

## ROZDZIAŁ V

# WYKONYWANIE ROBÓT ZIEMNYCH

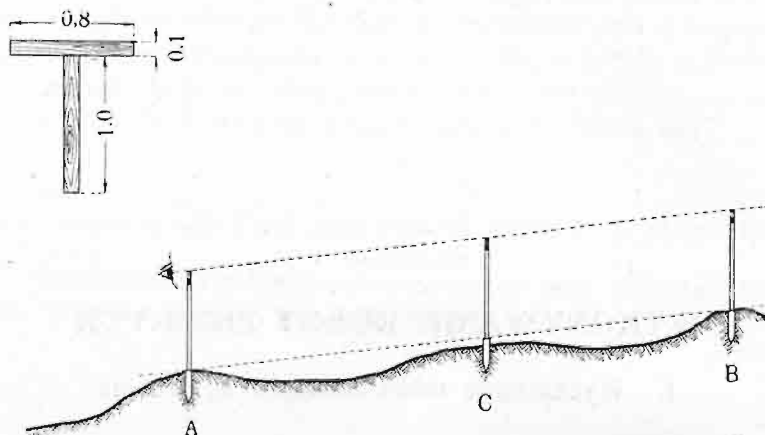
### 1. Wyznaczanie robót ziemnych na gruncie

Ma ono na celu wyznaczenie na gruncie konturów robót ziemnych, jakie według opracowanego projektu technicznego, mają być wykonane. Wyznaczone kontury winny być utrwalone na gruncie za pomocą mniej lub więcej trwałych znaków, które by w sposób zrozumiały wskazywały te kontury.

Sposoby wyznaczania konturów winny być możliwie proste, nie wymagające złożonych obliczeń geometrycznych czy trygonometrycznych, za pomocą prostych przyrządów.

Dzięki temu wyznaczanie robót na gruncie w wielu wypadkach może być wykonywane nie tylko przez inżynierów i techników, ale i przez doświadczonych nadzorców robót, posiadających elementarne wiadomości z miernictwa. Jako narzędzia miernicze, przy wyznaczaniu robót ziemnych na gruncie, rzadko są używane takie narzędzia, jak teodolity, astrolabie lub niwelatory; prawie zupełnie wystarczają węgielnice dla tyczenia linii prostopadłych (np. do osi drogi, kanału itp.) przy wyznaczaniu konturu przekroju poprzecznego; mając wysokości, jakie budowle ziemne mają mieć według projektu (przekroju podłużnego) na punktach hektometrowych i charakterystycznych, możemy zamiast niwelatora używać łąty ważnej i libeli, a dla oznaczenia wysokości punktów pośrednich pomiędzy punktami zaniwelowanymi przy studiach technicznych, możemy zastosować tak zwane krzyże, które dadzą nam możliwość z wystarczającą dokładnością oznaczenia wysokości punk-

tów pośrednich (C) między punktami (A i B), których wzajemna wysokość jest wiadoma (rys. 105).

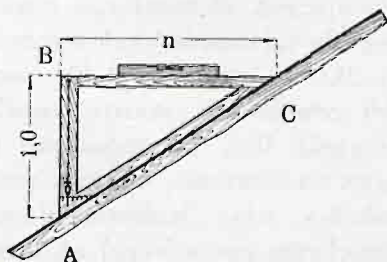


Rys. 105.

Wbijamy w punkcie C kołek tak, aby górna krawędź krzyża ustawionego w p. C znalazła się na jednej linii z górnymi krawędziami krzyży, ustawionych w punktach A i B; wtedy w p. C na podstawie przekroju podłużnego możemy oznaczyć kontur robót ziemnych, przypadających w tym punkcie.

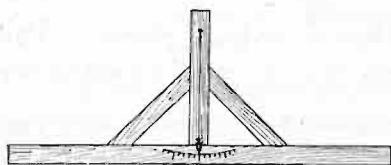
Operuje się krzyżami w kompletach po kilka krzyży; na długościach do 200 m otrzymujemy dokładność, wystarczającą dla robót ziemnych.

Wreszcie do wyznaczania pochylenia skarp w konturach robót ziemnych, które mają być wykonywane, potrzebne są trójkąty skarpiarskie (rys. 106), wykonane z desek w postaci trójkątów prostokątnych, mających stosunek przyprostokątnej pionowej (A B) do przyprostokątnej poziomej (B C), jak 1 : n, tj. taki, jaki ma mieć skarpa budowlanej ziemnej. Jeżeli więc skarpa ma mieć pochylenie  $1:1\frac{1}{2}$ , wtedy trójkąt skarpiarski winien mieć stosunek  $AB : BC = 1:1\frac{1}{2}$ , przy tym B C ustawia się poziomo przy pomocy libeli.



Rys. 106.

Również można zamiast libeli stosować pion, urządzony na przyprostokątnej  $BA$  trójkąta skarpiańskiego (rys. 106).



Rys. 107.

Czasami na łąkach waznych możemy spotkać pion, urządzony tak, jak na rys. 107; umożliwia to ustawianie łąty poziomo.

#### a. Wyznaczanie nasypów

Kontur nasypu, o ile nasyp w czasie budowy nie jest ubijany ręcznie lub maszynowo, winien być oznaczany z zapasem na osiadanie wskutek spulchnienia czasowego, które po pewnym czasie znika pod wpływem czynników atmosferycznych, własnego ciężaru, ruchu, jaki się odbywa na nasypie itd.

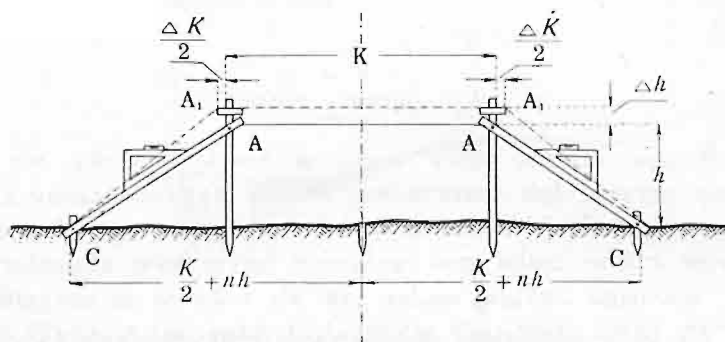
Wszelkie późniejsze dosypywanie i uzupełnianie nasypów, po zaniknięciu spulchnienia czasowego, jest niepożądane, gdyż świeżo dosypywana ziemia nie łatwo się wiąże z ziemią dawniej usypaną, zwłaszcza na skarpach, na których późniejsze uzupełnienia mają tendencję do spelzania.

Mając z projektu technicznego szereg punktów, oznaczonych na gruncie przy pomocy pali kierunkowych czy też kołków na punktach hektometrowych i charakterystycznych oraz niweletę (drogi, kolei, kanału, wału itd.), wyznaczamy kontury przekrojów poprzecznych w tych punktach przede wszystkim, a następnie, w miarę potrzeby, w punktach pośrednich drogą interpolacji. Sposoby oznaczania na gruncie konturu projektowanych robót ziemnych i utrwalania go na czas robót są proste, wymagają jednak ich znajomości; podane będą przykłady charakterystyczne dla ogólnego zaznajomienia z metodami tych robót.

Najprościej sprawa się przedstawia, gdy mamy wyznaczyć względnie niski nasyp ( $h < 1,50\text{ m}$ ) (rys. 108) i przy tym teren jest poziomy w kierunku poprzecznym.

Ślad skarpy nasypu na terenie w tym wypadku łatwo znajdziemy, gdy odmierzymy od osi drogi odległość

$\left(\frac{K}{2} + nh\right)$ , gdzie  $K$  — szerokość korony nasypu,  $h$  — wysokość nasypu według projektu, a  $n$  — pochylenie skarpy. Ślad skarpy oznacza się kołkiem wbitym w p. C; jeżeli na odległości  $\frac{K}{2}$  od osi drogi postawimy łątę pionową, na niej odłożymy wysokość projektowanego nasypu  $h$  i w punktach C i A przybijemy łątę ukośną o nachyleniu  $1:n$ , które sprawdzamy przy pomocy



Rys. 108.

trójkąta skarpiańskiego i libeli, będziemy mieć kontur nasypu oznaczony; ze względu na osiadanie nasypu należy wprowadzić poprawkę na wysokość i szerokość w zależności od rodzaju gruntu; poprawki te możemy łatwo wprowadzić przez przybicie kawałków desek na łątach pionowych, ustawionych w odległości  $\frac{K}{2}$  od osi drogi w taki sposób, aby górna krawędź tych desek była wyżej od linii A A o  $\Delta h$  — wielkość spulchnienia czasowego nasypu wysokości  $h$ , a boczna zewnętrzna krawędź wystawała o  $\frac{\Delta K}{2}$  poza linię, odległą o  $\frac{K}{2}$  od osi drogi.

Wtedy kontur nasypu wykonywanego bez ubijania zawierać się będzie w trapezie CA<sub>1</sub>A<sub>1</sub>C.

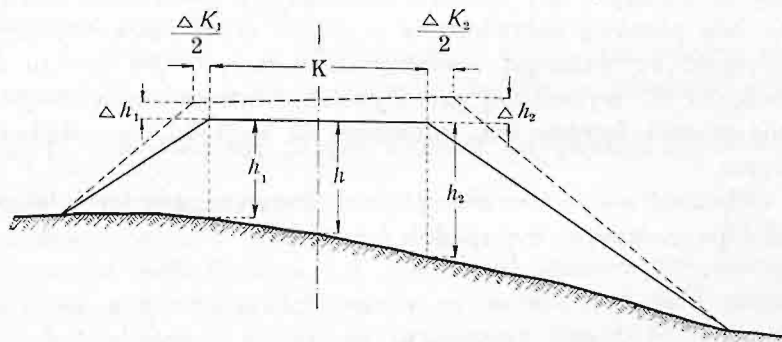
Wielkości  $\Delta h$  i  $\Delta K$  (powiększenie wysokości i szerokości korony) znajdujemy w odpowiednich tablicach podręczników inżynierskich.

Możemy np. przyjmować <sup>1)</sup>:

<sup>1)</sup> Podręcznik J. Bryły, tom I, str. 61.

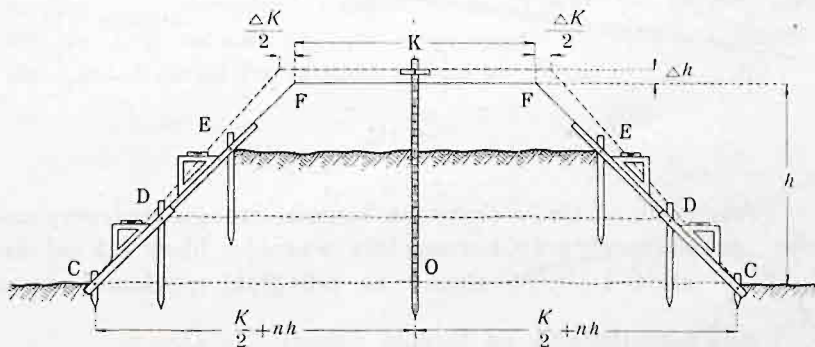
dla gruntów piaszczysto-gliniastych .  $\Delta h = 0,07 h$ ;  $\Delta K = 0,11 h$   
 „ ilastych i gliniastych . „  $= 0,08 h$ ; „  $= 0,13 h$   
 „ piasku . . . . . „  $= 0,04 h$ ; „  $= 0,07 h$

Jeżeli w kierunku poprzecznym teren ma znaczne pochylenie, powiększenie wysokości i szerokości ( $\Delta h$  i  $\Delta K$ ) dawać



Rys. 109.

trzeba różne, w zależności od wysokości każdej krawędzi korony nad terenem (rys. 109).



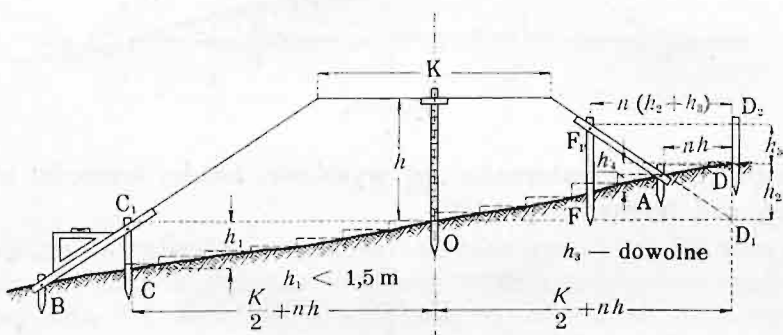
Rys. 110.

Przy wysokich nasypach ( $h > 1,5 m$ ) łat ukośnych, oznaczających kontury skarpy, nie można ustawić od razu; w tym wypadku, gdy teren w kierunku poprzecznym jest poziomy lub spadek jest nieznaczny, ślad skarpy oznaczamy tak, jak na rys. 110 i ustawiamy łaty ukośne przy pomocy trójkąta skarpiańskiego i libeli na długości takiej, jaką mają łaty do tego celu



używane (3—4 m) i przybijamy je do kołka wbitego w p. C i do łąty pionowej ustawionej w p. D; na osi ustawiamy łątę pionową z oznaczoną na niej podziałką metrową dla możliwości kontroli wysokości budowanego nasypu, po czym przystępujemy do budowy nasypu; po wykonaniu do wysokości DD możemy przedłużyć łątę ukośną, oznaczającą pochylenie skarpy oraz łątę pionową ustawioną w p. O, po czym znowu możemy przystąpić do dalszego wykonywania nasypu. Po dojściu do wysokości  $h$ , wymaganej przez projekt, dajemy nadwyżkę  $\Delta h$  i poszerzenie korony  $\Delta K$ , konieczne ze względu na osiadanie nasypu.

Sprawa jest nieco więcej skomplikowana, gdy teren w kierunku poprzecznym ma spadek (rys. 111).



Rys. 111.

Aby znaleźć ślady skarp na terenie, przeprowadzamy pomiar „schodkowy” przy pomocy łąty ważnej i libeli od osi nasypu w jedną i drugą stronę na odległość (poziomą) równą  $\left(\frac{K}{2} + nh\right)$  i znajdujemy na terenie punkty C i D.

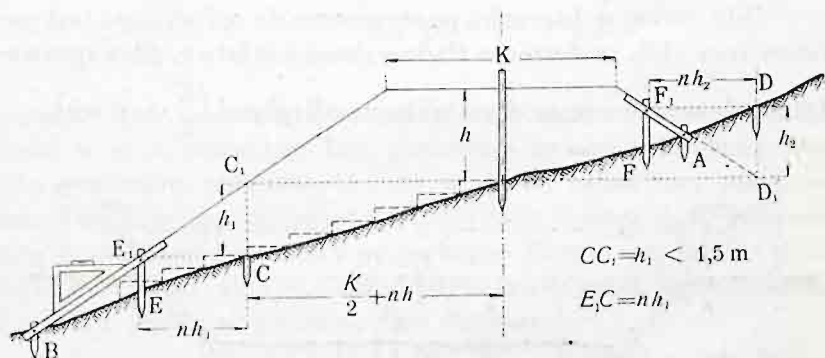
Przy pomiarze schodkowym możemy jednocześnie określić różnice poziomów punktów C i D w porównaniu do poziomu punktu O (osi drogi).

Pomiar schodkowy daje nam możliwość znalezienia śladu skarp na terenie, tj. punkty B i A w sposób następujący:

W punkcie C ustawia się łątę pionową i na niej odkłada się wysokość  $h_1$  — różnicę poziomów punktów O i C, znaną przy pomiarze schodkowym. Oznaczony w ten sposób

punkt  $C_1$  leży na powierzchni skarpy; jeżeli w p.  $C_1$  ustawić łątę pochyłą przy pomocy trójkąta skarpiarskiego i libeli tak, aby ta łąta końcem oparła się o powierzchnię terenu, znajdziemy punkt  $B$  — ślad skarpy na terenie, który oznaczamy przez wbicie kołka; do kołka tego i do łąty pionowej  $CC_1$  przybijamy łątę ukośną, która oznaczy nam kontur nasypu — kierunek pochylenia skarpy.

Ślad skarpy  $A$  z drugiej strony nasypu oznaczamy nieco inaczej. W punkcie  $D$ , leżącym na terenie w odległości poziomej  $\left(\frac{K}{2} + nh\right)$  od osi nasypu i wyżej od punktu  $D_1$  na wysokości  $h_2$ , oznaczonej przy pomiarze schodkowym, ustawiamy łątę pionową; na niej odkładamy dowolną wysokość  $h_3$ , po czym pomiarem schodkowym od punktu  $D$  odmierzamy odległość poziomą  $n(h_2 + h_3)$ ; w otrzymanym na terenie punkcie  $F$  ustawiamy łątę pionową, na której oznaczamy punkt  $F_1$ , leżący na linii skarpy: punkt ten znajduje się na wysokości  $(h_3 + h_4)$ , gdzie  $h_4$  — różnica poziomów punktów  $D$  i  $F$ . Mając punkt  $F_1$  oznaczony na łącie, łatwo już znajdziemy ślad  $A$  skarpy w terenie przez ustawienie w p.  $F_1$  łąty pochyłej przy pomocy trójkąta skarpiarskiego i libeli. W p.  $A$  wbijamy kolek i przybijamy doń ustawioną łątę pochyłą; mamy ustalony kierunek skarpy i ślad jej na terenie z drugiej strony.



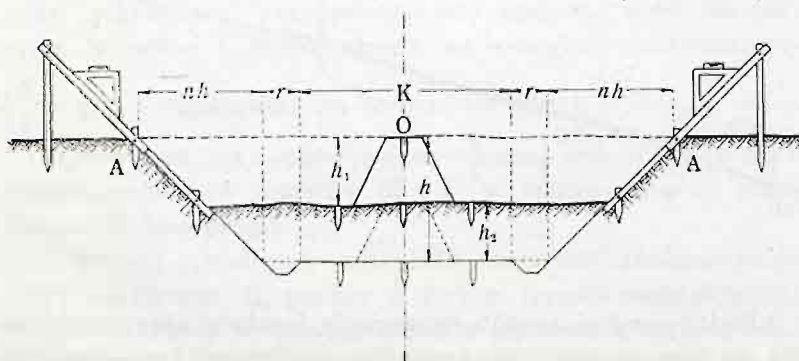
Rys. 112.

Podany wyżej sposób oznaczania konturu nasypu, położonego na terenie pochyłym, może być zastosowany w warunkach, gdy  $h_1 < 1,50 \text{ m}$ , ponieważ wtedy bez ustawiania specjalnych

Mając ten punkt łatwo sposobem, podanym na rys. 111, oznaczyć ślad skarpy na terenie i jej kierunek. Gdyby i p.  $E_1$  leżał za wysoko nad terenem, co utrudniało by ustawienie łaty pochyłej, można by zastosować w dalszym ciągu metodę określania punktu leżącego na linii skarpy w taki sposób jak poprzednio.

We wszystkich podanych przykładach wyznaczania konturów nasypów należy wprowadzić już podczas ich wykonywania poprawki na osiadanie nasypu.

Gdy teren w kierunku poprzecznym do osi wykopu jest poziomy (rys. 113), oznaczenie śladów skarp jest łatwe, gdyż sprowadza się do odmierzenia od osi wykopu odległości  $\left(\frac{K}{2} + r + nh\right)$ .

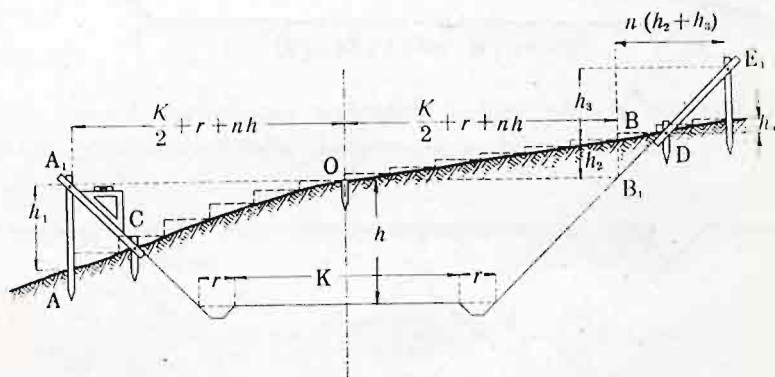


136



Ślady skarp oznaczamy na gruncie kołkami po czym w płaszczyźnie przekroju poprzecznego przystawiamy do kołka łatę ustawioną ukośnie przy pomocy trójkąta skarpiarskiego i libeli; łatę utrwalamy przy pomocy łat pionowej. Mając ślady skarp na terenie i kierunek linii skarpy, możemy przystąpić do wykonywania wykopu, przedłużając wyznaczony kierunek linii skarp w miarę wykonywania wykopu.

Gdy teren w kierunku poprzecznym do osi drogi ma spadek (rys. 114), należy zastosować pomiar schodkowy, odmierzając w obydwie strony od osi wykopu odległość  $\left(\frac{K}{2} + r + nh\right)$ ; da to możliwość wyznaczenia na gruncie punktów  $A$  i  $B$  oraz różnic po-



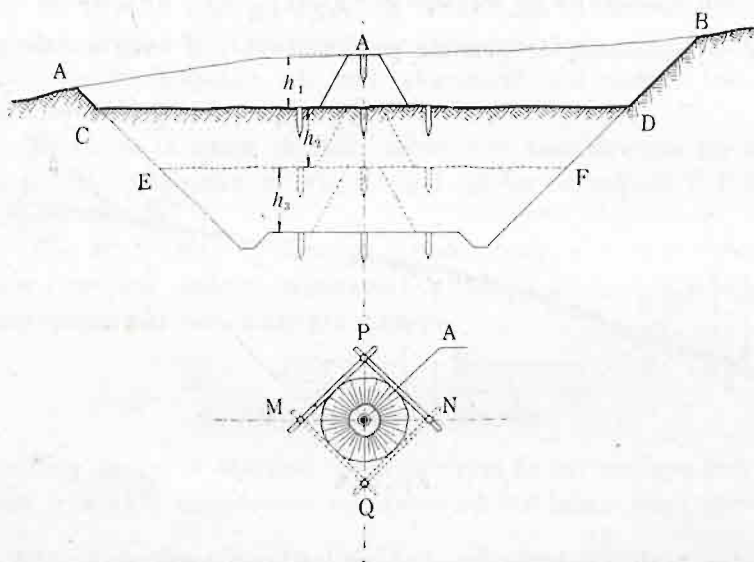
Rys. 114.

ziomów tych punktów i osi drogi, tj. wartości  $A_1A$  i  $BB_1$ . Dalej w p.  $A$  ustawiamy łatę pionową i na niej odkładamy różnicę poziomów punktów  $O$  i  $A$ ; w p.  $A_1$  ustawiamy przy pomocy trójkąta skarpiarskiego i libeli łatę ukośną  $A_1C$ , wskazującą przedłużenie linii skarpy wykopu. Koniec tej łat w p.  $C$  daje nam ślad skarpy, który utrwalamy przez wbicie kołka; do kołka przybijamy koniec łat ukośnej.

Z drugiej strony przekroju od p.  $B$  pomiar schodkowy przedłużamy dalej w kierunku poprzecznym do p.  $E$  (na terenie) na odległość poziomą  $n(h_2 + h_3)$ , gdzie  $n$  — pochylenie skarpy,  $h_2$  — różnica poziomów w punktach  $O$  i  $B$ ,  $h_3$  — dowolna wartość. W p.  $E$  ustawiamy łatę pionową, na której łatwo znajdziemy punkt  $E_1$ , leżący na przedłużeniu linii skarpy, a znaj-

dujący się ponad  $E$  na wysokości  $(h_3 - h_4)$ , gdzie  $h_4$  — różnica poziomów punktów  $B$  i  $E$ . Mając punkt  $E_1$ , przy pomocy ukośnie ustawionej łąty i trójkąta skarpiarskiego oznaczamy kierunek linii skarpy oraz ślad skarpy  $D$  na terenie. Ślad ten oznaczamy, wbijając kołek, do którego przybijamy dolny koniec łąty ukośnej.

Gdyby punkty  $A_1$  i  $E_1$  wypadły za wysoko, możemy zastosować sposób, jak na rys. 111 bądź też zmniejszyć  $h_3$  tak, aby punkt  $E_1$  nie wypadł zbyt wysoko ponad powierzchnię terenu.



Rys. 115.

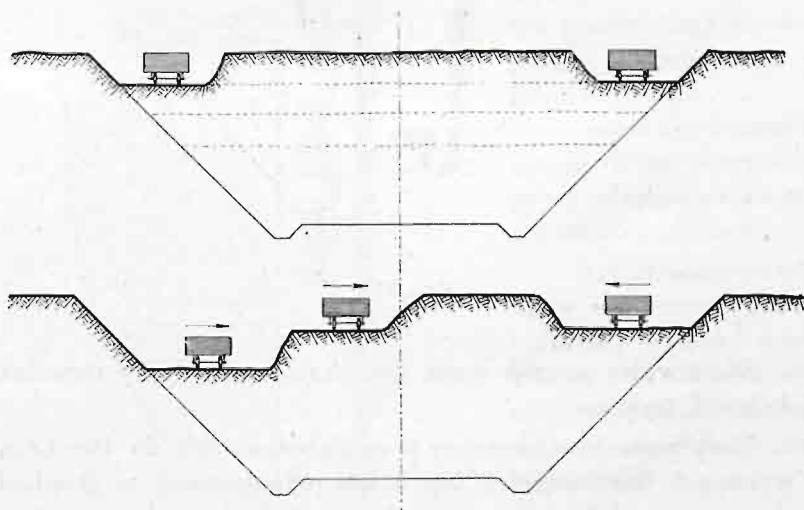
Przy wykonywaniu wykopów potrzebna jest kontrola głębokości wykonywanego wykopu. Kontrolę taką prowadzimy w osi przekrojów poprzecznych, zostawiając stożki świadkowe (rys. 115) o wymiarach wystarczających, aby utrzymał się kołek czy pal kierunkowy, wbity w osi wykopu; pochylenie boków stożka dajemy możliwie strome, takie jednak, aby przez czas robót mogły się utrzymać.

Gdy wykonanie wykopu postępuje stopniowo w głąb do powierzchni  $CD$  i  $EF$ , stożek świadkowy, rozszerzając się, zaczyna zajmować zbyt dużo miejsca i przeszkadzać w wykonaniu

wykopu; można go stopniowo obniżać po uprzednim wbiciu w jednym poziomie czterech kołków: dwóch w osi wykopu i dwóch w kierunku poprzecznym: jeden poziom wierzchu kołków osiąga się przy pomocy łąty ważnej i libeli; poza tym należy również przy pomocy łąty i libeli znaleźć różnicę ( $h_1$ ) poziomu wbitych kołków i poziomu kołka A. Po usunięciu stożka do poziomu  $CD$  naciągamy sznury na krzyż i na przecięciu ich zabijamy kołek w osi drogi na poziomie kołków  $M, N, P$  i  $Q$ . Daje to nam możliwość odtworzenia osi przekroju na poziomie niższym o  $h_1$ . Przy głębokich wykopach może zająć potrzeba kilkakrotnego usuwania stożka.

## 2. Wykonywanie wykopów

Sposób wykonania wykopów zależy od ich wielkości, rodzaju gruntu, sposobów dobywania i przewozu ziemi.

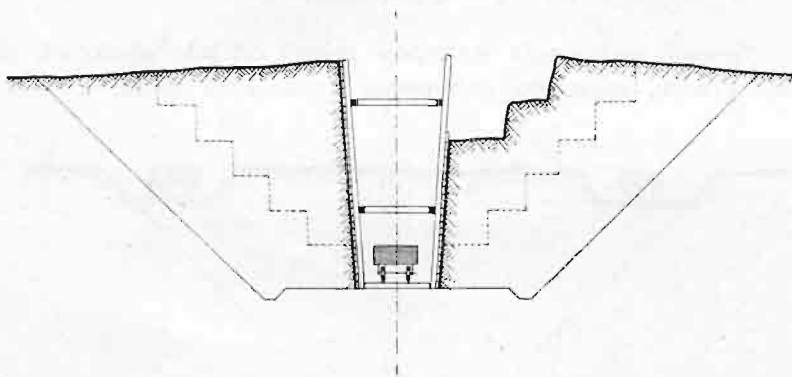


Rys. 116.

Przy wykopach niewielkich, przy ręcznym dobywaniu ziemi i przy przewozie ziemi przy pomocy tacek, wozów konnych, łopat konnych lub kolejek typu lżejszego, często stosowany jest sposób warstwowy, polegający na tym, że wykop wy-

konywa się (rys. 116) cieńszymi lub grubszymi warstwami w zależności od rodzaju środków przewozowych i łatwości przesuwania ich. Warstwy te przy przewożeniu ziemi taczkami czy wozami konnymi lub łopatami konnymi mogą być bardzo cienkie — po 20 — 30 cm, gdy przy zastosowaniu kolejek roboczych, ze względu na potrzebną większą robociznę na ich przesuwanie, grubość warstwy nie powinna być cieńsza niż 1,0—2,0 m. Przy dobywaniu ziemi przy pomocy łopat mechanicznych lub ekskawatorów kubłowych, warstwy te w zależności od wymiarów tych maszyn mogą się wahać w granicach od kilku do kilkunastu metrów.

Przy warstwowym sposobie wykonywania wykopów może być jednocześnie dobywanych i wywożonych kilka warstw, jak to schematycznie podane jest na rys. 116.

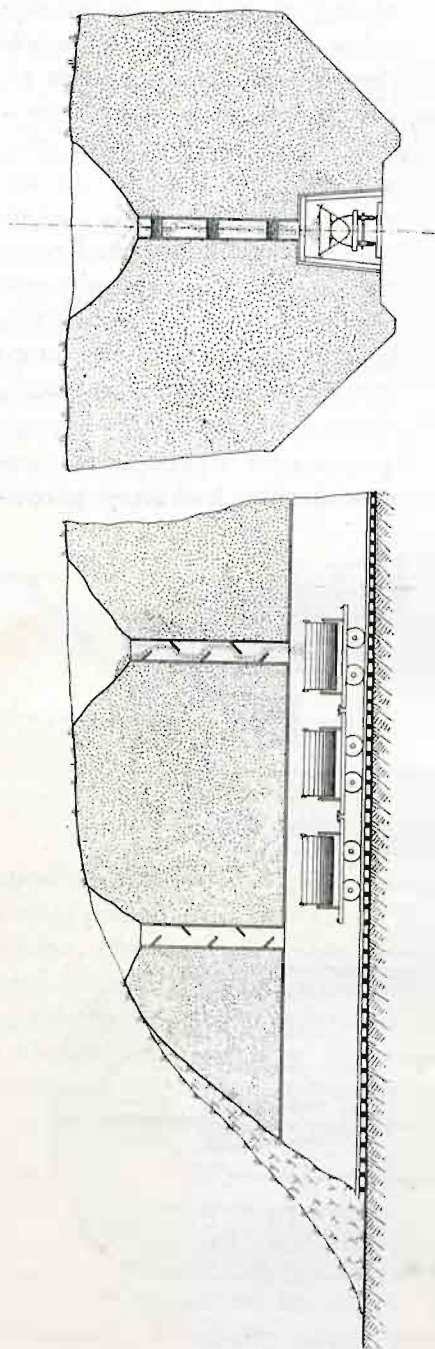


Rys. 117.

Warstwowy sposób może być zastosowany przy dowolnej głębokości wykopu.

Drugi sposób—stosowany przy głębokościach do 10—12 m, w wykopach dość wąskich (np. koleje jednotorowe), w gruntach suchych, a zwłaszcza zwięzłych i skalistych—polega na tym, że wąskim korytarzem, w razie potrzeby wzmocnionym przez odpowiednie odeskowanie i rozpórki, wcinamy się od razu do poziomu niwelety projektowanego wykopu (rys. 117). Szerokość korytarza winna być dostateczna dla umieszczenia na dnie tego korytarza (w poziomie niwelety) toru kolei lub kolejki roboczej i przepuszczenia używanego taboru na danej robocie.





Rys. 118.

Ze względu na konieczność wzmocnienia stromych ścian korytarza, przy gruntach o mniejszej zwięzłości, sposób ten może nie być ekonomiczny przy większych głębokościach wykopów. Z drugiej strony dodatkia jego stroną jest to, że tor roboczy od razu ustawia się na poziomie niwelety i nie przesuwają się przez cały czas wykonywania roboty. Ziemia dobywana przy tym sposobie zrzucana jest wprost do wózków lub też przerzucana po stopniach wyrobionych w gruncie.

Przyskalach wzmocnienie ścian korytarza przez odeskowanie może się okazać zbędne.

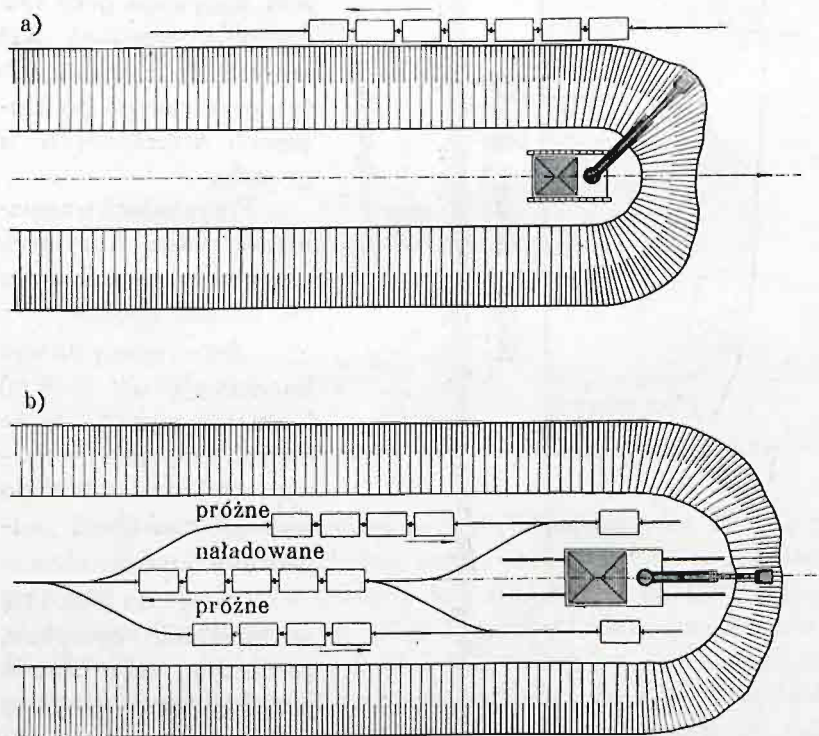
Jeżeli mamy do wykonania głębszy ( $> 8 m$ ) i dłuższy wykop, może okazać się ekonomicznym wykonanie takiego wykopu sposobem „angielskim”.

Polega on (rys. 118) na przebiciu sposobem górniczym, w poziomie projektowanej niwelety wykopu sztolni o przekroju poprzecznym, wy-



starczającym do wprowadzenia taboru, używanego do przewo-  
zu ziemi; najczęściej bywa to tabor kolejek wąskotorowych.  
Oprócz sztolni w poziomie projektowanej niwelety, przebija się  
kilką szybów pionowych o przekrojach, wystarczających do wy-  
konania tych szybów. Wszystkie szyby przy gruntach mało  
zwięzłych winny być wzmocnione przez odpowiednie odesko-  
wanie; przy skałach niepopękanych można nie robić takich  
wzmocnień. Szyby pionowe służą do zrzucania dobywanej ziemi  
do podstawianych wózków. Aby ziemia zrzucana przez pionowe  
szyby nie niszczyła wózków, spadając z większej wysokości,  
umieszcza się w szybach pochyłe płaszczyzny z desek, które  
zatrzymują spadającą ziemię i zmniejszają szybkość spadania,  
a więc i siłę uderzenia przy spadaniu ziemi na wózki.

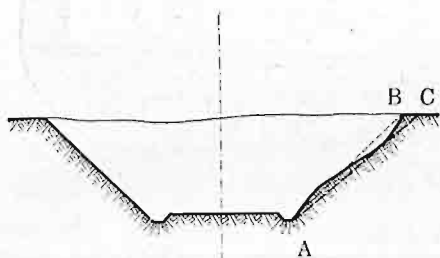
Decyzję o zastosowaniu tego sposobu wykonywania wy-  
kopu powinno poprzedzić przeprowadzenie kalkulacji porów-



Rys. 119.

nawczej, która by dowiodła, że sposób angielski jest tańszy niż dwa poprzednie.

Wreszcie w pewnych wypadkach może być, przy wąskich i dość głębokich wykopach (np. kolejowych) do głębokości 5,0–8,0 m, zastosowany sposób wykonania tak zwany „czołowy” od razu na całej szerokości i głębokości, o ile mamy do dyspozycji odpowiednie środki do dobywania ziemi na całej wysokości, np. łopaty mechaniczne z odpowiednio usytuowanymi torami; tory mogą być ułożone bądź poza skarpą wykonywanego wykopu (rys. 119a), bądź w poziomie niwelety wykopu (rys. 119b). Tory powinny mieć mijanki i zwrotnice, aby przetaczanie wózków próżnych i naładowanych mogło się odbywać z możliwie najmniejszą stratą czasu.



Rys. 120.

Przy prawidłowym wykonaniu wykopów trzeba skarpom nadawać pochylenia, odpowiednie do rodzaju gruntu i warunków, w jakich grunt się znajduje: na równowagę skarp oddziaływać może woda atmosferyczna lub zaskórna, odpowiednie zabezpieczenie powierzchni skarp itp.

Przy wykonywaniu wykopów trzeba zwracać pilną uwagę, aby skarpom dawać odpowiednie pochylenie od razu. Gdyby, np. przy wykonywaniu wykopu, oberwała się część gruntu po za linią *AB* projektowanej skarpy (rys. 120), nie należy wyrównywać utworzonego zagłębienia w skarpie przez dosypywanie skarpy, gdyż dosypa na ziemia ma tendencję do zsuwania się; należy w tym wypadku zrezygnować z utrwalania wyrównanej skarpy i w miejscu tym dać skarpe łagodniejszą *AC*.

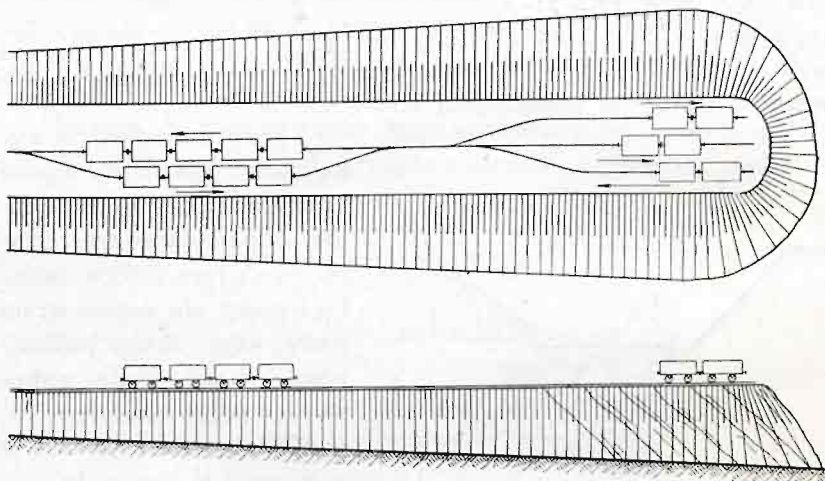
### 3. Wykonywanie nasypów

W zależności od warunków miejscowych, charakteru wykonywanych robót, ich ilości, narzędzi, maszyn do dobywa-

nia i przewożenia ziemi, jakie mogą być do dyspozycji, można wykonywać nasypy różnymi sposobami.

*Sposób wykonywania od czoła*—może być stosowany przy nasypach stosunkowo niewysokich o małej kubaturze, gdy stosujemy środki przewozowe, dające możliwość wyładowywania z nich ziemi na „czoło” (przedłużeniu) nasypu.

Do takich środków przewożenia ziemi należy przewóz ziemi przy pomocy taczek, wózków dwukołowych, kolejek roboczych, przy odpowiednim ułożeniu rozgałęzień torów przy



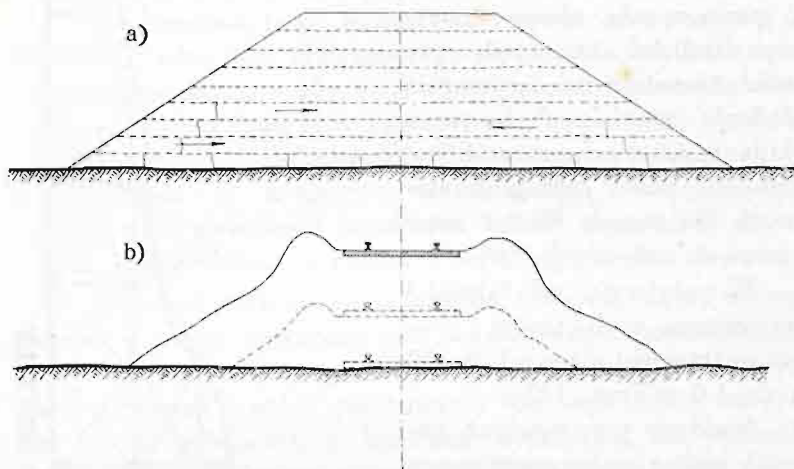
Rys. 121.

końcu, pozwalających na łatwe przetaczanie poszczególnych wózków do czoła nasypu (rys. 121).

Zastosowanie wozów typu gospodarskiego przy wąskich nasypach nie nadaje się, gdyż wymagają one promienia 6—10 m do nawracania.

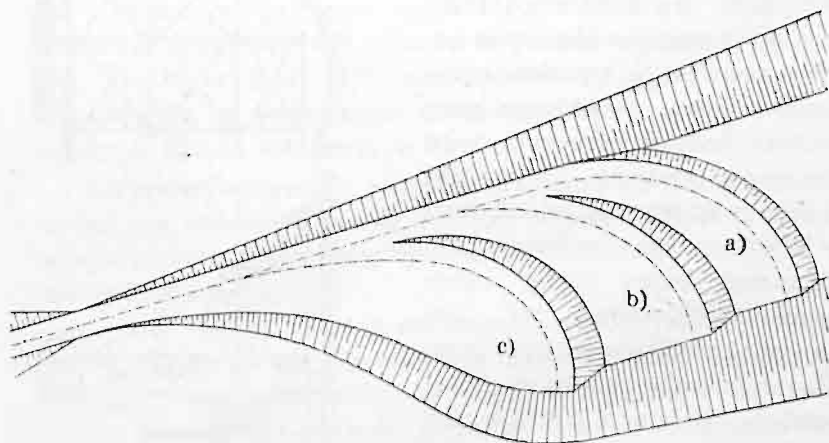
Sposób wykonywania nasypu od czoła ma tę ujemną stronę, że osiadanie nasypu ma miejsce w różnym czasie i przy długich nasypach trzeba się liczyć z tym, że część nasypu wykonana na początku prędzej skomprymuje się, niż część nasypu znajdująca się bliżej końca nasypu. Sposób ten w pewnych wypadkach jest nieunikniony, gdy nasyp budowany jest na gruntach bagnistych lub gdy mamy duże różnice wysokości przy przejściu z wykopu do nasypu.

*Sposób wykonywania nasypu warstwami jest znacznie częściej stosowany i jest racjonalniejszy, gdyż daje możliwość przy jego wykonaniu jednoczesnego komprymowania nasypu, zwłaszcza*



Rys. 122.

czy gdy po świeżo wykonywanym nasypie odbywa się ruch środków przewozowych lub, gdy są zastosowane do ubijania



Rys. 123.

nasypów specjalne maszyny lub przyrządy; opis ich podany jest dalej.

Warstwowy sposób wykonywania nasypów może mieć



miejsce przy środkach transportowych, nie wymagających układania specjalnych torów (np. wozy gospodarskie lub specjalne do przewożenia ziemi, łopaty konne itp.) lub też wtedy, gdy środki transportowe wymagają układania specjalnych torów, a układanie ich i przesuwanie jest łatwe (np. desek lub taśm stalowych dla taczek, torów wąskotorówek roboczych itp.).

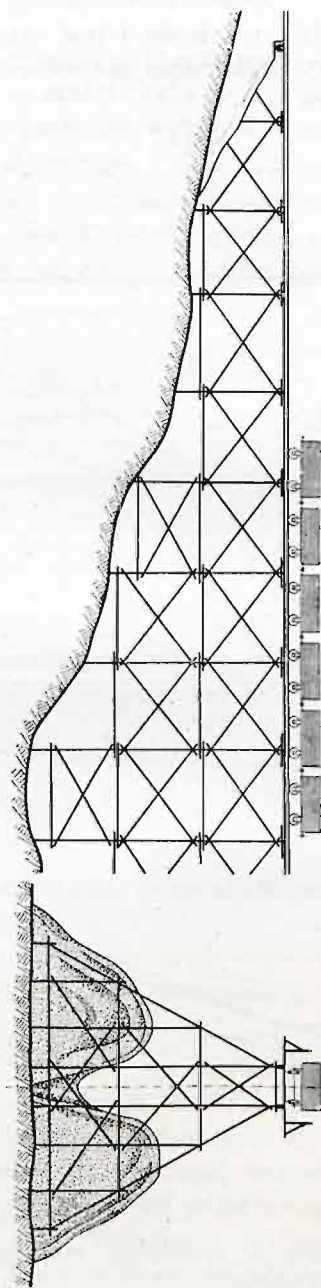
W zależności od łatwości przesuwania tych torów, grubość warstw jest różna od 20—30 cm do 1,0 m (rys. 122a).

Niekiedy przy wąskich nasypach można wykonywać nasyp warstwami, zsypując przywiezioną ziemię na boki i stopniowo podnosząc tory (122b) na poszczególnych odcinkach nasypu.

Gdy mamy wykonywać nasypy szerokie i wysokie, przewożąc ziemię z wykopu przy pomocy kolejek roboczych typu lżejszego, możemy nasyp taki wykonywać warstwami od razu w kilku kondygnacjach (rys. 123), układając końce torów roboczych wachlarzowo tak, aby utrzymać możliwie większy front dla wyładunku większej ilości wózków. Tory *a*, *b*, *c* leżą w różnych poziomach.

*Sposób wykonania nasypów z rusztowań* (rys. 124) może być stosowany przy wznoszeniu długich i dość wysokich nasypów

Rys. 124.





np. przy przekroczeniu szerokich dolin), zwłaszcza jeżeli odległość przewozu ziemi, potrzebnej na takie nasypy, jest dość znaczna i przewóz uskutecznia się przy pomocy kolejek roboczych lub nawet normalnych kolei.

Rusztowania takie budują się zwykle jako pomosty (estakady) na jeden tor, obliczone na obciążenie ruchome (pociągi naładowane ziemią z odpowiednimi silnikami—lokomotywami parowymi lub spalinowymi, rzadziej elektrycznymi); rusztowania mają charakter prowizoryczny; filary, np. ustawiane są na legarach bądź na wbijanych płytko palach. W zależności od obciążenia i wysokości rusztowań należy usztywniać je w kierunku poprzecznym, a często i podłużnym.

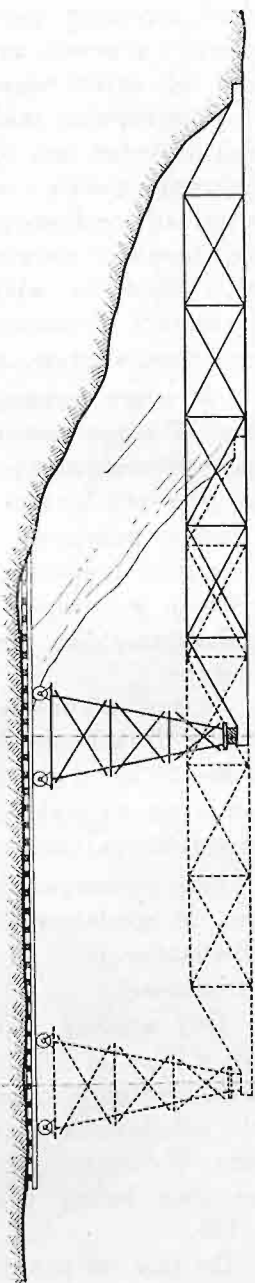
W miarę wykonywania nasypu materiał, użyty na rusztowanie, w miarę możliwości jest wydobywany, częściowo jednak może być zostawiony w nasypie, jeżeli są trudności z wydobyciem pewnych części rusztowania po wykonaniu nasypu lub też jest to połączone z kosztami większymi, niż wartość materiału pozostawianego w nasypie. Zostawiając część materiału rusztowań w nasypie i licząc się z tym, że z czasem zgnije, nie obawiamy się zbyt znacznych deformacji nasypu z tej przyczyny.

Można w pewnych wypadkach zastosować rusztowania ruchome drewniane lub żelazne w postaci dźwigarów o długości 20—30 m (rys. 125); rusztowania takie jednym końcem opierają się na wykonanym nasypie, a drugim końcem—na ruchomym filarze, toczonym w kierunku osi nasypu na wałkach itp.

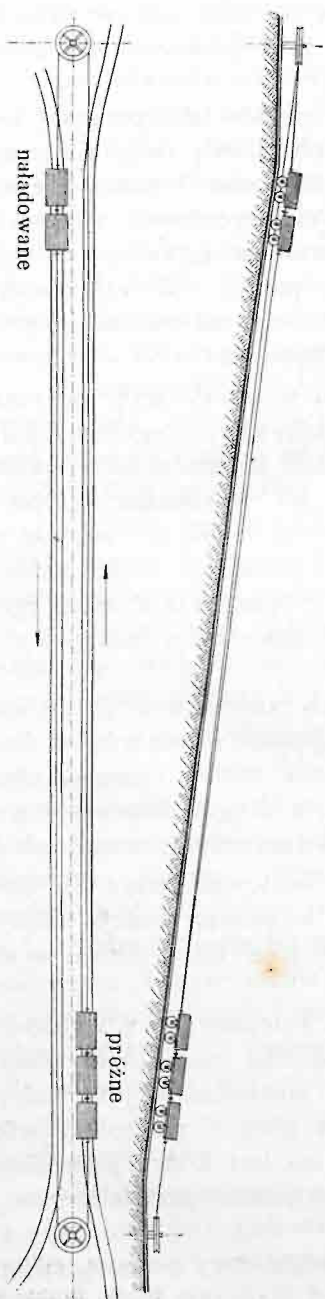
Przy wykonywaniu nasypów z rusztowań liczyć się trzeba z tym, że spadająca nieraz z dużej wysokości ziemia ubija się nierównomiernie — silniej na bokach (rys. 124), słabiej w części środkowej.

Gdy wozimy ziemię wózkami kolejkowymi z wykopu na nasyp z góry na dół i na pewnym odcinku mamy dość znaczny spadek, możemy urządzić wyciągi mechaniczne, na których wózki naładowane wciągać będą na górę z powrotem wózki próżne. W tym celu potrzebna jest lina bez końca, przerzucona przez dwa bębny poziome, schematycznie przedstawione na rys. 126.

Do liny tej przyczepiane są wózki przy pomocy specjalnych uchwytów, łatwo otwieranych. Urządzenie takie może się



Rys. 125.

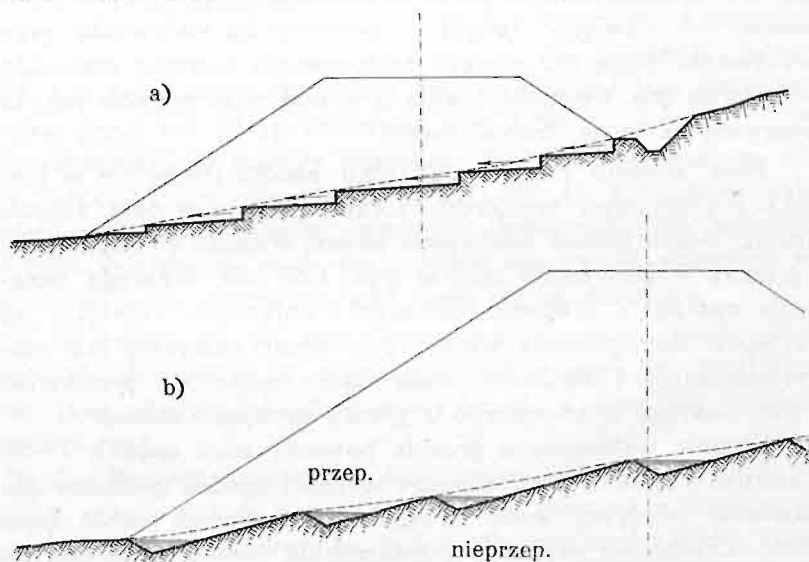


Rys. 126.

amortyzować przy większej ilości robót ziemnych i znacznie-  
szych spadkach podłużnych, gdy do transportowania próżnych  
wózków konieczne jest zastosowanie większej siły pociągowej.

*Prawidłowe wykonanie nasypów.* Trwałość nasypów, tj.  
zachowywanie kształtów, jakie im nadano przy wykonaniu, za-  
leży od umiejętności ich wykonania i przestrzegania tych wska-  
zań, jakie daje praktyka.

Najważniejszym czynnikiem destrukcyjnym są wody atmo-  
sferyczne i gruntowe (zaskórne) i na zabezpieczenie się prze-  
ciw ich działaniu winna być zwrócona przede wszystkim uwaga  
kierownika robót.



Rys. 127.

Przy wykonywaniu nasypów należy zwrócić uwagę na na-  
stępujące wskazówki z praktyki.

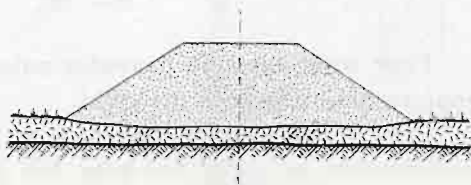
Przy wykonywaniu nasypów w czasie zimy lub w czasie  
przejściowym od lata do zimy lub odwrotnie, należy z pod-  
stawy nasypu przed przystąpieniem do robót usuwać lód i śnieg,  
aby podstawa nasypu nie rozmiękła, gdy śnieg lub lód roztaje.  
Na podstawie nasypów, a w szczególności położonych na zbo-  
czach lub łąkach, należy zdejmować darninę już to zorując ją  
pługiem, już to zdejmując w kawałkach prostokątnych w celu  
zużycia ich dla odarniowania skarp.

Pnie po wyrąbanych drzewach należy wykarczowywać z podstawy nasypu przy wznoszeniu niskich nasypów, gdyż z czasem po ich zgniciu mogą wywołać miejscowe deformacje nasypów; przy wznoszeniu nasypów wyższych (np. przy wysokości ponad 2,0—3,0 m), karczowanie podstawy nasypu niekiedy, ze względów oszczędnościowych, pomija się, gdyż po zgniciu mniejszych karcz w głębi nasypu deformacje stąd wynikłe mogą być nieznaczne i nieszkodliwe dla całości nasypu.

Karczowanie pni może być wykonywane ręcznie przez wykopywanie częściowe i przerąbywanie głównych korzeni bądź też mechanicznie — przez zastosowanie specjalnych kołowrotów lub dźwignic (wind) i mocnych lin stalowych; przy karczowaniu mogą też znaleźć zastosowanie również materiały wybuchowe (np. dynamit), zakładane pod poszczególne karczce i rozrywające je na drobne części.

Przy sypaniu nasypu na stoku zlekka pochyłym w kierunku poprzecznym wystarczy zoranie gruntu w celu zdjęcia darniny. Jeżeli jednak pochylenie to jest większe ( $>10\%$ ), wtedy w gruncie wykonywamy stopnie (rys. 127) dla lepszego połączenia nasypu z gruntem rodzimym i uniknięcia zsunięcia się nasypu, w szczególności wtedy, gdy grunt naturalny jest nieprzepuszczalny i zwilżony wodą, która może się przedostać w głąb nasypu, zbudowanego z gruntu przepuszczalnego.

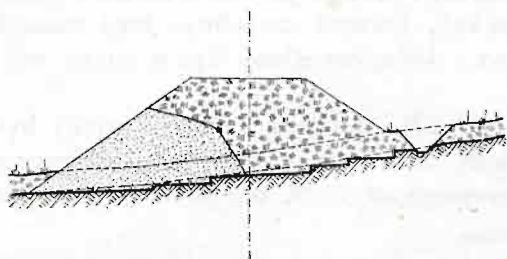
Stopnie wykopane w gruncie powinny mieć spadek 3—5‰ w kierunku spadku poprzecznego terenu i spadek podłużny dla ułatwienia odpływu wody w czasie prowadzenia robót (rys. 127a). Zazębienie nasypu z powierzchnią terenu takie, jak na rys. 127b nie zawsze jest wskazane: niemożliwe, gdy grunt terenu jest nieprzepuszczalny (np. glina), a nasyp jest wzniesiony z gruntu przepuszczalnego, gdyż w tak wykonanych stopniach może się gromadzić woda i powodować rozmiękczenie podstawy nasypu; natomiast takie zazębienie mogło by być zastosowane, gdyby grunt pod nasypem był przepuszczalny.



Rys. 128.



Jeżeli w terenie, nie mającym spadku poprzecznego do osi nasypu, zwierzchnia warstwa gruntu jest ściśliwa (np. torf),



Rys. 129.

nie jest jednak bardzo gruba, można jej nie usuwać (rys. 128).

Gdy jednak zachodzi taki wypadek na terenie pochyłym, należy tę warstwę zdjąć, a stopnie wyciąć w gruncie wytrzymałym i szczególnie starannie należy

budować bok nasypu od strony niższej, stosując tam przepuszczalny grunt lub odsyp kamienny (rys. 129).

*Materiały do budowy nasypów.* Nasypy budowane są dla różnych celów i w różnych warunkach: np. dla kolei żelaznych, dróg, wałów ochronnych, przegród dolin rzek lub potoków w celu spiętrzenia wody itp. Jedne nasypy są narażone na działanie prądu płynących wód, inne nie są narażone.

W zależności od tych warunków możemy grunty, jakie mamy do dyspozycji w poszczególnych wypadkach, kwalifikować, jako odpowiednie do budowy danego nasypu, lub też dyskwalifikować.

Do budowy nasypów należy używać materiałów suchych; mokre grunty należy przede wszystkim osuszyć, a dopiero po tym używać do budowy nasypów, aby nie wozic wody, która niepotrzebnie powiększa wagę przewożonej masy gruntu i która poza tym może być szkodliwą przy wznoszeniu nasypu, gdyż nasypy, zbudowane z gruntu rozrzedzonego wodą, mogą tracić nadaną im formę.

Na nasypy drogowe lub kolejowe najodpowiedniejsze są grunty przepuszczalne: żwiry, gruboziarniste piaski, drobnoziarniste piaski, byle suche, i grunty piaszczyste; grunty te szybko tracą spulchnienie czasowe.

Bardzo drobny piasek, gdy jest nasiąknięty wodą, jest niebezpieczny dla wykonywania nasypów, gdyż łatwo się „rozlewa” i nasyp traci nadaną mu formę.

Gorszymi materiałami na nasypy drogowe lub kolejowe

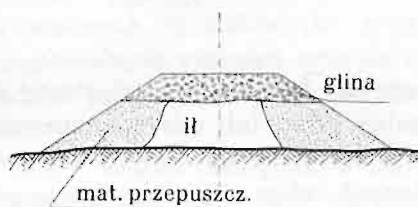


są margle, ily, lössy, gliny i grunty gliniaste, gdyż są nieprzepuszczalne, łatwo rozmiękają, niekiedy pod wpływem wody pęcznią; zamarzając na zimę tworzą wysadziny, a wysychając zmniejszają objętość i pękają (tworzą szczeliny); tego rodzaju grunty na nasypy drogowe i kolejowe winny być w miarę możliwości unikane.

Natomiast w tych wypadkach, kiedy nasypy winny być nieprzepuszczalne (np. wały ochronne, nasypy dla piętrzenia wody itp.), grunty nieprzepuszczalne są odpowiedniejsze, niż grunty przepuszczalne.

Kamień łamany lub otoczaki na nasypy kolejowe lub drogowe są dobrym materiałem, na wały ochronne lub nasypy piętrzące wodę — nie nadają się.

Z torfu w stanie suchym można budować nasypy drogowe lub kolejowe, trzeba się jednak liczyć z jego ściśłością (zdolnością zmniejszania objętości pod ciśnieniem); nasypy kolejowe z torfu należy zabezpieczyć od możliwości zapalenia go przez iskry od lokomotywy.



Rys. 130.

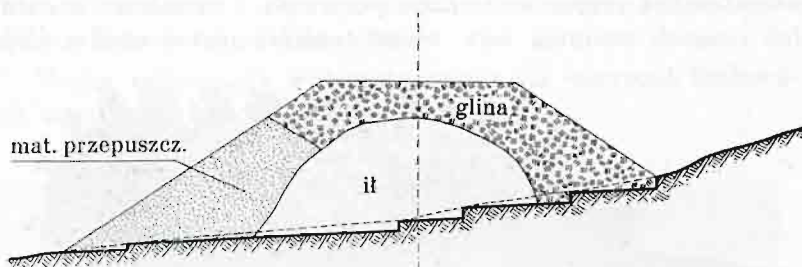
Własności włoskowate, tj. zdolność podsiąkania, są różne dla różnych gruntów; w niektórych wypadkach ma to pierwszorzędne znaczenie (np. dla nasypów drogowych).

Dopiero w ostatnich czasach w związku z rozwojem badania gruntów zwrócono uwagę na celowe i racjonalne użycie różnego rodzaju gruntów w nasypach.

Niestety ze względów ekonomicznych lub ze względu na warunki miejscowe nie zawsze jest możliwe użycie na budowę nasypów gruntów odpowiednich; często jesteśmy zmuszeni do stosowania gruntów nieodpowiednich dla danego nasypu. W takich wypadkach powinniśmy dążyć do tego, aby zastosowanie gruntów nieodpowiednich było jak najmniej szkodliwe dla trwałości nasypu.

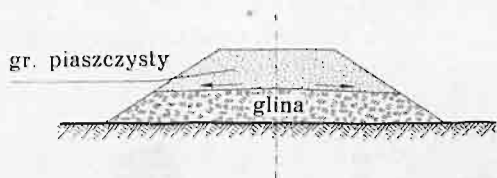
Tak, np. gdy w pobliżu nie mamy dostatecznej ilości materiału odpowiedniego na nasyp (np. piasku) i zmuszeni jesteśmy do użycia częściowo materiału nieodpowiedniego (np. łu),

należy materiał ten, w miarę możliwości izolować od działania wód atmosferycznych w sposób, podany na rys. 130 i 131. Warstwa gliny [na koronie nasypu, a na rys. 131 nawet na



Rys. 131.

skarpie od strony górnej zbocza, chronić będzie nasyp przed wsiąkaniem wód atmosferycznych, grunt zaś przepuszczalny (piasek, żwir lub otoczaki) na bokach nasypu da możliwość odsą-



Rys. 132.

czania tej wody, która może się przedostać do wnętrza nasypu.

Inny przykład budowy nasypu z różnych rodzajów gruntów widzimy na rys. 132, gdzie glina umieszczona jest w dol-

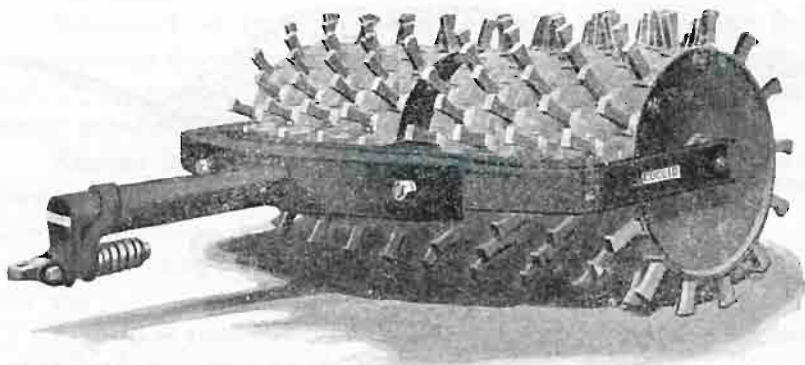
nej części nasypu, grunt zaś przepuszczalny (np. piaszczysty)—w górnej części nasypu: woda atmosferyczna, która może przedostać się w głąb nasypu, ma zabezpieczony stok na boki; spadek poprzeczny części nasypu z gliny nie może być duży (najwyżej 3—5%), aby nasyp nie uległ deformacji przez usuwisko<sup>1)</sup>.

**Ubijanie nasypów.** Jeżeli nasyp podczas budowy nie jest ubijany, traci spulchnienie czasowe dość długo, w zależności od rodzaju gruntu, z jakiego jest zbudowany. Niektóre grunty, jak piaski, żwiry i grunty piaszczyste, dość szybko tracą spulch-

<sup>1)</sup> Patrz rozdział VIII.

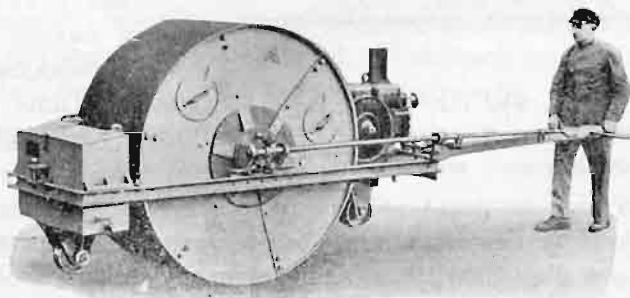
nienie czasowe — w ciągu roku lub dwóch, inne — w ciągu kilku lat.

Jeżeli budowa wymaga szybkiego skompromowania (ubicia) nasypu, można zastosować różne przyrządy i maszyny; w ostatnich czasach znajdują one coraz częściej zastosowanie. Daje



Rys. 133.

to możliwość od razu, np. pobudowania na świeżym nasypie kosztownych, a wrażliwych na osiadanie nasypu, nawierzchni drogowych lub dokładne układanie torów kolejowych.



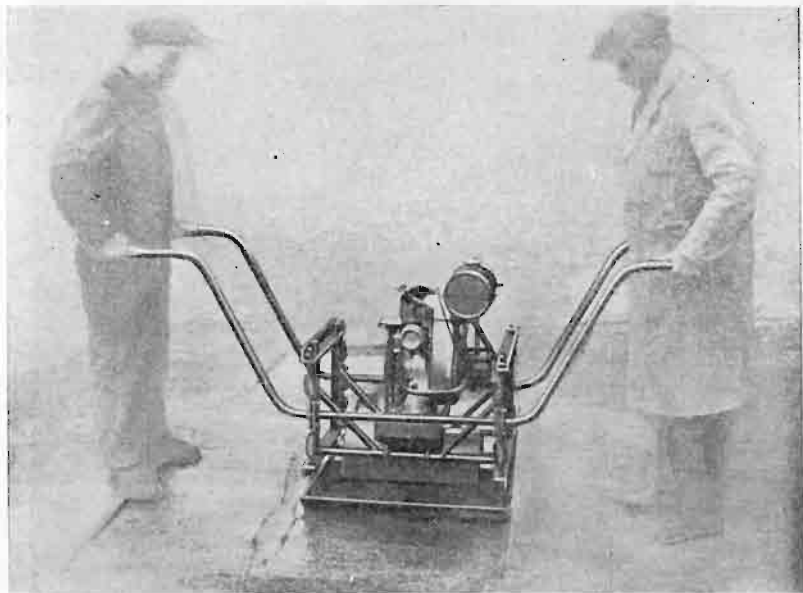
Rys. 134.

Do przyrządów takich można zaliczyć walce z wystającymi na obwodzie kół występami (rys. 133), ciągnięte przez traktory gąsienicowe; nadają się one do rozbijania grud przy gruntach zwięzłych (np. glinach). Waga ich waha się w granicach 1,5 do 2,5 tonny; waga może być powiększana przez na-

pełnienie wodą bębna, zamkniętego hermetycznie z obydwóch stron; dzięki temu waga może być powiększona dwukrotnie.

Przy gruntach o mniejszej zwięzłości mogą być używane walce jednokołowe o motorze spalinowym wagi od 1 t do 3 t i jednym kole gładkim (rys. 134).

Walce takie mogą być zastosowane na nasypach budowlanych warstwami niezbyt grubymi.



Rys. 135.

Również w takich wypadkach mogą być używane wibratory rotacyjne systemu „Frisch” (rys. 135) lub inne, ubijające ziemię przy pomocy postawionego na żelaznej podstawie silnika spalinowego o mocy 2—3 HP, dającego 1500 do 4000 obrotów na minutę. Podstawa ma wymiary  $0,60 \times 1,50$  m; przyrząd waży ok. 100 kg. Silnik porusza 2 wibratory, nadające drgania podstawie; przyrząd ten może być również używany do ubijania betonu. W godzinę może ubić do 100 m<sup>2</sup> powierzchni betonu.

Do ubijania nasypów, wykonywanych grubszymi warstwami (>60—80 cm) mogą być używane ubijaki mechaniczne tzw.



„żaby”<sup>1)</sup>. Na skutek wybuchu mieszaniny gazów benzyny i powietrza wewnątrz „żaby” w odpowiednio skonstruowanym cylindrze, podskakuje ona na wysokość 30—40 cm w kierunku nieco pochyłym i spadając pionowo, posuwa się za każdym podskokiem naprzód na 20—25 cm. Waga dochodzi do 500 kg i nawet 1 t. Maszyną może kierować łatwo jeden robotnik, który dźwiga niewielki zbiornik z benzyną, mający połączenie



Rys. 136.

przy pomocy rurki gumowej z cylindrem, w którym wywołane są wybuchy. Po trzykrotnym przejściu „żaby” warstwa komprymuje się dostatecznie. Wydajność przy trzykrotnym przejściu wynosi do 120 m<sup>2</sup> na godzinę.

Jeżeli potrzebne są jeszcze silniejsze uderzenia, można zastosować ubijaki systemu Mencka (Hamburg), przedstawione na rys. 137 i 138.

Pierwszy z nich, umieszczony na podwoziu czołgowym,

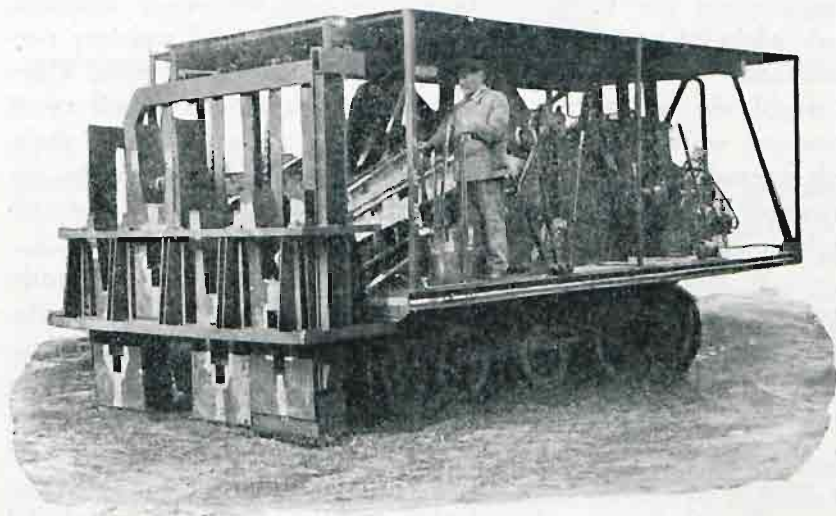
---

<sup>1)</sup> System Delmag-Frosch.

podnosi na wysokość do  $1\frac{1}{2}$  m kwadratowy ciężki odlew żelazny o wadze 0,5—1,0 t, który, spadając ubija nasyp; drugi,



Rys. 137.



Rys. 138.

również umieszczony na podwoziu czołgowym, podnosi i opuszcza na przemian 4 ciężkie młoty na wysokość 50—75 cm

i posuwając się przy pomocy tegoż silnika, podnoszącego młoty, ubija nasyp od razu na dość znacznej szerokości. Maszyny tego systemu zastosowane są przy budowie autostrad niemieckich; wykonane zostały badania porowatości gruntów ubijanych przy pomocy różnych maszyn i na różnych głębokościach; wyniki dla braku miejsca nie są przytaczane <sup>1)</sup>.

*Budowa nasypów na błotach.* Na błotach nasypy winny być budowane z wielką ostrożnością po uprzednim dokładnym zbadaniu zarówno rodzaju gruntu błotnisteo, jak grubości jego pokładów w przekrojach podłużnym i poprzecznych.

Grunty błotniste tworzą się bądź przez zarastanie stopniowe jezior lub leniwie płynących rzek i utworzenie warstwy torfu, bądź też przez rozrzedzenie gruntów rodzimych wodą w miejscach, gdzie wody atmosferyczne lub gruntowe nie mają stoku.

Pod względem składu i stopnia nasycenia wodą grunty błotniste mogą znacznie się różnić między sobą; zależnie od tego w rozmaity sposób budowane są nasypy na takich gruntach.

Tak, np. spotkać często możemy grunty, składające się z warstwy torfu włóknistego w warstwie wierzchniej, który jeszcze się nie zwęglił i tworzy kożuch torfowy o mniejszej lub większej grubości, a pod nim znajduje grunt rodzimy rozrzedzony wodą z większą lub mniejszą domieszką torfu, który zwęglił się więcej, niż w warstwie wierzchniej i stracił swoją budowę włóknistą; na pewnej głębokości może być grunt stały, nierozrzedzony przez wodę. Grubość kożucha torfowego, jak również rzadkiego gruntu błotnisteo może wahać się w szerokich granicach.

W jednych wypadkach możemy napotkać grube i zwarte pokłady młodego torfu (włóknistego) od powierzchni aż do stałego gruntu, w innych — pod grubymi warstwami torfu włóknistego znaleźć możemy cienkie warstwy rzadkiego gruntu błotnisteo, w innych wypadkach możemy mieć do czynienia z cienkimi warstwami młodego torfu na wierzchu i pod nim z grubymi warstwami rzadkiego gruntu błotnisteo.

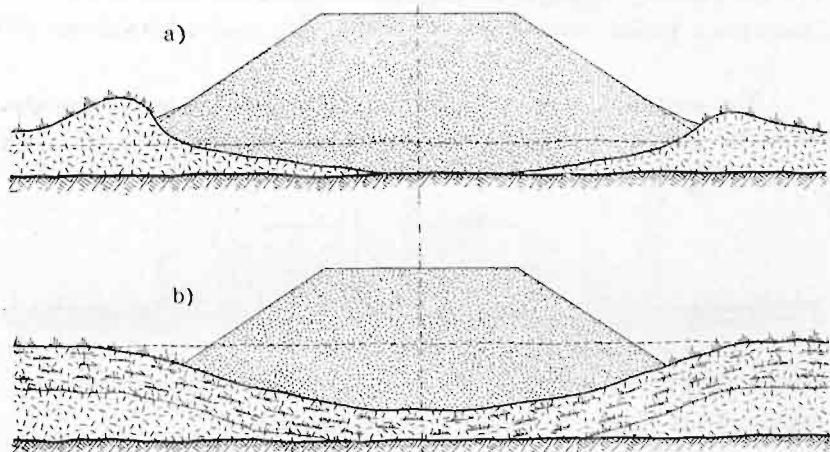
W zależności od rodzaju gruntu błotnisteo, grubości warstw oraz przeznaczenia nasypu, stosujemy różne sposoby

---

<sup>1)</sup> Patrz wydawnictwo zbiorowe czasopisma „Die Strasse” pod tytułem „Bodenmechanik und neuzeitlicher Strassenbau”. Berlin 1936.

budowy nasypów, licząc się z właściwością gruntów błotnistych — ściśliwością, tj. zdolnością do zmniejszania objętości pod wpływem obciążenia oraz płynnością gruntów nasiąkniętych wodą.

Jeżeli nasyp wzdłuż wytkniętej na gruncie trasy na błocie będziemy budować w sposób najczęściej dotąd praktykowany bez jakiegokolwiek przygotowania podłoża, w przekroju poprzecznym otrzymamy obraz, jak na rys. 139; jeżeli warstwa



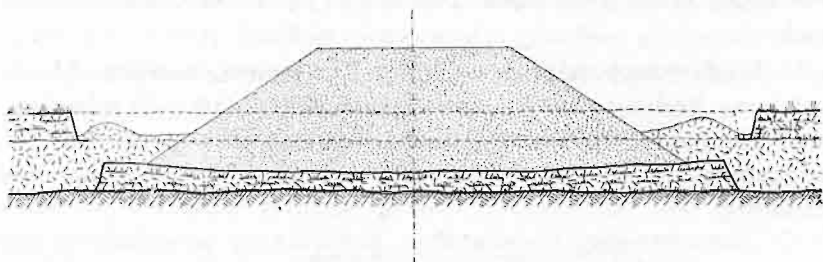
Rys. 139.

gruntu błotnistego jest jednakowej struktury na całej grubości do stałego gruntu (np. torf niezbyt mokry w stanie zwęglonym), wtedy pod wpływem ciężaru własnego nasyp wciśnie się w warstwę torfu aż do gruntu stałego lub też nie będzie dochodzić do gruntu stałego i nie utworzy dostatecznie pewnej podstawy; zawsze będzie możliwość dalszego stopniowego osiadania nasypu na skutek zagęszczenia gruntu pod podstawą nasypu lub częściowego jego wypierania na boki.

Również równowaga nasypu nie będzie pewna, gdy wierzchnia warstwa gruntu składa się z kożucha torfowego, a dolna — z rzadkiego gruntu błotnistego; wtedy pod ciężarem nasypu kożuch torfowy podczas budowy nasypu może się wygiąć i częściowo ułożyć na powierzchni warstwy gruntu stałego, jak na rys. 139b; czasami w czasie sypania nasypu kożuch torfowy

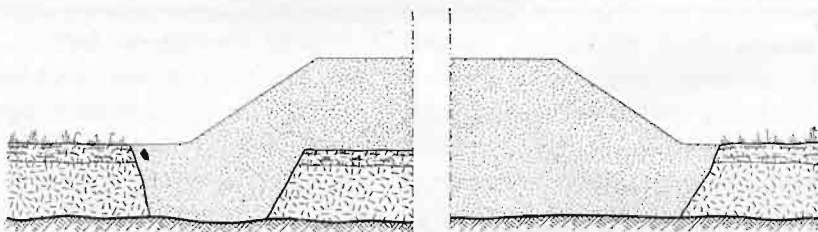


może się przerwać i zbudowany nasyp może osunąć się w warstwę gruntu błotnistego.



Rys. 140.

Aby osiągnąć lepszą i pewniejszą podstawę nasypu w wypadkach, gdy pod kożuchem torfowym znajduje się warstwa

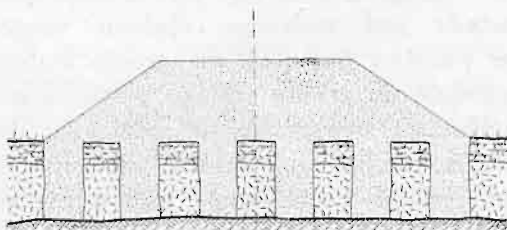


częściowe lub całkowite usunięcie gruntu błotnistego

Rys. 141.

rzadkiego gruntu błotnistego, równoległe do osi nasypu wycina się w kożuchu rowy tak, aby pod ciężarem nasypu kożuch ten równomiernie osiadł i w czasie stopniowego osiadania wycisnął rzadki grunt błotnisty z pod siebie (rys. 140).

Gdy warstwa gruntu błotnistego jest niezbyt gruba (1 — 3 m), aby uniknąć nieokreślonego osiadania lub zmniejszyć go,



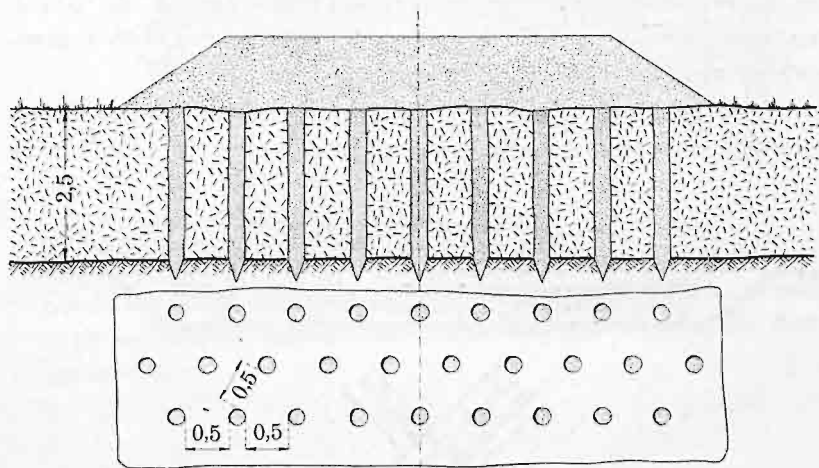
częściowe usuwanie torfu pasami

Rys. 142.

dobrze jest grunt taki wybrać w całości lub częściowo, a nasyp wykonać z odpowiedniego gruntu (rys. 141); można rów-

niez grunt wybierać częściowo przy pomocy maszyn (specjalnych bagrownic kubłowych), wąskimi rowami równoległymi do osi nasypu (rys. 142); w miarę wykonywania rowy te zasypywane są gruntem stałym odpowiednim na nasypy (np. piaskiem); pożądane jest kopanie rowów na całą grubość warstwy gruntu błotnistego, a po zasypaniu gruntem jego ubicie; na wzmocnionej w ten sposób podstawie buduje się nasyp, którego osiadanie będzie równomierne i stosunkowo niewielkie.

Naturalnie wykonanie nasypu w sposób, podany na rys. 142 możliwe będzie, gdy grunt błotnisty jest takiej zwięzłości,



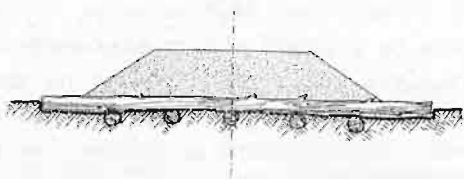
Rys. 143.

że może się trzymać w skarpach lub prostopadle; taką zwięzłość może posiadać torf włóknisty.

Również, gdy grunt składa się z warstwy torfu młodego (włóknistego) grubości 2—2,5 m, można nasyp budować na takim gruncie, wzmacniając go przez utworzenie w szachownicę „pali piaskowych”, a mianowicie wbijając pale drewniane o średn. 25—30 cm, aż do gruntu stałego i po wyciągnięciu ich zasypując otwory piaskiem i ubijając piasek: torf przez wbicie pali zagęszcza się, a „pale piaskowe” silnie ubite stanowią dostatecznie mocną podstawę nasypu (rys. 143).

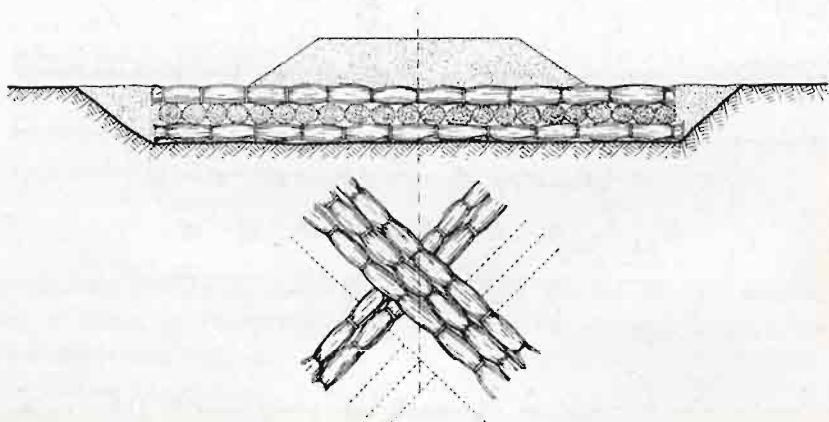
Gdy na błotach mają być zbudowane niezbyt wysokie nasypy, a obciążenie ruchome tych nasypów nie jest spodzie-

wane zbyt wielkie (np. nasyp dla drogi o ruchu miejscowym dla lekkich pojazdów), przy niezbyt grząskich i niezbyt głębokich gruntach błotnistych nasypy takie można budować bez usuwania tych gruntów, wzmacniając podstawę budowanych nasypów bądź przez układanie w poprzek nasypu dyłowania na podłużnych legarach (rys. 144), bądź też przez układanie jednej do trzech warstw faszyny w pęczkach, układanej jak na rys. 145 i zasypanywanej piaskiem lub gruntem piaszczystym.



Rys. 144.

Przy gruntach więcej grząskich dla rozłożenia ciężaru budowanego nasypu na szerszy pas gruntu można to zrobić przy

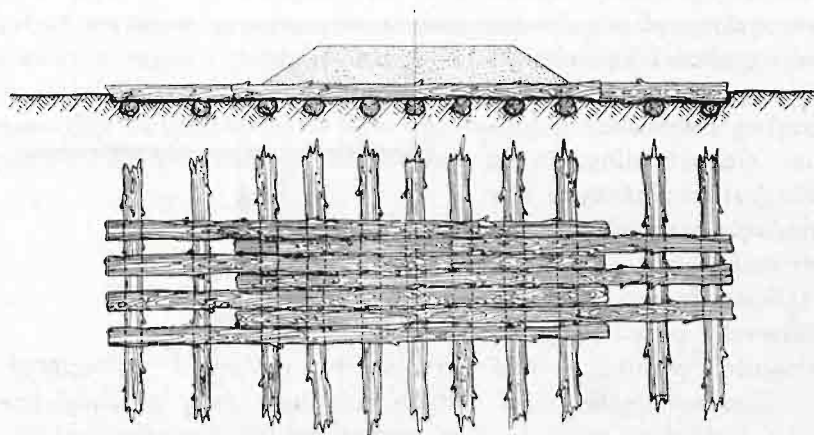


Rys. 145.

pomocy dyłowania, układanego na podłużnych legarach, używając do tego dyli dłuższych, niż szerokość podstawy nasypu o 3—4 m i wypuszczając na przemian na jedną lub drugą stronę zbywającą długość poza podstawę nasypu; dyle wciśnięte w grunt nasiąknięty wodą nie będą gnić i mogą stanowić dość trwałą podstawę (rys. 146).

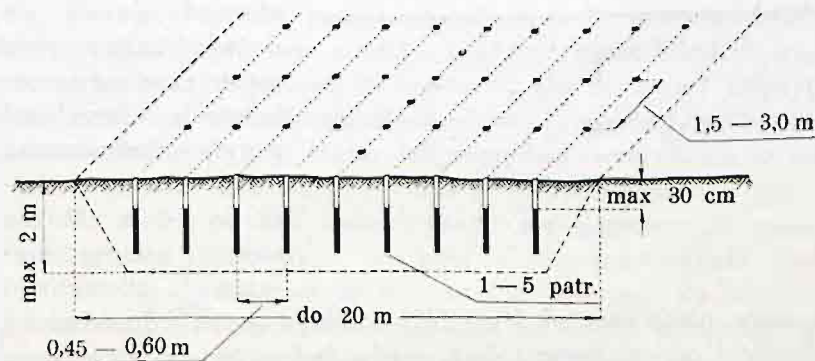
*Zastosowanie materiałów wybuchowych przy budowie nasypów na błotach.* Gdy nasypy budowane są na błotach głęb-

szych ( $> 3\text{ m}$ ) i przeznaczone są dla obciążenia ruchomego większego (np. nasypy kolejowe, nasypy dla autostrad), a usuwanie gruntu błotnistego przy pomocy maszyn jest technicznie



Rys. 146.

niemożliwe lub zbyt kosztowne, można w pewnych wypadkach z powodzeniem zastosować materiały wybuchowe, jak dynamit, amonit itp.



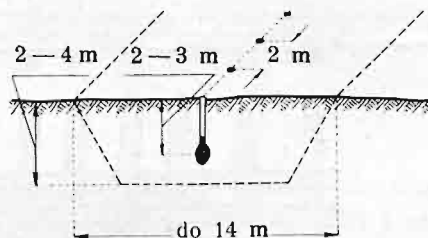
Rys. 147.

Materiały wybuchowe przy budowie nasypów na błotach znalazły szerokie zastosowanie w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej i w ostatnich czasach w Niemczech przy budowie autostrad. Niemcy wykorzystali doświadczenia amerykańkań-



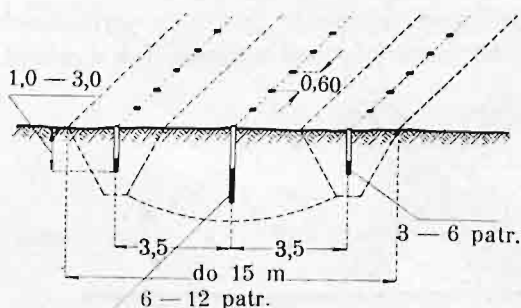
skie, udoskonalili i rozwinęli zastosowanie materiałów wybuchowych przy ustalaniu nasypów budowanych na błotach.

W zależności od warunków miejscowych, a więc konsystencji gruntów błotnistych, ich miąższości, rodzaju, można ograniczyć się do wzruszenia wierzchniej warstwy torfu, przy grubości kożucha do 2,0 m, przez założenie w tę warstwę całej sieci ładunków niezbyt silnych, ale dość gęsto rozłożonych, aby osiągnąć rozluźnienie ściślej masy torfu (rys. 147). Wielkość ładunków dynamicznych przy przyjętej odległości pomiędzy nimi określa się próbnymi wybuchami.



Rys. 148.

Zamiast gęstej sieci małych ładunków, przy grubości kożucha torfowego od 2 do 4 m, można zakładać wzdłuż osi nasypu w pewnych odstępach większe ładunki, ale dość głęboko



Rys. 149.

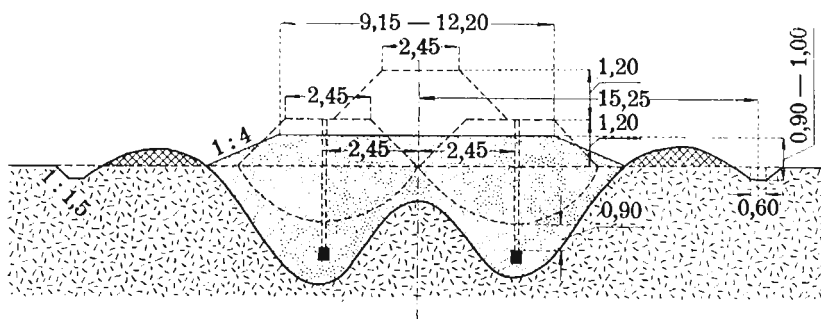
(2 — 3 m) (rys. 148); w tym wypadku wielkość ładunku materiału wybuchowego również określa się doświadczalnie; przy ostatniej metodzie rozluźnienie wierzchniej warstwy torfu można osiągnąć na szerokości do 14 m. Można również osiągnąć rozluźnienie wierzchniej

warstwy nieco inaczej (rys. 149), zakładając na odpowiedniej odległości od osi nasypu dwa rzędy ładunków; po wywołaniu ich wybuchu zakłada się wzdłuż osi projektowanego nasypu środkowy rząd ładunków zwykle głębszych i silniejszych.

Po wzruszeniu (rozluźnieniu) wierzchniej, zwykle włóknistej, warstwy torfu można przystąpić do stopniowej budowy nasypu, zaczynając z początku od osi drogi i usypując wąską groblę, aby na niej można było ułożyć tory kolejek roboczych

do przewożenia ziemi; tę wąską groblę stopniowo rozszerza się w obydwie strony. Daje to możliwość pograżenia budowanego nasypu w grunt błotnisty i stopniowego wyciskania na boki gruntu błotnistego spod budowanego nasypu i częściowo zagęszczania go pod nasypem.

Inne sposoby zastosowania materiałów wybuchowych przedstawione są na rysunkach 150 i 151. Sposoby te mają na celu stabilizację błotnistej podstawy nasypu (rys. 150), bądź też usunięcie (wyciśnięcie) na boki warstwy gruntu błotnistego przy pomocy materiałów wybuchowych (rys. 151).



Rys. 150.

Pierwszy sposób polega na założeniu 2 szeregów ładunków takiej siły, aby one zdołały rozsunać grunt błotnisty częściowo na boki, częściowo ku środkowi; aby otrzymać należyty efekt działania, nad szeregami ładunków nasypujemy dwa nasypy takiej wysokości, aby ciężar ich zapobiegł wyrzuceniu w powietrze gruntu błotnistego przez siłę wybuchu; energia wybuchu skierowana po linii najmniejszego oporu powoduje rozsunięcie gruntu błotnistego na boki i skompromowanie jego w środkowej części podłoża budowanego nasypu. Po wywołaniu wybuchu dwóch rzędów ładunków materiału wybuchowego możemy przystąpić do budowy nasypu na podłożu, które utrwalone zostało częściowo (z boków) przez grunt z nasypów bocznych, który po wybuchu zastąpił grunt błotnisty, rozsunięty na boki, częściowo — przez skompromowanie gruntu błotnistego w środkowej części budowanego nasypu. Sposób wypraktykowany został w stanie Michigan.

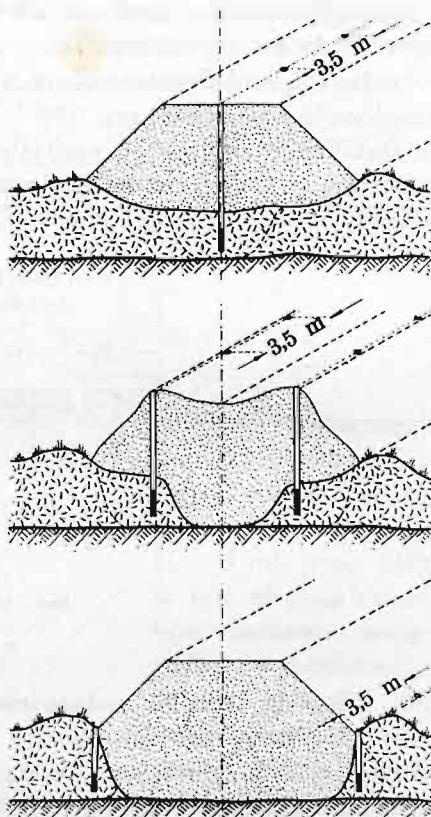
Drugi sposób (rys. 151) ma na celu stopniowe usuwanie gruntu błotnistego spod nasypu w miarę jego wykonywania; naprzód wzdłuż osi nasypu zakładamy szereg ładunków odpowiedniej siły, po czym wykonywujemy groblę nasyp; wielkość ładunków — dobrana doświadczalnie — winna być taka, aby wywołać usunięcie części gruntu błotnistego spod środka nasypu, po czym zakłada się dwa szeregi ładunków w pewnej odległości od osi drogi np. wzdłuż krawędzi korony i wreszcie 2 szeregi ładunków wzdłuż śladów przyszłej skarpy nasypu na powierzchni terenu. Wybuchy ładunków stopniowo wyciskają rzadki grunt błotnisty na boki, na jego miejsce obsuwa się grunt nasypowy.

Praktyka przy budowie autostrad niemieckich daje cały szereg wskazówek praktycznych, z których notujemy najważniejsze.

1. Bardzo ważne jest dokładne określenie rodzaju gruntu błotnistego, z jakim mamy do czynienia, jego grubości i określenie rodzaju stałego gruntu.

2. Przed przystąpieniem do budowy nasypu pożądane jest uprzednie wzruszenie wierzchniej włóknistej warstwy torfu, zwłaszcza gdy jest przerośnięta korzeniami.

3. Na nasyp najodpowiedniejsze są grunty piaszczyste; grunty gliniaste i kamieniste utrudniają zakładanie ładunków materiałów wybuchowych. Nad szeregami ładunków winien być

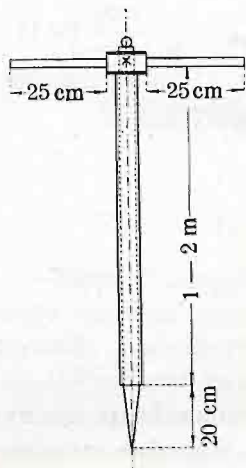


Rys. 151.

usypany nasyp o wysokości nie mniejszej, niż głębokość po-  
kładu wyciskanego na boki gruntu błotnistego.

4. Wielkość ładunków i odległość ich winna być tak do-  
brana, aby wybuch ich podnosił nasyp nie wyżej, niż na 1,0 —  
2,0 m i nie rozrzucił go.

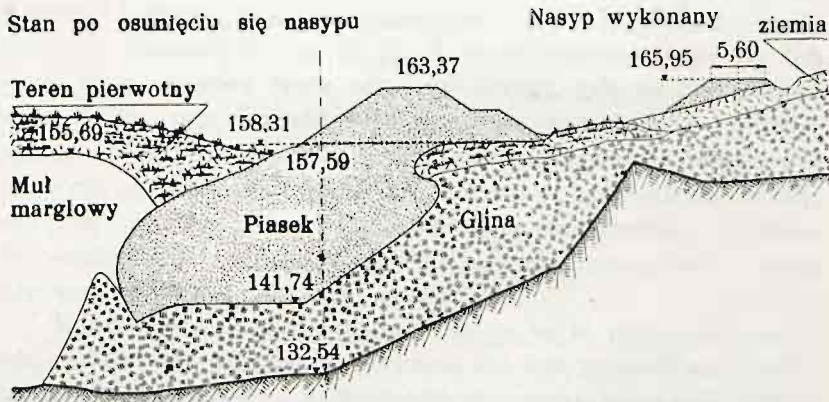
5. Zakładanie ładunków w otwory wykonane sposobem  
wiertniczym jest kosztowne; daleko ekonomiczniejsze jest zakła-  
danie ładunków przez wypłukiwanie grun-  
tu. Przy głębokościach założenia ładun-  
ków do 2,0 m wystarczy prosty przyrząd,  
złożony z rury o średnicy nieco większej,  
niż średnica patronów dynamitowych i pręta  
metalowego o średnicy takiej samej jak we-  
wnętrzna średnica rury (rys. 152); pręt jest  
zaostroszony i może być włożony do rury.  
Przyrząd ten po wbiciu w grunt i wycią-  
gnięciu pręta z rury daje możliwość zało-  
żenia patronów dynamitowych; sposób sto-  
sowania jest prosty i nie wymaga objaś-  
nienia.



Rys. 152.

*Konieczność badania dna błot.* Ko-  
nieczne jest określenie głębokości dna błot  
zarówno w kierunku podłużnym (wzdłuż  
osi nasypu) jak również w kierunkach

poprzecznych do osi: słowem niezbędny jest plan warstwicowy  
dna błota; potrzebne to jest zwłaszcza przy budowie nasypów

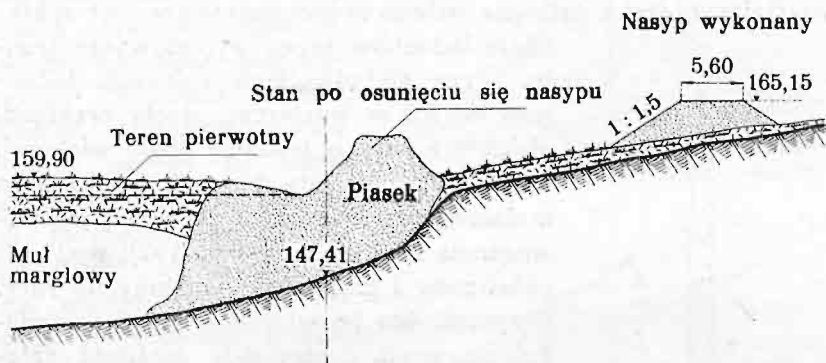


Rys. 153.



na błotach, powstałych na jeziorach polodowcowych, jakich mamy sporo na ziemiach polskich: mają one duże spadki powierzchni gruntu stałego (dna błota).

Przy budowie kolei węglowej pod Kościerzyną<sup>1)</sup> zbudowany nasyp usunął się, ponieważ był zbudowany na błocie, mającym znaczny spadek poprzeczny dna. Powierzchnią usu-



Rys. 154.

wową była powierzchnia gruntu stałego, o którą bezpośrednio lub pośrednio był oparty nasyp po jego wybudowaniu; poprzeczne przekroje wskazują przyczynę osunięcia się nasypu (rys. 153 i 154); z rysunków tych widać również, jak znacznie zwiększone zostały roboty ziemne wskutek niekorzystnego usytuowania nasypu. W rezultacie musiano przenieść tor kolei w miejsce wyższe, bezpieczniejsze.

<sup>1)</sup> Wykonanie nasypów na błotach (Budowa kolei Herby — Gdynia) Inż. Nowkuński. „Inżynier kolejowy” 1935.