

УДК 624.012.35 : 620.173/174

Г.Х.МАСЮК, В.В.КАРАВАН

*Рівненський державний університет водного господарства і природокористування*

## **ТРИЩИНОСТІЙКІСТЬ І ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЗГИНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ДІЇ МАЛОЦИКЛОВИХ ЗНАКОЗМІННИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

Висвітлюється робота залізобетонних конструкцій при дії малоциклових знакозмінних навантажень; наведено методику досліджень, устаткування, конструкцію дослідних зразків. Подано експериментальні дані за результатами випробувань дослідних зразків.

Велика кількість залізобетонних конструкцій зазнає дії знакозмінного навантаження під час експлуатації. Наприклад, у всіх попередньо-напружених залізобетонних конструкціях при експлуатаційному навантаженні відбувається зміна знаку напружень і зусиль у бетоні, викликаних попереднім напруженням арматури. Ряд залізобетонних конструкцій та їх елементів також зазнають повторних циклічних знакозмінних навантажень (вітрові, сейсмічні, технологічні, температурно-усадочні та ін.). Це такі конструкції, як колони одноповерхових каркасних будівель з мостовими кранами, підкранові попередньо-напружені балки, попередньо-напружені залізобетонні несучі балки залізничних мостів, нерозрізні балки монолітних залізобетонних перекриттів, захисні попередньо-напружені оболонки реакторів АЕС в аварійних ситуаціях, стіни силосних корпусів для зберігання сипучих матеріалів та багато інших.

Ряд науковців, які займалися дослідженням роботи залізобетонних елементів під дією знакозмінного навантаження, в основному досліджували зміну міцності призм із різноманітними циклами та рівнями навантаження, і тільки деякі з них досліджували вплив знакозмінного навантаження на міцність згинальних елементів.

Отже, метою наших досліджень є отримання експериментальних даних і вивчення характеру деформативності та тріщиноутворення і ширини розкриття тріщин в залізобетонних згинальних елементах, що зазнають дії малоциклового знакозмінного короткочасного навантаження різного рівня, а також розробка на основі експериментальних даних рекомендацій з розрахунку тріщиностійкості й деформативності конструкцій, що знаходяться під впливом такого режиму навантаження.

Дослідження проводили на залізобетонних балках розмірами 2000x160x100 мм. Армвання балок подвійне, симетричне арматурою – 4Ø10 А-III, поперечне – Ø4 Вр-I з кроком 75 мм, захисний шар бето-

ну – 15 мм. Бетон класу В15. Була також запроектована і виготовлена дослідна установка для проведення випробувань, в якій знакозміне навантаження створювалось завдяки рухомим гвинтам із наконечниками на чотирьох опорах, і зміною допоміжних опор на верхній траверсі. Навантаження створювали за допомогою гвинта і блоку пружин, рівень його контролювали динамометром. Дослідні дані про деформацію арматури одержали за допомогою тензометрів Гугенбергера, що були встановлені на робочу арматуру верхньої і нижньої зони. Деформацію бетону фіксували індикаторами годинникового типу, а прогини балки – прогиномірами типу 6 ПАО. За зміною висоти, довжини, ширини розкриття тріщин слідували за допомогою мікроскопу.

Навантаження зразків здійснювали двома зосередженими силами, коли вік бетону досяг 70 діб. Випробувавши дві балки Б-1 та Б-2 на дію однозначного короткочасного навантаження, визначили руйнівне, що склало  $P_p = 3,1$  т. Дві балки з маркуванням БЗНЦ<sup>1</sup>-0,65 і БЗНЦ<sup>2</sup>-0,65 випробували на дію малоциклового короткочасного знакозмінного навантаження рівня 0,65 від руйнівного, кількість циклів завантаження – 10. Цикл складався з двох напівциклів: а – верхня зона розтягнута, а нижня стиснута; б – верхня зона стиснута, а нижня розтягнута. Завантажували й розвантажували балки ступенями по 0,5 т з “відпочинком” між ними в 15 хвилин. До руйнування балки доводили без розвантаження на 10-б циклі. На кожному ступені завантаження і розвантаження знімали покази приладів, фіксували появу і ріст ширини розкриття тріщин.

За тією ж методикою випробували три балки: БЗНЦ<sup>1</sup>-0,65/0,8; БЗНЦ<sup>2</sup>-0,65/0,8; БЗНЦ<sup>3</sup>-0,65/0,8 але на п'ятому циклі і напівциклах 5-а та 5-б довантажували балки до рівня 0,8 від руйнівного зусилля. Руйнували зразки на 10-а циклі.

У результаті обробки експериментальних даних по балках БЗНЦ<sup>1</sup>-0,65 та БЗНЦ<sup>2</sup>-0,65 було помічено появу на першому циклі завантаження по бетону та арматурі залишкових деформацій із подальшою стабілізацією їх на четвертому циклі, після чого до руйнування бетон і арматура працювали пружно (рис. 1).

Обробивши дослідні дані по зразках БЗНЦ<sup>1</sup>-0,65/0,8; БЗНЦ<sup>2</sup>-0,65/0,8; БЗНЦ<sup>3</sup>-0,65/0,8 і порівнявши їх з попередніми балками, можна відмітити, що на п'ятому циклі завантаження відбувається збільшення залишкових деформацій як по бетону, так і по арматурі. На наступних циклах, аж до руйнування зразка, відбувається стабілізація деформацій з пружною роботою матеріалів. Цікавим є те, що на напівциклі 5-б при навантаженні, рівному 0,8 від руйнівного, в арматурі нижньої зони розвиваються значні деформації, на відміну від арматури верх-

ньої зони зразка при тому ж навантаженні в напівциклі 5-а (рис.2). Необхідно відзначити те, що при випробовуванні усіх балок на руйнування (10 цикл) як стиснутий, так і розтягнутий бетон досягав значення граничних деформацій (рис. 1, 2).

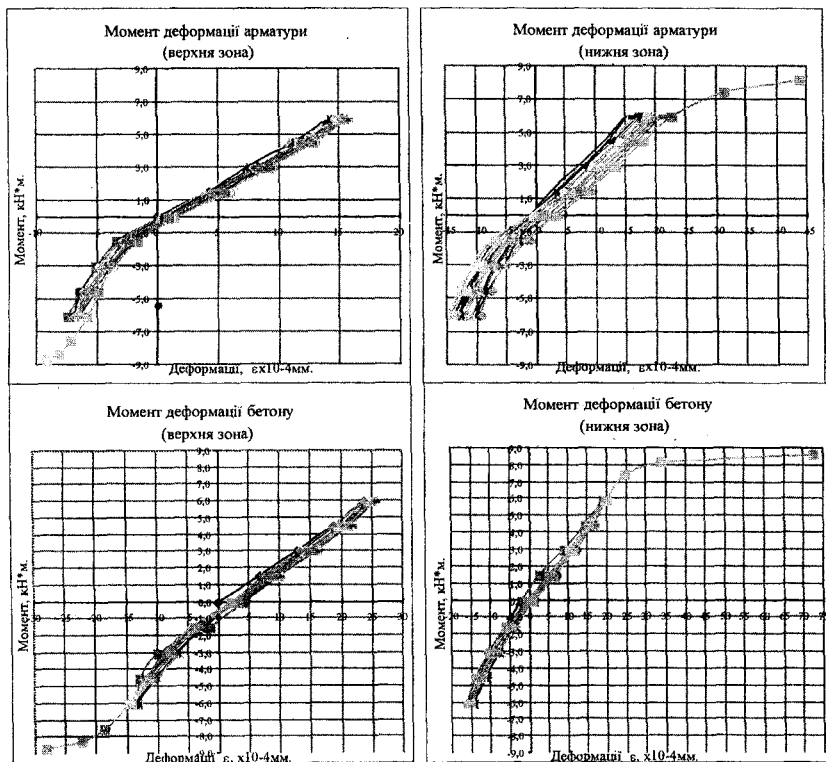


Рис. 1 – Деформації арматури і бетону дослідних зразків БЗНЦ<sup>(2)</sup>-0,65

Отже, за дії знакозмінного навантаження постійного рівня після четвертого циклу в бетоні й арматурі зразків відбувається стабілізація деформацій, а збільшення рівня навантаження на п'ятому циклі призводить до збільшення залишкових деформацій у матеріалах із подальшою їх стабілізацією на восьмому циклі.

У процесі випробувань уважно слідкували за тріщиноутворенням нормальних і похилих тріщин, визначали ширину їх розкриття а см., висоту нормальних  $h$  см. і довжину похилих  $l$  см. тріщин, а також їх розвитком залежно від числа циклів знакозмінних навантажень.

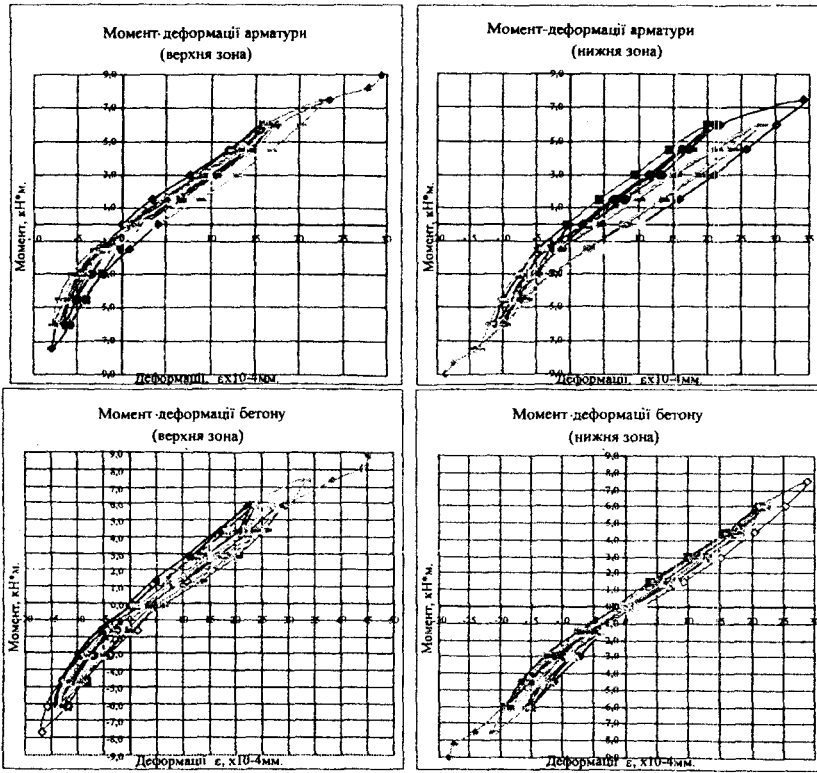


Рис. 2 – Деформації арматури і бетону дослідних зразків БЗНЦ<sup>(2,3)</sup>-0,65/0,8

Отже, можна зробити висновок, що при постійному рівні знакозмінного малоциклового короточасного навантаження процеси тріщиноутворення та розвитку тріщин стабілізуються на четвертому циклі і надалі до руйнування мають незначну величину. Зміна ж рівня навантаження викликає збільшення довжини, ширини розкриття похилих і нормальних тріщин. Причому при розвантаженні до  $M=0$  кН·м тріщини не закриваються. Система перехресних тріщин розбиває залізобетонну балку на блоки, з'єднані між собою поздовжньою робочою арматурою. При високому рівні навантаження відбувається взаємне переміщення блоків один відносно одного, зусилля сприймає поздовжня арматура, надалі при розвантаженні це призводить до того, що тріщини не закриваються, а напруження в розтягнутій арматурі досягає значень, близьких до межі текучості.

Характер утворення і розвитку тріщин в залізобетонних балках

Балки	Цикл	Напів-	Нормальні тріщини		Похилі тріщини			Примітки
			h ср., мм	a ср., мм	l ср., мм	c ср., мм	a ср., мм	
БЗНЦ <sup>(2)</sup> - 0,65 та БЗНЦ <sup>(2,3)</sup> - 0,65/0,8	1	а	сер.=77 max=110	0,14	сер.=113 max=160	сер.=60 max=100	0,14	Інтенсивне утворення нормальних і похилих тріщин, починаючи з M=1,5 кН·м
		б	сер.=77 max=110	0,14	сер.=113 max=160	сер.=60 max=100	0,14	
	2	а	нові=50 max=110	0,16	нові=70 max=160	нові=35 max=100	0,2	Утворення нових нормальних і похилих тріщин, суттєвий розвиток існуючих похилих і незначний нормальних тріщин
		б	нові=50 max=110	0,16	нові=70 max=190	нові=35 max=110	0,2	
	3	а	нові=70 max=120	0,2	нові=50 max=200	нові=30 max=130	0,3	Утворення нових нормальних і похилих тріщин, незначний розвиток існуючих похилих і нормальних тріщин
		б	нові=70 max=120	0,2	нові=50 max=200	нові=30 max=130	0,3	
	4	а	нові=20 max=120	0,2	сер.=125 max=200	сер.=70 max=130	0,3	Утворення нових нормальних тріщин, незначне подовження існуючих похилих і нормальних тріщин
		б	нові=20 max=120	0,2	сер.=125 max=200	сер.=70 max=130		
БЗНЦ <sup>(2,3)</sup> - 0,65/0,8	5	а	сер.=100 max=130	0,3	сер.=175 max=230	сер.=100 max=160	0,6	Існуючі нормальні похилі тріщини не закриваються при M=0, при завантаженні до M=7,5 кН·м відбувається розвиток тріщин
		б	сер.=100 max=130	0,3	сер.=175 max=230	сер.=100 max=160	0,6	
	6,7,8,9	а	сер.=100 max=130	0,3	сер.=175 max=230	сер.=100 max=160	0,8	Збільшується ширина розкриття похилих тріщин
		б	сер.=100 max=130	0,3	сер.=175 max=230	сер.=100 max=160	0,8	
БЗНЦ <sup>(2)</sup> - 0,65	5,6,7,8,9	а	сер.=80 max=120	0,2	сер.=140 max=210	сер.=80 max=140	0,3	Незначне подовження нормальних і похилих тріщин
		б	сер.=80 max=120	0,2	сер.=140 max=210	сер.=80 max=140	0,3	
БЗНЦ <sup>(2,3)</sup> - 0,65/0,8	10	а	max=130	0,35	max=230	max=160	1,0	Збільшується ширина розкриття тріщин при M=7,5 кН·м
БЗНЦ <sup>(2)</sup> - 0,65	10	а	max=130	0,3	max=220	max=155	0,7	Дані відповідають моменту M=7,5 кН·м. Відбувається розвиток нормальних і похилих тріщин
		б	max=130	0,3	max=220	max=155	0,7	

Отже відзначимо, що тріщиностійкість балок, які зазнавали впливу постійного рівня короточасного знакозмінного навантаження, вища ніж балок, що знаходились під дією знакозмінного навантаження зі збільшенням його рівня на п'ятому циклі.

Отримано 17.05.2002

УДК 624.012

А.Н.БАМБУРА, Г.С.АНДРИАНОВА, Е.М.КАЛИНЧУК

Научно-исследовательский институт строительных материалов, г.Киев

А.В.КОЛЕСНИКОВ

ООО "Композит", г.Киев

### **МЕТОДИКА И ПЛАН ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПУТЕМ НАКЛЕИВАНИЯ СТАЛЬНЫХ И БАЗАЛЬТОВЫХ ЛЕНТ**

Рассматривается возможность сокращения сроков производства работ по реконструкции зданий и сооружений, экономии материалов и энергозатрат путем использования полимерных клеев.

В настоящее время проблема реконструкции зданий и сооружений является очень актуальной. При реконструкции зданий и сооружений достигается:

- сокращение сроков производства работ;
- экономия материалов и энергозатрат;
- снижение трудозатрат.

Одним из возможных путей решения этих проблем является использование полимерных клеев [1,2,3]. Применение клеев дает возможность существенно понизить трудоемкость изготовления конструкций и ускорить процесс строительства. Они позволяют быстро и эффективно ремонтировать и модернизировать устаревшие или дефектные конструкции. В ряде случаев, клеевые соединения часто являются единственным способом восстановления конструкции.

В настоящее время в НИИСК совместно с ООО "Композит" ведутся исследования различных составов для восстановления, упрочнения и антикоррозионной защите бетонных, железобетонных и металлических конструкций.

По данным проведенных ранее исследований, образцы бетона, обработанные пропитывающей композицией "Консолид" [4] показывают повышение прочности бетона на осевое растяжение на 22...27%, водопоглощение бетона уменьшается в 2 раза по сравнению с контрольными образцами. Кроме этого, бетон обработанный "Консолидом" увеличивает адгезию "нового" бетона к "старому" на