

УДК 624.072.222

*С.А. Гудзь, к. т. н., асистент  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка  
В.В. Дарієнко, к. т. н., доцент  
Кіровоградський національний технічний університет*

## **ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ БОЛТОВИХ АНКЕРІВ У НЕРОЗРІЗНИХ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛКАХ**

*Розглянуто особливості розрахунку потрібної кількості болтових анкерів для забезпечення сумісної роботи сталевих балок і залізобетонної плити у складі нерозрізних сталезалізобетонних балок.*

**Ключові слова:** болтові анкери, нерозрізні сталезалізобетонні балки.

**Вступ.** Нерозрізні сталезалізобетонні балки, в яких сталеві балки об'єднано за допомогою болтових анкерів із залізобетонною плитою, завдяки своїм перевагам набувають дедалі більшого розповсюдження в практиці будівництва каркасних будівель виробничого і цивільного призначення в ролі конструкцій перекриття і ригелів поперечної рами, а також при будівництві мостів як прогонові будови. Болтові анкери рівномірно перерозподіляють зсувні зусилля по довжині балки, чим дозволяють запобігти крихкому руйнуванню. У розтягнутому бетоні на проміжній опорі анкери встановлюються для сприйняття поздовжнього зусилля в робочій арматурі залізобетонної плити.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Ефективність застосування сталезалізобетонних балок доведена в багатьох дослідженнях, наприклад [1 – 3], але увагу дослідників головним чином зосереджено на експериментальному оцінюванні ефективності конструкцій. Експериментальні дослідження несучої здатності гнучких анкерів наводяться в роботі [4]. Методи врахування перерозподілу зусиль у нерозрізних сталезалізобетонних балках і експериментально-теоретичні дослідження їх роботи розглядаються в працях [5, 6]. Особливості розрахунку цих конструкцій містяться в статті [7]. У вітчизняних нормах [8], що недавно набули чинності та ґрунтуються на європейських [9], наведено тільки загальні основи розрахунку конструкцій.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Виходячи з вищенаведеного, виокремлення й узагальнення особливостей методики розрахунку болтових анкерів у нерозрізних сталезалізобетонних балках є актуальним завданням, що потребує розв'язання.

**Постановка завдання.** Метою роботи є виявлення особливостей визначення зсувної сили у шві з'єднання нерозрізних сталезалізобетонних балок із болтовими анкерами.

**Основний матеріал і результати.** На поведінку сталезалізобетонної балки під навантаженням істотно впливає міцність і розподіл засобів з'єднання сталевої балки та залізобетонної плити. У граничному стані несучої здатності перевіряють, щоб між критичними перерізами була достатня кількість анкерів для сприйняття зсувної сили у шві з'єднання. Метод, на якому буде зосереджено далі увагу, допустимий для пластичних і компактних поперечних перерізів (клас 1 і 2 за класифікацією [9]) при застосуванні пластичних засобів з'єднання. При цьому розрізняють балки з повним і частковим анкеруванням.

При повному анкеруванні та пластичному розрахунку розрахункова поздовжня зсувна сила між точкою, в якій згинальний момент дорівнює нулю, і точкою, в якій діє максимальний згинальний момент у прольоті, отримується за допомогою меншого значення розрахункової несучої здатності сталевої балки та бетонного пояса за поздовжньою силою

$$V_{L1} = V_{L2} = N_{cf} = \min(N_{pl,a,Rd}; N_{cd} + N_{se}), \quad (1)$$

де  $N_{cf}$  – розрахункове значення поздовжньої стискної сили в бетонному поясі при повному анкеруванні;  $N_{pl,a,Rd} = f_{yd} A_a$  – розрахункове значення несучої здатності сталевій балки за поздовжньою силою в пластичній стадії (тут  $f_{yd}$  – розрахунковий опір конструкційної сталі на розтяг за межею плинності;  $A_a$  – площа перерізу сталевій балки);  $N_{cd} = f_{cd} b_{eff} h_c$  – розрахункове значення несучої здатності бетонного пояса за поздовжньою силою в пластичній стадії (тут  $f_{cd}$  – розрахунковий опір бетону на стиск;  $b_{eff}$  – робоча ширина залізобетонної плити;  $h_c$  – висота бетонного пояса);  $N_{se} = f_{sd} A_{se}$  – розрахункове значення несучої здатності арматури за поздовжньою силою в пластичній стадії у прольоті (тут  $f_{sd}$  – розрахунковий опір арматурної сталі на стиск за межею плинності;  $A_{se}$  – площа перерізу стрижнів арматури в точці дії максимального згинального моменту в прольоті).

При повному анкеруванні розрахункова поздовжня зсувна сила  $V_{L3}$  між точкою, в якій згинальний момент дорівнює нулю, і найближчою проміжною опорою або жорстко затиснутою крайньою опорою визначається за формулою

$$V_{L3} = N_s, \quad (2)$$

де  $N_s = f_{sd} A_s$  – розрахункове значення несучої здатності арматури за поздовжньою силою в пластичній стадії на проміжній або жорстко затиснутій крайній опорі (тут  $A_s$  – площа перерізу стрижнів арматури на проміжній або жорстко затиснутій крайній опорі).

Поздовжні зсувні сили можуть бути визначені з використанням планомірних пластичних переміщень. Анкери тоді розміщуються по довжині балки рівновіддалено. Розрахунок несучої здатності в такому разі проводиться за теорією часткового з'єднання. При цьому потрібно зауважити, що визначення зсувної сили за теорією часткового з'єднання допускається тільки в областях з додатним згинальним моментом. В областях із від'ємним згинальним моментом часткове анкерування недопустиме, тому в критичному перерізі на проміжній опорі нерозрізних балок потрібно прикладати повну поздовжню силу, яку, однак, можна зменшити залежно від розрахункового згинального моменту (рис. 1).

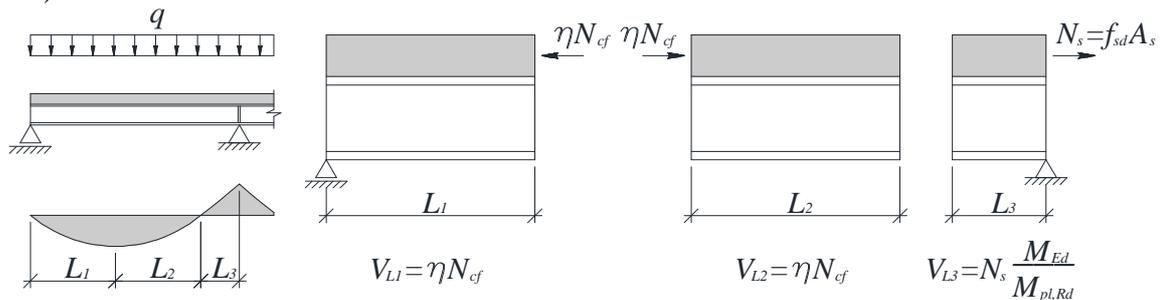


Рисунок 1 - Визначення зсувної сили у шві з'єднання при частковому анкеруванні

Для практичного розрахунку замість точної кривої часткового з'єднання застосовується наближена діаграма часткового з'єднання, що підвищує безпеку конструкції. Несуча здатність за згинальним моментом або поздовжня сила в бетонному поясі при частковому анкеруванні визначаються шляхом лінійної інтерполяції між відсутнім і повним анкеруванням (рис. 2).

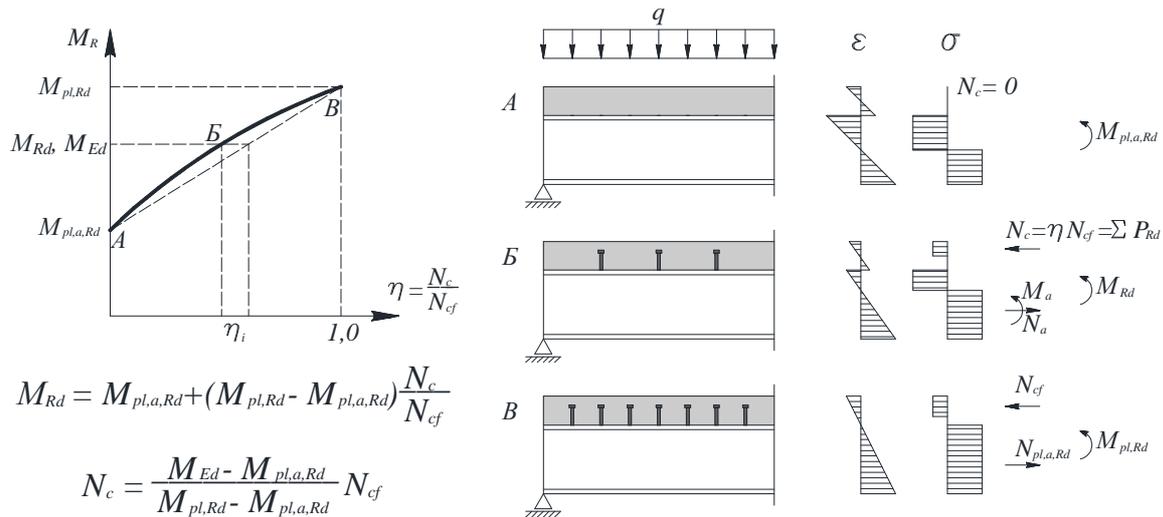


Рисунок 2 - Діаграма часткового з'єднання

У такому разі розрахункова поздовжня зсувна сила  $V_{L1}$  або  $V_{L2}$  при частковому анкеруванні визначається за формулою

$$V_{L1} = V_{L2} = N_c = \eta N_{cf}, \quad (3)$$

де  $N_c$  – розрахункове значення поздовжньої стискової сили в бетонному поясі при частковому анкеруванні;  $\eta = \frac{M_{Ed} - M_{pl,a,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{pl,a,Rd}}$  – ступінь анкерування, котрий повинен бути

більшим від мінімального (тут  $M_{Ed}$  – розрахунковий згинальний момент у прольоті, який має визначатися з урахуванням перерозподілу зусиль [5, 7];  $M_{pl,a,Rd}$  – розрахункове значення несучої здатності сталеві балки за згинальним моментом у пластичній стадії;  $M_{pl,Rd}$  – розрахункове значення несучої здатності сталезалізобетонної балки за згинальним моментом у пластичній стадії при повному анкеруванні у прольоті; при цьому повинна виконуватись умова  $\frac{M_{pl,a,Rd}}{M_{pl,Rd}} \geq 0,4$ ).

Розрахункова поздовжня зсувна сила  $V_{L3}$  при частковому анкеруванні визначається за формулою, в якій значення розрахункового згинального моменту  $M_{Ed}$  та несучої здатності  $M_{pl,Rd}$  беруться на проміжній або жорстко затиснутій крайній опорі,

$$V_{L3} = N_s \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}}. \quad (4)$$

У загальному випадку потрібна кількість анкерів між критичними перерізами визначається з урахуванням конструктивних вимог щодо кроку анкерів [8] за формулою

$$n = \frac{V_L}{P_{Rd}}, \quad (5)$$

де  $P_{Rd}$  – розрахункове значення несучої здатності одного анкера на зсув [9].

**Висновки.** Розглянуті питання підтверджують ефективність застосування болтових анкерів для забезпечення сумісної роботи сталевих балок і залізобетонної плити у нерозрізних сталезалізобетонних балках. Наведена методика розрахунку анкерів дозволяє раціонально та економічно вигідно розташовувати анкери по довжині балки.

#### Література

1. Клименко, Ф.Є. Характер розвитку деформацій у сталезалізобетонних балках, що працюють на згин / Ф.Є. Клименко, Ю.М. Фабрика, Р.А. Шпиг // Дороги і мости: збірник наукових праць. – Вип. 7, в 2-х т., т.1. – К.: ДерждорНДІ, 2007. – С. 230 – 237.

2. Шагин, А.Л. Экспериментальная оценка эффективности локального предварительного напряжения неразрезных сталежелезобетонных балок / А.Л. Шагин, М.Ю. Избаиш, Р.Н. Шемет // *Науковий вісник будівництва*. – Вип. 35. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2006. – С. 106 – 114.
3. Шагин, А.Л. Оценка несущей способности двухпролетных сталежелезобетонных локально предварительно напряженных балок / А.Л. Шагин, М.Ю. Избаиш, Р.Н. Шемет // *Науковий вісник будівництва*. – Вип. 38. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2006. – С. 81 – 89.
4. Семко, О.В. Експериментальні дослідження несучої здатності гнучких анкерів у сталезалізобетонних конструкціях / О.В. Семко // *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*. – Вип. 15. – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – С. 66 – 72.
5. Семко, О.В. Методи врахування перерозподілу зусиль у нерозрізних сталезалізобетонних балках / О.В. Семко, С.А. Гудзь, В.В. Дарієнко // *Дороги і мости: збірник наукових праць*. – К.: ДерждорНДІ, 2008. – Вип. 9. – С. 234 – 241.
6. Семко, О.В. Експериментально-теоретичні дослідження нерозрізних сталезалізобетонних балок з гнучкими анкерами / О.В. Семко, С.А. Гудзь, В.В. Дарієнко // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. – Вип. 16. – Ч. 2. – Рівне: НУВГП, 2008. – С. 345 – 351.
7. Семко, О.В. Особливості розрахунку нерозрізних сталезалізобетонних балок із болтовими анкерами / О.В. Семко, С.А. Гудзь, В.В. Дарієнко // *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*; № 664 «Теорія і практика будівництва». – Львів, 2010. – С. 208 – 215.
8. ДБН В.2.6-160:2010. Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення / Видання офіційне. – Чинні з 01.09.2011. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 55 с.
9. prEN 1994-1-1: Eurocode 4 - Design of composite steel and concrete structures – Part 1.1: General rules and rules for Buildings, 2004 – 127 p.

*С.А. Гудзь, к. т. н., асистент  
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка  
В.В. Дариенко, к. т. н., доцент  
Кировоградский национальный технический университет*

## **ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА БОЛТОВЫХ АНКЕРОВ В НЕРАЗРЕЗНЫХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКАХ**

*Рассмотрены особенности расчета необходимого количества болтовых анкеров для обеспечения совместной работы стальных балок и железобетонной плиты в составе неразрезных сталежелезобетонных балок.*

***Ключевые слова:** болтовые анкеры, неразрезные сталежелезобетонные балки.*

*S.A. Gudz, Ph.D., As.  
Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk  
V.V. Darienko, Ph.D., docent  
Kirovograd National Technical University*

## **FEATURES OF CALCULATION BOLT ANCHORS IN CONTINUOUS COMPOSITE BEAMS**

*Features of calculation of necessary amount of bolt anchors examined for providing of joint work of steel beams and concrete slab in composition of continuous composite beams.*

***Keywords:** bolt anchors, continuous composite beams.*

*Надійшла до редакції 31.08.2012*

*© С.А. Гудзь, В.В. Дарієнко*