

Društvo građevinskih konstruktora Srbije - 16. KONGRES

28-30. 09. 2022.  
ARANĐELOVAC



# ZBORNİK RADOVA SA NACIONALNOG KONGRESA

U SARADNJI SA



Република Србија  
Министарство  
просвете, науке и  
технолошког развоја



Инжњерска  
комора  
Србије

POKROVITELJ

PLATINASTI SPONZORI



ZLATNI SPONZORI



*Branko Milosavljević<sup>1</sup>, Drago Ostojić<sup>2</sup>, Boško Stevanović<sup>3</sup>, Mirjana Vukićević<sup>4</sup>*

## **SANACIJA TEMELJA I OSLOMCA FIGURE SPOMENIKA "BEOGRADSKI POBEDNIK"**

### **Rezime:**

U radu je prikazana sanacija temelja spomenika "Beogradski Pobednik", koja je imala za cilj da se zaustavi neravnomerno sleganje postojećeg temelja i dalje naginjanje vrha stuba spomenika u stranu. Sanacija je izvršena izvođenjem bušenih šipova. U okviru rada prikazano je i specifično rešenje oslanjanja figure na vrhu stuba spomenika, dizajnirano tako da, uz zadovoljenje nosivosti i stabilnosti, omogući brzu i efikasnu montažu.

*Ključne reči: sanacija, temelj, oslanjanje figure*

## **THE STRUCTURAL REPAIR OF THE "BEOGRADSKI POBEDNIK" MONUMENT FOUNDATION AND FIGURE SUPPORT**

### **Summary:**

The structural repair of the "Beogradski Pobednik" monument structure, undertaken in order to stop the uneven settlement of the existing foundation and further monument inclination is presented in the paper. The repair was conducted using drilled piles. The paper also presents the monument figure support detail on the top of the column, designed in order to provide sufficient bearing capacity and stability, as well as fast and efficient assembling.

*Key words: structural repair, foundations, figure suport*

---

<sup>1</sup> V. prof, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, [brankom@imk.grf.bg.ac.rs](mailto:brankom@imk.grf.bg.ac.rs)

<sup>2</sup> Str. saradnik u penziji, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, [drago@imk.grf.bg.ac.rs](mailto:drago@imk.grf.bg.ac.rs)

<sup>3</sup> Profesor u penziji, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, [bole@grf.bg.ac.rs](mailto:bole@grf.bg.ac.rs)

<sup>4</sup> Profesor u penziji, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, [mirav@grf.bg.ac.rs](mailto:mirav@grf.bg.ac.rs)

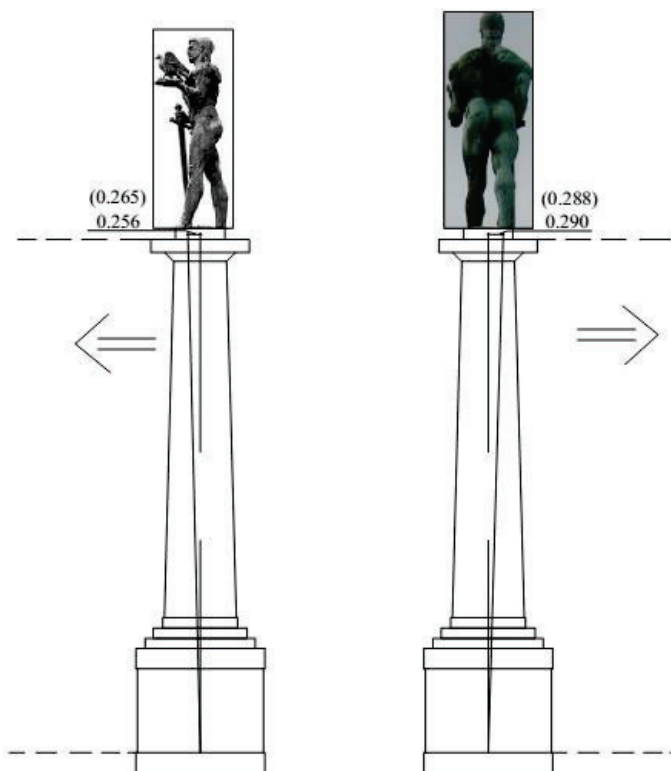
## 1. UVOD

Pobednik, prepoznatljivi simbol Beograda, je nastao u godinama pred Prvi svetski rat, kao delo čuvenog vajara Ivana Meštrovića. Poslednjih decenija je primećeno kontinuirano naginjanje spomenika u stranu, a prilikom priprema restauracije i zaštite figure spomenika se pokazalo da je veza između figure i stuba značajno oslabljena i oštećena korozijom, što je sve dovelo do odluke o pristupanju sanaciji temelja i oslonca figure spomenika, kojom je rukovodio Zavod za zaštitu spomenika kulture Grada Beograda.

## 2. PODACI O SPOMENIKU

Bronzana figura pobednika predstavlja muškarca koji u desnoj ruci drži mač a u levoj sokola, simbole rata i mira. Postavljen je licem okrenut prema reci Savi, simbolišući pobedu u Prvom svetskom ratu.

Spomenik "Pobednik" se sastoji od bronzane figure visine 4.24m, kružnog stuba visine 13.01m i postamenta visine 4.14 m, tako da ukupna visina spomenika, mereno od kote okolnog terena, iznosi 17.25 m (Slika ).



Slika 1 - Šematski prikaz spomenika sa osnovnim pravcima naginjanja

Spomenik je fundiran na temeljnoj ploči od betona, ukupne debljine 2.3m, kvadratnog oblika u osnovi, dimenzija 4.8x4.8m, koji na najnižem delu ima prepust od oko 60cm na sve strane, debljine 60cm, čime je formirana temeljna spojnica dimenzija 6.0x6.0m.

Prema dostupnoj dokumentaciji i na osnovu ranije vršenih istraživanja, pretpostavlja se da je temelj oslonjen na nehomogeno tlo, istraživanja čak govore da je temelj jednim svojim delom oslonjen na ostatke starog kamenog zida - bedema a drugim delom na glinu i drobinu od ostataka kamena i opeke.

Ne postoje pouzdani podaci koji govore o tome kada je primećeno da se spomenik naginje. U svakom slučaju, geodetska merenja iz 1980. godine su pokazala da je kompletan spomenik nagnut i da vrh bronzane figure odstupa od vertikale za oko 19 cm u jednom, odnosno za oko 23 cm u drugom pravcu. Veće pomeranje je konstatovano u pravcu ka ušću Save u Dunav (desna ruka figure) a manje prema reci Savi (označeno na slici 1).

Prva sanacija temelja je izvršena 1996. godine. Tada su pomeranja bila oko 22 cm u jednom i oko 24 cm u drugom pravcu. Pokušano je sa utiskivanjem "Mega" šipova ispod temelja i to samo na jednom uglu, gde je na osnovu geodetskog merenja očekivano najveće pomeranje - sleganje, što je i dovelo do naginjanja spomenika. Zbog mnogih problema u toku izvođenja, koji se ovde neće pominjati, sanacija nije dala željene rezultate. Naime, nova merenja iz 2015. godine su pokazala da je pomeranje u jednom pravcu oko 26 cm i oko 29 cm u drugom pravcu (vrednosti upisane na slici 1). Drugim rečima, pomeranje je nastavljeno i to po 4-5 cm u oba pravca u odnosu na stanje kada je pokušana sanacija. S druge strane, dijagram pomeranja kroz vreme ni približno nije pokazivao znake stabilizacije.

### **3. PROJEKTOVANO REŠENJE ZA SANACIJU TEMELJA SPOMENIKA "POBEDNIK"**

Za potrebe izrade novog projekta sanacije temelja spomenika, nakon detaljnog upoznavanja sa postojećom tehničkom dokumentacijom, izvršeni su istražni radovi sa ciljem definisanja karakteristika tla. Izvedene su tri istražne bušotine, svaka dubine od oko 12.0 m. Iz bušotina je uzeto ukupno 7 neporemećenih uzoraka za ispitivanje fizičkih i mehaničkih karakteristika tla. Jedan od zaključaka istražnih radova jeste da najverovatniji uzrok naginjanja spomenika predstavljaju nejednaki uslovi oslanjanja temelja. Na mestu bedema je krući oslonac, dok je drugi deo na raskvašenom nasipu različite debljine (od 6.1m – 11.0m) mnogo lošijih karakteristika deformabilnosti, tako da je došlo do pojave neravnomernog sleganja temelja. Procesu povećanja dodatnog sleganja doprinosi priliv i zadržavanje procedne vode u nasipu, usled čega se pogoršavaju njegove deformacione karakteristike.

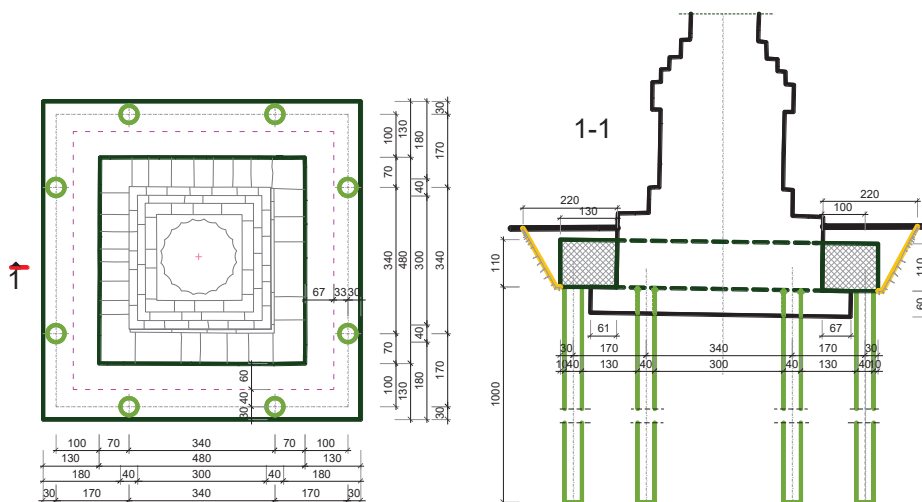
Za sanaciju temelja spomenika "Pobednik", sa ciljem da se zaustavi neravnomerno sleganje postojećeg temelja i dalje naginjanje vrha stuba u stranu, a na osnovu svih prikupljenih podataka, izabrano je rešenje sa bušenim šipovima.

Usvojeni koncept podrazumeva robustno rešenje sa osam bušenih AB šipova prečnika Ø400mm, raspoređenih po dva sa svake strane postojećeg temelja. Pri usvajanju rasporeda šipova uzet je u obzir položaj ranije izvedenih "Mega" šipova i njihovih naglavnih blokova. Dužina šipova je određena tako da im baza ulazi u slojeve krečnjaka ili tvrde laporovite gline. Na slici 2 je prikazano ubacivanja armaturnog koša u prethodno izvedenu bušotinu za šip.



Slika 2 - Ugradnja armaturnog koša za šip

Preko šipova je projektovana naglavna armiranobetonska greda, poprečnog preseka, širina/visina = 130/110 cm, koja formira pravougaoni prsten oko postojećeg temelja. Dimenzije poprečnog preseka su proistekle iz uslova da greda naleže na ispušt postojeće temeljne ploče, da naleže na novoprojektovane šipove i da ostane ispod nivoa uređenog terena oko spomenika. Raspored šipova u osnovi, oblik i dimenzije naglavne grede su prikazani na slici 3



Slika 3 - Dispozicija konstrukcije za ojačanje temelja

Veza temeljne grede u postojećeg temelja spomenika se ostvaruje preko ankera – moždanika od armaturnih šipki Ø20 koje se ugrađuju u bušotine u postojeći temelj, a zatim zalivaju epoksidnim malterom. Na drugoj strani, ankeri se sidre u telo naglavne grede. Na svakoj strani temelja projektovano je po 20 ankera.

Svi elementi ojačanja temelja (šipovi, naglavna greda i ankeri) su proračunati sa pretpostavkom da će, kroz vreme) kompletno opterećenje od težine spomenika i postojećeg temelja prihvatiti novoprojektovana konstrukcija ojačanja, što je na strani sigurnosti.

Pored težine i uticaja ekscentriciteta vertikalnih sila usled nagnutosti spomenika, konstrukcija za ojačanje temelja je proračunata i za dejstvo vetra na spomenik, za brzinu vetra os 19m/s. U okviru proračuna je pokazano da opterećenje od seizmike za VII zonu odgovara po veličini proračunskom momentu od vetra. U okviru statičkog proračuna proveren je presek na dnu kružnog stuba spomenika i pokazano da se javlja relativno malo zatezanje u betonu, značajno manje od čvrstoće na zatezanje betona kvaliteta (S16/20). Ovo ukazuje da se normalna sila pritiska nalazi na ivici "jezgra preseka" i da bi dalje nagninjanje spomenika moglo da dovede do ozbiljnih i neželjenih posledica.



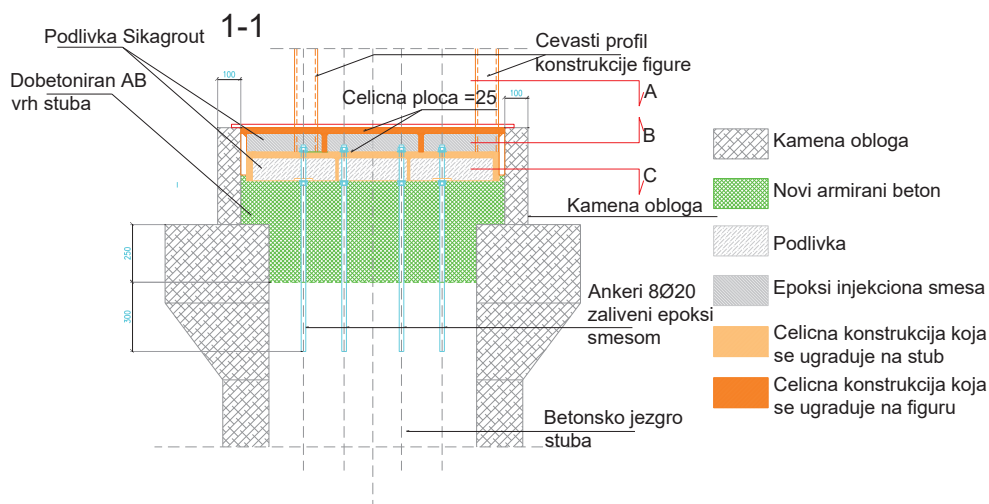
*Slika 4 - Priprema za ugrađivanje betona u šip*

Projektovano rešenje je realizovano tako da se iskop oko spomenika, kao i intervencije na samom spomeniku svedu na minimum. Pri definisanju tehnologije izvođenja radova i izboru dostupne opreme, vodilo se računa o uslovima ograničenog prostora oko spomenika, kao i ograničenja vezana za prolaz opreme i materijala kroz kapije u zidinama Kalemegdanske tvrđave, posebno preko mosta ispred Sahat kule.

#### 4. PROJEKTOVANO REŠENJE ZA SANACIJU OSLANJANJA FIGURE

Prema originalnom rešenju figura spomenika se na stub oslanjala preko bakarne plinte, ispod koje su se nalazili čelični ugaonici ugradjeni u beton vrha stuba. Sama figura je bila vezana za pologu zavrtnjevima oko stopala i čeličnom sajlom previjenom kroz noge figure i na oba kraja sidrena u beton na vrhu stuba. Način vezivanja figure je utvrđen tek nakon uklanjanja figure i njenog odvoženja na restauraciju. Konstatovano je da je sajla koja je služila za stabilizaciju figure praktično pokidana, a da su zavrtnjevi znatno oštećeni korozijom.

Novo rešenje oslanjanja razvijeno je i projektovano u saradnji sa vajarom Zoranom Kuzmanovićem, u čijem je studiju u Smederevu sprovedena restauracija figure. Bilo je neophodno usvojiti rešenje konstrukcije oslonca figure koje je usaglašeno sa novom konstrukcijom ojačanja figure od cevastih profila postavljenih u noge i torzo. S druge strane, način oslanjanja je trebalo da obezbedi laku, brzu i preciznu montažu restaurirane i ojačane figure, i što je voma važno, i da obezbedi trajnost za duži naredni period.



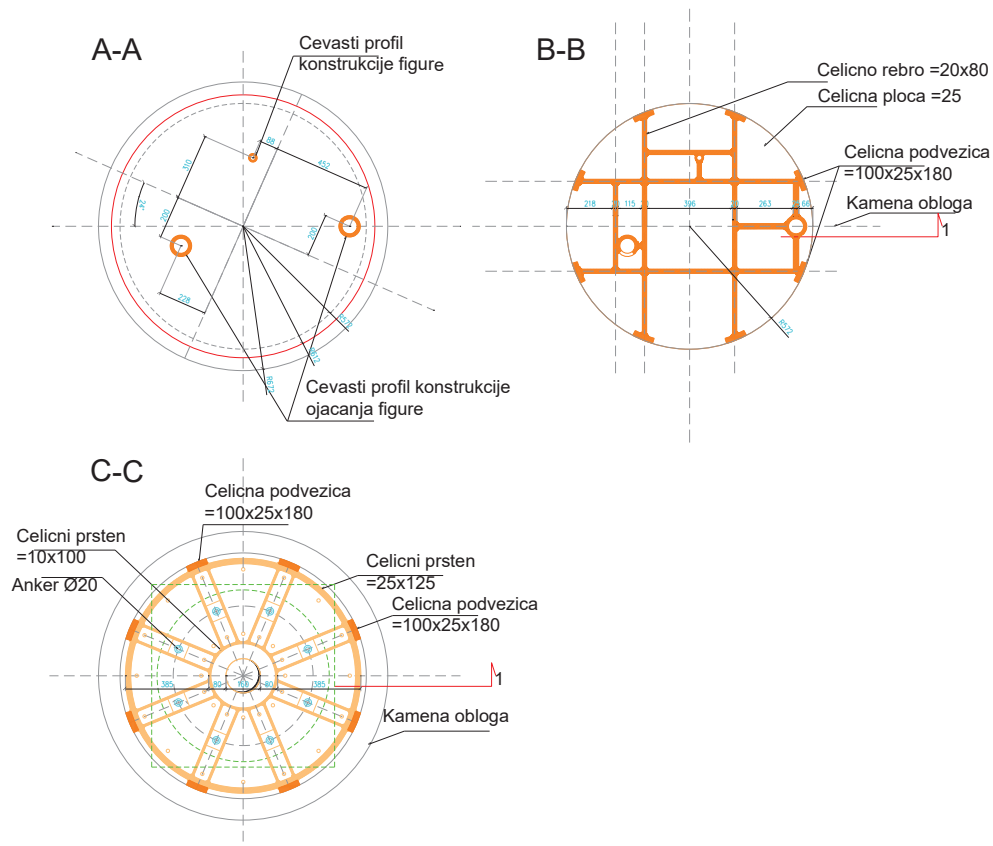
Slika 5 - Novoprojektovano rešenje oslanjanja figure na vrh stuba (presek)

Novoprojektovano rešenje oslanja podrazumeva da se figura na stub osloni pomoću dva čelična diska ojačana rebrima od čeličnih limova, kao što je prikazano na slici 5 i 6. Predviđena je upotreba austeničnog nerđajućeg čelika 1.4.301, u cilju obezbeđenja trajnosti konstrukcije.

Gornji disk, prečnika 1144mm i debljine 25mm, je pričvršćen za podnožje figure, preko tri cevasta profila koji su predviđeni za ojačanje figure, kao i originalne bakarne plinte (Slika 6, pogle A-A). Disk je ojačan ortogonalnim sistemom čeličnih rebara visine 80mm ispod ploče. Po obodu diska su postavljeno 8 vertikalnih limova – podvezica, dimenzija 100x25x180mm, koji služe za vezu sa donjim diskom i stubom (slika 6, pogle B-B). Pored primarnog sistema ukrućenja, predviđena su i sekundarna ukrućenja za vezu sa cevastim profilima iz figure. Gornji disk sa ukrućenjima i elementima za vezu izrađen je i pričvršćen za figuru u okviru procesa restauracije figure.

Donji disk (slika 6, pogle C-C), prečnika 1044mm i debljine 25mm, je pričvršćen za vrh stuba, preko osam anкера Ø20. Na disk je pričvršćen spoljni prsten, spoljnog prečnika 1094mm, od lima debljine 25mm, visine 125mm. Ukrućenja su postavljena radijalno, i čine ih udvojeni

limovi debljine 10mm, koji prate raspored ankera. Rupe za ankere su bušene u radialnom rasporedu, na kružnici prečnika 650mm. Minimalna dubina za zaibušivanja ankera je 300mm. Ankere su zaliveni epoksidom. Svaki anker ima dve matice, jednu iznad diska, a drugu ispod. Pomocu matica na ankerima položaj donjeg diska se mogao precizno definisati, čime je indirektno definisan i položaj figure u prostoru.



Slika 6 - Novoprojektovano rešenje oslanjanja figure na vrh stuba (osnova)

Pre postavljanja donjeg diska, a po zaibušivanju ankera, potrebno je očistiti površine starog betona u kamena i ispraviti postojeću armaturu. Postojeći postavljen je armaturni koš od kružnih uzengija i radialnih šipki Ø10. Po postavljenju i nivelaciji donjeg diska, sitnozrnim betonom je dobetoniran vrh stuba do cca 50mm ispod donje ivice čeličnih ukrućenja. Zatim je injektiran prostor ispod donjeg diska podlivkom kroz za to ostavljene otvore za injektiranje i odušak. Korišćena je podlivke SikaGrout.

Pre postavljanja figure, bilo je potrebno je prethodno ispuniti središnji prostor injekcionom smesom (šrafirana površina na osnovi gornjeg diska – „zona prethodnog podlivanja“), jer bi ovaj prostor ostao nedostupan posle montaže figure.



Po očvršćavanju podlivke i injekcione smese, bilo je moguće je postaviti figuru tako da elementi gornjeg diska nalegnu na donji. Nakon postavljenja figure izvršeno je povezivanje vertikalnim zavarima na obe strane svake podvezice. Nakon fiksiranja figure, pristupljeno je injektiranju preostalih prostora između gornjeg i donjeg diska, i postavljenju kamene obloge oko postolja.

Prikazano rešenje je omogućilo probnu montažu gornjeg diska na donji, čime je omogućena brza i sigurna montaža restaurirane figure na vrh stuba spomenika. Izvođač na radovima sanacije bila je firma KOTO iz Beograda.



*Slika 7 - Montiranje „Pobednika“ nakon restauracije i ojačanja temelja stuba i oslonca figure*

Za potrebe demontaže figure, radova na sanaciji oslonca i ponovne montaže restaurirane figure, u okviru projekta sanacije projektovana je odgovarajuća skela. Restaurirana figura je montirana pomoću autodizalice koja je posebno odabrana po gabaritima, da bi se omogućio njen prolaz kroz kapije Kalemgdanske tvrđave do lokacije spomenika (slika 7).

## LITERATURA

- [1] Ekspertsko mišljenje o stanju spomenika "Pobednik" na beogradskoj tvrđavi sa predlogom potrebnih mera zaštite, Institut za materijale i konstrukcije Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Beograd, januar 2016.
- [2] Idejni projekat rekonstrukcije i restauracije spomenika "Pobednik", Institut za materijale i konstrukcije Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2018.
- [3] Tehničko rešenje oslanjanja figure spomenika pobednik nakon rekonstrukcije, Institut za materijale i konstrukcije Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Beograd, decembar 2019.