

В.Б. Лоук (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности)

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВАНИЯ НА ПРОЦЕССЫ МАССОПЕРЕНОСА В ЗОНЕ КОНТАКТА «ОГНЕЗАЩИТНОЕ ПОКРЫТИЕ – МЕТАЛЛ»

На основе анализа последних исследований и публикаций установлено, что огнезащитные свойства покрытий определяются структурными изменениями, прочность сцепления определяется составом и свойствами переходного слоя толщиной в десятки микрометров, который образовался в результате взаимодействия покрытия с подкладкой

В статье показаны результаты исследований влияния состава огнезащитного покрытия на процессы массопереноса в зоне контакта. На основе математической модели определена глубина взаимодиффузии компонентов покрытия и металла.

Ключевые слова: взаимодиффузия, массоперенос, фазовый состав, коэффициент диффузии, контактный шар, эвтектическая концентрация.

V.B. Loyik (Lviv State University of Life Safety)

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE MASS-TRANSFER PROCESS IN THE CONTACT ZONE "FIRE-PROTECTIVE COATING – METAL"

The article deals with the exploration results of the components of fire-protective coatings influence on mass-transfer process in the transitional layer.

According to the analysis of the latest researches and publications, it is set fireproof properties of coatings are determined by structural changes. Tripping durability is determined by the composition and properties of transitional layer which is more than ten micrometres thick, formed as result of coverage and lining interaction.

Due to the mathematical model the depth of the diffusion between the coating and the metal is found.

Key words: diffusion, mass-transfer, diffusion coefficient, transitional layer, eutectic concentration.

УДК 539.3

І.М. Ольховий, канд. техн. наук, доцент (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), Х.І. Ліщинська (НУ «Львівська політехніка»)

ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ МІЦНОСТІ І ЖОРСТКОСТІ ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕ- ТОННИХ БАЛОК

Розглядається питання розробки і апробації методики точного визначення положення нейтральної лінії і величини згинної жорсткості трикомпонентних підсилених балок (бетон, сталеві арматура, зміцнюючий матеріал) таврового поперечного перерізу з розподіленою по висоті арматурою та підсиленою в зоні розтягуючих напружень зміцнюючим матеріалом. Отримано формули для визначення вказаних величин, які дозволяють уточнити розрахунок таких балок, достовірніше оцінити їх міцність і жорсткість та підвищити надійність їхньої роботи

Ключові слова: нейтральна лінія, жорсткість, бетон, арматура, пластик, прогин, напруження.

Постановка проблеми. В будівництві, при спорудженні мостів і інших споруд широко застосовуються залізобетонні балки з різними формами перерізів. При тривалій експлуатації таких конструкцій, реконструкції споруд або необхідності збільшення навантаження на балки і

продовження терміну їх надійної роботи такі балки зміцнюють, приєднуючи (найчастіше шляхом приклеювання) зі сторони розтягнутих волокон додаткову арматуру у вигляді листів з сучасних композитних високоміцних пружних матеріалів. Це дозволяє збільшити вантажність балок, підвищити їх надійність та зменшити ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

При сумісній роботі в балці трьох матеріалів (бетон, сталеві арматура і зміцнюючий пластик), що мають різні фізико-механічні характеристики, важливим для визначення прогинів і напружень та оцінки міцності і жорсткості є питання про точне знаходження положення нейтральної осі поперечного перерізу та визначення величини згинної жорсткості балки. В літературі відомі наближені способи визначення цих величин.

Мета роботи. Робота присвячена питанню розробки і апробації методики точного визначення положення нейтральної осі та величини згинної жорсткості трикомпонентної балки (бетон, сталеві арматура, зміцнюючий пластик) з тавровим поперечним перерізом, в якій сталеві арматура розміщена по висоті перерізу і знизу, в розтягнутій зоні, приклеєний зміцнюючий пластик (рис.1). Як частинні випадки з отриманого розв'язку можна дістати розв'язки для балок з прямокутним перерізом і арматурою, що знаходиться в одному ряду.

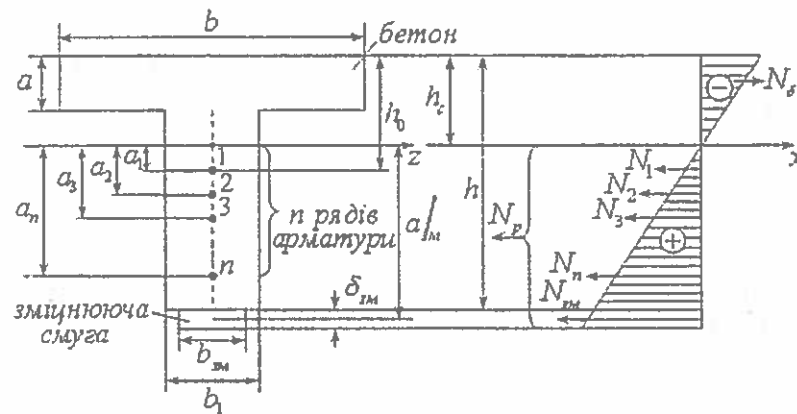


Рис. 1. Поперечний переріз балки

Виклад основного матеріалу. Для визначення положення нейтральної осі з показаного на рис. 1 таврового перерізу балки використаємо рівняння рівноваги сил

$$\sum F_x = N_b - N_p = 0, \quad (1)$$

де N_b – сумарна стискуюча сила в бетоні;

$N_p = N_1 + N_2 + \dots + N_n + N_{zm} = \sum_{i=1}^n N_i + N_{zm}$ – сумарна розтягуюча сила в балці;

N_i ($i=1, 2, \dots, n$) – розтягуючі зусилля в прутках арматури;

N_{zm} – розтягуюче зусилля в зміцнюючій смугі.

Вважаючи, що арматура балки і зміцнююча смуга працюють в межах лінійної залежності між напруженнями і деформаціями і що виконується гіпотеза плоских перерізів, можна записати [1]:

$$N_i = \frac{E_a \cdot A_a}{\rho} a_i \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$N_{zm} = \frac{E_{zm} \cdot A_{zm}}{\rho} a_{zm} = \frac{E_a \cdot A_a}{\rho} \left(\frac{E_{zm}}{E_a} \right) \left(\frac{A_{zm}}{A_a} \right) a_{zm},$$

де E_a, E_{zm} – модулі пружності арматури і зміцнюючої смуги;

A_a, A_{zm} – площі поперечних перерізів арматури і смуги;

ρ – радіус кривизни зігнутої осі балки.

Сумарне розтягуюче зусилля в балці рівне

$$N_p = \frac{E_u \cdot A_u}{\rho} a_1 \left[1 + \frac{a_2}{a_1} + \frac{a_3}{a_1} + \dots + \frac{a_n}{a_1} + \left(\frac{E_{zu}}{E_u} \right) \left(\frac{A_{zu}}{A_u} \right) \left(\frac{a_{zu}}{a_1} \right) \right] = \frac{E_u \cdot A_u}{\rho} a_1 \cdot K_u, \quad (2)$$

де введено позначення:

$$K_u = \frac{1}{a_1} \left(\sum_{i=1}^n a_i + \gamma_{zu} \cdot a_{zu} \right), \text{ причому } \gamma_{zu} = \frac{E_{zu}}{E_u} \cdot \frac{A_{zu}}{A_u}.$$

Сумарну стискуючу силу в балці можна представити у вигляді суми:

$$N_\delta = N_\delta^n + N_\delta^{cm}, \quad (3)$$

де N_δ^n і N_δ^{cm} – частини стискуючого зусилля, що передаються відповідно полицкою і стійкою таврового перерізу.

Очевидно, що [2]:

$$N_\delta^n = \int_{A_n} \sigma_\delta \cdot dA_n = \int_{n_r-a}^{n_r} \sigma_\delta \cdot b \cdot dy \quad (4)$$

$$N_\delta^{cm} = \int_{A_{cm}} \sigma_\delta \cdot dA_{cm} = \int_0^{n_r-a} \sigma_\delta \cdot b_1 \cdot dy.$$

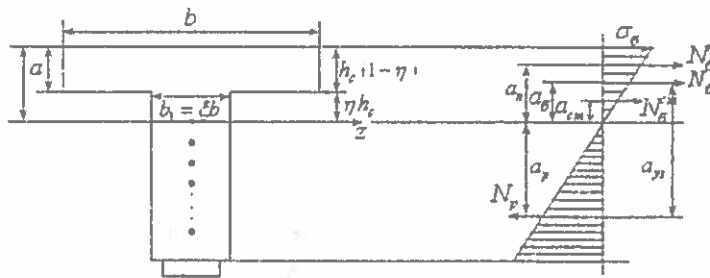


Рис. 2. Схема внутрішніх сил в перерізі балки

Прийнявши для бетону допущення, аналогічні прийнятим вище відносно арматури і смуги, після інтегрування і перетворення виразів (4) дістаємо

$$N_\delta^n = \frac{E_\delta \cdot b}{2\rho} h_{cm}^2 (1 - \eta^2) \quad (5)$$

$$N_\delta^{cm} = \frac{E_\delta \cdot b \cdot \xi}{2\rho} h_{cm}^2 \cdot \eta^2,$$

де введені коефіцієнти

$$\xi = \frac{b_1}{b} \text{ і } \eta = \frac{h_{cm} - a}{h_{cm}}.$$

Виходячи з лінійного закону розподілу напружень σ_δ по висоті стиснутої зони можна визначати відстані a_n сили N_δ^n і a_{cm} сили N_δ^{cm} від нейтральної осі z .

Як видно з рис. 2

$$a_{cm} = \frac{2}{3} \eta \cdot h_{cm} \quad (6)$$

$$a_n = \eta \cdot h_{cm} + Y_A = \frac{2(\eta^2 + \eta + 1)}{3(\eta + 1)} h_{cm}.$$

Сумарна сила стиску в бетоні згідно з формулою (3)

$$N_{\delta} = \frac{E_{\delta} \cdot b}{2\rho} [\xi h_c^2 + 2a(1-\xi)h_c - a^2(1-\xi)] \quad (7)$$

Для визначення відстані a_{δ} від сумарної сили стиску бетону N_{δ} до нейтральної осі z можна використати рівняння рівноваги для верхньої частини перерізу балки

$$M_0 = N_{\delta}^n \cdot a_n + N_{\delta}^{cm} \cdot a_{cm} = N_{\delta} \cdot a_{\delta}.$$

Звідки для визначення відстані a_{δ} дістаємо вираз

$$a_{\delta} = \frac{N_{\delta}^n \cdot a_n + N_{\delta}^{cm} \cdot a_{cm}}{N_{\delta}} = \frac{2 \cdot [1 - \eta^3(1-\xi)]}{3 \cdot [1 - \eta^2(1-\xi)]} h_{cm} \quad (8)$$

Для визначення відстані a_p від сумарної сили розтягу до нейтральної осі поступимо аналогічним шляхом, розглянувши рівновагу розтягнутої частини балки

$$\sum_{i=1}^n N_i \cdot a_i + N_{2m} \cdot a_{2m} = N_p \cdot a_p.$$

Розписавши величину моментів в лівій частині останнього рівняння, дістаємо після перетворень:

$$\frac{E_u \cdot A_u}{\rho} a_1^2 \left[\frac{\sum_{i=1}^n a_i^2}{a_1^2} + \left(\frac{E_{2u}}{E_u} \right) \left(\frac{A_{2u}}{A_u} \right) \left(\frac{a_{2u}}{a_1} \right)^2 \right] = N_p \cdot a_p$$

Ввівши в останній вираз позначення

$$m_u = \frac{\sum_{i=1}^n a_i^2}{a_1^2} + \left(\frac{E_{2u}}{E_u} \right) \left(\frac{A_{2u}}{A_u} \right) \left(\frac{a_{2u}}{a_1} \right)^2 \quad (9)$$

дістаємо для визначення величини a_p вираз

$$a_p = a_1 \cdot \frac{m_u}{K_u} \quad (10)$$

Загальна відстань $a_{y\sigma}$ між силами стиску і розтягу в балці

$$a_{y\sigma} = a_p + a_{\delta} = a_1 \cdot \frac{m_u}{K_u} + \frac{2}{3} h_{cm} \frac{1 - \eta^3(1-\xi)}{1 - \eta^2(1-\xi)}.$$

Згинальний момент в балці можна представити двома виразами

$$M = N_{\delta} \cdot a_{y\sigma} \text{ або } M = N_p \cdot a_p. \quad (11)$$

З іншої сторони, цей момент зв'язаний із згинною жорсткістю B_k співвідношенням

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{B_k}$$

Звідки

$$M = B_k \cdot \rho. \quad (12)$$

Порівнюючи вирази для моментів (11) і (12), після перетворення дістаємо формулу для визначення величини згинної жорсткості балки:

$$B_k = \begin{cases} E_u \cdot A_u \cdot a_1 \cdot \kappa_u \cdot a_{y\sigma} \\ \frac{E_{\delta} \cdot b \cdot h_{cm}^2}{2} [1 - \eta^2 \cdot (1 - \xi)] \cdot a_{y\sigma} \end{cases} \quad (13)$$

Проведені числові розрахунки для зміцнених залізобетонних балок показують, що обчислення, проведені за допомогою обох формул (13), дають практично однакові результати. Це служить підтвердженням правильності запропонованої методики. Отримані за допомогою запропонованої методики числові результати визначення величини згинних жорсткостей балок з конкретними розмірами і механічними характеристиками на 15-20% уточнюють відповідні результати, що отримані за допомогою наближених способів. Значення прогинів для конкретних балок, що отримані за обчисленими значеннями згинної жорсткості, добре збігаються з відповідними прогинами, визначеними експериментальним шляхом.

Висновки: отримані точні вирази для визначення положення нейтральної лінії та величини згинної жорсткості в трикомпонентній залізобетонній балці з розташованими по висоті рядами арматури та зміцненої в розтягнутій зоні смугами зміцнюючого матеріалу, які дозволяють отримувати точніші на 15-20 % значення для напружень і прогинів, що веде до підвищення надійності роботи вказаних балок.

Список літератури:

1. Писаренко Г.С., Яковлев А.П. Матвеев В.З. Справочник по сопротивлению материалов. – Киев: Наукова думка, 1975, – 705 с.
2. Филоненко-Бородич М.М., Изюмов С.М., Олисов Б.А. и др. Курс сопротивления материалов. Часть II. – Москва: ГИТТЛ, 1956. – 540 с.

И.М. Ольховый, канд. техн. наук, доцент, (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности) Х.И. Лищинская (НУ "Львовская политехника")

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ УСИЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

Рассматривается вопрос разработки и апробации методики точного определения положения нейтральной линии и величины изгибной жесткости трехкомпонентных усиленных балок таврового поперечного сечения с распределенной по высоте арматурой и усиленных упрочняющим материалом. Получены формулы для определения указанных величин, позволяющие уточнить расчет таких балок, точнее оценить их прочность и жесткость и повысить надежность их работы

Ключевые слова: нейтральная линия, жесткость, бетон, арматура, пластик, прогиб, напряжение

I.M. Olkhovy, Candidate of Science (Engineering), associate professor (Lviv State University of Life Safety), K.I. Lishchinska (Lviv Polytechnic National University)

TO THE PROBLEM OF THE ESTIMATE OF STRENGTH AND THE RIGIDITY OF THE REINFORCED FERRO-CONCRETE BEAMS

The article deals with problem of development and approbation of a procedure of precise definition of a position of a neutral line and magnitude of bending stiffness of three-componental reinforced beams with the distributed on height an armature and the reinforced a strengthening material. Formulas for definition of the indicated magnitudes are obtained, permitting to improve calculation of such beams, to estimate their strength and a stiffness more precisely and to raise reliability of their operation

Key words: neutral line, rigidity, concrete, armature, plastic material, sag, effort