

REPUBLIKA SRBIJA
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

**10. PROJEKTOVANJE INŽENJERSKIH
KONSTRUKCIJA**

10.1 TEMELJENJE NA ŠIPOVIMA

BEOGRAD, 2012.

Izdavač: Javno preduzeće Putevi Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 282, Beograd

Izdanja:

Br.	Datum	Opis dopuna i promena
1	30. 04 .2012.	Početno izdanje

SADRŽAJ

10.1.1	UVODNI DEO	1
10.1.1.1	PREDMET SMERNICE	1
10.1.1.2	REFERENTNI NORMATIVI	1
10.1.1.3	TERMINOLOGIJA	2
10.1.2	PODLOGE I USLOVI ZA TEMELJENJE NA ŠIPOVIMA	3
10.1.2.1	PODLOGE ZA PROJEKTOVANJE DUBOKOG TEMELJENJA	3
10.1.2.2	USLOVI PO KOJIMA SE OBJEKAT TEMELJI NA BUŠENIM ŠIPOVIMA	3
10.1.2.2.1	Uvod	3
10.1.2.2.2	Geološko-geomehaničke prilike kao uslov za temeljenje na šipovima	4
10.1.2.2.3	Statička koncepcija kao uslov za temeljenje na šipovima	4
10.1.2.2.4	Lokacija objekta kao uslov za temeljenje na šipovima	4
10.1.2.2.5	Uslovi izvodljivosti bušenih šipova	4
10.1.2.2.6	Tehnologija građenja kao uslov za temeljenje na šipovima	5
10.1.3	PROJEKTOVANJE I KONSTRUISANJE TEMELJENJA NA BUŠENIM ŠIPOVIMA	6
10.1.3.1	IZBOR DIJAMETRA, DUŽINE, BROJA I RASPOREDA BUŠENIH ŠIPOVA	6
10.1.3.1.1	Opšta uputstva	6
10.1.3.1.2	Izbor dijametra šipa	6
10.1.3.1.3	Izbor dužine šipa	6
10.1.3.1.4	Raspored bušenih šipova	7
10.1.3.2	KONSTRUISANJE ARMATURE ZA BUŠENE ŠIPOVE	8
10.1.3.2.1	Opšta uputstva	8
10.1.3.2.2	Vezani armaturni koševi	9
10.1.3.2.3	Zavareni armaturni koševi	11
10.1.3.3	BUŠENI ŠIPOVI U VODI I MEKOM TLU	12
10.1.3.3.1	Uslovi u kojima se izvode šipovi u zaštitnoj cevi	12
10.1.3.3.2	Čelične cevi za oplatu - košulja	12
10.1.3.4	KONSTRUISANJE SPOJA ŠIPA SA STUBNIM KONSTRUKCIJAMA MOSTA	13
10.1.3.4.1	Spoj šipa sa naglavnom gredom ili pločom	13
10.1.3.4.2	Neposredno povezivanje šipova sa stubovima	15
10.1.4	GEOSTATIČKA ANALIZA BUŠENIH ŠIPOVA	16
10.1.4.1	ULAZNI PODACI	16
10.1.4.2	NOSIVOST ŠIPOVA OPTEREĆENIH OSNOM SILOM	16
10.1.4.2.1	Uvod	16
10.1.4.2.2	Granična nosivost određena na osnovu ispitivanja temeljnog tla	17
10.1.4.3	NOSIVOST ŠIPOVA OPTEREĆENIH HORIZONTALNOM SILOM	18
10.1.4.3.1	Uvod	18
10.1.4.3.2	Analiza uticaja horizontalnog opterećenja	18
10.1.4.3.3	Analiza rezultata	19
10.1.4.4	NOSIVOST ŠIPOVA U GRUPI	19

10.1.1 UVODNI DEO

10.1.1.1 Predmet smernice

U teškim geološko-morfološkim uslovima, u kojima je noseće tlo na većim dubinama od približno 6,0 m upotrebljava se duboko temeljenje. U savremenoj praksi za temeljenje mostova i inženjerskih konstrukcija najviše se primenjuju bušeni šipovi sa kojima se dostižu dubine i do 40 m.

Smernica je namenjena svim učesnicima u procesu projektovanja mostova i inženjerskih konstrukcija.

Predmet smernice je analiza opštih geomehaničkih, konstruktorskih i tehnoloških uslova koji se odnose na temeljenje bušenim šipovima. Izbor načina temeljenja utiče na koncepciju konstrukcije i građenje mostova.

Smernica povezuje teorijska i stručna saznanja, podatke iz literature sa praktičnim iskustvima, tehničkim propisima i standardima.

Smernica je uglavnom namenjena gradnji novih mostova, ali je koncipirana tako da se može primeniti i kod rekonstrukcije mostova kao i kod građenja inženjerskih konstrukcija (potporni zidovi, galerije, pokriveni ukopi, tuneli).

Bušeni šipovi su šipovi sa betonom i armaturom ugrađenim u prethodno izbušene ili iskopane kružne otvore od 80 do 150 cm u prostoru za temeljenje.

Zahvaljujući brzom i pouzdanoj izvedbi savremenom mehanizacijom, temeljenje na bušenim šipovima ubraja se u ekonomične tehnologije i pri tom ispunjava visoke standarde zaštite radnika i životne sredine.

10.1.1.2 Referentni normativi

Zakon o planiranju i izgradnji	Sl. glasnik RS 47/03	2003	Law on Planning and Construction
Zakon o javnim putevima	Sl. glasnik RS 105/05	2005	Law on Public Roads
Zakon o zaštiti životne sredine	Sl. list SCG 135/04	2004	Law on Environmental Protection
Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton – BAB 87	Sl. list SFRJ 07-719/1	1987	Rule Book on Technical Normatives for Concrete and Reinforced Concrete – BAB 87
Pravilnik o tehničkim normativima za određivanje veličina opterećenja mostova	Sl. list SFRJ 1/91	1991	Rule Book on Technical Normatives for Bridge Loading
Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata	Sl. list SFRJ 15-295/90	1990	Rule Book on technical Normatives for Foundation of Civil Structures

Evropski standardi (EC) za projektovanje i proračun mostova i inženjerskih konstrukcija

Referentni standard	Naslov standarda na srpskom jeziku	Naslov standarda na engleskom jeziku
EN 1990:2002 + A1. 2005	Evrokod – Osnove projektovanja	Eurocode – Basis of structural design
EN 1991-1-1	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije – 1-1. deo: Opšta dejstva – Zapremnske mase, sopstvena težina, korisna opterećenja zgrada – Nacionalni prilog	Eurocode 1: Actions on structures – par 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings
EN 1991-2	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije – 2. deo: Opterećenje mostova od saobraćaja	Eurocode 1: Actions on structures – Part 2: Traffic loads on bridges

EN 1992-1-1	Evrokod 2: Projektovanje betonskih konstrukcija -1- 1. deo: Opšta pravila i pravila za zgrade	Eurocode 2: Design of concrete structures – part 1-1: General rules and rules for buildings
EN 1992-2	Evrokod 2: Projektovanje betonskih konstrukcija - 2. deo: Betonski mostovi – Projektovanje i pravila za konstruisanje	Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 2: Concrete bridges – design and detailing rules
EN 1997-1	Evrokod 7: Geotehničko projektovanje – 1. deo: Opšta pravila	Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules
EN 1997-2: 2007	Evrokod 7: Geotehničko projektovanje – 2. deo: Istraživanje i ispitivanje tla	Eurocode 7: Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing

SRPS EN 1536:2011	Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Bušeni šipovi
SRPS EN 1537:2002	Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Ankeri
SRPS EN 1538:2011	Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Dijafragme
SRPS EN 12063:2002	Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Priboji
SRPS EN 12699:2002	Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Utisnuti šipovi
SRPS EN 12715:2002	Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Injektiranje
SRPS EN 12716:2002	Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Mlazno injektiranje
SRPS EN 14199:2005	Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Mikrošipovi
SRPS EN 14490:2007	Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Armiranje tla

10.1.1.3 Terminologija

Duboko temeljenje je temeljenje na bušenim šipovima ili bunarima na dubinama većim od 6,0 m.

Plitko temeljenje je temeljenje na pojedinačnim ili trakastim temeljima ili pločama koje se upotrebljavaju u slučajevima kada se noseći sloj nalazi nana dubini do 6,0 m.

Šip je noseći element za prenos oslonačkih sila objekta u noseće tlo kroz manje noseće ali nenoseće slojeve.

Bušeni šip je „in situ“ izrađeni šip sa ugrađivanjem betona i armature u prethodno izbušeni ili iskopani otvor u temeljnom poluprostoru.

Glava šipa je gornji deo šipa koji je povezan sa elementom stubne konstrukcije.

Noga šipa je donja osnovna ploha cilindričnog tela šipa preko koje se aktiviranjem normalnih kontaktnih napona opterećenje prenosi u tlo .

Plast šipa je plast cilindričnog tela šipa preko koga se prenosi opterećenje u tlo uz aktiviranje kontaktnih napona na smicanje.

Stojeći šip je šip koji aktiviranjem napona na pritisak ispod noge šipa svu ili veći deo oslonske sile prenosi u tlo .

Trenjski šip je šip koji veći deo oslonačke sile prenosi u tlo sa aktiviranjem napona na smicanje po plaštu šipa.

Pritisnuti šip prenosi sile pritiska iz konstrukcije u tlo.

Zatezni šip je šip koji preuzima silu zatezanja.

Nosivost šipa je fizička veličina izražena simbolom građevinske mehanike za osnu silu (N), momenat savijanja (M) i poprečnu silu (N) i predstavlja graničnu vrednost kod koje je još uvek obezbeđena sigurnost prema kriterijumu loma i upotrebljivosti.

Osovinska nosivost šipa je nosivost šipa na osnu silu koju obezbeđuje unutrašnja nosivost šipa (materijali u šipu) i spoljna nosivost temeljnog tla koja se sastoji od nosivosti tla pod nogom šipa i tla po plaštu šipa.

Nosivost šipa na savijanje je nosivost šipa na momente savijanja kojeg obezbeđuje unutrašnja nosivost šipa (materijal u šipu) i spoljna nosivost tla dostignuta sa bočnim otporom zemlje uz plast šipa.

Zaštitna cev – kolona je čelična cev koja služi kao zaštitna oplata iskopanog otvora šipa radi sprečavanja obrušavanja u iskopani otvor.

Isplaka je disperzija u tečnom stanju, obično mešavina koloidnih glinenih zrna i vode (ili samo voda) koja zahvaljujući svom hidrostatičkom pritisku na zidove iskopanog otvora šipa predstavlja potporno sredstvo koje sprečava obrušavanje u iskopani otvor.

Greda šipa je noseći gredni element oslonca konstrukcije od armiranog betona koja spaja glave šipova i stubove i prenosi oslonačku silu u više šipova.

Naglavna ploča je noseći element oslonca konstrukcije od armiranog betona koja povezuje glave šipova u prostorne noseće sklopove.

Temeljni poluprostor je prostor pod terenom sastavljen od slojeva zemlje različitih osobina koje su odlučujuće za određivanje nosivosti tla.

Radni plato je prostor u zasečenoj kosini terena radi izvođenja šipova.

10.1.2 PODLOGE I USLOVI ZA TEMELJENJE NA ŠIPOVIMA

10.1.2.1 Podloge za projektovanje dubokog temeljenja

Bušeni šipovi su sastavni delovi konstrukcije mosta ili inženjerske konstrukcije kod kojih se kao osnova za projektovanje, koriste geodetski, saobraćajni, prostorno-urbanistički, hidrološko-hidrotehnički, meteorološko-klimatski, seizmološki i geološko-geomehanički podaci za područje na kome se očekuje uticaj objekta. Ulazni projektni podaci moraju da budu obezbeđeni, dokumentovani i interpretirani uz poštovanje važećih propisa i SRDM 9.1.2 Opšte smernice za mostove.

Temeljni dokument iz kog se preuzimaju podaci za projektovanje dubokog temeljenja je geološko-geomehanički izveštaj o sastavu tla i uslovima temeljenja. Obim izveštaja zavisi od faze projektovanja. Obično mora da sadrži sledeće geomehaničke podatke:

- geografsko-geomorfološki opis područja trase,
- inženjersko-geološke i strukturno geološke prilike područja trase,

- podatke o seizmičnosti ispitano područja,
- definisanje geotehničkih uslova temeljenja i izgradnje objekta,
- preglednu situaciju trase AP u području objekta,
- inženjersko-geološku kartu područja objekta sa ucrtanim bušotinama,
- hidrogeološku kartu područja objekta.
- strukturno-geološku kartu područja objekta,
- podužni inženjersko-geološki-geotehnički profil,
- poprečne geotehničke profile na lokaciji pojedinih stubova sa ucrtanim slojevima i podacima o sastavu tla, lokaciji plitkih i dubokih klizišta i nivoa podzemne vode.

Geološke bušotine se izvode na lokaciji svakog stubnog mesta do minimalne dubine 7,0 m ispod predviđene kote dna šipa. Geomehnički uslovi temeljenja moraju da se podudaraju u sledećem :

- podela tla na slojeve po karakteristikama čvrstoće i deformacija. Za svaki pojedinačni sloj treba navesti: zapreminsku težinu γ , ugao smicanja ϕ , koheziju c , elastični i deformacioni modul, Poissonov koeficijent (za analizu po konačnim elementima), modul stišljivosti M_v , te vertikalni i horizontalni koeficijent reakcije tla K_v i K_n ,
- dozvoljeno opterećenje i sleganje temeljnog tla,
- analize stabilnosti sa proračunom pritiska zemlje na obod bunara (aktivni, pasivni, mirni pritisak, te pritisak u momentu klizanja),
- opšta stabilnost područja za duboko temeljenje stuba.

Vrsta podataka koji su projektantu neophodni zavisi od računskog modela odnosno interakcije temelj-tlo.

10.1.2.2 Uslovi po kojima se objekat temelji na bušenim šipovima

10.1.2.2.1 Uvod

U savremenoj praksi najviše se upotrebljavaju šipovi velikih prečnika zbog čega i ova smernica obrađuje projektovanje i izvođenje bušenih šipova velikih prečnika.

Temeljenje na šipovima je najčešći tip dubokog temeljenja. Upotrebljava se u slučajevima kada plitko temeljenje nije moguće zbog slabo nosećeg tla i prekomernog sleganja.

Uzimajući u obzir sve prednosti, ovo temeljenje se primenjuje prvenstveno tamo gde je neophodno da se velike koncentrične sile prenesu u noseće tlo.

Izrada temelja na šipovima može se da se izvede i u slabo nosećem tlu, čvrstom tlu, u podzemnim i površinskim vodama. Temeljenje na šipovima je ekonomično, sigurno i sa ekološkog stanovišta opravdano.

Savremena građevinska mehanizacija za izradu šipova omogućuje brzu, efikasnu i ekonomičnu gradnju, ali zahteva odgovarajuće prilazne puteve i radne platforme.

10.1.2.2.2 Geološko-geomehaničke prilike kao uslov za temeljenje na šipovima

Osnovni uslov za temeljenje na šipovima je slabo noseće tlo u gornjem delu temeljnog poluprostora na dubinama većim od 6,0 m.

Sile podupiranja se preko vertikalnih oslonačkih elemenata – šipova prenose na veću dubinu. Temeljenje na šipovima je opravdano i u slučajevima kada tlo u nivou temeljenja ima dovoljnu nosivost za preuzimanje oslonačkih sila, ali se ne može obezbediti sigurno temeljenje zbog nedovoljne stabilnosti. Ovakvi slučajevi se obično pojavljuju na kosim terenima i padinama.

Uslovi koje diktira temeljenje na šipovima često nastupe i u području na kome se plitko temeljenje može upotrebiti, ali nije sigurno zbog drugih uticaja kao što su rečna erozija reke i moguće promene u profilu terena u budućnosti.

Temeljenje na šipovima često diktira i nivo podzemne vode i njen režim pri iskopu građevinske jame (prejak dotok, problem hidrauličkog loma temeljnog tla, uticaji na susedne objekte i dr.) za slučaj da se objekat plitko temelji.

Temeljenje na šipovima se takođe upotrebljava u slučajevima kada građevinska jama plitkog temeljenja narušava stabilnost slojeva zemlje uz građevinsku jamu i zahteva dodatne intervencije za obezbeđivanje okolnog terena.

10.1.2.2.3 Statička koncepcija kao uslov za temeljenje na šipovima

Temeljenje na bušenim šipovima je posebno opravdano za objekte kod kojih je usvojena

koncepcija osetljiva na veća sleganja oslonaca.

U ovu grupu se naročito svrstavaju objekti koji su postavljeni neposredno ispod kolovoza puta i kod kojih sleganja direktno utiču na pojavu opasnih deformacija kolovoza.

Za statički neodređene i okvirne konstrukcije neujednačena sleganja mogu da prouzrokuju dodatna opterećenja. Kod ovakvih konstrukcija temeljenje na šipovima je opravdano pošto obezbeđuje neposredan prenos oslonačkih sila na dobro noseće slojeve.

U nastojanju da se postignu objekti bez dilatacionih spojnica i ležišta (integralne konstrukcije) odnosno objekti sa minimalnim brojem ovih elemenata, statičke koncepcije sa temeljenjem na šipovima po pravilu postaju najpogodnije, pošto su donji delovi stubova i oporaca mosta fleksibilniji i dozvoljavaju veća pomeranja pod relativno malim unutrašnjim opterećenjem.

10.1.2.2.4 Lokacija objekta kao uslov za temeljenje na šipovima

Po pravilu temeljenje na šipovima manje zavisi od prilika na lokaciji gradnje i terenu pod objektom, pošto su uticaji građenja mnogo manji od uticaja koji bi se pojavili kod plitkog temeljenja.

Temeljenje na šipovima može da se primeni bez većih problema kada objekat treba da se temelji u vodi, pošto je izvođenje sa radnih platforma na pontonima već provereno. Tehnologija podvodnog produžetka šipova u stubove ne predstavlja nikakav problem za osposobljene izvođače.

U većim koritima kod kojih je povećana opasnost od erozivnih promena u koritu, pre svega produbljivanje korita, temeljenje na šipovima predstavlja sigurniji način.

Temeljenje na bušenim šipovima ne odgovara kod temeljenja stubova na strmim terenima, posebno na nestabilnim kosinama na kojima je izvođenje prilaznih puteva i radnih platformi problematično i može da izazove nestabilnost padine.

10.1.2.2.5 Uslovi izvodljivosti bušenih šipova

Kod izbora koncepcije konstrukcije treba uzeti u obzir uslove izvodljivosti šipova i naznačiti upozorenja budućem izvođaču:

- kod izrade šipova u koherentnoj zemlji sa malom plastičnošću, vibracije kod izvođenja mogu da pretvore materijal u retko konzistentno stanje,
- pri bušenju se može naići na neočekivane prepreke (sakriveni stari objekti, temelji itd.),
- kod iskopa u mekoj koherentnoj zemlji koja se lepi na radnu kolonu, kod betoniranja može da dođe do upadanja betona sa strane usled nedovoljnog potpunog učinka okolne zemlje na sveži beton,
- kod izvođenja u šljunku sa pretežno velikim zrnima gde je zbog velike propusnosti zadržavanje svežega betona u profilu iskopa pod znakom pitanja, može doći do pretakanja betona među zrna,
- susret sa velikim kamenjem (samci) u koherentnom i nekoherentnom tlu. Ovi samci se pri udaranju sa sekačem – grajferom ponašaju kao opruge kada sekač ostaje bez učinka,
- kod iskopa u lisnatim-slojevitim stijenama sekač nema učinka,
- kod nagnutih slojeva može da dođe do iskliznuća – pomeranja dna radne kolone,
- u kosinama nasipa i kod različitih debljina slojeva kolone iskopa sklona je naginjanju,
- naročito je opasno izvođenje u slojevima sa podzemnom vodom koja je pod pritiskom (arterska voda), pri čemu može da nastupi opasnost od pucanja tla u radnoj koloni i nastanka arterskog bunara u bušotini sa posledicama doticanja vode iz arterskih slojeva,
- kod izvođenja u tlu sa agresivnim osobinama ili agresivnom podzemnom vodom, potrebno je uzeti u obzir agresivne uticaje na izveden šip,
- uzeti u obzir sve ostale moguće specifičnosti tla.

Izvodljivost šipova treba proveriti i sa stanovišta lokacije gradnje. Često se pojavljuju sledeća ograničenja:

- pristup garniture za bušenje (dimenzije stroja) i potrebna veličina radnog platoa,
- nedovoljan (uzak) radni prostor za izradu šipova,
- nedovoljna slobodna visina za izradu šipova (npr. ispod vodova visokog napona),
- visinski položaj platoa za izradu koji ograničava moguće varijante izrade,
- nosivost planuma radi pristupa strojeva (veoma slaba noseća tla),
- komunalne instalacije u tlu i vazduhu, pre svega plinovodi i visokonaponski vodovi

- kada je potrebno uzeti u obzir sigurnosne udaljenosti,
- ograničenje buke radi bezbednosti stanovništva u okolini i sprečavanja emisije buke,
- ograničenje radnog vremena zbog zabrane buke u naseljima.

Iz navedenih uslova može se zaključiti da postoji veliki broj ulaznih parametara koji su za svaku lokaciju građenja specifični. Zbog toga projektovanju treba pristupiti sa velikom pažnjom uzimajući u obzir navedene specifičnosti.

10.1.2.2.6 Tehnologija građenja kao uslov za temeljenje na šipovima

Temeljenje na šipovima ne zahteva veliki utrošak vremena niti prouzrokuje nepredviđene situacije koje bi produžile rok izvođenja (obrušavanje građevinske jame, nepredviđena pojava podzemne ili površinske vode i dr.).

Temeljenje na šipovima ne zavisi od vremenskih uslova, kao što su niske i visoke temperature, od dugotrajne kiše i raskvašenog terena, od povećanog vodostaja (ako su blagovremeno izvršene intervencije) i dr.

Objekat temeljen na šipovima obično se ne ukopava duboko, pošto može da temelji na površini terena čime se smanjuje količina iskopa i ugrađenog materijala, te neophodan rad za izgradnju.

Kod dubokog temeljenja mostova i vijadukata velikih raspona, kod kojih treba preneti na temelje velike sile oslonca koje zahtevaju veliki broj šipova, temeljenje na bušenim šipovima ne predstavlja najbolje rešenje, pošto zahteva izradu naglavnih ploča velikih dimenzija.

Izgradnja krajnjih stubova na visokim nasipima je povoljna pošto se bušenje šipova izvodi kroz izvedeni nasip. Sleganje oporaca ne zavisi od sleganja nasipa koji se nalazi između betoniranih šipova.

Kod temeljenja na bušenim šipovima smanjuje se mogućnost zagađenja podzemnih voda u poređenju sa temeljenjem u otvorenoj jami, pod uslovom da se pravilno izvodi održavanje mehanizacije.

Specijalizovana preduzeća za izvođenje geomehaničkih radova i druga građevinska preduzeća raspolažu dovoljnim brojem savremenih bušačkih garnitura za izradu

bušenih šipova. Ova mehanizacija ne može da se koristi za druge građevinske radove i treba da se koristi racionalno. .

10.1.3 PROJEKTOVANJE I KONSTRUISANJE TEMELJENJA NA BUŠENIM ŠIPOVIMA

10.1.3.1 Izbor dijametra, dužine, broja i rasporeda bušenih šipova

10.1.3.1.1 Opšta uputstva

Kod izbora šipova treba uzeti u obzir sve parametre koji su navedeni u prethodnom poglavlju 10.1.2:

- osnova za određivanje prečnika šipa je pre svega zahtevana nosivost (osna i na savijanje), izvodljivost i raspoloživa tehnologija,
- za manje mostove i time i za manje uticaje propisuju se šipovi manjih prečnika (\varnothing 80 i 100 cm), za veće mostove sa većim uticajima šipovi većih prečnika (\varnothing 125 i \varnothing 150 cm),
- dužinu šipa po pravilu diktiraju geomehanički uslovi, pre svega dubinu nosećeg tla, dok se vrh šipa određuje na osnovu izabrane koncepcije, geometrije objekta, profila terena i drugih specifičnosti koje diktira lokacija građenja,
- raspored šipova prilagođava se koncepciji stubova. Treba ka manjem broju šipova većeg prečnika, jer je nepovoljan međusobni uticaj manji, čime je model preuzimanja opterećenja jasniji i lakše je praćenje toka sile,
- po mogućnosti šipove treba rasporediti tako da nije potrebna gradnja velikih naglavnih greda i ploča.

10.1.3.1.2 Izbor dijametra šipa

Prečnik šipa određuje projektant na osnovu proračuna nosivosti po jednoj od metoda a na osnovu:

- rezultata statičkog probnog ispitivanja,
- rezultata empirijskih ili analitičkih metoda proračuna,
- rezultata dinamičkog probnog ispitivanja,
- na osnovu praćenja ponašanja sličnog temeljenja na šipovima.

Pri usvajanju pojedinih parametara mora da se vodi računa da rezultati budu u skladu sa merodavnim iskustvima stečenim na sličnim temeljenjima.

Kod približnog određivanja nosivosti šipa na osnovu koga se izvodi koncepcija konstrukcije, uključujući i temeljenje, mogu da se primene informativne vrednosti koje navode različiti izvori za uobičajene vrste zemljanih i stenovitih materijala. U poglavlju 10.1.4 navedene su informativne karakteristike prema DIN V 1054-100 i pojednostavljene jednačine za određivanje nosivosti šipa.

Pored proračunate spoljne nosivosti treba proveriti i unutrašnju nosivost šipa po metodama dimenzionisanja za kružni presek sa ili bez armature.

Izvijanje se po pravilu ne uzima u obzir, uz izuzetak dugih šipova u temeljnom poluprostoru sa izrazito mekim ili retkim slojevima tla po dužini šipa ili kod šipova koji se produžavaju u vodi ili vazduhu. Sile strujanja vode, opterećenja od udara plovni predmeta i leda, te udari vozila u stubove povećavaju početne geometrijske nepravilnosti, a time i opasnost od izvijanja šipa zajedno sa stubom.

Na izbor prečnika šipa utiče i način izrade (sa kolonama ili ispiranjem) i dubina bušenja.

Odnos dijametra i dužine bušenog šipa prikazan je u tabeli 10.1.1.

Tabela 10.1.1: Dužine šipova u zavisnosti od načina zaštite

Šip u zaštitnoj koloni			
prečnik	\varnothing 0,8 m	\varnothing 1,2 m	\varnothing 1,5 m
dužina	max 20 m	do 25 m	35 m

Šip u bušotini sa ispiranjem			
prečnik	\varnothing 0,8 m	\varnothing 1,2 m	\varnothing 1,5 m
dužina	max 20 m	do 30 m	40 m

Izborom šipova većeg dijametra postiže se ekonomičnije građenje. Pošto nosivost raste približno sa kvadratom prečnika, lakše se obezbeđuje besprekornost i bolji uslovi za ugrađivanje betona, bolja zaštita armature, smanjuje se opasnost od nehomogenosti šipa itd.

10.1.3.1.3 Izbor dužine šipa

Izbor dužine šipa diktiraju geomehaničke karakteristike u temeljnom poluprostoru, dubina sloja zemlje povoljne za temeljenje, odnosno dubina kompaktne stene. Po pravilu se usvaja dubina koju predloži stručnjak za

geomehaniku, a određena je na osnovu geomehaničkih ispitivanja i navedena u elaboratu.

Kod određivanja konačne dužine (dubine) šipa, često projektant se često služi i podacima o sastavu tla koje prikupi u toku izvođenja iskopa za prvi šip, tako da sledeće šipove po potrebi može da produbi ili skрати. U ovakvim slučajevima moraju se uzeti u obzir opasnosti navedene u nastavku.

Kod određivanja dužine (dubine) posebno treba obratiti pažnju na kontrolu debljine sloja u koji se ukopava noga šipa, pošto može da dođe do probijanja sloja ukoliko je nije dovoljno debeo.

Kod izbora većih dužina šipova važna je predviđena primena tehnologije građenja sa ograničenjima koje prouzrokuje trenje prilikom utiskivanja zaštitne kolone i prilikom ugrađivanju dugih i teških armaturnih koševa.

Raspoloživa oprema omogućuje sigurno izvođenje šipova do 35 m dubine.

10.1.3.1.4 Raspored bušenih šipova

Kod rasporeda šipova ispod stubova objekta primenjuju se dve osnovne podele:

- raspored pojedinačnih šipova ispod osloničke konstrukcije pri čemu geotehnički uslovi i razmak šipova obezbeđuju pojedinačno delovanje šipova,
- raspored šipova ispod osloničke konstrukcije u broju i sa razmakom uz poštovanje geotehničkih uslova za grupe šipova.

U praksi se stubovi mostova obično temelje na više šipova. Kod manjih objekata srednji stubovi mogu da se temelje na jednom samom šipu većeg prečnika ($\varnothing 150$ cm) koji se nastavlja u stub. Uticaje susednih šipova ne treba uzimati u obzir (redukcija nosivosti) u koliko osovinski razmak iznosi najmanje 3 d (tri prečnika šipa). Ovo predstavlja grubu procenu, pošto geomehanički uslovi i uslovi prenosa opterećenja iz šipa u temeljno tlo (normalna sila ispod noge šipa, sila trenja po obodu šipa) suštinski utiču na nosivost. Na osnovu analize mehanizma prenosa sile

šipova u tlo moguća je detaljnija analiza međusobnih uticaja, pri čemu treba uzeti u obzir uz geomehaničke uslove.

Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje objekata određuje najmanje dozvoljene razmake između šipova (tabela 10.1.2), apsolutni minimalni razmak određuju izvodljivost i karakteristike temeljnog tla.

Tabela 10.1.2: Minimalni razmak između šipova

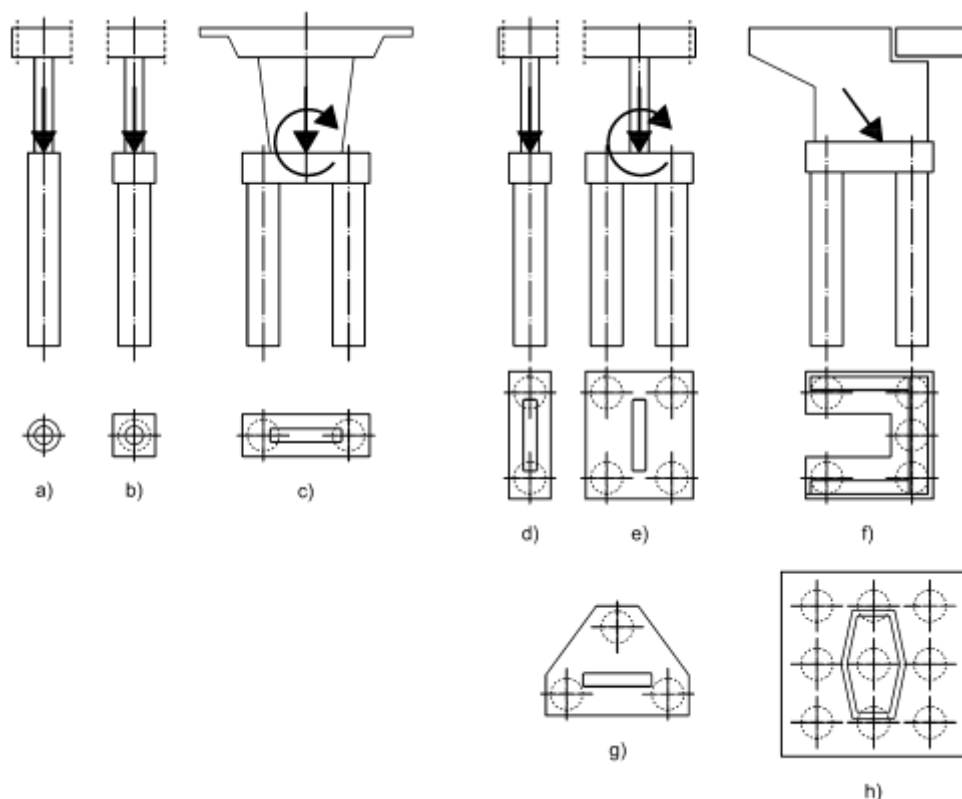
Kod šipova koji prenose opterećenja u tlo uglavnom samo preko noge šipa.	2,5d
Kod šipova u nekoherentnom tlu veće gustine koji opterećenje u tlo uglavnom prenose trenjem.	3 d
Kod šipova u nekoherentnom tlu male gustine i u koherentnom tlu, koji opterećenja u tlo uglavnom prenose trenjem.	5 d

Posebno je važno da se uzmu u obzir uticaji međusobnog delovanja kod dugih šipova koji opterećenje prenose trenjem, dok su međusobni uticaji kod stojećih šipova na tvrdoj kamenoj podlozi suštinski smanjeni. Tačniji postupak određivanja nosivosti grupe šipova kod preuzimanja vertikalnih i horizontalnih sila je naveden u poglavlju 10.1.4.

Pored usvajanja uticaja rasporeda šipova na nosivost jako je važan i raspored šipova radi prenosa sila oslonca iz konstrukcije u šipove. Treba nastojati da se postigne raspored šipova koji obezbeđuje optimalan model unosa sila u temeljno tlo i ekonomična koncepcija elemenata stubne konstrukcije.

U nastavku je navedeno nekoliko primera sa koncepcijom naglavnih greda, koji proizilaze iz rasporeda šipova i usmerenja sila oslonca(10.1.1).

Kod stubova većih objekata sa velikim silama oslonca, stubovi se temelje na grupi šipova sa velikim, masivnim naglagicama – pločama ili se temeljenje izvodi na bunarima.



Slika 10.1.1: Mogući rasporedi bušenih šipova za stubove mostova

10.1.3.2 Konstruisanje armature za bušene šipove

10.1.3.2.1 Opšta uputstva

Količina potrebne armature po dužini šipa određuje se na osnovu dimenzionisanja preseka šipa za izračunate unutrašnje statičke količine u šipu. Kod oblikovanja armature šipa treba uzeti u obzir:

- računski određenu količinu podužne (glavne) armature i armature uzengija,
- tehničke propise za područje armirano-betonskih konstrukcija,
- principe konstruisanja armature koji važe za okrugle preseke,
- fizikalno tehnološke karakteristike armature,
- specifične zahteve koje diktiraju tehnološki uslovi građenja.

Prve tri odredbe se ispunjavaju kroz uobičajeno poznavanje analize i dimenzionisanja konstrukcija, koji važe za okrugle preseke opterećene pritiskom i savijanje velikim ili malim ekcentricitetom osne sile.

Fizikalno tehnološke osobine armature, koja se ugrađuje u šipove su važne radi

određivanja potrebnih dužina za ankerovanje i dužina za nastavljanje – preklopi, te radi pravilne obrade (sposobnost krivljenja, zavarivanja).

Isporučilac mora da dostavi osobine u obliku odgovarajućih certifikacionih dokumenata – atesta.

Brojne specifične zahteve za konstruisanje armature šipova diktiraju tehnološki uslovi ugrađivanja armature koji zavise od tehnologije građenja šipova, od geotehničkih uslova, hidrologije i niza drugih posebnih zahteva čije neprihvatanje kao posledicu ima za slabu izradu, odnosno postaju neizvodljivi. Iz gore navedenog proizilazi potreba za neophodnom saradnjom projektanta i osposobljenog izvođača izrade šipova, odnosno ovlašćenog tehnologa.

Tehnologija građenja šipova diktira ugrađivanje armature za čitavu dužinu šipa u jednom komadu ili sa produžavanjem koša u toku građenja. Armatura se oblikuje u samonoseće armaturne koševe koji moraju da budu dovoljno čvrsti i kruti da se prilikom transporta ne bi deformisali zbog sopstvene težine ili kod dizanja sa tla i ugrađivanja.

Sledeće opterećenje nastaje od kinematičke sile tečnog betona pri betoniranju šipa (obično lijkom). Armaturni koševi su istovremeno i potpore konstrukcije za oplatu od čeličnih cevi (kolone) u slučaju da se šipovi betoniraju u vodi.

Uz poštovanje svih navedenih uslova za izvođenje, postoje dva osnovna načina izrade armaturnih koševa:

- vezani armaturni koševi na zavarenoj nosećoj konstrukciji,
- zavareni noseći koševi.

10.1.3.2.2 Vezani armaturni koševi

Vezane armaturne koševe sačinjavaju noseća konstrukcija koja se priprema od čelika dovoljne žilavosti i sposobnosti za zavarivanje i noseća armatura koja se paljenom žicom vezuje za noseću konstrukciju. Noseća konstrukcija se sastoji od podužnih nosećih šipki, nosećih obruča, potpornog obruča na dnu konstrukcije i kuka za ugrađivanje na vrhu koša. Podužne noseće šipke konstrukcije mogu da se zavare sa nosećim obručima sa unutrašnje ili spoljašnje strane obruča. Za izradu noseće konstrukcije dozvoljena je upotreba neatestiranog konstrukcijskog čelika i armature, te izrada varova bez atestiranja.

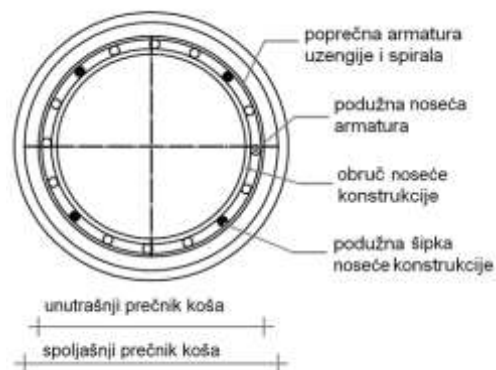
Za izradu armaturnih koševa šipova svih dijametara mogu se koristiti manje priručne radionice na gradilištu sa opremom za improviziranu izradu tačkastih varova. Korišćenje ovakve radionice se isplati, ako je broj šipova na gradilištu veća od cca. 50.

Podužne šipke noseće konstrukcije (slika 10.1.2) obično se ugrađuju sa istim prečnikom kao šipke podužne noseće armature – tabela 6. U slučaju da su palice konstrukcije većeg prečnika onda se zavare sa unutrašnje strane obruča. Podužne šipke moraju da budu od čelika koji se može da sa vari.

Obruči noseće konstrukcije obično se izrađuju od konstrukcijskog čelika okruglog ili pravougaonog preseka ili armaturnog čelika koji se može da sa vari. Kod izrade treba poštovati tehnološke zahteve, pre svega spoljašnje prečnike obruča, pošto oni određuju spoljašnji prečnik ukupnog koša, a time i njegovu odgovarajuću ugradnju.

U tabeli 10.1.3 navedeni su razmaci između obruča od pločastog ili okruglog čelika u zavisnosti od prečnika podužnih palica. U slučaju da se obručima od okruglog ili armaturnog čelika udvostruče razmakom 10

– 20 cm, onda važe odstojanja za obručima od pločastog čelika.



Slika 10.1.2: Sastav armaturnog koša šipa

Tabela 10.1.3: Razmak nosećih obruča

Dijametar podužnih šipki konstrukcije	Obruči od pločastog čelika	Obruči od okruglog čelika
$\varnothing \leq 20 \text{ mm}$	2,5 m	1,75 m
$\varnothing > 20 \text{ mm}$	3,0 m	2,00 m

Tabela 10.1.4: Presek pločastog čelika nosećih obruča

Dijametar šipa	Presek pločastog čelika obruča
$\varnothing 80 \text{ cm}$	60 x 8 mm
$\varnothing 120 \text{ cm}$	80 x 8 mm
$\varnothing 150 \text{ cm}$	100 x 10 mm

Kod ugrađivanja koša u iskopanu bušotinu, te kod ugrađivanja betona u telo šipa, koš preuzima velika opterećenja zbog čega otpornost nosećih obruča kod šipova većeg prečnika često nije dovoljna. Zbog toga se ugrađuje armatura koja dodatno štiti od pojavu deformacija. Obično se ugrađuju krstovi od armiranog čelika, koji kod šipova većeg prečnika ne predstavljaju suštinsku smetnju za prolaz cevi kroz koje se ugrađuje beton (slika 10.1.3).

Kod teških koševa preporučuje se ugrađivanje kosih palica – dijagonala, koje sprečavaju transverzalnu deformaciju koša.



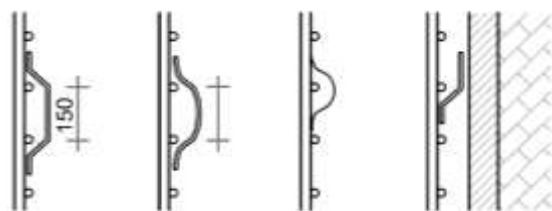
Slika 10.1.3: Krst za podupiranje

Distanceri su vrlo važni elementi armaturnog koša pošto obezbeđuju potrebna odstojanja koša od kolone i konačnog odstojanja koša od spoljašnjeg plašta šipa odnosno iskopa, te obezbeđuju debljinu zaštitnog sloja betona iznad armature. U tabeli 5 su navedene minimalne debljine zaštitnih slojeva betona u zavisnosti od tehnologije izvođenja šipova.

Kod izvođenja šipova u zaštitnim kolonama upotrebljavaju se distanceri napravljeni od armature i zavare na noseću konstrukciju koša ili distanceri od vlaknastog betona. Kod izvođenja šipova bez zaštitne kolone preporučuje se upotreba distancera od pločastog čelika koji se većom površinom oslanjaju na zidove iskopane bušotine. Na slici 10.1.4 prikazane su proverene izrade distancera.

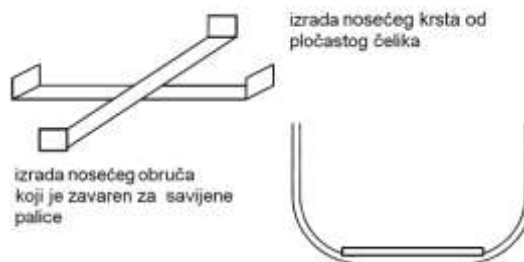
Tabela 10.1.5: Najmanja debljina zaštitnog sloja betona iznad armature

Tehnologija izvođenja	Debljina zaštitnog sloja betona
Za šipove $\varnothing \geq 80$ cm koji se izvode u zaštitnoj koloni	$c = 6$ cm
Za šipove koji se izvode bez zaštitne kolone	$c = 7,5$ cm
Za šipove od podvodnog betona i betona sa najvećim zrnom do 32 mm.	
Za šipove sa većim neravninama po obodu iskopane bušotine.	



Slika 10.1.4: Ugrađivanje distancera

Noga koša mora da se izvede tako da omogućuje pristup cevi za ugrađivanje betona, posebno na dnu iskopane bušotine, da spriječi dizanje koša kod izvlačenja bušaće kolone ili cevi za betoniranje, te da spreči prodiranje koša u dno iskopa bušotine. Primenjuje se izrada sa savijenim šipkama podužne armature ili sa navarenim distancerima u obliku krsta u kombinaciji sa nosećim obručima koji se zavare na dnu podužnih šipki. Slika 10.1.5 prikazuje najčešće primenjivane načine izrade.



Slika 10.1.5: Izrada noge koša

Podužna noseća armatura ugrađuje se simetrično ili asimetrično u zavisnosti od statičkih opterećenja. Radi moguće pojave grešaka kod ugrađivanja asimetrične armature obično se preporučuje ugrađivanje simetrične armature. Obično se upotrebljava standardna rebrasta armatura.

Podužna armatura koša određuje se dimenzionisanjem okruglog preseka za statička opterećenja koja se određuju analizom konstrukcije. Često se događa da je izračunata armatura (ili minimalna armatura) previše elastična i ne obezbeđuje dovoljnu krutost armaturnog koša. U ovakvim slučajevima treba primeniti preporuke o minimalnim prečnicima i razmacima armaturnih palica podužne armature, koje su navedene u tabeli 10.1.6.

Tabela 10.1.6: Prečnik i razmak nosećih podužnih palica armaturnog koša

Prečnik šipa	Prečnik podužne armature	Razmak podužne armature
$\varnothing \leq 100$ mm	≥ 16 mm	≤ 20 cm
$\varnothing \geq 120$ cm	≥ 18 mm	≤ 20 cm
$\varnothing \geq 150$ cm	≥ 20 cm	

U primeru dugih koševa koji se ugrađuju po dijelovima, podužna armatura se produžava preklopom ili na neki drugi način prema

uslovima koji su određeni propisima i standardima.

Poprečnu noseću armaturu šipova predstavljaju uzengije izrađene prema pravilima koja važe za uzengije. Prečnik armature uzengija ne sme da bude manji od jedne četvrtine najmanjeg prečnika armature. Zbog specifičnosti armiranja šipova u tabeli 10.1.7 su navedene preporuke za izbor prečnika armature uzengija u zavisnosti od prečnika podužne armature.

Tabela 10.1.7: Prečnik armature uzengija šipova

Prečnik podužne armature	Prečnik uzengija
16 mm	8 – 10 mm
20 mm	12 – 14 mm
25 mm	12 – 16 mm
28 mm	16 mm

Do prečnika $\varnothing \leq 14$ mm armatura uzengija se oblikuje kao spirala. Za spiralnu armaturu može da se upotrebi obična glatka armatura.

Razmak uzengija ili hod spirale ne sme da bude veći od 12 najmanjih prečnika podužne armature.

Za spiralnu se preporučuje da hod spirale ne prelazi 1/5 prečnika šipa, dok se kao maksimalna vrednost preporučuje do 25 cm.

U području unošenja sila u bušeni šip treba gore preporučene razmake uzengija i hoda spirale smanjiti na pola.

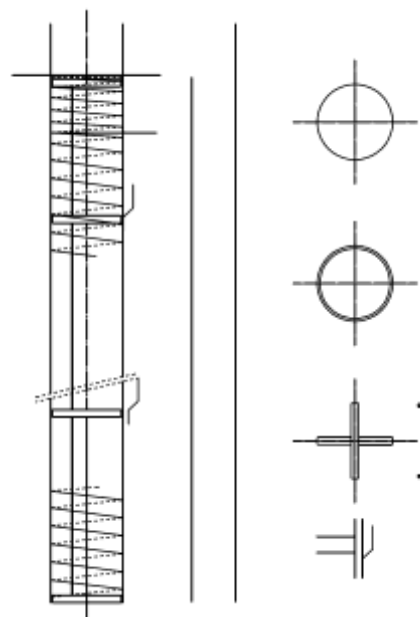
Preklopi spiralne armature koje se izvode kukama ili bez njih moraju da se izvedu uz dovoljnu preklopnu dužinu.

Ugrađivanje uzengija treba produžiti u elemente konstrukcije oslonca (npr. u naglavnu gredu) ako to uslovi kontinuiteta prenosa sila zahtevaju.

Celokupan koš se prikazuje u nacrtu kroz crtež armaturnog koša sa detaljnim prikazom pozicija i detalja. Slika 5.6 prikazuje uzorak armaturnog nacrta koša bušenog šipa.

10.1.3.2.3 Zavareni armaturni koševi

Zavareni armaturni koševi grade se od podužne armature i uzengija (spirale). Armatura mora da poseduje sertifikat o podesnosti za zavarivanje, pošto se svi međusobni spojevi izvode zavarivanjem.



Slika 10.1.6: Armaturni nacrt šipa

Podužna i poprečna armatura sačinjavaju strukturu u obliku mreže koja ima dovoljnu krutost zbog zavarenih čvorova tako da nema potrebe da se izrađuju noseće konstrukcije koša. Spojevi između podužne i poprečne armature mogu da se vare ručno ili u mašini za zavarivanje.

Izrada koša sa ručnim varenjem dozvoljena je uz uslov upotrebe prenosnih aparata za zavarivanje koji garantuju standardizovanu izradu uporednog tačkastog varenja sa proverenim električnim tokom i naponom, tačno određenom silom pritiska i vremenom zavarivanja. Kod poznate strukture čelika podužne armature i uzengija, koja se može da se vari, postupak varenja mora da se programira na način kojim se ne menja struktura čelika, pošto bi ta promena prouzrokovala promene fizikalno-tehnoloških osobina čelika. Izvođač mora da obezbedi geometrijski oblik koša pomoću odgovarajućih šablona.

Izrada zavarenih koševa obično se obavlja pomoću mašina za varenje gde je postupak varenja u potpunosti automatizovan, proizvodnja pod stalnom kontrolom i atestirana. Primenom automatizovanog postupka isključuje se ljudski faktor, koševi su kvalitetno izrađeni uz mala odstupanja od projektovane geometrije i drugih zahteva koji su određeni u projektu.

Kod planiranja zavarenih koševa, projektant mora poštovati tehnološke specifičnosti mašinske opreme za izradu koševa, dok je

izvođač prilikom nabavke mašinske opreme dužan da proveri da li proizvedeni koševi odgovaraju zahtevima tehničkih propisa i standarda. Izvođač je takođe dužan da obezbedi materijal koji po tehnološkim osobinama odgovara proizvodnji koševa, te da organizuje stalnu kontrolu proizvodnje koševa od strane ovlašćene institucije.

10.1.3.3 Bušeni šipovi u vodi i mekom tlu

10.1.3.3.1 Uslovi u kojima se izvode šipovi u zaštitnoj cevi

Kada se izvode bušeni šipovi sa zaštitnom kolonom za bušenje koja se po završenom iskopu izvlači (uobičajna izrada), onda se u ovakvim primerima šipovi izrađuju pomoću zaštitne cevi – košuljice koja u nastavku procesa izvođenja služi kao oplata. Ovakvi slučajevi se primenjuju:

- kada se bušeni šipovi produžavaju do spoja sa stubovima kroz vodu (slika 10.1.7),
- kada kroz temeljno tlo struji voda ili podzemna voda brzinom koja može isprati beton po izvlačenju zaštitne kolone za bušenje (slika 10.1.8),
- kada se šipovi izvode u veoma mekom ili retkom tlu ($C_u \leq 0,015 \text{ MN/m}^2$) ili u tlu

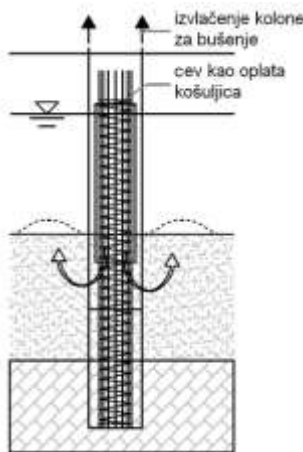
male zapreminske gustine u kojima efekat otpora po zidu iskopane bušotine šipa ne obezbeđuje ravnotežu između hidrostatičkog pritiska svežeg betona i okolne zemlje uz šip. U ovakvim primerima može da nastupi bočno izvijanje okolnog materijala u slučaju nastanka većeg nadpritiska betona prema površini (Slika 10.1.9).

10.1.3.3.2 Čelične cevi za oplatu - košulja

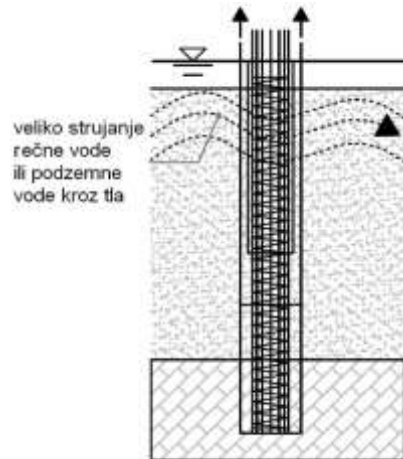
Zbog tehnologije izrade šipa košulju treba pričvrstiti na armaturni koš.

Čelične cijevi koje u procesu izrade šipa služe kao oplata, u nastavku teksta košulja, ugrađuju se kao zaštitni (pomoćni) ili trajni elementi konstrukcije.

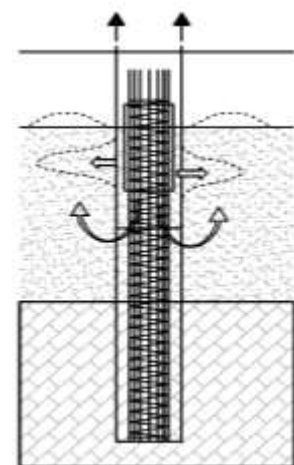
Kada košulje služe kao oplata koja štiti beton od ispiranja ili izrivanja (slika 10.1.8 i 10.1.9) onda košuljice imaju privremenu ulogu. U ovakvim slučajevima vremenom košuljice „nestanu“, zbog čega mora da se obezbedi zaštitni sloj betona iznad armaturnog koša. Za spoljni dijametar košulje važe isti zahtevi kao i za spoljni dijametar armaturnog koša.



Slika 10.1.7



Slika 10.1.8



Slika 10.1.9

U ovakvim slučajevima prečnik koša treba smanjiti za debljinu zida košuljice i zaštitnog sloja betona. Isto tako treba uzeti u obzir „mostove“ korozije odnosno elemente za pričvršćivanje košuljica na armaturni koš. U ovim primerima košuljice nije potrebno trajno štiti od uticaja korozije (samo u radionici za vreme ugradnje), zbog čega je potrebno izabrati trajnije materijale za košuljice. U tabeli 8 navedene su debljine zida košuljice čija se primena preporučuje za različite prečnike šipova.

Košulje se izvode kao stalni elementi konstrukcije u primerima navedenim u nastavku, naročito kada je šip u celini izrađen u vodi ili je ispod nivoa niske vode neposredno produžen u rečni stub. U ovakvim slučajevima u projektu treba predvideti primenu jačih košulja, tabela 10.1.9, uz kvalitetnu zaštitu od uticaja korozije.

Tabela 10.1.8: Minimalna debljina zida privremene košuljice i konstruktivnog čelika

Dijametar šipa	Minimalna debljina zida privremene košuljice
Ø 80 cm	4 mm
Ø 100 cm	5 mm
Ø 150 cm	6 mm

Tabela 10.1.9: Minimalne debljine zida trajne čelične košulje

Dijametar šipa	Minimalna debljina zida košulje
Ø 80 cm	6 mm
Ø 100 cm	8 mm
Ø 150 cm	8 mm

Ako se šipovi ili stubovi nalaze u reci pod uticajem rečne abrazije, onda antikorozivna zaštita mora da bude otporna na uticaj abrazije. Za izvođenje antikorozivne zaštite najviše se upotrebljavaju premazi bazirani na epoksidnim smolama koji se po potrebi premažu i završnim ukrasnim premazom. Minimalna ukupna debljina svih premaza zaštitnog sloja na osnovu epoksidne smole mora da iznosi 200 µm.

Preporučuje se i antikorozivna zaštita primenom vruće galvanizacije cinkom u

slučajevima kada se ne očekuje intenzivnije delovanje abrazije.

Kod određivanja dužine i visine ugrađivanja košuljice, projektant mora da uzme u obzir sve tehnološke i eksploatacione vidike, po potrebi da sarađuje sa izvođačem, stručnjakom za geomehaniku i hidrometeorološkom službom koja će dostaviti podatke o visini vodostaja reke u trenutku izvođenja. Gornja ivica privremene košuljice obično se postavlja u nivou radnog platoa za izradu šipa. Dubinu donje ivice određuje uslov ravnoteže između hidrostatičkog pritiska svežeg betona u košuljici sa pasivnim otporom zemlje koja okružuje šip, te dinamika betoniranja šipa.

Košulju treba dobro pričvrstiti na armaturni koš. Sa odgovarajućim distancerima se vari na noseću konstrukciju armaturnog koša. Najveći dozvoljeni spoljašnji prečnik košuljice dostavlja izvođač u zavisnosti od kolone za bušenje. Za potrebe centriranja koša na košuljicu se navare distanceri koji se, u slučajevima trajne izrade, naknadno uklone brušenjem. Na ovim mestima naknadno mora da se popravi antikorozivna zaštita, zbog čega je bolja upotreba patentiranih prilepljenih distancera od sintetičkog materijala otpornog na koroziju.

10.1.3.4 Konstruisanje spoja šipa sa stubnim konstrukcijama mosta

10.1.3.4.1 Spoj šipa sa naglavnom gredom ili pločom

Da bi se obezbedio pravilan prenos opterećenja (osne sile, momenti savijanja i poprečne sile) sa elemenata stubne konstrukcija mostova u šipove, potrebno je da se iznad vrha šipova izvede naglavna greda (temeljna greda) kada su šipovi razvrstani u istoj ravni, odnosno naglavnice (ploče, blokovi) kada su šipovi razvrstani u dve ili više ravni.

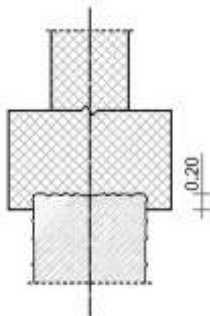
Naglavne grede i naglavnice su elementi većih dimenzija i nosivosti koje obezbeđuju kontinuiran prenos oslonačkih sila sa konstrukcije u šipove. Naglavne grede i blokovi moraju da budu koncipirani tako da omogućuju ugrađivanje pravilno oblikovane armature za preuzimanje svih opterećenja koja nastaju u osnovnom modelu oslonca i sve lokalne uticaje (npr. rascepane sile).

Naglavne grede se izvode šire u odnosu na spoljni prečnik šipa sa propustima od 15 cm sa obe strane, odnosno toliko široke da

jezgro armature grede prevazilazi prečnik šipa. U slučaju izvođenja šipova u teškim uslovima koji ne garantuju pravilan položaj šipova (npr. rad sa nestabilnih platoa, pontona i dr.) onda naglavnu gredu treba raširiti u srazmerno sa očekivanim odstupanjem od projektovanog položaja.

Minimalna visina grede se usvaja na osnovu zahteva za obezbeđenje sidrene ili preklopne dužine armature iz šipova i priključnih elemenata stubnih konstrukcija. Ukoliko se šipovi priključuju na gredu u tlu koje sadrži agresivne medije, preporučuje se da glava šipa bude iznad dna grede na udaljenosti od 20 cm (slika 10.1.10).

Dužinu armature za ankerovanje iz šipa u naglavnu gredu određuje se na osnovu propisa i standarda navedenih u poglavlju 2. Slika 10.1.11 prikazuje osnovne principe pri koncepciji naglavne grede.



Slika 10.1.10: Glava šipa „potopljena“ u naglavnu gredu

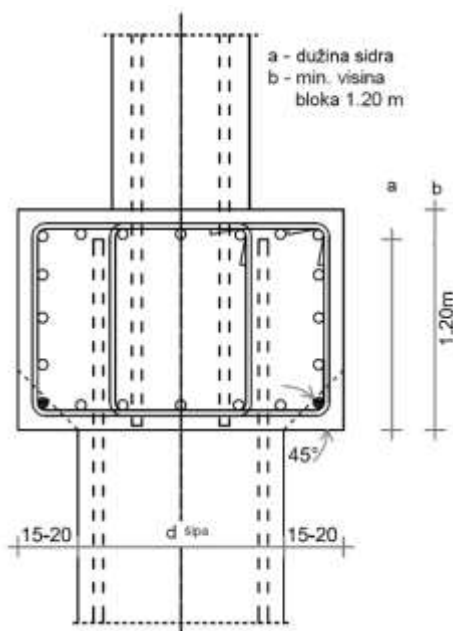
Armaturu naglavne grede treba konstruisati tako da u potpunosti obuhvati armaturu šipa. Najmanje jedna ugaona šipka objekta sa armaturom uzengija mora da prolazi izvan linije unosa sile iz šipa u gredu uz poštovanje ugla unosa 45° . Isto važi i za unošenje sile iz elementa stubne konstrukcije u naglavnu gredu.

U slučaju unosa velikih sila u gredu, u gredi mogu da se pojave sile cepanja koje treba preneti dodavanjem rascepne armature u obliku zatvorenih uzengija, a preporučuje se i produžavanje spiralne armature šipa u gredu. Kod određivanja rascepnih sila treba uzeti u obzir eventualne ekscentričnosti osne sile u šipu i priključnom elementu stubne konstrukcije.

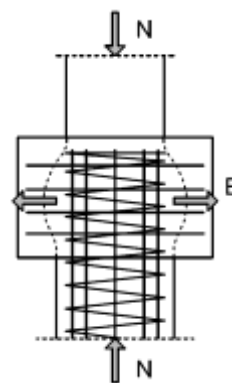
Rascepna sila zavisi od odnosa veličine kontaktnih površina stubova stub/greda i greda/šip. Za izračunavanje rascepnih sila postoje empirički obrasci i MKE kompjuterski programi.

Posebnu pažnju treba posvetiti kod određivanja potrebne armature u naglavnim gredama i pločama kada se pojedinačne (stubovi) ili linijske stubovi (zidovi) oslanjaju izvan osovina šipova. U tom slučaju smisljena je kontrola proračuna armature uz upotrebu jednostavnijih modela u kojima se primenjuje analogija rešetke (slika 10.1.13).

Isto tako treba voditi računa o pravilnom ankerovanju armature opterećene zatezanjem, pošto se naglavne grede i ploče često ojačavaju velikim preseccima armature uz ograničene mogućnosti za pravilno ankerovanje. U ovakvim slučajevima armaturu treba oblikovati u obliku omče ili se na krajevima šipki postave patentirane matice za ankerovanje odnosno zavare se ploče za ankerovanje (slika 10.1.13).



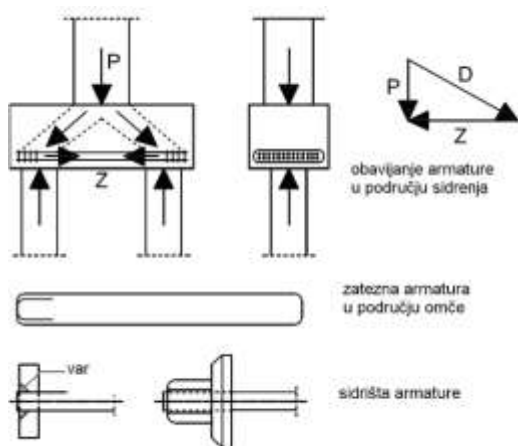
Slika 10.1.11: Principi armiranja naglavne grede



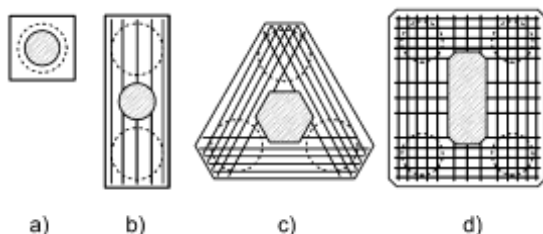
Slika 10.1.12: Rascepna sila u gredi

Zbog nesigurnog usidrenja u tim područjima treba predvideti dovoljnu količinu poprečne armature (uzengije, omče) (slika 10.1.13).

Uputstva za naglavne grede treba primenjivati i kod naglavnih ploča, s tim da treba uzeti u obzir prostorsko usmerenje vektora statičkih količina sa prikazanom glavnom zateznom armaturom iznad šipova (slika 10.1.14).



Slika 10.1.13: Tok zateznih i „šipki“ pod pritiskom u naglavnoj gredi, sidrišta armature



Slika 10.1.14: Primarna zatezna armatura u uobičajenim naglavnicama

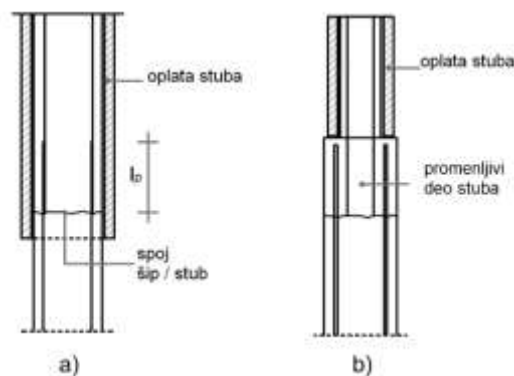
Kod konstruisanja armature treba uzeti u obzir i prenos sile sa stuba u naglavnu ploču, te na odgovarajući način armirati trake ispod stuba. Slika 10.1.14a prikazuje produženje šipa samca stubom. Ovakva izrada obezbeđuje mogućnost nameštanja oslonca za montažu skele, podupiranje oplata stuba i podupiranje skele gornje konstrukcije. Kod ugrađivanja armature u velike naglavne grede treba obezbediti pravilan položaj armature.

U tom slučaju se ugrađuju nosači za armaturu koji se zajedno sa armaturom zabetoniraju u gredu.

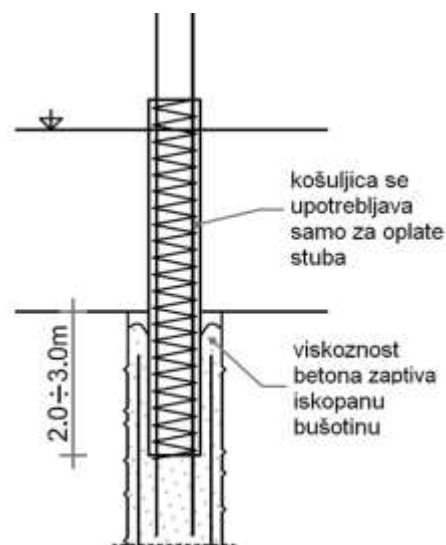
Naglavne grede i ploče po potrebi mogu da se izvode u podzemnoj ili površinskoj vodi korišćenjem zagatnica.

10.1.3.4.2 Neposredno povezivanje šipova sa stubovima

Kada su stubovi mosta osmišljeni kao samostalni stojeći stubovi, onda se može primeniti neposredno povezivanje šipova sa stubovima. Ako se produženje izvodi na suvom, onda se šip nastavlja neposredno u stub. Nakon izvlačenja bušače kolone i nakon nekoliko sati uklanja se gornji sloj slabog betona, priprema se površina radnog spoja posle čega se šip dodatno zabetonira sa stubom istog prečnika uz uvažavanje odredbi za preklopne dužine armature (slika 10.1.15a). Ukoliko se šip produžava u stub različitog preseka, onda se prethodno izvodi produžetak šipa zbog ugradnje priključne armature stuba ili se priključna armatura prethodno spaja sa armaturnim košem šipa (slika 10.1.15b).



Slika 10.1.15: Produžavanje šipa u stub



Slika 10.1.16: Izrada podvodnog spoja uz pomoć košulje

Produžavanje šipova u vodi po pravilu se izvodi sa stubovima manjeg prečnika. U tom slučaju se podvodni deo stuba zabetonira u čeličnoj košuljici. Gornji kraj košuljice mora biti iznad nivoa vode, donja ivica mora ići u šip toliko duboko da nakon izvlačenja radne kolone ne dođe do istiskivanja materijala uz iskop bušotine ili isticanja betona iz bušotine.

U slučaju da viskoznost betona u prostoru između oboda iskopane bušotine i vanjskim obodom košuljice ne obezbeđuje potrebnu ravnotežu između svežeg betona u košuljici stuba i viskoznim otporom isticanja betona, onda se i šip u gornjem dijelu izvede u košuljici koja se navari na košuljicu stuba uz pomoć čeličnog pločastog prstena. Ovaj prsten se može zamijeniti sa različitim elementima za zaptivanje (slika 10.1.17).



Slika 10.1.17: Izrada podvodnog spoja pomoću košulje stuba i šipa

10.1.4 GEOSTATIČKA ANALIZA BUŠENIH ŠIPOVA

10.1.4.1 Ulazni podaci

Cilj geostatičke analize kao sastavnog dela analize celokupne noseće konstrukcije objekta, jeste da se dokaže pouzdanost konstrukcije objekta koja uključuje bezbednost, upotrebljivost i trajnost konstrukcije temeljenja na bušenim šipovima.

Ova analiza je obavezni sastavni deo građevinskog projekta za dobijanje građevinske dozvole.

Kod koncipiranja i projektovanja konstrukcija temeljenih na bušenim šipovima primenjuju se oprobane i primenjivane metode analiza konstrukcija i temeljnog tla pri čemu se uzima u obzir interakcija.

Statička analiza uključuje:

- podatke o geometriji konstrukcije i temeljnog tla,
- podatke o materijalima od kojih su napravljeni elementi temelja i konstrukcija
- podaci o osobinama zemlje i zidovi temeljnog poluprostora,
- uticaje od opterećenja, pomeranja i ubrzanja u različitim pravcima,
- računске modele i (ili) rezultate terenskih ispitivanja za opterećenja,
- granične vrednosti deformacija, širine pukotina, njihanja (vibracije) i dr.

U analizi treba uzeti u obzir karakteristične i projektovane vrednosti za uticaje.

U analizi konstrukcije, uključujući i temelje, projektant ima obavezu, da proveri sledeća granična stanja:

Granična stanja nosivosti (upotrebljene oznake iz prEN 1990):

- STR: unutrašnje obrušavanje ili prekomerne deformacije konstrukcije u celini, konstruktivnog elementa uključujući i elemente temeljenja zbog istrošene otpornosti materijala konstrukcije,
- GEO: obrušavanje ili prekomerne deformacije tla kod kojih je važna čvrstoća zemlje i mase zidova,
- STA: gubitak globalne stabilnosti ili prekomerna deformacija tla sklopa konstrukcije u celini i tla,
- UPL: obrušavanje usled podizanja tla zbog delovanja vertikalnih sila koja se pojavljuju usled vertikalne montaže konstrukcije ili zemljanih masa,
- HYD: obrušavanje u tlu koje nastaje usled hidrostatičkih gradijenata.

Granične vrednosti pomeranja temelja:

- u analizi se određuju granične vrednosti pomeranja temelja na bušenim šipovima, koji predstavljaju one vrednosti pomeranja koje još uvek garantuju potrebnu sigurnost pre aktiviranja graničnih stanja konstrukcije koja se podupire.

10.1.4.2 Nosivost šipova opterećenih osnom silom

10.1.4.2.1 Uvod

Geostatička analiza temeljenja na bušenim šipovima ograničava se na određivanje „spoljašnje“ i „unutrašnje“ nosivosti šipa. Unutrašnja nosivost šipa može se tačno odrediti jednačinama koje važe za određivanje nosivosti kružnih preseka, dok određivanje „spoljašnje“ nosivosti šipa, t. j.

nosivosti koju obezbeđuje temeljno tlo u kontaktu sa šipom, zahteva dobro poznavanje stvarnih karakteristika temeljnog tla i mehanizama unosa opterećenja u temeljna tla. Nosivost zavisi od tačnosti terenskih i laboratorijskih ispitivanja, te od više iskustvenih parametara. Zbog svega navedenog računski određena nosivost može suštinski da odstupa od stvarne nosivosti.

Najsigurniji podaci o nosivosti dobijaju se ispitivanjem nosivosti probnog šipa ili na osnovu drugih in-situ ispitivanja čije je izvođenje opravdano zbog velikih troškova ako se radi o temeljenju na većem broju šipova ili temeljenju zahtevnih objekata. U ovakvim slučajevima troškovi ispitivanja ostvaruju uštede pri temeljenju zbog primene manjih faktora sigurnosti.

Statički test nosivosti ispituje se prema ASTM D 1143.

Dinamički test nosivosti prema ASTM D 1145 Test integriteta – Low integrity test prema ASTM D 5882

Test integriteta – Cross hole test prema ASTM D 676

Kod empirijski određene nosivosti šipova uzima se u obzir manja pouzdanost računskih rezultata kroz određivanje faktora sigurnosti na određeni način.

Vertikalnu nosivost šipa obično određuje stručnjak za geomehaniku koji navodi (ili je proverava kroz već poznatu reakcijsku silu) u predlogu temeljenja u geomehničkom izveštaju. Zbog moguće nepouzdanosti ulaznih podataka, kod izvođenja radova obavezno je prisustvo geomehničkog nadzora, gde stručnjak za geomehaniku za svaki šip određuje skladnost parametara iz proračuna sa stvarnim stanjem i po potrebi određuje nove mere u dogovoru sa projektantom.

10.1.4.2.2 Granična nosivost određena na osnovu ispitivanja temeljnog tla

Računsku nosivost šipa (R_{cd}) sačinjava nosivost osnovne plohe (noge) (R_{bd}) i nosivost plašta (R_{sd}). Po EC7 određuje se po sledećim izrazima:

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd}$$

$$R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b$$

$$R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$$

Za bušene šipove je $\gamma_b = \| 1.6 \|$ i $\gamma_s = \| 1.3 \|$, pri čemu je:

$$R_{bk} = q_{bk} \cdot A_b \text{ i}$$

$$R_{sk} = \sum_{l=1}^n q_{sik} \cdot A_{si}$$

Gornji simboli znače:

A_b nominalna površina osnovne plohe šipa,
 A_{si} nominalna površina plašta kola u i-tom sloju,

q_{bk} karakteristična vrednost nosivosti na jedinicu površine noge šipa,

q_{sik} karakteristična vrednost nosivosti na jedinicu površine plašta šipa u i-tom sloju.

Vrednosti q_{bk} i q_{sik} određuju se pronim opterećenjem šipa, te terenskim i laboratorijskim ispitivanjima. U nastavku su navedene informativne vrednosti, preuzeto po DIN V 1054-100.

Tabela 10.1.10: Porušna vrednost q_{sk} , po plaštu za nekoherentne materijale

Trenja uz plašt q_{sk} za nekoherentne materijale	
Čvrstoća pri srednjoj vrednosti otpora vrha q_{ck} u MN/m^2	Porušna vrednost trenja o plašt q_{sk} u MN/m^2
0	0
5	0,04
10	0,08
≥ 15	0,12

Tabela 10.1.11: Porušna vrednost q_{sk} po plaštu za koherentne materijale

Trenja uz plašt q_{sk} za koherentne materijale	
Čvrstoća pri srednjoj vrednosti otpora vrha q_{ck} u MN/m^2	Porušna vrednost trenja o plaštu q_{sk} u MN/m^2
0,025	0,025
0,1	0,04
$\geq 0,2$	0,06

Za aktiviranje trenja po plaštu potrebno je pomeranje:

$$ssg = 0.5 \cdot R_{sk} (ssg) + 0.5 \leq 3 \text{ cm, sa}$$

$R_{sk} (s_{sg})$ [MN] = sila trenja po plaštu šipa u toku rušenja = $\sum Q_{sik} \cdot A_{si}$

Tabela 10.1.12: Naponi na pritisak ispod noge šipa q_{bk} za nekoherentne materijale

Napon na pritisak ispod noge šipa q_{bk} za nekoherentne materijale				
Preuzeto sleganje glave šipa s/D od s/Df	Napon na pritisak ispod noge šipa q_{bk} u MN/m ² pri srednjem otporu utiskivanja šiljka q_{ck} u MN/m ²			
	10	15	20	25
0,02	0,7	1,05	1,4	1,75
0,03	0,9	1,35	1,8	2,25
0,1 / = Sq)	2,0	3,00	3,5	4,0

Tabela 10.1.13: Naponi na pritisak ispod noge šipa q_{bk} za koherentne materijale

Naponi na pritisak ispod noge šipa q_{bk} za koherentne materijale		
Preuzeto sleganje glave šipa s/D od s/Df	Napon na pritisak ispod noge šipa q_{bk} u MN/m ² pri koheziji u nedreniranom stanju C_u u MN/m ²	
	0,1	0,2
0,02	0,35	0,9
0,03	0,45	1,1
0,10 / = Sq)	0,80	1,5

Za otpor šiljka važi približna relacija:

$$q_c \text{ [MN/m}^2\text{]} \approx N_{10},$$

gde je N_{10} broj udaraca za utiskivanje teške sonde za 10 cm u temeljna tla.

10.1.4.3 Nosivost šipova opterećenih horizontalnom silom

10.1.4.3.1 Uvod

Horizontalnom silom odnosno silom koja deluje pod pravim uglom na osovinu šipa po pravilu se opterećuju se samo šipovi velikih prečnika koji su sposobni da preuzmu srazmerno velike momente savijanja. U ovim slučajevima se aktivira bočni elastični otpor zemlje. Tada nastupa model šipke koja je krta za savijanje, pošto je poduprta okolnom zemljanom masom.

Za proračun opterećenja savijanjem, koja nastaju u šipovima zbog delovanja horizontalnih sila postoje empirijske jednačine različitih autora izvedene iz diferencijalnog proračuna za elastično telo poduprto sa elastičnim poluprostorom. Jednačine služe za grubu kontrolu, pre svega u fazi koncipiranja.

U zadnjih 20 godina upotrebljavaju se prihvaćeni modeli za analizu opterećenja primenom relativno jednostavne kompjuterske opreme koja se oslanja na uvođenje elastičnih opruga koje simuliraju slojeve temeljnog poluprostora.

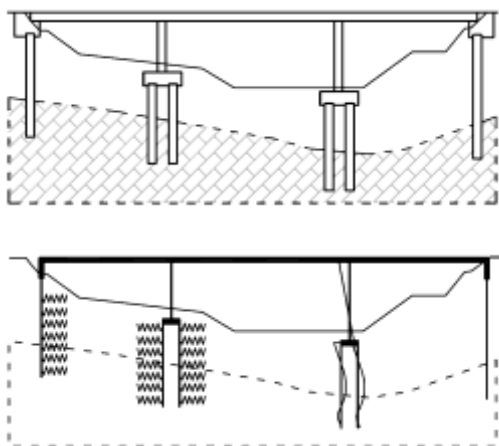
Svi savremeni programi za analizu konstrukcija imaju već ugrađene module za analizu elastičnog odazivanja tla za bilo koju smer u prostoru koji automatski isključuju zatezne reakcijske sile u tlu.

10.1.4.3.2 Analiza uticaja horizontalnog opterećenja

S obzirom na činjenicu da savremeno projektovanje mostova koji se temelje na šipovima velikog prečnika zahteva upotrebu bezbedne i sertifikovane računarske opreme, u nastavku su navedeni podaci i zahtevi za pripremu računskih modela i kontrolu izračunatih rezultata MKE analize.

U svakom slučaju, preporučuje se upotreba računskih modela koji obrađuju celokupan noseći sloj konstrukcije kao integralnu celinu, čime se obezbeđuje neposredna interakcija između noseće konstrukcije i temeljenja.

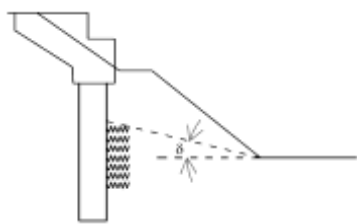
Kod pripremanja modela za analizu uticaja horizontalnih opterećenja, projektant je dužan da sa svom ozbiljnošću oceni usklađenost modela sa stvarnim stanjem koje nastaje tokom izgradnje i eksploatacije i da predvidi moguće promene na lokaciji terena koje mogu da utiču na promenu računskog modela.



Slika 10.1.18: Šema mosta sa modelom za analizu uticaja u smeru osovine mosta

Tu se, pre svega misli na greške i brze promene u uslovima elastičnog uklještenja šipova u gornjim slojevima temeljnog poluprostora. Kod pripreme modela moraju da se uzmu u obzir uticaji susednih šipova u grupi (slika 10.1.18).

Važno je oblikovanje kosine nasipa uz krajnjeg stuba gde obično ne može da se mobiliše elastični otpor u gornjim delovima šipova (slika 10.1.18). Isto važi i za kasnije promene kosina ili poluprostora uz šipove (rečna erozija, iskopi za izgradnju drugih objekata, kvašenje i rasipanje itd.), pošto utiču na uslove uklještenja. Ovi uticaji su posebno kritični kod šipova malih dužina.



Slika 10.1.19: Iznad crte mobilisanog otpora ne mogu se očekivati elastična uklještenja šipova

Navedeni mogući uzroci za promenu uslova uklještenja šipova krajnjih stubova predstavljaju samo mali deo složene problematike koju projektant mora da ima u vidu.

Kod koncipiranja temeljenja na bušenim šipovima na lokacijama koje su teške za temeljenje kao ulazni podaci moraju da se uzmu u obzir stvarna stanja na terenu i sve moguće promene koje mogu nastati u toku izgradnje i eksploatacije.

10.1.4.3 Analiza rezultata

Kontrola rezultata kompjuterskih proračuna je neophodan element analize konstrukcije. U kontroli se proveravaju pretpostavke i granični uslovi uvedeni u proračun, te da li se konstrukcija ponaša u granicama dozvoljenih parametara.

Najvažniji koraci su:

- kontrola toka momenata savijanja,
- kontrola oblika linija deformacija i apsolutnih vrednosti pomeranja (velika pomeranja znače da je pretpostavka o elastičnom ponašanju modela otkazala),
- kontrola oslonačkih sila u tlu (ili kontaktnih pritisaka uz plašt šipa) koje su usled narušenog mehanizma smicanja u tlu, ograničene. Takođe treba posvetiti pažnju i mogućim silama zatezanja u tlu.

Prema potrebi projektant izvodi analizu u više iteracija, sa naglaskom na situacijama na „manje sigurnoj strani“. Sa promenom ulaznih podataka (promena dubine uklještenja šipa i elastičnih osobina slojeva tla) proveravaju se sva granična područja naših pretpostavki koje se u teškim uslovima temeljenja veoma razlikuju.

10.1.4.4 Nosivost šipova u grupi

Za temeljenje na bušenim šipovima je uobičajeno da se oslonci objekata obično temelje na više šipova postavljenih u grupu i povezanih sa naglavnom gredom ili naglavnicom – pločom. Konstrukcijski razlozi kod koncipiranja elemenata oslonaca ograničavaju razmake između šipova zbog čega se ne mogu da se izbegnu međusobni uticaji.

Kod stojećih šipova kod kojih je vertikalna nosivost obezbeđena sa otporom ispod noge šipa, uticaj grupe je relativno mali. Kod šipova kod kojih se nosivost delimično ili u celini obezbeđuje trenjem po plaštu, uticaj grupe postaje priličan. Isto važi i za horizontalnu nosivost šipova.

Kod koncipiranja i analize temeljenja projektant mora da uzme u obzir uticaj grupe i kod jednostavnih uslova temeljenja, te da proveriti red veličina uticaja (uz primenu kompjuterske opreme ili empirijskim jednačinama), dok u slučajevima zahtevnijih temeljenja treba da se uključi i ekspertiza analize stabilnosti.