

SMJERNICE ZA PROJEKTOVANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE I NADZOR NA PUTEVIMA

Knjiga I: PROJEKTOVANJE

Dio 2: PROJEKTOVANJE MOSTOVA

PROJEKTANTSKA SMJERNICA (PS 1.2.6)

Poglavlje 6: LEŽIŠTA

U V O D

Ako se ne može izvesti čvrsta veza gornje konstrukcije i stubova, onda se upotrebljavaju ležišta koja omogućavaju prenos samo odabranih sila i momenata.

Smjernica PS 1.2.6 daje usmjerenja i podatke za izbor ležišta projektovanje, ugrađivanje i održavanje ležišta na objekima. Smjernica obrađuje savremena najčešće upotrebljavana ležišta za mostove, kao i konstruisanje vrhova stubova za postavljanje ležišta.

S A D R Ž A J

| | |
|---|----|
| 1. PREDMET PROJEKTANTSKE SMJERNICE | 5 |
| 2. REFERENTNI NORMATIVI | 5 |
| 3. TUMAČENJE IZRAZA | 5 |
| 4. KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA | 5 |
| 5. SISTEMATIZACIJA LEŽIŠTA | 6 |
| 6. PODUPIRANJE | 8 |
| 7. SAVREMENA LEŽIŠTA OBJEKATA | 8 |
| 7.1 Nepomično betonsko zglobno ležište | 9 |
| 7.2 Armirana elastomerna ležišta | 11 |
| 7.2.1 Vrste ležišta | 11 |
| 7.2.2 Sastav ležišta | 11 |
| 7.2.3 Karakteristike ležišta | 11 |
| 7.3 Lončana ležišta | 12 |
| 7.3.1 Vrsta lončanih ležišta | 12 |
| 7.3.2 Sastav ležišta | 13 |
| 7.3.3 Karakteristike ležišta | 13 |
| 8. IZBOR LEŽIŠTA | 13 |
| 8.1 Parametri za izbor ležišta | 13 |
| 8.1.1 Statički parametri | 13 |
| 8.1.2 Konstruktivni parametri | 13 |
| 8.1.3 Opšti parametri | 13 |
| 8.2 Nosivost ležišta | 13 |
| 8.3 Pokretljivost ležišta (pomjeranja i zasuci) | 13 |
| 8.4 Dimenzioniranje ležišta | 13 |
| 8.5 Projektantski podaci o ležištima | 14 |
| 8.6 Projekat ležišta | 14 |
| 8.7 Podaci koje mora obezbijediti izvođač objekta prije ugrađivanja ležišta | 14 |
| 9. KONSTRUKTIVNI USLOVI ZA OBLIKOVANJE KONSTRUKCIJE U PODRUČJU LEŽIŠTA I ZGLOBOVA | 16 |
| 10. PREUZIMANJE, USKLADIŠTENJE, UGRAĐIVANJE, ODRŽAVANJE I ZAMJENA LEŽIŠTA | 19 |
| 10.1 Preuzimanje | 19 |
| 10.2 Uskladištenje | 20 |
| 10.3 Ugrađivanje | 20 |
| 10.4 Održavanje | 20 |
| 10.5 Zamjena ležišta | 20 |
| 10.6 Zapisnik o ležištu | 20 |

1. PREDMET PROJEKTANTSKE SMJERNICE

Osnovna namjena smjernice je odrediti vrstu ležišta, dati preporuke za njihovu upotrebu za različite načine oslanjanja, dati uslove i postupak određivanja savremenih ležišta, oblikovanje konstrukcije u području ležišta i način preuzimanja, deponovanja, uskladištenja, ugrađivanja, održavanja i zamjene.

Projektantska smjernica je namenjena za gredne mostove sa rasponima do 150m.

2. REFERENTNI NORMATIVI

Smjernica PS 1.2.6 se oslanja na DIN 4141, Njemačke norme za ležišta. Domaće norme za savramena ležišta ne postoje.

U budućnosti biće potreban prelaz na evropske norme EN 1337-1 do EN 1337-11 koje obuhvataju i obrađuju svu problematiku ležišta.

3. TUMAČENJE IZRAZA

Ležište je konstruktivni elemenat koji omogućava prenos izabranih sile sa gornje na donju konstrukciju.

Podupiranje označava oslanjanje konstrukcije u širem značenju.

Armirano elastomerno ležište izrađeno je iz gume (polikloropren sa min. 60 % elastomera) koja je armirana sa čeličnim pločama.

Lončano ležište je ležište koje se sastoji iz čeličnog lonca izpunjen sa elastomerom.

Sferno ili kalotno ležište je ležište koje se sastoji iz čeličnih udubljenih ili izbočenih elemenata koji sa međusobnim klizanjem omogućavaju rotaciju tačke podupiranja.

Tačkasto ležište je ležište koje omogućava zasuke oko tačke podupiranja.

Linijsko ležište je ležište koje omogućava zasuke oko linije podupiranja.

Zglobno ležište je ležište koje omogućava zakretanje uz pomoć mehaničkih elemenata – zglobova.

Ležište za horizontalne sile je ležište koje omogućava prenos horizontalnih sila.

Armturni zglob je dio betonske konstrukcije koji je oblikovan i armiran tako, da djeluje kao tačkasto ili linijsko ležište.

Nosivost ležišta je najveće dopušteno opterećenje ležišta.

Pokretljivost ležišta je sposobnost ležišta da omogući relativna pomjeranja ili zaokretanja gornje konstrukcije.

Kvader – postolje ležišta je dio betonske konstrukcije na koju se ugrađuje ležište.

4. KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA

Ležišta povezuju različite dijelove konstrukcije, a da pri tome prenose samo određene – izabrane sile odnosno momente. Prenos drugih sila se u potpunosti ili djelomično isključuje uz mogućnost izvršenja određenih pomjeranja ili zaokretanja.

Ležišta za mostove moraju:

- preuzimati vertikalne i horizontalne sile reakcija rasponske konstrukcije i prenijeti ih na stubove i krajnje upornjake;
- omogućavati deformacije rasponske konstrukcije u vidu zaokretanja koje nastaje kao posljedica nagiba elastičnih linija savijanja nosača;
- omogućavati pomjeranje rasponske konstrukcije u smjeru ose objekta, a kod širokih objekata i u poprečnom smjeru.

Projektantu se omogućava da sa pravilnim izborom ležišta, kao srestva za prenos izabranih unutrašnjih statičkih količina, optimira datu konstrukciju, pošto pravilan izbor ležišta ima uticaj na unutrašnje sile i na deformabilnost konstrukcije, a sa tim na njenu cijenu, trajnost i upotrebljivost.

Ležišta omogućavaju deformacije gornje i donje konstrukcije prema zahtjevima opterećenja (temperatura, skupljanje, tečenje, deformacije radi prednaprezanja), a da pri tome ne nastupe štetna opterećenja po konstrukciju. Pri izvršavanju ovih funkcija nastupaju za ležišta, unutrašnje sile (veličina tih sila zavisi od vrste ležišta) koje su posljedica različitih deformacija gornje i donje konstrukcije.

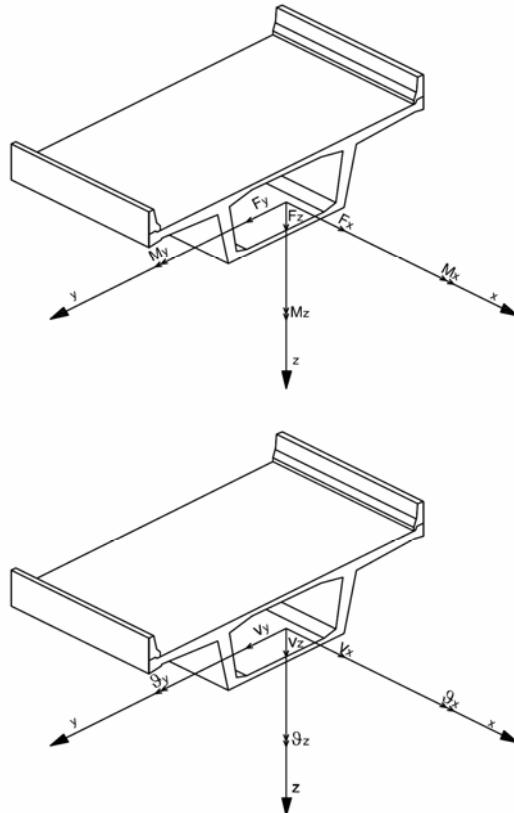
Elastično-deformabilna ležišta (elasto-merna, čelični prigušivači sa oprugama, ...) omogućavaju konstrukciji da se odazove na dinamičke uticaje. Sa njima se može dio konstrukcije dinamično isključiti - izolovati. Ova mogućnost je jako važna kod izgradnje i upotrebe objekata u blizini jako osjetljivih zgrada odnosno, ako želimo određeni objekat izolovati na uticaj potresa i tako konstrukciji omogućiti da bez oštećenja prenese predviđeni potres u elastičnom stanju.

Kod određenih konstruktivnih sistema (kontinuirana gornja konstrukcija) mogu se pojaviti diferenčna slijeganja temelja pojedinih stubova. Da bi se deformacije rasponske konstrukcije zadržale u dozvoljenim granicama potrebno je izvršiti korekciju visine sa ugrađivanjem novih ili vađenjem postojećih čeličnih pločica ispod ležišta uz prethodno podizanje konstrukcije sa hidrauličkim dizalicama.

Kod izgradnje mostova po sistemu potiskivanja ili u slučajevima kada treba premaknuti velike i teške građevinske elemente, mogu se upotrijebiti klizna ležišta koja omogućavaju horizontalna pomjeranja.

5. SISTEMATIZACIJA LEŽIŠTA

Na dodirnim tačkama dva dijela konstrukcije mogu se pojaviti 6 unutrašnjih sila (F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z) i šest relativnih pomjeranja (V_x , V_y , V_z , ϑ_x , ϑ_y , ϑ_z) – to su prostorski stepeni ležišta.



Slika 1: Unutrašnje sile i pomjeranja

Pojedinačni tip ležišta omogućava prenos određenih sila i određenih relativnih pomjeranja. Princip djelovanja je slijedeći: glavne unutrašnje sile (očekivane sile) ležište prenosi po principu sprečavanja odgovarajućih relativnih pomjeranja odnosno zasuka, a istovremeno omogućava obavljanje ostalih relativnih pomjeranja i zakretanja. U takvim slučajevima nastupaju takozvane usiljene unutrašnje sile koje su po veličini ograničene i zavise od vrste ležišta.

Tabela 1: Oznaka ležišta

| Br. | Simbol | Oznaka | Tip i funkcija | Pomjeranje | | | | Glavne unutrašnje sile relativna pomjeranja | | | | Vrste ležišta (primjeri) | | | | Br. | |
|-----|--------|--------|------------------------------------|------------|-----------------------|----------------|-----------------------|--|----------------|----------------|----------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|--|----|
| | | | | opšti | x-smjer | y-smjer | z-smjer | v _z | F _z | v _y | F _y | v _x | F _x | v _y | F _y | v _x | |
| 1 | □ | V2 | dvoosni | elastičan | | | | v _z | F _z | v _y | F _y | | | | | elastomerno ležište (EL) | 1 |
| 2 | □ | V1 | deformabilno ležište | jednoosni | | | | v _z | F _z | | | | | | | EL s fiksnom konstrukcijom za jednu osu | 2 |
| 3 | □ | V | | | bez pomjeranja | bez pomjeranja | bez pomjeranja | F _z | | F _y | | | | | | EL s fiksnom konstrukcijom za dvije ose | 3 |
| 4 | ↓↑ | VG1 | | jednoosni | klijni i elastičan | | | v _z | | v _y | | v _x | | | | EL s jednoosnim klijnim dijelom I fiksnom konstr. uk. za drugu osu | 4 |
| 5 | ↔↑ | VG2 | deformabilno klijno ležište | dvoosni | | | | v _z | | v _y | | v _y | F _y | | | EL sa dvoosnim klijnim dijelom | 5 |
| 6 | ↔ | VGE2 | | dvoosni | elastičan | | | v _z | | v _y | | v _y | F _y | | | EL s jednoosnim klijnim dijelom | 6 |
| 7 | ○ | P | | | bez pomjeranja | bez pomjeranja | bez pomjeranja | F _x | | F _y | | F _x | | | | lončano ležište, EL sa fiks.konstr. za dvije ose, kaljno ležište, čelično tačkasto ležište | 7 |
| 8 | ↔○ | P1 | tačkasto zasučeno ležište | jednoosni | klijni ili kotrlajući | | | v _x | | v _y | | v _x | | | | jednoosno pomično ležište kao pri 7 | 8 |
| 9 | ↔○ | P2 | | dvoosni | | | | v _x | | v _y | | v _y | | | | jednoosno pomično ležište kao pri 7 | 9 |
| 10 | ■ | L | | | bez pomjeranja | bez pomjeranja | bez pomjeranja | F _z | | F _y | | v _z | | | | betonsko zglobovno ležište, čelično linjsko ležište | 10 |
| 11 | ■ | L1 | | jednoosni | klijni ili kotrlajući | | | v _z | | v _y | | | | | | uzdužno pomično linjsko ležište | 11 |
| 12 | ■ | L1q | linjsko zasučno ležište | jednoosni | | bez pomjeranja | klijni ili kotrlajući | F _z | | v _y | | M _x | | | | poptrečno pomično linjsko ležište | 12 |
| 13 | ↔■ | L2 | | dvoosni | klijni ili kotrlajući | | | v _x | | | | | | | | dvoosno pomično linjsko ležište | 13 |
| 14 | ↔■ | H1 | ležište za preuzimanje horiz. sila | jednoosni | klijni | bez pomjeranja | klijni | F _y | | v _z | | v _x | | | | jednoosovo nep. usmjereni ležište ne preuzima vertikalne sile i momente | 14 |
| 15 | ○ | H | | | bez pomjeranja | bez pomjeranja | bez pomjeranja | F _x | | | | | | | | nepomično ležište, ne preuzima vertikalne sile i momente | 15 |

Statičko i kinematično označavanje ležišta dato je po "DIN 4141 Teil 1" (septembar 1984) gdje su pojedini tipovi ležišta sistematski razvrstani prema glavnim unutrašnjim silama i prostorskim stupnjima. U smjeru svakog prostorskog stupnja treba uzeti u obzir djelovanje odgovarajuće sekundarne – unutrašnje sile. Kod ležišta koja pretežno preuzimaju vertikalna opterećenja potrebno je izabrati "z" os u smjeru vertikalnog opterećenja tako da ležišta sa silama zatezanja u "z" smjeru prestavljaju poseban primjer, dok opterećenja F_x , F_y i moment M_x imaju promjenljiv predznak. Svi tipovi ležišta po DIN 4141 podjeli ističu prostorski stupanj 9_z . U ovakvim primjerima pretpostavlja se da ležišta ne mogu preuzimati momente M_z . Pošto su neka ležišta osjetljiva na zasuk 9_z potrebno je provjeriti da li izabran ležište odgovara izabranom sistemu podupiranja.

6. PODUPIRANJE

Podupiranje konstrukcije ima značajnu ulogu i utiče na trajnost, funkcionalnost i ekonomičnost objekta. U slučajevima u kojima je to moguće treba upotrijebiti čvrstu vezu gornje i donje konstrukcije. Upotreba ležišta je neophodna kod dužih i zahtjevnijih objekata. U ovakvim slučajevima koncept podupiranja mora odgovarati statičkom sistemu i uzeti u obzir karakteristike upotrebljenih ležišta.

Savremena podupiranja obezbijeđuju:

- ležišta koja omogućavaju zasuke u svim smjerovima;
- koncept objekta koji omogućava deformacije konstrukcije u poprečnom smjeru sa minimalnim usiljenim silama, npr. tako da se u jednoj osi ležišta upotrijebi samo jedno ležište koje je nepokretno u poprečnom smjeru, ostala ležišta su pokretna u svim smjerovima.

Osnovni koncepti izbora podupiranja u odnosu na tlocrtnu osnovu opisani su u PS 1.2.1

Na osloncima na kojima se predviđaju veća slijeganja, odnosno u slučajevima u kojima ne poznamo tačne geološke-geomehanične podatke ili su ti podaci nesigurni, upotrebljavaju se ležišta koja mogu preuzeti dodatna pomjeranja ili slijeganja bez pojava većih usiljenih sile. U ovakvim slučajevima mogu se upotrijebiti i ležišta koja se mogu prilagođavati nastalim slijeganjima koja se obave u dužem vremenskom periodu (npr. sa

dodavanjem ili oduzimanjem čeličnih pločica).

Nepokretno betonsko zglobno ležište (armirano betumski zglob) se često upotrebljava za povezivanje gornje i donje konstrukcije, pošto se ne očekuju velika pomjeranja (pri kraćim objektima ili na srednjem dijelu dugih objekata), a krutost stubova bi mogla prouzrokovati pojavu velikih momenata u stubovima. AB zglob izvodi se na vrhu stuba, a može se izvesti na dnu ili na oba kraja stuba. AB zglob se ne upotrebljava na mjestima na kojima se očekuju veća slijeganja temelja podupora.

Za obezbijedenje pravilnog podupiranja potrebno je odabrati:

- pravilan koncept podupiranja;
- tačno određivanje predviđenih maksimalnih momenata, sile, pomjeranja i zasuka;
- pravilan izbor ležišta;
- pravilno ugrađivanje ležišta.

Ako želimo da konstrukcija djeluje kao što je to projektant zamislio moraju se u cijelosti ispuniti navedeni uslovi. Ako ležište nije pravilno ugrađeno onda ni podupiranje ne može biti odgovarajuće. Radi toga treba obezbijediti uslove na osnovu kojih će izvođač dobiti tačan plan ugrađivanja ležišta sa svim potrebnim podacima o ležištima, položajima, smjerovima i veličinama predviđenih pomjeranja. Samo sa ozbiljnim pristupom i uz kvalitetno obavljeni nadzor može se očekivati kvalitetno ugrađivanje i funkcionisanje ležišta.

7. SAVREMENA LEŽIŠTA OBJEKATA

Savremena ležišta objekata mogu se podijeliti u skupine prema tabeli 2.

Teoretski se sile prenose preko kontaktnih tačaka, linija ili površina. U prva dva slučaja prenos sile obavlja se preko čeličnih dijelova koji mogu primiti velike napone, dok se u trećem slučaju za prenos sile mogu upotrijebiti elastomjeri.

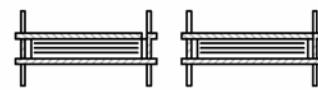
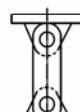
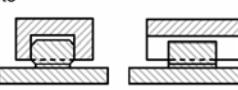
Rotaciju ležišta omogućava pomjeranje ploče po kugli (u svim smjerovima) ili valjku (u jednom smjeru), odnosno klizanje između kuglasto oblikovanim čeličnim izbočenjem i udubljenim dijelom ležišta, a kod neoprenskih ležišta deformacijom elastomernog dijela.

Pomjeranja u ležištu ostvaruju se pomoću elastične deformacije elastomernog dijela

(za mala pomjeranja) ili sa međusobnim klizanjem dva elementa ležišta. U drugom slučaju se upotrebljava teflon (PTFF) na kontaktu dvije površine i nerđajući čelik.

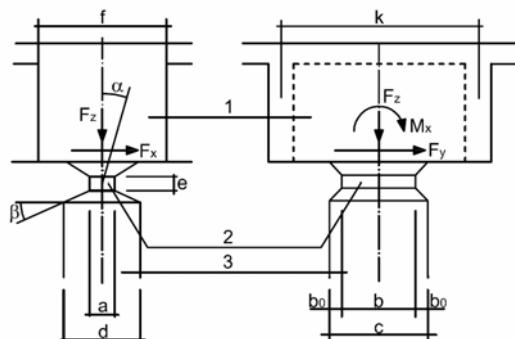
Pored ležišta prikazanih u tabeli 2, u praksi se često upotrebljavaju nepomična betonska zglobna ležišta, koji je obrađen u tački 7.1.

Tabela 2: Osnovne grupe ležišta

| Ležišta | Standardni tip | Kombinacije | |
|-----------------------------|-------------------------------|--|---|
| Elastomjerna | Armirano elastomjerno ležište | Elastomjerno ležište sa spriječenim pomjeranjima |  |
| | Sidrano elastomjerno ležište | | |
| Lončna | Lončno ležište | Klizno lončno ležište | Jednoosovinsko klizno lončno ležište |
| Zaobljena (sferna, kalotna) | Slobodno zaobljeno ležište | Nepomično zaobljeno ležište | Jednoosovinsko pomično |
| Tačkasta | Tačkasto nepomično ležište | Klizno ležište | Jednoosovinsko klizno |
| Linjska | Linjsko ležište | Kotrljajuće ležište | |
| Zglobna | |  | Kardanski zglob |
| Za horizontalne sile | | Usmjereni ležište |  |

7.1 Nepomično betonsko zglobno ležište

Konstrukcija:
 1 poprečni nosač
 2 područje suženja
 3 stubovi - potpore



Upotrebljeni materijali:

Beton MB 40, vruće cinkovana rebrasta armatura RA 400/500-2

Dimenzije zgloba:

$$A_{G,\max} = a \cdot b = \frac{F_{z,D}}{2\alpha_{dej} \sqrt{\beta_{w28}}}$$

$$A_{G,\min} = \frac{F_{z,\max}}{0.85\beta_{w28} \left[1 + \lambda \left(1 - 2.35\eta \frac{\alpha_{dej}}{\sqrt{\beta_{w28}}} \right) \right]}$$

$$\eta = \frac{F_{z,\max}}{F_{z,D}},$$

$$\lambda = 1.2 - 4 \frac{a}{d} \leq 0.8,$$

$$\alpha_{dej} = \frac{\alpha_0}{2} + \alpha_1$$

| | |
|----------------|---|
| α_0 | zasuk radi prednapenjanja, skupljanja i tečenja |
| α_1 | zasuk radi i temperature, prometnog opterećenja, itd. |
| $F_{z,\max}$ | maksimalna normalna sila |
| $F_{z,D}$ | normalna sila od stalnog opterećenja |
| A_G | presjek armature zgloba |
| $\beta_{w,28}$ | otpornost kocke na pritisak poslije 28 dana |

Dodatni uslovi:

$$a \leq 0.3 d, \quad a \leq 0.4b, \\ b_0 \geq 0.7a, \\ b \dots \text{proizvoljno}$$

Konstruktivna visina:

$$e \leq 0.2a, \quad \leq 4 \text{ cm} \\ \operatorname{tg}\beta \approx 1/8$$

Područje vertikalne nosivosti:

$$F_{z,D} \leq F_z \leq F_{z,\max}$$

Opterećenje rušenja:

$$F_{z,Br} = 3\sqrt{\frac{d}{a}} 0.75 \beta_{w,28} ab + \sigma_{02} A_s$$

A_s presjek armature u zglobu

Područje horizontalne nosivosti:

- $F_h \leq 1/8 F_z$ posebne intervencije nisu potrebne
- $F_h \leq 1/4 F_z$ admirati po konstruktivnom principu sa ravnim šipkama (trnovima)
- $F_h > 1/4 F_z$ treba izbjegavati (sa prednapenjanjem zgloba mogu se prilike popraviti)

Područje preuzimanja momenata u poprečnom smjeru:

$M_x \leq 1/6 bF_z$ posebne mjere nisu potrebne
 $M_x \leq 1/6 bF_z$ zahtijeva se specijalni dokaz napona i specijalne konstruktivne mjere (gleđaj literaturu)

Ugao zaokreta:

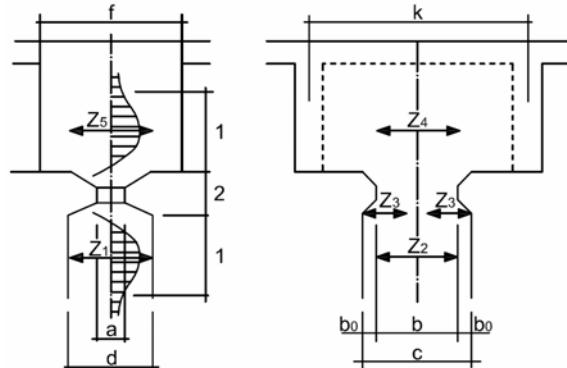
$$\alpha_{dop} = \frac{F_z}{2A_G \sqrt{\beta_{w28}}}, \quad F_{z,D} \leq F_z \leq F_{z,\max}$$

Povratni momenat:

$$M_{y,R} = \frac{F_z a}{2} \left(1 - \frac{2}{9} \sqrt{\frac{F_z}{\alpha A_G \sqrt{\beta_{w28}}}} \right)$$

Ako armaturni zglob još nije ispucao i ako su u njemu ugrađene centrične armaturne šipke (trnovi) može momenat $M_{x,R}$ postati veći.

Armiranje zgloba:



1 ... sidrenje ~ 30 °

2 ... vruće cinkovane šipke armature (trnovi)

Rascjepne sile:

$$Z_1 = 0.3 F_{z,\max} \\ Z_2 = 0.3 (1-b/c) F_{z,\max} \\ Z_3 = 0.03 a/b F_{z,\max} \\ Z_4 = 0.3 (1-b/k) F_{z,\max}$$

Područje upotrebe:

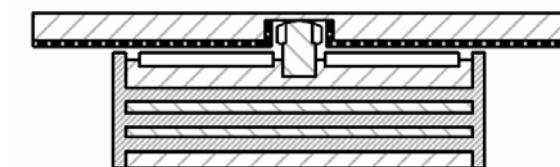
Za sve objekte, ako su izvodljiva linjska ležišta, za njihajuće stubove i zidove. Primjena dolazi u obzir samo u slučajevima u kojima nisu potrebna kasnija izravnavanja ležišta (npr. radi slijeganja).

7.2 Armirana elastomerna ležišta

7.2.1 Vrste ležišta

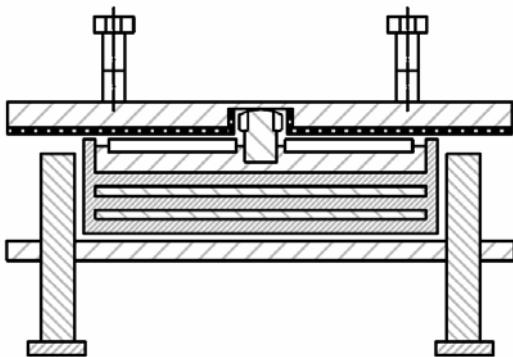
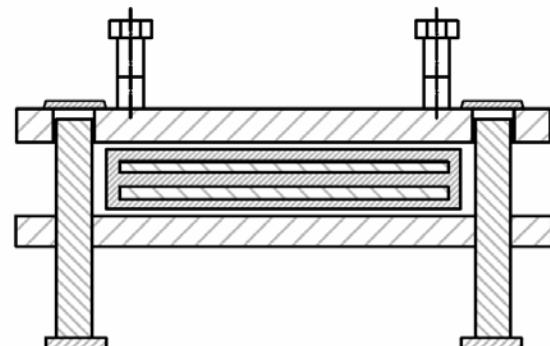
7.2.1.1 Bez funkcije klizanja

- elastično pokretno u svim pravcima

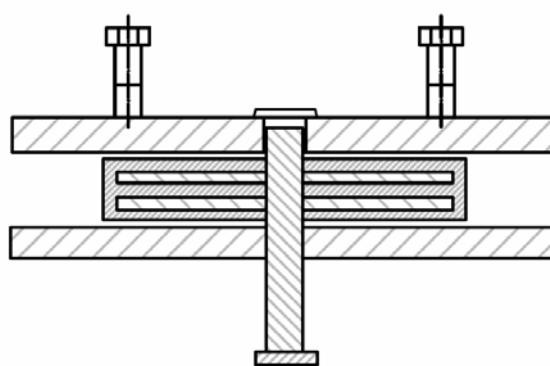


- u poprečnom pravcu nepokretno u uzdužnom pravcu elastično i klizno pokretno ležište (VG1)

- elastično pokretno u jednom pravcu

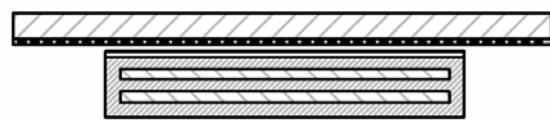


- nepokretno



7.2.1.2 Sa funkcijom klizanja

- u svim pravcima elastično i klizno pokretno ležište (VG2)



- u poprečnom pravcu nepokretno u uzdužnom pravcu elastično i klizno pokretno ležište (VGE2)

7.2.2 Sastav ležišta

Savremena armirana elastomerna ležišta izrađena su iz:

- vanjskog sloja elastomera, koji služi za zaštitu čeličnih ploča od korozije
- unutrašnjih slojeva elastomera koji omogućavaju rad ležišta
- čeličnih vulkaniziranih ploča koje spriječavaju poprečna raztezanja, a omogućavaju velika opterećenja tih ležišta

Ležišta sa kliznom funkcijom imaju klizne ploče sa specijalno izvedenim kliznim ploham (nerđajuća čelična ploha u kontaktu sa teflonom (PTFE)).

7.2.3 Karakteristike ležišta

Elastomerno ležište može preuzimati i horizontalne sile, ali one ne smiju stalno djelovati. Usljed djelovanja ovih sila nastupaju pomjeranja, koja su potrebna za nastanak povratne sile. Pošto se ova sila prenosi trenjem onda se na ležište mora obezbijediti minimalni pritisak koji nastaje od vertikalnog opterećenja.

Povratna horizontalna sila:

$$H = A \cdot G \cdot v/h; \quad \frac{v}{h} = \tan \gamma$$

V horizontalno pomjeranje uslijed djelovanja sile H
 h ukupna visina (debljina) elastomernih slojeva
 G modul elastičnosti na smicanje
 A tlocrtna površina ležišta

Tlocrtne dimenzije

- pravougaona ležišta: od 100x100 do 900x900 mm,
- okrugla ležišta: od \varnothing 200 do 900 mm

Konstruktivna visina: od 14 do 332 mm

Nosivost – vertikalna: od 100 do 12150 kN

Ugao zaokreta: od 1 % do 36 %

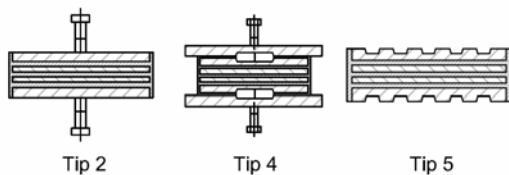
Dozvoljeni pritisci na ležište

| Tlocrt ležišta mm | Dopušteni pritisak MPa |
|------------------------------------|------------------------|
| do 150 x 200, do \varnothing 200 | 10,0 |
| do 250 x 400, do \varnothing 350 | 12,5 |
| veće dimenzije | 15,0 |

Minimalni (potrebni) pritisak na ležište

| Tlocrt ležišta mm | Minimalni pritisak MPa |
|------------------------------------|------------------------|
| do 350 x 400, do \varnothing 350 | 3,0 |
| veće dimenzije | 5,0 |

Ako se ne mogu obezbijediti minimalni pritisci, onda se upotrebljava jedan od sljedećih tipova sidranih elastomernih ležišta.



Tipovi sidranih elastomernih ležišta

Radi povećanja nosivosti ili veličine pomjeranja nije dozvoljeno sastavljanje pojedinačnih blokova elastomernih ležišta.

Posebne karakteristike

- male konstruktivne visine,
- jednostavno ugrađivanje,
- ravnomjeran raspored pritisaka na beton,
- uslijed vertikalnog opterećenja dolazi do stiskanja (promjena visine – vertikalno ulegnuće),
- radi horizontalnih pomjeranja aktiviraju se povratne usiljene sile, upotrebljavaju se u temperaturnom području od -30° C do $+70^{\circ}$ C,

- na istoj podupori ne smije se vršiti kombinacija sa čeličnim ili lončanim ležištimi.

Zamjenljivost:

Radi kraćeg vijeka trajanja elastomera, mora se obezbijediti zamjenljivost armiranih elastomernih ležišta.

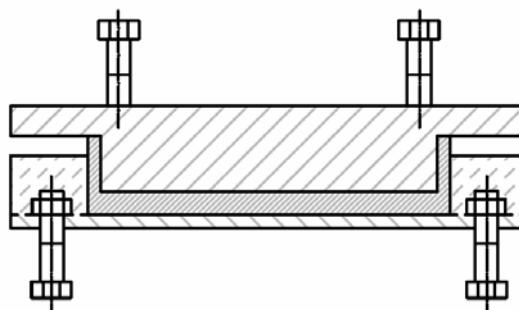
Područje upotrebe:

Ako ne obavljaju funkciju klizanja onda se upotrebljavaju za sve objekte manjih do srednjih raspona naročito za široke i kose objekte te u srednjem dijelu dužih objekata. Ako imaju i funkciju klizanja onda se upotrebljavaju u svim slučajevima u kojima se želi primijeniti kombinacija klizne i elastično pokretna funkcije odnosno, ako se kombinuju elastično pokretna i klizna ležišta.

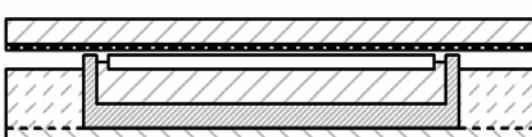
7.3 Lončana ležišta

7.3.1 Vrsta lončanih ležišta

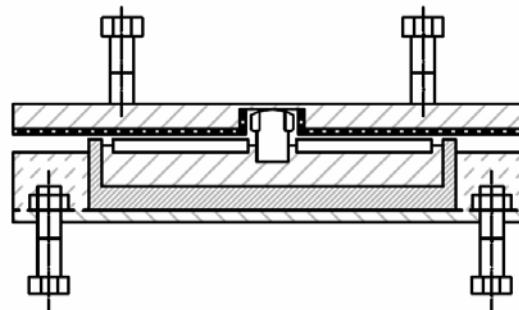
- nepokretno (P)



- klizno pokretno u svim pravcima (P2)



- nepokretno u poprečnom pravcu, u uzdužnom klizno pokretno ležište (P1)



7.3.2 Sastav ležišta

- čelični lonac
- elastomerni jastuk
- poklopac lonca

7.3.3 Karakteristike ležišta

Tlocrte dimenzije: od \varnothing 290 do \varnothing 1910mm
Konstruktivna visina: od 65 do 210 mm

Nosivost:

- vertikalna: od 1000 do 50.000 kN
- horizontalna: od 100 do 2.500 kN

Zasuk: Ova ležišta mogu se zasukati u svim pravcima do 10 %.

8. IZBOR LEŽIŠTA

8.1 Parametri za izbor ležišta

Izbor tipa ležišta određuje se sa izborom vrste podupiranja konstrukcije. Kod izbora ležišta moraju se uzeti u obzir slijedeći statički, konstruktivni i opšti parametri.

8.1.1 Statički parametri

- vertikalne sile koje djeluju na ležište – minimalne, maksimalne i stalne;
- horizontalne sile u uzdužnom i poprečnom smjeru;
- potrebni zasuki i broj mogućih pomjeranja;
- potrebni zasuki i broj mogućih zasuka;
- pomjeranja i zasuci;
- sigurnost protiv promjene položaja;
- vremenski razvoj pomjeranja;
- veličina usiljenih sile koje konstrukcija može preuzeti.

8.1.2 Konstruktivni parametri

- materijal gornje konstrukcije objekta;
- tehnologija građenja gornje konstrukcije;
- prostorske prilike na krajnjim upornjacima, stubovima i gornjoj konstrukciji;
- izravnavanje – ujednačavanje slijeganja potpora.

8.1.3 Opšti parametri

- ugrađivanje ležišta,
- održavanje ležišta,
- zamjena ležišta,
- ekonomičnost:
- izgled.

8.2 Nosivost ležišta

Nosivost ležišta u horizontalnom i vertikalnom smjeru (uzdužno i poprečno) određuje se na osnovu maksimalnih sila koje djeluju na ležište.

8.3 Pokretljivost ležišta (pomjeranja i zasuci)

Potrebna pokretljivost ležišta određuje se iz dole navedenih uticaja. Kod trajnih opterećenja (vlastita težina i prednaprezanje) moraju se uzeti u obzir plastične deformacije (tečenje i skupljanje).

Uticaji koji određuju potrebne zasuke:

- deformacije gornje konstrukcije koje nastaju od uticaja vlastite težine, prednaprezanja, prometnog opterećenja, slijeganja, temperturnih promjena i skupljanja;
- zasuk glave stuba radi pomjeranja.

Uticaji koji određuju potrebna pomjeranja u uzdužnom i poprečnom smjeru:

- deformacije gornje konstrukcije koje nastaju od uticaja prednaprezanja, konstantnog temperturnog njihanja (po čitavom presjeku), konstantnog skupljanja, pomjeranja krajnjih upornjaka, zasuka nosača.
- pomjeranje glave stuba kod "elastičnog podupiranja" koje nastaje uslijed djelovanja sile kočenja, vjetra i sile trenja.

8.4 Dimenzioniranje ležišta

Savremena ležišta su industrijski proizvodi. Dimenzioniranje ležišta prepušta se stručnjacima koji uzimaju u obzir sve podatke dobivene od projektanta objekta. Ovi podaci su navedeni u tački 8.5. Izuzetak čini armaturni zglob čije konstruisanje i dimenzionisanje obavlja projektant objekta. Postupak za dimenzioniranje armaturnog zgloba opisan je u tački 7.1.

Projektant mora obezbijediti siguran prenos sile sa ležišta u donju i gornju konstrukciju (poprečni nosač). Naročitu pažnju mora posvetiti određivanju odgovarajuće armature koja preuzima sile cijepanja.

8.5 Projektantski podaci o ležištima

Podloge i podaci na osnovu kojih izvođač odabere konkretna ležišta (od poznatog proizvođača) su (primjer slika 2 i tabela 3):

- tlocrtna shema namještanja ležišta sa označenim pozicijama svakog ležišta, oznakom ležišta, smjerom namještanja (važno kod objekata u krivini i kod širokih objekata), veličinom i smjerom prethodnog namještanja;
- vertikalne sile: stalne, maksimalne i minimalne;
- horizontalne sile: maksimalne u uzdužnom i poprečnom smjeru;
- pomjeranja: maksimalni u uzdužnom odnosno uzdužnom i poprečnom smjeru (pokretna u jednom, odnosno u svim pravcima);
- zakretanje: maksimalno u uzdužnom i poprečnom smjeru;
- prethodna namještanja (za klizna ležišta) za prepostavljenu temperaturu ugrađivanja i potrebne promjene prethodnog namještanja pri temperaturi ugrađivanja koja se razlikuje od prepostavljene.

8.6 Projekat ležišta

Odabrani proizvođač ležišta izrađuje projekat ležišta, koji mora sadržati:

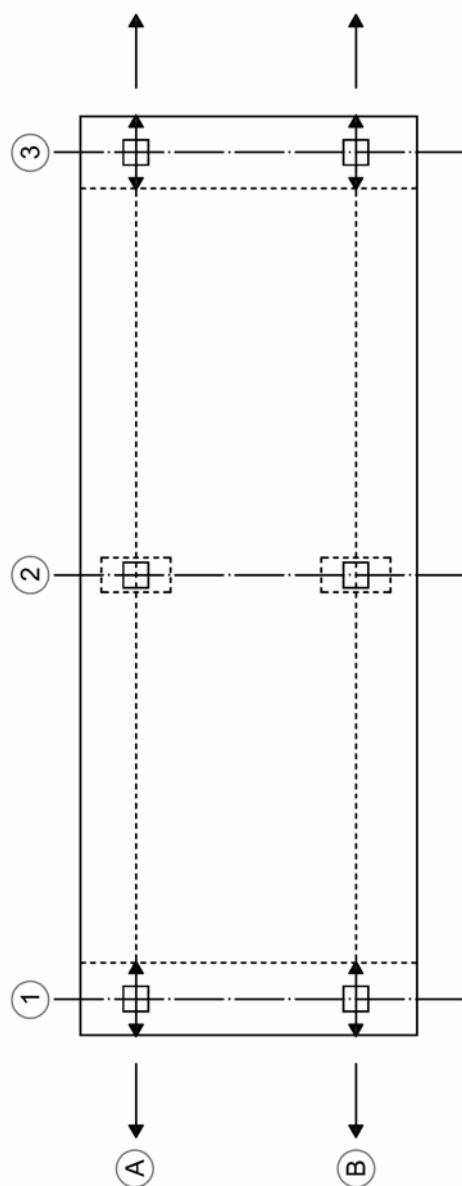
- nacrt namještanja ležišta sa tačnim oznakama za svako pojedinačno ležište;
- nacrte pojedinih ležišta;
- upustva za ugrađivanje, održavanje i zamjenu ležišta.

Projekat ležišta izvođač dostavlja projektantu na ovjeru.

8.7 Podaci koje mora obezbijediti izvođač objekta prije ugrađivanja ležišta

Prije ugrađivanja ležišta izvođač mora obezbijediti sljedeće podatke i dokumente koji osiguravaju da izabrano ležište odgovara projektovanom, da ima atest i da se nalazi u bezpriječnom stanju:

- od projektanta potvrđen projekat ležišta koga je izradio proizvođač ležišta;
- potvrdu da svi tipovi ležišta odgovaraju namjeni za određeni objekat;
- atesti-sertifikati za ležišta i dijelove ležišta
- zapisnik o preuzimanju ležišta.



Slika 2: Tlocrtna shema namještanja ležišta

Tabela 3 : Podaci o ležištima

| Pozicija | Tip ležišta | Vertikalna sila F_z (kN) | | | Horizontalna sila (kN) | | | Maksimalan zasuk (%) | | | Ukup.pomjer. (cm) | Prethodno namještanje - centriranje (cm) | Promjena za $\Delta T = \pm 10^{\circ}\text{C}$ |
|----------|-------------|----------------------------|------|------|------------------------|----------------|---------------|----------------------|-------|-----|-------------------|--|---|
| | | stalno | max. | min. | poduzna F_x | poprečna F_y | poduzan u_y | poprečan u_x | v_x | | | | |
| A1 | VGE2 | 700 | 1000 | 500 | - | 50 | 5 | 3 | 15.0 | 7.1 | +/- 0.9 | +/- 0.9 | |
| B1 | VGE2 | 700 | 1000 | 500 | - | 50 | 5 | 3 | 15.0 | 7.1 | +/- 0.9 | +/- 0.9 | |
| A2 | V2 | 1400 | 2100 | 1200 | 45 | 65 | 3 | 3 | 6.0 | - | - | - | |
| B2 | V2 | 1400 | 2100 | 1200 | 45 | 65 | 3 | 3 | 6.0 | - | - | - | |
| A3 | VGE2 | 700 | 1000 | 500 | - | 50 | 5 | 3 | 15.0 | 7.1 | +/- 0.9 | +/- 0.9 | |
| B3 | VGE2 | 700 | 1000 | 500 | - | 50 | 5 | 3 | 15.0 | 7.1 | +/- 0.9 | +/- 0.9 | |

9. KONSTRUKTIVNI USLOVI ZA OBЛИKOVANJE KONSTRUKCIJE U PODRUČJU LEŽIŠTA I ZGLOBOVA

Za pravilno funkcionisanje ležišta trebaju biti ispunjeni određeni konstruktivni uslovi (slike 3, 4 i 5). Koji omogućavaju pravilan položaj ležišta, predviđena pomjeranja i zakretanja, kontrolu, održavanje i zamjenu ležišta.

Razlikujemo opšte i posebne konstruktivne uslove. Prvi se moraju ispuniti bez obzira na vrstu upotrijebljenih ležišta, o drugi zavise od vrste ležišta. Prvi će biti opisani u ovom poglavlju dok će drugi biti pojedinačno opisani.

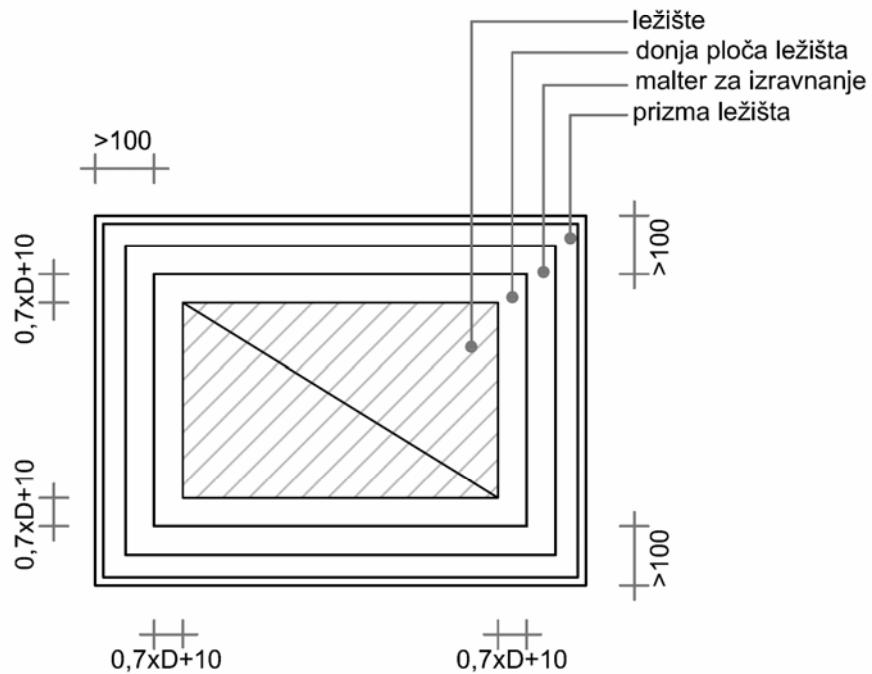
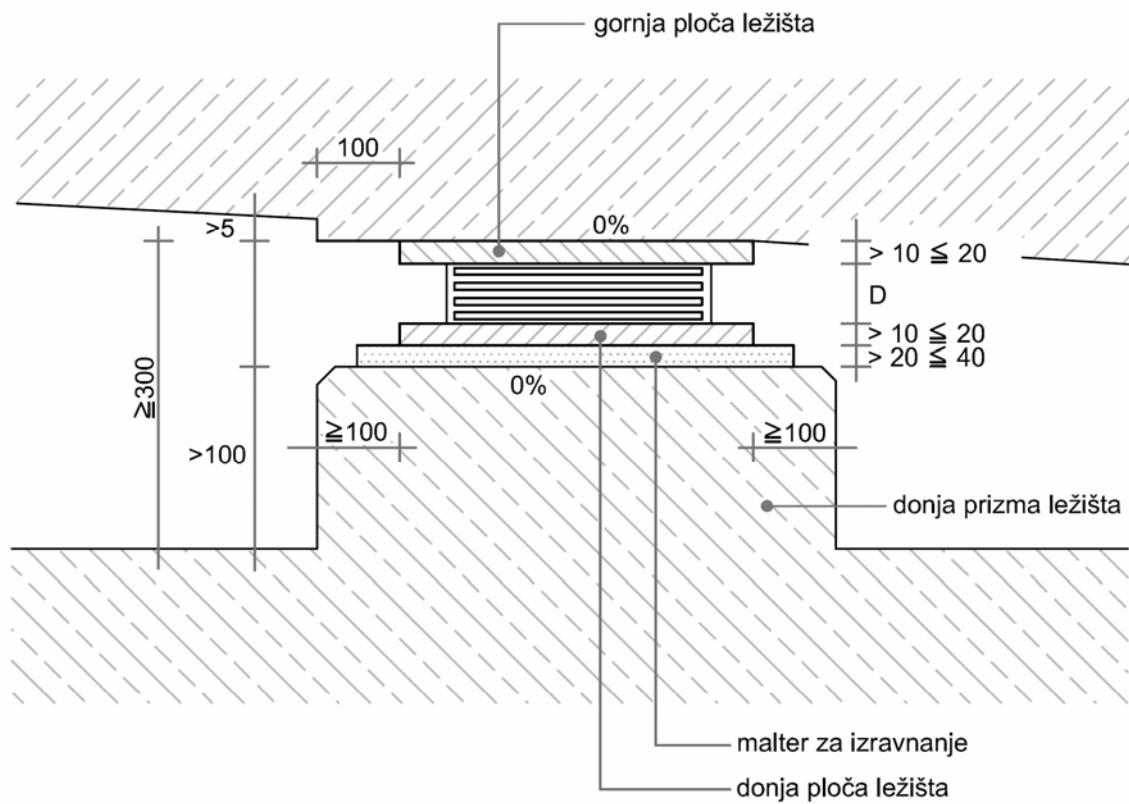
Ležište se po pravilu namjesti na ležišnu prizmu (kvader). Prizme mogu biti obostrane (slika 3), odnosno sa donje i gornje strane. Omogućavaju pravilno ugrađivanje i unos sila koje se prenose preko prizme. Kvalitet betona mora biti MB 30 odnosno isti kao i kod konstrukcije. Prizma se može izvesti sa ili bez radnog spoja. Potrebne dimenzije su date na slici. Posebno je važno da se prizma i konstrukcija armiraju sa odgovarajućom armaturom (armatura za sile cijepanja te armatura sa savijanje u poprečnom nosaču). Ležišta ne trebaju biti u direktnoj vezi sa prizmom, nego je bolje da se oslanjaju na čeličnu ploču koja je povezana sa prizmom preko maltera za izravnjanje. Važno je da su ploče ugrađene potpuno vodoravno i da malter za izravnjanje u cijelosti ispunjava prostor između ploče i prizme. Sve potrebne dimenzije date su na slici 3.

Kod monolitnih betonskih konstrukcija kod kojih se betoniranje izvodi direktno na ležištimu te objekata na kojima se vrši sanacija i kod kojih nema dovoljne visine, nije obavezna upotreba čeličnih ploča u kombinaciji sa elastomernim ležištimama.

Ležišta imaju kraći vijek trajanja od objekta. Radi toga se moraju obezbijediti uslovi za njihovu zamjenu. Projektant mora predvidjeti prostor za namještanje hidrauličkih dizalica i prostor za jednostavnu zamjenu ležišta. Potrebne dimenzije prostora za dizalice i namještanje dizalica prikazane su na slici 4. Treba predvidjeti upotrebu običnih hidrauličkih dizalica, a izbjegavati specijalne i skupe dizalice. Mesta predviđena za dizalice moraju omogućavati preuzimanje sila koja djeluju na ležište radi čega se ti prostori moraju dimenzionirati na odgovarajući način.

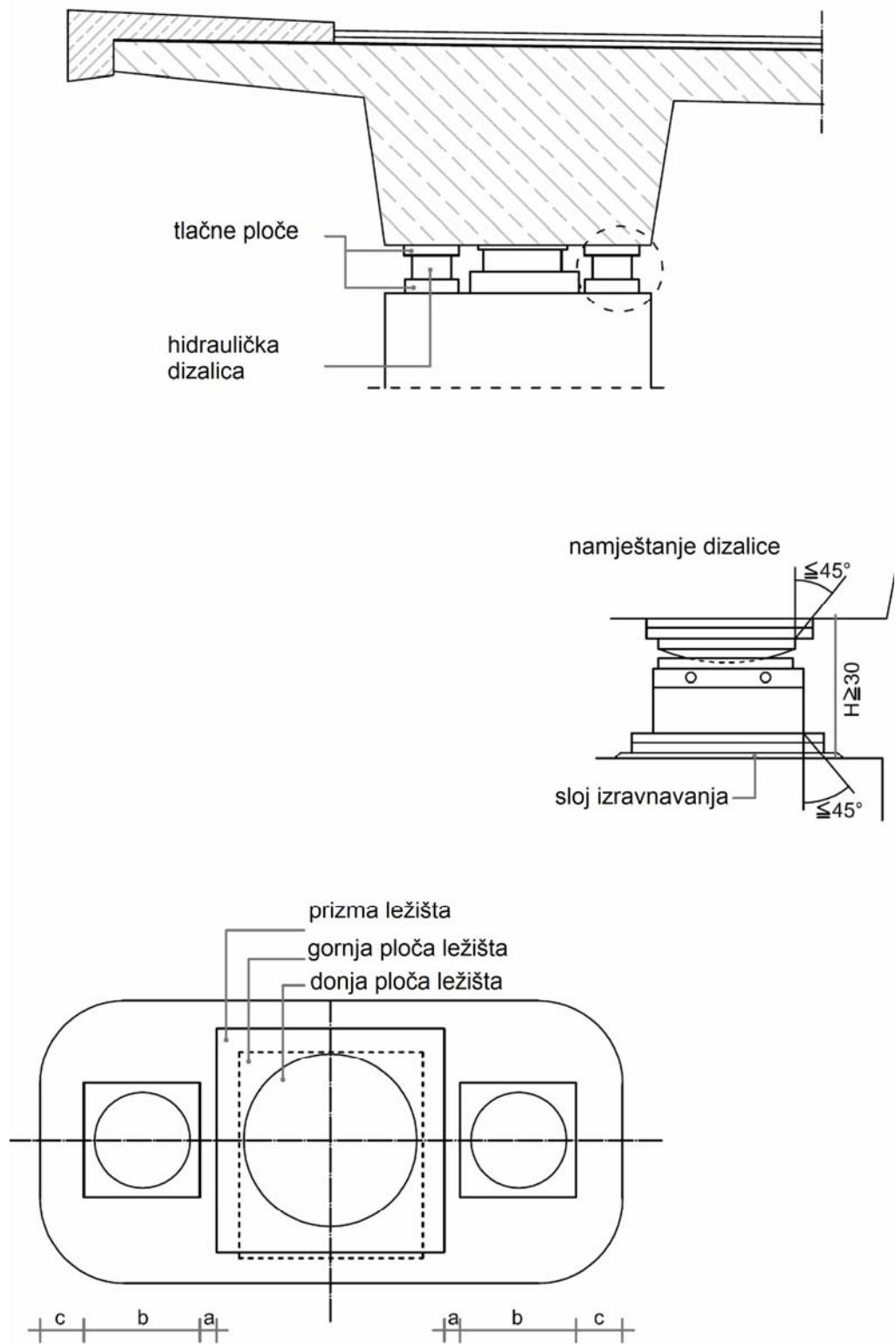
Konstrukciju treba oblikovati na način koji obezbeđuje zaštitu ležišta od atmosferskih i drugih štetnih uticaja. Posebnu pažnju treba posvetiti zaštiti ležišta od uticaja slane vode.

Dobro je da ležišta budu zaštićena sa mrežama ili pleksi stakлом, sa čime se sprječava pristup ptica, prljanje prostora te omogućava pregled ležišta.



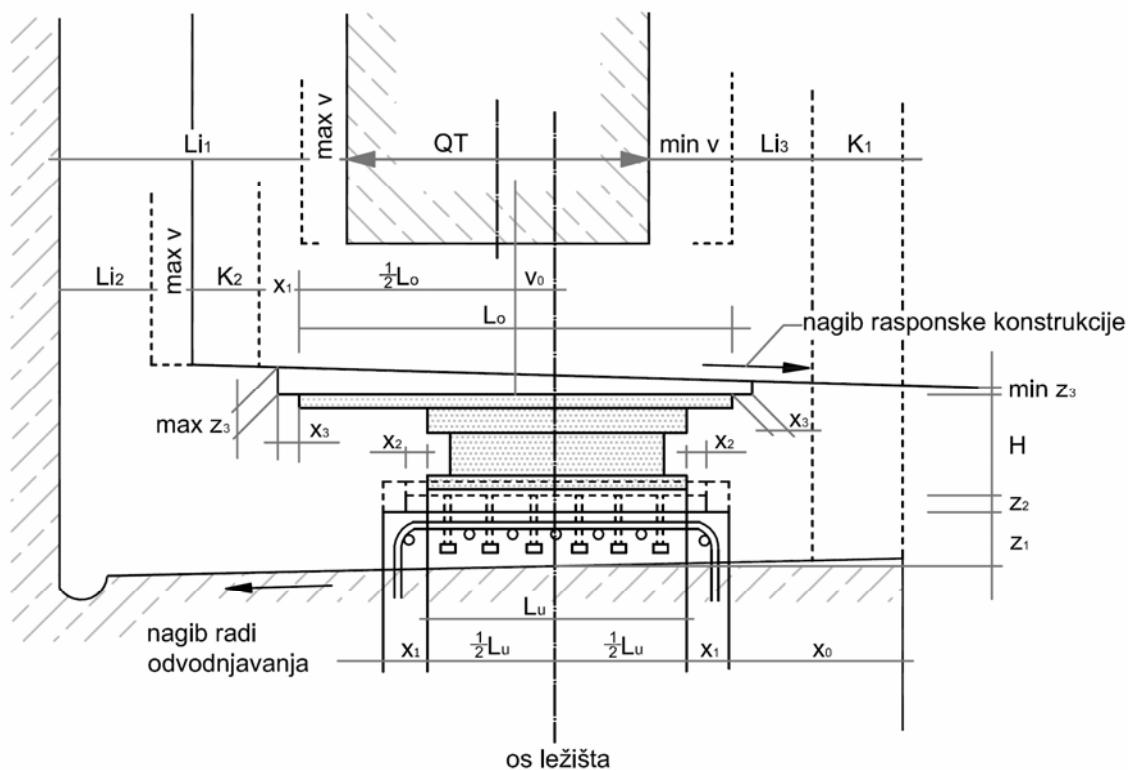
D je efektivna debљina ležišta (ukupna debљina elastomernih slojeva)

Slika 3: Oblikovanje konstrukcije u području ležišta i potrebne dimenzije ležišnih prizmi i ploča (u mm)



- ostojanje između betonske prizme odnosno ploče ležišta i pritisnute ploče ≥ 5 cm
- širina pritisnute ploče
- ostojanje između pitisnute ploče i ruba betonske konstrukcije (gore odnosno dole ≥ 12 cm)

Slika 4: Uslovi za namještanje hidrauličkih dizalica kod zamjene ležišta



| | |
|------------------|--|
| L_o | dužina gornje ploče ležišta |
| L_d | dužina donje ploče ležišta |
| H | visina ugrađivanja ležišta |
| QT | širina poprečnog nosača |
| K_1 | debljina zida upornjaka ispred poprečnog nosača |
| K_2 | nenosivi beton i konstrukcije (npr. zaštita kotvi) |
| V_0 | prethodno namještanje – centriranje ležišta |
| $min\ v$ | dodatak k V_0 očekivano minimalno i maksimalno pomjeranje |
| $max\ v$ | potrebne dimenzije za obezbijeđenje moguće kontrole, održavanje i sigurnosti u pogledu djelovanja |
| Li_1 do Li_3 | potrebni horizontalni odmak prizme ležišta, ploče i izravnavajućeg maltera |
| $X_{0,1,2,3}$ | potrebne visine prizmi ležišta i izravnavajućeg maltera |
| $Z_{1,2,3}$ | |

Slika 5: Shematski prikaz zavisnosti dimenzija konstrukcije i ležišta

10. PREUZIMANJE, USKLADIŠTENJE, UGRAĐIVANJE, ODRŽAVANJE I ZAMJENA LEŽIŠTA

Kvalitet podupiranja obezbijeđuje se sa ugrađivanjem atestiranih neoštećenih kvalitetno izrađenih ležišta, održavanjem i po potrebi zamjenom ležišta.

U koliko ne postoje posebna upustva proizvođača ležišta, izvođača, nadzora ili prevoznika onda se uzimaju u obzir upustva iz ove smjernice.

Transport, uskladištenje i ugrađivanje mogu izvoditi samo ospozobljeni radnici.

Gradilište mora imati nacrt ugrađivanja ležišta, potrebne ateste i sertifikate, dozvole, posebna upustva i zapisnik o ležistima.

10.1 Preuzimanje

Kod preuzimanja ležišta treba provjeriti:

- ateste i setifikate za ležišta;
- da su vanjski dijelovi bez oštećenja, posebno kada je u pitanju zaštita od korozije;
- čistoću ležišta;
- usklađenost sa projektom ležišta;
- oznake ležišta;
- dimenzije ležišta;
- veličinu i smjer prethodnog namještanja;
- mogućnost naknadne promjene prethodnog namještanja.

10.2 Uskladištenje

Nakon prevoza ležišta treba pažljivo istovariti i uskladištiti na unaprijed određenom prostoru. Ležišta moraju biti zaštićena od vremenskih uticaja, uticaja radnog prostora i okoline.

10.3 Ugrađivanje

Ugrađivanju ležišta treba posvetiti posebnu pažnju kako bi se spriječila oštećenja ležišta i konstrukcije i obezbijedilo pravilno funkcionisanje.

Ugrađivanje treba izvoditi po projektu ili po posebnim upustvima uz prisustvo prestavnika proizvođača ležišta.

Prije obavljenog podlijevanja treba prekontrolisati:

- identičnost ugrađenog ležišta sa projektovanim;
- usmjerenje ležišta (X odnosno Y os);
- horizontalnost ležišta;
- veličinu i smjer prethodnog namještanja;
- uzimati u obzir eventualna specijalna upustva proizvođača vezana na ugrađivanje ležišta;
- malter za podlijevanje (sastav, osobine, način podlijevanja).

Ako ležište mora biti nagnjeno, onda ta nagnjenost mora biti posebno označena u projektu ili nacrtu ugrađivanja, a prije betoniranja se mora posebno provjeriti.

Ležišta se moraju obezbijediti sa pomoćnim montažnim srestvima kako bi ostala u propisanom položaju i nakon izvršenog betoniranja. Upotreba drvenih klinova nije dozvoljena.

Sve montažne pomoćne elemente treba odstraniti prije uspostavljanja funkcije.

Zavarivanje i rezanje sa plamenikom može se obavljati samo uz saglasnost proizvođača ležišta kako ne bi došlo do neželjenih temperaturnih opterećenja.

Nagnjenost ravnine ležišta može odstupati od projektovane za 5 %, ako projektom nije drukčije određeno.

Nakon ugrađivanja treba izvršiti ponovnu kontrolu sa čime se ustanove eventualne promjene koje su mogle nastati u toku izvođenja, posebno položaja ležišta ili varnijskih oštećenja.

O pregledu ležišta prije i nakon ugrađivanja treba napraviti zapisnik koga potpisuju izvođač građevinskih radova, prestavnik proizvođača ležišta i nadzor. Formular zapisnika dat je u tabeli 4.

10.4 Održavanje

U održavanje ležišta spadaju razni pregledi, povremene kontrole i kontrolna ispitivanja, čišćenje, obnavljanje korozijske zaštite, mazanje, eliminisanje grešaka u konstrukciji koje mogu štetno djelovati na ležište (vlaženje itd.).

Održavanje ležišta mora biti obrađeno u projektu ležišta i ovjерено od ustanove koja je izdala odgovarajući atest.

10.5 Zamjena ležišta

U projektu ležišta moraju se odrediti uslovi koji obezbijedjuju pravilan rad ležišta. Ako se u toku redovnog pregleda pojavi sumnja, da ti uslovi nisu ispunjeni (pojava oštećenja, dotrajalost) onda se izvrši zamjena takvog ležišta. Potrebu zamjene mora prethodno potvrditi kontrolno ispitivanje.

Kod promjene ležišta radi dotrajalosti mora se uzeti u obzir čitava konstrukcija jer u suprotnom može doći do preraspodjele reakcijskih sila koja je neminovna u slučaju promjene krutosti ležišta.

Zamjenu dotrajalih ležišta treba izvesti na čitavom objektu, a ako to nije potrebno onda treba promijeniti sva ležišta na istoj poprečnoj osi podupore.

Kod rekonstrukcija moraju se uzeti u obzir eventualne promjene statičkog sistema. U takvim slučajevima mora predvidjeti nova ležišta.

10.6 Zapisnik o ležištu

O preuzimanju, ugrađivanju i stanju na samom početku upotrebe ležišta vodi se zapisnik. Formular zapisnika prikazan je u tabeli 4.

Tabela 4: Zapisnik o ležištu

| Cesta: | Odsek: | km: |
|----------------------------|--|---------|
| Objekat (oznaka, položaj): | | |
| Način građenja: | | |
| Nacrt ležišta br.: | Vrsta ležišta u pogledu na odobrenje odnosno DIN 4141: | |
| Broj izvođača / narudžba: | | |
| Broj odobrenja: | Važnost odobrenja: | |
| Naručilac: | Primalac: | Nadzor: |
| Faza | O p i s | Upis |
| 1 | mjesto ugrađivanja (br. podupore/položaj) | |
| 2 | tip ležišta | |
| 3 | vertikalna sila F_z u kN | |
| 4 | horizontalna sila F_x / F_y u kN | |
| 5 | računsko pomjeranje (od fiksne tačke) u mm $\pm e_x / \pm e_y$ | |
| 6 | prethodno namještanje u mm $\pm e_x / \pm e_y$ | |
| 7 | broj crteža / broj lista | |
| 8 | datum isporuke | |
| 9 | pravilno odloženo, poduprto i pokriveno | |
| 10 | oznaka na ležištu | |
| 11 | mjerač pomjeranja na ležištu | |
| 12 | čistoća i korozionska zaštita | |
| 13 | konstrukcija za fiksiranje | |
| 14 | čistoća kontaktne površine | |
| 15 | debljina spoja (maltera) u mm gore/dole | |
| 16 | izrada maltera (ispitivanje kvalitete) | |
| 17 | način ugrađivanja maltera | |
| 18 | datum / sat | |
| 19 | temperatura objekta u $^{\circ}\text{C}$ | |
| 20 | smjer i veličina prethodnog nastavljanja u mm | |
| 21 | odstupanja od horizontale u mm/m uzdužno/poprečno | |
| 22 | čistoća i korozionska zaštita | |
| 23 | datum / sat | |
| 24 | temperatura objekta u $^{\circ}\text{C}$ | |
| 25 | blokada oslobođena / odstranjena | |
| 26 | čistoća i korozionska zaštita | |
| 27 | odstupanja od horizontale u mm/m uzdužno/poprečno | |
| 28 | načelno mjerjenje pomjeranje / klizanje spoj u mm | |
| 29 | primjedbe odn. upozorenja | |

Izvođač:

Proizvođač ležišta:

Nadzor:

Mjesto:

Datum: