

І.З. Рутковська, З.М. Рутковський, Л.І. Вознюк, А. Марущак
Національний університет “Львівська політехніка”

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИШАРОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Рутковська І.З., Рутковський З.М., Вознюк Л.І., Марущак А., 2008

Подано методику дослідження тришарових залізобетонних балок, яких було виготовлено дві серії. У першій серії середній шар – із керамзитобетону, у другій – із пінобетону. При цьому випробовувалися контрольні куби та призми. Балки опирали на дві опори: рухому і нерухому. Завантаження балок відбувалося двома зосередженими силами, прикладеними по верхній грані у третинах прольоту. Навантаження приклали ступенями. Для запобігання зминанню бетону у місцях прикладання зосередженого навантаження та дії опорних реакцій використовувались розподільні сталеві пластини, які вкладали на шар цементно-піщаного розчину. Під час експериментів здійснювався контроль за моментом тріщиноутворення і за розвитком тріщин.

In the paper the procedure of investigation of triplex ferro-concrete beams of two serials is introduced. In the first serial the medial layer was made from the ceramsit concrete, in the second - from the foaming concrete. Thus the control cubes and prisms were tested. The beams rested on two seats: relative frame and fixed. Beams were loaded by two concentrated forces affixed on a least upper bound in thirds of width. Loading was changed with steps. Value of force was checked by a model dynamometer tarred together with a pump station and a thruster. Checking the moment of formation and development of cracks were executed during experiments.

Великі обсяги робіт з реконструкції і модернізації існуючих будівель та споруд потребують пошуку нових раціональних і економічно обґрунтованих конструктивних рішень.

Ідея багатошарових конструкцій не нова, але все таки лише завдяки авіації і польотам в космос, де вимагались легкі матеріали високої міцності, був даний поштовх інтенсивному розвитку полегшених конструкцій.

Сьогодні багатошарові залізобетонні конструкції усе частіше застосовуються у будівельній практиці [1, 2]. Використання багатошарових будівельних конструкцій з легких бетонів на пористих заповнювачах дає змогу отримати сучасні енергоощадні конструктивні рішення в будівництві [3]. Відкритими і недостатньо вивченими сьогодні є залежність міцнісних та деформативних характеристик таких конструкцій залежно від фізико-механічних властивостей кожного шару, їх відносної товщини, способу армування тощо.

Застосування двошарових і багатошарових елементів із одним шаром на пористих заповнювачах дає змогу не тільки істотно підвищити звуко- і теплоізоляційні властивості конструкцій, але й істотно зменшити їх власну вагу, що приводить до значної економії матеріалів, працезатрат, засобів під час їхнього виготовленні і монтажу.

Проектування шарових конструкцій ускладнено тим, що теорія розрахунку залізобетонних багатошарових елементів за граничними станами не розроблена повністю.

За доцільного вибору складу окремих шарів можуть бути створені багатошарові конструкції з відмінними статичними і конструктивними властивостями.

Метою цих експериментальних досліджень є розроблення удосконаленої методики напружено-деформованого стану тришарових залізобетонних конструкцій.

Для реалізації поставленої мети було виготовлено дві серії тришарових залізобетонних балок (по чотири у кожній), 12 бетонних призм і 12 зразків кубів.

Дослідні зразки були завдовжки 1200, завширшки 90 і заввишки 120 мм. В усіх балках поздовжньою робочою арматурою була стрижнева арматура класу АШ, конструктивна і поперечна – класу ВР-І; крок поперечної арматури – 50 мм.

У першій серії середній шар виготовлений із керамзитобетону, у другій – із пінобетону. Товщина внутрішнього шару дорівнює 40, верхнього – 30, нижнього – 50 мм.

З'єднання арматури у просторовому каркасі виконано в заводських умовах контактним зварюванням. Арматування прийнято просторовими каркасами із розміщенням поперечної арматури на приопорних ділянках (в 1/3 прольоту).

Міцність бетону на стиск визначалася за результатами випробувань контрольних зразків кубів 150x150x150 мм із керамзитобетону, 100x100x100 мм – із важкого бетону та пінобетону (рис. 1). Дослідження зразків велося на пресі 2ПГ-100.

а)

б)

в)



Рис. 1. Зразки кубів після випробування:
а – важкий бетон; б – керамзитобетон; в – пінобетон

Призмову міцність і початковий модуль пружності визначали на призмах завдовжки 400 мм і перерізом 100x100 мм із пінобетону і важкого бетону; завдовжки 600 мм і перерізом 150x150 мм – із керамзитобетону. Дослідження виконувалося на пресі 2ПГ-100 ступенями, які становили 10 % від величини руйнуючого навантаження.

Деформації бетону призм вимірювалися на її гранях мікроіндикаторами з ціною поділки 0,001 мм, встановленими на базі 150 або 100 мм, залежно від розміру призми. Початковий модуль пружності визначався як середнє арифметичне за результатами дослідження трьох зразків. Зразки, необхідні для визначення характеристик бетону, виготовляли з тих самих замісів, що й відповідну серію балок.

Усі балки бетонувалися серіями у заводських умовах з відповідними контрольними кубами та призмами. Склад бетонів серій прийнято таким: важкий бетон кл. В20–Ц:П:Щ=1:2,26:3,25 за В/Ц=0,65; керамзитобетон кл.В5–Ц:П:К= 1:1,45:2,74 за В/Ц=1,1; В5 – пінобетон Ц:П:В=1:2,95:1 за В/Ц=0,47.

Додатковою інформацією про появу тріщин були стрибки у показах тензодатчиків нижньої зони, через які вони пройшли. Середня призмova міцність становила: керамзитобетону – 4,88; пінобетону – 5,03; важкого бетону – 15,28 МПа.

Прийнято такі умовні позначення: Б – балка; к – середній шар із керамзитобетону; п – середній шар із пінобетону, р – поперечна арматура тільки на приопорних ділянках (в 1/3 прольоту балки). Перша цифра вказує на номер серії, друга – на порядковий номер балки цієї серії. Так, наприклад, маркування “Бкр 1-3” – вказує на те, що це третя балка першої серії, в якій середній шар зроблено із керамзитобетону, а поперечна арматура розміщена в 1/3 прольоту.

У першій серії середній шар – із керамзитобетону, у другій – із пінобетону. Зовнішні шари в обох серіях – із важкого бетону. Товщина внутрішнього шару дорівнює 40, верхнього – 30, нижнього – 50 мм.

а)

б)

в)



Рис. 2. Зразки призм після випробування: а – важкий бетон; б – пінобетон; в – керамзитобетон

Використовувався цемент марки М500 Миколаївського цементного заводу. Пісок кварцовий Славутського кар'єру Хмельницької області без домішок з модулем крупності $M_c=2,04$, щебінь гранітний Селищанського кар'єру Рівненської області фракції 5...10 мм – 45 %, 10...20 мм – 55 %, керамзит Миколаївського цементного заводу. Середня призмova міцність становила: керамзитобетон – 4,88; пінобетон – 5,03; важкий бетон – 15,28 МПа.

Зразки виготовлялися на заводі ЗБВ №2 у м. Львові. Балки виготовлялися у такій послідовності: після підготовки форми (очищення, змащування та збирання) укладався арматурний каркас і петлі. Потім укладався і ущільнювався нижній шар. Через 30 хв укладався середній шар, а ще через 30 хв – верхній шар. Після загладжування поверхонь вироби мостовим краном були перенесені у пропарювальну камеру, в якій вони знаходились 5 год.

Усі зразки були перевезені із заводу в лабораторію і до випробувань зберігались за температури 8–10 °С. Усього виготовлено і випробувано шість зразків тришарових залізобетонних балок. Характеристики балок показано у таблиці.

Характеристики експериментальних балок

Серія	№ з/п балок	Шифр балок	Переріз балок $b \times h$ (мм \times мм)	Бетон									Клас арматури
				Важкий бетон	Керамзитобетон	Пінобетон	Призмova міцність важкого бетону $R_{b,ser}$, МПа	Призмova міцність керамзитобетону $R_{b,ser}$, МПа	Призмova міцність пінобетону $R_{b,ser}$, МПа	Початковий модуль пружності важкого бетону $E_b \times 10^{-3}$, МПа	Початковий модуль пружності керамзитобетону $E_b \times 10^{-3}$, МПа	Початковий модуль пружності пінобетону $E_b \times 10^{-3}$, МПа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	Бк 1-1	90x120	В20	В5	-	15,28	4,88	-	26,63	9,25	-	А Ш
	2	Бк 1-2	90x120										
	3	Бк 1-3	90x120										
2	4	Бп 2-1	90x120	-	В5	-	-	5,03	-	-	8,85	А Ш	
	5	Бп 2-2	90x120										
	6	Бп 2-3	90x120										

Випробування виконували на десятий день з часу бетонування. Після зняття опалубки, очищення нижніх граней балок та затирання цементним розчином дослідну конструкцію перекриття підготовляли до випробувань. На бокових поверхнях балок виконувалась розмітка для наклеювання тензодатчиків і фіксації мікроіндикаторів. Балки опирали на дві опори: рухому і

нерухому. Завантаження балок відбувалося двома зосередженими силами, прикладеними по верхній грані у третинах прольоту. Навантаження прикладали ступенями по 0,5 кН з витримкою після кожного ступеня 10 хв. З них 5 хв – до знімання показів приладів і 5 хв – під час знімання показів. Прикладання зосереджених сил відбувалося за допомогою домкрата потужністю 20 кН та розподільної траверси. Значення зусилля контролювали динамометром, протарованим разом з насосною станцією і домкратом. Для запобігання зминанню бетону у місцях прикладання зосередженого навантаження та дії опорних реакцій використовувались розподільні сталеві пластини, які вкладали на шар цементно-піщаного розчину.

Прогини балок вимірювали за допомогою трьох індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. Два з них встановлені на опорах, а один підводили посередині до нижньої грані балки. Для більшої точності замірів між індикаторами і зразком прилаштовано скляні пластини на клею. Індикатори були закріплені на металевих штативах. Деформації бетону замірювалися за допомогою одинадцяти мікроіндикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм та одного індикатора – з ціною поділки 0,01 мм.

Вісім мікроіндикаторів були розташовані на краях балки з базою 100 мм, в зоні дії поперечної сили (відповідно по два із кожної сторони); три мікроіндикатори були встановлені в зоні дії максимального згинального моменту на кожному із шарів з базою 150 мм, що давало змогу замірювати деформації бетону крайніх стиснутих волокон; індикатор розміщувався на верхній грані посередині балки із базою 120 мм. Усі індикатори встановлювались на металевих тримачах, приклеєних до граней балки.

Деформації бетону в зоні дії максимального згинального моменту по висоті перерізу вимірювали також електричними тензодатчиками з базою вимірювання 50 мм. Їх наклеювали по висоті перерізу: по два на кожний шар на рівні арматури і два – у зоні стиску на верхній грані. Покази тензодатчиків знімалися за допомогою електричного вимірювача деформацій.

Під час експериментів проводили контроль за моментом тріщиноутворення і за розвитком тріщин. Момент тріщиноутворення визначали за допомогою мікроскопа МПБ-2М. Додатковою інформацією про появу тріщин були стрибки в показах тензодатчиків нижньої зони, через які вони пройшли. За допомогою мікроскопа замірювали і ширину розкриття тріщин. Відліки за приладами, а також фіксацію розвитку тріщин виконували після кожного ступеня навантаження і заносили в журнал випробовувань.

Висновки. Провівши багато експериментів та дослідивши роботу тришарових залізобетонних балок на згин, можна зробити такий висновок: розроблено удосконалену методику експериментального дослідження напружено-деформованого стану тришарових залізобетонних конструкцій: напружень та деформацій у характерних перерізах, а також динаміки розвитку тріщин.

Ці результати роботи дають можливість обрати напрямки для подальшого розвитку досліджень багатошарових конструкцій.

1. Акрамов Х.А. Прочность, жесткость и трещиностойкость изгибаемых железобетонных трехслойных конструкций: Автореф. ... дис. докт. техн. наук. – Ташкент, 2002. – 38 с.
2. Майборода В.Ф., Карпюк В.М. Расчет прочности и деформативности приопорных участков изгибаемых трехслойных железобетонных конструкций // Бетон и железобетон – ресурс- и энергосберегающие конструкции и технологии: Материалы X Всесоюз. конф. по бетону и железобетону // Казань, октябрь 1988 г. – К.: НИИСК Госстроя СССР, 1988. – С.158–163.
3. Кобелев В.Н., Коварский П.М., Тимофеев С.И. Расчет трехслойных конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 304 с.
4. Жолдыбаев Ш.С., Зырянов В.С. Трехслойные плиты перекрытий с малопрочным средним слоем // Жилищное строительство. – 1993. – № 6. – С.21–22.
5. Майборода В.Ф., Карпюк В.М. Трехслойные железобетонные конструкции. – К.: Будівельник, 1990. – 144 с.
6. Майоров В.И. Экспериментальные исследования несущей способности трехслойных железобетонных элементов по наклонному сечению // Исследование в области железобетонных конструкций: Сб. тр. Ленингр. ИСИ. – 1965. – Вып. 48. – С.82–99.
7. Бабич Е.М. Конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях. – К.: Выща шк., 1988. – 208 с.