

Dvigalotehna 	Project Konstrukcijski sistemi			strani 14	
	Part of Structure Nosilci žerjavne proge			Calc Sheet No. / Rev Predavanje / 1	
		Pripravil Darko Dajčman inž.str.	Date Okt. 2022	Check By	Date

CILJ/OBSEG

Predstaviti konstrukcijske funkcije nosilca žerjavne proge in podati smernice za načrtovanje nosilca in njegovih različnih komponent.

POVZETEK

Nosilci žerjavnih prog se običajno obravnavajo kot del gradbene konstrukcije in so temu primerno tudi načrtovani.

Bolj realističen pristop je obravnavati nosilce žerjavne proge kot del mehanskega transportnega sistema, v katerem je prevladujoča komponenta sam žerjav.

Obstaja zelo močna interakcija med gibljivimi in mirujočimi deli žerjavnega sistema. Ne more biti uspešna zasnova niti samega žerjava niti nosilca žerjavne proge, če jih obravnavamo kot ločene strukture.

Sile, s katerimi žerjav deluje na nosilce, so deloma posledica obnašanja samega žerjava, zlasti v zvezi z navpično in bočno togostjo nosilca. Prenos reakcij kolesa žerjava na nosilec proge žerjava povzroči zapleten vzorec napetosti v zgornjem delu nosilca in povzroči zgodnje okvare pri delovanju, če se ne upošteva pri načrtovanju.

1. UVOD

Pri načrtovanju žerjavov, tirnic, nosilcev proge in nosilne konstrukcije so najpomembnejši parametri največje in najpogostejše pojavljajoče se teže, ki jih je treba dvigniti, hitrost in pospešek ter prosta višina pod žerjavom. Največje kolesne obremenitve so določene z neto nosilnostjo žerjava skupaj z lastno težo žerjava in dinamičnimi učinki.

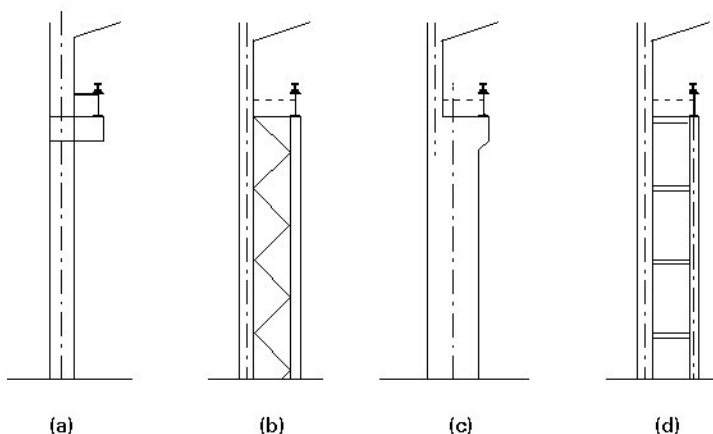
Zmogljivosti za rokovanje v preprostih zgradbah s portalnimi okvirji so pogosto zagotovljene z lahkimi mostnimi žerjavi, ki se vozijo na tirnicah, podprtih z nosilci, pritrjenimi na stebre, glejte sliko 1a.

Slika 1

Stebri žerjava

a) Relativno lahki žerjavi

b-d) Težki žerjavi



Največja zmogljivost žerjavov, podprtih na ta način, je približno 100 kN. Nad to zmogljivostjo je bolje zagotoviti ločeno podporo ali povečati globino stebra pod nosilcem žerjavne proge, da se zagotovi ustrezna podpora.

Pri vpeljavi mostnega žerjava v objekt je treba posebej paziti, da je objekt ustrezno tog v obeh smereh. Prav tako je treba omeniti, da so lahko nosilci proge žerjava, kjer so vključeni težki žerjavi, izpostavljeni hudim pogojem utrujenosti.

1.1 Nosilec proge žerjava in konstrukcija

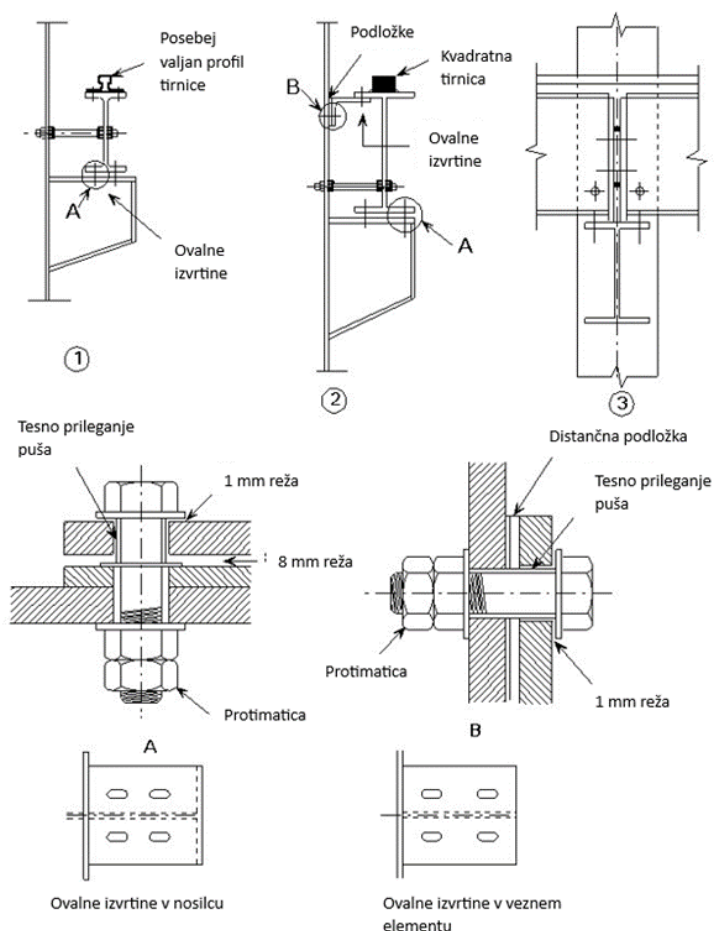
Način podpore nosilca proge žerjava je odvisen od velikosti reakcij, ki se prenašajo, glede na trdnost konstrukcijskega ogrodja stavbe.

Nekatere tipične ureditve, ki segajo od najlažjega do najtežjega, so prikazane na sliki 1. Ločen stebel žerjava, kot je prikazano na slikah 1b in 1d, je primeren za težke žerjave, saj omogoča, da se učinek žerjava obravnava kot izoliran. Vendar je v tem tudi nevarnost, saj bi premik stebra zgradbe lahko povzročil prenapetost v povezavi med obema stebroma. Pravilen in bolj realističen pristop je analiza stebra kot enega.

Previdno je treba upoštevati prenos vodoravnih sil z zgornje prirobnice nosilca na stebel. Ta povezava bi morala:

- varno se upreti horizontalnim reakcijam
- omogočajo prosto vrtenje ob podpori nosilca žerjavne steze
- omogočajo bočno nastavitev nosilca žerjavne proge po zaključku gradnje.

Zelo pomemben vidik je potreba po prilagajanju. Nemogoče je postaviti gradbene okvirje v skladu s toleranco, ki jo zahteva proizvajalec žerjava, zato je bistveno, da se celoten nosilec žerjavne proge lahko prilagodi do 10 mm glede na stebre stavbe. Zato so potrebne ovalne izvrtine in podložke, kot je prikazano na sliki 2.

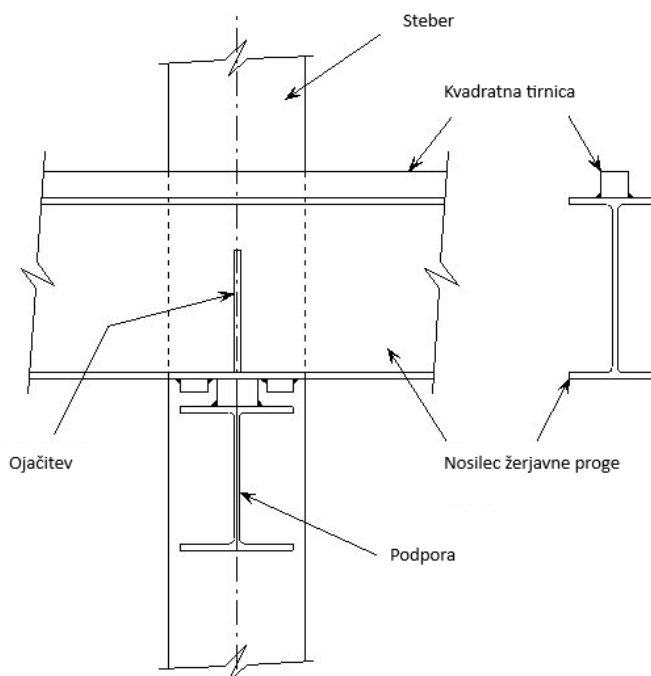


Slika 2 : Sedež za enostavno podprte žerjavne nosilce

Prosto premikanje na podporah nosilcev žerjavnih prog je pomembno za preprečevanje upogibnih in torzijskih momentov v stebrih.

Premikanje na podporah neprekinjenega nosilca se lahko izvede z ustreznimi, prilagodljivimi detajli, kot je prikazano na sliki 3.

*Slika 3 :
Fleksibilna podpora neprekinjenega nosilca
žerjavne proge na nosilcu podpore*



Vrtenje na koncu preprosto podprtega nosilca povzroči vzdolžno premikanje zgornje prirobnice glede na srednjico. Element, ki povezuje zgornjo prirobnico s stebrom stavbe, mora biti torej sposoben omogočati prosto vzdolžno gibanje, ne da bi bil preobremenjen. Preprosta upogljiva plošča je lahko zadovoljiva, če so premiki manjši od 1 mm, vendar je povezava z ovalnimi izvrtinami v večini primerov varnejša rešitev (glejte detajl B, slika 2).

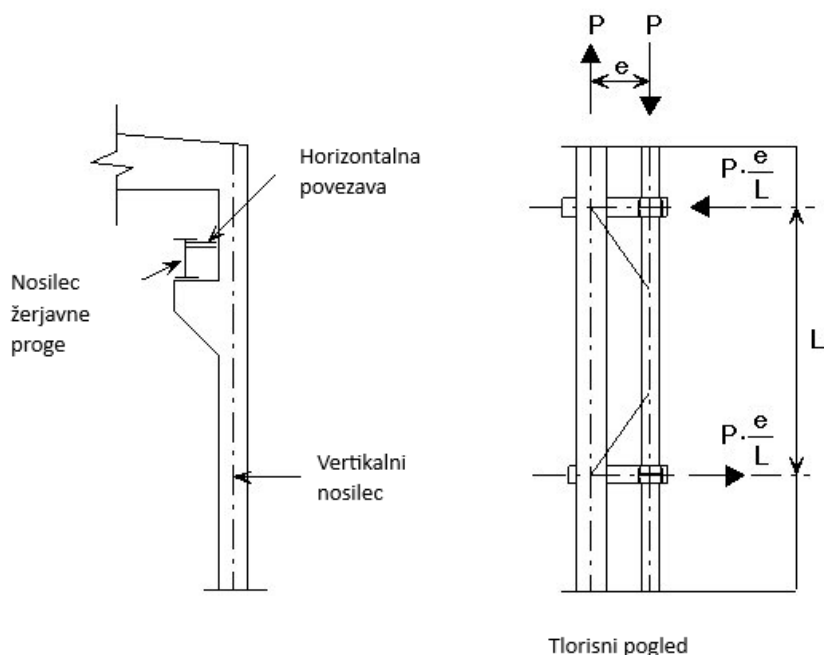
Drug pomemben vidik je, da se razdalja med obema stebroma portalnega okvirja na višini tirnice spreminja z obremenitvijo. Sprememba razdalje med dvema primeroma obremenitve lahko zlahka doseže 1/180 višine stebra. Razmiki med prirobnicami koles morajo biti zato veliko večji od pričakovanih (pogosto se priporoča 50 mm ali več).

Vzdolžno oprijemanje nosilcev stavbe in žerjavne proge lahko izvedemo na več različnih načinov:

- navpične podpore, ki se uporabljajo kot oporniki za stavbe in progo žerjavov.
- navpična podporna polja z neposredno povezavo s konzolami in nameščena v ravnini nosilca žerjavne proge (za težka dvigala).
- navpično oprijemanje v ravninah nosilca proge žerjava in stebrov zgradbe (samo za zelo težke žerjave).

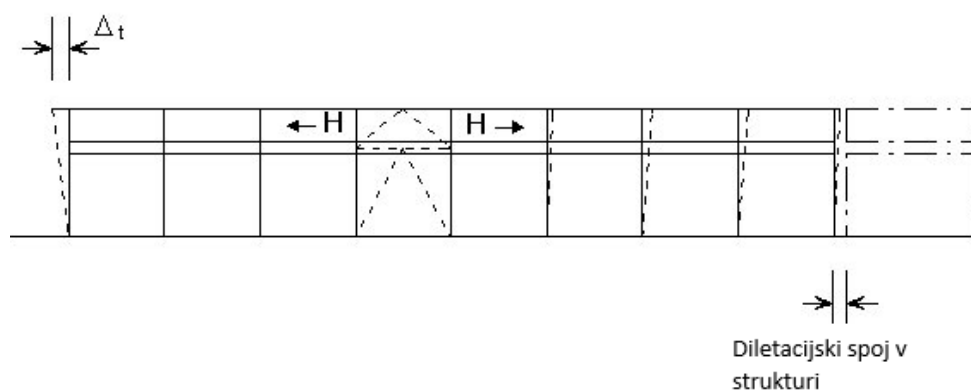
Če se uporabi zadnja metoda, mora obstajati učinkovita omejitev nosilcev žerjava, da se prepreči zvijanje stebra. Ta omejitev se običajno doseže z vodoravnim nosilcem, kot je prikazano na sliki 4.

Slika 4 :
Vodoravna povezava (nosilec) za
preprečitev torzije v stebri



Idealno mesto za oporno polje je na polovici poti med razteznimi spoji v nosilcu proge žerjava ali na sredini stavbe, glejte sliko 5. Ta razporeditev preprečuje kopičenje aksialnih tlačnih sil zaradi dviga temperature, ki bi lahko povzročilo upogibanje nosilca žerjavne proge. Poleg tega prisili širjenje v dve smeri in s tem zmanjša celotno gibanje. Deformirani so le stebri pod nosilcem žerjavne proge. Velikost sekundarnih napetosti, povezanih s to deformacijo, omejuje razdaljo med dilatacijskimi spoji. Največja dovoljena razdalja med dilatacijskimi spoji je odvisna od horizontalne vzdolžne zmogljivosti pomika stebrov, ki nosijo nosilec žerjavne proge - glej sliko 5.

Slika 5 :
Dilatacijski spoj



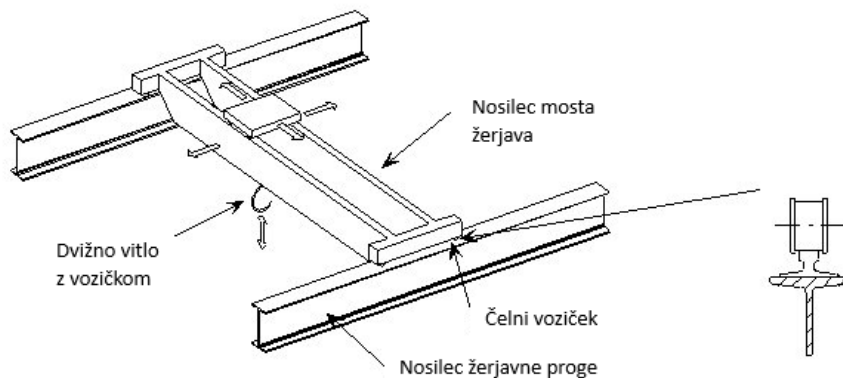
Metoda prenosa aksialnih sil v enostavno podprtem nosilcu poteka neposredno čez spoj na podpori. Učinkovita metoda podpiranja nosilcev je z uporabo nosilnih ojačitev. Pozornost je treba nameniti lokalni ekscentričnosti ojačitve glede na nosilec.

2. TIP ŽERJAVA

Najpogostejši tipi žerjavov, ki tečejo na dvignjenih nosilcih proge, so:

Tekalni (zgornji) mostni žerjavi, sestavljeni iz enojnega ali dvojnega nosilca, ki se razteza med končnimi čelnimi vozički (slika 6a).

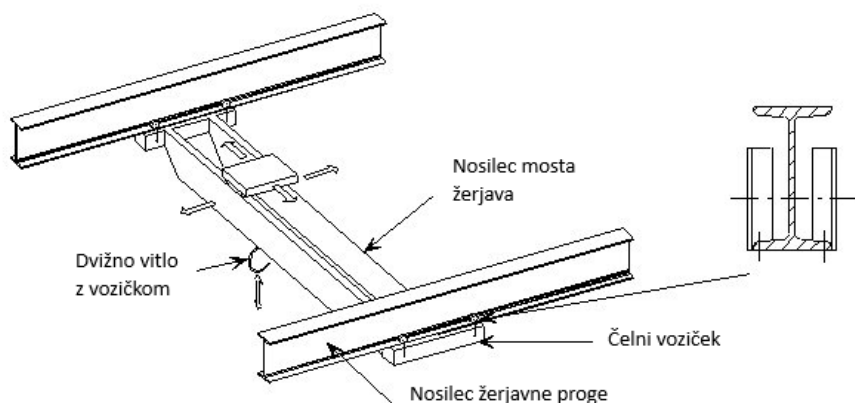
Viseči (spodnji) mostni žerjav s posebnimi končnimi čelnimi vozički, kjer kolesa tečejo po spodnji prirobnici nosilca proge (slika 6b).



(a) Tekalni (zgornji) mostni žerjav

Slika 6 :

Tipi žerjavov



(b) Viseči (spodnji) mostni žerjav

3. ŽERJAVNA PROGA

Tirnica žerjava in njena interakcija z zgornjo prirobnico nosilca zelo močno vplivata na zmogljivost žerjava. Zato je pomembno vedeti, kateri tip žerjava se bo uporabil pri načrtovanju tirnice žerjava in nosilca proge. Treba je sprejeti značilnosti obremenitve, ki so v skladu z žerjavom, ki bo verjetno nameščen. V praksi je včasih nemogoče hkrati pripraviti projekt žerjava in nosilca žerjavne proge, saj se žerjav naroči veliko kasneje kot gradbena konstrukcija. Posledica je lahko slaba zasnova, ki vodi do težav, kot je prekomerna obraba tirnice žerjava in prirobnic koles žerjava ali pokanje zaradi utrujenosti v zgornjem delu nosilca.

Žerjavna tirnica mora izpolnjevati zahteve za zaščito zgornje prirobnice pred obrabo in za enakomerno porazdelitev kolesnih obremenitev po največji možni dolžini stika. Žerjavna tirnica mora torej imeti:

- primerno odpornost proti obrabi.
- visoko upogibno togost.

Na sliki 2 sta prikazani dve vrsti žerjavne tirnice:

- kvadratna tirnica.
- posebej valjani profil tirnic.

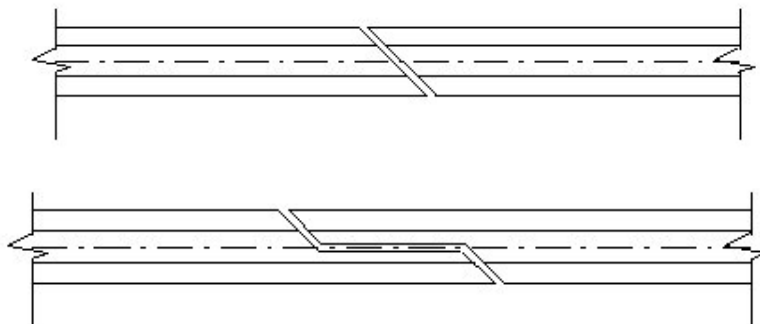
3.1 Spoji tirnic

Obstajata dve vrsti spajanja:

- Spoji, ki povezujejo posamezne dolžine.
- Razširitveni spoji.

Tirnice je mogoče spajati z varjenjem ali z vijačenjem. Varjeni spoji so običajno boljši od spojev z vijačenjem, ker varjeni spoj preprečuje režo in daje tekalno površino brez stopnic. Posebna previdnost je potrebna pri varjenju, če je v jeklu visoka vsebnost ogljika in mangana.

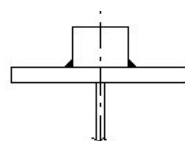
Na dolgih progah je treba zagotoviti dilatacijske spoje v tirnicah, ko so tirnice pritrjene na nosilce. Morali bi sovpadati s sklepi v glavnem nosilcu. Postopen prenos kolesne obremenitve z ene tirnice na drugo je zagotovljen, če so konci tirnice prirezani, kot je prikazano na sliki 7.



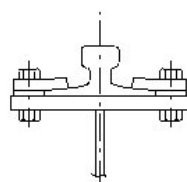
Slika 7 :
Rezanje tirnic

3.2 Pritrditve tirnic

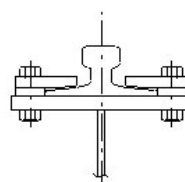
Različne vrste pritrdilnih elementov tirnic so prikazane na sliki 8. Tradicionalni pristop je zagotoviti pritrditev, ki omejuje tirnico v vseh smereh. Pritrditev kvadratnih tirnic je vedno z varjenjem v delavnici. Pritrditev posebej valjanih odsekov tirnic se običajno izvede s popolnoma togo objemko ali z varjenjem tirnice na prirobnico nosilca žerjavne proge.



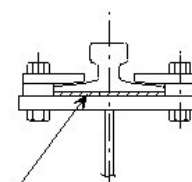
(a) Varjena kvadratna tirnica na nosilec proge



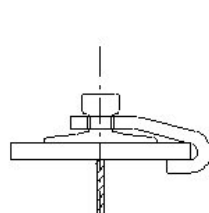
(b) popolnoma togo



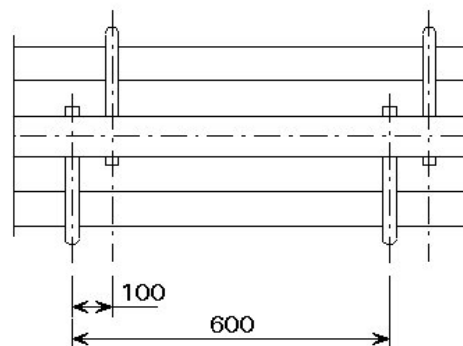
(c) delna omejitev



Neoprenska podlaga
(d) delna omejitev z neoprensko podlago



(e) vijačni kavliji



Slika 8 :
Pritrditev tirnic

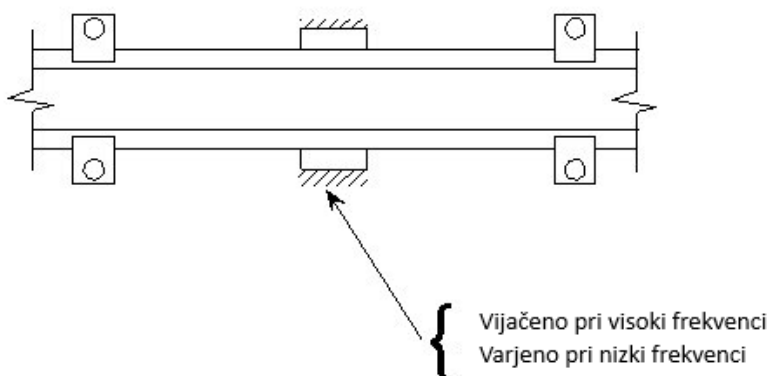
Prednost varjenja je, da je tirnico mogoče natančno postaviti na središčnico nosilca zaradi dejstva, da je možna stranska nastavitve. Vendar uporaba varjenja v nekaterih primerih povzroča težave. Na primer:

- Obnova je lahko težavna.
- V enostavno podprtih nosilcih proge žerjava se spoji pojavijo na vsaki podpori, če so varjeni v delavnici.
- Varjenje na mestu je potrebno, če se uporabljajo neprekinjeni nosilci žerjavnih prog. Ta problem je rešen, če je varjenje na mestu, kjer so upogibni momenti minimalni, v tem primeru je napetostna situacija v zvarih manj kritična.
- Zvari lahko povzročijo razpoke zaradi utrujenosti.
- Če je določeno jeklo z večjo trdnostjo, je postopek varjenja težji.

Sodobna praksa se nagiba k pritrditvi, ki zagotavlja delno omejitve, kot je prikazano na sliki 8 c. Tirnica je omejena v navpični in bočni smeri, vendar spono omogočajo, da se tirnica premika v vzdolžni smeri.

Slika 9 prikazuje zelo ekonomično metodo, za uporabo v težkih pogojih, za pridobitev bočnega zadrževanja z varjenjem 'krmilnih' plošč med objemkami namesto uporabe visoko trdnih vijakov v objemkah, da se odpravi možnost premikanja. To vrsto pritrditve je treba preveriti glede vpliva na utrujenost nosilca žerjavne proge.

Slika 9 :
»krmilna« plošča

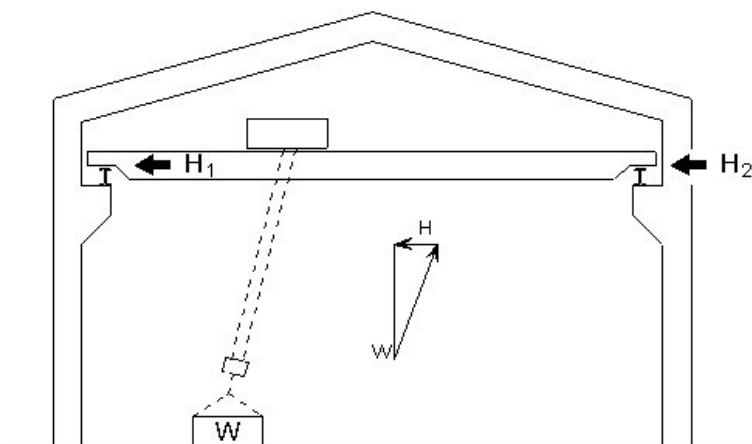


4. OBREMENITEV NOSILCA ŽERJAVNE PROGE

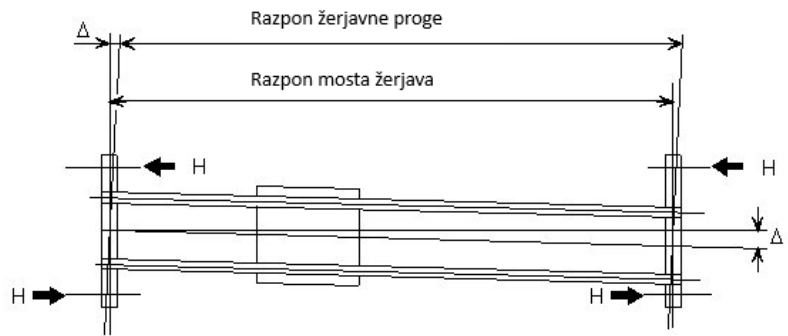
Statične obremenitve koles so med delovanjem žerjava presežene zaradi udarcev, inercialnih učinkov in drugih dinamičnih učinkov. Ti učinki lahko povzročijo tudi bočne sile na vrhu tirnice žerjava. Glavni dejavniki, ki jih je treba upoštevati, so:

- pospeševanje in zaviranje mostu žerjava in dviznega vitla.
- stopnja krmilnih hitrosti.
- poševno dviganje na začetku dviga, glejte sliko 10.
- nagnjenost žerjava k poševnemu premikanju, glejte sliko 11.
- stanje tirne površine in širina tirnih spojev.

Slika 10 :
Poševno dviganje



Slika 11 :
Poševno premikanje



Te dinamične učinke je mogoče upoštevati z množenjem statičnih kolesnih obremenitev z ustreznim faktorjem, ki je lahko v razponu od 1,0 do 2,0.

Poševna vožnja žerjava lahko povzroči tudi bočne obremenitve, kot je prikazano na sliki 11. Sile na tirnico delujejo v nasprotnih smereh na vsako kolo čelnega vozička in so odvisne od razmerja med razponom žerjava in medosno razdaljo.

Vzdolžne sile zaradi pospeševanja in zaviranja žerjava je treba preveriti z izračuni, ko so znani podatki o masah gibljivih delov in njihovih pospeških.

Končni omejevalniki, nameščeni na nosilcu proge žerjava, morajo biti oblikovani tako, da prevzamejo silo blažilnika žerjava. Sila blažilnika se izračuna iz kinetične energije mase žerjava, vendar brez dvignjenega tovora zaradi dejstva, da je obešen na vrvi. Drug pristop je uporaba elektronskih naprav za zaustavitev žerjavov na koncih, s čimer se ustvari ugodnejša situacija obremenitve za konstrukcijo, ki podpira nosilec proge žerjava.

Druge obremenitve, ki jih je treba upoštevati, so:

- Podesti in lestve, pritrjene na nosilec.
- Napajalni kabli in kabelski nosilci.

Za več kvantitativnih informacij o obremenitvah, ki jih je treba upoštevati pri načrtovanju nosilca proge žerjava, si je treba ogledati standarde in dokumentacijo proizvajalca žerjava.

4.1 Prenos obremenitev na zgornjo prirobnico

Obremenitve, prenesene na tirnico, povzročijo triosno napetostno stanje v prirobnici in zgornjem delu nosilca. Komponente napetosti so:

- Tlačna napetost v vzdolžni smeri prirobnice.
- Tlačna napetost v stojini v navpični smeri.
- Lokalna upogibna napetost v prirobnici v vzdolžni smeri.
- Lokalna upogibna napetost v stojini v prečni smeri.
- Strižne napetosti v stojini.

Za realistično oceno napetosti je mogoče podati naslednje smernice načrtovanja :

- Obremenitev kolesa mora biti porazdeljena po dolžini, ki je enaka dvakratni globini tirnice.
- Napetosti v stojini je treba izračunati ob predpostavki o ekscentričnosti kolesa glede na središče stojine, ki se lahko pojavi pri nosilcih ali ko sta žerjav in/ali tirnica resno obrabljena. Ekscentričnost tirnice glede na nosilec proge je običajno treba preprečiti tako, da ju povežemo skupaj z zelo majhnimi tolerancami (po možnosti varjenje v delavnici).
- Zvare, ki povezujejo prirobnico s stojino, je treba poleg striga preveriti glede kombinacije navpičnih napetosti in upogibnih napetosti zaradi ekscentričnosti (obremenitve kolesa).

- Da bi se izognili potrebi po premikanju tirnice z njene lokacije nad stojino, mora biti omogočena poravnava celotnega nosilca proge žerjava. Zato so uporabljene ovalne izvrtine in podložke, glejte sliko 2.
- Če se uporabljajo varjeni nosilci proge žerjava, je treba uporabiti sočelni zvar s polnim prebojem za spoj zgornje prirobnice in stojine, da se zagotovi odpornost proti utrujenosti.

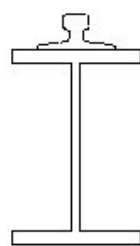
5. IZBIRA NOSILA ŽERJAVNE PROGE

V fazi zasnove nosilca žerjavne proge so temeljna vprašanja:

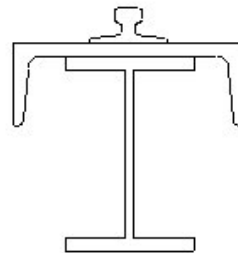
- Ali je treba uporabiti preprosto podprti ali neprekinjen nosilec?
- Ali je treba uporabiti masivno stojino nosilca ali mrežasti nosilec?
- Ali je treba uporabiti enojno ali dvojno stojino nosilca?
- Ali je treba uporabiti visoko trdno jeklo?

V nekaterih primerih imajo prednost preprosto podprti nosilci; v drugih neprekinjeni nosilci. Pri uporabi neprekinjenih nosilcev je treba posebno pozornost nameniti različnim upogibom med sosednjimi podporami. To mora biti omejeno na $L/600$.

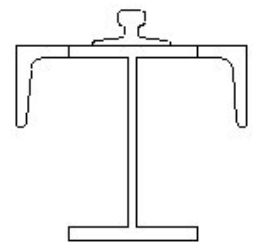
Slika 12 prikazuje nekaj prereзов, ki se uporabljajo za nosilce žerjavnih prog. Pri majhnih razponih in lahkih do srednjih obremenitvah žerjava je običajno mogoče uporabiti profile z valjanimi nosilci. V nekaterih primerih bo morda potrebna ojačitev za odpornost na stranske sile (slika 12a-c).



(a) Valjan nosilec

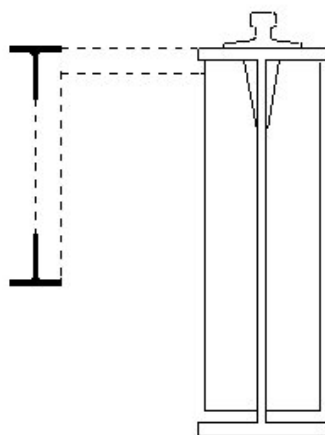


(b) Ojačan nosilec

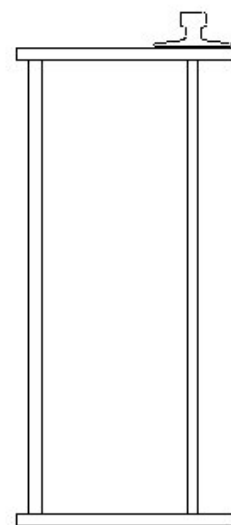


(c) Ojačan nosilec

Slika 12 :
Tipična zasnova
nosilca proge



(d) Nosilec z ojačitveno ploščo



(e) Škatlast nosilec

Nosilci z enojno stojino so primerni za večino žerjavov. Njihova nezadostna odpornost na bočne sile se običajno rešuje z uvedbo vodoravnih opornikov, kot je prikazano na sliki 12d.

Škatlasti nosilci so priljubljeni za sam žerjav, vendar se le redko uporabljajo za nosilec proge. Tirnica mora biti nameščena neposredno nad notranjo stojino škatlastega nosilca, tako da se preprečijo prečne upogibne napetosti v zgornji plošči prirobnice, kot je prikazano na sliki 12e.

Visoko trdno jeklo se redko uporablja v nosilcih žerjavnih prog, ker razlogi za utrujenost precej omejujejo dovoljene napetosti in s tem zmanjšujejo ekonomske prednosti (trdnosti mehkega in visoko trdnega jekla za varjene konstrukcije so enake). Poleg tega premisleki glede upogiba in bočno-torzijskega upogiba načrtovalcu preprečujejo, da bi pridobil prednost z uporabo jekla visoke trdnosti.

5.1 Optimalna razmerja nosilca

Splošnega nabora pravil za pomoč pri izbiri optimalne višine nosilcev proge žerjava ni mogoče podati zaradi različnih obremenitev in razlik v običajno uporabljenih presekih. Kot groba smernica je običajno območje razmerja med višino in razponom nosilca med 8 in 14. Omejitev upogiba lahko narekuje večjo višino, zlasti pri dolgih razponih.

6. NAČRTOVANJE NOSILA ŽERJAVNE PROGE

Zasnova nosilcev žerjavnih prog ima nekaj posebnih vidikov, ki niso pogosto prisotni pri načrtovanju drugih vrst nosilcev:

- kombinacija koncentriranih obremenitev in upogibnih momentov.
- kombinacija bočnih obremenitev in bočno-vzvojnega uklona.
- kombinacija upogibnih napetosti in izbočnih napetosti stojine zaradi torzije, ki jo povzročajo ekscentričnost tirnice in bočne sile.
- potrebna je zasnova proti zgodnji odpovedi zaradi utrujenosti.

Stopnja izpopolnjenosti, ki je potrebna pri upoštevanju teh posebnih učinkov med načrtovanjem, je zelo odvisna od razreda žerjava.

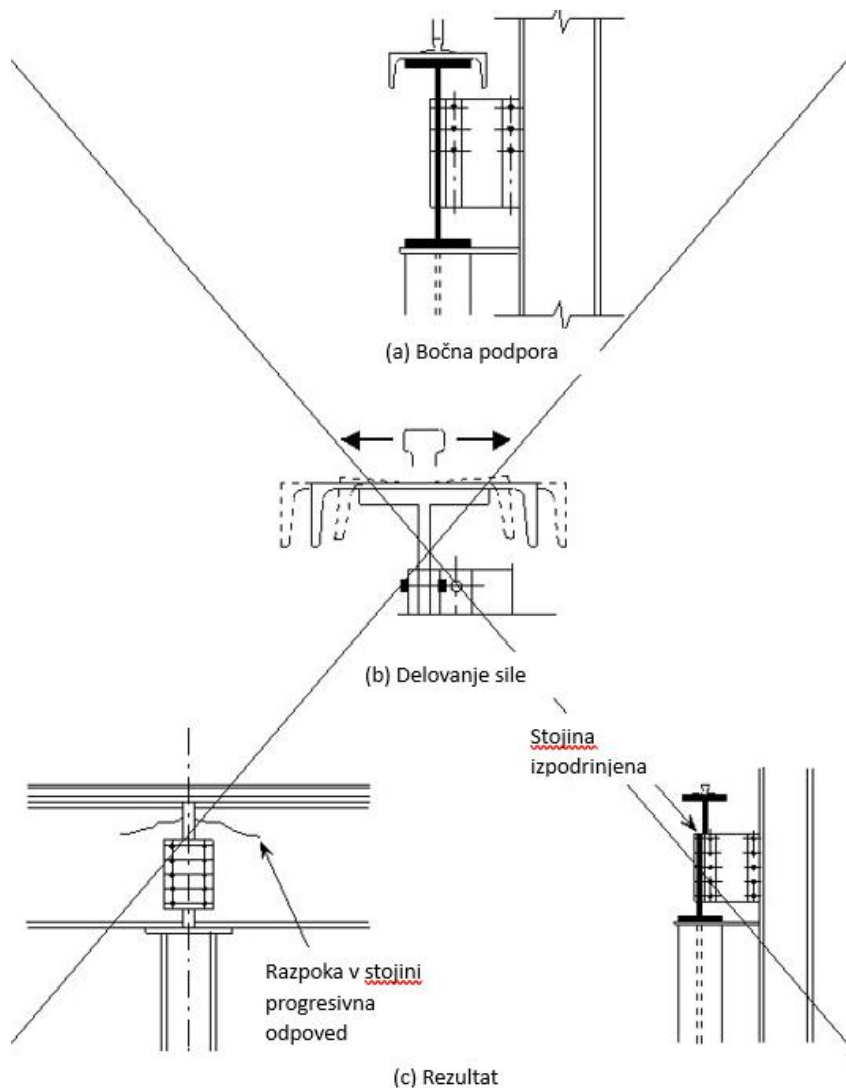
Ena najpomembnejših odločitev v zvezi z zasnovo je določiti, kako daleč je treba iti pri zmanjševanju mase jekla. Dobra zasnova mora upoštevati vse stroške med načrtovano življenjsko dobo žerjava. Zelo lahka oblika lahko obljublja nizke prve stroške, vendar lahko povzroči visoke stroške vzdrževanja, ki so posledica potrebe po pogostih popravilih.

6.1 Žerjavna proga od nosilca do stebra

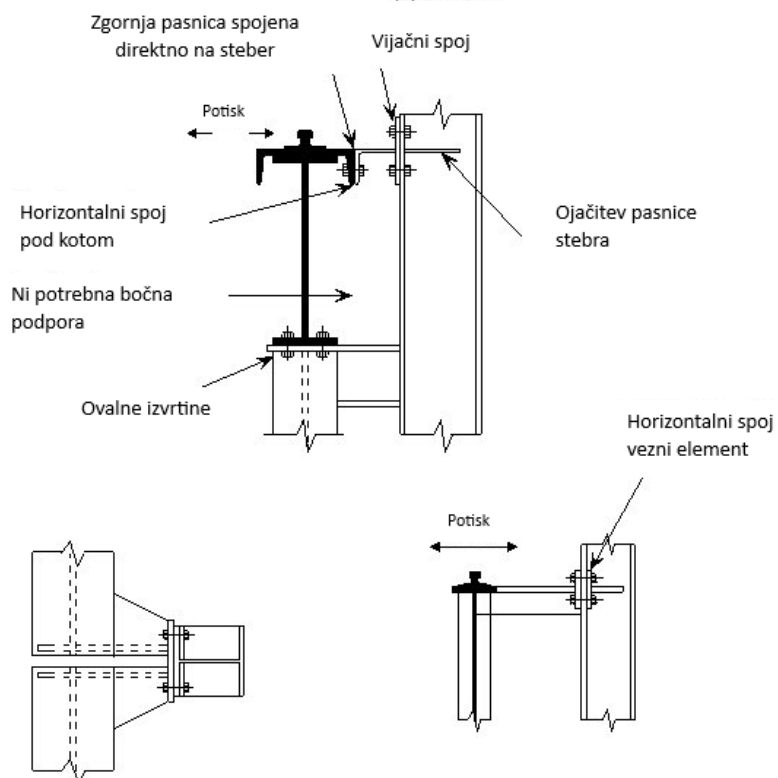
Pretežna obremenitev je navpična. Nosilec proge žerjava je običajno neposredno podprt s svojo nameščeno povezavo na stebru ali s pomočjo konzole. Najboljši način za zagotovitev neposrednega toka napetosti od nosilca proge žerjava do stebra ali konzole, z minimalno ekscentričnostjo, je z varjenimi nosilci, kot je prikazano na sliki 2.

Naslednja glavna obremenitev je prečna. Slika 13a prikazuje nevaren detajl, ki se pogosto uporablja na lažjih žerjavnih nosilcih za upiranje bočnim silam. Slika 13b prikazuje reverzibilno obremenitev, ki ji je izpostavljena stojina nosilca – delovanje, ki vodi do rezultata, prikazanega na sliki 13c. Napako bi zlahka preprečili tako, da bi zgornjo prirobnico preprosto povezali neposredno s stebrom, kot je prikazano na sliki 14. Zgornja prirobnica deluje kot vodoravni nosilec na steber.

Slika 13 :
Nevarni spoj za bočne sile



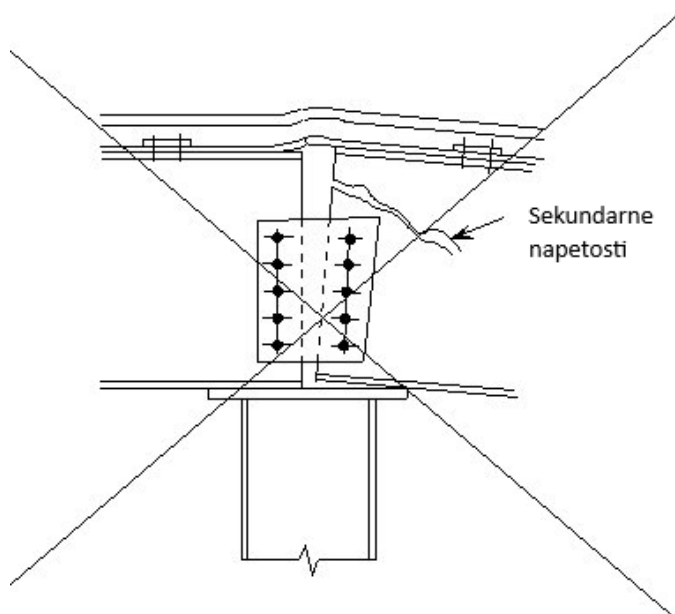
Slika 14 :
Spoj zgornje pasnice na steber



Drug učinek, ki ga povzroča ta slab detajl, je prikazan na sliki 15. Navpični odklon žerjavnega nosilca zavrti njegove konce na sedežu stebra. Če povezava ni zasnovana za ta namen, je rezultat velik strig na zgornjih pritrdilnih elementih in lokalna napetost v stojini, kar lahko povzroči okvaro na tem področju stojine.

Slika 15 :

Lokalna napetost v stojini ob upogibu segmenta žerjavne proge



Kontinuirani nosilec ponuja možno rešitev problema rotacije, če je izbran upogljivi detajl, kot je prikazano na sliki 3.

6.2 Zahteve glede togosti

Naslednje največje vrednosti za deformacijo nosilca žerjavne proge običajno ne smejo biti presežene, da bi se izognili neželenim dinamičnim učinkom in zagotovili delovanje žerjava:

- Navpična deformacija na sredini razpona zaradi največjih reakcij kolesa brez faktorjev obremenitve $L/700$
- Vodoravna deformacija na sredini razpona zaradi največjih reakcij kolesa, pomnoženih s faktorjem obremenitve $L/600$

Ker ni podrobnejših izračunov, je sprejemljivo domnevati, da se zgornja prirobnica upira celotni vodoravni sili. Zahteva glede togosti vodoravnega odklona je bistvena za preprečitev poševnega premikanja žerjava.

Navpična deformacija je običajno omejena na vrednost, ki ni višja od 25 mm, da se preprečijo čezmerne vibracije, ki jih povzročata delovanje in premikanje žerjava.

6.3 Ojačitve stojine nosilca

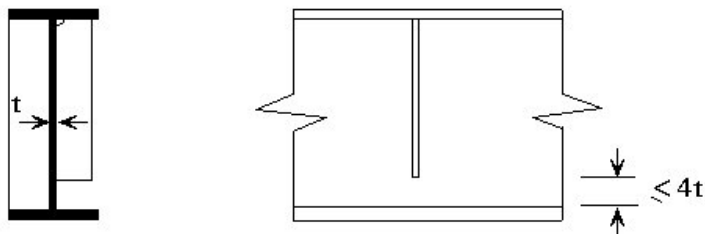
Ko se višine nosilca povečajo, postane neekonomično uporabljati ne ojačane stojine, ker je relativno velik delež materiala nosilca v stojini. Ojačitve stojine nosilca služijo za:

- preprečevanje upogibanja (izbočenja) v stojini.
- dodajanje zmogljivosti vrtenja zgornji prirobnici.

Zvijanje zgornje prirobnice, ki ga povzročajo stranske sile, se mora upreti samo z stojino, če ni prisotnih ojačitev stojine. Ko je nosilec razmeroma visok in so bočne sile velike, ne bo mogoče izpustiti ojačitve. Razdalja med ojačitvami ne sme biti tako velika, da bi zasuk zgornje prirobnice na sredini postal prevelik.

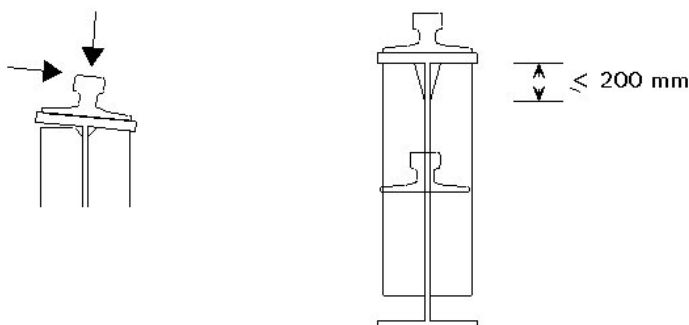
Metoda pritrditve ojačitev na stojino in pasnico nosilca mora biti natančno opisana, da se prepreči poškodba zaradi utrujenosti. Utrujenost natezne pasnice je mogoče preprečiti z zagotovitvijo vrzeli 4 t med koncem ojačitve in spodnjo pasnico, kot je prikazano na sliki 16. Vendar bo še vedno obstajala možnost utrujenosti v kopreni na koncu ojačitve.

Slika 16 :
Ojačitev stojine z režo na natezni pasnici



Vendar se detajli, prikazani na sliki 17, običajno štejejo za najboljšo rešitev. Ojačitev mora biti privarjena na tlačno pasnico, tako da je popolnoma preprečeno relativno premikanje pasnice glede na stojino zaradi stranskih sil. Ojačitev naj bo največ 200 mm.

Slika 17 :
Ojačitev stojine privarjene na tlačno pasnico



6.4 Stranske sile in stransko-torzijski uklon

Hkratne učinke torzije, ki jih povzročajo bočne sile, in bočno-torzijsko upogibanje je mogoče obravnavati na več načinov. Pogosto se je težko odločiti, kako strogi naj bodo izvedeni konstrukcijski izračuni. Bočne sile zaradi poševnega (ne navpičnega) dviga, inercialnih učinkov in poševnega gibanja je mogoče oceniti le približno. Vrednosti, pridobljene iz ustreznih tabel, skupaj z uporabo faktorjev obremenitve, so edino sredstvo, ki je na razpolago načrtovalcu.

Torzijo v odseku povzročajo:

- bočna sila, ki deluje na ravni glave tirnice.
- ekscentričnost navpične sile zaradi toleranc, ki so odvisne od izdelave tirnice do nosilca (glej oddelek 4.1).

Geometrijo zgornje prirobnice (pasnice) je treba izbrati med tistimi alternativami, ki nudijo najboljšo torzijsko odpornost in najboljšo stransko togost.

6.5 Premisleki glede utrujenosti

Nosilci žerjavnih prog so izpostavljeni ponavljajočim se obremenitvam in razbremenitvam. Število ciklov napetosti, ki so jim izpostavljeni nekateri deli nosilca proge žerjava, je lahko dvakrat do štirikrat večje od števila prehodov žerjava, ker vsak prehod koles povzroči nihanje napetosti. Ta učinek je eden od razlogov, zakaj je treba posebno pozornost posvetiti detajlom zgornjega dela nosilca žerjavne proge.

Število prehodov žerjavov ni lahko oceniti. Za namene načrtovanja se predpostavlja, da število nihanj napetosti ustreza razredu žerjava, kot je določeno v standardih.

Kritični detajli pri načrtovanju utrujenosti so povezave ojačitev-prirobnica, ojačitev-stojina in povezave med prirobnico in stojino, kjer obstajajo velike koncentracije napetosti. Podana so naslednja priporočila:

- zvari, ki pritrjujejo ojačitve na nosilno stojino, morajo biti zaključeni na razdalji od prirobnic, da se zmanjša koncentracija napetosti (glej sliko 17).

- zvari, ki povezujejo stojino z zgornjo prirobnico, morajo biti sočelni zvari s popolnim prebojem, čeprav se kotni zvari včasih uporabljajo za lahke, predvsem statične žerjave.
- ojačitev prirobnice s pokrivnimi ploščami vodi do slabše življenjske dobe ob utrujanju.

7. SKLEPNI POVZETEK

Nosilci žerjavskih prog zahtevajo posebno skrb pri načrtovanju in določanju detajlov. Treba jih je obravnavati kot predmet mehanike. Negotovosti, zlasti glede prečnih obremenitev in prenosa sil na nosilce, je treba jasno prepoznati. V nadaljevanju je podanih nekaj navodil za pridobitev ustrezne zasnove:

- Poenostavljeni izračuni so primerni za dvigala za lahke obremenitve, vendar so potrebne strožje analize za žerjave za težke obremenitve. Glede na razred žerjava je mogoče določiti globino strukturnih preiskav.
- Čeprav lahko zasnova z minimalno težo zagotovi ekonomično rešitev za številne težave pri zasnovi, to ne velja za zasnovo nosilcev žerjavskih prog, kjer morajo skupni stroški vključevati stroške vzdrževanja.
- Pozornost je treba nameniti podrobnostim, ki lahko zmanjšajo življenjsko dobo nosilca proge žerjava. To velja zlasti za zgornji del nosilca.
- Varjeno izdelavo je treba strožje pregledati kot ostalo gradbeno strukturo.
- Med življenjsko dobo nosilca proge žerjava, ki se intenzivno uporablja, ne bi smeli biti dovoljeni nadaljnji varjeni priključki.

8. DODATNA LITERATURA

Petersen, C., Stahlbau, Friedr. Vieweg & Sohn, 1988.

Gorene, Crane Runway Girders, Steel Construction, Vol. 10, No 4.

Mueller, J. E., Lessons from Crane Runways, Steel Construction, Vol.10, No 4.

D. Dajčman, Kontrola nosilnosti žerjavne proge, Dvigalotehna

EC 1 → SIST EN 1991: Vplivi (obtežbe) žerjavov in drugih strojev na konstrukcije

EC 3 → SIST EN 1993: Projektiranje žerjavskih prog

