

CESTE I MOSTOV

Vol. 33

Zagreb, 1987.

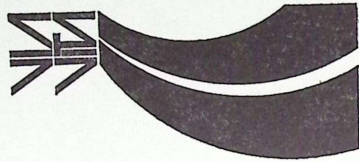
Broj 2



CESEMOSIOM

GLASILO SAVEZA DRUŠTAVA
ZA CESTE HRVATSKE I
SAVEZA DRUŠTAVA ZA
PUTOVE JUGOSLAVIJE

ovi



Sručni rad
UDK 624.51:625.745.1
IRRD 24-53

Most s najvećim rasponom od 457 m je Hooghly River Bridge (Kalkuta), s gredom za ukrucenje u spragnutoj izvedbi. U prednapetom betonu najveći raspon (410 m) ima most »Barrios de Luna« (Leon), Španjolska. U Japanu se, međutim, nalazi u gradnji ovješeni čelični most s rešetkastim nosačem za ukrucenje, raspona 460 m. Ti mostovi dolaze posebno do izražaja pri većim rasponima, no izveden je znatan broj s manjim rasponima, posebno ondje gdje je raspoloživa mala građevna visina. Zbog svoje atraktivnosti i male visine ovi se sustavi često koriste kod većih plesućkih prijelaza.

Prema dostupnim podacima, u Njemačkoj je sagrađeno 25 takvih mostova, u Japanu 19 a 4 su u gradnji. u Kini 10 i 3 u gradnji, u SAD 8 i 1 u gradnji, u Engleskoj 7, u Nizozemskoj 6, Italiji 5, Francuskoj, Kanadi i Austriji po 4, SSSR, Argentini i Španjolskoj po 3, Belgiji, Iraku, Švedskoj, Danskoj, Indiji, Libiji, Meksiku, Taiwanu, Venezueli, Zambiji po 1 itd.

U nas su sagrađena dva ovješena mosta, i to željeznički most preko Save u Beogradu i cestovni most preko Dunava u Novom Sadu.



Slika 1. Most preko Dunava — Novi Sad

2. RAZVOJ

Prvi ovješeni mostovi bili su sagrađeni pri kraju XVIII. i u početku XIX. stoljeća. Neki od njih su se srušili, te je nastalo nepovjerenje prema toj kategoriji mostova. To nepovjerenje intenzivirala je još Navierova osuda tog sustava kao nepouzdanog, te je stoga više od jednog stoljeća bio rijetko primjenjivan. Uzroci tome, međutim, nisu bili samo u spomenutim katastrofama, već i u nepoznavanju komplikiranoga hiperstatičkog sustava, te u neprilkladnosti tadašnjih materijala za zatege.

ČASOPIS ZA PROJEKTIRANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE I TEHNIČKO-EKONOMSKA PITANJA CESTA, MOSTOVA I AERODROMA

SADRŽAJ

Krešimir Šavor Zlatko Šavor, Zagreb	41
Ovješeni mostovi stručni rad	41
Danko Mlinarić Franka Odak, Zagreb	49
Studija uvjeca na okolinu pri gradnji magistralnih cesta u SR Hrvatskoj stručni rad	49
Boris Golub, Zagreb	57
Realizacija plana razvoja magistralnih cesta u SR Hrvatskoj u razdoblju od 1981. do 1985. godine stručni rad	57
Josip Kisić, Zagreb	63
Prometne nezgode kao posljedica razvoja cestovnog prometa i njihovo značenje s aspekta ONO prikaz	63

Časopis »Ceste i mostovi« izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, član Saveza društava za putove Jugoslavije. Osnovna je svrha časopisa da upozna čitatelje s najnovijim dostignućima i iskustvima u projektiranju, građenju, održavanju te sa svim akcijama na unapređenju cestovne mreže.

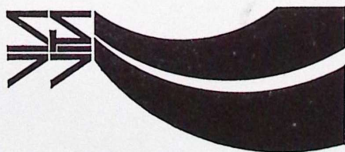
- Godišnja pretplata
- za pravne osobe: prvi preplatički primjerak 9000 dinara a svi naredni uz 10% popusta
 - za pojedince: 1800 dinara
 - za inozemstvo: 80 SAD dolara, a za zrakoplovnu ili preporučenu dostavu još 24 SAD dolara
- Pojedini primjerci u prodaji
- za pravne osobe: 750 dinara
 - za pojedince: 220 dinara
- Cijena oglasa
- za uzemstvo:
 - za četvrtinu stranice 1/1 — 50 000 dinara
 - za polustranicu 1/2 — 35 000 dinara
 - za četvrtinu stranice 1/4 — 30 000 dinara
 - za osamostalnu stranice 1/2 — 23 000 dinara
 - za inozemstvo:
 - za četvrtinu stranice 1/1 — 660 SAD dolara
 - za polustranicu 1/2 — 500 SAD dolara
 - za četvrtinu stranice 1/4 — 350 SAD dolara

Za tiskanje časopisa koriste se sredstva Saveza republičkih i pokrajinskih samoupravnih interesnih zajednica za naučne delatnosti u SFRJ. Republičke zajednice za znanstveni rad SR Hrvatske te sredstva podjavnika samoupravnog sporazuma o sufinansiranju časopisa.

UREDNIČKI ODBOR

- Glavni i odgovorni urednik: Danko Mlinarić, dipl. inž., Zagreb
Zamjenik gl. i odv. urednika: mr. Ivan Liović, dipl. ek., Zagreb
- Članovi: prof. dr. Branimir Babić, dipl. inž., Zagreb, Baldo Bakalić, dipl. inž., Split, Tomislav Bilić, dipl. inž., Zagreb, Dušan Deković, dipl. inž., Rijeka, Josip Herenda, dipl. inž., Zagreb, Zeljko Kadifjević, dipl. inž., Zagreb, dr. Ivan Legat, dipl. inž., Zagreb, Ljubomir Leko, dipl. inž., Osijek, mr. Ivan Liović, dipl. ek., Zagreb, dr. Ivo Lozić, dipl. inž., Split, dr. Zvonimir Marić, dipl. inž., Zagreb, Danko Mlinarić, dipl. inž., Zagreb, Alojz Petrović, dipl. inž., Zagreb, Zvonko Pilko, dipl. inž., Zagreb, dr. Zdravko Ramak, dipl. inž., Zagreb, Josip Sekopek, dipl. inž., Zagreb, Vesela Selanec, dipl. inž., Zagreb
- Tehnički urednik: Mirjana Zec, prof.
Klasifikacija i indeksiranje po UDK i IRRD: mr. Davor Sovagović
Grafička obrada: Branko Zlamalik
- Časopis izlazi mjesečno.
Tisak: NISRO »Vjesnik« — OOUR TMG — Pogon VS
- Časopis izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, Zagreb, Vongina ulica 3, tel. 345-122/63, pošt. prefl. 673, žiro-račun 30102-678-271, žiro-račun za inozemstvo kod Privredne banke Zagreb 30101-620-57-40-7210-00161-1

CESEMOSIOM



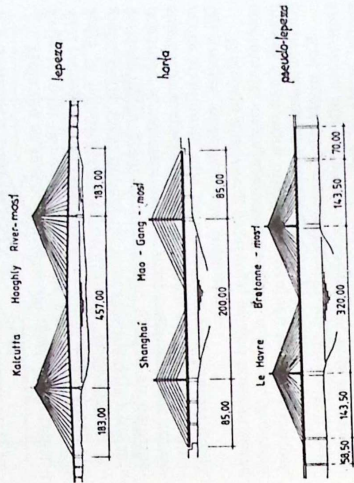
IZDAVAČKI SAVJET

- Predsjednik: Ateksa Ladavac, dipl. ek., Zagreb
- Članovi: Andrija Cibilić, dipl. inž., Zagreb, Drago Cendak, dipl. ek., Rijeka, Bogoljub Cibranovski, dipl. inž., Šopje, Dejan Drobničković, dipl. inž., Yitograd, potp. Ahmed Hanić, Zagreb, Matija Krtomir, dipl. inž., Zagreb, Bela Kovac, dipl. inž., Osijek, Marijan Krajnc, dipl. inž., Ljubljana, Ateksa Ladavac, dipl. ek., Zagreb, Drago Mlinarić, dipl. inž., Novi Sad, Ateksa Mlinarić, dipl. inž., Rijeka, Ateksa Mlinarić, dipl. inž., Split, Branko Osojčić, dipl. inž., Vrazdvin Stjepan Predavec, dipl. inž., Zagreb, Niveska Rukavina, dipl. inž., Osijek, Hasan Sarajlić, dipl. inž., Sarajevo, prof. dr. Aleksandar Solc, dipl. inž., Zagreb, dr. Miloš Terzić, dipl. inž., Beograd, Delimir Vuketić, dipl. inž., Zagreb

- asimetričan most s tri raspona
- simetričan most s dva raspona
- asimetričan most s dva raspona.

Dispozicije s više od tri raspona izvode se rijetko. Optimalni odnos između veličina postranih polja i srednjeg polja iznosi kod simetričnog mosta s tri polja 0,4–0,5. Ako je ta vrijednost manja, pokrižu se krajnji tečajevi, a ako je veća, onda se od pokretnog opterećenja povećavaju varijacije momenta savijanja grede i napona vješaljki u postranim otvorima.

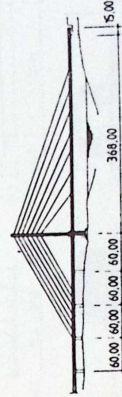
Vješaljke se mogu rasporediti na nekoliko načina, i to u obliku lepeze, harfe i pseudolepeze.



Slika 8. Raspored vješaljki

Raspored u obliku čiste lepeze, gdje se sve vješaljke sijeku u jednoj točki na pilonu, tehnički je teže izvodljiv, a tu su i nepovoljni momenti savijanja u pilonu. Stoga se taj raspored rijetko primjenjuje. Harfa je lijepeza, no primjenjuje se također rijetko zbog veće težine vješaljki i relativno većih momenta savijanja u pilonu. Najčešće se zbog toga izvodi pseudolepezast raspored, gdje su vješaljke raspoređene na izvjesnoj visini gornjeg dijela pilona.

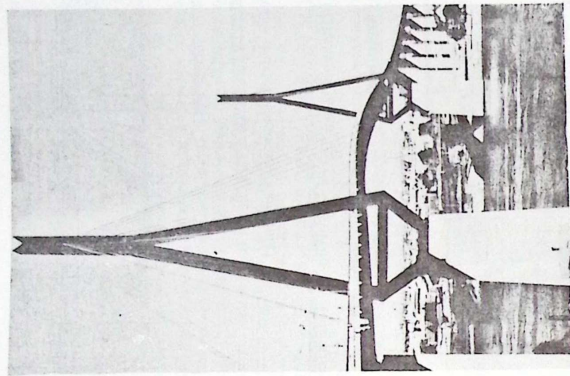
Katkada postoji potreba da se izvodi simetrični ili asimetrični ovješeni most s dva raspona. Kod asimetričnog mosta s dva raspona obično je glavni krak iznad npr. matice rijeke ili zaljeva, a sporedni na obali (sl. 9).



Slika 9. Most Flehe — Düsseldorf

Na sporednom kraku vješaljke se mogu rasporediti i na više otvora (sl. 10).

Kod velikoga centralnog raspona izvodi se katkad greda za ukrutenje u čeliku tako je preostali dio mosta u prednapetom betonu. Moguće su, također, kombinacije u spregnutoj verziji.



Slika 5. Most Köhlbrand — Hamburg

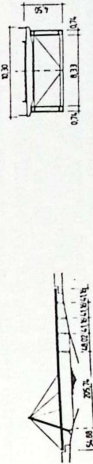


Slika 6. Most Yamatogawa — Oosaka

smjelosti ugodno iznenađuje gledatelja. Iz dalje perspektive otkrivaju se samo vitke siluete dominantnih pilona i grede za ukrutenje. S bližeg stajališta zamjećuje se kao paučina i sustav vješaljki. U izboru rasporeda vješaljki, između lepeze, harfe ili pseudolepeze, u estetskom pogledu ističe se harfa.

Taj raspored, međutim, rijetko se koristi zbog veće količine čelika vješaljki i većih momenta savijanja na pilonu.

Prvi betonski ovješeni mostovi (Maracaibo) vrlo su interesantni, ali bez vitkosti i elegancije. U estetskom pogledu neuspjeli most je »Batman« — Australija.



Slika 7. Most Batman — Whirlpool Reach

5. UZDUŽNA DISPOZICIJA

Uzdužna dispozicija ovješениh mostova ovisi o vrsti i obliku prepreke, dopuštenim gabaritima, ekonomiji, estetici itd.

Razlikuju se četiri osnovna sustava, i to: — simetričan most s tri raspona

Zbog malog međurazmaka vješaljki u gredi je znatno manje opterećenje momentima savijanja, te je stoga preporučljivo normalnom tlačnom silom od djelovanja vješaljki, koje su napregnute vlačnim silama. Prema tome, ovaj se sustav u statičkom pogledu može shvatiti kao konvencionalna rešetka, gdje gornji pojas predstavlja vješaljke, a donji pojas — greda za ukrutenje a pilon — vertikalna. Greda tada treba biti male krutosti, jer se time izbjegavaju nepotrebni prisilni momenti savijanja (Zwängungsmomente). Krutost joj mora biti, međutim, toliko da je zagavranirana potrebna sigurnost protiv izbočavanja uslijed djelovanja uzdužnih sila, te da su njene deformacije u dopuštenim granicama.

Povećanjem broja vješaljki uklonjeni su već izneseni nedostaci prve generacije ovješениh mostova, tj. greda za ukrutenje je znatno lakša i male krutosti — osim u slučaju aksijalnog opterećenja, sidrenje vješaljki je mnogo jednostavnije, pri montaži i izmjeni oštećenih vješaljki nisu potrebne pomoćne vješaljke. Osim toga valja istaknuti da je aerodinamična stabilnost ove generacije veća od prethodne zbog povećanja prigušenja uslijed povećanja broja vješaljki raznih dužina i prema tome raznih frekvencija.

Razvitiak ovješениh mostova ne bi se mogao zamisliti bez razvika materijala i konstrukcije vješaljki, napretka na području proračuna i dimenzioniranja, te moćnih elektroničnih računala.

3. EKONOMIJA

Jedno od osnovnih svojstava inženjerskih konstrukcija pa time i mostova mora biti ekonomičnost. Ona mora uključivati troškove gradnje, održavanja i gradnje pri raznim rampi. Nema jednostavnih formula po kojima bi se izgradio ekonomičan most. Potrebno je, stoga, izraditi nekoliko varijanta radi usporedbe, ovisno o složenosti mosta, te osim toga korisno je služiti se iskustvima stečenim na sličnim objektima u nas i u svijetu.

Međunarodne licitacije dokazale su superiornost ovješениh mostova u ekonomskom pogledu. Analize s grafikom utrošenih osnovnih materijala pokazuju da su ti mostovi za raspon od 180 do 500 m na donjoj granici (1). Svakako je pri tome važna činjenica da »oni sami sebe grade«, tj. da za njihovu gradnju nisu potrebne posebne skele, jarmovi, nosači, a kod balansnog postupka čelične rešetkaste konstrukcije ili posebni uređaji za gredne ili mnoštvo zatega i uređaja za lučne mostove. Vješaljke se danas većinom izrađuju od istih žica koje se koriste za prednapeti beton. Gradnja pilona je relativno jednostavna primjenom penjačke ili klizne oplate.

Ovješeni mostovi grade se većinom balansiranim postupkom idući od pilona na jednu i drugu stranu dodavanjem elemenata grede i odgovarajućih vješaljki.

4. ESTETIKA

Danas je u svijetu općenito prihvaćeno mišljenje da estetika ima važnu ulogu u ocjeni kreativne vrijednosti mosta. Ovješeni mostovi pružaju mogućnost inventivnog i atraktivnog oblikovanja.

Oni su plod razmišljanja i težnje k modernijim i savršenijim rješenjima. U estetskom pogledu ističu se jednostavnost, jedinstvenost i logičnost sustava lišenog beznačajnih balasta. Te kvalitete proizlaze iz prirodnih zakona na kojima se temelji mehanika. Dojam vitkosti i

Zbog malog međurazmaka vješaljki u gredi je znatno manje opterećenje momentima savijanja, te je stoga preporučljivo normalnom tlačnom silom od djelovanja vješaljki, koje su napregnute vlačnim silama. Prema tome, ovaj se sustav u statičkom pogledu može shvatiti kao konvencionalna rešetka, gdje gornji pojas predstavlja vješaljke, a donji pojas — greda za ukrutenje a pilon — vertikalna. Greda tada treba biti male krutosti, jer se time izbjegavaju nepotrebni prisilni momenti savijanja (Zwängungsmomente). Krutost joj mora biti, međutim, toliko da je zagavranirana potrebna sigurnost protiv izbočavanja uslijed djelovanja uzdužnih sila, te da su njene deformacije u dopuštenim granicama.

Povećanjem broja vješaljki uklonjeni su već izneseni nedostaci prve generacije ovješениh mostova, tj. greda za ukrutenje je znatno lakša i male krutosti — osim u slučaju aksijalnog opterećenja, sidrenje vješaljki je mnogo jednostavnije, pri montaži i izmjeni oštećenih vješaljki nisu potrebne pomoćne vješaljke. Osim toga valja istaknuti da je aerodinamična stabilnost ove generacije veća od prethodne zbog povećanja prigušenja uslijed povećanja broja vješaljki raznih dužina i prema tome raznih frekvencija.

Razvitiak ovješениh mostova ne bi se mogao zamisliti bez razvika materijala i konstrukcije vješaljki, napretka na području proračuna i dimenzioniranja, te moćnih elektroničnih računala.

3. EKONOMIJA

Jedno od osnovnih svojstava inženjerskih konstrukcija pa time i mostova mora biti ekonomičnost. Ona mora uključivati troškove gradnje, održavanja i gradnje pri raznim rampi. Nema jednostavnih formula po kojima bi se izgradio ekonomičan most. Potrebno je, stoga, izraditi nekoliko varijanta radi usporedbe, ovisno o složenosti mosta, te osim toga korisno je služiti se iskustvima stečenim na sličnim objektima u nas i u svijetu.

Međunarodne licitacije dokazale su superiornost ovješениh mostova u ekonomskom pogledu. Analize s grafikom utrošenih osnovnih materijala pokazuju da su ti mostovi za raspon od 180 do 500 m na donjoj granici (1). Svakako je pri tome važna činjenica da »oni sami sebe grade«, tj. da za njihovu gradnju nisu potrebne posebne skele, jarmovi, nosači, a kod balansnog postupka čelične rešetkaste konstrukcije ili posebni uređaji za gredne ili mnoštvo zatega i uređaja za lučne mostove. Vješaljke se danas većinom izrađuju od istih žica koje se koriste za prednapeti beton. Gradnja pilona je relativno jednostavna primjenom penjačke ili klizne oplate.

Ovješeni mostovi grade se većinom balansiranim postupkom idući od pilona na jednu i drugu stranu dodavanjem elemenata grede i odgovarajućih vješaljki.

4. ESTETIKA

Danas je u svijetu općenito prihvaćeno mišljenje da estetika ima važnu ulogu u ocjeni kreativne vrijednosti mosta. Ovješeni mostovi pružaju mogućnost inventivnog i atraktivnog oblikovanja.

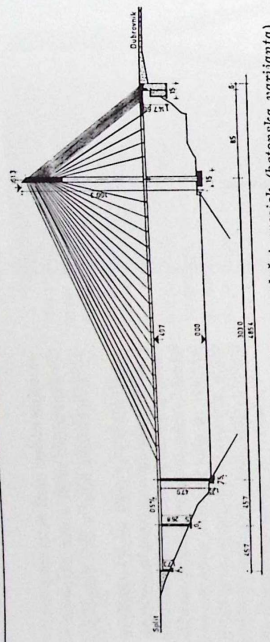
Oni su plod razmišljanja i težnje k modernijim i savršenijim rješenjima. U estetskom pogledu ističu se jednostavnost, jedinstvenost i logičnost sustava lišenog beznačajnih balasta. Te kvalitete proizlaze iz prirodnih zakona na kojima se temelji mehanika. Dojam vitkosti i

Slika 10. Most Leona, Barton de Lona — Spanjolska



Slika 10. Most Leona, Barton de Lona — Spanjolska

K. Šavor, Z. Šavor



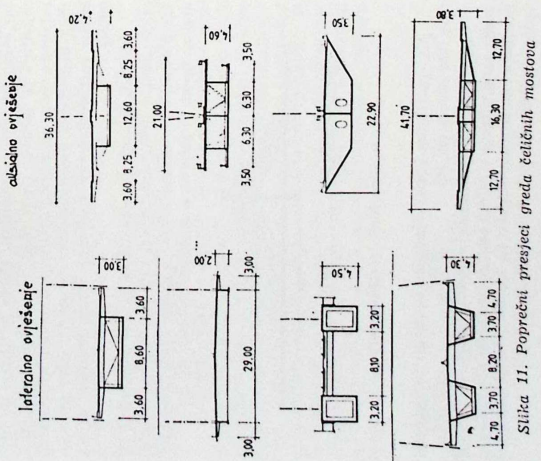
Slika 10. Most preko Rijeke dubronačke - uzdužni presjek (betonska varijanta)

6. POPREČNA DISPOZICIJA

Vješaljke se mogu, poprečno na most, rasporediti u dvije ravnine (lateralno), usidrene na rubovima nosača, ili u jednoj ravnini (aksijalno) u sredini mosta. Prvo rješenje je jednostavnije i povoljnije u ekonomskom pogledu. Osim toga, budući da lateralne vješaljke pružaju čvrste potpore gredi za ukrčenje, njezine su deformacije male, a, također, nastaje mali nagib kolnika pri nesimetričnom opterećenju. Zbog toga, s gledišta aerodinamičke stabilnosti, nije potrebna torzijska krutost gredi, čiji presjek može biti vrlo jednostavan.

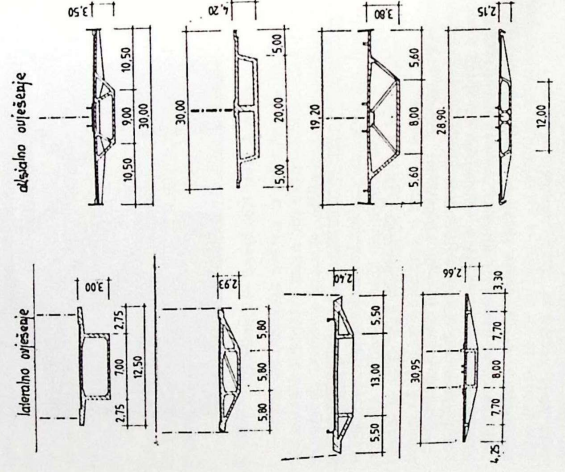
U slučaju aksijalnog ovješavanja, uslijed nesimetričnog opterećenja, nastaju znatni torzijski momenti. Poprečni presjek stoga mora imati odgovarajuću torzijsku krutost, što povlači za sobom i povišenje presjeka. Kod mješovitog prometa (cestovno-željeznički) ovješavanje može biti lateralno uz željeznicu, koja se nalazi u sredini mosta ili čak u četiri ravnine, ako je most jako širok.

Poprečni presjek, prema tome, ovisi o načinu poprečnog ovješavanja. Na slici 11. prikazano je nekoliko osnovnih presjeka izvedenih mostova u čeliku.



Slika 11. Poprečni presjeci greda čeličnih mostova

Više osnovnih presjeka izvedenih u prednapetom betonu prikazano je na sl. 12.



Slika 12. Poprečni presjeci greda betonskih mostova

7. VJESALJKE

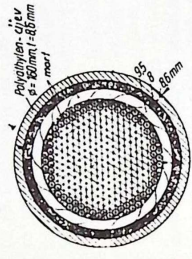
Vješaljke su jedan od osnovnih elemenata ovješanih mostova, pa stoga moraju biti izrađene od najkvalitetnijeg materijala. Za razliku od kabela za prednapinjanje, koji su smješteni obično unutar betonskog presjeka, vješaljke su izložene znatnim promjenama naprezanja od djelovanja pokretnog opterećenja, temperature itd., te su osjetljive na zamor. Zatim, budući da nisu zaštićene betonom, izložene su vremenskim utjecajima, pa je potrebno da njihova sigurnost protiv korozije bude maksimalna.

Vješaljka se može sastojati od jednog kabela koji sadrži potreban broj užeta ili više razmaknutih manjih kabela ili užeta. Ona može biti usidrena na pilonu ili može prelaziti kontinuirano preko pilona u slijedeće polje, što je danas rjeđi slučaj. Naime, pogodnije je, iz

montažnih i konstruktivnih razloga, vješaljke sidriti na pilonu.

Za ovješnje može se koristiti:

- zatvoreno spiralno uže, gdje se oko jezgre i slojeva okruglih žica nalaze slojevi profiliranih žica (Pmax = 6,1 MN),
- otvoreno spiralno uže, gdje se presjek užeta sastoji od spiralnih okruglih žica,
- uže od paralelnih žica, koje se danas sve više koristi zbog višeg modula elastičnosti, veće čvrstoće na zamor i veće sile (22 MN), te manje osjetljivosti na koroziju. Mana im je da su manje savitljiva od spiralnih užeta. Zaštićuju se od korozije tako da se stavljaju u cijevi, koje mogu biti od čelika ili od eromg polietilena. Oštećena mjesta jednih i drugih cijevi mogu se izrezati i popravljati umetanjem novih dijelova s pomoću zavaranja. Plastične cijevi od polyetilena moraju biti zaštićene od ultravioletnih zraka. Prostor između žica i zaštitne cijevi ispunjuje se antikorozivnim materijalom npr. cementnom emulzijom.



Slika 13.

Užad se doprema na gradilište gotova, namotana na velike drvene kolute, a mogu se izraditi i na gradilištu.

Čvrstoća vješaljki na zamor ovisi uglavnom o čvrstoći na zamor usidrenja. Dosađanja usidrenja s uljevanjem vrućeg cinka imaju nisku čvrstoću na zamor. Tvrtka BBR, u suradnji s prof. Leonhardtom, izradila je specijalno usidrenje, koje se sastoji od hladne ispuhe (čelične kuglice + epoksidna smola), a nazivaju se HiAm sidra.

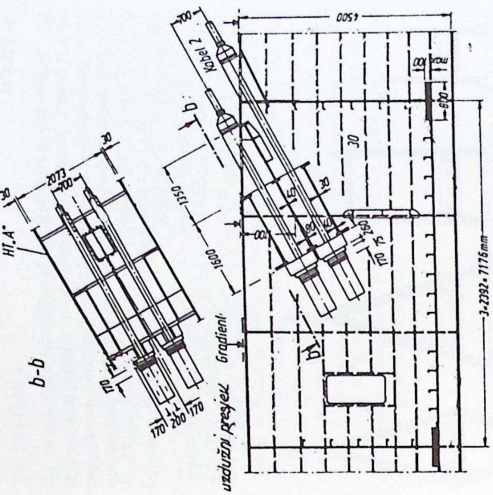
Ispitivanja su pokazala njihovu visoku čvrstoću na zamor. Za manje sile mogu se koristiti sidra što se primjenjuju u prednapetom betonu. Usidrenje vješaljke na gredi za ukrčenje čeličnih mostova obavlja se ili putem posebnih konzola ili izravnim priključkom na hrbat grede (sl. 14).

Usidrenje vješaljki s HiAm sidrima na rubu betonske grede prikazano je na slici 15.

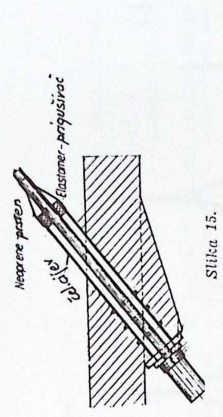
Na prolazu kroz beton uže je zaštićeno čeličnom cijenom. Na njenom gornjem kraju nalazi se prsten od neoprena, koji služi kao amortizer vibracija užeta.

Usidrenje vješaljki na pilonu može se izvršiti s pomoću posebne čelične konstrukcije, ukristavanjem užeta, i kod šupljeg pilona stavljanjem sidra u stijenu okrenutu dočijoj vješaljki (sl. 16).

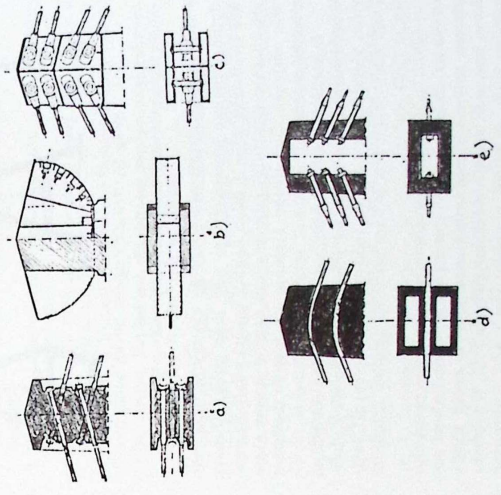
Prvo rješenje je najskuplje zbog komplicirane čelične konstrukcije. Pri drugom rješenju valja paziti da ne dode do torzije pilona, jer se vješaljke iz jednog i drugog polja ne nalaze u istoj ravnini. Čini se da je treće rješenje najbolje, jer je najlakše dostupno kroz šupljinu pilona.



Slika 14.



Slika 15.

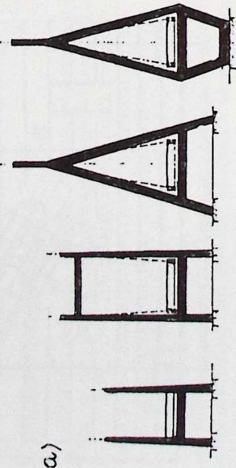


Slika 16. Usidrenje vješaljki na pilonu

6. PILON

U početku poslijeratnog razvika izvodili su se piloni u čeliku, konstruirani kao oni u visećih mostova. U toku posljednjih dvaju desetljeća betonski piloni sve više postaju čelične, da dožive kulminaciju kod mosta Humber s najvećim rasponom na svijetu (1410 m). Osim u iznimnim okolnostima, betonski piloni su se pokazali ekonomičnijim od čeličnih.

Izvedeni ovješeni mostovi pokazuju, u oblikovanju pilona, bogatu raznolikost. Nekoliko osnovnih tipova pilona kod lateralnog i aksijalnog rasporeda vješaljki prikazani su na sl. 17.



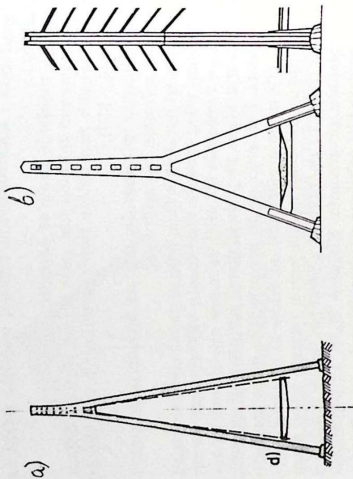
Slika 17. Nekoliko tipova pilona

a) pri lateralnom ovješanju
b) pri aksijalnom ovješanju

U uzdužnom pogledu piloni su vertikalni. Ima, međutim, nekoliko izuzetaka, kao npr. most preko Dunava kod Bratislave gdje je pilon nagnut prema obali, ili most »Batman« u Australiji gdje je pilon nagnut prema glavnom rasponu. Ovo drugo rješenje ne izaziva povoljan estetski dojam.

Iz statičkih razloga poželjno je da je krutost pilona u uzdužnom smislu mala, jer je on u tom smislu stabiliziran vješaljkama i jer su tada u njemu momenti savijanja mali. Mogu biti u bazi upeći ili zglobno oslonjeni što je rjeđi slučaj.

Oblik pilona u poprečnom smjeru ovisi o načinu ovješanja, širini mosta, o tomu jesu li vozni trakovi suprotnih smjerova međusobno odvojeni, o visini mosta iznad terena ili vode, o ekonomiji, estetičnosti itd. U pogledu estetike ističu se piloni u obliku slova »A« i obrnutog slova »X«.



Slika 18. a) A-pilon
b) obrnuti Y-pilon

Poprečni im je presjek uglavnom šuplji, bilo da su izvedeni od čelika ili od betona. U mostova s tri otvora optimalna visina pilona iznosi 0,2—0,25 veličine srednjeg otvora. Kod dispozicije s dva otvora njegova visina treba iznositi 0,35—0,45 Lmax.

7. LEŽAJEVI

Ležajevi se obično stavljaju na pilone i na oslonce postranih raspona. Međutim, bolje ih je stavljati samo na krajevima postranih raspona. Na čitavoj ostaloj dužini greda za ukrutenje je oslonjena na vješaljkama. Na taj način izbjegnute su nepopustljive ležaj iznad pilona gdje inače nastaju veliki momenti savijanja. Nepokretni ležaj stavlja se tada na kraj jednog od postranih polja. Ako je most simetričan, nije potrebno stavljati nepokretno ležajeve. Tada se na oba kraja konstrukcije mogu staviti odbojnici (Shock Absorber), koji ublažuju nagle i velike pomake.

Za preuzimanje horizontalnih sila vjetrova ili seizmičkih sila stavljaju se na pilone posebni neoprenske ležajevi, a na osloncima postranih polja mogu se izvesti ovi ležajevi u sredini poprečnog presjeka.

8. ŽELJEZNIČKI MOSTOVI

Ovješeni mostovi su zbog znatne krutosti prikladni za željezničke prijelaze velikih raspona. Na novim mostovima koje vlakovi prelaze velikim brzinama stavlja se obvezatno zastor, koji čini vožnju jednakom onoj na otvorenoj pruzi. Stavljanje zastora ima pozitivno djelovanje, jer s jedne strane smanjuje dinamičko djelovanje vozila, a s druge strane smanjuje odnos pokretnog opterećenja prema stalnom te time povećava trajnu čvrstoću vješaljki i njihovih usidrenja. Za željezničke mostove je posebno značajno da ovješeni mostovi imaju dobro pri-
gusenje.

Dešava se katkad da pojedina vješaljka vibrira uslijed djelovanja Kármánovih vrtloga. To djelovanje može se spriječiti ugradnjom hidrauličkih amortizera.

Od značajnijih željezničkih mostova ovog tipa može se spomenuti:

— most Hiisuishi
— most Iwaguro

— Buenos Aires — Argentina, također mostovi bizanči, cestovno-željeznički, raspon 110 + 330 + 110 m

— most Angostura — Venezuela, Lmax = 280 m
— most preko Save — Beograd, čelični most, raspona 50 + 254 + 84 m

— most Paraná — Posadas/Encarnacion, Argentina, čelični, Lmax = 250 m
— most preko Maine — Frankfurt, željezničko-cestovni most, prednapeti beton, raspona 148,2 + 94 m.

9. RAZLIKE IZMEĐU OVJEŠENIH I VISEĆIH MOSTOVA

Međusobna sličnost obih sustava dovodi laike katkad do zabune, pa ih nazivaju visećim mostovima što nije točno.

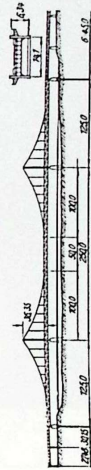
Razlike postoje u konstruktivnom i statičkom pogledu. U ovješениh mostova osnovni su elementi sustava — greda za ukrutenje, piloni i vješaljke. U visećih mostova — to su grede za ukrutenje, piloni i kabel kao primarni elementi i vješaljke kao sekundarni elementi.

Proračun visećih mostova obavlja se po teoriji II. reda gdje kabel-lančnica ima primarnu ulogu. Znatan broj autora dao je rješenja diferencijalne jednadžbe lančnice. Čini se da je Pugsleyjeva linearizirana teorija II. reda posebno prihvatljiva, zbog mogućnosti proračuna s pomoću komputera.

Proračun ovješениh mostova obavlja se na temelju okvirnih konstrukcija uzimajući u obzir teoriju II. reda, koja ima, za razliku od visećih mostova, manje znatnije.

Razlika je, također, i u pogledu aerodinamičkih svojstava. Viseći mostovi su, naime, mekši i imaju slabiji sustav prigušenja. Stoga moraju, osim ostalih uvjeta, imati i aerodinamički poprečni presjek. Ovješeni mostovi znatno su krutiji, s dobrim sustavom prigušenja, posebno II. generacija, pa prema tome takav presjek uglavnom nije potreban.

Postoji još jedan tip mostova koji je sličan visećim (sl. 19).



Slika 19. Most s uzdama (Zügelgurbrücke)

Razlika između njih je u tome da se nosivi kabel preklada u srednjem dijelu glavnog raspona i priključuje na gornji kraj grede za ukrutenje. Ti mostovi nazivaju se u njemačkom jeziku »Zügelgurbrücken«, ili, u našem jeziku, »mostovi s uzdama«.

10. IZVEDBA

Piloni se izvode u penjačkoj ili kliznoj oplati. Kad imaju oblik slova »A« ili obrnutog slova »X«, kraci su nagnuti, pa ih treba u izvjesnim visinama razuprijeti radi preuzimanja horizontalne komponente težine krakova.

Izvodjenje grede za ukrutenje ovisi o okolnostima. Najjednostavniji način je balansirani postupak pri kojemu se s izradom grede počinje od pilona na jednu i drugu stranu na principu vage. Katkad se dio ili cijeli postrani rasponi izvode na skele.

Balansirani postupak osobito se uprošćuje kad se vješaljke nalaze na malom međurazmaku. Tada su elementi grede kraći, prema tome i lakši, te za njihovu ugradbu nisu potrebne posebne vješaljke. Gređa, predviđena u prednapetom betonu, može se izvesti od gotovih elemenata ili betonirati na mjestu. Kad je obavljena montaža elemenata ili kad je beton već očvrstnuo, prihvaćaju se dotičnom vješaljkom. Taj se proces nastavlja u ritmu element grede-vješaljka.

Literatura

1. W. Podoln i J. B. Scalz, Construction a. Design of Cable-Stayed Bridges, 1976.
2. M. S. Troitsky, Cable-Stayed Bridges, 1977.
3. A. A. Petropavlosky, Proektirovanie metalličeskikh mostov, 1982.
4. F. Leonhardt, W. Zeller, Vergleichliche zwischen Hängebrücken und Schrägseilbrücken für Spannweiten über 600 m, IABSE, 1972.
5. K. Šavor, Mostovi, masivni, Tehnička enciklopedija, JILZ, Zagreb.
6. W. Fuchs, Spannbeton-Schrägseilbrücke in Segmentbauweise, Der Bauingenieur 55 (1980).
7. N. Hajdin, Lj. Jeltović, Željeznički most preko Save u Beogradu, Izgradnja, Beograd.
8. N. Hajdin, G. Nenadić, Most preko Dunava u Novom Sadu, Izgradnja.
9. W. Andrzej, W. Zeller, Zugständer aus Paralleldrahtbrücken u. ihre Verankerungen bei hoher Dauerschweißbelastung, Die Bautechnik 46 (1969).
10. F. Leonhardt, W. Zeller, Cable-stayed Bridges, IABSE PERIODICA 1980 (2).
11. J. Mathivat, B. Lenoir, Evolution des ponts à haubans multiples répartis en béton, FTP-8, Congres.
12. J. Muller, J. Mathivat, J. Combault, Le pont de Brotonne, FTP-8, Congres.
13. R. Morandi, The Bridge Spanning Lake Maracabo, J. Prestr. Concr. Inst.
14. Z. Šavor, Most preko Rijeke dubrovačke, Ceste i mostovi 1984.
15. K. Roik, G. Albrecht, U. Weyer, Schrägseilbrücken, V. Ernst u. Sohn.
16. F. Leonhardt, W. Zeller, H. Svenson, Die Spannbeton-Schrägseilbrücke über den Columbia River zwischen Pasco-Kennwick, Beton u. Stahlbau 75 (1980).
17. K. Šavor, Nove tendencije u razviku visećih mostova, Čelčne konstrukcije, Izgradnja (poseb. izd.).