

Tablica 5
PROIZVODNJA PIGMENATA U JUGOSLAVIJI
(u tonama)

Vrsta pigmenta	Godina					
	1970.	1974.	1978.	1980.	1981.	1982.
Cink-oksidi	6 726	6 680	8 959	7 428	9 530	8 741
Olovni minij	3 156	2 249	2 539	1 037	1 365	1 405
Litopon	5 570	4 889	4 677	3 419	4 359	3 414
Titan-dioksid	—	—	19 202	19 568	21 921	21 375
Pigmenti za keramiku	—	—	—	339	414	175
Ostali anorganski pigmenti	2 021	17 521	5 440	4 634	4 801	5 304
Čada	—	—	25 823	26 232	23 945	24 679

manje količine organskih pigmentata. Kromove i cinkove pigmente proizvodi Kemijski kombinat Chromos u Zagrebu, a cink-kromate proizvodi Duga u Beogradu. Posljednjih godina započela je u Chromosu i proizvodnja molibdatnih pigmentata i pigmentata za keramiku. Cink-oksidi proizvodi se i u Gornjem Milanovcu, kaolin proizvodi rudnik kaolina kod Kamnika, barit se proizvodi u Tuzli, dok se različite vrste čađe proizvode u tvornici INA-Petrokemija u Kutini.

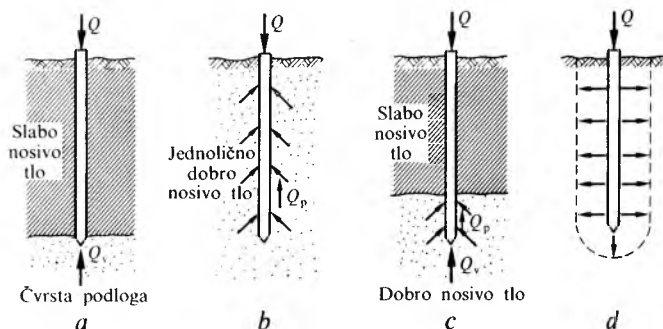
LIT.: D. Patterson, Pigments. Elsevier Publishing Co., Amsterdam 1967. — J. Lenoir, Organic Pigments, u knjizi: K. Venkataraman, The Chemistry of Synthetic Dyes. Academic Press, New York 1971. — E. Herrmann, Pigmentprobleme in der Lackindustrie für Fachleute der Lackindustrie und der Oberflächentechnik. Tech. Akademie, Esslingen 1973. — T. C. Patton, Pigment Handbook. John Wiley and Sons, New York 1973. — H. Kittel, Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen. Verlag W. A. Colomb, Berlin/Oberschwandorf 1974. — Colour Index. Society of Dyers and Colourists, Bradford 1971 (revizija 1975).

L. Arh-Lipovac

PILOTI (šipovi), stupovi od čvrstog materijala koji prenose silu na dublje slojeve tla. Temeljenje u dubljim slojevima tla s boljim fizikalno-mehaničkim svojstvima izvodi se kad tlo u dostupnoj dubini nema dovoljnu nosivost, ili kad je njegova stišljivost velika, pa bi slijeganje temelja građevine bilo preveliko. Temeljenje na pilotima često je jednostavnije i ekonomičnije od alternativnoga dubokoga masivnog temeljenja, osobito kad je visoka razina podzemnih voda.

Temeljenje na pilotima primjenjivalo se u prethistorijsko doba za gradnju sojenica. Do kraja prošlog stoljeća za gradnju temelja u slabo nosivom tlu i na tlu velike stišljivosti upotrebljavali su se drveni piloti. Umjetni građevni materijali za pilote (cement, čelik) počinju se upotrebljavati u XIX st., a primjena prednapregnutog betona počinje u prvoj polovici našeg stoljeća. Razvoj građevinarstva i razvoj primjene armiranog i prednapregnutog betona, a osobito nagli razvoj tehnike bušenja, omogućili su izradbu pilota velikih promjera koji na tlo prenose velike koncentrirane sile. Na Savskom pristaništu u Beogradu (1937...1940) temelji svih građevina postavljeni su na pretfabriciranim pilotima od armiranog betona zabijenim u tlo do sloja vapnenaca. Zgrada Saveznog izvršnog vijeća u Novom Beogradu temeljena je (1948) na 3376 Franki-pilota promjera 520 mm, prosječne duljine 13 m i nosivosti 750 kN, te promjera 406 mm, prosječne duljine 12,50 m i nosivosti 550 kN.

Funkcija i vrste pilota. Piloti prenose silu na tlo kao stupovi, i to: a) vrhom, kad pilot kao stup prenosi silu na čvrstu

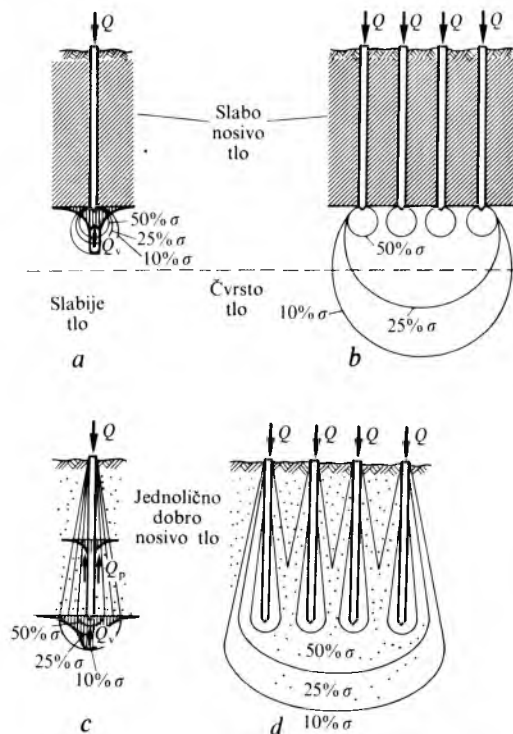


Sl. 1. Vrste pilota i prijenos sila s pilota u tlo. a) stojeći pilot, b) lebdeći pilot, c) pilot s kombiniranim prijenosom sile, d) pilot koji zbijanjem poboljšava nosivost tla

podlogu; to je stojeći pilot (sl. 1a), pa je ukupna vertikalna sila (Q) jednaka sili otpora na vrhu (Q_v); b) trenjem na plaštu pilota; to je lebdeći pilot (sl. 1b), pa je sila trenja na plaštu (Q_p) jednaka ukupnoj vertikalnoj sili (Q); c) kombinirani prijenos sile vrhom i trenjem na dijelu plašta pilota ($Q_p + Q_v = Q$) (sl. 1c); d) prijenos sile zbijanjem tla; tada piloti ne prenose silu izravno, nego dreniranjem poboljšavaju mehanička svojstva okolnog, slabo konsolidiranog tla male propusnosti pomoću pilota koji je ispunjen propusnijim materijalom (pijesak, šljunak) (sl. 1d). Prema vrsti upotrijebljenog materijala piloti mogu biti od drva, betona, armiranog betona, prednapregnutog betona, čelika, te od šljunka i pijeska.

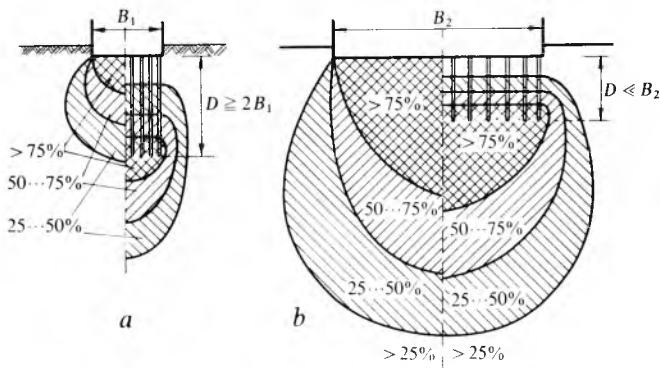
Prema izradbi piloti mogu biti: a) zabijeni gotovi, od drva, čelika, armiranog i prednapregnutog betona, koji se gotovi dopremaju na mjesto ugrađivanja gdje se zabijaju u tlo, b) zabijeni izrađeni neposredno u tlu, gdje se formiraju zbijanjem šupljih čeličnih kalupa koji se izvlače, a nastala šupljina ispuni se betonom, šljunkom i pijeskom, c) bušeni, kad se šupljina velikog promjera izbuši u tlu i ispuni betonom ili šljunkom, d) utisnuti, kojima se mogu poduhvatiti temelji već gotove građevine sukcesivnim utiskivanjem u tlo pretfabriciranih elemenata od armiranog betona visine 50...75 cm hidrauličkim prešama i e) posebne vrste pilota.

Prijenos sila pilotima na tlo. Piloti prenose silu na tlo pojedinačno ili u grupi vezanoj naglavnom konstrukcijom. Prenoseći silu na tlo pilot uzrokuje dodatna naprezanja uzduž plašta i na vrhu, već prema vrsti i slijedu slojeva u tlu na kojemu leži građevina, prema namjeni i trajnosti građevine, te prema veličini i smjeru sile koje djeluju na pojedini dio konstrukcije, odnosno na temelj. Promjena naprezanja djelovanjem pojedinačnog pilota koji prenosi silu samo vrhom nastaje u ograničenom volumenu tla, pa je nosivost i slijeganje ovisno samo o svojstvima tla u tom relativno malom volumenu (sl. 2a). Kad postoji grupa pilota koji prenose silu vrhom, područje promjene naprezanja mnogo je veće (sl. 2b). Promjene naprezanja u tlu prikazuju se izobarama. Nosivost grupe pilota manja je od nosivosti jednakog broja pojedinačnih pilota zbog preklapanja i zbrajanja naprezanja u širem području, a osobito kad je tlo u tim dubinama slabije nosivosti. Kad je tlo jednolično dobro nosivo i kad piloti prenose silu na tlo preko vrha i trenjem na plaštu, dubina je promjene naprezanja mnogo



Sl. 2. Izobare naprezanja u tlu. a) pojedinačni stojeći pilot, b) grupa stojećih pilota, c) pojedinačni pilot s kombiniranim prijenosom sile, d) grupa pilota s kombiniranim prijenosom sile

manja i ovisi o raspodjeli ukupne sile koja se prenosi preko vrha i trenjem na plaštu (sl. 2c i 2d). Za grupu pilota (sl. 2d) mjerodavniji je utjecaj međusobnog razmaka, zbog preklapanja naprezanja uzduž plašta pilota, nego dubina ispod vrha pilota.



Sl. 3. Usporedba raspodjele naprezanja u tlu. a) plitko temeljenje male širine i temeljenje pilotima. b) plitko temeljenje velike širine i temeljenje pilotima

Usporedba raspodjele naprezanja plitkim temeljenjem i temeljenjem na pilotima (sl. 3a) pokazuje da piloti znatno smanjuju naprezanja ispod temelja, a povećavaju ih u dubini. Ukupno slijeganje temelja na pilotima bit će manje nego kad se temelji bez pilota, pogotovu ako je u većoj dubini tlo manje stišljivo. Usporedba raspodjele naprezanja ispod plitkog temelja velike širine i temelja na kratkim pilotima (sl. 3b) pokazuje da je neprezanje smanjeno samo u uskoj zoni neposredno ispod temelja na pilotima do dubine koja je jednaka 2/3 duljine pilota, dok je na ostalom dijelu naprezanje gotovo jednako, pa kratki piloti nemaju željeni učinak. Kratki su piloti djelotvorni samo kad neposredno ispod temelja postoji plitak, veoma stišljiv sloj.

Materijali za izradbu pilota. Drvo se za izradbu pilota upotrebljava i danas, osobito za temeljenje privremenih i pomoćnih građevina u uvjetima stalne vlažnosti (ispod razine podzemne vode). Prednosti drvenih pilota jesu: elastičnost, mala težina, relativno velika duljina, povoljna debljina i mogućnost jednostavnog produljenja pilota. Nedostaci drvenih pilota jesu: padanje pri naizmjeničnoj promjeni vlažnosti, oštećenje zbog djelovanja insekata i razdvajanje vlaknaca na glavi pilota pri zabijanju. Piloti se izrađuju od crnogoričnog drveta (bor, smreka i jela) promjera 20...45 cm i duljine do 25 m, te od bjelogoričnog drveta (hrast i bukva) promjera do 60 cm i duljine do 20 m.

Beton se upotrebljava samo za pilote izrađene u tlu nabijanjem ili lijevanjem. Sastav i svojstva betona te način ugrađivanja mora odgovarati tehničkim propisima i standardima s obzirom na postojanost u agresivnim podzemnim vodama, morskoj vodi i okolnom tlu.

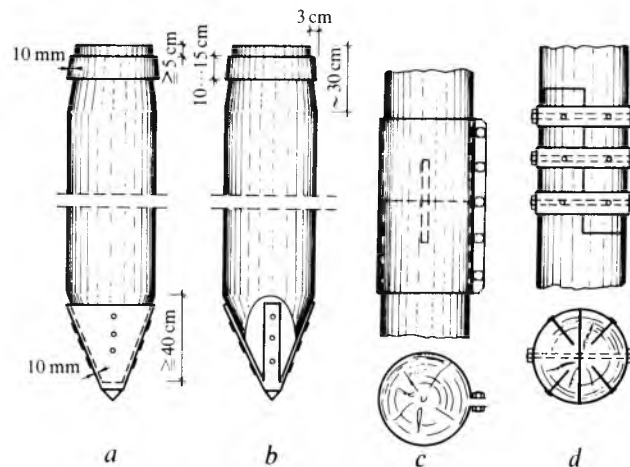
Armirani beton upotrebljava se za pilote koji se ugrađuju zabijanjem, za zabijene pilote izrađene neposredno u tlu, te za bušene pilote. Sastav, svojstva betona i kvaliteta armature moraju odgovarati tehničkim propisima i standardima. Armatura preuzima vlačna naprezanja koja nastaju u gotovim pilotima na gradilištu, dinamička naprezanja za vrijeme zabijanja, te momente savijanja od bočnih naprezanja i horizontalnih sila na visini glave pilota.

Prednapregnuti beton je za izradbu zabijenih pretfabriciranih pilota bolji od armiranog betona, jer opterećenje na savijanje preuzima cijeli poprečni presjek. Zato su dovoljni manji poprečni presjeci, a ti su piloti i lakši. Pretfabricirani su piloti prednaprežanjem unaprijed elastično deformirani, pa pri zabijanju nastaju manji gubici energije zbog elastičnih deformacija. Prednapregnuti beton često se upotrebljava za izradbu dugih bušenih pilota koji se sastoje od elemenata.

Čelik se upotrebljava za izradbu zabijenih pilota u obliku valjanih cijevi i profila koji se naknadno ispunjavaju betonom. Za bušene pilote čelične cijevi služe kao zaštita od urušavanja tla, a prilikom betoniranja mogu se izvlačiti. Na čelične pilote negativno djeluje korozija koja najviše oštećuje dijelove koji se

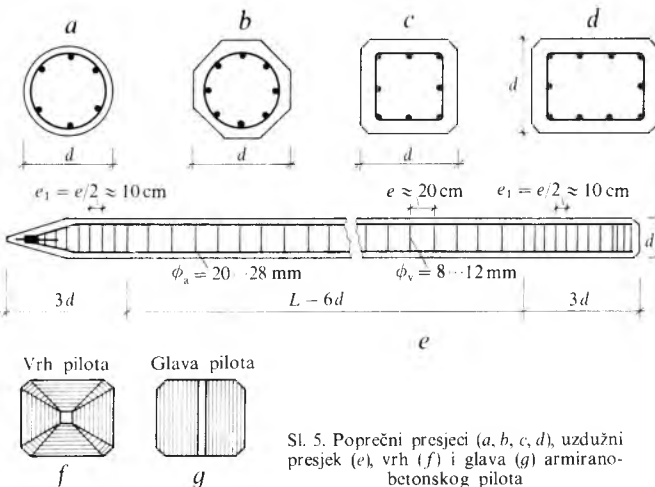
naizmjenično potapaju i suše. Čelični piloti zaštićuju se od korozije različitim premazima i katodnom zaštitom. Osim toga, upotrebljavaju se legirani čelici koji su otporniji prema koroziji.

Zabijeni gotovi piloti. Drveni piloti izrađeni od crnogoričnih ili bjelogoričnih stabala mogu imati nosivost do 600 kN. Piloti se prije zabijanja obrade zasijecanjem i pojačavaju metalnim okovima (sl. 4). Vrh pilota zasiječe se u šiljak (stožac ili piramidu) i zaštiti metalnim okovom, a glava pilota se okuje metalnim prstenom da bi se spriječilo rascvjetavanje drva prilikom zabijanja (sl. 4a i b). Nastavci se izvode jednostavnim zasijecanjem i okivaju metalnim okovom (sl. 4c i d).



Sl. 4. Okovi glave i vrha (a, b), okovi za spajanje (c, d) drvenih pilota

Armiranobetonski piloti izrađuju se najčešće na gradilištu zbog teškoća u transportu i manipulaciji. Ranije su se izrađivali piloti okruglog i poligonalnog presjeka, a danas uglavnom pravokutnog i kvadratnog presjeka zbog jednostavnije oplata (sl. 5). Najveći presjeci su 63,5 x 63,5 cm, ali obično nisu veći od 45 x 45 cm. Normalne su duljine pilota do 15 m, a najveće do 32 m. Prosječna je masa pilota 1000 kg. Površina uzdužne armature iznosi 1...3% površine poprečnog presjeka betona. Ona preuzima momente savijanja i osigurava monolitno djelovanje betona u svim fazama opterećenja, a osobito tokom dizanja i transporta.

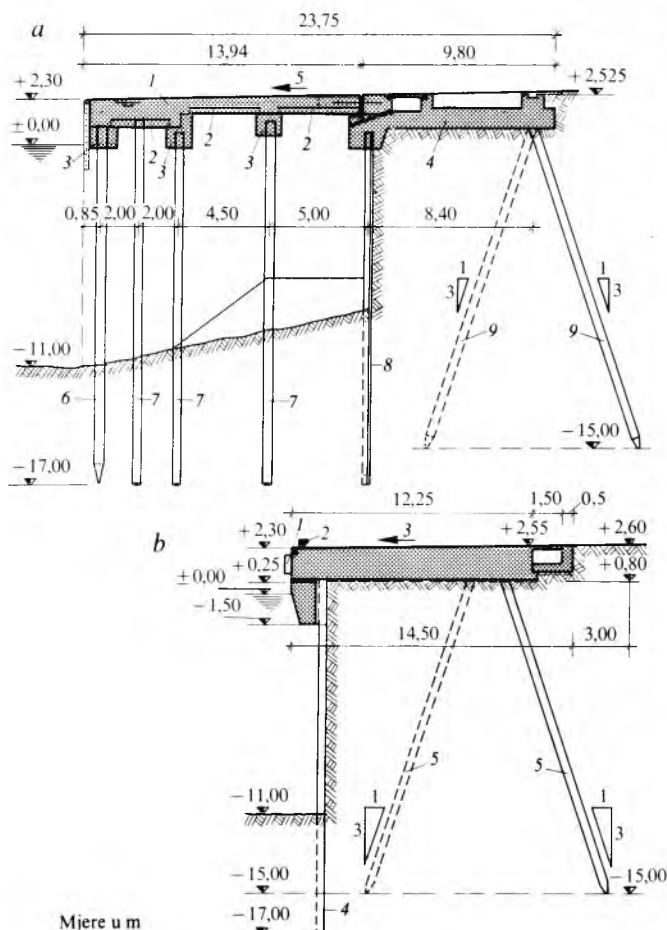


Sl. 5. Poprečni presjeci (a, b, c, d), uzdužni presjek (e), vrh (f) i glava (g) armiranobetonskog pilota

Osobito je važno odrediti duljinu zabijanja pretfabriciranih pilota s obzirom na sastav tla, jer je produljenje pilota vrlo osjetljivo s obzirom na kvalitetu nastavka i jer produljenje pilota prekida redosljed zabijanja. Mnogo je bolje izraditi preduge pilote, jer se mogu jednostavno skratiti.

Piloti od prednapregnutog betona imaju nekoliko prednosti s obzirom na armiranobetonske pilote. Tlačna prednaprežanja sprečavaju pojavu vlačnih pukotina u betonu i mogućnost ko-

rozije armature, a veći moment tromosti omogućuje izradbu manjeg poprečnog presjeka, pa su takvi piloti lakši od armiranobetonskih. Piloti većeg promjera imaju središnju šupljinu po cijeloj duljini. Piloti se mogu izrađivati od elemenata u kojima su otvori za uvlačenje kabela za prednaprezanje. Oni mogu biti vrlo dugački (i dulji od 75 m). Vrh pilota od prednapregnutog betona često se različito pojačava, već prema strukturi i mehaničkim svojstvima tla u koje se zabija. Često se u vrh pilota ugrađuje mlaznica kroz koju se pod tlakom utiskuje voda i tako znatno olakšava zabijanje u neke vrste tla.



Sl. 6. Profil obale (a) i lučkog gata (b) s položajem pilota od armiranog i prednapregnutog betona u luci u Limassolu (Cipar)



Sl. 7. Izvedba pilota od prednapregnutog betona za luku u Limassolu; izvođač Pomgrad, Split



Sl. 8. Transport pilota od armiranog betona za luku u Limassolu



Sl. 9. Zabijanje kosih pilota od armiranog betona u luci u Limassolu

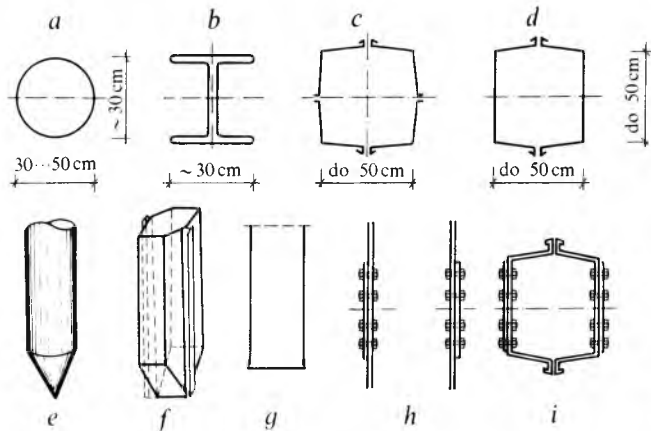
Kad se grade luke i građevine u blizini obale, često se nailazi na slabo nosive aluvijalne nanose, pa se piloti izrađuju hidrauličkim postupkom da bi se dobile nove površine ispred obale i iza nje. Tada se, kad se grade pristaništa, upotrebljavaju piloti od prednapregnutog betona.

Na sl. 6 do 10 vidi se presjek obale i raspored pilota, gradnja armiranobetonskih pilota, njihov transport i zabijanje, te zabijeni kosi piloti u luci Limassol (Cipar). To je izradilo poduzeće Pomgrad, Split.

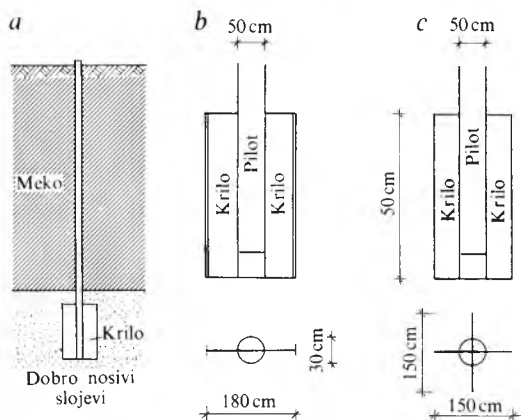


Sl. 10. Zabijeni kosi piloti od armiranog betona u luci u Limassolu

Čelični piloti obično se izrađuju od vučenih cijevnih ili valjanih profila koji se po potrebi spajaju i nastavljaju zavarivanjem. Prednost im je s obzirom na armiranobetonske pilote velika vlačna i tlačna čvrstoća, visoki modul elastičnosti, veliki moment tromosti i mala težina. Piloti od čeličnih cijevi ispunjavaju se nakon zabijanja betonom radi sprečavanja korozije s unutrašnje strane. Čelični cijevni piloti najčešće imaju promjer 30...50 cm, a najviše 75 cm. Upotrebljavaju se još i piloti od valjanih čeličnih profila, najčešće profili u obliku slova I, pravokutni, te kvadratni, sastavljeni od zavarenih kutnih profila (sl. 11a). Čelični piloti mogu imati zatvoreni ili otvoreni vrh



Sl. 11. Poprečni presjeci (a, b, c, d), oblici vrha (e, f, g) i spojevi za produženje (h, i) čeličnih pilota

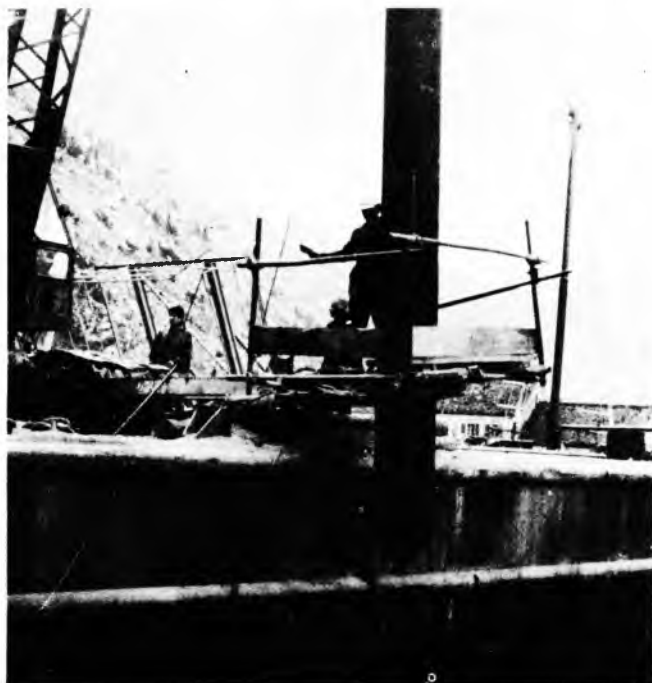


Sl. 12. Čelični piloti sa zavarenim bočnim krilima. a izgled pilota, b vrh pilota sa dva krila, c vrh pilota sa četiri krila

(sl. 11b). Piloti sa zatvorenim vrhom sabijaju tlo i ispunjavaju se betonom. Tako se povećava mehanička otpornost i nosivost te sprečava korozija unutrašnje površine cijevi. Otvoreni piloti lakše se zabijaju do velike dubine i postižu veliku nosivost, ali su izloženi bržem propadanju zbog korozije. Novom tehnikom



Sl. 13. Podizanje čelične cijevi promjera 508 mm za izradbu zabijenog čeličnog pilota za gradnju putničke obale u Kotoru; izvođač Geotehnika, Zagreb



Sl. 14. Namještanje čelične cijevi prije zabijanja za gradnju putničke obale u Kotoru

izradbe premaza i njihove zaštite s poliesterskim navlakama postiže se da viši stišljivi slojevi ne prenose dodatne sile na pilote.

Svi zabijeni piloti moraju imati dobar kontakt sa stjenovitom podlogom, osobito ako je ona nepravilna i nagnuta. Čelični piloti imaju zbog toga posebno ojačane vrhove koji omogućuju sigurnije zasijecanje u stjenovitu podlogu. Nosivost čeličnih pilota u srednje zbijenim nekoherentnim tlima znatno se povećava pomoću bočnih zavarenih krila (sl. 12).

Na sl. 13 do 16 prikazani su radovi pri zabijanju pilota za popravak putničke obale u Kotoru (izvođač Geotehnika, Zagreb, 1981).

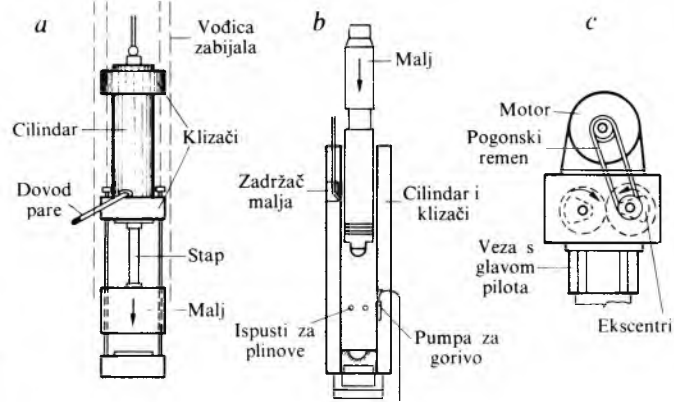


Sl. 15. Nastavljanje čelične cijevi promjera 508 mm na već zabijenu cijev na gradilištu putničke luke u Kotoru



Sl. 16. Zabijeni čelični piloti s ugrađenom armaturom i ispunjeni betonom na gradilištu putničke luke u Kotoru

Zabijanje pilota. Piloti se zabijaju udaranjem malja po glavi pilota. Prodirlanjem pilota u tlo svladava se trenje na plaštu i otpor probijanja na vrhu pilota. Najjednostavnija su mehanička zabijala (makare) s maljem mase 50...100 kg, s visinom pada 1...3 m i sa 20...30 udaraca u minuti. Za manje radove upotrebljavaju se eksplozivni nabijači s maljevima na pogon komprimiranim zrakom ili parom mase 100...600 kg i s visinom pada do 1 m (sl. 17 a i b). Broj udaraca iznosi 50...60 u minuti, a nabijači s dvostrukim djelovanjem i s Dieslovim motorom imaju 100...120 udaraca u minuti.

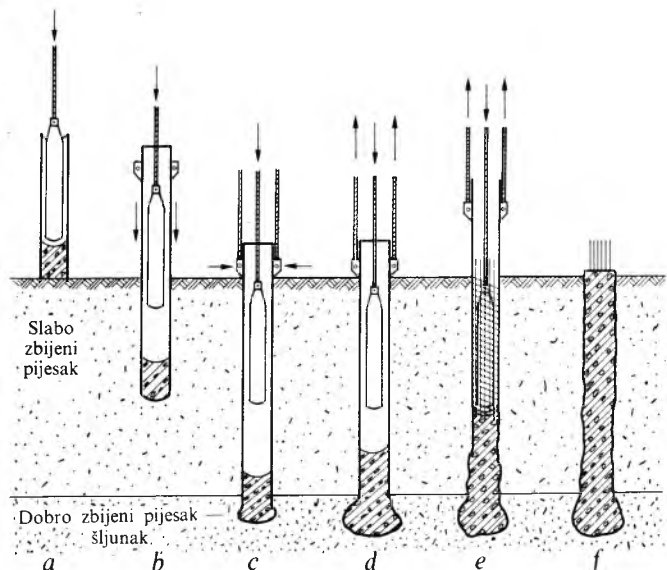


Sl. 17. Maljevi za zabijanje pilota. a parni pogon, b pogon s komprimiranim zrakom, c vibracijski zabijač

Danas se najviše upotrebljavaju vibracijski nabijači (sl. 17c) mase 400...2000 kg. Oni imaju dobar učinak u nekoherentnim materijalima, ali nisu prikladni za čvrste gline. Drveni piloti uspješno se zabijaju motornim zabijalom s maljem mase 300 kg i visinom pada do 6 m, a armiranobetonski i prednapregnuti piloti s maljevima mase do 600 kg i visinom pada do 2,5 m. Udarci malja veoma opterećuju glavu pilota koju i oštećuju, pa se ona mora zaštititi zaštitnom kapom.

Zabijeni piloti izrađeni neposredno u tlu. Piloti se formiraju zabijanjem čeličnih cijevi u tlo, a nastala šupljina ispuni se betonom. Pri betoniranju čelična se cijev povlači prema površini. Primjena takvih pilota dosta je česta, jer se ne upotrebljavaju dugi i teški pretfabricirani elementi, a mogu se postići znatne dubine uz brz i ekonomičan rad.

Franki-piloti izrađuju se zabijanjem u tlo čelične cijevi promjera 406...520 mm tako da se maljem mase 200...300 kg udara u suhi betonski čep koji za sobom povlači cijev i beton (sl. 18). Nosivost pilota je 500...1200 kN. Piloti se mogu armirati tako



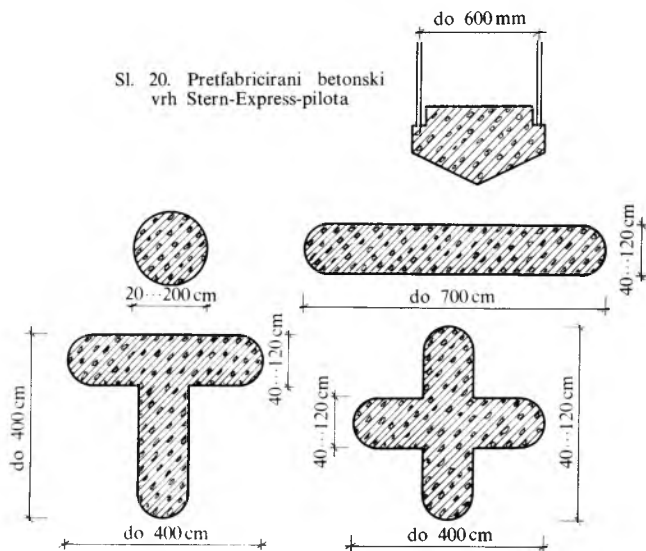
Sl. 18. Izvedba Franki-pilota



Sl. 19. Stroj MT-VI za izvedbu Franki-pilota promjera 520 mm da se u određenoj fazi rada ubacuje unaprijed pripremljen armaturni koš (sl. 19).

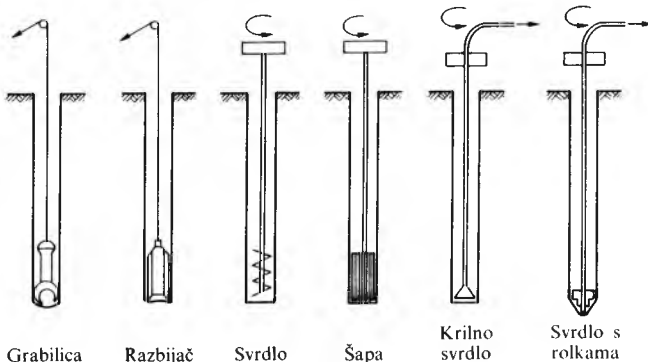
Raymond-piloti izrađuju se od dvostruke cijevi konusnog oblika. Vanjska obložna cijev koja ostaje u tlu od valovitog je čeličnog lima promjera do 60 cm, a ojačana unutrašnja cijev služi samo za zabijanje obložne cijevi i izvlači se nakon postignute dubine. U tako formiranu oplatu ugrađuje se beton.

Stern-Express-piloti izrađuju se na isti način kao Franki-piloti, samo što se na donji kraj čelične cijevi ugrađuje pretfabricirani betonski vrh (sl. 20). Takvi piloti postižu sličnu nosivost i sličnu dubinu kao i Franki-piloti.



Sl. 20. Pretfabricirani betonski vrh Stern-Express-pilota

Sl. 21. Poprečni presjeci bušenih pilota

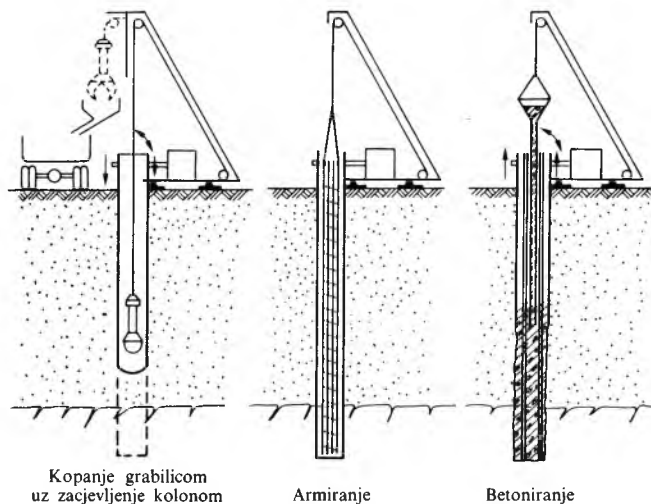


Sl. 22. Mogući postupci za kopanje materijala za pilote izrađene bušenjem

Benoto-piloti. Za takve pilote kopa se tlo i razbijaju se stijene grabilicama i ostalim teškim razbijačima. Usporedno s bušenjem, posebnim uređajem hidraulički se utiskuje obložna čelična cijev uz okretanje lijevo-desno. Kad se postigne potrebna dubina, ugrađuje se unaprijed pripremljeni armaturni koš i betonira se uz povlačenje čelične cijevi prema površini (sl. 23). Standardni strojevi izrađuju bušotine promjera od 800-1180 mm, a neki mogu kopati promjere od 400-3000 mm (sl. 24 i 25). Maksimalne dubine kopanja mogu biti oko 100 m, a nosivost im je do 10000 kN. Mogu se izrađivati i kosi piloti s kutom otklona 12°-18° od vertikale. Na sl. 26 vide se Benoto-piloti promjera 1200 mm za most preko Neretve u Žitomislčićima.

Salzgitter-piloti izrađuju se bušenjem pomoću sustava šipki koje na dnu imaju krilno dlijeto, odnosno rolbitnu krunu za bušenje u čvrstim stijenama. Piloti velika promjera mogu se izrađivati pretfabriciranim cilindričnim elementima od prednapregnutog betona s otvorima kroz koje se provlače kabeli.

Utisnuti piloti uspješno se primjenjuju za sanaciju temelja građevina koje se prekomjerno sliježu. To su pretfabricirani armiranobetonski elementi, duljine oko 50 cm i promjera do 50 cm, koji se utiskuju hidrauličkom prešom u tlo ispod



Kopanje grabilicom uz zacjvljenje kolonom

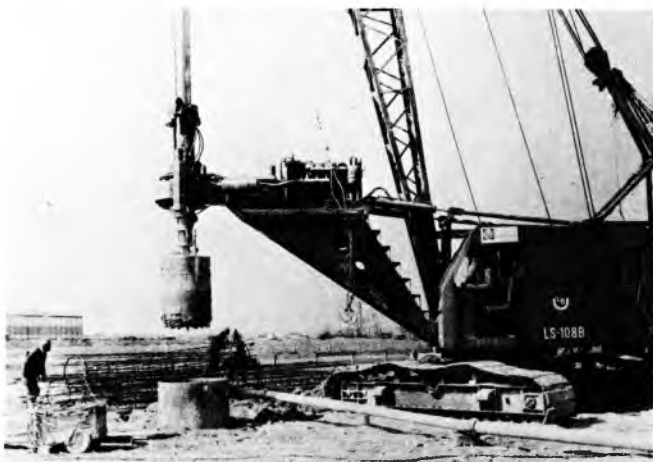
Armiranje

Betoniranje

Sl. 23. Izvedba Benoto-pilota izrađenih bušenjem



Sl. 24. Uređaj za izvedbu Benoto-pilota (Pomgrad, Split)

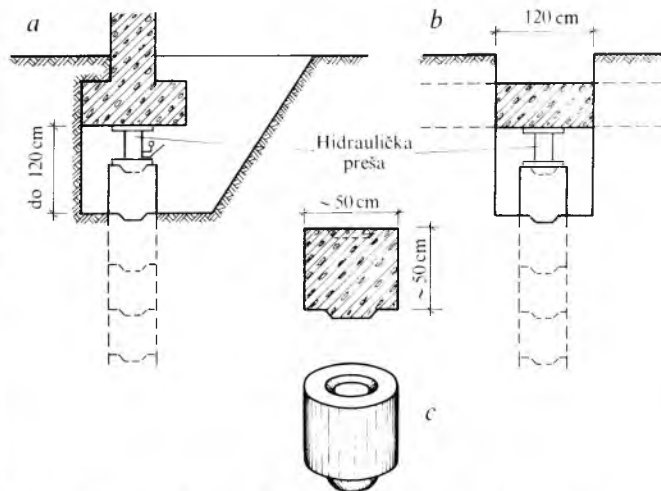


Sl. 25. Izvedba armiranobetonskih pilota promjera 1200 mm rotacijskim bušenjem pomoću bentonitne isplake. Ugrađena uvodna čelična cijev (kolona) na koju je spojena cijev za dovod bentonitne isplake; stroj spreman za spuštanje šape u kolonu. Gradilište Ivanja Reka, izvođač Geotehnika, Zagreb



Sl. 26. Armiranobetonski Benoto-piloti promjera 1200 mm za most preko Neretve u Žitomislićima. Na prednjim pilotima izgrađena armiranobetonska greda

poduhvaćenog temelja (sl. 27). Na mjestu gdje se temelji moraju poduhvatiti iskopa se prerez potrebne širine i namjesti se prvi pretfabricirani element, koji se zatim utiskuje hidrauličkom prešom tako da se stvori mjesto za sljedeći element. Elementi pilota izrađuju se u specijalnim kalupima i ispupčenjima i udubljenjima radi sigurnijeg povezivanja i centriranja pri utiskivanju.

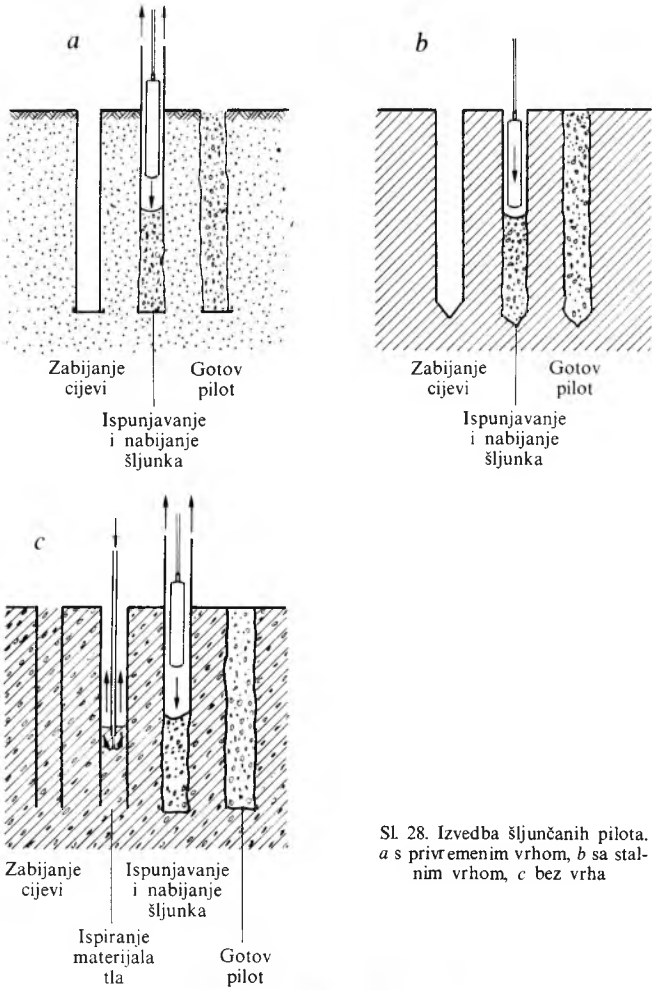


Sl. 27. Izvedba utisnutih pilota (a, b) i pretfabricirani element (c)

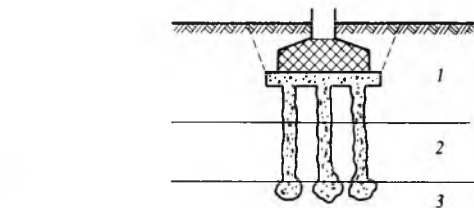
Posebne vrste pilota. Među novije posebne vrste pilota ubrajaju se šljunčani piloti i piloti u obliku svrdla.

Šljunčani piloti poboljšavaju svojstva tla sabijanjem u pjeskovitim i prašinsto-glinovitim materijalima u kojima se pomoću njih ubrzava konsolidacija. Oni su obično kratki i izrađuju se na sličan način kao Franki-piloti. U tlo se zabijaju šuplje čelične cijevi, a usporedno s izvlačenjem cijevi praznina se ispuni šljunkom koji se nabija (sl. 28). Takvim pilotima se poboljšava tlo (sl. 29), pa se sile prenose drugačije nego kad se upotrijebe ostali piloti i jednostavnije se mogu uspoređivati s poboljšavanjem tla vibracijskim zbijanjem.

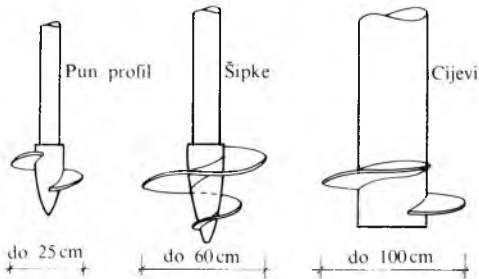
Piloti u obliku svrdla izrađuju se od čeličnih profila ili cijevi koji na kraju imaju čelično svrdlo promjera od 25...100 cm (sl. 30). S obzirom na veliku površinu svrdla takvi piloti mogu prenijeti relativno velike sile. Prednost je takvih pilota jedno-



Sl. 28. Izvedba šljunčanih pilota. a s privremenim vrhom, b sa stalnim vrhom, c bez vrha



Sl. 29. Primjer poboljšanja nosivosti tla pomoću šljunčanih pilota ispod temelja. 1 prašnasto-glinoviti sloj, 2 sitnozrnati pijesak, 3 dobro građuirani sloj šljunka



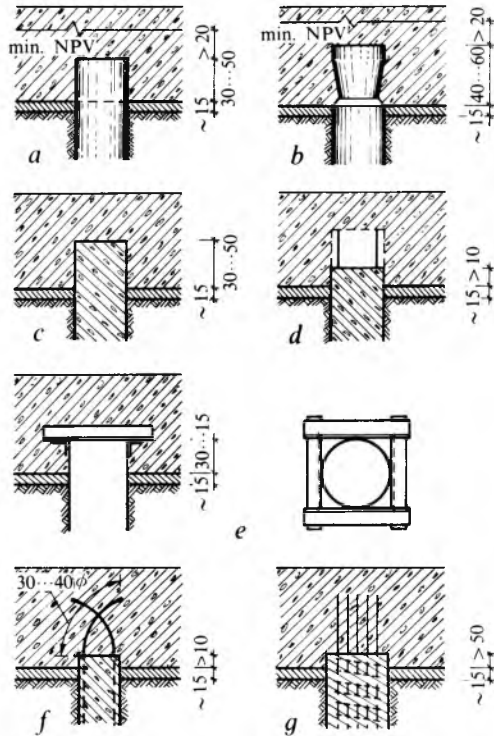
Sl. 30. Vrste svrdlastih čeličnih pilota

stavna izvedba, a nedostaci su djelovanje korozije na skupo čelično svrdlo.

Veza između pilota i konstrukcije. Sile se građevine prenose temeljnom konstrukcijom na pilote, a pilotima na tlo. Najčešće u prijenosu sudjeluje više pilota, a njihovo zajedničko sudjelovanje osigurano je naglavnom konstrukcijom. Tlocrtna dispozicija naglavne konstrukcije, koja je ujedno i temeljna, ovisi uz

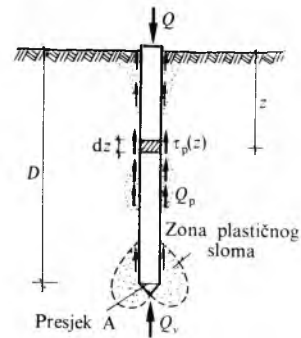
ostalo i o broju pilota koji su potrebni za prenošenje opterećenja, te o konstrukciji građevine. Raspored grupe pilota mora biti takav da sila prolazi težištem grupe, pa je zato potrebno osigurati zajedničko djelovanje svih pilota naglavnom konstrukcijom. Ponekad, osobito kad se radi o bušenim pilotima, mogu se piloti izravno povezati s gornjom konstrukcijom u jedinstvenu cjelinu. To se vrlo često primjenjuje pri gradnji mostova jer je takvo povezivanje jednostavno i ekonomično (sl. 26).

Dubina glave pilota u naglavnici ovisi o materijalu pilota i o silama koje pilot prenosi (sl. 31).



Sl. 31. Veze pilota s naglavnom konstrukcijom. a tlačni drveni pilot, b vlačni drveni pilot, c tlačni betonski pilot, d tlačni armiranobetonski pilot, e tlačno-vlačni čelični pilot, f vlačni armiranobetonski pilot, g tlačni armiranobetonski pilot. (Mjere u cm)

Proračun pilota. Mehanizam je prijenosa vertikalne sile pilota na tlo složen i nije se još pronašao opće prihvatljiv teorijski model koji potpuno prikazuje stvarna naprezanja i deformacije koje bi omogućile dovoljno točno određivanje granične nosivosti



Sl. 32. Raspodjela sile uzduž plašta i sile na vrhu pilota

pilota. Granična sila loma Q nastupa kada je prekoračen otpor smicanja između plašta pilota i tla Q_p , te sila ispod vrha pilota Q_v (sl. 32). Ukupna sila iznosi

$$Q = Q_p + Q_v \quad (1)$$

a sastoji se od sila:

$$Q_p = \int_0^D O \tau_p(z) dz, \quad (2)$$

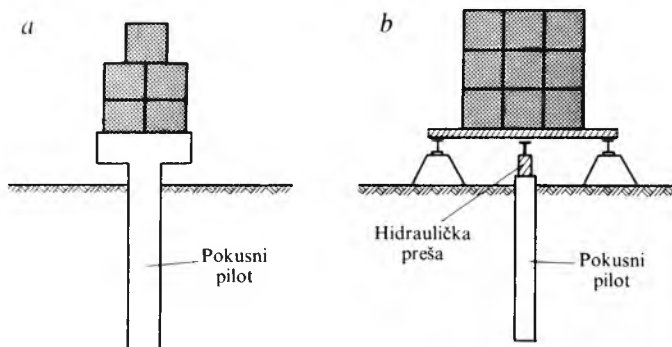
$$Q_v = A q, \quad (3)$$

gdje je O opseg pilota, $\tau_p(z)$ posmična čvrstoća uz plašt pilota, D duljina pilota, A površina poprečnog presjeka pilota na vrhu, a q opterećenje loma ispod vrha pilota.

Mnogi autori predložili su relacije za izračunavanje graničnog opterećenja ispod vrha pilota. Međutim, sva ta rješenja zasni- vaju se na različitim pretpostavkama o mehanizmu prijenosa sile s pilota na tlo, pa daju i različite rezultate.

Mnogi su autori također nastojali silu loma pilota (Q) odredi- ti iz podataka o prodiranju pokusnih pilota u tlo tokom pos- ljednjih udaraca prilikom zabijanja, pa su tako nastale dina- mičke jednadžbe.

Sila loma može se odrediti i pomoću parametara otpornosti pri smicanju dobivenih laboratorijski, te penetracijskim poku- sima na gradilištu. Pokusno opterećenje zabijenog pilota može se iskoristiti za određivanje sile loma. Ta je metoda određivanja vertikalne nosivosti pilota najpouzdanija i njom se uvijek mo- raj u provjeravati računске pretpostavke. Ona se primjenjuje kad su potrebna velika temeljenja na pilotima zbog visoke cijene pokusa. Tokom pokusa opterećuje se glava pilota pri čemu se mjere deformacije.



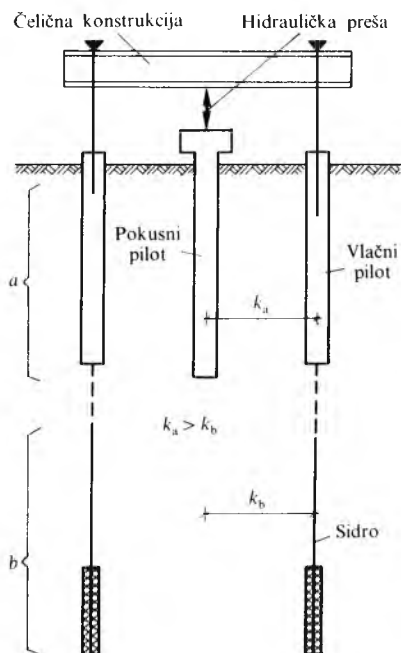
Sl. 33. Pokusno opterećenje pilota. *a* neposredno opterećenje pilota, *b* platforma s opterećenjem oslonjena na razmaknute oslonce

Sila kojom se opterećuje pilot može se nanijeti direktnim dodavanjem balasta na proširenu glavu pilota (sl. 33a), nano- šenjem balasta na platformu oslonjenu dovoljno daleko od poku- snog pilota (sl. 33b i 34), ili se tlačna sila s pokusnog pilota prenosi čeličnom konstrukcijom na vlačne elemente (sl. 35 i 36). Rezultati ispitivanja pokusnih pilota prikazuju se dijagramom. Ispitivanje pokusnog Benoto-pilota promjera 80 cm i duljine 12 m prikazano je na dijagramu (sl. 37), gdje je na apscisnoj osi opterećenje P , a na ordinatnoj osi slijezanje glave pilota s . Kriteriji za graničnu nosivost definirani su propisima, već prema



Sl. 34. Pokusno opterećenje pilota na gradilištu luke u Limassolu

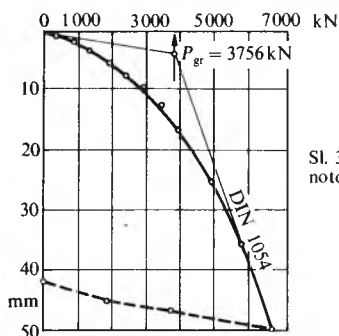
metodi ispitivanja. Dopušteno opterećenje pilota vertikalnom silom ovisi o konstrukciji građevine i dopuštenim vrijednostima vertikalnih pomaka.



Sl. 35. Opterećenje tlačnog pilota pomoću vlačnih pilota



Sl. 36. Pokusno opterećenje tlačnog bušenog pilota pomoću vlačnih pilota na gradilištu termoelektrane Sisak (izvodač Geotekhnika, Zagreb)



Sl. 37. Rezultati ispitivanja pokusnog Benoto-pilota na gradilištu toplane Zagreb (Građevinski institut, Zagreb)

Dopušteno opterećenje horizontalnom silom određuje se uglavnom na osnovi pomaka glave pilota koji dopušta konstrukcija, tj. određuje se sila koja uzrokuje pomak glave pilota. Dopušteni horizontalni pomak ovisi o konstrukciji građevine, a obično se pretpostavlja da iznosi 1 cm. Kao matematički model pilota

uzima se elastični nosač uklješten u tlo. Točniji rezultati dobivaju se pokusnim opterećenjem pilota horizontalnom silom.

Ispitivanjima je utvrđeno da se granična nosivost grupe pilota ne podudara sa sumom nosivosti pojedinačnih pilota. Granična nosivost grupe pilota iznosi

$$Q_g = nQ\eta, \quad (4)$$

gdje je n broj pilota u grupi, Q granična sila loma jednog pilota, a η koeficijent korekcije. U literaturi se mogu naći vrijednosti koeficijenta korekcije koji ovisi o razmaku i promjeru pilota.

Slijeganje pilota nastaje zbog elastične deformacije tijela pilota, deformacije tla oko i ispod vrha pilota. Postoje računске metode kojima se određuje slijeganje glave pilota, ali najtočniji rezultati dobivaju se pokusnim opterećenjem pilota.

Slijeganje grupe pilota osnovni je kriterij prema kojemu se određuje ukupna sila koju može preuzeti grupa pilota povezana naglavnom konstrukcijom. Ako su piloti na gornjem kraju međusobno povezani krutom naglavnicom, temelj će se građevine jednako slijegati u svim točkama. Preraspodjela sila među pojedinim pilotima u grupi može u određenim uvjetima biti veoma važna.

Izvijanje pilota u tlu računa se prema jednadžbama teorije elastičnosti (Eulerov postupak). Rezultati dosadašnjih ispitivanja pokazuju da već mala otpornost na smicanje tla oko pilota veoma povećava kritičnu silu izvijanja.

LIT.: K. Terzaghi, *Theoretical Soil Mechanics*. J. Wiley & Sons, New York 1943. — K. Szechy, *Der Grundbau*. Springer-Verlag, Wien-New York 1963—1965. — V. Kostić, *Fundiranje II i III*. Građevinska knjiga, Beograd 1968/69. — *Geomehanika i fundiranje*. Izgradnja (posebno izdanje), Beograd 1973. — I. Klainer, *Temeljenje na pilotima*. DIT, Zagreb 1978. — Z. Lisac, *Proračun pilota*. DIT, Zagreb 1978. — E. Nonveiller, *Mehanika tla, Temeljenje građevina*. Školska knjiga, Zagreb 1979.

I. Jašarević

PJENE I AEROSOLI, disperzije plinova u kapljevina ili čvrstim tvarima, odnosno vrlo fine disperzije čvrstih tvari ili kapljevina (te čvrstih tvari i kapljevina) u plinovima.

Među disperzijama plinova u kapljevina razlikuju se *plinski soli*, kojima su mjehurići plina veličine koloidnih čestica, i *pjene* u užem smislu, kojima su mjehurići većih dimenzija. Disperzije plinova u plastičnim, elastičnim i čvrstim tvarima, koje se obično promatraju kao pjene u širem smislu, redovno nastaju iz pjena u užem smislu skrućivanjem njihovih kapljevih faza. Plastične i elastične disperzije plinova (npr. disperzije plinova u polimerima, koje su šire poznate kao pjenasti polimerni materijali, disperzije plinova u gumi) nazivaju se *zajedničkim imenom spužvaste tvari*. Čvrste disperzije plinova, kao što je mineral plovućac, često se nazivaju *čvrstim pjenama*.

Čestice disperznih faza aerosola uvijek su koloidne. Već prema tome da li su te čestice čvrste ili kapljevite tvari, aerosoli se nazivaju različitim imenima, npr. dim, prašina, odnosno magla, oblak.

Za disperzije se općenito može reći (ako se izuzmu molekularne disperzije) da njihova raspršena (dispergirana, disperzna) faza kao i njeno disperzno sredstvo (kontinualna faza) mogu biti u bilo kojem agregatnom stanju, a od tih stanja zavise nazivi za pojedine slučajeve.

Tako se npr. uz pjene i aerosole među disperzijama razlikuju još i emulzije (v. *Emulgiranje*, TE 5, str. 313) i suspenzije.

Kao i općenito za koloidne sustave (v. *Koloidika*, TE 7, str. 184), i za pjene i aerosole karakteristična je velika granična površina dispergirane faze i disperznog sredstva. Zbog toga su i neka osobujna svojstva pjena i aerosola slična svojstvima ostalih koloidnih sustava.

Kao i kod ostalih koloidnih sustava, procesi nastajanja pjena i aerosola mogu se svrstati u dvije osnovne skupine: okupljanje (agregiranje) sitnijih čestica (atoma, molekula ili njihovih nakupina), tzv. kondenziranje, te sitnjenje različitih većih aglomerata čestica, tzv. dispergiranje.

DISPERZIJE PLINOVA U KAPLJEVINAMA

Od postupaka dobivanja plinskih sola i pjena u užem smislu *dispergiranje* najviše se upotrebljavaju postupci ubrizgavanja plina u kapljevinu kroz sapnice ili injektorom.

Jedan od postupaka dobivanja tih disperzija kondenziranjem jest smanjivanje topljivosti plina u kapljevini u kojoj je on bio prethodno otopljen. Time se plin izlučuje iz otopine u mjehurićima. Za tu se svrhu topljivost plina može smanjivati sniženjem tlaka iznad otopine plina (v. *Apsorpcija plinova*, TE 1, str. 324), ili otapanjem neke druge tvari u otopini plina.

Tako se, npr., zapjeni pjenušavo (muzirajuće) piće kad se otčepi boca u kojoj je ambalažirano, jer se time u njoj naglo smanji tlak, a nastaje opalescirajući plinski sol kad se voda koja je duže bila u kontaktu sa zrakom miješa s koncentriranom otopinom natrij-hidroksida. (Plinski soli u kojima je voda disperzno sredstvo nazivaju se hidrosolima.)

Drugi postupak dobivanja plinskih sola i pjena *kondenziranjem* jest pomoću kemijske reakcije kojom od otopljenih reaktanata (inače čvrstih ili kapljevih tvari) nastaje plinoviti produkt. Tako se proizvodi npr. pjena za gašenje požara nekim aparatima za tu svrhu.

Plinski soli uglavnom su nestabilni. Njihovi fini mjehurići dosta brzo koaliraju u grublje. To je popraćeno mijenjanjem izgleda disperzije. Ona prestaje opalescirati i postaje najprije mutna, a zatim mlječnobijela.

Hidrosol zraka dobio miješanjem vode u kojoj je bio otopljen zrak s otopinom natrij-hidroksida u vodi to je stabilniji što je niža temperatura sustava i što mu je veća koncentracija natrij-hidroksida. Postojanost tog hidrosola može se dalje povećavati dodavanjem glicerola, jer on djeluje kao stabilizator (također to jače što mu je veća koncentracija).

Stabilnost plinskih hidrosola zavisi i od svojstava njihovih plinova. Općenito je ona to veća što je plin manje topljiv u vodi. Tako, npr., topljivost plinova opada, a stabilnost njihovih hidrosola raste u nizu ugljik(IV)-oksid, kisik, vodik, dušik.

Naravno, iz istog razloga kao i u emulzijama udio disperzne faze u plinskim solima i pjenama ne može biti veći od nekog manje-više određenog udjela. (Nakon njegova prekoračenja u emulzijama nastupa inverzija faza.) Višak dispergirano plina iznad tog sadržaja izlučuje se u velikim mjehurima koji lako napuštaju sustav.

Dakako, finoća i stabilnost plinskih hidrosola mogu se povećavati i pomoću površinski aktivnih tvari (tenzida, surfaktanta; v. *Detergenti*, TE 3, str. 248; v. *Emulgiranje*, TE 5, str. 314; v. *Flotacija*, TE 5, str. 461; v. *Tenzidi*), zaštitnih koloida i smjesa tih tvari. Međutim, dodavanje tenzida poboljšava nastajanje i postojanost pjene u sustavu samo do nekog maksimuma. Daljim dodavanjem tenzida sustavu smanjuje se ta njegova sposobnost.

Maksimum sposobnosti sustava da stvara pjenu i da se ona održava u njemu postiže se kad napetost površine (v. *Kapljevina*, TE 6, str. 655) dostigne konstantnu vrijednost. Koncentracija tenzida pri kojoj se doseže ta vrijednost zavisi od prirode te tvari.

Ta se pojava povezuje s amfipatskom strukturom molekula tenzida (pod tim nazivom razumijevaju se molekule koje se sastoje od neke polarne, hidrofilne i neke nepolarne, hidrofobne skupine) i orijentacijom tih molekula aglomeriranih na stijenka mjehurića pjene (v. *Flotacija*, TE 5, str. 464, sl. 12; v. *Emulgiranje*, TE 5, str. 314, sl. 1) koji slobodno lebde u zraku. Ta je stijenka od tankog sloja kapljevine, koji je s obje strane u kontaktu sa zrakom. Kad je ta kapljevina voda, u njemu su amfipatske molekule orijentirane tako da im je hidrofilna skupina uronjena u kapljevinu, a njihova hidrofobna skupina upravljena u zrak. Povećavanjem koncentracije tenzida povećava se i broj orijentiranih amfipatskih molekula na stranama stijenke mjehura. Kad ta koncentracija dosegne vrijednost pri kojoj se s obje strane mjehurića nalazi neprekinuti monomolekularni sloj međusobno paralelno raspoređenih amfipatskih molekula orijentiranih na opisani način, dostignuto je najpovoljnije stanje za stvaranje i održavanje pjene.