

UTICAJI OD VERTIKALNOG SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA NA ARMIRANO-BETONSKOM GREDNOM MOSTU NA 2 POLJA**IMPACTS FROM VERTICAL TRAFFIC LOADS ON THE REINFORCED CONCRETE BRIDGE ON TWO SPANS**Olivera Milošević, Andrija Rašeta, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu su upoređeni rezultati dobijeni zadavanjem vertikalnog opterećenja armirano-betonskom grednom mostu korišćenjem evropskih normi EN 1991-2 i korišćenjem srpskog Pravilnika o tehničkim normativima za određivanje veličine opterećenja drumskih mostova iz 1991. godine.

Ključne reči: betonski most, saobraćajno opterećenje

Abstract – The works compares results obtained by applying vertical load to reinforced concrete bridge on two spans using european standard EN 1991-2 and serbian standards for traffic loads.

Key words: concrete bridge, traffic load

1. UVOD

Mostovi su posebna i specifična oblast tehnike i građevinarstva [1]. Svrha mostova jeste da spajaju razdvojene oblasti nekom preprekom i usled toga izloženi su različitim opterećenjima. Pored opterećenja od sopstvene težine, najdominantnije opterećenje je opterećenje od vozila koja prelaze most, zajedno sa njihovim dinamičkim uticajem, odnosno 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.

Promena tipskih vozila, kontinualnog saobraćajnog opterećenja i njihove raspodele na mostu se događa kao posledica razvoja vozila, saobraćajnica i saobraćajnih uslova uopšte [2]. Predmet ovog rada jeste statička analiza armirano-betonskog rebrastog mosta na 2 polja usled dejstva vertikalnih opterećenja od saobraćaja, uzimajući u obzir i domaće propise i evropske norme.

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

NAPOMENA:

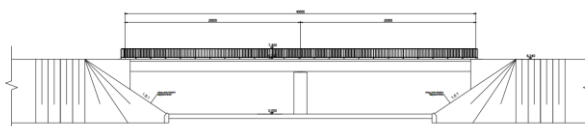
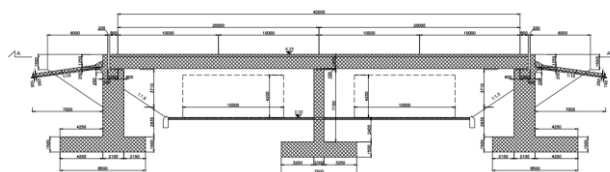
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Andrija Rašeta.

2. TEHNIČKI OPIS MOSTA

Dispozicionim rešenjem projektovan je most na 2 polja raspona 20+20 m, ukupne dužine 42 m, odnosno 43,2 m sa krilnim zidovima. U oba polja je obezbeđen potreban gabarit za saobraćajnice autoputa. Širina kolovoza na nadvožnjaku je $2 \times 2,75 + 2 \times 0,5 = 6,5$ m. Pešačke staze su po 1,65 m širine, što uz rastojanje od pešačke staze do kraja mosta od 0,25 m sa svake strane daje ukupnu širinu mosta od 10,3 m.

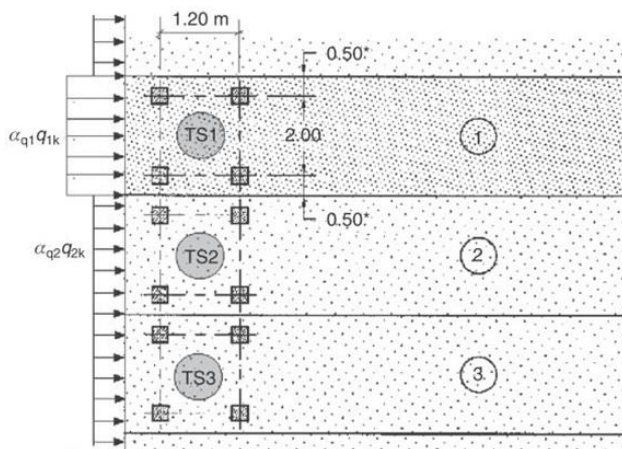
Statički sistem mosta je ramovska konstrukcija, armiranobetonska kontinualna greda, oslonjena preko ležišta na stubove. Poprečni presek je rebrasti, konstantne visine.

Rebra su širine 120 cm dok je sadejstvjuća ploča visine od 25 cm, uz vute na spojevima sa rebrom dimenzija 75x25 cm. Na svakih 6,7 m nalaze se poprečni nosači debljine 50 cm. Most je projektovan sa obostranim poprečnim nagibom od 2%. Nagib je obezbeđen slojem betona preko hidroizolacije, i preko njega se izvodi sloj asfalta debljine 7 cm. Na mostu se nalaze 3 vrste ležišta, koja su ankerovana u stub odnosno rebrasti nosač.

**Slika 1. Bočni izgled mosta****Slika 2. Presek kroz nosač****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 200m i širinom kolovoza manjom od 42m. Širinom kolovoza smatra se unutrašnje rastojanje između ivič-

njaka, i ona se deli na najveći ceo broj nominalnih traka. Na mostu se predviđaju maksimalno 3 trake širine od 2.7 – 3m, koje su zatim opterećenje specifičnim opterećenjem, kao i preostali deo do cele širine kolovoza. Trakom 1 naziva se traka koja odgovara najnepovoljnijem efektu, sledeća najnepovoljnija naziva se Traka 2, itd.



Slika 3. Izgled Modela opterećenja 1

Model opterećenja 1 je glavni model vertikalnog opterećenja. Sastoji se od koncentrisanih sila i kontinualno raspodeljenog opterećenja, koji pokriva uticaje od uobičajenih i teških vozila.

Kao glavni model vertikalnog opterećenja uzima se Model opterećenja 1. Sadrži koncentrisane sile i kontinualno raspodeljeno opterećenje, kojim su uzeti u obzir uticaji od uobičajenih i teških vozila. Svaka od traka opterećuje se sa po 2 osovinska tereta Q_{ik} koja se nalaze na međusobnom rastojanju od 1.2m, sa razmakom točkova od 2m, dok su dimenzije tih točkova 40x40cm. 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 300kN za Traku 1, 200kN za Traku 2 i 100kN za Traku 3.

Za raspodeljeno opterećenje uzima se vrednost od 9kN/m² za Traku 1, i opterećenje od 2,5kN/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)

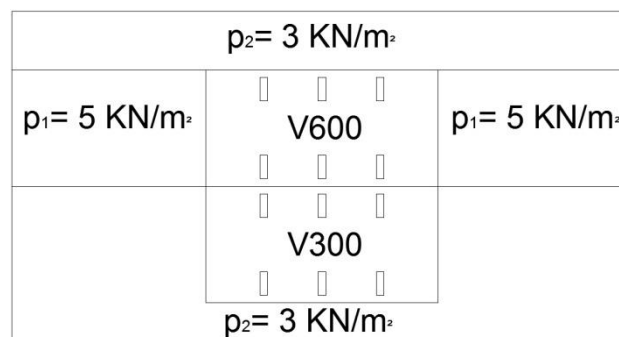
- II kategorija – mostovi na magistralnim i regionalnim putevima i gradskim saobraćajnicama (merodavna šema 600)

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

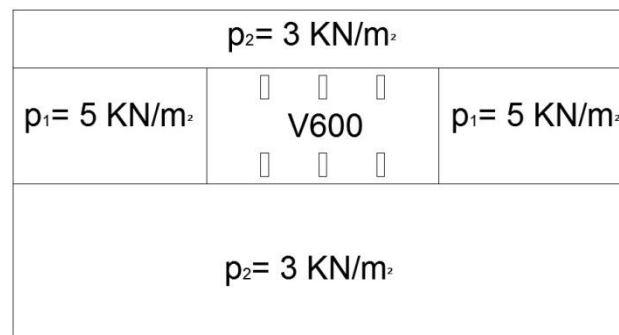
Kolovoz čini glavna traka, širine 3m i prostor izvan glavne trake. Glavna traka postavlja se u najnepovoljniji položaj na mostu i paralelna je sa osi mosta.

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

Proračun se sprovodi prema računskoj šemi opterećenja mosta, u zavisnosti od kategorije predmetnog mosta. Tipskim vozilom smatra se vozilo jedinstvenog oblika, dimenzija 6x3m u podužnom pravcu, sa rastojanjem točkova od 0,5m od ivica u poprečnom smeru, na rastojanjima od 1,5m u podužnom smeru. Smatra se da vozilo ima 6 točkova, sa dimenzijama 60x20cm za vozilo V600 i 40x20cm za V300.



Slika 4. Šema 600+300



Slika 5. Šema 600

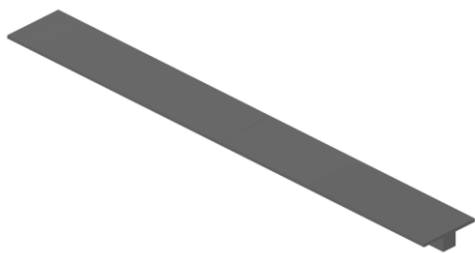
U glavnu traku postavlja se tipsko vozilo ili najteže vozilo ukoliko ih ima više. Tipsko vozilo deluje sa 6 koncentrisanih sila na mestima točkova od po 100kN za vozilo V600 i 50kN po točku za vozilo V300. Kontinualna opterećenja od 5 kN/m² i 3 kN/m² postavljaju se u glavnu traku i na svu preostalu površinu. 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“. Za proračun u podužnom pravcu modelirana je kontinualna greda sadejstvujuće širine.

Glavni nosač modeliran je kao kontinualna greda na 2 polja, sa rasponima od po 20 m, i sa prepustima sa obe strane od 0.8 m.

Nosač je izdelfjen na 22 segmenata, i to 20 po 2 metra, i sa 2 segmenta od po 0.8 m na prepustima iza oslonaca. Svi segmenti su konstantnih poprečnih preseka.



Slika 6. 3D model u programu "Tower"

Na model su naneta opterećenja proračunata prema odgovarajućim propisima.

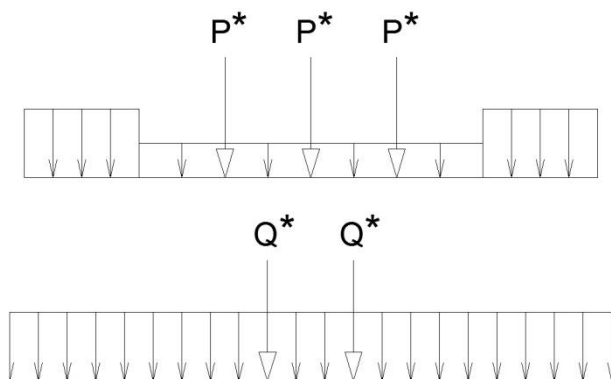
Prema Evrokodu, predmetnom mostu širine kolovoza od 6,5m odgovaraju 2 trake opterećene standardnim raspodeljenim opterećenjem i osovinskim opterećenjem pomnoženim koeficijentima prilagođavanja.

Za slučaj opterećenja uzima se Model opterećenja 1 (LM1). Posmatraju se slučaj sa $\alpha_Q=0,8$ i $\alpha_q=0,8$, s obzirom da se predmetni most nalazi na magistralnom putu, što nam daje sile:

$Q = 400$ KN (koncentrisana sila pokretnog opterećenja u jednom preseku)

$q = 38,60$ KN/m (kontinualno raspodeljeno opterećenje dužinom mosta)

Sve sile su već pomnožene dinamičkim koeficijentom, a u ove vrednosti je uračunato i opterećenje na pešačkim stazama od 2.5 kN/m².



Slika 7. Izgled saobraćajnog opterećenja

S obzirom da se predmetni most nalazi na magistralnom putu, prema domaćem pravilniku on se smatra mostom II kategorije, čija je predviđena proračunska šema 600. Računske sile sa koeficijentom dinamičnosti od $kd=1,16$ su:

Šema 600

$P=232$ KN (koncentrisana sila pokretnog opterećenja)

$p_1=44,6$ KN/m (kontinualno raspodeljeno opterećenje)

$p_2=27$ KN/m (kontinualno raspodeljeno opterećenje koje deluje samo ispod tipskog vozila)

Pokretno opterećenje prema evropskim propisima modelirano je kao opterećenje od 2 sile na rastojanju od

1,2m, dok je prema domaćem propisu modelirano kao 3 sile na rastojanju od po 1,5m. Dispozicija opterećenja u programu sastoji se od pokretnog i raspodeljenog opterećenja.

Na modelu korišćeni su različiti slučajevi opterećenja koji sadrže opterećenje preko celog nosača za maksimalne momente savijanja iznad oslonaca, ili opterećenje preko jednog polja za dobijanje maksimalnih momenata savijanja u tom polju, odnosno minimalnih momenata savijanja u drugom polju.

U Tabeli 1 prikazane su dobijene ekstremne vrednosti za jedno polje mosta.

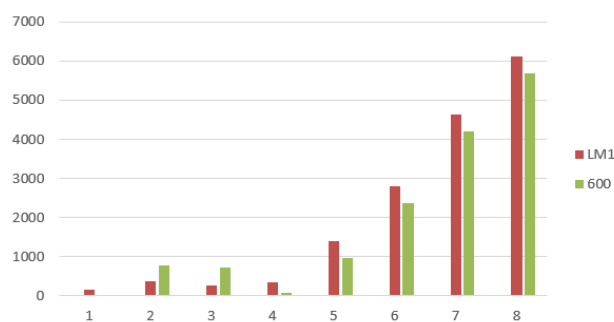
x(m)	LM1 ($\alpha=0.8$)		600	
	LM1max	LM1min	600 max	600 min
0	166.95	-115.01	13.61	-17.89
3	370.22	-248.26	789.38	648.46
6	276.46	-132.35	733.18	566.66
9	355.40	-416.74	86.77	15.89
12	1393.30	-1518.24	962.34	-1106.72
15	2803.00	-3219.20	2373.80	-2854.60
18	4640.20	-5451.20	4212.60	-5149.60
20	6105.00	-7237.20	5678.60	-6986.80

Tabela 1. Ekstremne vrednosti momenta savijanja

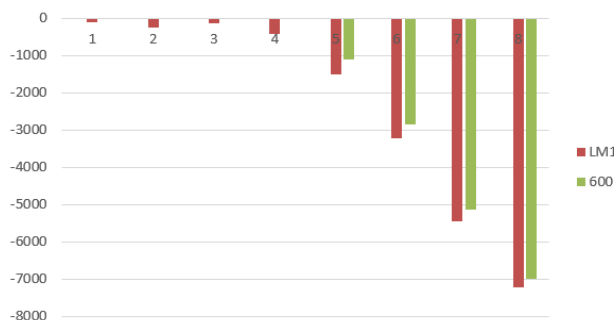
5. ZAKLJUČAK

S obzirom da je most po domaćem Pravilniku svrstan u II kategoriju, za njegovo proračunavanje koristila se šema opterećenja 600.

Poređenjem dva standarda možemo primetiti da bi za ovaj most proračunom po Eurokodu bila potrebna određena ojačanja u odnosu na domaći Pravilnik, u pogledu graničnih stanja nosivosti i upotrebljivosti.



Slika 8. Maksimalne vrednosti momenta savijanja



Slika 9. Minimalne vrednosti momenta savijanja

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 Eurokodu taj koeficijent već uračunat. Prema domaćem Pravilniku mostove delimo na tri kategorije, dok se u Eurokodu koriste takozvani koeficijent usklađivanja α koji pravi razlike u uticajima od 0,8-1,0. Pored osnovnog modela opterećenja 1 (LM1) Eurokod sadrži i dodatne modele vertikalnog opterećenja saobraćajem. Ukoliko bi most imao veću širinu od predmetnog mosta ovog rada uključila bi se dodatna nominalna traka sa dvoosovinskim opterećenjem od 100kN.

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:

Olivera Milošević rođena je u Novom Sadu 1993. godine. Diplomirala na Fakultetu tehničkih nauka – Građevinski odsek u Novim Sadu 2017. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Betonski mostovi brani Januara 2022. 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.