

UDK 624.042.8:614.21(497.7)

DINAMIČKA STABILNOST MOSTA "GOCE DELČEV" U SKOPLJU

Slavko Zdravković¹, Dragoslav Stojić²,
Dragan Zlatkov³, Stefan Conić⁴, Novica Tončev⁵

Rezime: U radu je za armirano-betonski prednapregnuti drumski most "Goce Delčev" preko reke Vardar u Skoplju prikazan proračun dinamičke stabilnosti. Most raspona 88,00m sa prepustima 2x29,20m, fundiran na bunarima (kesonima) pri čemu je visina od gornje ivice bunara do gornje ivice mosta 14,37m. Podužni nagib mosta je u blagom nagibu od 0,57%. Izvršeno je eksperimentalno ispitivanje mosta na prinudne vibracije, a zatim je formiran matematički model i izvršena dinamička analiza. Ovo je bilo neophodno, i iz razloga, što je gornji stroj mosta složenog poprečnog preseka pa se različito ponaša u podužnom i poprečnom pravcu a i različit je uticaj interakcije tlo-konstrukcija. Iz priloženog se može videti da se dobijeni odgovarajući uticaji međusobno zadovoljavajuće slažu.

Ključne reči: most, eksperiment, matematički model, dinamička analiza.

DYNAMIC STABILITY OF THE BRIDGE "GOCE DELČEV" IN SKOPJE

Abstract: This paper presents the dynamic analysis of prestressed reinforced concrete road bridge "Goce Delchev" over the river Vardar in Skopje from the aspect of dynamic stability. The bridge span is 88,00m with overhangs 2x29,20m, founded on wells (caissons) whereby the height of the upper edge of the well to the upper edge of the bridge is 14,37m. The longitudinal slope of the bridge is in the gentle slope of 0.57%. Experimental testing on the forced vibrations of the bridge was performed, and then a mathematical model was formed and dynamic analysis was made. This was necessary, because the superstructure of the bridge is complex cross-section and behaves differently in the longitudinal and transverse direction and the effect of different soil-structure interaction. From all of the above it can be seen that the obtained corresponding influences mutually greatly match.

Keywords: bridge, experiment, mathematical model, dynamic analysis.

¹ Prof.dr,Akademik Srpske Kraljevske asocijacije akademika,inovatora i naučnika-SKAIN, ekspert bivšeg Saveznog Ministarstva za nauku,tehnologiju i razvoj u oblasti: 1221 građevinsko inženjerstvo, aseizmičko građevinarstvo, stabilnost mostova,Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

² Dr,redovni prof. Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,ul.Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

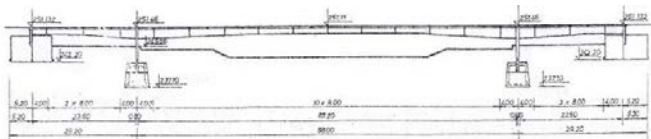
³ Mr, asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,ul.Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

⁴ Master građ.inž.,student doktorskih akademskih studija, Stipendista Ministarstva, saradnik u nastavi, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,ul.Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

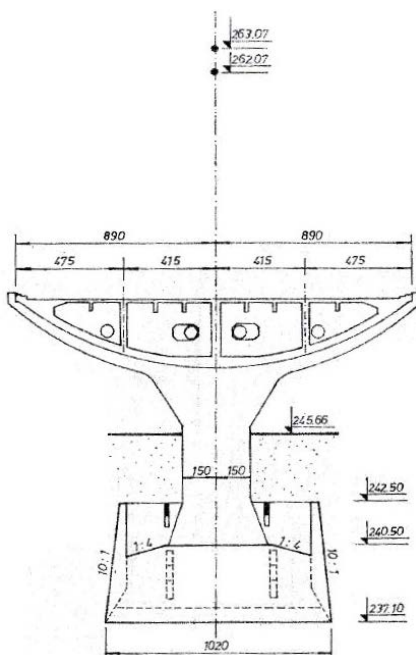
⁵ Dipl. građ.inž., student doktorskih akademskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

1 UVOD

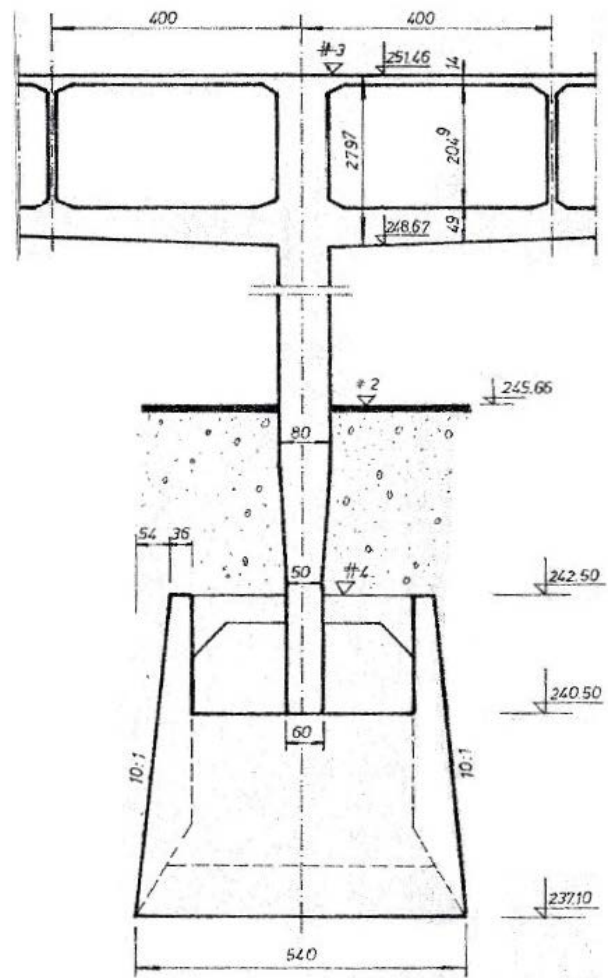
Armirano-betonski prednapregnuti most “Goce Delčev” u Skoplju je eksperimentalno i teorijski istraživana da bi se odredila njegova seizmička stabilnost. Formiran je matematički model mosta da bi se izvršila dinamička analiza istog, a dobijene vrednosti upoređene sa eksperimentalno dobijenim vrednostima. Most predstavlja jedan vid sistema rama sa tri otvora sa složenim presekom gornje konstrukcije mosta u obliku kružnog segmenta. Srednji stubovi su armirano-betonska platna monolitno povezana sa konstrukcijom gornjeg stroja, dok je njihovo oslanjanje u rečnom koritu na bunarima. Uslovi oslanjanja, promenljive visine poprečnog preseka, u diskretnoj šemi se uzimaju kao elastične veze definisane preko parametra krutosti K_x , K_y i K_α . Na slici 1 prikazane su geometrijske karakteristike mosta, a na slici 2 je prikazan detalj veze srednjeg stuba sa konstrukcijom gornjeg stroja, dok je na slici 3 prikazan detalj fundiranja srednjeg stuba sa mestima gde su postavljani merni instrumenti.



Slika 1 - Geometrijske karakteristike mosta “Goce Delčev” u Skoplju



Slika 2 - Detalj veze srednjeg stuba sa konstrukcijom gornjeg stroja

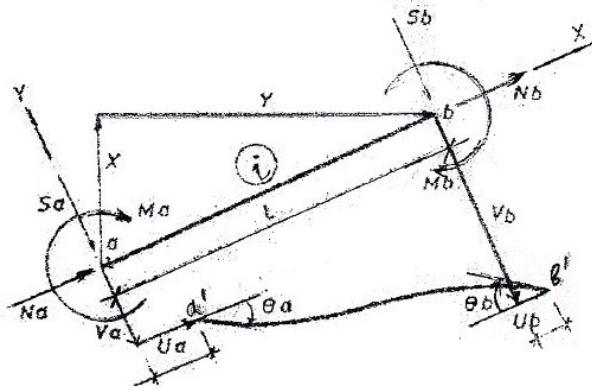


Slika 3 - Detalj fundiranja srednjeg stuba sa prikazanim mestima gde su postavljani merni instrumenti

2 OSNOVNE TEORIJSKE POSTAVKE OSCILACIJA RAMOVSKIH SISTEMA U RAVNI

Na slici 4 prikazan je jedan element sistema sa početkom u čvoru “a” i na kraju u čvoru “b”. Prikazane su i odgovarajuće deformacijske veličine i unutrašnje sile na krajevima elementa, a to su: normalna sila N_a , poprečna sila S_a i moment savijanja M_a u čvoru “a”, i odgovarajuće unutrašnje sile N_b , S_b , i M_b u čvoru “b”.

Primenjujući Castigliano-ovu teoremu za vezu između unutrašnjih sila i deformacija, preko izraza za deformacioni rad na elementu “i” (slika 4) dobija se:



Slika 4 - Veza između sila i deformacija na elementu "i"

$$\begin{bmatrix} X_{pr} \\ Y_{pr} \\ \theta_{pr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 \\ 0 & \gamma & 0 \\ 0 & 0 & \gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Q_p \end{bmatrix} \quad (2)$$

Sa slike 4. se vidi da su V_a i u_a pomeranja u pravcima x, y i θ_a rotacija ugla, a X_p, Y_p i θ_p su članovi matrice deformacija u oslončkim čvorovima.

Uspostavljajući veze između deformacija čvornih tačaka u sistemu i spoljnih generalisanih sila dobija se sledeća matricna jednačina:

$$[A][K'][\bar{A}][\eta] = [Q_p] \quad (3)$$

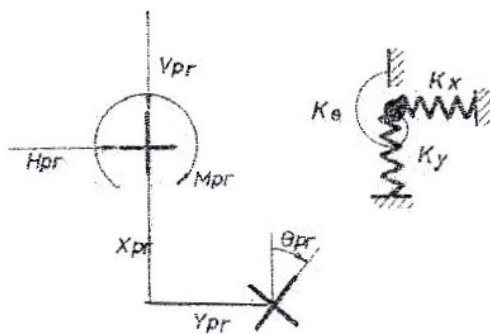
gde matrica $[K] = [A][K'][\bar{A}]$ predstavlja matricu krutosti sistema.

Sopstvene vektore i sopstvene vrednosti (tonove forme i oblike, x i ω) za homogeni neprigušeni sistem računavamo iz sledeće jednačine:

$$(\underline{K} - \omega^2 \underline{M}) \cdot \underline{X} = 0 \text{ ili } \underline{K} \cdot \underline{X} = \omega^2 \underline{M} \cdot \underline{X} \quad (4)$$

gde: \underline{K} - predstavlja matricu krutosti sistema $\underline{K} = \underline{A} \underline{K}' \bar{\underline{A}}$, dok matrica \underline{M} predstavlja dijagonalnu matricu masa.

Definisanje broja čvornih tačaka i broja elemenata diskretne šeme dinamičkog modela konstrukcije mosta za oscilacije u ravni na nosaču sa šematskim prikazom modela na oslončkim mestima data je na slici 6. Definisanje koordinata čvornih tačaka prikazano je u tabeli T1 (sl.7). Definisanje koordinata čvornih tačaka i intenziteta disketnih masa dato je u tabeli T2 (sl.8).



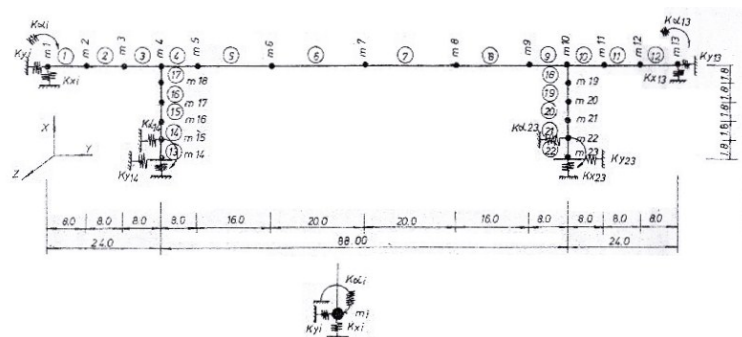
Slika 5 - Deformacije X_{pr}, Y_{pr} i θ_{pr} i karakteristične krutosti K_x, K_y i K_0

$$\begin{bmatrix} N'_a \\ S'_a \\ M'_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_a \\ S_a \\ M_a \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} N_{fa} \\ S_{fa} \\ M_{fa} \end{bmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} N'_b \\ S'_b \\ M'_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_b \\ S_b \\ M_b \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} N_{fb} \\ S_{fb} \\ M_{fb} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Uslov kompatibilnosti deformacija elemenata i deformacija u čvorovima može da se izrazi pomoću tri matricne jednačine:

- 1) u čvoru "a",
- 2) u čvoru "b" i
- 3) matrice deformacija u osloncima tj. na sledeći način (sl.5).



Slika 6 - Dinamički model konstrukcije mosta za oscilacije u ravni nosača sa šematskim prikazom modela oslončkih mesta.

3 UPOREĐENJE REZULTATA TEORIJSKE ANALIZE SA EKSPERIMENTALNIM REZULTATIMA OSCILACIJA ZA PODUŽNI I POPREČNI PRAVAC [2]

3.1. PODUŽNI I VERTIKALNI PRAVAC

Za usvojeni dinamički model prikazan na slici 6, izvršeno je više analiza pri čemu su varirane vrednosti parametara K_x , K_y i K_a za svako oslonačko mesto konstrukcije. Jedna od varijanti za koju su priloženi dobijeni rezultati sadrži sledeće granične uslove oslanjanja konstrukcije:

1) Za oslonac 1 i 13 $K_x = 100E$; $K_y = 0,001E$ i $K_a = 0$

2) Za oslonac 14 i 23 $K_x = 100E$; $K_y = 100E$ i $K_a = 0$

gde je $E = 3 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$ modul elastičnosti betonske mase.

Karakteristike čvornih tačaka i intenziteta diskretnih masa, kao i geometrijskih karakteristika poprečnih preseka elemenata, tabele T1 i T2 (slika 7 i slika 8).

Tabela T1

| Element | i | j | $J \text{ m}^4$ | $F \text{ m}^2$ |
|---------|----|----|-----------------|-----------------|
| 1 | 1 | 2 | 2.664 | 6.754 |
| 2 | 2 | 3 | 4.063 | 7.286 |
| 3 | 3 | 4 | 9.837 | 10.3665 |
| 4 | 4 | 5 | 9.48 | 10.555 |
| 5 | 5 | 6 | 4.88 | 7.422 |
| 6 | 6 | 7 | 3.775 | 7.014 |
| 7 | 7 | 8 | 3.775 | 7.04 |
| 8 | 8 | 9 | 4.88 | 7.422 |
| 9 | 9 | 10 | 9.48 | 10.555 |
| 10 | 10 | 11 | 9.837 | 10.3665 |
| 11 | 11 | 12 | 4.063 | 7.286 |
| 12 | 12 | 13 | 2.664 | 6.754 |
| 13 | 14 | 15 | 0.1542 | 2.6142 |
| 14 | 15 | 16 | 0.1542 | 2.6142 |
| 15 | 16 | 17 | 0.200 | 3.3985 |
| 16 | 17 | 18 | 0.3085 | 5.2284 |
| 17 | 18 | 4 | 0.437 | 7.4069 |
| 18 | 19 | 10 | 0.437 | 7.4069 |
| 19 | 20 | 19 | 0.3085 | 5.2284 |
| 20 | 21 | 20 | 0.200 | 3.3985 |
| 21 | 22 | 21 | 0.1542 | 2.6142 |
| 22 | 23 | 22 | 0.1542 | 2.6142 |

Slika 7 - Tabela geometrijskih karakteristika poprečnih preseka elemenata

Tabela T2

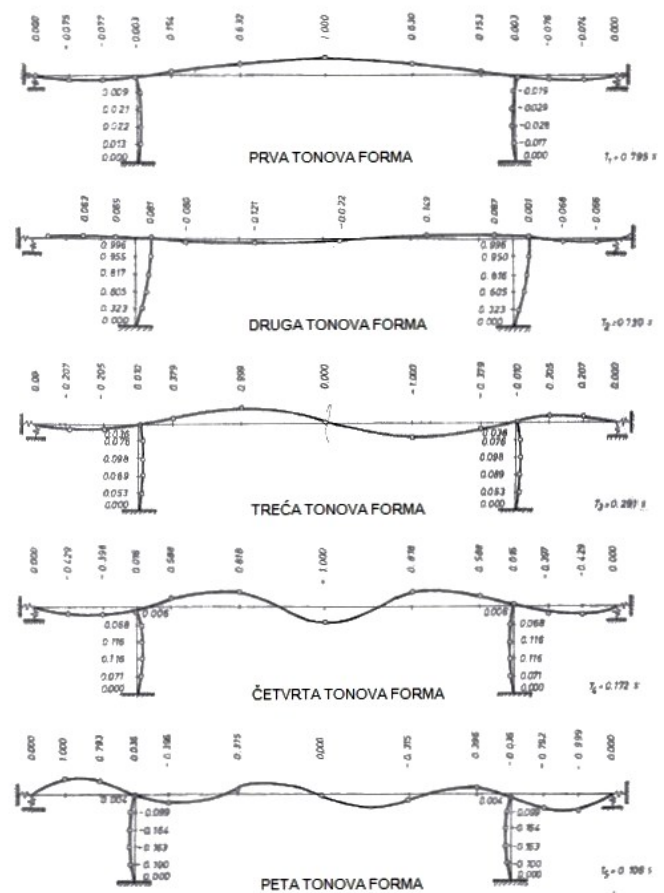
| X_m | Y_m | m_x t/m s ² | m_y t/m s ² |
|-------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| 9.0 | 0.0 | 6.75 | 6.75 |
| 9.0 | 8.0 | 14.0 | 14.0 |
| 9.0 | 16.0 | 17.42 | 17.42 |
| 9.0 | 24.0 | 20.72 | 20.72 |
| 9.0 | 32.0 | 25.45 | 25.45 |
| 9.0 | 48.0 | 32.25 | 32.25 |
| 9.0 | 68.0 | 34.7 | 34.7 |
| 9.0 | 88.0 | 32.25 | 32.25 |
| 9.0 | 104.0 | 25.45 | 25.45 |
| 9.0 | 112.0 | 20.72 | 20.72 |
| 9.0 | 120.0 | 17.42 | 17.42 |
| 9.0 | 128.0 | 14.0 | 14.0 |
| 9.0 | 136.0 | 6.75 | 6.75 |
| 0.0 | 24.0 | 0.63 | 0.63 |
| 1.8 | 24.0 | 1.26 | 1.26 |
| 3.6 | 24.0 | 1.45 | 1.45 |
| 5.4 | 24.0 | 2.13 | 2.13 |
| 7.2 | 24.0 | 3.10 | 3.10 |
| 7.2 | 112.0 | 3.10 | 3.10 |
| 5.4 | 112.0 | 2.13 | 2.13 |
| 3.6 | 112.0 | 1.45 | 1.45 |
| 1.8 | 112.0 | 1.26 | 1.26 |
| 0.0 | 112.0 | 0.63 | 0.63 |

Slika 8 - Tabela koordinata čvornih tačaka i intenziteta diskretnih masa

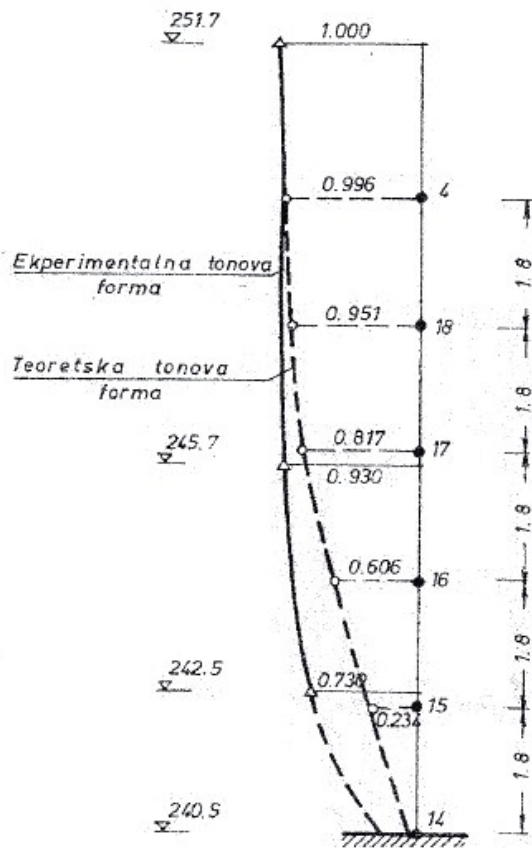
Krajnji oslonci 1 i 13 imaju određen stepen slobode kretanja u horizontalnom pravcu i to za 1m za 0,001E kN kada je E modul elastičnosti armirano betonske konstrukcije mosta. Dobijene periode sopstvenih oscilacija su sledeće:
 $T_1 = 0,795s, T_2 = 0,73s, T_3 = 0,291s,$
 $T_4 = 0,172s, T_5 = 0,106s$

Karakteristično je da samo druga tonova forma sistema definiše podužne oscilacije mosta, dok kod ostalih tonovih formi dominantne su vertikalne oscilacije mosta. Upoređujući vrednosti izmerenih perioda sopstvenih oscilacija mosta u podužnom pravcu, sa periodom druge tonove forme sistema dobijene putem teorijske analize može da se

konstatuje da postoji puna identičnost budući da izmerena perioda za podužni pravac iznosi 0,73s. Međutim, upoređujući oblik tonove forme na stubovima za isti slučaj, može da se konstatuje izvesno odstupanje rezultata, posebno u čvorovima donjeg dela stuba, gde je značajno odstupanje. Na slici 10 dat je grafički prikaz eksperimentalno i teorijski dobijene tonove forme za srednje stubove iz koje se jasno vidi razlika, naročito u donjem delu stuba. Međutim, prikazani oblici tonove forme na slici 10 i pored razlike, imaju tendenciju zapažanja određene sličnosti oblika. Osnovni tonovi oscilacija sistema u ravni, pretežno definišu vertikalne oscilacije mosta koje ne mogu da budu upoređene budući da nisu dati pri eksperimentalnoj analizi. Prvih pet tonovih oscilovanja u ravni dati su na sl.9. Analizirajući vertikalne tonove forme može da se uoči značajno učešće prve vertikalne forme sopstvenih oscilacija u ukupnom dinamičkom ponašanju sistema, budući da sopstvena perioda oscilovanja iznosi $T_{IV} = 0,795s$.



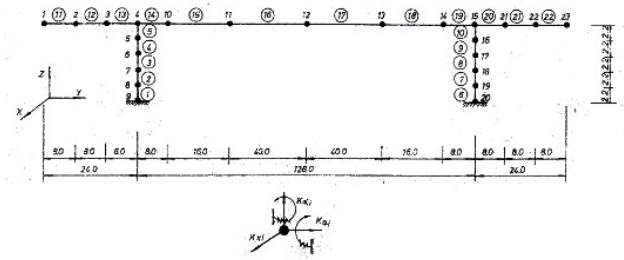
Slika 9 - Prvih pet tonovih formi oscilacija sistema u ravni [2]



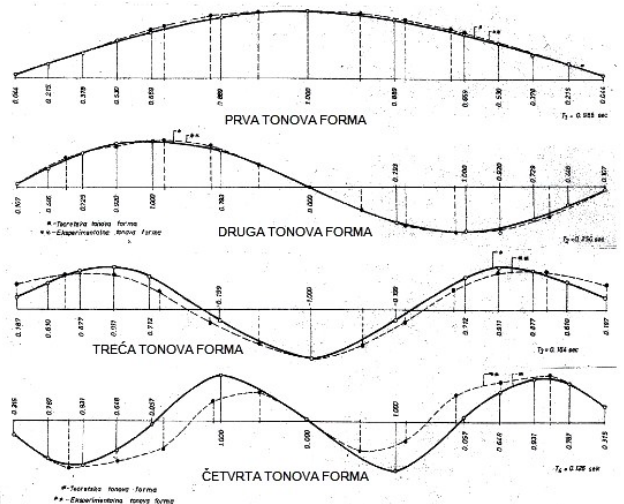
Slika 10 - Grafički prikaz eksperimentalno dobijene tonove forme i teorijski sračunate tonove forme na modelu za srednji stub mosta

3.2. POPREČNI PRAVAC

Za definisanje dinamičkih karakteristika mosta za poprečni pravac oscilovanja, kao osnovni dinamički model je usvojen diskretni sistem sa 23 mase koncentrisane u čvorovima kako je prikazano na sl.9. Granični uslovi oslanjanja modela na ležištima mosta definisani su preko karakteristika krutosti K_x, K_Q i K_α za tri stepena slobode kretanja za svaki čvor (sl.9). Definisanje matrice krutosti sistema zasnovano je na osnovnim principima metode deformacije. Osnovni podaci pri dinamičkoj analizi prikazani su u tabelama T3 i T4 (sl.10 i sl.11). U tabeli T3 su podaci za vrednosti poprečnog preseka, moment inercije oko ose savijanja i torzioni moment za svaki element posebno.



Slika 11 - Dinamički model konstrukcije mosta za poprečni pravac



Slika 12 - Prve četiri tonove forme za poprečni pravac grednih elemenata

Potrebne karakteristike sistema za poprečni pravac prikazane su u tabelama T3 i T4.

Tabela T3

| Elem. | $J_T m^4$ | $F m^2$ | $J_y m^4$ | Y_c |
|-------|-----------|---------|-----------|-------|
| 1 | 8.00 | 1.825 | 2.00 | 1.85 |
| 2 | 5.84 | 1.950 | 1.46 | 1.50 |
| 3 | 7.22 | 2.40 | 1.80 | 1.50 |
| 4 | 17.04 | 3.20 | 4.26 | 2.40 |
| 5 | 91.20 | 3.20 | 4.26 | 3.50 |
| 6 | 8.00 | 1.825 | 2.00 | 1.85 |
| 7 | 5.84 | 1.95 | 1.46 | 1.50 |
| 8 | 7.22 | 2.40 | 1.80 | 1.50 |
| 9 | 17.04 | 3.20 | 4.26 | 2.40 |
| 10 | 91.20 | 3.20 | 4.26 | 3.50 |
| 11 | 113.1 | 5.50 | 111.1 | 0.533 |
| 12 | 124.38 | 6.03 | 121.3 | 0.717 |
| 13 | 139.64 | 6.503 | 135.0 | 0.834 |
| 14 | 145.0 | 6.611 | 140.0 | 0.845 |
| 15 | 135.70 | 6.264 | 132.0 | 0.745 |
| 16 | 122.5 | 5.939 | 120.0 | 0.610 |
| 17 | 122.5 | 5.939 | 120.0 | 0.610 |
| 18 | 135.7 | 6.264 | 132.0 | 0.745 |
| 19 | 145.0 | 6.611 | 140.0 | 0.845 |
| 20 | 139.64 | 6.503 | 135.0 | 0.834 |
| 21 | 124.38 | 6.034 | 121.3 | 0.717 |
| 22 | 113.1 | 5.501 | 111.1 | 0.533 |

Slika 10 - Tabela ulaznih podataka analize konstrukcije za poprečni pravac oscilacija

Tabela T4

| | Z_m | Y_m | $\frac{m}{t/ms^2}$ | L_m | $\frac{m}{tm sek^2}$ |
|----|-------|-------|--------------------|-------|----------------------|
| 1 | 0.0 | 9.0 | 5.5 | 4.00 | 111.0 |
| 2 | 8.0 | 9.0 | 12.10 | 8.00 | 240.0 |
| 3 | 16.0 | 9.0 | 12.50 | 8.0 | 280.0 |
| 4 | 24.0 | 9.0 | 13.30 | 8.0 | 304.0 |
| 5 | 24.0 | 7.2 | 1.98 | 1.80 | 6.18 |
| 6 | 24.0 | 5.4 | 1.26 | 1.80 | 1.37 |
| 7 | 24.0 | 3.6 | 0.99 | 1.80 | 1.27 |
| 8 | 24.0 | 1.8 | 0.85 | 1.80 | 0.80 |
| 9 | 24.0 | 0.0 | 0.41 | 0.90 | 0.80 |
| 10 | 32.0 | 9.0 | 19.75 | 12.0 | 400.0 |
| 11 | 48.0 | 9.0 | 27.20 | 28.0 | 921.0 |
| 12 | 68.0 | 9.0 | 29.42 | 40.0 | 1195.0 |
| 13 | 88.0 | 9.0 | 27.20 | 28.0 | 921.0 |
| 14 | 104.0 | 9.0 | 19.75 | 12.0 | 400.0 |
| 15 | 112.0 | 9.0 | 13.30 | 8.00 | 304.0 |
| 16 | 112.0 | 7.2 | 1.98 | 1.8 | 6.18 |
| 17 | 112.0 | 5.4 | 1.26 | 1.8 | 1.37 |
| 18 | 112.0 | 3.6 | 0.99 | 1.8 | 1.27 |
| 19 | 112.0 | 1.8 | 0.85 | 1.8 | 0.80 |
| 20 | 112.0 | 0.0 | 0.41 | 0.9 | 0.80 |
| 21 | 120.0 | 9.0 | 12.50 | 8.0 | 280.0 |
| 22 | 128.0 | 9.0 | 12.10 | 8.0 | 240.0 |
| 23 | 136.0 | 9.0 | 5.50 | 1.0 | 111.0 |

Slika 11 - Tabela ulaznih podataka analize konstrukcije za poprečni pravac oscilacija

U tabeli T2 dati su podaci koordinata svake čvorne tačke diskretnog modela u odnosu na globalni koordinatni sistem kao i vrednosti koncentrisanih masa u čvornim tačkama. Modul elastičnosti pri analizi je $E = 3 \cdot 10^7 kN/m^2$, a modul smicanja $G = 0,38E$. Karakteristične vrednosti krutosti za oslonacka mesta su:

Za oslonac 1 i 13 $K_x = 0,5E$; $K_Q = 0,1E$ i $K_\alpha = 0,5E$

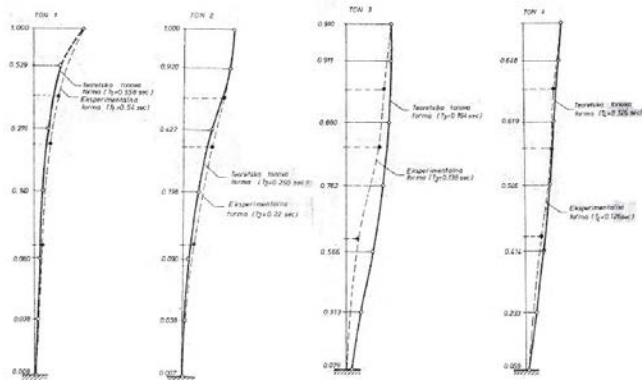
Za oslonac 9 i 20 $K_x = 0,5E$; $K_Q = 0,5E$ i $K_\alpha = 1,0E$

gde je E modul elastičnosti konstrukcije mosta.

Proračunate deformacije smicanja u platnu srednjeg stuba su za usvojenu efektivnu površinu smicanja u iznosu od 60% od stvarne površine poprečnog preseka. Rezultati teorijske analize modela su sledeće:

a) Perioda prvog osnovnog tona sopstvenih oscilacija sistema je $T_1 = 0,558s$. Upoređujući je sa rezultatima može se konstatovati zadovoljavajuće slaganje perioda, budući da eksperimentalno dobijena vrednost iznosi $T_{1e} = 0,54s$. Sračunata perioda drugog tona iznosi $T_2 = 0,25s$ a eksperimentalna $T_{2e} = 0,22s$. Perioda trećeg tona sopstvenih oscilacija sistema dobijena teorijskom analizom iznosi $T_3 = 0,164s$ dok je eksperimentalna vrednost $T_{3e} = 0,135s$. Za četvrti ton sračunata vrednost je $T_4 = 0,126s$ a i eksperimentalna, tj. $T_{4e} = 0,126s$. [2]

b) Upoređujući oblike za prve dve tonove forme z gredne elemente i srednje stubove koji su prikazani na slici 13, može da se konstatuje skoro potpuna usaglašenost tonovih formi grednih elemenata i neznatno odstupanje oblika u stubovima.



Slika 13 - Prve četiri tonove forme stubova

Na slici 13 prikazane su tonove forme za poprečni pravac grednih elemenata, za prvi, drugi, treći i četvrti ton sopstvenih oscilacija grednih elemenata (sl.12) i stubova i može se uočiti sličnost u oblicima formi (sl.13). Ali se može i zapaziti manja sličnost četvrte tonove forme grednih elemenata i treća tonova forma stubova.

4 ZAKLJUČAK

Analiza konstrukcije mosta za oscilacije sistema u podužnom pravcu pokazala je da se i sa relativno prostim dinamičkim modelom mogu dobiti zadovoljavajući rezultati. Međutim, treba da se tretira i ramovski sistem u cilju dobijanja i vertikalnih formi i perioda koje mogu da imaju značajan uticaj na dinamičko ponašanje konstrukcije. Budući da je krutost srednjih stubova (platna) znatno manja u podužnom pravcu mosta, uticaji sredine tla, tj. fundamenta u odnosu na dinamičko ponašanje konstrukcije za podužni pravac nije toliko značajan kao u slučaju poprečnih oscilacija. Pri analizi konstrukcije za poprečni pravac oscilacija s obzirom na relativno veliku krutost gornjeg stroja i stubova (platna) treba da se uvede efekat smicanja kod srednjih stubova kao i efekat torzionih deformacija kod grede. Karakteristične vrednosti K_x i K_Q u pravcu translatorskog pomeranja i rotacije fundamenta trebaju biti uključene pri analizi. Pri uslovima potpunog uklještenja nad srednjim osloncima dobijeni su periodi za prvi osnovni ton između 0,11s i 0,14s što je daleko od vrednosti izmerene periode prvog tona $T_{1e} = 0,54s$. Ali kako uslovi fundiranja mogu imati i značajan uticaj na celokupno dinamičko ponašanje konstrukcije, K_x i K_Q u pravcu translatorskog pomeranja i rotacija fundamenta treba da bude uključena pri analizi. Na osnovu svega rečenog, za podužni pravac treba primeniti teoriju grednih nosača, a za poprečni pravac treba uključiti ne samo efekte savijanja već i efekte smicanja i torzionog obrtanja čvorova.

Acknowledgement:

This research is supported by the Ministry of Education, Science and technological development of the Republic of Serbia, for project cycle 2011-2014, within the framework of the project TR36016 "Experimental and theoretical investigation of frames and plates with semi-rigid connections, from the view of the second order theory and stability analysis" of the research organization The Faculty of Civil Engineering and Architecture of University of Niš.

5 LITERATURA

- [1] Arya, A. S.: Earthquake resistant design of bridges, IZIIS, Skoplje (1980.)
- [2] Petrovski, J., Bičkovski, V.: Seizmička stabilnost na armirano-betonski prednapregnat most "Goce Delčev"-Skoplje, IZIIS, publikacija No 40. Skoplje, (1974.)
- [3] Zdravković, S.: Matematičko modeliranje konstrukcija drumskih mostova na dinamičko i seizmičko dejstvo, IZIIS, Skoplje, (1981.)
- [4] Gligorijević, M.; Zdravković, S.; Spasojević-Šurdilović, M.: Designing of support zones of concrete bridges to withstand action of static and dynamic load; The Scientific Journal FACTA UNIVERSITATIS, series: Architecture and Civil Engineering, vol.8, No2, 2010. Niš, pp.235-246.
- [5] Ristić, D.; Brujić, Z.; Folić, R.; Ristić, J.; Bošković, M.; Zlatkov, D.; Vučinić, M.; Zdravković, S.; Zemunović, D.; Lako, A.; (Skoplje - Makedonija, Novi Sad, Niš - Srbija, Podgorica - Crna Gora, Tuzla - BiH, Tirana - Albanija) RESIN: NEW RESEARCH NETWORK OF SOUTH EAST EUROPE FOR SEISMIC PROTECTION OF STRUCTURES BY INNOVATIVE TECHNOLOGIES-PART 1. SGKS, Zemljotresno inženjerstvo i inženjerska seizmologija-Zbornik radova, Borsko jezero, 2014.ISBN 976-86-88897-05-1; pp.161-176.