

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ ПЕРЕКРИТТЯ З КЕРАМЗИТОБЕТОНУ НА БАГАТОКОМПОНЕНТНОМУ В'ЯЖУЧОМУ

Кравченко С.А., к.т.н., доцент,
Постернак О.О., к.т.н., доцент,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
ckogasa@yandex.ua

Анотація. Наведено результати експериментального дослідження несучої здатності та деформативності зразків збірно-монолітного і монолітного перекриття з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому і кварцовому піску. Описується методика експериментальних досліджень, параметри дослідних зразків монолітного і збірно-монолітного перекриття з описом технології їх виготовлення, результати випробувань основних зразків і їх аналіз, а також обсяг, цілі і результати випробувань допоміжних зразків. В процесі випробувань вимірювалися прогини зразків в середині прольоту, поздовжні деформації арматури і бетону по бічних гранях основних зразків, значення навантажень тріщиноутворення, ширина розкриття тріщин, величини руйнівних навантажень. Проведені експериментальні дослідження міцності та деформативності збірно-монолітного і монолітного перекриття з керамзитобетону, дозволили виявити характерні особливості їх напружено-деформованого стану, визначити параметри тріщиноутворення, деформативність і величину руйнівного навантаження експериментальних зразків.

Ключові слова: керамзитобетон, в'язуче, міцність, деформації, монолітне перекриття.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ ПЕРЕКРЫТИЙ ИЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА МНОГОКОМПОНЕНТНОМ ВЯЖУЩЕМ

Кравченко С.А., к.т.н., доцент,
Постернак А.А., к.т.н., доцент,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
ckogasa@yandex.ua

Аннотация. Приведены результаты экспериментального исследования несущей способности и деформативности образцов сборно-монолитного и монолитного перекрытия из керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем и кварцевом песке. Описывается методика экспериментальных исследований, параметры опытных образцов монолитного и сборно-монолитного перекрытий с описанием технологии их изготовления, результаты испытаний основных образцов и их анализ, а также объем, цели и результаты испытаний вспомогательных образцов. В процессе испытаний измерялись прогибы образцов в середине пролета, продольные деформации арматуры и бетона по боковым граням основных образцов, значения нагрузок трещинообразования, ширина раскрытия трещин, величины разрушающих нагрузок. Проведенные экспериментальные исследования прочности и деформативности сборно-монолитного и монолитного перекрытий из керамзитобетона, позволили выявить характерные особенности их напряженно-деформированного состояния, определить параметры трещинообразования, деформативность и величину разрушающей нагрузки экспериментальных образцов.

Ключевые слова: керамзитобетон, вяжущее, прочность, деформации, монолитное перекрытие.

RESEARCH OF SLAB PATTERNS FROM CERAMSITE CONCRETE ON MULTICOMPONENT ASTRINGENT

Kravchenko S.A., PhD., Assistant Professor,

Posternak A.A., PhD., Assistant Professor,

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

ckogasa@yandex.ua

Abstract. The results of the experimental research of load-bearing capacity and deformation capacity of patterns of the assembly- monolithic and monolithic slab from ceramsite concrete on multicomponent astringent and quartz sand are given. The technique of the experimental research, parameters of experimental patterns of assembly- monolithic and monolithic slabs with the description of manufacturing techniques, results of main patterns tests and their analysis, and the volume, purposes and test data of auxiliary patterns are described. In the process of the tests deflections of patterns in the middle of the flight, longitudinal strains of fittings and concrete on lateral faces of the main patterns, values of loadings of crack appearance, the width of disclosure of cracks, values of tension failure loads were measured. The experimental research of the patterns of assembly- monolithic and monolithic slabs showed that the developed design solutions of slabs have the considerable stock of rigidity which makes 38% and 40% respectively, and durability – to 15%. The experimental research of durability and deformation capacity of assembly- monolithic and monolithic slabs from ceramsite concrete allowed to reveal the features of their intense strained state, to determine parameters of crack appearance, deformation capacity and the value of tension failure load of the experimental patterns.

Keywords: light-weight concrete, astringent, durability, deformation, monolithic slab.

Вступ. Коректна оцінка напружено-деформованого стану конструкцій з керамзитобетону в даний час утруднена, оскільки керамзитобетон має ряд характерних особливостей, таких як підвищена повзучість, неоднорідність, фізична нелінійність, які проявляються вже на ранніх етапах роботи конструкції, але не підкріплені певною мірою експериментальними даними [1-3].

Зважаючи інтересу сучасної науки в останній час до методів розрахунку залізобетонних конструкцій, заснованих на використанні повної діаграми деформування бетону, пропонується можливе вирішення викладених вище питань для проектування згинальних конструкцій з керамзитобетону.

Цілі і завдання. Провести експериментальні дослідження міцності та деформативності збірно-монолітного і монолітного перекриття з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому з виявленням характеру роботи керамзитобетону під навантаженням і залежності «момент-кривизна».

Об'єкти і методи дослідження. Об'єктами досліджень були дослідні зразки (куби і призми) і зразки збірно-монолітного і монолітного перекриття. Методами дослідження стало використання попереднього досвіду у випробуванні зразків, елементів і конструкцій з легких бетонів, які включали в себе визначення несучої здатності, тріщиностійкості та деформативності. Також був проведений порівняльний аналіз отриманих розрахункових і експериментальних даних.

Результати досліджень. В Одеській державній академії будівництва та архітектури розроблена технологія виробництва малоцементних бетонів. В основі технології лежить використання портландцементу, вапна і активної мінеральної добавки (золи-виносу) для виготовлення і дослідження зразків перекриття [4].

Дослідження проводилися на зразках збірно-монолітного і монолітного перекриття виконаного з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому класу С 12/15 і важкого бетону класу С 16/20 (рис. 1).

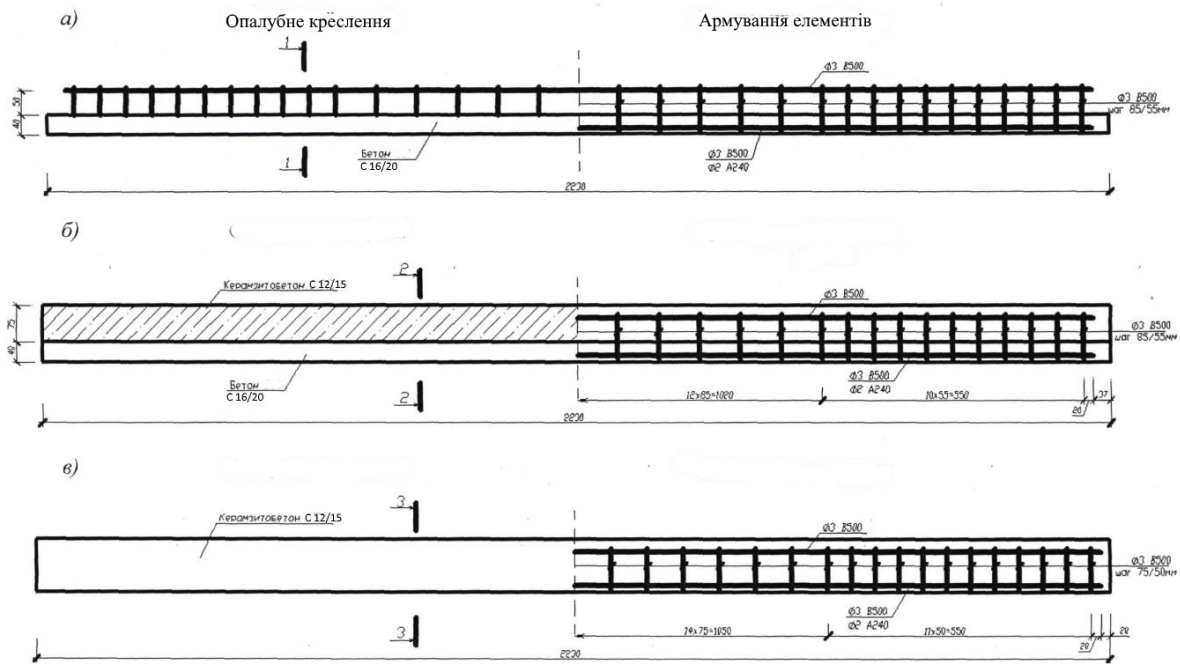


Рис. 1. Конструкція зразків збірно-монолітного перекриття:

а – конструкція збірного залізобетонного елемента; б – конструкція зразка збірно-монолітного перекриття; в – конструкція зразка монолітного перекриття

Навантаження зразків проводилося штучними вантажами – бетонними і керамзитобетонними стіновими блоками, які були попередньо зважені та промарковані, в напрямку від опор до середини, симетрично відносно середини прольоту зразків (рис. 2).

При випробуванні навантаження прикладалася у вигляді 5 зосереджених сил в 1/6 прольоту. Ступені навантаження становили 5% від розрахункового руйнівного навантаження до утворення тріщин і 10% – після утворення тріщин.

На першому етапі навантаження за величину навантаження була прийнята власна вага зразків, обчислена за наявними даними про їх армування, лінійних розмірах і за певної середньої густини матеріалів. При випробуванні фіксувалися значення прогинів зразків і деформації бетону і арматури.

Після появи тріщин зразки на кожній ступені навантаження витримувалися 10-15 хвилин, протягом яких проводився огляд поверхні зразків, фіксація тріщин з виміром їх висоти та ширини розкриття в місцях перетину поздовжньої арматури, деформацій бетону, арматури і прогинів зразків. Показання приладів знімалися на початку і по закінченні кожного ступеня навантаження.

Утворені тріщини відзначалися на зовнішній поверхні зразків з підписом порядкового номера ступені навантаження на початку і в кінці тріщини. Дослідний момент утворення тріщин в експериментальних зразках встановлювався шляхом огляду поверхні зразків за допомогою лупи, а також за показаннями тензорезисторів, встановлених в розтягнутій зоні бетону.

Проведені дослідження передбачали зіставлення дослідних даних деформативності, тріщиностійкості і міцності зразків перекриттів з результатами розрахунку за чинними нормами ДБН [5].

Розрахунок за нормами [5] проводився до рівня навантаження, що становить 80% від максимальної.

За даними показань тензорезисторів, наклеєних на бічних гранях елемента, можна говорити, як про лінійне з певною часткою допущення, характер розподілу деформацій по висоті перерізу (рис. 2), так і про надійність конструктивних заходів, застосованих в

монолітному перекритті для забезпечення спільної роботи складових бетонів на всіх етапах деформування.

Проведений аналіз отриманих дослідних значень деформацій, переміщень і тріщин дозволяє відзначити, що в процесі навантаження зразка чітко простежувалися описувані деформаційними моделями стадії його пружного та пружно-пластичного деформування.

Для оцінки напружено-деформованого стану перерізу дослідного зразка, що знаходиться в зоні чистого згину, будувалась залежність « $M - \varepsilon_s$ » (рис. 3). Критерієм вичерпання несучої здатності зразків перекриття стало досягнення деформацій в поздовжньої розтягнутої арматури граничних значень, як і в роботі [6].

Несуча здатність зразків перекриттів (навантаження, при якому деформації в арматурі досягають граничних значень) наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння даних експериментальних досліджень несучої здібності з теоретичним розрахунком

Тип зразка	M^{on} , кН·м	ДБН В.2.6 - 2009	
		M_d , кН·м	M_d/M^{on}
Збірно-монолітне перекриття	3,86	3,97	1,03
Монолітне перекриття	3,99	3,76	0,94

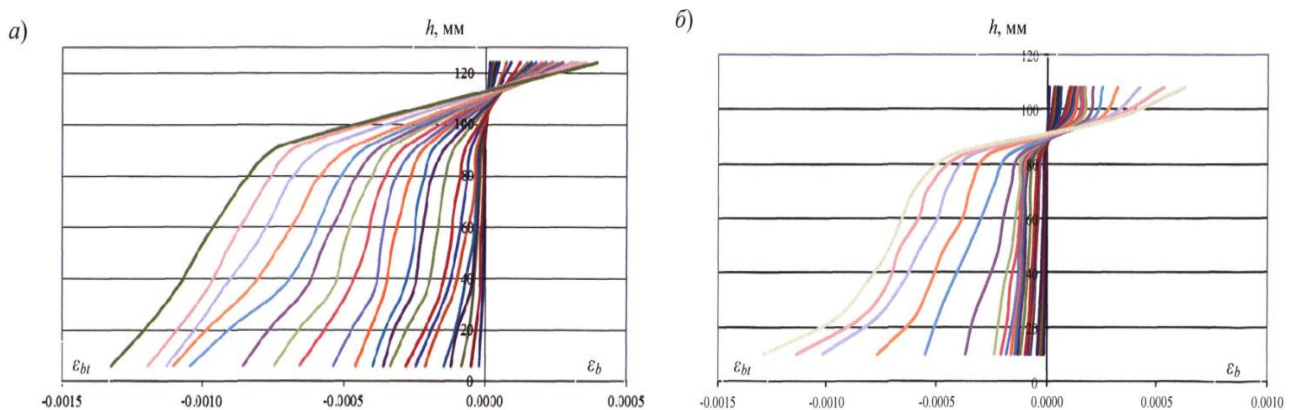


Рис. 2. Характер розподілу деформацій в бетоні по висоті перерізу:
а – збірно-монолітного перекриття; б – монолітного перекриття

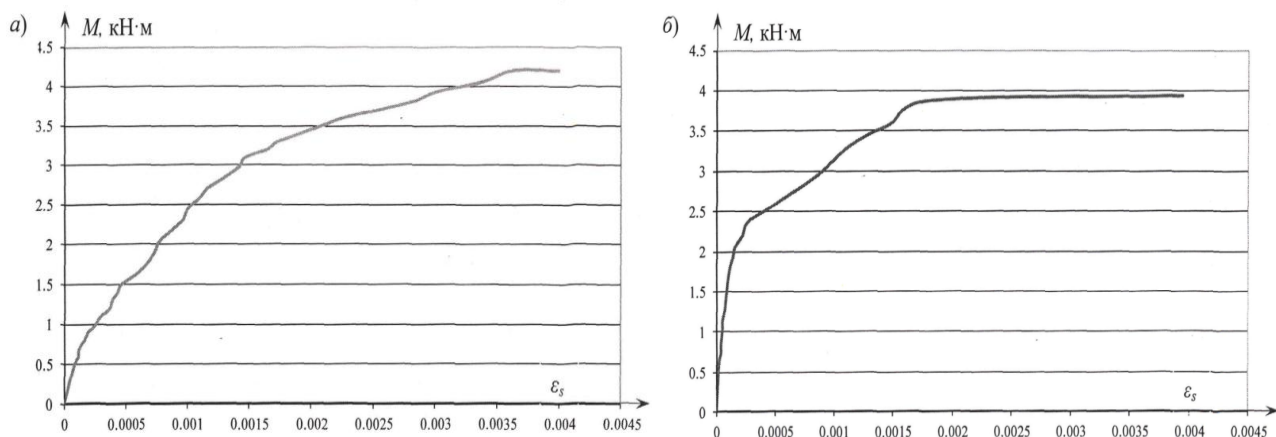


Рис. 3. Дослідні залежності « $M - \varepsilon_s$ »:
а – збірно-монолітного перекриття; б – монолітного перекриття

На початкових етапах навантаження (до утворення тріщин) деформації бетону і арматури дослідних зразків наростали практично в лінійній залежності від величини значень навантаження, а безпосередньо перед утворенням тріщин приладами був зафіксований суттєвий приріст деформацій розтягнутого бетону.

У момент утворення тріщин спостерігалася нестійка картина розподілу деформацій, яка в подальшому знову набувала стабільність.

Після утворення тріщин деформації як стиснутого бетону, так і розтягнутої арматури (рис. 4) збільшувалися нелінійно по мірі наближення до вичерпання несучої здатності. В цей же час відбувалося активне утворення нових та розкриття вже з'явившихся тріщин із збільшенням їх висоти і зменшенням відстаней між ними.

Критерієм вичерпання несучої здатності зразків було досягнення деформацій в поздовжньої розтягнутої арматури граничних значень. Величина, яка еквівалентна рівномірно розподіленому навантаженню, відповідала руйнуючій і склала, відповідно, для монолітного і збірно-монолітного перекриття – 9,65 кПа та 9,35 кПа, при цьому середні відносні деформації поздовжньої розтягнутої арматури склали $\varepsilon_{su} = 394 \times 10^{-5}$ та $\varepsilon_{su} = 399,6 \times 10^{-5}$, що відповідало досягненню напружень в арматурі межі текучості арматурної сталі. При навантаженні, еквівалентному руйнуючому, спостерігалася істотне розкриття тріщин ($w_k = 0,3 \dots 0,4$ мм), різке збільшення деформацій бетону стиснутої зони і величини прогинів. На цьому етапі навантаження деформації стиснутої зони бетону ще не досягли своїх граничних значень, і виколу бетону не спостерігалася.

При проведенні експериментальних досліджень було визначено характер утворення та розвитку тріщин, зміна відстані між тріщинами s_r та висоти тріщин h_{cr} зі збільшенням навантаження.

Дослідний момент тріщиноутворення фіксувався при випробуваннях зразків візуально за допомогою лупи і надалі уточнювався з діаграми «навантаження – прогин» (рис. 4), а також по значному приросту деформацій бетону розтягнутої грані, зафіксованому тензорезисторами.

На стадії навантаження, що становить 44,7 % від максимального навантаження в зразку монолітного перекриття з'явилися тріщини в нормальному перерізі в середині прольоту зразка. При подальшому навантаженні в перерізі зразка накопичувалися напруження від зовнішнього навантаження, внаслідок чого відбувалося розкриття тріщин і збільшення їх по висоті, утворення нових тріщин і їх розвиток. Утворювалися тріщини рівномірно по довжині зразка у зоні чистого згину. Ширина розкриття тріщин вимірювалася на рівні поздовжньої розтягнутої арматури.

При нормативному навантаженні ширина розкриття тріщин в монолітному перекритті склала 0,125 мм, в збірно-монолітному перекритті – 0,1 мм, що істотно менше встановленої нормами [5] гранично допустимої ширини $w_k = 0,4$ мм.

При навантаженні, еквівалентному руйнуючому, ширина розкриття тріщин не перевищувала граничних значень і становила 0,4 мм і 0,3 мм для монолітного і збірно-монолітного перекриття відповідно.

При невеликих рівнях навантаження отримані експериментальні залежності « $M - \chi$ » носять практично лінійний характер (рис. 4). До утворення тріщин на діаграмі спостерігається практично лінійна ділянка, яка безпосередньо перед утворенням тріщин набуває деяку нелінійність. У момент утворення тріщин графік переходить в нелінійну ділянку з меншим кутом підйому. За показаннями приладів в цей момент можна зафіксувати стрибкоподібний приріст кривизни.

Викривлення графіка пов'язано з проявом нелінійних властивостей бетону, а також поступовим виключенням з роботи бетону розтягнутої зони в перетинах з тріщинами. На етапі, коли дослідний момент склав 90% від максимального, деформації в перетинах наростали зі значним випередженням зростання моменту, і крива « $M - \chi$ » мала майже лінійний характер.

За обрисами графіків « $F-f$ » для збірно-монолітного перекриття (рис. 4, а) видно, що гілка діаграми, отриманої після перетворень результатів нормативних розрахунків,

проходить майже паралельно дослідній діаграмі, при цьому недооцінюючи величину прогинів в розрахунковому перерізі в середньому на 24% (табл. 2). Гілка нормативної діаграми « $F-f$ » після перетворень для монолітного перекриття проходить майже паралельно дослідній діаграмі, переоцінюючи зростання прогинів у перерізі в середньому на 17%.

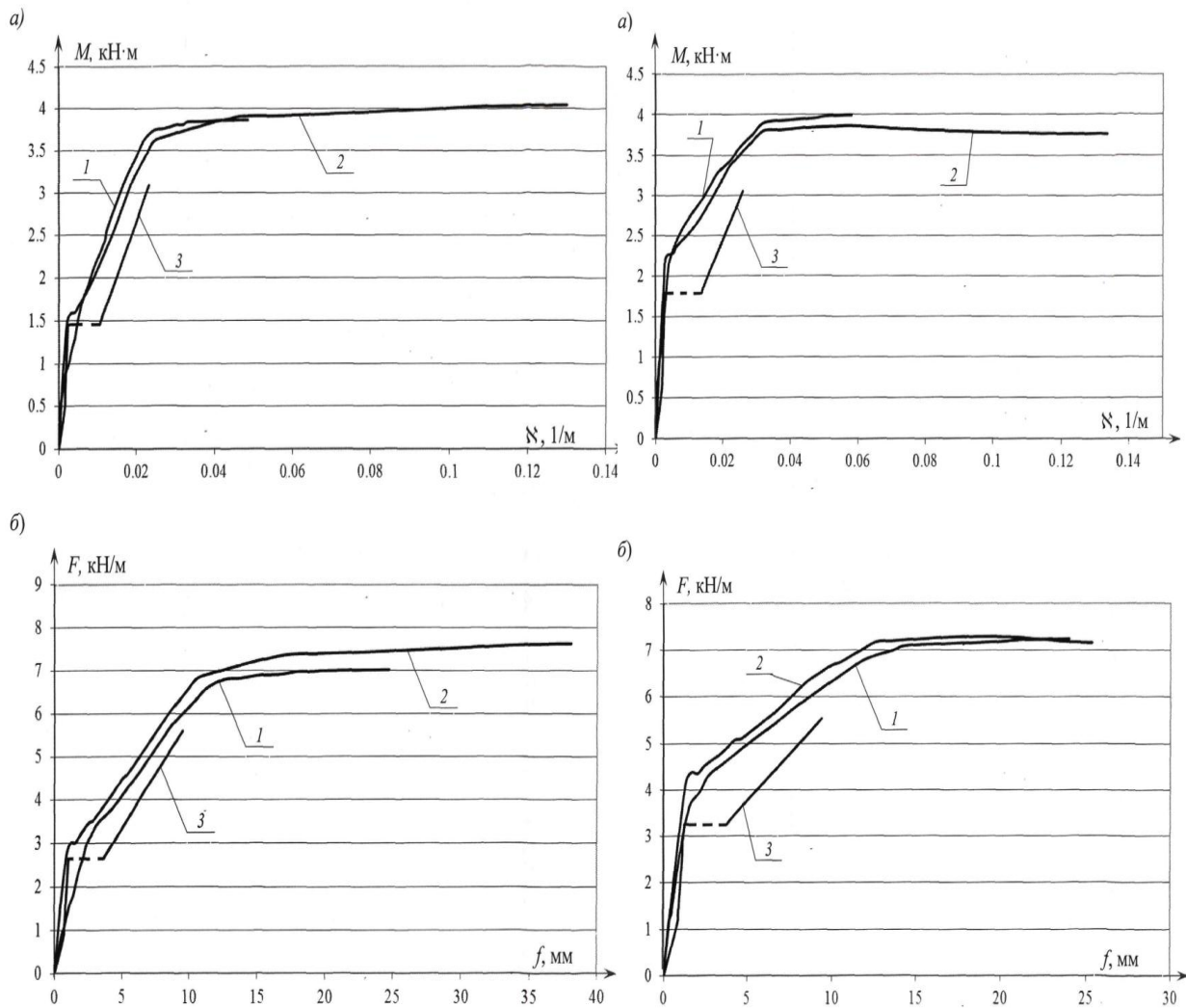


Рис. 4. Експериментальні та теоретичні залежності для збірно-монолітного і монолітного перекриття: а – « $M - \chi$ », б – « $F-f$ »; 1 – дослідні дані; 2 – розрахунок за методикою [7]; 3 – розрахунок [5, 8]

Таблиця 2 – Порівняння даних експериментальних досліджень за деформативністю з теоретичними розрахунками

Тип зразка	M_i/M_d	Прогин $f_{оп}$, мм	ДБН В.2.6 –98:2009	
			f , мм	$f/f_{оп}$
Збірно-монолітне перекриття	0,5	3,17	2,71	0,83
	0,6	5,51	4,11	0,74
	0,7	6,91	5,52	0,79
	0,8	8,06	6,59	0,86
Монолітне перекриття	0,5	1,54	2,13	1,38
	0,6	2,80	3,93	1,40
	0,7	5,30	5,73	1,08
	0,8	7,88	7,53	0,95

Висновки:

1. Розроблена методика проведення експериментальних досліджень, що включає випробування зразків збірно-монолітного і монолітного перекриття на згин.
2. Отримані експериментальні дані щодо міцності, тріщиностійкості та деформативності зразків перекриттів з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому і кварцовому піску.
3. В результаті аналізу отриманих експериментальних даних були виявлені характерні особливості напружено-деформованого стану, експериментальні величини відносних поздовжніх деформацій бетону по висоті перерізу, дослідні значення навантаження тріщиноутворення, ширини розкриття тріщин, прогинів і величин руйнівного навантаження.
4. Розроблені конструкції збірно-монолітного і монолітного перекриття володіють - достатньою міцністю, твердістю і довговічністю і можуть бути рекомендовані для застосування в будівництві малоповерхових громадських і житлових будівель, а також при реконструкції.

Література

1. Бамбура А.Н. К оценке прочности железобетонных конструкций на основе деформационного подхода и реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры / А.Н. Бамбура // Материалы 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона «Бетон на рубеже третьего тысячелетия». – Москва-9-14 сентября 2001. – том 2. – С. 750-757.
2. Маилян Л.Р. Диаграммы «момент-кривизна» железобетонных изгибаемых элементов в сечении с трещинами и между ними / Л.Р. Маилян, М.М. Аль-Хайфи // Совершенствование проектирования и расчёта железобетонных конструкций. Ростов-на-Дону: РАГС. – 1993. – 12 с.
3. Гуца Ю.П. Расчёт деформаций конструкций на всех стадиях при кратковременном и длительном нагружении / Ю.П. Гуца, Л.Л. Лемыш // Бетон и железобетон, 1985. – №11. – С. 13-16.
4. Кравченко С.А. Свойства керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем / С.А. Кравченко, И.А. Столевич, А.И. Костюк, А.С. Столевич // Науково-технічний збірник “Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди”. – Рівне, 2011. – вип.21.– С. 32 - 37.
5. ДБН В.2.6 – 98: 2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ, 2011. – 71 с.
6. Результаты экспериментальных исследований несущей способности, трещиностойкости и деформативности сборномонолитных и монолитных перекрытий / Г.А. Смоляго [и др.] // «Известия Юго-Западного государственного университета». – №5-2. – 2011. – С. 105–109.
7. Дронова А.В. Теоретические исследования несущей способности и деформативности сборно-монолитных изгибаемых конструкций [Электронный ресурс] / А.В. Дронова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2012.
8. ДСТУ Б В.2.6-154:2010 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Збірно-монолітні конструкції. Правила проектування. Київ, 2011. – 118с.

Стаття надійшла 24.03.2017