

ROZDZIAŁ VI

ZABEZPIECZENIE SKARP NASYPÓW I WYKOPÓW

1. Czynniki niszczące skarpy

Skarpy nasypów i wykopów, pozostawione bez odpowiedniego wzmocnienia, łatwo mogą być uszkodzone przez różne czynniki destrukcyjne.

Wymienić tu należy przede wszystkim czynniki atmosferyczne: niszcząco na skarpy działać może deszcz, gdy strumyki wody z deszczu spływają po skarpie i unoszą z sobą cząsteczki gruntu i w zależności od ich wielkości żłobią na powierzchni mniej lub więcej głębokie rowki; bardzo czułe są pod tym względem grunty o ziarnie bardzo drobnym, a więc grunty ilaste, gliniaste, a zwłaszcza lössowe. Wiatry również mogą wywoływać znaczne działanie niszczące, wywiewając drobniejsze ziarna gruntów, mających stale lub chwilowo małą spoistość (zwięzłość), np. piaski drobnoziarniste, suche iły lub lössy. Mróz również może niszczyć skarpy, gdy są nasiąknięte wodą, która przechodząc ze stanu płynnego w stały i powiększając objętość, rozluźnia powierzchnię skarp i po odmarznieniu czyni je podatniejszymi na działanie spływającej wody, przy tym niektóre grunty gliniaste mają właściwości pęcznienia, wchłaniając znaczne ilości wody; dzięki temu skarpy mogą deformować się w znacznym stopniu.

Konieczność zabezpieczenia skarp zająć może, gdy skarpom nadaje się pochylenie większe, niż kąt naturalnego stoku, właściwy dla danego rodzaju gruntu; zabezpieczenie jest tu konieczne, aby skarpy „nie spełzały”.

Wreszcie odpowiednie zabezpieczenie skarp jest konieczne wtedy, gdy są one narażone na działanie prądu wody, przepływającej wzdłuż skarp, np. gdy skarpy znajdują się na terenie zalewowym rzek lub potoków; szybkość przepływu wód ma tu wielki wpływ na wybór rodzaju zabezpieczenia.

2. Wybór sposobu zabezpieczenia skarp nasypów i wykopów

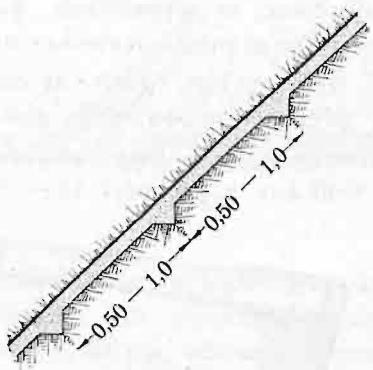
W zależności od właściwości gruntów, z jakich utworzone są skarpy i od warunków, w jakich się znajdują, stosowane są różne sposoby zabezpieczenia skarp wykonanych robót ziemnych.

W stosunkowo rzadkich wypadkach możemy nie stosować żadnego sposobu zabezpieczenia skarp, ograniczając się do konserwacji, polegającej na wyrównywaniu odkształceń i uszkodzeń; może to mieć miejsce, gdy skarpy są zbudowane z gruntu niewrażliwego na działanie czynników atmosferycznych i gdy nie są narażone na działanie prądu wody, przepływającej z pewną szybkością wzdłuż skarpy; wtedy nie zależy nam, aby powierzchnia skarp od razu była zabezpieczona; nie stosując żadnego zabezpieczenia skarp, liczymy się z tym, że naturalne zabezpieczenie skarp przez porost traw lub krzewów nastąpi z biegiem czasu w ciągu kilku sezonów letnich i, że zwłoka ta nie odbije się w znaczniejszym stopniu na trwałości robót ziemnych.

3. Sposoby zabezpieczania skarp nasypów i wykopów

Obsiewanie skarp. Jeżeli chcemy przyspieszyć porost trawy na skarpach nasypów i wykopów, obsiewamy je nasionami traw, mających gęste i drobne korzonki. Nasiona traw—zwykle mieszanki z kilku gatunków—nabywa się w handlu. Do mieszanek nie należy stosować koniczyny, lucerny i innych traw, mających długie i grube korzonki; w razie braku specjalnych nasion traw, można używać nasiona, jakie zwykle w sporej ilości znajdują się w okruskach siana pod stogami lub w stodołach; rezultaty w tym wypadku są gorsze.

Gdy skarpy są wykonane z gruntów, które same przez się są urodzajne, jak np. grunty gliniaste, lössy, piaszczyste z większą domieszką gliny itp., obsiewanie skutecznia się po ostatecznym wyregulowaniu skarp przy pomocy płaskiej, lekkiej i ostrej łopaty, osadzonej na długim, lekkim drążku długości 3,0—4,0 m. Robotnik przy wyrównywaniu skarp dzięki długiemu drążkowi ma duży zasięg i mniej uszkadza skarpe przez jej deptanie.



Rys. 155.

Jeżeli skarpy są zbudowane z gruntu nieurodzajnego, np. sypkiego piasku, marglu, łupku itp., skarpy należy przed obsianiem pokryć warstwą ziemi urodzajnej (humusem) o grubości 5 — 10 cm, a przy łupkach, otoczakach itp. — 10 — 20 cm (rys. 155). Naturalnie w wypadku sto-

sowania warstw ziemi urodzajnej należy je uwzględnić przy określaniu poszczególnych wymiarów wykonywanych wykopów lub nasypów.

Obsiewanie wykonywamy ręcznie; aby było możliwie równomierne, mieszamy nasiona traw z kilkakrotnie większą ilością suchego piasku i dopiero taką mieszaninę rozsypujemy po skarpach, po czym z lekka zagrabiamy i ubijamy (przyklepujemy) drewnianymi deskami grubości 3 — 4 cm, długości 30 — 40 cm, osadzonymi na długich, giętkich drążkach.

Ilość nasienia zwykle wynosi 0,8 do 1,0 kg na 100 m². Najlepszą porą dla obsiewania skarp jest wczesna wiosna, gdy skarpy są jeszcze wilgotne; wegetacja wtedy ma najlepsze warunki; w ciągu lata można trawę na skarpach skosić dwa razy i przyspieszyć tworzenie się darniny.

Nie jest wskazane obsiewanie skarp w lecie, kiedy zwykle jest mniej opadów i kiełkujące nasiona mogą uschnąć.

Obsianie w jesieni może również nie dać dobrych wyników, gdyż mimo pory wilgotniejszej roślinność na skarpach może nie zdążyć się rozwinąć dostatecznie. Obsiewanie rzadko daje skarpe dobrze zabezpieczoną zaraz w ciągu pierwszego

lata; częściej dobre zamurawienie skarp następuje dopiero w drugim sezonie letnim.

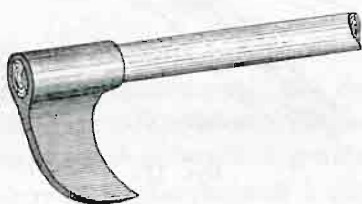
Darniowanie skarp. Sposób ten zabezpieczenia skarp daje daleko prędzej rezultaty, niż obsiewanie, a w niektórych razach zaraz po wykonaniu.

Należy więc darniowanie stosować w wypadkach, gdy chcemy od razu uczynić skarpe odporną na czynniki destrukcyjne.

Darniowanie skarp nie jest celowe tam, gdzie są one większą część roku pod wodą, gdyż trawa pod wodą ginie.

Darninę wycina się zwykle w kawałkach kwadratowych 30×30 cm lub prostokątnych 30×40 cm, o grubości 10 — 15 cm. Dla oszczędności staramy się darninę zdobyć przy wykonywaniu wykopów, wykopów materiałowych i rowów oraz spod projektowanych nasypów.

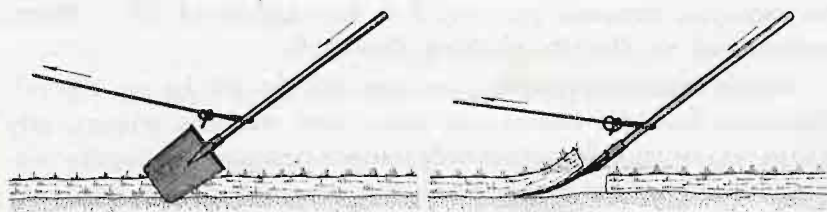
Zdejmuje się darninę przy pomocy specjalnych noży (rys. 156) lub przy pomocy zwykłych łopat stalowych (rys. 157). Ze-



Rys. 156.

brana darnina, ułożona w stosy trawą do trawy, może leżeć 6 — 8 tygodni; w razie suszy należy ją polewać od czasu do czasu wodą, aby trawa w darninie nie zamarała.

Najodpowiedniejszy czas do darniowania: wiosna — do końca maja i jesień — od września, gdy mamy porę, w której

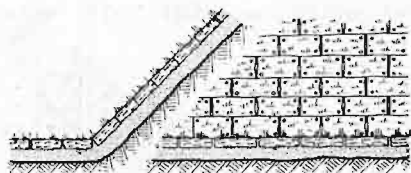


Rys. 157.

prędzej spodziewać się możemy więcej wilgoci, niż w miesiącach letnich; dla dobrej wegetacji darnina wymaga z początku wilgoci więcej, niż później, gdy trawa przyjmie się już na nowym miejscu.

Sposobów darniowania jest kilka.

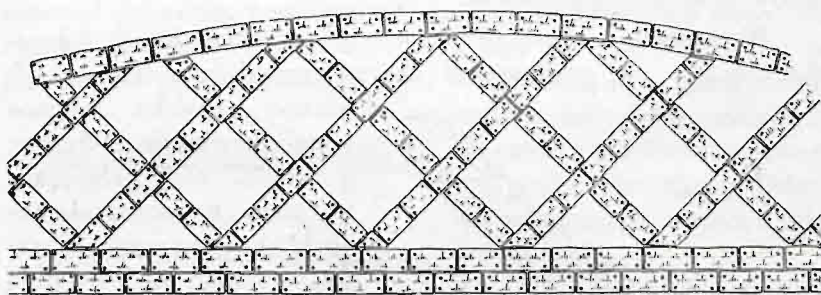
Darniować można na płask, układając darniny rzędami poziomymi, jak na rys. 158, aby szczeliny pomiędzy poszczególnymi kawałkami darniny były przewiązane. Jeżeli na skar-



Rys. 158.

pach mamy grunt nieurodzajny, lepiej dać pod darninę warstwę ziemi urodzajnej (humusu), aby darnina lepiej się przyjęła. Szczeliny należy wypełnić ziemią urodzajną. Gdy skarpa jest dość stroma ($p < 1:1\frac{1}{2}$), należy każdy ka-

wałek darniny z lekka ubić drewnianymi młotkami i przybić czterema lub przynajmniej dwoma kołeczkami o wymiarach $2 \times 2 \times 30 \text{ cm}$, wbijanymi prostopadle do powierzchni skarpy. Jeżeli darniowanie całkowite powierzchni skarp jest drogie lub mamy trudności w znalezieniu dostatecznej ilości darniny, możemy z gorszym wynikiem zastosować darniowanie w klatkę (rys. 159), zwłaszcza na skarpach wykopów, pokrywając



Rys. 159.

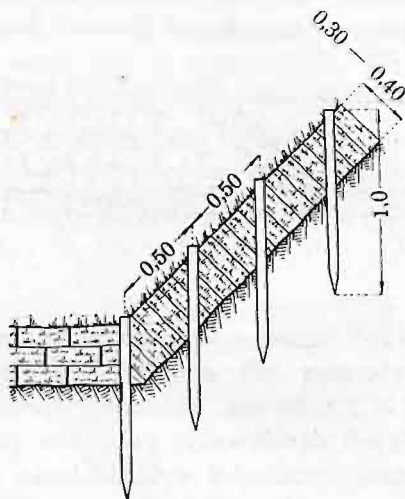
powierzchnię skarpy pasami darniny, krzyżującymi się pod kątem prostym, tworzącymi kwadraty ok. $1,0 \times 1,0 \text{ m}$, wolne od darniny, które wyrównywa się ziemią urodzajną i obsiewa trawą. Pasami darniny pokryć należy również brzegi skarpy wzdłuż jej śladu na terenie, jako też całkowicie należy odarniować skarpe w rowach nieco powyżej poziomu powierzchni największej spodziewanej wody.

Wzmocnienie skarp przez darniowanie w klatkę jest

wprawdzie oszczędniejsze, ale też na razie — w ciągu 2 — 3 pierwszych lat — od darniowania całkowitego słabsze, dopóki kwadraty wolne od darniny po obsianiu trawą nie utworzą darniny.

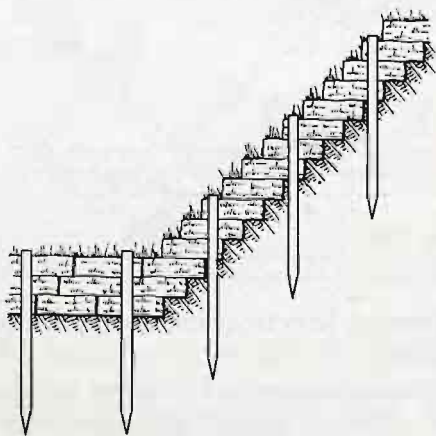
Jeżeli skarpy, które mamy darniować narażone są w pewnych niezbyt długich okresach na silny prąd wody, darniujemy rębem (rys. 160), warstwą grubości 0,30—0,40 m, układaną prostopadle do powierzchni skarpy lub też także grubości warstwą, układaną poziomo z kawałków darniny, jak na rys. 161.

W obydwu wypadkach warstwę darniny należy przybijać do skarpy przy pomocy kołków długości 0,80—1,0 m.



Rys. 160.

Wzmacnianie skarp przy pomocy sadzenia drzew i krzewów. Jeżeli na powierzchni skarpy posadzimy drzewa lub krzewy, szybko rosnące i mające liczne i drobne korzenie, nie wchodzące w głąb, a rozgałęziające się blisko powierzchni skarpy, otrzymać możemy dość mocne wzmocnienie skarpy. Nadaje się do tego celu wierzba, akacja, brzoza, różne gatunki wikliny. Zwykle sadzimy je rzędami poziomymi w porządku szachowym, dając na 1 m² jedną sadzonkę. Chroniąc skarpe od słońca, drzewa

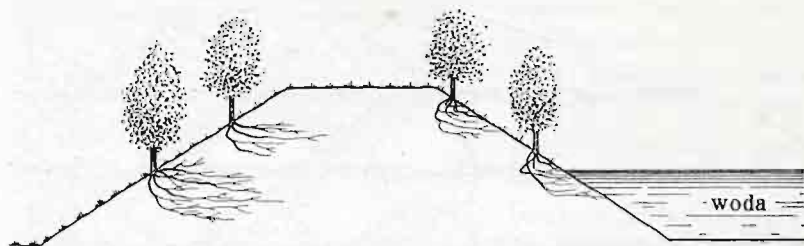


Rys. 161.

czy krzewy utrzymują skarpe w stanie wilgotnym.

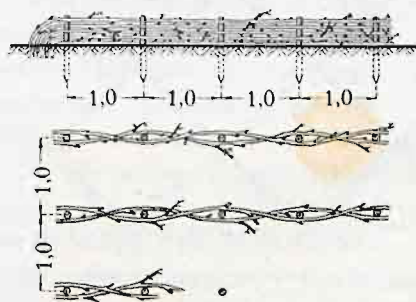
Możliwość i celowość zastosowania tego sposobu zależy od

miejscowych warunków. Np. nie jest wskazane obsadzanie skarp wykopów kolei żelaznych lub dróg wysokimi drzewami, gdyż drzewa te wywracając się w stronę toru mogą go zatarasować. Również nie jest wskazane sadzenie drzew lub krzewów (rys. 162) po stronie zewnętrznej nasypu, zbudowanego



Rys. 162.

dla spiętrzenia wody, gdyż korzenie drzew lub krzewów dążą w kierunku, gdzie ziemia jest więcej wilgotna, a więc w kierunku wody; mogą one z czasem wywołać przesączenie się wody wzdłuż nich, a niekiedy — rozmycie nasypu. Korzenie drzew i krzewów, posadzonych na skarpie od strony wody, dążąc ku niej, nie będą przenikać w głąb nasypu, rozrastają się płytko pod powierzchnię skarp i wzmacniają je. Takie wzmocnienie jest dobre, zwłaszcza



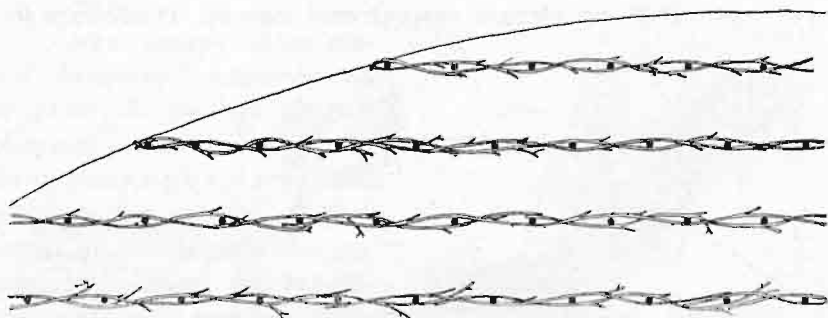
Rys. 163.

w pobliżu poziomu spiętrzonej wody, gdyż chroni skarpe od niszczącego działania falowania wody.

Wzmacnianie skarp przy pomocy płotków wiklinowych. Kolki wierzbowe świeżo ścięte długości 60 — 100 cm, grubości 2—3 cm, wbijamy grubszymi końcami do ziemi, prostopadle do powierzchni skarpy,

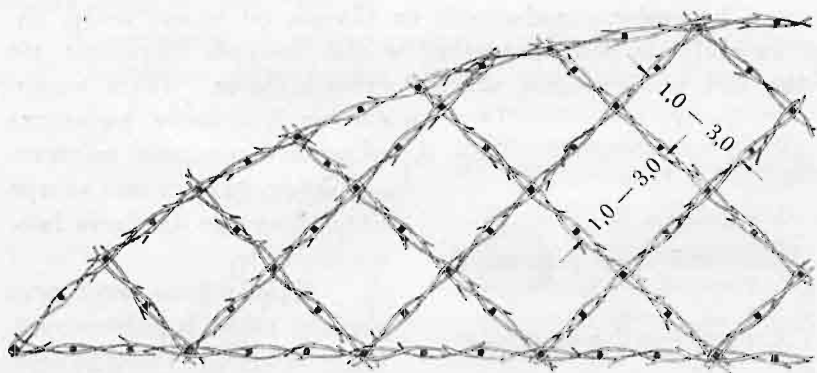
rzędami w odległości co 1,0 m tak, żeby wystawały nad powierzchnią skarpy 20—40 cm (rys. 163). Kolki te oplatamy świeżo ściętą wikliną, wypychając jej grubsze końce do ziemi, aby się przyjęła. Płotki budujemy rzędami poziomymi (rys. 164) lub też w postaci klatek (rys. 165), wypełniając przestrzeń mię-

dzy nimi ziemią urodzajną. Jeżeli płotki są zbudowane z materiału świeżego na wiosnę lub jesienią — zwykle dobrze się przyjmują i rozrastają; gdy zaś są zbudowane w lecie



Rys. 164.

lub z materiału nie dość świeżego, trzeba się liczyć z tym, że w ciągu kilku lat zgniją, a w tym czasie skarpa pokryje się darnią.



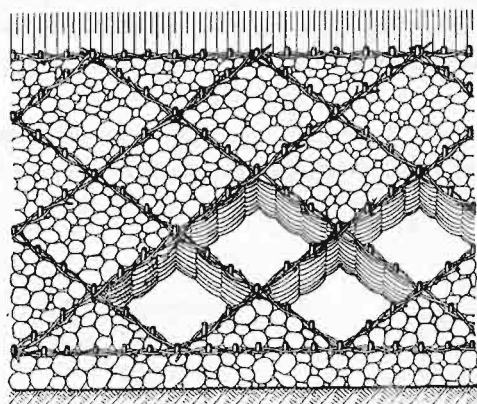
Rys. 165.

Wzmacnianie skarp przy pomocy płotków wskazane jest przy gruntach o ziarnie drobnym (glinach, lössach), wrażliwych na wodę powierzchniową i łatwo przez nią złoionych.

Gdy skarpy takie są narażone na silny prąd wody (np. skarpy nasypów w terenie zalewowym rzek i potoków) zamiast wypełniania przestrzeni między płotkami ziemią roślinną, mo-

żemy zastosować wypełnienie kamieniem bądź narzuconym luźno, bądź ułożonym w postaci bruku (rys. 166).

Wzmacnianie skarp przy pomocy faszynowania. Skarpy



Rys. 166.

narażone na silny prąd wody (stały) wzmacniać można przy pomocy pęczków faszyny, wiązanych wiciami lub drutami. Grubość pęczków 20 — 25 cm (rys. 167b). Zamiast pęczków można układać warstwę luźnej faszyny; grubość warstwy 20 — 25 cm (rys. 167a).

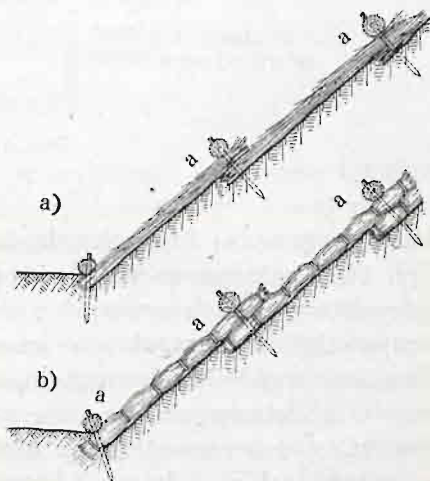
Faszyna jest umocowywana na skarpie kołkami wierzbowymi długości 1,0 — 1,5 m,

grubości 5 — 7 cm, z pomocą poprzecznych poziomo układanych „kiszek faszynowych” (oznaczonych literą *a* na rys. 167).

Należy tak układać faszynę lub pęczki z faszyny, aby grubsze jej końce były przysypywane ziemią, a cienkie skierowane ku górze, gdyż wtedy faszyna ze świeżego materiału porasta i jeszcze więcej wzmacnia skarpe.

Wreszcie skarpy narażone stale na szybki prąd wody mogą być wzmacniane materacami faszynowymi, stosowanymi w budownictwie wodnym; szczegóły ich budowy są opisywane w dziełach o budownictwie wodnym.

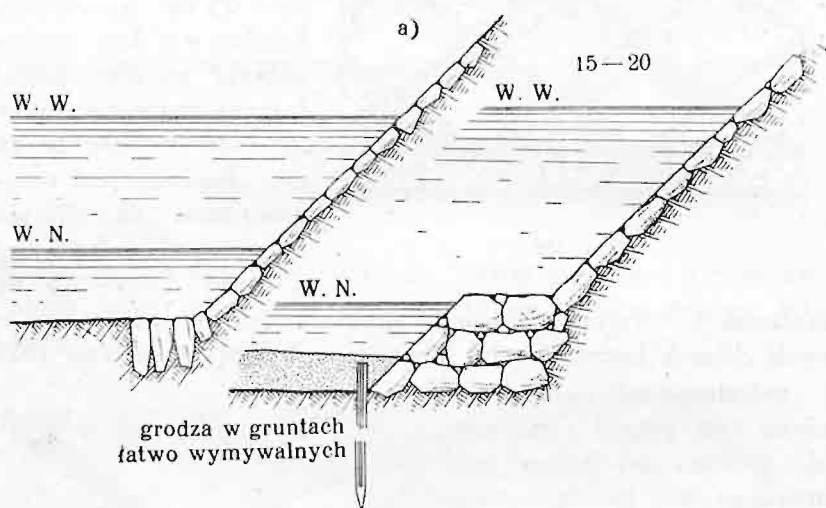
Wzmacnianie skarp brukiem lub narzutem kamiennym. Sposób ten radykalnie wzmacnia skarpy i uodparnia je na działanie destrukcyjne wody.



Rys. 167.

Bruk kamienny układany na skarpie wykonywa się inaczej, niż bruk stanowiący jezdnię drogową. Wartość techniczna kamienia nie odgrywa tu większej roli; wymagana jest tylko pewna odporność na wpływy atmosferyczne, a mianowicie, wymagać należy, aby użyty kamień zbyt szybko nie wietrzeał — w ciągu kilkunastu lub kilkudziesięciu lat — pod wpływem wody i mrozu.

Co do formy i wymiarów kamienia oraz sposobu układania również bruk taki różni się od bruku układanego na jezd-



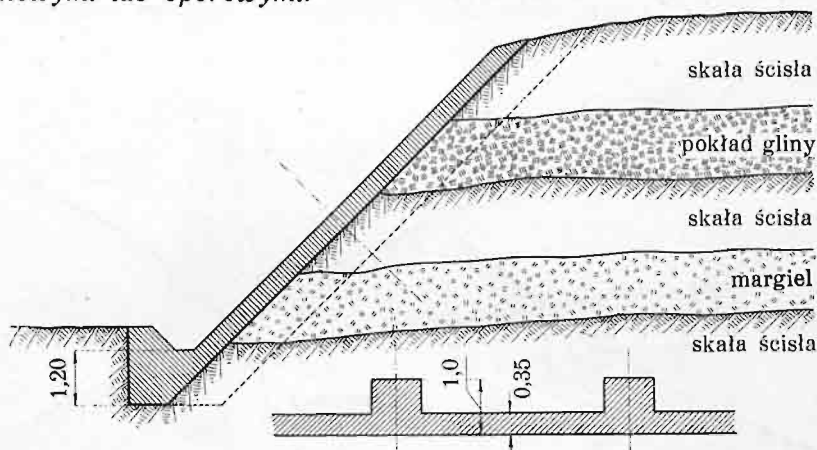
Rys. 168.

niach drogowych; forma kamienia pożądana jest w postaci płyt (rys. 168), układanych możliwie szczelnie na płask; w niektórych wypadkach praktykuje się nawet dopasowywanie (przyciosywanie) poszczególnych kamieni, aby bruk był szczelny. Szczeliny wypełnia się mchem, perzem lub zaprawą cementową. U podstawy skarpki daje się oporę z większych kamieni (rys. 168a) lub nawet odsyp kamienny lub suchy mur, jak na rys. 168b. Przy skarpach brukowanych można dopuszczać pochylenie 1 : 1, lepiej jednak dawać pochylenie 1 : 1½, a przy bardzo silnym prądzie nawet 1 : 3. Gdy prąd wody jest silny, a grunt skarpki jest łatwy do wymulania, czasami będziemy zmuszeni do pokrycia skarpki brukiem podwójnym lub oskało-

waniem (narzutem kamiennym), które można utrwalić przy pomocy siatek drucianych.

Wzmocnienie płytami betonowymi lub żelbetowymi. Nie wielkie płyty betonowe, kwadratowe lub sześciokątne o średnicy 0,25 m lub większej, o grubości 10 — 15 cm lub żelbetowe płyty o grubości do 10 cm układane ściśle jedna obok drugiej, aby szczeliny były jak najwęższe, — mogą dać mocne zabezpieczenie skarp.

Wzmocnienie skarp nasypów i wykopów murami okładzinowymi lub oporowymi.



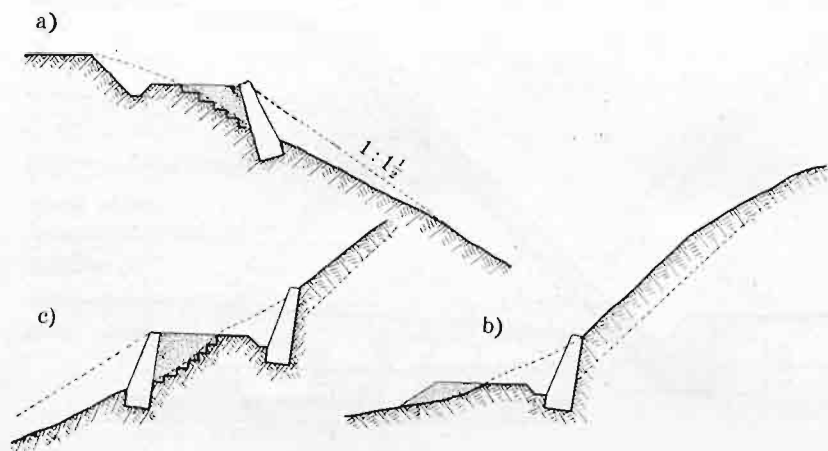
Rys. 169.

Gdy grunt macierzysty w wykopach jest ścisły i zwięzły tak, że nie należy się obawiać spelzania jego nawet przy zastosowaniu stromych skarp i gdy grunt ten z drugiej strony czuły jest na wpływy atmosferyczne (np. pokłady marglu, które po obnażeniu łatwo wietrzeją), stosujemy wtedy tzw. mury okładzinowe z kamienia na zaprawie cementowej lub z betonu; ponieważ nie są one narażone na ciśnienie ziemi, przeto grubość ich może być nieznaczna, wystarczająca dla ciśnienia od własnego ciężaru (rys. 169); przy większych płaszczyznach takich murów wystarczają pogrubienia („żebra”), aby utrzymać je w równowadze przez powiększenie przekroju poprzecznego takich murów.

W innych — na ogół częstszych — wypadkach będziemy mieć do czynienia z ciśnieniem mas ziemi na mury i budować

wtedy będziemy mury oporowe, które nie tylko zabezpieczają powierzchnię skarpy przed niszczącym działaniem czynników destrukcyjnych, ale również przyjmują na siebie ciśnienie — nieraz znaczne — mas ziemi.

Zasady obliczania ciśnienia mas ziemi i nadawania murom oporowym kształtu celowego podawane są w statyce budowli bądź też w dziełach specjalnych; poprzestaniemy na wskazówkach ogólnych, jakie kształty murów oporowych są celowe ze względów teoretycznych i praktycznych i w jakich wypadkach, jakie mury oporowe należy stosować.



Rys. 170.

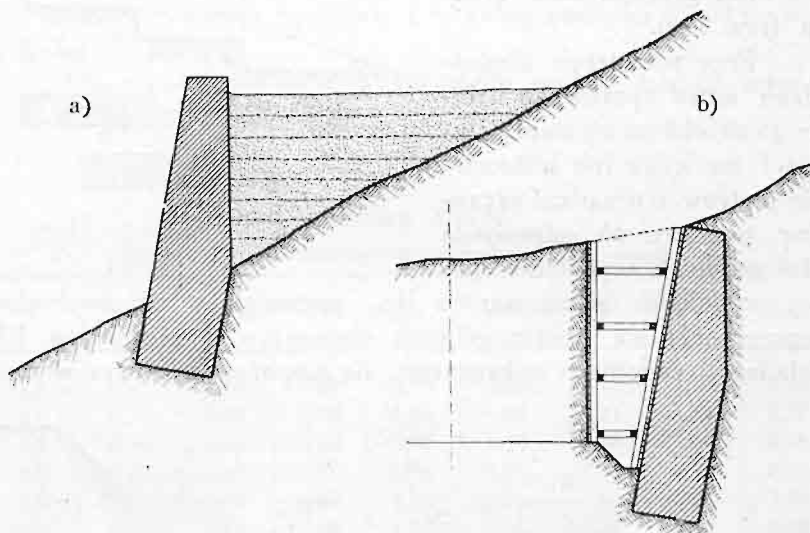
Ze względu na konstrukcję i materiały, z których budowane są mury, dzielimy je na następujące kategorie: 1) mury oporowe suche, układane z kamienia formy prawidłowej lub nieprawidłowej bez użycia zaprawy, najwyżej z użyciem mchu lub perzu dla wypełnienia szczelin; 2) mury oporowe na zaprawie — zwykle cementowej — z kamienia lub dobrze wypalanej cegły oraz mury z betonu; 3) mury żelbetowe.

Wypadki, w jakich zachodzi potrzeba stosowania murów oporowych, są różnorodne; przytaczamy dla przykładu następujące.

Gdy nasyp lub wykop jest położony na zboczu (rys. 170), skarpe wykopu lub nasypu otrzymujemy zbyt długą, co wpływa na zwiększenie ilości robót ziemnych, a więc i ich koszt oraz

na wysokość kosztu utrzymania w porządku skarp o wielkich powierzchniach; aby tego uniknąć stosujemy mury oporowe dla zmniejszenia nasypu (rys. 170a) lub wykopu (rys. 170b); mogą być wypadki, kiedy trzeba zastosować z obydwóch stron drogi czy kolei ściany oporowe (rys. 170c).

Mury suche muszą być zawsze znacznie grubsze, niż mury na zaprawie lub betonowe; dlatego można je stosować tam, gdzie o kamień jest łatwo; dla podtrzymywania skarp nasypów są one odpowiedniejsze, niż dla wykopów, gdyż w ostatnim wypadku musimy powiększać ilość robót ziemnych z powodu



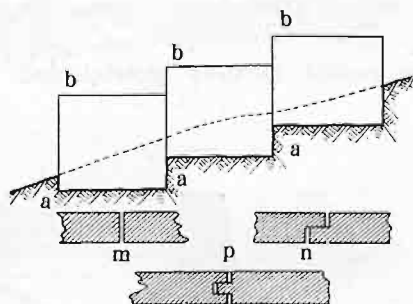
Rys. 171.

większej objętości suchego muru, niż muru na zaprawie. Mury na zaprawie mogą wytrzymywać parcie ziemi, na które są obliczone, dopiero po zupełnym związaniu zaprawy, co wymaga przy zwykłym cemencie portlandzkim kilku tygodni czasu; należy o tem nie zapominać przy budowie takich murów i obciążać je parciem ziemi dopiero po upływie czasu, potrzebnego do związania zaprawy: nasypy należy wykonywać dopiero po upływie tego czasu (rys. 171a), a w wykopach mury oporowe trzeba wykonywać krótkimi odcinkami — po kilka metrów — i na czas wiązania zaprawy podpieierać je odpowiednimi kon-

strukcjami (rys. 171b), które można usuwać dopiero po zupełnym związaniu zaprawy.

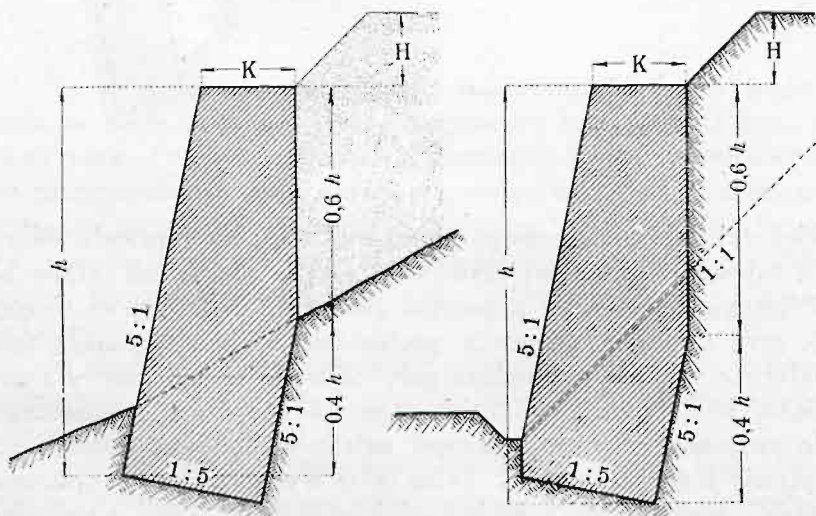
Również nie należy zapominać, aby podstawa murów oporowych była założona od powierzchni terenu nie wyżej linii zamarzania gruntu (dla warunków polskich 1,2—1,8 m).

Jeżeli mur oporowy budujemy na większym spadku, podstawa fundamentu może być wykonana schodkami z warunkiem, aby najbliższej powierzchni terenu leżące punkty *a* nie były położone wyżej, niż linia przemarzania gruntu (rys. 172).



Rys. 172.

Przy większych długościach muru oporowego należy go dzielić na elementy długości po kilka lub kilkanaście metrów i urządzać szczeliny pionowe *ab* odpowiedniej grubości, wypełnione papą, wojłokiem bitumowanym itp., pozwalające na swobodne rozszerzanie się poszczególnych elementów i niezależne ich osiadanie; zapobiega to tworzeniu się niepożądanych rys w mu-



Rys. 173.

rach oporowych. Szczeliny te mogą przechodzić w poprzek muru tak, jak na rys. 172 (m, n, p).

Kształt murów oporowych dobierany jest tak, aby krzywa ciśnienia była możliwie bliżej środka przekroju poprzecznego muru i w żadnym wypadku nie wychodziła poza granice jądra przekroju (środkowej $\frac{1}{3}$ przekroju poprzecznego).

W różnych kalendarzach i podręcznikach technicznych znajdujemy tablice z wymiarami różnych typów ścian oporowych.

Dość często spotykamy tablice wymiarów ścian oporowych na zaprawie typu, podanego na rys. 173, o powierzchni zewnętrznej pochyłej (5:1), a wewnętrznej — pionowej na $\frac{2}{3}$ wysokości ściany oporowej i również pochyłej (5:1) na wysokości $\frac{1}{3}$ dolnej.

Dla typów tych prof. K. Wątopek podaje tablice wymiarów XVIII i XIX według rys. 173.

Tablica XVIII

Wymiary ścian oporowych na zaprawie dla nasypów

H	h =	1,0 m	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0
1,0 m	K =	0,60	0,65	0,79	0,98	1,17	1,55	2,12
2,0	K =	0,60	0,70	0,86	1,06	1,27	1,68	2,29
4,0	K =	0,60	0,70	0,92	1,14	1,36	1,80	2,46
6,0	K =	0,60	0,75	0,98	1,21	1,44	1,91	2,59
8,0	K =	0,60	0,80	1,04	1,28	1,52	2,01	2,74
10,0	K =	0,60	0,80	1,10	1,85	1,60	2,10	2,85

Tablica XIX

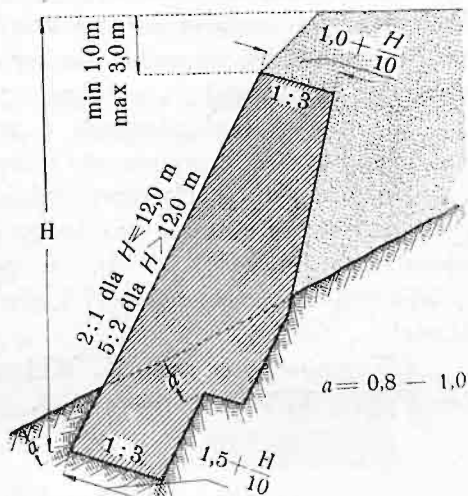
Wymiary ścian oporowych na zaprawie dla wykopów

H	h =	1,0 m	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
1,0 m	K =	0,55	0,60	0,65	0,78	0,96	1,15	1,51	1,88
2,0	K =	0,55	0,60	0,65	0,79	0,98	1,17	1,54	1,92
4,0	K =	0,55	0,60	0,70	0,84	1,03	1,23	1,61	1,99
6,0	K =	0,55	0,60	0,70	0,90	1,09	1,29	1,68	2,07
8,0	K =	0,55	0,60	0,75	0,95	1,15	1,35	1,74	2,14
10,0	K =	0,55	0,60	0,80	1,00	1,20	1,41	1,84	2,22

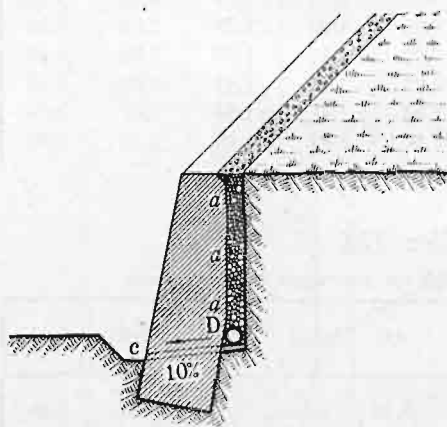
Przy murach oporowych suchych wymiary są większe i pochylenie skarp murów łagodniejsze. Na rys. 174 podane zostały wymiary i proporcje takich murów w zależności od ich wysokości i wysokości nasypów, obciążających te mury.

Wymiary te podano dla orientacji; przy poważniejszych robotach należy przeprowadzać badania gruntów, w jakich będą budowane mury oporowe, i warunków miejscowych, w jakich się te grunty znajdują, zwłaszcza ich wilgotności;

na zasadzie tych danych należy przeprowadzić indywidualne obliczenia statyczne projektowanych murów, opierając się na zasadach i danych, jakie daje nam mechanika



Rys. 174.



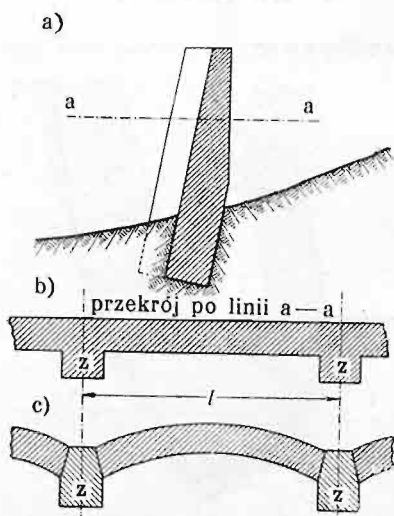
Rys. 175.

gruntów i nowsze wyniki badań z tej dziedziny. Przy budowie murów oporowych należy pamiętać o potrzebie usuwania zza murów wody przy pomocy drenów, układanych z kamienia, cegieł lub sączków ceglanych lub betonowych (rys. 175), ułożonych z odpowiednim spadkiem podłużnym. Aby woda łatwiej mogła się zbierać w tym drenie należy za murem oporowym umieszczać warstwę drenu-

jącą (aaa na rys. 175) — piasku, żwiru, tłucznia. Co kilka lub kilkanaście metrów należy dawać kanaliki poprzeczne

w murze oporowym (CD), odprowadzające wodę do rowu przydrożnego.

Mury oporowe złożone. Gdy mury oporowe są długie

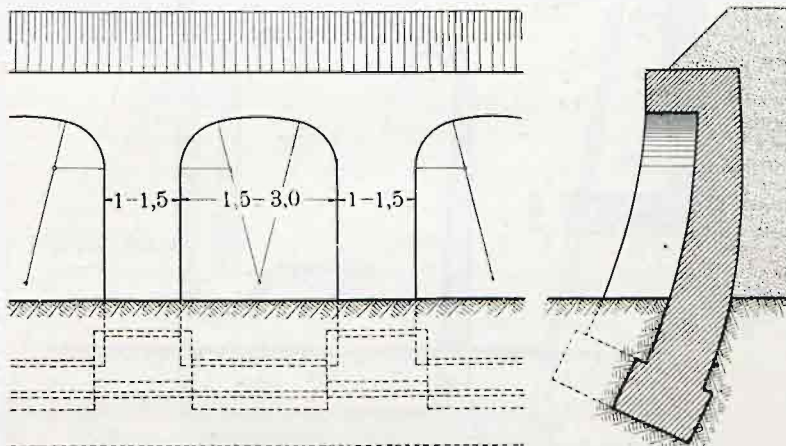


Rys. 176.

i wysokie, w celu zmniejszenia kubatury murów, ale przy zachowaniu ich statyczności, stosujemy mury oporowe złożone (rys. 176), wzmocnione filarami (zastrzałami) z , rozstawionymi w takich odległościach, aby między nimi cienki mur oporowy mógł wytrzymać parcie ziemi, które go wygina na zewnątrz na długości l (rozstawienia zastrzałów); natężenia materiału muru oporowego (w środku l największe) należy sprawdzić i zwrócić uwagę, aby nie przekroczyło norm dozwolonych.

Aby zmniejszyć jeszcze więcej natężenia rozciągające lub

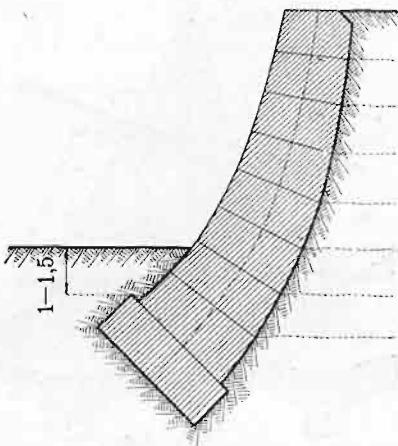
też ich uniknąć, nadaje się murom oporowym między zastrzałami kształt sklepienia (rys. 176c). Mury takie wymagają szczegółowych obliczeń, indywidualnych dla każdego wypadku.



Rys. 177.

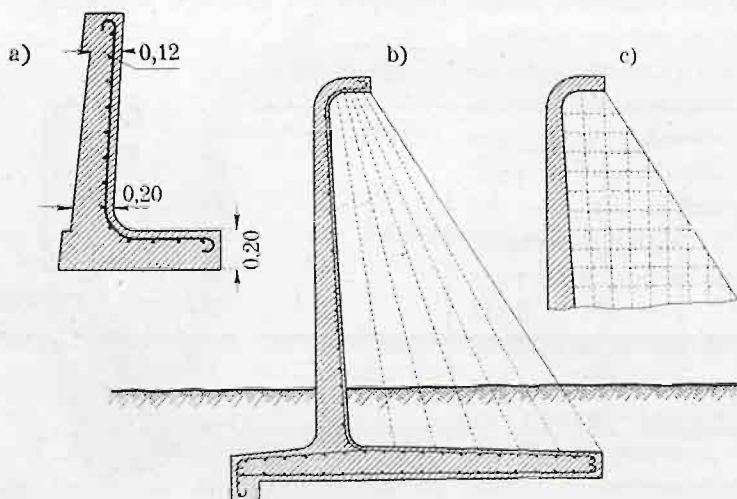
Mury arkadowe. Przy budowie dróg lub kolei na stokach często wypada stosować mury arkadowe (rys. 177), dające duże oszczędności na kubaturze; obliczenia statyczne indywidualne i tu są konieczne.

Mury angielskie. Są one przystosowane w przekroju poprzecznym, aby krzywa ciśnienia przechodziła możliwie blisko środka przekroju, a warstwy muru układane są tak, aby powierzchnie ograniczające poszczególne warstwy były prostopadłe do tej linii w miejscu przecięcia się ich. Budując takie mury, należy zasypywać ziemię za nimi w miarę ich wznoszenia, gdyż bez zasypania ziemią byłyby niestabilne. Nadają się na mury bulwarowe, gdyż kształt powierzchni zewnętrznej pozwala na dogodny dojazd statków do samego muru oporowego (rys. 178).



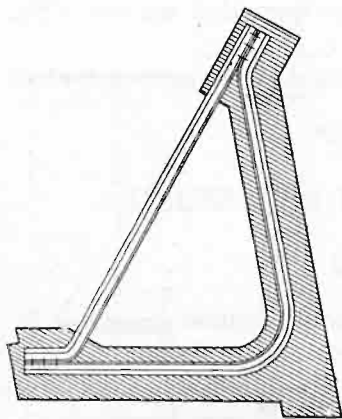
Rys. 178.

Mury oporowe żelbetowe. Konstrukcje te, racjonalnie zaprojektowane i obliczone, dają w wielu wypadkach rozwiąza-

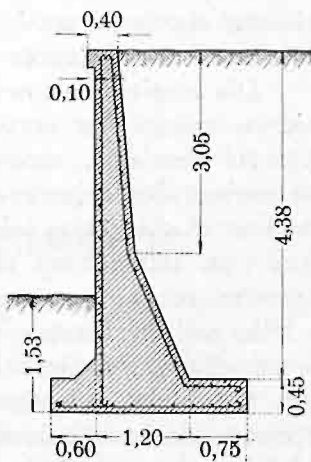


Rys. 179.

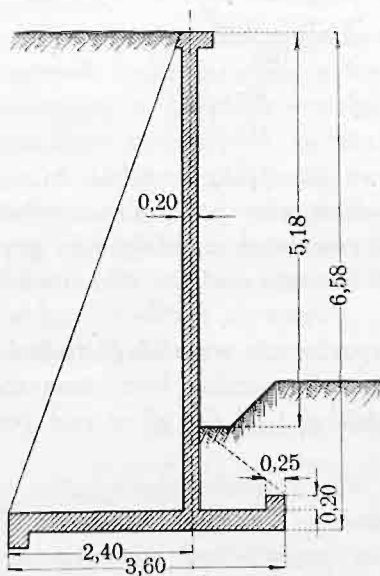
nie tanie, a mury zupełnie odpowiadające przeznaczeniu. Podane są przykłady różnych konstrukcyj oporowych murów żelbetowych.



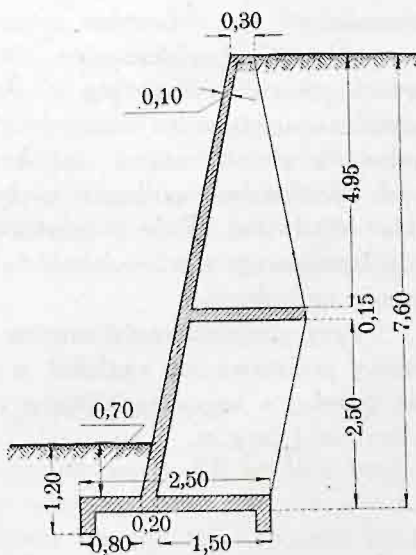
Rys. 180.



Rys. 181.



Rys. 182.



Rys. 183.

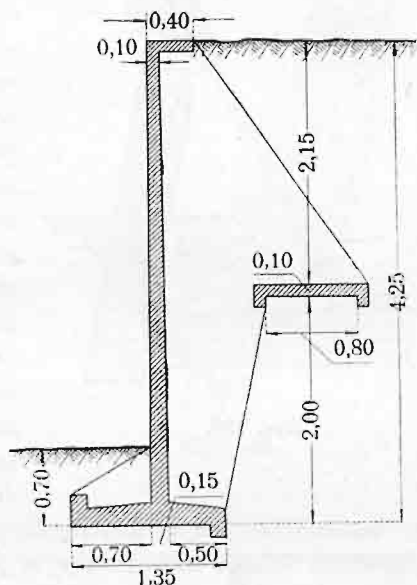
Przy mniejszych wysokościach wystarczy mur typu *a* na rys. 179. Konstrukcja taka może być wyprodukowana w odpowiednich wytwórniach i przewożona na miejsce przeznaczenia.

Przy większych wymiarach murów należy je budować na miejscu; zbrojenie musi być silniejsze, a grubość muru przystosowana do większego parcia ziemi (przykład na rys. 181).

Dla zmniejszenia wymiarów murów i w szczególności zbrojenia, można zastosować zbrojenie z szyn kolejowych (starych) ze ściągami (rys. 180) lub też zastosować żebra poprzeczne co kilka metrów, rozstawione od strony wewnętrznej (rys. 179 *b* i *c*), uzbrojone w odpowiedni sposób do sił, działających na te żebra. Można żebra usztywniające dawać po stronie wewnętrznej, jak na rys. 182, podanym zupełnie schematycznie.

Aby przy większych wysokościach żebra poprzeczne usztywnić i zakotwić w ziemi, można zastosować konstrukcję żeber, łączonych poziomymi półkami usztywniającymi poprzeczne żebra (rys. 183 i 184). Daje to możliwość znacznego zmniejszenia grubości poszczególnych ścianek do kilkunastu *cm* (10—20) i zmniejszenia uzbrojenia.

Przy projektowaniu murów oporowych wszelkiego rodzaju należy podstawę ich zagłębić w gruncie poniżej linii zamarzania gruntu, a więc dla klimatu Polski — 1,20 do 1,8 *m* pod powierzchnią terenu.



Rys. 184.