

Masivni mostovi - predavanja

OVJEŠENI MOSTOVI

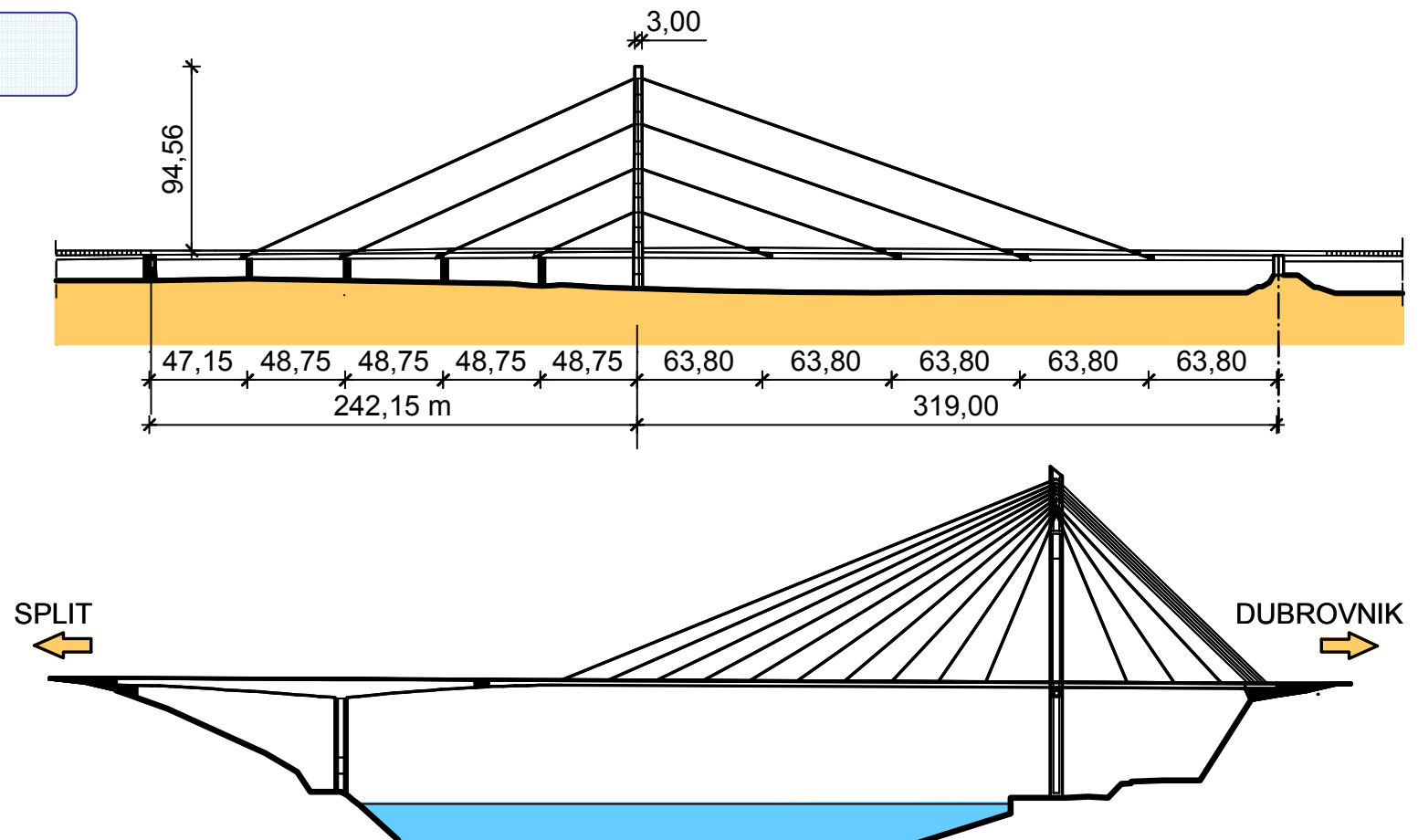


OBLIKOVANJE – Uzdužna dispozicija

3 osnovna sustava prema
uzdužnoj dispoziciji:

- nesimetrični ovješeni most s jednim pilonom (Knie, Dubrovnik)

$l/L = 0,3 \text{ do } 0,5$



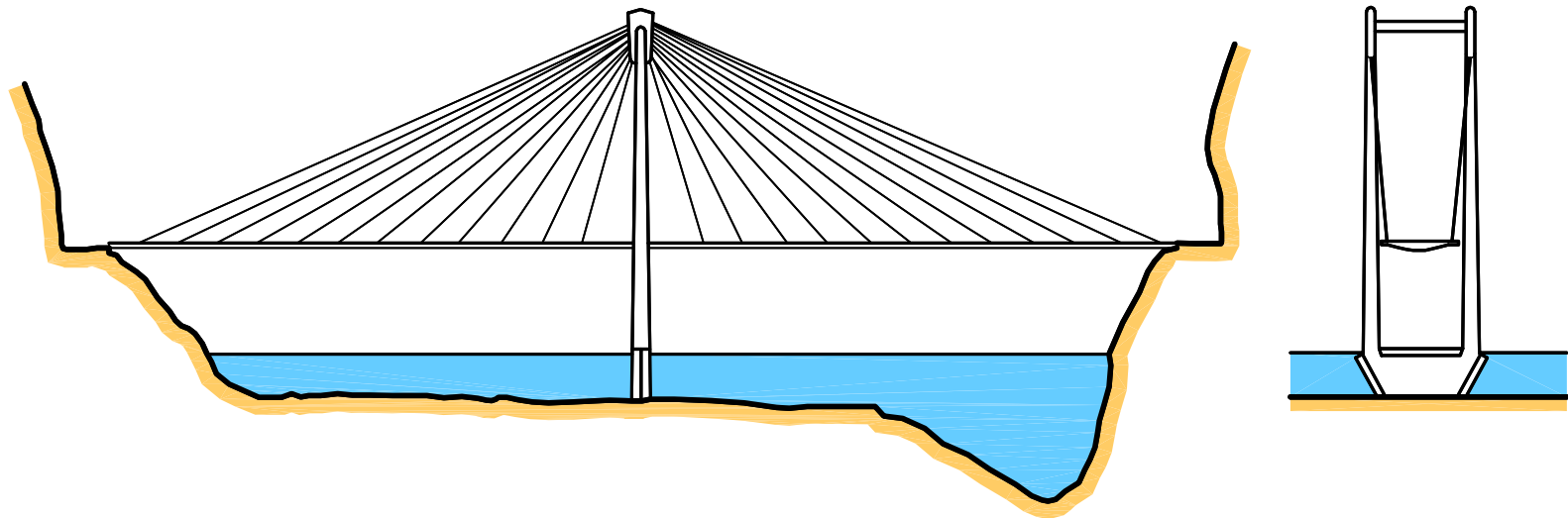
Knje, Njemačka,
1969 g., $L=319$ m



OBLIKOVANJE – Uzdužna dispozicija

3 osnovna sustava prema
uzdužnoj dispoziciji:

- Simetrični most s pilonom u sredini (L'Akkar)



OBLIKOVANJE – Uzdužna dispozicija

3 osnovna sustava prema
uzdužnoj dispoziciji:

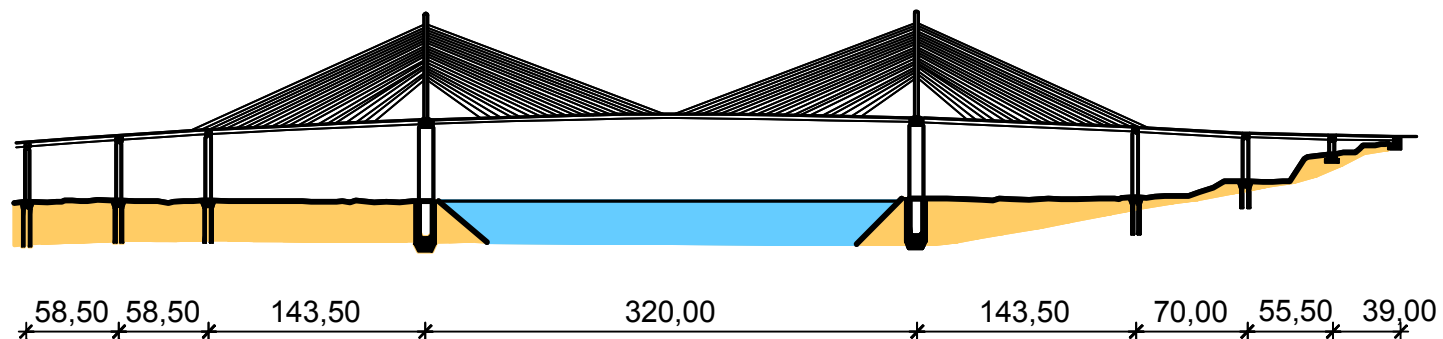
- Ovješeni most preko tri raspona s dominantnim glavnim otvorom
(Brotonne)

$l/L = 0,4$ do $0,5$

Kraći bočni rasponi

Manja varijacija M u njima

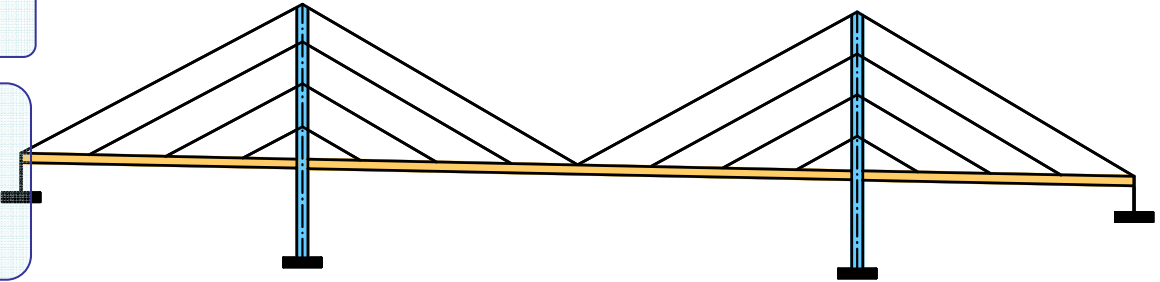
veća efikasnost stražnjih zatega uslijed povećane
krutosti



OBLIKOVANJE – Uzdužna dispozicija zatega

HARFA

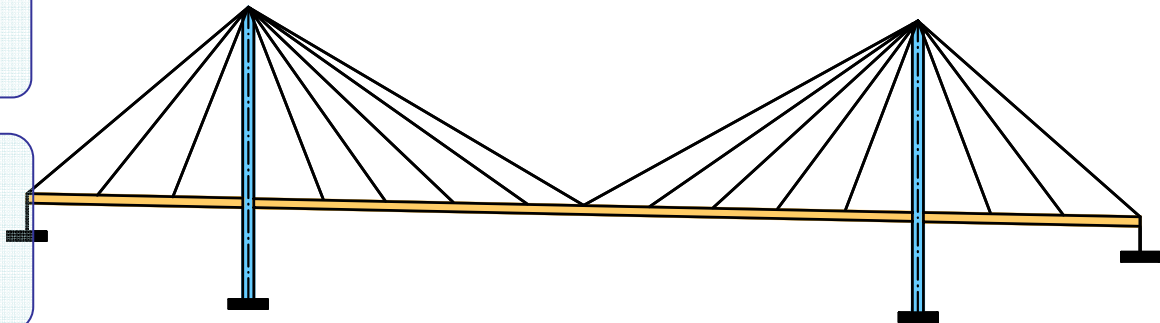
estetski najelegantnije -
zatege paralelne bez obzira na
kut gledanja



a) harfa

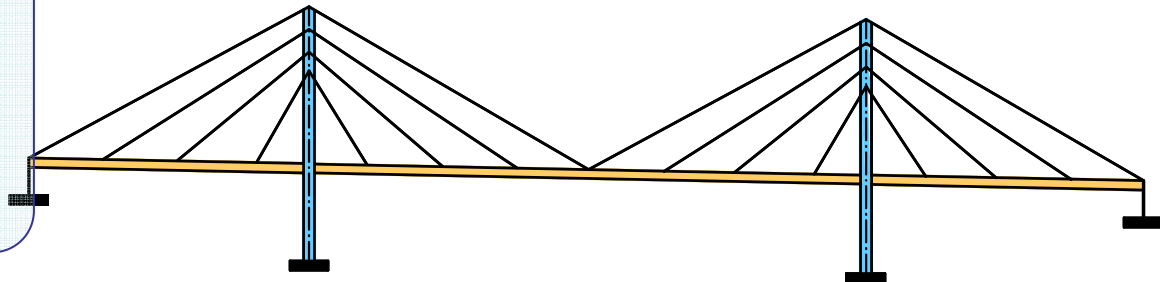
Priključci zatega pod istim
kutom olakšavaju izvedbu

stabilnost pilona se povećava
jer se zatege sidre na cijeloj
visini



b) lepeza

u konstruktivnom pogledu
ovaj sustav zahtijeva veću
količinu zatega, proizvodi
veće tlačne sile u gredi i daje
zamjetne momente u pilonu

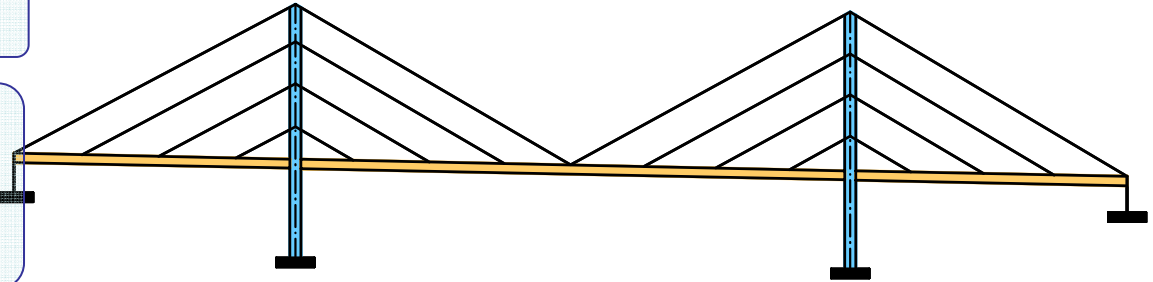


c) pseudolepeza

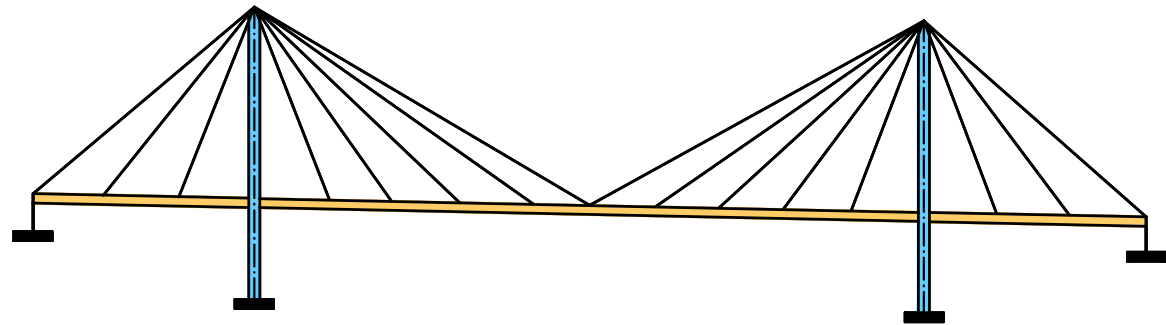
OBLIKOVANJE – Uzdužna dispozicija zatega

LEPEZA

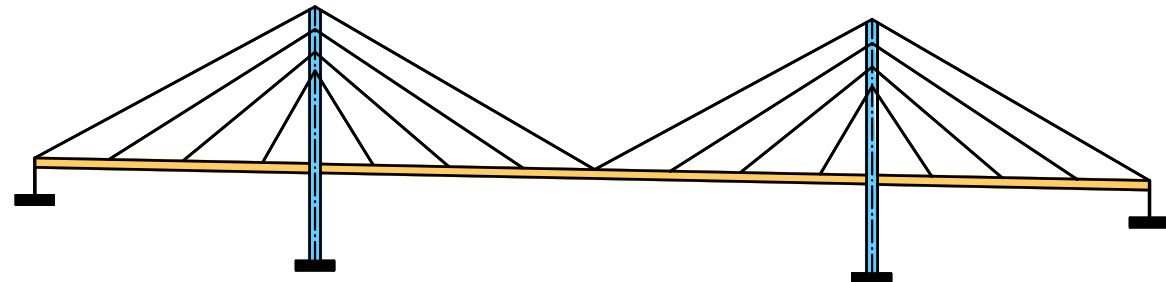
sve zatege u vrhu pilona, što stvara probleme kod usidrenja i stoga se rjeđe izvodi



a) harfa



b) lepeza



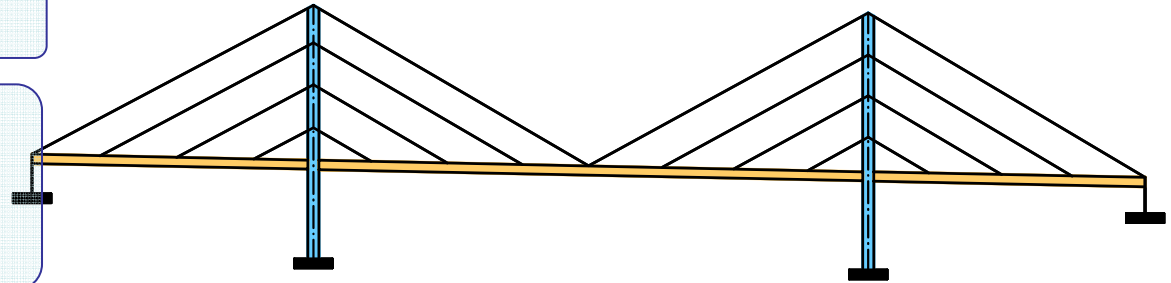
c) pseudolepeza

OBLIKOVANJE – Uzdužna dispozicija zatega

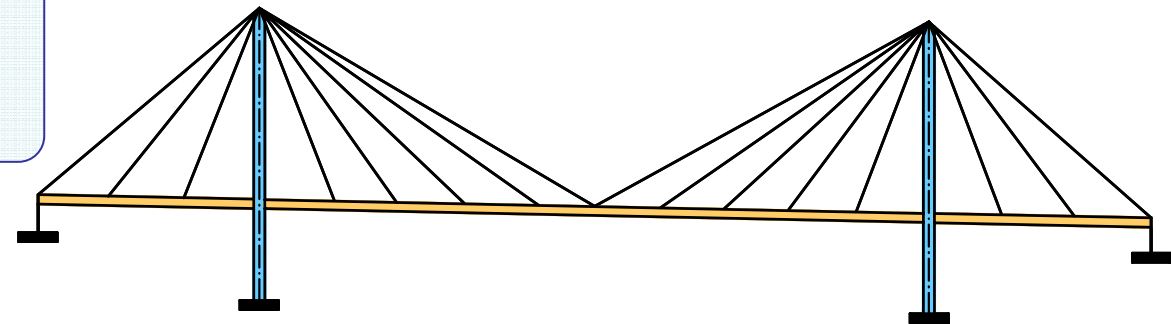
PSEUDOLEPEZA

kontinuirano rasprostrte po gornjem dijelu pilona - olakšano sidrenje.

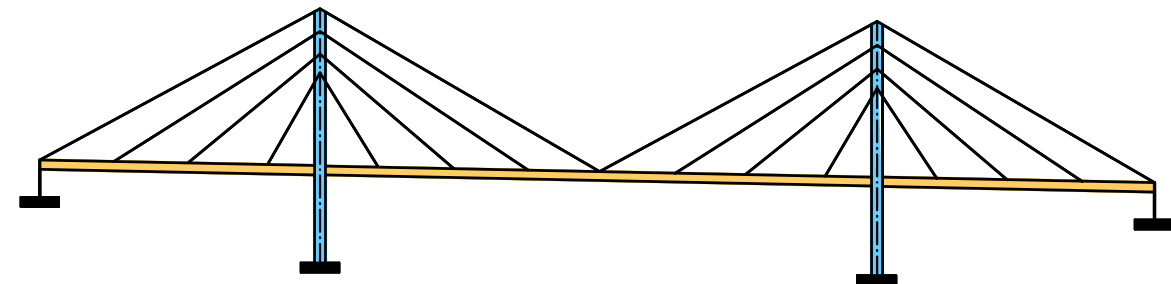
Ovaj raspored se zbog ekonomičnosti najčešće izvodi.



a) harfa



b) lepeza



c) pseudolepeza

OBLIKOVANJE – Razvoj ovješnih mostova

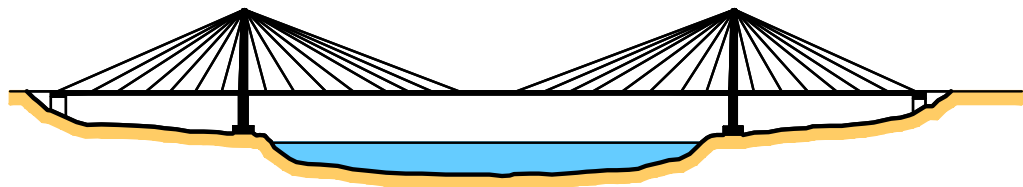
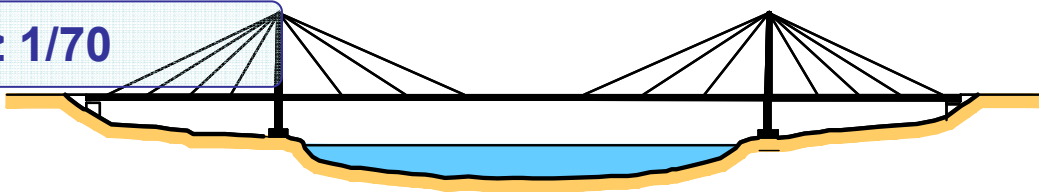
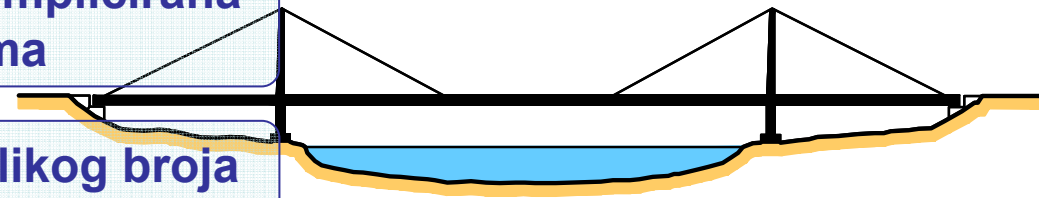
PRVI MODERNI OVJEŠENI MOSTOVI

2 do 6 redova zatega u središnjem otvoru i međurazmaci između zatega 30 do 70 m

potrebna velika krutost grede i komplicirana usidrenja zatega na gredi i pilonima

složena montaža, s primjenom velikog broja pomoćnih konstrukcija

Visina grede prema rasponu $h/L \geq 1/70$



OBLIKOVANJE – Razvoj ovješnih mostova

DANAS - MOSTOVI DRUGE GENERACIJE

međurazmaci između zatega
5-15 m (betonske grede), 10-20 m (čelične grede)

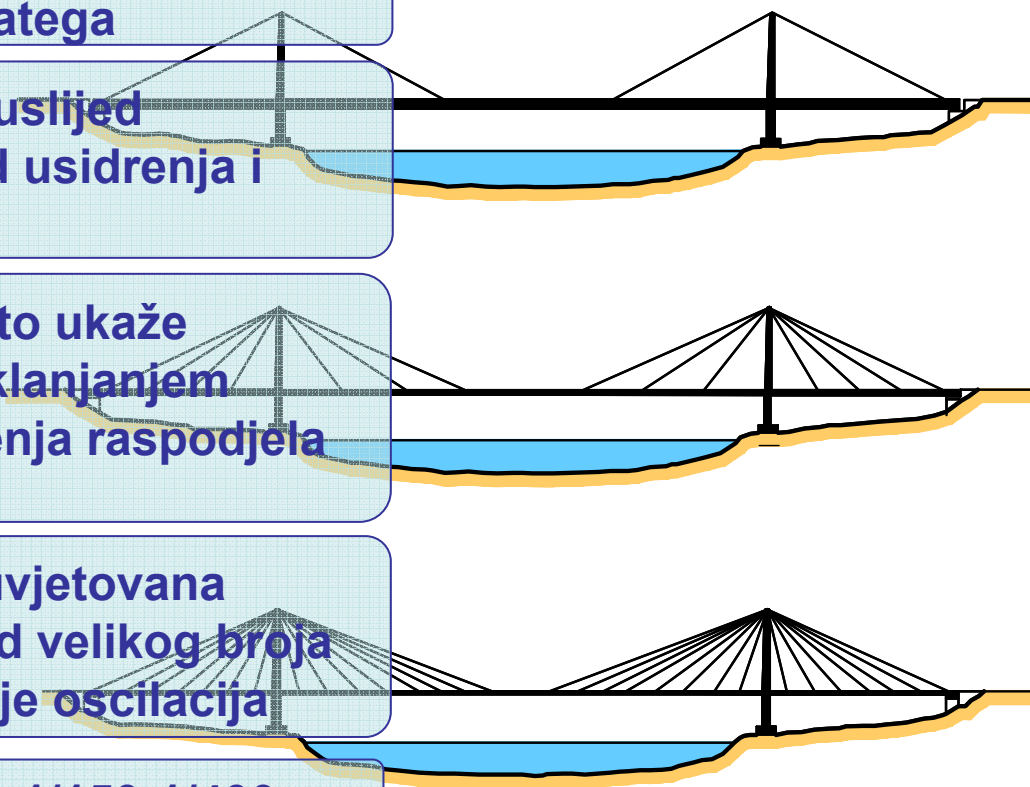
jednostavnost montaže koja sukcesivno
napreduje uz ugradbu sljedećih zatega

pojednostavnjenje prijenosa sila uslijed
smanjenja koncentriranih sila kod usidrenja i
momenata savijanja kod grede

lakoća zamjene zatega ako se za to ukaže
potreba, bez prekida prometa - uklanjanjem
pojedine zatega vrlo malo se mijenja raspodjela
unutarnjih sila

odlična aerodinamička svojstva uvjetovana
velikim sustavnim prigušenjem od velikog broja
zatega različite duljine i frekvencije oscilacija

Visina grede prema rasponu $h/L \geq 1/150-1/400$



OBLIKOVANJE – Poprečna dispozicija zatega

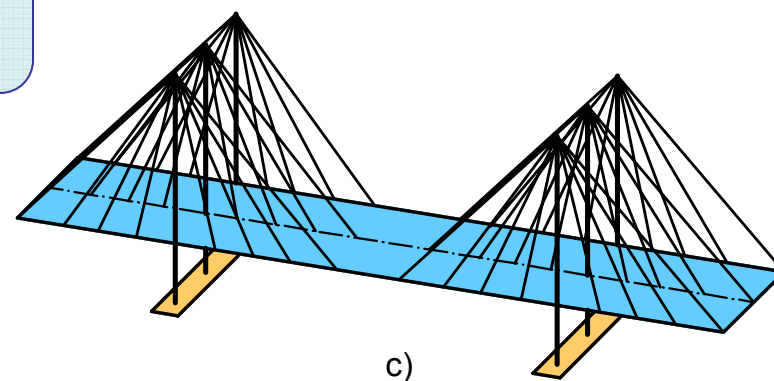
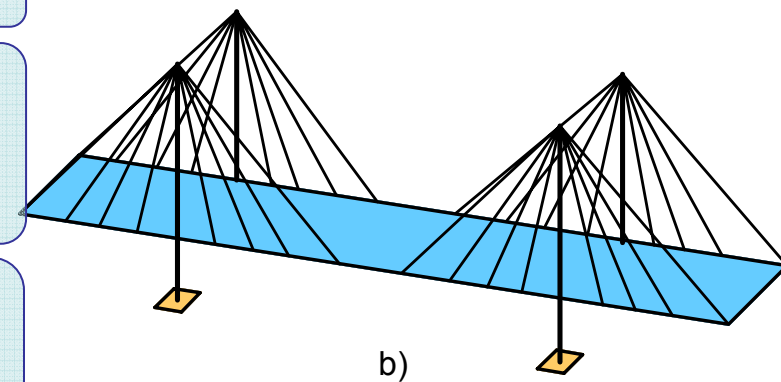
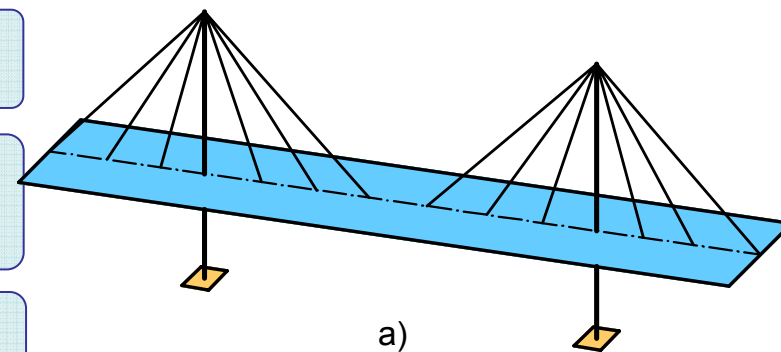
AKSIJALNO OVJEŠENJE U JEDNOJ RAVNINI

kod cestovnog prometa u dva smjera
odijeljenih srednjim zaštitnim pojasom

osiguranje od udara vozila u pilon i u sidra
zatega

Poprečni presjek grede mora se oblikovati
kao torzijski vrlo krut sanduk, za preuzimanje
nesimetričnih opterećenja.

Leonhardt: $L \leq 300$ m; tehnički moguća
rješenja s daleko većim rasponima (Flehe
368 m, Brotonne 320 m, Dao Kanong 450 m),
ali na uštrb ekonomije.



**Flehe, 1979 g,
Düsseldorf,
L=368 m**

orečna dispozicija zatega

**Brotonne,
L=320 m**

**Dao Kanong, 1987g,
Bangkok, Tajland,
L=450 m**

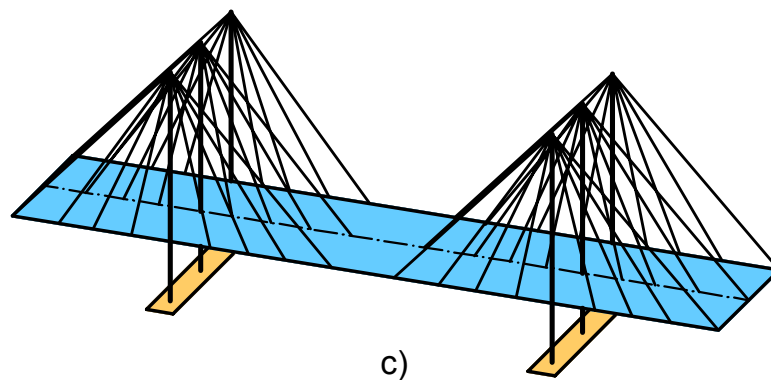
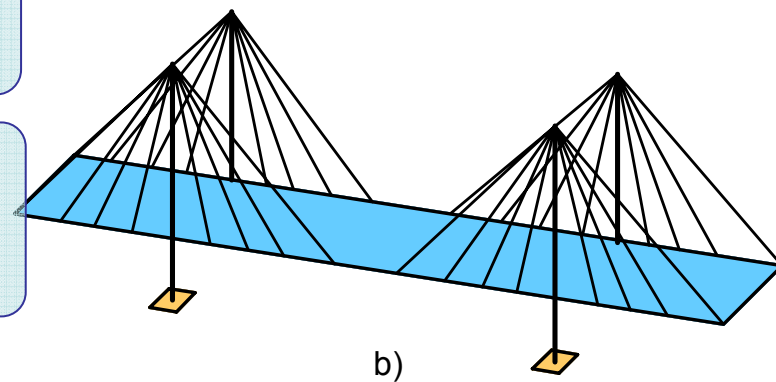
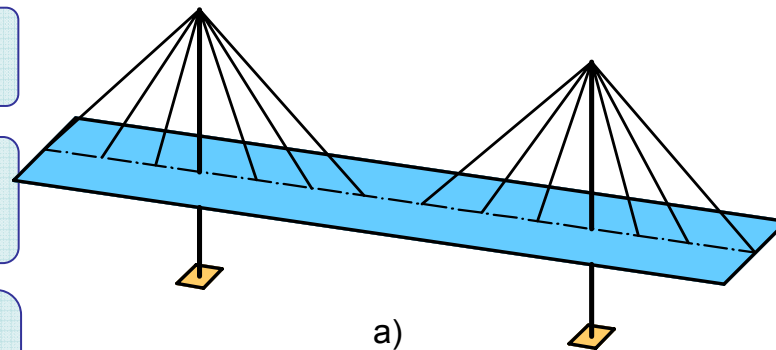
OBLIKOVANJE – Poprečna dispozicija zatega

LATERALNO OVJEŠENJE U DVIJE RAVNINE

statički i dinamički povoljnije - konstruktivni sustav ima veliku torzijsku krutost

Standardna dispozicija je s usidrenjima zatega na gredi na rubovima poprečnog presjeka

postoje i rješenja s dvije ravnine zatega usidrenim unutar poprečnog presjeka, Schumacher L=287 m, Höchst L=148 m



OBLIKOVANJE – Poprečna dispozicija zatega



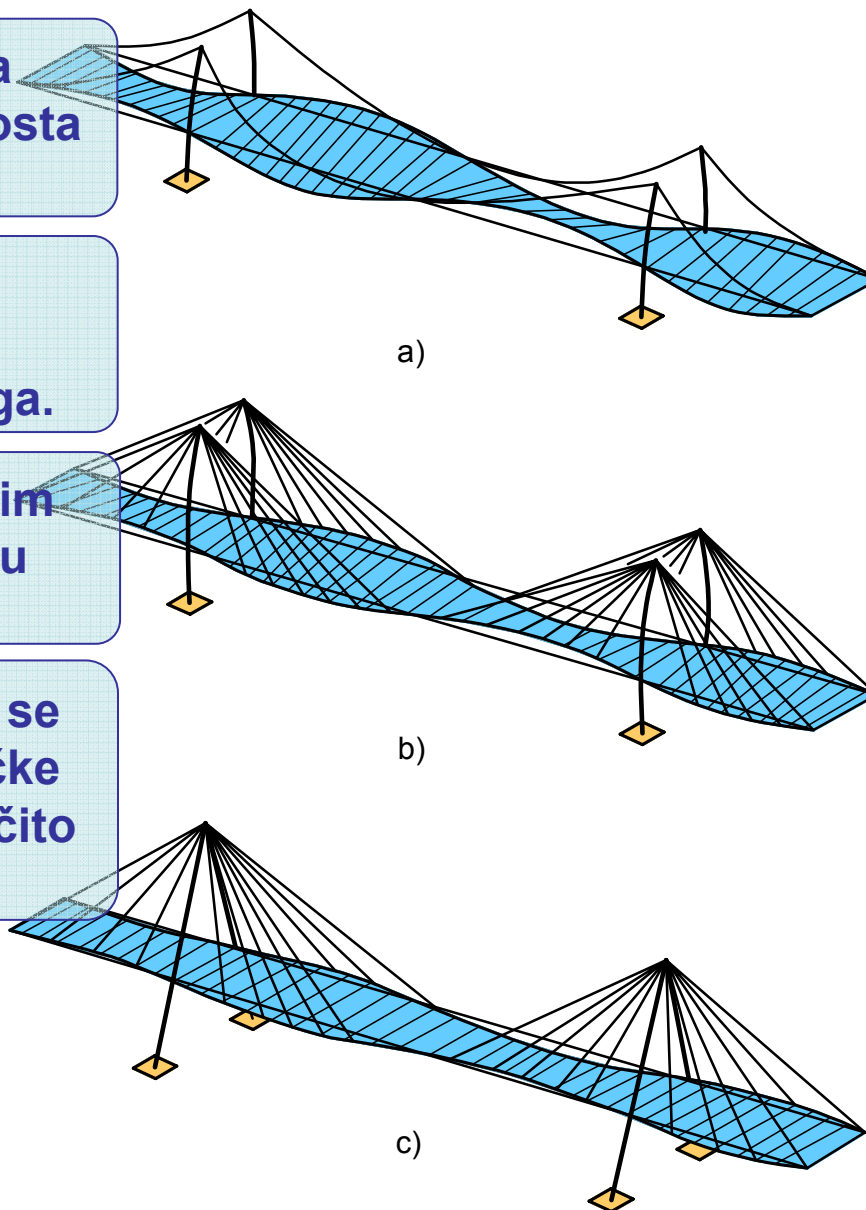
OBLIKOVANJE – Pomaci mosta s obzirom na tip ovješnja

Dvije ravnine zatega nagnute jedna prema drugoj sa sjecištem iznad uzdužne osi mosta – OPTIMALNO RJEŠENJE

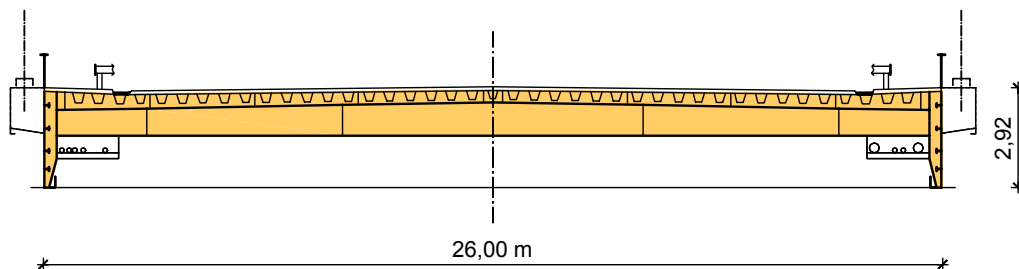
Piloni, greda i zatege u tom slučaju čine prostornu rešetku i nemogući su diferencijalni pomaci usidrenja dviju zatega.

Torzijska krutost se realizira konstruktivnim sustavom i u načelu nije potrebna za samu gredu

kod velikih raspona torzijska krutost ipak se koristi za dodatno povećanje aerodinamičke stabilnosti grede gotove građevine i naročito montažnih stanja



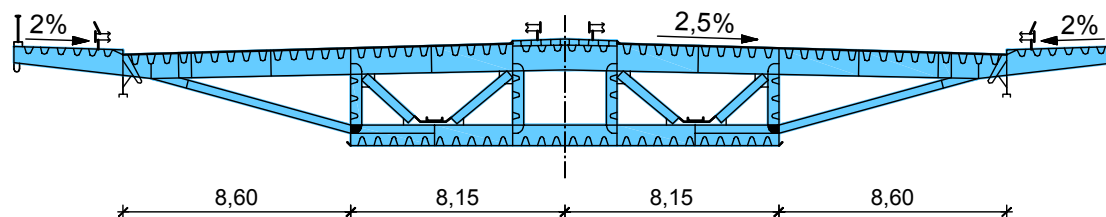
OBLIKOVANJE – Rasponski sklop



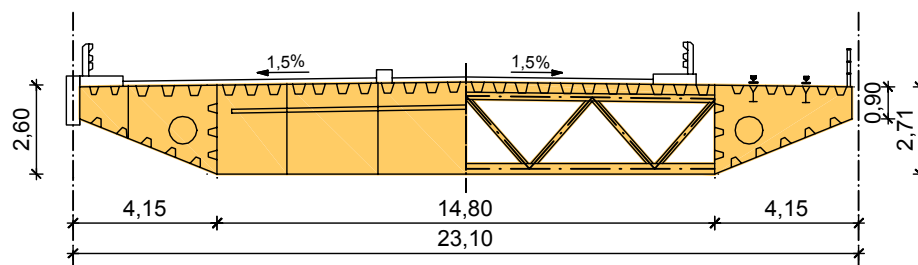
(ČVRSTOĆA/V.T)beton
= 0,30 (ČVRSTOĆA/V.T)čelik



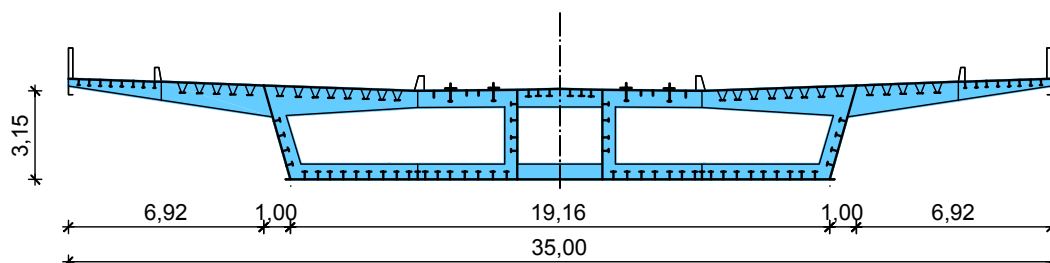
kod ovješnih mostova
najvećih $L \rightarrow$ čelik



Progibi od prometa mnogo
manji kod betonskih greda jer
je krutost veća.



Kod manjih L odabir gradiva
je često uvjetovan lokalnim
uvjetima, a mogući su čelični,
betonski i spregnuti poprečni
presjeci.



OBLIKOVANJE – Rasponski sklop

Prednosti betonske grede:

Mnogo veća krutost



Manji progibi od prometa

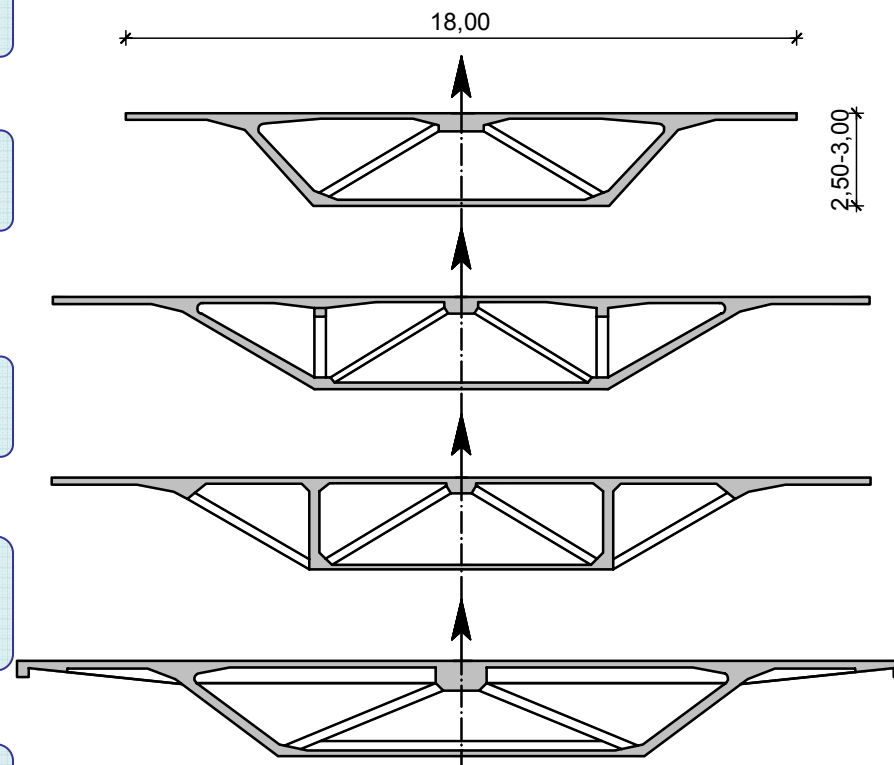
Manji utjecaj prometa



**Bolje karakteristike prigušenja i
manje varijacije napona u zategama**

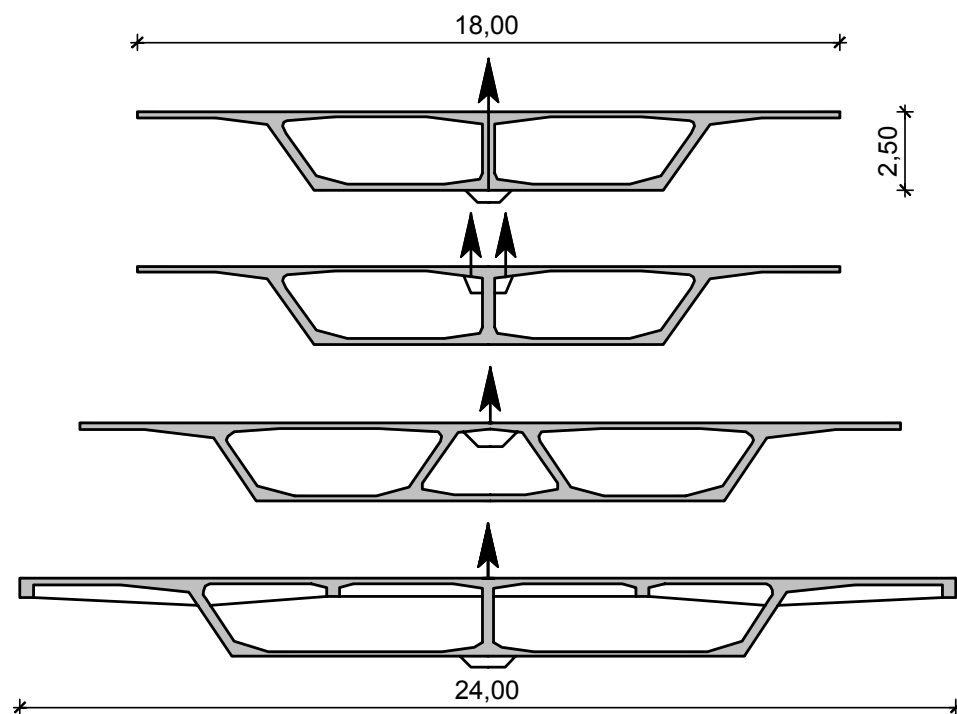


**Povoljnije ponašanje s obzirom na
zamor**

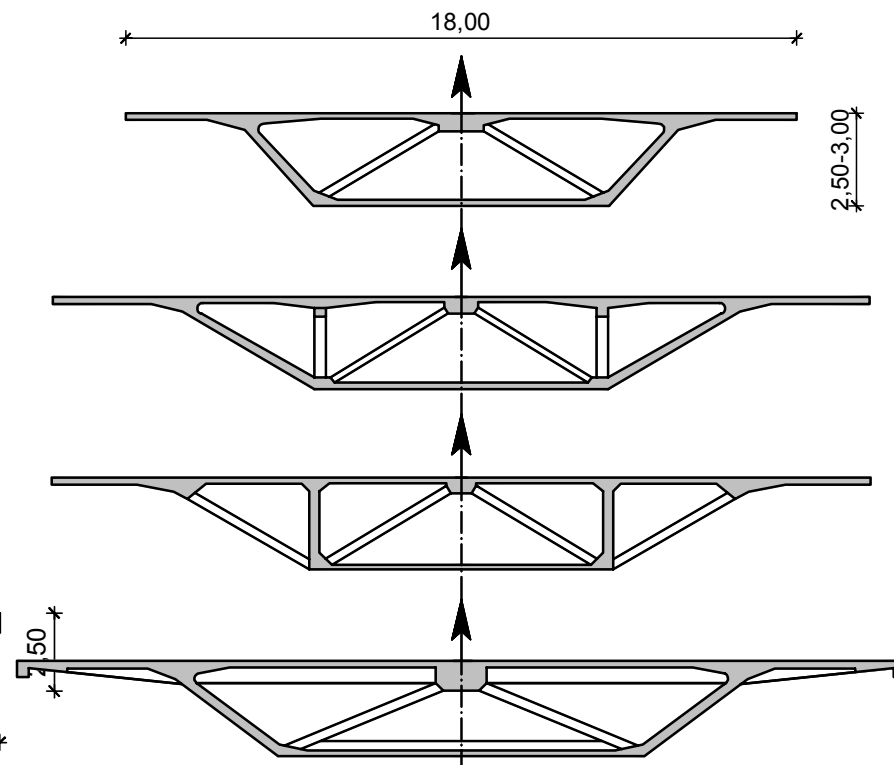


OBLIKOVANJE – Rasponski sklop

Za ovješnje u jednoj ravlini



Betonski sandučasti poprečni presjeci s tri ili četiri hrpta



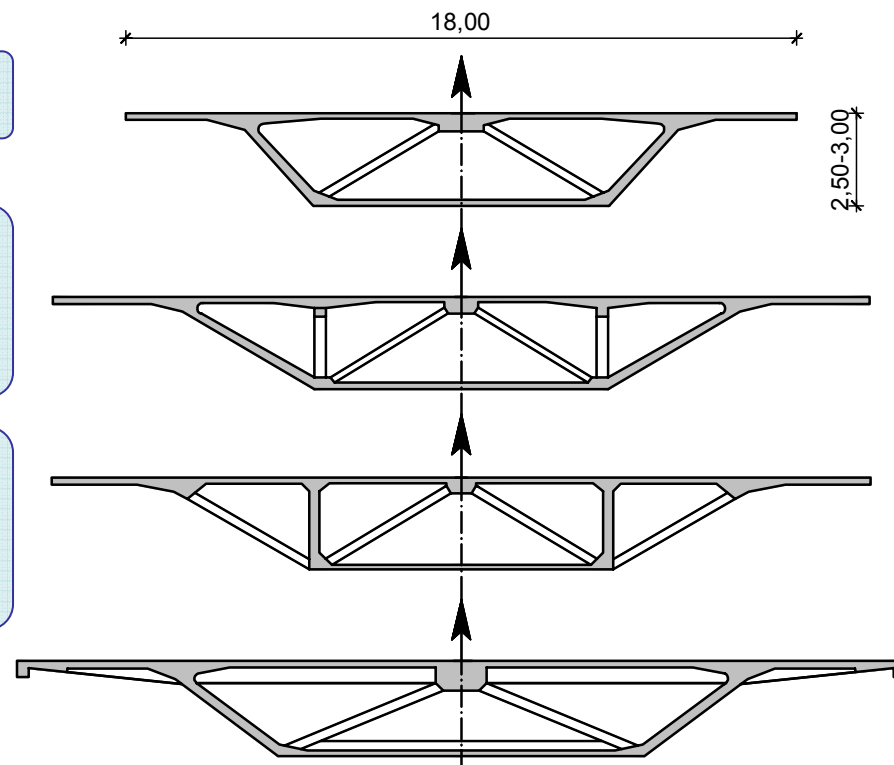
Betonski sandučasti poprečni presjeci s dva hrpta uz dodatne predgotovljene štapove ispune

OBLIKOVANJE – Rasponski sklop

Prednosti dva hrpta

Konstrukcija je lakša, a velika krutost postiže se stvaranjem rešetke

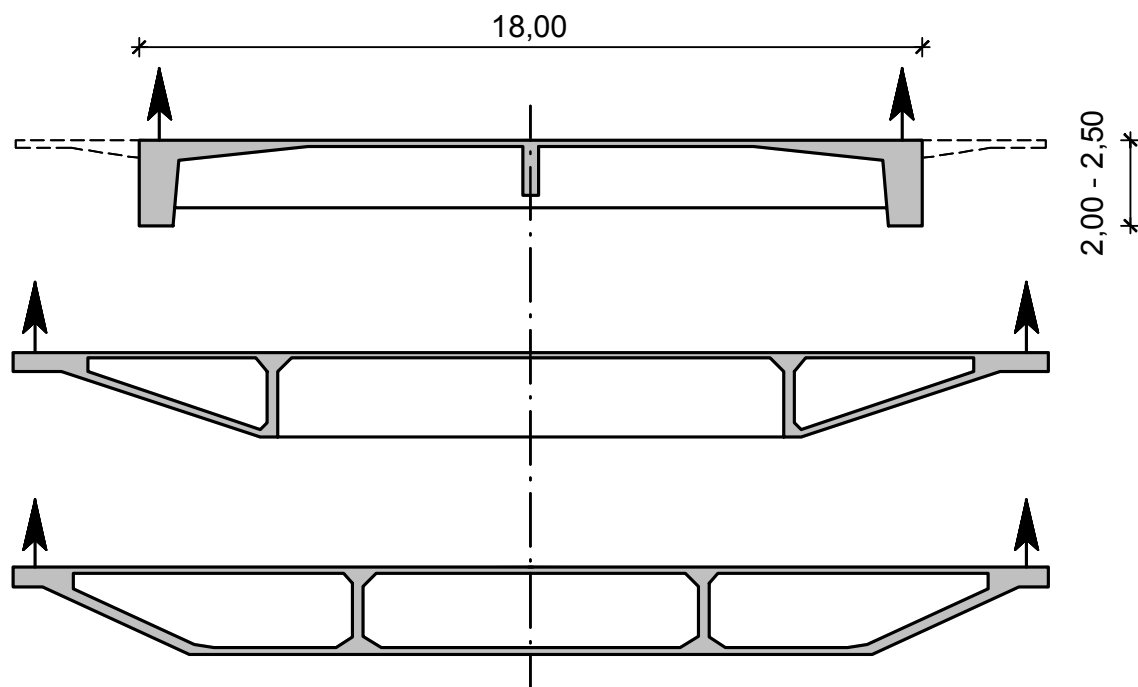
Pristup sidrima zatega je lakši, pa je zatege moguće prednapinjati unutar poprečnog presjeka grede



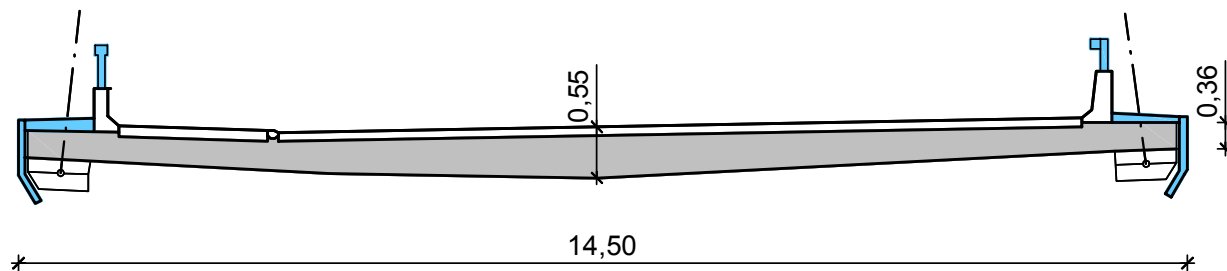
Betonski sandučasti poprečni presjeci s dva hrpta uz dodatne predgotovljene štapove ispune

OBLIKOVANJE – Rasponski sklop

Poprečni presjeci za bočno ovješnje - greda ne mora imati veliku krutost na savijanje, a kod širokih mostova niti značajnu torzijsku krutost

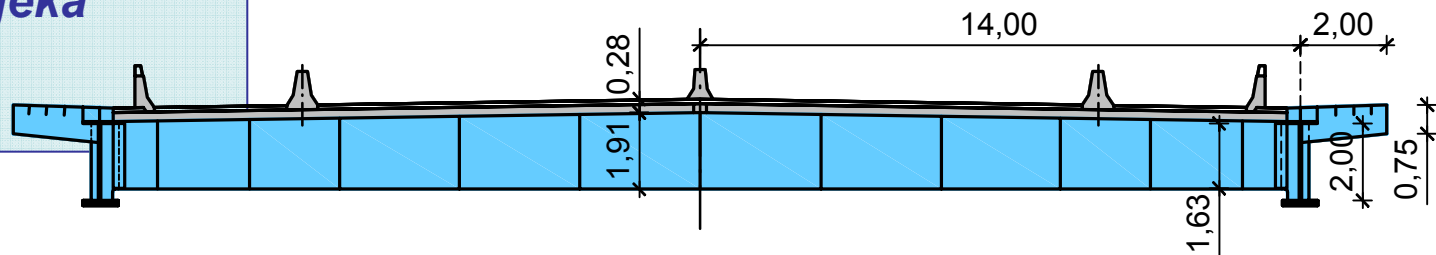


Ploča – novi oblik poprečnog presjeka



OBLIKOVANJE – Rasponski sklop

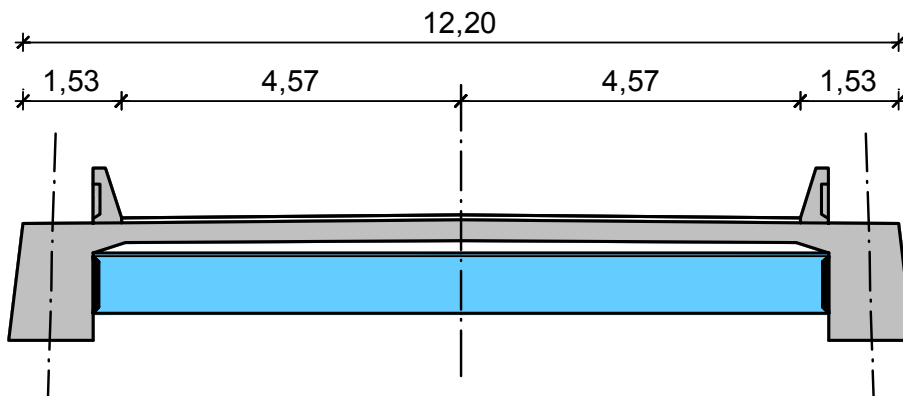
*Prednosti spregnutog
poprečnog presjeka
grede*



Jednostavnost montaže, kod mostova s mnogo zatega → mali M → vrlo vitki presjeci

eliminira se nepovoljan utjecaj vlastite težine čiste betonske konstrukcije

postiže se veća krutost u odnosu na čelične presjeke



U novije vrijeme - betonski
uzdužni nosači i ploča s
čeličnim poprečnim nosačima

OBLIKOVANJE – Piloni

Odnosi visine pilona i raspona mosta

Visina pilona – veliki utjecaj na količ. materijala zatega

$h/L=0,29$ (lepezasta)
 $h/L=0,50$ (harfa)

minimalna vrijednost količine čelika

problem stabilnosti i potencijalni utjecaja vjetra

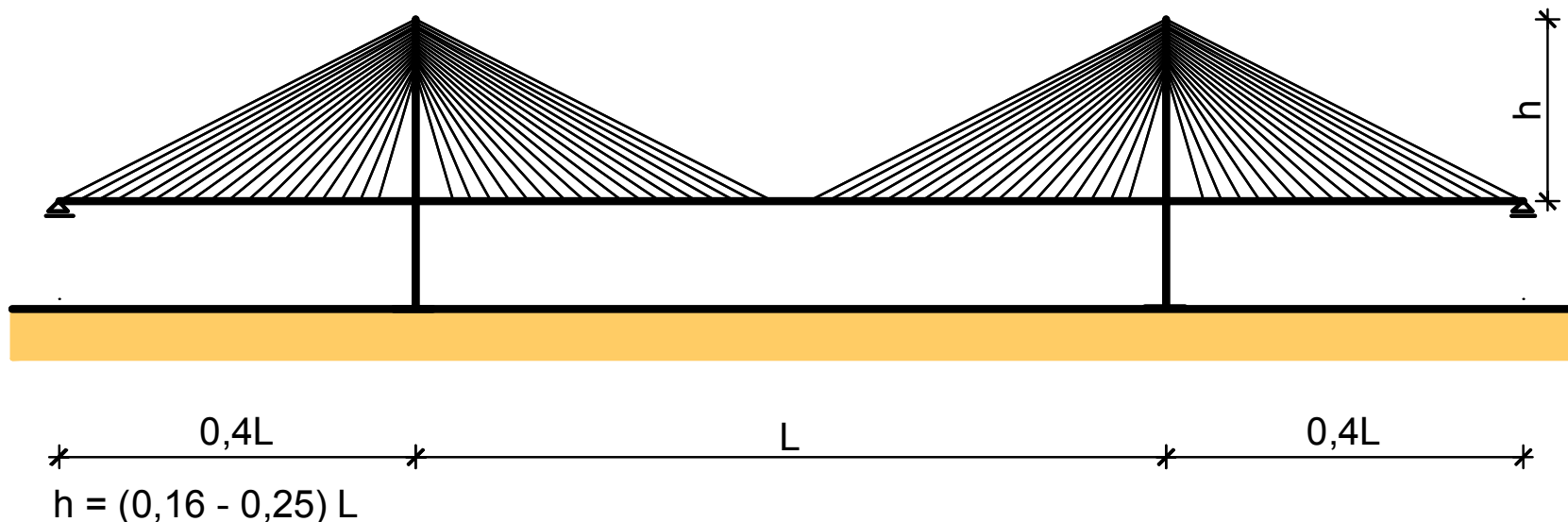
vrlo visoki pilon

$h = (0,15-0,25)L$
 $L < 200\text{m}$ $h/L=0,3$

U uzdužnom smjeru piloni stabilizirani zategama bočnih otvora

fleksijska krutost u uzduž.smjeru treba biti mala

utjecaj pokretnog opt. prenosi se zategama u bočnim otvorima, a ne savijanjem pilona



OBLIKOVANJE – Piloni

U poprečnom smjeru treba preuzeti horizontalne sile od vjetrova i potresa

velika krutost pilona

Sandučasti poprečni presjeci i za betonske i čelične pilone

usidrenja zatega dostupna kroz pilon

Oblikovanje pilona u poprečnom smjeru ovisi o:

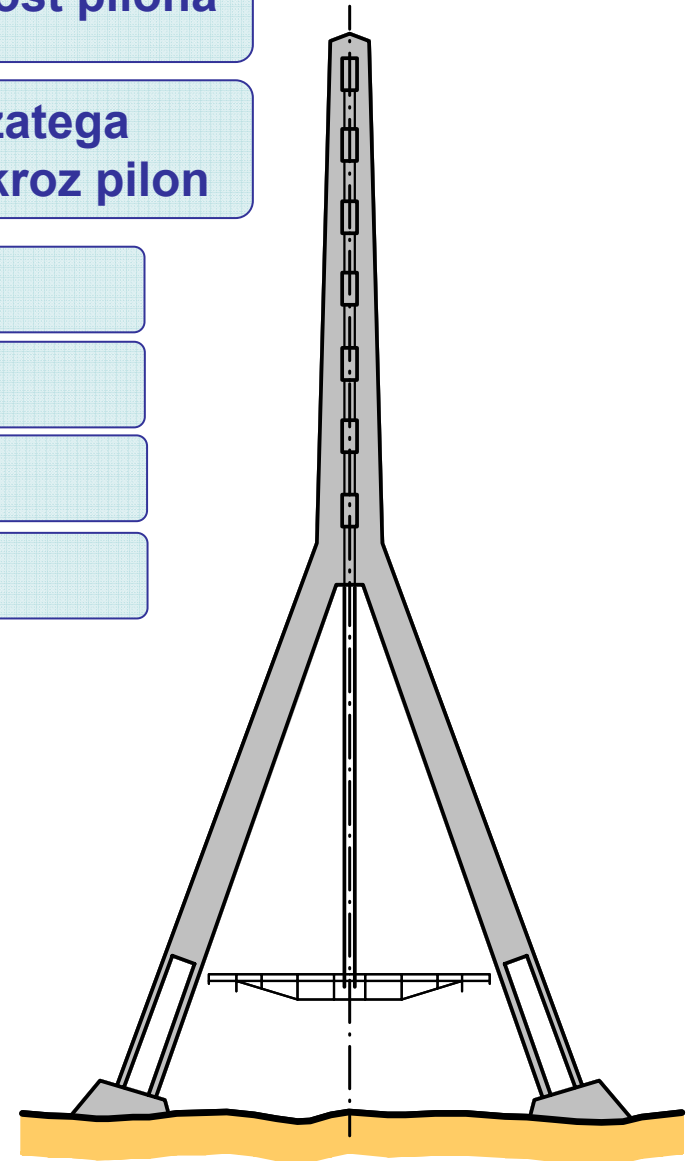
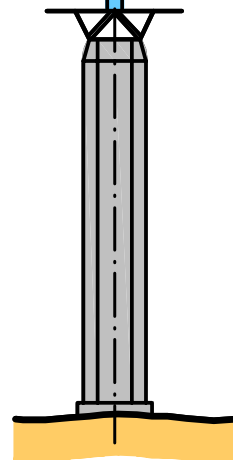
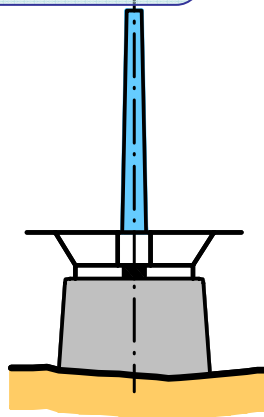
rasporedu zatega

rasponima

visini nivelete

estetici

Piloni za ovješnje u jednoj ravlini (aksijalno ovješnje)



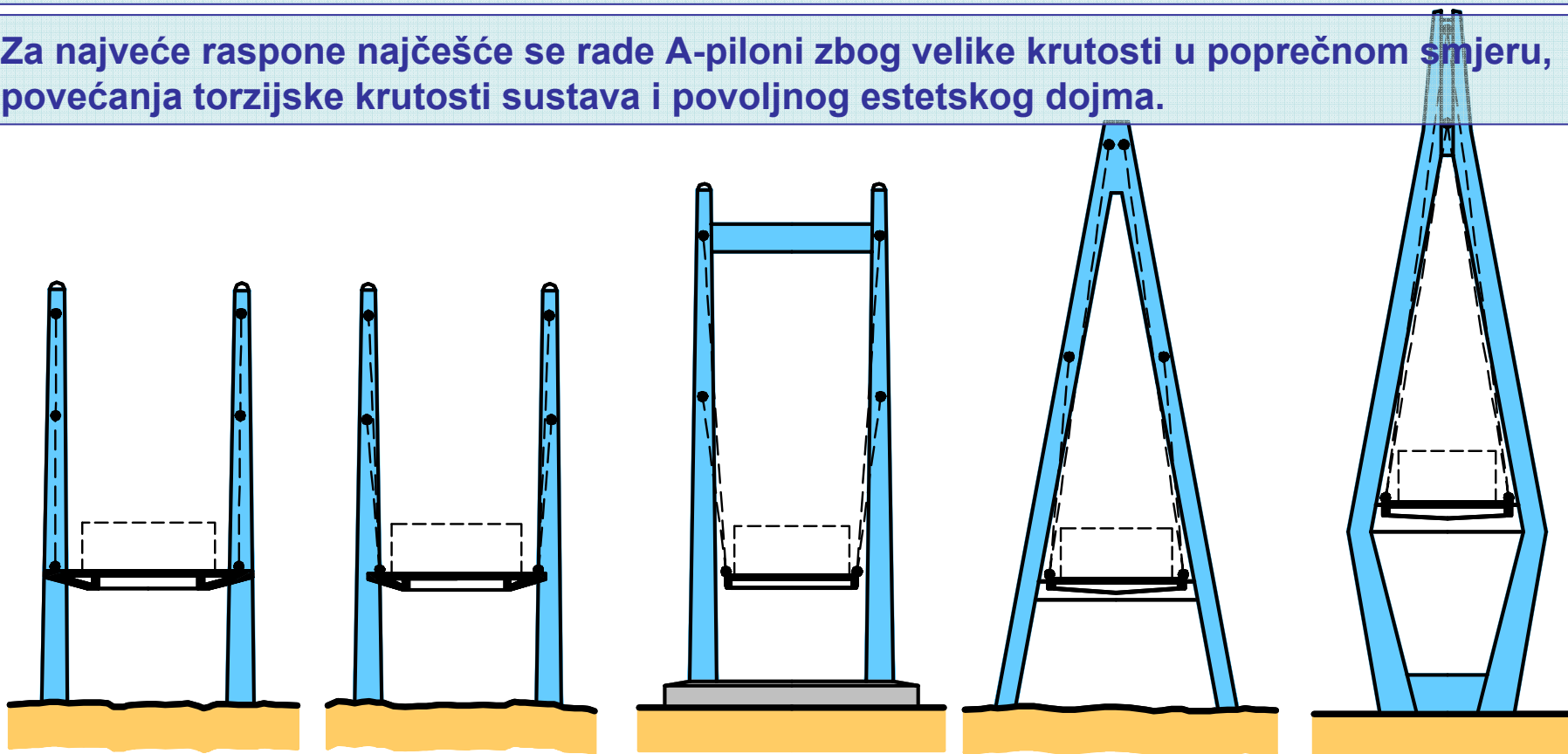
OBLIKOVANJE – Piloni

Piloni za lateralno ovješanje u dvije ravnine

Mostovi s vitkim gredama i H-pilonima - osjetljivi s obzirom na aerodinamičku nestabilnost - osnovne frekvencije fleksijskih i torzijskih oscilacija praktički jednake.

Ako je visina pilona osjetno veća nego širina mosta, koriste se okvirni piloni.

Za najveće raspone najčešće se rade A-piloni zbog velike krutosti u poprečnom smjeru, povećanja torzijske krutosti sustava i povoljnog estetskog dojma.





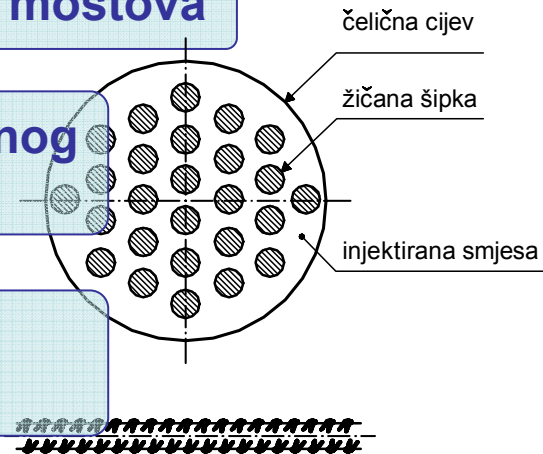
Bratislava, Slovačka, 1972.g,
L=303 m, H=84,6 m

OBLIKOVANJE – Zatege

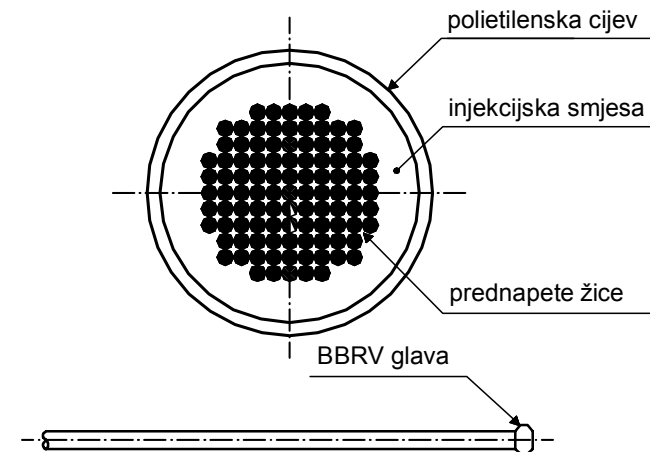
Osnovni element ovih mostova

Primjena visokovrijednog
čelika za zatege

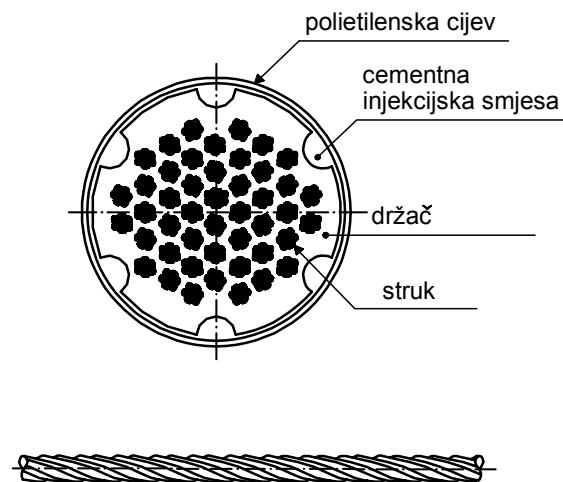
Omogućila razvoj
ovješnih mostova



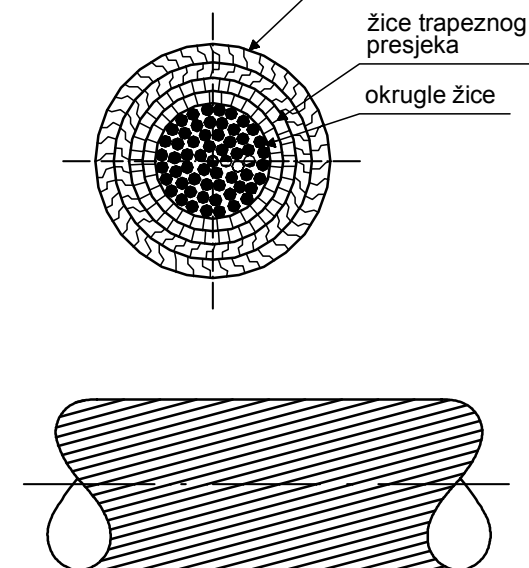
a) paralelne šipke



b) paralelne žice
žice S presjeka



c) paralelni strukovi



d) zatvoreno uže

OBLIKOVANJE – Zatege

Kod odabira materijala voditi računa o:

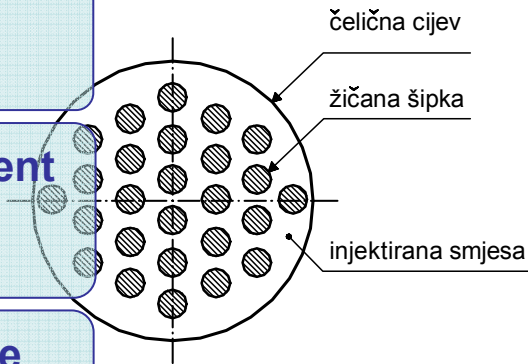
Vlačnoj čvrstoći (Koeficijent sigurnosti s obzirom na vlačnu čvrstoću 2,2)

Čvrstoća na zamor (zatege izložene znatnim Δ naprezanja od P, T, W)

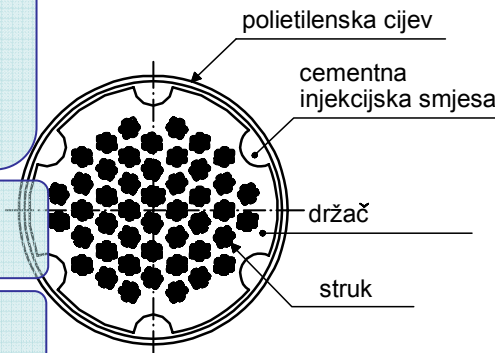
Konstruktivno oblikovanje kotvi (sidra u smjeru tangente zatege, omogućiti točan unos sila sa silama sloma ne manjim od sila sloma same zatege)

antikorozivna zaštita

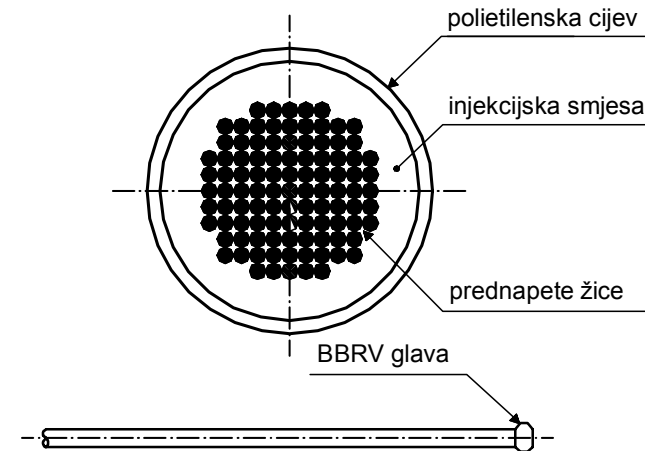
montaža



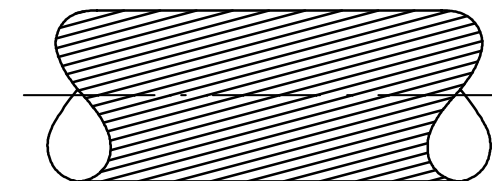
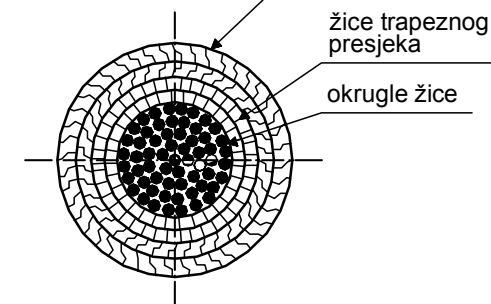
a) paralelne šipke



c) paralelni strukovi



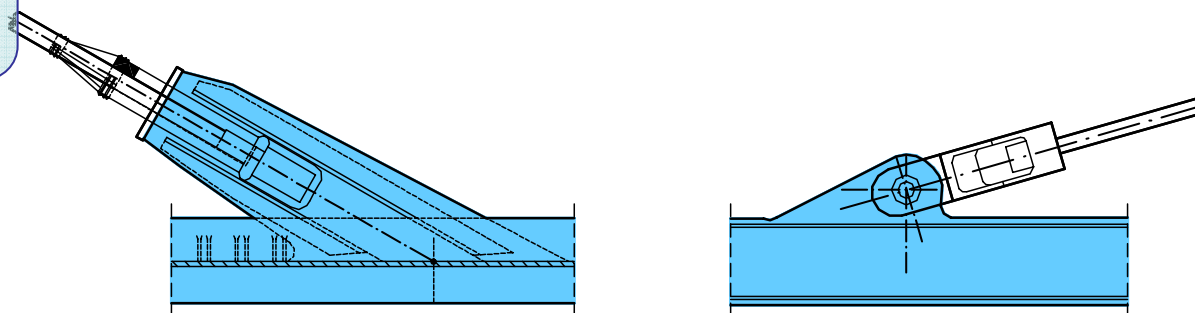
b) paralelne žice
žice S presjeka



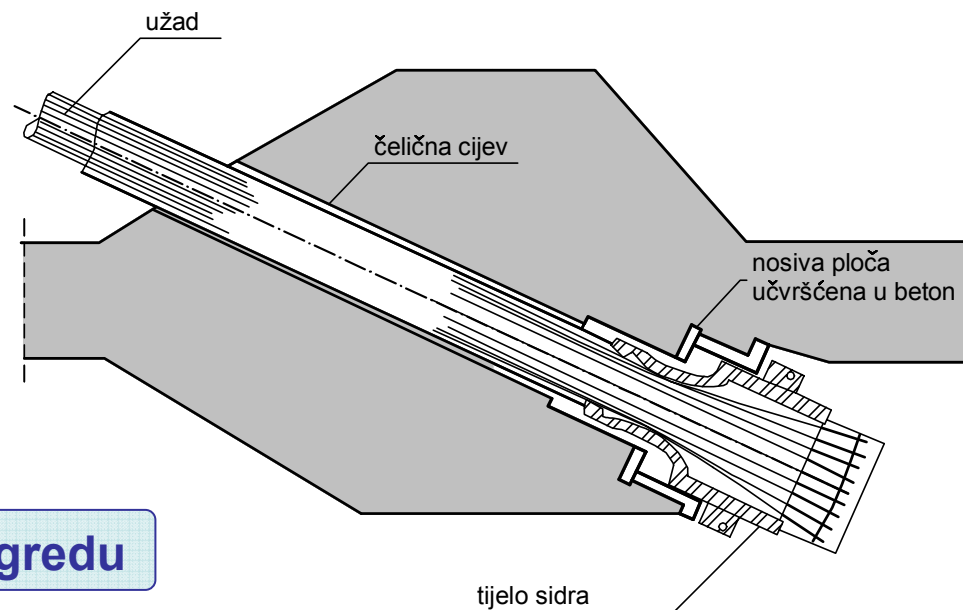
d) zatvoreno uže

OBLIKOVANJE – Zatege

Usidrenje zatege ovisi o:
poprečnom presjeku,
materijalu,
načinu ovješnja



Usidrenje zatege na čeličnu gredu



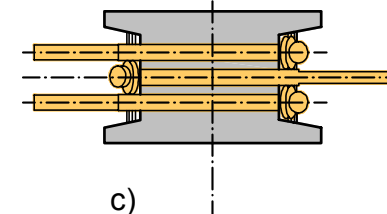
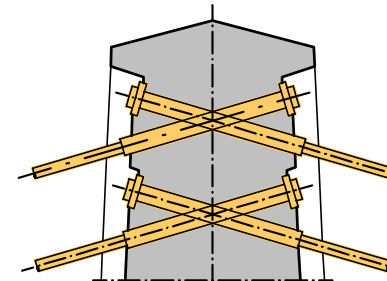
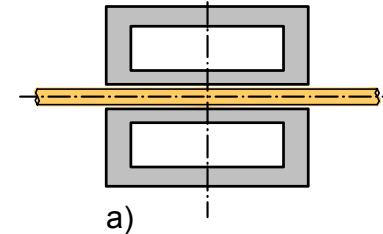
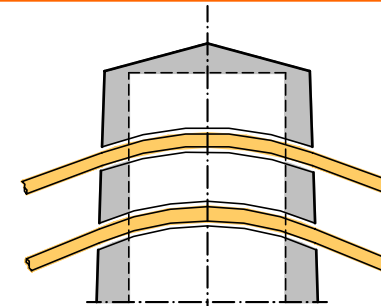
Usidrenje zatega na betonsku gredu

OBLIKOVANJE – Zatege - sidrenje na pilon

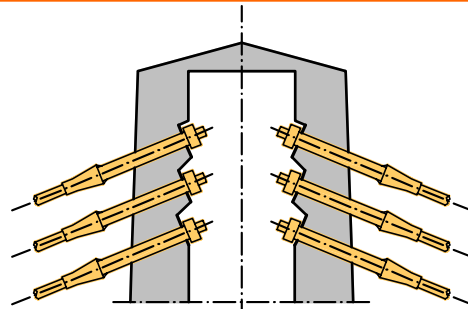
Usidrenja zatega na pilon ovise o:
poprečnom presjeku,
materijalu piona,
o uzdužnoj i poprečnoj dispoziciji zatega.

zatege se uvlače u zaštitne cijevi ugrađene u
pilon, kako bi se omogućila zamjena zatega i
vode sedlom preko piona

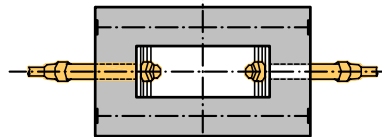
pri usidrenju s križanjem može doći do torzije
piona



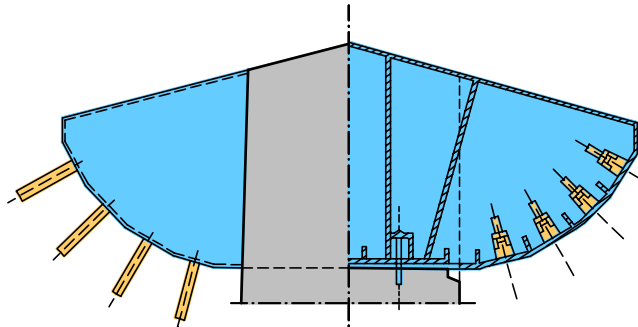
OBLIKOVANJE – Zatege - sidrenje na pilon



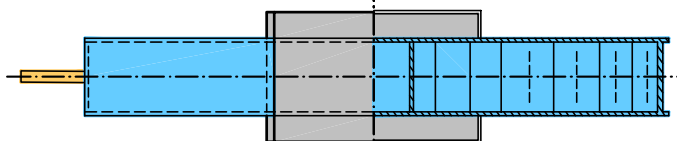
kod pilona dovoljnih dimenzija najbolje je rješenje pri kojem se vlačne sile u stijenkama pilona od djelovanja zatega preuzimaju kratkim kabelima u stijenkama



b)



za zrakasto raspoređene zatege (lepeza) moguće je jedino usidrenje preko posebne čelične konstrukcije koje je i najskuplje



d)

PRORAČUN – Modeliranje sustava

Ovješeni most je višestruko statički neodređeni sustav.

Sile su najvećim dijelom određene odnosom krutosti zatega, pilona i grede.

Momenti savijanja na gredi približavaju se onima na kontinuiranom nosaču.

Vertikalne komponente sila u zategama $\approx$ ležajnim reakcijama

Modeli (cijeli, djelomični) ovise o složenosti konstrukcije i stupnju projekta.

Piloni $\rightarrow$ “beam” elementi

Greda $\rightarrow$ “beam” elementi $\rightarrow$ ako to odgovara stvarnom ponašanju grede (kruti sandučasti presjek); uvijek u preliminarnim analizama ili u fazama montaže.

Greda $\rightarrow$ “shell” elementi $\rightarrow$ ako se njeno ponašanje značajno razlikuje od grede (lateralno ovješeno, deformabilni poprečni presjek).

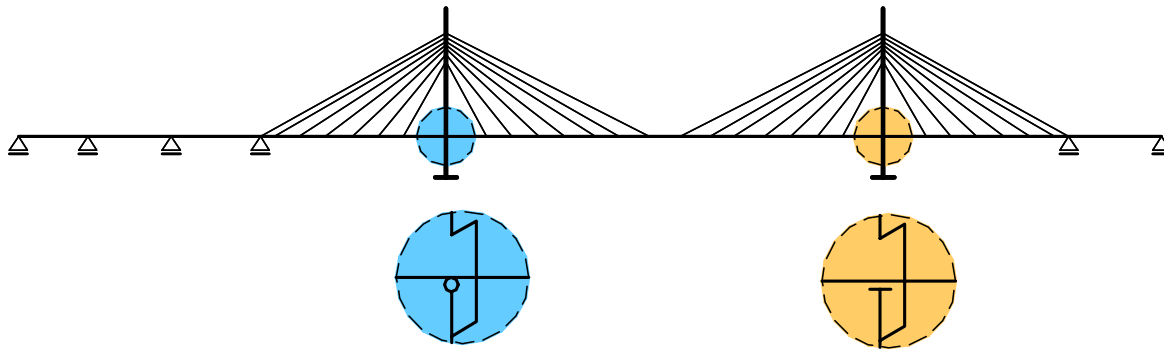
Greda $\rightarrow$ “plate” elementi $\rightarrow$ kod razmatranja lokalnih problema.

Zatege $\rightarrow$ “beam” elementi + mali momenti tromosti i idealizirani E koji omogućuje zamjenu progibne linije zatege sa ravnim štapom.

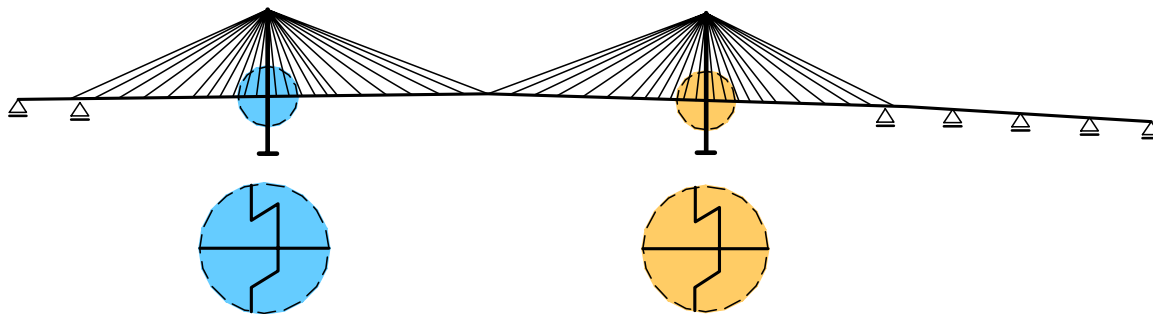
Zatege $\rightarrow$ “cable” elementi $\rightarrow$ opisuju stvarno ponašanje zatega; svakako kod nelinearnog proračuna.

PRORAČUN – Modeliranje sustava

Ravninski model za most Diepoldsau



Ravninski model za most Pasco-Kennewick



Idejni projekt



Ravninski model sa štapnim elementima



Riješiti spoj grede i pilona

Glavni projekt



Ravninski model ako dobro aproksimira ponašanje



Nema poprečnog savijanja pilona od $g+p$

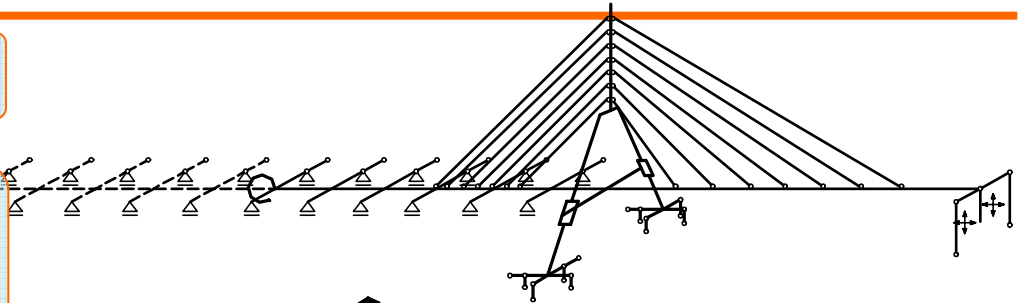


Ipezasto bočno (lateralno) ovješnje kod pilona s poprečnim gredama na vrhu

PRORAČUN – Modeliranje sustava

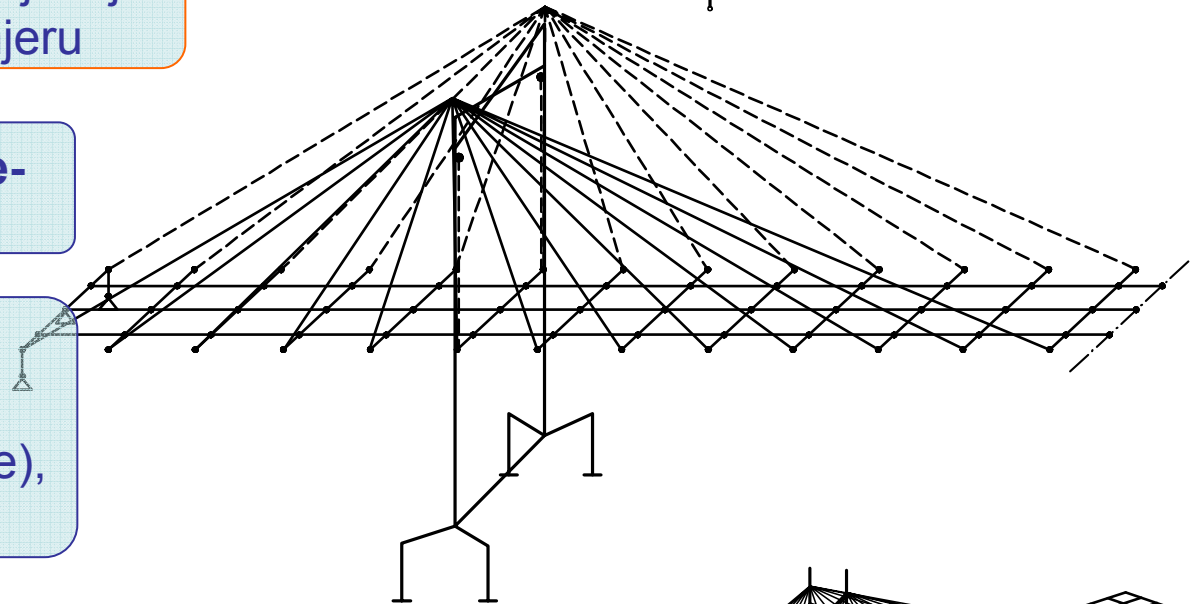
Prostorni model mosta Flehe

omogućio uzimanje u obzir djelovanje vjetrova, promjene temperature, utjecaj oblika pilona u poprečnome smjeru



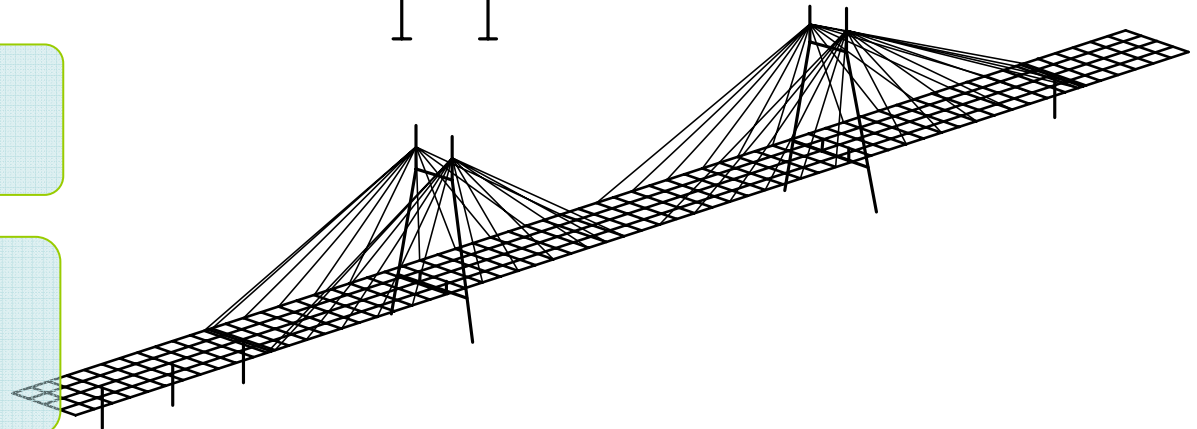
Prostorni model mosta Zarate-Brazo Largo

nesimetrično opterećenje u poprečnom presjeku (kolnik i željeznička pruga s jedne strane), veliki utjecaj nelinearnosti



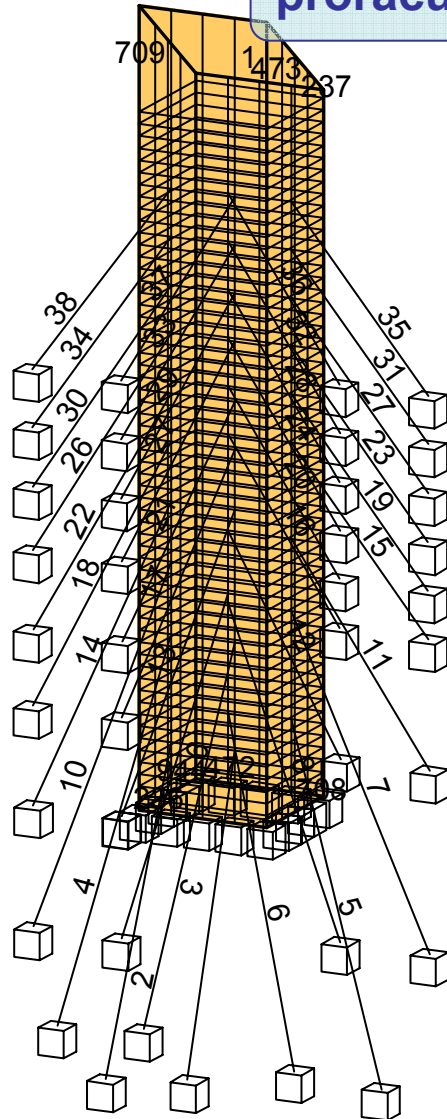
Prostorni model mosta Diepoldsau s pločastim el.

proračun poprečnog savijanja pilona, uzdužno i poprečno savijanje pločaste grede



PRORAČUN – Modeliranje sustava

Djelomični model za
proračun vrha piona



Opterećenja piona:

Vlastita težina

Tlačne sile kosih zatega

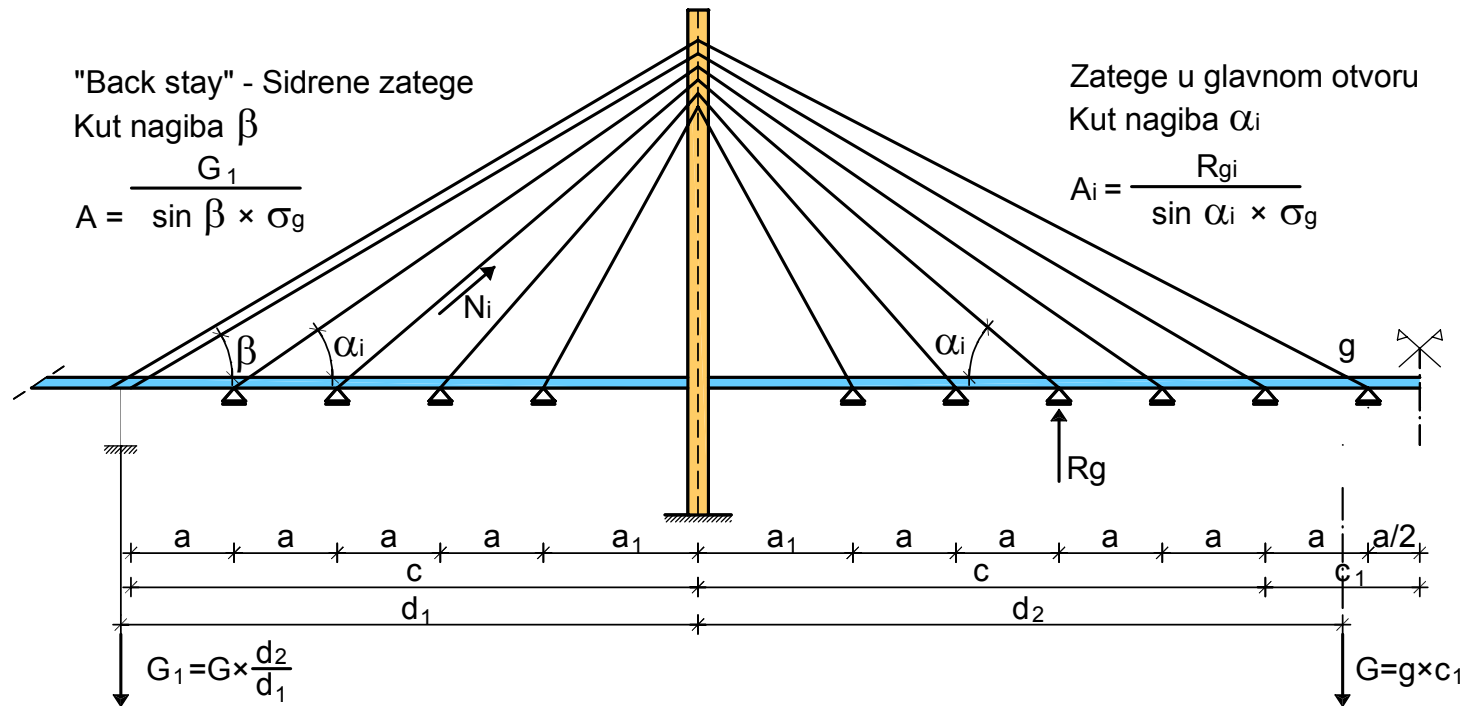
Horizontalne komponente

Vjetar uzd. i popr. - M

Djelomični model za
proračun sidrenja
zatege na glavni nosač



PRORAČUN – Preliminarni proračun



gredu možemo promatrati kao kontinuirani nosač na čvrstim osloncima

Sile u zategama: $N_i = R_{g,i} / \sin \alpha_i$

Za zatege "back stay" pretpostavlja se da indirektno podupiru onaj dio srednjeg raspona koji nije uravnotežen s bočnim rasponom. Sile u tim zategama dobiju se projekcijom sile G_1 u smjeru zatega.

Za dimenzioniranje: granični napon σ_g za djelovanje vlastite težine i dodatnoga stalnog opterećenja = ?

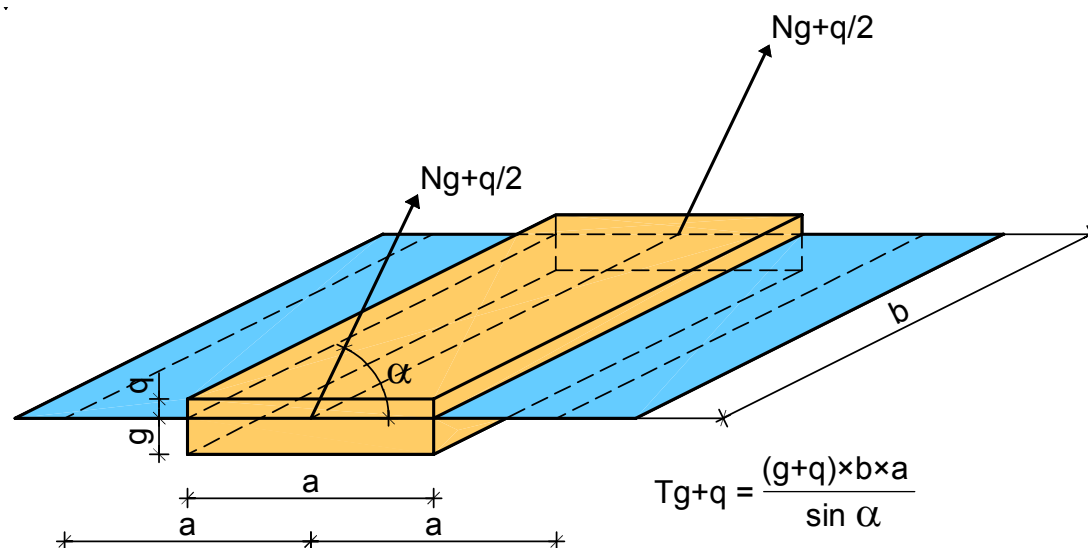
PRORAČUN – Preliminarni proračun

Pretpostavimo da zatega od pokretnog opterećenja preuzima silu Nq koja je proporcionalna sa silom Ng

Definiramo parametar $\eta = q/g$ kao odnos prometnog i stalnog opterećenja.

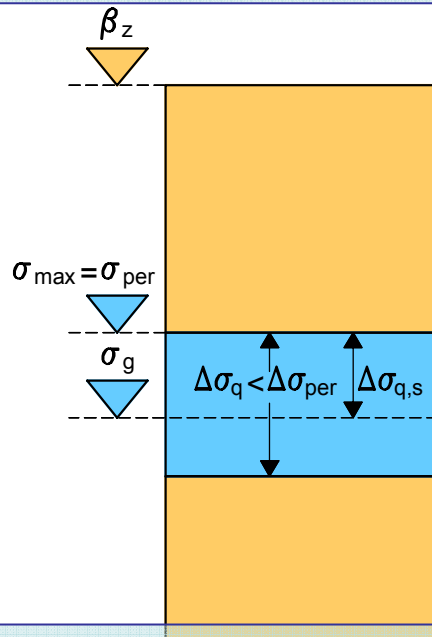
za betonske cestovne mostove:
 $\eta = 0,2-0,3$ (nizak)

za čelične željezničke mostove:
 $\eta = 1,0-2,0$ (visok)



PRORAČUN – Preliminarni proračun

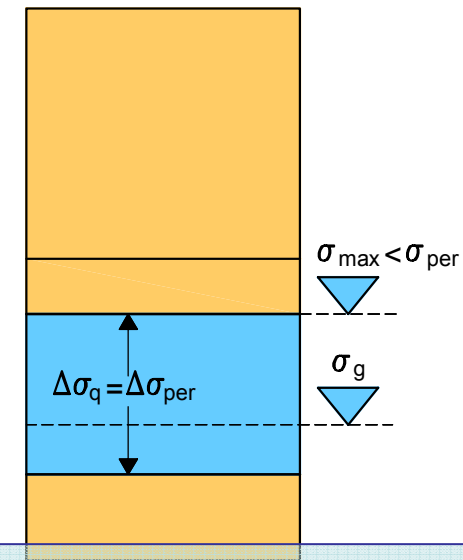
nizak η



mjerodavan kriterij čvrstoće:

$$\sigma_g + \sigma_{\text{qup}} < \sigma_{\text{per}}$$

visok η



mora se koristiti kriterij umora :

$$\Delta\sigma_q < \Delta\sigma_{\text{per}}$$

Za oba ova kriterija može se uspostaviti odnos σ_g i η

$$\sigma = \left(1 + \frac{q}{g}\right)^{-1} \sigma_{\text{per}}$$

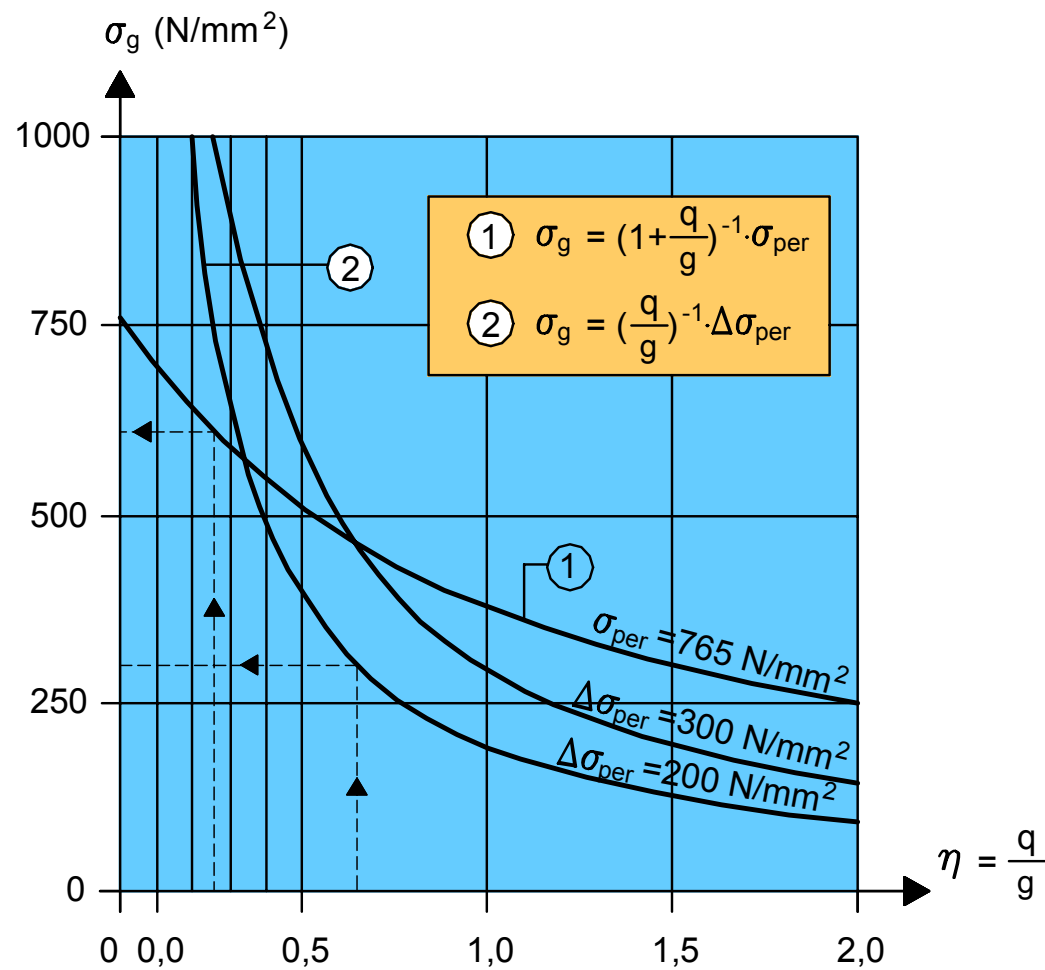
$$\sigma_g = \left(\frac{q}{g}\right)^{-1} \Delta\sigma_{\text{per}}$$

Dopušteni napon u zategama:
Razliku napona jamči proizvođač:

$$\sigma_{\text{per}} = 0,45 \cdot 1700 = 765 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_{\text{per}} = 200 \text{ N/mm}^2 \text{ ili } 300 \text{ N/mm}^2$$

PRORAČUN – Preliminarni proračun



Dopušteni naponi σ_g u funkciji η za kriterij čvrstoće 1 i kriterij zamora 2

Potrebna površina zatega: $A_i = N_{g,i} / \sigma_g$

PRORAČUN – Dinamička analiza

3 vrste problema:

aerodinamički efekt

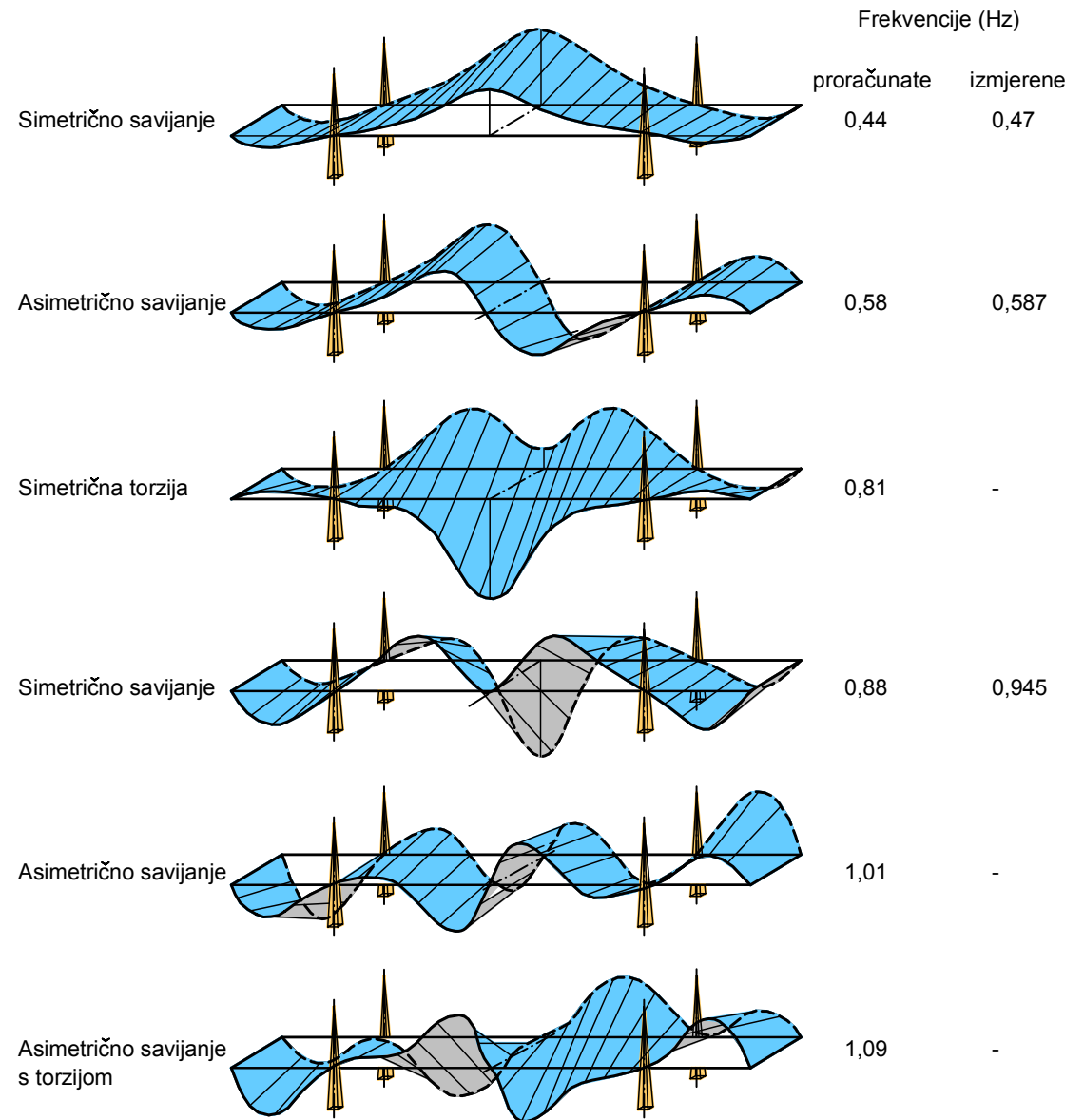
Aerodinamička nestabilnost bila je uzrok rušenja visećih mostova ranijeg razdoblja

psihološki efekt

Oscilacije uzrokovane vjetrom i prometom ne uzrokuju oštećenje mosta, ali mogu vrlo neugodno djelovati na njegove korisnike

seizmičko djelovanje

Analiziranje dinamičkih utjecaja na most iziskuje poznavanje vlastitih frekvencija i tonova promatrane konstrukcije.



Prikaz prvih šest tonova za most Zarate-Brazo Largo



**Zarate-Brazo Largo,
1978.g, 2003.g, Argentina
110 m + 330 m + 110 m
H piona = 110.00 m
h grede = 2.60 m**



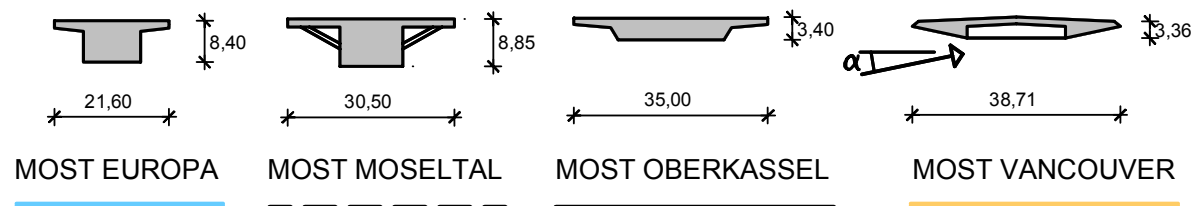
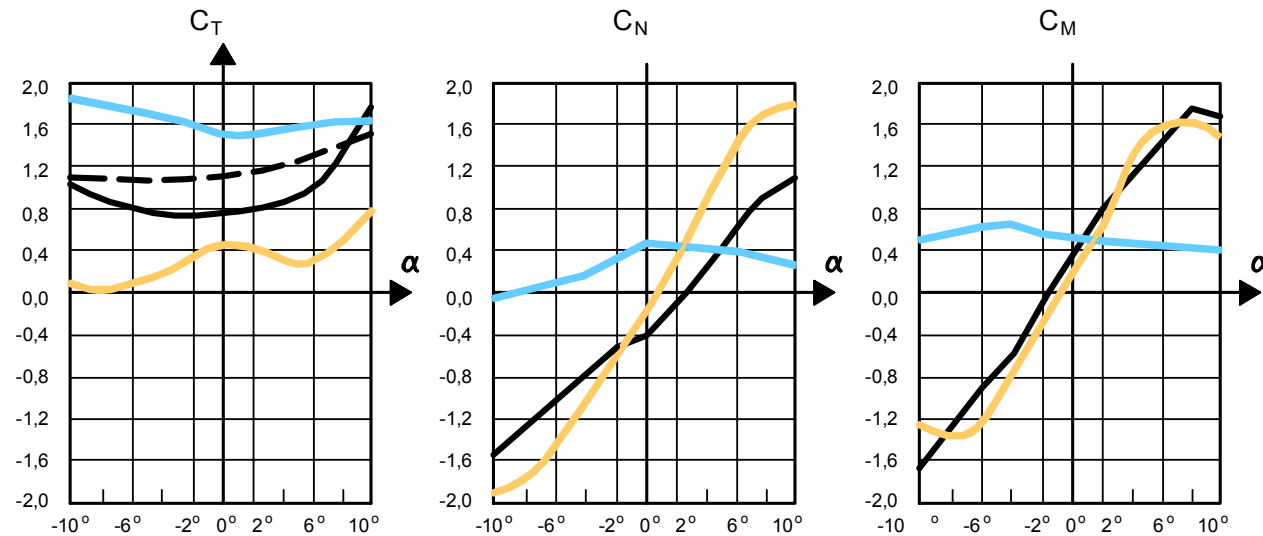
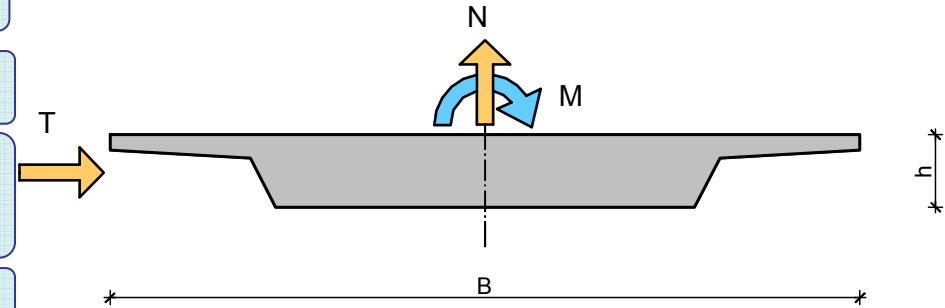
PRORAČUN – Dinamička analiza

Djelovanja vjetra na most ovise o:

pritisku vjetra w

obliku poprečnog presjeka
(koeficijenti oblika – zračni tunel)

kutu napada vjetra na konstrukciju α



PRORAČUN – Dinamička analiza

Strujanje zraka uzrokuje

savijajuće i torzijske
oscilacije konstrukcije

uslijed male promjene kuta
djelovanja vjetra
→ odižuće djelovanje

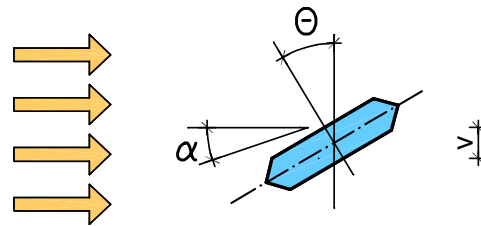
flutter → rušenje mosta
Tacoma 1940.

Flutter nastaje kada su:

savijajuća i torzijska vlastita
frekvencija preniske

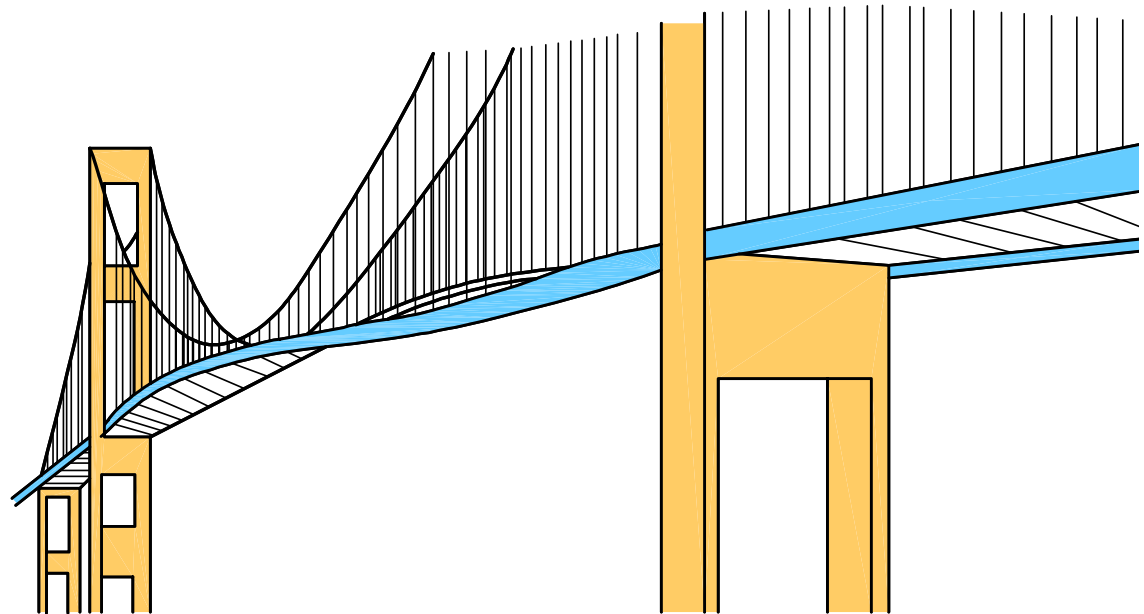
preblizu jedna drugoj po
vrijednosti

podudaranje oba slučaja



Zadovoljavajući odnos
dviju frekvencija $f_B/f_T=2,5$

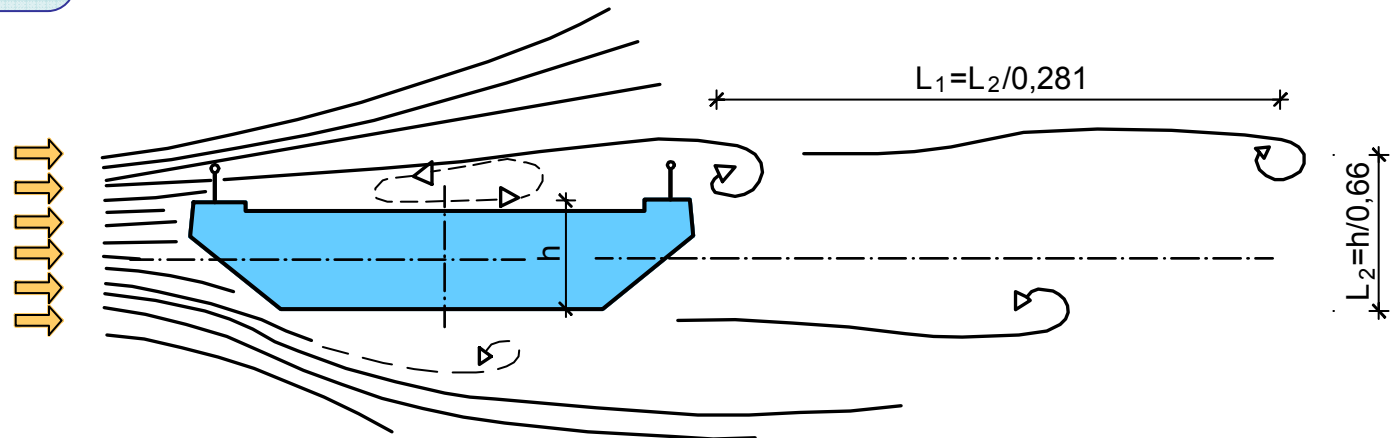
$$\frac{f_T}{f_B} \geq 2,5$$



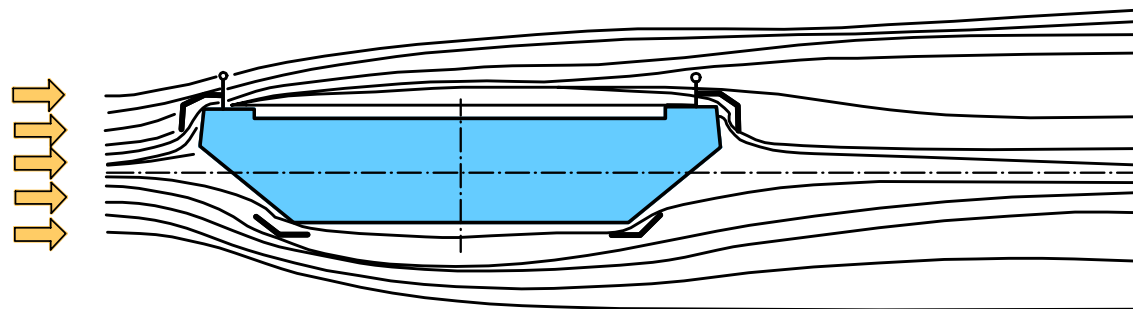
PRORAČUN – Dinamička analiza

Flutter → odvajanjem vrtloga na rubovima poprečnog presjeka

Djelovanje vjetra na gredu bez deflektora



Djelovanje vjetra na gredu sa deflektorom

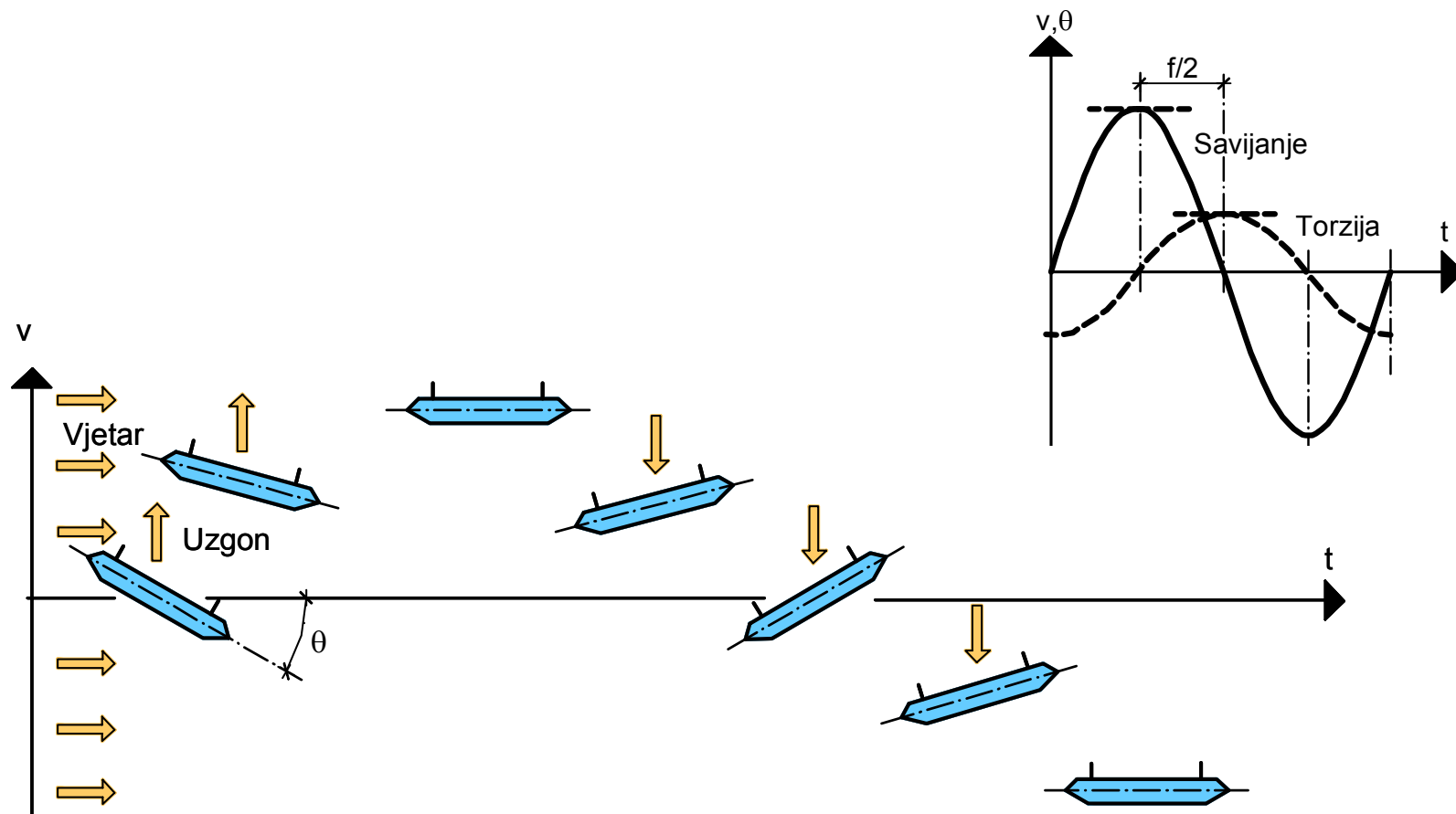


PRORAČUN – Dinamička analiza

Djelovanje fluttera na gredu mosta

iznad određene brzine vjetra v_{crit} greda počinje primati veću energiju od one koju može disipirati prigušenjem.

pojava savijajućih i torzijskih pomaka s naglim povećavanjem amplituda sve do sloma konstrukcije



PRORAČUN – Dinamička analiza

Konstruktivne mjere za izbjegavanje “fluttera”

Oblikovati aerodinamički i torzijski kruti poprečni presjek grede (pogotovo za ovješenje u jednoj ravnini i u dvije s H pilonom)

Ovješenje u dvije ravnine nagnute jedna prema drugoj (A-pilon)

→ prostorni sustav koji je torzijski krut pa krutost same grede ne mora biti velika

Povoljan odnos širine grede, visine i glavnog raspona

→ Betonski mostovi,
2 ravnine ovješenja

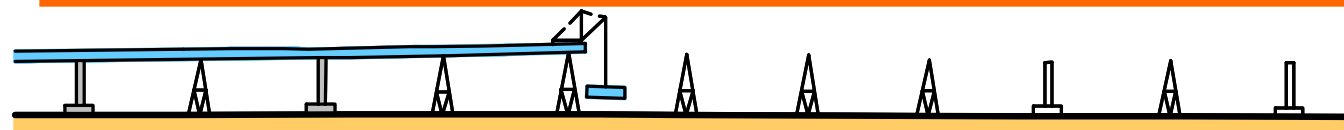
→ $B \geq 10 h$ ili
 $B \geq L/30$

→ Čelični mostovi,
 $L > 400$ m , A pilon

→ $B \geq L/25$

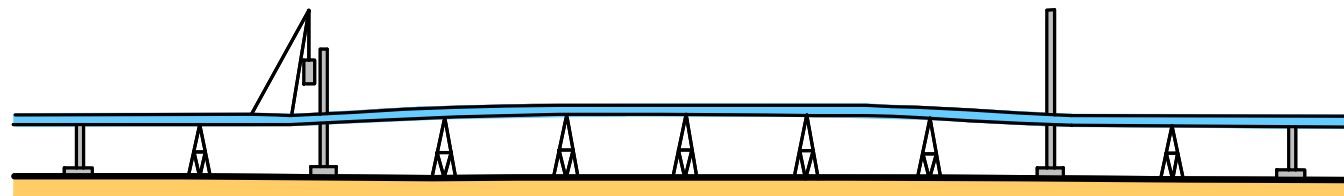


IZVEDBA – Gradnja na privremenim osloncima



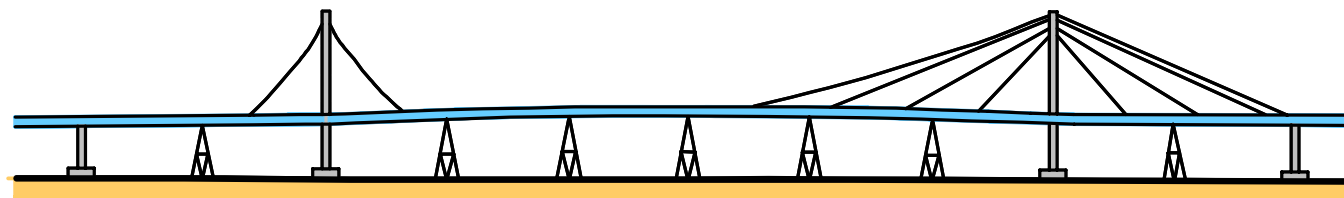
FAZA 1

*Izvedba nosača za ukrućenje na stalnim i privremenim stupovima
Nadvišenje=ukupni progib nosača ovješnog na zategama od g*



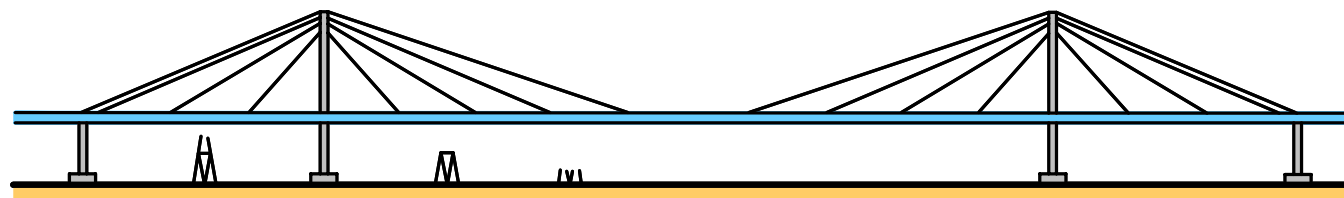
FAZA 2

Izvedba pilona s razine izvedenog kolničkog nosača



FAZA 3

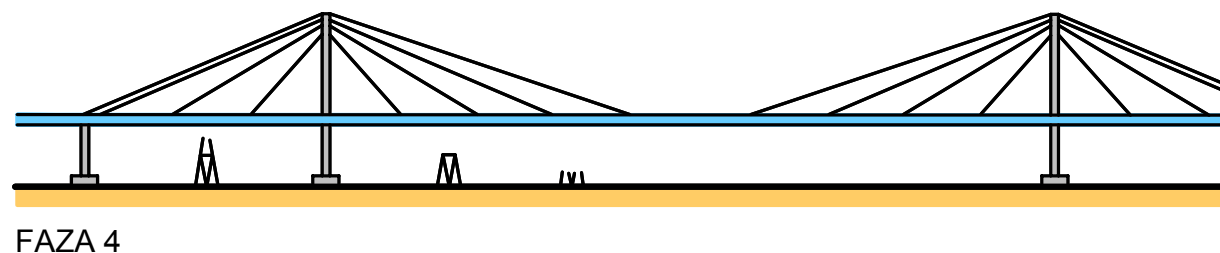
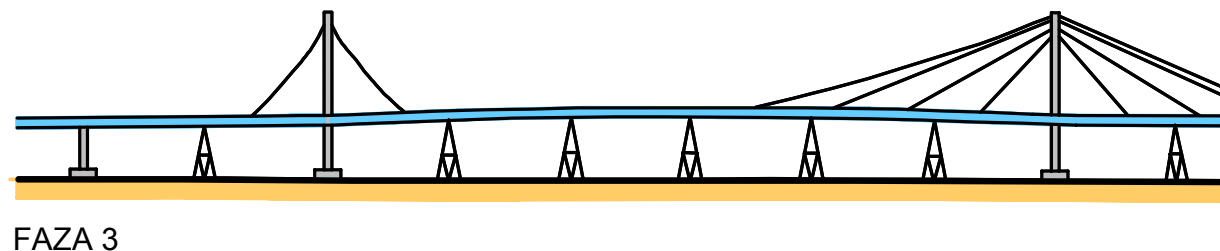
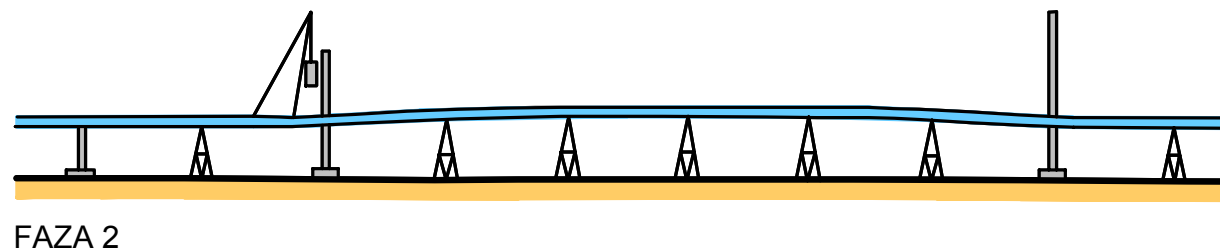
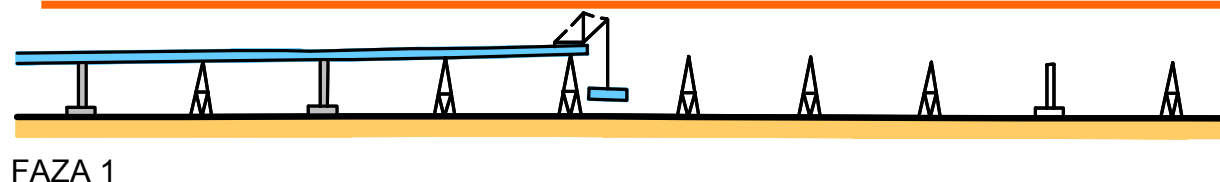
*Ugradnja zatega i djelomično pritezanje samo do poništenja ili
značajnog smanjenja progiba pojedine zatega*



FAZA 4

*Uklanjanje privremenih oslonaca, predaja opterećenja na
zatega, pritezanje zatega*

IZVEDBA – Gradnja na privremenim osloncima



MANE:

Privremeni oslonci, cijena, temeljenje u vodotocima, potreba za slobodnim prostorom, isplativo samo uz dovoljnu krutost na savijanje u uzdužnom smjeru

PREDNOSTI:

Jednolika izvedba s jednog na drugi kraju uz jednostavan transport, mogućnost kombinacije s plovnim dizalicama, jednostavna kontrola geometrije i prednapinjanja zatega

IZVEDBA – Postupno uzdužno potiskivanje

Most preko Dunava, Metten, Njemačka

Sandučasti nosač betoniran u odsječ. 17 m, 1.takt donja ploča, 2. takt hrptovi i gornja

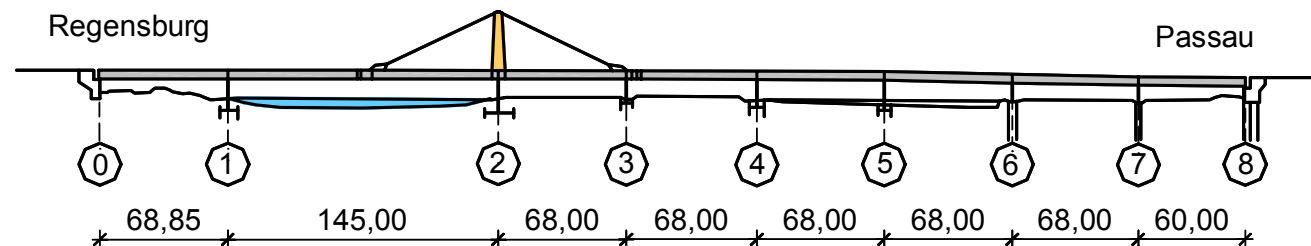
Potiskivanje preko glavnih i pomoćnih stupova, $L=34$ m, u gl. otvoru $L=58$ m, kljun $L=35$ m

poprečni nosači iznad stalnih stupova, ležajevi zamijenjeni konačnim, sekundarni eksc. kabeli uvedeni u sanduk i prednapeti, demontirani pomoćni stupovi u prilazima

izbetoniran upeti spoj između sanduka i pilona, betonirani prednapeti poprečni nosači na mjestima uvođenja zatege u sanduk, a pilon u odsječcima od 5,30 m

Zatega, dvokraka, u uzdužnoj osi mosta, betonski štap s jezgrom od kabela za prednapinjanje – izvedena na skeli u tri odječka od nožice do vrha pilona

Uvučeni kabeli preko sedla, izbetonirana glava pilona, kabeli prednapeti po programu, demontirani i pomoćni stupovi na mjestima uvođenja zatega u sanduk.



IZVEDBA – Postupno uzdužno potiskivanje

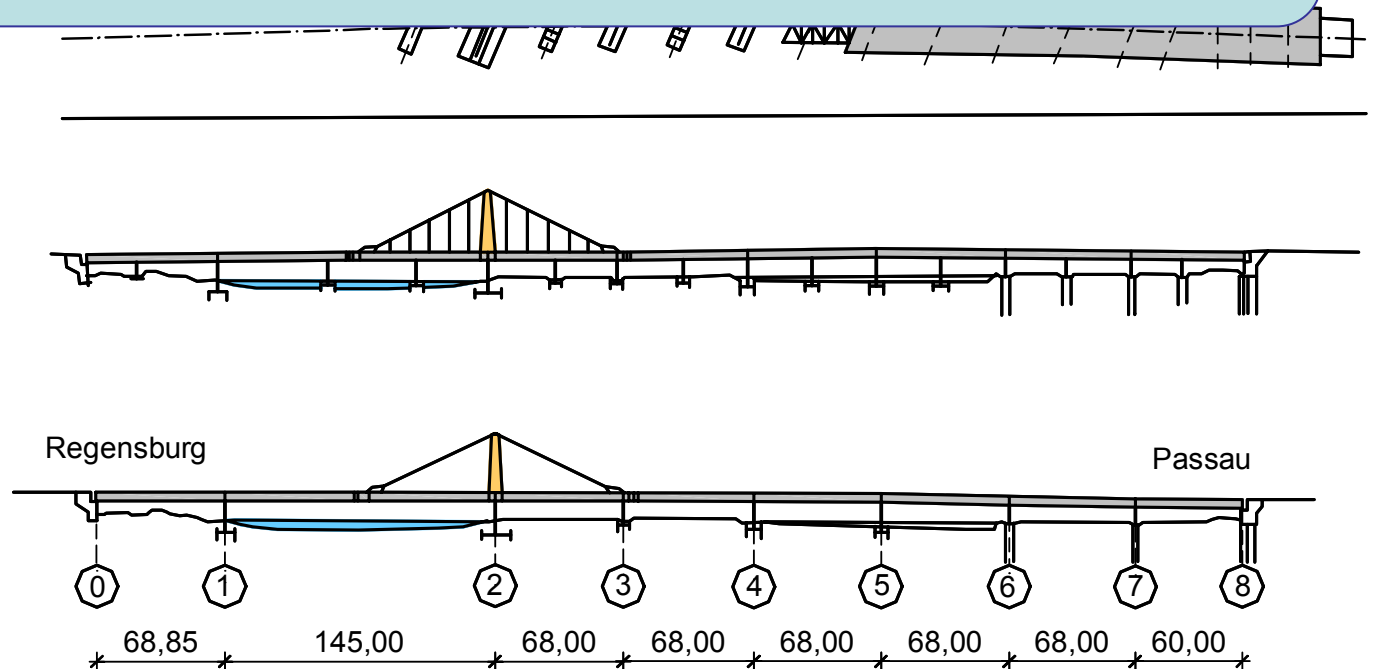
Most preko Dunava, Metten, Njemačka

MANA

prednapete betonske zatege – izgradnja na skeli

PREDNOSTI

- beton djeluje kao antikorozivna zaštita kabela za prednapinjanje, zaštita od udara vozila, zaštita od atmosferilija
- moguće primijeniti normalne kabele za prednapinjanje i redovite propise za betonske prednapete konstrukcije (u to doba DIN 4227)



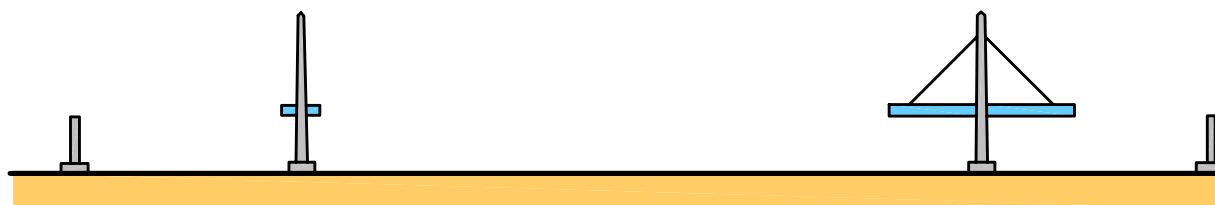
IZVEDBA – Slobodna konzolna gradnja-dvostrana



FAZA 1

Glavni stupovi, pilon

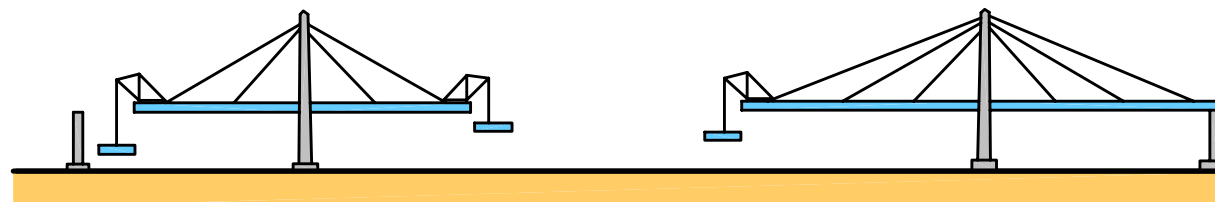
Dio kolničkog nosača na mjestu pilona privremeno pričvrstiti



FAZA 2

Konzolni postupak pomoću derrick kрана симетрично

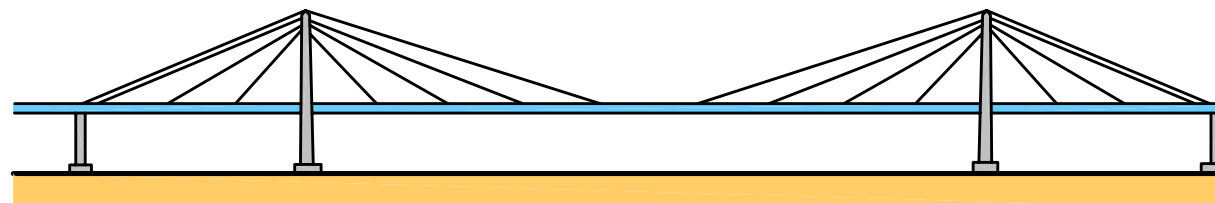
Kose zatege usporedno radi smanjenja momenta



FAZA 3

Pri ugradnji svakog sljedećeg dijela ugrađena zatega aktivira silu u nosaču

Pričvršćenje nosača za krajnji stup – produženje slobodne konzolne gradnje u srednjem rasponu



FAZA 4

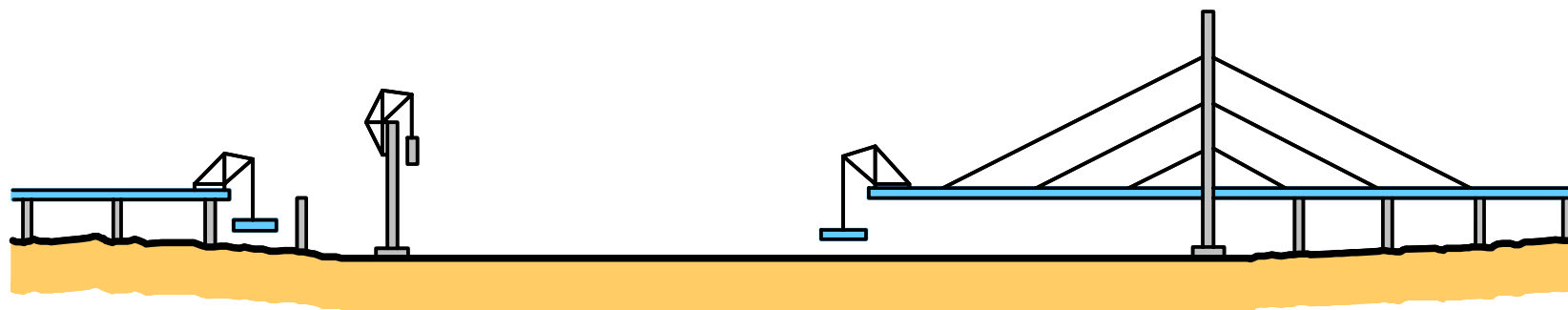
Jedna polovica pa pomicanje na drugi pilon

ugradnja opreme

IZVEDBA – Slobodna konzolna gradnja

Kombinacija gradnje na privremenim osloncima u bočnim otvorima i slobodne konzolne gradnje u glavnom otvoru.

Kose zatege počinju se ugrađivati s trenutkom početka slobodne konzolne gradnje u srednjem otvoru, i to obostrano, u bočnom i srednjem rasponu.



Jednostrana slobodna konzolna gradnja kolničkog nosača primjenjuje se kada se bočni otvori mogu izvesti bez privremenih oslonaca.

Planirati izgradnju sa što manje pomoćnih oslonaca, zatega (veliki razmak između glavnih zatega), privremenih podupirača uz pilona jer povećavaju ukupne troškove.

IZVEDBA – Izvedba pilona

MONTAŽA GOTOVIH ELEMENATA



Plovne, penjuće ili toranjske dizalice

BETONIRANJEM NA MJESTU
U PODIZNOJ OPLATI

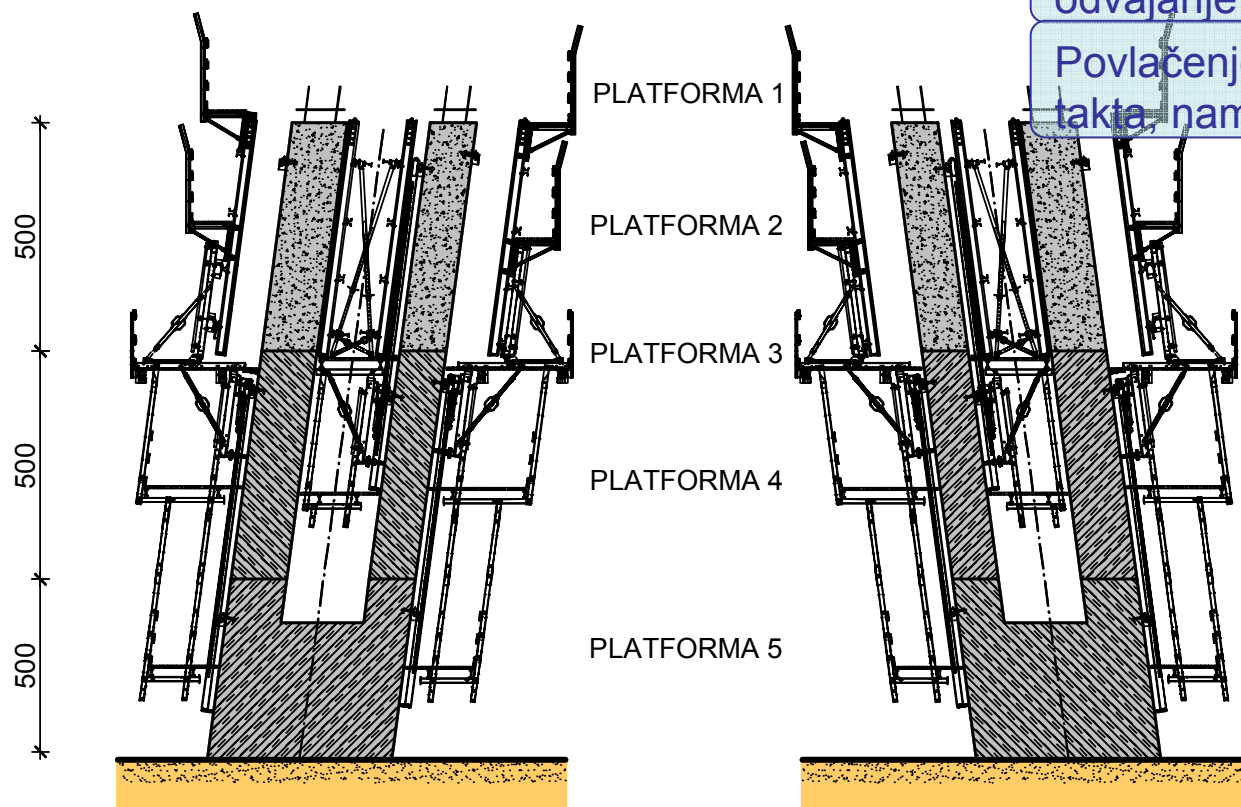


postavlja se najprije skela za taktove betoniranja

oplatu pilona, armaturni koševi povezuju se s armaturom prethodnog takta

Betoniranje, nakon očvršćavanja
odvajanje oplate od betonske stijenka

Povlačenje skele na poziciju novog
takta, namještanje oplate ...



Prikaz gradnje pilona
na mostu preko
Rijeke dubrovačke



Tatara, Japan, 1999. g.,
najveći čelični ovješeni most, 270 m + 890 m + 320 m
slobodni profil 26,0 m; širina grede $b=30,6$ m; visina pilona $H=220$ m



Yangpu, Kina, 1993. g.,
najveća spregnuta greda, $99 + 144 + 602 + 144 + 99$ m
širina grede $b=30,35$ m; visina pilona $H=223$ m



Skarnsundet, Norveška, 1991. g.,
najveći betonski ovješeni, $L=530$ m
širina grede $b=13,0$ m; visina grede $h=2,15$ m, visina pilona $H=152$ m

Masivni mostovi - predavanja

OVJEŠENI MOSTOVI

KRAJ

