

POREĐENJE UTICAJA OD VERTIKALNOG SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA NA ARMIRANO-BETONSKOM PREDNAPREGNUTOM MOSTU NA DVA POLJA**COMPARISON OF THE INFLUENCE OF VERTICAL TRAFFIC LOAD ON A REINFORCED CONCRETE PRESTRESSED BRIDGE ON TWO SPANS**Lazar Aleksandrić, Andrija Rašeta, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratik sadržaj – U ovom radu su upoređeni rezultati dobijeni od vertikalnog opterećenja na armirano-betonskom mostu korišćenjem evropskih normi EN 1991-2 i korišćenjem srpskog Pravilnika o tehničkim normativima za određivanje veličina opterećenja mostova iz 1991. godine.

Ključne reči: betonski most, saobraćajno opterećenje

Abstract – This paper compares the results obtained by applying vertical loads to a reinforced concrete bridge on two spans using the European standard EN 1991-2 and Serbian standards for traffic loads.

Keywords: concrete bridge, traffic load

1. UVOD

Mostovi su specifična i posebna oblast tehnike i građevinarstva. Mostovina nazivamo građevine za bezbedno prevođenje saobraćajnica i vodova različitih namena preko prirodnih i veštačkih prepreka. Na mostove deluju različita opterećenja gde je pored sopstvene težine najdominantnije saobraćajno opterećenje.

Ovo opterećenje je promenljivo tokom vremena, sa uticajem različitih dinamičkih efekata i različitim kombinacijama dejstava.

Uzimajući u obzir iskustvo i procenu daljeg razvoja saobraćajnih vozila i njihovih dejstava, napravljena su tipska li proračunska opterećenja koja se koriste za proračunavanje i dimenzionisanje noseće konstrukcije mosta.

Kao posledica razvoja vozila, saobraćajnica i saobraćajnih uslova uopšte dolazi do promene tipskih vozila, kontinualnog saobraćajnog opterećenja i njihove raspodele na mostu. Predmet ovog rada je statička analiza armirano-betonskog mosta na dva polja usled vertikalnog saobraćajnog opterećenja po domaćim propisima i evropskim normama.

Kao vertikalna opterećenja uzimaju se Model opterećenja 1 (LM1) kao osnovni model vertikalnog opterećenja prema Eurokodu, odnosno šema opterećenja 600 prema domaćem Pravilniku.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Andrija Rašeta.

2. TEHNIČKI OPIS MOSTA

Projektovan je nadvožnjak na dva polja po 25+25 m iznad autoputa, ukupne dužine sa krilnim zidovima 57,90 m. Ukupna širina mosta iznosi 13,50 m od čega je širina kolovoza 8,0 m (2x3,5 m + 2x0,5 m), a širina pešačkih staza, zajedno sa ivičnim elementom i zaštitnom barijerom do ivičnjaka iznosi 2x2,75 m.

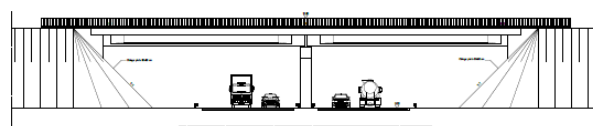
Statički sistem mosta je prosta greda koja se preko ležišta oslanja na stubove. Poprečni presek mosta čine prednapregnuti „I“ nosači sa širokom gornjom flanšom koja ujedno obezbeđuje i oplatu za betoniranje AB ploče debljine 25 cm.

Nosači su konstantne visine od 170 cm, širina gornje flanše iznosi 220 cm, širina donje flanše iznosi 60 cm, a širina rebra 20 cm. Poprečni nosači nalaze se samo iznad oslonaca i dimenzija su 40x160 cm.

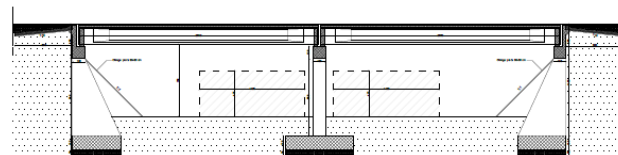
Kolovoz je projektovan sa obostranim poprečnim nagibom od 2,0% koji se obezbeđuje slojem betona promenljive debljine preko hidroizolacije nakon čega se vrši asfaltiranje. U podužnom pravcu formiran je nagib od 1,50%.

Postoje dve vrste ležišta, i to:

- Pokretna ležišta u pravcu mosta na obalnim osloncima,
- Nepokretna ležišta na srednjem osloncu.



Slika 1. Bočni izgled mosta

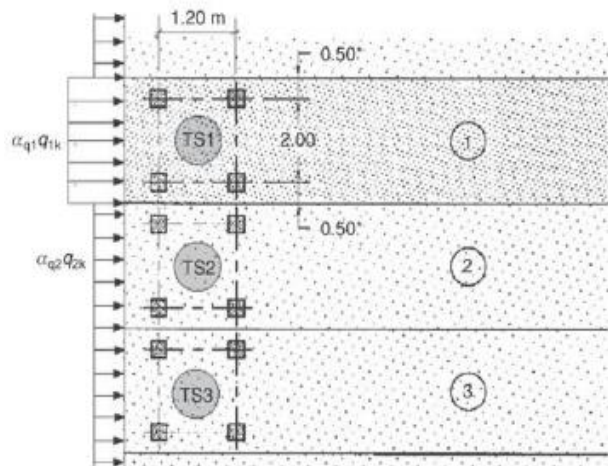


Slika 2. Podužni presek

3. SAOBRAĆAJNO OPTEREĆENJE**3.1 EVROPSKI PROPISI – EN 1991-2 TRAFFIC LOADS ON BRIDGES**

Norme koje su primenjivane prilikom proračuna mosta koji je predmet ovog rada spadaju u norme koje se koriste za proračun drumskih mostova sa rasponima manjim od 200 m i širinom kolovoza manjom od 42 m. Širinom kolovoza smatra se unutrašnje rastojanje između ivičnjaka, i ona se deli na najveći ceo broj nominalnih traka.

Predviđaju se maksimalno tri saobraćajne trake širine od 2,7-3 m. Traka koja daje najnepovoljniji učinak označena je brojem 1 a traka koja daje drugi najnepovoljniji učinak označena je brojem 2.



Slika 3. Izgled Modela opterećenja 1

Model opterećenja 1 je glavni model vertikalnog saobraćajnog opterećenja koji se sastoji od dvoosovinskog opterećenja od koncentrisanih sila i jednako raspodeljenog opterećenja.

Takođe pokriva uticaje od teških i putničkih vozila. Svaka od traka opterećuje se sa po 2 osovinska tereta Q_{ik} koja se nalaze na među-sobnom rastojanju od 1,2 m, sa razmakom točkova od 2 m, dok su dimenzije tih točkova 40x40 cm. U jednoj traci može biti samo jedno dvoosovinsko opterećenje, koje se ravnomerno deli na dva točka.

Kontinualno opterećenje raspoređuje se samo u nepovoljnim delovima, koji su identifikovani kao takvi osovinskim opterećenjem ili takozvanim tandem sistemima, na površini koja zahvata trake i preostali deo.

Za opterećenje jedne osovine uzima se intenzitet od 300 kN za Traku 1, 200 kN za Traku 2 i 100 kN za Traku 3.

Za raspodeljeno opterećenje uzima se vrednost od 9 kN/m² za Traku 1, i opterećenje od 2,5 kN/m² za preostalu površinu. Sva opterećenja su već pomnožena dinamičkim koeficijentom.

Svaka od navedenih sila množi se odgovarajućim koeficijentom usklađivanja α_Q i α_q , koje može propisati svaka država zasebno.

Ovi faktori zavise od intenziteta saobraćaja i brojčanog stanja traka na mostu i mogu se usvojiti u vrednostima od 0,8-1,0.

3.2 DOMAĆI PROPISI – PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA ODREĐIVANJE VELIČINA OPTEREĆENJA MOSTOVA IZ 1991. GODINE

Prema Pravilniku o tehničkim normativima za određivanje veličina opterećenja mostova iz 1991. godine drumski mostovi se dele na tri kategorije prema značaju puta:

- I kategorija – mostovi na auto putevima (merodavna šema 600+300)

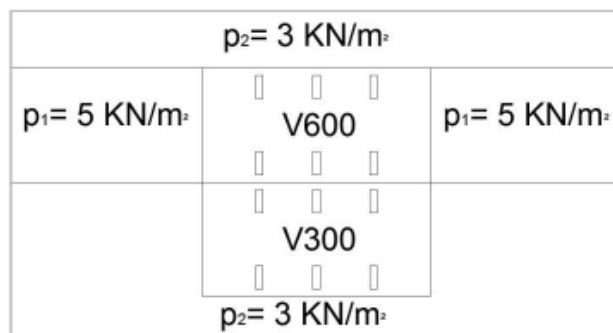
- II kategorija – mostovi na magistralnim i regionalnim putevima i gradskim saobraćajnicama (merodavna šema 600)

- III kategorija – mostovi na svim ostalim putevima (merodavna šema 300+300 ili šema 300, u zavisnosti od širine mosta)

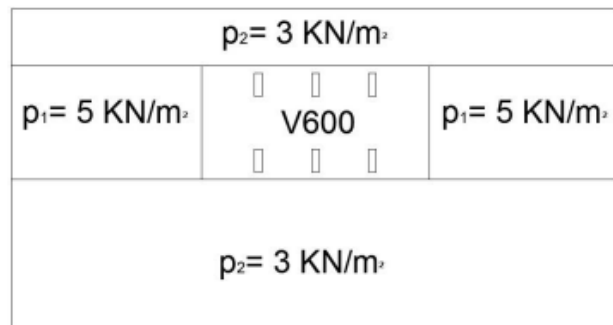
Kolovoz čini glavna traka, širine 3 m i prostor izvan glavne trake. Glavna traka postavlja se u najnepovoljniji položaj na mostu i paralelna je sa osom mosta.

Ukoliko je konstrukcija mosta konstantna celom dužinom, odnosno jedinstvena u svim presecima duž konstrukcije, na mostu postoji samo jedna glavna traka.

Proračun se sprovodi prema računskoj šemi opterećenja mosta, u zavisnosti od kategorije predmetnog mosta. Tipičnim vozilom smatra se vozilo jedinstvenog oblika, dimenzija 6x3 m u podužnom pravcu, sa rastojanjem točkova od 0,5 m od ivica u poprečnom smeru, na rastojanjima od 1,5 m u podužnom smeru. Smatra se da vozilo ima 6 točkova, sa dimenzijama 60x20 cm za vozilo V600 i 40x20 cm za V300.



Slika 4. Šema 600+300



Slika 5. Šema 600

U glavnu traku postavlja se tipsko vozilo ili najteže vozilo ukoliko ih ima više. Tipsko vozilo deluje sa 6 koncentrisanih sila na mestima točkova od po 100 kN za vozilo V600 i 50 kN po točku za vozilo V300.

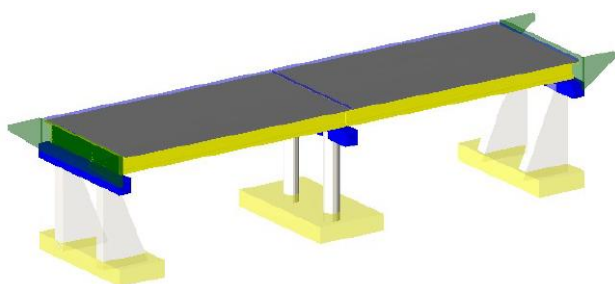
Kontinualna opterećenja od 5 kN/m² i 3 kN/m² postavljaju se u glavnu traku i na svu preostalu površinu. Sva opterećenja u glavnoj traci množe se koeficijentom dinamičnosti, koji zavisi od raspona mosta.

4. NUMERIČKI MODEL

Za analizu opterećenja korišćen je programski softver „TOWER“. Konstrukcija nadvožnjaka modelirana je linijskim i površinskim konačnim elementima.

Kolovozna ploča je modelirana kao površinski nosač debljine $d=25$ cm, koja se oslanja na glavne nosače i sa njima je kruto povezana, te se u poprečnom pravcu

ponaša kao kontinualni nosač oslonjen na šest oslonaca (glavni nosači) sa preputima na obe strane.



Slika 6. 3D model konstrukcije u programu „Tower“

Na model su naneta opterećenja proračunata prema odgovarajućim propisima.

Prema Evrokodu, predmetnom mostu širine kolovoza od 8m odgovaraju 2 trake opterećene standardnim raspodeljenim opterećenjem i osovinskim opterećenjem pomnoženim koeficijentima prilagođavanja.

Za slučaj opterećenja uzima se Model opterećenja 1 (LM1).

U narednoj tabeli nalazi se preračunato opterećenje sa koeficijentima redukcije.

Tabela 1. Redukovane vrednosti opterećenja

Trake	$Q_{ik} \cdot \alpha_Q$ [kN]	Naležuća površina [m ²]	Q_{ik-r} [kN/m ²]	$\frac{Q_{ik-r}}{2}$ [kN/m ²]
Traka 1	240,0	0,6561	365,80	182,90
Traka 2	160,0	0,6561	243,90	121,95

Opterećenje na pešačkim stazama i ostatku mosta iznosi 2,5 kN/m².

Za saobraćajno opterećenje mogu se definisati dva sistema opterećenja, ovo proizilazi iz toga da na kolovozu postoje dve trake (traka 1 i 2), i napravljeni su slučajevi opterećenja kada je prvo jedna najopterećenija, a zatim druga (prvo je jedna od njih traka 1, a zatim ona druga).

Jedan slučaj obuhvata tandem sistem pokretnih sila (raspodeljene na površinu) i statičkog raspodeljenog opterećenja duž traka.

Prema domaćem pravilniku predmetni most se smatra mostom II kategorije čija je predviđena proračunska šema V600. Koeficijent dinamičnosti je $k_d=1,2$.

$P=120$ kN(redukovana sila pokretnog opterećenja)

$p_1= 6$ kN/m²(kontinualno raspodeljeno opterećenje ispred i iza vozila)

$p_2=3$ kN/m²(opterećenje na ostatak površine mosta)

Pokretno opterećenje prema evropskim propisima modelirano je kao 4 sile u po dve trake na rastojanju od 2 m sa različitim vrednostima, dok je po domaćim propisima modelirano kao 6 sila na razmaku od 1,5 m u pravcu kretanja vozila a u drugom pravcu na rastojanju od 2 m.

Dispozicija opterećenja u programu sastoji se od pokretnog i raspodeljenog opterećenja.

Na model su naneta opterećenja od vertikalnog saobraćajnog opterećenja po evropskim i domaćim propisima i dobili smo uticaje koji će biti prikazani u tabeli 2.

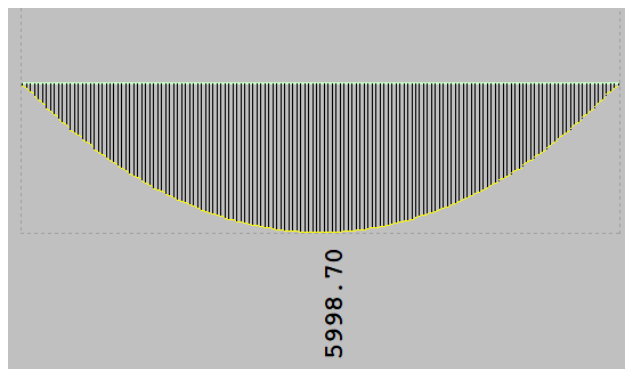
Tabela 2. Vrednosti momenta savijanja

	LM1	V600
Ekstremna vrednost momenta savijanja (kNm)	5998,70	5553.24

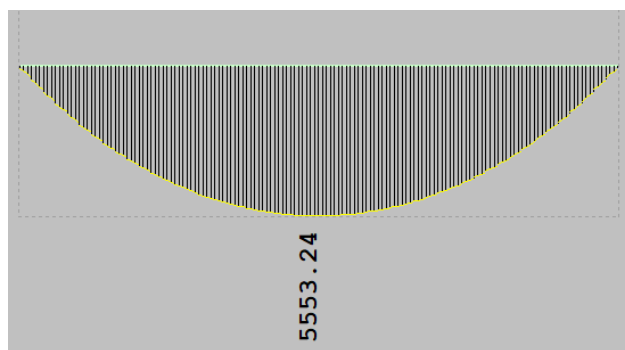
5. ZAKLJUČAK

Za poređenje prema domaćem pravilniku ovaj most je svrstan u II kategoriju i za njegovo proračunavanje koristila se šema V600.

Poređenjem ova dva pravilnika možemo primetiti da bi za proračun ovog mosta po Evrokodu bila potrebna dodatna ojačanja u odnosu na domaći pravilnik, gledano prema graničnim stanjima nosivosti i upotrebljivosti.



Slika 7. Dijagram momenta savijanja LM1



Slika 8. Dijagram momenta savijanja V600

Jedno od osnovnih razlika ova dva pravilnika jeste izgled tipskog vozila, dok je druga značajna razlika ta da se u domaćem Pravilniku dinamičkim koeficijentom množe samo opterećenja u glavnoj traci, dok je prema Evrokodu taj koeficijent već uračunat. Prema domaćem Pravilniku mostove delimo na tri kategorije, dok se u Evrokodu koristi takozvani koeficijent usklađivanja α koji pravi razlike u uticajima od 0,8-1,0.

Primeti se da su evropske norme strožije od naših i prate razvoj saobraćajnog opterećenja, odnosno prate povećanje brzine vozila kao i dinamičke uticaje na most.

Direktan uticaj na dimenzionisanje mosta ima izbor opterećenja, a samim tim primeti se uticaj na ekonomski aspekt.

Ukoliko bi se ovaj predmetni most računao po srpskim propisima, zahtevala bi se manja količina armature u obe zone.

6. LITERATURA

- [1] PRŽULJ M.: Mostovi, Udruženje „Izgradnja“, Beograd, 2014.
- [2] RADIĆ J.: Konstruiranje mostova, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2005.
- [3] EUROCODE 1 (Part 2) – EN 1991-2 Actions on structures: Traffic loads on bridges, European Committee for Standardization, Bruxelles, September 2003.
- [4] PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA ODREĐIVANJE VELIČINE OPTEREĆENJA MOSTOVA, Sl. 1/91.
- [5] www.radimpex.rs

Kratka biografija:

Lazar Aleksandrić rođen je u Kraljevu 1993. godine. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka –Građevinski odsek u Novim Sadu 2018. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Betonski mostovi brani septembra 2023. godine.

Prof. dr Andrija Rašeta rođen je u Novom Sadu 1973. god. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka –Građevinski odsek u Novim Sadu 2002. godine. Magistrirao na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu 2010. godine. Doktorirao na Fakultetu tehničkih nauka 2014. godine.