УДК 624.21

Снитко В.П., канд. техн. наук.

РОЗРАХУНОК СТАЛЕ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ НЕРОЗРІЗНИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ МОСТІВ З ДВОМА ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ПЛИТАМИ НА ДІЮ НОРМАЛЬНОЇ СИЛИ З УРАХУВАННЯМ ПОВЗУЧОСТІ

Анотація. У статті розглянута методика розрахунку прогонових будов мостів з двома залізобетонними плитами на дію нормальної сили з урахуванням повзучості бетону.

Об’єкт дослідження: балки прогонової будови сталезалізобетонного мосту моста з двома залізобетонними плитами.

Мета роботи: розробити методику розрахунку перерізів прогонових будов сталезалізобетонних мостів з двома залізобетонними плитами, на дію нормальної сили, з урахуванням повзучості бетону.

Залізобетонну плиту, що розміщується на рівні нижнього поясу стале залізобетонних прогонових будов мостів найбільш доцільно застосовувати в опорних перерізах нерозрізних балок.

Це значно економить витрати металу на прогонову будову, забезпечує місцеву стійкість елементів нижньої плити, а в балках з криволінійним нижнім поясом бетон, що укладений на нижній пояс, ще і вирівнює нижню поверхню для відводу води.

Розглядається сталезалізобетонна балка, в якій сталева частина перерізу об’єднана з двома залізобетонними плитами, що армовані.

У статті наведено результати розрахунку нерозрізної сталезалізобетонної прогонової будови з двома залізобетонними плитами автодорожнього мосту.

Результати статті можуть бути рекомендовані для впровадження при проектуванні і розрахунку мостів.

Ключові слова: прогонова будова мосту , сталезалізобетонна балка з двома залізобетонними плитами, напруження, нормальна сила , повзучість бетону.

УДК 624.21

Снитко В.П., канд. техн. наук.

РАСЧЕТ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕРАЗРЕЗНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ С ДВУМЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ПЛИТАМИ НА ДЕЙСТВИЕ НОРМАЛЬНОЙ СИЛЫ С УЧЕТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ

Аннотация. В статье рассмотрена методика расчета пролетных строений мостов с двумя железобетонными плитами на действие нормальной силы с учетом ползучести бетона.

Объект исследования: балки пролетного строения сталезалізобетонного моста моста с двумя железобетонными плитами.

Цель работы: разработать методику расчета сечений пролетных строений сталежелезобетонных мостов с двумя железобетонными плитами, на действие нормальной силы, с учетом ползучести бетона.

Железобетонную плиту, которая размещается на уровне нижнего пояса сталежелезобетонных пролетных строений мостов наиболее целесообразно применять в опорных сечениях неразрезных балок.

Это значительно экономит расход металла на пролетное строение, обеспечивает местную устойчивость элементов нижней плиты, а в балках с криволинейным нижним поясом бетон, уложенный на нижний пояс, еще и выравнивает нижнюю поверхность для отвода воды.

Рассматривается сталезалізобетонна балка, в которой стальная часть сечения объединенная с двумя железобетонными плитами, армированные.

В статье приведены результаты расчета неразрезной сталезалізобетонної пролетного строения с двумя железобетонными плитами автодорожного моста.

Результаты статьи могут быть рекомендованы для внедрения при проектировании и расчете мостов.

Ключевые слова: прогонова строение моста , сталезалізобетонна балка с двумя железобетонными плитами, напряжения, нормальная сила , ползучесть бетона.

UDC 624.21

Snytko V. P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

THE STEEL-CONCRETE COMPOSITE CONTINUOUS BRIDGE SPANS WITH TWO CONCRETE SLABS CALCULATES ON THE OF THE NORMAL FORCE WITH THE CREEP CALCULATION

Abstract. The method of composite continuous bridge spans with two reinforced concrete slabs on the normal force action on the basis of creep is considered in the article Object of study is composite continuous bridge spans with two reinforced concrete slabs.

Objective is to develop a methodology for calculating sections spans is the action of the normal force considering concrete creep.

Concrete slab, which is located at the lower zone composite bridge spans most advisable to use a reference sections of continuous beams.

This saves on the cost of metal spans, provides local resistance elements of the bottom plate, and curved beams with concrete bottom belt, which concluded at the lower zone also aligns the bottom surface for water drainage.

Consider the composite beam, which section of the steel combined with two reinforced concrete slabs.

The results of calculation composite beam continuous span with two slabs of reinforced concrete road bridge.

The results of the article can be recommended for implementation in the design and calculation of bridges.

Keywords: bridge spans, composite beam with two reinforced concrete slabs, tension, normal strength, creep of concrete.

Залізобетонну плиту, що розміщується на рівні нижнього поясу стале залізобетонних прогонових будов мостів найбільш доцільно застосовувати в опорних перерізах нерозрізних балок.

Це значно економить витрати металу на прогонову будову, забезпечує місцеву стійкість елементів нижньої плити, а в балках з криволінійним нижнім поясом бетон, що укладений на нижній пояс, ще і вирівнює нижню поверхню для відводу води.

Методику розрахунку такої прогонової будови моста на дію згинального моменту M з урахуванням повзучості бетону наведено в роботі [3].

Нижче наведемо методику розрахунку прогонової будови на дію нормальної сили з урахуванням повзучості бетону.

Розглянемо стале залізобетонну балку, в якій сталева частина об'єднана з двома залізобетонними плитами, що армовані арматурою (рисунок1).

У кожному перерізі діє постійна у часі нормальна сила N (розтяг). Остання прикладена посередині висоти стале залізобетонного перерізу. Балка довільної форми але має одну вісь симетрії. Вважаємо, що зчеплення арматури і з'єднання сталевої балки з бетоном здійснено до прикладення навантаження.

Необхідно визначити напруження у бетоні, арматурі і сталевій балці у будь-який момент часу t.

Приймаємо лінійний закон розподілу напружень у бетоні і сталевій частині перерізу по висоті стале залізобетонної балки. Невідомими вважаємо напруження у бетоні на рівні центрів ваги арматури верхньої і нижньої плит $\sigma_{bt}^{в}$ і σ_{bt}^{H}, напруження в арматури на тих самих рівнях $\sigma_{rt}^{в}$ і σ_{rt}^{H}, напруження в сталевій балці на рівні верхньої і нижньої фібри $\sigma_{s2,t}$ і $\sigma_{s1,t}$.

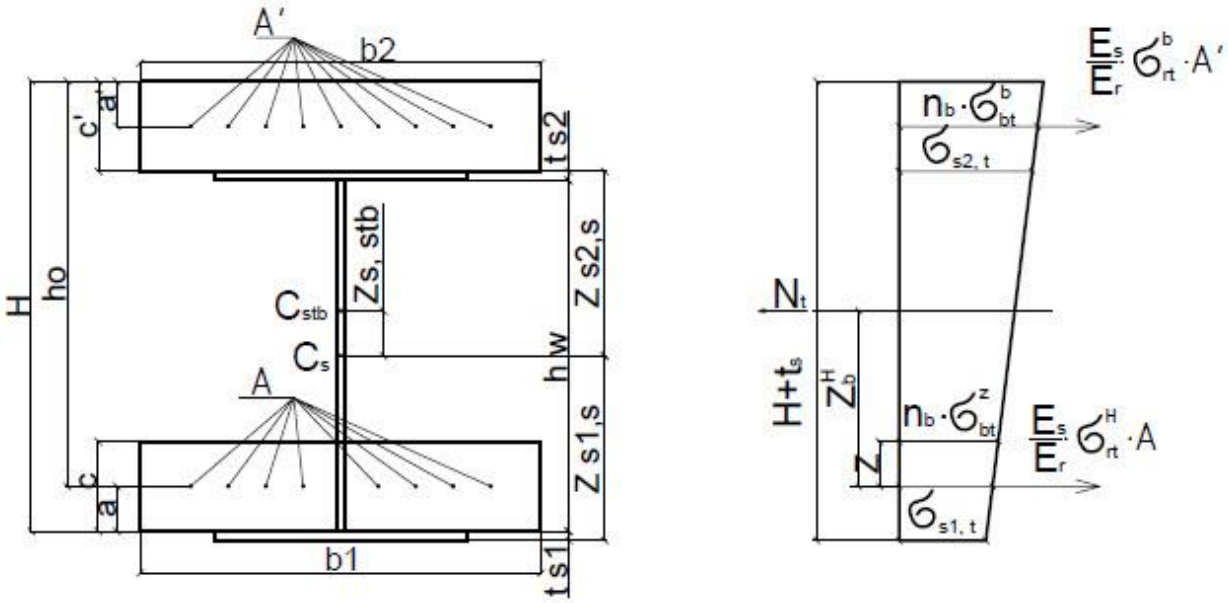

Рисунок 1– Нормальні напруження в сталевій балці, яка об'єднана з двома залізобетонними плитами.

Припустимо, що невідомі напруження додатні (розтяг). Для визначення невідомих складаємо рівняння проекцій діючих зусиль на вісь балки, рівняння моментів діючих зусиль відносно центру ваги арматури нижньої плити, два

рівняння спільності деформацій бетону й арматури верхньої і нижньої залізобетонних плит, два рівняння спільності деформації бетону та верхньої і нижньої фібри сталевої балки, а також рівняння, що випливає із гіпотези плоских перерізів.

Напруження у бетоні у будь-якій точці перерізу по висоті верхньої і нижньої плит, які розташовані на відстані Z від центру ваги нижньої арматури (σ_{bt}^{Z}), визначимо як:

$$\sigma_{bt}^{z} = \sigma_{bt}^{\text{в}} \cdot \frac{\text{z}}{h_0 - a'} + \sigma_{bt}^{H} \cdot \frac{(h_0 - a' - \text{z})}{h_0 - a'} \quad (1)$$

Тоді напруження у бетоні на рівні нижньої і верхньої фібри сталевої балки:

$$\sigma_{bt}^{S1} = -\frac{d}{h_0 - a'} \cdot \sigma_{bt}^{\text{в}} + \sigma_{bt}^{H} \cdot \frac{(h_0 - a' + d)}{h_0 - a'}. \quad (2)$$

$$\sigma_{bt}^{S2} = \sigma_{bt}^{\text{в}} \cdot \frac{h_0 - c\prime}{h_0 - a'} + \sigma_{bt}^{H} \cdot \frac{c\prime - a'}{h_0 - a'}. \quad (3)$$

де $d=a+t_{s1}$ – відстань від центру ваги арматури нижньої залізобетонної плити до нижньої фібри металевої балки;

t_{s1} – товщина нижнього поясу металевої балки.

Напруження у будь-якій точці перерізу металевої балки, що розташована на відстані Z від центру ваги нижньої арматури (σ_{St}^{Z}), визначаються на основі гіпотези плоских перерізів:

$$\sigma_{st}^{\text{z}} = \sigma_{s1,t} \cdot \frac{(h_0 - c\prime - \text{z})}{(h_0 - c' + \text{d})} + \sigma_{s2,t} \cdot \frac{(\text{z} + d)}{(h_0 - c' + \text{d})} \ . \quad (4)$$

Переходимо до складання рівнянь:

1) Рівняння проекцій (∑x=0)

$$\int_{-d}^{c/2} \sigma_{bt}^{z} \cdot dA_b + \int_{h_0 - c\prime}^{h_0} \sigma_{bt}^{z} \cdot dA_b + \sigma_{rt}^{H} \cdot A + \sigma_{rt}^{\text{в}} \cdot A' + \int_{As} \sigma_{St}^{z} \cdot dA_s - N = 0 \ ; \quad (5)$$

2) Рівняння моментів (∑M=0)

$$\int_{A_{B1}} \sigma_{bt}^{z} \cdot \text{z} \cdot dA_b + \int_{A_{B2}} \sigma_{bt}^{z} \cdot \text{z} \cdot dA_b + \int_{A_s} \sigma_{st}^{z} \cdot \text{z} \cdot dA_s + \sigma_{rt}^{\text{в}} \cdot A' \ (h_0 - a') - N \cdot Z_b^{H} = 0 \ , \quad (6)$$

де Z_b^{H} – ексцентриситет сили N;

$Z_b^{H} = \frac{H}{2} - a$ – відстань від середини висоти перерізу стале залізобетонної балки до центра ваги арматури нижньої плити.

Рівняння спільності деформацій бетону і арматури на рівні центру ваги бетону верхньої і нижньої плити на основі модифікованої теорії “старіння” бетону [2]:

$$\sigma_{rt}^{\text{в}} = n_r \cdot (\sigma_{b_0}^{\text{в}} \cdot K_1 + \sigma_{bt}^{\text{в}} \cdot K_2); \quad (7)$$

$$\sigma_{rt}^{H} = n_r \cdot (\sigma_{b_0}^{H} \cdot K_1 + \sigma_{bt}^{H} \cdot K_2); \quad (8)$$

де $n_r = \frac{E_r}{E_{b_0}}$ - відношення модуля пружності арматури E_r до початкового модуля пружності бетону E_{b_0}; K_1 і K_2 – коефіцієнти, що прийняті при параболічній залежності між напруженнями у бетоні на момент часу τ $\sigma_{r\tau}$ і характеристикою повзучості бетону φ_t обчислюються за формулами [4,5]:

$$K_1 = (1 - \alpha + K_0) \cdot \frac{\varphi_t}{3}; \quad K_2 = 1 + (2 + a - K_0) \cdot \frac{\varphi_t}{3};$$

а при лінійній залежності за формулами

$$K_1 = (1 - \alpha + K_0) \cdot \frac{\varphi_t}{2}; \quad K_2 = 1 + (1 + a - K_0) \cdot \frac{\varphi_t}{2};$$

де φ_t - гранична характеристика повзучості бетону, що обчислюється за [1];

α і K_0 - коефіцієнти, що обчислюються за [2];

Рівняння спільності деформацій верхньої фібри металевої балки і бетону:

$$\sigma_{s2,t} = n_b \cdot (\sigma_{b_0}^{s2} \cdot K_1 + \sigma_{bt}^{s2} \cdot K_2). \quad (9)$$

Рівняння спільності деформацій нижньої фібри металевої балки і бетону:

$$\sigma_{s1,t} = n_b \cdot (\sigma_{b_0}^{s1} \cdot K_1 + \sigma_{bt}^{s1} \cdot K_2); \quad (10)$$

де $n_b = \frac{E_s}{E_{b_0}}$ - відношення модуля пружності металу балки E_s до початкового модуля пружності бетону E_{b_0}.

Підставляємо у рівняння (5) і (6) замість $\sigma_{rt}^{\text{в}}$ і σ_{rt}^{H} їх вирази (7) і (8); замість $\sigma_{s2,t}$ і $\sigma_{s1,t}$ - їх вирази (9) і (10) та враховуючи вирази (1), (2), (3), (4) і (17)-(20) після перетворень отримуємо рівняння з двома невідомими $\sigma_{bt}^{\text{в}}$ і σ_{bt}^{H}:

1)

$$\sigma_{bt}^{\text{в}} \cdot \left\{\frac{(S_{B1}+S_{B2})}{(h_0-a')} + n_r \cdot K_2 \cdot A' + \frac{K_2 \cdot [(h_0-c\prime) \cdot F' - D\prime \cdot d]}{(h_0-a')}\right\} + \sigma_{bt}^{H} \cdot \left\{(A_{B1} + A_{B2}) - \frac{(S_{B1}+S_{B2})}{(h_0-a')} + n_r \cdot K_2 \cdot A + \frac{K_2 \cdot [(h_0-a'+d) \cdot D' + (c'-a') \cdot F\prime]}{(h_0-a')}\right\} + [n_r \cdot K_1 \cdot (\psi^{\text{H}} \cdot A + \psi^{B} \cdot A') + K_1 \cdot (\psi^{S1} \cdot D' + \psi^{S2} \cdot F') \cdot N = 0 \quad (11)$$

2)

$$\sigma_{bt}^{\text{в}} \cdot \left\{\frac{(I_{B1}+I_{B2})}{(h_0-a')} + n_r \cdot K_2 \cdot A' \cdot (h_0 - a') + \frac{K_2 \cdot [(h_0-c') \cdot B' - V' \cdot d]}{(h_0-a')}\right\} + \sigma_{bt}^{H} \cdot$$

$$\left\{S_{B1} + S_{B2} - \frac{(I_{B1}+I_{B2})}{(h_0-a')} + \frac{K_2 \cdot [(h_0-a'+d) \cdot V' + (c'-a') \cdot B']}{(h_0-a')}\right\} + [n_r \cdot K_1 \cdot \psi^b \cdot A' \cdot (h_0 - a') +$$

$$K_2 \cdot (\psi^{S1} \cdot V' + \psi^{S2} \cdot B') - Z_b^H] \cdot N = 0 \qquad (12)$$

де $D' = \frac{n_b \cdot [(h_0-c) \cdot A_s - S_s]}{(h_0-c'+d)}$; (13)

$$F' = \frac{n_b \cdot (S_s + d \cdot A_s)}{(h_0-c'+d)} ; \qquad (14)$$

$$V' = \frac{n_b \cdot [(h_0-c') \cdot S_s - I_s]}{(h_0-c'+d)} ; \qquad (15)$$

$$B' = \frac{n_b \cdot (I_s + d \cdot S_s)}{(h_0-c'+d)} ; \qquad (16)$$

де $S_{B1} = \int_{-d}^{c/2} z \cdot dA_b$ - статичний момент площі бетонного перерізу нижньої плити відносно осі, що проходить через центр ваги нижньої арматури;

$S_{B2} = \int_{h_0-c'}^{h_0} z \cdot dA_b$ - статичний момент площі бетонного перерізу верхньої плити відносно осі, що проходить через центр ваги арматури нижньої плити;

A_{B1} і A_{B2} - площі бетонного перерізу відповідно нижньої і верхньої плити;

$I_{B1} = \int_{-d}^{c/2} z^2 \cdot dA_b$ - момент інерції площі бетонного перерізу нижньої плити відносно осі, що проходить через центр ваги нижньої арматури;

$I_{B2} = \int_{h_0-c'}^{h_0} z^2 \cdot dA_b$ - момент інерції площі бетонного перерізу верхньої плити осі, що проходить через центр ваги нижньої арматури;

$I_s = \int_{A_s} z^2 \cdot dA_s$ – момент інерції металевої балки відносно тієї самої осі;

$S_s = \int_{A_s} z \cdot dA_s$ – статичний момент площі металевої балки відносно тієї самої осі;

A_s – площа перерізу металевої балки;

Зрозуміло, що

$$\sigma_{b0}^{H} = \left[\frac{1}{A_{b,n}} + \left(Z_{b,n}^{H} - Z_b^{H}\right) \cdot \frac{Z_{b,n}^{H}}{I_{b,n}}\right] \cdot N = \psi^{H} \cdot N; \qquad (17)$$

$$\sigma_{b0}^{в} = \left[\frac{1}{A_{b,n}} + \left(Z_{b,n}^{H} - Z_b^{H}\right) \cdot \frac{Z_{b,n}^{в}}{I_{b,n}}\right] \cdot N = \psi^{в} \cdot N; \qquad (18)$$

$$\sigma_{b0}^{S2} = \left[\frac{1}{A_{b,n}} + \left(Z_{b,n}^{H} - Z_b^{H}\right) \cdot \frac{Z_{b,n}^{S2}}{I_{b,n}}\right] \cdot N = \psi^{S2} \cdot N; \qquad (19)$$

$$\sigma_{b0}^{S1} = \left[\frac{1}{A_{b,n}} + \left(Z_{b,n}^{H} - Z_{b}^{H} \right) \cdot \frac{Z_{b,n}^{S1}}{I_{b,n}} \right] \cdot N = \psi^{s1} \cdot N; \quad (20)$$

де $I_{b,n}$ - момент інерції приведеного до бетону всього перерізу стале залізобетонної балки відносно його центральної осі;

$Z_{b,n}^{H}$ і $Z_{b,n}^{b}$ - відстань від центру ваги приведеного до бетону перерізу балки відносно центрів ваги арматури нижньої і верхньої плит;

$Z_{b,n}^{S1}$ і $Z_{b,n}^{S2}$ - відстань від центру ваги приведеного до бетону перерізу балки відносно нижньої і верхньої фібри металевої балки;

Z_{b}^{H} і Z_{b}^{b} - відстань від середини висоти стале залізобетонної балки до центрів ваги арматури нижньої і верхньої залізобетонної плити.

Приведена до бетону площа перерізу стале залізобетонної балки:

$$A_{b.n} = A_{B1} + A_{B2} + (n_r - 1) \cdot (A' + A) + (n_b - 1) \cdot A_s; \quad (21)$$

Приймаємо такі позначення:

$$\beta_1 = \frac{S_{B1} + S_{B2}}{h_0 - a'} + \frac{K_2 \cdot [(h_0 - c') \cdot F' - D' \cdot d]}{h_0 - a'} + K_2 \cdot A' \cdot n_r \; ; \quad (22)$$

$$\gamma_1 = A_{B1} + A_{B2} + \frac{K_2 \cdot [(h_0 - a' + d) \cdot D' + (c' - a') \cdot F']}{h_0 - a'} + K_2 \cdot n_r \cdot A - \frac{S_{B1} + S_{B2}}{(h_0 - a')} \; ; \quad (23)$$

$$\Delta_1 = K_1 \cdot (D' \cdot \psi^{S1} + F' \cdot \psi^{S2}) + n_r \cdot K_1 \cdot (A \cdot \psi^{H} + A' \cdot \psi^{в}) - 1; \quad (24)$$

$$m_5 = \frac{I_{B1} + I_{B2}}{h_0 - a'} + \frac{K_2 \cdot [(h_0 - c') \cdot B' - V' \cdot d]}{h_0 - a'} + K_2 \cdot A' \cdot n_r \cdot (h_0 - a'); \quad (25)$$

$$m_6 = S_{B1} + S_{B2} + \frac{K_2 \cdot [(h_0 - a' + d) \cdot V' + (c' - a') \cdot B']}{h_0 - a'} - \frac{I_{B1} + I_{B2}}{(h_0 - a')} \; ; \quad (26)$$

$$m_8 = K_1 \cdot (V' \cdot \psi^{S1} + B' \cdot \psi^{S2}) + n_r \cdot K_1 \cdot A' \cdot \psi^{в} (h_0 - a') - Z_b^{H}; \quad (27)$$

де $$\psi^{н} = \frac{1}{A_{b,n}} + \left(Z_{b,n}^{H} - Z_{b}^{H} \right) \cdot \frac{Z_{b,n}^{H}}{I_{b,n}}, \quad (28)$$

$$\psi^{в} = \frac{1}{A_{b,n}} - \left(Z_{b,n}^{H} - Z_{b}^{H} \right) \cdot \frac{Z_{b,n}^{в}}{I_{b,n}}, \quad (29)$$

$$\psi^{s2} = \frac{1}{A_{b,n}} - \left(Z_{b,n}^{H} - Z_{b}^{H} \right) \cdot \frac{Z_{b,n}^{S2}}{I_{b,n}} \; , \quad (30)$$

$$\psi^{s1} = \frac{1}{A_{b,n}} + \left(Z_{b,n}^{H} - Z_{b}^{H} \right) \cdot \frac{Z_{b,n}^{S1}}{I_{b,n}}. \quad (31)$$

Рівняння для визначення напружень $\sigma_{bt}^{в}$ і σ_{bt}^{H} набувають вигляду:

$$\beta_1 \cdot \sigma_{bt}^{в} + \gamma_1 \cdot \sigma_{bt}^{H} + \Delta_1 \cdot N = 0; \quad (32)$$

$$m_5 \cdot \sigma_{bt}^{\text{в}} + m_6 \cdot \sigma_{bt}^{H} + m_8 \cdot N = 0; \quad (33)$$

Напруження у бетоні на рівні центрів ваги арматур, що викликані силою N:

$$\sigma_{bt}^{\text{в}} = \psi_t^{\text{в}} \cdot N; \quad (34)$$

$$\sigma_{bt}^{H} = \psi_t^{H} \cdot N; \quad (35)$$

Напруження в центрі ваги арматури верхньої і нижньої залізобетонної плити:

$$\sigma_{rt}^{\text{в}} = n_r \cdot (\psi^b \cdot K_1 + \psi_t^b \cdot K_2) \cdot N; \quad (36)$$

$$\sigma_{rt}^{H} = n_r \cdot (\psi^H \cdot K_1 + \psi_t^H \cdot K_2) \cdot N, \quad (37)$$

де

$$\psi_t^{\text{в}} = \frac{\gamma_1 \cdot m_8 - \Delta_1 \cdot m_6]}{\beta_1 \cdot m_6 - \gamma_1 \cdot m_5}; \quad (38)$$

$$\psi_t^{\text{Н}} = \frac{\Delta_1 \cdot m_5 - \beta_1 \cdot m_8]}{\beta_1 \cdot m_6 - \gamma_1 \cdot m_5}; \quad (39)$$

Напруження в крайніх фібрах металевої балки, що викликані силою N:

у верхній фібрі:

$$\sigma_{s2,t} = n_b \cdot (\sigma_{b0}^{S2} \cdot K_1 + \sigma_{bt}^{S2} \cdot K_2);$$

у нижній фібрі:

$$\sigma_{s1,t} = n_b \cdot (\sigma_{b0}^{S1} \cdot K_1 + \sigma_{bt}^{S1} \cdot K_2);$$

де, $\sigma_{b0}^{S2} = \psi^{S2} \cdot N;$

$\sigma_{b0}^{S1} = \psi^{S1} \cdot N;$

$$\sigma_{bt}^{S2} = \sigma_{bt}^{\text{в}} \cdot \frac{h_0 - c'}{h_0 - a'} + \sigma_{bt}^{H} \cdot \frac{c' - a'}{h_0 - a'};$$

$$\sigma_{bt}^{S1} = \sigma_{bt}^{\text{в}} \cdot \frac{-d}{h_0 - a'} + \sigma_{bt}^{H} \cdot \frac{h_0 - a' + d}{h_0 - a'};$$

Розглянемо нерозрізну прогонову будову сталезалізобетонного автодорожнього мосту за схемою 63,0+84,0+63,0 м такої самої конструкції.

Габарит мосту Г-10 з двома тротуарами по одному метру (рисунок 2).

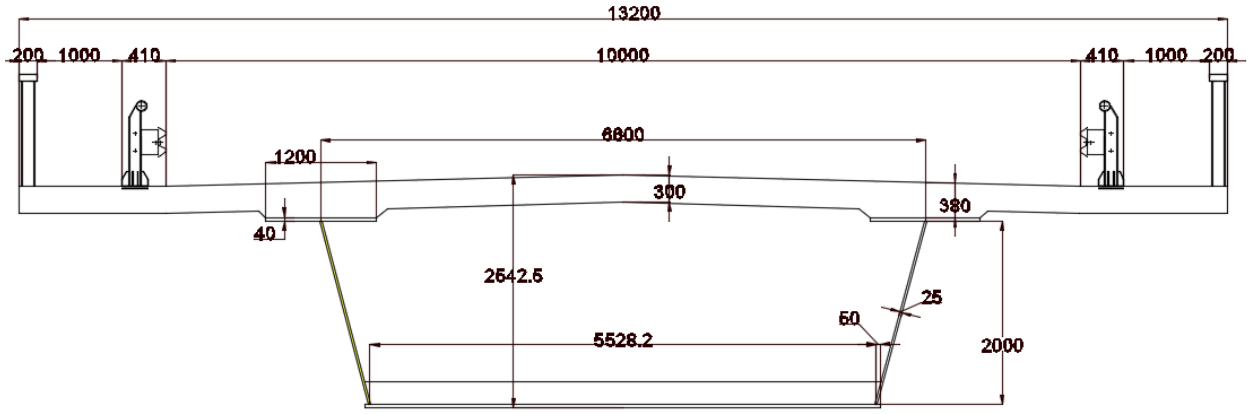

Рисунок 2 - Поперечний переріз прогонової будови мосту над проміжною опорою

У поперечному перерізі моста металева коробка заввишки 2,08 м. Верхні пояси металевої коробки над похилими стінками завширшки 1,2 м, завтовшки – 40 мм. Нижній пояс завширшки 5,53 м, завтовшки – 40 мм. Товщина стінок коробки – 25 мм. Пояси і стінки головної балки виконано зі сталі класу міцності С 490. Залізобетонна плита завширшки 13,22 м у верхній частині має симетричні поперечні 2% ухили від осі до країв. Огородження проїзду, тротуар і перильна огорожа встановленні на цоколях заввишки 10 см над покриттям і завширшки 1,61 м. Середня висота верхньої залізобетонної плити прогонової будови - 0,3м. У нижній частині середня ширина залізобетонної плити становить 5,53 м, висота – 0,25 м.

Бетон плит класу міцності В35, щільності W14 і морозостійкістю F300.

Над проміжними опорами мосту на довжині 22 м верхня плита армована 156 стержнями попередньо напруженої арматури діаметром d = 18 мм класу АІV. В інших зонах верхня плита армується арматурою класу АІІІ. Нижня плита над проміжними опорами армується двома сітками арматури класу АІІІ.

Усі стики арматури виконано внапуск. Коефіцієнти армування у кожному напрямі прийнято 1%. Для приєднання плити до головних балок застосовано штирьові упори діаметром 20мм, заввишки 210 мм для верхньої плити і 160 мм – для нижньої.

Товщину захисних шарів для верхньої і нижньої арматурних сіток плит і попередньо напруженої арматури прийнято 45 мм.

Площа верхньої арматури плити $A_p^{'} = 397 см^2$.

Для нижньої плити завтовшки 25,0 см, яка розміщується в зонах від'ємних моментів на відстанях 9,45 м у бік крайнього від проміжної опори і 12,6 м у бік середнього прогону, прийнято армування із 92Ø 14 мм, з кроком 121 мм, площею $A_S = 141{,}6 см^2$.

Розрахунок виконано для перерізу стале залізобетонної балки коробчастого типу з двома залізобетонними плитами над проміжною опорою мосту.

Першу частину постійного навантаження сприймає металевий переріз балки, згинальний момент від цього навантаження становить M_1=-94578 кНм.

Другу частину постійного навантаження, зусилля від попередньо напруженої арматури та тимчасове навантаження сприймає сталезалізобетонний переріз балки. Момент в цьому перерізі від другої частини постійного навантаження становить M_2= -36427 кНм.

Рівнодіюча зусиль попереднього напруження становить N_0 =-14172,9 кН.

Дію попереднього напруження замінюємо дією стискальної сили N_0, що прикладена в середині висоти балки і згинального моменту M_0 =14739,8 кНм.

Найбільший розрахунковий момент від тимчасового навантаження А-15+натовп на тротуарі становить $M_{тим.}$= - 37670,5 кНм.

Граничне значення характеристики повзучості бетону прийнята $\varphi_t = 1{,}52$ [1].

У результаті розрахунку виявили, що у відсотковому відношенні частина напружень від повзучості бетону від другої частини постійного навантаження та сил попереднього напруження до повного напруження, на момент часу t затухання повзучості склали:

- у бетоні на рівні центру ваги верхньої плити – 6,6 %;
- у бетоні на рівні центру ваги нижньої плити – 37,6 %.;
- в арматурі у бетоні на рівні центру ваги верхньої плити – 8,4 %;
- в арматурі у бетоні на рівні центру ваги нижньої плити – 15,5 %.

Література

1. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби .Правила проектування . – К: Міністерство будівництва , архітектури та житлово-комунального господарства, 2006.

2. Л.Д. Лившиц .Расчет железобетонных конструкций с учетом влияния усадки и ползучести бетона – К: Издательское объединение ,, Вища школа “ , 1975.

3. Снитко В.П. Інформаційні технології розрахунку сталезалізобетонних конструкцій мостів з двома залізобетонними плитами. Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво», вип. 97 К.:НТУ , 2016.

4. Снитко В.П. Проектування сталезалізобетонних мостів : навч. Посібник . – К.:НТУ, 2005.

5. Снитко В.П. Проектування та розрахунок прогонових будов металевих мостів : навч. Посібник. – К.:НТУ , 2010.

Рецензенти:
Гуляєв В.І., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Марчук О.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewer:
Huliaiev V.I., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Marchuk A.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **07.03.2017 р**.