

Prijelazne naprave za mostove od elastomernih segmenata

Domagoj Petrović

Ključne riječi

riječni mostovi,
prijelazne naprave,
elastomerni segmenti,
primjena,
montaža,
propisi

Key words

bridges,
expansion joints,
elastomeric segments,
use,
assembly,
regulations

Mots clés

ponts,
joints de dilatation,
segments en élastomère,
mise en œuvre,
préfabrication,
réglementation

Ключевые слова

мосты, переходные
приспособления,
эластомерные
сегменты,
применение,
монтаж,
правила

Schlüsselworte:

Brücken,
Übergangsvorrichtungen,
Elastomersegmente,
Anwendung,
Montage,
Vorschriften

D. Petrović

Stručni rad

Prijelazne naprave za mostove od elastomernih segmenata

U članku se polazi od toga da se prijelazne naprave za mostove koje su izrađene od montažnih armiranih elastomernih (gumenih) segmenata primjenjuju već nekoliko desetljeća. Opisuju se iskustva stečena u proteklom razdoblju. Kronološki su opisane okolnosti koje su dovele do izuma ovoga tipa naprave i njihove primjene. Podrobnije se prikazuju višegodišnja iskustva iz SAD-a, V. Britanije i Njemačke. Prikazano je današnje stanje propisa koji se odnose na primjenu predmetnih prijelaznih naprava.

D. Petrović

Professional paper

Elastomeric expansion joints for bridges

This paper starts with assertion that expansion joints made of prefabricated reinforced elastomeric (rubber) segments have been used in bridge construction for several decades now. Experience gained in the past period is described. Circumstances that brought about invention of this type of expansion joints, and the use of these joints since their invention, are described in chronological order. Multi-year experience from U.S.A. and Germany is presented in more detail. Current regulations relating to the use of these expansion joints are commented on.

D. Petrović

Ouvrage professionnel

Joints de dilatation pour les ponts en segments en élastomère

L'article part du fait que les joints de dilatations pour les ponts, fabriqués en segments armés préfabriqués en élastomère (caoutchouc), sont utilisés déjà depuis plusieurs décennies. On décrit les expériences acquises dans la période écoulée. On donne un aperçu chronologique des circonstances ayant abouti à l'invention de ce type de joints de dilatation et de leur mise en œuvre. On présente plus en détail une longue expérience en la matière aux États-Unis et en Allemagne. On décrit l'état actuel de la réglementation concernant l'application de ce type de joints de dilatation

Д. Петрович

Отраслевая работа

Переходные приспособления для мостов из эластомерных сегментов

Статья исходит из того, что переходные приспособления для мостов, изготовлены из сборных армированных эластомерных (резиновых) сегментов применяются уже несколько десятилетий. Описывается опыт, приобретенный в предыдущем периоде. Хронологически описаны обстоятельства, приведшие к изобретению этого нового типа температурно-усадочных швов и их использованию. Более подробно представлен многолетний опыт США и Германии. Приведено настоящее состояние правил, действующих в отношении к применению предметных температурно-усадочных швов.

D. Petrović

Fachbericht

Übergangsvorrichtungen für Brücken aus Elastomersegmenten

Im Artikel geht man von der Tatsache aus dass Übergangsvorrichtungen für Brücken, hergestellt aus vorgefertigten bewehrten Elastomersegmenten (aus Gummi), schon einige Jahrzehnte angewendet werden. Beschrieben sind Erfahrungen die man während dieser Zeit sammelte. Chronologisch beschreibt man die Umstände die zur Erfindung dieses Typs von Vorrichtungen und deren Anwendung führten. Detailliert stellt man mehrjährige Erfahrungen aus den USA und Deutschland dar. Dargestellt ist der heutige Stand der Vorschriften die sich auf die Anwendung solcher Übergangsvorrichtungen beziehen.

Autor: **Domagoj Petrović**, dipl. ing. građ., Kontakt-inženjering d.o.o., Zagreb, Hanuševa 2

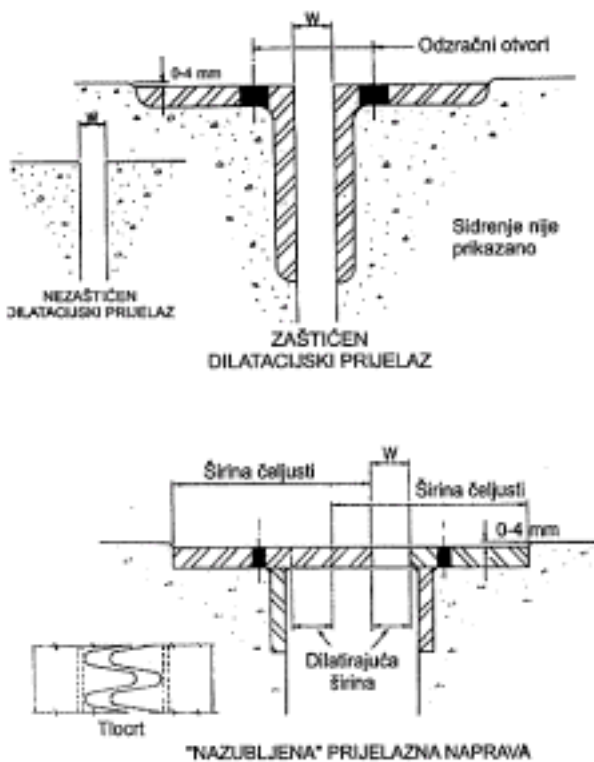
1 Uvod

Poslije završetka Drugoga svjetskog rata došlo je do velike obnove i izgradnje nove infrastrukture u Europi i Americi, ali i u drugim dijelovima svijeta. Gradili su se mostovi većih raspona zbog općeg napretka tehnologije i zbog zahtjeva za većim stupnjem uslužnosti prometnica negoli prije rata. Količina cestovnog prometa rasla je eksponencijalno. Sve to dovelo je do mnogih problema koji prije nisu bili prisutni u tako velikoj mjeri.

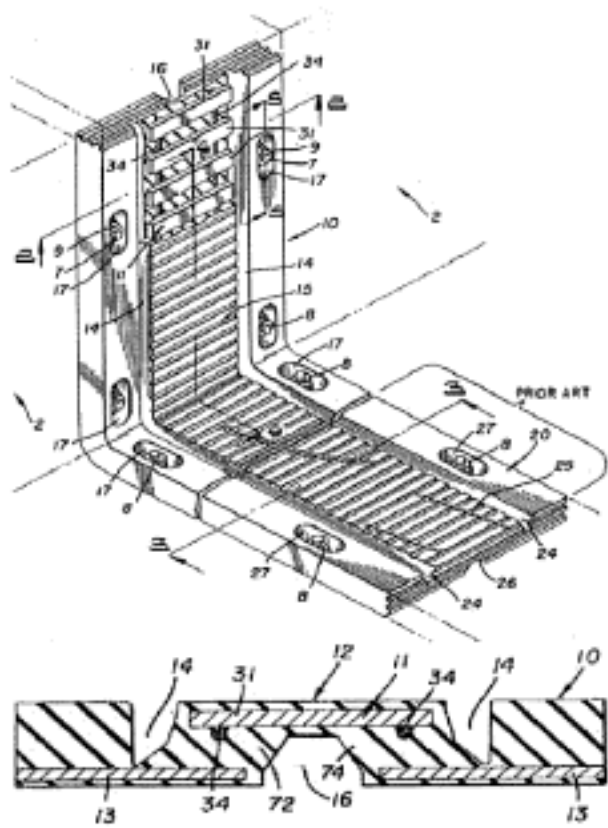
Jedan od tih problema bio je i problem prijelaznih naprava za mostove. Veliki rasponi mostova, gust promet s velikim osovinskim pritiscima, lagane konstrukcije mostova i drugo, doveli su do proizvodnje tipskih prijelaznih naprava za mostove. Razni proizvođači nudili su svoja rješenja.

U početku su to bile vrlo jednostavne konstrukcije, najčešće vodopropusne. Naprave su se sastojale od dva sučelna čelična kutnika ili ploče koji su imali funkciju mehaničke zaštite prijelaza. Utjecaj vodopropusnosti prijelazne naprave na konstrukciju mosta i upornjaka danas je dobro poznat, ali tada još nije bio. Štetnost slane vode na čeličnu i armiranobetonsku konstrukciju rezultirala je brzim propadanjem stotina mostova u svijetu. Zbog navedenih razloga šezdesetih su se godina prošlog stoljeća intenzivno tražila kvalitetnija vodonepropusna

rješenja, tako da je početkom sedamdesetih bilo jako mnogo raznovrsnih rješenja, a sva su ona imala veće ili



Slika 1. Prvotna rješenja vodonepropusnih prijelaznih naprava



Slika 2. Perspektivni prikaz i jedan presjek (2-2) patentirane naprave Transflex® (ilustracije iz patentnog dokumenta)

manje nedostatke. Prije svega, trajnost naprava najčešće nije prelazila nekoliko godina. Naprave ne bi bile mehanički dovoljno izdržljive te bi vrlo brzo postale vodopropusne. Nisu bili rijetki slučajevi vodopropusnosti naprava već nakon godinu-dvije, pa čak i ubrzo nakon otvaranja za promet!

U razdoblju od 1973. do 1977. godine američka korporacija *General Tire Inc.* patentirala je niz rješenja za vodonepropusne prijelazne naprave za mostove koja su se bazirala na armiranim elastomernim segmentima. Naprave su se zvale Transflex®. To je rješenje imalo prednost pred dotadašnjim rješenjima u vidu armiranih ploča koje su preuzimale kolničko opterećenje. Mogućnost deformacije postizala se posmičnim deformiranjem elastomera. Sidrenje se obavljalo s pomoću sidrenih vijaka u armirano-betonsku konstrukciju. Elementi dužine 2 metra nastavljali su se do potrebne dužine.

Izrada takvih naprava bila je jednostavna i razmjerno jeftina, a korporacija *General Tire Inc* je na području

polimera imala svjetsku reputaciju. Stoga ne čudi da se ovo rješenje brzo proširilo i puno primjenjivalo.

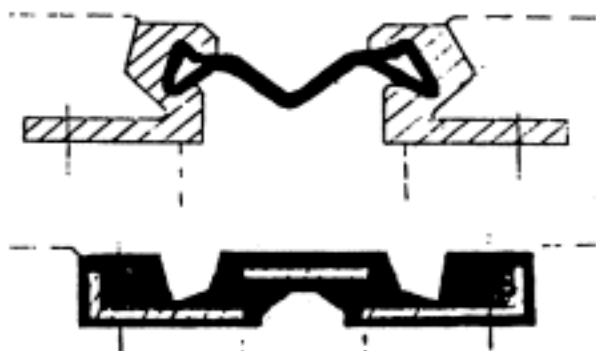
Ovdje će biti razmatran tip prijelaznih naprava za mostove koji su izrađeni od montažnih armiranih elastomernih (gumenih) elemenata.

2 Iskustva

Primjenom navedenog rješenja tijekom godina stečena su negativna iskustva, prije svega u tehnički razvijenim i tehnološki naprednijim zapadnim zemljama.

2.1 Iz Sjedinjenih američkih država

Američka savezna agencija za transport (*National Research Council, Transportation research Board, Washington D.C.*) 1979. godine izrađuje studiju procjene raznih rješenja prijelaznih naprava za mostove ugrađivanih u SAD-u [1]. Na 46 stranica detaljno se obrađuju podaci dobiveni iz 41 organizacije zadužene za održavanje cesta širom SAD-a. Obrađeno je oko 600 ugrađenih naprava s 11 različitih rješenja prijelaznih naprava (slike 3. i 4.).

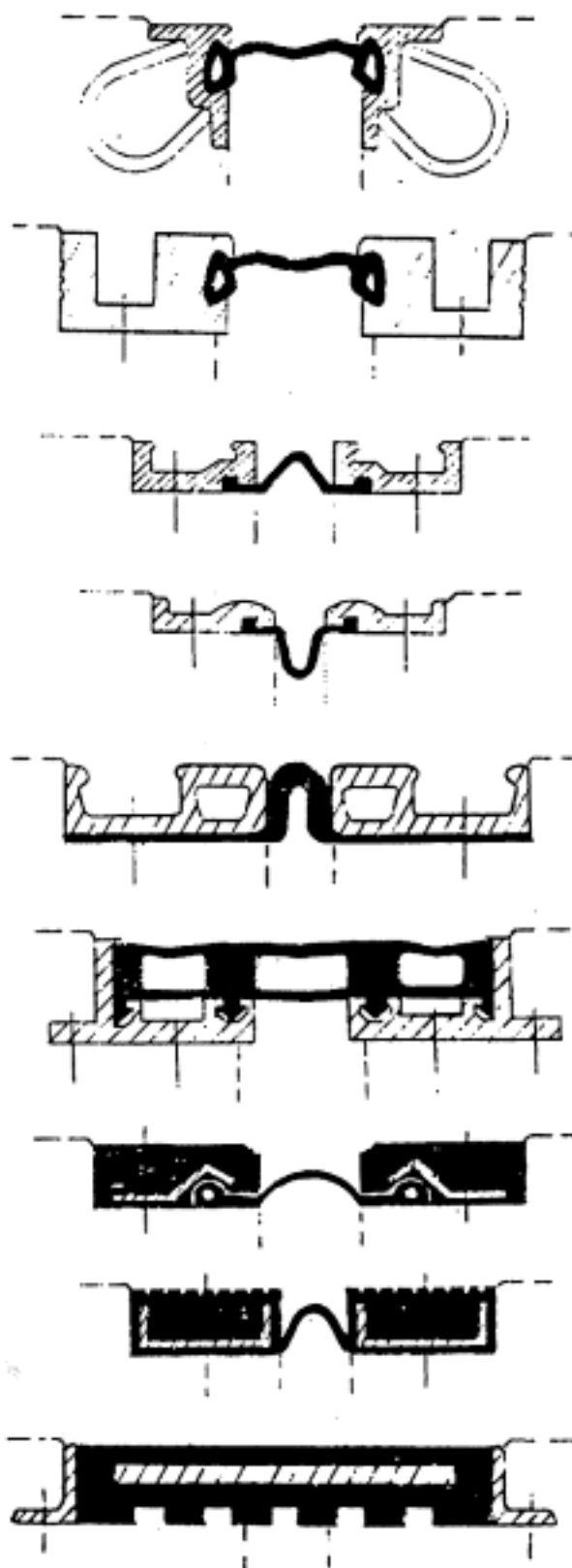


Slika 3. Dva najviše ugrađivana tipa prijelaznih naprava: Wabo-Maurer (gore) i Transflex® (dolje)

Većina se ovih rješenja više ne primjenjuju. Posebno će se izdvojiti dva rješenja opisana na slici: već spomenuti Transflex® (drugi odozdo) i Wabo-Maurer (prvi odozdo). Wabo-Maurer je stari napušteni Maurerov patent (koji su tada rabili proizvođači Wabo), principijelno istog tipa kao suvremeni Maurer ili serija KT, samo sa starim oblikom brtve.

Tablica 1. Rezultati istraživanja za dva najviše ugrađivana tipa naprava za pomake 100 mm

Tip	ukupno	uspješnih		neuspješnih	
		kom	%	kom	%
Wabo-Maurer	40	34	85	6	15
Transflex®	66	37	56	29	44



Slika 4. Ostali tipovi ugrađivanih naprava tog doba iz SAD-a

Tablica 2. Rezultati istraživanja za dva najviše ugrađivana tipa naprava za sve pomake

Tip	ukupno	uspješnih		neuspješnih	
		kom	%	kom	%
Wabo-Maurer	64	48	75	16	25
Transflex®	316	97	31	219	69

Podaci za navedenih 600 ugrađenih naprava precizno su prikupljeni i obrađeni. Rezultat statističke obrade prikupljenih podataka za dva najviše ugrađivana tipa naprava prikazana su u tablici 1. i tablici 2.

Uspješnom instalacijom smatrala se prije svega vodonepropusna naprava, ali kriteriji su bili i ušćuvanost/oštećenost naprave, štropt koji upozorava na potencijalnu neispravnost naprave, udobnost prijelaza preko naprave itd. Od ostalih tipova jedino je koliko-toliko uspješno bilo još staro Maurerovo rješenje (slika 3.) sa 64% uspješnosti. Sva ostala rješenja bila su znatno neuspješnija.

Iz ovih podataka se vidi inferiornost sistema montažnih elamstomernih segmenata prema starim Maurerovim sistemima.

2.2 Iz Velike Britanije

U Velikoj Britaniji objavljeno je 1993. godine Istraživanje stanja i karakteristika prijelaznih naprava za mostove.

Istraživanje je obavljeno na reprezentativnom uzorku od 250 različitih naprava. Pokazalo se da su elastomerne prijelazne naprave vrlo osjetljive na intenzitet prometnog opterećenja. Na prometno intenzivnijim pravcima ('A' roads and trunk routes) uočena su ozbiljna mehanička oštećenja na čak 80% predmetnih naprava, dok je taj postotak na lokalnim cestama (minor roads) bio 20%-30%.

Ovim mehaničkim oštećenjima pripadaju: otkazivanje sidrenih vijaka, otkazivanje podloge, ozbiljnija oštećenja elastomera ili armiranih ploča od prometa ili udaraca ralice, vodopropusnost i sl.

Vodopropusno je bilo 65% ugrađenih naprava ovog tipa!

Procijenjeni vijek trajanja ovih naprava ponajviše ovisi o intenzitetu prometnog opterećenja, a iznosi od maksimalnih 15 do samo 2 godine!

Laboratorij za istraživanje prometa pri Ministarstvu za promet objavljuje 1977. godine. Završno izvješće radne grupe za prijelazne naprave za mostove [5].

Prikupljeni su podaci od 36 ustanova za održavanje prometnica u Velikoj Britaniji o stanju 6241 ugrađene prijelazne naprave. Prijelazne naprave su grupirane u nekoli-

ko podtipova te su zasebno razmatrane. Za promatrane naprave je zaključeno da su zbog osjetljivosti na prometno opterećenje prikladne za lagano opterećene mostove (lightly trafficked roads). Predviđena trajnost im je procijenjena na 6 godina, mnogo manje od procijenjene trajnosti od 20 godina za naprave sa elastomernom brtvom u čeličnim profilima.

2.3 Iz Njemačke

Njemačka iskustva s ovim tipom prijelaznih naprava bila su jednako negativna. Prije svega zbog vodopropusnosti, ali i abrazijskog trošenja i mehaničkih deformiranja. Ova projektna koncepcija ocijenjena je kao loša zbog potrebe da armirani elastomerni segmenti istovremeno prenose prometno opterećenje, ostvaruju pomake i brtve vodonepropusno!

Iz njemačkih iskustava mogu se izvući sljedeći zaključci:

- Elastomerni elementi, kako bi izdržali prometno opterećenje, moraju biti što je moguće krući. Zato međuspojevi elastomernih segmenata (dužine 1-2 m) teško ostvaruju trajnu nepropusnost. Zbog krutosti potrebne su velike sile za pomicanje naprava (otprilike 30 kN/m¹).
- Tehnike lijepljenja ili hladnog vulkaniziranja segmenata prijelaznih naprava za mostove pokazale su se nedovoljno trajnima i danas nisu dopuštene prema njemačkim propisima. Vruće vulkaniziranje spojeva dopušta se u iznimnim slučajevima.
- Dužina sidrenih vijaka ne dopušta kontroliranu silu trajnog pritezanja. Zbog toga su sklone otkazivanju pod stalnim dinamičkim opterećenjem.
- U slučaju popuštanja sidrenih vijaka stvara se vrlo glasan štropt.
- Podešavanje (prethodnim deformiranjem) prijelaznih naprava na potreban otvor ugradnje u praksi je teško izvedivo.
- Kod naprava pod kutom u odnosu prema osi mosta gotovo je nemoguće pratiti veću promjenu poprečnog nagiba (npr. s kolnika na pločnik).
- Nezaštićena gornja elastomerna površina izložena je trošenju i abraziji.

Stav je da primjena ovakvih naprava nije preporučljiva.

3 Današnje stanje

3.1 Propisi

NJEMAČKA je danas vodeća zemlja u svijetu u kvalitetnoj primjeni prijelaznih naprava za mostove. Razloga za to ima mnogo: od visokog stupnja razvijenosti industrije, tehnologije, propisa, institucija i društva općenito

pa do konkretnih [zasluga](#) pojedinih instituta, tvrtki i stručnjaka.

Njemački propisi "Tehničke odredbe o isporuci i testiranju nepromoćivih cestovnih prijelaznih naprava", koje izdaje Ministarstvo prometa ne dopuštaju rješenja bazirana na lijepljenim ili vulkaniziranim spojevima brtvećih elemenata na [modularnim](#) prijelaznim napravama za mostove (točka 6.1.7.b).

Njemačko ministarstvo za promet [ne dopušta ugrađivanje predmetnih prijelaznih naprava](#).

SJEDINJENE AMERIČKE DRŽAVE su nedavno donijele savezne propise koji reguliraju problematiku dobivanja tehničkog dopuštenja za upotrebu modularnih prijelaznih naprava [2]. Ovi propisi, slično kao i njemački, ne dopuštaju upotrebu lijepljenih spojeva brtvećih elemenata, kao ni upotrebu aluminija u napravama. Oni i ne predviđaju takav tip prijelaznih naprava.

U SAD-u je svaka savezna država zadužena za održavanje svoje cestovne infrastrukture. O prijelaznim napravama svaka od njih ima pravo odlučivati što se i kako treba ugrađivati. Loša iskustva s ovim tipom prijelaznih naprava imaju za posljedice da agencije koje se brinu za ceste diljem SAD-a (ima ih preko 50) [ne dopuštaju ili ne preferiraju ugradnju ovog tipa prijelaznih naprava](#). To je prikazano u vrlo svježem izvješću [2].

VELIKA BRITANIJA, slično kao SAD, ostavlja svojim agencijama za održavanje prometnica autonomiju odabira prijelaznih naprava. Međutim zbog stečenih iskustava ne preporučuje se ugradnja predmetnih naprava na prometno intenzivnim cestama [6].

EUROPSKA UNIJA je pred donošenjem Smjernica za europsko tehničko dopuštenje za prijelazne naprave kroz svoju Europsku organizaciju za tehnička dopuštenja (*European organization for technical approvals*). Naprave koje ne budu zadovoljavale te propise neće moći dobiti CE znak, tj. neće se moći primjenjivati. [Može se očekivati](#) da će Njemačka imati najveći utjecaj na sadržaj tih propisa.

IZVORI

- [1] Linfante, A.; Castro, A. J.: *Bridge deck joint sealing systems: Evaluation and performance Specification*. NCHRP Report 204, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC (1979).
- [2] Price, R.: *Performance in Service of Bridge Deck Expansion Joints*, TRRL report, Transport, Road and Research Laboratory, Berkshire, UK (1984)
- [3] Burke, M. P.: *Bridge deck joints*, NCHRP Report 141, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC (1989).

3.2 Praksa

Naprave razmatranog tipa jednostavne su za proizvodnju i jeftine. [Danas postoji nekoliko proizvođača takvih naprava u svijetu](#). Sve se te naprave mogu smatrati kopijama Transflex[®], dok je sama korporacija *General Tire Inc.* zbog loših iskustava s ovim tipom prijelazne naprave već nakon nekoliko godina posve odustala od posla s prijelaznim napravama!

[Te su naprave prikladne za manje zahtjevne svrhe, kao što su pješački mostovi, podzemne željeznice, prilazne rampe, i sl.](#)

Ugradnja promatranih naprava u cestovne mostove, čak i one sa laganim prometom, zadnjih deset-petnaest godina postaje sve rjeđa. Razlog tomu je postojanje kvalitetnijih rješenja na bazi elastičnog betona, npr. Maurerov Betoflex[®], Magebin RE joint i sl. Ove naprave, jednako kao ni promatrane naprave, ne zahtijevaju duboko sidrenje u konstrukciju. Stoga su prikladne za sanaciju dotrajalih naprava bez razbijanja betonske konstrukcije.

4 Zaključak

Područje prijelaznih naprava za mostove posljednjih je desetljeća doživjelo veliki napredak. Danas postoje dokazana rješenja koja nude veliku trajnost za prihvatljivu cijenu. Hrvatska, u svojim pokušajima hvatanja koraka sa razvijenim zemljama, ima priliku učiti na pogreškama koje su do sada činjene pa se one ne bi smjele ponavljati.

U razvijenom se svijetu bezrezervno teži ugradnji prijelaznih naprava što veće trajnosti. Ekonomski je razlog dominantan jer je skuplje ugraditi jeftiniju napravu s obzirom na to da traje višestruko kraće. Troškovi zaustavljanja prometa i zamjene dotrajale naprave veći su od nabave skuplje ali trajnije naprave u startu.

Prijelazne naprave od montažnih gumenih segmenata nisu dovoljno trajno rješenje za ugradnju u cestovne mostove. To je pokazala tridesetogodišnja praksa. Njihova niža početna cijena ne pokazuje se isplativom ako ih je potrebno tijekom eksploatacije češće mijenjati.

- [4] I. D. Johnson; S. P. McAndrew: *E434A/BC: Research into the condition and performance of bridge deck expansion joints*, Project Report 9, Transport research laboratory, An executive agency of The Department of Transport (1993).
- [5] Ruhrberg, R.; Krebs, A.; Schmiedel, U.: *Technische Liefer- und Prüfvorschriften für wasserundurchlässige Fahrbahnübergänge von Strassen- und Wegbrücke*, Bundesministerium für Verkehr (1997)
- [6] C. P. Barnard; J. R. Cuninghame: *Improving the performance of bridge expansion joints: Bridge Deck Expansion Joint Working*

-
- Group Final Report*, TRL Report 236, Transport research laboratory, An executive agency of The Department of Transport (1997).
- [7] Dexter, R. J.; Connor, R. J.; Kaczienski, M. R.: *Report 402: Fatigue design of modular bridge joints*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC (1997).
- [8] C. P. Barnard; J. R. Cuninghame: *Practical guide to the use of bridge expansion joints*, Application Guide 29, Transport research laboratory, An executive agency of The Department of Transport (1997).
- [9] Dexter, R. J.; Mutziger, M. J.; Osberg, C. J.: *Performance testing for modular bridge joint systems* NCHRP Report 467, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC (2002).
- [10] *Quality assurance for modular bridge expansion joints*, Roads and Traffic Authority of New South Wales, (2002)
- [11] Purvis, R.; McLean, D. I.: *Bridge deck joint performance: A synthesis of highway practice*, NCHRP synthesis 319, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC (2003)
- [12] [United States Patent 3758220](#), 11. rujna 1973.
- [13] [United States Patent 3829229](#), 13. kolovoza 1974.
- [14] [United States Patent 3862810](#), 28. siječnja 1975.
- [15] [United States Patent 4063840](#), 20. prosinca 1977.
- [16] Tehnička dokumentacija njemačkog proizvođača opreme za mostove *Maurer Söhne GmbH*
- [17] Tehnička dokumentacija švicarskog proizvođača opreme za mostove *Mageba SA*
- [18] Dokumentacija američkog proizvođača opreme za mostove *D.S. Brown Ltd.*
-