

Клименко Є.В., Чернєва О.С., Арез Мохаммед Ісмаел,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4

ХАРАКТЕР РУЙНУВАННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ТАВРОВИХ БАЛОК

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

В статті досліджується 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.

Keywords - 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 більш зручними 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 в стиснутій зоні бетону та руйнування його захисного шару викликає руйнування нижчих шарів і поступове розтягнення поздовжньої арматури. Збільшення прогину елемента викликає розтріскування захисного шару бетону в розтягнутій зоні. Однак, якщо елемент переармований, то руйнування може початися і зі стиснутої зони бетону, при цьому напруження в розтягнутій арматурі будуть нижче граничних значень, що не задовольняє вимогам оптимального конструювання елементів. Руйнування залізобетонного елемента стиснутої зони може відбуватися не тільки через некоректне конструювання. Руйнування бетону стиснутої зони відбувається також при невеликих температурах його нагріву і значних стискаючих напруженнях в 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. Таким чином, 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 стиснутої 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 елемента в цілому.

У прямокутному перерізі балки можна помітити, що бічні ділянки розтягнутої зони практично не беруть участь у сприйнятті навантаження, отже, їх можна прибрати. Таким чином, виходить 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, діючими нормами [1] не враховується можливість визначення залишкової несучої здатності пошкоджених залізобетонних балок таврового перерізу, хоча це могло значно знизити витрати на їх підсилення, а вивчення напружено-деформованого стану таких конструкцій дозволило б проаналізувати їх подальшу роботу спільно з конструкцією підсилення. Виходячи з цього актуальним є оцінювання технічного стану пошкодженого залізобетонного елемента, який працює на згин, тобто оцінювання тієї залишкової несучої здатності, якою на певний момент експлуатації володіє дана конструкція. Надалі за допомогою порівняння залишкової несучої здатності з величиною зовнішнього впливу можна оцінити технічний стан даної конструкції і можливість її подальшої експлуатації. Так як проектування ведеться за методом граничного стану, то запасів міцності на процес зношення не передбачається, і найменше пошкодження (зменшення площі поперечного перерізу) відразу ж переводить конструкцію у непридатний до експлуатації стан [2].

Аналіз діючих 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 була виконана серія дослідів з держбюджетної тематики з використанням теорії математичного планування експерименту [5, 6]. Дана теорія дозволяє 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 їх взаємодії, чого не можна досягти при використанні традиційної методики. На підставі аналізу апріорної інформації з літературних джерел з урахуванням реальної можливості здійснення в якості факторів варіювання прийняті:

- пошкоджена частина полиці, виражена відношенням (b_1/b_1') , де b_1 - величина пошкодження; b_1' - величина звисів полиці;
- глибина пошкодження a_1 , виражена через відношення глибини пошкодження полиці до товщини полиці (a_1/h_f) ;
- кут пошкодження β , виражений через відношення кута пошкодження до кута нахилу полиці, рівного 90° .

Рівні і інтервал варіювання даних факторів зведені до табл. 1.

Таблиця 1.

Фактори варіювання для трьохфакторної моделі планування експерименту

Фактори, що досліджуються Y 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 більш детального вивчення впливу пошкодженості балок на їх напружено-деформований стан і міцність прийнятий конвертований трьохфакторний план експерименту. Даний план дозволяє більш детально розглянути зразки з глибиною пошкодження $a_1 = 30\text{мм}$ і 60мм , тобто рівні 0 і +1, залишивши таким чином на $a_1 = 0$ лише три експериментальних зразка - 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 експериментальних зразка - балки. Так як в реальних умовах роботи балок при їх експертизі та оцінці технічного стану виконати точний вимір кута пошкодження досить 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 представлений в табл. 2.

Таблиця 2.

Матриця планування експерименту

№ п/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. В якості в'язучого використовували звичайний портландцемент марки 400 без домішок. У процесі бетонування зразків-балок в кожному досліді з тієї ж бетонної суміші виготовляли по 3 бетонних куба 10x10x10см і по 3 призми 10x10x40см, які згодом випробовували у віці 90 діб і за один день до початку основних випробувань відповідно до вимог діючих Норм [7, 8]. Виготовлення всіх дослідних зразків виконувалося на Куліндоровському заводі будівельних матеріалів (20-й км. Старокиївського шосе) в сталевий роз'ємний опалубці. Бетонну суміш укладали в задалегідь промазані спеціальним розчином форми і ущільнювали на вібростолі. Протягом перших 15-ти днів твердіння бетону зразки постійно зволожували.

Армування дослідних зразків – балок було прийняте одиночне 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 по ГОСТ 8905-67 м. Армавір, 1974р. Навантаження на балку передавалось за допомогою двох траверс для розподілу навантаження через шарніри (рис.1). Верхня та нижня траверси складались з двох двотаврів №16 з

привареними зверху 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.

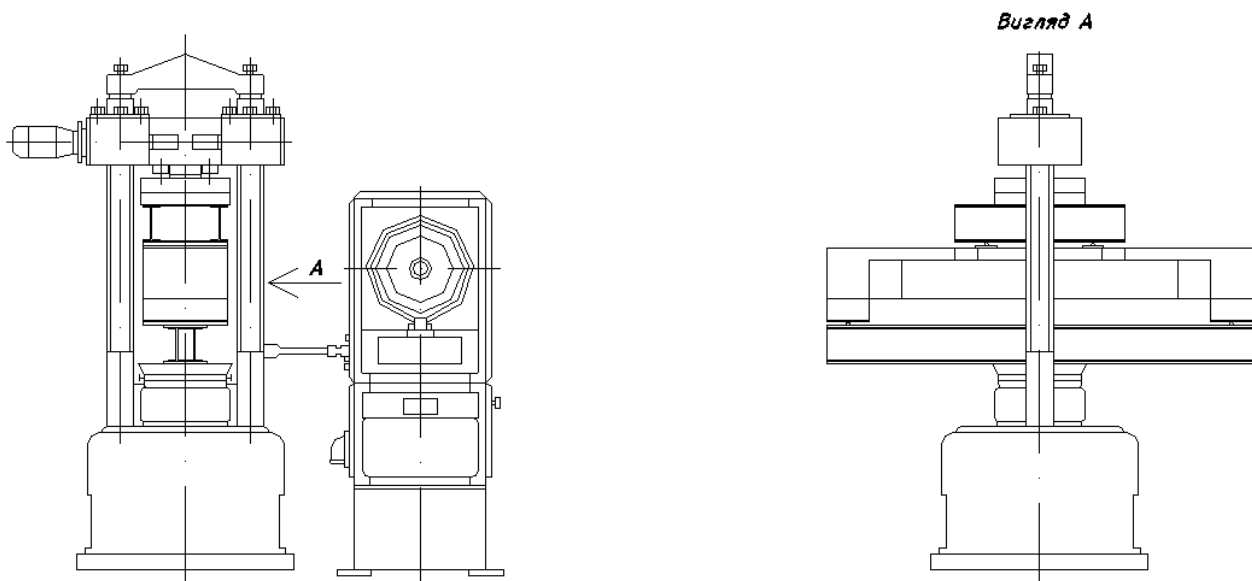


Рис.1. Схема проведення випробувань таврових пошкоджених балок

Загальний вигляд дослідних зразків по серіям показаний на рис.2. В процесі випробувань фіксували значення прогинів за допомогою індикаторів годинникового типу по ГОСТ 577 з ціною поділки 0,05мм згідно пункту 6.4 [7], розташованих по обидві сторони 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. Фіксація показань електротензорезисторів проводилась за допомогою багатоканальної вимірювальної тензометричної системи для статичних випробувань ВВП-8.

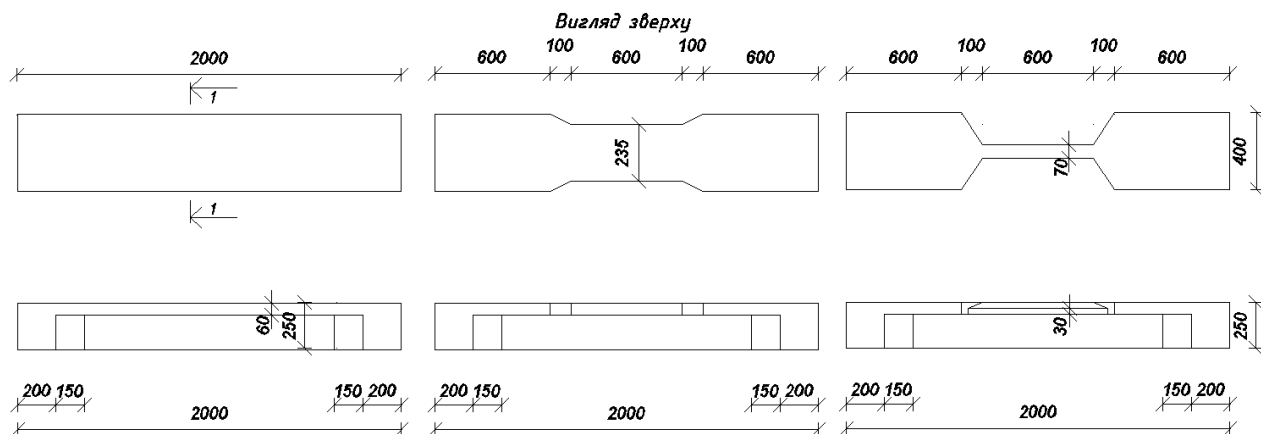


Рис.2. Опалубкове креслення експериментальних зразків

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 $0,3F_u$. При збільшенні навантаження в прольоті зрізу почали виникати похилі тріщини, які отримали свій розвиток до полицки та перетнули її. Руйнування виникло через роздроблювання бетону стиснутої 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 стиснутої зони над верхівкою похилої тріщини. У балки Б15 спостерігалось в момент руйнування відлущування бетону стиснутої зони в межах ділянки пошкодження балки. Винятком стала балка Б4, яка зруйнувалась в зоні чистого згину за нормальним перерізом.

В 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 стиснутої зони в межах ділянки пошкодження балки.

Висновки: Подальша робота по дослідженню напружено-деформованого стану залізобетонних пошкоджених таврових балок та вивченню впливу факторів, що варіюються, на їх несучу здатність є актуальною та доцільною для складання методики по визначенню залишкового ресурсу міцності балок.

Список літератури

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 / Вознесенский В.А. - 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]. - Киев: Госстрой Украины, 1994. – 44с. 8. Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона, арматуры и железобетонных конструкций (НИИЖБ). - М.: Госстройиздат, 1962. - с.127-132.