

чинників, як: відносна вологість середовища, температура, час експлуатації, міцність бетону, склад бетонної суміші та геометричні розміри поперечного перерізу елемента.

1. Лившиц Я. Д. Расчет железобетонных конструкций с учетом влияния усадки и ползучести бетона. – К.: Вища школа, 1971. 2. Raszka H. Uogólnione metody obliczania przewidywanych odkształceń skurczowych elementów betonowych. – Warszawa: Inżynieria i Budownictwo, 1990. – Nr 8–9. 3. Raszka H. Skurcz betonu – geneza, objawy i przebieg w czasie. – Warszawa: Inżynieria i Budownictwo, 1995. – Nr 2. 4. PN-B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie. – Polski Komitet Normalizacyjny, 2002. 5. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 6. Чехов А.П., Сергеев А.М., Дибров Г.Д. Справочник по бетонам и растворам. – К.: Будівельник, 1979.

УДК 624.21

Б.Г. Гнідець

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра мостів і будівельної механіки

РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ НОРМАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ НЕРОЗРІЗНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Гнідець Б.Г., 2008

Наведено результати досліджень з розрахунку міцності нормальних перетинів збірно-монолітних залізобетонних конструкцій різної форми.

The results of researches are resulted from the calculation of durability of the normal crossings collapsible of monolithic reinforced-concrete constructions of different form.

Вступ. Постановка питання. Згідно з прийнятим у нормах методом розрахунку залізобетонних конструкцій за граничними станами розрахунок збірно-монолітних конструкцій за першою групою граничних станів передбачає розрахунок їх елементів за міцністю і витривалістю.

Відповідно до вимог норм розрахунок збірно-монолітних елементів за міцністю необхідно проводити для нормальних і похилих до поздовжньої осі перерізів та контактних швів між збірними елементами і монолітним бетоном, а за наявності крутних моментів проводити також розрахунок за міцністю просторових перерізів.

Розрахунок міцності нормальних перерізів. За наявності в перерізі збірно-монолітного елемента бетону і арматури різних класів їх з відповідною частиною перерізу вводять до розрахунку міцності з розрахунковими опорами, які відповідають цим класам. Розрахунок міцності нормальних перерізів виконують відповідно до п. 3.28 БНіП 2.03.01-84 [1-4].

Згинані елементи прямокутного перерізу. Розрахунок прямокутних перерізів з напружуваною і звичайною арматурою у розтягнутій і стиснутій зонах збірно-монолітного елемента виконують залежно від положення границі стиснутої зони (рис. 1):

а) якщо границя стиснутої зони знаходиться в межах бетону замонолічування, тобто $x \leq h - h_1$, то

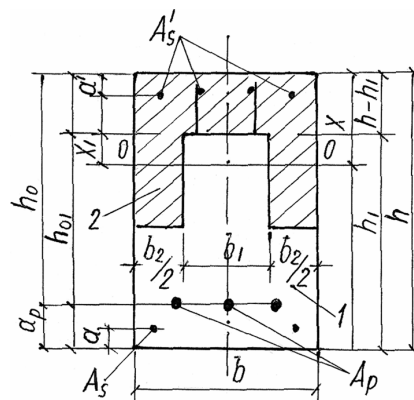


Рис. 1. Поперечний переріз збірно-монолітних залізобетонних елементів прямокутної форми

задовольняється умова:

$$R_p A_p + R_s A_s \leq R_{b2} (h - h_1) b + R_{sc} A'_s. \quad (1)$$

Розрахунок виконують, як для елемента з монолітного бетону (одного класу) за умови:

$$M \leq R_{b2} \cdot b \cdot x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (2)$$

При цьому висоту стиснутої зони x визначають за формулою:

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b2} \cdot b \cdot x$$

або

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_{b2} \cdot b}; \quad (3)$$

б) якщо умова (1) не задовольняється, тобто $x > h - h_1$, розрахунок проводять з урахуванням різних класів бетонів у стиснутій зоні елемента за умови:

$$M \leq R_{b2} \cdot b \cdot x (h_0 - 0.5x) + (R_{b1} - R_{b2}) x_1 b_1 (h_{01} - 0.5x_1) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'), \quad (4)$$

де $x_1 = x - h + h_1$.

Висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b2} \cdot b \cdot x + (R_{b1} - R_{b2}) (x - h + h_1) b_1 \quad (5)$$

або

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s + (R_{b1} - R_{b2}) (h - h_1) b_1}{R_{b1} \cdot b_1 + R_{b2} \cdot b}, \quad (6)$$

де R_{b1} і R_{b2} – розрахункові опори на стиск для бетону збірних елементів і бетону замонолічування.

Згинані елементи таврової форми. Поперечні перерізи збірно-монолітних конструкцій, які розраховуються як елементи таврової форми, можуть виконуватись залежно від їх призначення у будинках і спорудах із збірних елементів різної форми і монолітного бетону.

Основні типи таких перерізів, які були застосовані у нових збірно-монолітних нерозрізних конструкціях будинків та споруд, показано на рис. 1–5. Вони виконувались із:

- збірних балок прямокутної форми 1 і монолітної плити 2 (рис. 2);
- збірних балок прямокутної форми і монолітної частини таврової форми 2 (рис. 3);
- збірних ребристих плит, в яких віддаль між ребрами 1 заповнена бетоном 2 монолітної частини таврової форми, розміщеної над полицкою (рис. 4);
- збірних ребристих плит, в яких монолітний бетон 2 заповнює тільки віддаль між ребрами 1 ребристих плит (рис. 5);
- збірних балок прямокутної або двотаврової форми 1 і ребристих плит 3, об'єднаних між собою монолітним бетоном 2 (рис. 6);
- двох збірних балок прямокутної форми 1 і монолітної плити 2, що утворюють переріз у формі 2Т або переріз П-подібної форми (рис. 7);
- із збірних балок двотаврової форми 1 і ребристих плит 3, об'єднаних між собою монолітним бетоном 2 і 4, що утворюють переріз коробчастої форми (рис. 8).

Розрахунок перерізів таврової форми з полицкою у стиснутій зоні виконують залежно від положення границі 0-0 стиснутої зони (рис. 2):

а) якщо границя стиснутої зони 0-0 проходить у полицці в межах бетону замонолічування і задовольняється умова:

$$R_p A_p + R_s A_s \leq R_{b2} \cdot b'_f (h - h_1) + R_{sc} A'_s, \quad (7)$$

тоді розрахунок проводять як для елементів прямокутного перерізу з шириною b'_f , виконаного з монолітного бетону (одного класу) за умови:

$$M \leq R_{b2} \cdot b'_f \cdot x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (8)$$

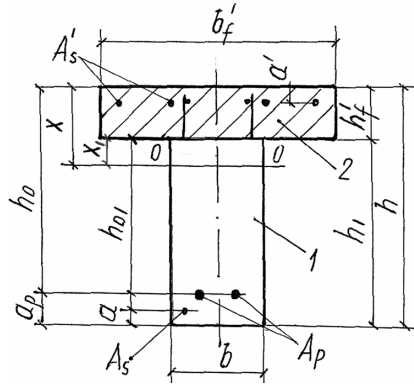


Рис. 2. Поперечний переріз збірно-монолітних залізобетонних елементів таврової форми із балок і монолітної плити прямокутної форми

При цьому висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_{b2} \cdot b'_f}; \quad (9)$$

б) якщо границя стиснутої зони 0-0 проходить в ребрі, тобто в збірному елементі, і умова (7) не задовольняється, розрахунок виконують за умови

$$M \leq R_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_f (h_0 - 0.5h'_f) + R_{b1} \cdot b \cdot x_1 (h_{01} - 0.5x_1) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'), \quad (10)$$

де $x_1 = x - h'_f$.

Висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_f + R_{b1} \cdot b (x - h'_f) \quad (11)$$

або

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_f + R_{b1} \cdot b \cdot h'_f}{R_{b1} \cdot b}. \quad (12)$$

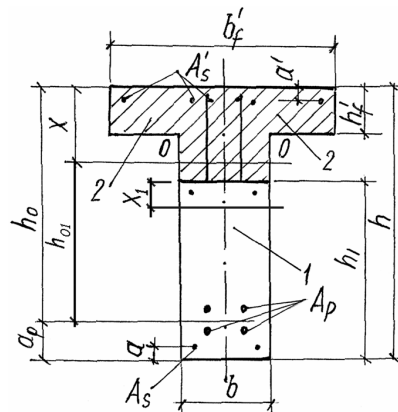


Рис. 3. Поперечний переріз збірно-монолітних залізобетонних елементів таврової форми із балок і монолітної плити таврової форми

Розрахунок перерізу таврової форми, показаного на рис. 3, виконують як елементи з монолітного бетону за умов:

а) якщо $x \leq h'_f$ за формулою (8);

б) якщо $x > h'_f$ і $x \leq h - h_1$ за умови

$$M \leq R_{b2} \cdot b \cdot x (h_0 - 0.5x) + R_{b2} (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0.5h'_f) - R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (13)$$

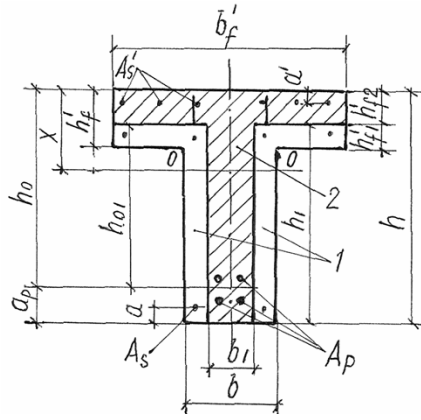


Рис. 4. Поперечний переріз збірно-монолітних залізобетонних елементів таврової форми, в яких монолітний бетон розміщений між ребрами і над полицкою ребристих плит

Висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b2} \cdot b \cdot x + R_{b2} (b'_f - b) h'_f \quad (14)$$

або

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{b2} (b'_f - b) \cdot h'_f - R_{sc} A'_s}{R_{b2} \cdot b}; \quad (15)$$

в) якщо $x > h - h_1$ з умови з урахуванням бетонів різних класів

$$M \leq R_{b2} \cdot b \cdot x (h_0 - 0.5x) + R_{b2} (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0.5h'_f) + R_{b1} \cdot b \cdot x_1 (h_{01} - 0.5x_1) - R_{sc} A'_s (h_0 - a'), \quad (16)$$

де $x_1 = x - h + h_1$.

Висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b2} \cdot b \cdot x + R_{b2} (b'_f - b) h'_f + R_{b1} \cdot b (x - h + h_1) \quad (17)$$

або

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{b2} (b'_f - b) h'_f - R_{sc} A'_s - R_{b1} \cdot b (h - h_1)}{(R_{b1} + R_{b2}) \cdot b}. \quad (18)$$

Розрахунок перерізу таврової форми, показаного на рис. 4, з монолітним бетоном 2, розміщеним між ребрами ребристих плит і добетоненою полицкою, виконують за умов:

а) якщо границя стиснутої зони 0-0 проходить в полиці з монолітного бетону, тобто за $x \leq h \zeta_2$, і коли задовольняється умова

$$R_p A_p + R_s A_s \leq R_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_{f2} + R_{sc} A'_s, \quad (19)$$

розрахунок виконують як для прямокутного перерізу з шириною $b \zeta$ за формулами (8) і (9);

б) якщо границя стиснутої зони 0-0 проходить у полиці збірного елемента (плити), тобто, коли умова (19) не задовольняється, за умови, що

$$R_p A_p + R_s A_s \leq R_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_{f2} + R_{b1} (b'_f - b_1) h'_{f1} + R_{sc} A'_s, \quad (20)$$

розрахунок проводять як для прямокутного перерізу з шириною $b \zeta$ з урахуванням бетонів різних класів у полиці і в ребрі за умови:

$$M \leq R_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_{f2} (h_0 - 0.5h'_{f2}) + R_{b1} (b'_f - b_1) (x - h'_{f2}) \left(h_{01} - \frac{x - h'_{f2}}{2} \right) + R_{b2} \cdot b_1 (x - h'_{f2}) \left(h_{01} - \frac{x - h'_{f2}}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (21)$$

б) якщо границя стиснутої зони 0-0 проходить у ребрі, коли умова (27) не задовольняється і $x > h\zeta$, розрахунок перерізу, показаного на рис. 5, проводять за умови:

$$M \leq R_{b1}(b'_f - b) \cdot h'_f (h_0 - 0.5h'_f) + R_{b1}(b - b_1)x(h_0 - 0.5x) + R_{b2} \cdot b_1 \cdot x(h_0 - 0.5x) + R_{sc}A'_s(h_0 - a'). \quad (31)$$

Висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b1}(b'_f - b)h'_f + R_{b1} \cdot (b - b_1)x + R_{b2} \cdot b_1 \cdot x \quad (32)$$

або

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_{b1}(b'_f - b)h'_f}{R_{b1}(b - b_1) + R_{b2} \cdot b_1}. \quad (33)$$

Розрахунок збірно-монолітного перерізу таврової або двотаврової форми, показаного на рис. 6, з монолітним бетоном 2, який об'єднує збірні елементи 1 балок і ребристих плит 3, виконують за умови:

а) якщо границя стиснутої зони 0-0 проходить у полиці збірного елемента (ребристої плити), тобто коли $x < h\zeta$, і задовольняється умова

$$R_p A_p + R_s A_s \leq R_{b1}(b'_f - b_2)h'_f + R_{b2} \cdot b_2 \cdot h'_f + R_{sc} A'_s, \quad (34)$$

розрахунок виконують як для прямокутного перерізу з урахуванням бетонів різних класів за умови

$$M \leq R_{b1}(b'_f - b_2) \cdot x(h_0 - 0.5x) + R_{b2} \cdot b_2 \cdot x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (35)$$

Висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b1}(b'_f - b_2)x + R_{b2} \cdot b_2 \cdot x \quad (36)$$

або

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_{b1}(b'_f - b_2) + R_{b2} \cdot b_2}; \quad (37)$$

б) якщо границя стиснутої зони 0-0 проходить у ребрі, коли умова (34) не задовольняється і $x > h\zeta$, розрахунок перерізу, показаного на рис. 6, проводять з умови

$$M \leq R_{b1}(b'_f - b'_{f1}) \cdot h'_f (h_0 - 0.5h'_f) + R_{b1}(b'_{f1} - b_2)x(h_0 - 0.5x) + R_{b2} \cdot b_2 \cdot x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (38)$$

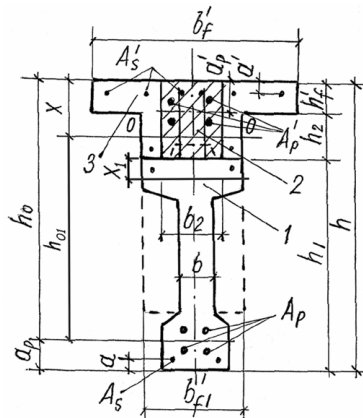


Рис. 6. Поперечний переріз збірно-монолітних залізобетонних елементів з балок прямокутної або двотаврової форми і ребристих плит, об'єднаних монолітним бетоном

Висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b1} (b'_f - b'_{f1}) h'_f + R_{b1} \cdot (b'_{f1} - b_2) x + R_{b2} \cdot b_2 \cdot x \quad (39)$$

або

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_{b1} (b'_f - b'_{f1}) h'_f}{R_{b1} (b'_{f1} - b_2) + R_{b2} \cdot b_2}; \quad (40)$$

в) якщо границя стиснутої зони 0-0 проходить у ребрі нижче від бетону замонолічування 2 і перетинає збірну балку 1, коли $x > h\zeta + h_2$, і задовольняється умова

$$R_p A_p + R_s A_s \leq R_{b3} (b'_f - b_2) h'_f + R_{b3} (b'_{f1} - b_2) h_2 + R_{b2} \cdot b_2 (h'_f + h_2) + R_{sc} A'_s, \quad (41)$$

розрахунок виконують з урахуванням бетонів різних класів усіх елементів з умови

$$M \leq R_{b3} (h'_f - b_2) (h_0 - 0.5 h'_f) + R_{b3} (b'_{f1} - b_2) h_2 (h_0 - h'_f - 0.5 h_2) + R_{b2} \cdot b_2 (h'_f + h_2) \left(h_0 - \frac{h'_f + h_2}{2} \right) + R_{b1} b'_{f1} x_1 (h_{01} - 0.5 x_1) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'), \quad (42)$$

де $x_1 = x - h\zeta - h_2$.

Висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b3} (b'_f - b_2) h'_f + R_{b3} \cdot (b'_{f1} - b_2) h_2 + R_{b2} \cdot b_2 (h + h_2) + R'_{f1} \cdot b'_{f1} \cdot x - R_{b1} \cdot b'_{f1} (h'_f + h_2) \quad (43)$$

або

$$x = \frac{1}{R_{b1} \cdot b'_{f1}} \left(R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_{b3} (b'_f - b_2) \cdot h'_f - R_{b3} (b'_{f1} - b_2) h_2 - R_{b2} b_2 (h'_f + h_2) + R_{b1} b'_{f1} (h'_f + h_2) \right).$$

Розрахунок збірно-монолітного перерізу у формі 2Т або П-подібної форми, показано на рис. 7, який складається з двох балок прямокутної форми і монолітної плити 2, виконують за формулами (7)–(12) як для таврового перерізу, показано на рис. 2, з подвійною шириною ребра b .

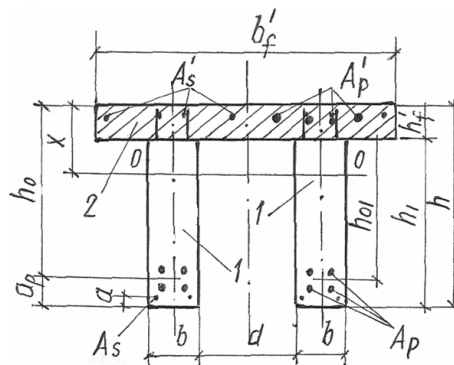


Рис. 7. Поперечний переріз збірно-монолітних залізобетонних елементів із двох балок і монолітної плити, що утворюють переріз у формі 2Т

Розрахунок збірно-монолітного перерізу коробчатої форми, показано на рис. 8, складеного із збірних балок 1 двотаврової форми і ребристих плит 3, об'єднаних між собою монолітним бетоном 2 і 4, виконують за умов, наведених вище для перерізів, показаних на рис. 4 і 6, а саме:

а) якщо границя стиснутої зони 0-0 проходить у полиці з монолітного бетону, тобто при $x \leq h\zeta_2$, і коли задовольняється умова

$$R_p A_p + R_s A_s \leq R_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_{f2} + R_{sc} A'_s, \quad (45)$$

розрахунок виконують як для прямокутного перерізу завширшки $b\zeta$ з монолітного бетону (одного класу) за умови

$$M \leq R_{b2} \cdot b'_f \cdot x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (46)$$

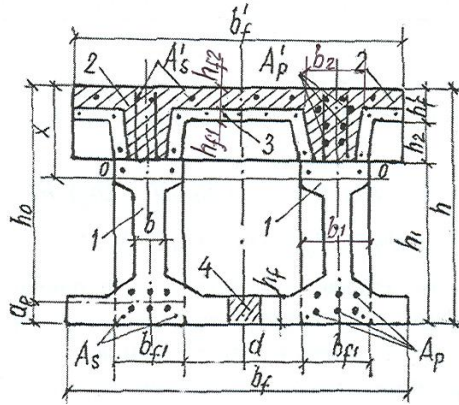


Рис. 8. Поперечний переріз збірно-монолітних залізобетонних елементів із збірних балок двотаврової форми і ребристих плит, об'єднаних монолітним бетоном, що утворюють переріз коробчастої форми

При цьому висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b2} \cdot b'_f \cdot x \quad (47)$$

або

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_{b2} \cdot b'_f}; \quad (48)$$

б) якщо границя стиснутої зони 0-0 проходить у полиці збірного елемента (ребристої плити), тобто коли умова (34) не задовольняється, за умови, що

$$R_p A_p + R_s A_s \leq R_{b2} \cdot b'_f h'_{f2} + R_{b3} (b'_f - 2b_2) \cdot h'_{f1} + 2R_{b2} b_2 h'_{f1} + R_{sc} A'_s, \quad (49)$$

розрахунок проводять як для прямокутного перерізу завширшки $b\zeta$ з урахуванням бетонів різних класів у полиці за умови

$$M \leq R_{b2} b'_f h'_{f2} (h_0 - 0.5h'_{f2}) + R_{b1} (b'_f - 2b_2) (x - h'_{f2}) \left(h_{01} - \frac{x - h'_{f2}}{2} \right) + 2R_{b2} \cdot b_2 (x - h'_{f2}) \left(h_{01} - \frac{x - h'_{f2}}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (50)$$

Висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$\begin{aligned} R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s &= \\ &= R_{b2} b'_f h'_{f2} + R_{b1} \cdot (b'_f - 2b_2) (x - h'_{f2}) + 2R_{b2} \cdot b_2 (x - h'_{f2}) \end{aligned} \quad (51)$$

або

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A'_s - R_{sc} A'_s - R_{b2} b'_f \cdot h'_{f2} - 2R_{b2} b_2 h'_{f2} + R_{b1} (b'_f - 2b_2) h'_{f2}}{R_{b1} (b'_f - 2b_2) + 2R_{b2} b_2}; \quad (52)$$

в) якщо границя стиснутої зони 0-0 проходить у ребрі нижче від бетону замонолічування 2 і перетинає збірну балку 1, коли $x > h\zeta + h_2$, і задовольняється умова

$$R_p A_p + R_s A_s \leq R_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_{f2} + R_{b3} (b' - 2b_2) \cdot h'_{f1} + 2R_{b3} (b'_{f1} - b_2) h_2 + 2R_{b2} b_2 (h_2 + h'_{f1}) + R_{sc} A'_s. \quad (53)$$

розрахунок виконують як для таврового перетину з шириною полицки $b\zeta$ і шириною ребра, що дорівнює $2b\zeta_1$, з урахуванням бетонів різних класів: збірної балки 1, монолітного бетону 2 і ребристих плит 3 за умови

$$M \leq R_{b2} b'_f h'_{f2} (h_0 - 0.5h'_{f2}) + R_{b3} (b'_f - 2b_2) h'_{f1} (h_0 - h'_{f2} - 0.5h'_1) + 2R_{b3} \cdot (b'_{f1} - b_2) h_2 (h_0 - h'_f - 0.5h_2) + 2R_{b2} b_2 (h_2 + h'_{f1}) \left(h_0 - h'_{f2} - \frac{h_2 + h'_{f1}}{2} \right) + 2R_{b1} b'_{f1} (x - h'_f - h_2) (h_0 - h'_f - h_2 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (54)$$

Висоту стиснутої зони x визначають за формулою

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b2} b'_f h'_{f2} + R_{b3} \cdot (b'_f - 2b_2) h'_{f1} + 2R_{b3} (b'_{f1} - b_2) h_2 + 2R_{b2} \cdot b_2 (h_2 + h'_{f1}) + 2R_{b1} b'_{f1} (x - h'_f - h_2) \quad (55)$$

або

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_{b2} b'_f h'_{f2} - R_{b3} (b'_f - 2b_2) h'_{f1} - 2R_{b3} (b'_{f1} - b_2) h_2 - 2R_{b2} b_2 (h_2 + h'_{f1}) + 2R_{b1} b'_{f1} (h'_f + h_2)}{2R_{b1} \cdot b'_{f1}}. \quad (56)$$

1. Руководство по проектированию железобетонных сборно-монолитных конструкций. – М.: Стройиздат, 1977. – 59 с. 2. Гольшиев А.Б., Харченко А.В., Бачинский В.Я. и др. Методические рекомендации по расчету несущей способности сборно-монолитных конструкций по нормальным сечениям. – К., 1980. – 40 с. 3. Проектирование и изготовление сборно-монолитных конструкций / Под ред. А.Б. Гольшиева. – К.: Будівельник, 1982. – 152 с. 4. Гольшиев А.Б., Полищук В.П., Колпаков Ю.А. Расчет сборно-монолитных конструкций с учетом фактора времени. – К.: Будівельник, 1969. – 218 с.