

## **DRVENE KONSTRUKCIJE 2**

**(6. semestar studija smera za konstrukcije na  
Građevinskom odseku)**

**Projektovanje i proračun ležišta i oslonaca  
u konstrukcijama od lepljenog lameliranog  
drveta**

**13. i 27. april 2020.)**

# Ležišta i zglobovi

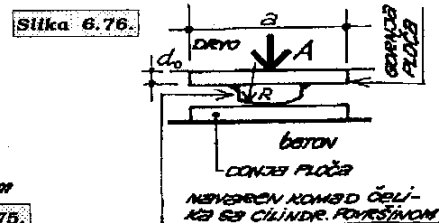
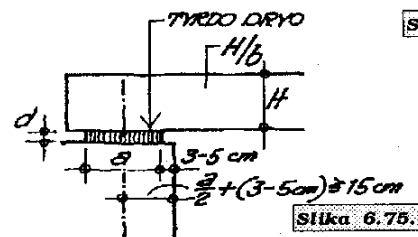
Konstrukcije ležišta u drvenim konstrukcijama, a o njima je napred bilo reči, imaju zadatak

- da uspešno prenesu vertikalne i horizontalne reakcije na temelje, odnosno zidove ili stubove,
- da omoguće pravilan rad nosača koji se na njih oslanja, odnosno povijanje, ugibanje uz istovremeno pravilno okretanje oslonakog preseka, poprečnog preseka nosača u ravni ležišta,
- da omogući ispravno podužno pomeranje nosača usled skupljanja, odnosno bubrenja drveta i kod velikih raspona potrebno dilatiranje usled temperaturnih promena,
- da fiksiraju položaj i pravac reakcija uslovljen primenjenim statičkim sistemom, odnosno statičkim proračunom.

Konstrukcija ležišta prenosi reakcije i oslanja se uglavnom na armirano betonske elemente, na temelje - na kvadere i ležišne grede od betona, na zidove ili pak na stubove - od betona ili kakvog drugog materijala.

Opšta pravila kojih se treba pridržavati prilikom konstruisanja ležišta i zglobova sastoje se u sledećem:

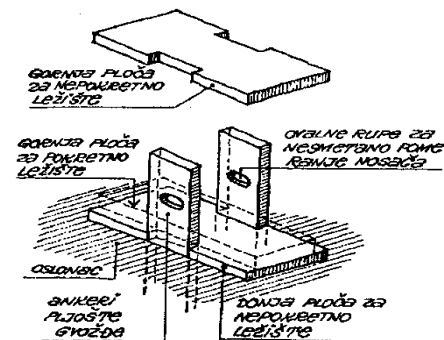
- konstrukciju ležišta uvek treba tako konstruisati da prenosi reakciju preko što manje površine;
- prilikom konstruisanja ležišta voditi računa da isto sprečava prodiranje vode i skupljanje nečistoće;
- svi elementi ležišta moraju biti pristupačni prilikom pregleda - revizije konstrukcije;
- prilikom oblikovanja i konstruisanja osnovne konstrukcije voditi računa o mogućnosti da nosač bude privremeno oslonjen, pored ležišta, kako bi mogla da se izvrši eventualna popravka ili zamena ležišta;
- elemente ležišta i zglobova treba tako konstruisati da na mestima dodira prenošenje opterećenja bude što ravnomernije;
- ležište se može konačno fiksirati na temelj tek pošto se utvrdi tačnost položaja u odnosu na projektovano stanje;
- ravnomerno prenošenje opterećenja na masivan oslonac (zid, stub, temelj) postiže se izradom jednog sloja cementnog maltera ispod donje ležišne ploče (u razmeri 1:1 i debljine 2 do 3 cm). Ovaj malter može biti spravljen, kod jače opterećenih ležišta, i sa dodatkom epoxy smola;
- Prilikom postavljanja ležišta u konačan položaj voditi računa da je projektovani položaj dat za središnju godišnju temperaturu (za mesto gde je lociran objekat) i za projektovanu vlažnost drveta. Ležište se montira posle izvršene deformacije od stalnog opterećenja;
- svi delovi ležišta, posebno pokretni, prilikom montaže moraju biti potpuno čisti;
- u jednoj konstrukciji ležišta ne moraju svi njegovi delovi da budu izrađeni od istog materijala;



- ležišta i zglobovi od čelika, uopšte, mogu biti izrađeni livenjem ili zavarivanjem pogodnih oblika i dimenzija limova. U drvenim konstrukcijama koriste se uglavnom ležišta izrađena zavarivanjem limova. Kod izrade ležišta zavarivanjem kvaliteti šavova (varova) moraju da odgovaraju važećim standardima;
- za slučaj da se na ležištu može javiti i negativna reakcija (odizanje) onda se ono mora tako konstruisati da može da primi i ovu negativnu reakciju;
- dodirne površine između dva elementa od čelika moraju biti ravno obrađene;
- kod konstrukcije ležišta sa valjcima isti moraju biti postavljeni u pravilan položaj a konstrukcija ležišta tako projektovana da ne može da dođe do okretanja valjka (da valjci ne prenose kose sile); i
- svi elementi od čelika, kod konstrukcija ležišta i zglobova, moraju biti na adekvatan način zaštićeni od korozije - najbolje pocinčavanjem.

Prilikom statičkog ispitivanja ležišta moraju se proveriti:

1. Pritisak na beton ispod donje ležišne ploče;
2. Pritisak na dodirnim površinama između dva elementa od čelika ili između čelika i drveta;
3. Dimenzije donje ležišne ploče (opterećena je na savijanje);
4. Dimenzije gornje ležišne ploče (takođe opterećene na savijanje);
5. Prenosenje odgovarajućih horizontalnih sila.



Veličine dopuštenih napona prilikom kontrole napona u elementima ležišta treba uzeti u svemu kao i za čelične konstrukcije ali umanjene za 10% (JUS U. E7.131).

Za konstruisanje ležišta u drvenim konstrukcijama mogu se koristiti i drugi materijali i drugi tipovi ležišta (fabrikovane konstrukcije, na primer - sa elastomerom, gumom, neoprenom i slično). Za svaku vrstu ovakvog ležišta, pre ugrađivanja odnosno primene, potrebno je od proizvođača pribaviti dokaze (ateste) da ležište ispunjava uslove koje traži osnovna konstrukcija - nosač od drveta.

# Ležišta i zglobovi

Osnovni elementi jednog ležišta su:

- gornja ležišna ploča koja se na pogodan način vezuje za nosač od drveta, i
- donja ležišna ploča koja se fiksira za temelj, odnosno oslonac nosača.

Ležište može biti pokretno – kada prenosi samo vertikalnu reakciju, reakciju  $\perp$  na ravan ležišne ploče, i nepokretno – kada se tako konstruiše da može da primi vertikalnu i horizontalnu reakciju (kosu reakciju).

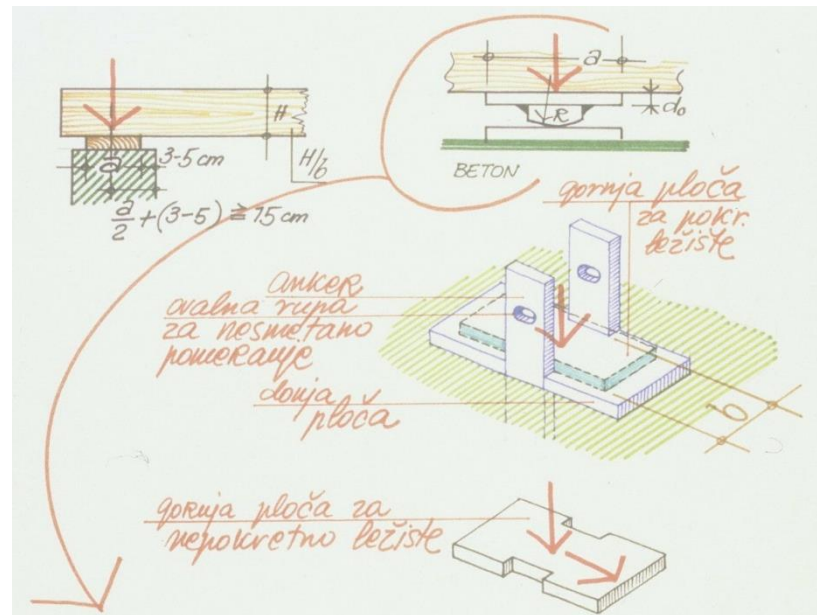
U dosadašnjim izlaganjima već su date neke konstrukcije ležišta. Sada se ta izlaganja dopunjuju i sa napred datim principima omogućuju mnoga i raznovrsna rešenja koja se mogu javiti u praksi drvenih konstrukcija.

Najstarije i najčešće korišćeno ležište u drvenim konstrukcijama je u stvari neposredno oslanjanje nosača na oslonac odnosno preko podmetača skoro redovno od tvrdog drveta. O ovakvoj konstrukciji ležišta (Sl. 6.75) već je bilo reči.

Kod nosača većih i velikih raspona koristi se konstrukcija tzv. linijskog ležišta, sl. 6.76. Ležište se sastoji od donje i gornje ležišne ploče i jednog posebno obrađenog komada čelika, komada koji ima jednu površinu cilindrično obrađenu; ovaj komad čelika definiše raspon konstrukcije nosača, direktno prenosi reakciju, i može biti zavaren ili za gornju ploču (kao na sl. 6.76) ili za donju ležišnu ploču. Osim ovih elemenata konstrukcija ležišta ima i posebna osiguranja – "noseve" ili "zubce" – koji sprečavaju neželjena pomeranja. Ova i ovakva pomeranja mogu se sprečiti i posebnom obradom ležišnih ploča (sa zubcima ili bez) i ankerima – kako je prikazano na sl. 6.77. Kao što se iz slike vidi, donja ploča prenosi reakciju na temelj, na zidnu masu. Veza između donje ploče i temelja odnosno zidne mase može se izvesti kao na slici, posebno konstruisanim ankerima od pljoštog gvožđa, ili posebno navarenim zubom (sa donje strane ležišta ploče) koji se upušta u zid odnosno temelj.

Oblik i dimenzije ležišta se redovno predpostavljaju, na osnovu konstrukcijskih karakteristika nosača koji se na isto oslanjaju i prema konstrukciji kao celini, a zatim se usvojene dimenzije proveravaju statičkim računom. Kao što je pomenuto, statički proračun treba da proveriti sve karakteristične napone uzrokovane od zadatog opterećenja.

Najprostija konstrukcija ležišta je kada dve ploče naležu jedna na drugu, u neposrednom su dodiru na celoj površini – kao na sl. 6.77. ali bez navarenog komada čelika. Pomeranje jednog ovakvog ležišta vrši se klizanjem između gornje i donje ploče. Ovo pomeranje je otežano zbog trenja u spojnoj ravni – pa se ovakva konstrukcija ležišta ne preporučuje u drvenim konstrukcijama.



$$\sigma_{c,0,d} = \frac{R_d}{a \cdot b} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,0,d} \Rightarrow a = \frac{R_d}{b \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,0,d}}$$

$$M_d = \frac{R_d}{a \cdot b} \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{a}{4} = \frac{R_d}{8b}, \quad a = \frac{R_d}{b \cdot f_{c,0,d}}$$

$$W = \frac{b d_a^2}{6}, \quad \sigma_a = \frac{M_d}{W} \Rightarrow d_a = \sqrt{\frac{6M_d}{b}}$$

$$\sigma_{ak} = 0,42 \sqrt{\frac{R_d \cdot E_a}{R \cdot b_1}} \leq f_{a,d}$$

$R_d$  – reakcija u osloncu za granično opterećenje

$E_a$  – modul elastičnosti za osn. čelič. materijal S235

$d_a$  – debljina ležišne ploče

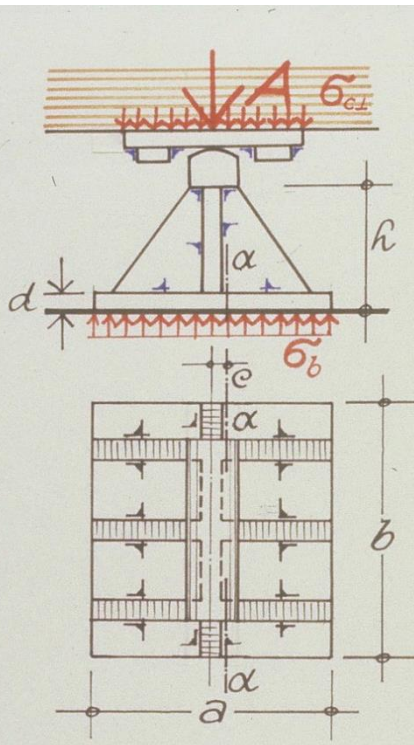
$a$  – dužina ležišne ploče

$b$  – širina nosača od LLD-a

$f_{a,d}$  – računaska čvrstoća čelika

$\sigma_{ak}$  – vrednost napona u kontaktu donje lež. ploče i profilisane gornje lež. ploče u konstrukciji pokretnog oslonca

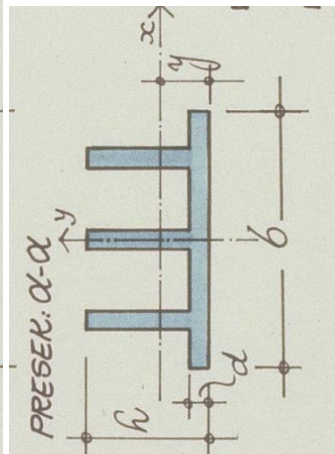
# Ležišta i zglobovi



$$\sigma_{c,d} = \sigma_b = \frac{R_d}{a \cdot b} \leq f_{c,d} \Rightarrow$$

$$M_\alpha = \sigma_b \cdot b \left( \frac{a}{2} - c \right) \cdot \frac{1}{2} \left( \frac{a}{2} - c \right) =$$

$$= \frac{\sigma_b \cdot b}{2} \left( \frac{a}{2} - c \right)^2$$



Ivični naponi u rebrastom preseku:

$$\sigma_0 = \frac{M_{\alpha,d}}{W_0} \leq f_{a,d}$$

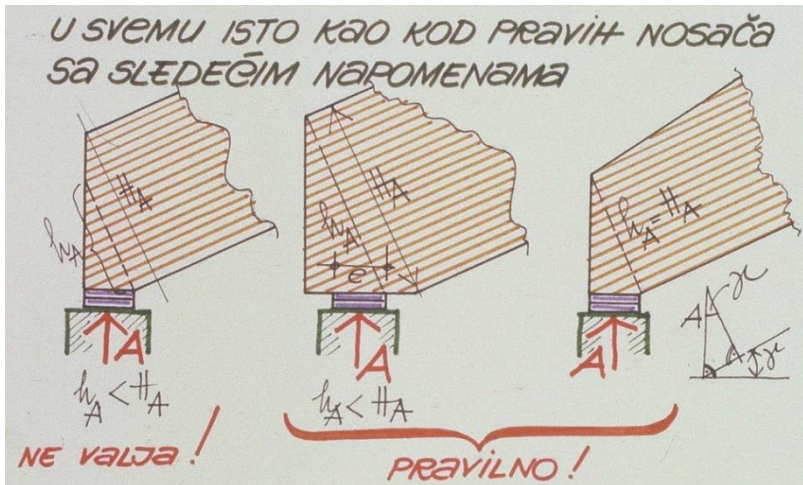
$$\sigma_u = \frac{M_{\alpha,d}}{W_u} \leq f_{a,d}$$

$$W_0 = \frac{J_x}{h - y}$$

$$W_u = \frac{J_x}{y}$$

Naponi u gornjoj ležišnoj ploči, kontrola napona u drvenom nosaču, kontrola kontaktnog napona, u svemu kao za prethodni primer.

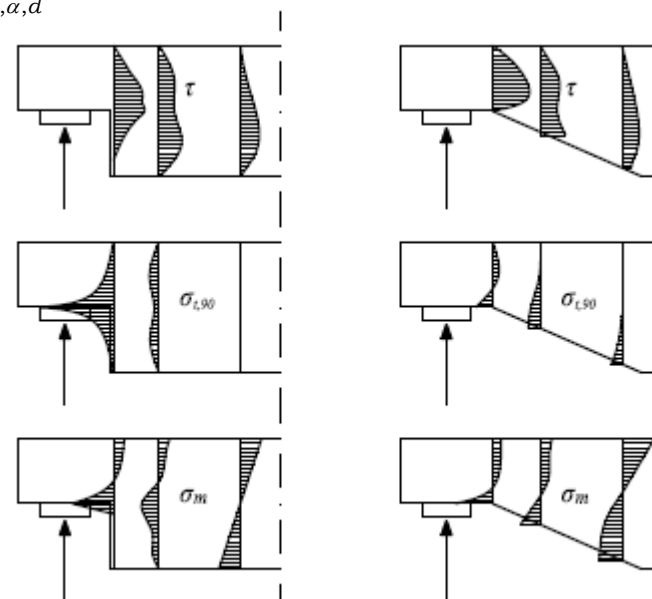
# Oslanjanje nosača velikih raspona od LLD-a



$$R_d = a \cdot b \cdot f_{c,\alpha,d} \Rightarrow f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$\Rightarrow a = \frac{R_d}{b \cdot f_{c,\alpha,d}}$$

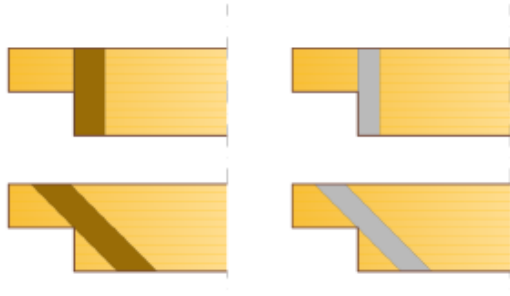
Oslanjanje nosača redukcijom oslonačkog preseka



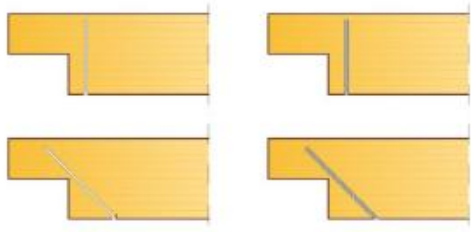
Слика 2.3 Нaponи на месту редуције висине носача [1]

# Oslanjanje nosača od LLD-a

Oslanjanje nosača redukcijom oslonačkog preseka i različiti načini osiguranja:



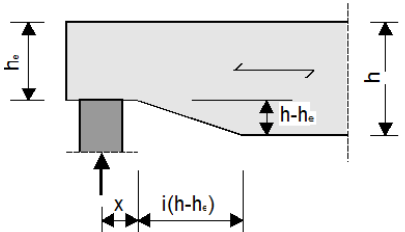
Слика 2.11 Ојачање постављено са спољне стране preseka



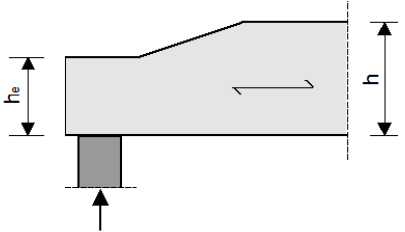
Слика 2.12 Ојачање постављено унутар preseka



Слика 2.4 Пукотина и напони који узрокују њено отварање и пропацију



(a) Zasek na donjoj strani

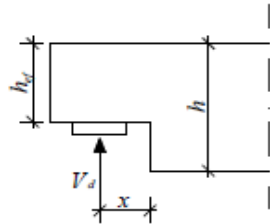


(b) Zasek na gornjoj strani

# Метод прорачуна носача са редукованом висином preseka

Прорачун према стандарду Еврокод 5

Еврокод 5 [7] даје смернице за прорачун носача правоугаоног попречног preseka, чија се влакна пружају лонгитудинално, са редукованом висином код ослонца. Смичући напон на редукованом делу preseka носача се рачуна користећи ефективну (редуковану) висиину попречног preseka (слика 2.13).



Слика 2.13 Носач са редукованом висином preseka код ослонца

Израз за проверу граничног стања носивости за смичући напон гласи:

$$\tau_d = \frac{1,5V_d}{b_{ef}h_{ef}} \leq k_v f_{v,d} \tag{2.5}$$

где је:

- $V_d$  – прорачунска вредност трансверзалне силе;
- $\tau_d$  – прорачунска вредност смичућег напона;
- $f_{v,d}$  – прорачунска вредност чврстоће на смицање;
- $h_{ef}$  – редукована висина носача;
- $b_{ef}$  – ефективна ширина носача:  $b_{ef} = k_{cr} b$ ;
- $k_{cr} = 0,67$  за правоугаони попречни preseka;
- $k_v$  – фактор редуције којим се узима у обзир концентрација напона на месту нагле промене висине попречног preseka:
- $k_v = 1$  – за редуковану висиину на супротној страни од ослонца;

$$k_v = \frac{k_n}{\sqrt{h} \left( \sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \sqrt{\frac{1-\alpha^2}{\alpha}} \right)} \leq 1 \text{ – за редуковану висиину} \tag{2.6}$$

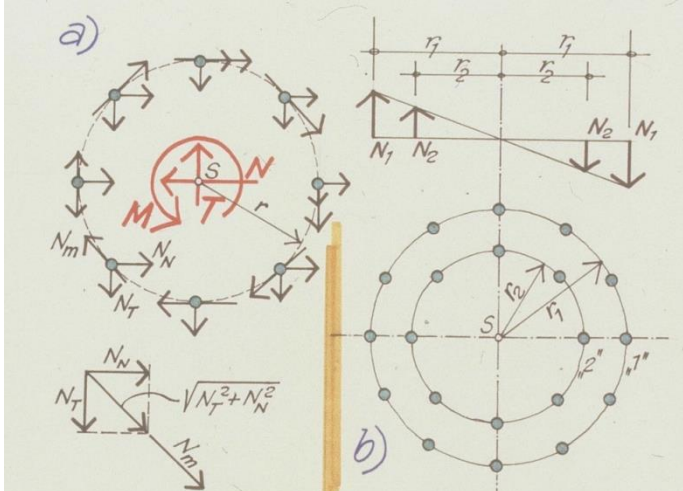
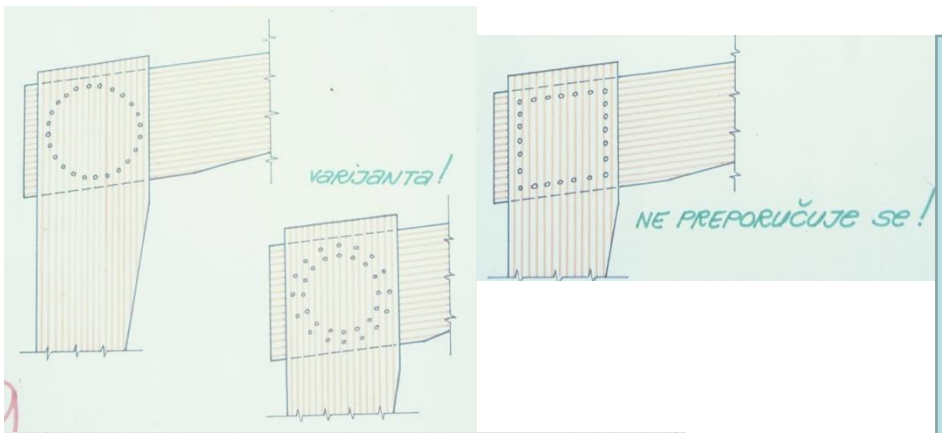
на истој страни ослонца;

где је:

- $h$  – висина носача;
- $x$  – растојање реакције ослонца до места редуције висине preseka;

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h} \tag{2.7}$$

# Montažna kruta veza grede i stuba SPP štapastim spojnim sredstvima



OD  $M \Rightarrow N_m = \frac{M}{r \cdot n}$ ,

OD  $N \Rightarrow N_N = \frac{N}{n}$ , i

OD  $T \Rightarrow N_T = \frac{T}{n}$ .

$n$  = BROJ SPOJ. SPEDSTAVA

$$\vec{N} = \vec{N}_m + \vec{N}_N + \vec{N}_T$$

ODNOSNO

$$\max N = N_m + \sqrt{N_N^2 + N_T^2} \leq \leq \text{dop. } N.$$

$$\frac{N_{1m}}{N_{2m}} = \frac{r_1}{r_2} \Rightarrow N_{2m} = N_{1m} \frac{r_2}{r_1}$$

UNAPRED USVOJENA I PRAVILNO RAZMEŠTENA SPOJNA SPEDSTVA MOGU DA PRIME:

$$\max M = \text{dop. } N_{1m} \cdot n_1 \cdot r_1 + \text{dop. } N_{2m} \cdot n_2 \cdot r_2 =$$

$$= \text{dop. } N_{1m} \cdot n_1 \cdot r_1 + \text{dop. } N_{1m} \cdot \frac{r_2^2}{r_1} \cdot n_2 =$$

$$= \frac{\text{dop. } N_{1m}}{r_1} (n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2).$$

ZA POZNATE STATIČKE UTICAJE ( $M, N, T$ ) NA JEDNO SPOJNO SREDSTVO OTPADA SILA:

\* OD MOMENTA  $M$ :  $N_{1m} = \frac{M r_1}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2}$  ;

\* OD NORM. SILE  $N$ :  $N_{1N} = \frac{N}{n_1 + n_2}$  ; i

\* OD POPR. SILE  $T$ :  $N_{1T} = \frac{T}{n_1 + n_2}$ .

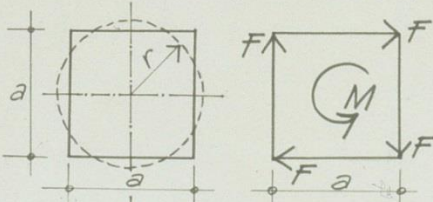
MAKSIMALNA SILA ( $\max N$ ) U JEDNOM SPOJNOM SREDSTVU DOBIJA SE PREKO IZRAZA:

$$\max N = N_{1m} + \sqrt{N_{1N}^2 + N_{1T}^2} \leq \text{dop. } N.$$

$$\text{dop. } N = R_d = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,d} t_1 d \\ f_{h,2,d} t_2 d \\ \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{1 + \beta} \left[ \sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[ 1 + \frac{t_2}{t_1} + \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left( 1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \\ 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_1^2}} - \beta \right] \\ 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[ \sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta) M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_2^2}} - \beta \right] \\ 1,1 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d} \end{array} \right.$$

## NAPONI SMICANJA:

KOD OVAKVIH VEZA TREBA PROVERITI SMICUĆE NAPONE. ANALIZA POLAZI OD POSTAVKE DA SE KLJUČNI RASPORED ZAMENI KVADRATNIM ALI TAKO DA JE  $2r\pi = 4a$  ODNOSNO  $r\pi = 2a$ .



Tok smičućih sila može se zamisliti sa dva optereća F. Da li je predpostavka je  $\Rightarrow$  rigla horizontalna na je:

# Montažna kruta veza grede i stuba štapastim spojnim sredstvima

MOMEHAT u UGLU:  $M = H \cdot h - V \cdot e + \frac{q e^2}{2}$ ;  
 $F = \frac{M}{2a}$ .

$H_0 = F - \frac{H}{2} = \frac{M}{2a} - \frac{H}{2}$ ;  
 $H_u = F + \frac{H}{2} = \frac{M}{2a} + \frac{H}{2}$ .

MERODAVNA POPREČNA SILA U STUBU:  
 $T = H_0 = \frac{M}{2a} - \frac{H}{2}$ .

SA UČINJENOM PREDPOSTAVKOM  $2a = \pi r$ , POPREČNA SILA ZA 1 KRUG SPOJNIH SREDSTAVA  
 $T = \frac{M}{r\pi} - \frac{H}{2}$ .

Za VEZU U DVA KONCENTRIČNA KRUGA  
 - za SPOLJNI KRUG:  $M_1 = n_1 \cdot N_{1m} \cdot r_1$ ,  
 - za UNUTRAŠNJI KRUG:  $M_2 = n_2 \cdot N_{2m} \cdot r_2$ ,  
 a POPREČNA SILA ( $T_M$ ) JE

$$\frac{T}{M} = \frac{M_1}{\pi r_1} + \frac{M_2}{\pi r_2} = \frac{n_1 \cdot N_{1m} \cdot r_1}{\pi r_1} + \frac{n_2 \cdot N_{2m} \cdot r_2}{\pi r_2}$$

PA JE ZA  $N_{1m} = \frac{M r_1}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2}$  i  $N_{2m} = N_{1m} \frac{r_2}{r_1}$

$$\frac{T}{M} = \frac{n_1}{\pi} \cdot \frac{M r_1}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2} + \frac{n_2}{\pi} \cdot \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{M r_1}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2} =$$

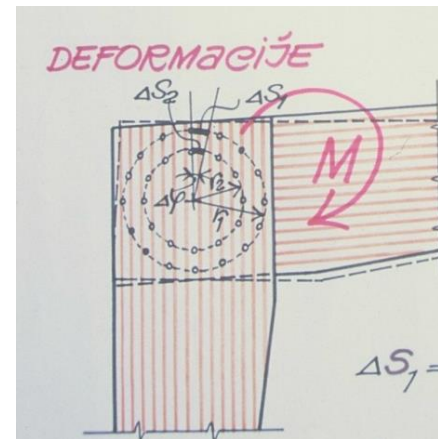
$$= \frac{M}{\pi} \frac{n_1 r_1 + n_2 r_2}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2}$$

ODNOSNO POPR. SILA ZA SPOJNA SREDSTVA RAZMEŠTENA U DVA KONCENTRIČNA KRUGA:

$$T = \frac{M}{\pi} \frac{n_1 r_1 + n_2 r_2}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2} - \frac{H}{2}$$

$$\tau_d = 1,50 \cdot \frac{T}{A} \leq f_{v,d}$$

Usled popustljivosti spojnih sredstava u vezi, javlja se deformacija:



$$\Delta \varphi = \frac{\Delta S_1}{r_1}$$

$$\Delta S_1 = \frac{N_{1m}}{K_{ser}}$$

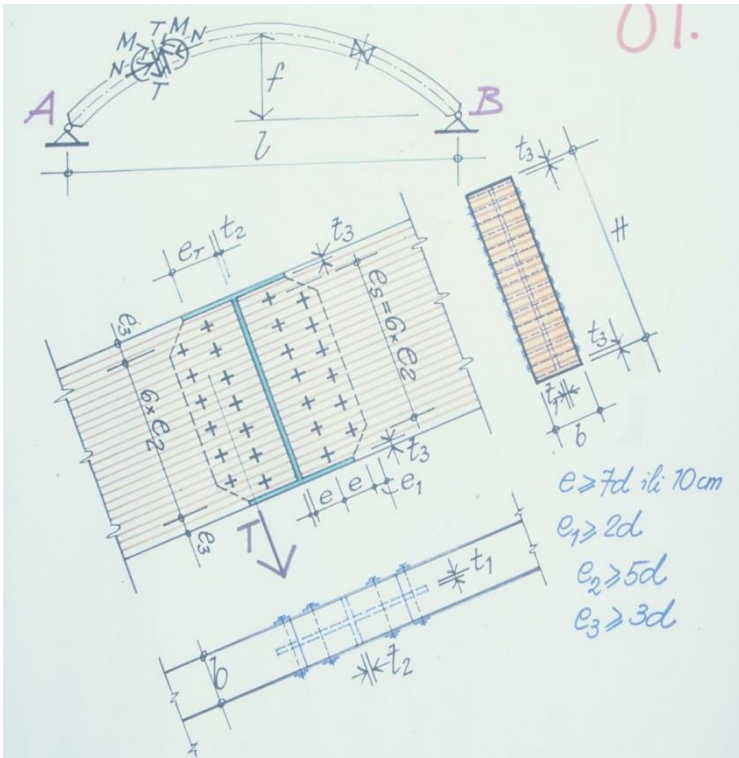
$$N_{1m} = \frac{M \cdot r_1}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2}$$

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta S_1}{r_1} = \frac{M}{K_{ser} (n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2)}$$

Deformacija usled popuštanja veze:

$$\Delta f = \bar{M} \Delta \varphi = \frac{\bar{M} M}{K_{ser} (n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2)}$$

# Montažni nastavak



$e \geq 7d$  ili 10cm  
 $e_1 \geq 2d$   
 $e_2 \geq 5d$   
 $e_3 \geq 3d$

NAJPRE SE KONSTRUIŠE NASTAVAK - USVOJE SE DEBLJINE LIMOVA, RASPORED I PREČNIK ZAVRTNJEVA - PA SE ZATIM ISPITUJE NA ZADATE STATIČKE UTICAJE  $M$ ,  $N$  I  $T$ .

- DEO SILE U ZAVRTNJI OD  $M$ :

$$N^M = \frac{M}{e_s} \cdot \varphi$$

- TRANSVERZALNA SILA  $T$  PRENOSI SE RAVNOMERNO NA SVE ZAVRTNJE

$$N^T = \frac{T}{n}$$

- NORMALNA SILA  $N$  PRENOSI SE DIREKTNO PREKO ČELIČNOG LIMA DEBLJINE  $t_2$ .

DODATNA SILA U ZAVRTNJI USLED EKSCENTRIČNOG DEJSTVA SILE  $T$  [za veličinu  $e_T$ ]:

$$N^{MT} = T \cdot e_T \cdot \frac{\varphi}{e_s}$$

UKUPNA SILA KOJA DELUJE NA NAJOPTEREĆENIJI ZAVRTANJ U VEZI

$$N^R = \sqrt{(N^T)^2 + (N^M + N^{MT})^2}$$

za USVOJENI PREČNIK ZAVRTNJA  $[d]$ :

$$N^R = F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \\ f_{h,1,k} t_1 d \left[ \sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

Napon po omotaču rupe u limu debljine  $t_1$

$$\sigma_a = \frac{N^R}{d \cdot t_1} \leq f_{a,d}$$

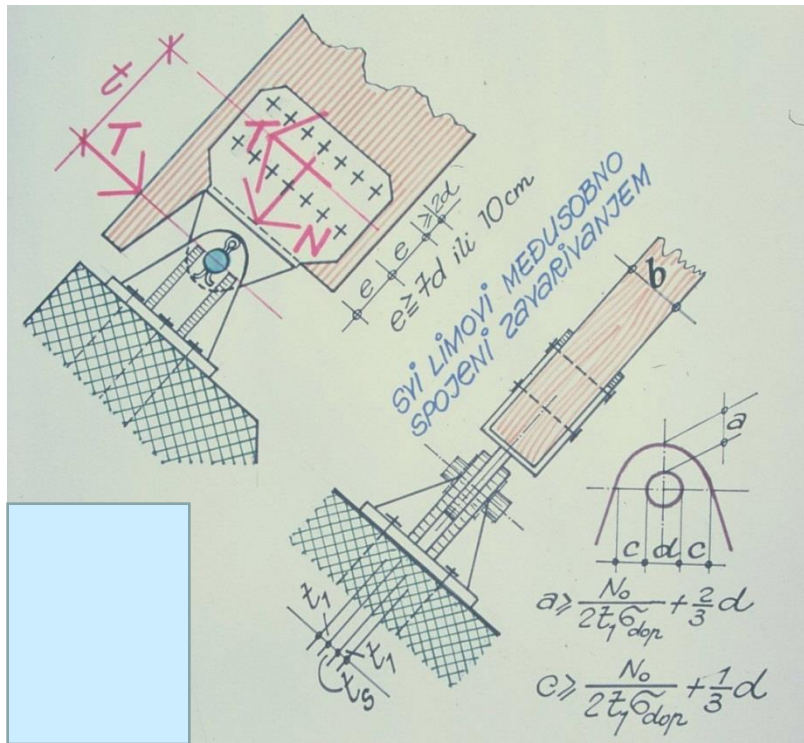
Napon na limu debljine  $t_2$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{(b - t_1) \cdot H} \leq f_{c,0,d}$$

Lim debljine  $t_3$ , u ovoj vezi, ima konstrukcijski karakter



# Zglobna veza u osloncu lučne ili ramovske konstrukcije od LLD-a



Veličina napona u zglobu:  $\sigma_a = 1,06 \frac{N_0}{l \cdot r} \leq f_{a,d}$

$$N_0 = \sqrt{N^2 + T^2}; \quad l = t_s \text{ ili } 2t_s; \quad r = \text{POLUPREČNIK}$$

$$\tau_N = \frac{4N}{2d^2\pi} = \frac{2N}{d^2\pi} \quad \tau_T = \frac{4T}{2d^2\pi} = \frac{2T}{d^2\pi}$$

$$\tau_a = \sqrt{\tau_N^2 + \tau_T^2} = \frac{2}{d^2\pi} \sqrt{N^2 + T^2} \leq f_{v,a,d}$$

PRITISAK PO OMOTAČU RUPE [za  $t_s < 2t_1$ ; težiti da  $2t_1 \approx t_s$ ]:

$$\sigma_p^N = \frac{N}{dt_s} \quad \sigma_p^T = \frac{T}{dt_s} \quad \sigma_p = \frac{1}{dt_s} \sqrt{N^2 + T^2} \leq f_{a,d}$$

$f_{a,d}$  - računski čvrstoća čelika S235

**NAPOMENA:** ZAVRTNJI I LIMOMI MORAJU DA PRIME TRANSVERZALNU SILU  $T$  I MOMENT  $M = T \cdot t \Rightarrow$  RAČUN ISTI KAO KOD MONTAŽNOG NASTAVKA;

NORMALNA SILA  $N$  PRENOSI SE U ZGLOB DIREKTNO PREKO ČELIČNOG LIMA;

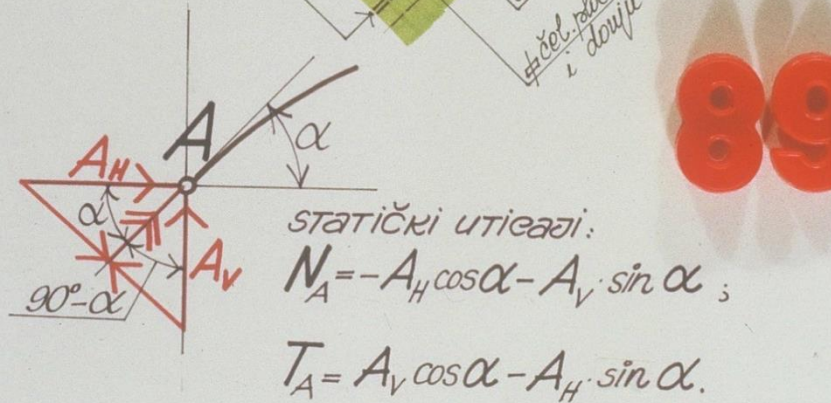
RAČUN ZA DONJU "STOLICU" - KAO I U PRETHODNOM PRIMERU.

VELIČINE NAPONA U ŠAVOVIMA - U SVEMU ISTO KAO I U ČELIČNIM KONSTRUKCIJAMA.

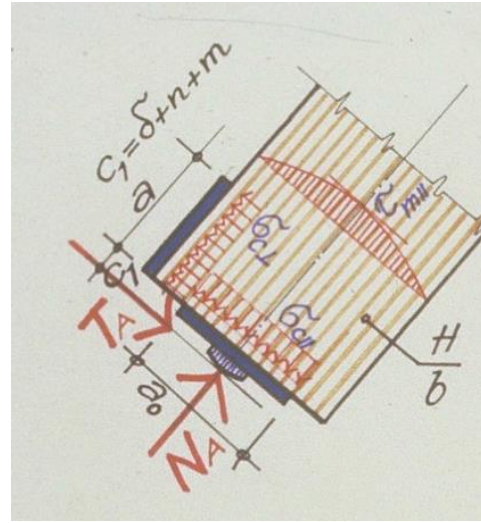


# Zglobna veza u osloncu lučne ili ramovske konstrukcije od LLD-a

## PRORAČUN ZGLOBA PO SKIEI:

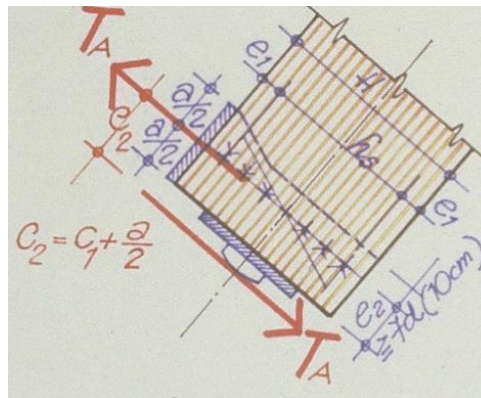


NAJPRE SE NA OSNOVU STATIČKIH UTICAJA I DIMENZIJA NOSAČA  $[b/h]$  - KONSTRUIŠE ZGLOB.



TRANSVERZALNA SILA PRENOSI SE PREKO ČEL. PLOČE KOJA JE ZAVARENA ZA REBRO (PLOČU) U NOSAČU.

$$F_{n\perp} = a(b - \delta_1), \quad \sigma_{c,90,d} = \frac{T_A}{F_{n\perp}} \leq f_{c,90,d}$$



$$M_1 = T_A \cdot C_2, \quad \max N = \frac{M_1}{h_s} \cdot \varphi$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \\ f_{h,1,k} t_1 d \left[ \sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} \geq \max N$$

I NAPON NA PRITISAK PO OMOTAČU RUPE (ČELIK):

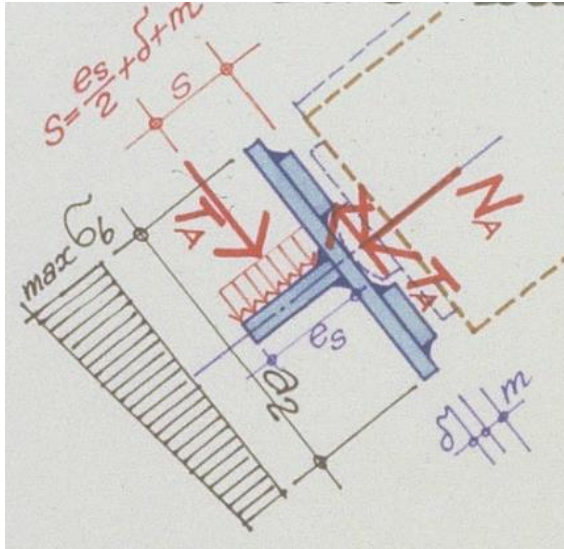
$$\sigma_a = \frac{\max N}{d \cdot \delta_1} \leq f_{a,d}$$

# Zglobna veza u osloncu lučne ili ramovske konstrukcije od LLD-a

Donja ležišna ploča:

Napon između centriranog čepa i donje lež. ploče:

$$\sigma_{ak} = 0,42 \sqrt{\frac{R_d \cdot E_a}{R \cdot b_1}} \leq f_{a,d}$$



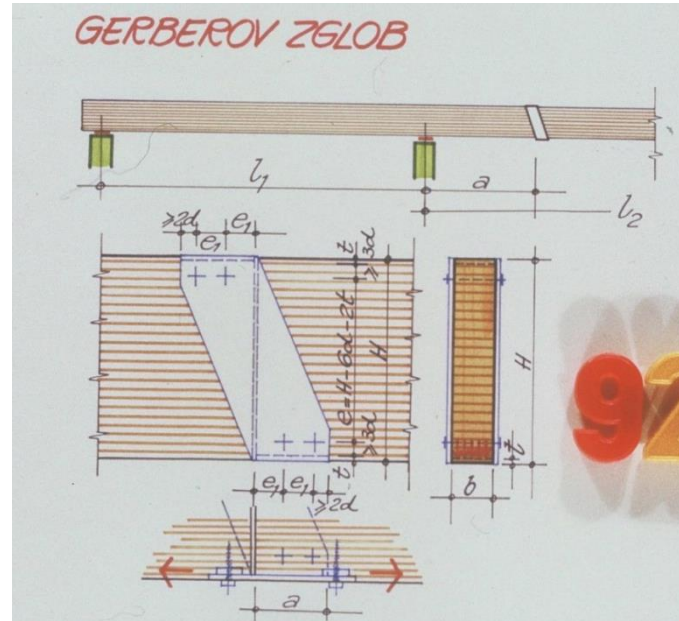
Napon u betonu-na ploči  $e_s b$ , zavarenoj za ankere i donju ploču:

$$\sigma_{c,d} = \frac{T_A}{e_s \cdot b} \leq f_{c,d}$$

Napon u betonu ispod donje lež. ploče:

$$M = T_A \cdot s, \quad e = \frac{M}{N_a}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_A}{a_2 \cdot b} \left( 1 \pm \frac{6e}{a_2} \right) \leq f_{c,d}$$



$$T = T_d = a \cdot b \cdot f_{c,90,d} \Rightarrow$$

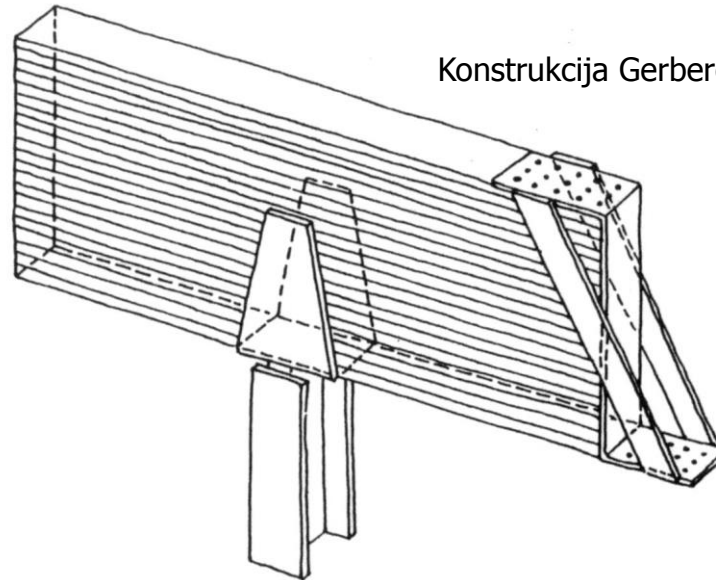
$$\Rightarrow a = \frac{T_d}{b \cdot f_{c,90,d}},$$

$$M = M_d = \sigma_{c,90,d} \cdot \frac{b^2}{8},$$

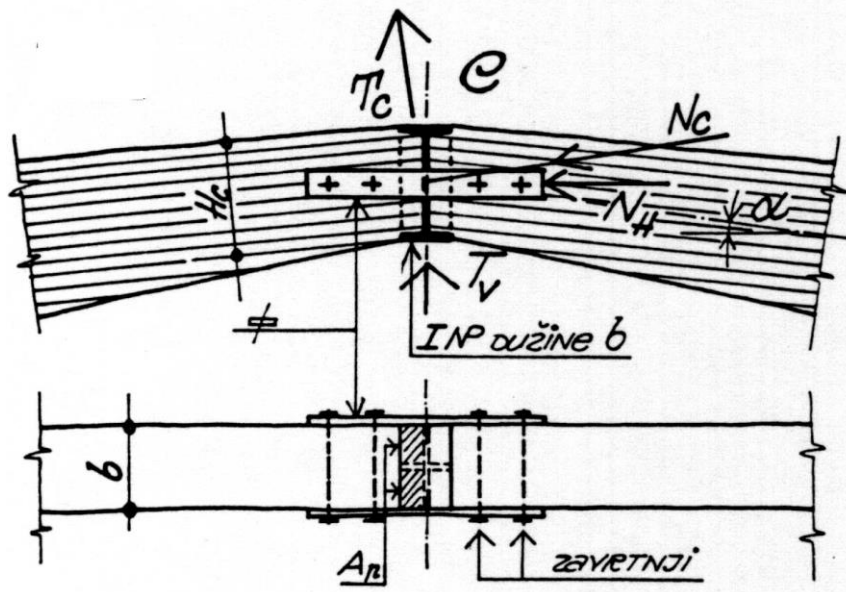
$$W = \frac{1 \cdot t^2}{6},$$

$$\sigma_{a,d} = \frac{M_d}{W} \leq f_{a,d}$$

Konstrukcija Gerberovog zgloba



# Zglobna veza u slemenu ramovskih konstrukcija srednjih raspona



Zglobna veza u slemenu lučnog nosača statičkog sistema luka na tri zgloba biće ostvarena pomoću I profila u svemu prema slici, čeličnim konstruktivnim podvezicama i zavrtnjima.

VELIČINA NAPONA IZMEĐU FLANŠE I-PROFILA I NOSAČA OD LLD:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{T_d}{A_{c,d}} \leq f_{c,90,d}$$

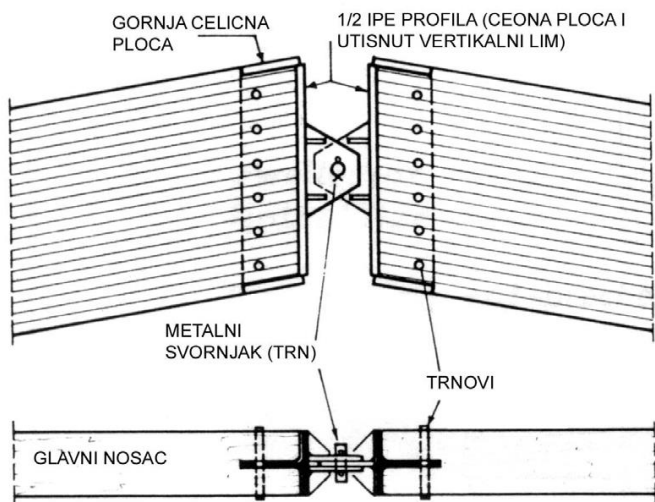
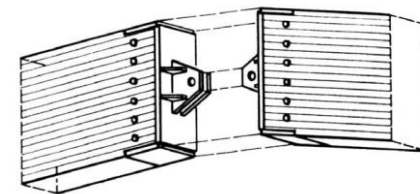
$A_{c,d}$  - računaska vrednost kontaktne površine između flanše I profila i nosača

VELIČINA NAPONA IZMEĐU NOSAČA OD LLD I REBRA I-PROFILA:

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{N_d}{A_{c,r}} \leq f_{c,\alpha,d}$$

$$T_d = T_v = T_c \cdot \cos \alpha - N_c \sin \alpha$$

$$N_d = N_h = T_c \cdot \sin \alpha + N_c \cos \alpha$$



# Proračun uklještenja u osloncu nosača od LLD-a

1) Geometrijske karakteristike veze:

$$e_z = \frac{H}{2} - e_3, \quad e_D = \frac{H}{2} - \left(1 + \frac{t_1}{2}\right)$$

$$e_0 = e_z + e_D$$

$$Z = D = Z_d = D_d = \frac{M_d}{e_0}$$

2) Čelične trake,  $\neq tb$ :

$$F_n = (t - d)\delta$$

$$\sigma_{a,d} = \frac{Z_d}{F_n} \leq f_{a,d}$$

3) Napon u betonu:

ankerna ploča,  $\neq t_2 b_1 b_1$

$$\sigma_{c,d} = \frac{Z_d}{b_1 b_1 - t_1 \delta} \leq f_{c,d}$$

4) Provera vara:

$$F_{\text{šav}} = 2 \cdot a (2t_1 + 2\delta); \quad \tau = \frac{Z_d}{F_{\text{šav}}}$$

$$\sigma_{\text{šav},d} = \sqrt{1,8\tau^2} \leq f_{\text{šav},d}$$

5) Savijanje ankerne ploče:

$$M_d = \frac{Z_d (b_1 - t)}{8}; \quad W = \frac{b_1 \cdot t_2^2}{6}$$

$$\sigma_{a,d} = \frac{M_d}{W} \leq f_{a,d}$$

6) Čelične trake,  $\neq t\delta$ , zavarene su za T-profile i zavrtnjevima se vezuju za stub

$$F_{\text{šav}} = 2 \cdot 2at = 4at; \quad J_{\text{šav}} = \frac{2a}{12} [H^3 - (H - 2t)^3];$$

$$W_{\text{šav}} = \frac{2J_{\text{šav}}}{H}; \quad \tau = \frac{H_d}{F_{\text{šav}}}$$

$$\sigma_{a,90,d} = \tau_{a,90,d} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{N_d}{F_{\text{šav}}} + \frac{M_d}{W_{\text{šav}}} \right);$$

$$\sigma_{\text{šav},d} = \sqrt{\sigma_{a,90,d}^2 + 1,8(\tau^2 + \tau_{a,90,d}^2)} \leq f_{\text{šav},d}$$

7) Proračun zavrtnjeva

$$N_z = \frac{Z_d}{n_{\text{zavrt}}} \leq N_{\text{dop}} \leq F_{v,Rk}$$

pritiskak po omotaču rupe:

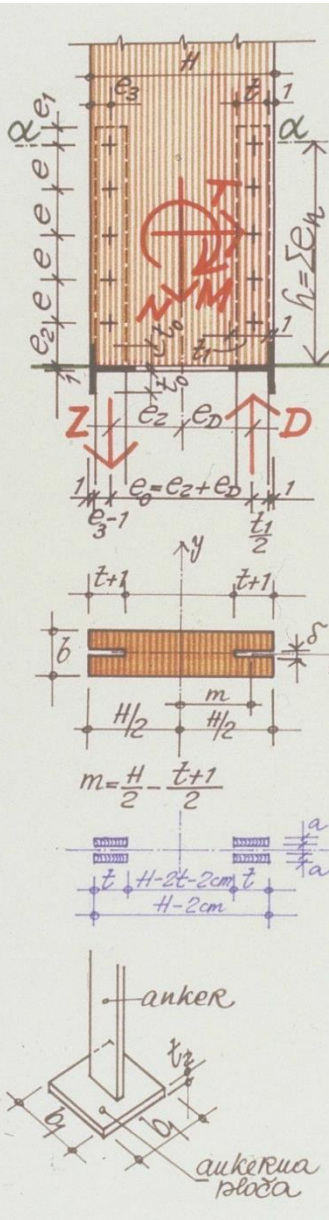
$$\sigma_a = \frac{N_z}{d \cdot \delta} \leq f_{a,d}$$

8) Pritiskujuća sila D prenosi se na stub || vlaknima:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{D_d}{(b - \delta)t_1} \leq f_{c,0,d}$$

9) Transverzalna sila  $T_d$  prenosi se preko flanše T-profila:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{T_d}{[b - (\delta + 1\text{cm})]t_0} \leq f_{c,90,d}$$



# Proračun uklještenja u osloncu nosača od LLD-a

10) U presku  $\alpha\text{-}\alpha$  javljaju se max. uticaji:

$$F_{\alpha} = bH; F_{an} = bH - 2(t+1)\delta;$$

$$J_{ay} = \frac{1}{12}bH^3; J_{ayn} = \frac{1}{12}bH^3 - 2(t+1)\delta m^2;$$

$$M_{\alpha,d} = M_d - T_d \cdot y$$

Kontrola napona:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

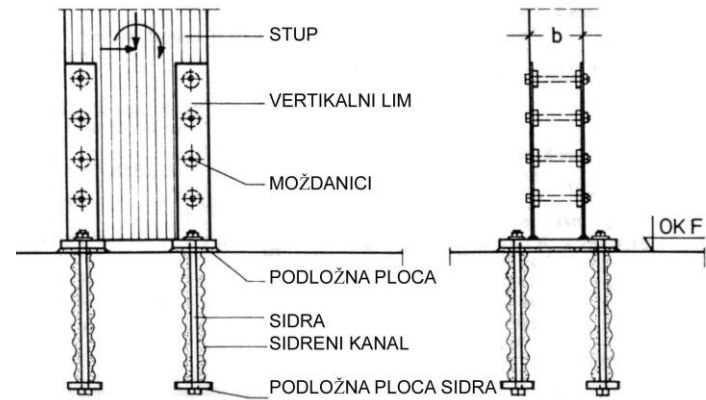
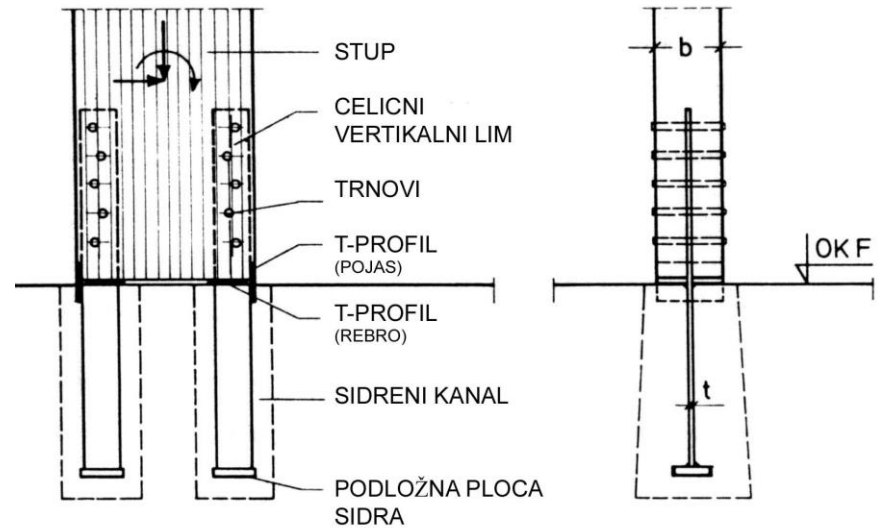
$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

pri čemu je:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{F_{an}};$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{\alpha,d}}{J_{ayn}} \cdot \frac{H}{2};$$

Na sledećim slikama dati su skice izvođačkih detalja kao i primeri izvedeni u praksi:



## Proračun uklještenja u osloncu nosača od LLD-a



Oslanjanje i veza kranske staze na stub od LLD-a



Jednostavna ugaonaveza stuba i grede od LLD-a, drvenim podvezicama i zavrtnjevima



„ Sajamski” primer uklještenja stuba od LLD-a

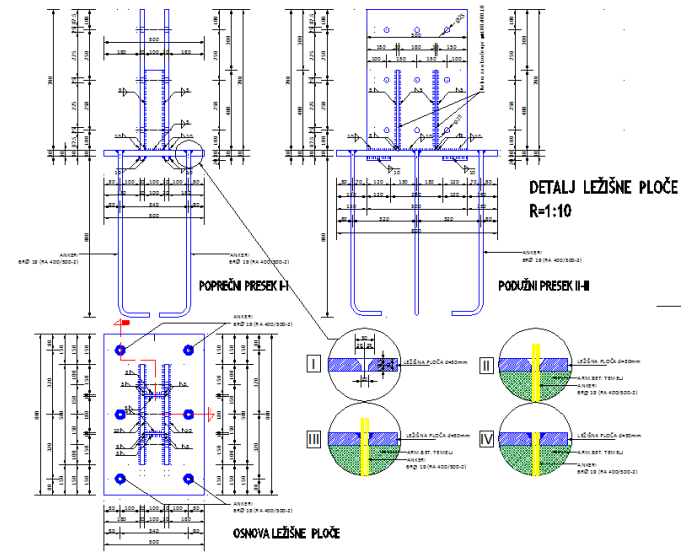


Čelični profilisani element projektovan i proračunat da obezbedi određeni nivo uklještenja stuba od LLD, jedne industrijske hale.

# Proračun uklještenja u osloncu nosača od LLD-a



Armatura veznog zidnog platna temelja samaca, armatura stubnog dela temelja samca i profilisani oslonački čelični element.



Detalj faze montaže konstrukcije

