

TEMELJNE JAME

Plitki temelji se grade u unapred pripremljenim temeljnim jamama. Da bi se dobio prostor za izradu temelja i samog objekta, moraju se ukloniti zemljište i voda, a bokovi jame na propisan način osigurati. U zavisnosti od prisustva vode, temeljna jama može biti bez prisustva podzemne vode, sa podzemnom vodom koja se javlja u toku iskopa ili slobodnom vodom nad terenom.

Radovi koji se obavljaju prilikom izrade temelja se mogu razvrstati na:

- Geodetske radove i obeležavanje temelja,
- Zemljane radove - iskop temeljne jame,
- Osiguranje temeljne jame,
- Odstranjivanje vode iz temeljne jame,
- Izrada samih temelja i drugih projektom predviđenih radova (izolacija...),
- Uklanjanje pomoćnih konstrukcija koje su služile u toku gradjenja (talpe, zagati, skele..) i zatrpavanje temelja.

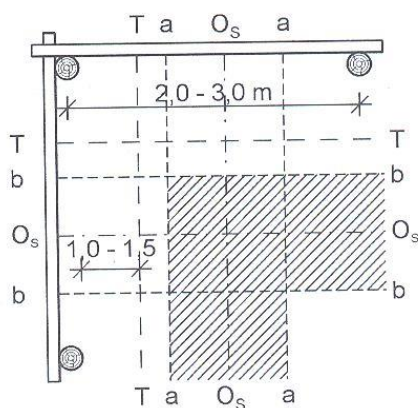
Geodetski radovi i obeležavanje temelja

Obim geodetskih radova zavisi od vrste i veličine objekta kao i od mesta gradjenja. Mogu se podeliti na prethodne geodetske radove, geodetske radove na obeležavanju temelja i kontrolne geodetske radove.

Prethodni geodetski radovi podrazumevaju izradu situacionog plana (obično se rade dve situacije, u krupnijoj i sitnijoj razmeri). Situacioni plan **sitnije** razmere (obično 1:1000) sadrži podatke o postojećim i novoprojektovanim saobraćajnicama, o postojećim objektima u neposrednoj blizini novoprojektovanog objekta sa tačno naznačenim dubinama fundiranja, o svim podzemnim komunikacijama i instalacijama (vodovod, kanalizacija, elektro instalacije, telefonske instalacije, toplovodi, gasovodi..) sa naznačenim dubinama, prečnicima i poprečnim presecima vodova. U situacionom planu **krupnije** razmere (1:200 do 1:500) moraju biti naznačene granice i gabariti predviđenog objekta kao i mesta priključaka za podzemne instalacije.

Obeležavanju temelja se pristupa nakon što geodete obeleže objekat. Dimenzije temeljne jame zavise od dimenzija temelja i potrebnog prostora za izvođenje radova na obezbeđenju bočnih strana temeljne jame, postavljanju oplata i gradjenju temelja. Treba težiti što jednostavnijem obliku temeljne jame. Ukoliko se temelj izvodi u tlu koje nije pod vodom, obeležavanje je jednostavno. Potrebno je napraviti pomoćnu skelu koja se postavlja na 1.0-1.5m od ivice temeljne jame. To je tzv. „šablon“ koji se sastoji od kratkih stubića (prečnika 12-16cm) i horizontalnih dasaka (2.5/10-12cm) na kojima se ekserom ili zarezom obeležavaju se ivice jame, osovine i ivice temelja. Kada je temelj pod vodom, obeležavanje je dosta složenije – prvo se obeleže ose stubova šipovima ili plovcima, zatim se pristupa izradi priboja, veštačkih ostrva itd.

Konačno obeležavanje temelja se obavlja posle iskopa temeljne jame na njenom dnu.



Sl.IV.2 Obeležavanje temelja i temeljne jame

T-T – ivice temeljne jame
 O_s-O_s – osovine temelja
 a-a; b-b – ivice temelja

Kontrolni geodetski radovi se obavljaju u toku gradnje objekta i predstavljaju kontrolu realizacije objekta po projektu. Kontrolišu se položaj objekta, dubine u terenu i u vodi, mere se sleganja i kontrolišu pomeranja.

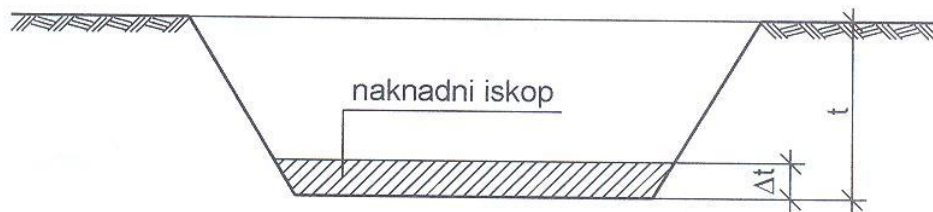
Izrada temeljnih jama

Dimenzije i oblik temeljne jame zavise od oblika temelja, mesta građenja i načina na koji će se izvršiti iskop. Iskop zemljanog materijala može biti obavljen mašinskim putem ili u manjoj meri ručno. Obavljanje ovog procesa podrazumeva iskop zemlje, iznošenje iskopanog materijala, utovar i transport. Iskop temeljne jame ručnim putem se primenjuje ako je količina iskopa mala, kada nije ekonomično dopremanje mehanizacije ili se mehanizacija ne može efikasno primeniti.

Za iskop temeljnih jama najčešće se koriste: buldozeri i utovarivači, bageri sa čeonom kašikom, bageri sa obrnutom kašikom i bageri sa grajfernom kašikom. Iskop u prisustvu vode podrazumeva upotrebu specijalnih crpki.

Temeljne jame treba iskopati do dubine koja je za veličinu Δt manja od predviđene. Razlika u visini, Δt , se iskopava neposredno pred betoniranje. Na ovaj način se izbegava smanjenje nosivosti i povećanje sleganja tla. Sloj visine Δt treba da bude oko 20cm ako se kopa ručno ili 20 – 50cm ako se kopa mašinskim putem. Ukoliko bi se ovi radovi izvodili pri niskim temperaturama debljina sloja treba da bude dovoljna da zaštiti dno temeljne jame od zamrzavanja.

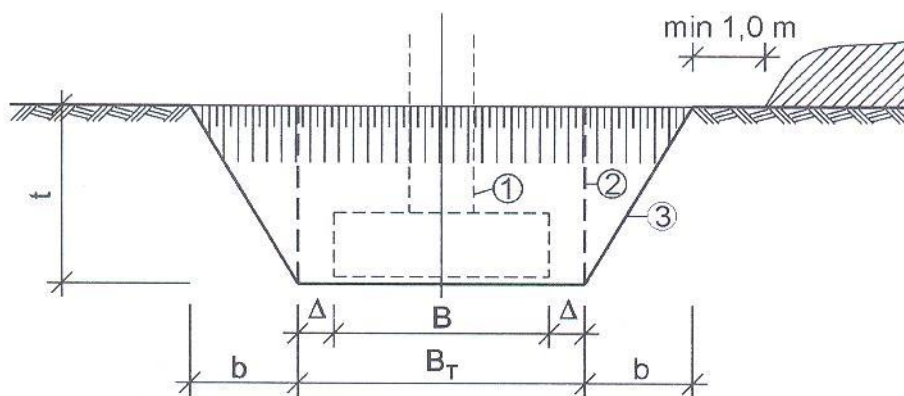
Podela temeljnih jama može da se izvrši prema različitim kriterijumima. Prema obliku i veličini temeljne jame se dele na *prostrane* i *trakaste* temeljne jame. Prema načinu zaštite bočnih strana jame mogu biti *bez osiguranja* bokova i *sa osiguranim bokovima*.



Sl.IV.3 Naknadi iskop dela temeljne jame neposredno pred betoniranje

Temeljne jame bez osiguranja bokova

Temeljne jame bez osiguranja bokova su najjednostavnije za rad. Izvode se u prirodno vlažnom tlu i sa bočnim stranama u odgovarajućem nagibu. Građenje je moguće ako u okolini nema objekata, tj. ima dovoljno slobodnog prostora i ako u tlu nema slobodne vode ili se ona na odgovarajući način odstranjuje. Kod ovakvih jama javlja se uvećana količina iskopa, koja može biti znatna u slučaju temeljne jame relativno malih dimenzija u osnovi i velike dubine.



Sl.IV.4 Poprečni presek temeljne jame sa zakošenim bokovima

- 1 – gabarit temelja;
- 2 – vertikalni bok jame (obavezni iskop);
- 3 – zakošeni bok jame

U odnosu na dimenzije temeljne stope jama ima proširenja potrebna za postavljanje oplata i betoniranje temelja. Neophodna količina iskopa, prema slici, bi bila: $Q = B_t \cdot t$ (po m²). Uvećanje iskopa je $Q_1 = b \cdot t$, tako da procenat uvećanja iznosi: $b/B_t \cdot 100$.

Temeljna jama treba da bude zaštićena od površinske vode, pa se uz ivicu jame izvodi obodni kanal koji će sakupljati i odvoditi vodu. Neposredno uz ivicu temeljne jame se često nalazi građevinski materijal, iskopana zemlja, mašine, isl. Da stabilnost bokova temeljne jame ne bi bila ugrožena, neophodno je deponovati ovaj teret na najmanje 1 metar od ivica jame. Nagibi bočni strana temeljne jame se usvajaju u zavisnosti od vrste tla i usvojene dubine jame. Uobičajeni nagibi bokova jame u osnovnim vrstama tla su prikazani u sledećoj tabeli:

Tabela IV.1

Vrsta tla	Odnos dubine t prema proširenju boka b pri dubini	
	do 1,5 m	preko 1,5 m
Nasipi prirodno vlažni	1:0,25	1:1 – 1:1,20
Peščana i šljunkovita tla prirodno vlažna ali ne vodom zasićena	1:0,25	1:1
Glinovita prirodno vlažna tla	1:0	1:0,7
Glina	1:0	1:0,25 – 1:0,50
Les suv	1:0	1:0,5

U temeljnim jamama bez osiguranja bokova treba brzo izvesti zemljane radove i betoniranje temelja. U suprotnom, bokovi jame se moraju zaštititi od atmosferskih uticaja. U koherentnom tlu za zaštitu se koriste najlonske folije i drugi vododrživi prekrivači, dok se u nekoherentnom tlu formira neka vrsta zaštitne košuljice (prskanje cementnim mlekom, bitumenom..).

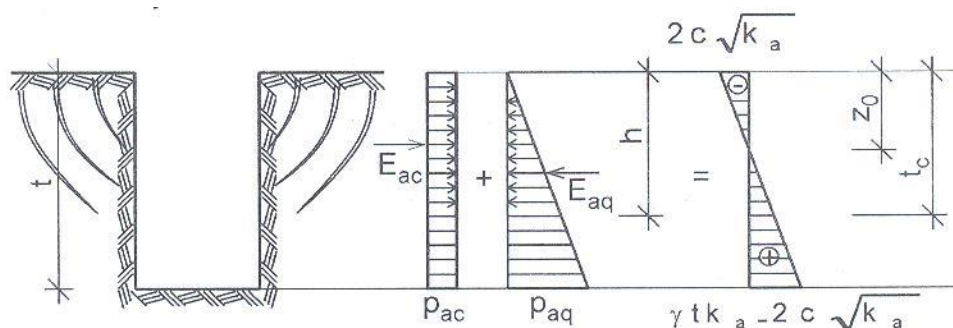
Temeljne jame sa osiguranjem bokova

U skućenim gradskim gradilišnim uslovima često nema prostora da se izvede temeljne jame sa zakošenim bokovima te se grade temeljne jame sa vertikalnim bočnim stranama i njihovim odgovarajućim osiguranjem. Osiguranje bokova jame treba da obezbedi njihovu stabilnost i spreči oburvavanje zemljišta. Oburvavanje zemljišta je potencijalno veoma opasno po radnike u jami, može da ugrozi stabilnost susednog objekta ili da izazove rušenje trotoara ili dela kolovoza ukoliko se jama nalazi uz ulicu.

Osiguranje plitkih i uskih temeljnih jama

Plitke temeljne jame su dubine 2-4m, po Terzaghiju i Peck-u ta dubina iznosi 6m. Uske temeljne jame su namenjene izradi trakastih temelja, polaganju vodovodnih i kanalizacionih cevi, postavljanju toplovoda, i sl. Način osiguranja uskih iskopa zavisi od vrste tla, tako da se posebno razmatra osiguranje u vezanom (koherentnom), i nevezanom (nekoherentnom) materijalu.

Uske temeljne jame u vezanom materijalu se mogu raditi bez posebnog osiguranja pod uslovom da je iskop plići i da nema podzemne vode.



Sl.IV.5 Dijagrami horizontalnih pritisaka na bokovima uskog iskopa

Na bokovima iskopa se javljaju horizontalni pritisci koji potiču od kohezije (c) i vertikalnog pritiska tla ($\gamma \cdot h$) na odgovarajućoj dubini. Podupiranje nije potrebno sve do dubine do koje kohezija preuzima pritiske od težine zemlje.

$$E_{aq} = E_{ac}$$

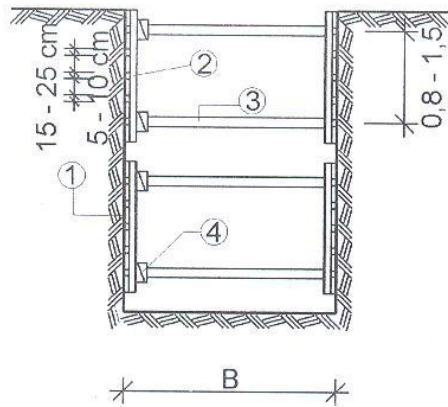
$$0.5 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_a = 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} \cdot h \Rightarrow h = \frac{4 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}}{\gamma \cdot K_a} = \frac{4 \cdot c}{\gamma} \sqrt{K_p}$$

gde su: $K_a = \tan^2 (45 - \phi/2)$ i $K_p = \tan^2 (45 + \phi/2)$ koeficijenti aktivnog i pasivnog pritiska tla.

Teoretski, do otprilike 1.5m (u zavisnosti od vrste tla) u koherentnom tlu nije potrebno osiguravanje bokova temeljne jame. Međutim, u bokovima temeljnih jama bez osiguranja se posle izvesnog vremena pojavljuju pukotine, kao rezultat napona zatezanja u tlu koje se suši i vrlo lako oburvava. Pukotine se mogu pojaviti posle nekoliko sati ili posle par dana po završenom iskopu u zavisnosti od vrste tla. Zato je bolje izvršiti osiguranje uskog iskopa bez obzira na koheziju, posebno u slučaju da duže treba da ostane otvoren zbog obavljanja određenih radova.

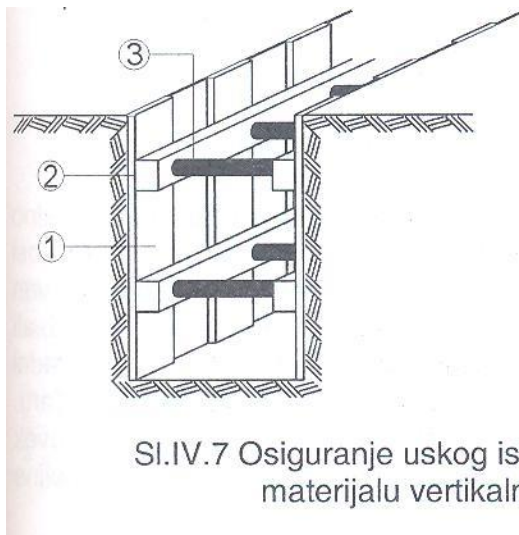
U prirodno vlažnom koherentnom tlu se primenjuju horizontalne talpe koje su poduprte vertikalnim gredama (stubovima), a raspinjanje se vrši horizontalnim razupiračima – raspinjačama. Najčešće se koriste gotove table od dasaka debljine 50 i 75mm i vertikalnih gredica dimenzija 8/10cm ili 8/12cm. Talpe su sa međusobnim razmakom od 5-10cm, širine 15 – 25cm. Kako bi talpe što bolje nalegle na bokove jame, između gredica i raspinjača se postavljaju klinovi.

Ukoliko dubina uske temeljne jame nije velika, za osiguranje bokova jame se mogu primeniti i vertikalne talpe.



- 1 - daske (talpe)-obloga
d=50 i 75 mm
b= 15-20 cm
- 2 - gredice 8/10 cm
- 3 - raspinjače 10/15 cm
ili $\varnothing 12$ cm
- 4 - klinovi

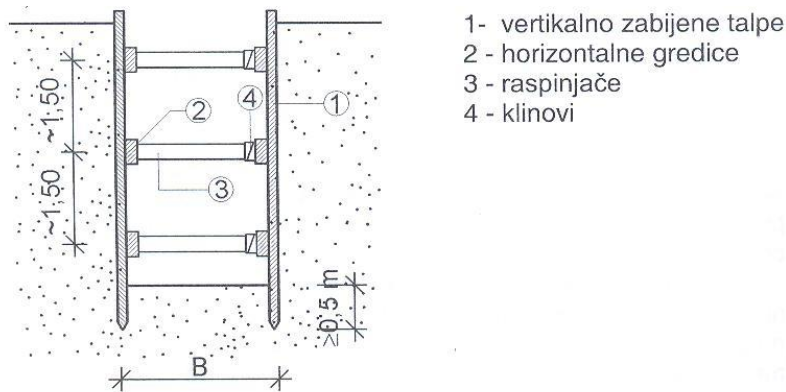
Sl.IV.6 Osiguranje uskog iskopa u koherentnom materijalu



- 1 - vertikalne talpe
- 2 - horizontalne gredice
- 3 - razupirači

Sl.IV.7 Osiguranje uskog iskopa u koherentnom materijalu vertikalnim talpama

U nevezanom materijalu (peščana tla) oplata se mora zabiti pre iskopa jer je materijal takav da se ne može držati ni pri malim dubinama. Talpe su vertikalne i zabijaju se jedna uz drugu, i pod njihovom zaštitom se počinje sa iskopom uz istovremeno postavljanje horizontalnih gređica i razupirača. Talpe moraju biti zabijene dublje u odnosu na dno rova da ne bi došlo do „iscurivanja“ peskovitog materijala i pomeranja podgrade. U podužnom pravcu se raspinjače postavljaju na razmaku od 1.5 do 2m.



Sl.IV.8 Osiguranje uskog iskopa u nekoherentnom materijalu

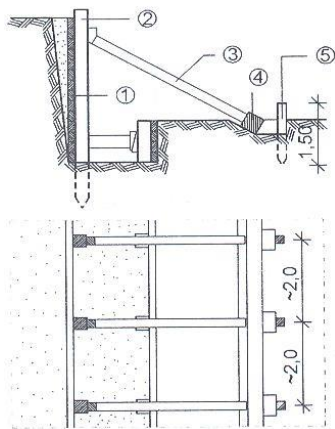
Osiguranje prostranih temeljnih jama

Za osiguravanje prostrane temeljne jame ne može se primeniti horizontalno razupiranje. U tom slučaju se koriste kosnici za podupiranje ili se vrši ankerovanje van temeljne jame. Oba ova načina stvaraju povoljne uslove za rad ali imaju i svoje nedostatke. Podupiranje kosnicima smanjuje radni prostor, a može doći do pomeranja kosnika pri slučajnom udaru. Ankerovanje zahteva šipove van temeljne jame, što nije uvek moguće ostvariti.

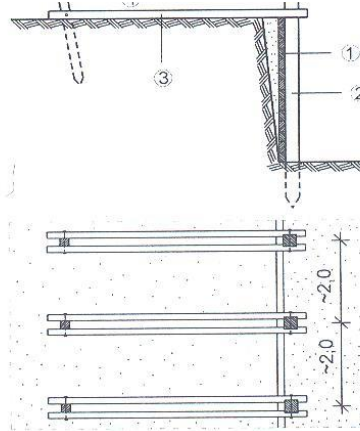
Zavisno od vrste tla iskop prostrane temeljne jame može biti: ***sa naknadnim podupiranjem*** i sa ***istovremenim podupiranjem***.

Iskop temeljne jame sa naknadnim podupiranjem

U koherentnom materijalu se može izvršiti iskop po celoj dubini temeljne jame pa se potom jama podgrađuje. Zaštitni zid mora biti pripremljen kako bi njegovo postavljanje bilo lako i brzo. Najčešće se koristi zaštitni zid sa horizontalnim talpama i vertikalnim stubovima. Kosnici i raspinjače se moraju klinovima dobro podbiti kako bi se zaštitni zid dobro priljubio uz bok jame. Naročito donji kraj zida mora biti priljubljen uz ivicu iskopa i dobro poduprt. Neravnine u iskopu se iza zida ispunjavaju peskom. Ovako izveden zaštitni zid će onemogućiti da se usled potresa od mašina i vozila odvale krupniji komadi zemljišta i udare u donji kraj obloge što bi moglo dovesti do njenog rušenja.



Sl.IV.9 Zaštitni zid prostrane temeljne jame poduprt kosnikom
 1 – horizontalne talpe
 2 – stubovi 14/14 – 18/18
 3 – kosnici 16/16
 4 – ležeća greda 24/24
 5 – stubići 12/12



Sl.IV.10 Ankerovan zaštitni zid
 1 – horizontalne talpe
 2 – stubovi 14/14
 3 – klješta za ankerovanje
 4 – stubići 12/12

Iskop temeljne jame sa istovremenim podupiranjem

Kada se vertikalno zasečeni bok temeljne jame ne može držati ni kratko vreme po iskopu, sa kopanjem se istovremeno mora postavljati i osiguranje. Da bi se moglo podupirati, bok jame se mora držati vertikalno bar u visini dve talpe. Postoji više metoda iskopa sa istovremenim podupiranjem, od kojih su karakteristične: iskop **prvo središnjeg dela** jame, iskop **prvo obodnog dela** jame i iskop **pod zaštitom zabijene drvene oplata**.

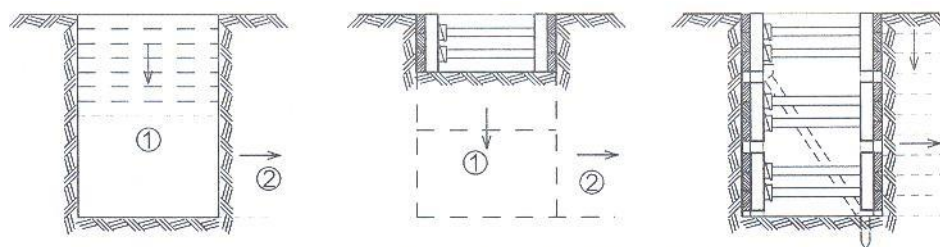
Iskop prvo središnjeg dela jame



Sl.IV.11 Iskop temeljne jame sa istovremenim podupiranjem (iskop prvo srednjeg dela pa zatim obodnog dela jame)

Iskopa se najpre srednji deo jame (1), a po obimu ostave zakošenja zbog stabilnosti zemljanog materijala. Zatim se u drugoj fazi pristupa iskopu deo po deo visine boka jame (2) i osiguranju elementima odgovarajućih dimenzija sa odgovarajućim brojem kosnika. Bok jame se kopa odozgo naniže tako da svaki deo ima svoj poseban kosnik. Na kraju se više podmetača ili kraćih stubića zameni jednim stubom poduprtim sa dva kosnika.

Iskop prvo obodnog dela jame

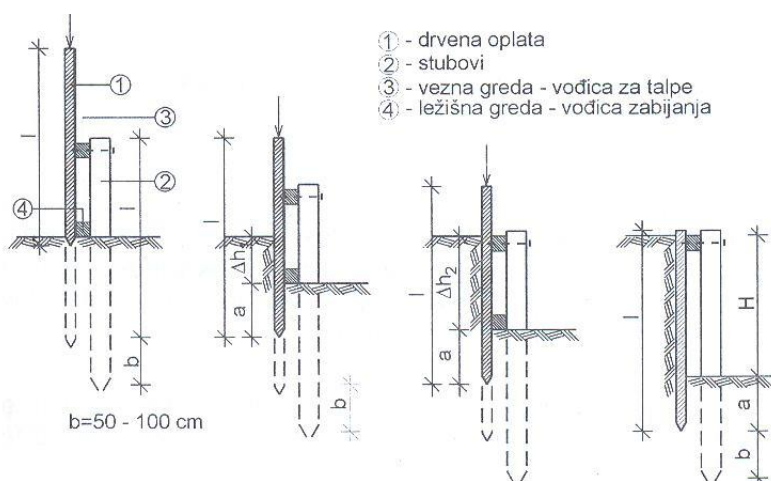


Sl.IV.12 Iskop temeljne jame sa istovremenim podupiranjem (iskop prvo obodnog pa zatim srednjeg dela jame)

Prvo se iskopa trakasta jama (1) po obimu, do krajnje dubine sa istovremenim podupiranjem, pa se zatim kopa sredina jame (2). Trakasta jama se po obimu podupire horizontalnim raskinjacima ali mora biti takve širine da se kasnije mogu postaviti kosnici koji će zameniti raskinjače. Uporedo sa postavljanjem kosnika i stubova koji podupiru spoljašnji zid jame, kopa se sredina jame, sloj po sloj i vrši skidanje raskinjača.

Iskop pod zaštitom zabijene drvene oplata

Kada je zemljani materijal rastresit da se ne može držati ni na maloj dubini, osiguranje se mora postaviti pre početka iskopa. Reč je o običnoj drvenoj oplati od građe bez posebnog obrađivanja. Talpe su debljine 6-8cm (ili preko 8cm u zavisnosti od pritiska tla). Talpe moraju biti obrađene na gornjem i donjem kraju da bi se lakše zabijale u zemljište i da se gornji kraj ne bi oštetiio udarima malja. Mogu se zabijati paralelno sa napredovanjem iskopa ili odjednom do projektovane dubine.



Sl. IV.13 Iskop temeljne jame pod zaštitom zabijene drvene oplata

Ako se talpe zabijaju paralelno sa iskopom počinje se sa postavljanjem stubova. Stubovi se zabijaju u zemljište dovoljno duboko za prvu fazu kopanja i u glavama povežu horizontalnim gredama koje predstavljaju vodice za talpe. Uz stubove se polože ležišne grede koje daju pravac

talpama. Zatim se zabijaju talpe – u svakoj fazi dublje za veličinu (a) u odnosu na nivo do koga se kopa. Veličina (a) se određuje proračunom iz uslova stabilnosti. Stubovi su na razmaku 2-3m i duži su od talpi za veličinu (b): 50-100cm.

Ova oplata nije vodonepropustljiva i treba je koristiti samo iznad nivoa podzemne vode. Ako se koristi u tlu gde ima podzemne vode, mora se pristupiti sniženju nivoa vode, kako u jami tako i oko jame.

Zaštita bokova jame pomoću priboja

Često je potrebno temelje izvesti u zemljištu ispod nivoa podzemne vode ili u prisustvu slobodne, tekuće vode. Tada treba obezbediti i stabilnost bokova jame i sprečiti dotok vode u temeljnu jamu. Primena priboja je najpogodnije rešenje, jer se štiti čitav prostor u kome se kopa temeljna jama.

Priboj je zid obrazovan od talpi, zabijenih do potrebne dubine ispod dna temeljne jame i vezanih međusobno tako da čine vodonepropustljivu zavesu. Dubina zabijanja priboja zavisi od dubine temeljne jame, položaja nivoa vode, vrste tla i hidrogeoloških uslova. Kada se vodonepropustljivi sloj nalazi na relativno maloj dubini ispod dna jame, priboj treba zabiti do tog sloja. Na taj način se potpuno sprečava dotok vode u temeljnu jamu. U slučaju da je vodonepropustljiv sloj na velikoj dubini ispod dna jame, priboj treba zabiti do dubine h_p koja mu obezbeđuje stabilnost obzirom na pritiske tla i vode i hidrauličku stabilnost dna temeljne jame kada se iz ove crpi voda.

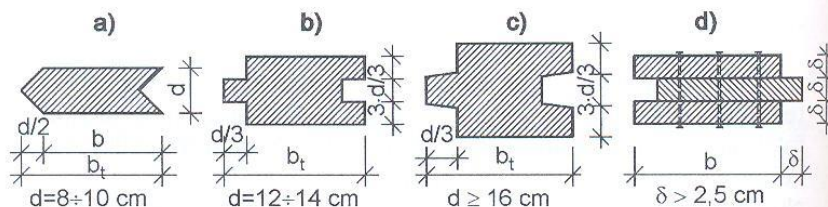
Talpe priboja mogu biti od drveta, čelika, armiranog betona i prethodno napregnutog betona.

Zidovi priboja mogu biti bez razupiranja, sa razupiranjem i ankerovani.

Priboj od drvenih talpi

Drveni priboji se primenjuju u sitnozrnatom tlu, kada dubina temeljne jame nije veća od 3-4m, odnosno ukupna dubina talpi nije veća od 6-8m. Pošto je zid vodonepropustljiv, može se primeniti u slučaju iskopa jame ispod nivoa podzemne vode i u slučaju plitke slobodne vode. U novije vreme se retko koristi.

Svi elementi su od drveta I ili II klase. Preporučuje se da talpe i stubovi budu desetak dana pre zabijanja potopljeni u vodi da ne bi došlo do bubrenja i vitoperenja zida. Talpe su debljine 10, 12-20cm. Širina talpi se kreće od 16-30cm. Talpe su na krajevima obrađene tako da imaju pero i žljeb čime se postiže vodonepropustljivost zida. Stubovi drvenog priboja su minimum 50cm duži od talpi; kvadratnog su poprečnog preseka dimenzija 16/16cm do 30/30cm i zabijaju se na međusobnom razmaku od 2-2.5m. Klješta služe da drže talpe u jednoj ravni i da prenesu opterećenje sa zida na stubove i razupirače. Njihova visina (h) je obično 12-20cm i širina (b) 18-24cm. Za stubove se vezuju zavrtnjima.

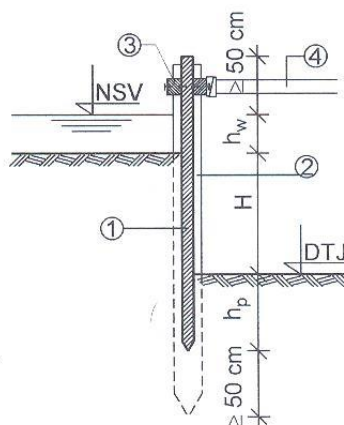


SI.IV.16 Poprečni preseki drvenih talpi

Za temeljne jame male dubine priboj se ne mora razupirati; kada su u pitanju veće dubine veći su pritisci tla i vode pa se priboj razupire u jednom ili više nivoa.

Osnovni elementi zida drvenog priboja su:

- talpe - 1
- stubovi - 2
- klješta - 3
- razupirači i klinovi
ukoliko se priboj
razupire - 4

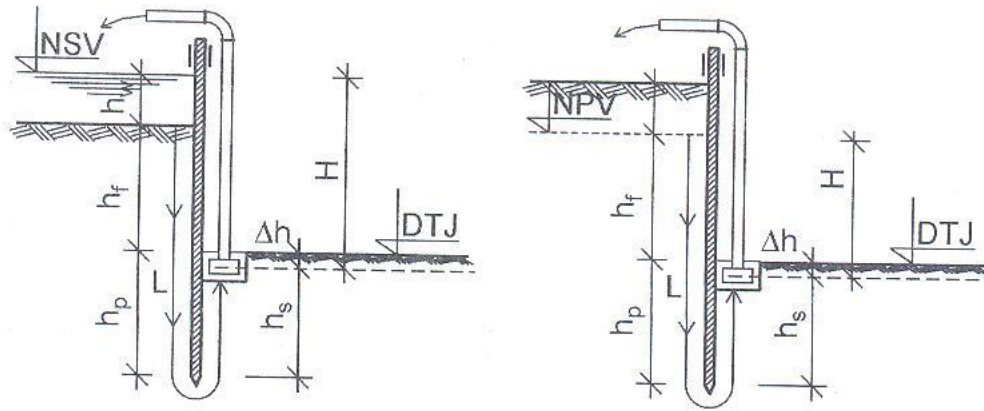


SI.IV.15 Presek zida drvenog priboja

Proračun i dimenzionisanje drvenog priboja

Proračun priboja sadrži hidraulički proračun, kontrolu stabilnosti i proračun statičkih uticaja potrebnih za dimenzionisanje osnovnih konstruktivnih elemenata.

Hidraulički proračun priboja



Sl.IV.19 Crpenje vode iz temeljne jame – skica za hidraulički proračun priboja

Hidraulički proračun priboja obuhvata određivanje potrebne dubine zaštitnog zida ispod dna temeljne jame uz uslov da ne dođe do hidrauličkog sloma zemljišta usled crpenja vode iz jame. Hidrauličkim proračunom se može odrediti količina vode koju treba crpeti i na osnovu toga dati broj i raspored crpki u skladu sa njihovim kapacitetom i dimenzijama jame.

Voda se iz temeljne jame mora uklanjati kako bi se radovi obavljali u suvom i tom prilikom se stvara razlika u nivou vode sa spoljašnje i unutrašnje strane priboja u težnji da se nivoi izjednače. Brzina kretanja vode kroz tčo zavisi od visinske razlike nivoa, dužine puta vode i vodopropustljivosti tla.

Na zidove priboja i na čestice tla deluju pritisci vode koja se kreće – hidrodinamički pritisci. Direktno ispod dna temeljne jame voda se kreće naviše pa strujni pritisak ugrožava stabilnost temeljnog tla. Najkraća dužina kretanja čestice vode L je najkraća strujna linija. Kako je visinska razlika nivoa vode H , to je hidraulički pad: $i = H/L$. Strujnom pritisku, $p_w = i \cdot \gamma_w$ suprotstavlja se zemljište svojom težinom. Kada se strujni pritisak izjednači sa težinom tla nastaje stanje granične ravnoteže.

$$p_{wkr} = i_{kr} \cdot \gamma_w = \gamma' \Rightarrow i_{kr} = \gamma' / \gamma_w$$

Da bi se izbegao hidraulički slom tla uvodi se faktor sigurnosti F_s :

$$i = H/L = \gamma' / \gamma_w \cdot F_s, \text{ odakle je } L = H \cdot \gamma_w \cdot F_s / \gamma'$$

Prema slici dužina najkraće strujne linije iznosi: $L = h_f + \Delta h + 2h_s$, gde je :

h_f – dužina strujnice u tlu do nivoa dna temeljne jame,

Δh – rastojanje od dna temeljne jame do sniženog nivoa vode (20-50cm)

h_s – tražena dubina zabijanja priboja računata od sniženog nivoa vode

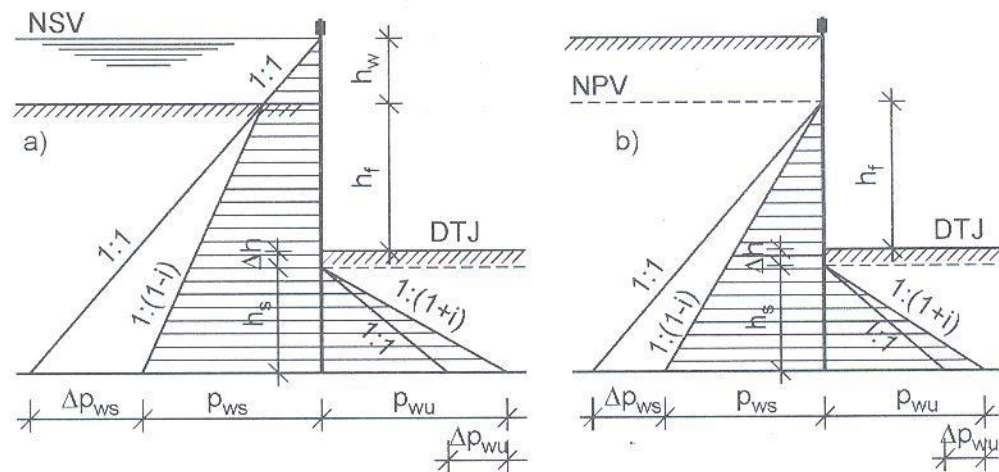
Iz prethodnih jednačina je moguće sračunati potrebnu dubinu zabijanja priboja, h_s .

Vrednost faktora sigurnosti zavisi od vrste tla. Po jednim autorima ovaj faktor se kreće od 2-3, po drugima od 2-6. Za koherentno tlo se može uzeti $F_s = 2$, dok se u nekoherentnom svakako mora ići sa većim faktorom sigurnosti.

Kontrola stabilnosti priboja

Pored hidrauličke stabilnosti zemljišta potrebno je da zid priboja ima potrebnu stabilnost kao konstrukcija koja je izložena opterećenjima od pritisaka vode i zemljišta. Sa spoljašnje strane na priboj deluju pritisci vode i tla, a sa unutrašnje strane njima se opiru otpor tla i pritisak vode ispod dna jame. Kada zid priboja zalazi u vodonepropusni sloj, sprečeno je kretanje vode kroz tlo, pa su pritisci vode hidrostatički. Ako kretanje vode nije sprečeno, na zid priboja će delovati hidrodinamički pritisci vode.

Na spoljašnjoj strani zida, na kojoj se voda kreće naniže, hidrodinamički pritisak je manji nego hidrostatički. Na unutrašnjoj strani voda se kreće naviše, pa su hidrodinamički pritisci veći od hidrostatičkih.



SI.IV.20 Hidrodinamički pritisci vode na zid priboja

Sa spoljašnje strane priboja pritisak vode opada u odnosu na hidrostatički za veličinu:

$$\Delta p_{ws} = (h_f + \Delta h + h_s) \cdot i \cdot \gamma_w$$

A sa unutrašnje strane raste za veličinu:

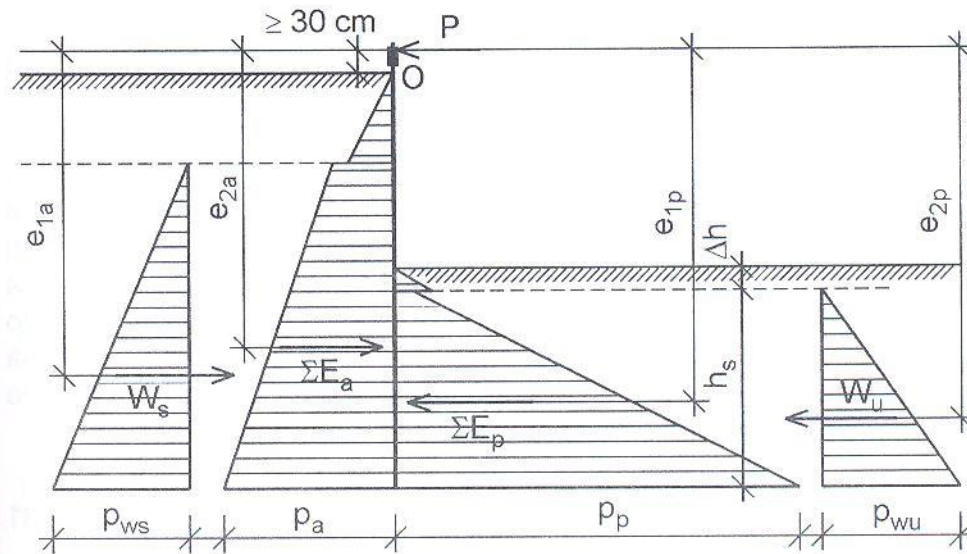
$$\Delta p_{wu} = h_s \cdot i \cdot \gamma_w$$

Hidrodinamički pritisci na dnu zida priboja iznose:

$$p_{ws} = \gamma_w \cdot h_w + (1-i) \cdot \gamma_w \cdot (h_f + \Delta h + h_s)$$

$$p_{wu} = \gamma_w \cdot h_s + i \cdot \gamma_w \cdot h_s = (1+i) \cdot \gamma_w \cdot h_s$$

Na dnu zida priboja mora biti ispunjen uslov: $p_{wu} = p_{ws}$



SI.IV.23 Kontrola statičke stabilnosti priboja

Opterećenje koje deluje na zid priboja mora biti u ravnoteži. Kako se radi samo o horizontalnom opterećenju, mogu se koristiti dva uslova:

$$\Sigma M_o = 0$$

$$\Sigma H = 0$$

Za ravan razupiranja treba postaviti momentne jednačine sila sa spoljašnje i unutrašnje strane u odnosu na tačku O u ravni razupiranja.

Iz prvog uslova koji može biti napisan u obliku: $\Sigma M_{a0} = \Sigma M_{p0}$ određuje se nepoznata dubina zabijanja talpi. Kako je ova dubina određena i u hidrauličkom proračunu, treba uporediti ove dve veličine i usvojiti veću.

Sa konačno usvojenom dubinom priboja, iz drugog uslova se određuje sila otpora u gornjem osloncu.

Svi elementi drvenog priboja se sračunavaju za najnepovoljniji slučaj opterećenja. Talpe su izložene savijanju od opterećenja (pritisci zemlje i vode), te je za dimenzionisanje potrebno sračunati momente savijanja vodeći računa o načinu oslanjanja u gornjem i donjem kraju zida. Kada postoji samo jedno mesto podupiranja u nivou klješta, tada su talpe oslonjene gore na klješta, a dole su uklještenе u zemljište. Mesto najvećeg momenta je onaj presek u kome je transversalna sila jednaka nuli. Debljina talpi se određuje na osnovu sračunatog maksimalnog momenta savijanja.

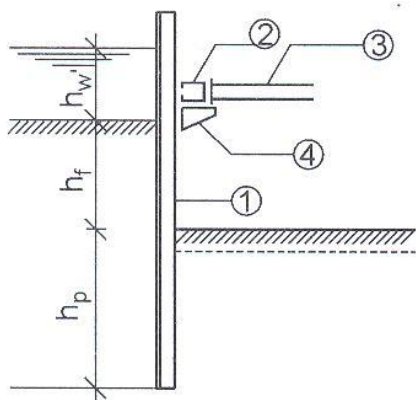
Priboj od čeličnih talpi

Priboj od čeličnih talpi se vrlo često koristi. Čelične talpe se mogu zabijati u sve vrste zemljišta pri čemu imaju veće dužine od drvenih talpi (do 25m) te se mogu zabijati znatno dublje ispod dna jame što ima naročit značaj za hidrauličku stabilnost zemljišta. Ukoliko se pažljivo radi, mogu se koristiti više puta. Zidovi od čeličnih talpi se koriste u stalnim objektima kao što su kejski zidovi. Talpe su u tom slučaju od specijalnog čelika otpornog na rđanje.

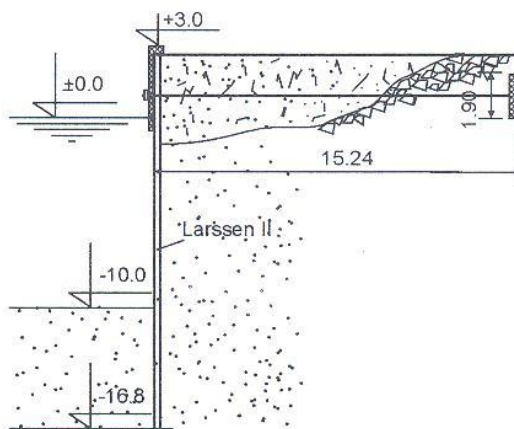
Proizvode se čelične talpe različitih profila od kojih je određen broj patentiran. Veliki proizvođači čeličnih talpi daju profile različitog oblika za različite namene i obično svaka vrsta profila ima više dimenzija. Najpoznatije talpe su Larsen (Larssen), Heš (Hoesch), Krup (Krupp), Rombas (Rombas) itd.

Ivične čeličnih talpi su specijalno konstruisane tako da se talpe mogu samo uvući po dužini jedna u drugu, a ne mogu odvojiti ili raskinuti. Spojevi su takvog oblika da se talpe mogu malo zaokretati kako bi se formirali zidovi u krivini. Zaptivanje spojeva između talpi je dosta dobro jer se vrlo brzo natalože čestice iz vode.

Postavljanje čeličnih talpi i njihovo zabijanje se vrši makarom, i to u grupama (dve-tri talpe) sa zajedničkom kapom. Posle završenih radova na temeljima talpe se vade. Izvlačenje je dosta teško tako da se koriste vibracioni maljevi. U specijalnim slučajevima čelični priboji mogu ostati kao stalna zaštita temelja od podlokavanja.



Sl.IV.28 Osnovni elementi čeličnog priboja

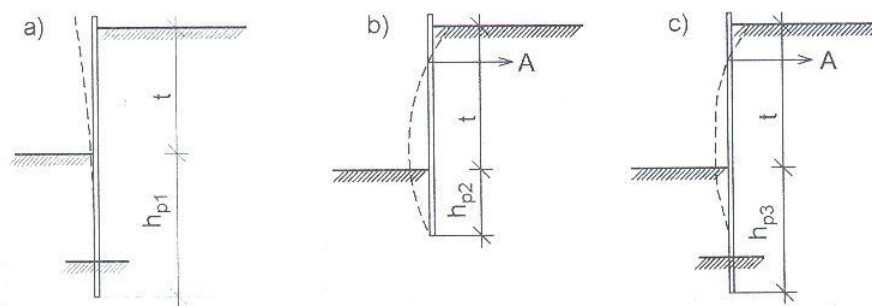


Sl.IV.29 Kejski zid od čeličnih talpi ankerovan na gornjem kraju

Osnovni elementi čeličnog priboja su: čelične talpe (1), čelični ram (2), razupirači (3) i papuče – oslonci rama (4).

Proračun čeličnog priboja obuhvata određivanje potrebne dubine zabijanja talpi ispod dna temeljne jame i određivanje momenata savijanja. Dubina savijanja se određuje iz uslova hidrauličke stabilnosti zemljišta i uslova statičke stabilnosti. Prema momentima savijanja određuje se potrebna debljina zida priboja. Za proračun čeličnog priboja se izdvajaju tri karakteristična slučaja: priboj gore slobodan dole uklješten, priboj gore ankerovan dole slobodno oslonjen i priboj gore ankerovan dole uklješten. Ako su talpe zabijene samo do manje dubine, savijanje priboja je donekle slično savijanju vertikalne elastične grede čiji je donji kraj samo oslonjen – to su slobodno oslonjeni priboji. Ako su talpe zabijene do znatne dubine, donji kraj

priboja je nepokretan jer otpor tla dopušta samo neznatna pomeranja talpi iz njihovog početnog vertikalnog položaja – to su uklješteni priboji. Zbog savitljivosti samog zida priboja, popuštanja ankera, pomeranja donje tačke sidrenja i elastičnih svojstava tla nastaje složena raspodela pritisaka tla na zid priboja. Uobičajeno je da se praktični proračuni sprovedu uz pretpostavku linearne raspodele aktivnog pritiska i otpora tla. Pošto je to samo gruba aproksimacija, daju se u različitim metodama različiti koeficijenti korekcije pri dimensionisanju.



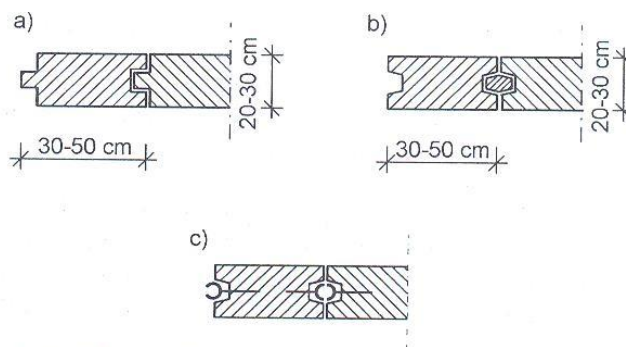
SI.IV.30 Karakteristični načini oslanjanja čeličnog priboja

Priboj od betonskih talpi

Primena armiranobetonskih talpi je opravdana ako zid priboja ostaje u tlu kao sastavni deo temelja, kao zaštita od erozije ili kao vodonepropustljiva zavesa. Prednost priboja od betonskih talpi je njegova trajnost i mogućnost upotrebe bez obzira na oscilacije vodostaja.

Betonski priboj se izvodi od armiranobetonskih talpi ili talpi od prethodno napregnutog betona. Talpe se unapred pripreme i kao gotovi elementi zabijaju u tlo. Nedostatak im je što traže preciznu izradu, jer se u protivnom lako lome pero i žljeb. Drugi nedostatak im je otežano zabijanje, jer pružaju veliki otpor zbog sabijanja tla. Imaju i veliku težinu usled čega se sa njima teško manevriše, a zahtevaju i specijalnu opremu za zabijanje.

Poprečni presezi betonskih talpi su pravougaonog oblika sa perom i žljebom. Debljina talpi je 20-30cm, a od prethodno napregnutog betona 10 - 20 cm. Širina talpi je od 30-50cm. Talpe se mogu izvoditi sa perom i žljebom, sa obostranim žljegovima, gde se nakon zabijanja očiste mlazom vode i povezuju ulošcima od betona ili čelika, a zatim injektiraju cementnom suspenzijom. Talpe sa žljegovima mogu imati i čelične elemente za vezu.



SI.IV.33 Karakteristični presezi betonskih talpi