

DZIAŁ IV.

Budowa spodnia i wierzchnia.

ROZDZIAŁ I.

Budowa spodnia.

Rodzaje odkształceń gruntu i budowli ziemnych oraz ich przyczyny.

Wobec małej stromości pochyłeń, jaką zachować należy na drogach żelaznych, torowisko kolejowe (plant) nie może stosować się do naturalnych pochyłości gruntu w tym stopniu, jak droga zwyczajna, co zniewala do urządzania go na nasypach i w wykopach, mających często znaczną wysokość lub głębokość. Wynikające stąd wielkie roboty ziemne przy urządzeniu torowiska kolejowego, obciążenie, któremu ono podlega, oraz znaczenie pierwszorzędne, jakie posiada dla bezpieczeństwa jazdy jaknajzupełniejsza stałość kolei, nakazują zwrócić szczególną uwagę na odpowiednią stateczność i trwałość budowy spodniej.

Najlepsze wskazówki co do środków, jakie zastosować należy dla dopięcia tego celu, dadzą spostrzeżenia nad odkształceniami, którym podlega grunt i budowle ziemne, zbadanie zaś przyczyn tych odkształceń wskaże sposoby ich uniknięcia.

Powierzchnia gruntu naturalnego podlega stałemu wpływowi niwelującemu siły ciężenia, której pomaga woda, zmniejszając spoistość cząsteczek gruntu i tarcie między nimi, unosząc je swoim prądem, rozmiękczaając niektóre rodzaje gruntów i t. p.

Najzwyczajnym rodzajem odkształcenia jest powierzchniowe *kruszenie się* gruntu pod działaniem wody, mrozu i wietrzenia, oraz staczanie się okruchów po stromych stokach w doliny.

Prąd wody lub zmiana jej poziomu wywołują podmycie i *zawalenie się* brzegów.

Pochyły układ warstw gruntu bywa niekiedy przyczyną *osuwisk*, wskutek osuwania się jednych warstw względem drugich, szczególnie jeżeli między nie-

mi znajdują się warstwy gliny, która pod działaniem wody łatwo namięka i staje się śliską.

Jeżeli przyczyny wspomniane wyżej powodują czasami (zwłaszcza w górach), nawet gdy grunt znajduje się w warunkach naturalnych, olbrzymie *zwały* mas ziemi, to tem zrozumialsze są takie wypadki wówczas, gdy przy wykonywaniu robót ziemnych pochyłe warstwy grunty zostaną przecięte i pozbawione podpory naturalnej. Każdy nasyp lub wykop zmienia wogóle warunki równowagi, w jakich znajdowały się masy ziemi przed ich wykonaniem. W wykopach wyprowadzeniu z równowagi mas ziemi szczególnie sprzyja woda, która dąży do wykopu przez warstwy gruntu przepuszczalnego. Jeżeli wykop znajduje się w gruncie łatwo przepuszczalnym, to dopływ wody w rzadkich zaledwie przypadkach powoduje znaczniejsze uszkodzenia stoków, w kształcie wyrw i usypisk; natomiast utrzymanie w porządku wykopów w gruntach gliniastych często następuje poważne trudności.

Prócz osunięć, spowodowanych pochyłym układem warstw gruntu oraz przyczynami wskazanymi powyżej, stoki wykopów w gruntach gliniastych podlegają czasem *rozpływowi*. Powstają one skutkiem tego, że niektóre gatunki gliny przy dopływie wody namiękają do tego stopnia, że tworzą ciastowatą masę, osuwającą się, a raczej rozpływającą się nawet wtedy, gdy stromość stoków jest bardzo łagodna.

Grunty, zatrzymujące w sobie wodę, pęcznieją przy zamarzaniu, powodując *wysadziny*. Takie miejscowe wzniesienia gruntu szczególnie dają się we znaki w mokrych wykopach gliniastych. W nasypach rozpływy i wysadziny zdarzają się daleko rzadziej, gdyż woda przesiąka w nasypy i zatrzymuje się w nich tylko w przypadkach wyjątkowych.

Osunięcia nasypów mają miejsce przeważnie w płaszczyźnie podstawy, jeżeli ta jest stromo pochyłona do poziomu.

Oprócz wyliczonych powyżej rodzajów odkształceń, grunty naturalne i nasypowe podlegają *osiadaniu* pod działaniem obciążenia. Osiadanie gruntu naturalnego bywa znaczne przeważnie w przypadku, jeżeli jest on natury błotnistej lub torfiastej. Grunt nasypany podlega zawsze osiadanemu, ulegając się pod obciążeniem, czasami przez długie lata.

Jak zaznaczono wyżej, badania geologiczne miejscowości, w której projektowana jest droga żelazna, wchodzi w zakres prac, odnoszących się do technicznego jej wyznaczenia. Rezultaty tych badań mogą wpłynąć decydująco na wybór kierunku linii. Przesuwając linię we właściwym kierunku, można w wielu przypadkach uniknąć odkształceń torowiska kolejowego, których późniejsza naprawa pociągnęłaby za sobą duże koszty i niedogodności.

Jednakże nie zawsze sądzić można z rodzaju gruntu i jego uwarstwienia, o ile w danych warunkach stateczność budowy spodniej będzie dostatecznie zabezpieczona. Dlatego też często się zdarza, że naprawa odkształceń budowy spodniej, które nie były przewidziane w czasie budowy drogi żelaznej, staje się zadaniem eksploatacji.

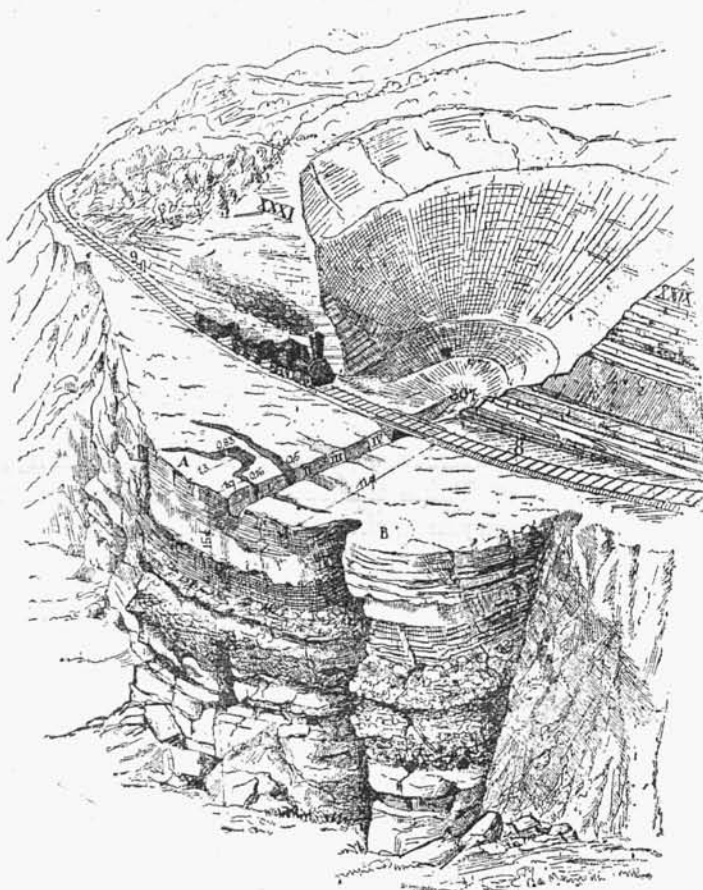
Lejki ufańskie. Droga żelazna Samarsko-Złotoustowska, zbudowana w ciągu lat od r. 1888 do r. 1890, przeprowadzona jest od stacji Ufa na długości 6,4 km po stoku góry dla wejścia na wododział między rzeką Białą i Ufą.

Wkrótce po otwarciu ruchu na tym szlaku zarząd eksploatacji zwrócił uwagę na tworzenie się w bliskości linii, czasem wprost pod szynami, zapadlin formy lejkowej. Zapadliny te tworzyły się bez żadnych widocznych powodów tak nagle, że między dwiema oględzinami linii, dokonywanymi w odstępie jednej godziny, tworzyły się jamy objętości kilkudziesięciu metrów sześciennych.



Rys. 110.

Badania geologiczne wykazały, że góra, po której stoku poprowadzona jest linia drogi żelaznej, składa się z pokładów gipsu ogólnej grubości do 64 m, pokrytych warstwą gliny z marglelem, na której znów znajduje się pokład piaszczysty. Pokłady gipsowe odznaczają się tą właściwością, że się łatwo rozpuszczają w wodzie, która sączy się z powierzchni ziemi i ze źródeł i tworzy w gipsie szpary, kręte kanały i groty (rys. 110). Pokłady gliniaste składają się z cienkich warstw różnej twardości, które łatwo się łamią i podlegają rozmyciu. Przymieszka gipsu nadaje glinie tę własność, że traci ona swoją plastyczność i przy dopływie wody staje się płynną. W takich warunkach woda z opadów atmosferycznych i ze strumieni szybko wsiąka w grunt, linie zaścieku i rowy są zwykle suche. Działalność niszcząca wody skierowywa się natomiast pod ziemię, gdzie niewidocznie dla oka badacza wytwarzają się warunki, zagrożające stałości toru kolejowego. Lejki (rys. 111) tworzą się skutkiem podmywania i zapadania się pokładów gipsowych, poczem zapadliny zapełniają się ziemią z pokładów wyżej leżących.

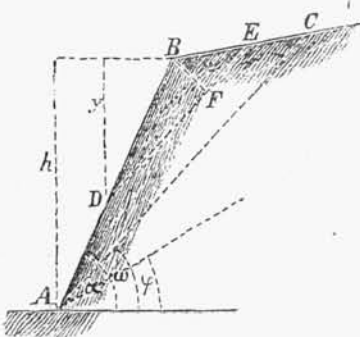


Rys. 111.

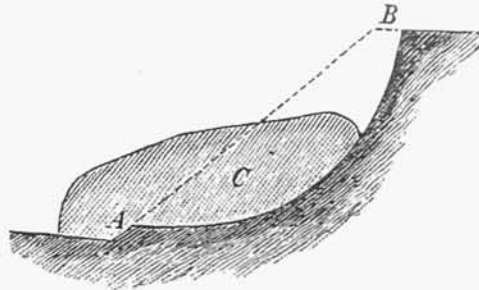
Opisane powyżej właściwości geologiczne okolic miasta Ufy były dawno znane i lejkowate zapadliny spostrzegano przed zaczęciem budowy drogi żelaznej. Niestety, okoliczności te przy jej budowie nie były wzięte pod uwagę. Zapadliny i osuwiska grożą na tej przestrzeni ciąglem niebezpieczeństwem dla ruchu kolejowego, który wymaga wzmocnionego dozoru nad torem i zastosowania specjalnych środków ostrożności, pociągających za sobą duże wydatki. Zasypywanie lejków gliną, urządzenie rowów do odprowadzania wody, nawet przesuwanie toru z miejsc najniebezpieczniejszych na pewną odległość, można zaliczyć tylko do środków czasowo zapobiegających, albowiem cały pas ziemi, po którym przeprowadzony jest tor kolejowy, przedstawia podłoże nietrwałe i nie zrównoważone, warunki zaś, od których stan ten zależy, będą się z biegiem czasu pogarszać. Wobec tego może być, że w przyszłości okaże się niezbędnym kierunek drogi przyjęty na tym szlaku zupełnie zarzucić i wybrać inny, pomimo, że budowa jego wraz z dwoma mostami dużych rozpiętości na rzekach Białej i Ufie pochłonięła bardzo znaczne sumy.

2. Stoki nasypów i wykopów kolejowych. Tarcie i spoistość gruntu. Kąt stoku naturalnego. Stoki nasypów wysokich. Wzmacnianie stoków. Obsiewanie, darniowanie, brukowanie, płotki i wiązki (faszyny).

Głębokość wykopów i wysokość nasypów zależą od przekroju podłużnego linii. Szerokość torowiska, przy jednej i tej samej ilości torów, pozostaje na całej długości linii stałą i o niej będzie mowa niżej. Oprócz tych wymiarów, na wygląd zewnętrzny budowy spodniej wpływają przede wszystkim powierzchnie boczne tejże budowy, t. j. *stoki*, od których pochylenia zależy w znacznym stopniu jej stateczność.



Rys. 112.



Rys. 113.

Osuwaniu się masy ziemnej, ograniczonej stokiem AB (rys. 112), w płaszczyźnie osuwania AC zapobiega *tarcie i spoistość cząsteczek ziemi*. Tarcie jest w stosunku prostym do ciężaru osuwającej się masy ABC , a zatem, licząc na jednostkę długości, w stosunku prostym do kwadratu wysokości stoku h , spoistość zaś cząsteczek jest w stosunku prostym do szerokości płaszczyzny osuwania się AC , a więc do pierwszej potęgi wysokości stoku.

Z tego wynika, że przy zwiększaniu się wysokości stoku, opór osuwaniu się wzrasta wolniej niż siła działająca, t. j. wolniej niż ciężar osuwającej się masy ziemi. Dla uniknięcia osunięć stromość stoku powinna być tem mniejsza, im większa jest jego wysokość, co potwierdza kształt wklęsły powierzchni osunięcia, spostrzegany w osuwiskach (rys. 113).

Jeżeli spoistość cząsteczek jest niewielka, a więc w przypadkach gruntów sypkich i pulchnych, to opór osuwaniu wzrasta w takim stosunku, w jakim wzrasta ciężar osuwającej się bryły; to też dla takich gruntów kąt stoku naturalnego nie zależy od jego wysokości i jest wogóle mniejszy, niż dla gruntów ścisłych.

Dla ułatwienia robót ziemnych przy budowie torowiska kolejowego zwykle daje się stokom pochylenie jednakowe na całej ich wysokości, zmniejszając pochylenie wraz ze zwiększeniem wysokości stoku.

Pochylenie stoku powinno zależeć od rodzaju gruntu, t. j. od kąta tarcia i od współczynnika spoistości gruntu. Na spoistość cząsteczek gruntu rzadko kiedy liczyć można, przytem wyłącznie w wykopach w gruncie ścisłym. Z tego względu stoki wykopów mogą być bardziej strome niż stoki nasypów.

Oprócz gruntów skalistych, stosunkowo największą spoistością odznacza się sucha glina. Spoistość i tarcie gruntów ziemistych zmniejsza się, jeżeli są nasiąknięte wodą. Szczególniej glina, nasiąknięta wodą, rozplywa się tem łatwiej, im jest czystsza. Spoistość gruntów skalistych może być bardzo różna i winna być określoną w poszczególnych przypadkach doświadczalnie.

Kąt stoku naturalnego, t. j. największe pochylenie, jakie zachować może stok masy ziemnej, nie posiadającej spoistości, wynosi:

dla piasku miążkiego	1,7	do 1,5	podstawy na 1 wysokości				
„ „ gruboziarnistego	1,6	„ 1,3	„ „ „ „	„	„	„	„
„ czarnoziem.	1,7	„ 1,2	„ „ „ „	„	„	„	„
„ gliny suchej	1,7	„ 1,1	„ „ „ „	„	„	„	„
„ „ mokrej	5,7	„ 1,7	„ „ „ „	„	„	„	„
„ kamienia polnego.	1,5	„ 1,1	„ „ „ „	„	„	„	„
„ kamienia łupanego	1,1	„ 0,9	„ „ „ „	„	„	„	„

Pochylenie stoków nasypów i wykopów kolejowych określa się zwykle na podstawie wskazówek praktyki. Należy zauważyć, że wstrząśnienia, którym podlega torowisko kolejowe podczas przejścia pociągów, nie pozostają bez wpływu na spoistość cząsteczek ziemi, dlatego też w jednakowych warunkach stromość stoków na drogach żelaznych powinna być mniejsza, niż na drogach zwyczajnych lub wogóle w budowlach, które nie podlegają wstrząśnieniom. Stokom nie bardzo wysokim (do 4 m lub 6 m) w gruncie zwykłym daje się na drogach żelaznych od 1,5 do 2 podstawy na 1 wysokości. W gruntach piaszczystych i ziemistych pochylenie stoków przyjmuje się mniejsze, niż w gruntach gliniastych i zwirowatych. Stoki wykopów, o ile nie grozi im osuwanie się skutkiem pochylego uwarstwienia gruntu, przesiąkania wody i t. p., mogą być wobec większej spoistości cząsteczek bardziej strome niż stoki nasypów. Tak na przykład, na niektórych drogach żelaznych zagranicznych pochylenie stoków w wykopach przyjmuje się w warunkach zwykłych 1,25 podstawy na 1 wysokości. W gruntach skalistych stoki wykopów mogą być znacznie bardziej strome, a nawet zupełnie pionowe.

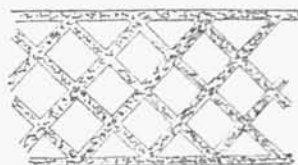
Na drogach żelaznych w Polsce przyjęto stosować w warunkach zwykłych, w wykopach zarówno jak w nasypach, stoki półtoraczne. *Stoki nasypów wysokich*, jeżeli wysokość jest większa niż 6 m, otrzymują w części dolnej poniżej

6 m pochylenie $1:1\frac{3}{4}$. Według przepisów (P. T. O.), szerokość podstawy wysokich nasypów ma być ustalona zawczasu, po dokładnem zbadaniu ich posadowienia i materiału.

Nasypy i wykopy zabezpiecza się zwykle przez odpowiednie wzmocnienie stoków od kruszenia i wymywania spływającą wodą oraz od przesiąkania teje wewnątrz stoku i rozmiękczenia gruntu. Jeżeli grunt jest drobnopiaszczysty, wzmocnienie jego powierzchni zabezpiecza go również od wywiania. Wskutek tego stoki wzmocnione można utrzymać w porządku przy większej stromości niż niewzmocnione.

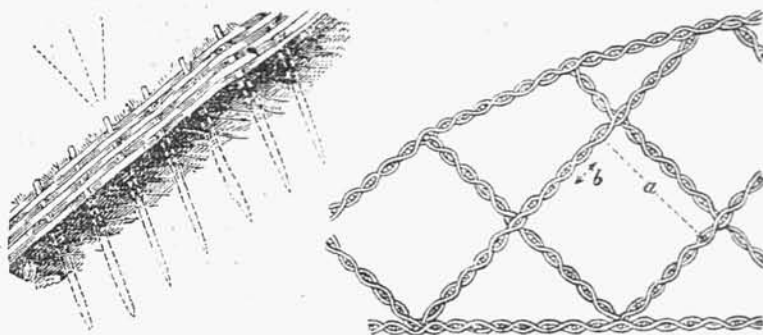
Najprostszy sposób wzmocnienia stoków polega na *obsianiu*, aby przyspieszyć ich obrastanie. Powierzchnia stoków zwykle pokrywa się przedtem warstwą ziemi rodzajnej, grubości około 10 cm.

Ponieważ ziemia narzucona nie trzyma się na stoku i deszcz ją łatwo spłukuje, przeto stoki wykopów często wzmacnia się *darnią*, pasami na krzyż, przybijając darnie kołkami. Puste miejsca pomiędzy darnią pokrywa się warstwą ziemi rodzajnej, którą się następnie obsiewa (rys. 114). Dla lepszego umocowania stoków darniuje się je na całej powierzchni, kładąc darnie w przewież i przybijając każdą darń dwoma kołkami.



Rys. 114.

Stoki nasypów na rozlewach rzek, podległe działaniu szybkiego prądu wody, uderzeniom kry w czasie ruszania lodów i t. p., w szczególności zaś stożki ziemne przy przyczółkach mostowych, wymagają mocniejszego zabezpieczenia od podmycia i zniszczenia, co osiąga się przez wzmocnienie stoków *brukiem*, płótkami z chrustu lub wiązkami (faszynami). Brukiem również najlepiej jest wzmacniać dno i stoki rowów. Bruk układa się na warstwie piasku, zapelniając odstępy między kamieniami mchem lub słomą. Na nasypach bruk należy kłaść dopiero po ich ułożeniu się.



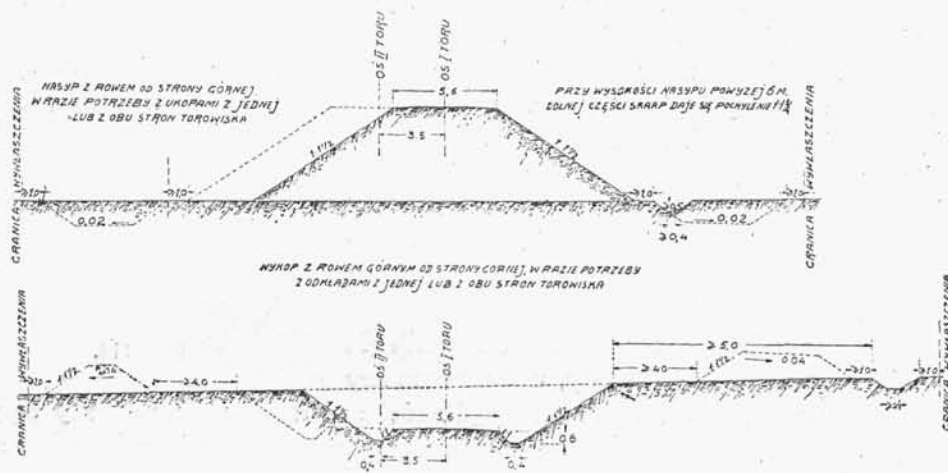
Rys. 115.

Płotki składają się z kołków wbitych w stok na $\frac{2}{3}$ swej wysokości, przeplatanych świeżym chróstem. Płotki grodzi się na krzyż, aby tworzyły klatki, do 4 m w kwadrat, które zapełnia się ziemią rodzajną lub kamieniami (rys. 115).

Wiązki ze świeżego chróstu układa się przeważnie warstwami, prostopadle do kierunku prądu, przymocowując do stoku każdą warstwę oddzielnie, zapomocą wiązkowej opaski, przez którą wbija się kołki. Pochylenie stoków wzmocnionych brukiem, płotkami lub wiązkami nie powinno być większe jak 1 : 1.

3. Normalny przekrój poprzeczny torowiska w wykopach. Rowy poboczne. Odkłady. Rowy górne ochronne. Odwodnienie wykopów. Rowki odsączające. Przypory. Przykład ustalenia osuwającego się wykopu.

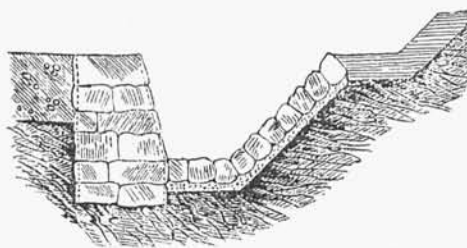
Normalny przekrój poprzeczny torowiska w wykopie, będący w użyciu na drogach żelaznych polskich znaczenia ogólnego, przedstawiony jest na rys. 116.



Rys. 116.

Normalne przekroje poprzeczne nasypów i wykopów dla dróg żelaznych znaczenia ogólnego.

Z obu stron torowiska w wykopie urządza się rowy poboczne szerokości na dnie 0,3 do 0,4 m i głębokości co najmniej 0,5 do 0,6 m. W celu zmniejszenia szerokości wykopu, stok rowu pobocznego od strony torowiska przyjmuje się 1 : 1,



Rys. 117.

wzmacniając go darniowaniem lub brukowaniem. Pochylenie drugiego stoku rowu pobocznego przyjmuje się takie samo, jak i stoku wykopu. Oba te stoki zlewają się z sobą lub oddzielają się niewielką ławą. W razie braku miejsca lub jeżeli trzeba pogłębić rów poboczny w wykopie już istniejącym, stok rowu od strony torowiska zastępuje się niekiedy ścianką z suchego muru (rys. 117).

W kierunku podłużnym rowy poboczne otrzymują zwykle także pochyle- nie jak i torowisko. Jeżeli torowisko w wykopie przeprowadzone jest poziomo, to rowy poboczne powinny być wykopane ze spadkiem nie mniejszym jak 0,001.