

УДК 624.012

А.Я.БАРАШИКОВ, д-р техн. наук, Є.Л.ШАРМАКОВ  
*Київський національний університет будівництва і архітектури*

## МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ АНКЕРУВАННЯ У ПРОЛЬОТІ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ

Наведено методики розрахунку міцності анкерування сталезалізобетонних плит перекриття, в яких сумісна робота сталевго профільованого настилу та залізобетонної плити забезпечується самонарізним та клейовим кріпленням.

Приведены методики расчета прочности анкеровки сталежелезобетонных плит перекрытия, в которых совместная работа стального профилированного настила и железобетонной плиты обеспечивается самонарезающими и клеевыми крепежами.

The methods of calculation of anchorage strength of composite steel and concrete slabs, where common work of steel profiled sheet and reinforced concrete slab is provided by self-drilling screw and adhesive holding, is given.

*Ключові слова:* сталезалізобетонні плити перекриття, міцність анкерування, розрахунок, склеювання, самонарізне анкерування.

Останнім часом об'єднувальним деталям у сталезалізобетонних конструкціях та розрахунку їх міцності анкерування приділяється значна увага науковців, оскільки саме анкерування відіграє важливу роль у роботі конструкції [1,2].

Зчеплення профільованого настилу з бетоном у складі сталезалізобетонної плити забезпечують конструктивні рішення:

- форма поперечного перерізу гофрів настилу;
- виштампування у вигляді рифів, виготовленні на гранях гофрів настилу у процесі його профільовання;
- склеювання складової бетону із профільованим листом;
- анкерні упори, закріплені на опорах плити [1,3].

Розрахунок анкерування виконують для нормального перерізу плити в місці найбільшого згинального моменту, у чверті прольоту та в місцях прикладення зосереджених зусиль (рис. 1). При цьому має виконуватися умова:

$$M_{span} \leq (T_{an} + T_{rif}) \cdot z_n + m_{an} R_s A_s z_s, \quad (1)$$

де  $M_{span}$  – згинальний момент в перерізі, що розглядається;  $T_{an}$  – опір анкерування зсуву по опорах на кінцях настилу;  $T_{rif}$  – опір зсуву рифів, розміщених на стінках профільованого настилу;  $R_s$  – розрахунковий опір стрижневої арматури на розтяг;  $A_s$  – площа пе-

перізу стрижньової арматури;  $z_n, z_s$  – відстань від рівнодіючої зусилля стиску у перерізі до рівнодіючої зусилля розтягу в перерізі настилу та гнучкої арматури відповідно;  $T_{an}, T_{rif}, m_{an}$  – визначають згідно [5].

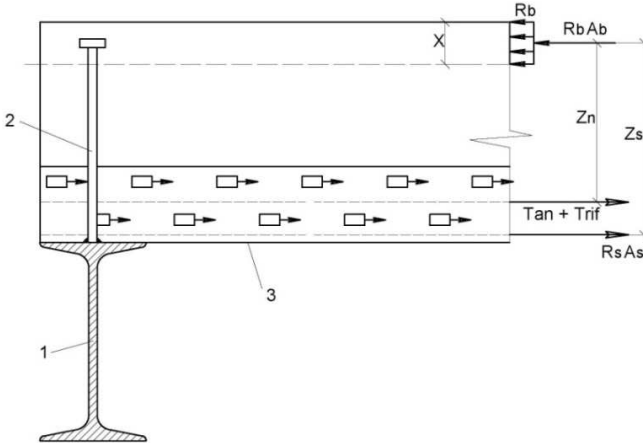


Рис.1 □ Схема зусиль при розрахунку за міцністю анкерування  
1 □ прогін, 2 □ анкерний упор, 3 □ сталевий профільований лист

Запропоновані анкерні засоби (рис. 2), що розміщують у прольоті плити, призначені для підвищення зчеплення сталевих профільованих настилів та залізобетонної плити. Анкери закріплюють на поверхні сталевих листів за допомогою склеювання. Залежно від міцнісних характеристик клейового компаунду, міцність з'єднання може бути підсилена самонарізуючим гвинтом при необхідності.

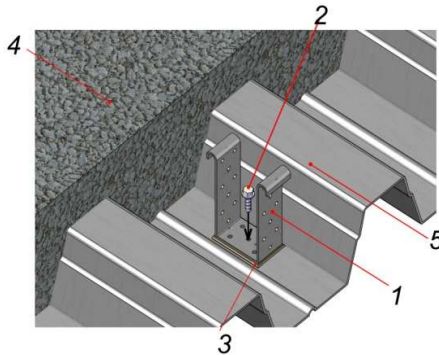


Рис. 2 □ Анкер у прольоті сталезалізобетонної плити перекриття

1 □ анкер, 2 □ самонарізний гвинт, 3 □ клей, 4 □ бетон, 5 □ сталевий профільований лист

Оскільки зчеплення профлиста та залізобетонної плити у сталезалізобетонних конструкціях пов'язане головним чином із зсувними напруженнями [2,6], то міцність анкерування даного з'єднання розглядають як суму зусиль, що сприймають клейове та самонарізне з'єднання зсуву.

Опір анкерів на клейовому з'єднанні зсуву  $T_{ad}$  визначають за формулою:

$$T_{ad} = T'_{ad} \cdot n_{ad} = k_{ad} \cdot \gamma \cdot q \cdot A_{ad_1} \cdot n_{ad}, \quad (2)$$

де  $k_{ad}$  – коефіцієнт надійності клейового з'єднання;  $T'_{ad}$  – опір одного анкера зсуву;  $\gamma$  – коефіцієнт концентрації напружень;  $q$  – нормативне значення міцності клейового з'єднання;  $A_{ad_1}$  – площа клейового з'єднання одного анкера;  $n_{ad}$  – кількість анкерів по довжині ділянки настилу від перерізу, який розглядають до найближчого кінця [4,8,9,].

Залежно від характеристик матеріалу пластини та клею отримують:

при  $q < R_{anc}$

$$M_{span} \leq (T_{an} + T_{rif} + T_{ad}) \cdot z_n + m_{an} R_s A_s z_s; \quad (3)$$

при  $q \geq R_{anc}$

$$M_{span} \leq (T_{an} + T_{rif} + k_{ad} R_{anc} A_{ad} n_{ad}) z_n + m_{an} R_s A_s z_s, \quad (4)$$

де  $R_{anc}$  – розрахунковий опір перфорованої пластини розтягу.

Розрахункову міцність самонарізного з'єднання зсуву визначають за формулами:

при  $t_2/t_1 \leq 1,0$

$$T_{ns} = 4,2 \sqrt{t^3 \cdot d} \cdot F_u; \quad (5)$$

при  $t_2/t_1 \geq 2,5$

$$T_{ns} = 2,7 \cdot t_1 \cdot d \cdot F_u; \quad (6)$$

при  $1,0 < t_2/t_1 < 2,5$ ,  $T_{ns}$  визначають лінійною інтерполяцією,

де  $T_{ns}$  – опір самонарізного кріплення зсуву;  $t_1$  – товщина сталевго листа, контактуючого з головкою самонарізного гвинта;  $t_2$  – товщина сталевго листа, який не контактує з головкою самонарізного гвинта;  $d$  – номінальний діаметр самонарізного гвинта;  $F_u$  – межа міцності самонарізного гвинта на розтяг [10].

Отвори у перфорованій пластині, з якої виконаний анкер, покращують зчеплення конструкції анкера з бетоном і клейовою сумішшю, а також підвищують зручність при монтажі самонарізними гвинтами.

Робота анкера розтягу пов'язана із передаванням відривальних та скісних розтягувальних зусиль, які виникають при згині із зсувом. Додаткове анкерування в бетоні може бути забезпечене за допомогою гачків та лапок на кінцях анкера (рис. 3).

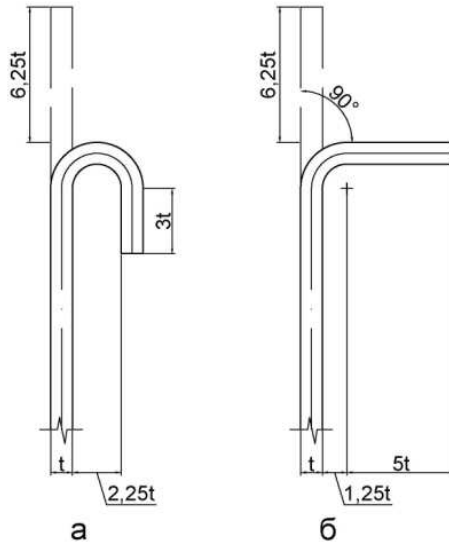


Рис.3 □ Анкерування пластини у бетоні:  
а □ гачок, б □ лапка

Висоту анкерів призначають такою, що дорівнює висоті плити за вирахуванням захисного шару бетону [5,7]. Габаритні розміри анкера приймають відповідно до геометричних розмірів профільованого листа.

Крок та розташування анкерів у прольоті плити пропонується приймати відповідно до раніше проведених досліджень [2] або такими, які враховують перетинання конусів виколювання бетону даними анкерами.

Таким чином, залежно від характеристик використовуваних матеріалів, міцність анкерування сталезалізобетонної плити перекриття, підсиленої запропонованими анкерами у прольоті, становить:

при  $t_2/t_1 \leq 1,0$ ,  $q < R_{anc}$

$$M_{span} \leq \left( T_{an} + T_{rif} + (T_{ad} + 4,2\sqrt{t^3 \cdot d} \cdot F_u) n_{ad} \right) \cdot z_n + m_{an} R_s A_s z_s; \quad (7)$$

при  $t_2/t_1 \geq 2,5$ ,  $q < R_{anc}$

$$M_{span} \leq \left( T_{an} + T_{rif} + (T_{ad} + 2,7t_1 d F_u) n_{ad} \right) \cdot z_n + m_{an} R_s A_s z_s; \quad (8)$$

при  $t_2/t_1 \leq 1,0$ ,  $q \geq R_{anc}$

$$M_{span} \leq \left( T_{an} + T_{rif} + (k_{ad} R_{anc} \mathcal{A}'_{ad} n_{ad} + 4,2\sqrt{t^3 \cdot d} \cdot F_u) n_{ad} \right) \cdot z_n + m_{an} R_s A_s z_s; \quad (9)$$

при  $t_2/t_1 \geq 2,5$ ,  $q \geq R_{anc}$

$$M_{span} \leq \left( T_{an} + T_{rif} + (k_{ad} R_{anc} \mathcal{A}'_{ad} n_{ad} + 2,7t_1 d F_u) n_{ad} \right) \cdot z_n + m_{an} R_s A_s z_s. \quad (10)$$

Запропонована методика розрахунку міцності анкерування сталезалізобетонної плити перекриття враховує особливості визначення: параметрів клейової суміші, міцність клейового компаунду та самонарізного з'єднання. Застосування даної методики, дозволяє проектувати конструкції з високими конкурентоспроможними показниками, приймаючи до уваги особливості спільної роботи сталевого профільованого настилу та залізобетонної плити.

1. Айрумян Э.Л., Боярский А.В. Исследование монолитной железобетонной плиты по профилированному стальному настилу при поперечном изгибе // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 10. □ С. 30-31.

2. Беляева С.Ю. Прочность и деформативность железобетонных плит, армированных стальным профилированным настилом и поперечными анкерами: Дис... канд. техн. наук: ДГТУ. □ Алчевск, 2006. □ 165 с.

3. ДБН В.2.6-160:2010. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення. □ К.: Мінірегіонбуд України, 2010. □ 81 с.

4. Кардашов Д.А. Конструкционные клеи. – М.: Химия, 1980. □ 288 с.

5. Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом // НИИЖБ Госстроя СССР. □ М., 1987. □ 37 с.

6. Alexander Galvão Martins. Estudo do comportamento de vigas mistas com perfil de alma senoidal. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas. Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia, 2009.

7. Geraldine S. Cheok, Long T. Phan. Post-Installed Anchors. Building and Fire Research Laboratory. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 1998.

8. Lutz Dorn. Adhesive Joints - Design and Calculation. Technische Universität, Berlin: TALAT Lecture 4703, 1994, p. 6.

9. M. Müller, D. Heräk. Dimensioning of the bonded lap joint, 2010, pp. 59-68.

10. Ryan M. Francka, Roger A. LaBoube. Screw Connections Subject to Tension Pull-Out and Shear Forces. American Iron and Steel Institute, 2009.

*Отримано 25.09.2013*