

JÓZEF LINEK

PRACA STATYCZNA FUNDAMENTÓW ŁAWOWYCH
PODDANYCH DZIAŁANIU POZIOMYCH SIŁ
OD PEŁZANIA GRUNTU

Streszczenie. Przeprowadzono analizę momentów zginających i sił poprzecznych wywołanych w ławie fundamentowej przez poziome siły tarcia, powstające na skutek pełzania terenu w czasie eksploatacji górniczej.

1. Wstęp

Budowle znajdujące się na terenach podległych wpływom eksploatacji górniczej narażone są na działanie poziomych sił tarcia, występujących w płaszczyźnie kontaktu fundamentu z podłożem w czasie rozpełzania względnie spełzania terenu oraz pionowych sił pochodzących od wygięcia terenu. Obliczanie fundamentów na działanie sił poziomych spowodowanych pełzaniem podłoża przeprowadzane jest z zasady bez uwzględnienia faktu, że siły wyznaczone z warunku statycznego tarcia będą przekazywane przez grunt na dolną płaszczyznę fundamentu, powodując zginanie. Wartości odpowiadających sił wewnętrznych zależą od sztywności ławy fundamentowej na zginanie i podatności podłoża.

Celem niniejszej pracy jest dokonanie analizy zależności momentów zginających i sił poprzecznych wywołanych w ławie fundamentowej przez siły poziome od sztywności ławy i podatności podłoża. Rozpatrzone będą dwa przypadki rozkładu naprężeń stycznych między podłożem a fundamentem: liniowy, wzrastający od wartości zerowej w środku długości ławy fundamentowej do jej końców oraz równomierny rozkład naprężeń stycznych na całej długości ławy. Przypadek pierwszy zachodzi wówczas, gdy naprężenie styczne między podszewką ławy a gruntem jest mniejsze od wytrzymałości gruntu na ścinanie. Ma to miejsce przy fundamentach posadowionych na gruntach miękkich i przy małym rozpełzaniu. Drugi przypadek zajdzie wówczas, gdy nastąpi

ścięcie gruntu pod podszewą ławy a więc przy dużym rozpełzaniu gruntu.

2. Teoria

2.1. Wielkości statyczne

Rozpatrywać będziemy belkę o długości l , szerokości b i sztywności EI spoczywającej na podłożu sprężystym o stałej C odpowiadającej założeniom Winklera (rys. 1). Na belkę tę działa rozłożone obciążenie poziome $\tau(x)$ zaczepione u jej podstawy. Zakładamy, że obciążenie to zmienia się liniowo wg równania

$$\tau(x) = 2 \frac{\tau_0}{l} x$$

przyjmując wartość równą zero w środku belki oraz $\pm \tau_0$ na jej końcach.

Rozpatrzmy warunki równowagi elementu belki o długości dx , leżącego w odległości x od jej środka. Na ściany tego elementu działają siły wewnętrzne M , T , N , o zwrotach dodatnich zaznaczonych na rys. 1c, siły zewnętrzne $\tau(x)dx$ oraz parcie podłoża $C \cdot y \cdot dx$.

Rzutuując wszystkie siły na oś Y otrzymamy

$$(T+dT)-T-C \cdot y \cdot dx = 0 \quad \text{skąd} \quad \frac{dT}{dx} = C \cdot y \cdot b .$$

Z warunków równowagi momentów

$$M - (M+dM) + T dx - \tau(x) b \cdot dx = 0$$

obliczymy

$$\frac{dM}{dx} = T - \tau(x) \cdot b \cdot dx . \quad (1)$$

Z zależności (1) widzimy, że dla belek obciążonych w sposób ciągły siłami równoległymi do jej osi, pochodna momentu względem długości równa jest sile poprzecznej pomniejszonej o wartość przedstawiającą intensywność rozłożenia momentu od sił poziomych.

Z elementarnej teorii zginania pręta wiadomo, że

$$EJ \cdot y'' = -M$$

oraz

$$EJ \cdot y''' = -\frac{dM}{dx}.$$

Podstawiając do tego równania zależność (1) otrzymamy

$$EJ \cdot y''' = -(T - \tau(x) \cdot b \cdot e)$$

skąd po zróżniczkowaniu

$$EJ \cdot y^{IV} = -\left(\frac{dT}{dx} - \tau'(x) \cdot b \cdot e\right) = -C_1 \cdot b + 2 \frac{\tau_0 \cdot b \cdot e}{l}.$$

Ostatecznie

$$y^{IV} + \frac{C_1 \cdot b}{EJ} \cdot y = 2 \frac{\tau_0 \cdot b \cdot e}{EJ \cdot l}.$$

Jest to liniowe niejednorodne równanie różniczkowe czwartego rzędu. Po wprowadzeniu nowej zmiennej $\xi = \frac{x}{l}$ i dobraniu wg [3] L tak, by $\frac{C_1 \cdot b}{EJ} L^4 = 4$ otrzymamy równanie

$$\frac{d^4 y}{d\xi^4} + 4y = 8 \frac{\tau_0 \cdot e}{C_1 \cdot l}, \quad (2)$$

którego rozwiązanie będzie się składało z całki ogólnej równania jednorodnego

$$\bar{y}^{IV}(\xi) + 4\bar{y} = 0$$

oraz całki szczególnej $y^0(\xi)$ równania niejednorodnego.

$$\begin{aligned} \bar{y}(\xi) = & C_1 \cdot e^{(1+i)\xi} + C_2 \cdot e^{(1-i)\xi} + C_3 \cdot e^{-(1+i)\xi} + \\ & + C_4 \cdot e^{-(1-i)\xi} \end{aligned}$$

Korzystając z uogólnionych wzorów Eulera $e^{\pm 1 \cdot \xi} = \cos \xi \pm i \cdot \sin \xi$ oraz wzoru $e^{\pm i \cdot \xi} = \cosh \xi \pm i \sin h \xi$ można napisać

$$\begin{aligned} \bar{y}(\xi) = & A_1 \cos \xi \cdot \cos h \xi + A_2 \cdot \cos \xi \cdot \sin h \xi + A_3 \cdot \sin \xi \cdot \cosh \xi + \\ & + A_4 \cdot \sin \xi \cdot \sin h \xi. \end{aligned}$$

Całkę szczególną równania (2) założymy w postaci wielomianu

$$y^0(\xi) = A \cdot \xi^4 + B \cdot \xi^3 + C \cdot \xi^2 + D \cdot \xi + E.$$

Po wstawieniu go do równania (2) i przyrównaniu współczynników przy jednakowych potęgach otrzymamy

$$y^0(\xi) = E = 2 \frac{\tau_0 \cdot e}{C \cdot I}.$$

Ostatecznie całka równania (2) wyraża się funkcją

$$\begin{aligned} y(x) = & 2 \frac{\tau_0 \cdot e}{C \cdot I} + A_1 \cos \frac{x}{l} \cos h \frac{x}{l} + A_2 \cos \frac{x}{l} \sin h \frac{x}{l} \\ & + A_3 \sin \frac{x}{l} \cosh \frac{x}{l} + A_4 \cdot \sin \frac{x}{l} \sin h \frac{x}{l}. \end{aligned} \quad (3)$$

Cztery warunki brzegowe zadania

$$1. y'(0) = 0$$

$$2. EI \cdot y'' \left(\frac{l}{2} \right) = 0$$

$$3. EI \cdot y'''(0) = 0$$

$$4. EI \cdot y''' \left(\frac{l}{2} \right) = \tau_0 \cdot b \cdot e$$

pozwolą obliczyć z równania (3) cztery stałe całkowania

$$A_2 = A_3 = 0$$

$$A_1 = -8 \frac{\tau_0 \cdot e}{c \cdot l} \beta \frac{\cos \beta \cdot \cosh \beta}{\sin 2\beta + \sinh 2\beta}; \quad A_4 = -8 \frac{\tau_0 e}{c l} \beta \frac{\sin \beta \cdot \sinh \beta}{\sin 2\beta + \sinh 2\beta}.$$

Ostatecznie otrzymamy:

równanie odkształconej

$$y(x) = 2 \frac{\tau_0 \cdot e}{c \cdot l} \left[1 - 4 \beta \frac{\cos \beta \cdot \cosh \beta}{\sin 2\beta + \sinh 2\beta} \left(\operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{tgh} \beta \cos \frac{x}{l} \cosh \frac{x}{l} + \sin \frac{x}{l} \sin h \frac{x}{l} \right) \right],$$

moment zginający

$$M(x) = 2 \tau_0 \cdot b \cdot e \cdot l \frac{\cos \beta \cdot \cosh \beta}{\sin 2\beta + \sinh 2\beta} \left(\operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{tgh} \beta \cos \frac{x}{l} \cos h \frac{x}{l} - \sin \frac{x}{l} \sin h \frac{x}{l} \right) \quad (4)$$

oraz siłę poprzeczną

$$F(x) = \int_0^x c \cdot b \cdot y \cdot dx \cdot \quad (5)$$

We wzorach tych wprowadzono oznaczenia

$$L = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{c \cdot b}} \quad i \quad \beta = \frac{1}{2L} = \frac{1}{2 \sqrt[4]{\frac{4EJ}{c \cdot b}}}$$

Dla EI dążącego do nieskończoności względnie C dążącego do zera - β dąży do zera zaś L do nieskończoności.

Wzór (4) przyjmie wtedy postać

$$M(x) = 2 \tau_0 b \cdot e L \frac{1 \cdot 1}{2\beta + 2\beta} \left(\beta \cdot \beta - \frac{x}{L} \cdot \frac{x}{L} \right) = \frac{\tau_0 b \cdot l \cdot e}{4} \left[1 - \left(\frac{2x}{L} \right)^2 \right]. \quad (6)$$

Jest to wzór na moment zginający dla belki obciążonej liniowo zmieniającymi się siłami poziomymi τ , który nie uwzględnia pchnięć oddziaływań podłoża powstających na skutek jej wygięcia się. Dla ułatwienia korzystania ze wzoru (4) przedstawiono na rys. 2 krzywe, które dla danego stosunku $\frac{1}{L}$ oraz L, b.e i τ_0 pozwalają w prosty sposób znaleźć momenty zginające oo 0,1 l. Prosta (a) na rys. 2 przedstawia zależność momentów zginających w przekroju $x = 0$ (obliczonych wg wzoru (6)) od stosunku $\frac{1}{L}$. Na rys. 3 pokazano wykresy momentów zginających dla różnych stosunków $\frac{1}{L}$. Zostały one skonstruowane na podstawie wykresów podanych na rys. 2.

Przy dużym pełzaniu podłoża naprężenie styczne τ przekracza na ogół na znacznej długości ławy, wytrzymałość gruntu na ścięcie $V = \sigma \cdot \text{tg} \varphi + K$ gdzie: σ - naprężenie normalne pod fundamentem, φ - kąt tarcia wewnętrznego K - spójność podłoża. W miejscach tych nastąpi poślizg warstwy gruntu pod fundamentem w związku z czym można założyć równomierny rozkład działających naprężeń stycznych. W partiach przyśrodkowych naprężenie to

będzie miała i w środku uzyska wartość zerową [4]. Rozwiązanie belki obciążonej takim rozkładem naprężeń stycznych byłoby bardzo skomplikowane i dlatego w dalszym ciągu rozpatrzone zostanie przypadek równomiernego obciążenia stopy łąwy fundamentowej na całej długości (rys. 1b). Przy takim założeniu całka ogólna równania różniczkowego będzie równa

$$y(x) = A_1 \cos \frac{x}{L} \cosh \frac{x}{L} + A_2 \cos \frac{x}{L} \sinh \frac{x}{L} + A_3 \sin \frac{x}{L} \cosh \frac{x}{L} + A_4 \sin \frac{x}{L} \cdot \sinh \frac{x}{L}.$$

Warunki brzegowe

$$1. y'(0) = 0$$

$$2. EJ \cdot y''\left(\frac{1}{2}\right) = 0$$

$$3. EJ \cdot y'''(0) = \tau_0 \cdot b \cdot e$$

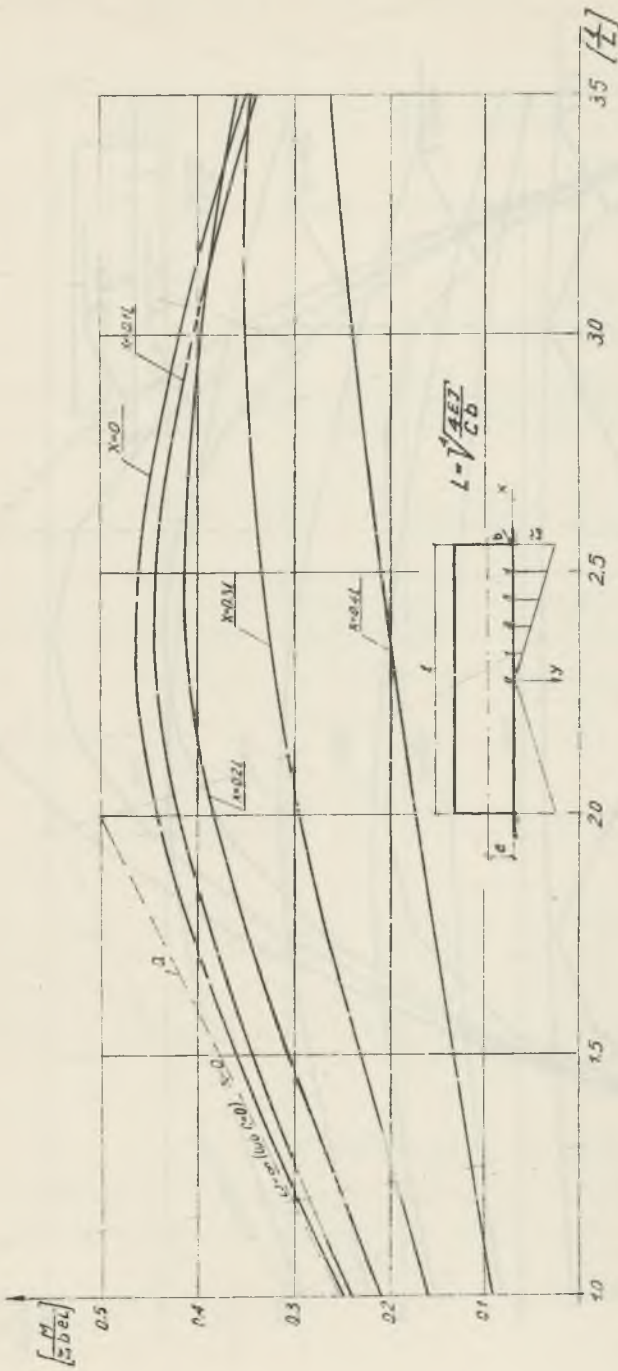
$$4. EJ \cdot y'''\left(\frac{1}{2}\right) = \tau_0 \cdot b \cdot e$$

umożliwiają obliczenie stałych całkowania

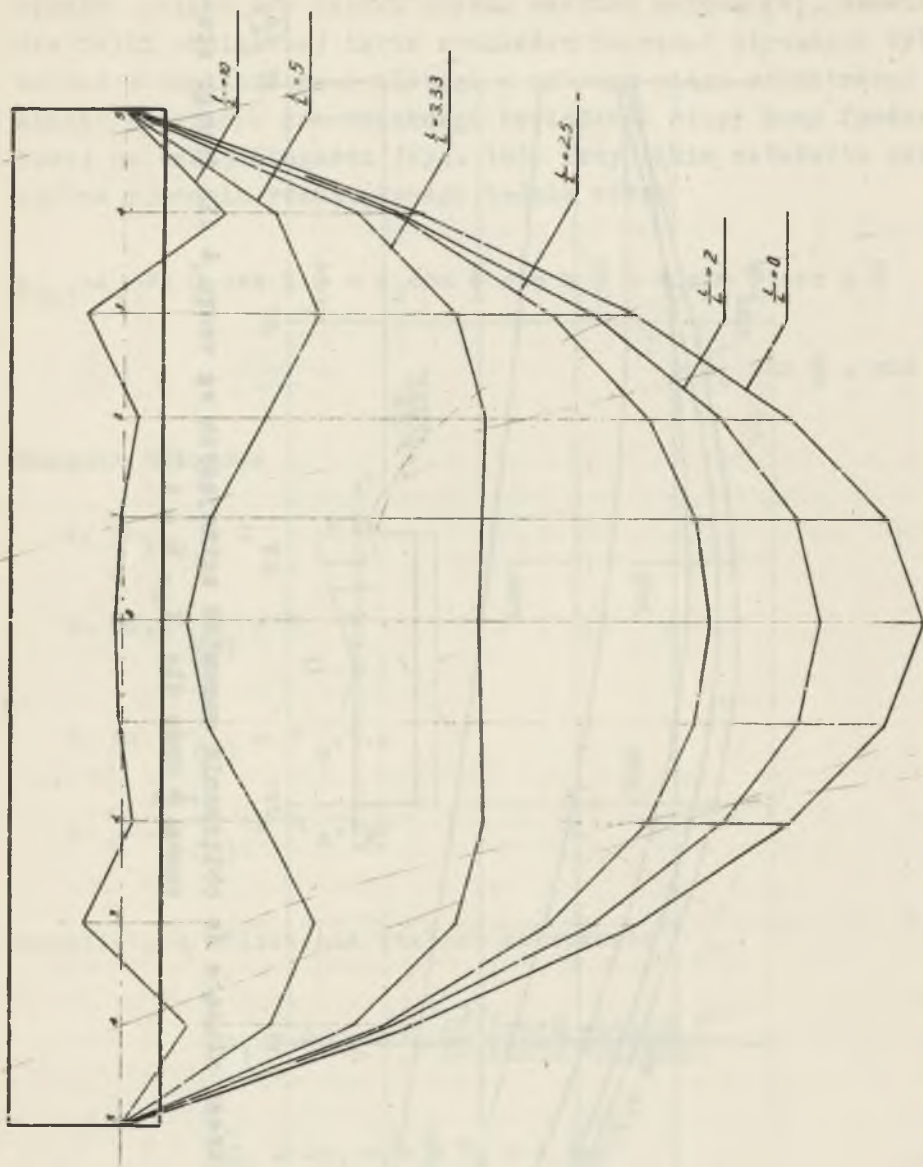
$$A_1 = \frac{1}{2} \tau_0 \cdot b \cdot e \frac{L^3}{EJ} \frac{(\cos \beta - \cosh \beta)^2}{\sin 2\beta + \sinh 2\beta}$$

$$A_2 = -A_3 = -\frac{1}{4} \tau_0 \cdot b \cdot e \frac{L^3}{EJ}$$

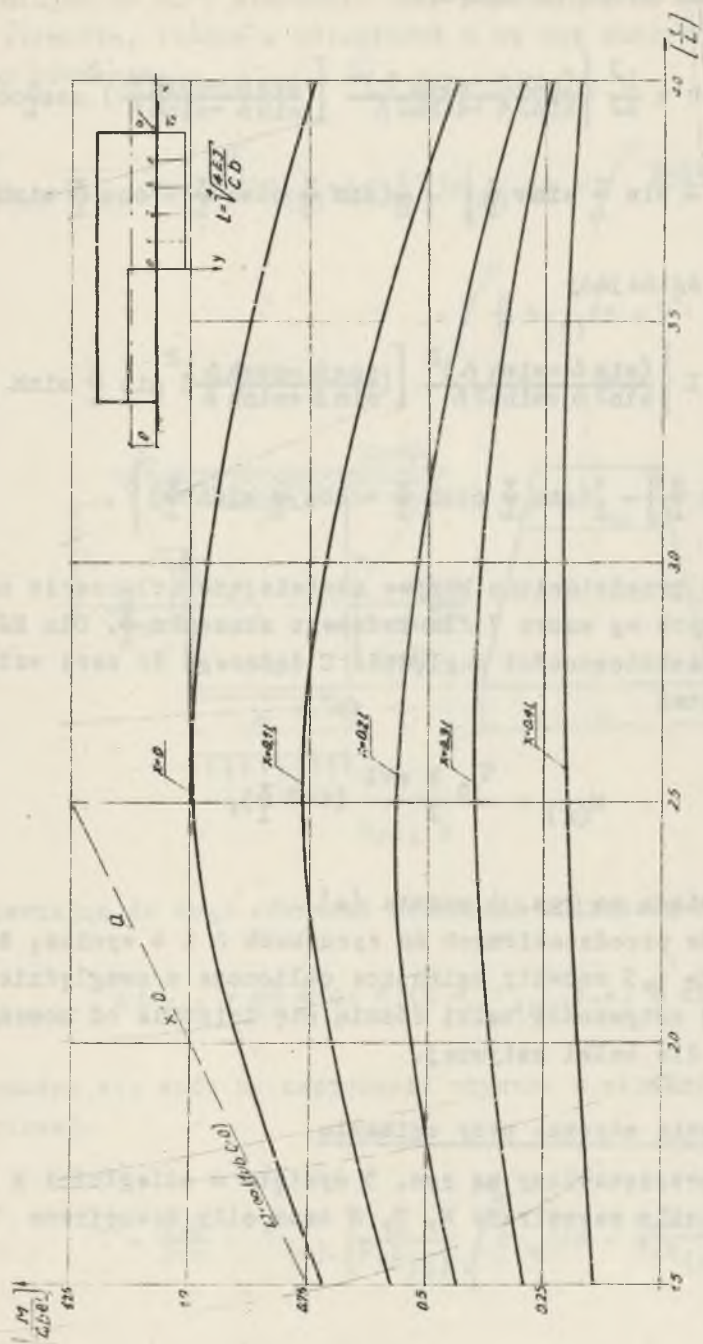
$$A_4 = -\frac{1}{2} \tau_0 \cdot b \cdot e \frac{L^3}{EJ} \frac{(\sin \beta + \sinh \beta)^2}{\sin 2\beta + \sinh 2\beta}$$



Rys. 2. Wykresy służące do obliczenia momentów zginających wg wzoru 4 dla danego stosunku $\frac{l}{b}$ oraz dla α , b e i L .



Rys. 3. Wykresy momentów zginających w belce dla różnych stosunków $\frac{f}{l}$



Rys. 4. Wykresy służące do obliczenia momentów zginających wg wzoru 7 dla danego stosunku α oraz dla τ_0, b, e

oraz ustalenie wzoru na ugięcie

$$y(x) = \frac{1}{2} \tau_0 b e \frac{L^3}{EJ} \left\{ \frac{(\sin \beta + \sinh \beta)^2}{\sin 2\beta + \sinh 2\beta} \left[\frac{(\cos \beta - \cosh \beta)^2}{\sin \beta + \sinh \beta} \cos \frac{x}{L} \cosh \frac{x}{L} - \sin \frac{x}{L} \sinh \frac{x}{L} \right] - \frac{1}{2} (\sin \frac{x}{L} \cosh \frac{x}{L} + \cos \frac{x}{L} \sinh \frac{x}{L}) \right\}$$

i. na moment zginający

$$M(x) = \tau_0 b e L \left\{ \frac{(\sin \beta + \sinh \beta)^2}{\sin 2\beta + \sinh 2\beta} \left[\frac{(\cos \beta - \cosh \beta)^2}{\sin \beta + \sinh \beta} \sin \frac{x}{L} \sinh \frac{x}{L} + \cos \frac{x}{L} \cosh \frac{x}{L} \right] - \frac{1}{2} (\sin \frac{x}{L} \cosh \frac{x}{L} + \cos \frac{x}{L} \sinh \frac{x}{L}) \right\}. \quad (7)$$

Na rys. 4 przedstawiono krzywe ułatwiające obliczenie momentów zginających wg wzoru 7 dla zadanego stosunku $\frac{l}{L}$. Dla EJ dążącego do nieskończoności względnie C dążącego do zera wzór 7 przyjmie postać

$$M(x) = \frac{\tau_0 b e l}{2} (1 - 2 \frac{x}{L}),$$

której odpowiada na rys. 4 prosta (a).

Z wykresów przedstawionych na rysunkach 2 i 4 wynika, że dla stosunku $\frac{l}{L} > 1,5$ momenty zginające obliczone z uwzględnieniem rzeczywistej sztywności belki różnią się istotnie od momentów obliczonych dla belki sztywnej.

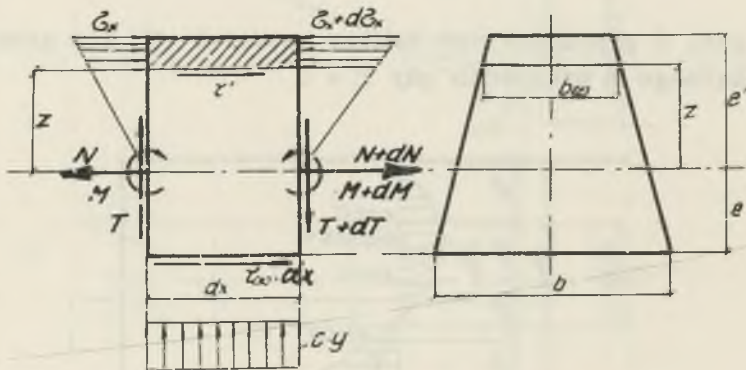
2.2. Naprężenia styczne przy zginaniu

Na element przedstawiony na rys. 5 wycięty w odległości x z belki działają siły wewnętrzne M , T , N oraz siły zewnętrzne $\tau(x) \cdot dx$ i $C \cdot y \cdot dx$.

Rzutuując na oś X wszystkie siły działające na górną część tego elementu, leżącą w odległości z od osi obojętnej, otrzymujemy równanie

$$\int_z^{e'} \sigma(x) \cdot b(z) \cdot dz - \int_z^{e'} (\sigma(x) + d\sigma(x)) b(z) \cdot dz + \int_z^{e'} \frac{N+dN}{F} b(z) \cdot dz -$$

$$- \int_z^{e'} \frac{N}{F} b(z) dz + \tau' \cdot b(z) dx = 0.$$



Rys. 5

Podstawiając do tego równania zależność obliczoną w wzorze (1)

$$d\sigma(x) = \frac{dM}{dx} \frac{z}{J} dx = (T - \tau(x) \cdot b \cdot e) \frac{z}{J} dx$$

wyprowadza się wzór na naprężenie styczne w przekroju łąwy fundamentowej.

$$\tau' = \frac{T \cdot S}{J \cdot b} + \tau(x) \left[\frac{b}{F \cdot b(z)} \int_z^{e'} b(z) dz - \frac{S \cdot b \cdot e}{J \cdot b(z)} \right].$$

Dla przekroju prostokątnego

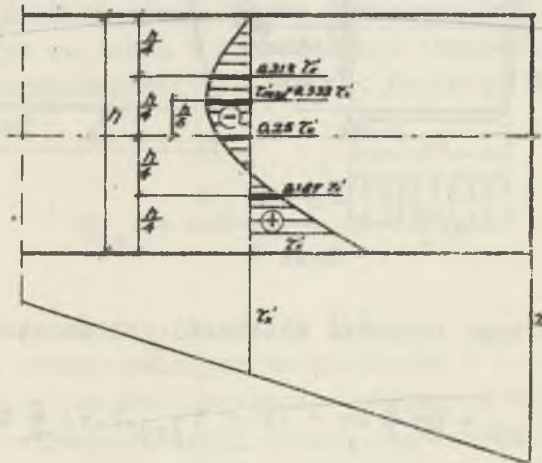
$$b(x) = b; \quad e' = \frac{h}{2}; \quad F = b \cdot h$$

$$S = \frac{b}{2} \left[\frac{h^2}{4} - x^2 \right]$$

a wobec tego

$$\tau' = \frac{T \cdot S}{J_z \cdot b} + \tau(x) \left[3 \left(\frac{x}{h} \right)^2 - \frac{x}{h} - \frac{1}{4} \right].$$

Na rys. 6 przedstawiono wykres naprężeń τ' dla przekroju prostokątnego w przypadku gdy $T = 0$



Rys. 6

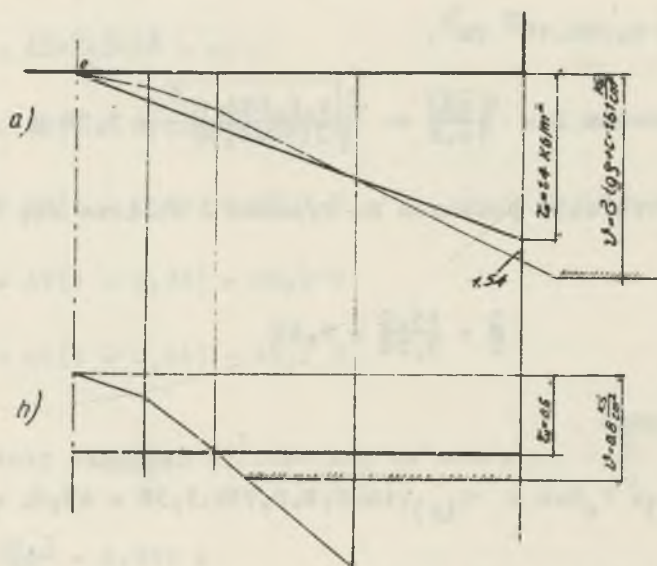
3. Przykłady

Przykład 1

Obliczyć wywołane rozpełzaniem gruntu o intensywności $\varepsilon = 2\%$ momenty zginające w ścianie murowanej spoczywającej na ławie żelbetowej, o długości $l = 15$ m. Przekrój poprzeczny ściany

przedstawiono na rys. 8. Ściana posadowiona jest 0,80 m pod terenem na warstwie piasku drobnoziarnistego. Ciśnienie ławy na grunt $\sigma = 2 \text{ kg/cm}^2$. Moduł ścisłości gruntu $E_{gr} = 315 \text{ kg/cm}^2$.

Wykres naprężeń stycznych w podstawie ławy fundamentowej, obliczonych wg [2], przedstawiono na rys. 7a.



Rys. 7

Obliczone naprężenia styczne τ nie przekraczają naprężenia ścinającego

$$V = \sigma \cdot \text{tg} \varphi + k = 2,0 \cdot 0,805 + 0 = 1,61 \text{ kg/cm}^2.$$

Można więc przyjąć, że naprężenia styczne τ zmieniają się na całej długości ławy liniowo, osiągając na jej końcach wartość $\tau_0 = 1,4 \text{ kg/cm}^2$

Według [1] dla $\frac{l}{b} = \frac{12}{0,8} = 18,75$ jest $\omega = 0,4$

a współczynnik podatności podłoża

$$C = 2\omega \frac{E_{pz}}{b} = 2 \cdot 0,40 \frac{3150}{0,8} = 3150 \text{ T/m}^3.$$

Szttywność belki dla $E_o = 3 \cdot 10^5 \text{ T/m}^2$, $E_p = 15 \cdot 10^5 \text{ T/m}^2$

wynosi $EJ = 6,096 \cdot 10^5 \text{ Tm}^2$.

Długość podstawowa $L = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{0,6}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 6,096 \cdot 10^5}{3150 \cdot 0,80}} = 5,58 \text{ m}$.

Na podstawie wykresów podanych na rysunku 2 oblicza się dla stosunku

$$\frac{1}{L} = \frac{15,0}{5,58} = 2,69$$

momenty zginające

$$M(x) = \eta(x) \cdot \tau_o b e L = \eta(x) \cdot 14 \cdot 0,8 \cdot 0,792 \cdot 5,58 = 49,6 \cdot \eta(x)$$

$$M(0) = 0,45 \cdot 49,6 = 22,3 \text{ Tm}$$

$$M(1) = 0,4325 \cdot 49,6 = 21,45 \text{ Tm}$$

$$M(2) = 0,41 \cdot 49,6 = 20,30 \text{ Tm}$$

$$M(3) = 0,335 \cdot 49,6 = 16,60 \text{ Tm}$$

$$M(4) = 0,21 \cdot 49,6 = 10,40 \text{ Tm}.$$

Wykres momentów przedstawia na rys. 8 krzywa (a).

Krzywa (b) przedstawia momenty zginające obliczone dla sztywny sztywny ($EI = \infty$).

Siły osiowe w odległości x od środka podstawy ławy fundamentowej

$$N(x) = \int_x^{l/2} \tau(x) b \, dx = \frac{\tau_0 \cdot b \cdot l}{4} \left[1 - \left(\frac{2x}{l} \right)^2 \right].$$

W przekrojach 0, 1, 2, 3, 4 siły te przyjmują wartość

$$N(0) = \frac{14 \cdot 0,8 \cdot 15}{4} = 42 \text{ T}$$

$$N(1) = 42(1 - 0,04) = 40,3 \text{ T}$$

$$N(2) = 42(1 - 0,16) = 35,3 \text{ T}$$

$$N(3) = 42(1 - 0,36) = 26,9 \text{ T}$$

$$N(4) = 42(1 - 0,64) = 15,2 \text{ T}.$$

Rzędne linii ciągnięć oblicza się ze wzoru $y_1 = \frac{M_1}{N_1}$

$$y_0 = \frac{22,3}{42} = 0,532 \text{ m}$$

$$y_1 = \frac{21,45}{40,3} = 0,533 \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{20,30}{35,3} = 0,560 \text{ m}$$

$$y_3 = \frac{16,60}{26,9} = 0,618 \text{ m}$$

$$y_4 = \frac{10,40}{15,2} = 0,685 \text{ m}$$

$$y_5 = a = 0,792 \text{ m}.$$

Przebieg linii ciągnięć przedstawiono na rysunku 8.

Przykład 2

Podane w przykładzie 1. zadanie rozwiązać dla $\sigma = 1 \text{ KG/cm}^2$
 $E_{gr} = 210 \text{ KG/cm}^2$, $\varepsilon = 9\%$.

Wykres obliczonych wg [2] naprężeń stycznych w postawie ławy fundamentowej przedstawiono na rysunku 7b.

Naprężenie ścinające

$$V = \sigma \cdot \text{tg} \varphi + K = 1,0 \cdot 0,805 + 0 = 0,805 \text{ KG/cm}^2$$

ogranicza tutaj wykres naprężeń stycznych. Przyjęto równomier-
 ny rozkład naprężeń stycznych $\tau_0 = 0,6 \text{ KG/cm}^2$ na całej dłu-
 gości ławy

$$C = 2,0,4 \frac{2100}{0,8} = 2100 \text{ T/m}^3$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{4,6,096,10^5}{2100 \cdot 0,8}} = 6,16 \text{ m}; \quad \frac{1}{L} = \frac{15}{6,16} = 2,43.$$

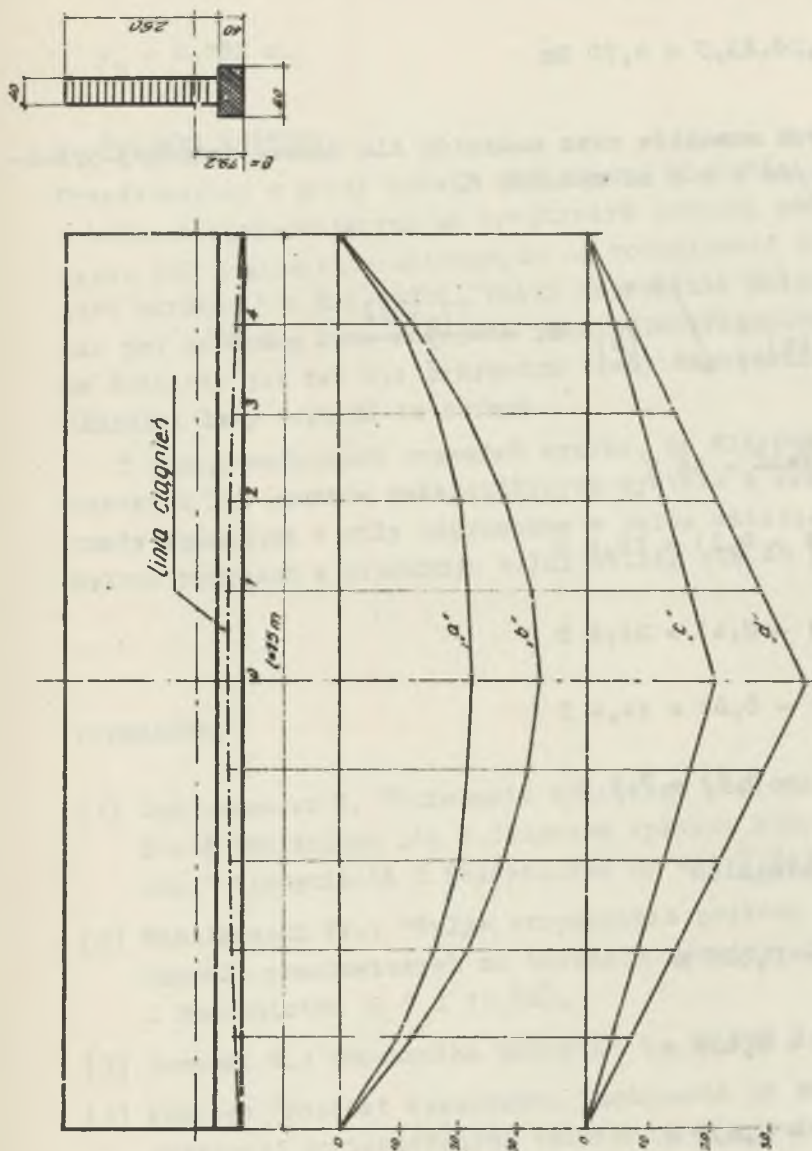
Na podstawie wykresów podanych na rysunku 4 obliczono mo-
 menty zginające.

$$M(x) = \eta(x) \cdot \tau_0 \cdot b \cdot e \cdot L = \eta(x) 6,0 \cdot 0,8 \cdot 0,792 \cdot 6,16 = \eta(x) 23,5$$

$$M(0) = 0,975 \cdot 23,5 = 22,9 \text{ Tm}$$

$$M(1) = 0,765 \cdot 23,5 = 17,95 \text{ Tm}$$

$$M(2) = 0,582 \cdot 23,5 = 13,68 \text{ Tm}$$



Rys. 8. Wykresy momentów zginających dla przykładu 1 i 2

$$M(3) = 0,40 \cdot 23,5 = 9,40 \text{ Tm}$$

$$M(4) = 0,20 \cdot 23,5 = 4,70 \text{ Tm}$$

Wykres tych momentów oraz momentów dla ściany sztywnej przedstawiają krzywe o i d na rysunku 8.

Siły osiowe

$$N(x) = \int_x^{l/2} \tau(x) b \, dx = \frac{\tau(x) b \cdot l}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{l}\right)$$

$$N_0 = \frac{6 \cdot 0,8 \cdot 15}{2} = 36 \text{ T}$$

$$N_1 = 36 (1 - 0,2) = 28,8 \text{ T}$$

$$N_2 = 36 (1 - 0,4) = 21,6 \text{ T}$$

$$N_3 = 36 (1 - 0,6) = 14,4 \text{ T}$$

$$N_4 = 36 (1 - 0,8) = 7,2 \text{ T}$$

Rzędne linii ciągnięć

$$y_0 = \frac{22,9}{36} = 0,633 \text{ m}$$

$$y_1 = \frac{17,95}{28,8} = 0,625 \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{13,68}{21,6} = 0,632 \text{ m}$$

$$y_3 = \frac{9,40}{14,40} = 0,650 \text{ m}$$

$$y_4 = \frac{4,70}{7,20} = 0,654 \text{ m}$$

$$y_5 = 0,792 \text{ m}.$$

4. Wnioski końcowe

Przedstawiony w pracy sposób obliczania wielkości wewnętrznych w belkach spoczywających na sprężystym podłożu poddanych działaniu sił poziomych pochodzących od rozpełzania podłoża ważny jest zarówno dla przypadku, kiedy naprężenie ścinające w gruncie pod podeszwą ławy mniejsze jest od wytrzymałości gruntu na ścinanie jak też dla przypadku kiedy naprężenie to na całej długości ławy wartość tę osiąga.

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że dla belek długich i wiotkich lub gruntów małościślnych wyniki z rozpełzania momenty zginające i siły poprzeczne w belce maleją. Tym samym wykres naprężeń w przekroju belki zbliża się do prostokąta.

LITERATURA

- [1] Budzianowski Z. "Działanie wygiętego podłoża na sztywną budowlę znajdującą się w obszarze wpływów eksploatacji górniczej" (Inżynieria i Budownictwo Nr 6 i 7/64).
- [2] Wasilkowski Fr.: "Wpływ rozpełzania podłoża na fundamenty budowli posadowionych na terenach górniczych" (Inżynieria i Budownictwo Nr 7 i 10/66).
- [3] Nowacki W.: "Mechanika budowli" t. II PWN Warszawa 1966.
- [4] Kozłowski: "Rzeczony spłosznowo fundamenta na zdwig osnowaula wyzwanynj gorizontálnymi deformacjami grunta" (Stroitielstwo i Architektura 7/64).

РАБОТА ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СИЛ ОТ ПОЛЗАНИЯ ГРУНТА

Резюме

В статье содержится анализ изгибающих моментов и поперечных сил действующих в ленточном фундаменте от горизонтальной силы трения. Эта сила следует от ползания грунта во время горных работ.

Рассмотрено два случая распределения касательных напряжений в стыке между фундаментом и грунтом: линейный - антисимметрический, а также равномерно разложенный по всей длине фундамента.

Из проведенного анализа видно, что для длинных лент на твердые грунты, основание значительно влияет на уменьшение изгибающих моментов в фундаменте.

STATICAL WORK OF LONG STRIP FOOTINGS SUBJECTED TO ACTION OF HORIZONTAL FORCES CAUSED BY GROUND CREEPING

Summary

In the paper an analysis of bending and transverse forces produced in long strip footings by horizontal friction forces caused by mining ground creeping has been accomplished.

Two possibilities of shearing stress distribution between the ground and the foundation has been considered: a linear antisymmetrical and a uniform distribution along the overall length of the strip foundation.

The analysis has proved that for long strip foundations and for hard grounds, the subsoil considerable effects on the reduction of the bending moments quantity.