

REPUBLIKA SRBIJA
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

9. PROJEKTOVANJE MOSTOVA

**9.12 SEKUNDARNI ELEMENTI I OPREMA
MOSTOVA**

9.12.5 LEŽIŠTA

BEOGRAD, 2012.

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

Izdanja:

Br.	Datum	Opis izmena i dopuna
1	30.04.2012	Početno izdanje

SADRŽAJ

9.12.5	LEŽIŠTA	1
9.12.5.1	Uvodni deo	1
9.12.5.2	Karakteristike ležišta	2
9.12.5.3	Sistematizacija ležišta	2
9.12.5.4	Oslanjanje	3
9.12.5.5	Savremena ležišta objekata	9
9.12.5.6	Izbor ležišta	15
9.12.5.7	Konstruktivni uslovi za oblikovanje konstrukcije u području ležišta	26

9.12.5 LEŽIŠTA

9.12.5.1 Uvodni deo

Ležišta su elementi koji se nalaze između gornje (rasponske) i donje (potporne) konstrukcije da bi se omogućio prenos unutrašnjih sila, kao što je određeno statičkim računom.

Ovaj priručnik daje usmerenja i podatke za ugradnju, pregled i održavanje ležišta na objektima. Smernica obrađuje savremena najčešće upotrebljavana ležišta za mostove.

9.12.5.1.1 Predmet smernica

Osnovni cilj priručnika je da odredi izbor ležišta, da da preporuke za njihovu primenu u različitim načinima oslanjanja, kao i uslove i postupak određivanja savremenih ležišta, te oblikovanje konstrukcije u području ležišta.

9.12.5.1.2 Referentni normativi

Priručnik se zasniva na normativima EN 1337, evropskim normama za ležišta. Domaće norme za savremena ležišta ne postoje:

- EN 1337-1: Konstrukcijska ležišta – Deo 1: Opšta pravila za projektovanje
- EN 1337-2.: Konstrukcijska ležišta - Deo 2: Klizni elementi
- EN 1337-3: Konstrukcijska ležišta - Deo 3: Elastomerna ležišta
- EN 1337-4: Konstrukcijska ležišta - Deo 4: Valjkasta ležišta
- EN 1337-5: Konstrukcijska ležišta – Deo 5: Lončasta ležišta
- EN 1337-6: Konstrukcijska ležišta – Deo 6: Linijska i tačkasta rol ležišta
- EN 1337-7: Konstrukcijska ležišta – Deo 7: Sferična i cilindrična PTFE ležišta
- EN 1337-8: Konstrukcijska ležišta – Deo 8: Vođena ležišta i ležišta sa ograničenim pomeranjem
- EN 1337-9: Konstrukcijska ležišta – Deo 9: Zaštita
- EN 1337-10: Konstrukcijska ležišta – Deo 10: Pregled i održavanje
- EN 1337-11: Konstrukcijska ležišta – Deo 11: Transport, uskladištenje i ugradnja

Biće neophodno da se u budućnosti usvoji nacionalni dodatak (NAD) za pojedine delove evropske norme EN 1337 koje obuhvataju i obrađuju problematiku projektovanja i ugradnje ležišta.

9.12.5.1.3 Terminologija

Ležište je konstruktivni element koji omogućuje prenos izabranih sila sa gornje na donju konstrukciju.

Podupiranje označava oslanjanje konstrukcije u širem značenju.

Armirano elastomerno ležište napravljeno je od gume (polihloropren sa min. 60 % elastomera) koja je armirana čeličnim pločama. Omogućuje pomake (rotacija i translacija) zbog deformacije elastomera.

Lončasto ležište se sastoji od čeličnog donjeg lonca ispunjenog elastomerom i gornjeg dela -klipa.

Sferno ili kalotno ležište se sastoji od čeličnih udubljenih ili izbočenih elemenata koji međusobnim klizanjem omogućuju rotaciju tačke oslanjanja.

Klizno ležište omogućuje relativna pomeranja međusobno povezanih delova putem klizanja: to je ležište koje omogućuje klizanje dve površine; može da bude klizno ležište u kombinaciji sa lončastim ležištem ili elastomernim ležištem ili sa kliznim ili fiksnim sfernim ležištem.

Tačkasto ležište je ležište koje omogućuje pomeranje kotrljanjem u svim pravcima, a u objektima se upotrebljava samo za mala opterećenja i pomake.

Linijsko ležište je ležište koje omogućuje rotiranje oko linije oslanjanja.

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

Ležište i zglobovi mostova su konstruktivni elementi koji učestvuju u prenosu vertikalnih i horizontalnih sila sa rasponske na potpurnu konstrukciju.

Nosivost ležišta je najveće dozvoljeno opterećenje ležišta.

Pokretljivost ležišta je sposobnost ležišta da omogući relativna pomeranja ili rotiranja gornje konstrukcije.

Ankerisanje je mera bezbednosti (veza ležišta sa konstrukcijom) kojom se omogućuje preuzimanje sila u nivou ležišta ako klizna otpornost nije dovoljna zbog malih napetosti koje ne prelaze minimum.

Kvadar – postolje ležišta je deo betonske konstrukcije na koju se ugrađuje ležište.

Armaturni zglob je deo betonske konstrukcije koji je oblikovan i armiran tako da deluje kao tačkasto ili linijsko ležište.

9.12.5.1.4 Korišćene skraćenice

PTFE- politetrafluoretilen

UHMWPE-(ultra-high-molecular-weight polyethylene) visokomolekularni teški polietilen

SLS – granično stanje upotrebljivosti prema Evrokodu

ULS – granično stanje nosivosti prema Evrokodu

EN – evropski standard

NAD – nacionalni dodatak EN standardu

SRDM – priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji

SRCS – tehnički uslovi za građenje puteva u Republici Srbiji

9.12.5.2 Karakteristike ležišta

Ležišta povezuju različite delove konstrukcije, pri čemu prenose samo određene – izabrane sile odnosno momente. Prenos drugih sila se u potpunosti ili delimično isključuje uz mogućnost izvršenja određenih pomeranja i rotacije.

Ležišta za mostove moraju:

- da preuzimaju vertikalne i horizontalne sile reakcija rasponske konstrukcije i da ih prenose na stubove i krajnje potporne stubove;
- da omogućuju deformacije rasponske konstrukcije u vidu rotiranja koje nastaje kao rezultat nagiba elastičnih linija savijanja nosača;
- da omogućuju pomeranje rasponske konstrukcije u smeru ose objekta, a kod širokih objekata i u poprečnom smeru.

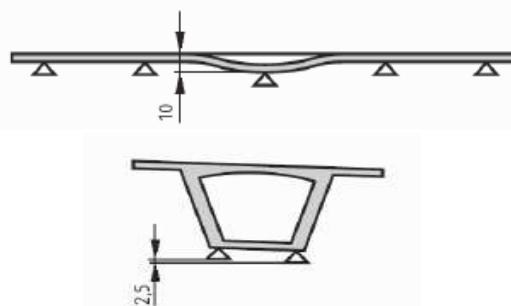
Projektantu se omogućuje da pravilnim izborom ležišta kao sredstva za prenos izabranih unutrašnjih statičkih količina optimizuje datu konstrukciju, pošto pravilan izbor ležišta ima uticaj na unutrašnje sile i na deformabilnost konstrukcije, a time i na njenu cenu, trajnost i upotrebljivost.

Ležišta omogućuju deformacije gornje i donje konstrukcije prema zahtevima opterećenja (temperatura, skupljanje, tečenje, deformacije usled prednaprezanja), a da pri tome ne dolazi do štetnih opterećenja po konstrukciju. Pri izvršavanju ovih funkcija dolazi do pojave unutrašnjih sila u ležištima

(veličina ovih sila reakcije i momenata zavisi od vrste ležišta, što je rezultat različitih deformacija gornje i donje konstrukcije).

Elastično-deformabilna (elastomerna) ležišta omogućuju da konstrukcija reaguje na dinamičke uticaje. Njima deo konstrukcije može dinamički da se isključi – izoluje. Ova mogućnost je veoma važna kod izgradnje i upotrebe objekata u blizini veoma osetljivih zgrada odnosno, ako određeni objekat treba da se izoluje od seizmičkih uticaja, čime se omogućuje da konstrukcija podnese predviđeni zemljotres u elastičnom stanju bez oštećenja.

Kod određenih konstruktivnih sistema (kontinuirana rasponska konstrukcija) može da dođe do pojave diferencijalnog sleganja temelja pojedinih stubova. Da bi se deformacije rasponske konstrukcije zadržale u dozvoljenim granicama potrebno je da se izvrši korekcija visine ugrađivanjem novih ili regulisanjem postojećih ležišta uz prethodno podizanje konstrukcije sa hidrauličkim dizalicama. Maksimalne dozvoljene deformacije za koje ne zahtevaju dodatne dokaze vide se na slici 1. U praksi se često susreće sa očekivanim ili graničnim sleganjima konstrukcije koja mogu biti znatno veća od navedenih. Tada je potreban posebni računski dokaz.



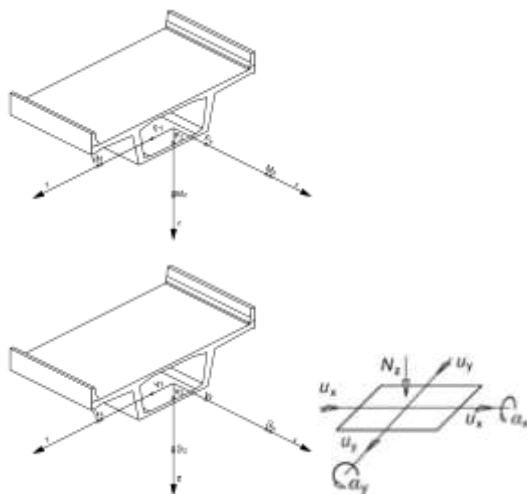
Slika 9.12.5.1: Dozvoljene deformacije [mm]

U izgradnji mostova po sistemu potiskivanja ili u slučajevima kada treba da se pomere velike i teške građevinske elemente, mogu da se upotrebe privremena klizna ležišta koja omogućuju horizontalna pomeranja.

9.12.5.3 Sistematizacija ležišta

Na dodirnim tačkama dva dela konstrukcije može da dođe do pojave šest unutrašnjih sila (V_x , V_y , N_z , M_x , M_y , M_z) i šest relativnih pomeranja (u_x , u_y , u_z , α_x , α_y , α_z) – to su prostorski stepeni ležišta.

Pojedinačni tip ležišta omogućuje prenos određenih sila i određenih relativnih pomeranja. Princip delovanja je sledeći: glavne unutrašnje sile (očekivane sile) ležište prenosi po principu sprečavanja odgovarajućih relativnih pomeranja odnosno rotiranja, a istovremeno omogućuje obavljanje ostalih relativnih pomeranja i rotiranja. U takvim slučajevima nastupaju takozvane usiljene unutrašnje sile koje su po veličini ograničene i zavise od vrste ležišta.



Slika 9.12.5.2: Unutrašnje sile i pomeranja

Statičko i kinematičko označavanje ležišta dato je po EN 1337-1 (izdanje iz juna 2000) gde su pojedini tipovi ležišta sistematski razvrstani prema glavnim unutrašnjim silama i prostornim stepenima (vidi tabelu 1 u nastavku). U smeru svakog prostornog stepena treba uzeti u obzir delovanje odgovarajuće sekundarne – unutrašnje sile. Kod ležišta koja pretežno preuzimaju vertikalna opterećenja potrebno je izabrati „z“ osu u smeru vertikalnog opterećenja tako da ležišta sa silama zatezanja u „z“ smeru predstavljaju poseban primer, dok opterećenja V_x , V_y i moment M_x imaju promenljiv predznak. Svi tipovi ležišta po EN 1337-1 podeli ističu prostorski stupanj α_z . U ovakvim primerima pretpostavlja se da ležišta ne mogu da preuzmu momente M_z . Pošto su neka ležišta osetljiva na rotiranje α_z potrebno je proveriti da li izabrano ležište odgovara izabranom sistemu podupiranja.

9.12.5.4 Oslanjanje

Oslanjanje konstrukcije ima značajnu ulogu i utiče na trajnost, funkcionalnost i ekonomičnost objekta. U slučajevima u kojima je to moguće treba upotrebiti čvrstu vezu gornje i donje konstrukcije. Upotreba ležišta je neophodna kod dužih i zahtevnijih

objekata. U ovakvim slučajevima koncept oslanjanja mora da odgovara statičkom sistemu i da uzme u obzir karakteristike upotrebljenih ležišta.

Savremena oslanjanja obezbeđuju:

- ležišta koja omogućuju rotiranja u svim pravcima;
- koncept objekta koji omogućuje deformacije konstrukcije u poprečnom smeru sa minimalnim usiljenim silama, npr. tako da se u jednoj osi ležišta upotrebi samo jedno ležište koje je nepokretno u poprečnom pravcu, dok su ostala ležišta pokretna u svim pravcima.

Osnovni koncepti izbora oslanjanja u odnosu na osnovu su prikazani na slikama od 3 do 7 za kontinuiranu ravnu ili kosu gredu a na slici 5 kod uskih i širokih mostova. Kod kose grede način koji je prikazan na slici 6 važi kod polarnog uređenja potpornog sistema ležišta, a drugi način, prikazan na slici 7 za tangencijalni način. Više informacija o tome i u SRDM, poglavlje 9.3.6.

Na potporama na kojima se predviđaju veća sleganja, odnosno u slučajevima u kojima ne poznajemo tačne geološke-geomehaničke podatke ili su ti podaci nesigurni, upotrebljavaju se ležišta koja mogu da preuzmu dodatna pomeranja ili sleganja bez pojava većih usiljenih sila (npr. sferna-kalotna ležišta). U ovakvim slučajevima mogu da se upotrebe i ležišta koja mogu da se prilagođavaju nastalim sleganjima koja se obavljaju u dužem vremenskom periodu.

Za obezbeđenje pravilnog oslanjanja treba odabrati:

- pravilan koncept oslanjanja;
- tačno određivanje predviđenih maksimalnih momenata, sila, pomeranja i rotiranja;
- pravilan izbor ležišta;
- pravilno ugrađivanje ležišta.

Ako želimo da konstrukcija funkcioniše kao što je projektant zamislio, navedeni uslovi moraju da budu u potpunosti ispunjeni. Ako ležište nije pravilno ugrađeno, ni oslanjanje ne može da bude odgovarajuće. Zbog toga treba obezbediti uslove na osnovu kojih će izvođač dobiti tačan plan ugrađivanja ležišta sa svim potrebnim podacima o ležištima, položajima, pravcima i veličinama predviđenih pomeranja. Samo sa ozbiljnim pristupom i uz kvalitetno obavljene nadzor može da se očekuje kvalitetno ugrađivanje i funkcionisanje ležišta.

Tabela 9.12.5.1: Oznaka ležišta prema EN 1337-1

1			2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
Relevantni delovi standarda EN 1337			Tip br.	Oznaka u nacrtu	Oznaka pravca		Vrsta ležišta		pomaci v_x, v_y pravac		deformiše		Relativno pomeranje v_x, v_y pravac		males ^h		def orm ise		rotacije α_x, α_y oko osi		def orm ise		Reakcije		site		mo me nt	
2	3	4	5	6	7	8	x	y	Elastomerno ležište sa ograničenjem u jednom pravcu		deformiše		deformiše		male ^h		def orm ise		rotacije α_x, α_y oko osi		def orm ise		site		mo me nt			
x									Elastomerno ležište		deformiše		deformiše		male ^h		def orm ise		rotacije α_x, α_y oko osi		def orm ise		site		mo me nt			
x									Elastomerno ležište sa ograničenjem u jednom pravcu		deformiše		deformiše		male ^h		def orm ise		rotacije α_x, α_y oko osi		def orm ise		site		mo me nt			
x									Elastomerno ležište sa mogućnošću klizanja u jednom pravcu i ograničenjem u drugom pravcu		klizi i deformiše		deformiše		male ^h		def orm ise		rotacije α_x, α_y oko osi		def orm ise		site		mo me nt			
x									Elastomerno ležište sa klizanjem - pomeranjem u svim pravcima		klizi i deformiše		deformiše		male ^h		def orm ise		rotacije α_x, α_y oko osi		def orm ise		site		mo me nt			
x									Elastomerno ležište sa mogućnošću klizanja u jednom pravcu		klizi i deformiše		deformiše		male ^h		def orm ise		rotacije α_x, α_y oko osi		def orm ise		site		mo me nt			
x						x			Elastomerno ležište sa sigurnosnim uređajem oko dve ose		deformiše		deformiše		male ^h		def orm ise		rotacije α_x, α_y oko osi		def orm ise		site		mo me nt			
x						x			Elastomerno ležište sa mogućnošću klizanja u jednom pravcu i ograničenjem oko dve ose		klizi		deformiše		male ^h		def orm ise		rotacije α_x, α_y oko osi		def orm ise		site		mo me nt			
x						x			Elastomerno ležište sa klizanjem - pomeranjem u svim pravcima i ograničenjem oko dve ose		klizi		deformiše		male ^h		def orm ise		rotacije α_x, α_y oko osi		def orm ise		site		mo me nt			

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
Relevantni delovi standarda EN 1337		Tip br.		Oznaka u nacrtu		Oznaka pravca		Vrsta ležišta		pomaci		Relativno pomeranje		rotacije		Realizacije		mo		me		rit					
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
	x																										
x																											
x																											
x																											

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14				
Relevantni delovi standarda EN 1337		Tip br.	Oznaka u nacrtu	Oznaka pravca		Vrsta ležišta		pomak		Relativno pomeranje		rotacije		Reakcije																
2	3	4	5	6	7	8	x	y		v_x i x -pravac	v_y i y -pravac	v_z i z -pravac	α_x oko x osi	α_y oko y osi	α_z oko z osi	V_x	V_y	V_z	M_x	M_y	M_z									
				x						bez	bez	uglavnom bez	rotira	rotira	klizi ¹⁾	V_x	V_y	N												
x				x						klizi	klizi																			
x				x						klizi	klizi																			
				x						bez	bez						V_x	V_y	N											
x				x						klizi	klizi																			
x				x							klizi																			
		x								rola	rola																			
x				x						klizi	klizi																			

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Relevantni delovi standarda EN 1337		Tip br.	Oznaka u nacrtu	Oznaka pravca		Vrsta ležišta	pomaci		Relativno pomeranje			Reakcije		
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
							v_x i x -pravac	v_y i y -pravac	v_z i z -pravac	α_x oko x osi	α_y oko y osi	α_z oko z osi	sile	moment
x						Nepokretno valjkasto ležište	bez	bez	većino bez	bez ³⁾	klizi	bez	V_x	M_x
x						Vodeno valjkasto ležište - mogućnost pomeranja u y pravcu	klizi	klizi					V_x	M_x
x						Vodeno valjkasto ležište - mogućnost pomeranja u x pravcu	klizi	bez					V_y	M_x
x						Valjkasto ležište - mogućnost pomeranja u x i y pravcu	klizi	klizi						M_x
						Vodeno ležište sa – ograničenjem pomeranja u x i y pravcu	bez	bez	klizi	klizi ili defor miše	klizi ili defor miše	klizi ili defor miše	V_x	
						Vodeno ležište sa – ograničenjem pomeranja u x i y pravcu	klizi	klizi				bez	V_y	

sile

pomaci

rotacije

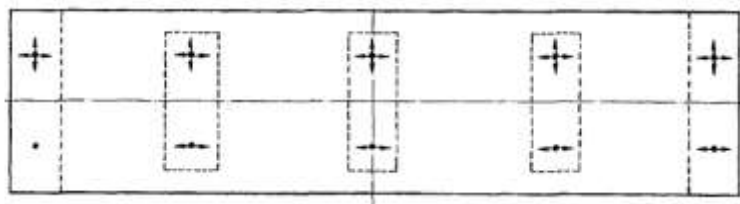
1) Kod navedenih finova ležišta α_z može da ima vrlo stroge tolerancije i kada je to neophodno treba pripremiti posebni dizajn ležišta. Za normalni primer dizajna »bez« znači da nema nikakvih pomeranja osim onih zbog tolerancija i deformacije.

2) Potrebno ili ne v_z mora da se kontroliše za svaki slučaj posebno.

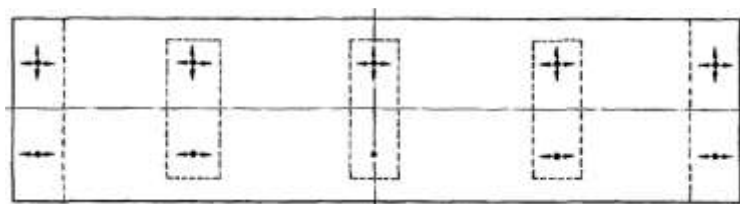
3) U kombinaciji za kliznim ležištem to rezultira nepovoljnim napetostima u PTFE.

4) Uredaj koji prenosi sile V_x ili V_y

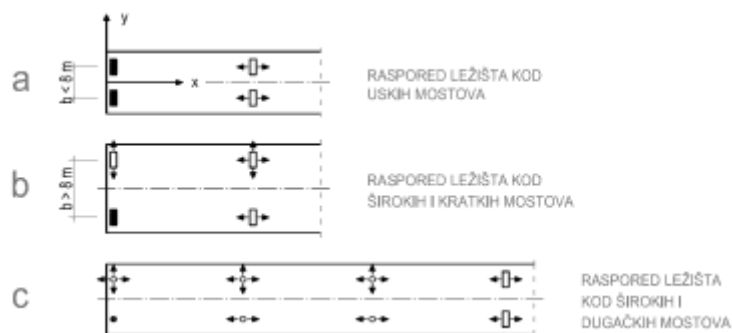
Napomena: U praksi x označava glavni pravac pomeranja za mostove (videti EN 1992 i EN 1993) an z pravac sile usled vertikalnog opterećenja.



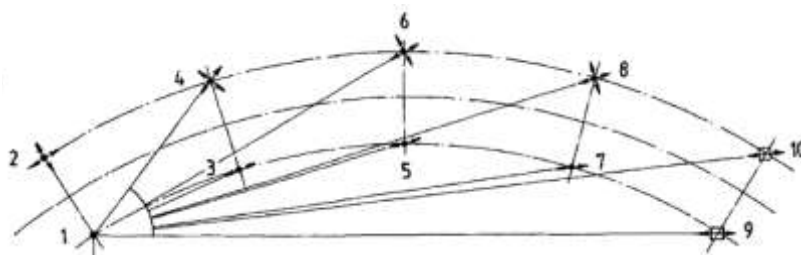
Slika 9.12.5.3: Osnova kontinuirane gredne rasponske konstrukcije na tačkastim ležištima – fiksna tačka na levoj krajnjoj potpori



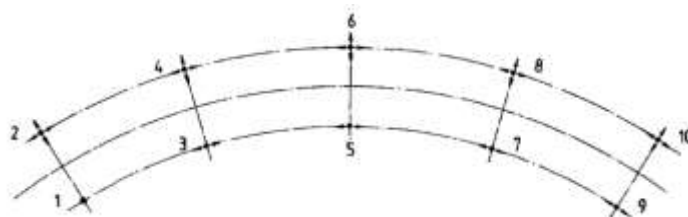
Slika 9.12.5.4: Osnova kontinuirane gredne rasponske konstrukcije na tačkastim ležištima – fiksna tačka na središnjem stubu



Slika 9.12.5.5 : Raspored ležišta grednih mostova u pravcu, za različite širine i dužine



Slika 9.12.5.6 : Osnova kontinuirane gredne rasponske konstrukcije u krivini na tačkastim ležištima – polarni sistem oslanjanja, fiksna tačka na krajnjoj levoj potpori



Slika 9.12.5.7: Osnova kontinuirane gredne rasponske konstrukcije u krivini na tačkastim ležištima – tangencijalni sistem oslanjanja, fiksna tačka na krajnjoj levoj potpori

9.12.5.5 Savremena ležišta objekata

Savremena ležišta objekata mogu da se podele u grupe prema tabeli 2.

Teoretski se sile prenose preko kontaktnih tačaka, linija ili površina. U prva dva slučaja prenos sile vrši se preko čeličnih delova koji mogu da prime velike napone, dok u trećem slučaju za prenos sile mogu da se upotrebe elastomeri.



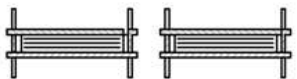












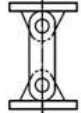
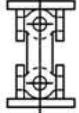


Rotaciju ležišta omogućuje pomeranje ploče po kugli (u svim smerovima) ili valjku (u jednom smeru), odnosno klizanje između kuglasto oblikovanih čeličnih izbočenja i

udubljenim delom ležišta, a kod neoprenskih ležišta deformacijom elastomernog dela.

Pomeranja u ležištu ostvaruju se pomoću elastične deformacije elastomernog dela (za mala pomeranja) ili međusobnim klizanjem dva elementa ležišta. U drugom slučaju se upotrebljava teflon (PTFE) na kontaktu dve površine i nerđajući čelik.

Pored ležišta prikazanih u tabeli 2, u praksi se često upotrebljavaju nepokretna betonska zglobna ležišta (zglobovi prema autoru Freyssinetu) koja su obrađena u tački 9.12.5.5.4.

Tabela 9.12.5.2: Osnovne grupe ležišta

Ležišta	Standardni tip	Kombinacije	
Elastomerna	Armirano elastomerno ležište  Ankerisano elastomerno ležište 	Elastomerno ležište sa sprečenim pomeranjima 	
Lončasta	Lončasto ležište 	Klizno lončasto ležište 	Jednoosovinsko klizno lončasto ležište 
Zaobljena (sferna, kalotna)	Slobodno zaobljeno ležište 	Nepomično zaobljeno ležište 	Jednoosovinsko pomično 
Tačkasta	Tačkasto nepomično ležište 	Klizno ležište 	Jednoosovinsko klizno 
Linijaska	Linijsko ležište 	Kotrljajuće ležište 	
Zglobna			Kardanski zglob 
Za horizontalne sile		Usmereno ležište 	

9.12.5.5.1 Armirana elastomerna ležišta

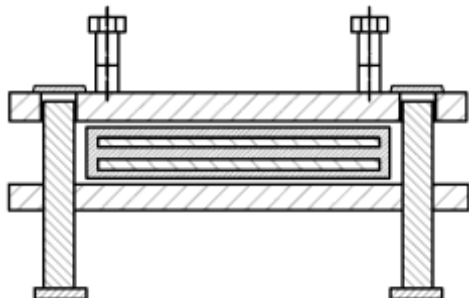
Vrste ležišta (tipovi prema EN 1337-1)

Bez funkcije klizanja

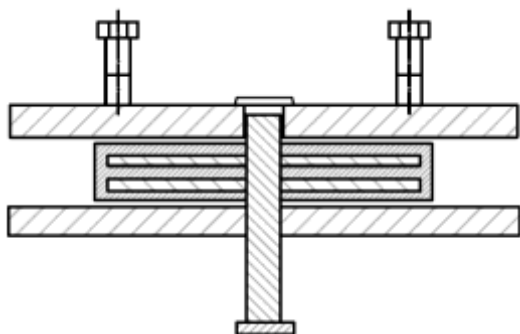
- elastično pokretno u svim pravcima (tip 1.1)



- elastično pokretno u jednom pravcu (tip 1.2)

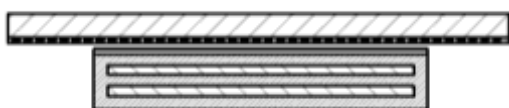


- nepokretno (tip 1.6)

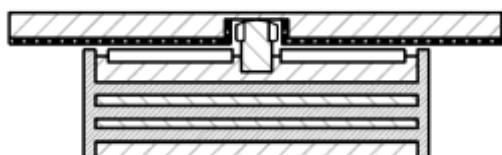


Sa funkcijom klizanja

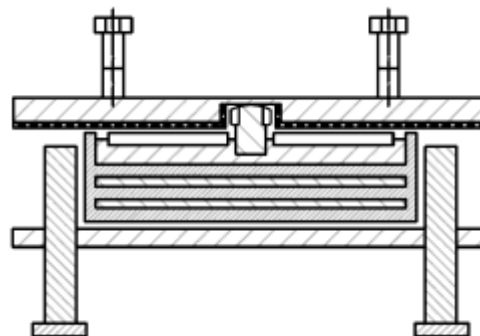
- u svim pravcima elastično i klizno pokretno ležište (tip 1.4)



- u poprečnom pravcu nepokretno, u uzdužnom pravcu elastično i klizno pokretno ležište (tip 1.5)



- u poprečnom pravcu nepokretno, u podužnom pravcu elastično i klizno pokretno ležište (tip 1.3)



Sastav ležišta

Savremena armirana elastomerna ležišta napravljena su od:

- spoljašnjeg sloja elastomera, koji služi za zaštitu čeličnih ploča od korozije,
- unutrašnjih slojeva elastomera koji omogućuju rad ležišta,
- unutrašnjih čeličnih vulkanizovanih ploča koje sprečavaju poprečna rastezanja, a omogućavaju velika opterećenja tih ležišta.

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

Karakteristike ležišta

Elastomerno ležište može da preuzima i horizontalne sile, ali one ne smeju stalno da deluju. Usled delovanja ovih sila nastupaju pomeranja koja su potrebna za nastanak povratne sile. Pošto se ova sila prenosi trenjem, mora da se obezbedi minimalni pritisak na ležište koji nastaje usled vertikalnog opterećenja.

Povratna horizontalna sila:

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

gde je:

v - horizontalno pomeranje usled delovanja sile H,

h - ukupna visina (debljina) elastomernih slojeva,

G - modul elastičnosti na smicanje,

A - osnovna površina ležišta.

Osnovne 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 (SLS stanje):
od 100 do 12150 kN

Ugao rotacije: od 1 ‰ do 36 ‰

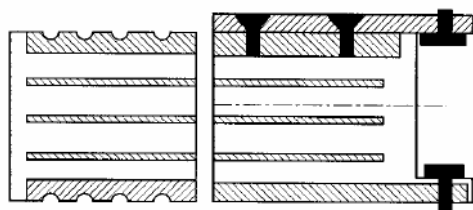
Dozvoljeni pritisci na ležište (SLS stanje):

Osnova ležišta mm	Dozvoljeni pritisak MPa
do 150 x 200, do Ø 200	10,0
do 250 x 400, do Ø 350	12,5
veće dimenzije	15,0

Minimalni (potrebni) pritisak na ležište:

Osnova ležišta mm	Minimalni pritisak MPa
do 350 x 400, do Ø 350	3,0
veće dimenzije	5,0

Ako ne mogu da se obezbede minimalni pritisci, upotrebljava se jedan od sledećih tipova (ankerisanih) elastomernih ležišta (slika 8). Koji tip odabrati treba se odlučiti prema proračunu iz standarda EN 1337-3:2005, tačka 5.3.3.6 i prema karakteristikama pojedinog tipa ležišta.



Slika 9.12.5.8: Tip C elastomernih (ankerisanih) ležišta (EN 1337-3)

Pored dozvoljenih pritisaka (SLS stanje) neophodno je da se kontrolišu i granična stanja kao što su maksimalne deformacije zbog dejstva sila (ULS stanje) prema EN 1337-3:2005, tačka 5.3.3:

$$\varepsilon_{t,d} = k_{lt} (\varepsilon_{c,d} + \varepsilon_{q,d} + \varepsilon_{\alpha,d}) < 7$$

gde je:

$\varepsilon_{c,d}$ – projektovana deformacija usled sila pritiska definisana u EN 1337-3, 5.3.3.2,

$\varepsilon_{q,d}$ – projektovana smičuća deformacija usled translacionih pomeranja, definisana u EN 1337-3, 5.3.3.3,

$\varepsilon_{\alpha,d}$ – projektovana deformacija usled rotacionih ugaonih pomeranja, definisana u EN 1337-3, 5.3.3.4

k_{lt} – faktor opterećenja, definisan u EN 1337-3, Dodatak C

Te ograničenje (SLS stanje) kod rotacije (EN 1337-3:2005, tačka 5.3.3.6):

$$\sum u_{z,d} - \left[\frac{(a_{\text{eff}} \cdot \alpha_{a,d} + b_{\text{eff}} \cdot \alpha_{b,d})}{3} \right] \geq 0$$

(važi za pravougaona ležišta)

gde je:

$\sum u_{z,d}$ totalno vertikalno pomeranje koje uzrokuje $\alpha_{a,d}$ i $\alpha_{b,d}$

Usled povećanja nosivosti ili veličine pomeranja nije dozvoljeno sastavljanje pojedinačnih blokova elastomernih ležišta.

Posebne karakteristike:

- male konstruktivne visine,
- jednostavno ugrađivanje,
- ravnomeran raspored pritisaka na beton,
- usled vertikalnog opterećenja dolazi do sleganja (promena visine – vertikalno ulegnuće),
- usled horizontalnih pomeranja aktiviraju se povratne sile, upotrebljavaju se u temperaturnom rasponu od -30°C do $+70^{\circ}\text{C}$,
- na istoj potpori ne smeju da se kombinuju čelična ili lončasta ležišta
- obavezna primena čeličnih ploča osim kod zamenjivanja starih ležišta odnosno kad nema dovoljno visine. Ploče su dimenzionisane prema EN 1337-3.

Zamenjivost

Zbog kraćeg veka trajanja armiranih elastomera, mora da se omogući zamena elastomernih ležišta. Spajanje elastomernog uložka sa čeličnim pločama ili betonom pomoću lepaka (epoksi i slično) nije dozvoljeno.

Područje primene

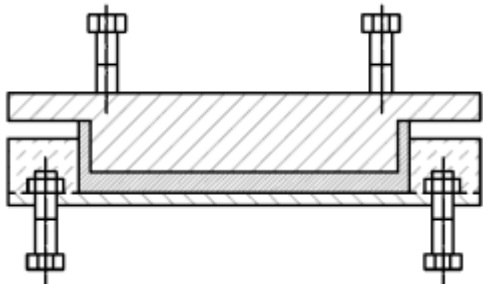
Ako ne obavljaju funkciju klizanja onda se upotrebljavaju za sve objekte manjih do srednjih raspona, naročito za široke i kose objekte, te u srednjem delu dužih objekata. Ako imaju i funkciju klizanja, upotrebljavaju se

u svim slučajevima u kojima treba da se primeni kombinacija klizne i elastično pokretne funkcije odnosno, ako se kombinuju elastično pokretna i klizna ležišta.

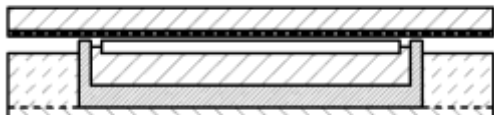
9.12.5.5.2 Lončasta ležišta

Vrsta lončastih ležišta (prema EN 1337-1)

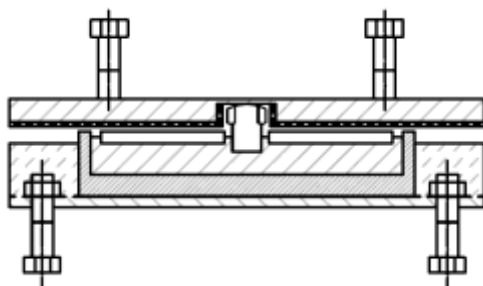
- nepokretno (tip 2.1)



- klizno pokretno u svim pravcima (tip 2.3)



- nepokretno u poprečnom pravcu, u uzdužnom klizno pokretno ležište (tip 2.2)



Sastav ležišta

- čelično kućište,
- elastomerni jastuk,
- unutrašnja i spoljašnja zaptivka,
- poklopac lonca,
- klizni deo (tipovi 2.2 i 2.3) sa prohronskim limom i PTFE.

Karakteristike ležišta

Osnovne dimenzije: od $\varnothing 220$ do $\varnothing 1320$ mm

Konstruktivna visina: od 53 do 265 mm

Nosivost:

- vertikalna: od 1000 do 40.000 kN

- horizontalna: od 100 do 2.200 kN.

Rotiranje: Ova ležišta mogu da se rotiraju u svim pravcima do 0,010 radijana.

Posebne karakteristike:

- pogodne konstruktivne visine,
- dosta komplikovano ugrađivanje zbog velike vlastite težine,
- raspored pritisaka na beton zavisi od tačnosti ugrađivanja,
- zbog toga usled vertikalnog opterećenja može doći do lokalnog velikog pritiska i loma maltera (nedozvoljene ulegnuće kućišta, blokada kliznog dela),
- na istoj potpori ne smeju da se kombinuju lončasta ležišta sa sfernim ležištima.

Zamenjivost

Zbog habanja PTFE uloška kliznog dela, mora da se omogući zamena delova ili kompletnih lončastih ležišta. Spajanje lončastog kućišta, poklopca lonca ili kliznog dela sa čeličnim vanjskim pločama obezbeđeno je pomoću zavrnja. Spajanje pomoću varova nije dozvoljeno. Ako se zbog nužnih uslova ipak upotrebi varove onda treba slediti poglavlje SRCS – 9.12.5.6.4.

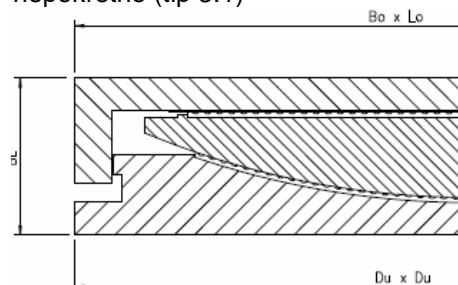
Područje primene

Upotrebljavaju se za duge objekte građene po sistemu potiskivanja, isto tako za široke i malo kose objekte, te u krajnom delu dužih objekata, kada su u srednjom delu primenjena npr. elastomerna ležišta.

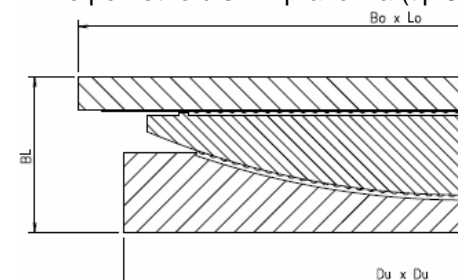
9.12.5.5.3 Sferna (kalotna) ležišta

Vrsta sfernih ležišta (prema EN 1337-1)

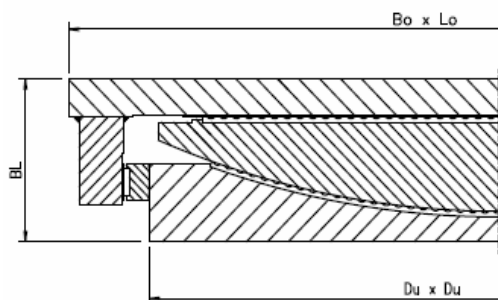
- nepokretno (tip 3.1)



- klizno pokretno u svim pravcima (tip 3.5)



- nepokretno u poprečnom pravcu, u uzdužnom klizno pokretno ležište (tipovi 3.3 i 3.4)



Sastav ležišta

- čelična kalota (konkavna) sa kliznim materijalom PTFE ili UHMWPE,
- čelična kapa (konveksna),
- klizni deo (tipovi 3.3 do 3.5 - klizni materijal PTFE ili UHMWPE).

Karakteristike ležišta

Osnovne dimenzije: od $\varnothing 250$ do $\varnothing 1080$ mm
 Konstruktivna visina: od 95 do 290 mm

Nosivost:

- vertikalna: od 1000 do 50.000 kN
 - horizontalna: od 150 do 5000 kN
- Rotiranje: Ova ležišta mogu da rotiraju u svim pravcima do 0,010 radijana.

Posebne karakteristike:

- pogodne konstruktivne visine,
- dosta lako ugrađivanje zbog male vlastite težine,
- raspored pritisaka na beton ne zavisi od tačnosti ugrađivanja zbog male osnove,
- na istoj potpore ne smeju da se kombinuju sferna ležišta sa lončastim ležištima.

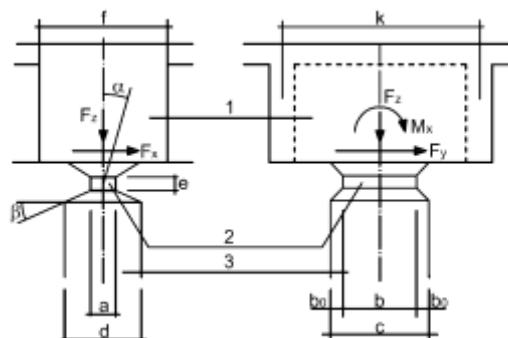
Zamenjivost

Zbog habanja PTFE uložka kliznog dela (ako nije upotrebljen UHMWPE koji ima duži životni vek), mora da se omogući zamena delova ili kompletnih sfernih ležišta. Spajanje kalote, kape ili kliznog dela sa čeličnim vanjskim pločama obezbeđeno je pomoću zavrtnja. Spajanje pomoću varova nije dozvoljeno.

Područje primene

Upotrebljavaju se za duge i masivne objekte građene po sistemu potiskivanja ili monolitno na teški skeli, isto tako za široke i kose objekte, za velike rotacije.

9.12.5.5.4 Nepokretno betonsko zglobo ležište



gde je :

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

Upotrebljeni materijali

Beton C35/45, vruće cinkovana rebrasta armatura B500.

Dimenzije zgloba:

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

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

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

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

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

gde je:

α_0 rotiranje usled prednaprezanja, skupljanja i tečenja,

α_1 rotiranje usled temperature, saobraćajnog opterećenja, itd,

$F_{z,max}$ maksimalna normalna sila ($N_{z,max}$),

$F_{z,D}$ normalna sila stalnog opterećenja ($N_{z,D}$),

A_G presek armature zgloba,

$\beta_{w,28}$ otpornost na pritisak posle 28 dana (karakteristična vrednost dobivena na kocki).

Dodatni uslovi:

$$a \leq 0,3 d, \quad a \leq 0,4b,$$

$$b_o \geq 0,7a,$$

$$b \dots \text{ proizvoljno}$$

Konstruktivna visina:

$$e \leq 0,2a, \quad \leq 4 \text{ cm}$$

$$\text{tg}\beta \approx 1/8$$

Područje vertikalne nosivosti:

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

Opterećenje rušenja:

$$F_{z,Br} = 3\sqrt{\frac{d}{a}} 0,75 \beta_{w,28} ab + \sigma_{02} A_s$$

gde je: A_s – presek armature u zglobu

Područje horizontalne nosivosti:

- $F_h \leq 1/8 F_z$ posebne intervencije nisu neophodne,
- $F_h \leq 1/4 F_z$ armirati po konstruktivnom principu sa ravnim šipkama (trnovima),
- $F_h > 1/4 F_z$ treba izbegavati (prednaprežanjem zgloba uslovi mogu da se poprave)

Područje preuzimanja momenata u poprečnom smeru:

- $M_x \leq 1/6 bF_z$ posebne mere nisu neophodne,
- $M_x \leq 1/6 bF_z$ zahteva se specijalni dokaz napona i specijalne konstruktivne mere (gledaj literaturu).

Ugao rotacije:

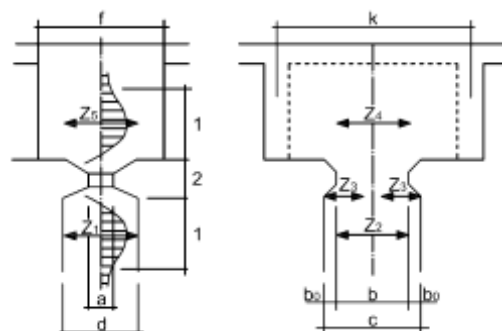
$$\alpha_{dop} = \frac{F_z}{2A_G \sqrt{\beta_{w28}}}, \quad F_{z,D} \leq F_z \leq F_{z,max}$$

Povratni moment:

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

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

Armiranje zgloba:



1 ... ankerisanje - 30 ϕ

2 ... vruće pocinkovane šipke armature (trnovi)

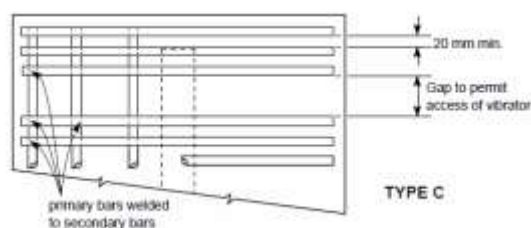
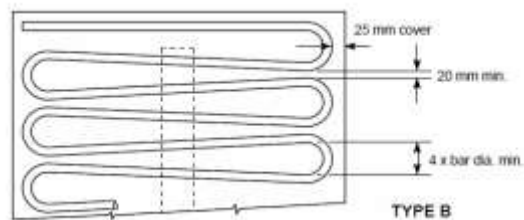
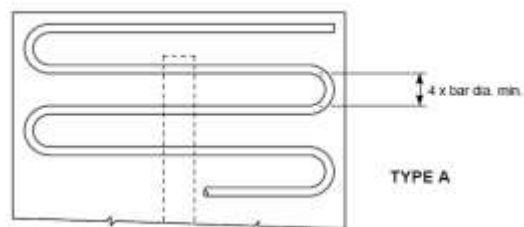
Rascepnje sile i tipovi (A,B,C) rascepnje armature prema Evrokodu 2:

$$Z_1 = 0.3 F_{z,max}$$

$$Z_2 = 0.3 (1-b/c) F_{z,max}$$

$$Z_3 = 0.03 a/b F_{z,max}$$

$$Z_4 = 0.3 (1-b/k) F_{z,max}$$



Područje primene betonskih zglobova:

kod svih objekata, ako su izvodljiva linijska ležišta za oscilirajuće stubove i zidove. Primena dolazi u obzir samo u slučajevima kada nisu neophodna kasnija ravnjanja ležišta (npr. zbog sleganja).

Rotacija: ova ležišta mogu da se rotiraju u svim pravcima do 0,015 radijana.

Pravilno koncipirani konstruisani betonski zglobovi imaju veoma visoku postojanost.

9.12.5.6 Izbor ležišta

9.12.5.6.1 Parametri za izbor ležišta

Izbor tipa ležišta određuje se izborom vrste oslanjanja konstrukcije. Kod izbora ležišta moraju da se uzmu u obzir sledeći statički, konstruktivni i opšti parametri.

Statički parametri:

- vertikalne sile koje deluju na ležište – minimalne, maksimalne i stalne;
- horizontalne sile u podužnom i poprečnom smeru;
- neophodne rotacije i broj mogućih pomeranja;
- neophodne rotacije i broj mogućih rotiranja;
- pomeranja i rotacije;
- zaštita od promene položaja-stabilnost;
- vremenski razvoj pomeranja;
- veličina nametnutih sila koje konstrukcija može da preuzme.

O sve tome vidi i tabelu 3.

Vertikalne sile koje deluju na ležište

Sam izbor vrste sistema oslanjanja ili vrsta ležišta ne utiče u velikoj meri na raspodelu vertikalnih sila. Ova činjenica ipak ima i jednu slabost, t.j. da se pri tom obično ne uvažavaju ili se potcenjuju drugi problemi sa ležištima.

Momenti reakcije ležišta donekle utiču na prenos vertikalnih sila, ali je ovaj uticaj praktično mali i neznatan.

Drugi problem je nešto preciznija odredba vertikalne elastičnosti deformabilnih ležišta koja je povezana sa tečenjem ispod silom pritiska.

Horizontalne sile u podužnom i poprečnom smeru

Ovo se odnosi uglavnom na horizontalne sile u podužnom pravcu: kočenja i ubrzanja sile usled saobraćaja, unutrašnje sile usled pomeranja objekata, komponente vertikalne sile koje izazivaju rotiranja i savijanja gornje konstrukcije.

Veličina i raspodela ovih sila veoma zavisi od tipa sistema oslanjanja.

U bočnom smeru deluju horizontalne sile zbog: vetra kao unutrašnje sile usled podužnog pomeranja konstrukcije,

komponenti sila usled rotacije i kao centrifugalne sile.

Horizontalna sila u fiksnoj tački može da se izračuna u skladu sa DIN Fachbericht 101, Prilog O ili prema Evrokodima kao dole napomenuto:

- primenjena horizontalna sila $V_{x,d}$ na fiksnoj tački sistema ležišta predstavlja rezultat otpora celog sistema ležišta i zajedno sa horizontalnim opterećenjem Q_{lk} proizlazi iz ubrzanja i kočenja kao glavnih promenljivih uticaja prema:

$$V_{x,d} = \gamma_Q Q_{lk} + \begin{matrix} \mu_a \left[\sum \gamma_{G,j,\text{sup}} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_Q \psi_1 Q_{k1} + \sum \gamma_{Qi} \psi_{oi} Q_{ki} \right] \\ - \mu_r \left[\sum \gamma_{G,j,\text{inf}} G_{kj} + \gamma_P P_k \right] \end{matrix}$$

gde je

Q_{lk} karakteristična vrednost horizontalne sile koja proizlazi iz ubrzanja i kočenja,

G_{kj} karakteristična vrednost vertikalnog opterećenja na potpore izazvanog sopstvenom težinom i/ili stalnim uticajima,

P_k karakteristična vrednost vertikalnog opterećenja na potpore usled prednapregnutosti,

$\psi_1 Q_{k1}$ karakteristična vrednost vertikalnog opterećenja na potpore određena odgovarajućim vertikalnim uticajima koji su u odnosu sa glavnim dejstvom Q_{lk} date grupe saobraćajnog opterećenja gr2 prema standardu EN 1991-2:2003, Tabela 4.4a,

$\sum \psi_{oi} Q_{ki}$ vertikalno opterećenje na potpore kao posledice daljih varijabilnih dejstava,

μ_a, μ_r koeficijent trenja sa nepovoljnim uticajima i sa uticajima koji popuštaju napon, a u skladu sa Dodatkom F. Maksimalne koeficijente trenja μ_{max} neophodne za izračunavanje μ_a i μ_r treba uzeti iz odgovarajućih delova Evropskih normi. U slučaju teflonskih (PTFE) kliznih ležišta, proračun se vrši sa $\mu_{max} = 0,03$ bez obzira na pritisak ležišta.

Pomeranja i rotiranja tokom vremena

Često je nemoguće izračunati precizna pomeranja (rotiranja i pomeranja), te kako će se vremenom odvijati. U masivnim mostovskim konstrukcijama preciznije određivanje sprečava teško prognoziranje skupljanja i tečenja betona. Ipak, neophodno je da se sprovede standardni statički proračun za pomeranja ležišta, na primer prema DIN Fachbericht 101, Prilog O ili prema Evrokodima kao dole napomenuto:

- projektne vrednosti pomeranja i opterećenja ležišta zasnovane su na karakterističnim kombinacijama u skladu sa standardom EN 1990:2002, poglavlje 6.5.3.2(2). Međutim, opterećenja i pomeranja koja proističu iz pojedinačnih uticaja, treba uvećati parcijalnim faktorom za svaki od datih uticaja u skladu sa standardom EN 1990:2002, A.2. Povrh toga, važe i zahtevi za projektne vrednosti sila i pomeranja koje su posledica klimatsko-termalnih uticaja. Više o tome vidi u EN 1991-1-5:2003, poglavlje 6 i EN 1990:2002, A.2.

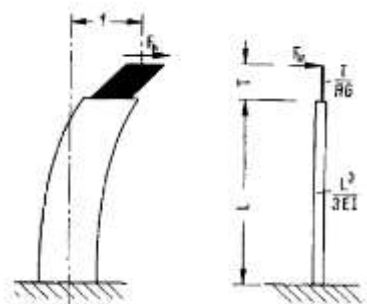
Važno je da ležišta omogućuju podužna pomeranja usled temperature, skupljanja, skupljanja usled prednapreznjanja, kao i rotacije usled savijanja konstrukcije. Ležišta moraju da imaju dovoljan hod (rotacija do 0,01 rad i dovoljno velike pomake u odnosu na fiksnu tačku sistema za oslanjanje).

Sigurnost protiv promene položaja – stabilnost

Stabilnost ležišta znači otpornost na klizanje, prevrtanje ili podizanja sa potpore. Sistem oslanjanja mora da bude tako projektovan da se u ni jednom slučaju ne desi slično gore pomenutom. Problem bočnih prevrtanja je karakterističan za duge, uske objekte (npr. pešački mostovi). Sva ležišta moraju da budu opterećena na pritisak.

Veličina usiljenih sila koje konstrukcija može da preuzme

Ležišta su obično i sastavni deo konstrukcija sa fleksibilnim sistemom oslanjanja, to jest sistemom vitkih stubova pod pritiskom. Takođe, trebalo bi da se proveriti uticaj pojedinih vrsta ležišta na delove konstrukcije. Posebno problematično je određivanje graničnih uslova, unutrašnjih statičkih sila i dužine vitoperenja stubova koja varira u zavisnosti od različitih tipova ležišta (slika 9).



Slika 9.12.5.9 – Krutost stuba sa elastomernim ležištem u gornjem delu

Određeni stepen pomeranja i opterećenja ležišta koji proističe iz deformacije stubova nakon instalacije ležišta, mora da bude uračunat sa kombinacijom uticaja zasnovanih na teoriji II reda, ukoliko za date stubove uslovi za proračun zasnovani na teoriji I reda prema standardu EN 1992-1-1 nisu usklađeni sa ovom kombinacijom uticaja. Pri proračunu deformacije stubova, ekvivalentni geometrijski nedostaci mogu da se umanje uz pomoć faktora k_{ϕ} . Preporučena vrednost za k_{ϕ} iznosi 0,5.

Konstruktivni parametri:

- materijal rasponske konstrukcije objekta;
- tehnologija izgradnje rasponske konstrukcije;
- prostorski uslovi na krajnjim potporama, stubovima i rasponskoj konstrukciji;
- ravnjanje – ujednačavanje sleganja potpora.

Materijal rasponske konstrukcije objekta

Rasponska konstrukcija može da bude od čelika, armiranog betona, a pored toga i prednapregnuta ili spregnuta. Reagovanje ugrađenih materijala na temperature je drugačije od slučaja do slučaja. Čelična konstrukcija brzo reaguje, masovna betonska konstrukcija reaguje uz fazno odlaganje.

Približne vrednosti rastezanja ili skupljanja su sledeće:

- čelične konstrukcije $\pm 0,50$ mm/m,
- armirane betonske konstrukcije: + 0,30 mm/m, -0,60 mm/m i
- prednapregnute armirane betonske konstrukcije: +0,30 mm/m, -1,20 mm/m.

Projektne vrednosti pomeranja na ležištima izazvanih tečenjem i skupljanjem, zasnovane su na povećanju srednje vrednosti u skladu sa standardima EN 1992-2 i EN 1994-2, sa faktorom 1,35 za tečenje i 1,6 za skupljanje.

Tehnologija izgradnje rasponske konstrukcije

Tehnologija građenja može da utiče na izbor vrsta ležišta. Poznato je da kod gradnje konstrukcija potiskivanjem trajna ležišta nisu ankerisana na gornjoj konstrukciji nego deluju samo na smicanje lepljenjem. Zbog činjenice da trajna ležišta mogu da se oštete u toku izgradnje, koriste se privremena ležišta (obično elastomerna sa PTFE) koja olakšavaju klizanje. Kasnije se ona zamenjuju stalnim ležištima (lončastim ili sfernim). Kombinovanje privremenog i trajnog ležišta u jednoj implementaciji više nije dozvoljena. Geometrijska odstupanja u

podužnom i poprečnom pravcu su dozvoljena kao što je prikazano na slici 1.

Prostorski uslovi na krajnjim potporama, stubovima i rasponskoj konstrukciji

Izbor ležišta zahteva adekvatan prostor za održavanje i zamenu ležišta. Više o ovome u poglavlju 9.12.5.7.

Ravnanje – ujednačavanje sleganja potpora

U slučaju ograničenih pomaka potpora treba obezbediti rotaciju ležišta u svim pravcima. Pokretna ležišta moraju da budu klizna ležišta sa mogućnošću pomeranja u svim pravcima. Deformabilna elastomerna ležišta ponekad nisu dovoljna da ispune ovaj kriterijum.

Klizna ležišta zahtevaju kontinuirano praćenje pomeranja u svim pravcima sleganja i pomeranja.

Ukoliko deformacije na temeljima, stubovima i ležištima doprinose opterećenju i pomeranju ležišta, one tada obično moraju da budu uključene u računski model (vidi EN 1991-2:2003, poglavlje 6.5.4.2).

Opšti parametri:

- ugrađivanje ležišta,
- održavanje ležišta.
- zamena ležišta,
- ekonomičnost,
- izgled.

Ovi razlozi su objašnjeni u specifikacijama za izgradnju puteva (SRCS, poglavlje 2.5.5).

9.12.5.6.2 Nosivost ležišta

Nosivost ležišta u horizontalnom i vertikalnom smeru (podužno i poprečno) određuje se na osnovu maksimalnih sila koje deluju na ležište, posebno za granično stanje upotrebljivosti (SLS) i granično stanje nosivosti (ULS). Vidi tabele od 5 do 7.

9.12.5.6.3 Pokretljivost ležišta (pomeranja i rotacija)

Potrebna pokretljivost ležišta određuje se od dole navedenih uticaja. Kod trajnih opterećenja (sopstvena težina i prednaprezanje) moraju da se uzmu u obzir plastične deformacije (tečenje i skupljanje).

Uticaji koji određuju potrebna rotiranja:

- deformacije gornje konstrukcije koje nastaju usled uticaja sopstvene težine, prednaprezanja, saobraćajnog

- opterećenja, sleganja, temperaturnih promena i skupljanja;
- rotacije glave stuba radi pomeranja.

Uticaji koji određuju potrebna pomeranja u podužnom i poprečnom smeru:

- deformacije gornje konstrukcije koje nastaju usled uticaja prednaprezanja, konstantnog temperaturnog osciliranja (po čitavom preseku), konstantnog skupljanja, pomeranja krajnjih potpora, rotiranja nosača.
- pomeranje glave stuba kod „elastičnog oslanjanja“ koje nastaje usled delovanja sila kočenja, vetra i sile trenja.

9.12.5.6.4 Dimenzionisanje ležišta

Savremena ležišta su industrijski proizvodi. Ležišta konstruišu i dimenzionišu stručnjaci proizvođača na osnovu podataka dobijenih od projektanta objekta. Ovi podaci su dati u poglavlju 9.12.5.6.5. Karakteristične vrednosti uticaja mogu se uzeti iz Evrokodova datih u tabeli 3.

Izuzetak čini armaturni zglob kojeg konstruiše i dimenzioniše projektant objekta. Postupak za dimenzionisanje armaturnog zgloba opisan je u tački 9.12.5.5.4.

Projektant mora da obezbedi siguran prenos sila sa ležišta u donju i gornju konstrukciju. Naročitu pažnju mora da obrati na određivanje odgovarajuće armature koja preuzima sile cepanja, te po mogućnosti i ankerisanje ležišta u konstrukciju. Posebno treba da bude pažljiv kod povezivanja gornjeg dela ležišta na čeličnu noseću konstrukciju. Dimenzionisanje ležišta se obavlja po standardima EN 1337, u zavisnosti od vrsta ležišta.

Pravila za dimenzionisanje ležišta obuhvataju:

- noseće čelične ploče,
- spojevi sa zavrtnjima,
- spojevi sa varovima,
- naponi u ležišnim spojevima i preraspodela opterećenja,
- dokaz statičke ravnoteže,
- ankerisanje pomoću moždanika i zavrtnja,
- zaštita od korozije.

Noseće čelične ploče

Izračunavaju se kao okrugle ravne ploče, opterećene simetričnim paraboličnim opterećenjem, u potpunosti elastično oslonjene na podlogu. Dimenzionisanje je

izvršeno na osnovu empirijskih jednačina dobijenih iz eksperimenta.

Spojevi sa zavrtnjima

Veze sa zavrtnjima bi trebalo da budu na bezbednoj strani. Moraju da se onemoguće relativna kretanja u SLS stanju. U ovom slučaju predviđena je protivklizna opcija zavrtnja. Dimenzionisanje prati uputstva iz Evrokoda 3.

Spojevi sa varovima

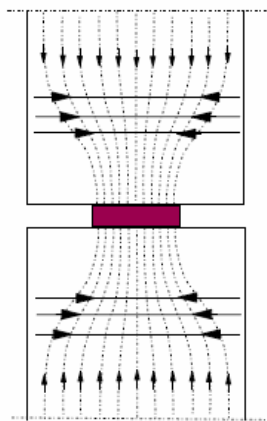
Minimalna debljina vara (a_{min}) je 3 mm. U suprotnom treba pratiti debljinu vara (a), koja zavisi od debljine ploče ležišta ($t \geq 18$ mm) koristeći formulu:

$$a \geq \sqrt{t \max} - 0,5$$

gde su: a i t ... dimenzije u [mm]

Naponi u ležišnim spojevima i preraspodela opterećenja

Stanja napona u ležišnim spojevima i preraspodela opterećenja (isto važi i za betonske zglobove) su detaljnije objašnjeni u Evrokodu 2. Slika 10 pokazuje razvoj trajektorija pritiska kroz ležište i raspodelu sila:



Slika 9.12.5.10 – Trajektorije sila pritiska u stubu koje prolaze kroz ležište

Dokaz statičke ravnoteže

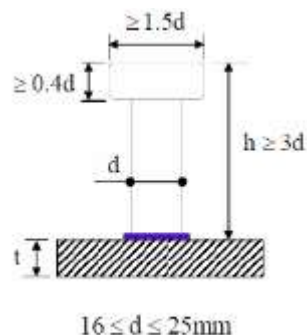
Za dokaz statičke ravnoteže mora da se uzmu u obzir i provere:

- bezbednost na dizanje ležišta;
- bezbednost na klizanje ležišta.

Ankerisanje pomoću moždanika i zavrtnjeva

Sidrenje ležišta pomoću moždanika i zavrtnja u konstrukciju je korisno kada je

odnos između vertikalnih i horizontalnih rezultatnih sila mali (tj. $k < 2$ za kontakt čelik/beton i $k < 5$ za kontakt čelik/čelik). Dimenzionisanje treba da bude u skladu sa Evrokodom 4, deo 2, (slika 11).



Slika 9.12.5.11 – Mere moždanika na čeličnoj ankerisanoj ploči

Zaštita od korozije

Čelične površine moraju da budu adekvatno zaštićene od korozije (višeslojni sistem, min 260 μ m) u kategoriji C 5- I ili C 5-M prema SRPS EN ISO 12944. Klizne i kontakte površine za prenos opterećenja nisu posebno obojene, ali moraju da budu čiste. Efekat obojene površine na koeficijente trenja bi trebalo razmotriti posebnom analizom ležišta.

9.12.5.6.5 Projektni podaci o ležištima

Podloge i podaci na osnovu kojih projektant konstrukcije pomoću izvodača bira konkretna ležišta (poznatog proizvođača) dati su u primerima na slici 12 i u tabelama od 4 do 7 :

- osnovna šema postavljana ležišta sa označenim pozicijama svakog ležišta, sa oznakom ležišta, smerom nameštanja (važno kod objekata u krivini i kod širokih objekata), veličinom i smerom prethodnog postavljanja;
- vertikalne sile: stalne, maksimalne i minimalne;
- horizontalne sile: maksimalne u uzdužnom i poprečnom smeru;
- pomeranja: maksimalna u podužnom odnosno podužnom i poprečnom smeru (pokretna u jednom, odnosno u svim pravcima);
- rotiranje: maksimalno u podužnom i poprečnom smeru;
- prethodna postavljanja (za klizna ležišta) za pretpostavljenu temperaturu ugrađivanja i potrebne promene prethodnog postavljanja na temperaturi ugrađivanja koja se razlikuje od pretpostavljene.

Opšte napomene

Svrha ovog plana jeste da pobroji sve informacije koje su obično neophodne za projektovanje ležišta za određenu konstrukciju.

Svaku stavku u ovom planu treba uzeti u obzir, mada se neke možda neće moći primeniti na određeno ležište. Treba davati samo relevantne informacije, te ako neka stavka u planu ne može da se primeni, to treba i navesti. Dodatne informacije treba uneti ako za to postoje posebni uslovi.

Plan projektanta konstrukcije kod pripremanja podataka za izračun ležišta

Tabela 4 pruža opšte informacije, tabela 5 navodi karakteristična opterećenja i pomeranja, a tabela 6 navodi opterećenja i pomeranja za granična stanja nosivosti i granična stanja upotrebljivosti koja treba koristiti za projektovanje ležišta.

Za razliku od tabele 6 tabela 7 daje samo ekstremne vrednosti (tzv. „metoda obvojnice“) u pogledu opterećenja i pomeranja za granična stanja nosivosti i granična stanja upotrebljivosti.

Svi pravci dati u tabeli odnose se na lokalni Dekartov koordinatni sistem ležišta. Ako su pravci i rotacije dati sa minimalnim i maksimalnim vrednostima, tu činjenicu treba zabeležiti.

Zbog krutosti gornje konstrukcije i spodnje konstrukcije i ležišta, može da dođe do reakcionih momenata M_x i M_y .

9.12.5.6.6 Projekat ležišta

Odabrani proizvođač ležišta izrađuje projekat ležišta (radionički nacrt) koji mora da sadrži:

- nacrt postavljanja ležišta sa tačnim oznakama za svako pojedinačno ležište;
- nacрте pojedinih ležišta;
- uputstva za ugrađivanje, održavanje i zamenu ležišta.

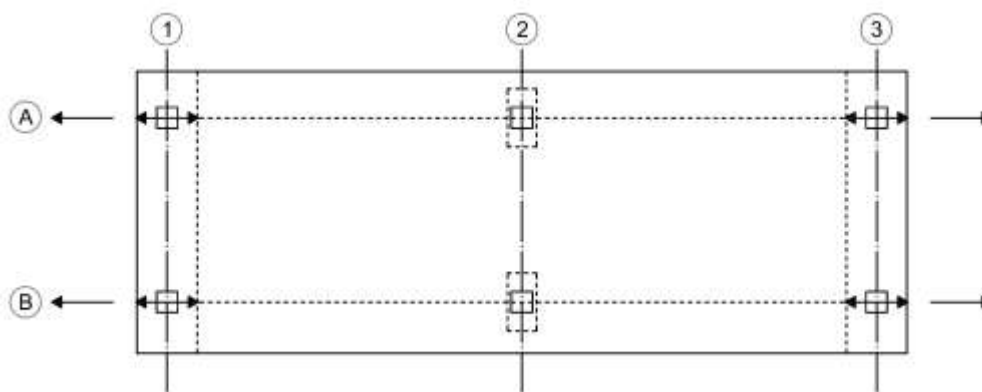
Projekat ležišta izvođač dostavlja projektantu konstrukcije na overu. Projektant konstrukcije potpisom na nacrtima potvrđuje ispravnost projekta.

9.12.5.6.7 Dokumenti koje mora da obezbedi izvođač pre ugradnje ležišta

Pre ugradnje ležišta izvođač mora da obezbedi sledeće podatke i dokumente koji obezbeđuju da izabrano ležište odgovara projektovanom, da ima sertifikate prema EN 1337 i da se nalazi u neoštećenom stanju:

- od projektanta potvrđen projekat ležišta koji je izradio proizvođač ležišta;
- potvrdu da svi tipovi ležišta odgovaraju nameni za određeni objekat;
- pojedini kontrolni listovi proizvodnje i sertifikati za ležišta i delove ležišta;
- zapisnik o preuzimanju ležišta.

Više o ovoj problematici u smernici Tehnički uslovi za ugradnju ležišta – SRCS, poglavlje 2.5.5.



Slika 9.12.5.12 – Primer osnovne šeme postavljanja elastomernih ležišta tipa 1.1 u osi 2 i tipa 1.5 u osama 1 i 3

Tabela 9.12.5.3— Karakteristične vrednosti uticaja u završnom stanju

Br.	Uticaj	Evrokod
	Referentna temperatura	EN 1991-1-5
1.1	Sopstvena težina	EN 1991-1-7
1.2	Superponirana sopstvena težina	EN 1991-1-7
1.3	Prednapregnutost	EN 1992-1-1, EN 1992-2, EN 1994-2, EN 1993-1-11
1.4	Puzanje	EN 1992-1-1, EN 1992-2
1.5	Skupljanje	EN 1992-1-1, EN 1992-2
2.1	Saobraćajna opterećenja	EN 1991-2
2.2	Vozila za posebne namene	EN 1991-2
2.3	Centrifugalne sile	EN 1991-2
2.4	Bočni udari	EN 1991-2
2.5	Kočenje i ubrzanje	EN 1991-2
2.6	Pešačko opterećenje	EN 1991-2
2.7	Vetar na konstrukciji bez saobraćaja	EN 1991-1-4
2.8	Vetar na konstrukciji sa saobraćajem	EN 1991-2
2.9	Opseg komponente ravnomerne temperature	EN 1991-1-5:2003, 6.13 i 6.15
2.10	Komponenta vertikalne temperature	EN 1991-1-5:2003, 6.14 i 6.15
2.11	Komponenta horizontalne temperature	EN 1991-1-5:2003, 6.14 i 6.2
2.12	Sleganje tla (spuštanje)	EN 1997-1
2.13	Otpor ležišta/trenje	EN 1337-1
2.14	Zamena ležišta	EN 1991
2.15	Opterećenja u fazama montaže	EN 1991
2.16	Sporedna opterećenja	EN 1991-1-7
2.17	Seizmički uticaji	EN 1998

Tabela 9.12.5.4 — Opšte informacije o ležištima

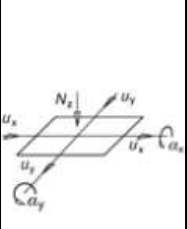
1	Naziv konstrukcije ili referenca				
2	Položaj ležišta u konstrukciji				
3	Vrsta ležišta (broj u skladu sa EN 1337-1, Tabela 1)				
4	Količina				
5	Površina naleganja	Materijal ^a	Gornja površina		
6			Donja površina		
7		Karakteristična čvrstoća (N/mm ²)	Gornja površina		
8			Donja površina		
9	Potporna površina	Gornja površina	Uzdužno (mm)		
10			Poprečno (mm)		
11		Donja površina	Uzdužno (mm)		
12			Poprečno (mm)		
13	Maksimalne dimenzije ležišta (mm)	Gornja površina	Uzdužno		
14			Poprečno		
15		Donja površina	Uzdužno		
16			Poprečno		
17	Ukupna visina				
18	Tražena vrsta pričvršćivanja ^b		Gornje lice		
19			Donje naličje		
20	Specijalni zahtevi ^c		Sve druge zahteve navesti u odvojenoj tabeli.		

^a Na primer, cementni malter, epoksi malter, na licu mesta izliveni beton, prefabrikovani beton, čelik, drvena građa.

^b Dostupna su različita sredstva za pričvršćivanje ležišta za natkonstrukcije i potkonstrukcije, kako bi odgovarala različitim tipovima ležišta. Treba navesti posebne zahteve poput kliznih ležajeva, mašinskih zavrtnja, klinova, ključeva, te drugih uređaja. Ukoliko srazmerni deo prenosne sile treba da se prenese trenjem, tada treba utvrditi taj srazmerni deo, kao i neophodno stanje površine.

^c Treba navesti i detalje o svim posebnim uslovima poput ekstremne izloženosti, visoke koncentracije ozona, ograničenog pristupa, nehorizontalnog položaja površine naleganja, ležišta koja nisu pod pravim uglom u odnosu na grede, privremena ograničenja. Treba utvrditi najviše i najniže temperature, kao i detalje u vezi sa svim uslovima prirodnog okruženja kojima ležišta mogu da budu izložena tokom svog veka trajanja, ukoliko se isti razlikuju u odnosu na uslove koji se uobičajeno javljaju.

Tabela 9.12.5.5 - Popis ležišta sa specifikacijom karakterističnih vrednosti u pogledu pojedinačnih uticaja

		Projekat:		Ova lista obuhvata ekstremne vrednosti za reakcije i pomeranja u radnim uslovima. Ukoliko opterećenja i pomeranja ležišta tokom izgradnje pređu ove vrednosti radnog stanja, onda se moraju prikazati odvojeno.													
		Ležište br:		Reakcije i pomeranja ležišta													
				N_z [kN]		V_x [kN]		V_y [kN]		u_x [mm]		u_y [mm]		α_x [mrad]		α_y [mrad]	
				max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
1.1	STALNI UTICAJI	Sopstvena težina															
1.2		Superponirana sopstvena težina															
1.3		Prednapregnutost															
1.4		Puzanje															
1.5		Skupljanje															
2.1	VARIJABILNI UTICAJI	Saobraćajna opterećenja															
2.2		Vozila za posebne namene i/ili 2.1															
2.3		Centrifugalne sile															
2.4		Kočenje i ubrzanje															
2.5		Pešački saobraćaj															
2.6		Vetar na konstrukciji bez saobraćajne trake															
2.7		Vetar na konstrukciji sa saobraćajnom trakom															
2.8		Opseg ujednačene temperature															
2.9		Vertikalna temperaturna razlika															
2.10		Horizontalna temperaturna razlika															
2.11		Sleganje tla															
2.12		Otpor ležišta/trenje															
2.13		Zamena ležišta															
2.14		Saobraćajni efekti pritiska i vučenja															

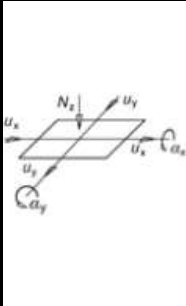
	Projekat:		Ova lista obuhvata ekstremne vrednosti za reakcije i pomeranja u radnim uslovima. Ukoliko opterećenja i pomeranja ležišta tokom izgradnje pređu ove vrednosti radnog stanja, onda se moraju prikazati odvojeno.													
	Ležište br:		Reakcije i pomeranja ležišta													
			N_z [kN]		V_x [kN]		V_y [kN]		u_x [mm]		u_y [mm]		α_x [mrad]		α_y [mrad]	
			max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
3.1	SEIZMIČKI UTICAJI	Delimično urušavanje bez potpunog rušenja														
3.2		Minimizovanje štete														
4.1	SLUČAJNI UTICAJI	Iskliznuće														
4.2		Udarno opterećenje														

Tabela 9.12.5.6 - Popis ležišta sa specifikacijom opterećenja i pomeranja ležišta za granična stanja nosivosti i granična stanja upotrebljivosti

Projekat:											
Ležište br:											
		Ova lista obuhvata istovremene projektne vrednosti za opterećenja i pomeranja na ležištu u radnom stanju. Ukoliko opterećenja i pomeranja tokom izgradnje pređu date vrednosti radnog stanja, onda se moraju prikazati odvojeno. Ekstremne vrednosti (metoda obvojnice) prikazane su u sivim poljima.									
		Pripadajuće projektne vrednosti opterećenja i pomeranja ležišta									
		N_z	V_x	V_y		u_x	u_y	α_x	α_y		
		[kN]	[kN]	[kN]		[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]		
Opterećenja i pomeranja ležišta u graničnom stanju nosivosti											
Opterećenja ležišta za fundamentalnu kombinaciju prema standardu EN 1990:2002, 6.5.3(2)											
1.1	max. N_{zd}										
1.2	min. N_{zd}										
1.3	max. $V_{x,Ed}$										
1.4	min. $V_{x,Ed}$										
1.5	max. $V_{y,Ed}$										
1.6	min. $V_{y,Ed}$										
Pomeranja za fundamentalnu kombinaciju prema standardu EN 1990:2002, 6.5.3(2)											
2.1	max. $u_{x,d}$										
2.2	min. $u_{x,d}$										
2.3	max. $u_{y,d}$										
2.4	min. $u_{y,d}$										
2.5	max. $\alpha_{x,d}$										
2.6	min. $\alpha_{x,d}$										
2.7	max. $\alpha_{y,d}$										
2.8	min. $\alpha_{y,d}$										
Opterećenja i pomeranja ležišta u graničnom stanju upotrebljivosti											
Opterećenja ležišta za karakterističnu kombinaciju prema standardu EN 1990:2002, 6.5.3(2)											
3.1	max. N_{zd}										
3.2	min. N_{zd}										
3.3	max. $V_{x,d}$										
3.4	min. $V_{x,d}$										
3.5	max. $V_{y,d}$										
3.6	min. $V_{y,d}$										
Pomeranja za karakterističnu kombinaciju prema standardu EN 1990:2002, 6.5.3(2)											
4.1	max. $u_{x,d}$										
4.2	min. $u_{x,d}$										
4.3	max. $u_{y,d}$										
4.4	min. $u_{y,d}$										
4.5	max. $\alpha_{x,d}$										
4.6	min. $\alpha_{x,d}$										
4.7	max. $\alpha_{y,d}$										
4.8	min. $\alpha_{y,d}$										
Minimalne vrednosti pomeranja prema 4.4 nisu uključene. Minimalne vrednosti pomeranja prema standardu EN 1337-1:2011, 5.5 nisu uzete u razmatranje za ova pomeranja.											

Tabela 9.12.5.7— Popis ležišta sa specifikacijama ekstremnih opterećenja i pomeranja ležišta („metoda obvojnice“) za krajnja granična stanja nosivosti i upotrebljivosti

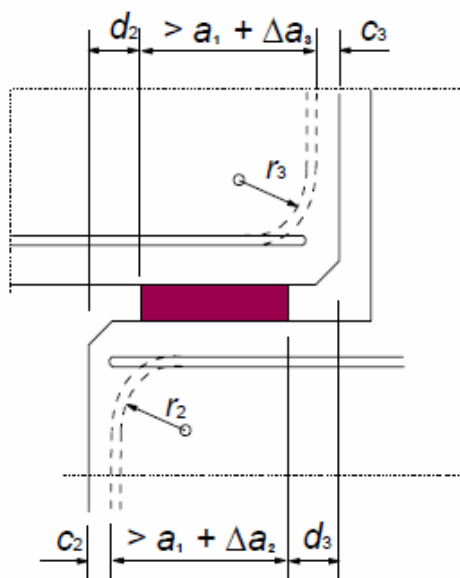
Projekat:									
Ležište br:									
		Ova lista obuhvata ekstremne vrednosti za reakcije i pomeranja u radnom stanju. Ukoliko opterećenja i pomeranja ležišta tokom izgradnje pređu date vrednosti radnog stanja, onda se moraju prikazati odvojeno.							
		Pripadajuće projektne vrednosti opterećenja i pomeranja ležišta							
		Br.#	Br.#	Br.#	Br.#	Br.#	Br.#	Br.#	Br.#
		Tip	Tip	Tip	Tip	Tip	Tip	Tip	Tip
Opterećenja i pomeranja ležišta u graničnom stanju nosivosti									
Opterećenja ležišta za fundamentalnu kombinaciju prema standardu EN 1990:2002, 6.5.3(2)									
1.1	max. N_{zd}								
1.2	min. N_{zd}								
1.3	max. $V_{x,Ed}$								
1.4	min. $V_{x,Ed}$								
1.5	max. $V_{y,Ed}$								
1.6	min. $V_{y,Ed}$								
Pomeranja za fundamentalnu kombinaciju prema standardu EN 1990:2002, 6.5.3(2)									
2.1	max. $u_{x,d}$								
2.2	min. $u_{x,d}$								
2.3	max. $u_{y,d}$								
2.4	min. $u_{y,d}$								
2.5	max. $\alpha_{x,d}$								
2.6	min. $\alpha_{x,d}$								
2.7	max. $\alpha_{y,d}$								
2.8	min. $\alpha_{y,d}$								
Opterećenja i pomeranja ležišta u graničnom stanju upotrebljivosti									
Opterećenja ležišta za karakterističnu kombinaciju prema standardu EN 1990:2002, 6.5.3(2)									
3.1	max. N_{zd}								
3.2	min. N_{zd}								
3.3	max. $V_{x,d}$								
3.4	min. $V_{x,d}$								
3.5	max. $V_{y,d}$								
3.6	min. $V_{y,d}$								
Pomeranja za karakterističnu kombinaciju prema standardu EN 1990:2002, 6.5.3(2)									
4.1	max. $u_{x,d}$								
4.2	min. $u_{x,d}$								
4.3	max. $u_{y,d}$								
4.4	min. $u_{y,d}$								
4.5	max. $\alpha_{x,d}$								
4.6	min. $\alpha_{x,d}$								
4.7	max. $\alpha_{y,d}$								
4.8	min. $\alpha_{y,d}$								
4.9	akumulirani u								
4.10	akumulirani α								
Minimalne vrednosti pomeranja prema 4.4 nisu uključene. Minimalne vrednosti pomeranja prema standardu EN 1337-1:2011, 5.5 nisu uzete u razmatranje za ova pomeranja.									

9.12.5.7 Konstruktivni uslovi za oblikovanje konstrukcije u području ležišta

Za pravilno funkcionisanje ležišta treba da budu ispunjeni određeni konstruktivni uslovi (slike 13, 14 i 15) koji omogućuju pravilan položaj ležišta, predviđena pomeranja i rotiranja, kontrolu, održavanje i zamjenu ležišta.

Razlikuju se opšti i posebni konstruktivni uslovi. Prvi moraju da se ispune bez obzira na vrstu upotrebljenih ležišta, a drugi zavise od vrste ležišta. Prvi će biti opisani u ovom poglavlju, dok će drugi biti pojedinačno opisani.

Ležište se po pravilu postavlja na ležišnu prizmu (kvadar). Ovim se omogućuje pravilna ugradnja i unos sila koje se prenose preko prizme. Kvalitet betona mora da bude najmanje C35/45 prema SRPS EN 206-1. Prizma može da se izvede sa ili bez radnog spoja. Potrebne dimenzije su date na slikama. Posebno je važno da se prizma i konstrukcija armiraju odgovarajućom armaturom (armatura za sile cepanja te armatura za savijanje u poprečnom nosaču-slika 13).



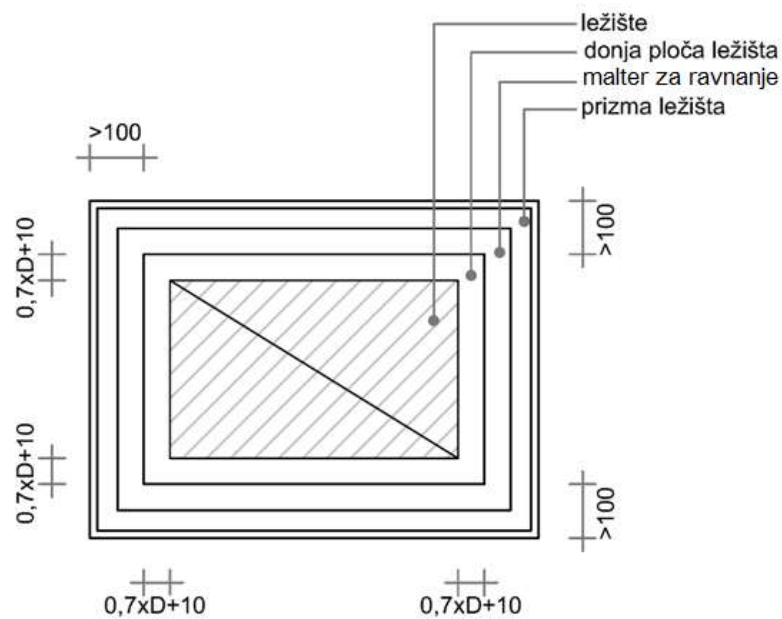
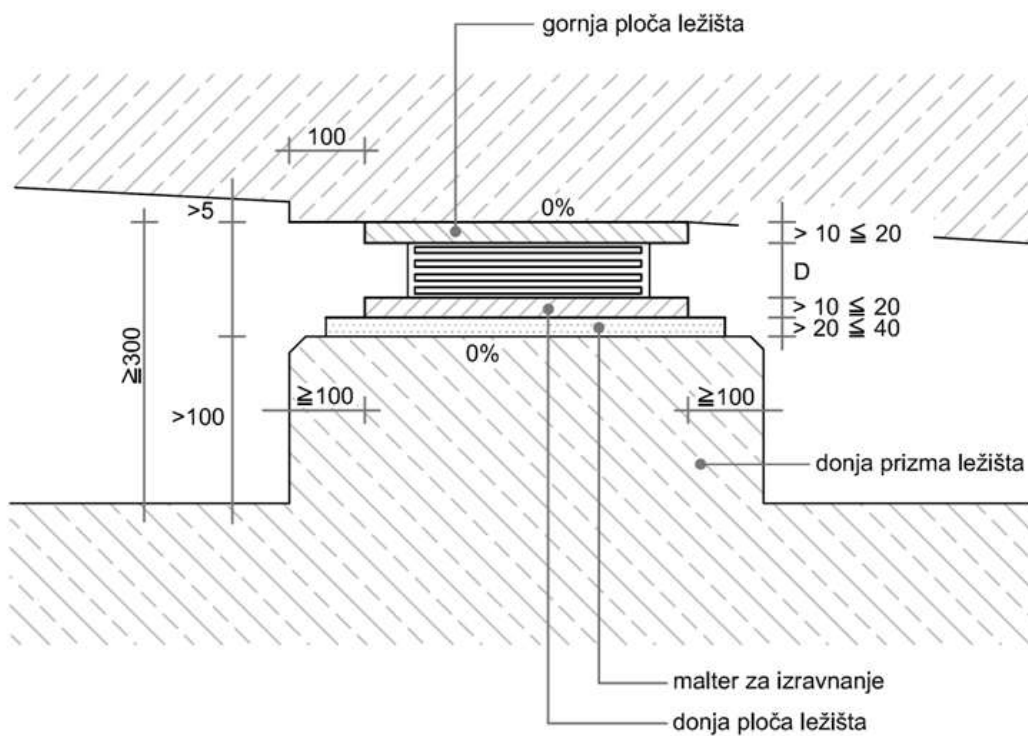
Slika 9.12.5.13 – Detaljan prikaz armature na krajnjoj potpori

Ležišta ne treba da budu u direktnoj vezi sa prizmom, nego je bolje da se oslanjaju na čeličnu ploču koja je povezana sa prizmom preko maltera za ravnanje. Važno je da su ploče ugrađene potpuno vodoravno i da malter za ravnanje u potpunosti ispunjava prostor između ploče i prizme. Sve neophodne dimenzije date su na slikama 14 i 16.

Kod monolitnih betonskih konstrukcija kod kojih se betoniranje izvodi direktno na ležištima, te kod objekata na kojima se vrši sanacija i koji nisu dovoljno visoki nije obavezna upotreba čeličnih ploča u kombinaciji sa elastomernim ležištima.

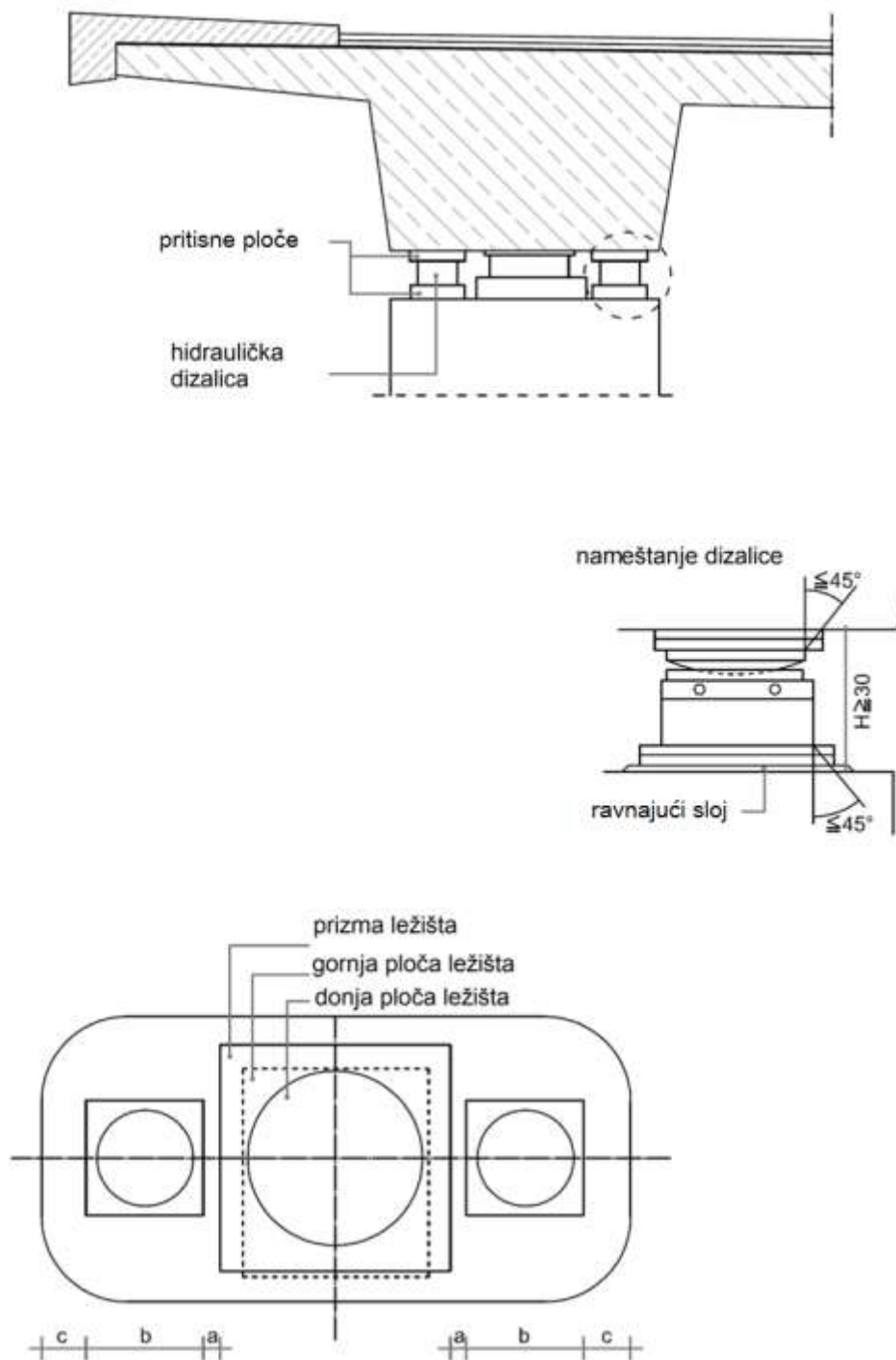
Ležišta imaju kraći vek trajanja od objekta. Zbog toga moraju da se ispune uslovi za njihovu zamenu. Projektant mora da obezbedi prostor za postavljanje hidrauličkih dizalica i prostor za jednostavnu zamenu ležišta. Potrebne dimenzije prostora za dizalice i postavljanje dizalica prikazane su na slici 15. Treba predvideti upotrebu običnih hidrauličkih dizalica, a izbjegavati specijalne i skupe dizalice. Mesta predviđena za dizalice moraju da omogućuju preuzimanje sila koja deluju na ležište, zbog čega ovi prostori moraju da se dimenzionišu 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 mrežama ili pleksi staklom, čime se onemogućuje pristup pticama, prljanje prostora i omogućuje pregled ležišta (slika 17).



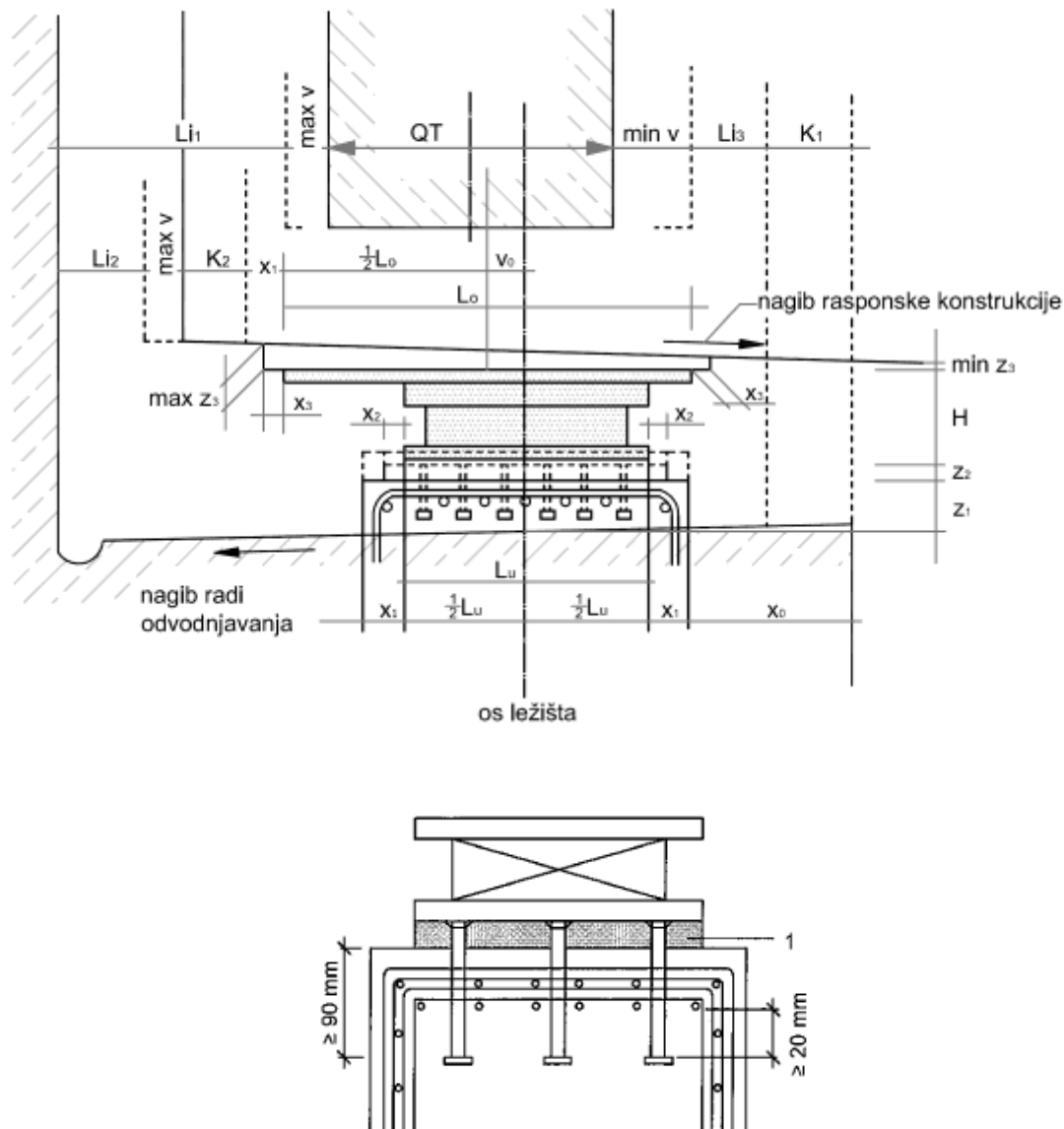
D - efektivna debljina ležišta (ukupna debljina elastomernih slojeva)

Slika 9.12.5.14 Oblikovanje konstrukcije u području ležišta i potrebne dimenzije ležišnih prizmi i ploča (u mm)



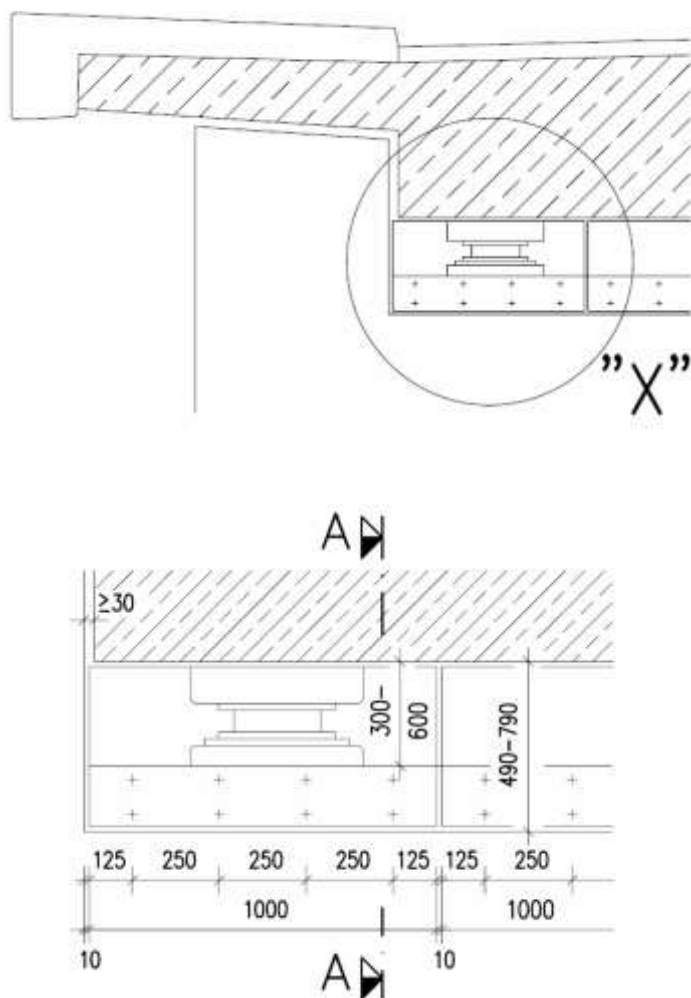
- a) odstojanje između betonske prizme odnosno ploče ležišta i pritisne ploče ≥ 5 cm
- b) širina pritisne ploče
- c) odstojanje između pritisne ploče i ivice betonske konstrukcije (gore odnosno dole ≥ 12 cm)

Slika 9.12.5.15: Uslovi za postavljanje hidrauličkih dizalica kod zamene 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 potpore ispred poprečnog nosača
K_2	nenoseći beton i konstrukcije (npr. zaštita kotvi)
V_0	prethodno nameštanje – centriranje ležišta
min v	dodatak k v_0 očekivano minimalno
max v	i maksimalno pomeranje
Li_1 do Li_3	potrebne dimenzije da bi se omogućila eventualna kontrola, održavanje i bezbedno funkcionisanje
$X_{0,1,2,3}$	potrebni horizontalni razmak prizme ležišta, ploče i ravnajućeg maltera
$Z_{1,2,3}$	potrebne visine prizmi ležišta i ravnajućeg maltera

Slika 9.12.5.16: Šematski prikaz zavisnosti dimenzija konstrukcije i ležišta, te uslov ankerisanja



Slika 9.12.5.17: Zaštita ležišta sa pleksi staklom