

І. І. ЛЕАНОВІЧ

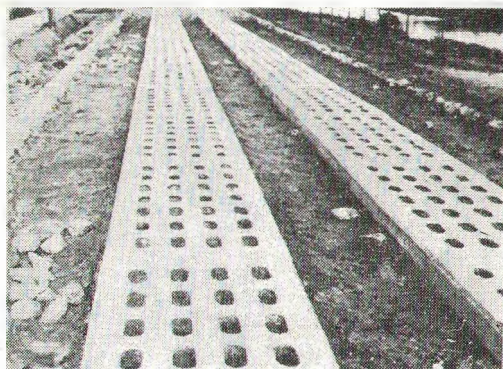
ДА ПЫТАННЯ ПРАЕКТАВАННЯ І РАЗЛІКУ КАЛЕЙНЫХ ПАКРЫЦЦЯЎ АўТАМАБІЛЬНЫХ ДАРОГ

Няўхільнае развіццё аўтамабільнага транспарту, якое характарызуецца ўзросшай інтэнсіўнасцю руху і рэзкім павелічэннем нагрузак на вось, прад'яўляе ўсёўзрастаючыя патрабаванні да якасці дарожных пакрыццяў. У апошні час у якасці дарожнага пакрыцця шырока прымяняцца бетон і жалезабетон.

Сямігадовым планам развіцця народнай гаспадаркі СССР на 1959—1965 гг. прадугледжана ў вялікіх аб'ёмах будаўніцтва дарог з жалезабетоннымі пакрыццямі, якія маюць неабходную трываласць і даўгавечнасць. Гэта ў сваю чаргу патрабуе далейшага ўдасканалення праектавання і распрацоўкі іх рацыянальных канструкцый.

Сярод існуючых тыпаў жалезабетонных пакрыццяў шырокае распаўсюджанне маюць калейныя пакрыцці, якія прымяняюцца пераважна пры будаўніцтве прамысловых дарог і пад'язных шляхоў да буйных будоўляў.

Пры збудаванні калейных жалезабетонных пакрыццяў найбольшае распаўсюджанне атрымалі пліты прамавугольнай формы, якія даюць магчымасць індустрыяльнымі метадамі вырабляць іх на заводах або будаўнічых палігонах, укладваць на дарозе, а таксама разбіраць і перакладваць. Па форме апорнай паверхні вядомыя ў цяперашні час пліты [6] падзяляюцца на гладкія з суцэльнай апорай на глебу, гладкія з перыметральнымі борцікамі, дробнарабрыстыя, буйнарабрыстыя, ячэйстыя і рашэцістыя. З іх практычнае прымяненне знайшлі галоўным чынам рашэцістыя пліты (рыс. 1).



Рыс. 1. Агульны выгляд прымяняемых рашэцістых жалезабетонных пліт.

Па трываласці яны амаль не ўступаюць суцэльным плітам, а адтуліны зніжаюць расход матэрыялу на 25—30%. Акрамя гэтага, наяўнасць канічных адтулін забяспечвае добрую ўстойлівасць ад вертыкальных і гарызантальных перамяшчэнняў і дастатковае счапленне колаў з пакрыццём нават пры неспрыяльных кліматычных умовах.

У той жа час пліты, якія прымяняюцца на калейных дарогах, маюць і рад істотных недахопаў [4]. Да іх адносяцца: недастатковая трываласць канцавых і бакавых участкаў, што прыводзіць да частых абломаў краёў і вуглоў; малая таўшчыня верхняга ахоўнага слою (1,5 см), у рэзультате чаго арматура хутка агаляецца, аслабляючы гэтым па-

крыццё, і часта праколвае пнеўматычныя колы аўтамабіляў: невялікая даўжыня пліт і выкліканая гэтым вялікая колькасць стыкаў і, нарэшце, ненадзейнае і складанае сучляненне элементаў паміж сабой у пакрыцці. Акрамя таго, на выраб гэтых пліт патрабуецца значная колькасць [6] бетону і сталі.

Праведзеныя тэарэтычныя даследаванні паказваюць, што адзначаныя недахопы пліт могуць быць ліквідаваны стварэннем увагнутай апорнай паверхні, падоўжаннем пліт і прымяненнем папярэдне напружанай арматуры. Пліта ў гэтым выпадку будзе мець выгляд, паказаны на рыс. 2.

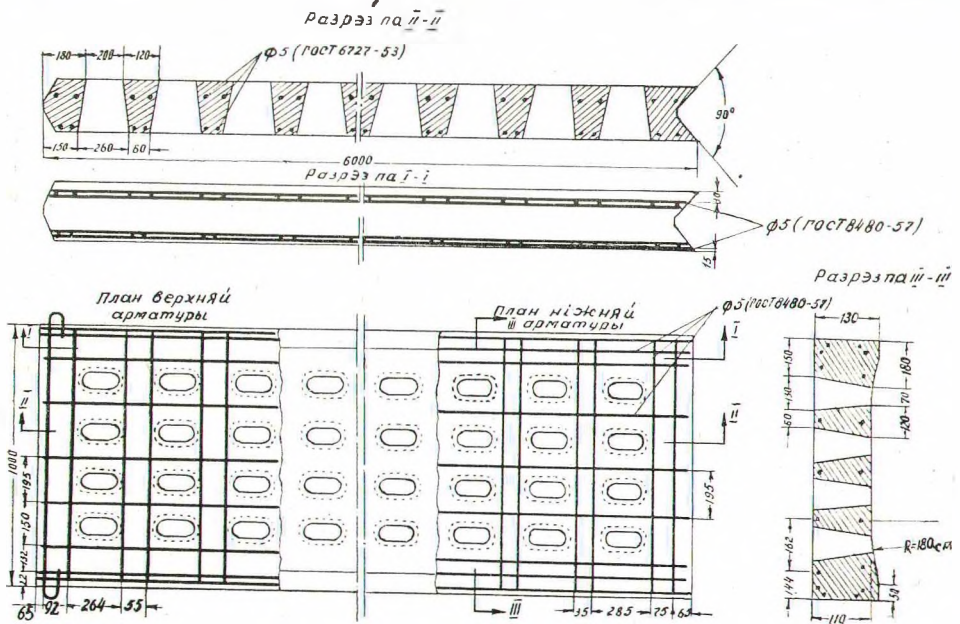


Рис. 2. Канструкцыя жалезабетоннай пліты з папярэдне напружанай арматурай.

Увагнутая форма апорнай паверхні канструкцыі пры плоскай апорнай паверхні робіць пліту роўнатрывалай у папярочным сячэнні, паколькі пры перамяшчэнні актыўнай сілы ад сярэдзіны пліты да краю велічыня яе вертыкальнай састаўляючай будзе ўвесь час змяншацца. Ствараецца каляя, якая цэнтруе рухомы састаў, а значыцца, спрыяльна ўплывае на работу як пакрыцця, так і аўтамабіляў. Але разам з тым у перыяд эксплуатацыі дарогі і асабліва ў зімовых умовах увагнутая паверхня пліт патрабуе больш уважлівага догляду і ачысткі.

Шырыня пліты вызначаецца ў залежнасці ад шырыні скатаў і скорасці руху разліковага аўтамабіля.

Што датычыцца даўжыні пліты, то, праектуючы папярэдне напружаную арматуру, яе рэкамендуецца [2] павялічваць. Але падоўжанне пліты павялічвае яе вагу і робіць канструкцыю грувасткай. З гэтай прычыны можна абмежавацца даўжынёй 6 м, што адпавядае грузападымальнасці аўтамабільных кранаў пры максімальным выльце стралы.

Прымяненне папярэдне напружанай арматуры, як будзе паказана ніжэй, дае магчымасць знізіць расход арматурнай сталі і бетону пры дастатковай трываласці і трэшчынаўстойлівасці канструкцыі (прычым арматурную сталь неабходна прымяняць з нарматыўнай мяжой трываласці не ніжэй $10\,000\text{ кг/см}^2$ [5]).

Арміраваць пліту папярэдне напружанай арматурай у папярочным напрамку няма неабходнасці ў сувязі з нязначнай яе шырынёй.

Марка бетону павінна быць дастатковай для забеспячэння неабходнага счаплення з арматурай і адпавядаць павышанай трываласці выкарыстоўваемай арматурнай сталі, акрамя гэтага, канструкцыя павінна быць зносаўстойлівай. Гэтым патрабаванням адпавядае марка бетону 300.

Для злучэння пліт у пакрыцці мэтазгодна прымяняць цвёрды стык з трохвугольным шпунтам. Такі стык найбольш поўна расканцэнтруе актыўную нагрузку паміж сумежнымі плітамі. Вугал завастрэння шпунта павінен быць дастатковым для забеспячэння счаплення пліт у стыку за кошт сіл трэння, але не вельмі малым—каб пазбегнуць аблому канечных участкаў сумежнай пліты. Паколькі рашаючае значэнне пры рабоце пліт у пакрыцці мае трываласць канечных участкаў пліты, то разліковую велічыню вугла, які забяспечвае надзейнае счапленне за кошт сіл трэння пры зададзенай нагрузцы на стык, можна канструктыўна павялічыць, а звязанае з гэтым змяншэнне сіл трэння ў стыку кампенсавать дадатковымі прыстасаваннямі ў выглядзе металічных скоб, забіваемых пры мантажы пакрыцця ў петлі на плітах для пераноскі іх.

Галоўнай умовай выбару метаду разліку калейных пакрыццяў з'яўляецца найбольш поўны ўлік асаблівасцей работы пліт у калейным пакрыцці. Сучасная тэорыя разліку канструкцый на пругкай аснове зыходзіць з прадпасылкі, што глеба прадстаўляе сабой ізатропнае пругкае цела неабмежаваных памераў у плане і ў глыбіні. Такой прадпасылцы прысвечана вялікая колькасць работ савецкіх і замежных вучоных. У гэтых работах найбольш шырокае развіццё атрымала тэорыя разліку бэлек і пліт на аснове пругкім у сэнсе гіпотэзы каэфіцыента пасцелі.

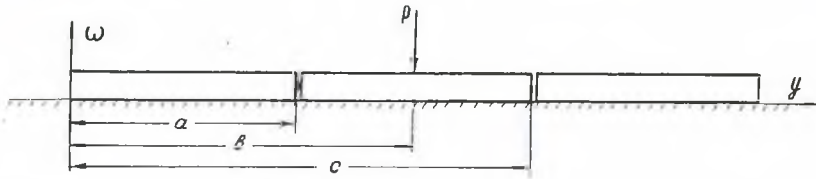
Аднак у апошні час шмат у якіх выпадках адмаўляюцца ад гэтай мадэлі асновання, лічачы больш прыймальнай камбінаваную мадэль. У сувязі з гэтым асаблівую цікавасць для разліку папярэдне напружаных пліт канечнай даўжыні пры рабоце іх у калейным пакрыцці мае тэорыя праф. Б. Г. Коранева [1], якая можа быць выкарыстана пры рашэнні пастаўленай задачы дзякуючы распрацаваным намі практычным метадам¹.

Своеасаблівасць праблемы пліт канечнай даўжыні, якія ляжаць на пругкай паўпросторы і іншых аснованнях гэтага тыпу, заключаецца ў тым, што сумежныя канструкцыі, калі яны нават і не загрузаны актыўнымі сіламі, аказваюць уплыў на работу разглядаемых загрузаных канструкцый, змяняючы як бы падатлівасць асновання каля канцоў разглядаемай канструкцыі.

Калі да данай канструкцыі прымяніць метады праф. Б. Н. Жэмачкіна, то неабходна пад сумежнымі канструкцыямі ставіць фіктыўныя шпеневаыя апоры і, значыць, павялічваць колькасць ураўненняў. Прымяненне тэорыі Б. Г. Коранева не выклікае гэтых ускладненняў. Паколькі шырыня пліты ў параўнанні з даўжынёй нязначная, то можна разглядаць яе як бэльку на пругкім аснове. Акрамя таго, значная даўжыня пліты без уроні для дакладнасці разліку дае магчымасць абмежавацца тым, што на разліковую пліту аказваюць уплыў толькі дзве сумежныя пліты. Улічваючы, далей, што мы маем справу з досыць гібкай канструкцыяй, у аснову разліку можа быць пакладзены метады кампенсуючых нагрузак, які зводзіцца да таго, што ў якасці асноўнай сістэмы прынята бэлька бесканечнай даўжыні, да якой, акрамя зададзеных сіл у месцах злучэння пліт, прыкладваюцца дэфармацыі, напрыклад вуглы павароту або прагібы.

¹ У распрацоўцы прымаў удзел інж. Н. Ф. Саўко.

Прымаючы гэтыя палажэнні, разліковая схема будзе мець выгляд, паказаны на рыс. 3.



Рыс. 3. Разліковая схема для вызначэння выгібаючага моманту ад знешняй сілы.

Ураўненне прагібу [1] для бэлькі бесканечнай даўжыні і адзінкавай шырыні, загрузанай сканцэнтраванай сілай, з улікам папярэдняга напружання для аснавання з камбінаванай мадэллю мае выгляд

$$\omega = \frac{P}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\cos \beta y d \beta}{c + \frac{1}{k_0} + \frac{1}{p_0 \beta^2 + D \beta^4}}, \quad (1)$$

дзе P —велічыня сканцэнтраванай сілы;

β —пераменная інтэгравання;

y —параметр, які характарызуе месцазнаходжанне сілы ў адносінах да разглядаемага пункта;

D —цыліндрычная цвёрдасць.

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu_1^2)}; \quad (2)$$

p_0 —пастаянны ціск у пліце, выкліканы папярэдне напружанай арматурай [5];

c —характарыстыка аснавання пры пругкай паўпрасторы

$$c = \frac{2(1-\nu_0^2)}{E_0} \frac{1}{\beta}$$

k_0 —каэфіцыент пасцелі, які вылічан па формуле Герсеванова-Мачэрэта

$$k_0 = 0,28 \sqrt[3]{\frac{bE_0^4}{(1-\nu_0^2)EI}}; \quad (3)$$

b —шырыня пліты;

E_0 —модуль дэфармацыі глебы;

EI —цвёрдасць пліты;

ν_0 і ν_1 —каэфіцыенты Пуасона глебы і жалезабетону;

E —модуль пругкасці пліты;

h —таўшчыня пліты.

Рашаючы ўраўненне (1), няцяжка заўважыць, што ўжо чацвёртая вытворная няўласнага інтэграла страчвае сэнс і інтэграл робіцца разыходным.

Каб пазбегнуць гэтага, выраз (1) запісваецца ў выглядзе

$$\omega = \omega_b + (\omega - \omega_b) \quad \text{або}$$

$$\omega = \frac{P}{\pi} \left[\int_0^{\infty} \frac{\cos \beta y d \beta}{k_0 + p_0 \beta^2 + D \beta^4} + \int_0^{\infty} \frac{\frac{ck_0}{c + \frac{1}{k_0}} \cos \beta y d \beta}{(k_0 + p_0 \beta^2 + D \beta^4) \left(\frac{1}{c + \frac{1}{k_0}} + p_0 \beta^2 + D \beta^4 \right)} \right], \quad (4)$$

дзе

$$\omega_b = \frac{P}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\cos \beta y d \beta}{k_0 + p_0 \beta^2 + D \beta^4}$$

ўраўненне прагібу для асновання пругкага ў сэнсе гіпотэзы каэфіцыента пасцелі, з улікам сіл, якія дзейнічаюць па даўжыні бэлькі.

Закончанае рашэнне для ω_b будзе:

$$\omega_b = \frac{P}{4D} \frac{1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2} \left(\frac{1}{\alpha_1} e^{-\alpha_1 y} \cos \beta_1 y + \frac{1}{\beta_1} e^{-\alpha_1 y} \sin \beta_1 y \right), \quad (5)$$

дзе α_1 і β_1 —корані характарыстычнага ўраўнення.

Для сціскаючых нармальных намаганняў, якія дзейнічаюць па даўжыні

$$\alpha_1 = \sqrt{\sqrt{\frac{k_0}{4EI} - \frac{p_0}{4EI}}};$$

$$\beta_1 = \sqrt{\sqrt{\frac{k_0}{4EI} + \frac{p_0}{4EI}}}. \quad (6)$$

Для спрашчэння запісаў увядзём абазначэнні

$$S_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\cos \beta y d \beta}{\Phi(\beta)} =$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\frac{ck_0}{c + \frac{1}{k_0}} \cos \beta y d \beta}{(k_0 + p_0 \beta^2 + D \beta^4) \left(\frac{1}{c + \frac{1}{k_0}} + p_0 \beta^2 + D \beta^4 \right)}, \quad (7)$$

$$R_0 = \frac{1}{4D} \frac{1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2} \left(\frac{1}{\alpha_1} e^{-\alpha_1 y} \cos \beta_1 y + \frac{1}{\beta_1} e^{-\alpha_1 y} \sin \beta_1 y \right). \quad (8)$$

Ураўненне прагібу для бэлькі (4) бесканечнай даўжыні ў скарачаным варыянце будзе мець выгляд: $\omega = P(R_0 + S_0)$.

Зыходзячы з прыведзенай вышэй схемы разліку, ураўненне прагібу для бэлькі канечнай даўжыні будзе мець выгляд:

$$\omega = \omega_p + \omega_{\theta'} + \omega_{f'} + \omega_{f'_1} + \omega_{\theta'_1}, \quad (9)$$

дзе ω_p ; $\omega_{\theta'}$; $\omega_{f'}$; $\omega_{\theta'_1}$; $\omega_{f'_1}$ — пругкія лініі прагібу бэлькі ад знешняй сілы P вуглоў павароту θ' , θ'_1 і сканцэнтраваных прагібаў f' і f'_1 .

Значэнні θ' ; θ'_1 ; f' і f'_1 вызначаюцца з выразуў

$$\theta' = D\theta; \theta'_1 = D\theta_1; f' = Df; f'_1 = Df_1.$$

Ураўненні прагібаў пры загрузжэнні бэлькі сканцэнтраванай сілай, вуглавымі дэфармацыямі і сканцэнтраванымі прагібамі ў скарачаным варыянце будуць мець выгляд:

$$\left. \begin{aligned} \omega_p &= P [R_0 (y - b) + S_0 (y - b)]; \\ \omega_{\theta'} &= \theta D [K (y - a) + S_2 (y - a)]; \\ \omega_{f'} &= f D [N (y - a) + S_3 (y - a)]; \\ \omega_{\theta'_1} &= \theta_1 D [K (y - c) + S_2 (y - c)]; \\ \omega_{f'_1} &= f_1 D [N (y - c) + S_3 (y - c)], \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

дзе a , b і c — каардынаты пунктаў прыкладання зададзеных сіл

$$P; \theta'; \theta'_1; f'; f'_1;$$

θDK і $\theta_1 DK$ — ураўненні прагібу бесканечнай бэлькі на аснове пругкім у сэнсе гіпотэзы каэфіцыента пасцелі пры загрузжэнні яе вуглавой дэфармацыяй θ' або θ'_1 ;

fDN і $f_1 DN$ — ураўненні прагібу бэлькі бесканечнай даўжыні на аснове пругкім у сэнсе гіпотэзы каэфіцыента пасцелі пры загрузжэнні яе сканцэнтраванымі прагібамі f' або f'_1 .

Велічыні K , N , S_2 і S_3 у разгорнутым выглядзе [1]

$$K = \frac{1}{4} \left[\frac{1}{\beta_1} e^{-\alpha_1 y} \sin \beta_1 y - \frac{1}{\alpha_1} e^{-\alpha_1 y} \cos \beta_1 y \right], \quad (11)$$

$$N = -\frac{1}{4\alpha_1\beta_1} \left[(\beta_1^2 - \alpha_1^2) e^{-\alpha_1 y} \sin \beta_1 y + 2\alpha_1\beta_1 e^{-\alpha_1 y} \cos \beta_1 y \right], \quad (12)$$

$$S_2 = \frac{d^2 S_0}{dy^2}, \quad (13)$$

$$S_3 = \frac{d^3 S_0}{dy^3}. \quad (14)$$

Падстаўляючы выраз (10) у формулу (9), атрымаем ураўненне прагібу для бэлькі канечнай даўжыні:

$$\begin{aligned} \omega = & P[R_0(y-b) + S_0(y-b)] + \theta D[K(y-a) + \\ & + S_2(y-a)] + fD[N(y-a) + S_3(y-a)] + \\ & + \theta_1 D[K(y-c) + S_2(y-c)] + f_1 D[N(y-c) + S_3(y-c)]. \end{aligned} \quad (15)$$

Велічыні дэфармацый θ' ; f' ; θ'_1 ; f'_1 падбіраюцца такім чынам, каб у пунктах разрыву моманты і папярочныя сілы ператварыць у нуль. Гэта будзе адзіная ўмова для ўстанаўлення значэння дэфармацыі.

Зыходзячы са сказанага, складаюцца чатыры ўраўненні—два ўраўненні момантаў і два ўраўненні папярочных сіл:

$$\begin{aligned} M = M_1 = & -D \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} = -D \left(\frac{d^2 \omega_p}{dy^2} + \theta' \frac{d^2 \omega_\theta}{dy^2} + \right. \\ & \left. + f' \frac{d^2 \omega_f}{dy^2} + \theta'_1 \frac{d^2 \omega_{\theta_1}}{dy^2} + f'_1 \frac{d^2 \omega_{f_1}}{dy^2} \right) = 0, \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} Q = Q_1 = & -D \frac{\partial^3 \omega}{\partial y^3} = -D \left(\frac{d^3 \omega_p}{dy^3} + \theta' \frac{d^3 \omega_\theta}{dy^3} + \right. \\ & \left. + f' \frac{d^3 \omega_f}{dy^3} + \theta'_1 \frac{d^3 \omega_{\theta_1}}{dy^3} + f'_1 \frac{d^3 \omega_{f_1}}{dy^3} \right) = 0, \end{aligned} \quad (17)$$

або ў разгорнутым выглядзе, падстаўляючы вядомыя каардынаты пунктаў прыкладання дэфармацый ($y = a$ і $y = c$), пры якіх $M = 0$ і $Q = 0$, ураўненні будуць мець выгляд:

$$\begin{aligned} & P[R_2(a-b) + S_2(a-b)] + \theta D[K_2(0) + \\ & + S_4(0)] + fD[K_3(0) + S_5(0)] + \\ & + \theta_1 D[K_2(a-c) + S_4(a-c)] + \\ & + f_1 D[K_3(a-c) + S_5(a-c)] = 0; \\ & P[R_2(c-b) + S_2(c-b)] + \theta D[K_2(c-a) + \\ & + S_4(c-a)] + fD[N_3(c-a) + S_5(c-a)] + \\ & + \theta_1 D[K_2(0) + S_4(0)] + f_1 D[N_3(0) + S_5(0)] = 0; \\ & P[R_3(a-b) + S_3(a-b)] + \theta D[K_3(0) + S_5(0)] + \\ & + fD[N_4(0) + S_6(0)] + \theta_1 D[K_3(a-c) + S_5(a-c)] + \\ & + f_1 D[N_4(a-c) + S_6(a-c)] = 0; \\ & P[R_3(c-b) + S_3(c-b)] + \theta D[K_3(c-a) + \\ & + S_5(c-a)] + fD[N_4(c-a) + S_6(c-a)] + \\ & + f_1 D[N_4(0) + S_6(0)] + \theta_1 D[K_3(0) + S_5(0)] = 0; \end{aligned} \quad (18)$$

дзе функцыі R_n , S_n , K_n , N_n ($n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) вызначаюцца пры дапамозе прасцейшых рэкурэнтных залежнасцей

$$R_n = - \frac{dR_{n-1}}{dy}; \quad S_n = - \frac{dS_{n-1}}{dy};$$

$$K_n = - \frac{dK_{n-1}}{dy}; \quad N_n = - \frac{dN_{n-1}}{dy}.$$
(18')

Для кожнага прыватнага выпадку, маючы вылічаныя значэнні функцый $R_2; R_3; S_2; S_3; S_4; S_5; S_6; K_2; K_3; N_3$ і N_4 , можна лёгка, падстаўляючы іх значэнні ва ўраўненне (18) і рашаючы гэту сістэму 4 ураўненняў, вылічыць невядомыя значэнні дэфармацый.

Падстаўляючы іх велічыні ва ўраўненне (15), атрымліваем закончаныя ўраўненні прагібаў для розных палажэнняў сканцэнтраванай сілы.

Шукаемыя велічыні момантаў вызначаюцца адпаведна формуле

$$M = - D \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}.$$
(19)

Робячы рад устаноўкі сілы і вылічваючы значэнні дэфармацый і, у канчатковым выніку, момантаў, вызначаецца максімальны момант, які і выкарыстоўваецца для далейшых разлікаў.

У далейшым па вылічанаму максімальнаму моманту праводзіцца праверка канструкцыі на трываласць і трэшчынаўстойлівасць, выкарыстоўваючы пры гэтым вядомыя метады разліку папярэдне напружаных канструкцый [4].

Неабходнай умовай пры гэтым з'яўляецца тое, каб максімальны выгібаючы момант ад знешніх сіл M_{\max} быў бы меншым або роўным моманту ад унутраных сіл, зыходзячы з умоў трываласці (M_n) і трэшчынаўстойлівасці (M_T), г. зн.

$$M_{\max} \leq M_n,$$

$$M_{\max} \leq M_T.$$

Зробім правярочны разлік пліты (рыс. 2) памерамі $6 \times 1 \times 0,11$ м пад нагрузку $P = 6$ т пры модулі дэфармацыі глебавага аснавання $E_0 = 200$ кг/см². Армура: папярэдне напружаная—халоднацягнуты высокатрывалы дрот перыядычнага профілю, ГОСТ 8480-57, дыяметрам 5 мм, з нарматыўным супраціўленнем, роўным $R_n^H = 15000$ кг/см²; ненапружаная—нізкавугляродзісты халоднацягнуты, ГОСТ 6727-53, дыяметрам 5 мм з мяжой трываласці 5500 кг/см². Марка бетону—300. F_n^+ і F_n^- —плошча папярочнага сячэння верхняй і ніжняй папярэдне напружанай армурацы, роўная 1,379 см². Ненапружаная армура мае плошчу сячэння $F_a^+ = F_a^- = 0,392$ см².

Для выканання пастаўленай задачы неабходна рашыць няўласны інтэграл (7). Рашыць яго можна пры дапамозе прыёму лікавага інтэгравання, выкарыстоўваючы метады трапецый [3]. Аднак пры гэтым неабходна ад бесканечных граніц перайсці да граніц канечнай велічыні, г. зн.

$$\int_0^{\infty} \frac{\cos \beta y d \beta}{\Phi(\beta)} = \int_0^1 \frac{\cos \beta y d \beta}{\Phi(\beta)} + \int_1^{\infty} \frac{\cos \beta y d \beta}{\Phi(\beta)}.$$
(20)

Увёўшы абазначэнні $\beta = \frac{1}{z}$; $d\beta = -\frac{1}{z^2} dz$, другі член правай часткі выразу (20) можна перапісаць:

$$\int_1^{\infty} \frac{\cos \beta y d\beta}{\Phi(\beta)} = - \int_1^0 \frac{z^{\tau} \cos zy dz}{\Phi(z)} = \int_0^1 \frac{z^{\tau} \cos zy dz}{\Phi(z)}. \quad (21)$$

Пасля пераўтварэнняў інтэграл (7) будзе мець выгляд:

$$\int_0^{\infty} \frac{\cos \beta y d\beta}{\Phi(\beta)} = \int_0^1 \frac{\cos \beta y d\beta}{\Phi(\beta)} + \int_0^1 \frac{z^{\tau} \cos zy dz}{\Phi(z)}. \quad (22)$$

Інтэгралы (22) рашаюцца пры дапамозе формулы трапецый [3]:

$$\int_a^b y dx = \frac{h}{2} (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + \dots + 2y_{n-1} + y_n), \quad (23)$$

або, уводзячы замест $\Phi(y)$ адпаведныя ёй значэнні, атрымаем:

$$\begin{aligned} & \int_0^1 \frac{\cos \beta y d\beta}{\Phi(\beta)} + \int_0^1 \frac{z^{\tau} \cos zy dz}{\Phi(z)} = \\ & = S = h \left\{ \frac{1}{2} \frac{\cos(y, 0)}{\Phi(0)} + \frac{\cos(h, y)}{\Phi(h)} + \dots + \right. \\ & \quad \left. + \frac{\cos[(n-1)h, y]}{\Phi[(n-1)h]} + \frac{1}{2} \frac{\cos(nh, y)}{\Phi(nh)} \right\} + \\ & \quad + h \left\{ \frac{1}{2} \cdot 0 + \frac{h^{\tau} \cos(hy)}{\Phi(h)} + \dots + \right. \\ & \quad \left. + \frac{[(n-1)h]^{\tau} \cos[(n-1)h, y]}{\Phi[(n-1)h]} + \frac{1}{2} \frac{(nh)^{\tau} \cos(nh, y)}{\Phi(nh)} \right\}, \quad (24) \end{aligned}$$

дзе h —старана трапеццы ўздоўж восі абсцыс;

n —колькасць трапецый, якімі заменена функцыя S .

Чым большыя значэнні n , тым большая дакладнасць прымянення данага спосабу. Аднак з дастатковай для практычных мэт дакладнасцю n можна прыняць роўным 5.

Паслядоўнасць вылічэнняў і рэзультаты лёгка можна прасачыць па даных табл. 1.

Разлікі паказваюць, што найбольшай велічыні выгібаючы момант дасягае пры ўстаноўцы разліковай восі аўтамабіля на сярэдзіне пліты. Пры ўстаноўках у іншых сячэннях яго значэнне меншае.

Праверка на трываласць і трэшчынаўстойлівасць паказала, што канструкцыя пліты (рыс. 2) задавальняе прынятым умовам работы.

Табліца 1

| Шукаемыя велічыні | № формул | Значэнне | | Заўвага |
|-----------------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|
| | | размернасць | велічыня | |
| k_0 | 3 | m/m^3 | $1,4 \cdot 10^3$ | $EI = 175 \text{ тм}^2$ |
| D | 2 | $тм$ | 180 | $\mu_0 = 0,4$ |
| ρ_0 | — | $т$ | 20 | $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ т/м}^2$ |
| z_1 | 6 | m^{-1} | 1,23 | |
| β_1 | 6 | m^{-1} | 1,25 | |
| DK_2 | (11); (18') | $м$ | 0,106 | пры $y-a=0$ |
| DK_2 | (11); (18') | » | 109 | пры $y-c=6$ |
| DK_3 | (11); (18') | » | —9 | пры $y-a=0$ |
| DK_3 | (11); (18') | » | 0,268 | пры $y-c=6$ |
| DN_3 | (12); (18') | » | 0,00765 | пры $y-a=0$ |
| DN_3 | » | » | 92,5 | пры $y-c=6$ |
| DN_4 | » | » | 864 | пры $y-a=0$ |
| DN_4 | » | » | 0,185 | пры $y-c=6$ |
| θ і θ_1 | 18 | m^{-1} | $-9 \cdot 10^{-7}$ | |
| f і f_1 | 18 | » | $-3 \cdot 10^{-7}$ | |
| S_2 | (7) (13) | m^{-1} | — 0,000010 | пры $y-b=3$ |
| R_2 | (8); (18') | » | — 0,0000114 | » |
| R_3 | (8); (18') | » | — 0,0000492 | » |
| K_2 | (11); (18') | » | — 0,0214 | пры $y-a=3$ |
| N_2 | (11); (18') | » | — 0,0299 | » |
| M_{\max} | (19) | $тм$ | 1,21 | пры ўстаноўцы сілы на сярэдзіне |
| M_{Π} | — | » | 1,25 | |
| M_{Γ} | — | » | 1,32 | |

Табліца 2

| Тып пліты | Размеры, $м$ | Вага, $т$ | Разліковая нагрузка на паўвось, $т$ | Расход матэрыялаў | | | |
|--|-----------------|--------------|--|-------------------|----------------|------------------|----------------|
| | | | | на 1 $м^2$ | | на 1 км дарогі | |
| | | | | бетону, $м^3$ | сталі, $кг$ | бетону, $м^3$ | сталі, $кг$ |
| Рашэцістыя з не- напружанай армаатурай . . | 2,5×1,0×0,14 | 0,63 | 4 | 0,100 | 9,0 | 200 | 18000 |
| Рашэцістыя з не- напружанай армаатурай . . | 2,5×1,0×0,16 | 0,70 | 7 | 0,110 | 12,2 | 220 | 24400 |
| Ячэістыя . . . | 2,5×1,0×0,16 | 0,75 | 7 | 0,120 | 12,2 | 240 | 24400 |
| Рашэцістыя з на- пружанай армаатурай . . | 6,0×1,0×0,11 | 1,15 | 6 | 0,077 | 5,4 | 154 | 10880 |

Параўноўваючы затраты матэрыялаў (табл. 2) на выраб прымяняемых пліт для калейных пакрыццяў з затратамі на рашэцістыя пліты з папярэдне напружанай арматурай, відаць, што алошнія з'яўляюцца больш эканамічнымі. Акрамя таго, у канструкцыях з папярэдне напружанай арматурай забяспечваецца дастатковая трэшчынаўстойлівасць, што вельмі важна для дарожных пакрыццяў.

Прымяненне напружанай арматуры некалькі падаражае працэс вырабу пліт¹, але тым не менш дадатныя якасці гавораць за іх шырокае выкарыстанне ў дарожным будаўніцтве.

ВЫВАДЫ

1. Прымяненне для будаўніцтва калейных аўтамабільных дарог жалезабетонных пліт з ненапружанай арматурай не забяспечвае надзейнай работы пакрыцця і з'яўляецца малаэканомным.

2. Больш поўна ўмовам работы ў дарожных пакрыццях адпавядаюць пліты карытападобнага профілю з папярэдне напружанай арматурай.

3. Разліковай схемай пры вызначэнні выгібаючага моманту пры аднолькавым арміраванні ў верхняй і ніжняй зонах сячэння пліты з'яўляецца бэляка канечнай даўжыні з бакавымі дэфармацыямі θ , f , θ_1 , f_1 ад уплыву сумежных пліт, да якой дастасавальны прапановы метада, заснаваны на тэорыі праф. Б. Г. Коранева.

4. З мэтай далейшага ўдасканалення калейных жалезабетонных пакрыццяў узнікае неабходнасць у дапаўненне да тэарэтычных правесці рад эксперыментальных даследаванняў.

ЛІТАРАТУРА

1. Коренев Б. Г. Расчет балок и плит на упругом основании. М., 1957.
2. Коренев Б. Г. (под редакцией). Теория расчета и конструирования железобетонных конструкций. НТО строительной промышленности СССР, 1958.
3. Крылов А. Н. Лекция о приближенных вычислениях, изд. 4-е, 1950.
4. Скрипов Н. И., Савин Л. Е. «Известия высших учебных заведений, Лесной журнал», № 3, 1959.
5. Сахновский К. В. Железобетонные конструкции. Госстройиздат, 1959.
6. Яковлев А. В. Сборно-разборные железобетонные покрытия. М.—Л., 1958.

¹ З-за абмежаванасці аб'ёму артыкула мы не маем магчымасці асвятліць тэхналогію вырабу папярэдне напружаных пліт.