

8.5. PEREȚI ÎNGROPAȚI

Pereții îngropați sînt pereți executați prin forare care pot îndeplini rol de elemente de susținere, de elemente portante ale unor construcții subterane sau de ecrane de etanșare.

În acest capitol se vor examina *pereții îngropați ca lucrări de susținere*, domeniu în care s-au introdus și extins considerabil în ultimele două decenii, ca alternativă la pereții de palplanșe. Ca și aceștia, pereții îngropați trebuie să îndeplinească condiții de rezistență și de etanșare. Spre deosebire însă de pereții de palplanșe, pereții îngropați nu pot fi recuperați și refolosiți.

Din punctul de vedere al alcătuirii constructive, pereții îngropați pot fi formați din *panouri* sau din *piloți forați*.

8.5.1. PEREȚI ÎNGROPAȚI DIN PANOURI

Pereții îngropați sînt formați, de obicei, din panouri — tranșei de formă dreptunghiulară, cu lungimi care depind de utilajul de săpare, precum și de poziția în cadrul peretelui. Stabilitatea pereților tranșei în cursul săpării este asigurată prin introducerea unui *noroi de foraj*. Acesta reprezintă o *suspensie de argilă*, cu densitatea de 1,03 ... 1,10 g/cm³, obținută prin amestecul între apă și o argilă bogată în montmorillonit, numită *bentonită*. Suspensia de argilă se infiltrează prin pereții și fundul tranșei, colmatînd pe o anumită distanță porii pămîntului. Prin acest strat de *pămînt argilizat*, puțin permeabil, poate trece doar apa, în timp ce particulele de argilă se acumulează la fața stratului, formînd un înveliș denumit *turtă*. Stratul argilizat împreună cu turtă alcătuiesc un *ecran*. Prezenței acestui ecran și a presiunii hidrostatice a suspensiei asupra pereților i se atribuie menținerea la verticală a pereților tranșei în orice fel de pămînturi dacă, bineînțeles, sînt respectate condițiile de calitate ale suspensiei.

Pereții îngropați din panouri se pot clasifica în funcție de materialul din care sînt alcătuiți precum și în funcție de modul cum este dispus materialul, atît pe verticală, cît și în lungul peretelui.

După natura materialului din aceeași secțiune verticală, pereții îngropați din panouri se pot clasifica în: pereți omogeni și pereți compuși.

Pereții omogeni sînt cei la care atît materialul cît și funcția pe care o îndeplinesc (de susținere, de portanță sau de etanșare) sînt identice în lungul aceleiași verticale.

În funcție de materialul din care sînt alcătuiți, pereții omogeni se clasifică în:

- pereți turnați sau mulați, la care corpul peretelui este în întregime realizat din beton turnat pe loc;
- pereți de tip mixt, cu elemente prefabricate din beton armat sau beton precomprimat la rosturi și cu beton monolit în cîmp;
- pereți prefabricați alcătuiți în întregime din elemente prefabricate.

Pereții compuși sînt cei la care funcțiile de rezistență, portanță și de etanșare se separă pe verticală.

Ca și pereții omogeni, pereții compuși pot fi realizați din beton turnat pe loc, din beton turnat și beton prefabricat sau integral din beton prefabricat.

Pereții îngropați din panouri se pot utiliza atât în pământuri necoezive, cât și în pământuri coezive. Folosirea acestor pereți nu este indicată atunci când în cuprinsul coloanei stratigrafice recunoscute pe amplasament se întâlnesc:

- blocuri cu golurile neusplute, în care posibilitatea formării ecranului argilizat pe seama acțiunii suspensiei de argilă este exclusă;
- pământuri care conțin bucăți de rocă și pietre având dimensiuni care depășesc $1/3$ din lățimea cupei-graițar; în cazul unor sape rotative sau percutante, mărimea incluziunilor stâncoase ce pot fi acceptate depinde de capacitatea de evacuare, împiedicată de noroiul de foraj, a bucăților de rocă;
- goluri carstice;
- mări în stare curgătoare.

De asemenea trebuie avute în vedere și condițiile hidrogeologice, care fac dificilă sau chiar imposibilă execuția pereților îngropați din panouri; de exemplu:

- coeficienții de permeabilitate mari și, ca atare, vitezele mari ale apei subterane, împiedică formarea ecranului argilizat, datorită antrenării suspensiei de argilă de către curentul de apă;
- prezența unor pinze de apă subterană sub presiune, cu o intensitate care depășește presiunea hidrostatică în tranșee, face ca tranșeia să lucreze ca dren.

Principalele procese tehnologice întâlnite la realizarea unui perete îngropat din panouri sînt:

- executarea grinzilor de ghidaj;
- excavarea panourilor;
- coborîrea în tranșeia excavată a carcaselor de armătură;
- betonarea panourilor;
- tratarea rosturilor dintre panouri.

a. **Grinzile de ghidaj.** Aceste grinzi se execută de o parte și de alta a tranșeei, avînd rol de ghidare a uneltelor de săpat, de protejare a pereților tranșeei la partea superioară, de susținere temporară a carcaselor de armătură și a mijloacelor de betonare și de materializare pe teren a traseului perețului. Grinzile de ghidaj pot fi din beton armat monolit sau prefabricat. În figura 8.28 se arată alcătuirea unor grinzi monolite cu diferite secțiuni. Grinzile prefabricate au, de obicei, secțiuni în formă de L sau U și se solidarizează prin sudarea unor plăcuțe metalice prevăzute de la turnare la capetele grinzilor. Distanța dintre grinzile paralele se ia egală cu lățimea uneltei de săpat plus 5 ... 10 cm. Pentru menținerea acestei distanțe, atât înainte cât și în spatele uneltei de excavare se prevăd distanțieri (spraițuri).

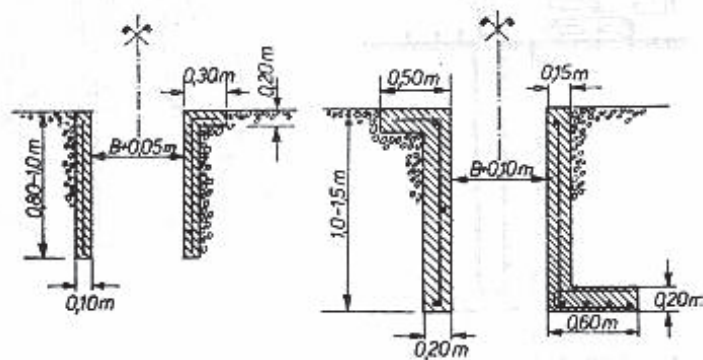


Fig. 8.28. Grinzi de ghidaj din beton armat monolit pentru pereți îngropați.

Procedeele de excavare a panourilor, avînd drept element comun săparea sub protecția noroiului bentonitic, se diferențiază după instalațiile uti-

lizate. În țara noastră, s-au utilizat până în prezent, la acest gen de lucrări, instalații tip Kelly, instalații Else și instalații cu circulație inversă a suspensiei C. I. S. Soletanche.

b. Excavarea panourilor. 1) Excavarea panourilor cu instalații tip Kelly. Caracteristic tuturor instalațiilor care utilizează procedeul cunoscut sub denumirea Kelly este utilizarea unei *prăjini grele* (în limba engleză „kelly”), la capătul căreia se montează o *cupă-graifăr* (benă) acționată hidraulic. Prăjina se atașează la un excavator, macara etc., este acționată de trolul acestui utilaj și culisează în interiorul unui ghidaj rigid de secțiune pătrată. În țara noastră s-au folosit instalații de acest fel produse de firmele Soletanche, Casagrande, Poclain. În ultimii ani, în cadrul Centralei de Construcții Căi Ferate s-au asimilat și se produc în serie echipamente de săpare cu graifăr hidraulic (v. anexa III).

În figura 8.29 este arătată o instalație tip Kelly, echipată cu un graifăr hidraulic produs în țara noastră. Graifărul este prevăzut cu două fălci a căror închidere și deschidere este comandată hidraulic prin intermediul a

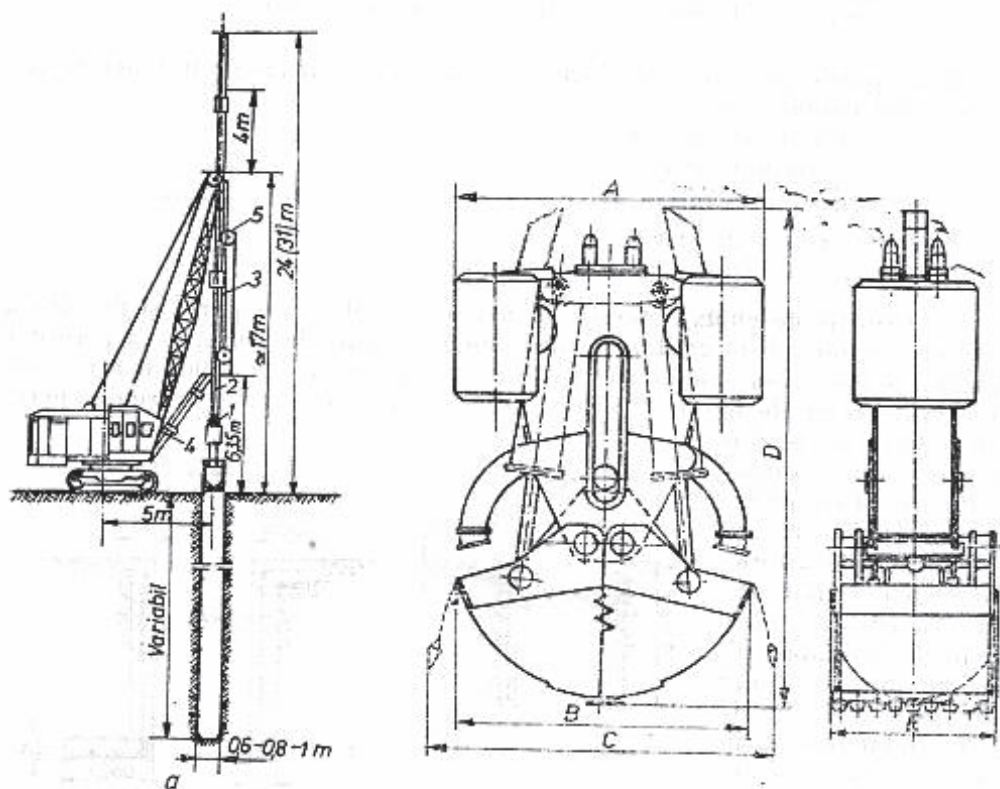


Fig. 8.29. Echipament de săpat cu graifăr hidraulic E.S.G.H. 20 — 30 produs de C.C.C.F.: a — echipamentul E.S.G.H. 20 — 30; b — graifăr acționat hidraulic (pentru dimensiunile A, B, C, D, E-v. anexa II); 1 — graifăr; 2 — tijă (Kelly); 3 — ghidaj; 4 — braț telescopic; 5 — roată.

două verine, iar ridicarea și coborîrea, cu două cabluri ale excavatorului, legate de cupa-graifăr și de un punct de pe prăjină. În vederea forării, se aduce graifărul cu fălcile deschise deasupra ghinzilor de ghidare și se introduce ușor în tranșee, evitându-se producerea de valuri mari în noroi, care ar putea dăuna pereților tranșeei. Graifărul este lăsat să cadă, sub greu-

tatea proprie și a prăjinii, de la o înălțime de 1 ... 3 m, înfigindu-se astfel în pământul de la baza tranșei. Cupa încărcată cu pământ este scoasă și ținută câteva secunde deasupra tranșei, pentru a se permite scurgerea noroiului prin orificii prevăzute în acest scop. Apoi, excavatorul (macaraua) se rotește spre mijlocul de transport în care este descărcată cupa-graifăr.

În timpul forării, se urmărește menținerea constantă a nivelului noroiului cu 0,5 ... 1,0 m sub nivelul terenului, dar cel puțin cu 1,0 m deasupra nivelului apei subterane. Prin probe extrase periodic din tranșee, în laboratorul de șantier se stabilesc caracteristicile suspensiei de argilă, care se compară cu cele cerute prin caietul de sarcini (densitatea, viscozitatea, filtrația, conținutul de nisip etc.). Conținutul în nisip al suspensiei poate crește pe măsura săpării, în special cînd se străbat pămînturi nisipoase, ceea ce determină alterarea caracteristicilor noroiului și creșterea depunerilor pe fundul tranșei. Curățirea de nisip a suspensiei sau *desablarea* se execută cu pompe submersibile coborîte la baza tranșei, urmărindu-se menținerea procentului de nisip sub 2%.

Cu instalații tip Kelly se pot excava tranșei de 0,60 ... 0,80 ... 1,00 m grosime, la adîncimi care pot atinge 35 m. Lungimea minimă a unui panou este egală cu deschiderea maximă a fălcilor graifărului care, în funcție de echipament, variază între 2,20 și 2,80 m. Lungimea maximă a panoului nu este indicat să depășească 8,00 m.

În figura 8.30 se arată, spre exemplificare, execuția unui panou de 7,0 m lungime, cu utilajul românesc E.S.G.H. La început se sapă două puțuri la extremitățile panoului, cu o lungime de 2,80 m fiecare. Între puțuri rămîne un miez de pămînt numit *merlon*, care se excavază la sfîrșit. În cursul săpării, stabilitatea instalației, al cărui centru de greutate este ridicat datorită prăjinii foarte lungi, este asigurată prin reacțiunea opusă de pămîntul aflat sub fălcile graifărului. Dacă această reacțiune nu este uniformă, există pericolul de rotire și răsturnare a instalației. La săparea puțurilor în succesiune, una din fălci ar rezema pe pămînt, iar cealaltă ar intra inevitabil în golul puțului anterior săpat, situație care trebuie evitată.

2) *Excavarea panourilor cu instalația Else.* Această instalație, de producție italiană, lucrează după principiul excavatorului cu lingură dreaptă, cupa descriind atît o mișcare de translație pe verticală, prin coborîrea de-a lungul unui catarg masiv și greu, cit și o mișcare de rotație în jurul unui punct de sprijin (fig. 8.31). Instalația Else, folosind grinzile de ghidaj drept căi de rulare, se așază cu catargul mobil la capătul panoului de executat, săparea efectuîndu-se prin retragere. Cupa ghidată de catarg coboară în lungul acestuia pînă cînd un bolt cu care este prevăzută intră într-un locaș special de pe catarg. În continuare, cupa în poziție

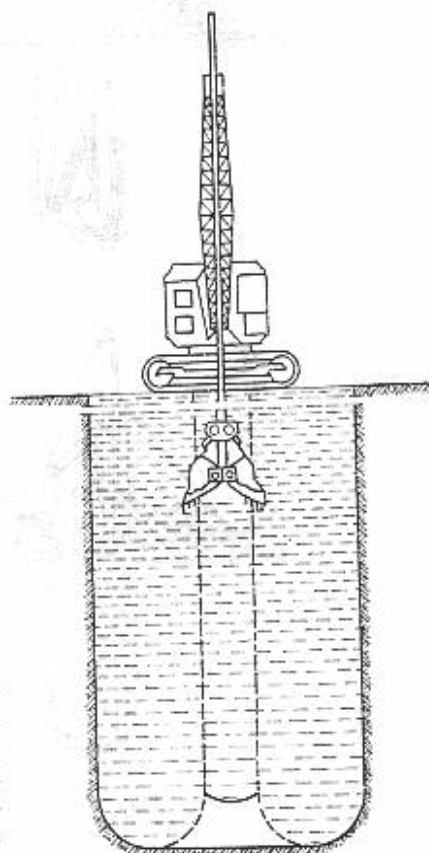


Fig. 8.30. Săparea unui panou cu un utilaj tip Kelly.

verticală, cu dinții îndreptați în jos, coboară împreună cu catargul și se infinge în pământ. Acționat hidraulic, catargul apasă asupra cupei care se umple cu pământ. Cupa este apoi adusă în poziție orizontală și este ridicată cu ajutorul catargului mobil deasupra terenului, la înălțimea necesară pentru ca, prin deschiderea unui capac de fund (după ce în prealabil s-a lăsat să se scurgă în tranșee noroiul), să se descarce într-o benă transportoare. Bena cu pământul săpat este ridicată pe un plan inclinat, pentru a se descărca într-un mijloc de transport, și apoi se îndepărtează de sub cupă. Ciclul de săpare se reia până ce se ajunge la cota stabilită prin proiect.

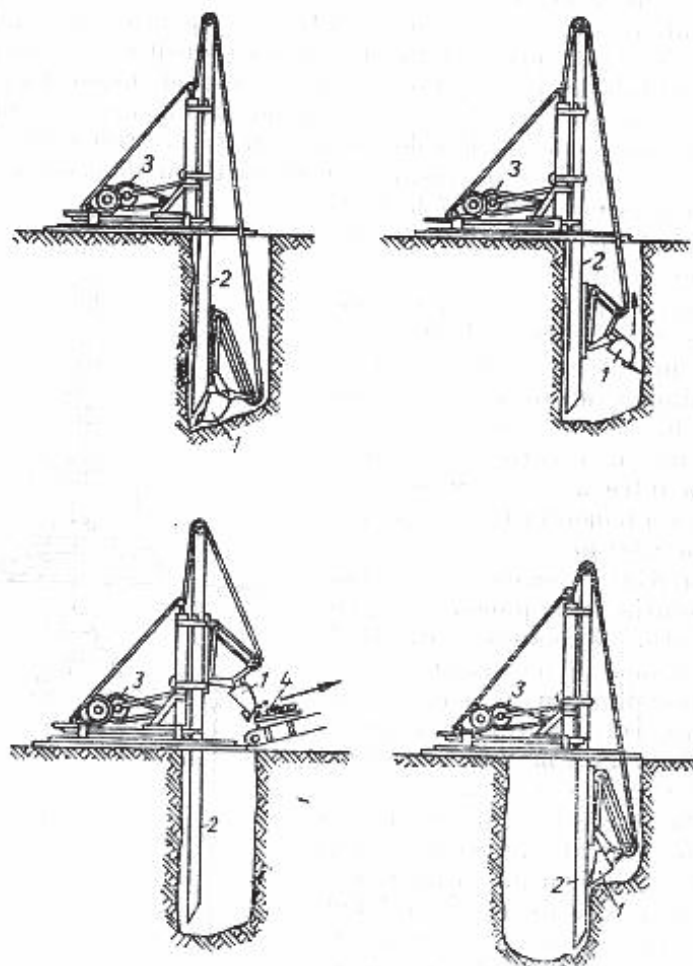


Fig. 8.31. Săparea cu instalația Else:
1 — cupă; 2 — catarg; 3 — troliu; 4 — benă transportoare pe plan inclinat.

lită prin proiect. Lungimea pe care se poate săpa într-o repriză, dictată de amplitudinea mișcării cupei, este de maximum 3,80 m. La repriza următoare, instalația se retrage atât încât să se asigure săparea restului panoului, catargul mobil încastrându-se cu extremitatea inferioară pe fundul tranșei deja săpate. În mod obișnuit, lungimea panoului se fixează la 5 ... 7 m, ceea ce reprezintă două reprize de săpare.

Cu instalațiile Else aflate în dotarea unităților din țară se pot executa ecrane cu lățimi de 0,6 ... 0,8 ... 1,0 m și cu adâncimi de cel mult 30 m. Domeniul optim de utilizare a acestor instalații îl constituie pământurile necoezive și cele slab coezive. În pământurile coezive cu plasticitate și coeziune mare (argile, argile grase) apar dificultăți atât la săpare, cât mai ales

la descărcarea cupei, din cauza aderenței mari a pământului de cupă. În terenuri compacte (gresii, calcare compacte, conglomerate etc.), instalația Else nu poate săpa. Pentru asigurarea încastrării peretelui în asemenea terenuri, se poate organiza săparea în două trepte: cu instalația Else în stratele de acoperire și cu un alt utilaj, lucrând de regulă prin percute, în roca de bază.

Instalațiile Else s-au utilizat în țara noastră mai ales la execuția unor ecrane de etanșare la diguri, baraje, iazuri (Rovinari, Tirlung, Igbiș, Tg. Mureș etc.) și în mai mică măsură în încăinte subterane (U.M. Iași, Metroul București).

3) *Excavarea panourilor cu instalația C.I.S. Soletanche.* Instalația produsă de firma Soletanche din Franța utilizează circulația inversă a suspensiei: suspensia de argilă, amestecată cu materialul săpat (detritusul) sunt absorbite prin tija instalației; după îndepărtarea părților grosiere, o pompă de noroi retrimite suspensia în tranșee. Unealta de săpat, care se fixează la capătul tijei se adaptează în funcție de natura stratului, forajul putând fi, după caz, percutant sau rotativ. La terminarea forării, fundul tranșeei se curăță prin circulația noroiului.

Excavarea unui panou cu instalația C.I.S. Soletanche începe prin executarea la una din extremități a unui puț având diametrul egal cu grosimea panoului. Apoi, instalația se deplasează pe grinzile de ghidaj folosite drept căi de rulare, cu și în cazul instalației Else, și se forează un al doilea puț la cealaltă extremitate. Excavarea merlonului dintre cele două puțuri se face în straturi succesive de 30 ... 50 cm grosime prin *rabolare* pe orizontală, adică prin deplasarea înainte și înapoi a forezei (fig. 8.32).

Cu instalația C.I.S. Soletanche se pot executa pereți cu grosimi de 0,40 ... 1,00 m, până la adâncimi de 50 m, în orice fel de terenuri, inclusiv în terenuri tari și foarte tari. În aceste condiții, instalația C.I.S. poate fi folosită în combinație cu instalații de tip Kelly sau Else, atunci când este necesară încastrarea peretelui într-o rocă compactă.

c. *Armarea și betonarea panourilor.* Panourile pereților murați se armează cu carcasa metalice alcătuite din bare longitudinale și transversale, sub forma a două plase paralele legate între ele prin etrieri și bare înclinate (fig. 8.33). Carcasa este prevăzută cu distanțieri, alcătuiți de obicei din cilindri de beton montați pe cele două fețe ale carcasei prin intermediul unor bare scurte din oțel-beton, așezate la 1,5 ... 2 m distanță pe cele două direcții și ieșiți în afara armăturii cu 7 ... 8 cm (acoperirea cu beton prevăzută în proiect). Carcasa de armătură este prevăzută la partea superioară cu bare de agățare și se introduce în tranșee cu ajutorul unei macarale (fig. 8.34). Carcasa poate fi alcătuită dintr-o singură bucată sau din tronsoane care se assemblează prin sudură pe măsura lansării în tranșee. Carcasa este coborâtă până aproape de fundul tranșeei, fără a rezema pe fund, și este suspendată pe marginea grinzilor de ghidaj cu ajutorul urechilor montate la partea superioară.

Panourile pereților murați se betonează cu *metoda pilniei fixe* sau *metoda Contractor* (v. cap. 9). Se utilizează un beton de consistență fluidă

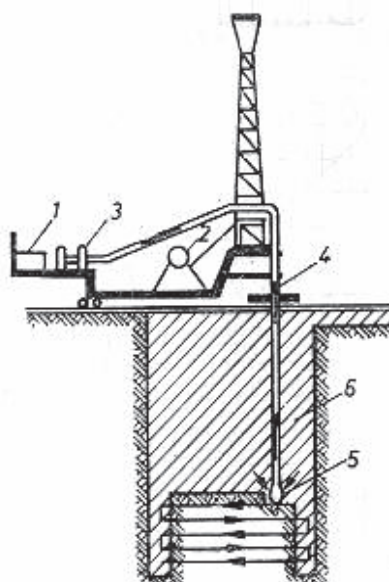


Fig. 8.32. Săparea cu instalația C.I.S. Soletanche:

1 — motor; 2 — troliu; 3 — pompă de noroi; 4 — tijă de foraj și de absorbție; 5 — sapă de foraj; 6 — noroi bentonitic.

(tasarea conului 16 ... 20 cm). Lucrabilitatea betonului, care este de minimum 6 ore (timpul admis pentru betonarea unui panou) se obține prin folosirea unui aditiv întârziator de priză cu un dozaj de 1 ... 2 1/100 kg ciment. La panourile cu lungimea sub 5 m se folosește o singură pilnie de betonare; în cazul panourilor mai lungi se folosesc două pilni prin care se betonează simultan.

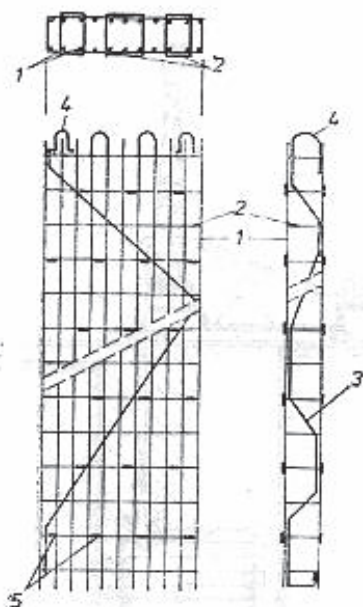


Fig. 3.33 Carcasă de armătură pentru un panou:

1 — bare longitudinale; 2 — bare transversale; 3 — rigidizare; 4 — cîrlig; 5 — role-distanțier.

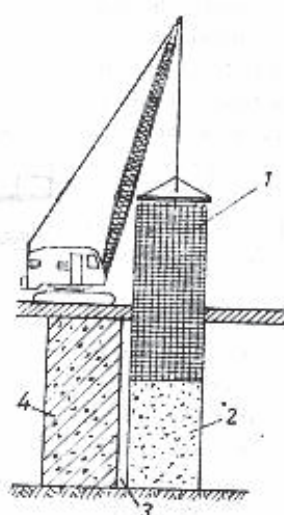
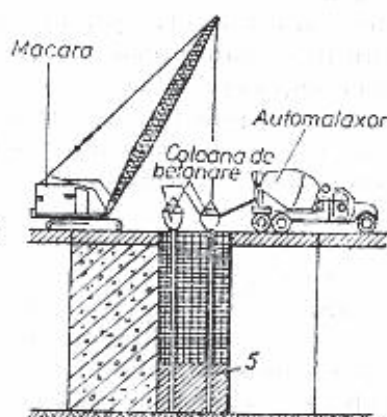


Fig. 3.34. Lansarea carcasei de armături și betonarea panoului:

1 — carcasă; 2 — noroi bentonitic; 3 — tub de rost; 4 — panou betonat anterior; 5 — beton turnat în panou cu metoda Contractor.



Transportul betonului de la stația de preparare la locul de punere în operă se efectuează în mod obligatoriu cu automalaxoare. Turnarea betonului trebuie să înceapă la cel mult o oră de la terminarea curățirii tălpii panoului și să se desfășoare apoi în flux continuu, pînă la completa betonare a panoului, adică pînă la nivelul superior al grinzilor de ghidaj.

d. **Tratarea rosturilor dintre panouri.** Tratarea rosturilor este diferențiată, în funcție de procedeul folosit pentru excavare și de gradul de impermeabilitate impus peretelui turnat.

În cazul excavării tranșei cu instalații tip Kelly sau C.I.S. Solctanche, soluțiile curent utilizate pentru tratarea rosturilor constau în utilizarea de tuburi de rost (recuperabile) sau de prefabricate de rost (nerecuperabile).

Tuburile de rost sînt țevi metalice, cu diametrul egal cu lățimea tranșei, care se introduc în poziție verticală la extremitățile panourilor, înfingindu-se pe 0,50 ... 1,0 m în stratul de bază, pentru a avea asigurată stabilitatea. Pentru a se evita pătrunderea de beton în tub, la baza acestuia, pe o înălțime de 2 ... 3 m, se introduce nisip, balast sau pămînt local.

Tuburile de rost se înfig și se extrag cu macaraua sau cu echipamente speciale acționate hidraulic, după 4 ... 6 ore de la punerea în operă a betonului în panoul respectiv. Extragerea se realizează cu mișcări line, pentru a se evita desprinderea betonului de la baza panoului. Stabilirea momentului optim pentru extragere este importantă. Dacă tubul este extras prea devreme, este posibil ca betonul neîntărit din spatele tubului să se scurgă în golul rămas. Dacă, dimpotrivă, tubul este extras prea tîrziu, există riscul de a se înțepeni în beton și

de a nu mai putea fi recuperat. Pentru a evita înșepenirea tuburilor, este indicat să li se imprime ușoare rotiri în tot timpul care se scurge până la extragere. O altă soluție pentru limitarea contactului între tub și beton constă în montarea la capătul carcasi de armătură a unui „șort” din tablă subțire, extins pe întreaga adâncime a tranșeei.

La pereți la care se impun condiții de etanșare speciale, pe fața semicirculară a panoului betonat, după extragerea tubului pe rost, se introduce un tub metalic sau din material plastic



Fig. 8.35. Panou cu prefabricate de rost.

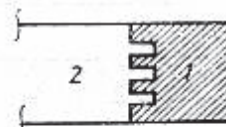


Fig. 8.36. Realizarea rostului la peretele excavat cu instalația Else:
1 — panou betonat anterior;
2 — panou în curs de excavare.

cu diametrul de 25 ... 35 cm, denumit *clavetă*, care, ca și tubul de rost, se recuperează după betonarea panoului. Golul rămas se betonază cu metoda Contractor.

Prefabricatele de rost sînt elemente din beton armat sau beton precomprimat, avînd de obicei secțiunea în dublu T, care se introduc în tranșee, în poziție perfect verticală, cu ajutorul unei macarale; aceste elemente se înfig pe 0,30 ... 0,60 m în baza tranșeei, iar la partea superioară se fixează de grinzile de ghidare. După lansarea și fixarea prefabricatelor, se coboară carcasa de armătură și se betonază panoul. Se obține astfel un perete de tip mixt (fig. 8.35).

În cazul excavării cu instalația Else, etanșarea rosturilor se realizează, de regulă, prin raclarea cu dinții cupei, pe o adâncime de 10 ... 15 cm, a betonului din panoul turnat anterior. În profilul crenelat astfel obținut (fig. 8.36) pătrunde ulterior betonul, asigurîndu-se închiderea rostului dintre panouri. În vederea raclării, la extremitatea panoului se lasă o rezervă de pămînt nesăpat în lungime de cel puțin 0,80 m. Săparea acestuia și raclarea betonului din panoul vecin se efectuează după minimum 6 ore de la turnarea betonului.

Pereți turnați realizați din panouri. Prin alăturarea panourilor în lungul traseului prevăzut prin proiect se obțin pereții îngropați. Modul de dispunere a panourilor sau *panotarea*, dimensiunile în plan ale acestora, succesiunea execuției se stabilesc prin proiect, în funcție de particularitățile lucrării, de instalațiile de excavare folosite etc.

În cazul excavării cu instalația Else, pereții rezultă din panouri consecutive la care se realizează integral ciclul tehnologic săpare-coborîrea carcasi de armătură-betonare.

În cazul excavării cu instalația de tip Kelly sau C.I.S. Soletanche, panourile se pot executa unul după celălalt sau pe sărite. Se deosebesc, din acest punct de vedere, trei tipuri de panouri: primar, secundar și mixt.

Pentru exemplificare, în figura 8.37 se arată etapele de execuție cu o instalație tip Kelly a unui perete mulat, alcătuit din *panouri primare* și *panouri secundare*:

I — excavarea panourilor primare și plasarea la extremitățile acestora a tuburilor de resort;

II — lansarea carcasi de armătură în panourile primare;

III — betonarea panourilor primare;

IV — extragerea tuburilor de rost;

V — săparea panourilor secundare, raclarea cu unealta de săpat a pereților semicirculari dintre panourile secundare și cele primare;

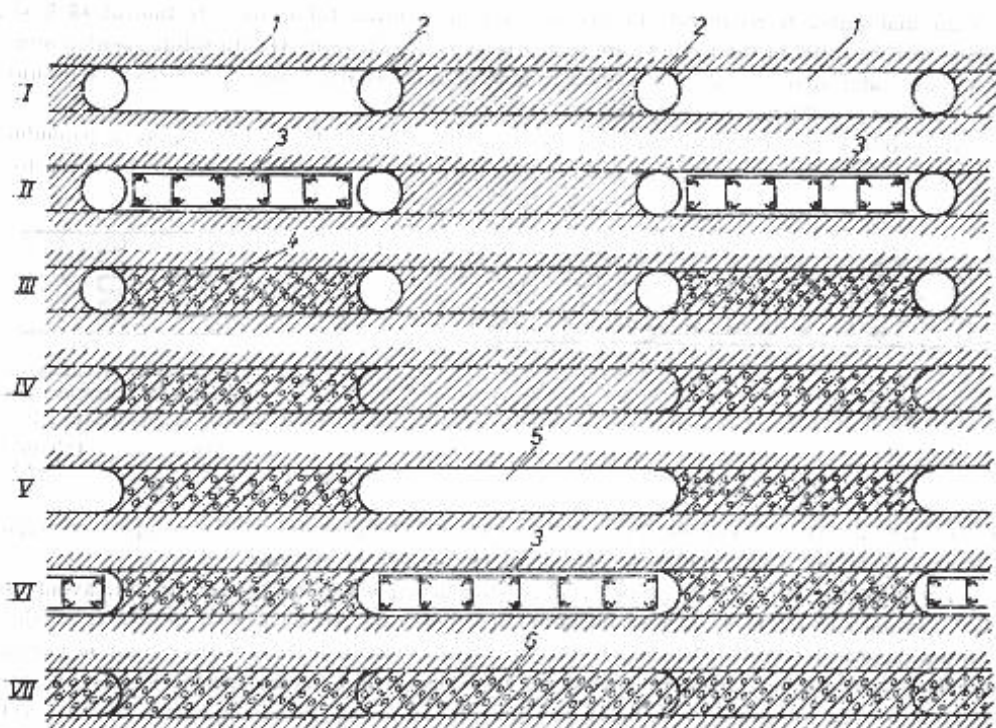


Fig. 8.37. Etapele de execuție ale unui perete mulat alcătuit din panouri primare și panouri secundare:

1 — panou primar săpat; 2 — tub de rost; 3 — carcasă de armătură; 4 — panou primar betonat; 5 — panou secundar săpat; 6 — panou secundar betonat.

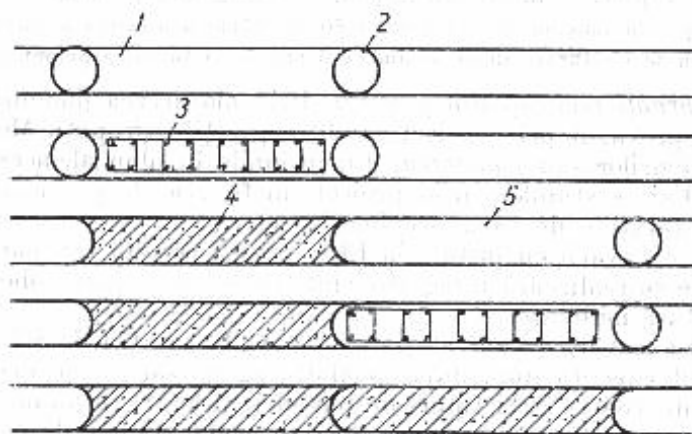


Fig. 8.38. Etapele de execuție ale unui perete mulat alcătuit din panouri primare și panouri de tip mixt:

1 — panou primar săpat; 2 — tub de rost; 3 — carcasă de armătură; 4 — panou primar betonat; 5 — panou de tip mixt săpat.

VI — lansarea carcusei de armătură în panourile secundare;

VII — betonarea panourilor secundare.

În figura 8.38 se arată etapele execuției aceluiași perete în varianta folosirii de panouri primare (tuburi de rost plasate la ambele extremități) și panouri de tip mixt (cu tub de rost plasat la o singură extremitate).