

BADANIA NAPRĘŻEŃ NORMALNYCH.

Praca niniejsza ma na celu badanie pewnych rozkładów naprężeń normalnych, pojawiających się w poszczególnych punktach danego pola pod wpływem pewnego, ściśle określonego układu sił zewnętrznych; mówię tu „pola“ a nie „przekroju“, bo słowo przekrój wiąże się bezpośrednio z pojęciem bryły silnie gmatwającym punkt wyjścia do badań, gdy tymczasem pole w znaczeniu skończonej jednorodnej płaskiej powierzchni w zupełności omija wszelkie trudności.

Pod wpływem sił zewnętrznych w każdym poszczególnym punkcie danego pola powstają naprężenia, tworzące pewien układ naprężeń w zupełności równoznaczny z układem sił zewnętrznych; jeżeli teraz wyobrazimy sobie, że w każdym poszczególnym punkcie naszego pola działać będzie cząstkowa siła, równa co do wielkości panującemu w tym punkcie naprężeniu, lecz skierowana w stronę przeciwną, wtedy działanie układu naprężeń zniweczymy odwrotnem wprost działaniem układu cząstkowych sił i pole nie wyjdzie ze stanu równowagi, choć na nie działają siły zewnętrzne. W tem więc znaczeniu nadal używać będę słów „naprężenie“ i „siła cząstkowa“.

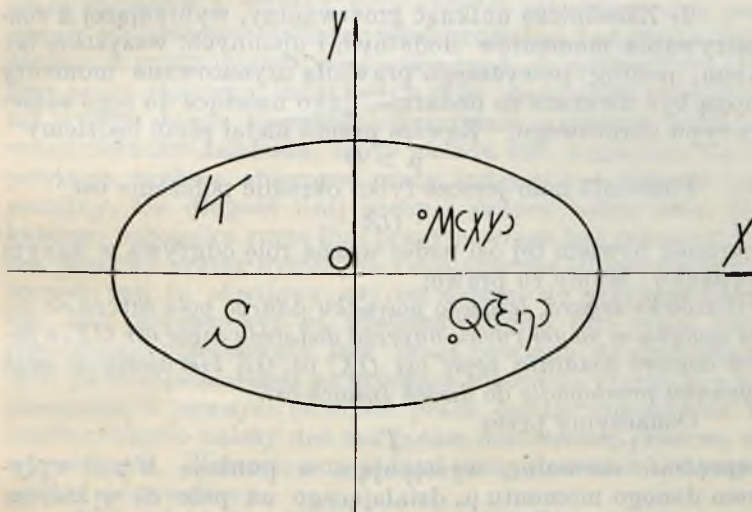
Samo zagajenie, t. j. paragrafy 2, 3, 4, 5 wzięłem z kursu „Stabilité des maçonneries“ H. DECHAMPSA, profesora leodyjskiego uniwersytetu, resztę zaś opracowałem samoistnie.

* * *

Część pierwsza. Wyznaczanie naprężeń normalnych.

§ 1. Rozpatrujemy *jednorodną płaską* powierzchnię czyli pole

ograniczoną pewną zamkniętą krzywą K , którą *obwodem* pola zwać będziemy (rys. 1).



Rys. 1.

Oznaczamy przez

O środek sprężystości powierzchni S ; przez OX, OY jej główne osie bezwładności, układ prostokątnych osi współrzędnych tworzące; przez

X, Y współrzędne dowolnego punktu M leżącego w polu S ; wreszcie przez R

naprężenie normalne, pojawiające się w punkcie M pod wpływem działania na naszą powierzchnię pewnego układu sił zewnętrznych; naprężenie R , wogóle rzecz biorąc, nie jest wiel-

kością stałą; jego wartość może się zmieniać wraz z X i Y , a więc R jako pewna funkcja

$$R = \varphi(X, Y)$$

współrzędnych punktu M rozpatrywać się daje.

§ 2. Niech układ sił, działających na nasze pole S , sprowadza się do jednej siły

P

działającej w punkcie (rys. 1),

$$Q(\xi, \eta)$$

prostopadle do naszej powierzchni; jeżeli cząstkę pola S oznaczmy przez

ds

to cząstkowe siły, działające w poszczególnych punktach M tego pola będą oczywiście

$$R ds$$

a cała rozpatrywana powierzchnia płaska będzie w stanie równowagi, gdy układ wszystkich tych cząstkowych sił będzie równoważył zewnętrzną siłę P . Wyraziwszy to w języku statyki, będziemy mieli zespół równań:

$$\left. \begin{aligned} \int R ds &= P \\ \int R Y ds &= P \eta \\ \int R X ds &= P \xi \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1),$$

gdzie sumowanie (całkowanie) rozciąga się na całą powierzchnię S ; zespół ten warunkuje równowagę sił zewnętrznych i cząstkowych, działających na daną powierzchnię.

§ 3. Czyniąc

$$R = Z$$

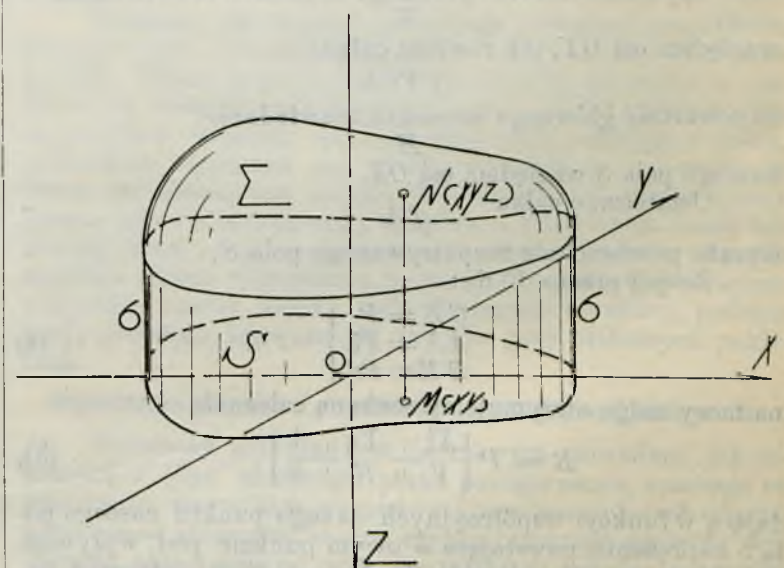
t. j. uważając R za trzecią współzrędną pewnego punktu

$$N(X, Y, Z)$$

w układzie osi

$$OX, OY, OZ,$$

w którym oś Z skierowana jest wgłęb pola S (rys. 2) prostopadle do naszej powierzchni S , z łatwością możemy równaniom (1) nadać znaczenie geometryczne.



Rys. 2.

W samej rzeczy, zważywszy, iż w tym nowym układzie współrzędnych zespół punktów N tworzy pewną krzywą powierzchnię

Σ

wyrażenie

$$\int R ds$$

daje nam oczywiście wartość

V

objętości zawartej między powierzchniami S i Σ a ograniczonej z boków powierzchnią walcową

dla której obwód K jest kierującą, a tworzące są równoległe do osi Z . Pierwsze zatem równanie zespołu (1) głosi jako warunek, ażeby objętość V miała pewną daną wartość P .

Pozostałe dwa równania zespołu (1) wyrażają oczywiście drugi warunek, dotyczący funkcji φ , a mianowicie, aby środek ciężkości bryły V leżał na osi Z .

Analityczne więc zadanie „Znaleźć zależność φ , dającą wartość naprężenia normalnego R w funkcji współrzędnych danego punktu M ”

sprowadza się do czysto geometrycznego zagadnienia: „Daną prostą walcową powierzchnię, mającą daną podstawę, dopełnić pewną powierzchnią krzywą tak, aby objętość stąd powstałej bryły miała daną wartość i aby środek ciężkości tej bryły znajdował się na danej linii prostej”.

Łatwo już teraz spostrzedz się daje, że zadanie to jest nieokreślone, można bowiem znaleźć nieskończoną ilość krzywych powierzchni, czyniących zadość tym wymaganiom.

§ 4. Najprostszym oczywiście rozwiązaniem będzie płaszczyzna, wypełniająca dwa powyżej podane warunki, t. j. inaczej mówiąc, najprostszą formą funkcji φ będzie zależność

$$R = AX + BY + C \dots \dots \dots (2)$$

określająca naprężenie R jako liniową funkcję współrzędnych danego punktu.

Wyznaczenie współczynników A, B, C nie nastęrcza trudności.

§ 5. Zespół (1) da na mocy (2):

$$\left. \begin{aligned} A \int X ds + B \int Y ds + C \int ds &= 0 \\ A \int XY ds + B \int Y^2 ds + C \int Y ds &= P\eta \\ A \int X^2 ds + B \int XY ds + C \int X ds &= P\xi \end{aligned} \right\} \dots \dots (3)$$

Przedewszystkiem postaramy się uprościć otrzymane równania.

W naszym układzie współrzędnych, współrzędne środka sprężystości są równe zeru, a więc i całki

$$\int X ds = 0, \quad \int Y ds = 0;$$

poza to, osie OX, OY są głównymi osiami bezwładności, a więc moment odśrodkowy względem dwóch tych osi jest zerem, a więc i całka

$$\int XY ds = 0.$$

Następnie całka

$$\int X^2 ds$$

daje oczywiście wartość głównego momentu bezwładności

V

względem osi OY , jak również całka

$$\int Y^2 ds$$

daje wartość głównego momentu bezwładności

H

naszego pola S względem osi OX .

Ostatecznie całka

$$\int ds$$

wyraża powierzchnię rozpatrywanego pola S .

Zespół przeto (3) da:

$$\left. \begin{aligned} CS &= P \\ AV &= P\xi \\ BH &= P\eta \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

na mocy czego otrzymujemy szukaną zależność:

$$R = P \left[\frac{X\xi}{V} + \frac{Y\eta}{H} + \frac{1}{S} \right] \dots \dots \dots (5),$$

dającą w funkcji współrzędnych danego punktu naszego pola S naprężenie, powstające w owym punkcie pod wpływem siły P , prostopadłej do pola S . Naprężenie to nazywać będziemy naprężeniem typu I lub wprost naprężeniem I .

§ 6. Niech teraz układ sił, działających na dane pole S sprowadza się do momentu, leżącego w tem polu, t. j. inaczej mówiąc do pary sił, w płaszczyźnie prostopadłej do danego pola leżącej (rys. 3).

Niech więc jak dawniej

S

oznacza dane pole;

OX, OY

jego główne osie bezwładności, a zarazem i osie współrzęd-

nych; nazwijmy przez

$M(X, Y)$,

punkt, dowolnie na naszym polu S obrany; oraz przez

μ ,

dany moment, leżący w płaszczyźnie

XOY

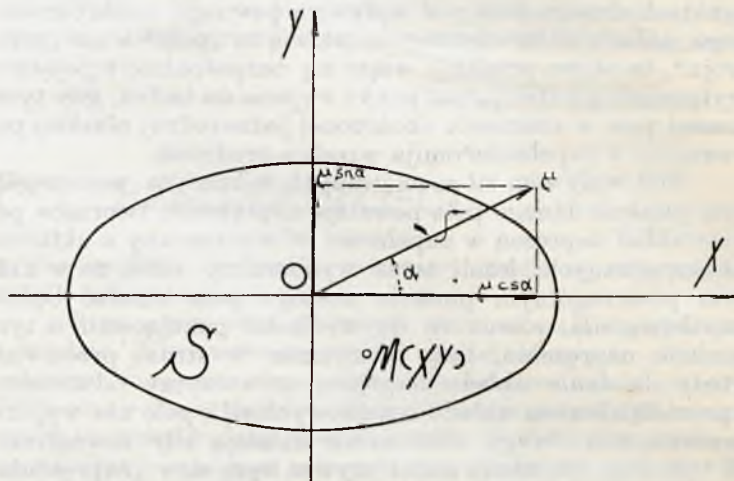
a tworzący kąt

α

z osią współrzędnych OX .

Moment μ wyobrażać będziemy przez odpowiedniej długości odcinek (kresa)

$O\mu$



Rys. 3.

przyczem kresie tej dajemy stale taki kierunek, t. j. inaczej mówiąc, z dwóch wartości kąta

$$\alpha^0 \quad 180^0 + \alpha^0$$

wyberamy taką, aby

umieściwszy oko w początku współrzędnych i spoglądając w kierunku kresy, wyobrażającej dany moment, widać było obrót, jaki się stara wywołać para danego momentu zawsze w kierunku odwrotnym do ruchu strzałki zegara.

Stosowanie się do powyższego pravidła orientacji kres momentów względem osi OX pozwala:

- 1) Ścisłe za każdym razem oznaczyć kąt α .
- 2) Zasadniczo unikać gmatwaniny, wynikającej z rozpatrywania momentów dodatnich i ujemnych; wszystkie bowiem, podług powyższego pravidła orientowane momenty mogą być uważane za dodatnie, jako należące do tego samego typu obrotowego. Zawsze przeto nadal pisać będziemy

$$\mu > 0$$

Pozostaje nam jeszcze tylko określić położenie osi

OZ ,

kierunek bowiem tej osi nader ważną rolę odgrywa w danym wypadku. Mamy tu prawo:

wskazówka zegara, leżącego pośrodku danego pola tarczą do góry spotyka w swym ruchu naprzód dodatnią część osi OY , a potem dopiero dodatnią część osi OX ; oś OZ kierujemy w głąb rysunku prostopadle do dwóch innych osi.

Oznaczmy przez

T

naprężenie normalne, występujące w punkcie M pod wpływem danego momentu μ , działającego na pole S , w którym leży ów punkt. Naprężenie to, wogóle mówiąc, zmienia swą wartość wraz z X i Y , a więc możemy uważać T za pewną funkcję:

$$T = \psi(X, Y)$$

współrzędnych punktu M .

§ 7. Pole S , podległe działaniu sił cząstkowych

$T ds$,

o tyle tylko pozostanie w równowadze, o ile układ wszystkich tych sił cząstkowych będzie równoważył dany moment μ , t. j. inaczej mówiąc mamy równania

$$\left. \begin{aligned} \int T ds &= 0 \\ \int T Y ds &= \mu \cos \alpha \\ - \int T X ds &= \mu \sin \alpha \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

w których sumowanie (całkowanie) rozciąga się na całą powierzchnię S .

§ 8. Jak pierwiej tak i teraz przypuściwszy, że

$$T = DX + EY + F \quad (7),$$

skąd mamy na mocy (6):

$$\left. \begin{aligned} D \int X ds + E \int Y ds + F \int ds &= 0 \\ D \int XY ds + E \int Y^2 ds + F \int Y ds &= \mu \cos \alpha \\ D \int X^2 ds + E \int XY ds + F \int X ds &= -\mu \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (8),$$

ostatecznie wypadnie

$$\left. \begin{aligned} FS &= 0 & S \neq 0 \\ EH &= \mu \cos \alpha \\ DV &= -\mu \sin \alpha, \end{aligned} \right.$$

a na mocy (7) otrzymujemy zależność:

$$T = -\frac{X \mu \sin \alpha}{V} + \frac{Y \mu \cos \alpha}{H} \quad (9),$$

dającą w funkcji współrzędnych danego punktu pola S naprężenie, powstające w owym punkcie pod wpływem momentu μ , leżącego w polu S . Naprężenie to nazywać będziemy *naprężeniem typu II* lub wprost *naprężeniem II*.

§ 9. Jak w pierwszym tak i w drugim wypadku, kiedy na dane pole działa siła normalna, lub moment w płaszczyźnie pola leżący, naprężenia R (lub T) tworzą układ naprężeń, rozłożonych po całym polu S ; badanie tego układu sprowadza się do badania wzorów (5) lub (9), które nie tylko dają wartość naprężenia dla danego punktu, ale zarazem pozwalają ściśle wyznaczyć rozkład naprężeń obu typów po całym polu S .

(C. d. n.)

L. S. Karasiński.

Metoda wykreślna organizowania pracy zbiorowej w walcowniach.

(Dokończenie do str. 231 w № 19 r. b.).

Ponieważ utrzymanie tej systematyczności zależne tu jest przeważnie od robotników, należy więc zbadać, czy taki tryb pracy jest dla robotników możliwy. Gdy na pierwszym wykresie oznaczymy zapomocą znaków wszystkich robotników, to natychmiast wyjaśni się i podział pracy między nimi. Jeżeli powierzyć każdemu robotę odpowiednio do wykresu aparatów, to niektórzy będą przeciążeni pracą, inni zaś będą jej mieć za mało, i można być pewnym, że jeżeli nie rozstrzygniemy tej sprawy należycie, to pokierowanie roboty dokładnie według wykresu będzie niewykonalne.

Z wykresem pracy robotników sprawa stoi nieco inaczej, niż z wykresami pracy aparatów. Wykres tych ostatnich powinien się składać z linii możliwie ciągłych z jaknajmniejszymi przerwami; dążnością naszą powinno być otrzymać jaknajwiększą wydajność maszyn i aparatów, natomiast z pracą człowieka należy postępować według innych zasad. Człowiek nie jest aparatem o ciągłym biegu, możemy od niego wymagać systematyczności w pracy, ale nie możemy i nie mamy prawa przeciążać go, — przeciwnie, jesteśmy obowiązani dawać mu wytchnienia potrzebne dla jego organizmu. Oznaczając czas tych wytchnień, musimy kierować się nietylko pracą aparatów i maszyn, przy których robotnicy mają pracować, ale przede wszystkim właściwościami ludzkiego organizmu. A priori można więc powiedzieć, że prawidłowy wykres pracy zbiorowej ludzi będzie miał nieco inny charakter, niż wykres biegu aparatów. Naturalnie z punktu widzenia współczesności działania, czyli układu linii względem siebie, powinien wykres zbiorowej pracy ludzkiej być również harmonijny, ale długość linii pracy i przerw będzie inna. Dla każdego robotnika suma linii pracy powinna być jaknajmniejsza, przerwy muszą być częste i dostatecznie długie na wypoczynek, czy to chwilowy, czy też dłuższy do przyjęcia posiłku. Nie powinno być za wielkich skupień linii pracy, czyli chwilowego przeciążenia, lecz praca powinna iść spokojnym, równym tempem. Jeżeli na któregoś robotnika przypada z konieczności w pewnych chwilach praca bardzo intensywna, to bezwarunkowo należy dać mu potem dostateczną przerwę na wypoczynek. Wreszcie sam podział pracy powinien być szczególnie sprawiedliwy.

W każdej więc zbiorowej pracy, jeżeli chcemy ją zorganizować zapomocą wykresu, to należy na wykresie aparatów i maszyn narysować drugi wykres pracy robotników, w którym wszystko to powinno być uwzględnione. Oczywiście tu znowu wchodzimy na wielkie lecz wdzięczne pole studyów technicznych.

Na przytoczonym wykresie (rys. 15 Nr. poprzedzający) robotnicy są oznaczeni różnymi znakami, tak że można łatwo sprawdzić, w jaki sposób praca została między nich rozłożona.

Podczas projektowania pierwszego wykresu przy największej staranności nie dało się przewidzieć wszystkich szczegółów pracy, trzeba więc było zrobić parę wstępnych prób, podczas których wyjaśniło się, jak najlepiej sprawę tę rozstrzygnąć; w każdym razie tą drogą doszliśmy w krótkim czasie do rezultatów zupełnie zadowolniających. Pokazało się,

że aby osiągnąć rozkład pracy między robotnikami, trzeba było nawet zrobić pewne ustępstwa z wykresu dla aparatów.

Wykres na rys. 15 jest tym ostatecznym, poprawionym drogą doświadczenia; pokazało się w wykonaniu, że jest on zupełnie praktyczny.

Zobaczmy teraz, w jaki sposób można wprowadzić w czyn taki, z góry obmyślany, plan pracy. Oczywiście nie zapomocą kierowania się zegarkiem; najprostsza droga, to kierowanie się biegiem jakiegoś jednego z aparatów, na przykład tempem walcowania którejkolwiek pary walców—zupełnie w podobny sposób, jak w orkiestrze wszystkie instrumenty mogą się kierować według pierwszych skrzypiec. Należy tylko przestrzegać, aby każdy robotnik wiedział, kiedy ma zacząć swą robotę i kierował się na przykład tem, który pakiet zaczynają walcować lub który kończą.

Z początku, naturalnie, zachodzą pewne trudności z powodu nieuwagi robotników, a po części z powodu zwykłej ich niechęci do systematyczności; to też należy bacznie przestrzegać, aby nie robiono uchybień i nie rozstrajano całego planu. W tym celu z początku daleko lepiej jest roboty nie przyspieszać, i jeżeli potrzeba, należy nawet zwalniać naumyślnie tempo, a główną uwagę natomiast zwrócić na utrzymanie samej organizacji. Po pewnym, stosunkowo krótkim, czasie robota zaczyna iść zupełnie składnie i prawie ściśle podług wykresu.

Rezultat, jaki miałem sposobność otrzymać przy takim postępowaniu, przeszedł poprostu wszelkie oczekiwania. Już po kilku dniach produkcja dosięgła 8500 kg na dniówkę, zamiast jak dawniej, przy zwykłym trybie, 2500 do 3000 kg. Nie zauważyłem przytem, aby robotnicy byli przeciążeni pracą, przeciwnie—wyrażali oni nawet zadowolenie z powodu, że mniej się męczą niż zwykle. Po paru dniach otrzymaliśmy jeszcze jeden nieoczekiwany rezultat, a mianowicie dzięki tak równej pracy i jednostajnemu zagrzewaniu pakietów odpadło zupełnie trzecie walcowanie, bo już za drugim walcowaniem wszystkie blachy można było dociągnąć do miary, podczas kiedy przedtem udawało się to tylko przy niektórych pakietach.

Organizacja planowa i organizacja przez samooddziaływanie.

Powyższy przykład jest jaskrawym dowodem, jak zapomocą z góry ułożonego planu postępowania, opartego na znajomości wszystkich warunków i zasadniczych cech organizacji pracy zbiorowej, można szybko otrzymać ogromną wydajność, niezależnie od tego, czy mamy do czynienia z pracownikami dobrze wyszkolonymi czy nie. Jest to w wysokim stopniu ważny wniosek.

Zastanawiając się bliżej nad tą sprawą, łatwo zauważymy, że niema w tem nic dziwnego, przeciwnie, dziwiłoby się należało, gdybyśmy postępując tak, nie otrzymali odpowiednich rezultatów. Przeciwnie charakterystyczną cechą każdej dobrze zorganizowanej pracy zbiorowej jest właśnie współczesność i harmonijność działania, co można *zawsze* wyrazić zapomocą prawidłowych figur, oznaczających czas pracy. Wyszukanie i wprawa pojedynczych organów ma drugorzędne