



***GRAĐEVINSKI FAKULTET
ZAVOD ZA KONSTRUKCIJE
KATEDRA ZA MOSTOVE***

REŠETKASTI MOSTOVI





OPĆENITO

- razvili se iz punostijernih nosača u drugoj polovici 19. st.
- hrbat zamijenjen križnim nizovima štapova od čelika
- manji utrošak materijala od punostijernih ali danas to sve više gubi značaj zbog porasta cijene rešetkastih nosača uslijed porasta cijene radne snage za izvedbu
- nezamjenjivi za željezničke gredne mostove većih raspona
- pri rasponima 40 – 60 m konkuriraju punostijernim nosačima
- često se koriste kao grede za ukrućenje u sklopu visećih mostova zbog povoljnih aerodinamičkih svojstava (pogotovo u Americi)
- izvedba datira iz 19.st., već tada su građeni slobodnom konzolnom gradnjom
- opterećenje se u pravilu unosi u čvorove iako danas postoje i rešetke sa savijanim pojasevima





TIPOVI REŠETKASTIH GLAVNIH NOSAČA

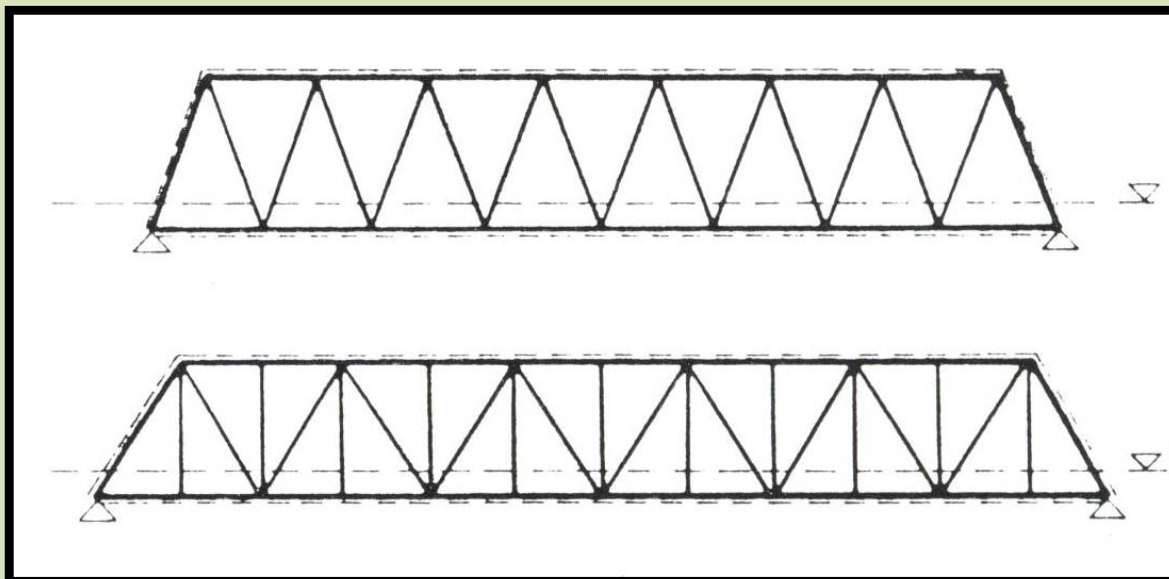
OSNOVNI ELEMENTI – ŠTAPOVI POJASA I ŠTAPOVI ISPUNE

- manji rasponi – paralelni pojasevi
- veći rasponi – promjena konstruktivne visine duž raspona
- štapovi ispune
 - jednostruke i dvostruke rešetkaste ispune
 - višedijelna (mrežasta) ispuna

Konstruktivna visina:

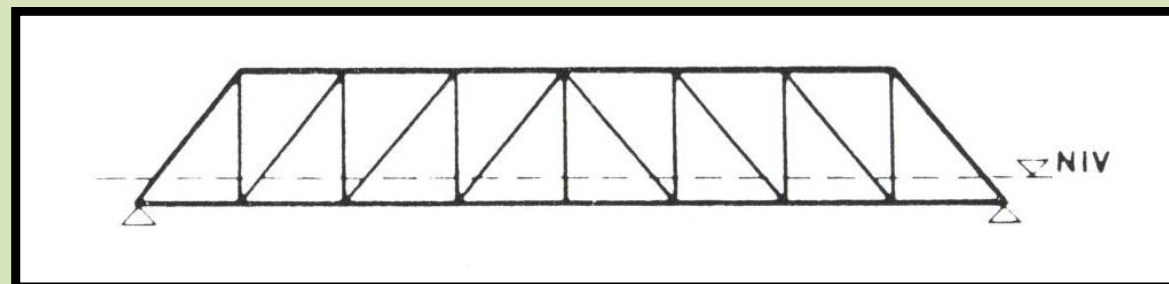
- slobodno položene grede: $h_k/L = 1/7$ do $1/9$
- kontinuirani nosači: $h_k/L = 1/9$ do $1/10$
- tipizirani nosači za željezničke mostove pri rasponima 33 do 145 m
 - konstruktivne visine $L/5$ do $L/7$





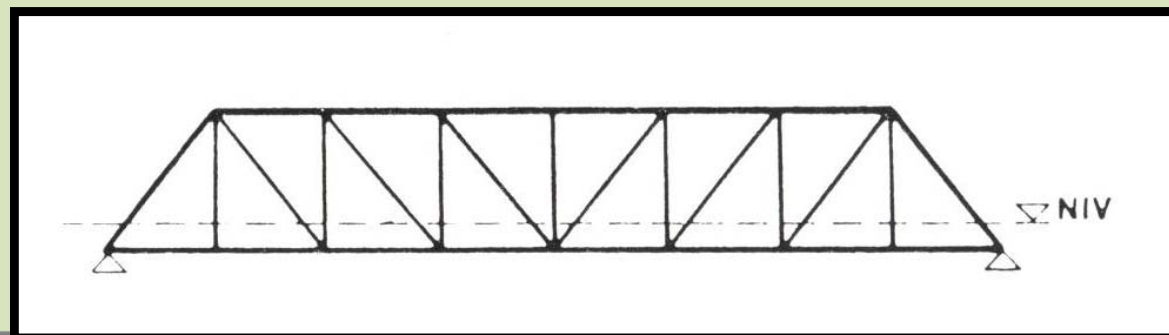
Warren rešetka

- najpogodnija za nosače mostova
- uslijed pokretnog opterećenja dijagonale su napregnute izmjenično vlačno i tlačno



Howe rešetka

- tlačne dijagonale, vlačne vertikale



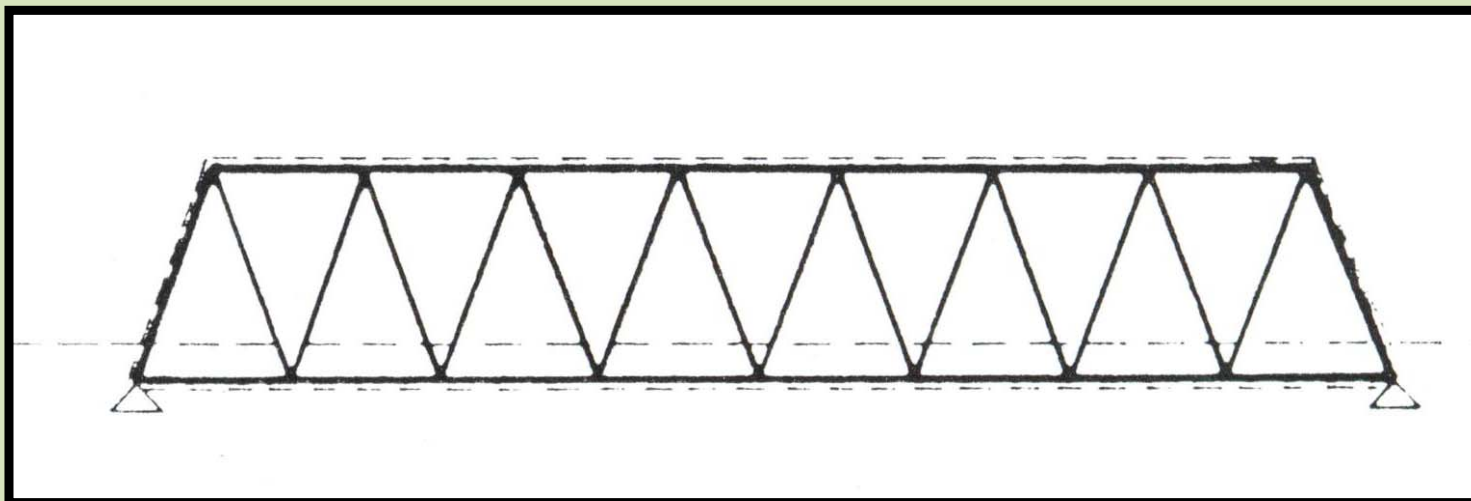
Pratt rešetka

- vlačne dijagonale, tlačne vertikale, povoljnije zbog duljine izvijanja



Rešetke bez vertikala – Warren rešetka

- povoljniji estetski dojam
- strmiji kosnici (55 do 65°)
- zbog prostorne stabilnosti obavezan gornji vjetrovni spreg s kosim portalima nad osloncima
- minimalne konstrukcijske visine su zbog toga od 7 do 8 m (potreba slobodnog profila) – **rasponi veći od 50 m**
- ograničenje razmaka među čvorovima od 10 do 12 m – gornja granica za konstrukcijsku visinu je oko 11 m – **rasponi 90 do 100 m**





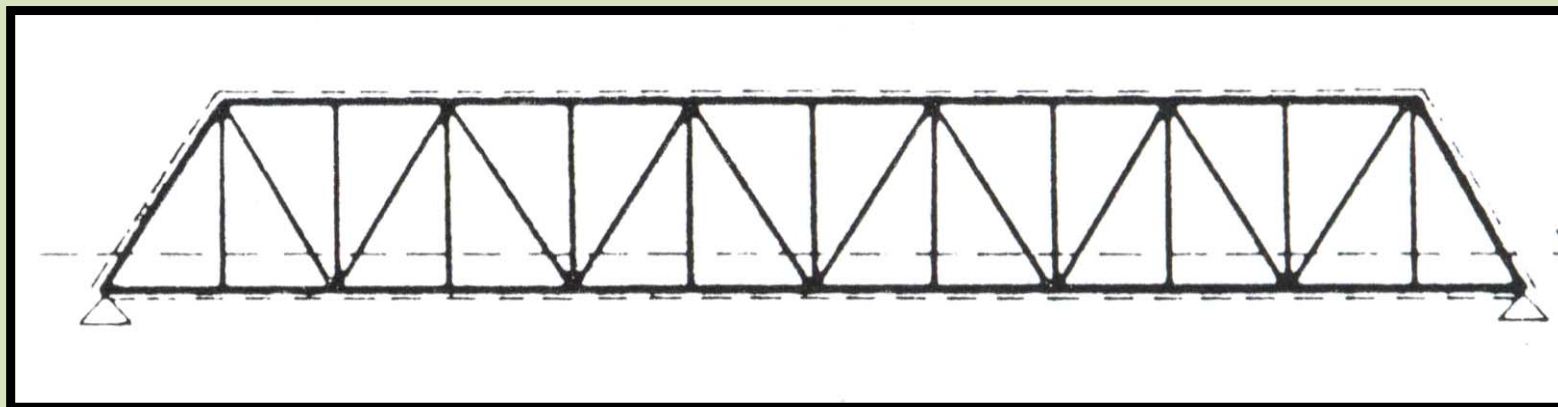
Rešetke bez vertikala – Warren rešetka





Sistemi sa sekundarnim vertikalama:

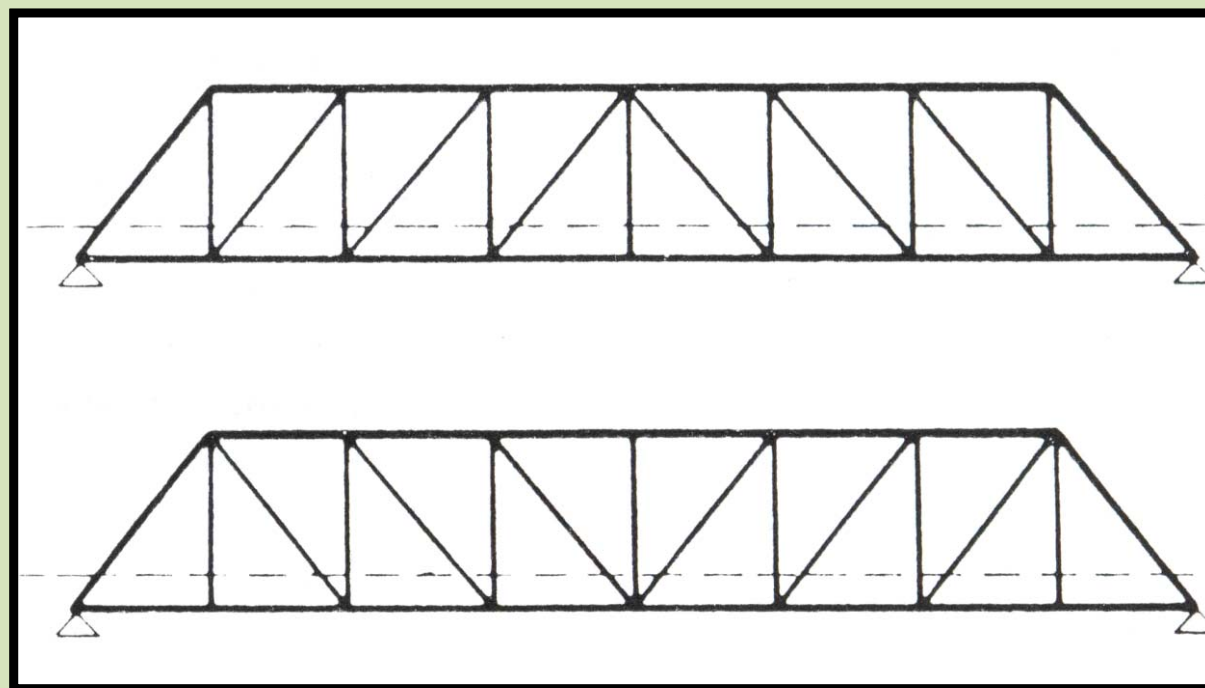
- velike konstruktivne visine stvaraju probleme u vezi s oblikovanjem tlačnih štapova pojasa i ispune – često je potrebna i sekundarna ispuna sa vertikalama
- kosnici su sada pod nagibom 45 do 60°
- uz optimalne konstruktivne visine i razmake čvorova mogu se doseći **rasponi do 200 m**





Rešetke sa padajućim i uzlaznim dijagonalama (Howe i Pratt):

- vertikale su bitan nosivi element – služe i za poprečnu stabilizaciju pa su zato i podvrgnute savijanju
- zato su u vertikalama jače izražena sekundarna naprezanja nego kod drugih štapova





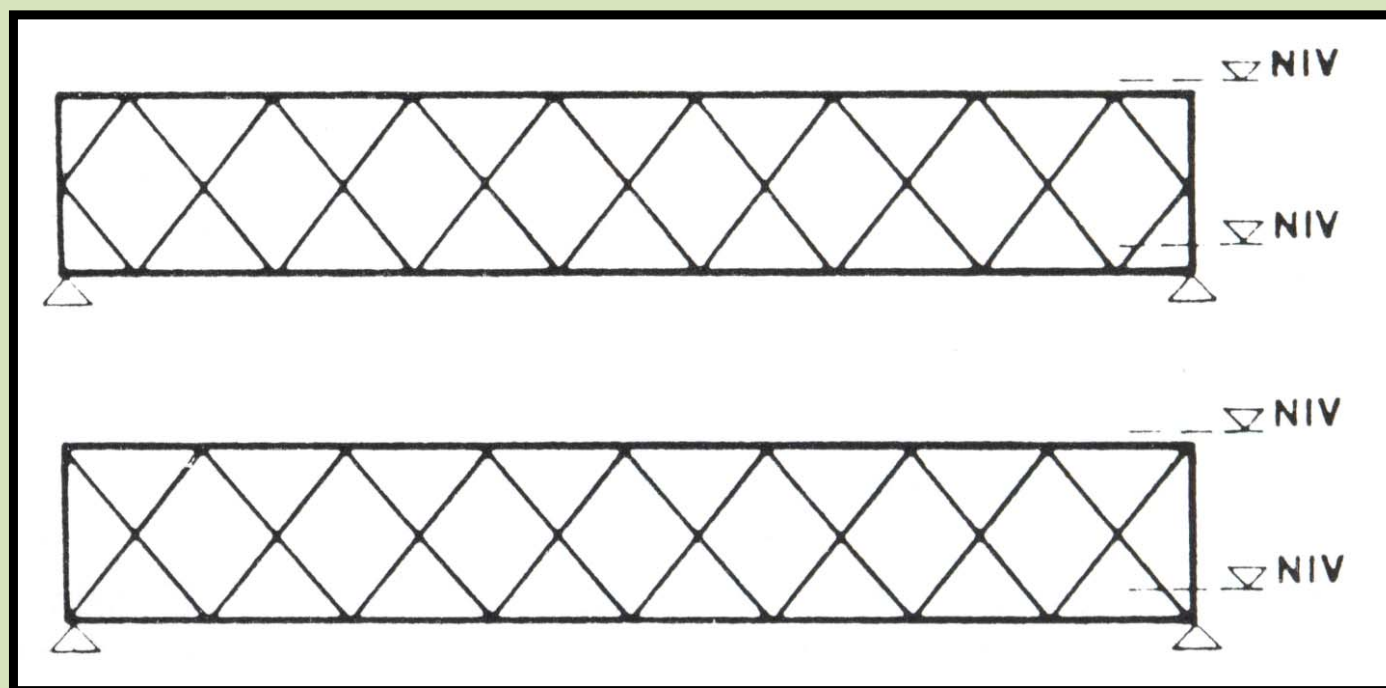
Rešetke sa padajućim i uzlaznim dijagonalama (Howe i Pratt):





Rešetke sa dvostrukim nizom kosnika:

- dvostruki niz kosnika u obliku rombične ispune – dvostruke rešetke
- odnos broja štapova i čvorova za stabilnu rešetku: $\check{s}=2\check{c}-3$
- kada prema ovom izrazu nedostaje jedan štap za stabilnost on se ugrađuje u sredinu kao vertikalna ili se krajnji štapovi izvode krući na savijanje bez zgloba na mjestu spoja s dijagonalama





Rešetke sa dvostrukim nizom kosnika:

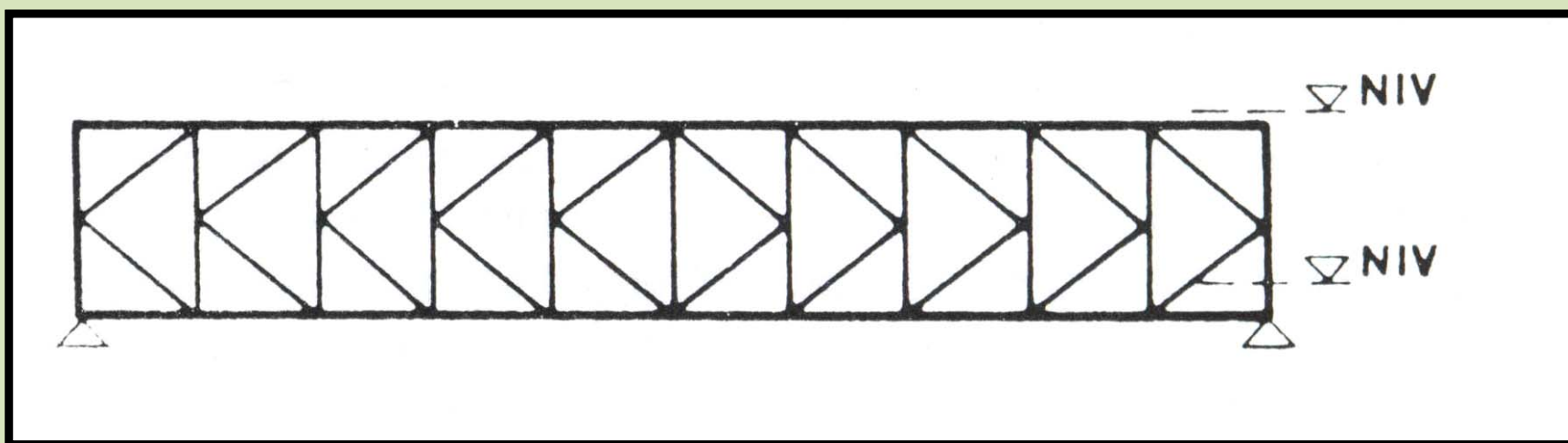
- dvostruki niz kosnika u obliku rombične ispune – dvostruke rešetke
- odnos broja štapova i čvorova za stabilnu rešetku: $\bar{s}=2\bar{c}-3$
- kada prema ovom izrazu nedostaje jedan štap za stabilnost on se ugrađuje u sredinu kao vertikalna ili se krajnji štapovi izvode krući na savijanje bez zgloba na mjestu spoja s dijagonalama





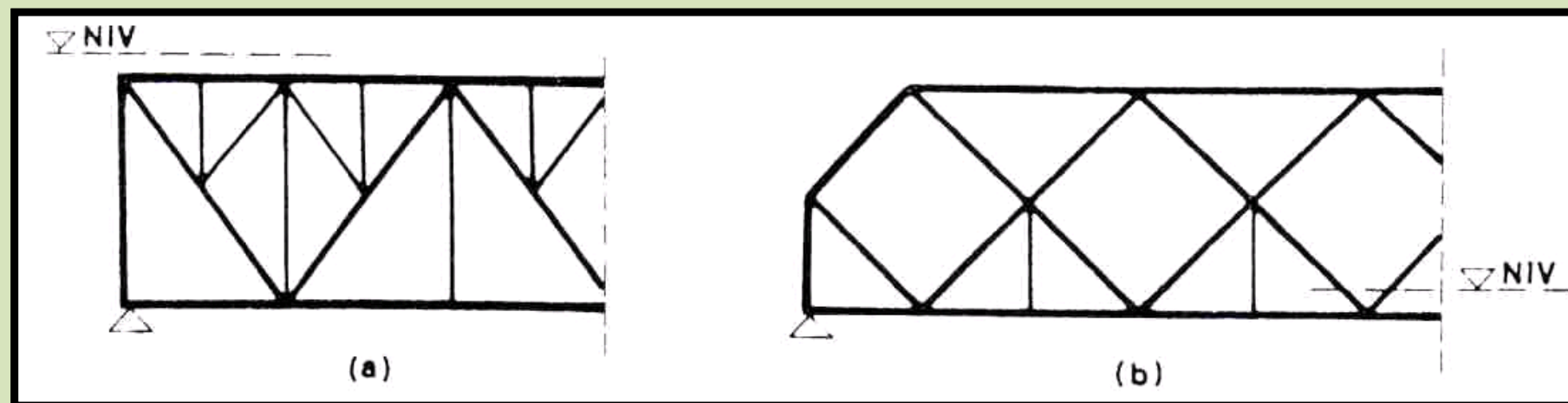
Rešetke sa K ispunom

- rjeđe se primjenjuje zbog većih sekundarnih naprezanja u štapovima ispune pod utjecajima krutih čvorova i zbog nepovoljnog estetskog izgleda
- pogodna za horizontalne spregove kod širokih mostova
- prednost dvostrukih rešetki: tlačni štapovi su upola kraći od jednostrukih rešetaka (veća nosivost s obzirom na izvijanje)
- međutim, ta prednost se gubi kada su ti štapovi jako savijani kao što je slučaj kod K-ispune





- za veće konstrukcijske visine je optimalni razmak između čvorova 10-12 m pa se ugrađuju sekundarne rešetke:



- unos opterećenja u ovakav nosač:
 - poprečni nosač u svakom čvoru donjeg pojasa (dvije vrste tipiziranih spojeva)
 - poprečni nosači se priključuju samo preko vertikalala (moguće samo kod manjih raspona)





PRIMJENA TEORIJE I KONSTRUKCIJSKA PRAVILA

- koriste se pretpostavke teorije rešetkastih nosača
- sve češće se uzimaju u obzir i sekundarna naprezanja zbog problema umornosti

TEORIJA REŠETKASTIH NOSAČA – DVIJE PRETPOSTAVKE:

1. sile u štapovima rešetke izazivaju samo aksijalna naprezanja bez savijanja
2. svi štapovi u čvorovima slobodno se zakreću, odnosno spojevi u čvorovima odgovaraju zglobnim priključcima

STARO RJEŠENJE (kod prvih rešetkastih mostova):

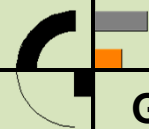
- pretpostavke teorije rešetkastih nosača mogu se zadovoljiti konstrukcijskom izvedbom zglobova u čvorovima – valjkasti trnovi provučeni kroz rupe svakog štapa
- takvo rješenje se pokazalo nepovoljnim jer su se trnovi brzo trošili a trenje se povećavalo i pojavljivala se korozija





NOVO RJEŠENJE:

- čvorovi se odmah u početku izvode kruti
- štapovi se priključuju u čvorove pomoću čvornih limova
- poštivanje konstrukcijskih pravila tako da se stvarni rad rešetke maksimalno približi teorijskim pretpostavkama
- pravila za oblikovanje:
 1. Birati što veće konstrukcijske visine nosača radi smanjivanja progiba pod pokretnim opterećenjem. Prije navedene optimalne konstrukcijske visine daju prihvatljive progibe, u pravilu manje od 1/1000 raspona
 2. Opterećenja se unose u nosač preko čvorova
 3. Štapovi se centriraju u čvorovima
 4. Vitkost štapova ne treba biti manja od $\lambda=50$ do 60 kako bi sekundarna naprezanja ostala u umjerenim granicama
 5. Birati minimalno potrebne veličine čvornih limova radi smanjivanja utjecaja upetosti u čvorovima





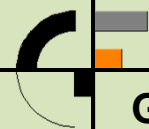
PRAVILO BR. 1. – KONSTRUKTIVNA VISINA I PROGIB

- progibi manji od 1/1000 raspona
- proračun fiktivnog momenta tromosti za dobivanje progiba kao kod punostijenog nosača:

$$I = \frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2} h_k^2$$

A_1, A_2 – prosječni brutto-presjek pojasa
 h_k – konstrukcijska visina

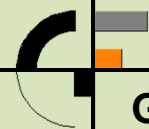
- zanemaruje se utjecaj deformacije hrpta odnosno štapova ispuna pa se dobivaju 20 do 30% manji progibi nego oni po teoriji rešetkastih nosača
- ti su rezultati u stvarnosti ipak točniji zbog utjecaja krutih čvorova





PRAVILO BR. 2. – UNOS OPTEREĆENJA U NOSAČ

- kada je kolnička konstrukcija spregnuta s jednim pojasom taj pojas tada ima osim uzdužnih sila rešetke i savijanje
- proračun se tada vrši superpozicijom rezultata sa dva nosiva sistema koji su:
 1. nosivi sistem gdje je savijani pojas računat kao kontinuirani nosač sa krutim osloncima u čvorovima rešetke
 2. nosivi sistem idealne (zglobni priključci štapova) rešetke koja je opterećenja u čvorovima sa reakcijama iz sistema 1.





PRAVILO BR. 3. - EKSCENTRICITETI

- unatoč centriranju štapova uvijek se pojavljuju ekscentriciteti zbog nesimetričnosti pojasnih štapova
- dopušta se ekscentričnost od $e \leq 0,1k$, gdje je k udaljenost jezgre od težišta presjeka – ovo uzrokuje promjenu naprezanja na rubovima presjeka od 10% u odnosu na aksijalno naprezanje
- izraz koji to dokazuje:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{N \cdot e}{W} = \frac{N}{A} \left(1 \pm e \frac{A}{W} \right) = \frac{N}{A} \left(1 \pm \frac{e}{k} \right) = \frac{N}{A} \left(1 \pm \frac{0,1k}{k} \right) = \frac{N}{A} (1 \pm 0,1)$$

- ekscentricitet može biti i posljedica od
 - savijanja od vlastite težine
 - opterećenja vjetra
- ovi ekscentriciteti se ograničavaju ograničavanjem vitkosti $\lambda \leq 70$ – manje vitki štapovi nisu osjetljivi na deformacije
- također se ekscentricitet može ograničiti i ograničivanjem poprečnih progiba štapova ispod $I_k/5000$

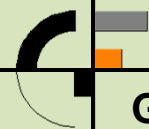


PRAVILO BR. 4. - VITKOSTI

- obično se ograničava maksimalna vitkost štapa:

$$(50 \div 60) < \lambda < 200 \text{ (za tlačne štapove)}$$

$$\lambda < 250 \text{ (za vlačne štapove)}$$
- štapovi velike vitkosti mogu se primjenjivati samo za malu tlačnu silu jer je nosivost takvih štapova mala





PRAVILO BR. 5. – UTJECAJ VELIČINE ČVORNIH LIMOVA

- veličina čvornog lima utječe na stupanj upetosti štapova i na duljinu izvijanja štapa
- redukcija duljine izvijanja sa faktorom 0,8 u odnosu na sistemsku duljinu štapa
- razlike proizlaze iz različitih faktora sigurnosti dok su krivulje granične nosivosti uvijek jednake

UZ POŠTIVANJE NAVEDENIH PRAVILA GLOBALNA ANALIZA MOŽE SE PROVESTI PREMA PROPISIMA TEORIJE ELASTIČNOSTI SA PRETPOSTAVKOM ZGLOBOVA U ČVOROVIMA.





GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI

- zanemaruju se naprezanja od utjecaja krutog spajanja u čvorovima

GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI

- dokazuju se progibi i sekundarna naprezanja
- kada je to potrebno za progibe se dopušta primjena proračunskog modela sa zglobovima u čvorovima
- model za sekundarna naprezanja nije definiran, treba ga definirati za svaku vrstu spoja

POSEBNA GRANIČNA STANJA

- dokaz umornosti pod utjecajem sekundarnih naprezanja





SEKUNDARNA NAPREZANJA

- naprezanja koja nastaju od stvarnog ponašanja konstrukcije, koje nije obuhvaćeno teorijom rešetkastih konstrukcija
- oni se preraspodjeljuju unutar konstrukcije pa ne djeluju na ležajne reakcije i odatle naziv sekundarni

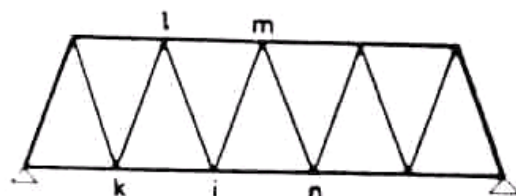
UZROCI SEKUNDARNIH NAPREZANJA:

- kruti priključci u čvorovima
- ekscentriciteti zbog izmaka osi štapa i težišta presjeka štapa u čvorovima rešetke
- vlastita težina štapova
- vlastita stanja naprezanja zbog zavarivanja i valjanja
- opterećenja od savijanja izravno opterećenih štapova

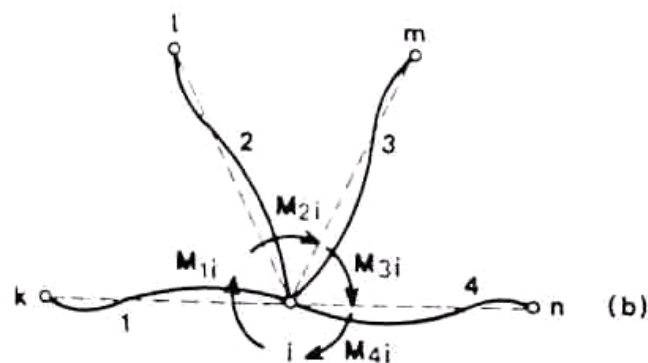




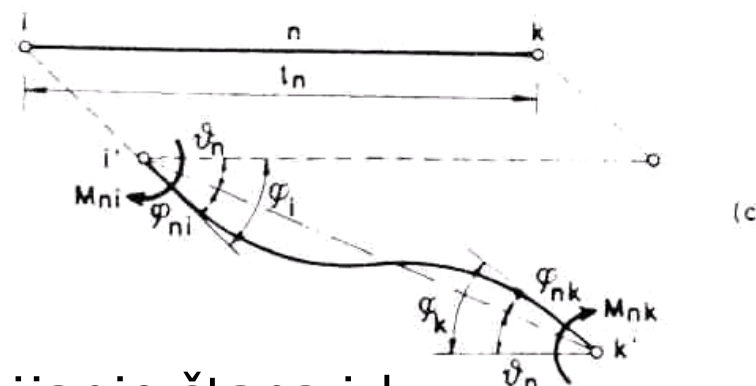
Stvarno djelovanje u čvorovima rešetkastih nosača



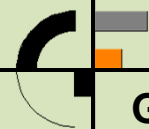
sistemska skica nosača – okvirni nosač s nepoznatim momentima i poprečnim silama na krajevima svakog štapa



zakretanje čvorova



savijanje štapa i-k



Proračun sekundarnih naprezanja uzrokovanih savijanjem za pojasne štapove bez pomoćnih vertikala (npr. Warren rešetka)

- elastična linija štapa je sinusoida

$$y = f \sin \frac{\pi x}{L} \quad f - \text{progib nosača u sredini raspona } L$$

- iz odnosa $M = -EIy''$ slijedi za sredinu raspona:

$$M = EI \frac{\pi^2 f}{L^2} \approx 10EI \frac{f}{L^2}$$

- prosječno naprezanje zbog savijanja u pojasu biti će:

$$\sigma_{ms} = \frac{M}{I} e = \pm 10E \frac{e}{L} \frac{f}{L}$$

- uz ukupni progib od $f/L \sim 1/700$, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$ dobivamo brojčane vrijednosti za sekundarno naprezanje:

$$\sigma_{ms} = \pm \frac{10 \cdot 21000}{700} \frac{e}{L} = \pm 300 \frac{e}{L} \text{ kN / cm}^2$$

e – udaljenost ruba presjeka pojava od njegovog težišta
 L – raspon nosača



- kod nosača sa pomoćnim vertikalama u kontinuiranom pojasu nastaje još dodatno savijanje uza samu vertikalu

$$\Delta\sigma_{ms} = \frac{5\bar{\sigma}_v}{\frac{a^2}{eh} + \frac{24W}{aA_v}}$$

$\bar{\sigma}_v$ - naprezanje u vertikali
 a - razmak između čvorova
 h - visina nosača, dužina vertikale
 $W=I/e$ - moment otpora pojasa
 A_v - površina vertikale

- sekundarna naprezanja izračunata iz ovih izraza ($\sigma_{ms} + \Delta\sigma_{ms}$) donose povećanje osnovnog naprezanja do oko 20%, i za GSN se obično mogu zanemariti
- za naprezanje zamora mjerodavno vanjsko opterećenje biti će odgovarajuće reducirano (GSU kombinacija) pa je često slučaj da je zbroj reduciranog djelovanja na idealnoj rešetki i sekundarnih naprezanja u zadovoljavajućim granicama
- rešetke s aktivnim vertikalama (Pratt ili Howe) imaju veća sekundarna naprezanja koje dosežu i do 50% osnovnih naprezanja
- proračunom se moraju predvidjeti mjesta gdje će se konstrukcijski oblikovati zglobovi kako bi se ta naprezanja smanjila





OBLIKOVANJE ŠTAPOVA

Nekada:

- jednostijeni i zakovicama spajani štapovi
- čvorni lim kao spojni element u čvoru se priključuje s unutarnje ili vanjske strane vertikalnih stijena dvostijenog pojasnog štapa





OBLIKOVANJE ŠTAPOVA

Danas:

- dvostijeni štapovi za raspone od 40 m pa na dalje, spajanje zavarivanjem (rjeđe zakovicama)
- čvorni lim se uvezuje u ravninu vertikalnih ploha pojasnih štapova i sastavni je dio presjeka pojasa





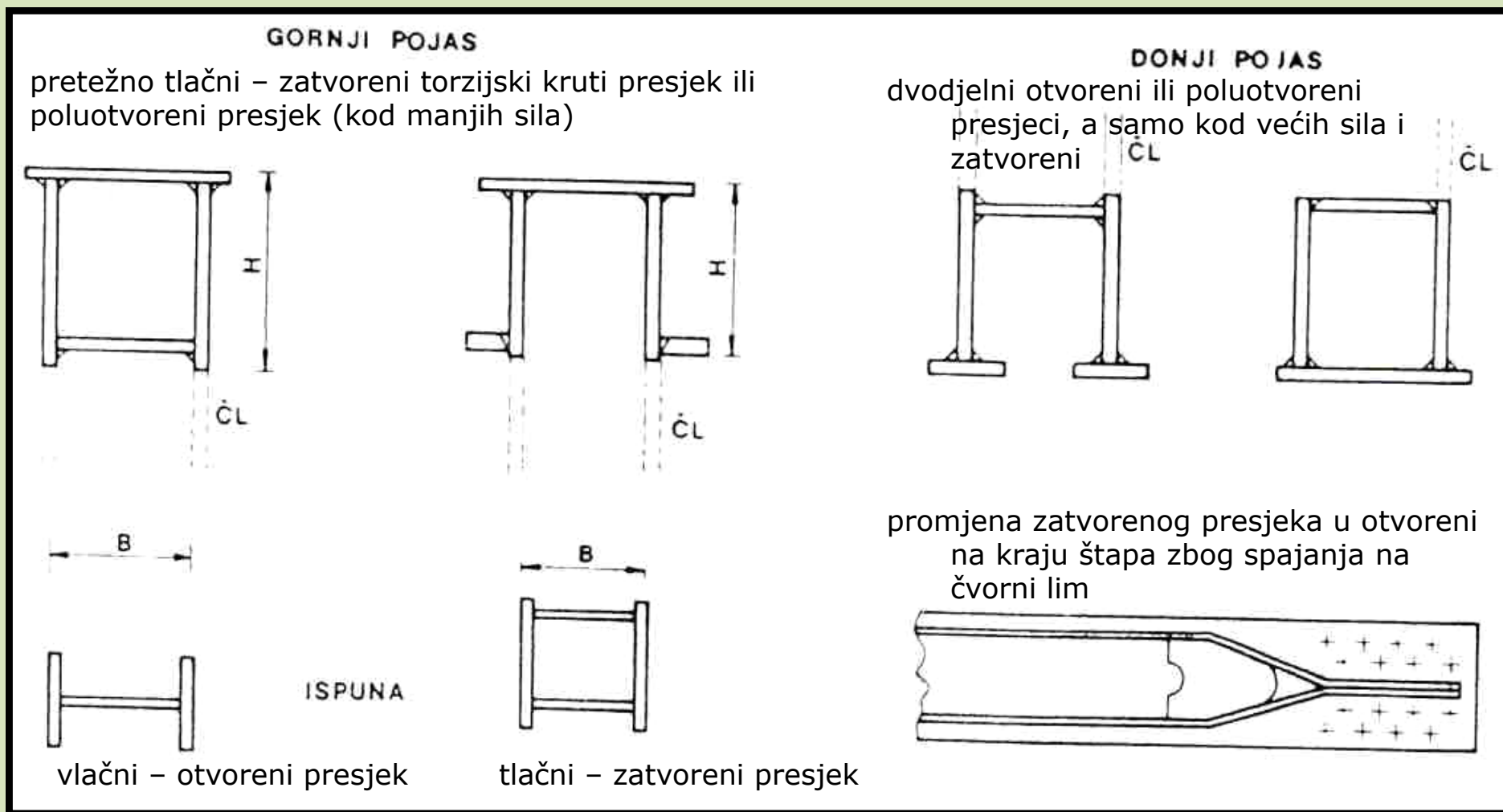
OBLIKOVANJE ŠTAPOVA

- Dimenzioniranje se provodi na ekstremne sile zasebno za svaki štap a mijenjaju se samo debljine elemenata dok vanjske izmjere štapova ostaju jednake





Tipični poprečni presjeci štapova za rešetkaste glavne nosače u zavarenoj izvedbi





Tipični poprečni presjeci štapova za rešetkaste glavne nosače u zavarenoj izvedbi





Redoslijed u oblikovanju štapova za nosač

1. bira se osnovni presjek tlačnog pojasa kojim se pokriva najmanja sila u nosaču a tada se izvodi postupno ojačanje za iduće štapove
 - težišta svih štapova moraju se zadržati unutar dopustivih odstupanja
2. oblikovanje tlačnih štapova i ispuna
 - širine se biraju tako da štapovi potpuno ulaze između čvornih limova ili
 - pločasti dijelovi paralelni s čvornim limom sučelno se sudaraju s pločama čvornog lima
3. oblikovanje vlačnih elemenata pojasa i ispune
 - aktivna površina je praktički jedini parametar za oblikovanje presjeka



Osnovne dimenzije za visinu pojasnog štapa (iskustveni izrazi):

$$H_{(cm)} = L_{(m)} - \frac{L_{(m)}^2}{400}$$

$$H_{(cm)} = \frac{320L_{(m)}}{320 + L_{(m)}}$$

$$H_{(cm)} = \frac{320h_{k(m)}}{40 + h_{k(m)}}$$

$$B = (0,8 \div 0,9)H$$

H – visina štapa u cm

h_k – konstrukcijska visina nosača u m

B – širina štapa

L – raspon nosača

Osiguranje globalne i lokalne stabilnosti za granično stanje:

- globalna stabilnost tlačnih štapova je vezana uz definirane vitkosti s propisanim dužinama izvijanja
- lokalna stabilnost se osigurava za aktiviranje pune površine svakog elementa presjeka tj. zahtjeva se usporedna vitkost za lokalno izbočavanje:

$$\bar{\lambda}_p \leq 0,673 \quad \Rightarrow \quad b/t, \quad c/t$$



- oblik poprečnog presjeka mora biti stalan
- torzijska stabilnost se osigurava ugradnjom poprečnih dijafragmi najmanje u trećinama dužine tlačnog štapa ili polovinama vlačnog štapa
- kod poluotvorenih presjeka otvoreni dio se povezuje spojnim limovima (vezicama) prema potrebi pa se na mjestima limova onda ugrađuju i dijafragme
- kod zatvorenih presjeka dijafragme se mogu vezati najviše za tri stijenke a na četvrtoj ostaje reška; na svakoj slijedećoj dijafragmi u istom štapu reška se ostavlja na drugoj stijenci
- prohodni presjeci: 700 x 800 mm – otvor u dijafragmi

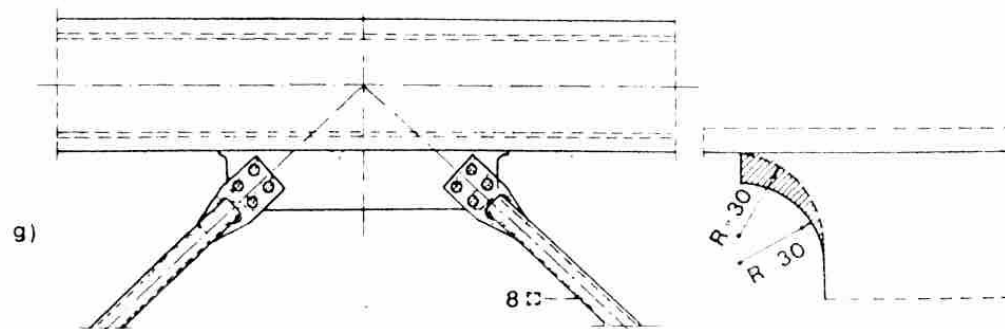
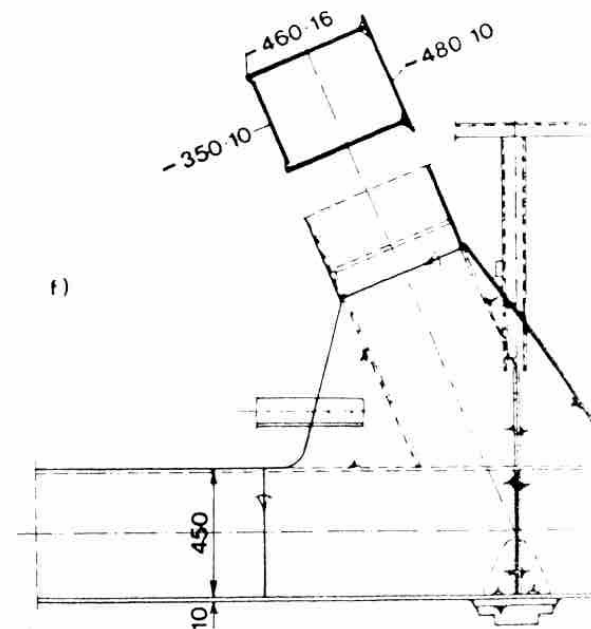
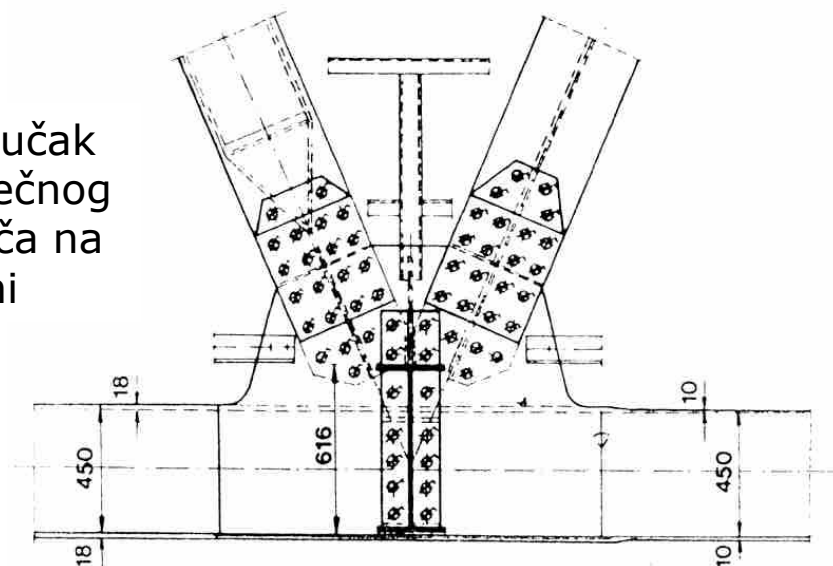




KONSTRUKCIJSKI DETALJI

Konstrukcijski detalji za željeznički most s Warren-ovom ispunom bez vertikalna raspona 61 m

priključak
poprečnog
nosača na
glavni

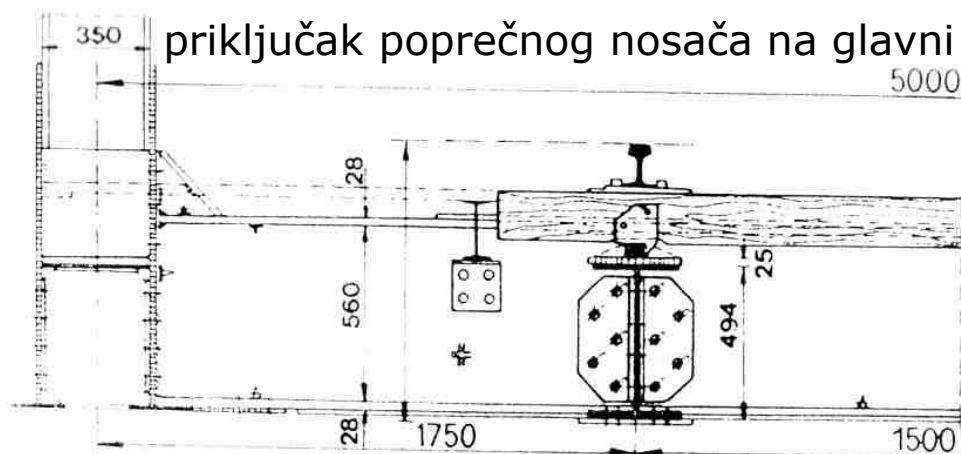


detalj priključka gornjeg vjetrovnog sprega na pojas

- konstrukcijska visina $h_k = 6,4\text{m}$
- razmak čvorova 5,5 m
- nagib dijagonala prema horizontali $\alpha = 66,5^\circ$
- svi elementi presjeka zavareni
- dijagonale u čvorove zakovane
- zavareni spojevi pojasa i krajnjih dijagonala

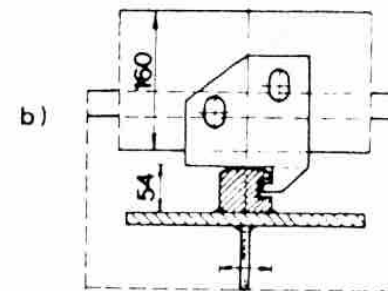


Konstrukcijski detalji za željeznički most s Warren-ovom ispunom bez vertikalna raspona 61 m



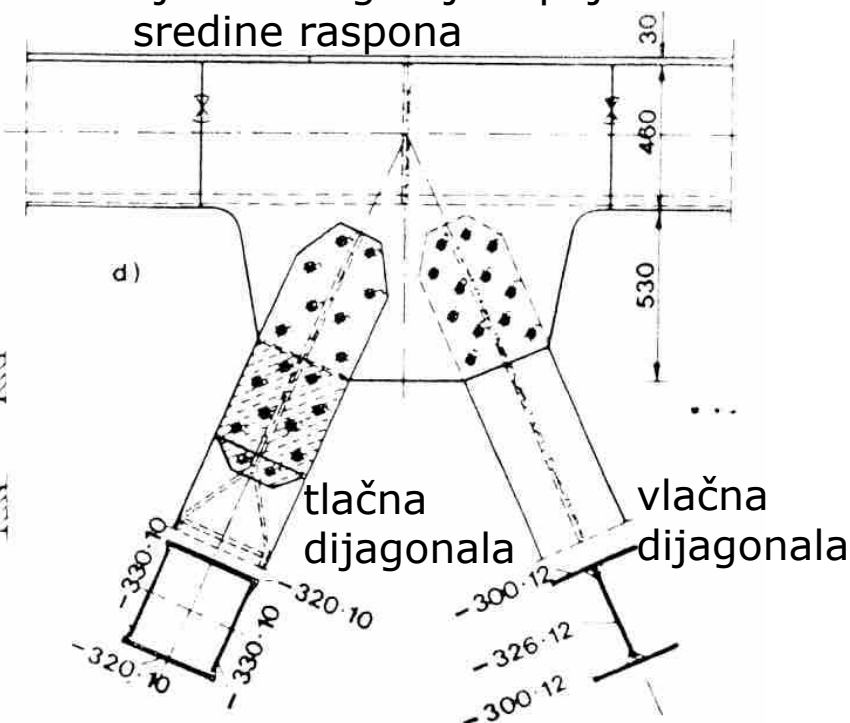
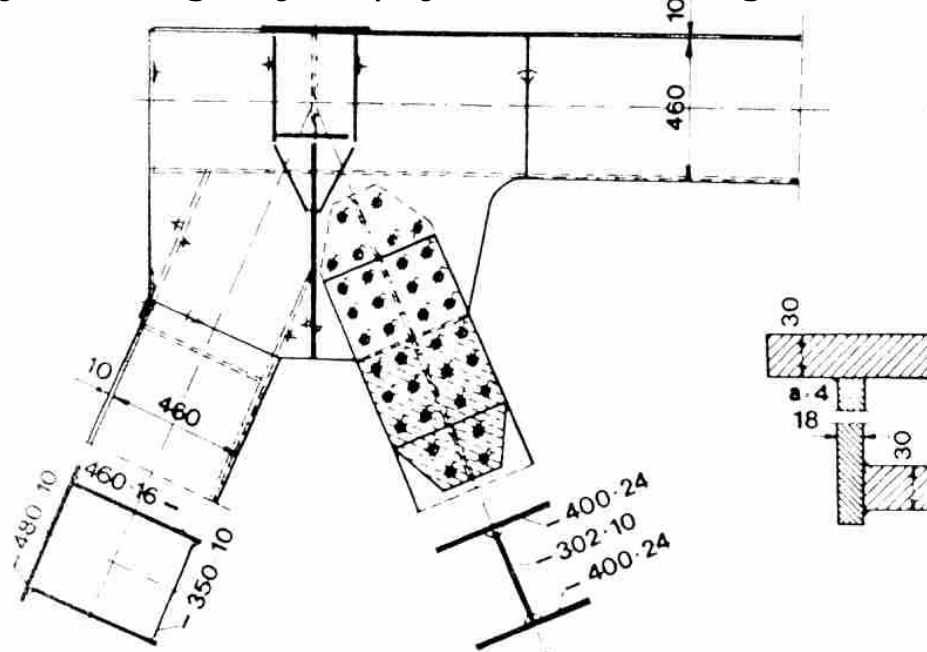
priključak poprečnog nosača na glavni

horizontalno pokretni priključak praga na čelični nosač

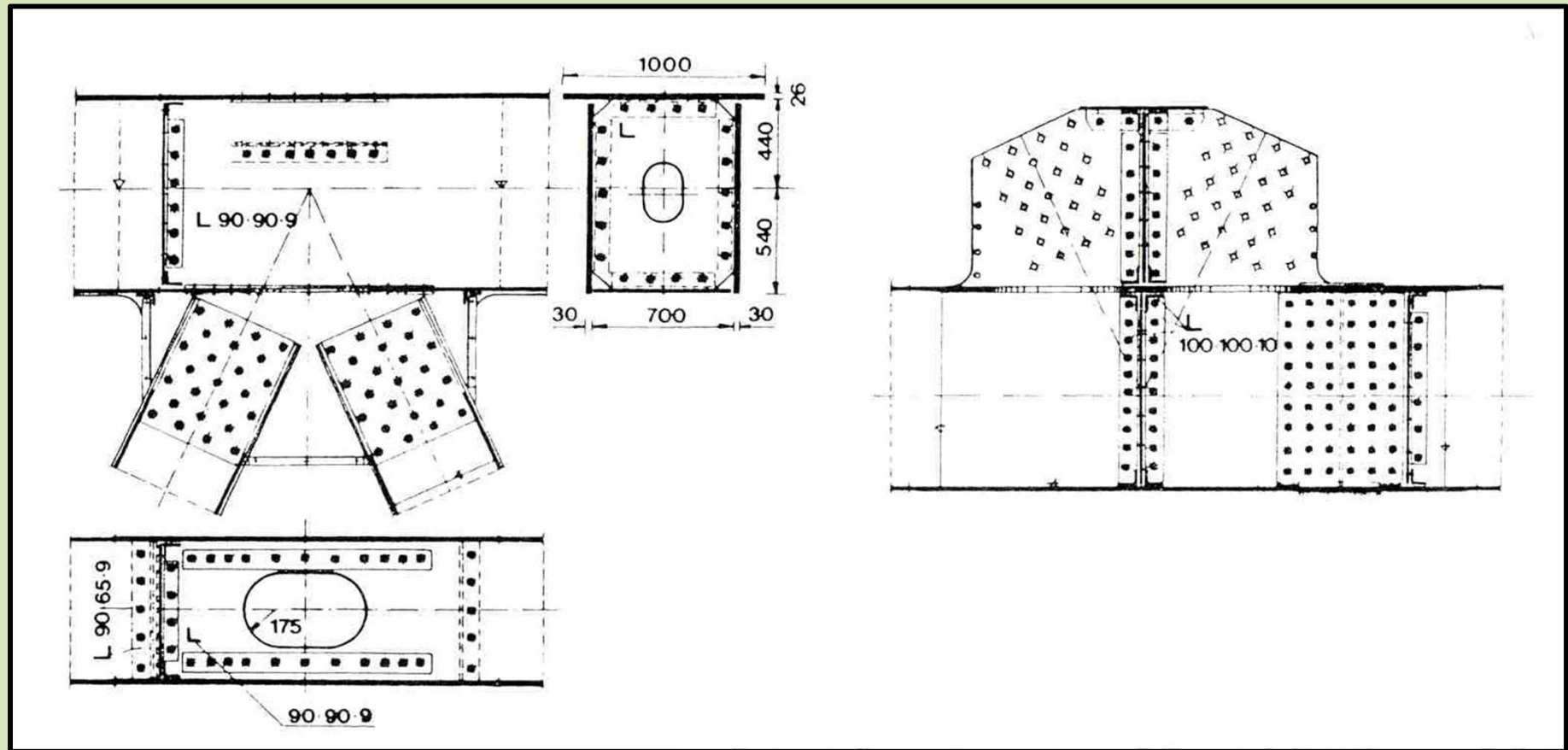


krajnji čvor u gornjem pojasu rešetkastog nosača

detalj čvora u gornjem pojasu blizu sredine raspona



Nešto drugačije rješenje za Warren-ovu ispunu

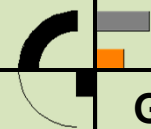
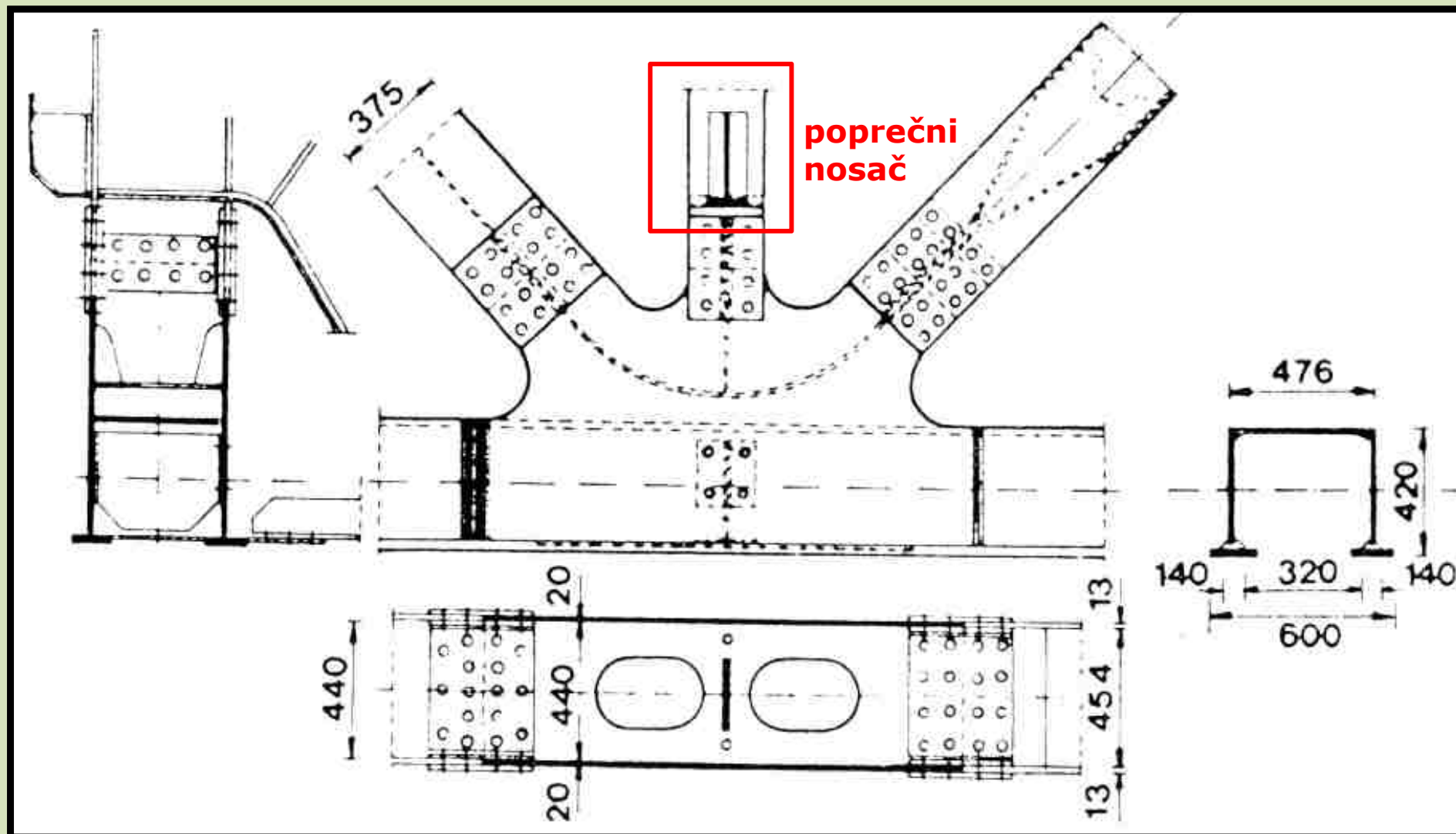


Kontinuirani rešetkasti nosač raspona 94+108+110 m za jednokolosječni željeznički most

- svi štapovi sandučastog presjeka, spajanje vijcima
- otvori u gornjem i gornjem pojasu zbog pristupa alatima za spajanje vijcima
- vijčani spojevi dijafragme i čvornog lima zbog izostanka zavara koji su manje nosivi na zamor



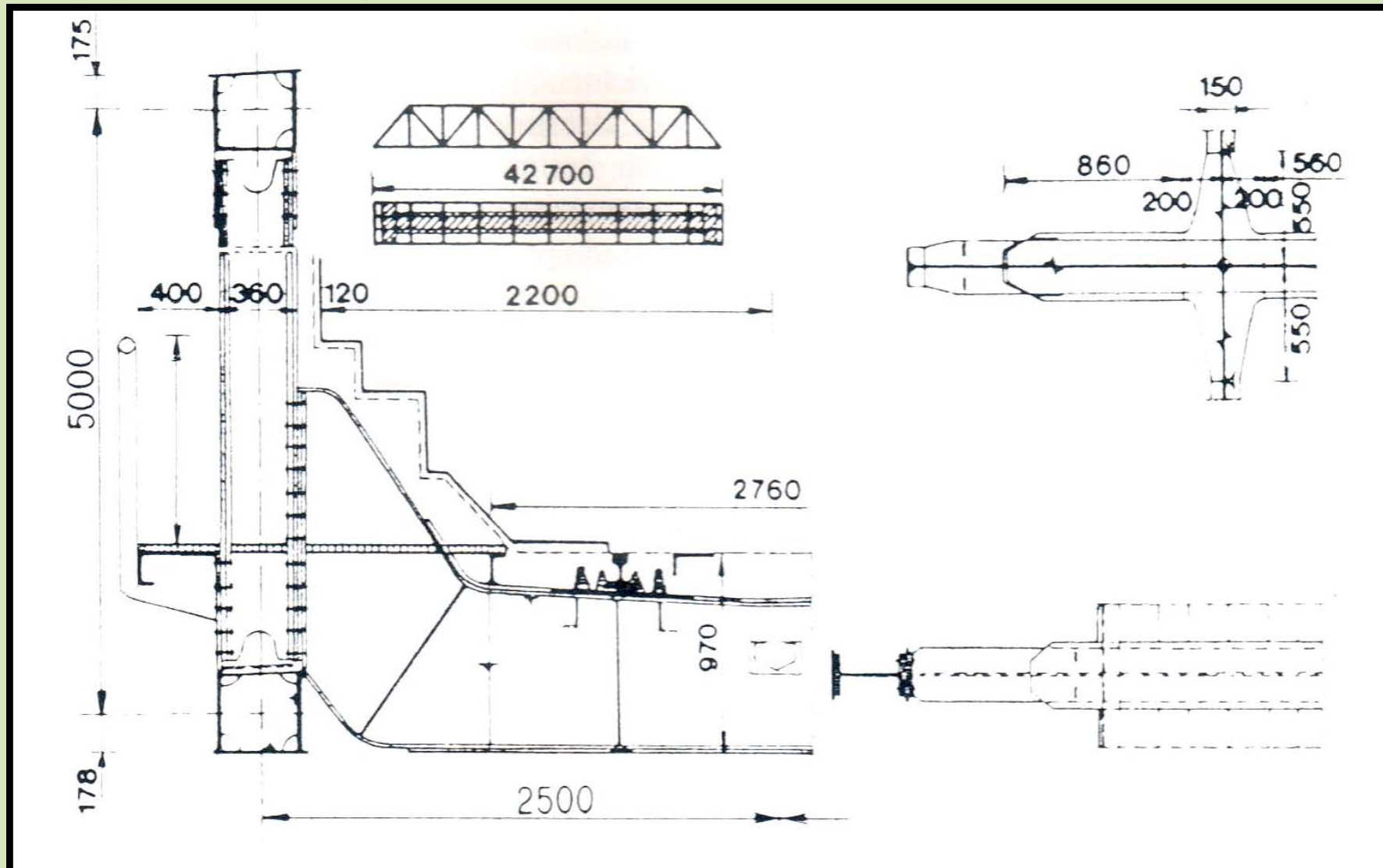
Primjer rješavanja donjih čvorova (jednokolosiječni željeznički most raspona 41 m)





Priključak poprečnog nosača na rešetkasti glavni nosač

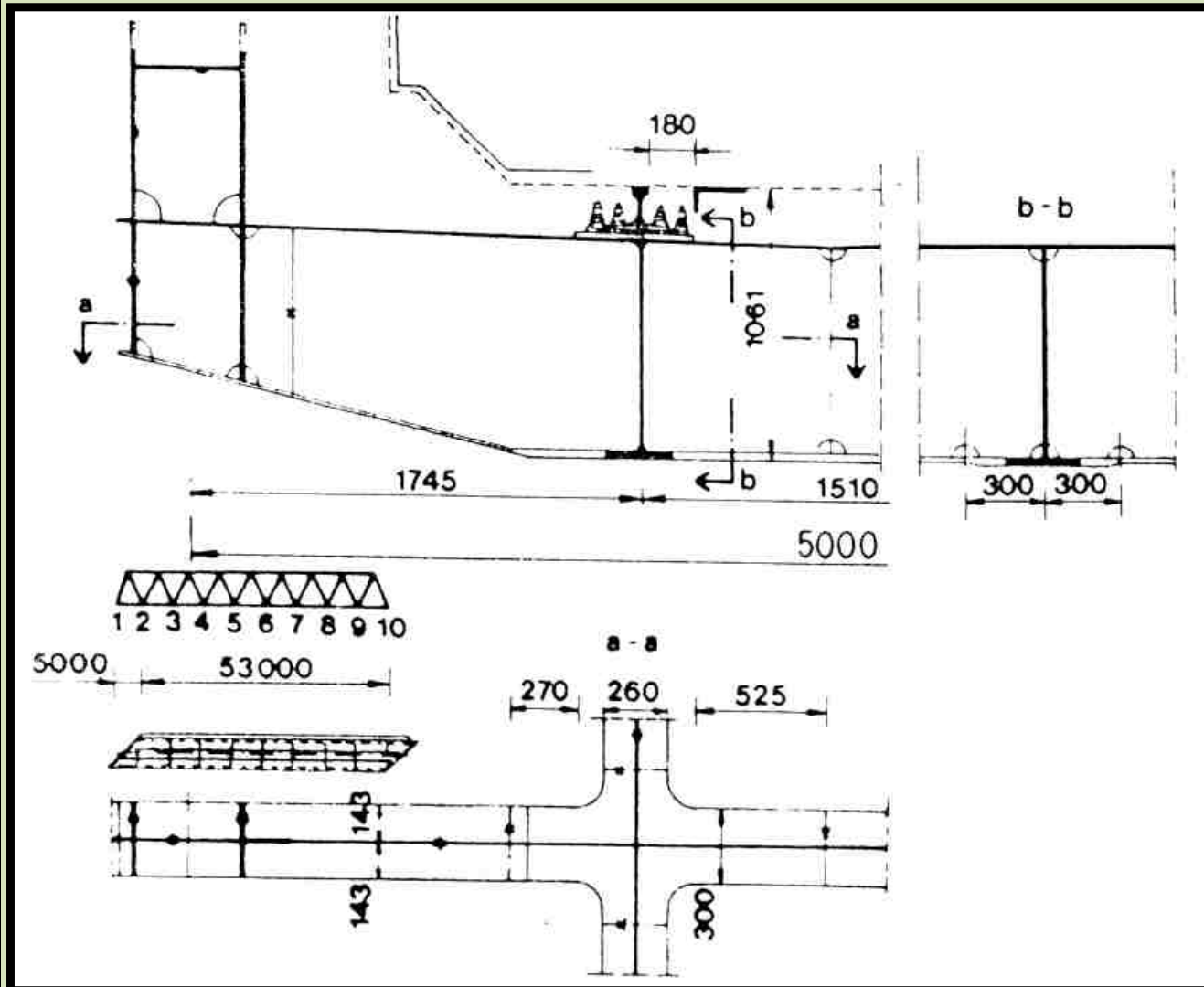
- nosači kolnika sa širokim pojasom – djelomično sprezanje na krajevima mosta
- kolosijek bez pragova





Rješenje s kontinuiranim sprežanjem konstrukcije željezničkog kolnika s rešetkastim glavnim nosačima

- lim kolnika i uzdužni nosači istodobno su pojas glavnog nosača

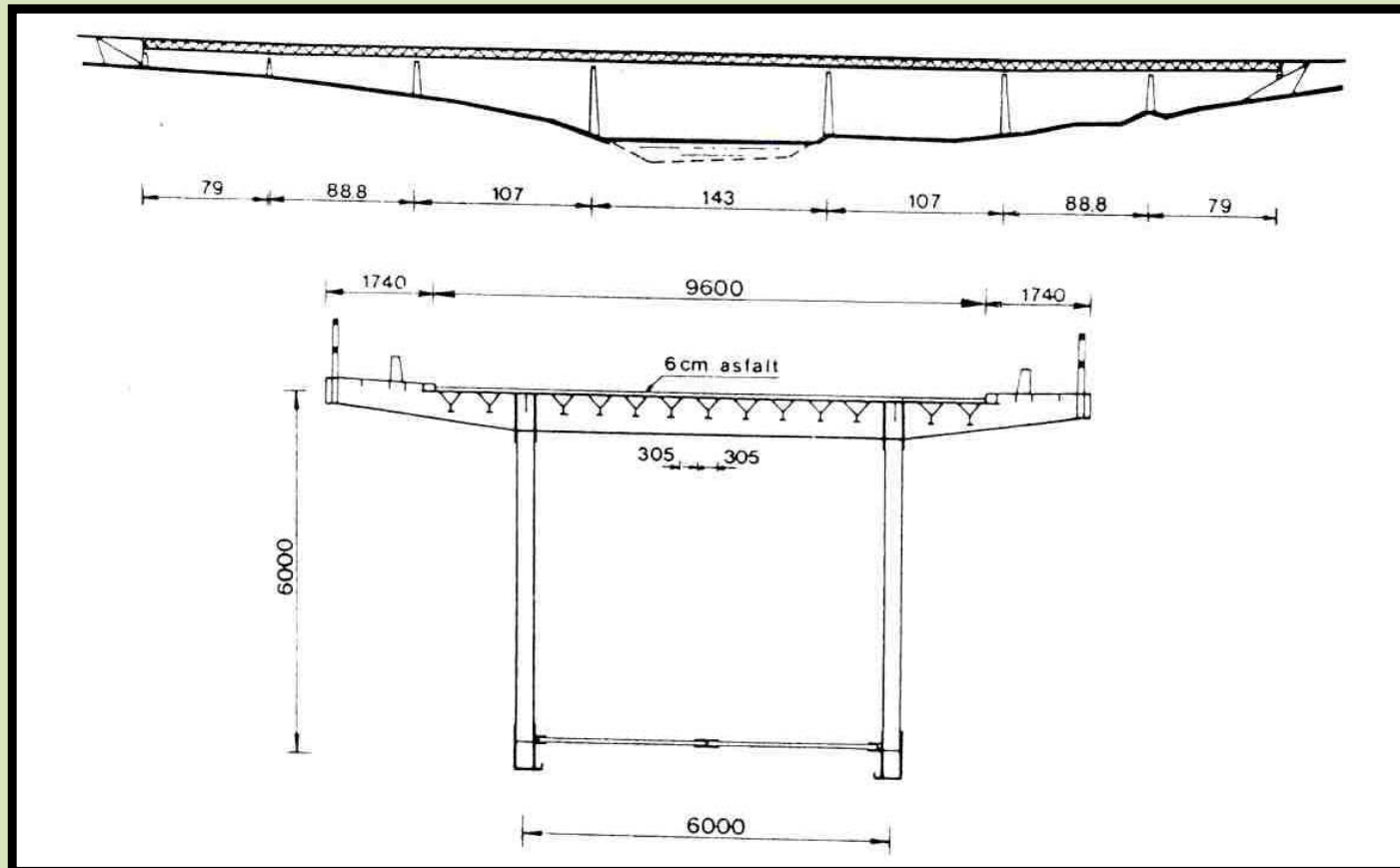


- Dva nosiva mehanizma:
1. savijana konstrukcija kolnika, poprečni nosači oslonjeni u čvorovima rešetke, sekundarni uzdužni nosači oslonjeni na poprečne
 2. pojas glavnog nosača ekscentrično je opterećen jer je ravnina rešetke izvan težišta pojasa, nejasan utjecaj posmične deformabilnosti (*shear lag*)



Most preko rijeke Fulda u Njemačkoj, 1961.

- ortotropna čelična ploča kolnika je pojas rešetkastih nosača
- sprezanje kolnika s rešetkastim glavnim nosačima ekonomičnije iskorištava rešetkastu konstrukciju
- dva nosiva sustava – savijani pojas kolničke ploče i rešetkasti nosač sa širokim pojasima =>teško definirati sudjelujuću širinu





- pokazani rešetkasti mostovi sa sprezanjem kolnika spadaju u izrazito lagane konstrukcije, gdje je masa približno 40% manja nego u punostijenim konstrukcijama sa ortotropnom pločom
- međutim danas se u pogledu troškova rešetkasti mostovi izjednačuju sa punostijenima zbog sve skuplje izrade (cijena radne snage), pa za sada nemaju budućnosti u razvijenim sredinama
- kada je radna snaga jeftinija ovakve su konstrukcije ekonomične
- zbog toga suvremene tehnologije sele u takva područja





ČVORNI LIMOVI

Osnovna zadaća:

- prijenos rezultantne sile iz ispune u pojas

Dimenzije su uvjetovane:

1. silama ispune, primjenjenim spojnim sredstvima i konstrukcijskom izvedbom spoja
2. debljina čvornog lima ovisi o načinu preuzimanja vanjskih sila, koncentraciji naprezanja i općenito o kriterijima koji su vezani uz preraspodjelu naprezanja

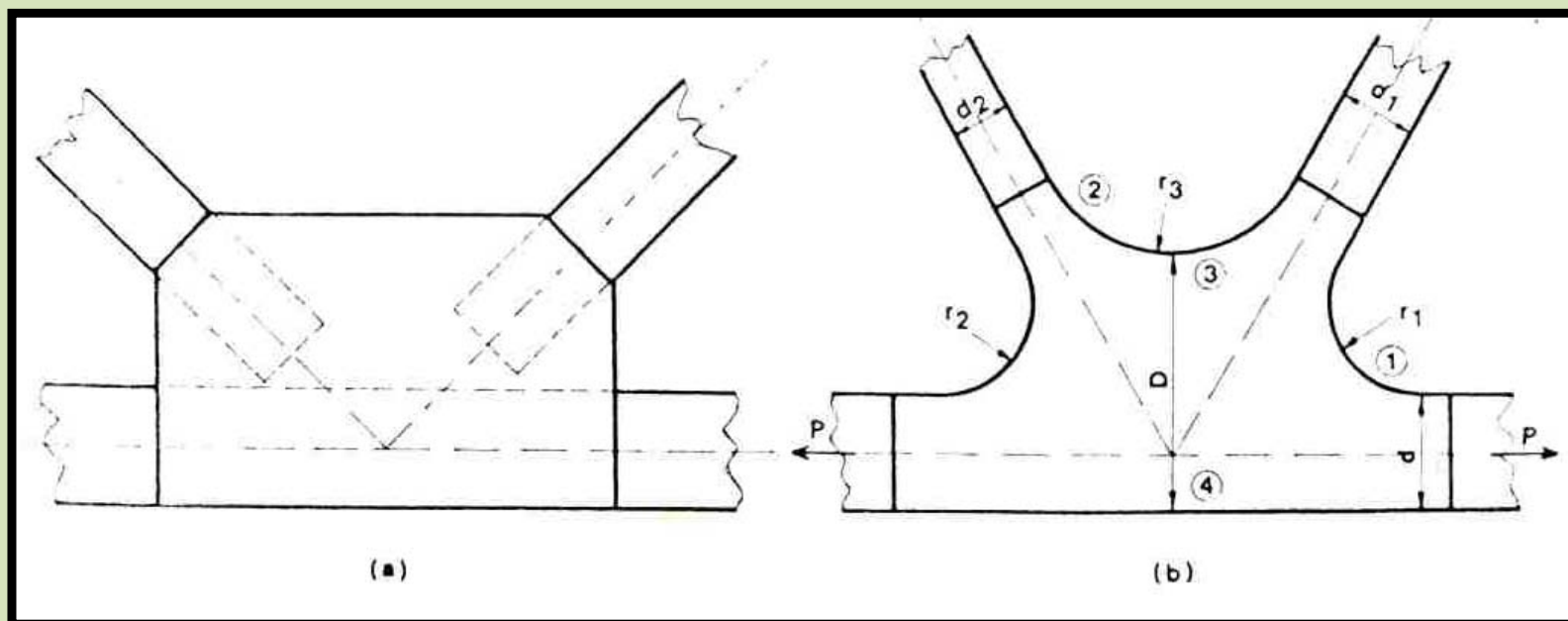
Treba nastojati da dimenzije čvornih limova budu što manje zbog ekonomskih razloga i zbog smanjenja sekundarnih naprezanja u štapovima.



- osnovna dimenzija se odabire za priključak najveće sile štapova ispune a zatim se prilagođuje konstrukcijskim potrebama

Razlikujemo:

- čvorne limove koji se u čvoru priključuju na puni pojasni presjek i samo su spojni element
- čvorne limove koji su ukomponirani u presjek pojasa



- kod zakovanih konstrukcija
- postoje i rješenja sa zavarenim štapovima
- sa prednapetim vijcima – izraženija koncentracija naprezanja

- ekonomičnije i konstrukcijski jasnije rješenje
- primjenjuje se u suvremenoj mostogradnji



Čvorni limovi kao spojni element





Čvorni limovi kao spojni element

Čvorni limovi





Čvorni limovi kao spojni element





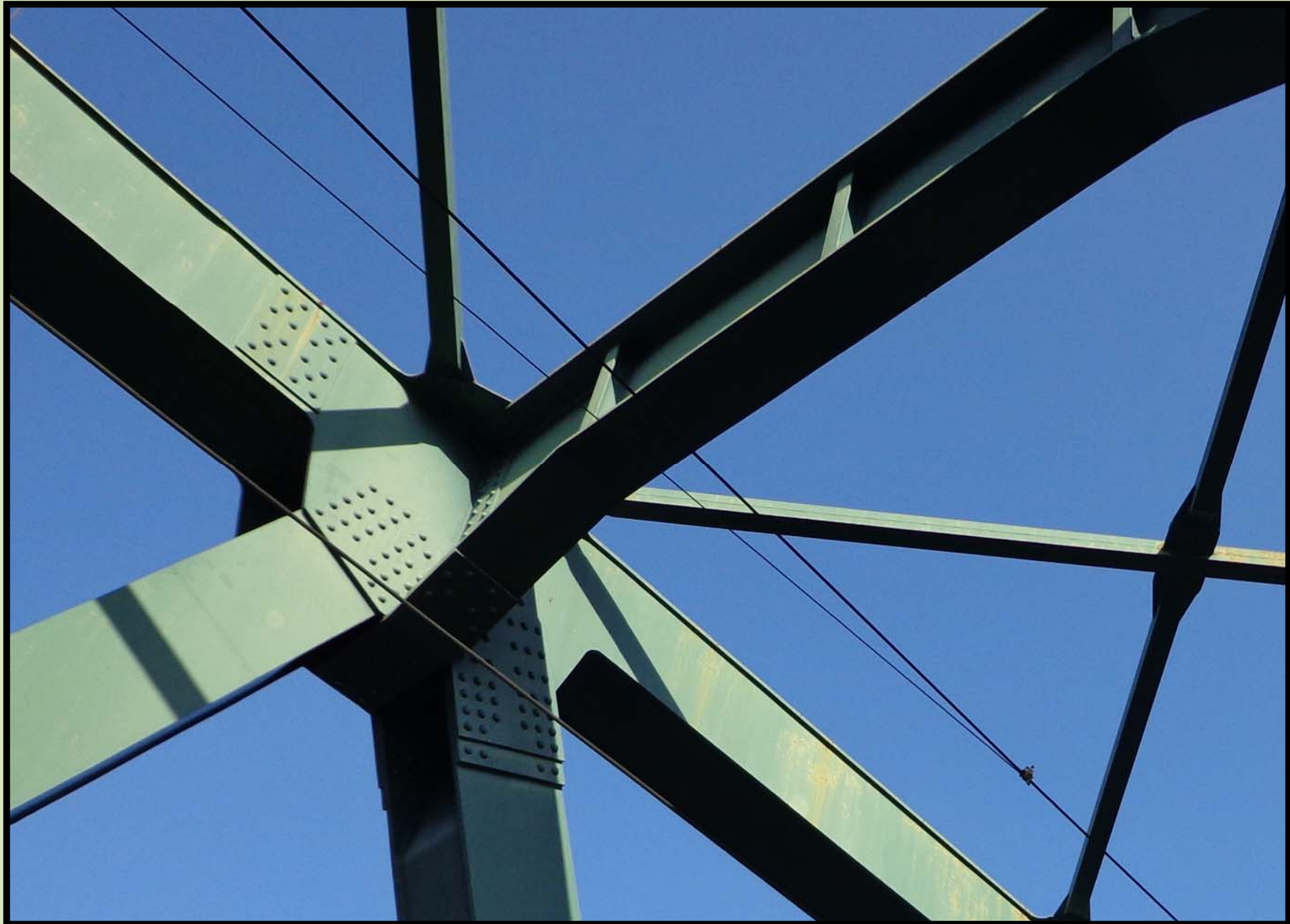
Čvorni limovi ukomponirani u presjek





Čvorni limovi ukomponirani u presjek

Čvorni limovi





Spoj bez čvornog lima



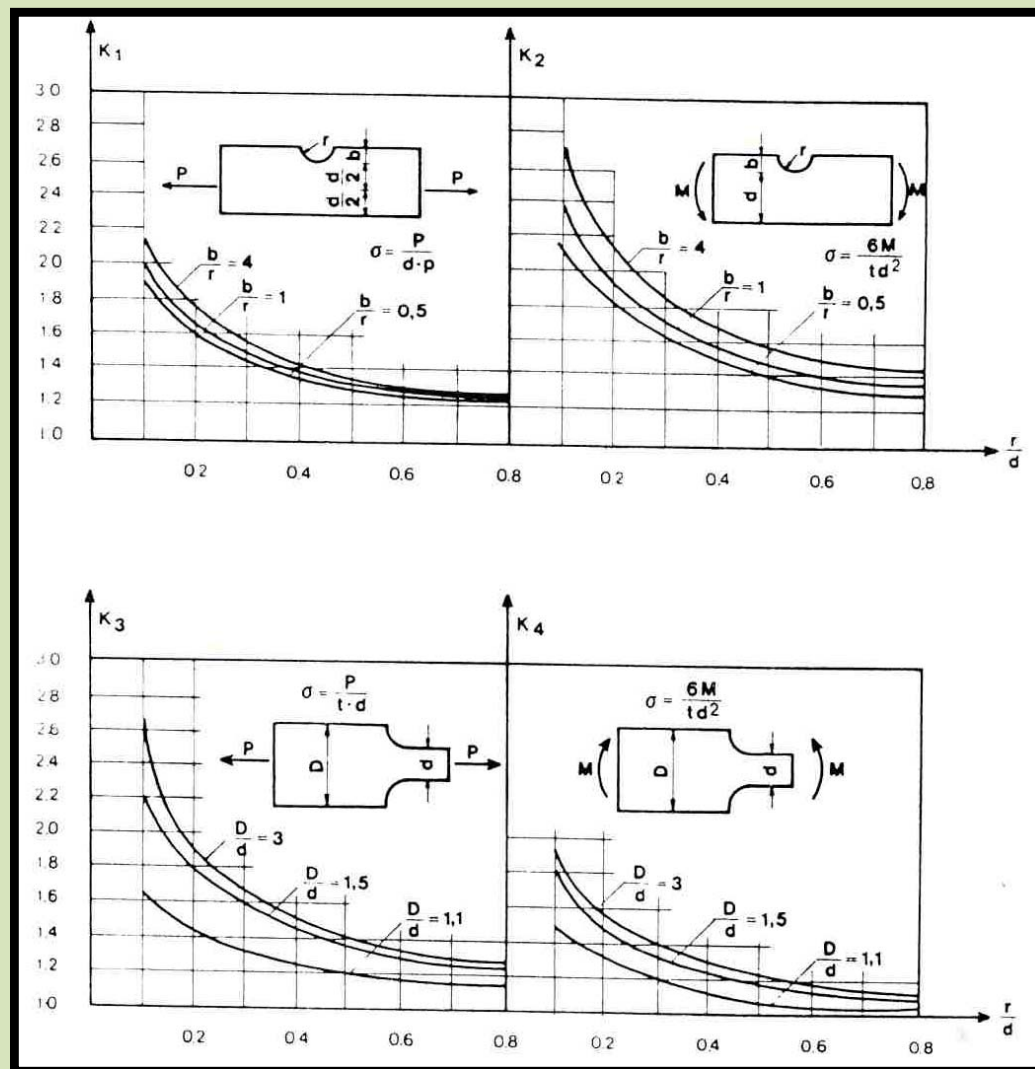


Spojna sredstva i metode:

- do 1970. zakovice i visokovrijedni vijci
- danas isključivo visokovrijedni vijci s prednapinjanjem (pogotovo u slučaju glavnih nosača) ili bez njega
- prednapeti visokovrijedni vijcu se koriste da bi se spriječilo proklizavanje i diferencijalni pomaci u spoju
- alternativa je danas u potpunosti zavarena rešetka
- pri tome ne treba zaboraviti da su zavareni spojevi osjetljivi na umornost pa se zahtjeva visoka kvaliteta izrade



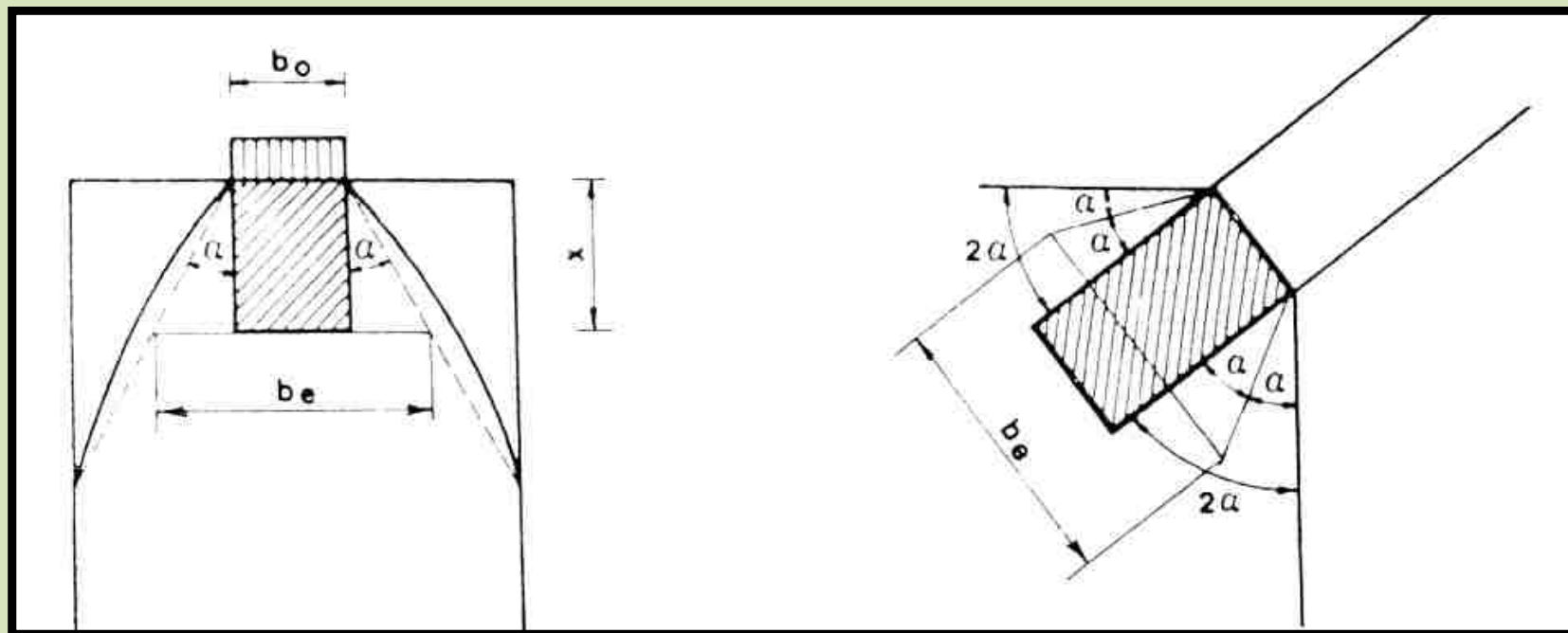
- Za određivanje debljine čvornog lima potrebno je definirati aktivnu površinu na koju djeluje napadna sila
- Kada je čvorni lim ukomponiran u presjek štapa služimo se eksperimentalnim podacima o koncentraciji naprezanja preko faktora danih u grafikonima:



jednostrano oslabljeni štapovi -
pojasevi

za dvostrana proširenja -
štapovi ispune

- Kada je čvorni lim vezni element koji preuzima silu iz neoslabljenog presjeka štapa tada se služimo aproksimativnim proračunskim modelima:



- simetrični priključak

$$b_e = b_0 + 2x \tan \alpha$$

$$\alpha \leq 30^\circ$$

$$\sigma = \frac{S}{b_e \cdot t}$$

- nesimetrični priključak

$$b_e = b_0 + x(\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2)$$

$$\alpha_1 \leq 30^\circ, \alpha_2 \leq 30^\circ$$

ekscentricitet: $e = 0,5x(\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2)$



- u čvornom limu se lokalno mogu pojaviti i nepredviđena stanja naprezanja, koja mogu dosegnuti do granice popuštanja
- za normalne konstrukcijske čelike djelomična plastifikacija neće biti štetna niti će postojati problem stabilnosti s obzirom na dimenzije lima
- potencijalna opasnost prijeti od krto­g loma izazvanog djelomičnim plastificiranjem ili umaranjem – prisutnost višeosnog stanja naprezanja u limu
- iz tog razloga treba voditi računa da se zavarivanja obavljaju u najpovoljnijem položaju dalje od mjesta koncentracije naprezanja i da se većim radijusima u oblikovanju čvornih ploha povoljno utječe na koncentracije naprezanja





SUVREMENE IZVEDBE

Viseći mostovi – rešetkasti nosač kao greda za ukrućenje

Željeznički mostovi – rešetkasti glavni nosači

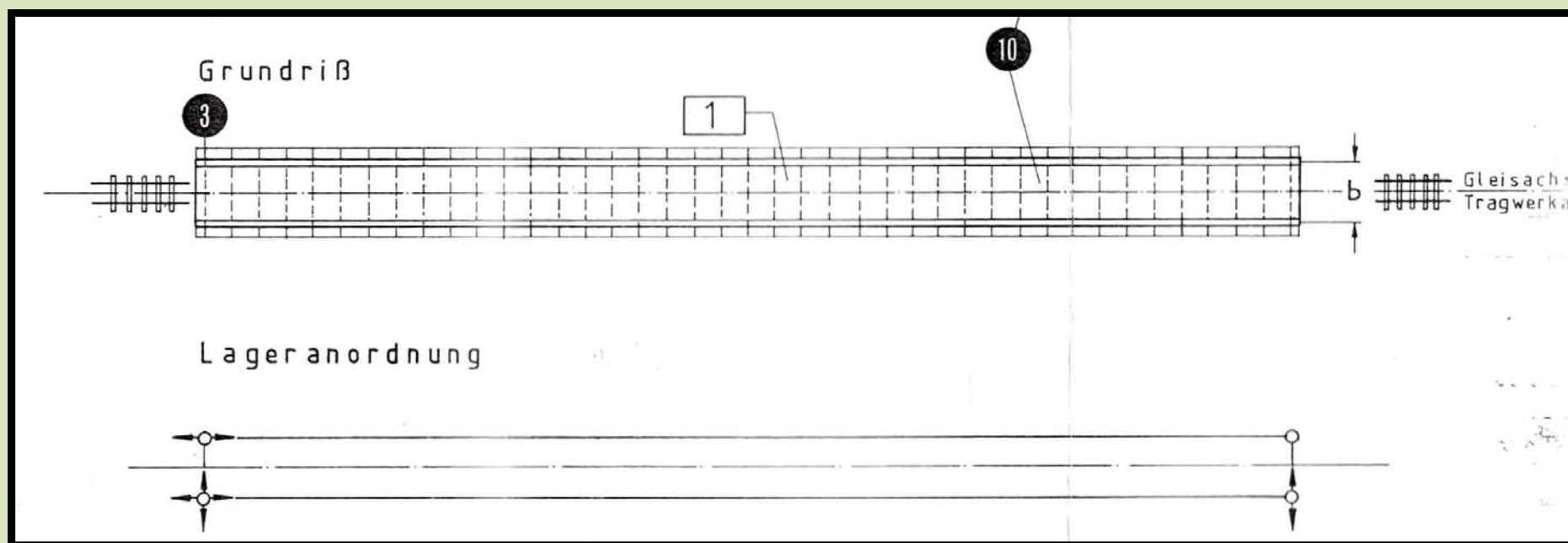
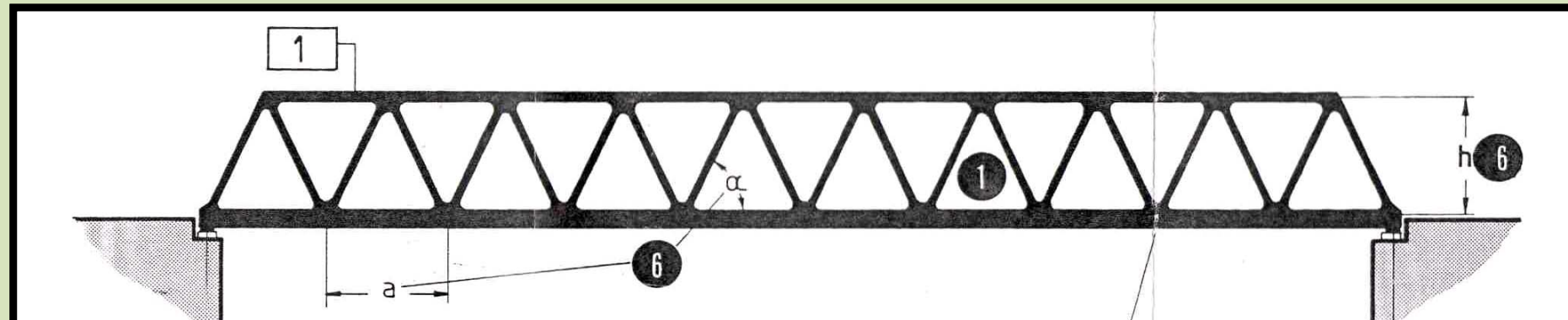
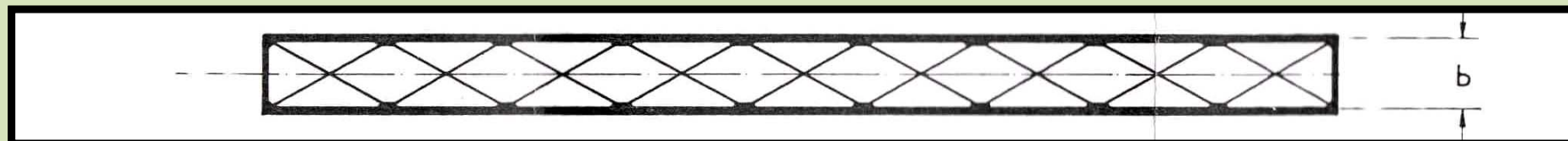
- iz već spomenutih razloga (cijena izvedbe) primjena rešetkastih nosača je danas vidljivo opala
- sprežanjem kolničke ploče i glavnih nosača povećava se konkurentska sposobnost rešetkastih konstrukcija

Rešetkasti mostovi u nas i u svijetu:

- Most preko Save u Bosanskoj Gradiški, 1960., rasponi 73+94+73 m, Warren-ova ispuna bez vertikalna, cestovni promet
- Most preko Save u Slavonskom Brodu, Warren-ova ispuna bez vertikalna, cestovni i željeznički promet, srušen u ratu 1992.g.
- Most preko Dunava kod Pančeva, 1961., rasponi 5x162 m, cestovni i željeznički promet
- Most na pruzi Beograd-Bar preko kanjona Male Rijeke dubokog do 200 m, 1972., rasponi 81+93+151+93+81 m

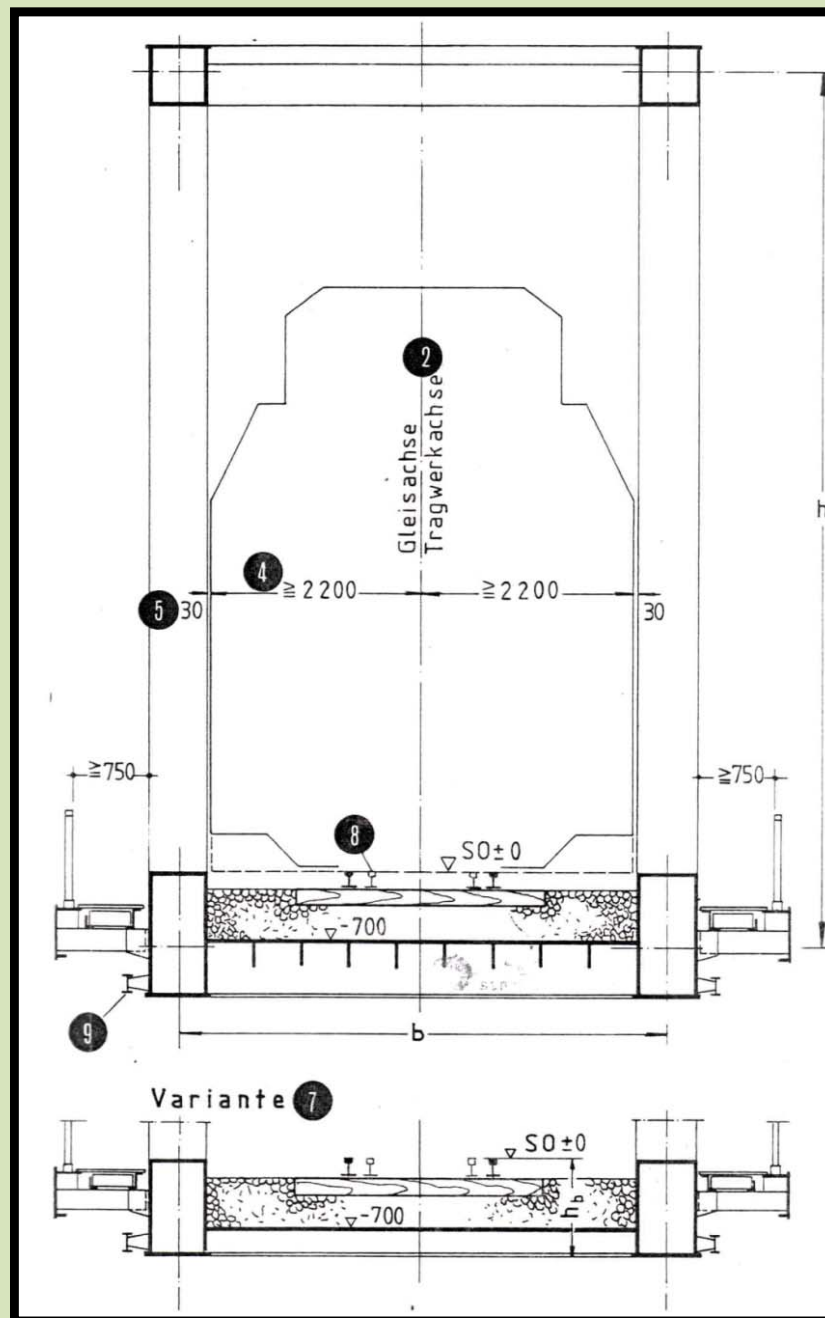


Primjer:



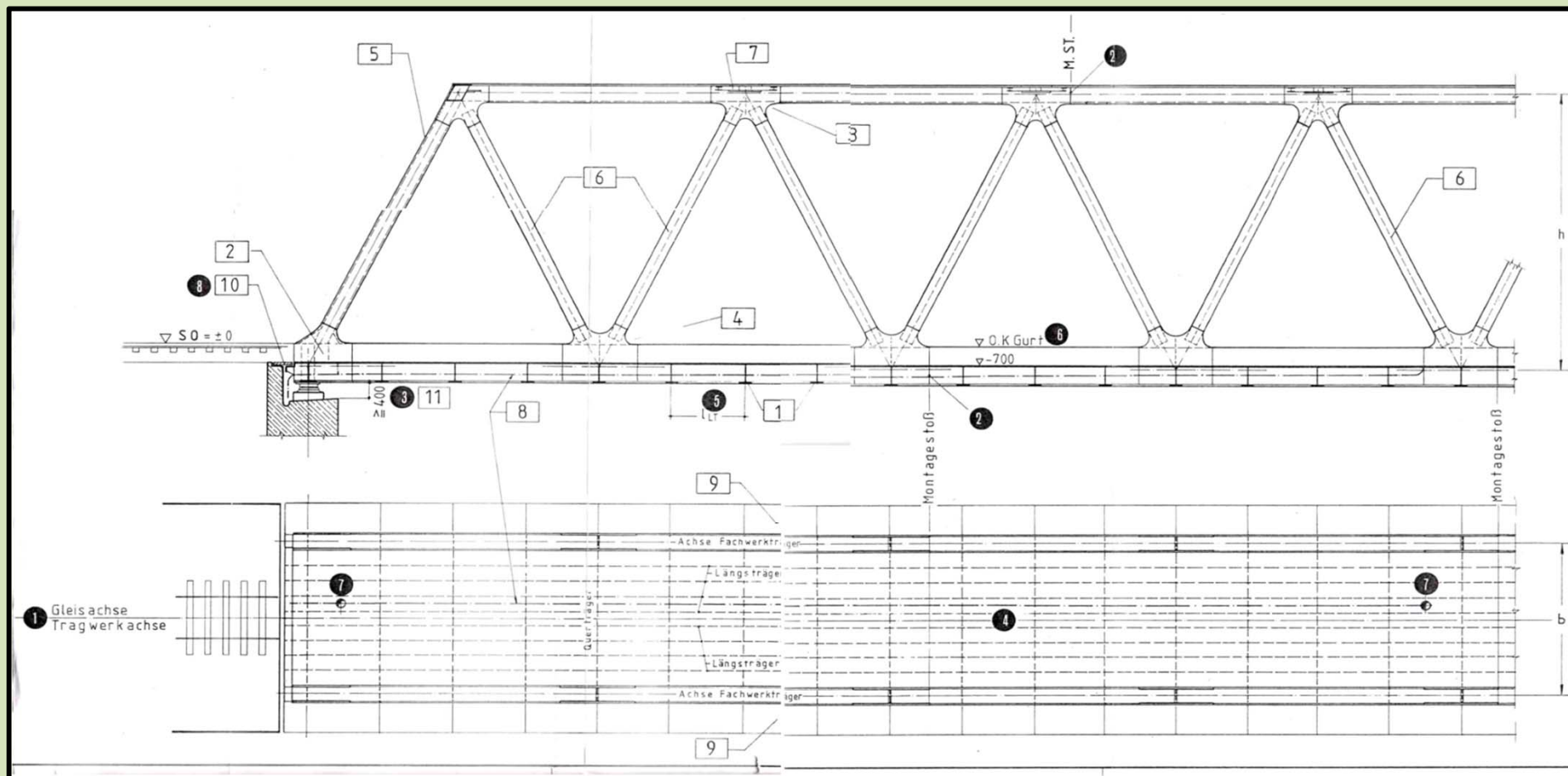


Primjer:





Primjer:





Schnitt A-A
Maßstab 1:20

Systemachse

500/300 Montageöffnung

Stiftschrb. M16_DIN 938_8.8

150

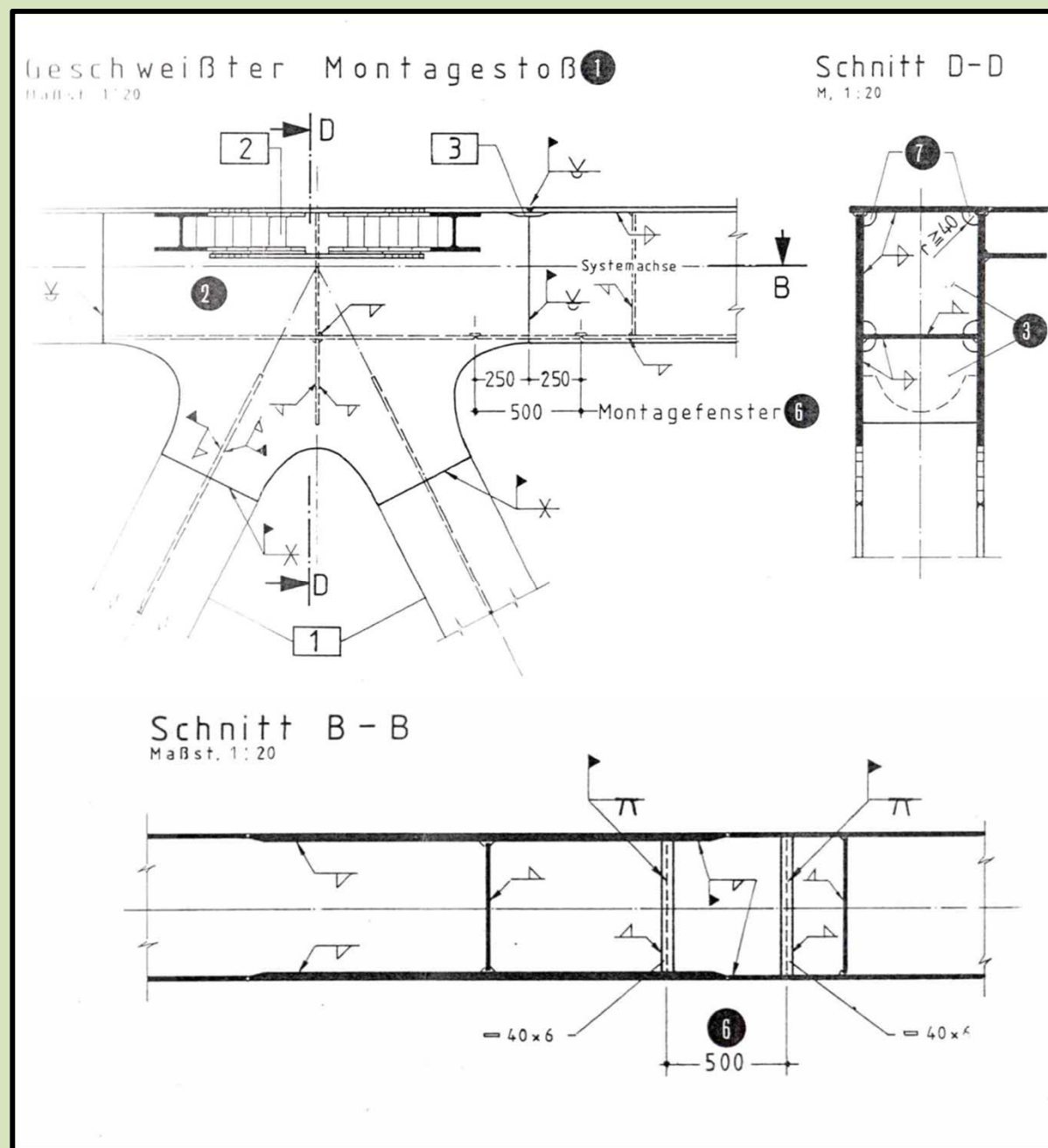
500

300

40 x 6



Primjer:



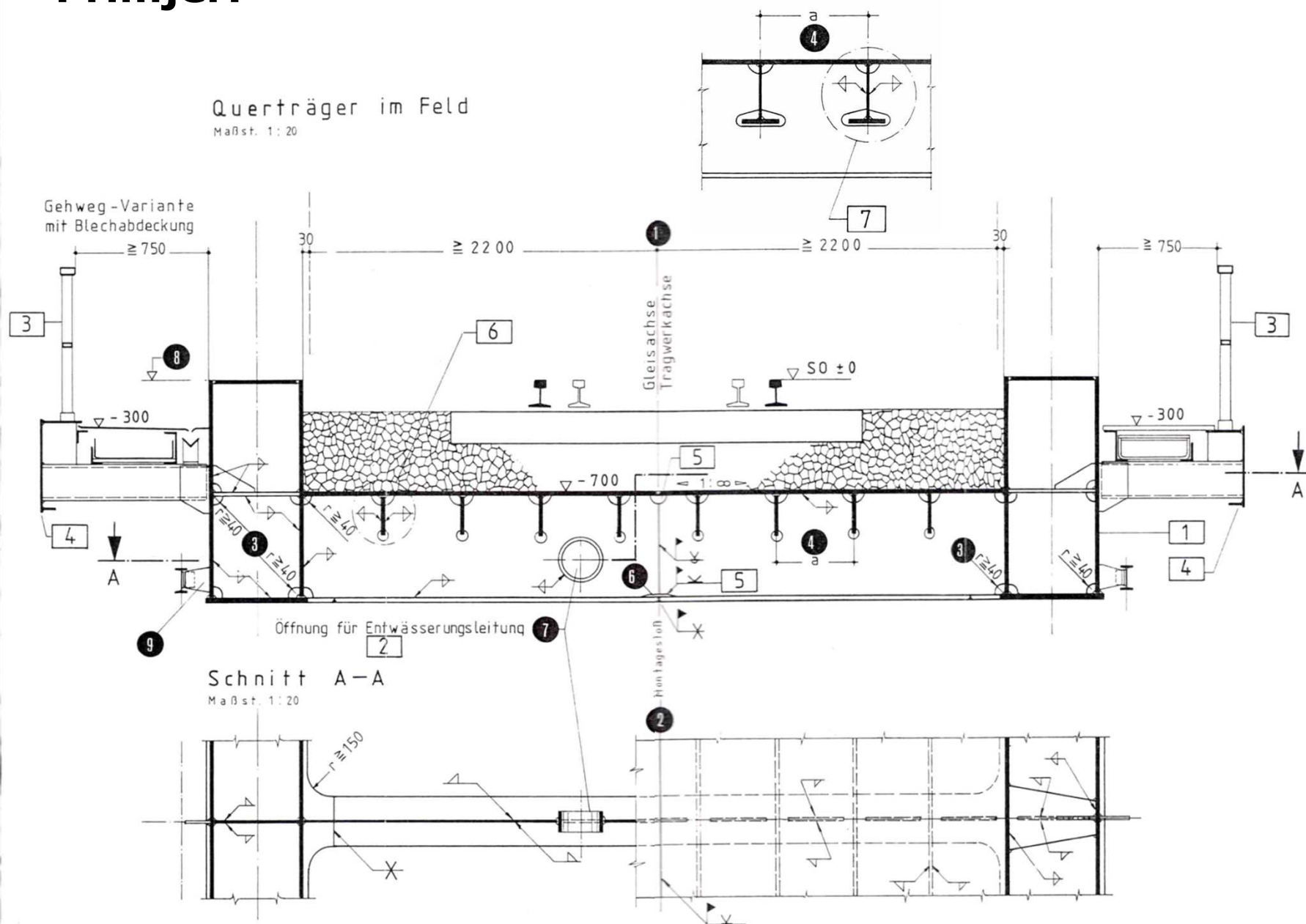


Primjer:

Variante 5

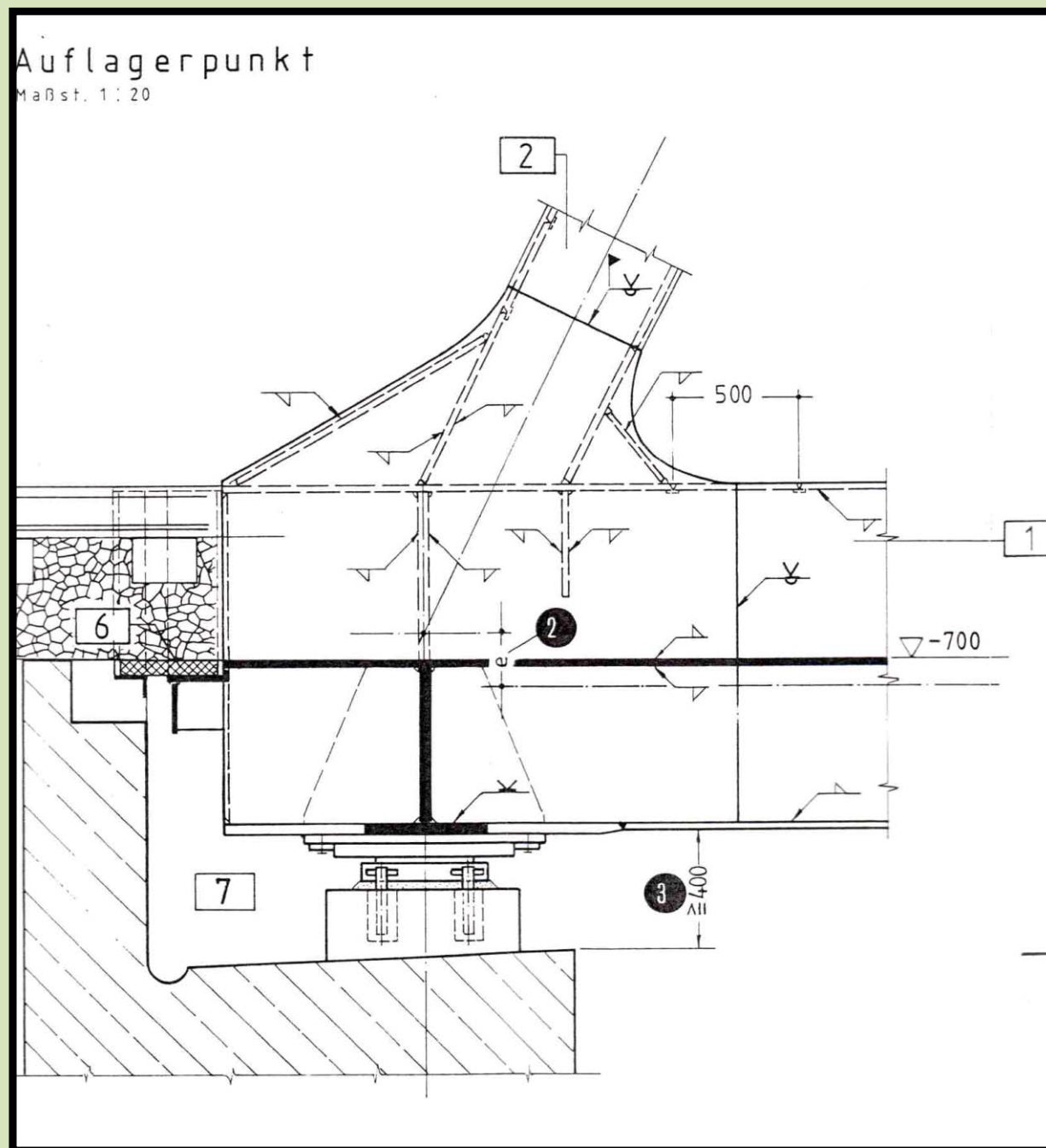
Querträger im Feld

Maßst. 1:20





Primjer:





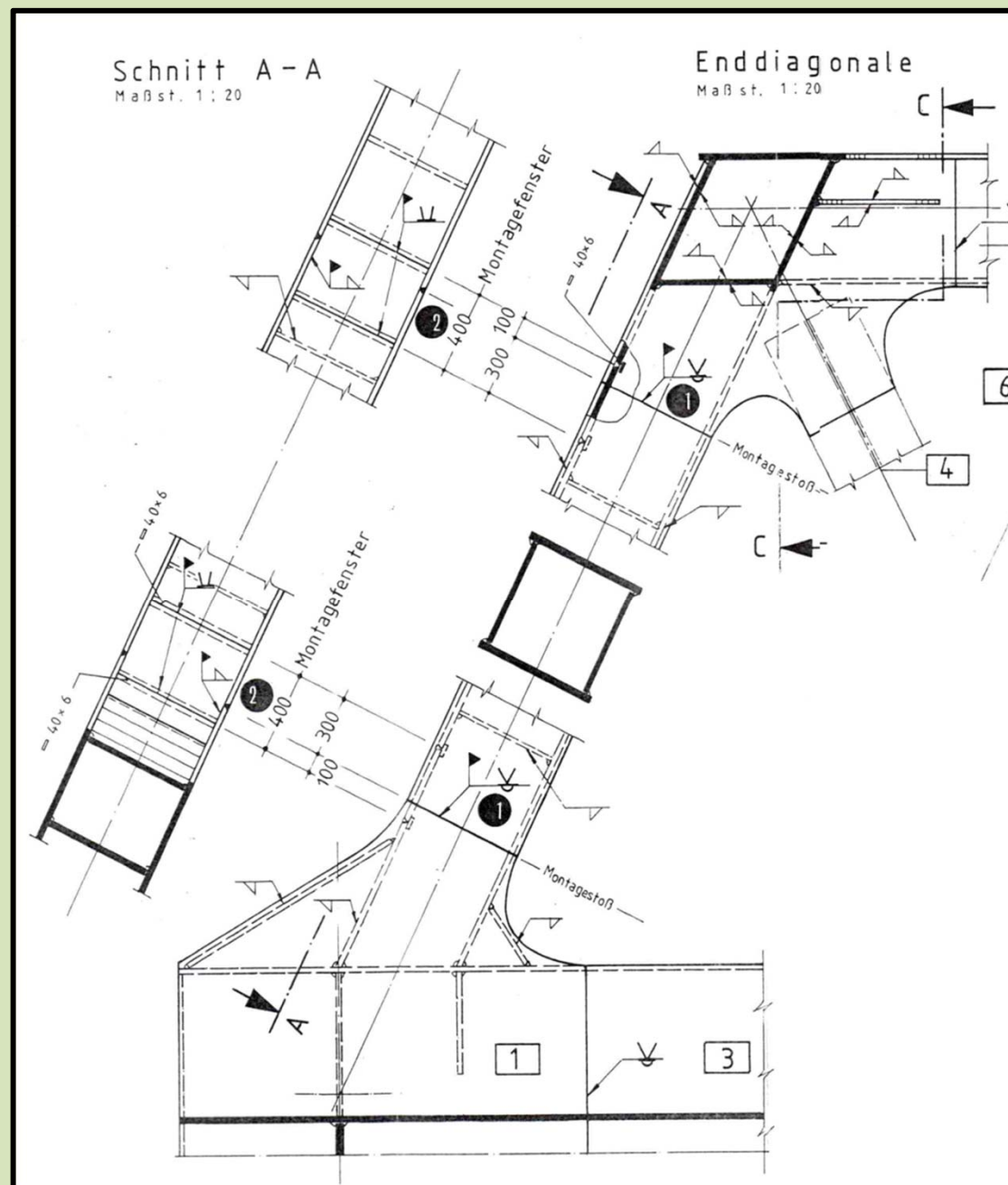
Endquerträger
Maßst. 1 : 20

Technical drawing showing a cross-section of a bridge structure (Endquerträger) with dimensions and labels. The drawing includes a central section with a width of ≥ 2200 and a total width of ≥ 750 . The structure is supported by a central pier (Gleisachse Tragwerkachse) and two side piers (Pesse). The drawing shows the internal structure, including the bridge deck, the central pier, and the side piers. The drawing is labeled with various components and dimensions:

- 1: Gleisachse Tragwerkachse
- 2: Pesse
- 3: Öffnung für Entwässerungsleitung
- 4: M-Stoß
- 5: M-Stoß
- 6: M-Stoß
- 7: M-Stoß
- 8: M-Stoß
- 9: M-Stoß
- 10: M-Stoß
- 11: M-Stoß
- 12: M-Stoß
- 13: M-Stoß
- 14: M-Stoß
- 15: M-Stoß
- 16: M-Stoß
- 17: M-Stoß
- 18: M-Stoß
- 19: M-Stoß
- 20: M-Stoß
- 21: M-Stoß
- 22: M-Stoß
- 23: M-Stoß
- 24: M-Stoß
- 25: M-Stoß
- 26: M-Stoß
- 27: M-Stoß
- 28: M-Stoß
- 29: M-Stoß
- 30: M-Stoß
- 31: M-Stoß
- 32: M-Stoß
- 33: M-Stoß
- 34: M-Stoß
- 35: M-Stoß
- 36: M-Stoß
- 37: M-Stoß
- 38: M-Stoß
- 39: M-Stoß
- 40: M-Stoß
- 41: M-Stoß
- 42: M-Stoß
- 43: M-Stoß
- 44: M-Stoß
- 45: M-Stoß
- 46: M-Stoß
- 47: M-Stoß
- 48: M-Stoß
- 49: M-Stoß
- 50: M-Stoß
- 51: M-Stoß
- 52: M-Stoß
- 53: M-Stoß
- 54: M-Stoß
- 55: M-Stoß
- 56: M-Stoß
- 57: M-Stoß
- 58: M-Stoß
- 59: M-Stoß
- 60: M-Stoß
- 61: M-Stoß
- 62: M-Stoß
- 63: M-Stoß
- 64: M-Stoß
- 65: M-Stoß
- 66: M-Stoß
- 67: M-Stoß
- 68: M-Stoß
- 69: M-Stoß
- 70: M-Stoß
- 71: M-Stoß
- 72: M-Stoß
- 73: M-Stoß
- 74: M-Stoß
- 75: M-Stoß
- 76: M-Stoß
- 77: M-Stoß
- 78: M-Stoß
- 79: M-Stoß
- 80: M-Stoß
- 81: M-Stoß
- 82: M-Stoß
- 83: M-Stoß
- 84: M-Stoß
- 85: M-Stoß
- 86: M-Stoß
- 87: M-Stoß
- 88: M-Stoß
- 89: M-Stoß
- 90: M-Stoß
- 91: M-Stoß
- 92: M-Stoß
- 93: M-Stoß
- 94: M-Stoß
- 95: M-Stoß
- 96: M-Stoß
- 97: M-Stoß
- 98: M-Stoß
- 99: M-Stoß
- 100: M-Stoß

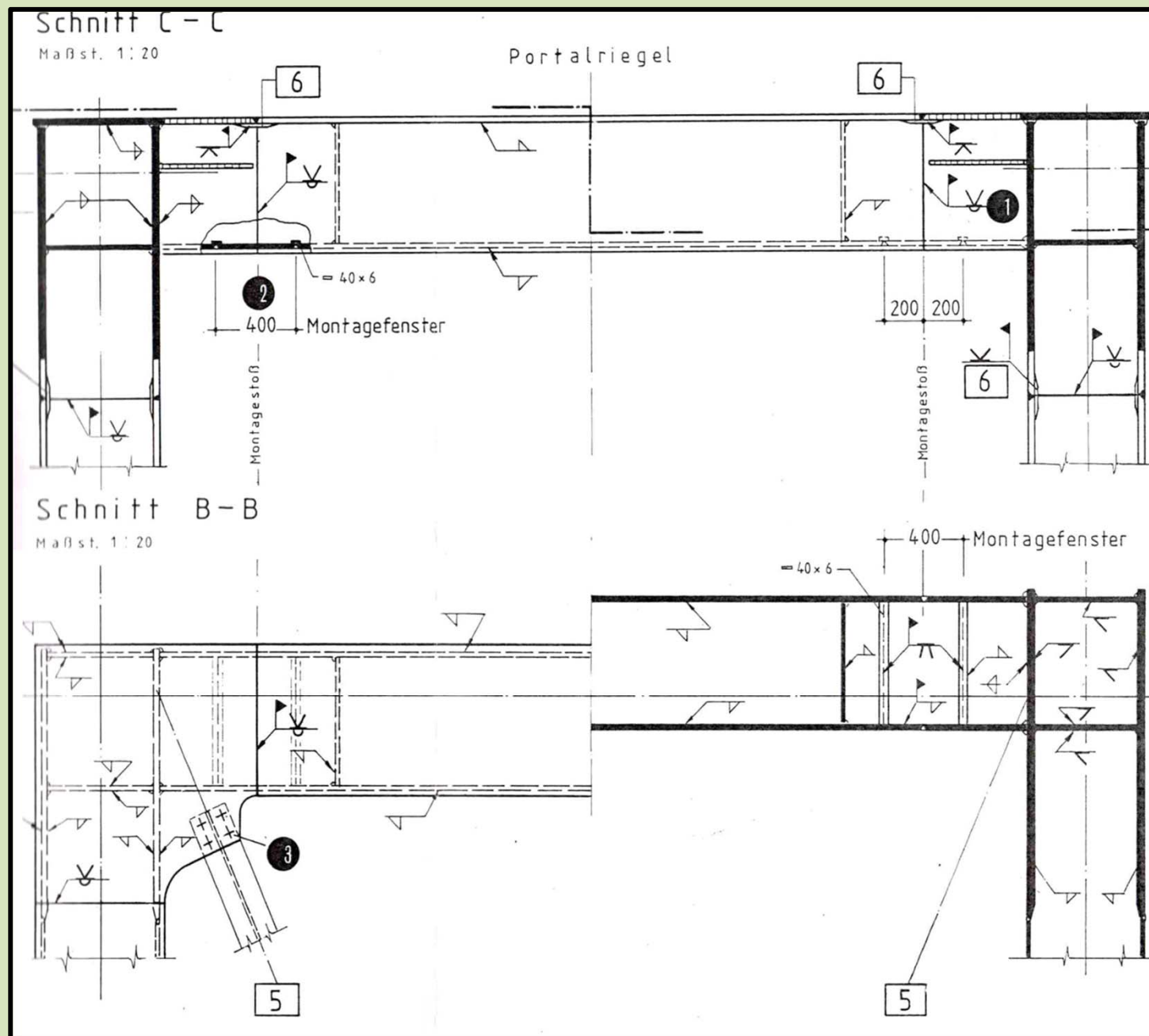


Primjer:



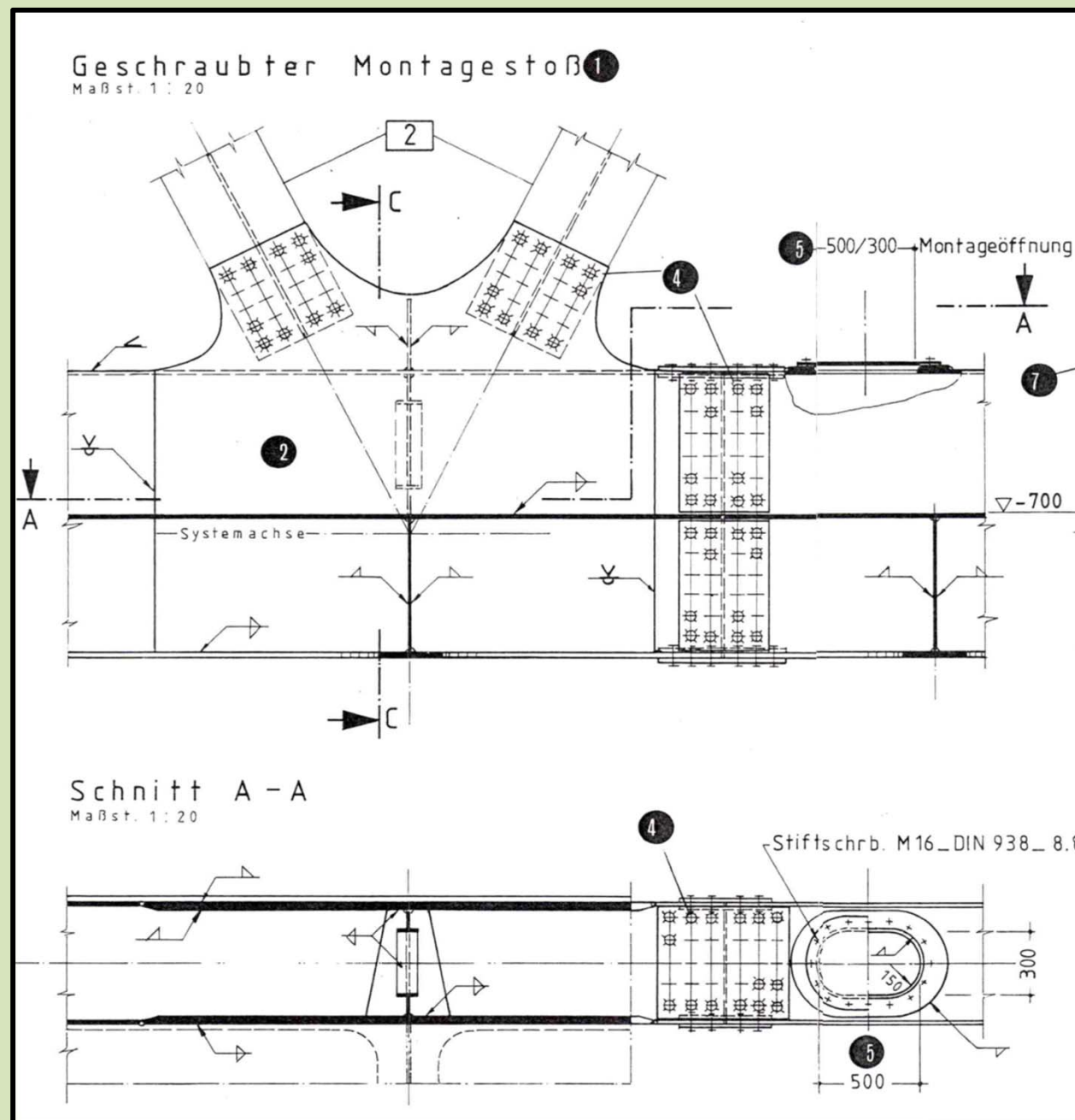


Primjer:



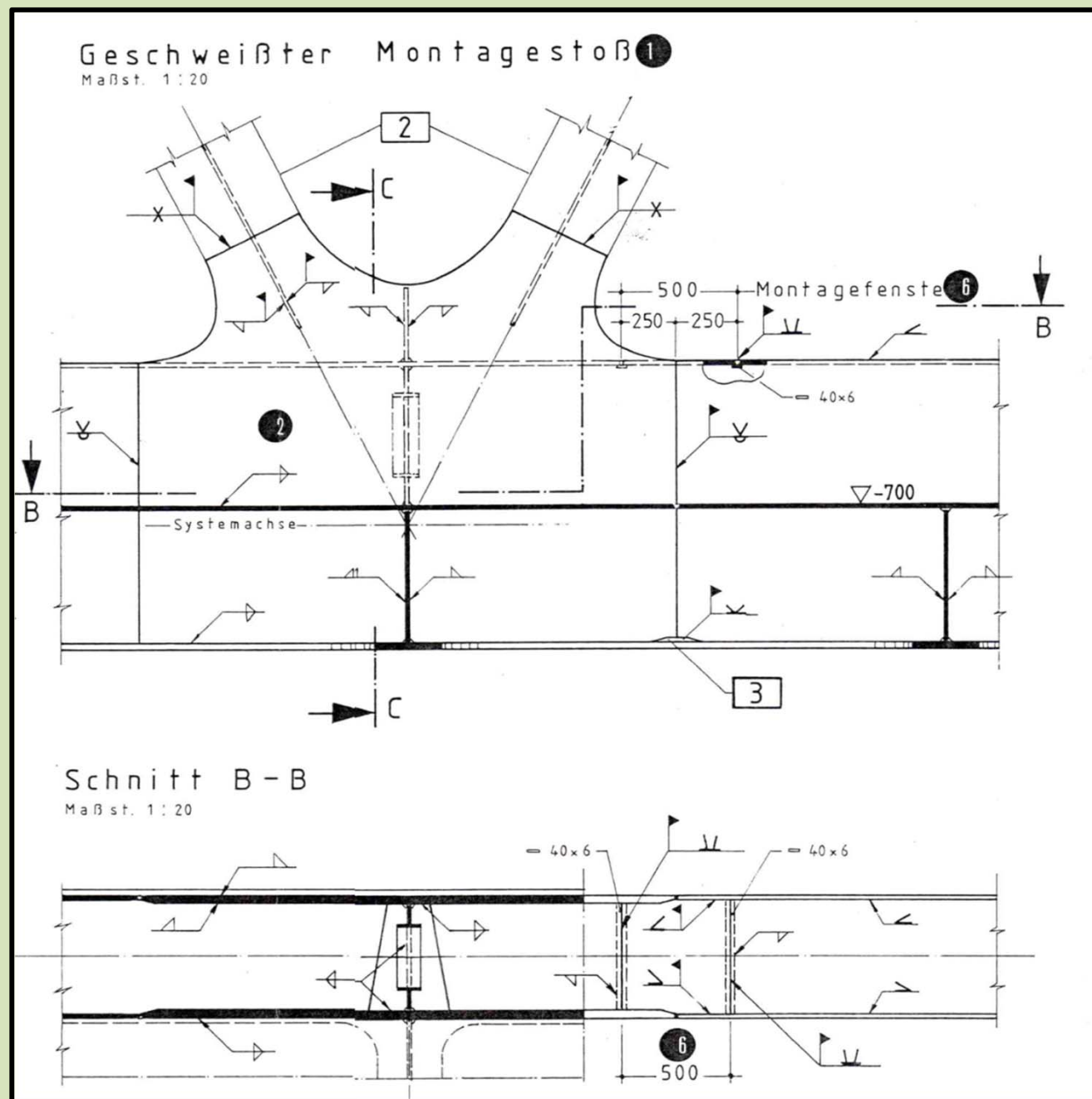


Primjer:





Primjer:





Gredni rešetkasti mostovi



- Most preko Save u Bosanskoj Gradiški, 1960., rasponi 73+94+73 m, Warren-ova ispuna bez vertikala, cestovni promet





- Most preko Save u Slavonskom Brodu, Warren-ova ispuna bez vertikalna, cestovni i željeznički promet, srušen u ratu 1992.g.





- Most preko Save u Slavonskom Brodu, Warren-ova ispuna bez vertikalna, cestovni i željeznički promet, srušen u ratu 1992.g.





- Most preko Save u Slavonskom Brodu, Warren-ova ispuna bez vertikalna, cestovni i željeznički promet, obnovljen



- Most na pruzi Beograd-Bar preko kanjona Male Rijeke dubokog do 200 m, 1972., rasponi 81+93+151+93+81 m





- 1917., Pont de Quebec, Canada, Quebec City, 549m







- 1890., Firth of Forth, UK Edinburgh, 521 m







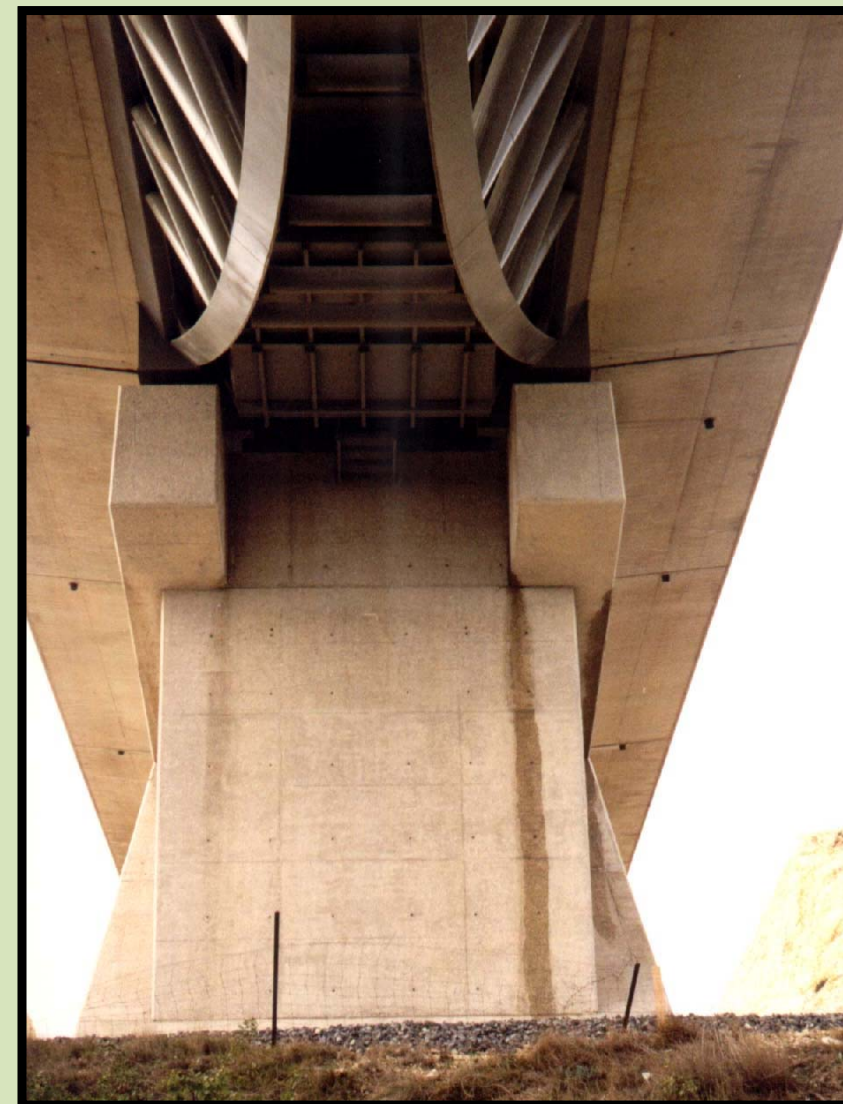


- most Minato Ohashi, Osaka, Japan, 1974.





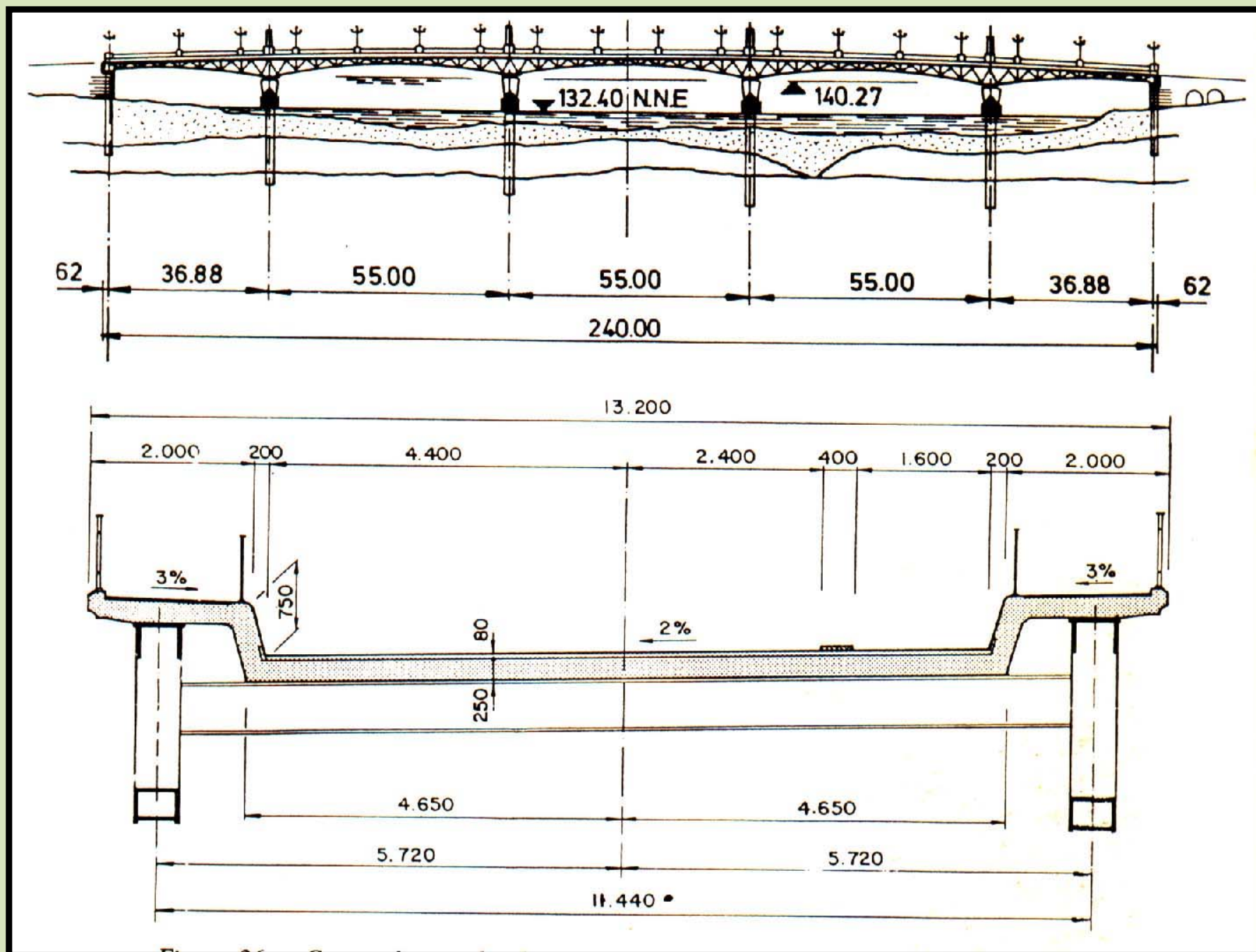
- vijadukt l'Arc, TGV
- Aix en Provence, 1998.





- most u Toulouse-u, Francuska







- most Bergsoysundet, Norveška







2. KOLOKVIJ





2. kolokvij i popravni kolokvij:

- utorak 23.01. u 15h u predavaonici 213 (termin i prostor predavanja)
- SVI PIŠU U OVO VRIJEME!
- Popravni kolokvij - U TERMINU PRVOG ISPITNOG ROKA
- U popravnom kolokviju se piše sve gradivo!
- Popravni kolokvij bodovno zamjenjuje jedan od prva dva kolokvija
- Svi mogu pisati popravni kolokvij ali moraju reći koji kolokvij popravljaju i moraju se prijaviti kod profesora.
- Konačna ocjena je prosjek ocjene vježbi i kolokvija (ispita)





Što će biti na 2. kolokviju:

- Dolaze u obzir predavanja 8-13 (Punostijeni nosači, Ortotropne ploče, Spregnuti mostovi, Rešetkasti mostovi).
- Egzaktni izrazi složenijih pojava (npr. sudjelujuće širine, ograničene i st. venantove torzije, stabilnosti - redukcije presjeka, puzanje i skupljanje...) neće se tražiti, ali OVO NE ISKLJUČUJE POTREBU POZNAVANJA PARAMETARA UTJECAJA NA ODREĐENE POJAVE (npr. o čemu i kako ovisi sudjelujuća širina)
- Jednostavnije izraze treba znati (npr. parametar roštiljne krutosti)
- Konkretni primjeri mostova dani u predavanjima neće se tražiti, ali ovo ne isključuje poznavanje karakterističnih oblika poprečnih presjeka kod određenih tipova nosača
- biti će 6 teoretskih pitanja i jedan zadatak (riješiti poprečni presjek)





Primjeri teorijskih pitanja:

- O kojim sve parametrima ovisi izračun sudjelujuće širine? Objasni na koji način svaki od ovih parametara utječe.
- Kakve vrste torzije mogu biti u poprečnom presjeku i kakva naprezanja one uzrokuju? Koja torzija je dominantna u zatvorenim, a koja u otvorenim poprečnim presjecima? Koji je parametar ocjene dominantne torzije i koji njegovi iznosi otprilike definiraju prevladavajuću torziju?
- Što je to parametar roštiljne krutosti i kako se on izračunava? Na primjeru poprečnog presjeka sa 4 ili više nosača prikaži liniju poprečne razdiobe za različite parametre roštiljne krutosti. S kojom roštiljnom krutosti postićemo približno najbolju poprečnu razdiobu?
- Ortotropne ploče sa otvorenim rebrima. Navedi oblike (skiciraj), prednosti i nedostatke.





Primjeri teorijskih pitanja:

- Skiciraj 3 poprečna presjeka spregnutog mosta sa dva I nosača za različite razmake glavnih nosača kada je raspon ploče mali, srednji i veliki. Koje sve funkcije ima betonska ploča u presjeku spregnutog mosta?
- Koja tri različita postupka se mogu koristiti za izračun reznih sila kod spregnutih mostova a da se u obzir uzme raspucalost betona u vlaku? Opiši i skiciraj gdje je to potrebno.
- Koja dva postupka se u inženjerskoj praksi koriste za proračun naprezanja od puzanja? Poblje opiši drugi postupak.
- Opiši i skiciraj utjecaj deformacije betonske ploče od skupljanja na spregnuti presjek. Skiciraj preraspodjelu naprezanja u spregnutom presjeku uslijed skupljanja.





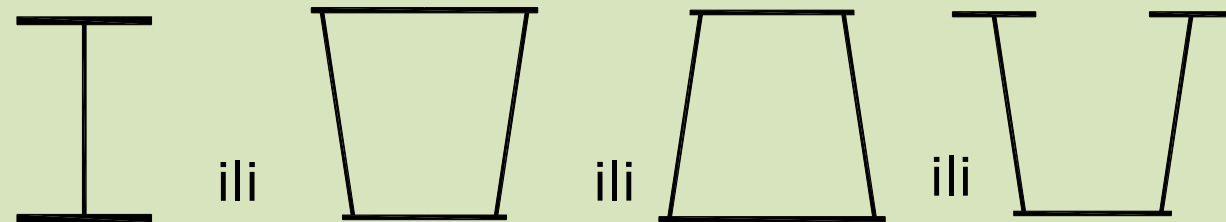
Zadatak - poprečni presjek za zadane parametre

Za navedene parametre skicirati poprečni presjek mosta u polju (ili ležaju). Na skici obavezno iskotirati slijedeće veličine: širinu svih prometnih površina na mostu, razmak glavnih nosača, visinu nosača i kolničke ploče.

Rasponi: 46 m

Prometne širine (hodnik+rubni trak+vozni trak): 50 + 30 + 325 cm

Glavni nosač:



Statički sustav: kontinuirani nosač

Skica mora biti uredna u nekom približnom mjerili (da ne ispadne da je 1 m vertikalno i 1 m horizontalno dvostruko različito).

