

Є.В. Клименко, О.С. Чернєва, Арез Мохаммед Ісмаел
Одеська державна академія будівництва та архітектури,
кафедра будівельних конструкцій

ХАРАКТЕР РУЙНУВАННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ТАВРОВИХ БАЛОК

© Клименко Є.В., Чернєва О.С., Арез Мохаммед Ісмаел, 2013

Досліджено характер руйнування дослідних зразків – балок з пошкодженою полицею. Дослідження проводять з метою вивчення впливу пошкоджень балки на її залишкову несучу здатність.

Ключові слова: залізобетонні балки, пошкодження, руйнування, несуча здатність.

The nature of the experimental model – beams' destruction with damaged shelf is examined at the article. Studies conducted to study the effect of beam damage on residual bearing capacity.

Key words: concrete beams, damage, destruction, bearing capacity.

Вступ

Залізобетонні елементи таврового перерізу в будівництві використовуються як окремі конструкції – типові балки, так і в складі перекриттів – монолітних ребристих і збірних панельних. За рахунок розташування полиці у верхній зоні, зменшується висота балок під перекриттям, що робить їх зручнішими при використанні в будівництві громадських будівель, торгових і розважальних центрів.

У залізобетонних «нормально» армованих елементах, які працюють на згин, руйнування починається з розтягнутої зони, коли розрахункові опори розтягнутої арматури досягають своєї межі. Виникнення напружень у стисненій зоні бетону та руйнування його захисного шару спричиняє руйнування нижчих шарів і поступове розтягнення поздовжньої арматури. Із збільшенням прогину елемента виникає розтріскування захисного шару бетону в розтягнутій зоні. Однак, якщо елемент переармований, то руйнування може початися і зі стисненої зони бетону, при цьому напруження в розтягнутій арматурі будуть нижчими за граничні значення, що не задовольняє вимоги оптимального конструювання елементів. Руйнування залізобетонного елемента стисненої зони може відбуватися не лише через некоректне конструювання. Бетон стисненої зони руйнується також при невеликих температурах його нагріву і значних стискних напруженнях у ньому, коли пластичні властивості бетону при нагріванні не встигають проявитися, і модуль пружності знижується незначно. Цей випадок аналогічний руйнуванню переармованих залізобетонних згинальних елементів при звичайній температурі і характеризується недовикористанням механічних властивостей розтягнутої арматури. Отже, розрізняють дві схеми руйнування залізобетонних «нормально» армованих елементів, що згинаються: 1) коли причиною втрати міцності елемента буде досягнення в розтягнутій арматурі розрахункових опорів за межею текучості; 2) коли міцність елемента вичерпується внаслідок руйнування стисненої зони бетону раніше, ніж напруги в розтягнутій арматурі досягнуть розрахункового опору.

При розрахунку міцності нормального перерізу елементів, що згинаються, передбачається, що в розтягнутій зоні бетону утворюються тріщини, і бетон в цій зоні вже не працює на сприйняття навантажень. Враховуючи те, що виникає необхідність оптимізації розмірів будівельних конструкцій та зниження їх матеріаломісткості, намагаються максимально зменшити витрату матеріалів (у нашому випадку бетону в розтягнутій зоні), не порушуючи при цьому міцності всього елемента.

У прямокутному перерізі балки можна помітити, що бічні ділянки розтягнутої зони практично не беруть участі у сприйнятті навантаження, отже, їх можна прибрати. Так, отримуємо тавровий переріз балки. Така балка із залізобетону працює за рахунок того, що зусилля стиску

сприймаються бетонною полицею, а зусилля розтягу сприймаються достатньою кількістю арматури в ребрі елемента.

Актуальність роботи

На жаль, у чинних нормах [1] не враховано можливості визначити залишкову несучу здатність пошкоджених залізобетонних балок таврового перерізу, хоча це могло значно знизити витрати на їх підсилення, а вивчення напружено-деформованого стану таких конструкцій дало б змогу проаналізувати їх подальшу роботу спільно з конструкцією підсилення. Отже, актуальним є оцінювання технічного стану пошкодженого залізобетонного елемента, який працює на згин, тобто оцінювання тієї залишкової несучої здатності, якою на певний момент експлуатації володіє ця конструкція. Надалі за допомогою порівняння залишкової несучої здатності з величиною зовнішнього впливу можна оцінити технічний стан цієї конструкції і можливість її подальшої експлуатації. Оскільки проектування ведуть за методом граничного стану, то запасів міцності на процес зношення не передбачається, і найменше пошкодження (зменшення площі поперечного перерізу) відразу ж приводить конструкцію у не придатний до експлуатації стан [2].

Аналіз чинних нормативних документів з визначення технічного стану конструкцій [3, 4] показав, що вони також не містять рекомендацій щодо визначення залишкової несучої здатності будівельних конструкцій.

Постановка експерименту з дослідження пошкоджених таврових балок

Для вирішення поставленого завдання на кафедрі будівельних конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури було виконано серію дослідів за держбюджетною тематикою з використанням теорії математичного планування експерименту [5, 6]. Ця теорія дає змогу теоретично обґрунтовано встановити мінімально необхідну кількість і склад дослідів для отримання вичерпної інформації про якісний і кількісний вплив досліджуваних факторів на вихідні параметри, як окремо, так і у взаємодії, чого не можна досягти за традиційною методикою. На підставі аналізу апріорної інформації з літературних джерел з урахуванням реальної можливості здійснення як фактори варіювання прийнято:

- пошкоджену частину полиці, подану відношенням (b_1/b_1') , де b_1 – величина пошкодження; b_1' – величина звисів полиці;
- глибину пошкодження a_1 , подану через відношення глибини пошкодження полиці до товщини полиці (a_1/h_f') ;
- кут пошкодження β , поданий через відношення кута пошкодження до кута нахилу полиці, що дорівнює 90° .

Рівні і інтервал варіювання даних факторів наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Фактори варіювання для трьохфакторної моделі планування експерименту

Фактори, що досліджуються у серії		Рівні варіювання			Інтервал варіювання
Натуральне значення	Код	«-1»	«0»	«+1»	
Кут пошкодження $\beta/90^\circ$	X ₁	$0^\circ/90^\circ=0$	$22,5^\circ/90^\circ=0,25$	$45^\circ/90^\circ=0,5$	0,25
Глибина пошкодження a_1/h_f' , мм.	X ₂	$0/60=0$	$30/60=0,5$	$60/60=1$	0,5
Пошкоджена частина полицки b_1/b_1' , мм	X ₃	$0/165=0$	$82,5/165=0,5$	$165/165=1$	0,5

Для детальнішого вивчення впливу пошкоженості балок на їх напружено-деформований стан і міцність прийнятий конвертований трифакторний план експерименту. Цей план дає змогу детальніше розглянути зразки з глибиною пошкодження $a_1 = 30$ мм і 60мм, тобто рівні 0 і +1,

залишивши таким чином на $a_1 = 0$ лише три експериментальні зразки – балки, і зразки з величиною пошкодженої частини полиці $b_1/b_1' = 0,5$ і 1 , тобто рівні 0 і $+1$, залишивши таким чином на $b_1/b_1' = 0$ лише чотири експериментальні зразки – балки. Оскільки в реальних умовах роботи балок при їх експертизі та оцінці технічного стану точно виміряти кут пошкодження доволі складно (через нерівності відколотої поверхні), зразки – балки з $\beta = 0^\circ$ і $\beta = 45^\circ$ представлені в плані експерименту в більшій кількості, ніж зразки з $\beta = 22,5^\circ$. План експерименту в кодованих і натуральних значеннях факторів наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Матриця планування експерименту

№ з/п	Марка балки	Кодовані значення факторів			Натуральні значення факторів		
		X ₁	X ₂	X ₃	Кут пошкодження $\beta/90^\circ, (\beta, ^\circ)$	Глибина пошкодження $a_1/h_f', (a_1, \text{мм})$	Пошкоджена b_1/b_1' , (величина полицки, що залишилась неушкодженою, $b_f', \text{мм})$
1	Б1	+1	+1	+1	0,5 (45 ⁰)	1 (60)	1 (70)
2	Б2	-1	+1	+1	0 (0 ⁰)	1 (60)	1 (70)
3	Б3	+1	+1	-1	0,5 (45 ⁰)	1 (60)	0 (400)
4	Б4	+1	+1	0	0,5 (45 ⁰)	1 (60)	0,5 (235)
5	Б5	-1	-1	+1	0 (0 ⁰)	0 (0)	1 (70)
6	Б6	-1	-1	-1	0 (0 ⁰)	0 (0)	0 (400)
7	Б7	0	0	0	0,25 (22,5 ⁰)	0,5 (30)	0,5 (235)
8	Б8	0	+1	+1	0,25 (22,5 ⁰)	1 (60)	1 (70)
9	Б9	+1	0	+1	0,5 (45 ⁰)	0,5 (30)	1 (70)
10	Б10	+1	0	0	0,5 (45 ⁰)	0,5 (30)	0,5 (235)
11	Б11	-1	0	0	0 (0 ⁰)	0,5 (30)	0,5 (235)
12	Б12	0	0	-1	0,25 (22,5 ⁰)	0,5 (30)	0 (400)
13	Б13	-1	0	-1	0 (0 ⁰)	0,5 (30)	0 (400)
14	Б14	0	+1	0	0,25 (22,5 ⁰)	1 (60)	0,5 (235)
15	Б15	-1	-1	0	0 (0 ⁰)	0 (0)	0,5 (235)

Для виготовлення дослідних зразків-балок, кубів і призм використовували звичайний важкий бетон з проектним класом С30/35 заводського виготовлення на гранітному щебені фракції 5...20мм, піску з модулем крупності 2,4. Як в'язуче використовували звичайний портландцемент марки 400 без домішок. У процесі бетонування зразків-балок у кожному досліді з тієї самої бетонної суміші виготовляли по 3 бетонні куби 10x10x10см і по 3 призми 10x10x40см, які згодом випробовували у віці 90 діб і за один день до початку основних випробувань відповідно до вимог чинних норм [7, 8]. Виготовляли всі дослідні зразки на Куліндоровському заводі будівельних матеріалів (20-й км Старокиївського шосе) в сталевий роз'ємній опалубці. Бетонну суміш укладали в заздалегідь промазані спеціальним розчином форми і ущільнювали на вібростолі. Протягом перших 15-ти днів твердіння бетону зразки постійно зволожували.

Дослідні зразки – балки було армовано одиночним армуванням Ø16A500С (робоча арматура) та Ø6A240С (поперечна та монтажна арматура). Армування пошкодженої полицки відсутнє для чистоти проведення експерименту.

Випробування проводили на гідравлічному пресі П-125 №1247 за ГОСТ 8905-67 (м. Армавір, 1974 р.). Навантаження на балку передавали за допомогою двох траверс для розподілу навантаження через шарніри (рис. 1). Верхня та нижня траверси складались з двох двотаврів №16 з привареними згори та знизу плитами з розмірами (400x800x10)мм – для верхньої траверси та

(200x2000x10)мм – для нижньої траверси. Шарніри передавали навантаження на балку через металеві пластини з розмірами (200x400x10) – для приопорних ділянок та (100x400x10) – в місцях прикладання зосередженого навантаження. Один шарнір був приварений до плити, а другий вільно на неї спирався.

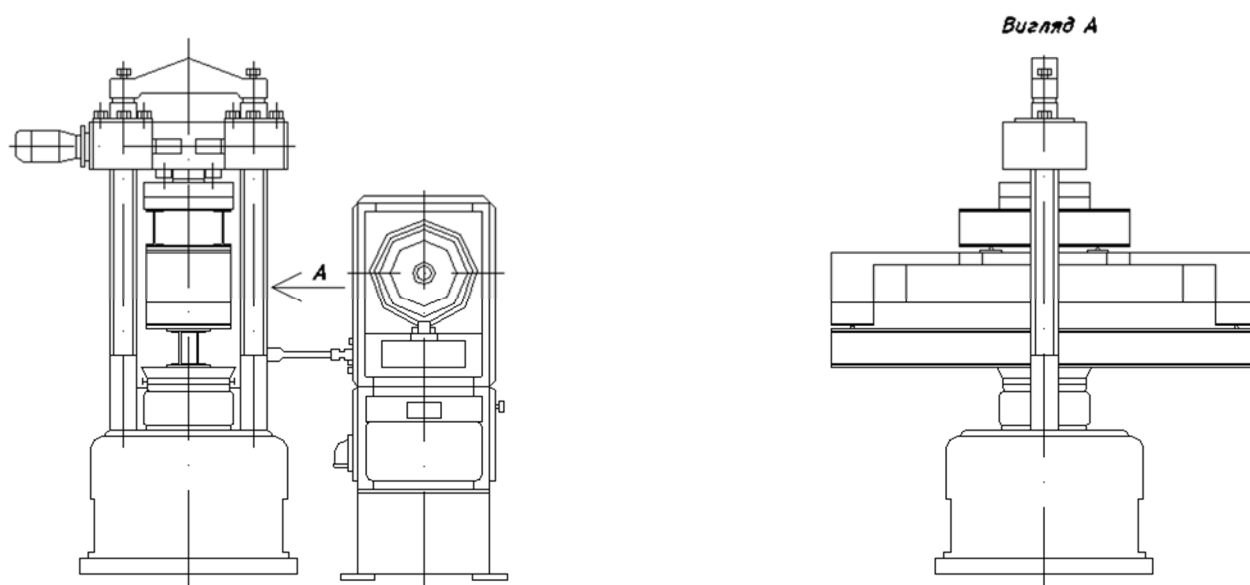


Рис. 1. Схема проведення випробувань таврових пошкоджених балок

Загальний вигляд дослідних зразків по серіям наведено на рис. 2. У процесі випробувань фіксували значення прогинів за допомогою індикаторів годинникового типу за ГОСТ 577 з ціною поділки 0,05мм згідно з пунктом 6.4 [7], розташованих по обидва боки балок на нижніх гранях зразків; та поперечні та поздовжні деформації бетону та арматури за допомогою електротензорезисторів на паперовій основі з базою 5см для бетону та 2см – для арматури та опором 200Ом. Фіксували покази електротензорезисторів за допомогою багатоканальної вимірювальної тензометричної системи для статичних випробувань ВНП-8.

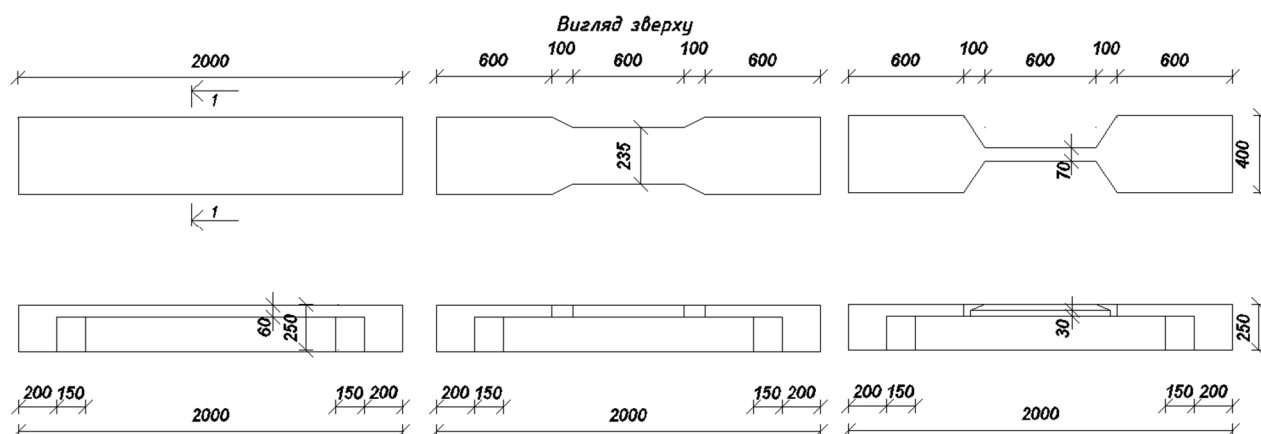


Рис. 2. Опалубкове креслення експериментальних зразків

Руйнування дослідних зразків 1 серії (зразки з шириною полицки 400 мм) Б3,6,12,13 мало однаковий характер. Перші тріщини виникли в зоні чистого згину при рівні навантаження $0,3F_u$. За збільшення навантаження в прольоті зрізу почали виникати похилі тріщини, які отримали свій розвиток до полицки та перетнули її. Руйнування виникло через роздроблювання бетону стисненої зони над верхівкою похилої тріщини.

У всіх зразків з шириною залишеної після пошкодження балки полицею 235мм перші тріщини виникли у місцях прикладання зосереджених сил. Балки цієї серії Б 7, 10, 11, 14, 15 зруйнувались від роздроблювання бетону стисненої зони над верхівкою похилої тріщини. У балки Б15 спостерігалось в момент руйнування відлущування бетону стисненої зони в межах ділянки пошкодження балки. Винятком стала балка Б4, яка зруйнувалась в зоні чистого згину за нормальним перерізом.

У балках третьої серії Б1,2,5,8,9, які в зоні чистого згину практично не мали полицки, на рівні навантаження $(0,5...0,6)F_u$ виникли похилі тріщини, які стрімко розвинулись до рівня полицки. Руйнування зразків відбулось у прольоті зрізу за похилою тріщиною, але разом з тим спостерігалось суттєве відлущування бетону стисненої зони в межах ділянки пошкодження балки.

Висновки

Подальша робота із дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних пошкоджених таврових балок та вивчення впливу факторів, що варіюються, на їх несучу здатність є актуальною та доцільною для складання методики з визначення залишкового ресурсу міцності балок.

1. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 97 с. – (Національний стандарт України). 2. Клименко Є.В. Технічний стан будівель та споруд / Клименко Є.В. – Одеса: ОДАБА, 2010. – 284 с. 3. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – [Чинні від 1997-11-27] – К.: Держ. комітет буд-ва, архіт. та житлової політики України, Держнаглядохоронпраці України, 1997. – 145 с. 4. Техническая диагностика. Термины и определения. ГОСТ 20911-89. – [Чинний від 1991-01-01]. – М.: ГК СССР по управлению качеством продукции и стандартами. – 1989. – 132 с. 5. Вознесенский В.А. Статические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Финансы и статистика, 1981. – 215с. 6. Рекомендации по применению методов математического планирования эксперимента в технологии бетона. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1981. – 103с. 7. Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости: ДСТУ Б.В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). – [Чинний від 1995-11-16]. – К.: Госстрой Украины, 1994. – 44с. 8. Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона, арматуры и железобетонных конструкций (НИИЖБ). – М.: Госстройиздат, 1962. – С.127–132.