

2509
703/55
KOMISJA WYDAWNICZA
TOW. BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ



FUNDAMENTOWANIE

WEDŁUG WYKŁADÓW

PROF. DR. INŻ. JÓZEFA FEDOROWICZA

NA WYDZIALE INŻYNIERJI POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

OPRACOWAŁ

INŻ. KOM. STANISŁAW PUZYNA

UZGODNIONE Z ALBUMEM RYSUNKÓW DO KURSU „FUN-
DAMENTOWANIA” WYDANYM W 1932 R. PRZEZ KOŁO
INŻYNIERJI LĄDOWEJ STUD. POLIT. WARSZAWSKIEJ



Nr. 242.

W A R S Z A W A

1 9 3 4

WYDANO WESPÓŁ Z KOŁEM INŻYNIERJI LĄDOWEJ STUD. POLIT. WARSZAWSKIEJ

624.15



Z. 25093

OD WYDAWCÓW

W związku z wydaniem niniejszego podręcznika poczuwamy się do miłego obowiązku złożenia serdecznego podziękowania:

*WP. Prof. Dr. Inż. Józefowi Fedorowiczowi
za przychylne potraktowanie sprawy wydania niniejszej
pracy i bezinteresowne przejrzanie rękopisu.*

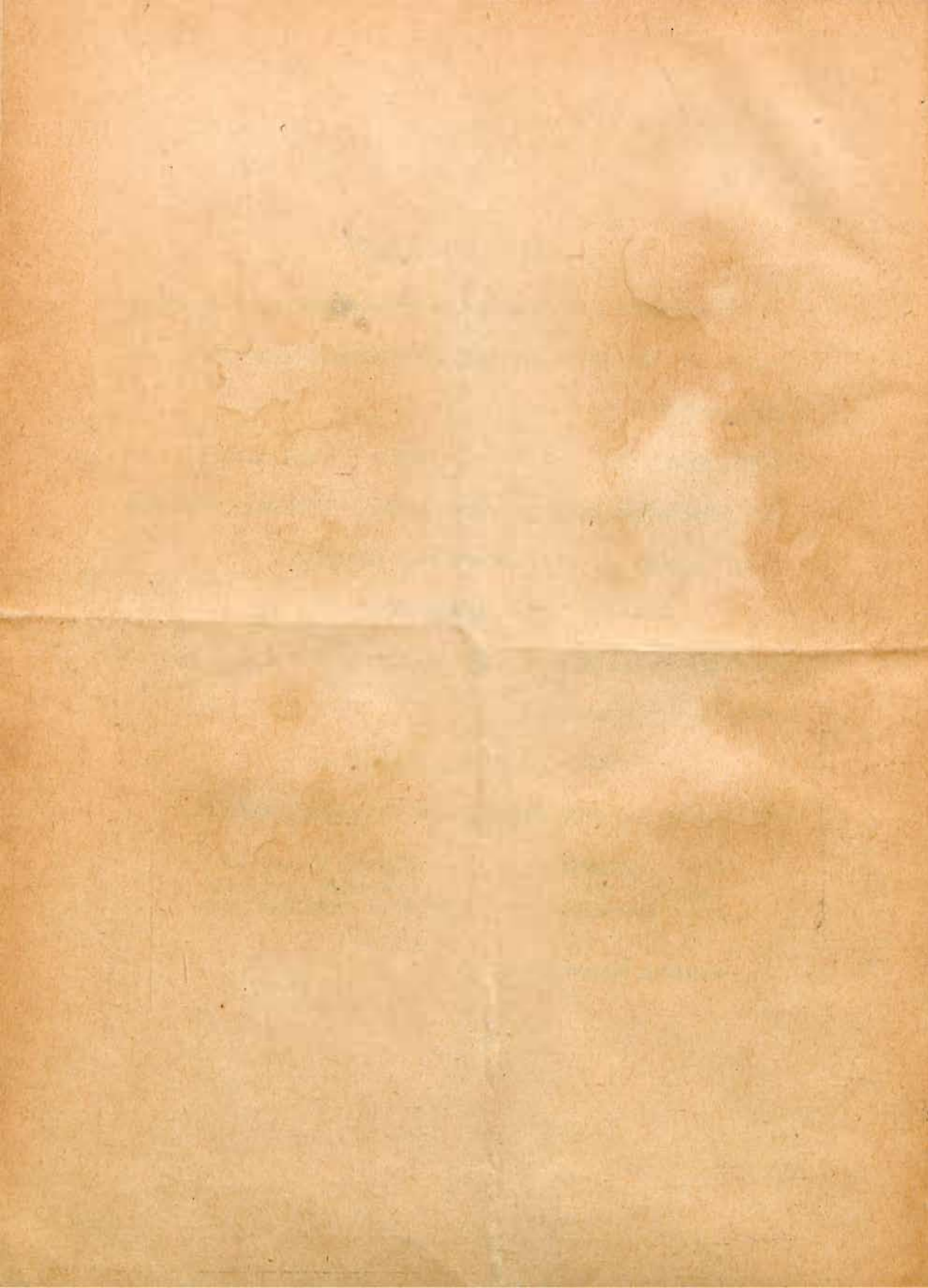
*WP. Inż. Kom. Stanisławowi Puzynie
za bezinteresowny trud przy opracowaniu i wykonaniu ni-
niejszego wydawnictwa.*

*Kol. Janowi Siczkowski
za współpracę przy technicznym wykonaniu książki.*

KOŁO INŻYNIERJI
LĄDOWEJ STUD.
POLIT. WARSZAW.

KOMISJA WYDAWNICZA
TOW. BRAT. POM. STUD.
POLIT. WARSZAWSKIEJ

Warszawa, listopad 1934 r.



PRZEDMÓWA

Zupełne wyczerpanie cennego dzieła ś. p. prof. J. Rychtera, poświęconego fundamentowaniu, oraz brak innych prac odnośnej treści wskazuje na konieczność wydania podręcznika w języku ojczystym, tembardziej, że świeżo wydane prace rosyjskie, amerykańskie i niemieckie nie mogą zastąpić wyżej wspomnianego obszernego i wyczerpującego kursu.

Sądząc, że potrzebny jest podręcznik dla studujących fundamentowanie, a zarazem praca obszerniejsza dla potrzeb inżynierów, projektujących i wykonujących budowle, zamierzałem połączyć obie te dziedziny w jednym obszernym wydawnictwie, przeznaczonem dla potrzeb tak akademickich, jak i techniczno-budowlanych, odróżniając jedną od drugiej rodzajem druku. W tym celu od wielu lat gromadziłem materiały dla projektowanego kursu fundamentowania i wykonałem znaczną część rękopisu. Jednak wykończenie „Fundamentów” w pożądanym zakresie z uzupełnieniem ich rysunkami wymaga tyle czasu, pracy i nakładu pieniężnego, że przekracza moje w tych kierunkach możliwości.

Tymczasem potrzeba wydania kursu dla celów akademickich z każdym dniem wzrastała. Wobec tego poczułem się zobowiązany do wydania chociażby części kursu, przeznaczonego dla studentów, w postaci „Albumu rysunków do kursu

fundamentowania", co zostało wykonane w roku 1932. Praca zaś niniejsza ma stanowić objaśnienie do powyższego albumu.

„Fundamentowanie” zostało ukończone dzięki wydatnej pomocy starszego asystenta inż. Stanisława Puzyny, który nie tylko opracował tekst na podstawie wykładów, ale uzupełnił go spostrzeżeniami ze swej praktyki. Dzięki tej owocnej pracy inż. Puzyny udało się doprowadzić do końca niezbędną dla studentów część kursu i przekazać ją dla potrzeb akademickich w nadziei, że ułatwi ona zaznajomienie się z tym poważnym działem budownictwa inżynierskiego.

Warszawa, listopad 1934 r.

J. Fedorowicz
profesor.

ROZDZIAŁ I.

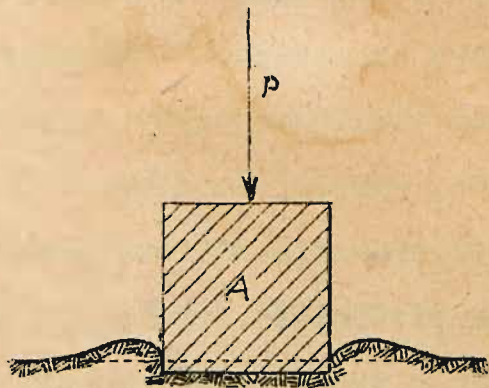
ZASADY OGÓLNE

Fundamentem czyli posadą nazywamy podstawę, na której spoczywa budowla.

Z powyższego określenia wynika, że fundament stanowi dolną część budowli i ma na celu przekazywanie na grunt, znajdujący się pod nim, tak ciężaru budowli jak i wszystkich sił, działających na nią.

Każda budowla, niezależnie od swych rozmiarów i kształtów, wymaga w zasadzie fundamentu. Czy będzie to parkan, chałupa, kamienica, pałac czy też budowla monumentalna w rodzaju baszty lub opory mostu - każda winna stać na fundamencie.

Jeżeli weźmiemy blok A drewniany, kamienny lub z innego materiału, postawimy go na powierzchni ziemi i będziemy



zwierzchu obciążać, to A w miarę wzrostu obciążenia zacznie się zwolna zagłębiać w grunt, a wkoło niego utworzy

się wałek gruntu, wypartego z pod bloku.

Zjawiska tego nie dostrzeżemy, jeżeli grunt, na którym postawimy blok, będzie zwarty - na przykład skała. Odwrotnie - zjawisko to będzie spotęgowane przy gruntach sypkich, na przykład wilgotnym piasku.

To samo daje się zauważyć przy chodzeniu po warstwie piaszczystej. Noga nasza zagłębia się nieco w piasek, tworząc ślad, wokoło którego wyrasta wałeczek piasku, wypartego przez ciśnienie nogi na powierzchnię gruntu.

Prymitywne te doświadczenia pozwalają nam wysnuć parę wniosków. Pierwszy wniosek, że nie wszystkie grunty zachowują się jednakowo pod działaniem obciążenia: jedne nie reagują wcale / skała / inne mniej lub więcej się poddają / zwykły grunt roślinny, mokry piasek /. Drugi wniosek, że dopóki obciążenie jest słabe, grunt pod nim się nie odkształca / nie osiada /. Dopiero przekroczenie pewnej wielkości krytycznej, innej dla każdego rodzaju gruntu, wywołuje poddawanie się gruntu pod obciążeniem. Trzeci wreszcie wniosek polega na tem, że zjawisko osiadania przedmiotu, wywierającego ciśnienie na grunt, składa się z dwóch objawów: zagłębiania się przedmiotu w grunt oraz usuwania gruntu na boki.

Analogicznie do opisanego poprzednio bloku, zachowuje się fundament. Ze względów, o których będzie mowa dalej,

fundamenty bywają najczęściej zagłębione w grunt. Jeżeli
wa takim fundamencie, /album - rys.1 /, który otrzymał pew-
ne zagłębienie w chwili wykonania, wzniesiemy budowlę, wy-
wierającą łącznie z fundamentem pewne ciśnienie na grunt
- P -, to grunt pod podstawą fundamentu osiadzie, dajmy na
to o wielkość - δ - zależną tak od wielkości ciśnienia
- P -, jak i od rodzaju gruntu. Pod wpływem parcia, wy-
wieranego na grunt przez podstawę fundamentu, cząsteczki
gruntu początkowo zbijają się pod fundamentem, gdy zaś
granica możliwości uszczelniania się gruntu zostanie prze-
kroczona, tenże zaczyna się zachowywać podobnie do gęstej
oieczy. Cząsteczki jego, nie mając możności usuwania się
w dół, przesuwają się w kierunku najmniejszego oporu, t.j.
na boki wypierając cząsteczki sąsiednie, które przekazują
ten ruch dalej. W wyniku wytwarza się wkoło fundamentu
wałek gruntu, wypartego ponad jego pierwotną powierzchnię.
Na rys. 1 widzimy taki fundament w przekroju. Wkoło niego
pokazane są tak zwane krzywe usuwowe, po których cząstecz-
ki gruntu się przesuwają.

Otóż dla bezpieczeństwa budowli stan taki, przy którym
wkoło fundamentu tworzy się wałek gruntu, jest zjawiskiem
groźnem. Stanowi ono dowód, że wytrzymałość gruntu zos-
tała przekroczona.

W gruntach ziemistych osiadania budowli nie da się w

zupełności uniknąć, dążyć jednak należy, by to osiadanie by było jaknajmniejsze i możliwie jednakowe, gdyż grunt, nie stanowiąc materiału jednolitego, osiada nierównomiernie, co może wywołać powstawanie rys i pęknięć w budowlu.

Jest jeszcze jeden ważny czynnik, na który szczególną należy zwracać uwagę. Chodzi o to, że w naszym klimacie w chwili następowania zimy grunty ziemiste są mniej lub więcej nasycone wodą. Obecność zaś nawet nieznacznych ilości wody może wywołać poważne odkształcenia gruntu w razie przemarznięcia tegoż. Wynika to z właściwości wody, której objętość zwiększa się przy zamarzaniu. Dlatego też woda po zamarznięciu, napotykając na opór przeciw rozszerzaniu się w swej objętości tak wdół jak w bok, rozszerza się do góry i tworzy wysadziny. Jeżeli grunt przemarznie pod fundamentem budowli, to tego rodzaju wysadzina może podnieść budowlę w górę.

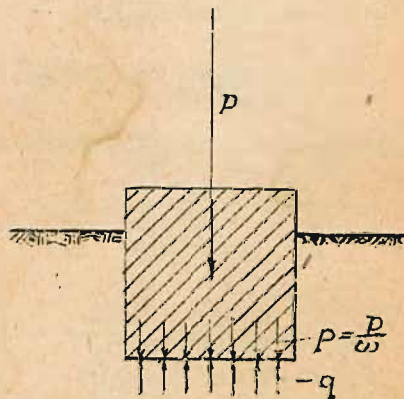
Z tego, co było dotychczas powiedziane, wynika, że przy zakładaniu fundamentów winniśmy mieć na względzie a/ by budowla nie osiadała, b/ by grunt z pod fundamentu się nie usuwał, c/ by grunt pod fundamentem nie przemarzał.

I Osiadanie budowli.

Jeżeli mamy fundament w kształcie sześciąnu / rys. 2 / którego podstawa ma powierzchnię ω , a którego ciężar

wraz ze wzniesioną na nim budowlą wynosi: $-P$ -, to ciśnienie jednostkowe, wywierane przez podstawę takiego fundamentu na warstwę ziemną, na której się opiera, będzie równe: $p = \frac{P}{\omega}$

Parcie to wywoła w warstwie ziemnej bierny odpór gruntu, dążący do zrównoważenia ciśnienia, wywieranego przez podstawę fundamentu.



Jeżeli oznaczyć przez q największe dopuszczalne dla danego gruntu obciążenie, to mogą się zdarzyć trzy następujące układy:

$$1/ \quad p > q \quad 2/ \quad p = q \quad 3/ \quad p < q$$

W wypadku pierwszym, gdy $p > q$, nastąpi osiadanie budowli aż do takiego uszczelnienia gruntu, przy którym nastanie nowy stan równowagi i $-q$ - wzrośnie do wielkości: p , czyli: $q = p$

W wypadku drugim osiadania budowli nie będzie, chociaż stan równowagi będzie chwiejny.

Trzeci wypadek, charakterystyczny dla gruntów zwartych, jaką jest na przykład skała, również nie grozi osiadaniem.

Jeżeli zachodzi wypadek pierwszy t.j. $p > q$, to wychodząc z założenia, że: $p = \frac{P}{\omega}$, możemy przez zwiększenie

powierzchni podstawy fundamentu do wielkości: ω'

zmniejszyć wielkość: p , doprowadzając ją do nowej wiel-

kości: $p' = \frac{P}{\omega'} \leq q$

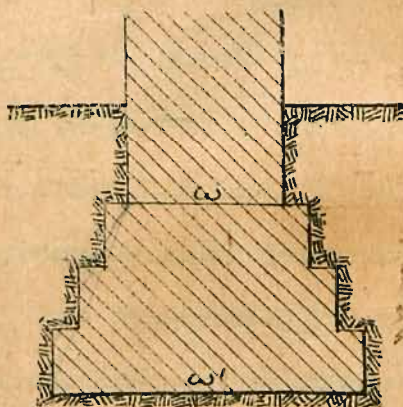
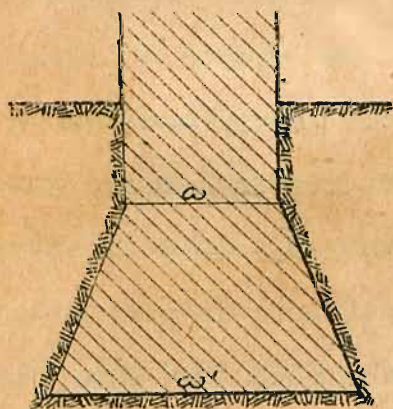
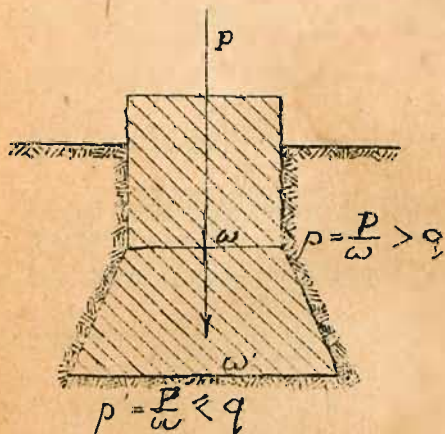
jeżeli

$$\omega' > \omega$$

/ prawa część rys. 2 /

Takie zwiększenie powierz-
chni podstawy fundamentu
dać się uzyskać dwoma spo-
sobami: przez poszerzenie
skośne lub też przez posze-
rzenie schodkowe, czyli t.

zw. odsadzkami.



Zachodzi pytanie, czy wszelkiego rodzaju poszerzanie
fundamentu będzie celowe, to znaczy, czy ciężar funda-
mentu i budowli - P - zostanie równomiernie przekazany

ziemi, tak że obciążenie jednostkowe - p - osiągnie wielkość mniejszą od dopuszczalnego obciążenia gruntu - q .

Stwierdzono doświadczalnie, że w razie nadmiernego poszerzenia stopy fundamentu w stosunku do jego wysokości, następuje wygięcie jego podstawy, mogące wywołać odkształcenie i pęknięcie odsadzki / prawa strona rys. 3-go/.

W tym wypadku ustaje równomierne przekazywanie parcia na grunt. To też podstawę fundamentu można poszerzać tylko o tyle, o ile można liczyć na równomierne obciążenie gruntu. Należałoby znaleźć dla poszerzania fundamentu taki kąt jego odchylenia od pionu, przy którym naprężenia w fundamencie będą się rozkładać równomiernie. Określenie tego kąta drogą obliczenia stanowi naogół dość złożone zagadnienie, gdyż wchodzi tu w grę materiał, z którego wykonany ma być fundament, materiał nie zawsze jednolity / mur z kamienia łamanego/.

Drogą doświadczalną ustalono, że naogół nachylenie poszerzenia fundamentu do pionu, nie przekraczające $33^{\circ} 40'$, jest dla fundamentu dopuszczalne.

Tu należy zaznaczyć, że pierwszą odsadzkę w poziomie terenu / rys. 4 i następne/ daje się zawsze, niezależ-

nie od wymagań statycznych. Odsadzka taka szerokości od 10 do 20 cm. stanowi jedynie poszerzenie na wypadek możliwych omyłek przy wyznaczaniu budowli.

Powstaje pytanie, czy lepiej jest dawać fundamentom poszerzenia skośne czy też schodkowe, czyli odsadzkami

W zasadzie nie stanowi to żadnej różnicy, zależy zaś jedynie od materiału, z którego wykonany ma być fundament. Mur z cegły czy kamienia łamanego najdogodniej jest wykonywać odsadzkami, fundament z betonu może być skośny.

Wypadek drugi, gdy $p=q$, zachodzi naogół rzadko. Tutaj / strona lewa rys. 4-go / poszerzanie podstawy fundamentu nie jest potrzebne, dajemy jedynie odsadzkę w poziomie terenu ze względów, wypowiedzianych poprzednio. Gdyby $-q$ - stanowiło wielkość stałą, to równanie: $p=q$ przedstawiałoby wypadek równowagi nietrwałej, gdyż najmniejszy wzrost wielkości $-p$ - powinienby wywołać osiadanie fundamentu.

W trzecim wypadku, gdy $p < q$ możnaby teoretycznie / rys. 5-a / zwęzić fundament, wychodząc z założenia, że jeżeli $\frac{P}{\omega} = p < q$, to można znaleźć takie ω' , przy którym $\frac{P}{\omega'} = p' = q$ czyli: $\omega' = \frac{P}{q} = \frac{\omega \cdot p}{q}$

Tego rodzaju jednak zwięzanie fundamentu ku dołowi jest

niepożądane, niekonstrukcyjne i trudne do wykonania, a więc niepraktyczne.

Przy nieznacznej różnicy pomiędzy - q - i - p - fundamentu się nie zważa. W razie jednak, gdy ta różnica jest znaczna i pozostawienie fundamentu bez zmiany może zaważyć na koszcie wykonania budowli, stosujemy zmniejszenie jego podstawy przez zastąpienie fundamentu ciągłego - przerywanym. Innymi słowy - zamiast fundamentu ciągłego dajemy szereg słupów fundamentowych z takim wyliczeniem, by: $\sum \omega q = P$, przez co otrzymujemy oszczędność w ilości muru. / rys. 5-b /

Dla możliwości wyprowadzenia muru na tego rodzaju słupach łączymy je łukami lub belkami żelaznymi, czy żelazobetonowymi.

Sposób ten, teoretycznie dobry, w praktyce następcza pewne trudności.

Pierwsza z nich polega na przemarzaniu gruntu pod połączeniami słupów / łukami, belkami / o ile spód ich nie jest założony poniżej granicy przemarzania. W tym zaś wypadku tracimy zwykle większą część oszczędności na fundamentach.

Druga trudność dotyczy łuków, bardzo czułych na nierównomierne osiadanie słupów, przy którym dają pęknięcia. Pod tym względem belki są znacznie mniej czułe, a

w wykonaniu prostsze.

Wszystkie rozumowania dotychczasowe wychodzą z założenia, że fundament oparty jest na warstwie gruntu, położonej bezpośrednio poniżej granicy przemarzania. Jeżeli jednak i ta warstwa gruntu daje: $q < p$, to należy fundament zagłębiać dopóty, dopóki nie uczyni się zadość zależności: $p < q$

czyli dopóki nie osiągnie się takiej warstwy gruntu, której wytrzymałość przy poszerzeniu fundamentu, odpowiedniem do zagłębienia, nie okaże się większą lub co najmniej równą obciążeniu.

2. Przemarzanie gruntu.

W czasie zimy ziemia zawsze przemarza niezależnie od tego z jakich się składa gruntów. Głębokość przemarzania zależna jest od stopnia obniżenia temperatury, od długotrwałości mrozów, grubości szaty śnieżnej oraz od rodzaju gruntu.

Chociaż wszystkie rodzaje gruntów przemarzają, jednak nie wszystkie w razie przemarznięcia przedstawiają jednakowe niebezpieczeństwo dla budowli, gdyż nie wszystkie przemarzają jednakowo głęboko. Niebezpieczeństwo bowiem polega na zmianie objętości przy zamarzaniu. A więc skały oraz suche: żwir i piasek nie zmieniające