НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Розрахунок і конструювання з’єднувальних елементів сталезалізобетонних конструкцій

ДСТУ Б В.2.6-ХХХ:201Х

(Проект, перша редакція)

Видання офіційне

Київ

Міністерство регіонального розвитку,
будівництва та житлово-комунального господарства України
201Х

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство “Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій” (ДП НДІБК), ТК 303 «Будівельні конструкції», ПК 2 «Конструкції сталезалізобетонні»; Асоціація «Український центр сталевого будівництва» (УЦСБ)

РОЗРОБНИКИ: ДП НДІБК: **А. Бамбура**, д-р. техн. наук (науковий керівник); **Ю. Аметов**, канд. техн. наук; **Г. Фаренюк**, д-р. техн. наук; **Ю. Немчинов**, д-р. техн. наук; **В.Тарасюк**, канд. техн. наук; **Ю. Слюсаренко**, канд. техн. наук; **О. Гурківський**, канд. техн. наук; **І. Сазонова**.

УЦСБ: **С. Шпак**; **Н. Беляев**.

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України №____ від _____

3 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

Право власності на цей національний стандарт належить державі.Забороняється повністю чи частково видавати, відтворювати з метою розповсюдження і розповсюджувати як офіційне видання цей національний стандарт або його частину на будь-яких носіях інформації без дозволу Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунвльного господарства України
Мінрегіон, 201Х

ЗМІСТ

ВСТУП V
1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ 1
2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ 2
3 МАТЕРІАЛИ 4
3.1 Бетон, арматура, конструкційна сталь, профільований настил 4
4 ПОЛОЖЕННЯ З РОЗРАХУНКУ З’ЄДНУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ 4
4.1 Загальні положення 4
4.2 Класифікація з'єднувальних елементів 6
4.3 Обмеження для застосування часткового з'єднання на зсув у сталезалізобетонних балках 7
4.4 Розташування зсувних з'єднань 9
4.5 Вертикальні стрижневі з’єднувальні елементі з головками у суцільних плитах і бетонному заповненні 10
4.6 Розрахунковий опір з’єднувальних елементіі з головками, що застосовуються з профільованим настилом 11
5 КОНСТРУЮВАННЯ ЗСУВНИХ З’ЄДНАНЬ ТА ВПЛИВ ВИКОНАННЯ 13
5.1 Опір відриву(розшаруванню) 13
5.2 Захисний шар та бетонування 13
5.3 Місцеве армування у плитах 14
5.4 Вути в бетонних плитах 15
5.5 Крок зсувних стрижнів 15
5.6 Розміри сталевої полки 16
5.7 З’єднувальні стрижні з головками 16
5.8 Застосування з’єднувальних стрижнів з головками із сталевими профнастилами у будівлях 17
6 ЗСУВНІ З’ЄДНАННЯ В КОЛОНАХ ТА СТИСНУТИХ ЕЛЕМЕНТАХ 17
6.1 З'єднання на зсув та прикладання навантаження 17

6.2 Прикладання навантаження 18
6.3 Поздовжній зсув за межами зони прикладання навантаження 19

ВСТУП

В цьому стандарті наведені основні методи розрахунку та конструювання з’єднуваоьних елементів сталезалізобетонних конструкцій будинків, будівель та споруд, які забезпечують виконання основних вимог ДБН В.2.6-160 щодо забезпечення несучої здатності, придатності до експлуатації, надійності та здатності конструкцій зберігати необхідні експлуатаційні якості протягом усього терміну служби.

В цьому стандарті використана класифікація міцності бетону на стиск відповідно до ДСТУ Б В.2.7-176; класифікація арматурного прокату відповідно до ДСТУ 3760, ГОСТ 10884.

У цьому стандарті терміни та визначення понять, познаки та одиниці фізичних величин прийняті відповідно до ДБН В.2.6-160.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ З'ЄДНУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЄЛЕМЕНТОВ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

CALCULATION AND DESIGN SHEAR CONNECTION COMPOSITE STRUCTURESNG

Чинний з 201Х-ХХ-ХХ.

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Цей стандарт поширюється на розрахунок і конструювання з'єднувальних елементів сталезалізобетонних конструкцій, які експлуатуються в кліматичних умовах України, в неагресивному середовищі.

1.2 З'єднувальні елементі сталезалізобетонних конструкцій повинні задовольняти основним вимогам безпеки, які визначені у Технічному регламенті будівельних виробів, будівель і споруд, ДБН В.1.2-14 та ДБН В.1.2-7. Для забезпечення вимог безпеки з'єднувальні елементі повинні мати такі початкові властивості, щоб з необхідним ступенем надійності для різних розрахункових ситуацій у процесі будівництва і експлуатації будівель та споруд була виключена можливість руйнування будь-якого характеру або порушення експлуатаційної придатності, пов'язаного із спричиненням шкоди для життя або здоров'я людини, майна або навколишнього середовища.

1.3 З'єднувальні елементі сталезалізобетонних конструкцій повинні бути забезпеченими з необхідною надійністю від виникнення всіх видів граничних станів розрахунками, вибором показників якості матеріалів, призначенням розмірів та конструюванням згідно вказівок цього стандарту. При цьому повинні бути виконані вимоги щодо вогнестійкості визначені у ДБН В.1.1-7, ДБН В.1.2-7 та технології виготовлення конструкцій і витримані вимоги щодо

експлуатації будинків та споруд, а також вимоги щодо екології, які регламентуються відповідними нормативними документами.

1.4 Цей стандарт не поширюється на розрахунок та проектування вогнестійкості конструкцій. Розрахунок сталезалізобетонних конструкцій на вогнестійкість на відповідність нормативним значенням, регламентованим у ДБН В.1.1-7, ДБН В.2.2-24, ДБН В.1.2-7 тощо, слід виконувати згідно з чинною нормативно-технічною документацією на проектування вогнестійкості сталезалізобетонних будівельних конструкцій.

1.8 Вимоги цього стандарту не поширюються на розрахунок та проектування:

–конструкцій які експлуатуються при температурі навколишнього середовища вище ніж 50º С і нижче ніж мінус 70 ºС;

–спеціальних типів будівель (розрахунок висотних будівель (умовною висотою понад 73,5 м) на прогресуюче обвалення тощо);

–віадуків, мостів, дамб, резервуарів під тиском, прибережних платформ та водозахисних споруд;

–сталезалізобетонних конструкцій аеродромів, атомних станцій;

–конструкцій із фібробетону, дрібнозернистих бетонів, та пінобетонних складових, а також конструкцій з бетону з надважкими заповнювачами;

–конструкцій які піддаються циклічним та динамічним впливам, впливу агресивного середовища.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі нормативно-правові акти, нормативні акти та нормативні документи:

– Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 р. № 1764;

– ДБН В.1.1-7-2002 Захіст від пожежі. Пожежна безпека об’єктів

будівництва;

– ДБН В.1.2-7:2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних. об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека;

– ДБН В.1.2-14:2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ;

– ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення;

– ДБН В.2.6-160:2010 Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення;

– ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування;

– ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування;

– ДСТУ Б В.2.6-9:2008 Конструкції будинків і споруд. Профілі сталеві листові гнуті з трапецієподібними гофрами для будівництва. Технічні умови;

– ДСТУ Б.В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування;

– ДСТУ Б В.2.7-176:2008 Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетони. Загальні технічні умови (EN 206-1:2000, NEQ);

– ДСТУ-Н Б EN 1994-1-2:2012 Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1994-1-2:2005, IDT);

– ДСТУ 3760:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови (ISO 6935-2:1991, NEQ);

– ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия (Сталь арматурна термомеханічно зміцнена для залізобетонних конструкцій. Технічні умови).

3 МАТЕРІАЛИ

3.1 Бетон, арматура, конструкційна сталь, профільований настил

3.1.1.1 Характеристики бетону, арматури і конструкційній сталі для сталезалізобетонних конструкцій, що проектуються відповідно до цього стандарту, приймають згідно з ДБН В.2.6-160.

3.1.1.2 Характеристики профільованих настилів приймаються відповідно до ДСТУ В.2.6-9.

4 ПОЛОЖЕННЯ З РОЗРАХУНКУ З'ЄДНУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

4.1 Загальні положення

4.1.1 Розділ 4 застосовується для сталезалізобетонних балок і, при відповідному обгрунтуванні, для інших типів сталезалізобетонних конструкцій.

4.1.2 Зсувні з'єднання та поперечна арматура повинні встановлюватись для передачі поздовжніх зусиль зсуву між бетоном і конструктивним сталевим профілем, при цьому природне зчеплення між двома матеріалами не враховується.

4.1.3 Зсувні з'єднання повинні мати достатню деформативність щоб задовольняти припущення стосовно недружнього перерозподілу при розрахунку.

4.1.4 Пластичними вважаються з'єднання, які мають необхідну деформативність для забезпечення виконання припущень щодо ідеалізованого пластичного характеру роботи зсувних з'єднань у конструкції, що розглядається.

4.1.5 З'єднувальний елемент можна вважати пластичним, якщо нормативна несуча здатність ковзанню δ_{uk} становить, щонайменш 6мм.

4.1.6 Якщо у одному прольоті балки застосовуються два або більше різних типів зсувних з'єднань, то необхідно враховувати наявні відмінності у їх характеристиках ковзання при навантаженні.

4.1.7 Зсувні з'єднання повинні бути достатніми для запобігання відшарування бетонного елемента від сталевого профілю, за винятком випадків коли запобігання відшаруванню забезпечується іншими засобами.

4.1.8 Для запобігання розшаруванню плити зсувні з'єднання повинні розраховуватись на сприйняття номінального граничного зусилля розтягу, перпендикулярного площині сталевої полки, яке менше, щонайменш на 0,1 від розрахункового граничного опору на зсув з'єднань. За необхідності, вони можуть забезпечуватись анкерними пристроями.

4.1.9 Зсувні з'єднання у формі стад-болтів з головками згідно з 5.7 можна вважати такими, що забезпечують необхідний опір відриву за умови, що вони не зазнають прямої дії розтягу.

4.1.10 Необхідно запобігати поздовжньому руйнуванню від зсуву і ковзання бетонної плити, внаслідок зосереджених сил, прикладених від з'єднань.

4.1.11 Якщо конструювання зсувного з'єднання відповідає положенням 5, то можна вважати, що забезпечується відповідність 4.1.10.

4.1.12 Якщо для передачі зсуву між сталевим елементом і бетонним елементом використовується інший метод з'єднання, відмінний від зсувних з'єднань включених у 4, то характер роботи, прийнятий у розрахунку, повинен ґрунтуватись на випробуваннях і супроводі концептуальною моделлю. Розрахунок комбінованого елемента повинен підтверджуватись розрахунком подібного елемента із застосуванням зсувних з'єднань, включених у цій розділ, у тій мірі, наскільки це практично можливо.

4.1.13 Для будівель, кількість з’єднань повинна бути рівною щонайменш, розрахунковому зусиллю зсуву для граничного стану, яке визначається згідно з 4.5, поділеному на розрахунковий опір одного з'єднання P_{Rd}. Для стрижневих зсувних з'єднань розрахунковий опір повинен визначатись згідно з 4.5.2 або 4.6, що більш відповідає.

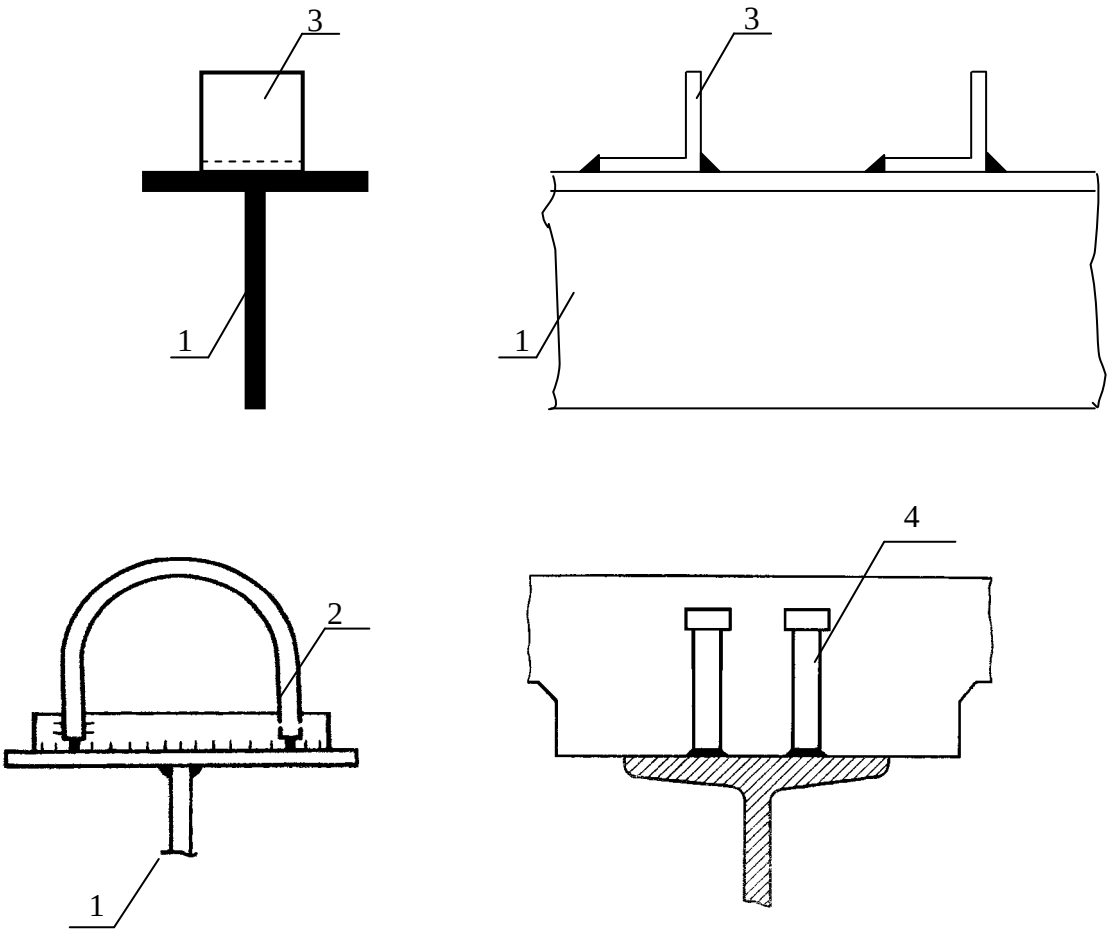
4.1.14 Якщо всі поперечні перерізи класу 1 або 2 (див. 8.5 ДБН В.2.6-160), для балок будівель можна застосовувати часткове з'єднання на зсув. Кількість з'єднань повинна в цьому випадку визначатись застосуванням теорії часткового з'єднання на зсув з урахуванням деформаційної здатності зсувних з'єднань.

4.2 Класифікація з'єднувальних елементів

4.2.1 З’єднувальні елементі поділяються на два основних типи:

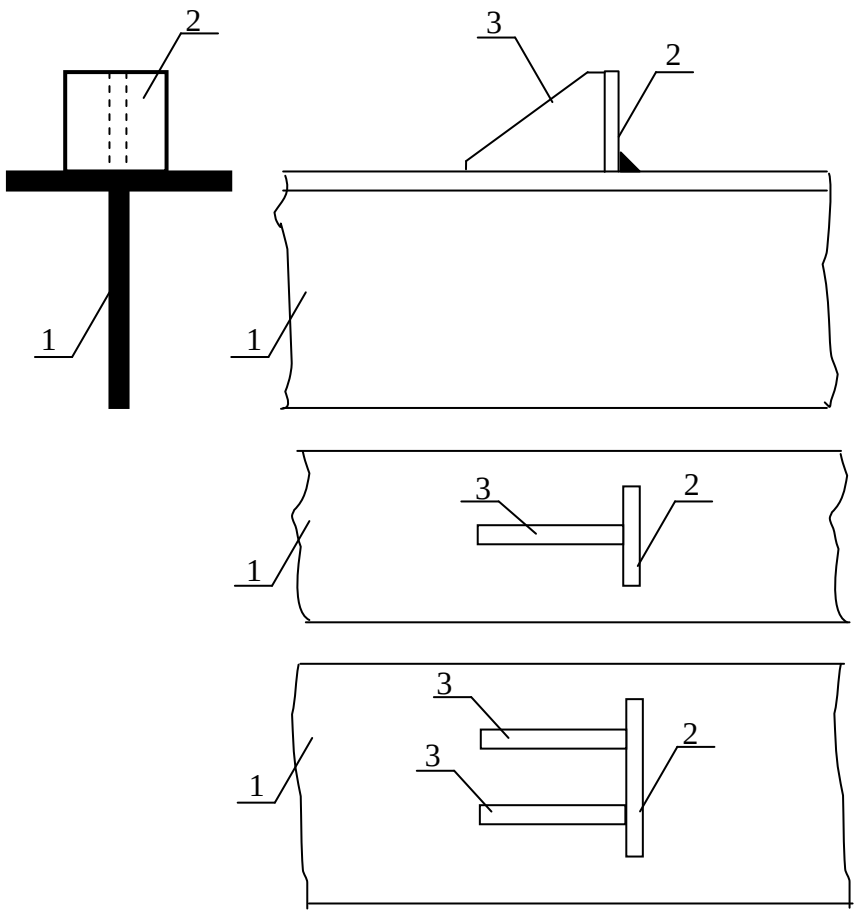
– гнучки (рисунок 4.1);

– жерстки (рисунок 4.2).



1 – сталева балка; 2 – петлевий анкер; 3 – анкер з кутика;
4 – вертикальні з’єднувальні елементі з головками

Рисунок 4.1 – Гнучки з’єднувальні елементі



1 – сталева балка; 2 – вертикальна сталева пластина; 3 – ребро жорсткості

Рисунок 4.2 – Жорсткі з’єднувальні елементі

4.3 Обмеження для застосування часткового з'єднання на зсув у сталезалізобетонних балках

4.3.1 Вертикальні стрижневі з’єднувальні елементі з головками, загальною довжиною після приварювання не менш ніж 4 діаметри, а діаметром стрижня не менш ніж 16мм і не більш ніж 25 мм, може вважатись пластичним в нижченаведених межах для ступеня з'єднання на зсув, який визначається коефіцієнтом $\eta = n/n_f$:

Для сталевих профілів з рівними полками:

$$L_e \leq 25; \qquad \eta \geq 1\text{-}\left(\frac{355}{f_y}\right)(0.75 - 0{,}03\,L_e), \quad \eta \geq 0{,}4 \tag{4.1}$$

$$L_e > 25; \qquad \eta \geq 1 \tag{4.2}$$

Для сталевих профілів з площею нижньої полки в три рази більшою ніж площа верхньої полки:

$$L_e \leq 20; \qquad \eta \geq 1\text{-}\left(\frac{355}{f_y}\right)(0.30 - 0{,}015\, L_e),\ \ \eta \geq 0{,}4 \qquad (4.3)$$

$$L_e > 20; \qquad \eta \geq 1 \qquad (4.4)$$

де:

L_e – відстань між точками нульових згинальних моментів у метрах при додатному прогині; для типових нерозрізних балок L_e можна приймати як показано на рисунку 8.1 ДБН В.2.6-160;

n_f – кількість з'єднань для повного з'єднання на зсув, визначена для даної довжини балки згідно з 4.1.13;

n – фактична кількість з'єднань на зсув, передбачена для тієї ж довжини.

4.3.2 Для сталевих профілів, у яких площа верхньої полки перевищує площу нижньої менш ніж у три рази, граничне η можна визначити з виразів (4.1)-(4.4) лінійною інтерполяцією

4.3.3 Вертикальні з’єднувальні елементі з головками можуть вважатись пластичними у ширшому діапазоні прольоту, ніж вказано вище у 4.3.1 якщо:

(a) стрижні мають загальну довжину після приварювання не менш ніж 76мм, а діаметр тіла не менш ніж 19мм:

(b) сталевий переріз із прокатного або зварного двотавра або швелера з рівними полками:

(c) бетонна плита є комбінованою з профнастилів, перпендикулярних балці, а ребра бетону нерозрізні по довжині:

(d) у кожному ребрі профілю є один поперечний стрижень, розташований у центрі ребра, або перемінно на лівій і правій стороні лотка вдовж прольоту;

(e) у профнастилі з $b_0/h_p \geq 2$ і $h_p \leq 60$мм, позначення див. на рисунку 6.13, а зусилля визначено згідно із спрощеним методом, наведеним на рисунку 6.5.

За дотримання цих умов, коефіцієнт η повинен задовольняти:

$$L_e \leq 25; \qquad \eta \geq 1\text{-}\left(\frac{355}{f_y}\right)(1{,}0 - 0{,}04\, L_e), \qquad \eta \geq 0{,}4 \qquad (4.5)$$

$$L_e > 25; \qquad \eta \geq 1 \qquad (4.6)$$

Примитка. Вимоги 4.3 отримані при рівномірному кроці зсувних з'єднань.

4.4 Розташування зсувних з'єднань

4.4.1 Зсувні з'єднання повинні розташовуватись вздовж балки таким чином, щоб передавати поздовжній зсув і запобігати розшаруванню бетону та сталевої балки, враховуючи відповідний розподіл розрахункових поздовжніх зусиль зсуву.

4.4.2 У консолях та зонах від'ємних моментів нерозрізних балок розтягнута арматура повинна обриватись відповідно до кроку зсувних з'єднань та відповідним чином заанкерюватись.

4.4.3 Пластичні з'єднання можуть розташовуватись рівномірно по довжині між прилеглими критичними перерізами, як визначено у 6.1.1 при умові, що:

– всі критичні перерізи у прольоті, що розглядається, є класу 1 або 2;

– η задовольняє обмеження, наведені у 6.6.1.2, і

– пластичний момент внутрішньої пари комбінованого перерізу не перевищує більш ніж у 2,5 пластичний момент сталевого профілю.

4.4.4 Якщо пластичний момент внутрішньої пари комбінованого перерізу перевищує більш ніж у 2,5 пластичний момент сталевого елемента, необхідно виконувати додаткову перевірку достатності зсувного з'єднання у проміжних точках приблизно посередині між прилеглими критичними перерізами.

4.4.5 Необхідна кількість зсувних з'єднань може розподілятись між точкою максимального додатного моменту і прилеглою опорою або точкою максимального від'ємного моменту, відповідно до поздовжнього зсуву, визначеного за пружною теорією при навантаженні, що розглядається. У разі

виконання цих вимог ніякі додаткові перевірки достатності зсувних з'єднань не вимагаються.

4.5 Вертикальні стрижневі з’єднувальні елементі з головками у суцільних плитах і бетонному заповненні

4.5.1 Розрахунковий опір поперечних стрижнів з головками повинен визначатись за виразом:

$$P_{Rd} = \frac{0,8 f_u \pi d^2 / 4}{\gamma_V} \tag{4.7}$$

або:

$$P_{Rd} = \frac{0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_m}}{\gamma_V} \tag{4.8}$$

Залежно, яке значення менше, при

$$\alpha = 0,2\left(\frac{h_{sc}}{d} + 1\right) \qquad \text{при } 3 \le h_{sc}/d \le 4 \tag{4.9}$$

$$\alpha = 1 \qquad \text{при } h_{sc}/d > 4 \tag{4.10}$$

де:

γ_V – коефіцієнт надійности за навантаженням;

d – діаметр тіла стрижня, 16мм $\le d \le$ 25мм;

f_u - вибрана не обмежувана міцність на розтяг матеріалу поперечного стрижня, але не більше ніж 500Н/мм^2;

f_{ck} - нормативна циліндрична міцність на стиск бетону у віці, що відповідає моменту часу, який розглядається, густиною не менш ніж 1750кг/м^3;

h_{sc} - загальна номінальна висота поперечного стрижня.

Примітка. Рекомендується величина γ_V =1,25.

4.5.2 Вплив розтягу на розрахунковий опір зрізу

Якщо поперечні стрижні з головками на додаток до зсуву зазнають прямої дії зусиль розтягу, то необхідно обчислювати розрахункове зусилля розтягу на поперечний стрижень.

Зусиллям розтягу можна знехтувати, якщо $F_{ten} \le 0,1P_{Rd}$, де P_{Rd} – розрахунковий опір зрізу, визначений згідно з 6.6.3.1.

Якщо $F_{ten} > 0{,}1P_{Rd}$, то з'єднання не входить у галузь застосування цього стандарту.

4.6 Розрахунковий опір з’єднувальних елементіі з головками, що застосовуються з профільованим настилом

4.6.1 Профнастили з ребрами паралельними опорним балкам

4.6.1.1 Поперечні стрижні розташовані в межах зони бетону, що має форму вута (рисунок 4.3). Якщо профіль є нерозрізним поперек балки, то ширина b_0 дорівнює ширині пазу, як показано на рисунку 4.4. Якщо настил розрізний, то b_0 визначається способом, який показано на рисунку 4.3. Висоту пазу слід приймати як h_p, загальна висота настилу мінус виступи.

4.6.1.2 Розрахунковий опір зсуву необхідно приймати як опір у суцільній плиті, див 6.6.3.1, помножений на понижуючий коефіцієнт k_l, що визначається за наступним виразом:

$$k_l = 0{,}6\ \frac{b_0}{h_p}\left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1\right) \le 1{,}0 \qquad (4.11)$$

де: h_{sc} – загальна висота стрижня, але не більше ніж h_p +75мм.

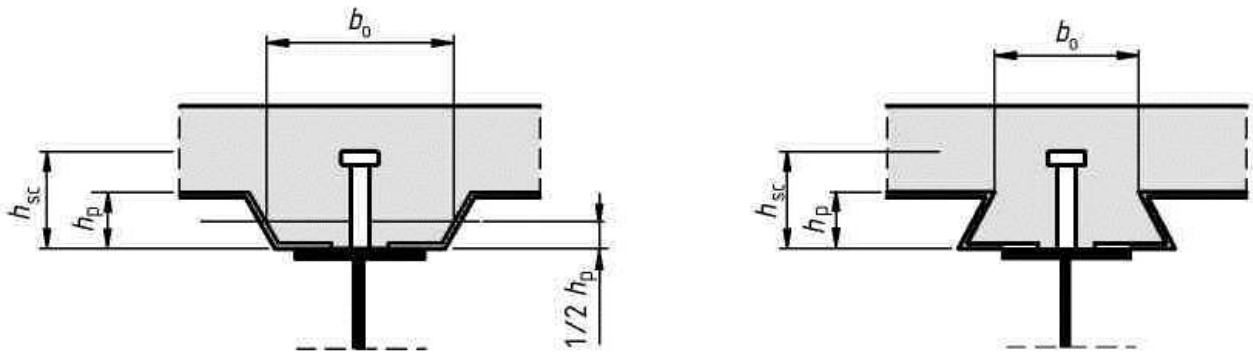


Рисунок 4.3 – Балка з профільованим настилом, паралельним балці

4.6.1.3 Якщо настил розрізний поперек балки і не заанкерений до балки належним чином, то сторона пазу і її армування повинні задовольняти 6.6.5.4.

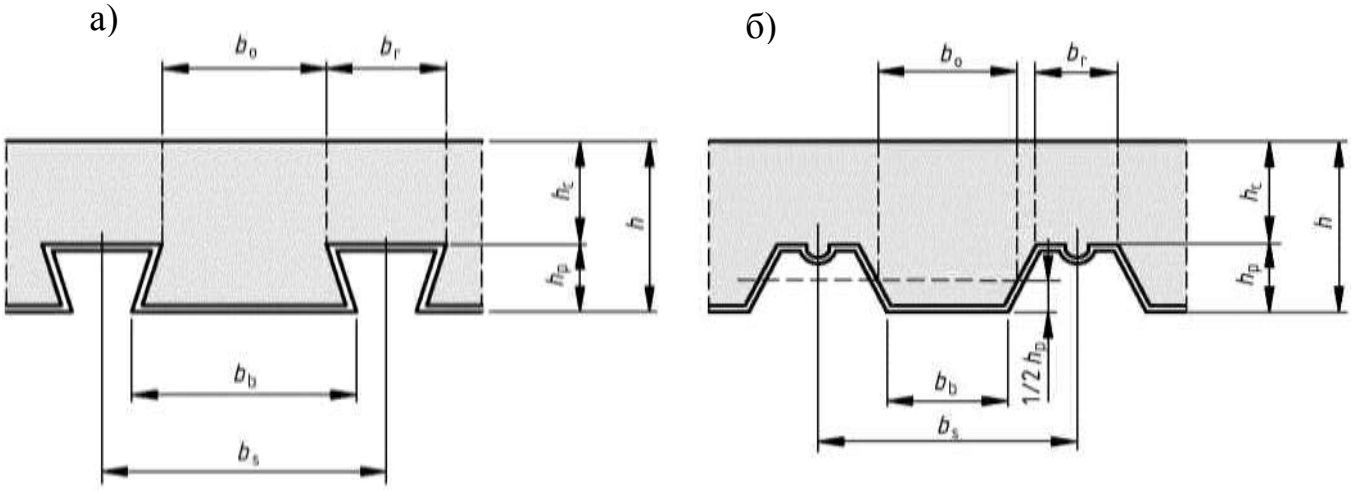


Рисунок 4.4 – Розміри настилів і плит: а – профіль з розширеними зверху ребрами; б– профіль із звуженими зверху ребрами

4.6.2 Профнастили з ребрами, перпендикулярними опорним балкам

4.6.2.1 При забезпеченні виконання умов, наведених у (2) і (3), розрахунковий опір зсуву повинен прийматись як опір у суцільній плиті, обчислений, як наведено 4.5.1 (за винятком умови, що f_u повинна становити не більш ніж 450 Н/мм^2), помножений на понижуючий коефіцієнт k_t, що визначається за наступним виразом:

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \qquad (4.12)$$

де: n_r – кількість поперечних стрижнів у одному ребрі на перерізі балки, що не перевищує 2 за розрахунком, а інші символи показані на рисунку 4.5.

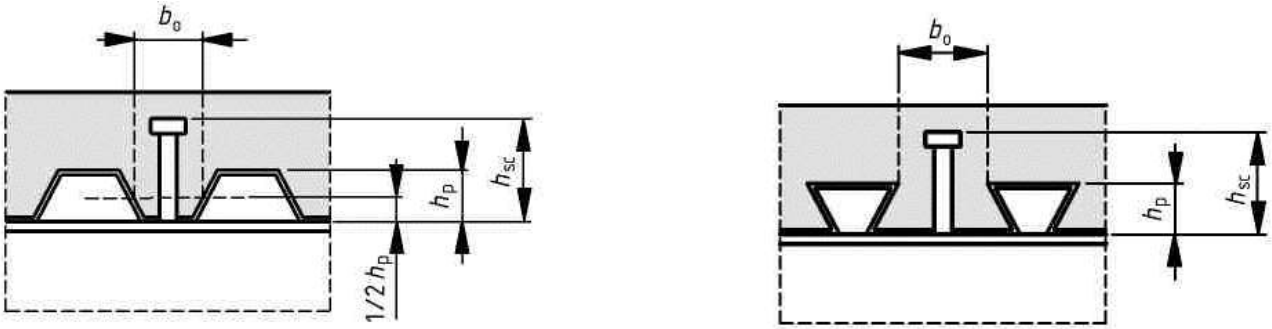


Рисунок 4.5 – Балка з профільованим сталевим настилом поперечно балці

4.6.2.2 Коефіцієнт k_t не повинен прийматись більшим ніж відповідне значення $k_{t,max}$, наведене у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Верхні границі $k_{t,max}$ для коефіцієнта зниження k_t

Кількість стрижневих поперечних з'єднань на ребро	Товщина t листа (мм)	Стрижні, діаметром не більш ніж 20мм, зварюванні через сталевий профнастил	Профнастил з отворами та поперечними стрижнями діаметром 19мм або 22мм
n_r =1	≤ 1,0 > 1,0	0,85 1,0	0,75 0,75
n_r =2	≤ 1,0 > 1,0	0,85 0,8	0,6 0,6

4.6.2.3 Значення, наведені у 4.6.2.1 і 4.6.2.2 можуть застосовуватись при забезпеченні умов, що:

– поперечні стрижні розміщені у ребрах висотою h_p не більшою ніж 85мм, і ширина b_0 не менша ніж h_p;

– при зварюванні через настил діаметр стрижнів не перевищує 20мм;

– при улаштуванні отворів у профнастилі діаметр стрижнів не перевищує 22мм.

5 КОНСТРУЮВАННЯ ЗСУВНИХ З’ЄДНАНЬ ТА ВПЛИВ ВИКОНАННЯ

5.1 Опір відриву(розшаруванню)

Площина з’єднувального елемента, який сприймає зусилля відриву (наприклад, нижня сторона головки стрижня) повинна виступати не менш ніж на 30мм, у чистоті, над нижньою арматурою (5.1).

5.2 Захисний шар та бетонування

5.2.1 Конструювання зсувних з’єднань, які сприймають зусилля зсуву повинно забезпечувати можливість належним чином ущільнювати бетон навколо основи зєднання.

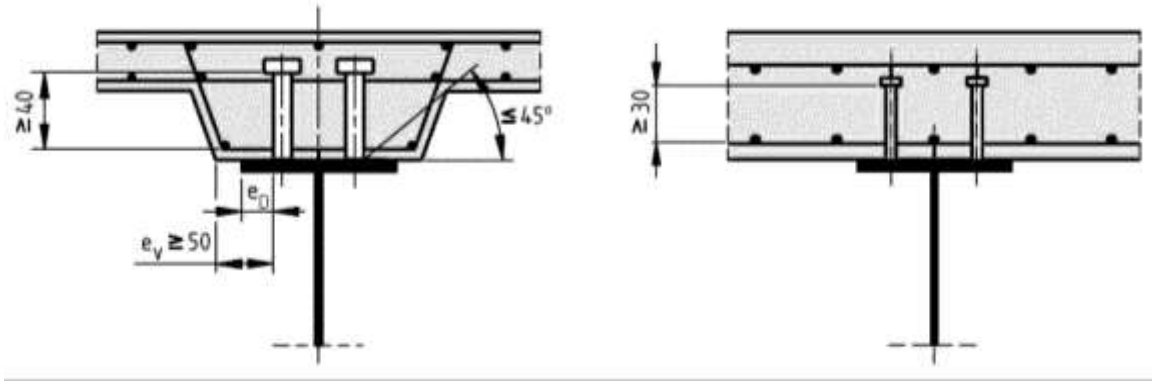


Рисунок 5.1 – Конструювання

5.2.2 Якщо зверху з’єднання вимагається захисний шар, то він повинен бути:

a) не менш ніж 20мм, або

b) згідно з рекомендаціями ДБН В.2.6-98 для сталевої арматури менш ніж 5мм, у залежності, яка із величин більша.

5.2.3 Якщо захисний шар не вимагається, то верх з’єднання, може співпадати з поверхнею бетону плити.

5.2.4 При виконанні, ступінь та послідовність бетонування повинні бути такими, щоб дозріваючий бетон не пошкоджувався внаслідок обмеженої комбінованої роботи, що відбувається при деформації сталевих балок при послідовному виконанні бетонування. Де тільки можливо, деформації до зсувних з’єднань не повинні прикладатись до набуття бетоном циліндричної міцності, щонайменш 20Н/мм^2.

5.3 Місцеве армування у плитах

5.3.1 У місцях прилягання зсувного з’єднання до поздовжньої грані бетонної плити, поперечна арматура, що встановлюється згідно з 6.6.6 повинна повністю заанкерюватись між гранню плити та прилеглим рядом з’єднань.

5.3.2 Для запобігання поздовжнього розтріскування бетону полок, спричиненого зсувними з’єднаннями, коли відстань від грані бетонної полки до осі найближчого ряду зсувних з’єднань становить менше ніж 300мм, необхідно застосовувати наступні додаткові рекомендації:

a) поперечна арматура повинна доповнюватись U– подібними стрижнями, що встановлюються навколо зсувних з’єднань;

b) якшо для зсувних з’єднань використовуються стрижні з головками, то відстань від грані бетонної полки до осі найближчого стрижня повинна бути не менш ніж 6*d*, де *d* - номінальний діаметр стрижня, а U– подібні стрижні повинні мати діаметр не менш ніж 0,5*d*;

c) U– подібні стрижні повинні розташовуватись якомога нижче, до мінімально можливого захисного шару.

5.3.3 На кінці консолі необхідно забезпечувати відповідне армування для передачі зусиль від зсувних з’єднань на поздовжню арматуру.

5.4 Вути в бетонних плитах

5.4.1 Якщо влаштовуються вути між сталевим профілем і нижньою поверхнею бетону плити, сторони вутів повинні пролягати за межами лінії, проведеної під кутом 45° від зовнішньої грані стрижня (рисунок 5.1).

5.4.2 Мінімальний захисний шар бетону від бокової грані вута до стрижня повинен бути не менш ніж 50мм.

5.4.3 Необхідні поперечні стрижні, відповідно до вимог 6.6.6, повинні встановлюватись у вутах нижче не менш ніж 40мм від поверхні з’єднань, що сприймають зусилля відриву.

5.5 Крок зсувних стрижнів

5.5.1 Якщо у розрахунку припускається, що стійкість сталевого або залізобетонного елемента забезпечується з’єднанням між ними, то крок зсувних з’єднань повинен бути достатньо точним, щоб це припущення виконувалось.

5.5.2 Якщо вважається, що стиснута сталева полка внаслідок створення в’язей зсувними з’єднаннями, стає класу 1 або 2, замість нижчого класу, то відстань між центрами зсувних з’єднань у напрямі дії стиску не повинна перевищувати наступних значень:

– якщо плита має контакт по всій довжині (наприклад суцільна плита): $22t_f\sqrt{235/f_y}$;

– якщо плита має контакт не по всій довжині (наприклад плита з ребрами поперек балки): $15t_f\sqrt{235/f_y}$;

де:

t_f - товщина полки;

f_y - номінальний опір текучості полки у Н/мм^2.

Окрім того, відстань у чистоті між гранню стиснутої полки до найближчої лінії зсувних з'єднань не повинна перевищувати $9t_f\sqrt{235/f_y}$.

5.5.3 У будівлях, максимальна відстань у поздовжньому напрямку зсувних з'єднань не повинна перевищувати більш ніж у 6 разів загальну товщину плити, або 800мм.

5.6 Розміри сталевої полки

5.6.1 Товщина сталевої пластини або полки, до якої приварений з'єднувальний стрижень, повинна бути достатньою для належного зварювання і відповідним чином передавати навантаження від стрижня на пластину без локального руйнування та надмірних деформацій.

5.6.2 У будівлях, відстань між гранню стрижня і гранню полки балки, до якої він приварюється, див. рисунок 6.14, повинна бути не менш ніж 20мм.

5.7 З'єднувальні стрижні з головками

5.7.1 Загальна висота стрижня повинна бути не менш ніж 3*d*, де *d* – діаметр тіла стрижня.

5.7.2 Головка повинна бути діаметром не менш ніж 1,5*d*, і мати висоту не менш ніж 0,4*d*.

5.7.3 Для елементів, що зазнають розтягу і при навантаженні утомленості, діаметр стрижня, який приварюється, не повинен перевищувати більш ніж у 1,5раз товщину полки, за винятком випадків, коли є дані випробувань для

визначення опору утомленості стрижня, як зсувного з’єднання. Ця умова застосовується також для стрижнів, розташованих безпосередньо над стінкою.

5.7.4 Крок стрижнів у напрямі зусилля зсуву повинен становити не менш ніж 5*d*, а у поперечному напрямі до зусилля зсуву – не менш ніж 2,5*d* у суцільних плитах та 4*d* у інших випадках.

5.7.5 За винятком випадків коли стрижні розташовані безпосередньо над стінкою, діаметр стрижня не повинен перевищувати більш ніж у 2,5 раз товщину тієї частини, до якої він приварюється, окрім випадків, коли наявні дані випробувань для визначення опору стрижня як зсувного з’єднання.

5.8 Застосування з’єднувальних стрижнів з головками із сталевими профнастилами у будівлях

5.8.1 Номінальна висота стрижня повинна продовжуватись не менш ніж на 2*d* вище верху сталевого настилу, де *d*– діаметр ствола стрижня

5.8.2 Мінімальна ширина пазів, що заповнюються бетоном повинна становити не менш ніж 50мм.

5.8.3 Якщо стрижні неможливо встановити по центру пазу настилу, то їх слід розташовувати поперемінно з двох сторін паза по довжині прольоту.

6 ЗСУВНІ З’ЄДНАННЯ В КОЛОНАХ ТА СТИСНУТИХ ЕЛЕМЕНТАХ

6.1 З'єднання на зсув та прикладання навантаження

6.1.1 У зонах прикладання навантаження повинні передбачатись відповідні заходи для внутрішніх сил і моментів, що виникають від елементів, приєднаних до кінців та навантажень, що прикладені в межах довжини, і повинні розподілятись між сталевою і залізобетонною складовими, з урахуванням опору зсуву в місці з'єднання сталі та бетону. Необхідно забезпечувати точне моделювання схеми навантаження, яка не призводить до виникнення значного ковзання у місці з'єднання, котре може зробити недійсними зроблені у розрахунку припущення.

6.1.2 Якщо комбіновані колони і стиснуті елементи зазнають значного поперечного зсуву, наприклад, при локальних поперечних навантаженнях та моментах на кінцях, повинні передбачатись відповідні заходи для передачі відповідних поздовжніх напружень зсуву в місці з'єднання сталі та бетону.

6.1.3 Для центрально навантажених колон і стиснутих елементів поздовжній зсув за межами зони прикладання навантаження можна не розглядати.

6.2 Прикладання навантаження

6.2.1 Зсувні з'єднання необхідно забезпечувати у зонах прикладання навантаження та зміни поперечного перерізу, якщо розрахункова міцність на зсув τ_{Rd}, перевищується у місці з'єднання сталі та бетону. Зусилля зсуву повинні визначатись за зміною зусиль у перерізі сталевого або бетонного поперечного перерізу на довжині прикладання навантаження. Якщо навантаження прикладаються тільки до бетонного поперечного перерізу, то отримані із пружного розрахунку загальні значення повинні враховувати повзучість та усадку. В іншому випадку, зусилля у місці з'єднання повинні визначатись за теорією пружності або пластичності , для визначення більш несприятливого випадку.

6.2.2 За відсутності більш точного методу довжина зони прикладання не повинна перевищувати $2d$ або $L/3$, де d - мінімальний поперечний розмір колони, а L - довжина колони.

6.2.3 З’єднання на зсув у зонах прикладання навантаження через пластини на кінцях комбінованих колон і стиснутих елементів не вимагається, якщо з’єднання між бетоном та торцевою пластиною знаходиться постійно при стиску, з урахуванням повзучості та усадки. В іншому випадку, прикладання навантаження повинно перевірятись згідно 6.2.5. Для заповнених бетоном труб круглого перерізу можна враховувати ефект обойми, якщо задовольняються умови 6.7.3.2(6), при використанні значень η_a і η_c при $\bar{\lambda}$ рівній нулю.

6.2.4 Якщо зсувні стрижні приєднуються до стінки частково або повністю забетонованого сталевого профілю двотаврового або подібного перерізу, можна враховувати сили тертя, що розвиваються при поперечному розширенні бетону вдовж прилеглих сталевих полок. Цей опір можна додавати до обчисленого опору зсувних з'єднань. Можна припускати, що додатковий опір становить $\mu P_{Rd}/2$ на кожній полиці і кожному горизонтальному ряді зсувних стрижнів, як показано на рисунку 6.1, де μ – відповідний передбачуваний коефіцієнт тертя. Для сталевих нефарбованих профілів μ можна приймати рівним 0,5. P_{Rd} – опір одиночного стрижня згідно з 4.5.1 За відсутності точнішої інформації із випробувань, відстань у чистоті між полками не повинна перевищувати значення, приведені на рисунку 6.1.

6.3 Поздовжній зсув за межами зони прикладання навантаження

6.3.1 Поздовжній зсув за межами зони прикладання навантаження у місці з'єднання бетону і сталі необхідно перевіряти, якщо він спричинений поперечними навантаженнями і/або моментами на торцях. Зсувні з'єднання необхідно встановлювати на основі розподілу розрахункової величини поздовжнього зсуву, якщо він перевищує розрахунковий опір зсуву τ_{Rd}.

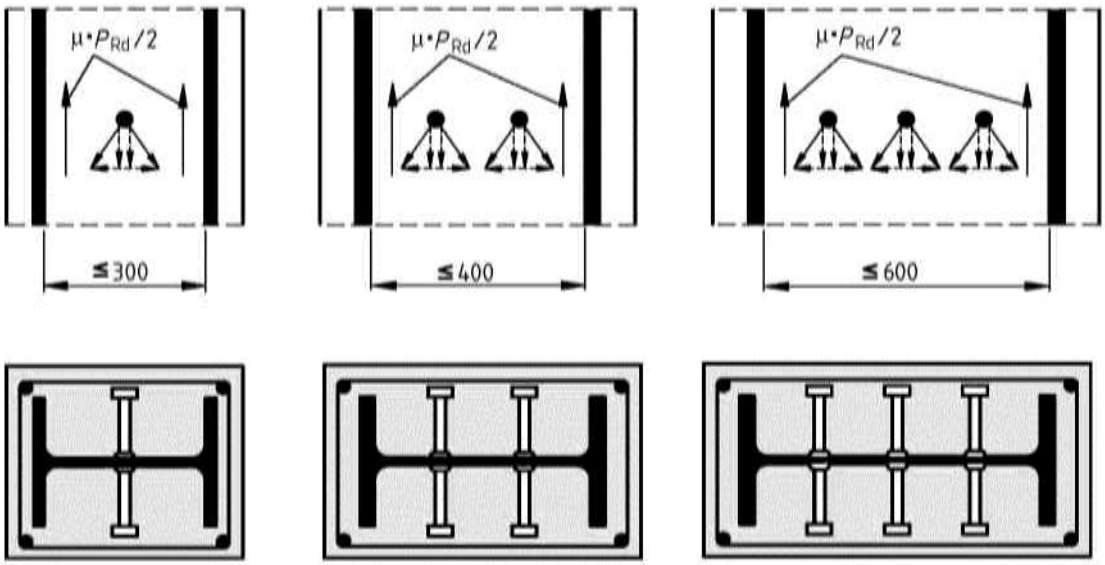


Рисунок 6.1 – Додаткові сили тертя у комбінованих колонах при застосуванні стрижнів з головками

6.3.2 За відсутності більш точного методу, для визначення поздовжнього зсуву у місці з'єднання можна застосовувати пружний розрахунок з урахуванням довготривалих впливів і утворення тріщин у бетоні.

6.3.3 При забезпеченні умов щодо відсутності у сталевому профілі на поверхні контакту фарбування, олії, жирів та рихлої окалини або іржі, для τRd можна приймати значення, наведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунковий опір зсуву

Тип поперечного перерізу	τ_{Rd} (Н/мм^2)
Повністю омонолічені сталеві профілі	0,30
Круглі полі сталеві профілі заповнені бетоном	0,55
Прямокутні полі сталеві профілі заповнені бетоном	0,40
Полки частково омонолічених профілів	0,20
Стінки частково омонолічених профілів	0,00

6.3.4 Значення τ_{Rd}, наведене у таблиці 6.1 для повністю омонолічених сталевих профілів застосовується ,якщо мінімальний захисний шар бетону становить 40мм, а поперечна і поздовжня арматура відповідає 6.7.5.2.При більшому захисному шарі і відповідному армуванні можна застосовувати вищі значення τ_{Rd}. Якщо інше не визначено за випробуваннями, для повністю омонолічених сталевих профілів може застосовуватись підвищене значення β_c τ_{Rd},, при визначенні β_c за виразом:

$$\beta_c = 1 + 0{,}02\, c_z \left(1 - \frac{c_{z,\min}}{c_z}\right) \le 2{,}5 \qquad (6.1)$$

де:

c_z – номінальне значення захисного шару бетону, в мм;

$c_{z,\min}$ = 40мм = мінімальний захисний шар бетону.

6.3.5 Якщо інше не визначено, то для частково омонолічених профілів з поперечним зсувом, викликаним згином відносно слабшої осі внаслідок бокового навантаження або кінцевих моментів, зсувні з'єднання повинні завжди забезпечуватись. Якщо за опір зсуву не приймається тільки опір конструктивної сталі, то передбачену поперечну арматуру для зусилля зсуву необхідно приварювати до стінки сталевого профілю або повинна проходити через стінку сталевого профілю.

УКНД 91.010.30; 91.080.99

Ключові слова: сталезалізобетонні конструкції; з’єднувальні елементи; гнучки і жорсткі з’єднувальні елементі; розрахунок і конструювання з’єднувальних елементів

Заступник директора ДП НДІБК
з наукової та нормативно-методичної
роботи В. Тарасюк

Науковий керівник А. Бамбура

Відповідальний виконавець Ю. Аметов