

# CESTE I MOSTOVI

Vol. 34

Zagreb, 1988.

Broj 5



**5**  

---

**1988**



Nepovoljni elementi ceste uzrokuju nesreće

naknada za ceste u cijeni plinskog ulja za 38,9%. U istom razdoblju rast cijena gradnje iznosi 106,0%, a cijena benzina porasla je 191%, a cijena plinskog ulja 193%. Već i prije niski udio dijela naknade za ceste u cijeni goriva namijenjen održavanju pao je:

- kod benzina sa 5,2% na 2,5%,
  - kod plinskog ulja sa 6,7% na 3,2%,
- čime je nastavljen dugogodišnji negativni trend. Tablica 3 pokazuje takav trend, a u njoj se promatraju benzini (MB-98) i plinsko ulje (D-2) iz kojih se ostvaruje gotovo sva naknada za ceste u cijeni goriva.

Tablica 3.

| Godina | Vrst goriva | Maloprodajna cijena | Proizvođačka cijena | NAKNADA ZA CESTE |                       |        | Ostali dodaci |        |       |         |       |         |       |
|--------|-------------|---------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------|---------------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|
|        |             |                     |                     | Ukupno           | Od toga za održavanje | Porez  |               |        |       |         |       |         |       |
| 1983.  | MB-98       | 740,00              | 100%                | 305,547          | 41,3%                 | 47,982 | 6,5%          | 17,550 | 2,4%  | 112,776 | 15,2% | 273,685 | 37,0% |
|        | D-2         | 590,00              | 100%                | 232,230          | 39,4%                 | 38,685 | 6,5%          | 17,864 | 3,0%  | 81,603  | 13,8% | 237,482 | 40,3% |
| 1985.  | MB-98       | 140,00              | 100%                | 81,561           | 58,2%                 | 13,086 | 9,3%          | 7,675  | 5,5%  | 20,776  | 21,3% | 15,587  | 11,2% |
|        | D-2         | 113,00              | 100%                | 72,139           | 63,8%                 | 9,917  | 8,8%          | 7,917  | 7,0%  | 21,603  | 19,1% | 9,341   | 8,3%  |
| 1988.  | MB-98       | 68,00               | 100%                | 31,287           | 46,0%                 | 8,296  | 12,2%         | 2,392  | 3,5%  | 16,776  | 24,7% | 11,641  | 17,1% |
|        | D-2         | 46,20               | 100%                | 26,186           | 54,3%                 | 5,117  | 10,7%         | 1,400  | 3,7%  | 12,603  | 26,1% | 4,294   | 8,9%  |
| 1981.  | MB-98       | 31,00               | 100%                | 11,044           | 35,6%                 | 2,392  | 11,4%         | 2,392  | 11,4% | 7,064   | 33,6% | 0,500   | 2,4%  |
|        | D-2         | 16,40               | 100%                | 9,205            | 56,1%                 | 1,800  | 11,0%         | 1,800  | 11,0% | 4,485   | 27,4% | 0,900   | 5,5%  |
| 1974.  | MB-98       | 4,30                | 100%                | 1,690            | 39,3%                 | 0,640  | 14,9%         | 0,640  | 14,9% | 1,730   | 40,2% | 0,240   | 5,6%  |
|        | D-2         | 2,40                | 100%                | 1,010            | 67,1%                 | 0,300  | 12,5%         | 0,300  | 12,5% | 0,380   | 15,8% | 0,110   | 4,6%  |
| 1971.  | MB-98       | 1,80                | 100%                | 0,460            | 25,5%                 | 0,550  | 30,6%         | 0,550  | 30,6% | 0,650   | 36,1% | 0,140   | 7,8%  |
|        | D-2         | 1,10                | 100%                | 0,390            | 35,5%                 | 0,300  | 27,3%         | 0,300  | 27,3% | 0,340   | 30,9% | 0,070   | 6,3%  |

Izvor: INA-Trgovina, Zagreb i RSIZ za ceste Hrvatske, Zagreb, 1988.

Tablica 4.

| Redni broj | Opis           | u min. dinara |              |
|------------|----------------|---------------|--------------|
|            |                | USIZ za ceste | SIZ za ceste |
| 1.         | Anuiteti       | 10057         | 4446         |
| 2.         | Održavanje     | 29549         | 14503        |
| 3.         | Investicije    | 13294         | 49254        |
| 4.         | Ostali rashodi | 2652          | 15390        |
| UKUPNO     |                | 55552         | 3347         |

Analiza rashoda pokazuje znatan rast anuiteta udruženih zajednica za ceste (čak 43% u odnosu na 1986. godinu), što je rezultat naglog zaduživanja, osobito kratkoročnog, za realizaciju nedovršenih programa i kredita za tekuće poslovanje. To je omogućilo realizaciju minimuma programa, ali je uslijed visokih kamata dovelo do



Magistralna cesta br. 2.1 kroz Istru

16,6%, obnova kolnika 23,3% i ostali rashodi (vodni doprinosi, cestovno-željeznički prijelazi, utjecaj prometa, stručna služba i dr.) 15,3%.

Od ukupno ostvarenih sredstava, USIZ-i za ceste utrošili su za održavanje magistralnih i regionalnih cesta 53,2%, a osnovne (lokalne) zajednice za održavanje lokalnih cesta 66,6% svojih sredstava.

U odnosu na potrebni standard održavanja za 1987. godinu realizacija je ovakva:

- udružene zajednice za ceste realizirale su svega 54,8% potrebnog standarda održavanja magistralnih i regionalnih cesta,
- SIZ-ovi za ceste općina realizirali su 64,2% standarda održavanja.

Pregledom stanja kolnika u 1987. godini pokazalo se potrebnim sanirati 500 kilometara magistralnih i više od 1000 kilometara regionalnih cesta. Pregledom većih mostova također je utvrđeno da su pojedini elementi konstrukcije na mnogim mostovima u slabom ili kritičnom stanju, što vrijedi i za neke veće mostove u cjelini. Prema izrađenoj studiji održavanja i rehabilitacije cesta i mostova u Jugoslaviji (za potrebe Svjetske banke), u Hrvatskoj bi trebalo obaviti sanaciju ili rekonstrukciju na 3081 km magistralnih i regionalnih cesta. Troškovi uređenja iznosili bi, po cijenama iz 1988. utopističkih 515 milijardi dinara. Sadašnji instrumentarij prikupljanja i raspodjele sredstava ni uz novi način obracuna (od 1. travnja 1988) ne osigurava materijalnu osnovicu za kvalitetnije održavanje cesta, čije je stanje već kritično, posebno ondje gdje se odvijaju glavni tokovi prometa tj. na magistralnoj i regionalnoj mreži cesta Hrvatske.



Detalji s magistralne ceste br. 12 prema Rijeci

odlijevanja sredstava iz zajednica i smanjilo raspoloživa sredstva za održavanje.

Program investiranja udruženih zajednica (kod lokalnih zajednica) odnosi se uglavnom na modernizaciju cesta (bio je znatno veći od njihovih ulaganja predviđenih globalnim planom RSIZ-a, u čemu je najznačajniji udio ulaganja u cestovne objekte »Univerzitade 87«, te dovršenje već započetih objekata.

U godini 1987, kao i prijašnjih godina, održavanje cesta nije u stvarnom rasporedu sredstava dobilo planom zacrtani tretman. Udružene i lokalne zajednice za ceste realizirale su sljedeću strukturu novčanih vrijednosti radova održavanja:

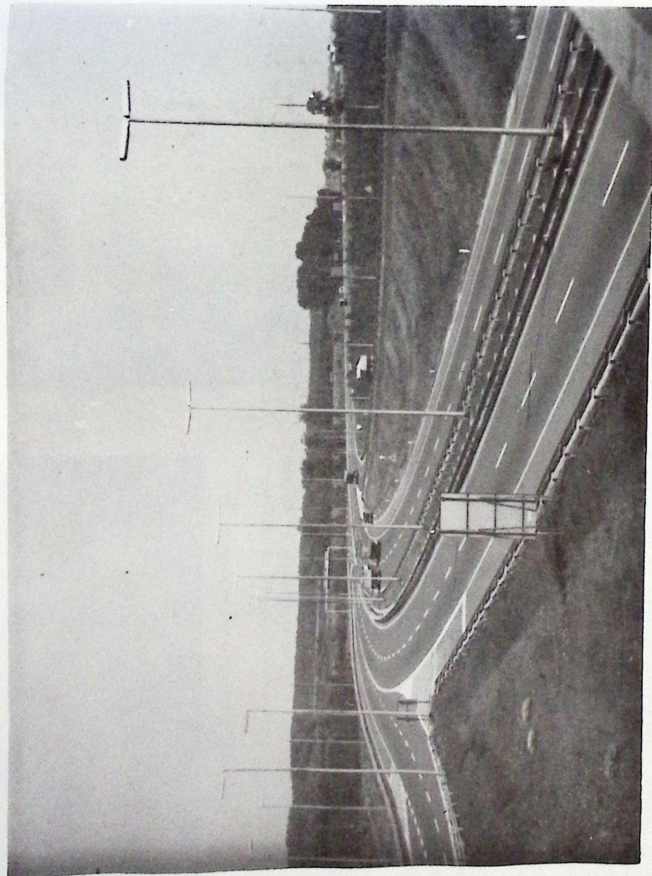
| Redni broj | Opis              | u min. dinara |              |
|------------|-------------------|---------------|--------------|
|            |                   | USIZ za ceste | SIZ za ceste |
| 1.         | Tekuće održavanje | 14092         | 8012         |
| 2.         | Zimska služba     | 6361          | 22104        |
| 3.         | Obnova kolnika    | 3939          | 3164         |
| 4.         | Ostali rashodi    | 5157          | 7338         |
| UKUPNO     |                   | 29549         | 49254        |

Uz takav raspored ostvarena je ukupno sljedeća struktura: tekuće održavanje 44,8%, zimska služba



tvornice elektrotehničkih proizvoda · zagreb

TEP



PROIZVODNI PROGRAM:

- RASVJETNA TIJELA: Svjetiljke za uličnu i parkovnu rasvjetu, naselja i autoputeve, industrijski reflektori i svjetiljke, specijalne brodske svjetiljke i reflektori, jednofazni i trofazni sistem tračnica za reflektore s adapterima, svjetiljke dekorativne rasvjete, fluorescenčne svjetiljke za poslovne i industrijske prostore, klima svjetiljke te svi tipovi svjetiljaka i dekorativne rasvjete po narudžbi za ugostiteljsvo, koncertne dvorane, kina, kazališta, dvorane i ostali rezervni pribor.
- NISKONAPONSKI RAZVODNI UREDAJI (lijevani, limeni i plastični), razdjelnice za stambene i industrijske objekte, sa-mostojeći razvodni ormari i pultovi, te mozaik sistem.

- ELEKTRICNE INSTALACIJE: Podne i zidne električne instalacije, podne instalacije posebne izvedbe i bolničke instalacije.
- INSTALACIONI MATERIAL: Priključni pribor za industrijske svrhe, razvodne kutije, sklopke i tipkala, kabelaške uvodnice i obujmice.
- INDUSTRIJSKA ELEKTRONIKA: Samosigurnosni uređaji, upravljački uređaji i sistemi, mjerni uređaji, pretvarači, regulatori, elektronski releji i bezdodirni prekidači.
- KABELSKI PRIBOR ZA ENERGETIKU: Kabelaške glave za unutarnju i vanjsku montažu, spojnice za spajanje vodiča i kabela, kućni priključni ormari i alati.
- KABELSKI PRIBOR ZA TELEKOMUNIKACIJE: Kabelaške spojnice i kabelaške glave za telekomunikacije, razdjelnik i međurazdjelnik, konektori za spajanje vodiča, te alat.
- PROTUEKSPLOZIJSKI ZASTIČENI ELEKTRIČNI UREDAJI: svjetiljke, signalni uređaji i pribor za petrokemiju, rudarstvo i brodogradnju.

**TEP · zagreb** Medarska 69  
 Telefon: 156-522  
 yugoslavia telex: 21361

# Uzdužni pomaci i sile u potporama mostova izazvani dugotrajnim djelovanjima

Ivan BRADVICA, dipl. inž.  
 Fakultet građevinskih znanosti, Zagreb

Primljeno: 8. III. 1988.  
 Prihvaćeno: 21. VI. 1988.

SAŽETAK

Dugotrajni utjecaji (skupljanje, puzanje, temperatura) koji se pojavljuju u kontinuiranim nosačima betonskih mostova izazivaju prvenstveno pojavu horizontalnih sila u donjim točkama kontinuiranih nosača (ležajevima) s donjom konstrukcijom. Veličine horizontalnih sila ovise o izboru tipa ležajeva na potporama, te o fleksibilnosti samih potpora, kao i o zajedničkom djelovanju kontinuiranih nosača.

Zajedničko djelovanje kontinuiranih nosača, ostvareno preko dilatacijskih potpora, opisano je jednadžbama kontinuiteta i ravnoteže gornje konstrukcije s donjom uz linearn odnos naprezanja i deformacija.

Priloga je i brojani primjer mosta preko rijeke Drave kod Preloga.

1. UVOD

Suvremeni zahtjevi današnjih prometnica iziskuju građenje višerasponskih mostova. Kako se nerijetko pojavljuju mostovi (nadvoznjaci) veći dužina, njihovu gornju konstrukciju često čine kontinuirani nosači. Ovisno o dužini mosta, te o materijalima od kojih je građen, na njemu se čine dilatacije (dvije, tri i više), kako bi se utjecaj temperature, skupljanja, puzanja i sl. (parazitni utjecaji) sveo u prihvatljive granice (zahtjevi prometa i dr.). Gornja konstrukcija mosta sastavljena od niza kontinuiranih nosača ili niza višerasponskih dilatacijskih cjelina, bit će promatrana u ovom radu kao niz kontinuiranih nosača.

Na gornjoj konstrukciji mosta nastaju horizontalne sile i pomaci zbog različitih činilaca, kao što su temperature promjene (produženje, skraćenje), proces do-zrijevanja betona (skupljanje, puzanje), tehnološko-konstruktorski zahtevi (prednapinjanje elemenata ili dijela gornje konstrukcije), pojava potresa ili vjetrova, vuča ili kočenje vozila, potisak tla preko upornjakačkih konstrukcija i sl.

Vodoravne sile nastale zbog dugotrajnih, parazitenih, djelovanja na gornjem stroju mosta prenose se preko ležajeva na potporama u donju konstrukciju, a zatim u tlo.

Za mostove — nadvoznjake čiju gornju konstrukciju čine dva, tri ili više kontinuiranih nosača, koji su međudobno dilatirani na dilatacijskim potporama (stupištima), a donju konstrukciju čine stupišta i upornjaci temeljeni plitko i (ili) na pilotima, daju se metodom

Prethodno priopćenje  
 UDK 624.072.23:624.21/8  
 IRRD 24:53

sila izrazi za proračun i raspodjelu spomenutih horizontalnih sila po ležajevima, tj. zadržavamo se u okviru najčešće primjenjivnog modela proračuna linearnog odnosa naprezanja i deformacija za materijale od kojih gradimo i u kojima gradimo.

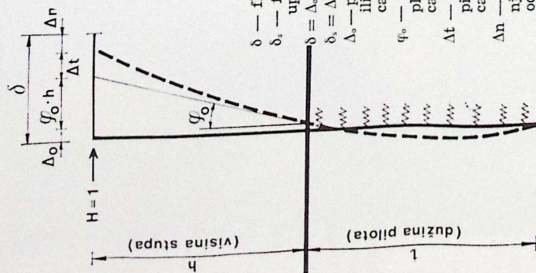
2. POSTUPAK USPOSTAVLJANJA JEDNADŽBI KONTINUITETA I RAVNUTEŽE

Svaka od dilatacijskih cjelina gornjeg stroja mosta, pošto su zatvorene sve kontinuitetne ploče po svim rasponima unutar pojedinih dilatacijskih cjelina, promatrana je kao zaseban »štap« unutar kojeg se mogu uspostaviti relativni pomaci zbog djelovanja vanjskog opterećenja (štap se produžuje ili skraćuje za poznati iznos vanjskog opterećenja). Dilatacijske cjeline, »štapi« na gornjoj konstrukciji mosta međusobno su neovisni ali zbog donje konstrukcije čine zajednički kinematski lanac zahvaljujući dilatacijskim stupištima donjeg stroja mosta. Da bi se uspostavile kontinuitetne veze između gornjeg i donjeg stroja mosta, potrebno je usvojiti pretpostavke o dodirnim točkama ovih konstrukcija. Za dodirne točke dvaju stroja odabrani su elastomerni ležajevi za koje se može usvojiti pretpostavka da nema klizanja između njih i gornje konstrukcije mosta (nema relativnih pomaka na kontaktnim mjestima gornje s donjom konstrukcijom). Bitna pretpostavka u jednadžbama kontinuiteta i ravnoteže jest i pretpostavka da se bilo koja dilatacijska cjelina skraćuje ili produžuje samo za iznos izazvan skupljanjem i puzanjem betona te postupkom prednapinjanja i sl., pri čemu je zanemareno skraćenje koje nastaje djelovanjem vanjskih i unutarnjih uzdužnih sila.

Zajednički je pomak gornje i donje konstrukcije nepoznat na mjestu dodira elastomera i gornje konstrukcije, ali njegovu relativnu veličinu možemo izraziti preko fleksibilnosti potpore ili oslonca. Fleksibilnost potpore ( $\delta$ ) jest ukupan horizontalan pomak potpore nastao od jediničnoga horizontalnog opterećenja u razini vrha elastomernoga ležaja, te se može shematski prikazati kao na sl. 1.

A, i  $\varphi$ , dobivaju se iz proračuna pilota u deformabilnom mediju (štap na Winklerovoj podlozi, štap u elastičnom poluprostoru ili za specijalno osjetljive, proble-

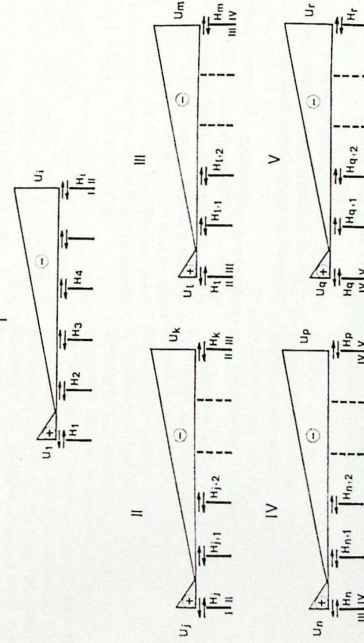
me kao štap u nelinearno-deformabilnom kontinuumu), dok se  $\Delta_1$  i  $\Delta_n$  proračunaju po teoriji elastičnosti (pro-gib konzole i čisti posmik prizmatičnog elementa), i to za svaki ležaj odvojeno.



$\delta$  — fleksibilnost potpore  
 $\delta_0$  — fleksibilnost stupišta (ili upornjaka)  
 $\delta_n = \Delta_n + \varphi_n \cdot h + \Delta_1 + \Delta_n$   
 $\delta_0 = \Delta_n + \varphi_0 \cdot h + \Delta_1 + \Delta_n$   
 $\Delta_n$  — pomak glave pilota (šipa) ili pitlog temelja od utjecaja  $H = 1$   
 $\varphi_n$  — zaokret glave pilota ili pitlog temelja od utjecaja  $H = 1$   
 $\Delta_1$  — pomak vrha stupa (stupišta) dužine  $h$  od utjecaja  $H = 1$   
 $\Delta_n$  — pomak ležaja (veza) gornje konstrukcije s donjom od utjecaja  $H = 1$   
 $\Delta_n$  — fleksibilnost ležaja (elastomera)

Slika 1. Fleksibilnost potpore

Recipročna vrijednost fleksibilnosti potpore predstavlja njezinu krutost, no u jednadžbama koje će sli-



Slika 3. Pretpostavljeni dijagram skraćivanja višeraspinskih dilatacijskih cjelina uslijed parazitenih utjecaja bez zajedničkog djelovanja gornjeg s donjim ustrojem mosta

jediti koristiti će se fleksibilnost oslonca kao mjera njegove karakteristike.

2.1. Horizontalne sile u ležajevima zbog promjene temperature, skupljanja i puzanja betona i sl.

Pri uspostavljanju jednadžbi kontinuiteta po pojednim osloncima, ležajevima uvedimo dogovor o predznaku pomaka ( $u$ ). Horizontalan pomak ( $u$ ) u smjeru slijeva nadesno označimo (+  $u$ ), a pomak sdesna nalijevo (-  $u$ ). Horizontalne sile u ležajevima jesu one sile koje nastaju od skraćivanja višeraspinskih dilatacijskih cjelina (skraćenje uslijed parazitenih utjecaja i sl.). Po-stupak iznalaženja veličina skraćjenja pojedinih dilatacijskih cjelina ovdje neće biti iznesen, nego će se koristiti rezultat proračuna veličina skraćjenja za svaku dilatacijsku cjelinu posebno. Svaka od dilatacijskih cjelina ima svoju ukupnu duljinu skraćjenja,  $\Delta$  [(2) i (3)].

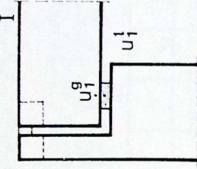


Slika 2. Shema uzdužnog presjeka mosta

Svaka višeraspanska dilatacijska cjelina promatrana pojedinačno pri svom skraćivanju ima unutar sebe točku koja se ne pomiče (ništašte pomaka). Međutim, te točke nisu nepomične nego su pomične zbog sudjelovanja u kinematskom lancu. Veličine i smjerovi međusobnih pomaka tih točaka ovise prvenstveno o geometrijskoj i materijalnoj simetričnosti dilatacijskih cjelina, te o fleksibilnosti donjeg ustroja mosta. Da bi se izbjegla suvišna briga o položaju ništašte pomaka, te da bi se pojednostavio ispis i obrada kontinuitetnih jednadžbi, obavljena je sljedeća pretpostavka o rasporedu pomaka duž višeraspinskih dilatacijskih cjelina uz odgovarajuće smjerove nepoznatih horizontalnih sila u ležajevima (sl. 3).

2.1.1. Prva dilatacijska cjelina

Prvi ležaj (upornjaka)



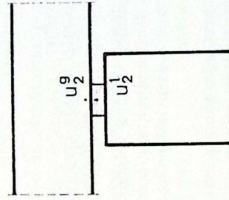
Slika 4. Shema prve potpore

$u_i^a$  — nepoznati pomak točke (1) na gornjem ustroju (kontakt gornje konstrukcije s donjom)

$u_i^b$  — nepoznati pomak vrha elastomernoga ležaja na donjem ustroju

$$u_i^a = u_i^b \Rightarrow u_i^a = \delta_1 \cdot H_1$$

Drugi ležaj



Slika 5. Shema druge potpore

$u_i^a$  — nepoznati pomak točke (2) na gornjem ustroju

$u_i^b$  — nepoznati pomak vrha neoprenskeg ležaja na donjem ustroju

$$u_i^a = u_i^b$$

$$u_i^a = u_i^b = \Delta \cdot l_{12}$$

$\Delta \cdot l_{12}$  — skraćenje dijela dilatacijske cjeline između ležajeva I i 2 (poznata veličina od parazitenog opterećenja)

$$u_i^a = -\delta_2 \cdot H_2$$

$$u_i^a = u_i^b \Rightarrow u_i^a = -\delta_2 \cdot H_2$$

Kako je  $u_i^a = \delta_1 \cdot H_1$  jednadžba će glasniti:

$$\delta_1 \cdot H_1 + \delta_2 \cdot H_2 - \Delta \cdot l_{12} = 0$$

Treći ležaj (analogno drugom ležaju):

$$u_i^a = u_i^b = \Delta \cdot l_{13} \Rightarrow \delta_1 \cdot H_1 + \delta_2 \cdot H_2 - \Delta \cdot l_{13} = 0$$

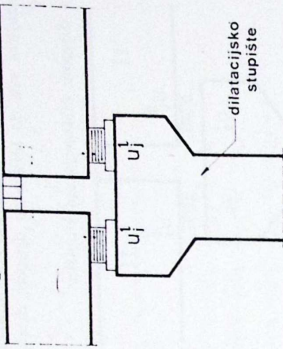
$$u_i^a = -\delta_3 \cdot H_3 \Rightarrow \delta_1 \cdot H_1 + \delta_2 \cdot H_2 - \delta_3 \cdot H_3 - \Delta \cdot l_{13} = 0$$

Četvrti ležaj (analogno drugom):

$$u_i^a = u_i^b = \Delta \cdot l_{14} \Rightarrow \delta_1 \cdot H_1 + \delta_2 \cdot H_2 - \delta_3 \cdot H_3 - \delta_4 \cdot H_4 - \Delta \cdot l_{14} = 0$$

$$u_i^a = -\delta_4 \cdot H_4 \Rightarrow \delta_1 \cdot H_1 + \delta_2 \cdot H_2 - \delta_3 \cdot H_3 - \delta_4 \cdot H_4 - \Delta \cdot l_{14} = 0$$

Dilatacijski ležaj:



Slika 6. Shema prvoga dilatacijskog stupišta

Utjecaj prve dilatacijske cjeline na dilatacijski stup obavlja se sa silom  $H_1$ , a utjecaj druge dilatacijske cjeline silom  $H_2$ . Vektorskim zbrojem ovih sila dobit će se rezultantna sila koja djeluje na ovo dilatacijsko stupište.

$$u_i^a = u_i^b$$

$$u_i^a = u_i^b = u_i^c = \Delta \cdot l_{11}$$

$$u_i^c = \delta_{4,11} \cdot H_1 - (\delta_{4,11} + \Delta_{11}) \cdot H_1$$

$\delta_{4,11}$  — fleksibilnost I. dilatacijskog stupišta (bez fleksibilnosti ležajeva na stupu)

$\Delta_{11}$  — fleksibilnost elastomernog ležaja » $\Delta_{11}$ «

$$u_i^c = \Delta \cdot l_{11} = \delta_{4,11} \cdot H_1 - (\delta_{4,11} + \Delta_{11}) \cdot H_1$$

Kako je  $u_i^a = \delta_1 \cdot H_1$  jednadžba će poprimiti oblik:

$$\delta_1 \cdot H_1 + (\delta_{4,11} + \Delta_{11}) \cdot H_1 - \delta_{4,11} \cdot H_1 - \Delta \cdot l_{11} = 0 \quad (4)$$

Za prvu dilatacijsku cjelinu sa » $\Delta_{11}$ « ležajeva uspostavi smo » $1 \llcorner$ « jednadžbu kontinuiteta.

Tim jednadžbama pridružimo jednadžbu ravnoteže horizontalnih sila duž I. dilatacijske cjeline, s predznacima kako su usvojeni na sl. 3, te ćemo tako dobiti » $1 \llcorner$ « jednadžbi sa ( $1 + 1$ ) nepoznatom veličinom (zbog utjecaja druge višeraspanske dilatacijske cjeline sa silom  $H_2$ ):

$$H_1 - H_2 - H_1 - H_1 - \dots - H_1 = 0. \quad (5)$$

2.1.2. Druga dilatacijska cjelina

Prvi ležaj II. dilatacijske cjeline

$$u_i^a = u_i^b$$

$$u_i^a = (\delta_{4,11} + \Delta_{11}) \cdot H_1 - \delta_{4,11} \cdot H_1$$

$\delta_{0j}$  — fleksibilnost elastomernog ležaja » $\delta_{0j}$ «

Drugi ležaj II. dilatacijske cjeline

$$u_i^a = u_i^b = u_i^c = \Delta \cdot l_{j+1}$$

Kako je  $u_i^a = u_i^b$ , te kako su:

$$u_i^a = u_i^b = -\delta_{j+1} \cdot H_{j+1} \cdot H_{j+1}$$

$$\delta_{4,11} + \Delta_{11} = \delta_{0j}$$

$$u_i^a = u_i^b = u_i^c = \delta_{j+1} \cdot H_{j+1} + \delta_j \cdot H_j - \delta_{4,11} \cdot H_1 - \Delta \cdot l_{j+1} = 0$$

to je:

$$\delta_{j+1} \cdot H_{j+1} + \delta_j \cdot H_j - \delta_{4,11} \cdot H_1 - \Delta \cdot l_{j+1} = 0 \quad (6)$$