

## 2. INFRASTRUCTURA CĂILOR DE COMUNICAȚIE TERESTRE

Infrastructura căilor de comunicație terestre reprezintă totalitatea lucrărilor de pământ (lucrări de terasamente), inclusiv lucrările de consolidare, protejare, asanare (ziduri de sprijin, drenuri, pereuri, alte lucrări de protejare și consolidare a taluzurilor etc.), și de artă (poduri, podețe, tuneluri etc.), care nu vor fi abordate în această lucrare.

**Pământul** este o acumulare de particule solide minerale, produse prin degradarea fizică sau chimică a rocilor care pot conține sau nu materii organice.

Pământurile, în general, sunt compuse din trei faze:

- faza solidă, alcătuită din scheletul mineral;
- faza lichidă (apa), care umple total sau parțial golurile dintre granule;
- faza gazoasă, formată în primul rând din aer, care umple golurile neocupate de faza lichidă.

Una din ultimele două faze poate să lipsească. Dacă lipsește faza lichidă, pământul este uscat, iar dacă toate golurile dintre granule sunt umplute cu apă, pământul este saturat.

Funcție de proporția în care intră cele trei faze (solidă, lichidă și gazoasă) în compoziția unui pământ, de mărimea granulelor, de modul de asociere a elementelor componente, rezultă diversele tipuri de pământuri precum și caracteristicile fizico-mecanice ale acestora.

### 2.1. Profiluri transversale ale terasamentelor

Prin profil transversal al unei căi de comunicație terestră se înțelege o secțiune verticală normală pe axă, într-un punct oarecare al traseului. În profil transversal sunt definite platforma, taluzurile, șanțurile sau rigolele și zonele de siguranță.

Toate aceste elemente sunt cuprinse în așa-numita zonă a a căii de comunicație, definită ca fiind fâșia de teren formată din ampriză și din două părți laterale situate de ambele părți ale amprizei.

În funcție de cota platformei căii de comunicație față de terenul natural existent, profilurile transversale pot fi: în rambleu (umplutură deasupra terenului înconjurător), în debleu (săpătură sub nivelul înconjurător), sau mixte (parțial umplutură, parțial săpătură).

**Rambleurile** sunt umpluturi executate pe suprafața terenului natural, caracterizate printr-o formă regulată și executate după anumite reguli constructive, destinate susținerii suprastructurii căii.

După înălțimea rambleurilor față de nivelul terenului înconjurător, se deosebesc:

- rambleuri mici,  $h \leq 0,5$  m;
- rambleuri mijlocii,  $0,5 < h \leq 2$  m;
- rambleuri înalte,  $2 < h < 12$  m.

Înălțimea rambleului rezultă din cotele profilului longitudinal al căii de comunicație, din condițiile hidrologice și din condițiile de teren.

Terenul pe care se execută rambleurile este bine să fie orizontal. Când această cerință nu este îndeplinită, atunci se adoptă o formă a rambleului în funcție de înclinarea terenului natural. La înclinări ale terenului natural mai mici de  $1/5$ , nu este necesară decât îndepărtarea terenului vegetal. La pante mai mari de  $1/10$  la calea ferată și de  $1/5$  la drumuri, suprafața coastei se va amenaja în trepte care vor avea lățimea de cel puțin 1 m și o înclinare de 2 % pentru asigurarea scurgerii apelor (fig. 2.1).

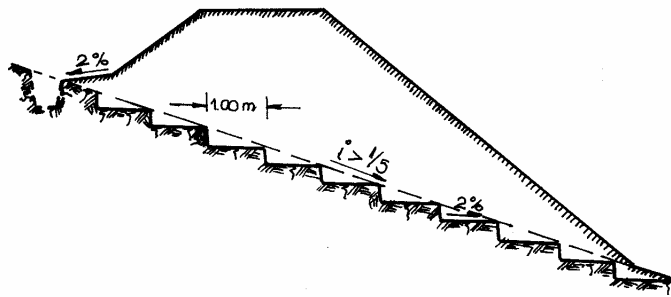


Fig. 2.1. Rambleu pe coastă.

În terenurile nisipoase, datorită faptului că nu se mențin treptele de legătură, amenajarea acestora se reduce numai la scarificarea terenului natural.

La înclinări ale terenului mai mari de  $1/3$  nu sunt suficiente numai treptele de înfrățire, ci trebuie luate măsuri pentru amenajări suplimentare contra alunecării. Din aceste măsuri se rețin: contrabanchete, contraforți, zidurile de sprijin sau pământul armat, care prezintă în primul rând avantajul reducerii suprafețelor ocupate de taluzurile rambleurilor.

Pentru înălțimea rambleului, măsurată la muchia platformei, se recomandă:

- în regiuni uscate în care apele se scurg ușor și nu există posibilitatea ascensiunii apelor subterane prin capilaritate sau infiltrații, înălțimea rambleului va fi de 0,50 m, putând fi redusă excepțional în terenuri permeabile la 0,20 m;
- în regiunile de șes, unde scurgerea apelor este nesatisfăcătoare, existând posibilitatea ascensiunii apelor subterane prin capilaritate sau infiltrații, înălțimea rambleurilor se va stabili în funcție de condițiile locale.

În zonele unde există lucrări de artă și în cele inundabile, muchia platformei drumului trebuie să fie cu cel puțin 0,5 m mai sus decât nivelul apelor maxime, sporită cu cota remuului și cu înălțimea valului.

Executarea rambleurilor necesită o mare cantitate de pământ care se poate obține din debleuri sau din gropi de împrumut. Soluția cu gropi de împrumut trebuie folosită cu grijă pentru a se evita scoaterea din circuitul agricol sau forestier a unor mari suprafețe de

teren. Gropile se execută în diverse forme, în zona malurilor, a boturilor de deal, fiind la distanțe mai mari de zona drumului. După terminarea lucrărilor de terasamente, gropile de împrumut trebuie predate agriculturii, după ce au fost în prealabil amenajate în mod corespunzător.

Funcție de înălțimea rambleurilor rezultată prin proiectare, se adoptă înclinarea suprafețelor taluzurilor. Înclinarea cea mai folosită este de 1 : 1,5 (2 : 3).

Această valoare este valabilă pentru rambleuri de drumuri în următoarele condiții:

- pentru argile prăfoase sau nisipoase cu  $h \leq 6$  m;
- pentru nisipuri argiloase sau praf argilos cu  $h \leq 7$  m;
- pentru nisipuri cu  $h \leq 8$  m;
- pentru pietrișuri și balasturi cu  $h \leq 10$  m.

La înălțimi mai mari decât cele de mai sus, dar nu mai mult de 12 m, se adoptă două valori pentru înclinarea taluzurilor. Astfel, până la înălțimile menționate mai sus se adoptă valoarea 1 : 1,5, iar pentru celelalte înălțimi, o valoare de 1 : 1,75 (fig 2.1). Peste înălțimi mai mari de 12 m, înclinarea taluzurilor rezultă în urma unor calcule de stabilitate a masivelor de pământ.

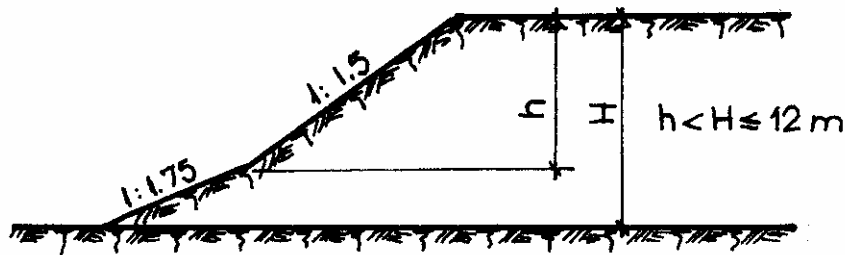


Fig. 2.2. Panta taluzurilor.

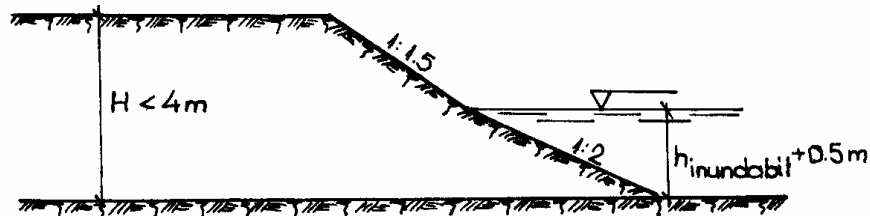


Fig. 2.3. Panta taluzurilor în zone inundabile.

În zonele inundabile sau în albiile majore, înclinarea taluzurilor va fi de 1 : 2 până la o înălțime a rambleurilor de maximum 4 m. Este necesară, în acest caz, și prevederea unor măsuri de consolidare a taluzurilor. Pentru stabilitatea taluzului se vor lua măsuri în vederea asigurării unui coeficient de stabilitate de 1,5 (fig. 2.3).

**Debleurile** sunt săpături executate sub nivelul terenului înconjurător. Caracteristica principală a profilurilor transversale în debleu este prezența dispozitivelor longitudinale laterale pentru colectarea și evacuarea apelor de suprafață.

Pământul rezultat din săpăturile care se realizează este folosit pentru executarea rambleurilor. În cazul în care cantitatea de pământ rezultată din săpătură este mai mare decât cea necesară pentru rambleuri, surplusul se va utiliza pentru necesități locale (în nici un caz pentru executarea cavalierilor), ca de exemplu lărgirea acostamentelor, umplerea râpelor etc.

Debleurile prezintă o serie de dezavantaje:

- de obicei sunt umbrite, se aerisesc greu și mențin vreme îndelungată umezeala;
- uneori, la execuție, intersectează straturi acvifere sau nestabile ce trebuie tratate în mod special;
- sunt predispuse la înzăpezire atunci când adâncimea debleului este de 6,5...8 m. Pentru adâncimi mai mari, datorită unor curenți circulari, înzăpezirea se produce mai greu (fig. 2.4).

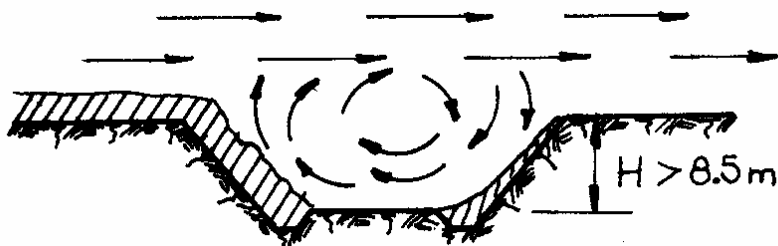


Fig. 2.4. Înzăpezirea debleurilor.

Măsurile care se pot lua pentru a evita înzăpezirea debleurilor constau în proiectarea lor judicioasă, ținând cont și de direcția vânturilor dominante, folosirea panourilor de parazăpezi, rotunjirea muchiilor platformei, a creștelor și a taluzurilor prin arc de cerc cu raze de 5 ... 7 m.

În celelalte cazuri, în funcție de natura pământului, se adoptă următoarele valori ale pantei taluzurilor pentru drumuri:

- în terenuri argiloase sau argile nisipoase, o înclinare de 1 : 1,5, cu rotunjirea muchiei superioare;
- în pământuri nisipoase sau nisipuri argiloase, cu structuri omogene și umiditate normală, se adoptă panta de 1:1, de asemenea cu rotunjirea muchiei superioare.

La debleurile de adâncimi mari, peste 12 m, înclinarea taluzurilor va fi determinată în urma unor calcule speciale de stabilitate.

Problema principală care trebuie urmărită la executarea debleurilor este legată de evacuarea apelor. În acest scop, se execută șanțuri și rigole, având diferite forme, în diverse soluții constructive, rezultate dintr-un calcul de dimensionare. Panta fundului șanțului sau rigolei depinde de terenul înconjurător, de cantitatea de apă și de soluția de consolidare a șanțului. În terenuri mai dificile (loessuri), unde panta naturală a terenului este mare și apare pericolul unor eroziuni puternice, este bine să se execute lucrări sub formă de cascade sau alte lucrări specifice care să îndulcească panta și, în consecință, să reducă viteza curentului de apă, diminuându-se și pericolul unor eroziuni puternice.

O atenție deosebită se va acorda, de asemenea, problemei scurgerii apelor în momentul trecerii de la profilul de debleu la cel de rambleu.

Funcție de terenul înconjurător se va căuta ca șanțurile executate să se îndepărteze cât mai mult de corpul terasamentelor, pentru a nu produce umezirea acestora.

**Profilurile mixte** reprezintă terasamentele executate pe coastă, în mod curent, parte în săpătură (debleu) și parte în umplutură (rambleu). Partea în săpătură este prevăzută întotdeauna cu un șanț (rigolă) care, în cazul unor lungimi mari și lipsei altor posibilități, trebuie descărcat transversal, prin intermediul unei camere de cădere și a unui podeț.

## 2.2. Execuția terasamentelor

Terasamentele trebuie să fie stabile, durabile, ușor de întreținut și economice (cu luarea în considerare a costurilor totale de execuție și de întreținere). Aceste caracteristici ale terasamentelor se obțin prin:

- asigurarea unei calități corespunzătoare a terenului de fundație;
- executarea lucrărilor cu materiale corespunzătoare;
- evacuarea apelor de suprafață și a celor subterane;
- execuția în rambleu, astfel încât platforma drumului să fie deasupra apelor subterane sau peste nivelul de stagnare pe lungă durată a apei din zonă;
- executarea lucrărilor de drenare necesare;
- compactarea corespunzătoare a pământului în rambleuri.

La execuția terasamentelor se disting următoarele categorii de lucrări:

- lucrări pregătitoare;
- lucrări de bază;
- lucrări de finisare.

În continuare se vor prezenta aspectele mai importante ale acestor categorii de lucrări.

### 2.2.1. Lucrări pregătitoare

Înainte de începerea lucrărilor de bază, întotdeauna este necesar să se execute o serie de lucrări care au ca scop aducerea terenului natural pe lățimea zonei căii de comunicație la starea de a putea fi săpat sau de a putea primi umplutura de pământ. Din categoria lucrărilor pregătitoare fac parte:

- verificarea și restabilirea traseului;
- curățarea terenului de tufișuri, copaci și buturugi;
- asanarea zonei drumului;
- extragerea brazdelor și decaparea pământului vegetal;
- pichetarea amprizei;
- amenajarea drumurilor de acces.

Lucrările pregătitoare au o importanță aparte în obținerea calității proiectate pentru terasamente.

#### 2.2.1.1. Verificarea și restabilirea traseului

Înainte de a începe execuția terasamentelor, este necesar ca proiectantul să restabilească pe teren și să predea beneficiarului elementele importante ale traseului, precum și amplasamentul lucrărilor de artă. Pe baza planului de situație și al profilului longitudinal se restabilesc pichetii care marchează aliniamentele, vârfurile de unghi și se face trasarea curbilor. Se verifică reperii de nivelment și se plantează reperi suplimentari

care sunt necesari execuției. Cu această ocazie se procedează la fixarea amplasamentului definitiv pentru șanțuri, canale de scurgere, ziduri de sprijin, drenuri, camere de împrumut.

Camerele de împrumut, gropile de împrumut și alte surse de pământ trebuie să fie indicate în proiecte și alese pe baza unui studiu efectuat asupra caracteristicilor materialelor. Executantul primește de la proiectant amplasamentul acestora și nu poate schimba sursa decât cu avizul proiectantului care, în urma studiilor de laborator, poate aprecia dacă sursa aleasă conține sau nu material corespunzător pentru executarea terasamentelor. Reperele trebuie să poarte inscripția menționată în profilul longitudinal și planul de situație, iar identificarea lor trebuie să se poată face fără dificultăți, cu ajutorul marilor fixați în locuri accesibile și ușor de găsit. Toate reperele și schițele de identificare a lor se înscriu într-un tabel ce se predă de către proiectant beneficiarului, respectiv constructorului. Cu ocazia predării traseului se face recunoașterea și delimitarea locurilor prevăzute pentru organizarea șantierului, precum și a terenurilor expropriate sau scoase temporar din circuitul agricol.

#### **2.2.1.2. Curățarea terenului de tufișuri, copaci și buturugi**

Terenul pe care se execută terasamentul căii, gropile de împrumut, șanțurile de scurgere a apelor, depozitele, clădirile, drumurile provizorii și alte construcții, se curăță în prealabil de tufișuri și copaci. Deoarece pădurea contribuie mult la apărarea terasamentelor de înzăpeziri, copacii și tufișurile compacte se vor îndepărta numai de pe zona strict necesară. Copacii de pe terenul de fundație, în cazul rambleurilor cu înălțimea mai mică de 2 m, se îndepărtează împreună cu rădăcinile. La rambleurile cu înălțimea mai mare de 2 m, rădăcinile nu se scot, copacii sunt tăiați însă la nivelul terenului. În debleuri, gropi de împrumut, adică în locuri unde urmează să se execute săpături, se îndepărtează buturugile dacă săpătura se execută cu screperul, buldozerul sau cu excavatoare având cupa mai mică de 0,5 m<sup>3</sup>. Dacă se folosesc excavatoare mai mari, nu este necesar ca buturugile să fie scoase în prealabil, deoarece se pot îndepărta în timpul săpăturii.

Doborârea arborilor se face de echipe de mincitori specializați. Lemnul rezultat se scoate în afara amprizei și se stivuește în vederea valorificării sau se transportă la unitățile specializate în acest scop.

Scoaterea buturugilor se poate efectua manual sau mecanic cu un cablu tractat de un utilaj puternic (buldozer, excavator etc.). De asemenea, pentru scoaterea buturugilor mari se pot folosi explozivi.

După terminarea operațiilor de defrișare, întreaga suprafață pe care s-a lucrat se curăță de crengi și vreascuri, care se adună în grămezi și se îndepărtează.

#### **2.2.1.3. Asanarea zonei drumului**

Este deosebit de important ca înainte de începerea lucrărilor de terasamente propriu-zise să se execute șanțuri de uscare și drenuri, precum și alte lucrări prevăzute pentru menținerea terenului uscat. În special la pământurile argiloase, care au coeficientul de permeabilitate de valoare mică, drenurile trebuie să fie executate din timp, deoarece este necesară o perioadă mai îndelungată pentru uscarea pământului.

La executarea rambleurilor o deosebită importanță prezintă asanarea terenului de fundație prin metode adaptate caracteristicilor pământului.

Terenurile de fundare pentru rambleuri pot fi, din punct de vedere al umidității: **uscate, umede și mocirloase.**

Se consideră uscate acele terenuri de fundație care se situează întotdeauna deasupra nivelului apelor subterane, inclusiv al celor capilare, iar scurgerea apelor de suprafață este asigurată.

Pământul este considerat umed, dacă în unele perioade ale anului este saturat cu apă, iar indicele de consistență este mai mic de 0,50. Pământul este mocirlos dacă este în permanență saturat cu apă, iar indicele de consistență este mai mic de 0,25.

În pământurile uscate se trece la îndepărtarea brazdelor și a terenului vegetal și la executarea celorlalte lucrări de terasamente necesare.

În pământurile umede trebuie luate măsuri de evacuare a apelor subterane prin șanțuri sau drenuri.

Locurile mlăștinoase trebuie tratate în mod special prin lucrări proiectate individual în funcție de condițiile locale.

#### **2.2.1.4. Extragerea brazdelor și decaparea stratului vegetal**

Conținutului ridicat de particule fine și de materii organice, fac din pământul vegetal un material foarte compresibil și deci nerecomandat ca teren de fundație și nici ca material pentru construcția rambleurilor. Din această cauză, el trebuie să fie îndepărtat de pe ampriza terasamentelor, prin extrageri de brazde (la lucrări executate manual, mai rare în prezent) sau prin decapare, până la o adâncime de 10...30 cm.

Pentru extragerea brazdelor, terenul se împarte în fâșii de 20 x 40 cm, apoi cu cuțite speciale se fac tăieturi verticale, longitudinale și transversale. După aceea, brazdele se desprind de pământ prin tăiere. În acest mod se obțin fâșii dreptunghiulare de brazde cu laturile de 20 x 40 cm și cu grosimea de 6...10 cm. Brazdele se depozitează în afara amprizei și, pentru a nu se usca iarba, se udă din când în când și se acoperă cu rogojini pentru ca, până la întrebuițare, să rămână proaspete.

Pământul vegetal obținut prin decapare se depozitează și se va folosi la redarea terenurilor ocupate temporar de șantier în circuitul agricol și pentru îmbrăcarea taluzurilor.

#### **2.2.1.5. Pichetarea amprizei**

Pe terenul defrișat și curățat se retrasează axa căii de comunicație prin țărushi din lemn sau metal, în dreptul tuturor profilurilor transversale caracteristice prevăzute în proiect.

Pentru realizarea corectă a lucrărilor de terasamente și pentru a înlesni controlul execuției, este necesar ca înainte de începerea lucrărilor de terasamente să fie pichetată ampriza în fiecare profil transversal caracteristic.

Determinarea marginilor amprizei se face funcție de configurația terenului, astfel:

- când terenul natural este aproximativ orizontal se procedează ca în fig. 2.5;
- când terenul natural este înclinat se procedează ca în fig. 2.6.

După ce punctele *A* și *B* care indică lățimea pe care se vor executa lucrări de terasamente în fiecare profilul transversal au fost marcate, înainte de începerea propriuzisă a lucrărilor, este absolut necesar să se fixeze pe teren martori (țărushi sau borne), în afara zonei de lucru, prin care să se poată reconstitui planimetric și nivelitic țărushi din axă, care în urma lucrărilor de terasamente dispar inevitabil. De regulă acești martori se fixează de o parte și alta a căii, preferabil perpendicular pe axa căii de comunicație. Se determină și se notează distanțele în valoare orizontală până la țărushi din axă și altitudinile punctelor martor.

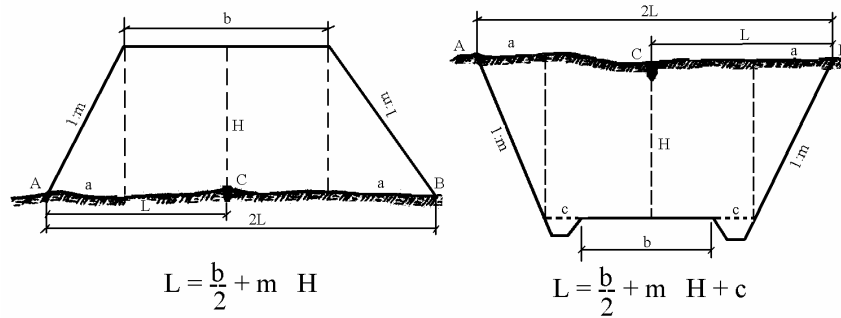


Fig. 2.5. Pichetarea amprizei pe un teren natural orizontal.

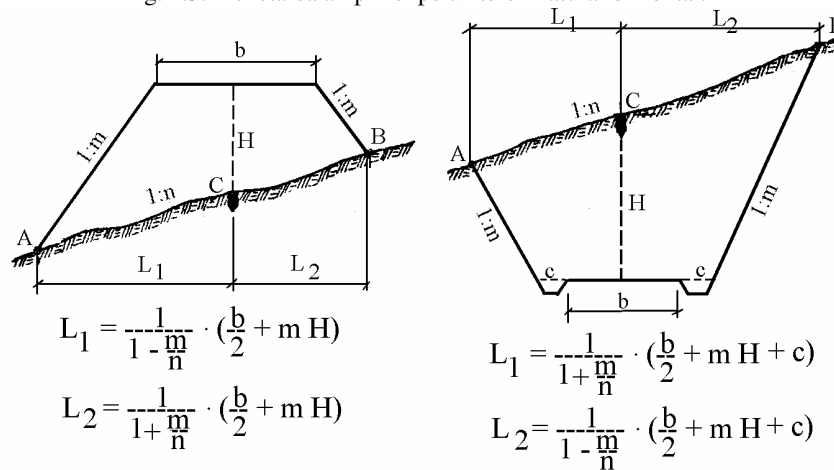


Fig. 2.6. Pichetarea amprizei pe un teren natural înclinat.

Țărușii martor primesc o denumire asemănătoare cu țărușii din axă pentru identificarea cărora au fost materializați.

### 2.2.1.6. Amenajarea drumurilor de acces

Pentru efectuarea transporturilor de materiale, utilaje și muncitori, sunt necesare în cadrul șantierului drumuri amenajate. Lipsa unor drumuri provizorii de șantier, întreținute corespunzător, cauzează mari greutateți în mișcarea materialelor și deplasarea utilajelor precum și consumuri exagerate de carburanți și distrugerea prematură a autovehiculelor; de aceea, neexecutarea acestora din “spirit de economie” este o mare greșală, care se răsfrânge negativ asupra bunei desfășurări a activității pe șantier.

Drumurile de șantier se amenajează folosindu-se de obicei utilaje existente la punctele de lucru, ca: autogredere, buldozere, compactoare etc.



Este necesar ca după ce platforma a fost reprofilată cu autogrederul să se taie cu lama acestuia rigolele necesare scurgerii longitudinale a apelor. Panta transversală a acestor drumuri trebuie să fie mai pronunțată (3...3,5 %), pentru a facilita scurgerea rapidă a apelor de suprafață.

După îndepărtarea terenului vegetal și compactarea platformei drumului provizoriu de șantier se recomandă așternerea pe o lățime de 3,0...5,5 m, în funcție de intensitatea traficului, a unui strat de balast de 15...20 cm grosime, care apoi trebuie completat, pe măsura uzurii sale și formării de gropi sau de fâgașe.

### **2.2.2. Lucrări de bază**

Lucrările de bază cuprind lucrările de terasamente propriu-zisă și constau din:

- săparea pământului din debleuri, camere de împrumut sau șanțuri;
- încărcarea, transportul și nivelarea pământului în rambleu;
- compactarea pământului.

Lucrările de terasamente se execută aproape în întregime mecanizat, de aceea se impune ca alegerea utilajelor să se facă pe baza unor studii minuțioase în scopul obținerii unei productivități ridicate.

Executarea terasamentelor trebuie să formeze un proces tehnologic unic, realizat cu o serie de utilaje dependente între ele, din punctul de vedere al succesiunii operațiilor și al productivității. În cadrul fiecărui atelier de utilaje există un **utilaj principal**, care prin parametrii săi determină alegerea, ca tip și număr, a celorlalte utilaje. Toate utilajele care formează atelierul trebuie să asigure realizarea productivității maxime a utilajului principal, iar gruparea utilajelor trebuie astfel făcută încât:

- operațiile din procesul tehnologic să se desfășoare în lanț, fără timpi morți, respectiv când un utilaj a terminat o operație, utilajul următor trebuie să intre imediat în funcție;
- toate utilajele să fie solicitate uniform și caracteristicile lor constructive să fie folosite la maximum;
- la stabilirea productivității fiecărui utilaj să se țină seama de condițiile de lucru.

Studiile pentru alegerea utilajelor trebuie să urmărească obținerea unei productivități maxime.

#### **2.2.2.1. Săparea pământului**

Pentru executarea mecanizată a săpăturilor se poate folosi o varietate largă de utilaje, dar ele trebuie alese pe baza analizării caracteristicilor lor în corelare cu situația concretă din teren. De regulă, la alegerea utilajelor se ține seama de următoarele elemente principale:

- volumul lucrărilor și termenul de execuție;
- natura terenului;
- adâncimea debleului, respectiv înălțimea rambleului;
- distanța de transport, starea drumurilor și timpul de încărcare;
- relieful terenului;
- gradul de concentrare al lucrărilor;
- poziția frontului de lucru față de nivelul terenului natural.

Alegerea utilajelor pentru terasamente trebuie astfel făcută încât acestea să se completeze reciproc și să asigure realizarea întregului lanț tehnologic în mod unitar, continuu și cu o productivitate ridicată.

După **poziția frontului de lucru** față de nivelul terenului natural de pe care lucrează utilajul de săpat, se disting următoarele categorii de utilaje:

- pentru front de lucru situat la nivelul terenului, se folosesc buldozere, screpere, autoscrepere, autogredere și gredere elevatoare;
- pentru front de lucru înalt se folosesc excavatoare cu lingură dreaptă și excavatoare cu mai multe cupe;
- pentru front de lucru în adâncime se folosesc excavatoare cu lingură întoarsă, graifăre și dragline;
- pentru executarea săpăturilor sub nivelul apei se folosesc excavatoare cu lingură întoarsă, excavatoare cu echipament de draglină sau cu echipament de graifăr.

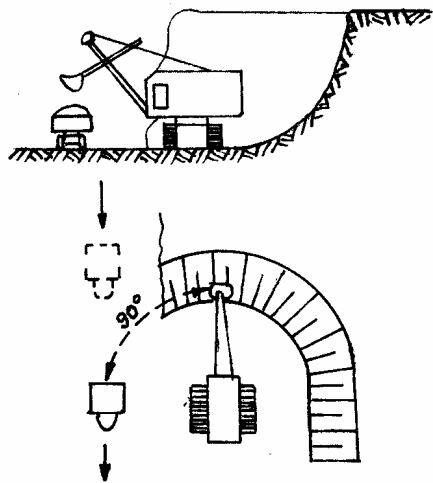


Fig. 2.7. Săparea frontală a unui debleu mic.



Fig. 2.8. Excavator cu lingură întoarsă.

**Excavatorul cu lingură dreaptă** poate fi folosit la săparea pământului în abataje situate deasupra nivelului său de staționare, în orice fel de teren, cu excepția pământurilor înghețate și stâncoase nedislocate în prealabil.

Săparea pământului se realizează fie prin **metoda longitudinală**, care constă în săparea pământului prin deplasarea excavatorului în lungul debleului, urmată de încărcarea lui în mijlocul de transport care se deplasează pe un drum paralel cu cel parcurs de excavator, fie prin **metoda frontală**, care constă în săparea pământului pe întreaga lățime a frontului de lucru, urmată de încărcarea lui în mijloacele de transport aflate în spatele excavatorului, la același nivel cu acesta. Săparea prin metoda frontală (fig. 2.7) se folosește, în general, la debleuri scurte, situate în terenuri variate, când nu pot fi amenajate drumuri laterale, paralele cu drumul parcurs de excavator.

**Excavatorul cu lingura întoarsă** poate fi folosit pentru săpături în terenuri nisipoase și argiloase, neînghețate, în spații largi, situate sub nivelul de staționare a utilajului, precum și pentru săparea șanțurilor și

tranșeele adânci, a gropilor de fundație etc. Pământul săpat se descarcă în depozit sau în mijloacele de transport, care circulă la nivelul de staționare a excavatorului sau la nivelul săpăturii (fig. 2.8).

**Draglina** este un excavator al cărui echipament de lucru îl constituie o cupă de formă specială, suspendată prin cabluri de brațul excavatorului (fig. 2.9). Excavatoarele universale cu lingură dreaptă pot fi folosite și ca dragline, prin înlocuirea echipamentului de lucru și lungirea brațului cu ajutorul unui tronson suplimentar.

Draglina sapă sub nivelul de staționare și poate descărca pământul în rambleuri, depozite sau vehicule de transport. Pătrunderea cupei în pământ se face numai sub acțiunea greutatei sale proprii, din care cauză draglina nu

poate fi folosită cu rezultate bune decât în pământuri ușoare și mijlocii. Ea se poate utiliza la săpături în terenuri umede și chiar sub apă precum și în terenuri mlăștinoase.

**Graiferul** este un excavator al cărui echipament de lucru îl constituie o cupă specială, suspendată de brațul excavatorului și manevrată cu ajutorul a două cabluri (de susținere și de închidere). Cupa este alcătuită din două sau mai multe fălci, care se pot închide, înfigându-se și apucând pământul ce trebuie săpat (fig. 2.10).

Graiferul este folosit la săparea gropilor cu pereți verticali, la lucrări sub apă, la extragerea balastului din apă, la încărcarea unor materiale în mijloace de transport etc.

**Grederul elevator** este o mașină complexă, tractată sau autopropulsată, caracterizată prin asamblarea unui plug în formă de disc cu o bandă transportoare. El are o funcționare continuă și dă rezultate bune la săparea pământurilor ușoare și mijlocii, cu excepția celor necoezive sau a celor lipicioase (argile umede), cu excepția celor necoezive și a celor lipicioase. Pământul săpat poate fi încărcat direct în mijloace de transport sau depus în rambleu, iar în cazul debleurilor, în cavaleri sau depozite.

Adâncimea de tăiere variază între 30 cm în pământuri moi și afânate și 15 cm în cele mai compacte. Lățimea fâșiei tăiate la o trecere a mașinii este de 20...25 cm.

**Screperul** (fig. 2.11) este o mașină tractată sau autopropulsată și se folosește la săparea pământului în straturi subțiri de 10 ... 30 cm, la încărcarea, transportul și descărcarea pământului săpat, la împrăștierea, nivelarea și îndesarea (compactarea) lui. Echipamentul de lucru al screperului este format dintr-o cupă prevăzută în partea frontală a fundului cu un cuțit pentru tăierea pământului și cu o clapetă mobilă (oblonul), ce acoperă partea din față a cupei în timpul transportului.

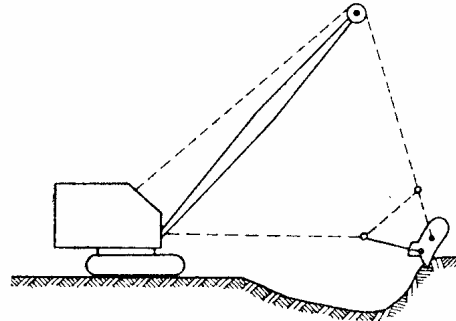


Fig. 2.9. Draglina.

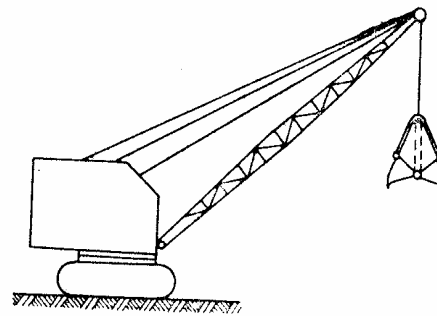


Fig. 2.10. Graiferul.



Fig. 2.11. Screperul.

Screperile lucrează foarte bine în pământuri ușoare cu o consistență mijlocie. Când pământul este prea consistent, este necesară o prealabilă scarificare a acestuia. Ca și grederul elevator, screperul nu lucrează bine în pământuri necoezive (nisipuri) și nici în pământuri lipicioase (argile umede), care ar provoca patinarea șenilelor și îngreunarea mobilității oblonului frontal. Umplerea cupei se face pe o distanță de 20 ... 25 m.

**Buldozerul** este un tractor puternic, pe șenile sau pneuri, prevăzut cu echipament de lucru cu o lamă orientabilă care poate lua diferite poziții (fig. 2.12).

Buldozerele pot fi folosite pentru executarea următoarelor lucrări:

- deschiderea traseelor noi de drumuri;
- deplasarea pământului săpat pe distanțe relativ mici (eficiență până la cca 80 m);
- nivelarea pământului rezultat din săpătură, în straturi uniforme, nivelarea terenurilor accidentate, ondulate, cu gropi etc;
- curățarea terenului de tufișuri și cioturi și decaparea stratului vegetal, curățarea platformei de zăpadă;
- pregătirea și executarea drumurilor de acces pentru celelalte utilaje terasiere sau rutiere.

Debleurile de înălțime redusă situate în apropierea unor rambleuri, la o distanță de până la 40 ... 50 m (distanță acceptabilă pentru transportul pământului cu buldozerul), pot fi executate în întregime cu buldozerul, prin săparea pământului în straturi succesive, orientate de sus în jos, și deplasarea lui în lungul drumului până la rambleu. Înclinarea straturilor de săpătură nu trebuie să depășească 30...35 °, pentru a nu periclita stabilitatea buldozerului în timpul lucrului.

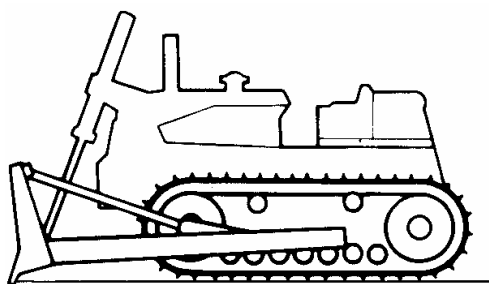


Fig. 2.12. Buldozer.

Debleurile de adâncime mică, de până la 1,5 m, se pot executa cu buldozerul prin deplasarea și depozitarea laterală a pământului săpat. Rambleurile pot fi executate cu buldozerul, atât prin deplasarea longitudinală a pământului provenit dintr-un debleu

apropiat, cât și prin deplasarea transversală a pământului provenit din camere laterale de împrumut, sau din cavaleri. Când se execută mai multe debleuri și rambleuri succesive, buldozerul taie din jumătatea unui debleu și transportă în jumătatea rambleului următor, iar la întoarcere, taie din cealaltă jumătate a debleului și transportă în cealaltă jumătate a rambleului (fig. 2.13).

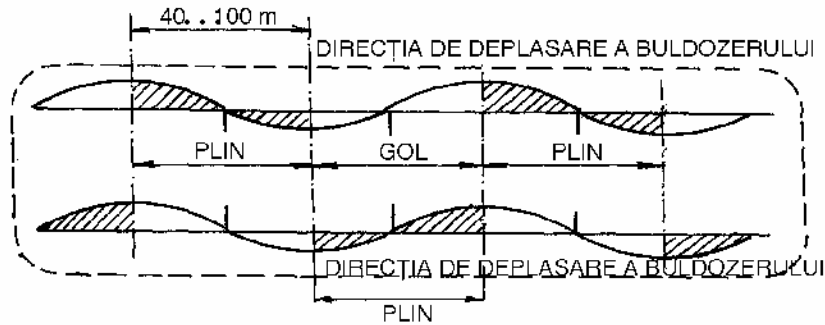


Fig. 2.13. Mișcarea în lungul căii a buldozerului.

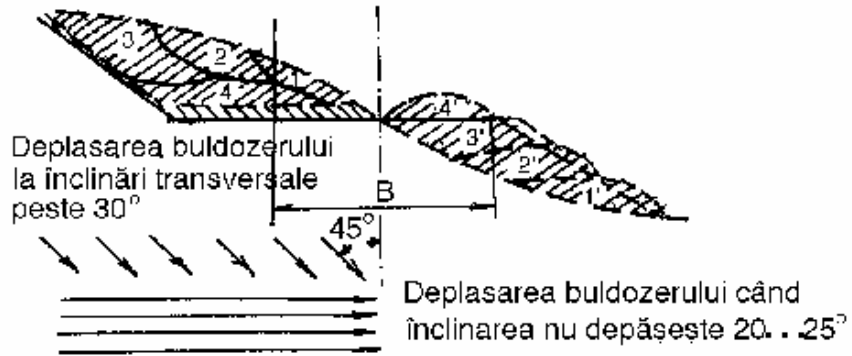


Fig. 2.14. Executarea terasamentelor în profil mixt cu buldozerul.

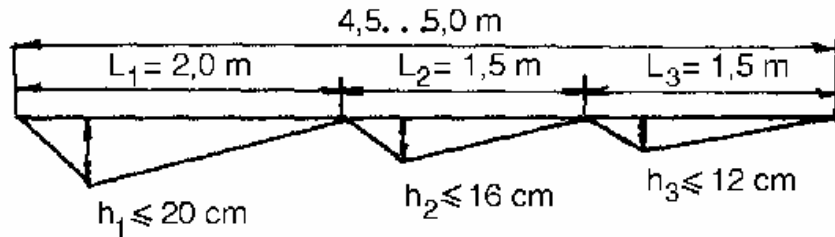


Fig. 2.15. Tăierea pământului cu buldozerul în formă de dinți de fierăstrău.

Buldozerul dă rezultate bune, mai ales la executarea terasamentelor în profil mixt, când deplasarea transversală a pământului din debleu în rambleu se face pe distanțe scurte. În acest caz, pământul din debleu este deplasat transversal și așezat pentru formarea rambleului într-o anumită ordine arătată în fig. 2.14.

Pentru a spori productivitatea, este indicat ca tăierea straturilor de pământ să se facă sub forma dinților de ferăstrău (fig. 2.15), care contribuie la diminuarea frecării dintre lamă și pământ asigurând astfel o deplasare mai ușoară a buldozerului. Tot pentru sporirea productivității, este indicat ca buldozerul să sape prin mai multe treceri succesive pe același loc, întrucât valurile de pământ formate lateral împiedică într-o bună măsură pierderea pământului din părțile laterale ale lamei.

Descărcarea pământului trebuie să se facă în straturi subțiri, care să se poată compacta în condiții corespunzătoare.

**Grederul și autogrederul** (fig. 2.16) sunt utilaje remorcate (grederul) sau autopropulsate (autogrederul) care au ca echipament principal de lucru o lamă nivelatoare, iar ca echipament secundar un scarificator montat, de regulă, în fața lamei. Lama poate fi deplasată în plan orizontal, vertical și lateral.



Fig. 2.16. Autogrederul.

Cu autogrederile se pot realiza:

- debleuri până la 0,7 m adâncime;
- rambleuri până la 1,0 m înălțime;
- împrăștierea și așternerea pământului în straturi subțiri, precum și a altor materiale (balast, nisip etc.);
- profilarea patului drumului și a platformelor;
- șanțuri, rigole și alte dispozitive de scurgere a apelor;
- nivelarea taluzurilor și finisări de terasamente, tăierea acostamentelor înalte și a denivelărilor;
- scarificarea și afânarea terenurilor tari și foarte tari, scarificarea și reprofilarea pietruirilor existente;
- curățarea drumului de zăpadă și gheață;
- așterneri de materiale pietroase sau amestecarea prin treceri succesive a materialelor în cazul stabilizării etc.

Lungimea sectorului de lucru este, în general de 4 000 ... 5 000 m, iar viteza de lucru de 3,0...3,5 km/h în cazul grederelor și de 4,0...4,5 km/h în cazul autogrederelor.

### 2.2.2.2. Încărcarea, transportul și nivelarea pământului

În scopul asigurării unei compactări corespunzătoare, pământul din rambleuri trebuie așternut și nivelat în straturi uniforme atât ca grosime, cât și în ce privește natura materialului folosit. Grosimea straturilor de pământ trebuie stabilită în funcție de natura pământului și de capacitatea de compactare a utilajului folosit prin încercări pe sectoare experimentale.

În profil transversal, pământul de aceeași natură se va răspândi pe toată lățimea rambleului. În profil longitudinal, la modificarea naturii pământului folosit, se recomandă ca trecerea de la un fel de pământ la altul să se facă treptat, cu scopul ameliorării diferenței de comportare a acestora sub acțiunea factorilor climaterici (umiditate, căldură, îngheț - dezgheț). Pe verticală, pământurile de calitate mai bună vor fi rezervate pentru realizarea straturilor superioare.

Alegerea mijloacelor de transport trebuie făcută în funcție de tipul și productivitatea utilajului de săpat, distanța de transport, starea drumurilor de șantier, relieful terenului, condițiile climaterice etc.

În principal, pentru transportul pământului se folosesc:

- **autocamioanele**, care sunt cele mai răspândite în acest scop, mai ales cele cu benă basculantă, care permit descărcarea directă a pământului;

- **dumperile**, care se pot deplasa fără dificultăți în teren accidentat și se folosesc pe distanțe de max. 1,5 km. Se pot folosi și în locuri strâmte, deoarece se pot deplasa și înainte și înapoi cu aceeași viteză (se întoarce doar scaunul conducătorului);

- **tractoarele cu remorci**, care se pot utiliza pentru distanțe de transport de max. 2,0 km și pentru condiții de relief și stare a drumurilor dificile. Tractoarele pot fi pe pneuri sau pe șenile;

- **vagonetele de cale ferată îngustă**, care se folosesc în cazul unui volum mare de terasamente, pe distanțe de transport de max. 0,5 km și atunci când declivitatea căii ferate nu depășește 4 ‰;

- **benzile transportoare**, care au o funcționare uniformă și continuă, o mare productivitate și implică un consum mic de energie. Se folosesc mai ales pe distanțe scurte.

**Încărcarea pământului** în mijloacele de transport se face cu ajutorul utilajului săpător sau cu mașini speciale numite autoîncărcătoare. Autoîncărcătoarele sunt mașini autopropulsate, care încarcă materialul din depozit, îl transportă pe distanțe scurte și îl descarcă în bena unui autocamion sau într-un alt depozit. Echipamentul de lucru al acestor utilaje este format dintr-o cupă, montată pe un tractor pe pneuri (fig. 2.17) sau pe șenile.

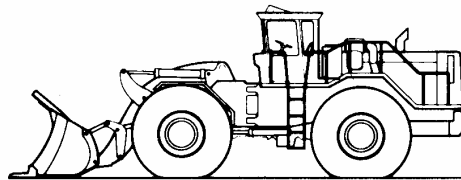


Fig. 2.17. Autoîncărcător pe pneuri.

### 2.2.2.3. Compactarea terasamentelor

Compactarea terasamentelor se produce sub acțiunea unor forțe exterioare aplicate asupra pământului și are ca rezultat creșterea densității acestuia. Lucrul mecanic folosit pentru compactare se consumă, în cea mai mare parte, pentru învingerea coeziunii și frecării dintre granule. Prin compactare, numărul și intensitatea contactelor dintre granule sporesc, iar proprietățile fizico-mecanice ale pământului se îmbunătățesc. Astfel, micșorarea numărului de

goluri duc la creșterea densității și la reducerea permeabilității și a absorbției de apă, la sporirea stabilității și la creșterea capacității portante a pământului respectiv.

Prin compactare, pământul trebuie să primească o anumită deformație, de natură remanentă, ireversibilă. Dacă nu s-a realizat o compactare suficientă, atunci se pot obține, sub acțiunea traficului și a factorilor climaterici, tasări ulterioare neuniforme, cu efecte dintre cele mai nefavorabile asupra comportării în exploatare a suprastructurii.

Gradul de compactare a unui pământ este dat de raportul dintre starea de îndesare efectivă și starea de îndesare maximă verificată prin încercări de laborator efectuate asupra unor caracteristici structurale reprezentative ale acestuia, ușor de pus în evidență, cum ar fi: densitatea, greutatea volumică, porozitatea etc.

Pentru stabilirea stării de îndesare maxime a pământului se cunosc, în momentul de față, numeroase metode, dintre care cea mai largă răspândire o are **metoda Proctor**.

În această metodă, **gradul de compactare** se exprimă prin raportul dintre densitatea efectivă în stare uscată a pământului din terasamente  $\rho_{def}$  și densitatea maximă în stare uscată a acestuia  $\rho_{dmax}$  obținută în laborator prin încercarea Proctor:

$$D = \frac{\rho_{def}}{\rho_{dmax}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.1)$$

Densitatea în stare uscată maximă  $\rho_{dmax}$  se obține numai pentru o anumită stare de umiditate a pământului, denumită **umiditate optimă de compactare**  $w_{opt}$ .

Perechea de valori  $\rho_{dmax}$  și  $w_{opt}$  reprezintă caracteristicile de compactare ale pământului cercetat prin metoda Proctor.

**Determinarea caracteristicilor de compactare prin încercarea Proctor.** Încercarea Proctor are drept scop determinarea caracteristicilor de compactare ale pământurilor, și anume umiditatea optimă de compactare  $w_{opt}$  și densitatea maximă în stare uscată  $\rho_{dmax}$  pentru un anumit lucru mecanic specific de compactare  $L$ .

În funcție de valoarea lucrului mecanic specific de compactare se deosebesc două încercări Proctor:

- încercarea Proctor normal. în care:  $L = 0,6 \text{ J/cm}^3$ ;
- încercarea Proctor modificat. în care:  $L = 2,7 \text{ J/cm}^3$ .

Încercarea Proctor normal se folosește în general pentru stabilirea caracteristicilor de compactare ale terasamentelor de drumuri și de cale ferată, iar încercarea Proctor modificat se folosește pentru stabilirea caracteristicilor de compactare ale straturilor de bază și ale straturilor de fundație executate din agregate naturale sau din pământuri stabilizate.

Lucrul mecanic specific de compactare  $L$  se calculează cu formula:

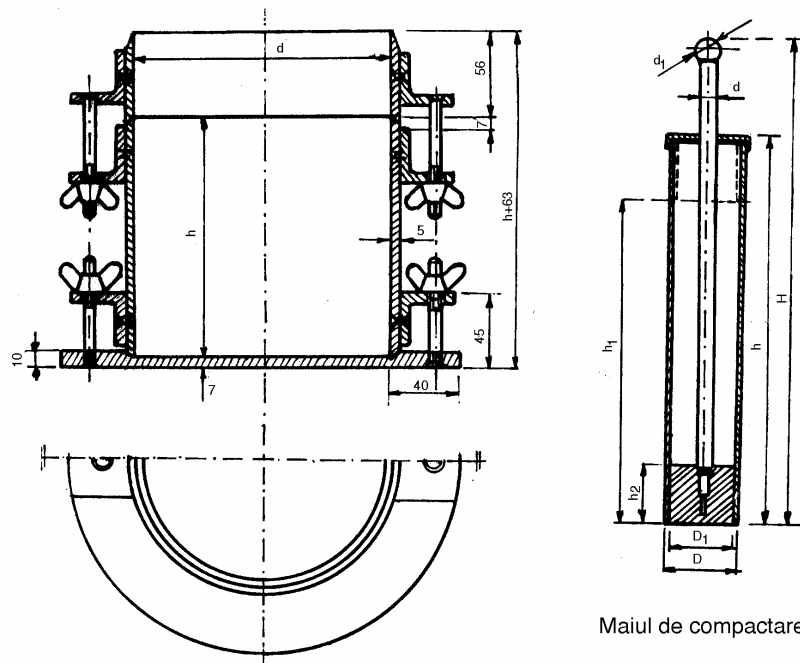
$$L = \frac{m \cdot g \cdot h_l \cdot n}{A \cdot a} \quad [\text{J/cm}^3] \quad (2.2)$$

în care:

- $m$  este masa maiului, în kg;
- $g$  – accelerația gravitației ( $9,81 \text{ m/s}^2$ );
- $h_l$  – înălțimea de cădere a maiului, în cm;
- $n$  – numărul de lovituri pe fiecare strat;
- $A$  – aria secțiunii cilindrului, în  $\text{cm}^2$ ;
- $a$  – grosimea stratului de pământ compactat, în cm.



**Aparatura Proctor** (fig. 2.18) este alcătuită, în principal, dintr-un cilindru cu inel prelungitor și placă de bază în care se face compactarea probei de pământ și un mai de compactare care culisează în interiorul unui ghidaj cilindric cu care se face compactarea probei. În funcție de dimensiunea maximă a particulei de pământ se folosesc trei mărimi de cilindri, conform tabelului 2.1. În funcție de lucrul mecanic specific de compactare și mărimea cilindrului se folosesc trei tipuri de maiuri, conform tabelului 2.2.



Cilindru de compactare

Fig. 2.18. Aparatul Proctor

Pentru efectuarea încercării Proctor mai sunt necesare: balanța tehnică 1 cu sarcina de 500 g și cu precizie 0,01 g, balanța tehnică 3 cu sarcina de 5 000 g și cu precizie de 5 g, basculă zecimală cu sarcină de 50 kg, etuvă cu temperatură constantă, reglabilă la 105 °C, ciururi cu ochiuri de 3,15; 7,1; 20 și 31,5 mm, riglă metalică de nivelare, cuțit de laborator, scafă, perie de curățat, cilindru de sticlă gradat cu capacitate de 250 cm<sup>3</sup>, sticle de ceas sau capsule pentru determinarea umidității, stropitoare, tăvi pentru uscare și amestec, recipiente, fiole de sticlă cu dop șlefuit, exsicator cu clorură de calciu (CaCl<sub>2</sub>) etc.

Cantitatea de material folosită pentru o probă și cantitatea totală de material necesară sunt date în tabelul 1.16, în funcție de dimensiunea maximă a particulei și de lucrul mecanic specific convențional  $L$ .

Tabelul 2.1

Dimensiunea maximă a particulei de pământ, $D_{max}$ (mm)	Dimensiunile cilindrului		Volumul cilindrului, $V$ ( $cm^3$ )
	$d$ (mm)	$h$ (mm)	
7,1	100	115	904
20,0	150	150	2649
31,5	250	275	13492

Tabelul 2.2

Felul încercării Proctor și diametrul cilindrului	$H$ mm	$h$ mm	$h_1$ mm	$h_2$ mm	$D$ mm	$D_1$ mm	$d$ mm	$d_1$ mm	$m$ kg
Proctor normal 100 și 150	500	400	300	100	57	50	20	28	2,5
Proctor modificat 100 și 150	800	600	450	150	57	50	20	30	4,5
Proctor normal și modificat 250	890	710	600	110	132	125	30	45	15,0

Tabelul 2.3

Diametrul cilindrului (mm)	Dimensiunea particulei de pământ $D_{max}$ (mm)	Cantitatea de material necesară (kg)			
		Pentru o probă		Totală	
		$L = 0,6$	$L = 2,7$	$L = 0,6$	$L = 2,7$
100	7,1	3	4	10	12
150	20,0	7	8	21	24
250	31,5	25	30	75	90

Proba de pământ se introduce în cilindru cu prelungitor în 3 straturi pentru încercarea Proctor normal, respectiv în 5 straturi pentru încercarea Proctor modificat, de grosimi aproximativ egale. Pe fiecare strat se va aplica un anumit număr de lovituri precizat prin norme.

După compactarea ultimului strat, se înlătură prelungitorul și cu cuțit de laborator se taie materialul la nivelul superior al cilindrului și se determină, prin diferență, masa pământului compactat  $m_m$ , din cilindru. Cunosând volumul cilindrului  $V$ , se determină densitatea  $\rho$  și densitatea în stare uscată  $\rho_d$  ale pământului compactat, funcție de umiditatea efectivă a acestuia  $w$ .

Încercarea se repetă de mai multe ori, cu sporirea umidității pământului de fiecare dată, până ce se obține o scădere a masei materialului din cilindru. Se mai efectuează 2...3 determinări după ce masa a început să scadă pentru a se obține o continuitate a curbei Proctor.

Pentru fiecare încercare de compactare se calculează densitatea  $\rho$  și densitatea în stare uscată  $\rho_d$  a materialului, cu relațiile:

$$\rho = \frac{m_m}{V} \quad [g/cm^3] \quad (2.3)$$

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + \frac{w}{100}} \quad [g/cm^3] \quad (2.4)$$

în care:

$m_m$  este masa materialului din cilindru, în g;  
 $V$  – volumul materialului compactat, în  $\text{cm}^3$ ;  
 $w$  – umiditatea medie a materialului, în %.

Pentru efectuarea calculelor, toate datele măsurătorilor și cântărilor se trec într-un formular tip. Pentru determinarea caracteristicilor de compactare se reprezintă variația densității în stare uscată  $\rho_d$  funcție de variația umidității pământului  $w$ . Punctele astfel obținute se unesc printr-o curbă denumită **curba Proctor** (fig. 2.19). Abscisa și ordonata punctului de maxim al acestei curbe reprezintă umiditatea optimă de compactare  $w_{opt}$  și respectiv densitatea maximă în stare uscată  $\rho_{d\max}$  pentru tipul respectiv de încercare.

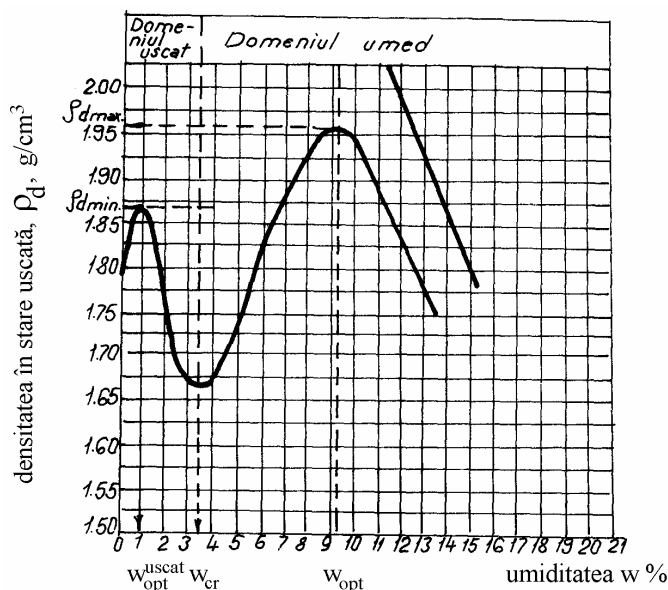


Fig. 2.19. Diagrama Proctor.

Abscisa și ordonata punctului de maxim al acestei curbe reprezintă umiditatea optimă și, respectiv, densitatea în stare uscată maximă a materialului, pentru tipul respectiv de încercare.

**Determinarea densității efective pe șantier.** Pentru verificarea gradului de compactare prescris, este necesar ca în timpul execuției să se efectueze controale cât mai dese asupra parametrilor de compactare obținuți ( $\rho_d$ ,  $w$ ) și să se ia măsurile convenite pentru îmbunătățirea procesului de compactare, de îndată ce se constată că aceștia sunt necorespunzători.

Pentru determinarea acestor parametri există multe metode, dintre care prezintă interes doar cele ale căror rezultate pot fi cunoscute într-un timp scurt, care să permită, dacă este cazul, modificarea în timp util a procesului de compactare.

Metodele de determinare rapidă a parametrilor de compactare a pământurilor sunt cunoscute sub denumirea de **metode de șantier**. Acestea pot fi grupate în: metode directe și metode indirecte.

**a. Metodele directe** sunt foarte rapide, rezultatele obținându-se imediat, ceea ce dă posibilitatea ca într-un timp scurt să se efectueze un număr mare de încercări.

Dezavantajul acestor metode constă în faptul că pentru determinarea parametrilor de compactare sunt necesare curbe-etalon alcătuite în prealabil, pe baza unor încercări efectuate asupra unor pământuri cu caracteristici cunoscute.

Dintre metodele directe, se prezintă cu titlu informativ metoda penetrației cu penetrometru dinamic.

**Metoda penetrației** constă în stabilirea directă a stării de îndesare a pământului în funcție de felul cum o tijă metalică pătrunde în pământ sub acțiunea unor sarcini statice (prin apăsare), sau dinamice (prin batere).

În general, metodele bazate pe efectul de penetrare nu dau valorile certe ale densității pământului, ci numai date orientative, care servesc la depistarea expeditivă a zonelor insuficient compactate din corpul terasamentelor, din care urmează să fie prelevate probe pentru încercări mai precise. În acest fel, utilizarea penetrometrelor contribuie la o substanțială reducere a numărului de încercări mai exacte, care în general necesită un timp mai îndelungat pentru efectuare. Aparatele folosite pentru încercări de penetrație se numesc penetrometre. Acestea pot fi statice sau dinamice.

În cazul penetrometrelor statice, efectul de penetrare se măsoară prin forța de apăsare necesară introducerii tijei metalice în pământ, la o adâncime dată, raportată la secțiunea acesteia, iar în cazul penetrometrelor dinamice, prin numărul de lovituri necesare pentru pătrunderea tijei metalice în pământ, pe o adâncime dată.

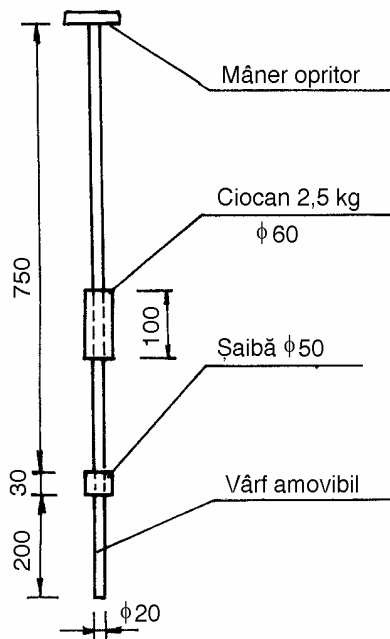


Fig. 2.20. Penetrometrul dinamic.

**Penetrometrul dinamic** (fig. 2.20) se utilizează pentru controlul compactării terasamentelor în timpul execuției. Este format dintr-o bară metalică de 1 m lungime având diametrul de 20 mm, care are fixată pe ea o șaibă de  $\phi$  50 mm. Un ciocan având masa de 2,5 kg culisează în jurul barei și, prin cădere liberă de la 65 cm, lovește șaiba fixată pe bară, iar capătul barei de 20 cm lungime se înfige în stratul compactat după un anumit număr de lovituri.

Încercarea se face în modul următor: aparatul se așază în poziție verticală, cu tija sprijinită pe stratul de pământ compactat. Se ridică ciocanul până la mânerul opritor și se lasă să cadă liber pe șaiba fixată pe tijă. Operația se repetă până ce capătul liber al tijei se înfige în pământ la nivelul feței inferioare a șaibe, notându-se numărul de lovituri dat. Numărul de lovituri este influențat de gradul de compactare al pământului.

Dacă pătrunderea tije într-un alt amplasament pe aceeași adâncime se face pentru același număr de lovituri, cele două zone au același grad de compactare. Dacă pătrunderea se face pentru un număr redus de lovituri, stratul controlat are un grad de compactare mai mic și, în consecință, se iau măsurile necesare continuării compactării.

Aprecierea obținerii gradului de compactare prescris se poate face dacă experiența se realizează pe un strat cu grad de compactare cunoscut.

Este important de reținut că modificarea compoziției granulometrice și mineralogice a terenului nu influențează sensibil asupra indicațiilor aparaturii, putându-se folosi aceeași curbă de etalonare pentru toate terenurile.

**b. Metodele indirecte** permit determinarea parametrilor de compactare pe probe prelevate din terasament. În funcție de natura pământului, pot fi prelevate probe netulburate (în cazul pământurilor coezive), sau tulburate (în cazul pământurilor necoezive). Pentru stabilirea parametrilor de compactare, fiecare încercare necesită două determinări separate: densitatea  $\rho_d$  și umiditatea  $w$ .

Există o varietate largă de metode indirecte pentru determinarea densității  $\rho$  și umidității  $w$  efective ale pământurilor din terasamente. Dintre acestea se prezintă una dintre metodele de înlocuire a volumului și anume metoda volumetrului cu nisip.

**Metoda înlocuirii volumului** constă în extragerea din corpul terasamentului, prin săpare, a unei probe de pământ și înlocuirea ei cu un alt material, al cărui volum poate fi ușor determinat, ca: nisip monogranular, apă, ipsos etc. Aplicarea acestei metode este avantajoasă mai ales pentru balasturi, balasturi argiloase, nisipuri mari etc., la care nu este posibilă extragerea de probe netulburate. Materialele alese ca înlocuitori de volum trebuie să aibă proprietatea de a umple în totalitate întreaga cavitate liberă după extragerea probei, indiferent de forma conturului acesteia, întrucât numai în acest fel se poate conta pe o suficientă precizie de stabilire a volumului probei de pământ.

Pentru determinarea densității în stare de umiditate naturală a pământului  $\rho$ , proba se cântărește imediat după extragere. Aceeași probă se păstrează, de obicei, și pentru determinarea umidității  $w$ .

**Volumetrul cu nisip** este un aparat care se utilizează pentru umplerea cavității rămasă în terasament

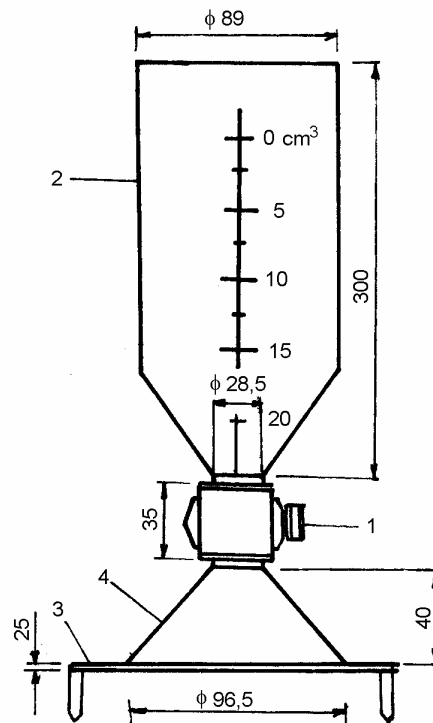


Fig. 2.21. Volumetrul cu nisip.

după extragerea probei de pământ pentru o mai rapidă determinare a volumului acestei probe și pentru eliminarea erorilor de măsurare (fig. 2.21).

Aparatul este alcătuit dintr-o pâlnie gradată (2), ce se leagă cu conul de bază (4) prin intermediul șurubului de închidere (1). Aparatul se sprijină pe placa de bază (3) prevăzută la mijloc cu un orificiu cu diametrul de 96,5 mm. Pentru efectuarea determinării, pe lângă volumetrul cu nisip mai sunt necesare: balanță cu sensibilitate de  $\pm 1$  g cu greutatea respective, lingură, scafă, cuțit.

Modul de lucru presupune următoarele operații:

- se netezește suprafața stratului de pământ pe locul unde se face determinarea;
- se așază placa de bază a aparatului pe strat, prin înfigerea în pământ a celor patru picioare de la colțuri, având grijă ca placa să stea în întregime pe stratul de pământ;
- se scoate prin orificiul plăcii o cantitate de pământ, formând o cavitate cu diametrul de 10 cm și adâncimea de 6...8 cm; pământul se scoate astfel ca pereții cavității să fie netezi și să nu rămână elemente libere pe fundul ei;
- se cântărește pământul extras cu precizie de  $\pm 1...2$  grame (m);
- se așază volumetrul cu nisip pe placa de bază și se fixează în cleme;
- se deschide cu grijă robinetul aparatului, lăsându-se nisipul să curgă încet, până ce, umplându-se cavitatea, se oprește curgerea nisipului;
- se citește pe gradația aparatului, la nivelul nisipului rămas în aparat, volumul cavității din stratul de pământ, respectiv volumul probei extrase  $V$ ;
- se calculează densitatea pământului:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{g/cm}^3] \quad (2.5)$$

În cazul folosirii unor vase ne graduate, volumul nisipului intrat în cavitate se poate stabili prin cântărirea vasului de nisip înainte și după umplerea cavității și aplicând relația:

$$V = \frac{m_i - m_f}{\rho_n} \quad [\text{cm}^3] \quad (2.6)$$

în care;

$m_i$  este masa inițială a vasului cu nisip, în g;

$m_f$  – masa vasului cu nisip, după umplerea cavității, în g;

$\rho_n$  – densitatea nisipului, în  $\text{g/cm}^3$ .

Procedeeul înlocuirii volumului de nisip monogranular este foarte răspândit, putând fi folosit la nivelul fiecărui șantier, deoarece nu reclamă aparatură deosebită și este foarte practic.

După obținerea densității  $\rho$ , pe o probă medie din pământul prelevat din cavitate se determină umiditatea  $w$  a materialului și în final, cu relația 2.4, densitatea în stare uscată efectivă  $\rho_{def}$ . Aceasta se folosește la determinarea gradului de compactare  $D$  (relația 2.1).

Capacitatea portantă și stabilitatea terasamentelor sunt strâns legate de calitatea compactării exprimată prin gradul de compactare  $D$ . Astfel, pentru rambleuri de drumuri, funcție de natura pământului (coeziv sau necoeziv), de tipul îmbrăcăminte rutiere (permanentă sau semipermanentă) și de înălțimea rambleului, gradul de compactare Proctor normal minim prevăzut să se obțină este de 90...100 %. Pentru debleuri de drumuri în toate cazurile, gradul de compactare Proctor normal pe o adâncime de 30 cm sub patul drumului trebuie să fie de min. 100 %.

Pentru rambleuri de căi ferate, funcție de adâncimea față de zona platformei, gradul de compactare Proctor normal impus, este de 95...98 %. Pentru pământuri necoezive, gradul de compactare Proctor modificat minim trebuie să fie de 93...96 %. La nivelul terenului de bază, în ambele cazuri, gradul de compactare trebuie să fie de min. 90 %. Pentru debleuri, este necesar un grad de compactare Proctor normal de min. 98 %, iar pentru debleuri în pământuri necoezive, un grad de compactare Proctor modificat de min. 96 %.

Pentru **compactarea terasamentelor** se folosește o gamă largă de utilaje, care pot fi clasificate în următoarele categorii:

- utilaje acționând prin apăsare, categorie în care se înscriu compactoarele cu rulouri netede, compactoarele pe pneuri, compactoarele tractate (tăvălugi) cu rulouri cu crampoane;
- utilaje acționând prin batere, categorie care cuprinde maiurile mecanice ușoare, maiurile mecanice grele și maiurile macara (cu cădere liberă);
- utilaje acționând prin vibrație, categorie în care sunt incluse compactoarele vibratoare și plăcile vibratoare.

În funcție de caracteristicile sale, de natura pământului din terasament, de condițiile de lucru etc., fiecare utilaj de compactare își are domeniul său de utilizare.

**Compactoarele cu rulouri netede** sunt alcătuite dintr-un șasiu pe care este amplasat motorul, dispozitivele de mișcare, cabina și rulourile. Rulourile utilajului sunt niște cilindrii de oțel cu diametrul de 0,4...2,0 m și cu lățimea de max. 2,0 m. Aceste utilaje pot avea două rulouri situate unul în spatele celuilalt (tandem) sau trei rulouri care sunt dispuse pe două sau pe trei axe. Compactoarele cu rulouri netede cu trei axe se folosesc mai ales pentru finisarea compactării. În general, compactoarele cu rulouri netede produc o compactare bună la suprafață dar eficiența lor scade o dată cu creșterea grosimii stratului. Acțiunea compactoarelor cu rulouri netede este redusă la adâncimi de 15...25 cm și se utilizează la compactarea pământurilor pietroase, a straturilor din piatră spartă etc.



Fig. 2.22. Compactor cu pneuri.

**Compactoarele pe pneuri** sunt alcătuite dintr-un șasiu formând o ladă pentru leș, care se deplasează pe unul sau mai multe rânduri de roți ce pot fi independente între ele (fig. 2.22). Sistemul de rulare care aplică sarcinile ce îndeasă pământul, este legat de șasiu printr-o suspensie specială. Aceasta asigură o bună apăsare și frământare a pământului în timpul compactării. Acest tip de compactoare se pot folosi la compactarea tuturor pământurilor coezive (mai puțin a nisipurilor monogranulare uscate) sau puțin coezive în straturi de 40...60 cm, chiar dacă umiditatea este mai mare decât  $w_{opt}$ .

Compactoarele cu pneuri pot fi tractate sau autopropulsate. Compactoarele cu pneuri tractate pot

avea un singur rând de roți sau două rânduri de roți. Cele cu un singur rând de roți sunt compactoare grele cu masa de 30...115 t, iar cele din a doua categorie au o masă de 8...15 t, cu o sarcină destul de redusă pe roată (eficacitate redusă). Compactoarele cu pneuri autopropulsate se utilizează mai des pe șantierele de drumuri și căi ferate și au o masă de 15...30 t. Pneurile compactoarelor pot avea suprafața netedă sau cu reliefuri pronunțate.



Fig. 2.23. Compactator cu crampoane autopropulsat.

**Compactoarele tractate cu rulouri cu crampoane** sunt cunoscute pe șantier sub denumirea de "tăvălugi picior de oaie" și au masa de 5...25 t, diametrul ruloului de 1,0...1,6 m și lățimea ruloului de 1,1...2,2 m. Acest compactor este format, în general, din unul sau mai mulți cilindri de oțel pe suprafața cărora sunt fixate niște proeminențe numite "picioare de oaie", cu lungimea de 18...25 cm. Aceste compactoare sunt mai eficiente decât compactoarele cu rulouri netede și sunt recomandate la compactarea pământurilor argiloase cu umiditate chiar mai mică decât  $w_{opt}$ , în straturi de 30...50 cm. Nu compactează bine

pământurile nisipoase. Aceste utilaje pot fi tractate sau autopropulsate (fig. 2.23).

**Maiurile mecanice ușoare** au masa de 40...100 kg și sunt acționate de un motor termic cu aer comprimat. Organul de batere este de regulă o placă metalică pătrată, fixată la capătul unei țije asupra căreia acționează motorul fixat la partea superioară.

**Maiurile mecanice grele** sunt construite pe același principiu ca și maiurile ușoare, dar au masa mai mare (de până la 1 200 kg).

**Maiurile macara cu cădere liberă** sunt plăci grele metalice sau din beton armat cu o suprafață utilă de cca 1 m<sup>2</sup> și cu greutatea de 10...40 kN, care sunt ridicate cu ajutorul unei macarale la înălțimea de 1...3 m și apoi sunt lăsate să cadă liber pe stratul care trebuie compactat.

**Compactoarele vibratoare** au ca element activ unul sau două rulouri care, la trecerea peste materialul de compactat, desfășoară o mișcare oscilatorie sub acțiunea unui mecanism vibrant. Ruloul sau rulourile desfășoară și o mișcare de rotație care asigură înaintarea utilajului. În cazul compactoarelor cu un rulou vibrator pe a doua osie a utilajului se dispune un rulou static sau un sistem de roți cu pneuri.

Mecanismele de vibrare sunt alcătuite din mase excentrice care se rotesc cu viteze ridicate. Prin variația excentricității maselor și a vitezei de rotație, este posibilă schimbarea amplitudinii și frecvenței vibrațiilor, în funcție de natura materialului ce se compactează.

Compactoarele vibratoare pot fi tractate sau autopropulsate și se pot folosi în condiții foarte bune la compactarea materialelor cu unghi de frecare interioară mare (balasturi, bolovănișuri, nisipuri monogranulare).

**Plăcile vibratoare** acționează în adâncime ca și compactoarele vibratoare, deoarece diminuează frecarea interioară dintre granulele materialului ce se compactează. Avansarea



plăcii se realizează datorită componentei orizontale a rezultantei dată de sarcina statică (greutatea) și acțiunea dinamică. Plăcile vibratoare sunt acționate de un motor cu ardere internă sau electric prin intermediul unei greutate dispuse excentric. Aceste utilaje se folosesc la compactarea materialelor granulare, a pământurilor necoezive, a pietrișurilor, bolovânișurilor etc., de regulă în spații înguste.

#### 2.2.2.4. Determinarea grosimii stratului și a numărului de treceri

Pentru realizarea parametrilor de compactare prescriși, determinați în prealabil în laborator, în funcție de caracteristicile pământului, pe șantier trebuie stabilite grosimile straturilor elementare de compactare, precum și numărul de treceri sau lovituri pe aceeași suprafață. Acestea se pot determina teoretic indirect, prin echivalarea lucrului mecanic de compactare, sau direct pe sectoare experimentale.

**Grosimea stratului elementar de compactare** se determină în mod practic pe o platformă consolidată și nivelată pe care se așază la distanțe egale (3...5 m) niște plăcuțe de tablă metalică, peste care se așterne câte un strat de pământ cu lățimea mai mare cu 50 % decât lățimea de lucru a utilajului ales pentru compactare. Grosimile stratului din pământ de pe fiecare plăcuță este diferită și are înainte de cilindrare valoarea  $h_i$  (fig. 2.24).

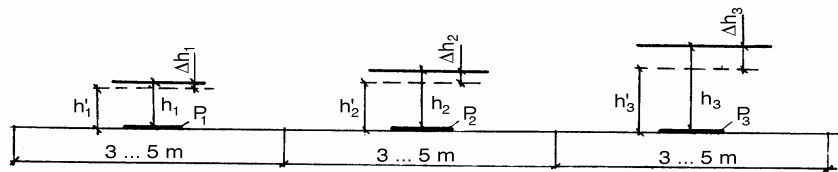


Fig. 2.24. Determinarea grosimii elementare a stratului de compactat.

După trecerea utilajului de un anumit număr de ori peste pământul așternut în grosimile  $h_i$ , se măsoară din nou grosimile compactate ale tuturor straturilor. Rezultă grosimile  $h'_i$ , cu care se calculează tasarea procentuală a fiecărui strat cu relația următoare:

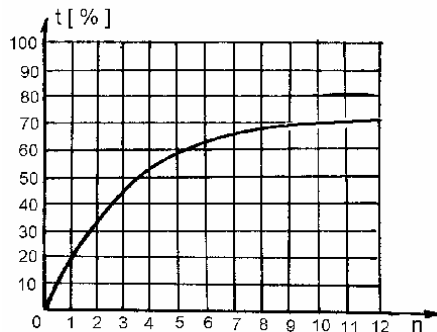


Fig. 2.25. Determinarea numărului de treceri.

$$t_i = \frac{h_i - h'_i}{h_i} \cdot 100 = \frac{\Delta h_i}{h_i} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.7)$$

Grosimea stratului de pământ corespunzătoare tasării procentuale maxime reprezintă grosimea optimă de compactare a stratului respectiv.

**Numărul de treceri ale utilajului pe aceeași suprafață** pentru grosimea optimă stabilită anterior se determină pe aceeași platformă. Se așterne pe platformă un strat din pământul cercetat cu grosimea optimă  $h$  și se începe compactarea acestuia.

După fiecare trecere a compactorului se măsoară grosimea stratului de pământ. Dacă se înregistrează rezultatele într-un grafic, având pe abscisă numărul de treceri  $n$  și pe ordonată tasarea procentuală  $t$ , obținută după fiecare trecere a compactorului, rezultă o curbă ca cea din fig. 2.25.

Se constată că, după un anumit număr de treceri, pământul din strat se tasează foarte puțin. În acest stadiu, compactarea se oprește și se determină gradul de compactare obținut. Dacă acesta este cel puțin egal cu gradul de compactare proiectat se consideră că numărul de treceri efectuat este satisfăcător. În caz contrar, se continuă compactarea până se obține gradul de compactare proiectat, stabilindu-se numărul de treceri necesar, care va trebui respectat și în procesul tehnologic de compactare a terasamentelor.

### 2.2.3. Lucrări de finisare

Lucrările de finisare au drept scop aducerea platformei, taluzurilor și a dispozitivelor de evacuare a apelor de suprafață într-o stare de funcționare bună, precum și realizarea unei prezentări estetice corespunzătoare a fostului șantier.

## 2.3. Stratul de formă și stratul de repartiție

**Stratul de formă** este definit ca fiind stratul superior al terasamentelor, amenajat pentru uniformizarea și sporirea capacității portante la nivelul patului drumului. În această abordare, rolurile pe care trebuie să le îndeplinească stratul de formă se pot împărți în două grupe, și anume:

- roluri care trebuie îndeplinite la scurt timp după execuție, categorie în care se înscriu:

- asigurarea derulării traficului de șantier pentru aprovizionarea cu materialele necesare și executarea primului strat de fundație;
- realizarea unei uniformități corespunzătoare pentru a permite punerea în operă a stratului superior cu grosimile proiectate și cu respectarea condițiilor de scurgere a apelor subterane de la nivelul patului drumului;

- asigurarea unei capacități portante uniforme și suficient de ridicate pentru a permite compactarea în bune condiții a primului strat de fundație. Astfel, după experiența franceză, dacă pentru un rambleu se recomandă o densitate medie în stare uscată  $\rho_{dm}$  pe grosimea fiecărui strat de *min.* 95 % din densitatea în stare uscată maximă Proctor normal  $\rho_{dPN}$  și o densitate în stare uscată la baza stratului  $\rho_{dbs}$  de *min.* 92 %  $\rho_{dPN}$ , atunci, în cazul straturilor de formă, exigențele trebuie să fie mai mari și se materializează prin următoarele relații:  $\rho_{dm} \geq 98,5\% \rho_{dPN}$  și  $\rho_{dbs} \geq 96\% \rho_{dPN}$ ;

- asigurarea protecției patului drumului împotriva intemperiilor (ploaie, îngheț, dezgheț etc.) până în momentul executării structurii rutiere;

- roluri care trebuie îndeplinite pe toată durata de exploatare a structurii rutiere:

- asigurarea unei capacități portante uniforme tot timpul anului, indiferent de condițiile climatice.

Stratul de formă face trecerea de la terasamentele propriu-zise la structura rutieră, constituind legătura dintre două faze de construcție diferite, care se pot succede imediat sau la intervale mai mari de timp. El nu face parte din structura rutieră ci face parte ca structură și concepție, din terasamente.

Necesitatea executării stratului de formă și soluția tehnică de realizare a acestuia, sunt determinate în principal de:

- caracteristicile pământului din terasamente și mai ales la debleuri de omogenitatea terenului de fundare. Eventualele neomogenități nu trebuie resimțite la nivelul structurii rutiere;
- natura și caracteristicile stratului de fundație inferior;

- procesul tehnologic și condițiile de execuție.

Grosimea stratului de formă, se stabilește prin calcul, în conformitate cu prescripțiile tehnice referitoare la dimensionarea structurilor rutiere. De regulă, se adoptă grosimi de 10...30 cm, funcție de tipul profilului transversal, gradul de omogenitate al terenului de fundare, caracteristicile materialelor, condițiile climatice etc. El poate fi realizat într-o multitudine de variante în funcție de scop, de mijloacele și materialele existente și de condițiile locale. De regulă, materialele din care se execută straturile de formă, sunt pământurile coezive din care se realizează terasamentele îmbunătățite cu: adaosuri pentru corectarea granulozității și stabilizări cu zgură granulată, cenușă de termocentrală, ciment, var etc. De asemenea, pentru construcția straturilor de formă, se pot utiliza materiale necoezive ca: nisipuri, balasturi, deșeuri de carieră, zgură brută de furnal etc., puse în operă prin tehnologii adecvate.

Stratul de formă trebuie compactat până la realizarea unui grad de compactare de min. 98 %, cu densitatea în stare uscată maximă determinată prin încercarea Proctor modificat, în cel puțin 95 % din punctele de măsurare și de min. 95 % în toate punctele de măsurare.

Introducerea stratului de formă, are urmări favorabile asupra comportării structurii rutiere în exploatare. Pe de altă parte construcția structurii rutiere pe un strat portant, omogen, uniform și puțin influențabil de umiditate va conduce în mod cert la mărirea duratei de exploatare a structurii rutiere.

**Stratul de repartiție** la căile ferate, se execută în principiu din aceleași considerente ca și stratul de formă la drumuri. Rolul principal al stratului de repartiție este de a asigura scurgerea apelor de infiltrație de la nivelul superior al terasamentelor. El se execută cu grosimea de min. 15 cm, în aliniament în dreptul șinelor iar în curbă în dreptul șinei interioare. În anumite condiții, când pământul din terasamente o cere, grosimea stratului de repartiție se va mări în mod corespunzător. Stratul de repartiție cu grosimea minimă de 15 cm se va realiza din nisip cu granulozitatea continuă 0,05...7,10 mm, cu un coeficient de neuniformitate de min. 7. Stratul de repartiție mai mare de 15 cm se va realiza la partea inferioară, pe o grosime de 15 cm, din nisip, iar la partea superioară, până la fața platformei, din pietriș neciuruit cu granulozitatea 0,05...71,00 mm, cu un coeficient de neuniformitate de min. 15.

## 2.4. Consolidarea și protejarea terasamentelor

Terasamentele sunt supuse în permanență acțiunii factorilor climaterici (vânt, variații de temperatură și umiditate), care influențează într-o mare măsură rezistența și stabilitatea lor, chiar dacă execuția a fost corespunzătoare. Execuția săpăturilor și umpluturilor pentru realizarea lucrărilor de terasamente produce, în special în zone cu relief accidentat, un anumit dezechilibru al maselor de pământ și roci întâlnite, schimbând gradul de stabilitate și condițiile existente ale distribuției umidității și temperaturii.

Taluzurile sunt cele mai expuse acțiunii factorilor climaterici (acțiunea îngheț-dezghețului, variații de temperatură, vânt, scurgerea apelor din precipitații etc.). Din acest motiv taluzurile sunt cele care beneficiază de principalele măsuri de **consolidare și protejare a terasamentelor**. Aceste lucrări, constau în principal, în:

- colectarea și evacuarea apelor;
- consolidarea și protejarea taluzurilor;
- apărarea malurilor;
- sprijinirea masivelor de pământ.

Modul de rezolvare a colectării și evacuării apelor de suprafață și subterane nu face obiectul acestei lucrări.

### 2.4.1. Lucrări de consolidare a taluzurilor

Acțiunea îngheț-dezghețului și schimbările bruște de temperatură și umiditate, pot conduce la dezgrădinarea pământului din straturile de suprafață ale terasamentelor, fiind apoi antrenat de ape și vânt.

Împotriva acestor factori agresivi, se execută o serie de lucrări de consolidare a taluzurilor, care vor fi prezentate în continuare.

#### 2.4.1.1. Însămânțarea și crearea unui covor vegetal

O măsură bună pentru consolidarea taluzurilor, constă în acoperirea lor cu un strat viu de vegetație. Rădăcinile plantelor pătrunzând în stratul superior al terenului, îi măresc coeziunea. Covorul de iarbă, reduce viteza de scurgere a apei și efectul vântului la suprafața terenului, micșorând astfel puterea lor de erodare.

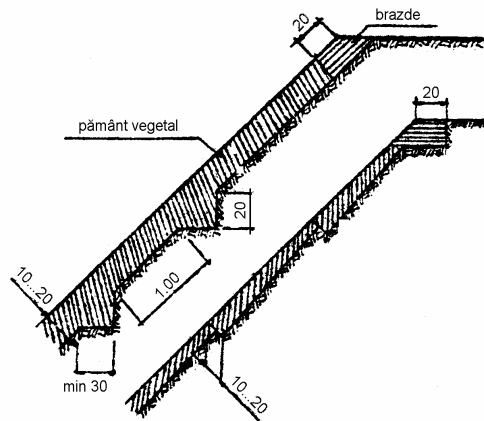


Fig. 2.26. Însămânțarea taluzurilor.

În general acest gen de lucrare constă în îmbrăcarea taluzului cu un strat din pământ vegetal și însămânțarea acestuia. Pentru unele pământuri coezive (nisip prăfos, nisip argilos, praf argilos și praf nisipos argilos) și rambleuri mici ( $h \leq 2,00$  m) se acceptă însămânțarea directă. Pentru argile grase se recomandă îmbrăcarea taluzului cu pământ loessoid, cu pământ vegetal și apoi însămânțare.

Însămânțarea trebuie efectuată pe terenuri ce conțin substanțe hrănitoare, iar umiditatea pământului trebuie întreținută min. 30 zile. Din aceste considerente,

taluzul se îmbracă cu un teren vegetal cu grosimea de 10...20 cm pe toată suprafața și apoi se însămânțează (fig. 2.26).

La alegerea plantelor se ține seama de condițiile climaterice și de teren ale zonei, de orientarea taluzurilor față de punctele cardinale, de gradul lor de umiditate, precum și de ierburile care se dezvoltă cel mai bine în regiunea respectivă.

#### 2.4.1.2. Plantarea cu arbuști

Taluzurile terasamentelor uscate din cauza expunerii la vânt și soare se recomandă să se planteze cu arbuști.

Arbuștii trebuie astfel aleși încât să se poată dezvolta bine în regiunea respectivă și cei care cresc repede, formând tufe dese și rădăcini foarte dezvoltate.

Plantarea se realizează cu puietii de 1...2 ani, iar speciile de plantare se stabilesc împreună cu unitățile silvice din zonă. În cazul în care există pericolul de erodare sau de pierdere a stabilității la suprafața taluzurilor, se utilizează împădurirea cu specii repede crescătoare (plop, salcie, anin, tei, salcâm, frasin, dud etc.), precum și cu arbuști (cătină,

măceș). Dacă există pericolul de pierdere a stabilității mai în profunzime, se prevede împădurirea cu specii cu rădăcini adânci (stejar, pin, nuc etc.).

Pe taluzurile debleurilor de cale ferată se plantează arbuști de talie mică (cătănă, amforă, păducel etc.), iar taluzurile rambleurilor de cale ferată se consolidează cu arbuști de talie mică pe primii 15 m, măsurați pe orizontală, în secțiune transversală, față de axa căii, iar restul de suprafață se protejează ca și taluzurile de drumuri.

### 2.4.1.3. Consolidarea cu nuiele

Consolidarea cu nuiele se folosește când malul sau taluzul este în permanență sub apă și se execută sub formă de straturi de nuiele, fascine joantive, sau suluri de nuiele umplute cu piatră.

Straturile de nuiele (fig. 2.27) servesc la consolidarea cea mai simplă a taluzurilor și malurilor. Nuielele se așază pe direcția de cea mai mare pantă sau sub un unghi de  $45^{\circ}$  (pantă ce trebuie să fie în sensul curentului).

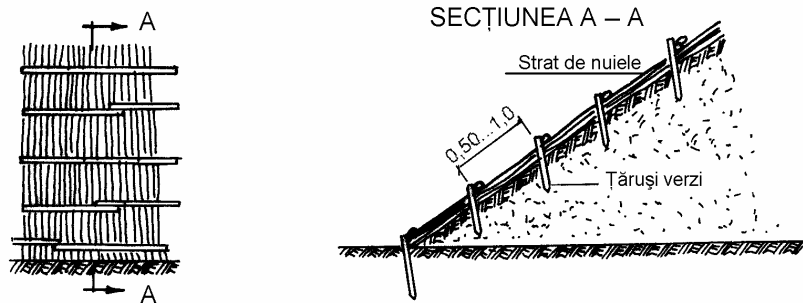


Fig. 2.27. Consolidarea taluzurilor și malurilor cu straturi de nuiele.

Capetele subțiri se așază în sus, acoperind stratul de deasupra cu  $1/3$  din lungime. Nuielele se fixează cu funii de nuiele așezate la  $0,5...1,0$  m. Funiile sunt fixate de pământ cu țăruiși cu cârlige având lungimea de cca  $1,00$  m.

### 2.4.2. Lucrări de protecție

Principalele tipuri de lucrări pentru protejarea taluzurilor de drumuri și căi ferate sunt prezentate în continuare în conformitate cu reglementările în vigoare în țara noastră.

Taluzurile în care se pot produce fâgașe sau pot fi spălate de apele meteorice, se vor proteja cu **gărdulețe**, între care se execută o umplură cu pământ vegetal, completate eventual cu plantație.

Pământul vegetal se va compacta în mod special în apropierea gărdulețelor, pentru a evita formarea de fâgașe pe taluzuri. Gărdulețele sunt provizorii și protejează taluzurile pe timpul necesar ca însămânțările și plantațiile să se dezvolte suficient.

Gărdulețele au  $15...20$  cm înălțime, sunt executate din împletituri de nuiele pe țăruiși bătuiți în pământ. Gărdulețele se pot dispune ca în fig. 2.28.

O soluție eficientă de protejare a taluzurilor este cea cu caroiaje din beton simplu clasa Bc 15, formate din elemente prefabricate, armate constructiv și montate în sistem pătratic (fig. 2.29). Aceste caroiaje poartă și denumirea de "cleionaje japoneze".

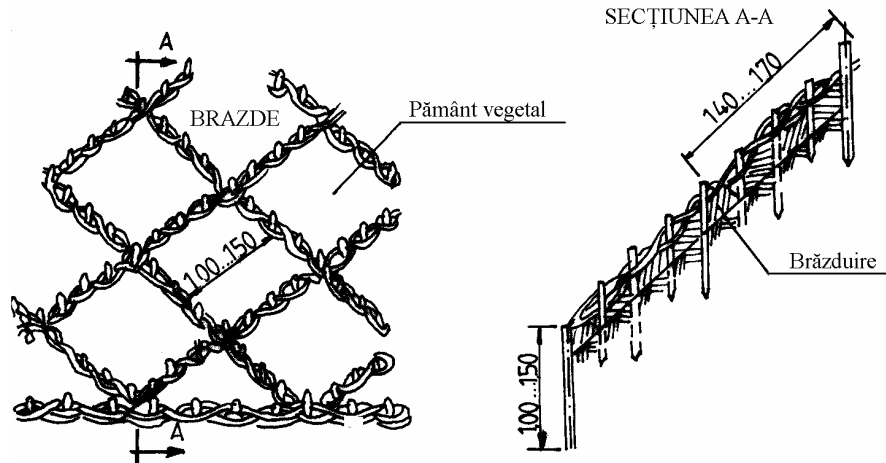


Fig. 2.28. Gărdulețe dispuse în carouri.

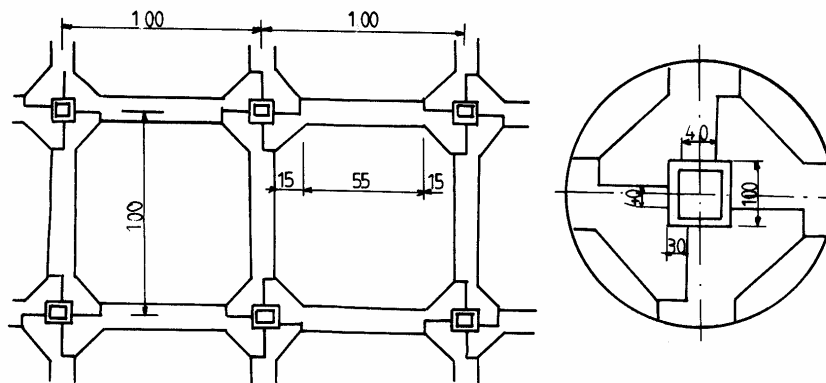


Fig. 2.29. Protejarea taluzurilor prin caroiaje din prefabricate din beton.

Elementele prefabricate sunt fixate în pământ prin țaruși din același material. Suprafețele se însămânțează sau se brăzduiesc.

### 2.4.3. Lucrări de apărare

Principalele lucrări de apărare a terasamentelor se bazează pe folosirea fascinelor, pereurilor, anrocamentelor, gabioanelor etc. În continuare se vor prezenta câteva soluții tehnice care se încadrează în această categorie de lucrări.

#### 2.4.3.1. Apărări cu fascine

Apărarea terasamentelor cu fascine se va executa numai în zonele în permanență sub apă și în care curentul puternic de apă poate eroda baza terasamentelor.

În funcție de puterea de erodare a curenților de apă, se procedează la executarea unui strat suport la baza taluzului, constând din:

- gard simplu sau gard dublu așezat pe fascine;
- anrocamente de 150...300 kg/buc pe pat de fascine;
- suluri de fascine cu diametrul de 60; 80 sau 100 cm, umplute cu bolovani.

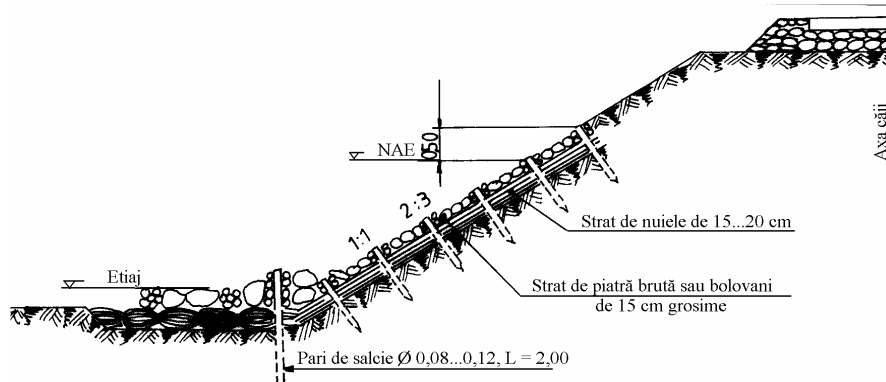


Fig. 2.30. Gard simplu așezat pe fascine.

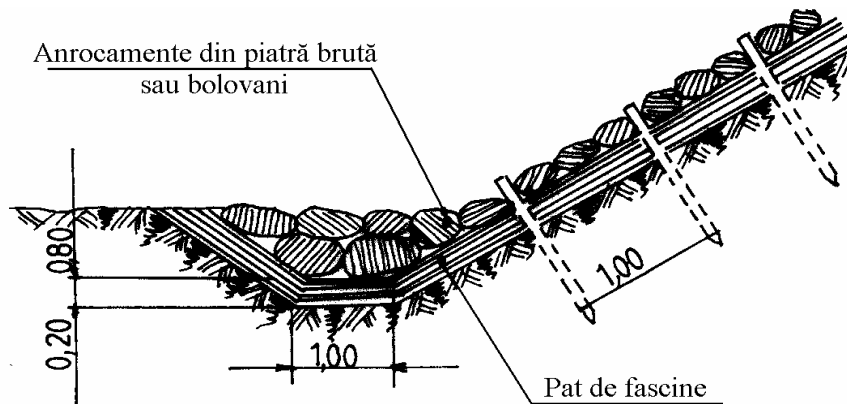


Fig. 2.31. Anrocamente pe fascine.

Ca exemplu, în fig. 2.30 și 2.31 se prezintă modul de realizare a apărării terasamentelor cu gard simplu pe fascine, respectiv cu anrocamente pe fascine.

#### 2.4.3.2. Apărări cu pereuri

Apărarea taluzurilor împotriva acțiunii apelor curgătoare având viteza de 2...6 m/s sau înălțimea valurilor peste 1,5 m se realizează cu pereuri.

Pereurile se execută din zidărie de piatră brută negelivă, bolovani de râu, piatră cioplită, dale din beton turnate pe loc sau dale din beton prefabricate.

Pereurile din piatră brută pot fi executate ca zidărie uscată, zidărie uscată rostuită cu mortar de ciment sau zidărie cu mortar de ciment pe pat de beton de 5 cm grosime. Pereul din piatră brută se așază pe un strat de balast de 10 cm grosime (fig. 2.32).

În cazul când există pericol de pătrundere a apei din spatele pereului, se va prevedea un filtru invers format dintr-un strat de nisip și unul din pietriș în grosime de min. 15 cm fiecare (fig. 2.33), cu barbacane pentru evacuarea apei.

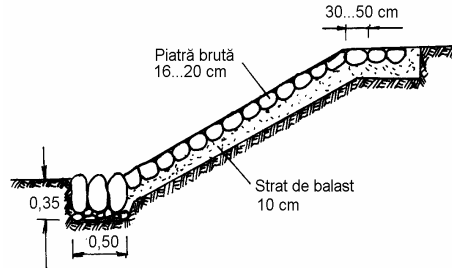


Fig. 2.32. Pereu simplu.

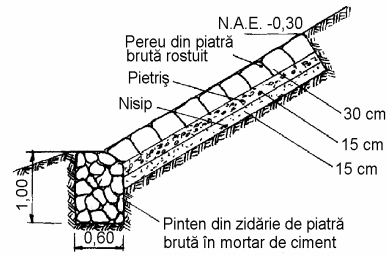


Fig. 2.33. Detaliul unui pereu de taluz.

Pereurile executate din dale de beton vor avea grosimea de 10...30 cm. Dalele se vor așeza pe un strat de balast de cca 15 cm. Rosturile vor fi întrețesute și se vor umple pe o adâncime de 5 cm de la suprafață cu mortar de ciment sau mastic bituminos, restul rosturilor umplându-se cu nisip. Dimensiunile dalelor se vor alege în funcție de grosimea pereului însă vor fi de min. 50 x 50 cm.

Pereurile din piatră cioplită sau din dale mari de beton, se așază pe o fundație de beton, fiind protejate cu anrocamente, pentru a le feri de afuieri. Pereurile se vor executa cu cca 50 cm deasupra nivelului apelor maxime când nu se formează valuri, respectiv cu cca 1,00 m deasupra apelor maxime când se formează valuri. Înclinarea taluzurilor pereate va fi de cel mult 1:1, dacă înălțimea pereului nu depășește 4 m și max. 2:3 pentru înălțimi mai mari.

### 2.4.3.3. Apărări cu anrocamente

Baza pereului trebuie proiectată și executată cu deosebită atenție, deoarece practica construcțiilor arată că cele mai rezistente consolidări se degradează din cauza unei sprijiniri insuficiente. Sistemele de apărare a bazei pereurilor variază în general după cum taluzurile sunt sau nu în permanență sub apă, după natura pământului, după viteza curentului și după gradul de afuierie al bazei taluzului. Pentru taluzurile expuse afuierii se folosesc la baza pereului contrabanchete din anrocamente (fig. 2.34 și 2.35), așezate uneori pe saltele din fascine.

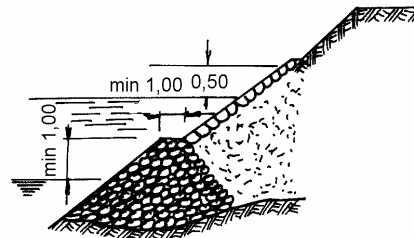
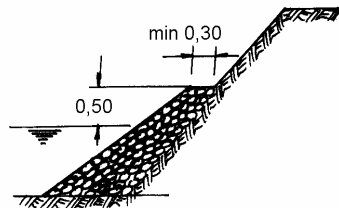


Fig. 2.34. Consolidare cu anrocamente. Fig. 2.35. Consolidare cu contrabanchete.



Pentru râuri având adâncimea de 0,4...5,0 m și viteza curentului apei de 3,5...6,0 m/s se recomandă ca dimensiunea medie a pietrelor din contrabanchete să fie de 0,25...0,50 m. Anrocamentele vor avea lățimea la coronament de min. 1 m, cu un taluz spre apă de 1:1,25...1:1,5.

Piatra brută folosită va avea masa de 150...1 000 kg/buc în raport cu forța de antrenare a apei și va fi așezată cu rosturi bine țesute și împănate cu pietre mai mici.

#### 2.4.3.4. Apărări cu gabioane

Gabioanele sunt cutii din plasă de sârmă, încărcate cu piatră. Cutiile, care au pereți din plasă de sârmă, se execută de obicei în formă de paralelipiped (fig. 2.36).

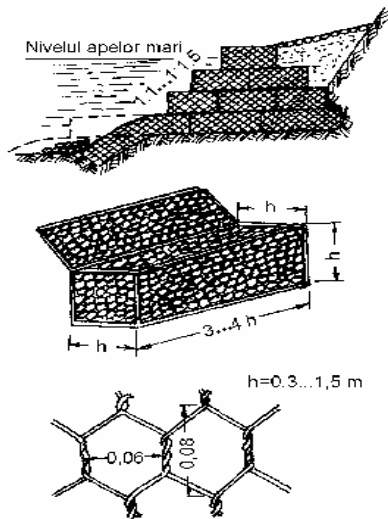


Fig. 2.36. Consolidarea taluzurilor cu gabioane.

Pereții cutiilor se assemblează pe teren și formează o cutie cu capacul neînchis. În această formă, carcasa gabionului se așază pe loc și se fixează cu sârmă de gabioanele vecine, amplasate mai înainte. Apoi se așază în cutie blocuri de piatră, iar golurile se umplu cu piatră mai mărunță, operație care este urmată de închiderea capacului gabionului.

Consolidarea se realizează dintr-o serie de gabioane așezate unul peste altul, cu retrageri pentru formarea taluzului (fig. 2.36).

Consolidarea cu gabioane se folosește pentru protejarea terasamentelor în cazul cursurilor de apă cu scurgerea intermitentă, unde fascinele s-ar usca repede din cauza trecerilor repetate de la o stare umedă la o stare uscată, iar aprovizionarea anrocamentelor ar fi dificilă.

Cu timpul, golurile dintre pietrele din gabion se umplu cu mâl, iar toată consolidarea se transformă într-un masiv monolit, care nu are nevoie de fixare cu sârmă.

#### 2.4.3.5. Protejarea prin plase de sârmă

Pe unele sectoare ale debleurilor în stâncă friabilă sau roci alterate, se produc căderi de pietre, detașate din masivul stâncos sub efectul precipitațiilor atmosferice și mai ales primăvara, după dezgheț, care se rostogolesc pe platforma căii de comunicație, putând provoca accidente.

Un procedeu de protecție provizorie, împotriva acestor accidente, constă în îmbrăcarea suprafeței taluzului stâncos cu o plasă metalică ce nu se opune căderii pietrelor (cel puțin a celor mari), ci le dirijează numai căderea, împiedicând astfel împrăștierea lor pe platformă (fig. 2.37.a). În partea de jos, plasa se oprește la 0,50 m deasupra piciorului taluzului, pentru a nu fi prinsă sub surpături.

Pentru evitarea alterării progresive a rocilor din taluz și pentru evitarea căderilor de stânci, se folosesc pentru protejarea taluzurilor stâncoase și plase ancorate torcretate (fig. 2.37.b). Plasele torcretate sunt recomandate pentru taluzurile debleurilor căilor ferate magistrale și autostrăzilor, pe suprafețe reduse stabilite prin proiecte de execuție.

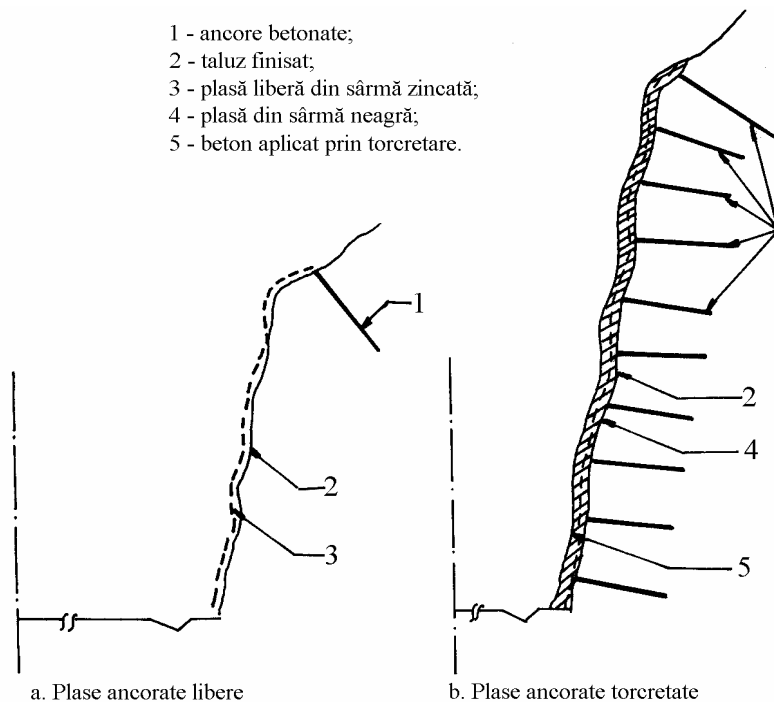


Fig. 2.37. Apărări de taluzuri stâncoase.

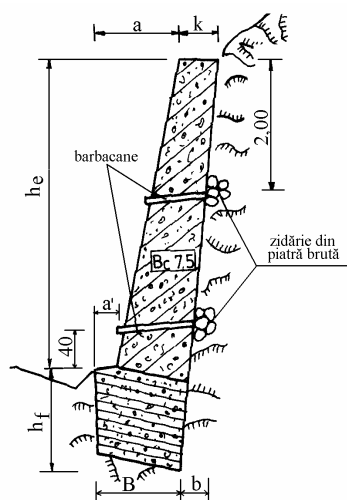


Fig. 2.38. Zid de căptușire.

Grosimea betonului torcretat se stabilește în funcție de natura și de gradul de alterare al rocilor din taluz. În cazuri deosebite (fisurarea rocii, stadii diferite de alterare etc.) plasa de sârmă se întărește cu armătură dispusă în rețea fixată cu piroane. Taluzurile cu înălțimea  $h > 4,00$  m, realizate în roci stâncoase gelive, fisurate sau cu diferite stadii de alterare a rocii, se protejează cu **ziduri de căptușire**, realizate din:

- zidărie de piatră cu mortar de ciment;
- beton simplu, clasa Bc 7,5 (fig. 2.38);
- elemente prefabricate din beton simplu sau din beton armat, clasa Bc 15.

În fig. 2.38 este prezentată secțiunea transversală printr-un zid de căptușire din beton simplu clasa Bc 7,5. Colectarea apelor din spatele zidului de căptușire se realizează cu ajutorul unei zidării uscate din piatră brută, iar evacuarea lor se face cu barbacane din tuburi PVC cu diametrul  $\varnothing = 110$  mm.

#### 2.4.4. Sprijinirea terasamentelor

Pentru împiedicarea alunecărilor datorate perturbării echilibrului natural al terenului prin executarea căii de comunicație, precum și pentru asigurarea stabilității rambleurilor așezate pe terenuri cu înclinare ridicată și a taluzurilor de rambleuri înalte, se folosesc sisteme de sprijinire a maselor de pământ. Cele mai întrebuintate sisteme de sprijinire a terasamentelor sunt contrabanchetele și zidurile de sprijin.

**Contrabanchetele** sunt construcții de pământ ce se folosesc la sprijinirea rambleurilor înalte sau executate pe coaste abrupte sub forma unor umpluturi mai mici, amplasate la baza taluzului. Contrabanchetele pot fi exterioare la baza rambleului (fig. 2.39) sau cuprinse în corpul rambleului (caz în care se execută din zidărie de piatră brută (fig. 2.40).

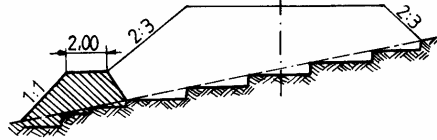


Fig. 2.39. Contrabanchete exterioare rambleului.

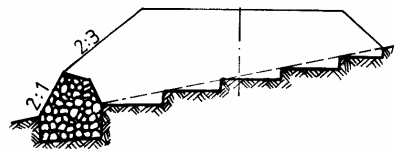


Fig. 2.40. Contrabanchete incluse în corpul rambleului.

Forma și dimensiunile contrabanchetelor rezultă în urma verificărilor la stabilitate a rambleului. Executarea acestor lucrări se poate efectua mecanizat, pe baza aceluiași principii ca și la executarea rambleului, cu condiția urmăririi în mod deosebit a calității materialelor utilizate.

**Zidurile de sprijin** (fig. 2.41) sunt construcții executate din zidărie de piatră uscată sau cu mortar de ciment, din beton armat monolit sau din elemente prefabricate. Zidurile de sprijin care asigură sprijinirea unor mase de pământ se numesc **ziduri de rezistență**.

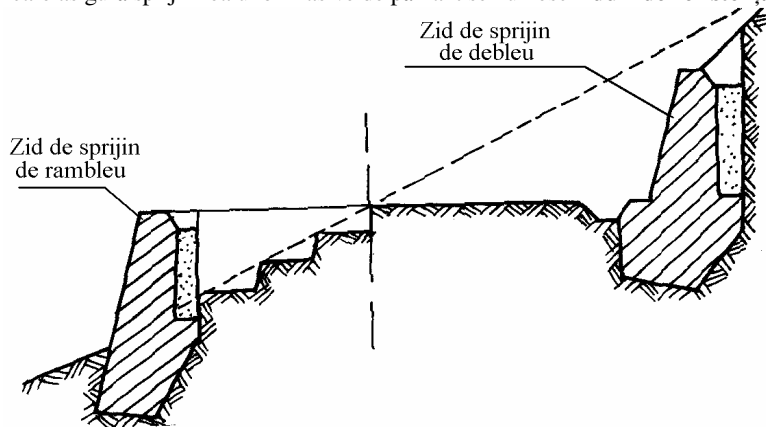


Fig. 2.41. Ziduri de sprijin.

În general, la executarea căilor de comunicație terestre, se folosesc mai frecvent zidurile de sprijin de greutate (realizate din zidărie sau beton) și zidurile de sprijin din beton armat.

### 2.4.4.1. Ziduri de sprijin de greutate

Stabilitatea zidurilor de sprijin de greutate, este asigurată prin greutatea lor proprie, ceea ce implică secțiuni transversale de dimensiuni relativ mari. Se execută din zidărie de piatră uscată sau cu mortar, beton simplu și beton ciclopian.

Alegerea tipului de zid și a dimensiunilor inițiale se face cu ajutorul unor cataloage de proiecte tip, funcție de înălțimea masivului de pământ ce trebuie sprijinit și de caracteristicile fizico-mecanice ale acestuia.

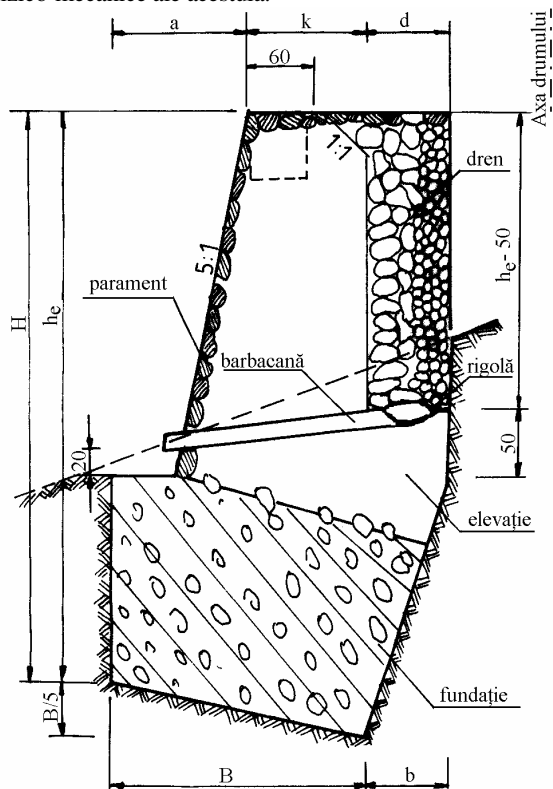


Fig. 2.42. Zid de sprijin de greutate de rambleu.

În fig. 2.42 este prezentat un zid de **sprijin de rambleu** de greutate la care se disting următoarele părți componente:

- **elevația** realizată din beton Bc 7,5 sau din zidărie de piatră brută cu mortar de ciment M 100, cu un parament de 5:1 sau 10:1. Paramentul se realizează din zidărie de piatră brută cu mortar de ciment M 100;
- **fundația** realizată, în general, din beton ciclopian Bc 7,5;

- **drenul** realizat din piatră brută negelivă și 20 cm lățime din balast nisipos. Acesta asigură colectarea apelor din spatele zidului de sprijin;

- **barbacana** asigură evacuarea apelor colectate prin dren în rigla din spatele zidului de sprijin. Barbacanele sunt executate de regulă din tuburi PVC amplasate în elevație, la distanțe bine stabilite. Rigola din spatele zidului de sprijin, se execută cu pante care să asigure evacuarea apelor prin barbacane.

Fundația zidului de sprijin are rolul de a prelua sarcinile transmise de elevație (împingerea pământului, sarcinile din trafic, greutatea elevației și cea proprie) și de a le transmite terenului de fundare. Elevația zidului de sprijin are rolul de a prelua sarcinile (împingerea pământului și solicitările produse de trafic) și de a le transmite fundației.

Lățimea de la partea superioară a zidului de sprijin de rambleu face parte din lățimea platformei, la care se adaugă un spațiu liber lateral (fig. 2.42).

Acest tip de zid de sprijin este recomandat pentru sprijinirea unor rambleuri cu înălțimea de 4,00..9,00 m, în terenuri stabile și omogene. De exemplu, în tabelul 2.4, se prezintă dimensiunile constructive ale unor ziduri de sprijin cu înălțimea de 4,00 și 9,00 m.

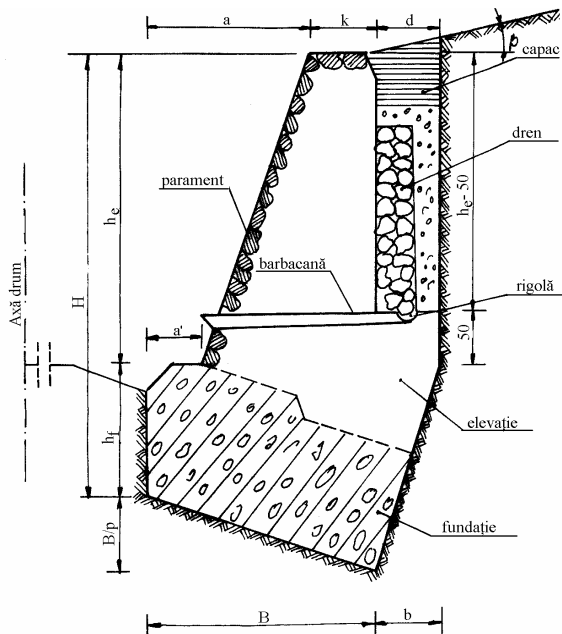


Fig. 2.42. Zid de sprijin de greutate de debleu.

Paramentul zidurilor de sprijin de debleu este de regulă 3:1. În tabelul 2.5, se dau câteva exemple de dimensiuni constructive ale zidurilor de sprijin de debleu masive, funcție de înălțimea necesară  $H$  și de caracteristicile pământului definite prin unghiul de frecare interioară  $\varphi$ .

În profil longitudinal, talpa fundației zidului de sprijin de debleu se execută paralelă cu linia roșie, când declivitățile sunt de max. 5 %, și în trepte, când declivitățile sunt mai mari de 5 %.

#### 2.4.4.2. Ziduri de sprijin din beton armat

În cazul unor lucrări de sprijinire a terasamentelor în terenuri stabile și omogene se pot folosi ziduri de sprijin din beton armat. Zidurile de sprijin din beton armat au dimensiunile mult mai reduse decât zidurilor de sprijin masive (fig. 3.32).

În principiu, secțiunea transversală a zidurilor de sprijin din beton armat, este formată dintr-o placă de fundație în care este încadrat peretele frontal. Pentru înălțimi mari se utilizează ziduri de sprijin cu contraforți (nervuri echidistante dispuse transversal la distanțe de 3...4 m), prin care se asigură o legătură suplimentară între placa de fundație și peretele frontal. În spatele zidului frontal se execută drenul din zidărie uscată de piatră brută și balast nisipos, iar evacuarea apelor se face prin tuburi de PVC ( $\varphi = 110$  mm), perforate, pozate pe un radier din beton simplu Bc 7,5. La partea superioară, drenul se închide cu un capac din argilă compactată. Tranșeea din fața zidului de sprijin se umple tot cu argilă compactată.

În tabelul 2.4,  $\varphi$  reprezintă unghiul frecării interioare a pământului din rambleu.

**Un zid de sprijin de debleu** de greutate folosit în terenuri stabile și omogene, având ca rol susținerea terasamentelor, este prezentat în fig. 2.43.

Elevația se realizează din beton simplu Bc 7,5 sau din zidărie de piatră brută cu mortar de ciment M 100, iar fundația din beton ciclopian. Celelalte elemente sunt realizate în mod identic ca și la zidul de sprijin de rambleu și au aceleași roluri.

La zidul de sprijin de debleu, drenul se protejează la partea superioară împotriva infiltrării apelor de suprafață cu un capac de argilă compactată cu maiul.

Tabelul 2.4

Parament	$\varphi$ , în °	Elemente geometrice, în m:								
		H	$h_e$	$h_f$	K	a	a'	B	b	d
5:1	20	4,00	2,70	1,30	0,90	1,00	0,45	1,90	0,60	0,60
	25				0,80	1,00	0,45	1,85	0,55	0,60
	30				0,70	1,00	0,45	1,80	0,50	0,60
	35				0,65	1,00	0,45	1,75	0,50	0,60
10:1	20				1,00	0,85	0,55	1,85	0,60	0,60
	25				0,95	0,85	0,55	1,80	0,60	0,60
	30				0,90	0,80	0,50	1,75	0,55	0,60
	35				0,80	0,70	0,45	1,55	0,55	0,60
5:1	20	90	6,60	2,40	1,55	2,80	1,50	4,20	1,10	0,95
	25				1,30	2,60	1,30	3,80	1,05	0,95
	30				1,10	2,30	1,00	3,35	1,00	0,95
	35				0,90	2,00	0,70	2,90	0,95	0,95
10:1	20				2,00	2,20	1,50	4,10	1,10	0,95
	25				1,80	2,00	1,30	3,70	1,10	0,95
	30				1,70	1,70	1,00	3,35	1,05	0,95
	35				1,50	1,40	0,70	2,90	1,00	0,95

Tabelul 2.5

Parament	$\varphi$ , în °	Elemente geometrice, în m:								
		H	$h_e$	$h_f$	K	a	a'	B	b	d
3:1	20	4,30	3,00	1,50	0,60	1,50	0,50	2,10	0,60	0,60
	25				0,60	1,50	0,50	2,10	0,60	0,60
	30				0,70	1,50	0,50	2,20	0,60	0,60
	35				0,70	1,50	0,50	2,20	0,60	0,60
3:1	25	7,60	6,00	1,70	1,10	2,90	0,90	3,80	1,00	0,80
	30				0,80	2,80	0,80	3,50	0,90	0,80
	35				0,60	2,80	0,80	3,40	0,80	0,80

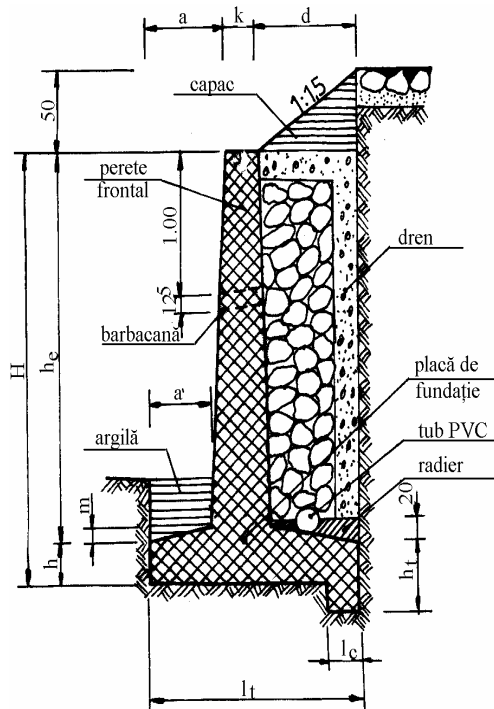


Fig. 2.42. Zid de sprijin de rambleu din elemente prefabricate.

Se remarcă faptul că prețul alocat terasamentelor și lucrărilor de artă crește o dată cu dificultatea reliefului. Astfel, pentru un kilometru de autostradă pe viaduct se va cheltui de cca cinci ori mai mult, iar în tunel de cca zece ori mai mult.

#### 2.4.4.3. Sprijiniri cu pământ armat

Pământul armat este un material de construcție rezultat din asocierea și conlucrarea unui material necoeziv sau slab coeziv, capabil de a suporta eforturi de compresiune și de forfecare, cu un material de armare capabil să preia eforturi de întindere. În aceste condiții, eforturile de întindere din pământul armat vor fi transmise de materialul granular, care nu le poate prelua, armăturilor, prin frecările dintre cele două materiale în zona de contact.

Pământul folosit este un material de umplură natural sau de origine industrială, de regulă granular, iar armăturile sunt din oțel, beton, beton armat sau beton precomprimat, geosintetice etc., sub formă de benzi, rețele, foi etc.

Un masiv de pământ armat (fig. 2.43) este alcătuit dintr-o succesiune de straturi orizontale de material granular cu grosimea de 25...60 cm, între care sunt intercalate armăturile fixate la unul din capete de un perete subțire cu denumirea de ecran sau parament (realizat în majoritatea cazurilor din elemente prefabricate de beton, beton armat, metal materiale sintetice rigide) și cu o lungime suficientă pentru a nu se produce smulgerea ei din masiv.

Evacuarea apelor de infiltrație de la partea superioară a zidului de sprijin se poate efectua și prin barbacane.

Se menționează faptul că întotdeauna după alegerea tipului și dimensiunilor zidului de sprijin se procedează la dimensionarea sa prin metode specifice, cu luarea în considerare a tuturor solicitărilor care acționează asupra lui.

Trebuie reținut că lucrările de terasamente reprezintă o pondere deosebită în cadrul șantierelor de căi de comunicație terestre. Astfel, de exemplu, unele statistici efectuate în Franța arată că executarea **unui kilometru de autostradă în regiune de șes** costă cca 13 mil. FF, din care 30 % reprezintă lucrările de terasamente. Restul cheltuielilor sunt repartizate astfel: 9 % pentru achiziționarea terenurilor ocupate de autostradă, 7 % pentru proiectare și organizare, 6 % pentru asanări, 14 % pentru lucrări de artă, 23 % pentru realizarea structurii rutiere și 11 % pentru echipamente specifice autostrăzii.

Rezistența internă a masivelor de pământ armat este dată de frecarea dintre umplutură și armătură. Astfel, materialul granular dintre armături, sub acțiunea solicitărilor (preponderent verticale), tinde să se deplaseze lateral, deplasare care este însă împiedicată de frecarea dintre pământ și armătură. În acest mod în armături apar eforturi unitare de întindere pe direcția pe care au fost amplasate, deci întregul masiv se comportă ca și cum pe direcția așezării armăturilor materialul granular ar poseda o coeziune direct proporțională cu rezistența lor la întindere.

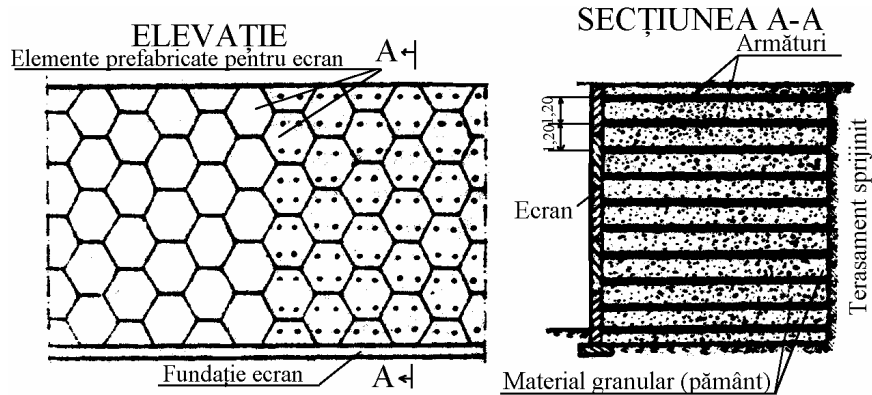


Fig. 2.43. Pământ armat.

Pământul armat se încastrează în terenul de fundare pe adâncimi relativ reduse de 0,10...0,20 H (H este înălțimea sprijinirii realizate), iar fundația ecranului se poate realiza din grinzi din beton simplu cu lățimea de 0,35...0,40 m și cu grosimea de 0,15...0,20 m. La partea superioară se realizează un coronament prin intermediul căreia se fixează și capătul superior al ecranului de terasament sprijinit. De asemenea, mai ales dacă pământul folosit este suficient de permeabil se vor lua măsuri de drenare a apelor din masiv prin intermediul unui strat drenant amplasat între terasamentul sprijinit și masiv, iar dacă este cazul și sub talpa masivului.

Pământul armat constituie o soluție modernă, recomandată de următoarele avantaje:

- folosește un volum mare de materiale locale sau deșeuri industriale;
- poate fi așezat pe terenuri puternic compresibile, fiind capabil să preia deformații suficient de mari;
- ocupă un spațiu mai mic decât rambleurile obișnuite, taluzul înclinat fiind înlocuit cu un perete vertical;
- adâncimile fundației sunt reduse și nu necesită elemente aparte de construcție pentru fundație;
- sunt mai economice decât zidurile de sprijin din beton (cost de 2...3 ori mai mic).

Chiar dacă construcțiile din pământ armat sunt simple, se impune o verificare atentă a calității materialelor și respectarea întocmai a tehnologiei de execuție.