

VIA
VITA



CESTE I MOSTOVI

broj

11-12

godišće 47.

Zagreb, studeni-prosinac 2001.

UDK 625.7:624.2/.8

CODEN CSMVB2

ISSN 0411-6380

Ceste i mostovi God. 47 Br. 11-12 Str. 217-264 Zagreb, Hrvatska studeni-prosinac 2001.

Prof. em. dr. sc. Riko ROSMAN, dipl. ing.
Zagreb

O PROJEKTIRANJU MOŠTOVA U POTRESNIM PODRUČJIMA

SAŽETAK

Analiziraju se značajke projektiranja i nova saznanja o građenju mostova u potresnim područjima. Najprije se opisuju konvencionalni sustavi, dakle mostovi s posebnim ležajevima i ukazuje na novi trend građenja integralnih mostova, na njihove prednosti i mane. Posebno se tretiraju jednopolni sustavi i višepolni sustavi s posebnim ležajevima i fugama te specifičnosti njihovog izlaza i detaliranja, napose u odnosu na armirani beton. Slijedi analiza sustava s gornjim ustrojem oslonjenim na klasične ležajeve s pripremskim škovama, sustava s izolirajućim, dakle neopresnim ležajevima s brojčanim podacima o tim ležajevima te sustava s izolirajućim ležajevima i posebnim prigušivačima vibracija.

1. Uvod

Pri projektiranju mostova u potresnim područjima treba se pridržavati općih pravila aseizmičkoga građenja [1 – 8]. Napose, treba istovremeno zadovoljiti dva kontradiktorna zahtjeva, naime 1) omogućiti gornjem ustroju da zbog promjena temperature te skupljanja i pužanja betona više-manje slobodno dilatira i 2) da je pri potresnim izdubama adekvatno horizontalno pridržan. Gornji ustroj mosta je zbog preuzimanja gravitacijskih i ostalih opterećenja, u pravilu, u svim smjerovima toliko čvrst i krut da ga na seizmičke sile ne treba analizirati. Na uljeceje potresa treba dimenzionirati i detalirati u prvom redu ležajeve, upornjake i stupove.

Mjerodavne su horizontalne komponente gibanja tla. One već pri malim ubrzanjima mogu ugroziti konstrukciju. Vertikalne komponente gibanja tla obično ne čine znatnije probleme, jer za vertikalna opterećenja mostovi u pravilu imaju dovoljnu rezervnu nosivost. Ipak, napose u blizini epicentra potresa, vertikalna ubrzanja mogu prijeći čak dvije trećine horizontalnih, pa je onda potrebno pridržanje gornjeg ustroja protiv odzivanja od njegovih ležajeva.

2. Konvencionalni sustavi

2.1. Pregled

Najčešće primijenjeni sustavi mogu se razvrstati u dvije skupine [9, 10]:

- 1) Mostovi s posebnim ležajevima i fugama. To su a) mostovi s gornjim ustrojem od jednopolnih greda ili ploča s posebnim ležajevima i fugama i b) mostovi s gornjim ustrojem od kontinuirane ili kontinuiranih greda ili ploča (sl. 1.a.); b) mostovi s gornjim ustrojem od kontinuirane ili kontinuiranih greda ili ploča s manje posebnim ležajevima i fugama (sl. 1.b.);

Slika 1. Polovice mostova s gornjim ustrojem od a) jednopolnih greda ili ploča s posebnim ležajevima i fugama, b) kontinuirane ili kontinuiranih greda ili ploča s manje posebnim ležajevima i fugama te c) okvira od stupova i greda s posebnim ležajevima i fugama samo na upornjacima. Polovice integralnih mostova d) s upornjacima i e) bez upornjaka

Upute autorima

RUKOPIS

1. Rukopis se dostavlja Uredničkom odboru u tri primjeka (original i dvije kopije), oipkana s dvostrukim proredom, na jednoj stranici dobrog (čvrstog) pisaceg papira formata A-4 (210x297 mm).

Na prvot stranici rukopisa treba pri vrhu lista ostaviti bar 5 cm slobodnog prostora, a s lijeve stranice svakoga ispisannog lista bar 3,5 cm slobodnog prostora za oznake i napomene tehničkog urednika lista.

Sve stranice rukopisa moraju biti označene rednim brojevima. 2. Opseg rada (zajedno sa slikama i crtežima) treba ograničiti na 16-24 pisane stranice (dvije ilustracije odgovaraju otprilike jednoj tipkanoj stranici). Izrimno će se primati i radovi većeg opsega ako sadržaj i kvaliteta opravdavaju opsežnost.

3. Rukopisu treba priložiti sažetak (rezime) koji mora imati kratak i informativan sadržaj i zaključke rada, da ukáže na svaku novu informaciju koju rad donosi. Ne bi trebalo da prijede opseg od 150 riječi. Sažetak se tiska na hrvatskom i engleskom jeziku.

4. U popratnom dopisu koji se šalje uz članak treba navesti ove podatke: ime i prezime autora, situčnu spremu, znanstveno zvanje, naziv tvrtke i radno mjesto, broj telefona, adresu, općinu stanovanja, JMBG i broj žiroračuna.

5. Naslov rada mora biti jasan, informativan i po mogućnosti što kraći.

6. Rad treba napisati u najkraćem obliku što ga jasnoća izlaganja dopušta.

7. Radi konciznosti, rad treba podijeliti na poglavlja: uvod, eksperimentalni dio, rezultati i zaključci. Posebno valja paziti da uvod bude što kraći.

8. Tablice i dijagrami moraju biti sastavljeni i opisani tako da budu razumljivi i bez čitanja teksta.

Dijagrami i ostali crteži moraju biti izrađeni tušom u prikladnoj veličini na paus papiru bez linija. Slova i brojevi u crtežima moraju biti standardni prema normama koje vrijede u tehničkom crtanju.

Fotografije moraju biti oštire, jasne i kontrastne, rađene u crno-bijeloj tehnici, a po posebnom dogovoru s uredništvom mogu doći u obzir i fotografije u boji koje su prikladne za reprodukciju.

9. Osobito pažnju treba posvetiti pravilnom citiranju literature. Literaturne citate treba priložiti na posebnoj stranici i numerirati onim redom kojim se pojavljuju u tekstu. Ako se citira više od 15 radova, treba ih poredati abecednim redom prezimena autora. Navodimo primjere pravilnog citiranja literature:

– citiranje knjige (izvještaja, disertacije i sl.): prezime autora, zarez, inicijal imena autora, točka, zarez, naslov knjige, zarez, izdavač, zarez, mjesto izdavanja, zarez, godina izdanja, točka, zarez, broj stranica.

– citiranje periodike (patenata): prezime autora, zarez, inicijal imena autora, točka, zarez, naslov članka, zarez, ime časopisa ili njegova internacionalna kralica, razmak (bez zareza), volumen ili godišće, godina i zagradi, broj časopisa u zagradi, stranice od do, točka.

Napominjemo da se rukopisi, fotografije i crteži ne vraćaju.

TEMATIKA ČASOPISA

1. Tematika časopisa «Ceste i mostovi» obuhvaća projektiranje, gradjenje, održavanje i tehničko-ekonomska pitanja cesta, mostova i aerodroma.

2. Časopis objavljuje: izvorne znanstvene članke, prethodna priopćenja, pregledne članke, izlaganja sa znanstvenih skupova, stručne članke, prikaze, mišljenja i komentare, bilješke, recenzije knjiga i bibliografiju, vijesti iz zemlje i inozemstva, društvene vijesti, kalendar važnijih kongresa, simpozija, savjetovanja i sl., komercijalne obavijesti i oglase.

Izvorni znanstveni članak donosi opis novih rezultata istraživanja, tehnike ili uređaja. Takav rad sadrži značajan opimnos znanstvenoj problematici ili njenom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani istraživački djelatnik na osnovi danih informacija može ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate, kako to navodi autor, ili, ponoviti autorova opažanja, proračune ili teoretske izvode i donijeti mišljenje o njegovom pronalascima.

Izvorni znanstveni članak sastoji se od uvodnog dijela u kojem je naglašeni cilj rada, eksperimentalnog dijela, osobnog mišljenja autora i zaključka.

Prethodno priopćenje ili bilješka sadrži jedan ili više novih podataka znanstvenih informacija, ali bez dovoljno pojednostiljene koje bi omogućile čitatelju da provjeri iznesene informacije na način kako je to prije opisano, i bez definitivnog opširnijega zaključka, a tiska se onda kada je važan prioritet.

Pregledni članak je izvještaj o nekom posebnom pitanju, o čemu je već publicirana informacija, samo je to sakupljeno, analizirano i diskutirano. Duznost je autora preglednog članka da nastoji dati podatke o svim publiciranim radovima koji su pridonijeli razvoju određenog pitanja. Pregledni rad s kritičkim sivoim može biti i znanstveni.

Stručni članak koristi već postojeće znanje i primjenjuje ga na objekt svog istraživanja; za takav rad potrebno je temeljito poznavanje područja i metoda istraživanja.

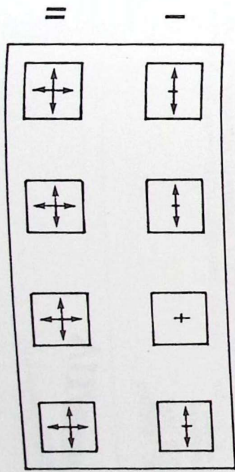
3. Svi članci šalju se na recenziju. Rad će biti prihvaćen za objavljivanje jedino na osnovi dviju pozitivnih recenzija, a o čemu će Urednički odbor obavijestiti autora. Recenzenti se biraju među stručnjacima u neposrednom području istraživanja na koje se odnosi rad predložen za objavljivanje. Autori mogu predložiti recenzente, a Urednički odbor može i ne mora prihvatiti sugestije autora. U pravilu, recenzent ne može biti autorov suradnik ili pretpostavljeni.

4. Autor predlaže i kategoriju rada prema ISO standardima (2). recenzent daje svoje mišljenje o kategoriji, a konačnu odluku donosi Urednički odbor prilikom zvaničnog prihvaćanja rada.

5. Autor je u potpunosti odgovoran za sadržaj rada. Urednički odbor preispituje da su autori prije dostavljanja rada regulirali pitanje objavljivanja sadržaja rada suglasno pravilima ustanove ili tvrtke u kojoj radi.

Rukopis se ne smiju objavljivati ako su već objavili ili prihvaćeni za objavljivanje negdje drugdje. Ne smiju se istodobno razmatrati više časopisa, nego samo u jednom.

6. Brzina kojom će se rad objaviti oviseće, između ostaloga, i o tome koliko rukopis odgovara uputama. U pravilu, radovi koji budu zadržavali veće preinake ili dopune bit će vraćeni autoru na prerađivanje prije recenzije.



Slika 2. Dispozicija ležaja četveropoljnog mosta s monolitnim gornjim ustrojem

c) mostovi od okvira formiranih stupovima i gredama s posebnim ležajevima i fugama samo na upornjacima (sl. 1, c).

Izbor ležajnih konstrukcija znatno utječe na mehaničko ponašanje mosta. Tipične ležajne konstrukcije [11, 12, 13] su čelični fiksni zdjelasti ležajevi, jednosmjerni i u svim horizontalnim smjerovima pomični zdjelasti ležajevi, fiksni sferični ležajevi te jednosmjerni i u svim horizontalnim smjerovima pomični sferični ležajevi.

2) Integralni ili monolitni mostovi. To su

- integralni mostovi s upornjacima (sl. 1, d);
- integralni mostovi bez upornjaka (sl. 1, e).

Integralni mostovi nemaju niti posebne ležajeve niti fuge.

U integralnim mostovima s upornjacima upornjaci nemaju, kao u konvencionalnim sustavima, zadaću pružanja oslonca ležajevima gornjeg ustroja i prijelaznim konstrukcijama kolnika, pa mogu biti globalno manjih dimenzija. U integralnim mostovima bez upornjaka gornji ustroj se na krajevima neposredno oslanja na tlo, eventualno uz prethodnu obradu tla; prepostavlja se, dakako, da je tlo dovoljno čvrsto i stabilno pri smrzavanju, a gornji ustroj bočno stabilan, npr. zbog okvirnog djelovanja stupova i greda. To je rješenje povoljno i s aspekta prinuda.

Prednosti su integralnih mostova u usporedbi s konvencionalnim: 1) s gledišta izvedbe vrlo su jednostavni i odražavaju osnovnu značajku armiranog betona; 2) opadaju ležajevi i konstrukcije za premošćavanje fuge, pa se postižu uštede u troškovima gradnje i održavanja mosta, napose jer je vijek trajanja tih uređaja u pravilu kraći od vijeka trajanja nosive konstrukcije; 3) utrošak građevnih materijala je manji, jer je statički sustav mosta u pravilu povoljniji; 4) izbjegnute su koncentracije napona kakve su neizbježne u ležajnim područjima konvencionalnih mostova; 5) oblikovno su povoljniji, jednostavniji i lepši.

Mana je integralnih mostova da je napone u elementima nosive konstrukcije zbog prinuda često teško odrediti.

Monolitno građenje mostova naročito je racionalno ako su rasponi i uzdužna krutost gornjeg ustroja relativno mali.

2.2. Jednopoljni sustavi

Za jednopoljne sustave monolitna je izvedba najjednostavnije rješenje.

Horizontalna uzdužna seizmička sila gornjeg ustroja pritiskom se prenosi u tlo iza jednog od obaju upornjaka, a horizontalno poprečno seizmičko opterećenje gornji ustroj prenosi, kao prosta (slobodno poduprta) greda, na upornjake. Dužina mosta limitirana je zbog njegovog dilatiranja uslijed promjena temperature, skupljanja i pužanja betona. Povišenje temperature može prouzročiti pritiske na upornjake, a skupljanje betona pukotine i nprasilne u mostu.

Ako je most nešto duži, gornji ustroj može se monolitno povezati samo s jednim upornjekom, a on onda preuzima uzdužnu seizmičku silu. Da bi mogao preuzeti silu usmjerenu od upornjaka, treba ga učvrstiti, najbolje u stijenu ako postoji, ili primijeniti tarne ploče ili slično. Ležaj mosta na drugom upornjaku dopušta horizontalne pomake gornjeg ustroja.

2.3. Višepoljni sustavi s posebnim ležajevima i fugama

Teoretski najispravnije rješenje sustava s monolitnim gornjim ustrojem, posebnim ležajevima i fugama na krajevima prikazano je na slici 2. na primjeru četveropoljnog mosta s po dva ležaja na upornjacima i stupovima.

U dugih mostova se u analizi utjecaja poprečnog opterećenja od potresa i vjetro često smatra da se ono u cijelosti prenosi na stupove, oslanjanje gornjeg ustroja na upornjake, dakle, smatra se pomičnim kako bi se izbjegle štete na sastavu gornjeg ustroja i upornjaka [3].

Seizmička energija se iz tla u gornji ustroj mosta unosi putem stupova koji nose fiksne ležajeve. Time su ti stupovi vrlo napregnuti [12, 13]. Ako je objekt u području male ili srednje seizmičnosti, stupove se dimenzioniraju tako da se pri potresu ponašaju elastično ili samo lokalno prelaze u stanje II. Za područja jače seizmičnosti takav bi pristup bio preskup. U sustavima koji mogu biti izloženi jakim potresima koristi se duktilnost jako armiranih presjeka, dakle nastanak znatnih deformacija u plastičnim zglobovima i time disipiranje u gornji ustroj unesene seizmičke energije. Plastični zglobovi formiraju se na donjem kraju stupova, a ako se oni s prečkama kruto spojeni, eventualno i uz te sastave.

Da se plastičnim zglobovima osigura stabilan duktilitet, treba limitirati veličinu uzdužne sile u stupu, jako armirati područja plastifikacije i predvidjeti obliku posmičnu armaturu, dakle jakle spona na malom razmaku, kako bi se izbjeglo posmični lom. Jakom posmičnom armaturom postiže se sapinjanje betona u zglozima, dakle trošno smanjenje napona i time povećanje čvrstoće ovljeganog betona.

U dugim mostovima s dilatacijskim fugama na stupovima odsjeći mosta se mehanički ponašaju neovisno.

Moguće su štete mostova s posebnim ležajevima i fugama pad gornjeg ustroja s upornjaka i stupova, a to je u pravilu totalna šteta, isključujući gornji ustroj s ležajev te štete na ležajevima, upornjacima i stupovima, a one se obično mogu popraviti. Ishodišta šteta su najčešće ležajna područja na upornjacima, stupovima i uz dilatacijske fuge.

3. Sustavi s gornjim ustrojem oslonjenim na klasične ležajeve s prijenosnicima šokova

Povoljniji odziv na potresne uzbuđe mostova s uobičajenim metalnim ležajevima može se postići primjenom prijenosnika šokova. Prijenosnicima šokova gornji ustroj se povezuje s upornjacima i stupovima na kojima su uzduž mosta pomični ležajevi.

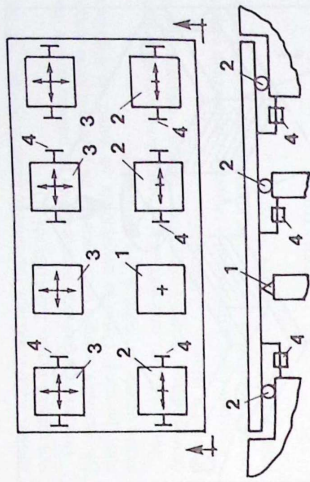
Prijenosnici šokova hidraulički su uređaji koji blokiraju pri brzim pomicanjima gornjeg ustroja u odnosu na upornjake i stupove, obično pri brzini od oko 0,1 mm/s i pri tome ostvaruju unaprijed predviđenu silu, a spora pomicanja, npr. zbog skupljanja i promjena temperature, dopuštaju praktički bez otpora i pri tome ostvaruju samo neznatnu silu.

Prijenosnici šokova, dakle, rasterećujući stupove s fiksnim ležajevima, a povezanošću gornjeg i donjeg ustroja mosta čine krutoć. Princip je u tome da se sustav u vrijeme potresa učini krutoć, a da se njegova deformabilnost u normalnom uporabnom stanju ne promijeni.

Na slici 4. (1...bočno u svim smjerovima fiksna ležaj, 2...bočno u uzdužnom smjeru mosta pomična ležaj, 3...bočno u svim smjerovima pomična ležaj, 4...prijenosnik šokova) vidi se primjer jednog četveropoljnog mosta s monolitnim kolničkom pločom te metalnim ležajevima i prijenosnicima šokova.

U takvih sustava seizmička se energija iz tla u gornji ustroj uvodi i putem upornjaka i putem stupova i tako raspoređuje na veće područje mosta. Uobičajena mjesta oštećenja su donji krajevi stupova te upornjaci i gornji ustroj na mjestima njihovih sastava.

Opisani sustavi povoljni su za područja umjerene seizmičnosti. Za područja jače seizmičnosti su nepogodni i skupi.



Slika 4. Shema četveropoljnog mosta s monolitnom kolničkom pločom te metalnim ležajevima i prijenosnicima šokova (pločom i vertikalni presjek)

Jednostavnije je rješenje primjena elastičnih odojbnika na upornjacima kako bi se ublažilo utjecaj udara.

4. Sustavi s izolirajućim ležajevima

Povoljniji odziv na seizmičke uzbuđe postiže se ako se umjesto konvencionalnih, obično zdjelastih ili sferičnih, ležajeva koriste armirani neoprensni ili elastomerni ležajevi. Nazivaju se i izolirajućim ležajevima.

Izolirajući ležajevi sastoje se od više slojeva kaučuka odvojenih čeličnim lamelama; slojevi su međusobno spojeni vulkaniziranim tako da su spojevi čvrsti na tlak i smicanje. Na gornjem i donjem kraju ležaja su 10 do 20 mm debele navuknuzirane čelične anker-ploče, a služe privrćušenju ležaja na elemente konstrukcije ispod i iznad ležaja. One nisu neophodne ako pritisak na ležaj nikada nije manji od oko 3 do 5 N/mm² ovisno o dimenzijama ležaja. U pravilu, ležajevi su obavijeni plastim kloprenom u svrhu zaštite i trajnosti.

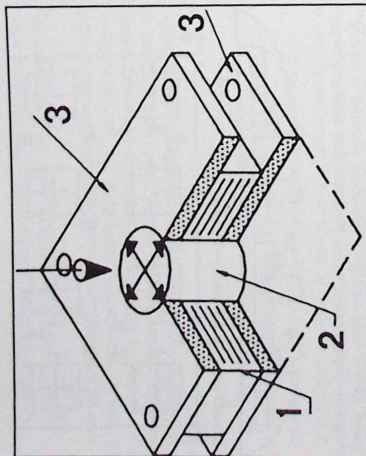
Nosivost je opisanih ležajeva obično u području 100 do 12.000 kN, pravokutne su osnove stranica 100 do 900 mm i visine 40 do 380 mm. Nosivost ležajeva u pogledu horizontalne sile je ograničena.

Pomaci i zaokreti gornjeg u odnosu na donji kraj ležaja ostvaruju se deformacijom kaučuka. Dopušteni horizontalni pomak gornjeg u odnosu na donji kraj ležaja limitiran je ukupnom debljinom slojeva kaučuka, a dopušteni zaokret gornjeg kraja ležaja ukupnom debljinom slojeva kaučuka i pločom površinom ležaja. Bočnoj deformaciji ležaja odgovara reaktivna sila smicanja koja gornji ustroj u vrijeme i nakon potresa vraća u inicijalni položaj, dakle recentiraju gornji ustroj.

Opisani ležajevi prigušuju vibracije gornjeg ustroja, a još jače prigušivanje može se postići obloženjem jezgrom u središnjem dijelu ležaja (sl. 5.). Olovna jezgra svojim plastičnim deformiranjem dodatno disipira seizmičku energiju.

Da u uporabnom stanju sile kočenja vozila i vjeter ne bi prouzročili prevelike pomake, ponekad se ugrade osigurajući koji pri jačem potresu budu uništeni kako bi gornji ustroj mogao vibrirati sukladno usvojenj mehaničkom shemi.

Izolirajućim ležajevima postiže se prihvatljive oslanjanje gornjeg ustroja, tj. izoliranje od zbuđa tla. Vlastita frekvencija gornjeg ustroja, njegove vibracije, spektralno ubrzanje i seizmičke sile time su manje, jer je manja seizmička energija koja se uvodi u gornji ustroj, ali su pomaci relativno veliki, pa o tome treba voditi računa pri detaljiranju sastava elemenata i fuga. Stopostotna izolacija dakako da se ne može postići.

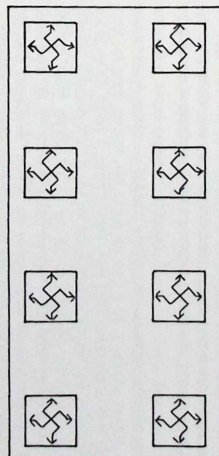


Slika 5. Iščetak izolirajućeg ležaja s olovnom jezgrom

Opisani ležajevi primjenjuju se ako su horizontalni pomaci gornjeg ustroja zbog promjena temperature, skupljanja i pužanja betona te potresa u odnosu na donji ustroj relativno mali.

Na slici 6. prikazan je primjer dispozicije izolirajućih ležajeva, u jednog četveropoljnog mosta s monolitnim gornjim ustrojem.

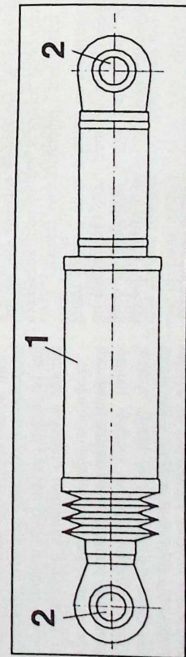
Želi li se da ležaj bude u horizontalnom smjeru nepomičan, primjenjuju se posebne pridržajne konstrukcije.



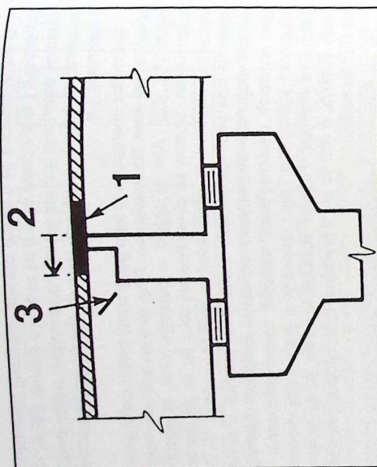
Slika 6. Dispozicija izolirajućih ležajeva jednog četveropoljnog mosta s monolitnim gornjim ustrojem

Ako ležaj mora omogućiti veće relativne horizontalne pomake dijelova konstrukcije iznad i ispod ležaja, primjenjuje se, na vrhu opisanih ležajeva, dodatna horizontalna ploča koja omogućuje klizanje u kontaktnoj plohi. U tom slučaju, dakako, ne ostvaruje se recenitirajuća sila. Ti su ležajevi u pravilu klizno-deformabilni i uzdužnom smjeru mosta, a samo deformabilni u poprečnom smjeru mosta. Dopusćeni pomak u smjeru u kojem je moguće klizanje nije ograničen.

Ležajevi uz fuge moraju biti dovoljno dugački kako bi mogli uredno izvršavati svoju funkciju [4]. Drugo je rješenje u tome da



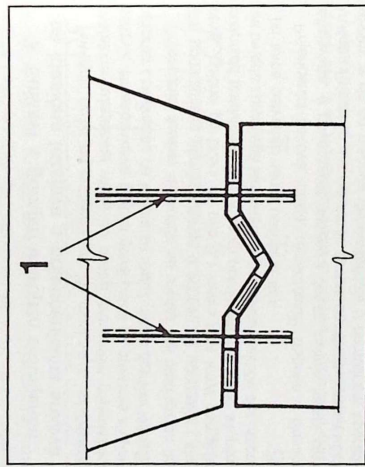
Slika 9. Shema hidrauličnog prigušivača vibracija



Slika 7. Detalj sastava dviju rasponskih konstrukcija i stupa jednog višepoljnog mosta

se u unaprijed predviđenom malom području konstrukcije uz fugu u slučaju udara pri jačem potresu dopusti oštećenje, npr. odрубljenje jedne kratke konzole ploče (sl. 7.; 1...fuga, 2...pomak, 3...oslabljenje koje omogućuje odрубljenje konzole). Takve male štete mogu se nakon potresa lako popraviti.

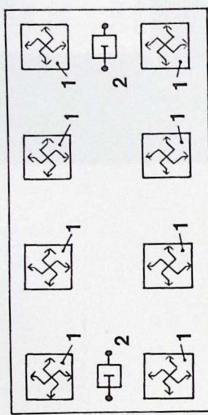
Ležajevi su u pravilu horizontalni. Moguće su i kombinacije kosih ili horizontalnih i kosih ležajeva (sl. 8.), tako da se sile prenose uglavnom pritiskom na kose plohe. Vijci (1) pridržavaju gornji ustroj protiv odizanja od ležaja.



Slika 8. Primjer oslanjanja gornjeg na donji ustroj kosim i horizontalnim izolirajućim ležajevima

5. Sustavi s izolirajućim ležajevima i posebnim prigušivačima

Ukoliko u sustava opisanog u poglavlju 4. olovne jezgre ležaja nisu dovoljne za prigušivanje vibracija, mogu se ugraditi i posebni prigušivači.



Slika 10. Dispozicija izolirajućih ležajeva i prigušivača jednog četveropoljnog mosta s monolitnim gornjim ustrojem (tlocrt i vertikalni presjek)

Hidraulički prigušivači (sl. 9.; 1...prigušivač, 2...sferičan zglob za pričvršćenje prigušivača na gornji odnosno donji ustroj mosta) uređaji su za disipiranje energije koja se tijekom potresa iz tla putem donjeg ustroja uvodi u gornji ustroj mosta [11, 13]. U cilindru uređaja tekućina, najčešće silikonsko ulje s aditivima protiv starenja i korozije, teče kroz sustav komora. Pri tome se stvara sila; pri sporim pomacima ona je, kao i u prijenosnicima šokova, mala i zanemariva, a pri većim brzinama pomaka, kakve su uobičajene pri potresima, sila je znatno veća, tijekom vremena gotovo konstantna, neovisno o brzini gibanja i jednaka unaprijed fiksiranoj vrijednosti, a ne ovisi ni o temperaturi. U prigušivaču disipirana energija pretvara se u toplotu; nakon kratkog vremena ona može doseći i 200 °C, ali to uređaju ne škodi.

Prigušivači su kompaktni, nemaju vanjskih dijelova osjetljivih na oštećenja i praktički ih ne treba održavati. Tipični su podaci: promjer cilindra...200-600 mm, dužina uređaja od zgloba do

zgloba...1.200-2.500 mm, maksimalno ostvarivi pomak...100-500 mm, ostvariva sila...700-4.000 kN [11].

Primjenom prigušivača postiže se da pri potresu znatno manje seizmičke energije ulazi u sustav, pa je prema tome njegov odziv povoljniji. Često je dovoljno da se samo na krajevima mosta ugrade po jedan ili dva prigušivača.

Na slici 10. (1...izolirajući ležaj, 2...prigušivač) vidi se primjer četveropoljnog mosta s monolitnim gornjim ustrojem, 2-4=8 izolirajućih ležajeva i 2 prigušivača.

Posebne mjere za prigušivanje vibracija u poprečnom smjeru mosta u pravilu nisu potrebne, jer je prigušivanje koje ostvaruju neoprensni ležajevi u pravilu dovoljno.

LITERATURA

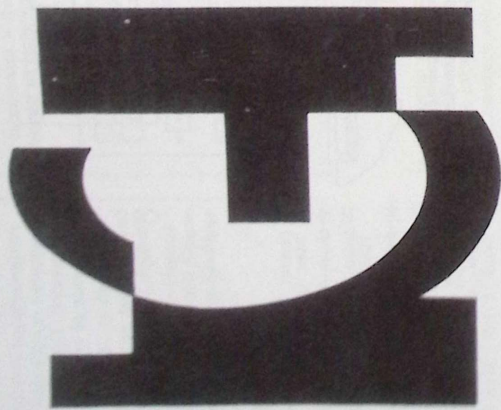
- [1] Rosman, R., *Erdbebenwiderstandsfähiges Bauen*. Ernst & Sohn, Berlin, 1983.
- [2] Naemim, F., *Seismic Design*. Nostrand Reinhold, New York, 1984.
- [3] Bachmann, H., *Erdbebensicherung von Bauwerken*. Birkhäuser, Basel, 1995.
- [4] Booth, E., *Concrete Structures in Earthquake Regions*. Longman Scientific, Technical, Essex, 1994.
- [5] Rosman, R., *Specificnosti projektiranja zgrada u potresnim područjima*. Graditelj 7 (2000), 46-52, 78-81.
- [6] Rosman, R., *O suvremenim metodama zaštite zgrada protiv potresa*. Graditelj 8 (2001), 24-28, 46-51.
- [7] Rosman, R., *Specificnosti projektiranja cestovnih mostova u potresnim područjima*. Zbornik radova Interdisciplinarnoga znanstvenostručnog savjetovanja Hrvatskog inženjerskog saveza, 153-155, Zagreb, 2000.
- [8] Modern Seismic Bridge Design. Promidžbeni materijal tvrtke Maurer Sohne, München, 2001.
- [9] Engelsmann, S., Schlaich, J., Schäfer, K., *Erntverfen und Bemessen von Betonbrücken ohne Fugen und Lager*. Beuth Verlag, Berlin, 1999.
- [10] Rosman, R., *O dilatacijskim fugama u armiranobetonskim konstrukcijama*. Zbornik radova Petog općeg sabora HGK, 639-648, Zagreb, 2001.
- [11] Bridge Accessories. Promidžbeni materijal tvrtke Maurer Sohne, München, 2001.
- [12] Köbker, T., Zlich, K., *Konstruktion und Berechnung von Brücken für den Lastfall Erdbeben*. Bauingenieur 75 (2000), 139-141.
- [13] Braun, C., *Die Erdbebenausrüstung von Brücken*. Stahlbau 70 (2000), 530-539.

SUMMARY

UDC 624.21/.8:389.64
Review

On the Aseismic Design of Bridges

Analyzed are the features of the design and new findings on building of bridges in seismic areas. First conventional systems are dealt with, i.e. bridges with separate support structures and joints and the recent trend of designing integral bridges; their advantages and drawbacks are also presented. Separately one-span systems and multi-span systems with separate supports and joints are described together with their specifics especially with reinforced concrete. Then systems with metal support structures and shock transmitters, systems with isolating reinforced elastomere supports including technical data of these supports and finally systems with isolating supports and separate hydraulic dampers are described.



INSTITUT GRADEVINARSTVA HRVATSKE

Civil Engineering Institute of Croatia

10000 Zagreb, Janke Rakuša 1, pp 283

tel. 01/61 44 111, 01/61 43 600, fax: 01/61 44 781

POSLOVNI CENTAR 31000 OSJEK, Drinska 18

tel./fax. 031/274 400

POSLOVNI CENTAR 51000 RIJEKA, Vukovarska 10a

tel. 051/330 744

fax. 051/330 810

POSLOVNI CENTAR 21000 SPLIT, Matice hrvatske 15

tel. 021/523 393

fax. 021/551 152

IG H d.o.o. 88000 MOSTAR, Dabrovačka bb

tel./fax. 00 387 88/314 529

Stručni članak – Profesional paper
UDK 625.711.3.711.7 (497.5)

Primljeno: 27. XI. 2001.
Prihvaćeno: 3. I. 2002.

Mario CRNJAK, dipl. ing.
Tomislav PEKANOVIC, dipl. ing.
Institut građevinarstva Hrvatske d.d., Zagreb
Poslovni centar Osijek

BITNI ELEMENTI UREĐENJA PROSTORA U KORIDORU TRASE E 73/D7 KROZ HRVATSKU

SAŽETAK

Koridor Vc predstavlja izuzetnu vrijednost u kontekstu procesa gospodarske i prometne integracije srednjoeuropskih prostora (Češka, Slovačka, Mađarska, Republika Hrvatska i BiH) u povezivanju s jadranskim i mediteranskim prostorom. Nesumnjivo najznačajniji element ovoga prometnog koridora je autocesta. Značenje ove autoceste za Republiku Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu su svim pozitivnim i eventualno negativnim posljedicama (ekologija) inicira širi interdisciplinarni pristup i analizu u cilju dobivanja najkvalitetnijega prostornog smještaja autoceste. U članku su dane, između ostalog, tek naznače analize kroz prostorne elemente, prometne elemente, gospodarske elemente, ekološke elemente i cijenu projekta, za trasu kroz istočnu Hrvatsku, te donji tok rijeke Neretve do Luke Ploče.

1. Uvod

Sustav prometne infrastrukture jedan je od ključnih čimbenika koji međusobno i višestruko utječe na gospodarski, socijalni i prostorni razvitak pojedine regije, pa i države.

Prometna infrastruktura u procesu valorizacije, namijene i korištenja prostora ogleda se u sljedećim elementima:

- omogućuje korištenje prirodnih resursa;
 - utječe na lociranje gospodarskih kapaciteta i razmjesta stanovništva;
 - utječe na tokove urbanizacije, razvitak naselja i kvalitetu čovjekova okoliša;
 - utječe na razvitak i potiče razvitak manje razvijenih područja.
- Svaki složen prometni koridor za područje utjecaja koje pokriva nudi velike šanse i mogućnosti. Unutar AGR sustava glavnih europskih cesta pravac E-73 čine kroz Republiku Hrvatsku ceste D7 (188 km) Duboševica – Sl. Šamac i cesta D9 (22 km) Mešković – Ploče, te kroz Bosnu i Hercegovinu cesta M-17 (433 km) Bosanski Šamac – Doljani. Na Helsinškoj konferenciji 1997. godine ovaj pravac nominiran je kao TRANSEUROPSKI KORIDOR OZNAKE Vc, Budimpešta – Ploče. Ovaj složen, izuzetno vrijedan prometni koridor kroz Republiku Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu čine:
- ceste D7, M-17 i D9 te buduća transeuropska autocesta
 - željeznička pruga Bebi Manastir – Osijek – Sarajevo – Mostar
 - Ploče
 - plovni put rijekom Dunav i donjim tokom rijeke Neretve

- sustav zračnih luka Budimpešta, Pecs, Osijek, Tuzla, Sarajevo, Mostar i Ploče
- pomorski plovni put iz Luke Ploče.

U okvirima Hrvatske i Bosne i Hercegovine pravac D7/D9 i M17 deklariran je kao prioritetan u sklopu prometnog koncepta i strategije razvika cestovne mreže. Osnovne značajke i zadatke buduće autoceste u gospodarsko-prometnom smislu bit će:

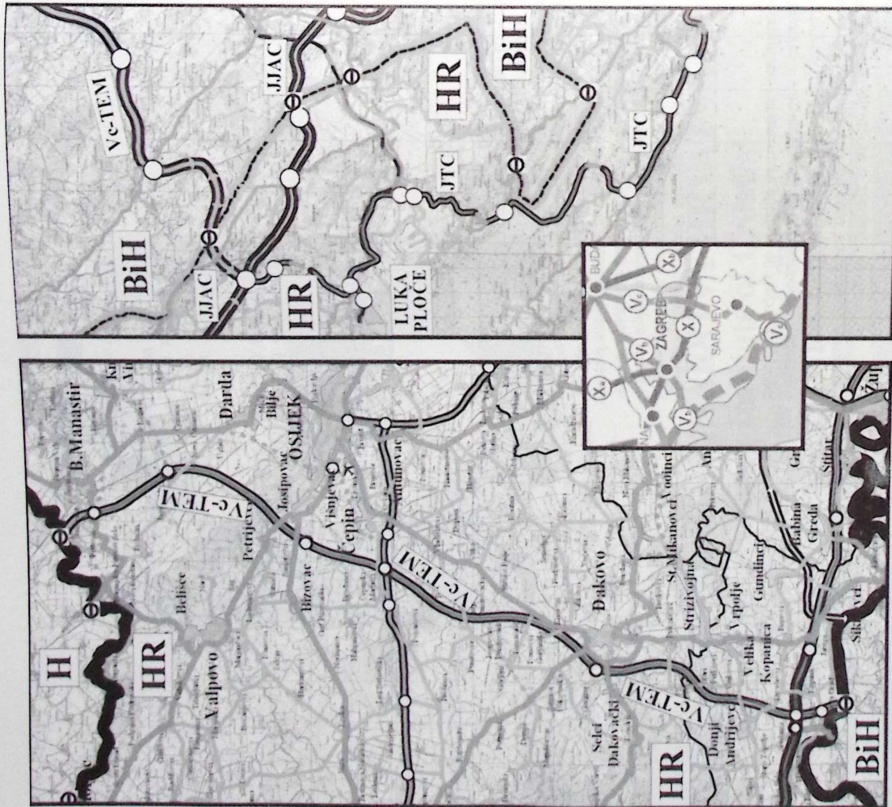
- racionalno povezivanje slavonskog i bosanskohercegovačkog prostora s Jadranom preko Luke Ploče, odnosno šire povezivanje Srednje Europe s Jadranom;
- povoljnije povezivanje specifičnih gospodarskih cjelina, s posebnim naglaskom na poljoprivredu i turizam;
- društveno-kulturno i civilizacijsko prožimanje različitih država i regija, s razvojnim pobudama u prostoru uzduž trase te s drugim pozitivnim utjecajima.

2. Prostorni elementi

Osnovni elementi o kojima je potrebno voditi računa u prostoru pri planiranju i projektiranju ceste su sljedeći:

2.1. Prirodne osobitosti

- Reljef i morfološke karakteristike terena: nisu jače izražene jer se radi o pretežito ravničarskom, a manjim dijelom o brežuljkastom terenu. Treba izbjegavati mjesta nagle promjene reljefa (uvjetuje velike zemljane radove i objekte), blagi prilazi daju mogućnost prilagodavanja i uklapanje trase u teren i okoliš. Isto tako, osuđene padine su izrazito pogodne s pozicije sigurnosti i uvjeta vožnje (cesta se brže suši, manje smrzavanja i pojave leda na kolniku).
- Klimatske osobitosti: magla, kiša, snijeg, brzina i učestalost vjetrova i zračna strujanja su bitni kako za elemente položaja, tako i za tehničke elemente trase. Padaline i zračna strujanja izravno utječu na širenje zagađenja s ceste na okoliš. Snijeg i vjeter nameću tehnička rješenja zaštite (snjegobrani).
- Krajobraz: postaje sve značajniji element kvalitetnog i očuvanog okoliša. Strategijom prostornog uređenja Republike Hrvatske definirana je potreba izrade krajobrazne osnove Republike Hrvatske u kojoj će biti svojevrsan katalast krajobraza po svojoj vrijednosti i osjetljivosti na pojedine čovjekove aktivnosti.



Slika 1. V_c-TEM kroz istočnu Hrvatsku

– Biološko-ekološke osjetljivosti: u okolišu je izuzetno važna i ravnoteža biološko-ekoloških osobitosti, koje bi trebale biti istražene, definirane u prostoru i zaštićene odgovarajućim mjerama zaštite. Nepriznajući je da cesta na bilo koji način ugrozi opstanak vrste, biljne ili životinjske zajednice, odnosno njihov sklad življenja.

– Geotekničke i seizmičke osobitosti: izuzetno su važne, jer izravno utječu na stabilnost i sigurnost trupa ceste i objeakta. Narочito pažnju valja posvetiti stabilnosti padina zato što svaki zahvat u nestabilnu padinu dovodi, osim šteta na građevini, i do velikih degradacija terena, promjena režima tečenja voda, velikih troškova sanacije i narušavanja krajobraza.

2.2. Način korištenja prostora

Površine s kojima koridor ceste dolazi u koliziju su:

- građevinska područja: nova autocesta bi u pravilu trebala prolaziti izvan, odnosno kontaktom zonom građevinskih područja naselja i gradova. Današnje rezervirane građevinske zone za buduću širenja naselja i gradova su

neprimjerene, kako oblikom, tako i površinom koju zahvaćaju, što općenito u planiranju infrastrukture stvara velike probleme i nameće neprimjereno skupa rješenja (izdružena naselja formirana uz cestu, zvjezdasto širenje gradova);

- poljoprivredno zemljište: je nesporno najveći »gubitnik« u fazi izgradnje ceste. Već u procesu analize širega koridora bitno je utvrditi:
 - bonitet poljoprivrednih površina
 - uređenost zemljišta sa sustavom odvodnje (kanalno-melioracijske mreže, sustav dreniranja terena i sl.);
- Cesta bi morala izbjegavati korištenje zemljišta najviše bonitetne klase (najplodnija tla) kao i uređene poljoprivredne površine. Isto tako, vrlo je bitno ne narušavati sklad većih formiranih kompleksa stoga što svako vođenje ceste kroz uređeni poljoprivredni kompleks oronica narušava tehnološku obradu tla i poskupljuje poljoprivrednu proizvodnju;
- šumske površine: u posljednjih stotinjak godina su u podravskoj nizini znatno devastirane u smislu bitnog smanjivanja

Slika 2. V_c-TEM kroz južnu Hrvatsku

- koridori V_c, V_B i jadransko-jonski čine tokrot Budimpešta – Rijeka – Ploče kao najbitniji elementi integrirajući element usmjerenja srednjoeuropskih zemalja prema Jadranu;
- s transeuropske autoceste moraju se osigurati kvalitativne veze do svih cestovno-željezničkih i riječnih terminala, te lučkoga kompleksa Ploče;
- siguran i brz prijevoz putnika i robe u koridoru nameće, između različitih oblika prometa (cestovni, željeznički, riječni, zračni, pomorski), funkcionalnu povezanost i punu koordinaciju, a što automatski osigurava vanjske veze prema širim prostorima i ostalim koridorima.

4. Gospodarski elementi

Razviti gospodarstva je temeljni i najvažniji čimbenik u ukupnom razviku pojednog područja. Aktivnost područja valorizira se isključivo njegovom dostupnošću. Dostupnost znači kvalitativno prometno servisiranje, i to prvenstveno cestovnim prometnicama. Izgradnjom ove autoceste, cjelokupnom području istočne Hrvatske, Bosne i Hercegovine te južne Hrvatske otvaraju se izuzetno velike gospodarsko-razvojne mogućnosti. Ove šanse i mogućnosti ogledaju se prvenstveno u proizvodnim i uslužnim djelatnostima vezanim za prirodne resurse područja, odnosno djelatnostima vezanim uz more. Razvitiak jadranskog obalnog pojasa nesumnjivo će imati izuzetno pozitivan utjecaj i na razvitiak zaleđa prirodno usmjerenog na ovaj pojas i Luku Ploče. Autocesta kao najznačajniji segment servisiranja ovoga gospodarskog prostora mora prolaziti njegovim težištem.

5. Ekološki elementi

Briga za okoliš postaje jedan od najvažnijih čimbenika u uređenju prostora, jer jedino uravnotežen razvitiak donosi više koristi i omogućava kvalitetniji život u čovjekovu okruženju. Cesta kao »veliki« korisnik prostora može imati značajan utjecaj na prirodni i izgradnji okoliš te na ljudsko zdravlje. Broj vozila je u neprestanom porastu, pa se i problem onečišćenja povećava. Cestovni promet utječe na onečišćenje zraka, vode i tla. Na zrak utječe emisijom ugljičnog monoksida i dioksida, dušikovih oksida, olova, te hlapljivim organskim spojevima. Značajan problem je i buka, i to posebno u urbanim zonama. Vode su ugrožene otjecanjem površinskih voda s cestovnih površina, koje su zagađene solima, naftom te raznim otapalima. Osim površinskih voda, a ovisno o sastavu krovnog tla, velika je ugroženost i podzemnih voda. Najopasnije je planje odnosa ceste i vodozaštitnih zona u kontekstu trenda smanjenja resursa pitkih voda na cjelokupnom europskom prostoru, a što će vjerojatno biti sirišaško pitanje ovog milenija. Jednako tako, ugroženo je i tlozemljište prvenstveno onečišćenjem opasnim tvarima koje se prevoze cestom, te velikim količinama automobilske otpada (gume, dijelovi, ulje itd.), kao i razdijeljivim većim zemljišnih parcela prolaskom autoceste. Izgradnjom autoceste može znatno promijeniti krajobraz te narušiti prirodni sklad životinjskog i biljnog svijeta. Isto tako, deponiji, odnosno pozajmišta materijala (kamenolomi i šljunčara) u znatnoj mjeri narušavaju i degradiraju sliku krajobraza. Temeljem svega toga, neophodno je u fazi izgradnje ove autoceste poduzeti niz mjera u cilju zaštite okoliša od utjecaja s ceste, a koje se odlikuju u sljedećem:

- na cijeloj dužini trase autoceste potrebno je izbjeći sve značajne biljne i životinjske zajednice te posebno vrijedne ambijentalne krajolike, a gdje je to nemoguće, poduzeti mjere zaštite životinja prolazima ispod autoceste, a vrijedne biljne zajednice zaštititi zasadama zaštitnog zelenila manje vrijednosti neposredno uz autocestu;
- obratiti posebnu pozornost i poduzeti mjere u cilju zaštite površinskih i podzemnih voda, a naročito vodozaštitnih zona od utjecaja s autocesta;

površina pod šumom. Vođenje trase ukupne prometne infrastrukture u pravilu bi trebalo izbjegavati kroz šumske komplekse. Položaj trase ceste uz rub šume vjerojatno je najprihvatljivije rješenje, kako za šume tako i za poljoprivredno zemljište;

- voda: kao strateški element cjelokupnog života uvjetuje posebne najstrože kriterije zaštite. U prvom koraku potrebno je u široj zoni koridora evidentirati sve:
 - površinske vode (tekućice i stajačice) slijeva rijeka Drave, Save i Neretve
 - podzemne vode, a naročito one koje su značajne za eksploataciju (vode za piće).

U drugom koraku potrebno je točno evidentirati sve vodozahvate sa zaštitnim zonama. Sagledavajući površinsko i podzemno tečenje, položaj vodotoka, zaštitne zone i geomehaničke karakteristike tla (debljina krovine nad vodoravnim, propusnost tla itd.), trasu ceste valja postaviti tako da se mogući negativni utjecaji u potpunosti isključe, odnosno tehničkim mjerama svedu na najmanju mjeru.

2.3. Infrastruktura

Planirani koridor autoceste mora imati uravnotežen odnos s postojećim i planiranim cestovnim sustavom prostora kroz koji prolazi. To znači da čvorišta moraju biti tako postavljena da pogodnosti autoceste privuku što više prometnog toka. Uz odgovarajuću prometnu politiku treba maksimalno rasteriti okolne ceste koje bi trebale ostati isključivo u funkciji izornoljnog i lokalnog prometa. Nužno je i usklađivanje s ostalom krupnom infrastrukturom, pri čemu treba težiti formiranju složenih koridora, kako bi se maksimalno racionalno koristio prostor.

2.4. Zaštićeni dijelovi prirode i arheološki lokaliteti

Briga za kulturne i prirodne spomenike i zaštićene dijelove nužna je ne samo zbog Republike Hrvatske, jer kulturna i prirodna baština ima univerzalnu, civilizacijsku vrijednost. Naravno, i za ovo područje važan je kvalitetan katastar postojećeg stanja, što često nije slučaj. Zbog toga je pri izgradnji građevina, kao što je autocesta, potrebno dopunjavati postojeće podatke i evidentirati sve sadržaje na terenu u široj zoni koridora. To je potrebno napraviti u ranoj fazi planiranja i projektiranja ceste, kako to ne bi bilo ograničenje u dinamici realizacije ceste.

3. Prometni elementi

Za prometnu valorizaciju prostora istočne Hrvatske te šireg područja donjeg toka rijeke Neretve do Ploča, a u kontekstu povezivanja Srednje Europe s jadranskim prostorom, koridor ima prvazredno značenje. To značenje i višestruka funkcija posebno su izraženi:

- poprečnim povezivanjem pet zemalja (Češke, Slovačke, Mađarske, Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine) s jadranskim prostorom;
- povezivanjem svih glavnih cesta, te preko njih i niže razine ceste u širem koridoru obavljanjem umreženoga cestovnog sustava u funkciji servisiranja cjelokupnog prostora šireg okruženja;
- najznačajnije čvorne točke su križanja koridora V_c s koridorom X (Posavska autocesta) kod Sredanaca, te s autocestom u jadransko-jonskom koridoru sjeverno od grada-luke Ploče;
- od čvorišta transeuropske autoceste (V_c) i jadranske autoceste sjeverno od grada Ploča spojnica od Luke Ploče (čvorište »Čevelišća« na jadranskoj turističkoj cesti) vjerojatno prometno zadovoljava cesta nižeg ranga (dvostručna cesta više razine usluge s čvorištima u dvije razine);