

## НАПОНИ У БЕТОНСКОЈ ПЛОЧИ УСЛЕД ДЕЈСТВА ТЕМПЕРАТУРНИХ ПРОМЕНА

Милош Шешлија<sup>1</sup>  
Небојша Радовић<sup>2</sup>  
Игор Пешко<sup>3</sup>  
Владимир Мученски<sup>4</sup>  
Драгана Ђорђевић<sup>5</sup>

УДК: 539.377:625.84

DOI: 10.14415/konferencijaGFS2014.025

**Резиме:** *Рад обухвата анализу напона у бетонској плочи услед дејства температурних промена на аутобуским стајалиштима у Новом Саду. Анализа ових напона је извршена у подужном и попречном правцу бетонске плоче и то на средини и ивици плоче. Дебљина бетонске плоче износи 22cm и прорачун напона услед температурних разлика на врху и дну плоче извршен је помоћу методе Bradbury-ја за три различита коефицијента подлоге. Резултат извршене анализе показали су да су максимални напони на средини плоче у попречном правцу.*

**Кључне речи:** *Температурне промене, бетонски коловоз, напони*

### 1. УВОД

У Републици Србији се коловозни застор доминантно изводи од асфалт бетона. Асфалтне коловозне конструкције имају своје предности у односу на цемент бетонске коловозне конструкције, међутим када су носивост и трајност коловозних конструкција у питању, предност се даје цемент бетонским коловозним конструкцијама. Круте коловозне цемент бетонске конструкције су значајно скупље за извођење и због тога је њихова примена у нашој земљи веома ретка и условљена је израдом техничко-економске анализе ради утврђивања оправданости примене. У граду Новом Саду је покренута акција замене асфалт бетонских застора односно флексибилних коловозних конструкција аутобуских стајалишта са новим коловозним засторима који су урађени као круте коловозне конструкције са

<sup>1</sup> Милош Шешлија, маг. инж. грађ., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, Србија, тел 065-399 00 89, е – mail: [slavijasrb@gmail.com](mailto:slavijasrb@gmail.com)

<sup>2</sup> Небојша Радовић, доц. др, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, Србија, тел 065-440 59 00, е – mail: [radovicn@drenik.net](mailto:radovicn@drenik.net)

<sup>3</sup> Игор Пешко, доц. др, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, Србија, тел 062-288 210, е – mail: [igor.pesko@gmail.com](mailto:igor.pesko@gmail.com)

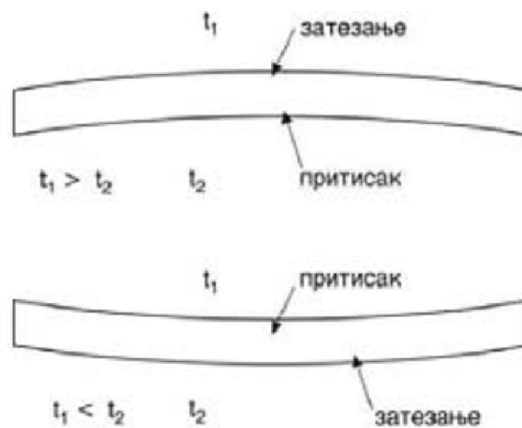
<sup>4</sup> Владимир Мученски, доц. др, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, Србија, тел 063-102 87 11, е – mail: [mucenskiv@gmail.com](mailto:mucenskiv@gmail.com)

<sup>5</sup> Драгана Ђорђевић, маг. инж. грађ., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, Србија, тел 069-108 28 90, е – mail: [draganadjordjevic@uns.ac.rs](mailto:draganadjordjevic@uns.ac.rs)

застором од цемент бетона. У овом раду је приказана анализа напона у бетонским плочама који настају услед дејства температурних промена на аутобуским стајалиштима. Прорачун напона услед температурних разлика на врху и дну плоче извршен је помоћу методе Bradbury-ја [1].

## 2. НАПОНИ САВИЈАЊА У ПЛОЧИ

Услед различитих температура на горњој површини и на доњој површини бетонске плоче, јавља се напон савијања, који изазива деформисање бетонске плоче. При загревању, због провођења топлоте ствара се температурна разлика између горње и доње површине коловоза. Горња површина има тенденцију ширења (затезања), а доња не мења димензије, па се ствара напрезање на савијање које изазива деформацију плоче у виду издизања средишњег дела [2, 3]. Супротна деформација се јавља у случају хлађења (слика 1.).



Слика 1. Савијање бетонске плоче због температурног градијента [2]

## 3. АНАЛИЗА НАПОНА У БЕТОНСКИМ ПЛОЧАМА

Полазни параметар код димензионисања бетонског коловоза је ширина бетонске плоче. Разматране су ширине плоча од 2.50m, 3.00m, 3.50m и 4.00m. Однос дужине и ширине плоче је усвојен на основу чињенице да су најмањи укупни утицаји услед дејства температуре јављају у случају односа  $l/b=0.8-1.2$ . Коefицијент реакције подлоге ( $k$ ) испод бетонских плоча је одређен на основу познатих података о структури постојеће коловозне конструкције, ослабљен за потребну дебљину стругања асфалтних слојева. Прорачун коефицијената ( $k$ ) је урађен према поступку Blumer-у на основу опита AASHTO Road Test-a.

За врло тешко саобраћајно оптерећење, усвојена је марка бетона МВ=40, коју захтева стандард за димензионисање бетонских коловозних конструкција (SRPS U.C4.014-1994.) [4]. Распоред и димензије арматуре у спојницама бетонских плоча одговарају важећем стандард (SRPS U.E3.020) [5].

Усвојени параметрици потребни за прорачун су следећи:

- Оптерећење по једном точку 25-35kN
- Радијус оптерећења 9.2-10.9cm
- Дужина плоче 2.0-4.8m
- Ширина плоче 2.5-4.0m
- Однос дужина/ширина плоче 1:0.8-1:1.2
- Дебљина плоче 22cm
- Квалитет бетона МВ 40
- Модул еластичности 34000МПа
- Температурни градијент 65-72°C/m
- Топлотни коефицијент  $1 \times 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$

Прорачун напона у бетонској плочи је урађен по стандарду за димензионисање бетонских коловозних конструкција (SRPS U.C4.014. [4]), односно сам прорачун напона услед температурних разлика на врху и дну плоче урађен је по методи Bradbury-ја. За дебљину плоче ( $d_p$ ) од 22cm и три различите вредности коефицијента реакције подлоге ( $k=100, 200$  и  $300$  МПа/m), срачунате су меродавне вредности напона услед дејства оптерећења и температуре (у карактеристичним тачкама бетонске плоче).

#### 4. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА У ПЛОЧАМА

У наредним табелама је дат приказ напона у бетонској плочи дебљине  $d_p=22\text{cm}$  услед дејства температурних промена и коефицијента реакције подлоге.

Табела 1. – Напони у бетонској плочи дебљине 22cm услед дејства температурних промена, за коефицијент реакције подлоге 100МПа/m

МВ 40, $E_b=34000\text{MPa}$ , $\Delta t=65^\circ\text{C/m}$ , $\alpha=1 \times 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$						
k (МПа/m)	$L_{pp}$ (m)	$L_{pd}$ (m)	$\sigma_{ipp}$ (МПа)	$\sigma_{ipd}$ (МПа)	$\sigma_{spp}$ (МПа)	$\sigma_{spd}$ (МПа)
100	2.5	2.0	0.681	0.316	0.801	0.745
		2.5		0.681		0.801
		3.0		1.118		1.248
	3.0	2.4	1.118	0.608	1.316	1.237
		3.0		1.118		1.316
		3.6		1.653		1.863
	3.5	2.8	1.556	0.948	1.830	1.737
		3.5		1.556		1.830
		4.2		2.066		2.353
	4.0	3.2	1.945	1.288	2.288	2.187
		4.0		1.945		2.288
		4.5		2.334		2.686

Табела 2. – Напони у бетонској плочи дебљине 22cm услед дејства температурних промена, за коефицијент реакције подлоге 200MPa/m

MB 40, $E_b=34000\text{MPa}$ , $\Delta t=65^\circ\text{C/m}$ , $\alpha=1 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$						
k (MPa/m)	$L_{pp}$ (m)	$L_{pd}$ (m)	$\sigma_{ipp}$ (MPa)	$\sigma_{ipd}$ (MPa)	$\sigma_{spp}$ (MPa)	$\sigma_{spd}$ (MPa)
200	2.5	2.0	1.070	0.559	1.258	1.180
		2.5		1.070		1.258
		3.0		1.629		1.830
	3.0	2.4	1.629	0.972	1.916	1.815
		3.0		1.629		1.916
		3.6		2.115		2.414
	3.5	2.8	2.042	1.410	2.402	2.305
		3.5		2.042		2.402
		4.2		2.382		2.751
	4.0	3.2	2.309	1.823	2.717	2.642
		4.0		2.309		2.717
		4.5		2.553		2.966

Табела 3. – Напони у бетонској плочи дебљине 22cm услед дејства температурних промена, за коефицијент реакције подлоге 300MPa/m

MB 40, $E_b=34000\text{MPa}$ , $\Delta t=65^\circ\text{C/m}$ , $\alpha=1 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$						
k (MPa/m)	$L_{pp}$ (m)	$L_{pd}$ (m)	$\sigma_{ipp}$ (MPa)	$\sigma_{ipd}$ (MPa)	$\sigma_{spp}$ (MPa)	$\sigma_{spd}$ (MPa)
300	2.5	2.0	1.386	0.802	1.630	1.541
		2.5		1.386		1.630
		3.0		1.896		2.152
	3.0	2.4	1.896	1.264	2.231	2.134
		3.0		1.896		2.231
		3.6		2.309		2.654
	3.5	2.8	2.285	1.750	2.688	2.606
		3.5		2.285		2.688
		4.2		2.528		2.937
	4.0	3.2	2.455	2.066	2.889	2.829
		4.0		2.455		2.889
		4.5		2.625		3.063

## 5. ЗАКЉУЧАК

На основу изнетих резултата, напони који настају услед дејства температурних промена са сва три коефицијента тла показују да су напони у средини бетонске плоче већи него на ивицама, без обзира да ли се гледа у подужном или попречном

смеру. Највећи напони су постигнути на попречном правцу у средини плоче за сва три случаја. Да би се смањили напони услед температурног дејства треба постићи да температура испод плоче, буде приближно једнака температури на површини како не бих дошло до издизања плоче услед великих темепратура, односно савијања плоче услед ниских темепратура.

## ЗАХВАЛНОСТ

У раду је приказан део истраживања које је помогло Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије у оквиру технолошког пројекта TR 36017 под називом: "Истраживање могућности примене отпадних и рециклираних материјала у бетонским композитима, са оценом утицаја на животну средину, у циљу промоције одрживог грађевинарства у Србији".

## НОМЕНКЛАТУРА

$k$  - коефицијент реакције подлоге (MPa/m)  
 $L_{pp}$  – дужина бетонске плоче у попречном правцу (m)  
 $L_{pd}$  – дужина бетонске плоче у подужном правцу (m)  
 $\sigma_{ipp}$  – напон савијања на ивици плоче у попречном правцу (MPa)  
 $\sigma_{ipd}$  – напон савијања на ивици плоче у подужном правцу (MPa)  
 $\sigma_{spp}$  – напон савијања на средини плоче у попречном правцу (MPa)  
 $\sigma_{spd}$  – напон савијања на средини плоче у подужном правцу (MPa)  
 $E_b$  – модул еластичности бетона (MPa)  
 $\Delta t$  – температурни градијент ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ )  
 $\alpha$  – топлотни коефицијент ( $1/^{\circ}\text{C}$ )

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шешлија, М., Малешев, М., Радоњанин, В.: Карактеристична оштећења крутих коловозних конструкција на аутобуским стајалиштима и могућност санације, *Оцена стања, одржавања и санација грађевинских објеката и насеља*, 2013., стр. 99-108.
- [2] Узелац, Ђ.: *Писана предавања из коловозних конструкција*, Факултет техничких наука у Новом Саду, Нови Сад, 2009., стр. 78-144.
- [3] Цветановић, А., Банић Б.: *Коловозне конструкције*, Академска мисао, Београд, 2007., стр. 169-234
- [4] SRPS U.C4.014: *Пројектовање и грађење путева – Димензионисање нових цементнобетонских неармираних коловозних конструкција*, Београд, 1994.
- [5] SRPS U.E3.020: *Пројектовање и грађење путева - Технички услови за израду цементнобетонског коловоза*, Београд, 1988.

## STRESSES IN THE CONCRETE SLAB DUE TO EFFECTS OF TEMPERATURE CHANGES

*Summary:* The work includes the analysis of stresses in the concrete slab due to the effects of temperature changes on the bus station in Novi Sad. Analyses of the stresses is performed in a longitudinal and transverse direction of, the concrete slab, in the center and the edge of the slab. Concrete slab thickness is 22cm and calculation of stresses due to temperature differences at the top and bottom of concrete slab were carried out using methods of Bradbury for three different coefficients of the subgrade. After the performed it is obtained that the maximum stresses are at the center of the concrete slab in the transverse direction.

*Keywords:* Temperature changes, concrete pavement, stresses