

УДК 624.012.25

І. Ю. Черних, к.т.н., ст.преподаватель
К. В. Полянський, асистент
О. В. Сухолад, студент

Донбаська національна академія будівництва і
архітектури, м. Краматорськ, Україна
nik@donnaba.edu.ua

ПОРІВНЯННЯ БУДІВЕЛЬНИХ НОРМ УКРАЇНИ З ЗАРУБІЖНИМИ НОРМАМИ ПРИ РОЗРАХУНКУ ПОХИЛИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Розглянуто принципи розрахунку залізобетонних балок на дію поперечних сил по нормативним методикам розрахунку закладені в нормативні та національні документи. Позначені відмінності в методах розрахунку за нормативними документами.

Ключові слова: міцність залізобетону, похилий переріз, поперечна сила, методи розрахунку, будівельні норми.

И. Ю. Черных, к.т.н., ст.преподаватель
К. В. Полянський, асистент
О. В. Сухолад, студент

Донбасская национальная академия строительства и
архитектуры, г.Краматорск, Украина
nik@donnaba.edu.ua

СРАВНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ УКРАИНЫ С ЗАРУБЕЖНЫМИ НОРМАМИ ПРИ РАСЧЕТЕ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассмотрены принципы расчёта железобетонных балок на действие поперечных сил по нормативным методикам расчёта заложенные в нормативные и национальные документы. Обозначены различия в методах расчёта по нормативным документам.

Ключевые слова: прочность железобетона, наклонное сечение, поперечная сила, методы расчёта, строительные нормы.

I.Yu. Chernyh, Ph.D., professor
K.V.Polyansky, assistant
O.V. Suholad, MSc

Donbas National Academy of Civil Engineering and
Architecture, Kramatorsk, Ukraine
nik@donnaba.edu.ua

COMPARISON OF BUILDING NORMS OF UKRAINE WITH FOREIGN NORMS IN THE CALCULATION OF SLOPING SECTIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

The principles of calculation of reinforced concrete beams for the action of transverse forces on the basis of normative calculation methods laid down in the normative and national documents are considered. Differences in the methods of calculation for normative documents are indicated.

Key words: strength of reinforced concrete, oblique section, transverse force, calculation methods, construction norms.

Вступ. Існують різні методи розрахунку міцності похилих перерізів залізобетонних елементів і конструкцій. Найбільш поширені з них: метод міцності похилих перерізів і фермова аналогія. Всі методи відповідають безпечності їх використання, які описані в нормативних і національних документах.

Метод фермової аналогії застосований в українських [2],[6], а також білоруських нормативних документах [3]. Метод міцності похилих перерізів застосований як у вітчизняних [1], так і в білоруських нормах [3].

Незалежно від ідентичних підходів розрахунку залізобетонних конструкцій [2],[5],[6], все ж таки існують відмінності. А саме: в [2], [6] граничній деформації стиснутого бетону не залежать від напруженого стану елемента, а тільки від класу бетону. У [5] граничні деформації в стислом бетоні залежать від характеру напруженого стану.

Вперше метод фермової аналогії для розрахунку міцності похилих перерізів був запропонований на початку ХХ століття, практично одночасно Мёршем (Німеччина) і Ріттером (Швейцарія), тому традиційно носить назву методу Ріттера-Мёрша.

Ідеалізована модель описує поведінку залізобетонної балки в зоні дії згинальних моментів і поперечних сил. Розрахункова схема, використана в методі фермової аналогії, являє собою статично визначену ферму, що складається з верхнього пояса, та сприймає рівнодіючу стискаючу напругу (в стислій зоні) а також нижнього розтягнутого поясу, який сприймає рівнодіючу розтяжну напругу в розтягнутій поздовжньої арматури.

З моменту масового впровадження залізобетону в практику будівництва вивчення роботи елементів, що згинаються в зоні дії поперечних зусиль, залишається найбільш складним завданням. На початкових етапах розвитку науки про залізобетон розрахункові методи були повністю засновані на аналогії з роботою пружних ізотропних однокомпонентних матеріалів, таких як: сталь та інші. З розвитком експериментальних досліджень широке застосування отримали напівемпіричні залежності.

Пропонований метод розрахунку є розвитком нелінійного методу, цей метод від самого початку був запропонований В.М. Боришанським та продовжували розвивати А.С. Залесов, А.Б. Голишев та інші.

У похилому перерізі залізобетонної балки при дії поперечних сил, має емпіричний характер, обумовлений складністю напружено-деформаційного стану композитного матеріалу (яким по суті є залізобетон) в зоні поперечного вигину.

Міцність похилих перерізів згинальних елементів розраховувалась з умови, що зусилля від зовнішніх навантажень, які діють в похилому перерізі, не повинні перевищувати внутрішніх граничних зусиль в цьому перерізі.

Метою даної статті є визначення найбільш економічно вигідного та достатньо надійного способу розрахунку залізобетонної балки прямокутного перерізу за допомогою порівняльного аналізу розрахункових формул закладених у національних нормативних документах [1], [2], [3], по розрахунку та конструюванню залізобетонних конструкцій.

Основні матеріали для розрахунку. Основні матеріали для даної статті взяті з [4]. Розглянуті результати випробувань залізобетонних балок прямокутного перерізу, завантажених двома зосередженими зусиллями на відстані $c = 2h_0$ від опор. Данні випробувань приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристика дослідного зразка

Розмір перетину ,см		Площа перерізу арматури , см ²		Крок хомутів s _w , см	Середній опір бетону та арматури ,МПа			Q _{оп} кН
b	h ₀	A _s	A _{s_w}		R	R _s	R _{s_w}	
15,4	25,8	6,28	0,58	12	26	773	362	90

Порівняємо методи розрахунку залізобетонних балок на дію поперечних зусиль, запропонованих діючими нормативними документами. Формули для розрахунку наведені в таблиці 2.

Розрахунок по похилому перерізу на дію поперечних зусиль виробляють згідно нормативних документів [1] та [3], на основі рівняння рівноваги зовнішніх та внутрішніх поперечних зусиль, що діють в похилому перерізі з довжиною проекції *C* на поздовжню вісь елемента. Внутрішні поперечні сили включають: поперечну силу сприйняту бетоном в похилому перерізі, та поперечну силу яка перетинає похилий переріз поперечною арматурою.

У білоруських [3] і вітчизняних [1] нормативних документах несуча здатність похилого перерізу обумовлюється несучою здатністю бетону та поперечної арматури. Поперечні зусилля у перерізі сприймаються бетоном, визначається по напівемпіричній залежності, вона ж обернено пропорційна довжині проекції найбільш небезпечного перерізу.

Поперечне зусилля, що сприймається поперечною арматурою, визначається напівемпіричною залежністю, яка прямо пропорційна *C* і *L_{inc}*.

Згідно українських нормативних документів [2], [6], розрахунок похилих перерізів згинальних елементів здійснюють на основі загальної деформації моделі, з метою визначення необхідності встановлення поперечної арматури, або для визначення кроку та діаметра робочої поперечної арматури.

Таблиця 2

Розрахункові формули для визначення міцності похилих перерізів за нормативними документами

Нормативні документи	Найменування компоненту	Розрахункова формула
1	2	3
ДБН В.2.6-98~2009	Поперечне зусилля, яку може сприйняти похилий переріз без армування , V _{rdc}	$V_{rdc} = [C_{rd,c} k (100\rho_1 f_{ck})^{1/3} + 0,15 * 6c_p] * bwd$
	Поперечне зусилля, яку може сприйняти поперечна арматура , V _{Rd,w}	$V_{Rd,w} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} * 0,8 \cot \theta$
	Повна несуча здатність балки , V	$V_{rdc} + V_{Rd,w}$
СНиП 2.03.01-84	Поперечне зусилля, яке сприймається бетоном стиснутої зони над похилим	$Q_b = \frac{\Phi b^2 * 1 + R_{bt} * b * h_0^2}{c}$

Нормативні документи	Найменування компоненту	Розрахункова формула
1	2	3
	перерізом, Q_b	
	Повинні виконуватися умови	$Q_b \leq 0,3 \varphi_{w1} \varphi_{b1} R_b b h_0$ $Q_b \geq \varphi_{b3} * 1 * R_{bt} b h_0$
	Поперечне зусилля, яке сприймається хомутами у похилому перерізі, Q_{sw}	$Q_{sw} = q_{sw} \times c_0$
	Умова міцності в похилому перерізі, Q	$Q_b + Q_{sw}$
СНБ 5.03.01-02 (1)	Поперечне зусилля, яке сприймає бетон над вершиною похилої тріщини, V_{cd}	$V_{cd} = \frac{\eta_{c2} * 1 + f_{ctd} * b_w * d^2}{l_{inc}}$
	Повинна виконуватися умова	$V_{cd} \geq \eta_{c3} * 1 * f_{ctd} * b_w * d$
	Сума проєкцій на нормаль, до поздовжньої осі елемента граничних зусиль в поперечних стрижнях, V_{sw}	$V_{sw} = v_{sw} * l_{inc,cr}$
	Повинна виконуватися умова	$v_{sw} \geq \frac{\eta_{c3} * 1 * f_{ctd} * b_w}{2}$
	Поперечне зусилля, яке сприймається похилим перерізом, V_{Rd}	$V_{Rd} = V_{cd} + V_{sw}$
СНБ 5.03.01-02 (2)	Розрахункове поперечне зусилля, що сприймається стиснутими підкосами, $V_{rd,max}$	$V_{rd,max} = \frac{b_w * z * v * f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta}$
	Поперечне зусилля, що сприймається елементом з поперечним армуванням, $V_{Rd,sy}$	$V_{Rd,sy} = \frac{A_{sw}}{s} z * f_{ywd} * \cot\theta$ якщо $\frac{A_{sw} * f_{ywd}}{b_w * s} < 0.52v * f_{cd}$
	Розрахункове поперечне зусилля V_{sd}	Якщо виконується умова $V_{sd} \leq V_{rd,max}$

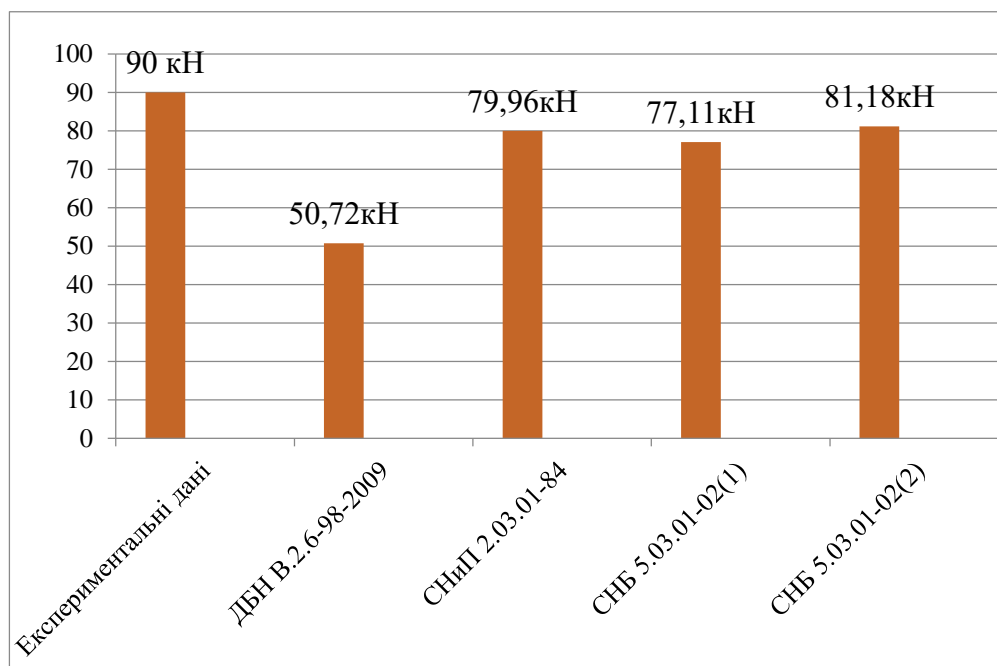
У обох методах розрахунку присутня варіативна змінна, від вибору величини якої, залежить несуча здатність похилого перерізу.

У методі фермової аналогії використовується котангенс кута нахилу бетонного підкосу $\cot\theta$, в методі похилих перерізів це горизонтальна проєкція на поздовжню вісь елемента C та L_{inc}

Незважаючи на принципові відмінності методів розрахунку в даній роботі, математичні вирази будуються за однаковими законами, але з різними коефіцієнтами, що враховують ті чи інші фактори. Результати проведених розрахунків наведені у таблиці 3

Таблиця 3.

Нормативні документи	Повна несуча здатність балки згідно проведених розрахунків . V , МПа	$\frac{V}{Q_{оп}} * 100\%$
ДБН В.2.6-98~2009	50,72	56,35%
СНиП 2.03.01-84	79,96	88,84%
СНБ 5.03.01-02 (1)	77,11	85,68%
СНБ 5.03.01-02 (2)	81,18	90,25%



Гістограма навантажень на балку згідно проведених розрахунків

Висновки. При проведенні порівняльних розрахунків несучої здатності похилих перерізів, закладених в нормативних документах [1, 2, 3,] з даними експериментальних досліджень [4], було встановлено, найбільш економічно вигідний, та достатньо надійний спосіб розрахунку залізобетонної балки прямокутного перерізу за допомогою порівняльних аналізів розрахункових формул, закладених у національних нормативних документах [1], [2], [3], з розрахунку та конструюванню залізобетонних конструкцій

Література

1. СНиП 2.03.01-84 БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ , Госстроя СССР ,1984.-79стр
2. ДБН В.2.6-98~2009 БЕТОННІ ТА ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ Основні положення , 2009.-75стр
3. СНБ 5.03.01-02 БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ. Белоруссия. –2002.-177стр
4. Новое о прочности железобетона. Под. ред. К.В.Михайлова – М. :Стройиздат. – 1977.-272 ст.
5. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 2. Железобетонные мосты. Правила проектирования и расчёта. Минстройархитектуры, Минск. –2010.-96ст.
6. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 БЕТОННІ ТА ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОСТРУКЦІЇ З ВАЖКОГО БЕТОНУ Правила проектування . Мінрегіонбуд України –2011- 118ст.