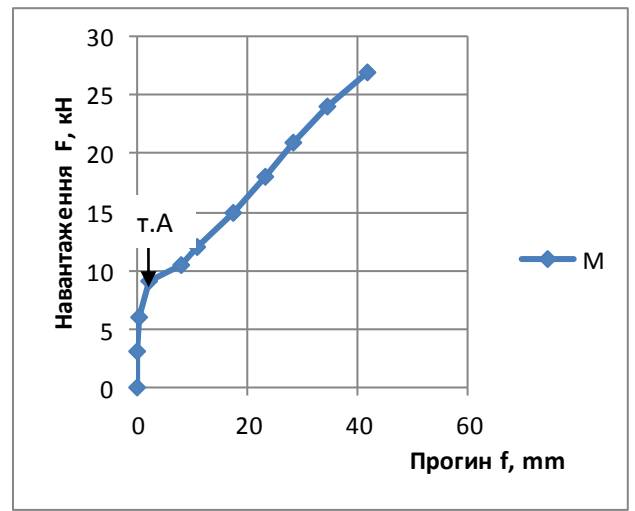
е

Рис. 3 Графіки зміни прогинів базальтобетонних балок: Б-4/1 – а; Б-4/2 – б; Б-6/1 – в; Б-6/2-г; Б-8/1 – д; Б-8/2 – е

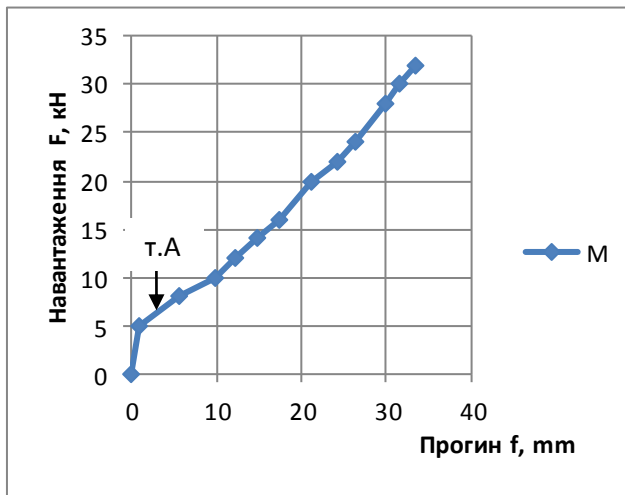
©П.М.Коваль, О.Я.Грицак



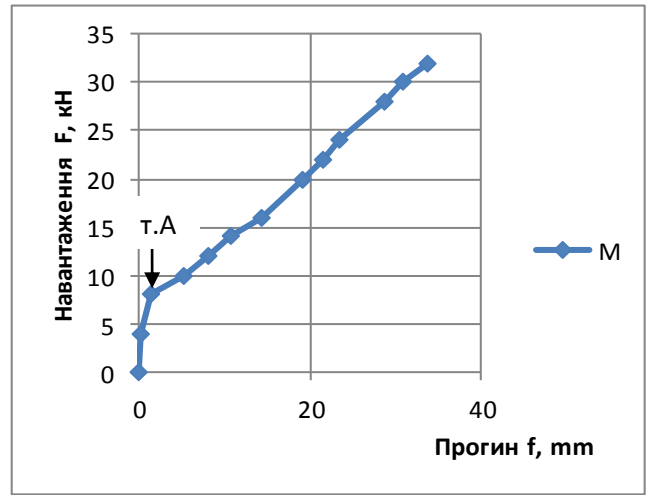
а



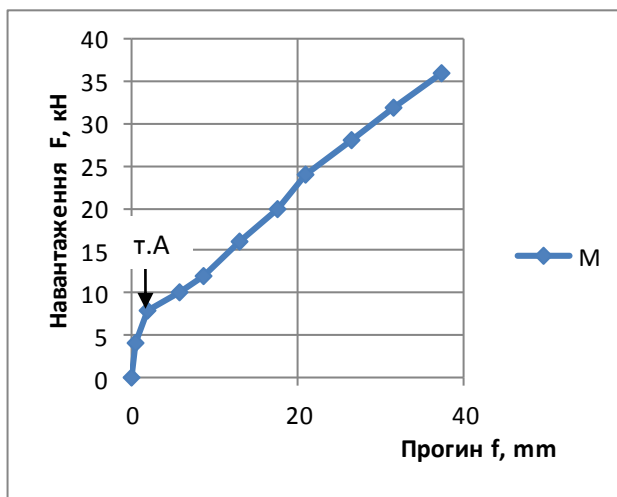
б



в



г



д

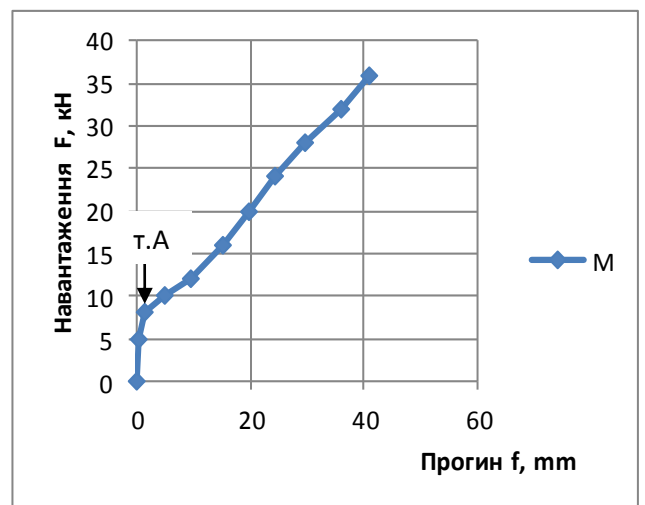


Рис.4 Графіки зміни прогинів базальтобетонних блоків: Б-10/1 – а; Б-10/2 – б; Б-12/1 – в; Б-12/2 – г; Б-13/1 – д; Б-13/2 – е

Висновки.

Встановлено види руйнування базальтобетонних балок при різних коефіцієнтах армування та їх несуча здатність. За своєю несучою здатністю бетонні балки, армовані базальтопластиковою арматурою близькі до балок, армованих сталеву арматурою. Прогини дослідних балок із базальтопластиковою арматурою відповідають вимогам до прогинів елементів із сталеву арматурою. Суттєві особливості має тріщиностійкість базальтобетонних конструкцій, ширина розкриття у них більша ніж у залізобетонних. Тому необхідно провести дослідження щодо підвищення тріщиностійкості базальтобетонних конструкцій.

1. Nowa generacja mostow. Mosty z kompozytow polimerowych/ Henryr Zobel та i.//Magazyn Autostrady. – Warsaw, 2004. - № 4. – 5. 16-20.
2. ACI 440. 3R – 04 Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars. – American Concrete Institute, 2006 - 44p.
3. ДСТУ – Н Б.В.2.6 – 185:2012 Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевого композитною арматурою на основі базальтового – і склоровінгу. – 2012. – с.28.
4. Экспериментальные исследования прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, армированных композитной базальтопластиковой арматурой / Ю.А. Климов, А.С. Солдатченко, С.А. Васильчишина. // Бетон и железобетон в Украине. – 2011. № 2. – с.7-10.
5. Солдатченко О.С. Міцність, жорсткість та тріщиностійкість згинальних конструкцій зі склопластиковою і базальтопластиковою композитною арматурою // Автореферат дисертації на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук. – Київ, 2012. – 21с.