

Miloš Lazović¹, Marija Lazović², Janko Radovanović³

REŠENJE OJAČANJA TEMELJNE KONSTRUKCIJE POSLOVNOG OBJEKTA "AUTOCENTAR STOJANOVIĆ" U BEOGRADU

Rezime:

U radu je prikazano projektovano i izvedeno rešenje ojačanja temeljne konstrukcije poslovnog objekta "Autocentar Stojanović" u Beogradu, za potrebe nadziđivanja objekta za osam nadzemnih etaža. Postojeća temeljna konstrukcija u stanju je da prihvati nadziđivanje tri nove etaže. Zbog toga je neohodno da se izvrši ojačanje postojeće temeljne konstrukcije. Projektom je predviđeno da se ojačanje temeljne konstrukcije izvede utiskivanjem "MEGA" šipova ispod temeljne ploče. Primenom predložene tehnologije izvođenja radova svi radovi na ojačanju temeljne konstrukcije su uspešno završeni i u predviđenom roku. Takođe, izmerena sleganja dobro se slažu sa računskim sleganjima datim u projektu.

Кljučne reči: temeljna konstrukcija, tehnologija građenja, "MEGA" šipovi, sleganja

SOLUTION FOR STRENGTHENING OF FOUNDATIONS ON BUSINESS OBJECT "AUTOCENTER STOJANOVIC" IN BELGRADE

Summary:

This paper presents the designed and executed solution for strengthening existing foundations on business object "Autocentar Stojanovic" in Belgrade for the purpose of constructing 8 additional above ground levels. The existing foundations can accept three additional levels. Therefore, it is necessary to perform strengthening of the foundations. According to the design strengthening will be performed with "MEGA" piles bellow existing foundation slab. By use of the proposed technology for work execution, all existing works were finished successfully and in given deadline. Additionally, all calculated settlements are in close range with the measured values.

Key words: foundation slab, technology for work execution, "MEGA" piles, settlement

¹Prof. dr, profesor u penziji, Građevinski fakultet Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, Beograd, mmmlazovic@gmail.com

²Dr, dipl. inž. građ, asistent, Građevinski fakultet Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, Beograd, mlazovic@grf.bg.ac.rs

³Dipl. inž. građ, "Beoexpert Design" d.o.o., Ruzvaltova 23, Beograd, jankoradovanovic87@gmail.com

1. UVOD

Projektom rekonstrukcije poslovnog objekta "Autocentar Stojanović" u bloku 45 na Novom Beogradu, predviđeno je ojačanje temeljne konstrukcije kako bi se omogućilo nadzidivanje objekta za 8 etaža. Ovaj projekat urađen je na osnovu arhitektonsko-građevinskog projekta postojećeg stanja i geomehaničkog elaborata. Ojačanje temeljne konstrukcije treba izvesti tako da se opterećenje sa objekta prenese na tlo sa dovoljnim faktorom sigurnosti i da pri tome deformacije i sleganja temeljne konstrukcije budu takva da ona ne utiču nepovoljno na konstrukciju objekta iznad temelja i ostale elemente objekta. Pri rešavanju problema fundiranja u konkretnom slučaju dominantna su vertikalna opterećenja od sopstvene težine objekta, kao i od korisnih opterećenja. Uticaj ostalih opterećenja je dosta manji i on praktično ne utiče na izbor fundiranja. Pored zahteva da predloženo rešenje fundiranja bude tehnički ispravno, potrebno je da predloženo rešenje bude racionalno i da se relativno brzo može izvesti. Na sl. 1 prikazan je izgled postojećeg stanja poslovnog objekta.



Slika 1 - Izgled postojećeg stanja poslovnog objekta "Autocentar Stojanović"

Postojeći objekat fundiran je na temeljnoj ploči debljine 60cm. Ispod temeljne ploče izveden je sloj tucanika debljine 60cm i tamponski sloj debljine 10cm. Na osnovu izvršenih računskih analiza zaključeno je da postojeća temeljna konstrukcija može da prihvati nadzidivanje tri nove etaže bez potrebe za njenim ojačanjem. Pri tome, sleganje temeljne konstrukcije iznosilo bi oko 8cm. Pošto je projektom predviđeno nadzidivanje osam nadzemnih etaža, neohodno je da se izvrši ojačanje temeljne konstrukcije objekta, kao i ojačanje postojeće konstrukcije objekta.

2. PREDLOŽENI NAČIN OJAČANJA TEMELJNE KONSTRUKCIJE

Na osnovu postojeće projektne dokumentacije, kao i na osnovu novoprojektovanog rešenja nadzidivanja objekta, izvršena je analiza mogućih varijantnih rešenja ojačanja postojeće temeljne konstrukcije. Osnovni zahtev Investitora bio je da se ojačanje temeljne konstrukcije izvodi tako da se ne remeti rad servisnog centra i radionice, koje se nalaze u podzemnoj etaži objekta, kao i da se paralelno sa izvođenjem ojačanja temeljne konstrukcije mogu izvoditi radovi na ojačanju postojeće konstrukcije objekta i nadzidivanju objekta. Na osnovu analize mogućih varijantnih rešenja ojačanja temeljne konstrukcije, odlučeno je da se ojačanje izvede utiskivanjem potrebnog broja "MEGA" šipova ispod postojeće temeljne ploče. Ukupno je potrebno da se ispod stubova i zidova objekta utisne 95 šipova čija je dozvoljena nosivost 1600kN po šipu. Na ovaj način, postiže se to da se postojeća temeljna ploča maksimalno iskoristi po pitanju nosivosti armature u njoj, a da se ostatak opterećenja od nadzidanog objekta prihvati "MEGA" šipovima. Iz hodnika (galerija) koje se izvede ispod postojeće temeljne ploče izvršeno je utiskivanje armiranobetonskih "MEGA" šipova osmougaonog poprečnog preseka dimenzija 45x45cm. Dužine segmenata šipova su 1.50m. Šipovi su utiskivani hidrauličkom presom do 2400kN, a kao kontra teret korišćena je temeljna ploča i konstrukcija iznad nje.

3. NAČIN PRORAČUNA OJAČANJA TEMELJNE KONSTRUKCIJE

Na osnovu parametara otpornosti i deformabilnosti tla, određene su vrednosti granične i dozvoljene nosivosti utisnutih armiranobetonskih šipova čije su dužine oko 12.00m i koji ulaze u sloj dobro zbijenog šljunka. Sračunata dozvoljena sila u šipu je oko 1600kN. Korišćenjem MKE i programskih paketa TOWER6 i PLAXIS 2D formiran je proračunski model za proračun uticaja u temeljnoj konstrukciji prema fazama izvođenja radova. Krutosti šipova sračunate su na osnovu veličina sleganja usled opterećenja radnim silama. Ovim sleganjima dodato je i sleganje usled uticaja grupe šipova, kao i sleganje u nivou baza šipova usled opterećenja koje se prenosi preko temeljne ploče. Krutosti šipova sračunate su kao odnos opterećenja šipova i njihovih ukupnih sleganja. Takođe, i krutost podloge ispod temeljne ploče određena je na osnovu sleganja karakteristične tačke ploče za očekivano reaktivno opterećenje. Na sl. 2 prikazani su rezultati proračuna programa za proračun krutosti podloge ispod temeljne ploče.

PRORACUN SLEGANJA

ULAZNI PODACI 9/BN3

OPTERECENA POVRšina A= 50.00 m
B= 25.00 m

TACKA S X= 6.50 m
Y= 3.25 m

Slojevi	H	Dubine	Gam	Mv
1	0.80	0.80	14.00	8000
2	0.40	1.20	14.00	2500
3	1.40	2.60	14.00	5000
4	1.90	4.50	14.00	4000
5	5.00	9.50	14.00	18000
6	5.00	14.50	14.00	26000
6	5.00	19.50	14.00	28000
6	5.00	24.50	14.00	30000

Neto opterećenje $\sigma_n = 100$ kN/m²
 $\sigma_g = 60$ kN/m²

Sracunato sleganje iznosi: **s= 7.352 cm**

Krutost podloge je: **Kt= 1360.10 kN/m³**

Slika 2 - Proračun krutosti podloge ispod temeljne ploče

Na ovaj način određeni su svi potrebni elementi za proračun uticaja u temeljnoj ploči usled ukupnog opterećenja od postojećeg i nadzidanog objekta. Pored uticaja u ploči određena je i raspodela opterećenja na šipove i tlo ispod temeljne ploče.

Prema proračunima ispod objekta potrebno je ukupno utisnuti 95 šipova sa prosečnim silama u njima u toku eksploatacije objekta posle nadziđivanja od 1500kN. Pored šipova, deo opterećenja preuzima i postojeća temeljna ploča.

Prema izvršenim proračunima, veličine maksimalnih sleganja temeljne konstrukcije objekta biće oko 35mm, a što je manje od dozvoljenih vrednosti. Ova sleganja su približno ravnomerna, pa neće doći do oštećenja na postojećem delu objekta.

4. TEHNOLOGIJA IZVOĐENJA RADOVA NA OJAČANJU TEMELJNE KONSTRUKCIJE

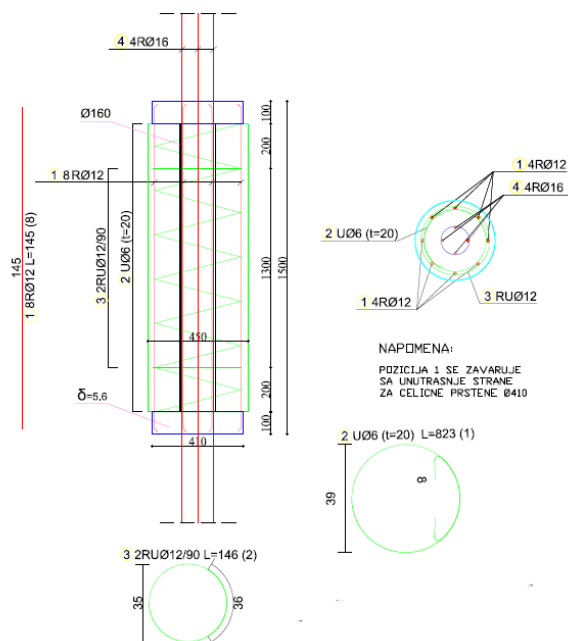
Da bi se izvršilo utiskivanje "MEGA" šipova ispod temeljne ploče, potrebno je predhodno da se ispod ploče formiraju radni prostori iz kojih se utiskuju šipovi. Sa bočne strane objekta izvedene su dve vertikalne šahte do dubine 2.50m ispod kote temeljne ploče. Iz ovih šahti vršen je iskop dve galerije (hodnika) u pravcima središnjih osa objekta. Ove šahte su poslužile da se kroz njih izvodi vertikalni transport iskopanog zemljanog materijala, kao i da se kroz njih vrši unos elemenata "MEGA" šipova. Iskop galerija ispod temeljne ploče u najvećoj meri vršen je mini bagerom, a horizontalni transport iskopanog materijala mini bobcedom. Manji delovi iskopa i transporta vršeni su ručno. Visina formiranih galerija je 2.50m, a njihova širina 1.60m. Iz ovih podužnih galerija, iskopom poprečnih galerija, dolazilo je se do mesta na

kojima treba utiskivati šipove. Da bi se sprečilo obrušavanje bočnih strana iskopa, na ovim stranama vrši se montaža gotovih armiranobetonskih ploča (talpi) koje se čeličnim razupiračima razupiru sa gornje strane. Na donjoj strani iskopa betonira se na licu mesta podna ploča, tako da se dobija hodnik koji je sa svih strana zaštićen betonskim elementima. Transport iskopanog materijala i elemenata šipova vršen je navedenim mini mašinama i kolicima.

Pošto su radovi izvođeni u zatvorenom prostoru u kojem rade i mašine, posebna pažnja bila je posvećena pravilnom provetravanju radnog prostora. Zbog toga je primenjena posebna oprema za ubacivanje svežeg vazduha u prostor, kao i oprema za izbacivanje zagađenog vazduha i izdznih gasova. Ova oprema je funkcionisala za sve vreme izvođenja radova, tako da su radnici u prostoru ispod temeljne ploče mogli raditi bez ikakvih problema.

4.1 IZRADA I UTISKIVANJE "MEGA" ŠIPOVA

Šipovi se izvide kao prefabrikovani betonski elementi osmougonaog poprečnog preseka dimenzija 45x45cm. Na krajevima elemenata, čija je dužina 1.50m, nalaze se čelični prstenovi za koje je zavarena podužna armature šipova. Oko ove armature izvedene su spiralne uzengije. Unutar elementa formira se cilindrični otvor prečnika oko 160mm, ugradnjom kablovica od profilisanog lima. Ovi betonski elementi izvide se na samom gradilištu i oni se betoniraju u čeličnim kalupima. Na sl. 3 prikazan je plan armature segmenta šipa.



Slika 3 - Plan armature segmenta šipa

Pre utiskivanja šipova vrši se montaža kule za njihovo utiskivanje. Kula se sastoji iz četiri vertikalna nosača (vođica) i donje i gornje osnove. Na gornjem delu montira se hidraulička presa pomoću koje se vrši utiskivanje elemenata šipova. Kao balast za utiskivanje šipova koristi se sopstvena težina konstrukcije objekta i sama temeljna ploča. Za utiskivanje koristi se hidraulički cilindar čija je površina 800cm^2 , što znači da se sa pritiskom od 300 bari, postiže sila utiskivanja od 2400kN . Ova sila je za oko 50% veća od dozvoljene sile u šipu. Na sl. 4 prikazana je kula za utiskivanje šipova.

Elementi se utiskuju postupno jedan za drugim sve do postizanja sile utiskivanja od 2400kN . Prema proračunima dobijena je potrebna dužina šipova oko 12.00m . Pošto se završi utiskivanje šipova u otvor u sredini šipa montira se armature i vrši betoniranje otvora. Na ovaj način ostvaruje se dodatni kontinuitet između elemenata šipova, odnosno šipovi se mogu smatrati kao jedinstveni elementi. Na kraju, vrši se njihovo aktiviranje "kajlovanjem", tako da se u šipove unosi sila koja je jednaka oko $1/3$ od sile utiskivanja šipova. Na ovaj način u najvećoj meri eliminiše se inicijalno sleganje šipova, odnosno povratna deformacija posle njegovog utiskivanja i opuštanja.

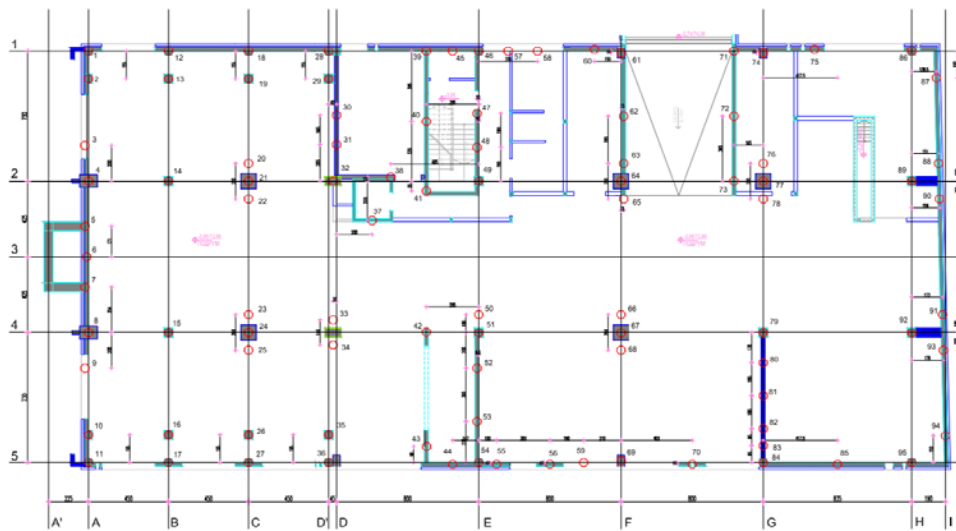


Slika 4 - Kula za utiskivanje šipova

4.2. POVEZIVANJE UTISNUTIH "MEGA" ŠIPOVA SA TEMELJNOM PLOČOM

Nakon utiskivanja šipova, izvršeno je betoniranje izvedenih galerija (hodnika ispod temeljne ploče). Na stubnim mestima i ispod zidova vršeno je konstruktivno armiranje ovih greda armaturnim mrežama. Ovo betoniranje vršeno je kroz otvore koji su kernovanjem izvedeni kroz temeljne ploču. Broj i raspored ovih otvora određen je tako da se ostvari dobro

podlivanje betona ispod temeljne ploče. Nalivanje betona kroz otvore vršeno je sve dok se na susednim otvorima ne pojavi beton. Na ovaj način ispod stubova i zidova konstrukcije objekta iznad temeljne ploče, formirane su armiranobetonske grede velikih dimenzija. Ove grede imaju funkciju da spreče proboj ovih elemenata kroz temeljnu ploču usled izuzetno velikog povećanja sila u njima, koje nastaju nadzidivanjem objekta. Takođe, ove grede doprinose i povećanju nosivosti tla ispod temeljne ploče, jer se sa njima na dubini od oko 7.50m ispod površine terena ulazi u slojeve tla boljih karakteristika.



Slika 5 - Osnova temeljne konstrukcije

5. ZAKLJUČAK

Primenom projektovanog rešenja uspešno su izvedeni radovi na ojačanju temeljne konstrukcije poslovnog objekta "Autocentar Stojanović" na Novom Beogradu. Na osnovu parametara otpornosti i deformabilnosti tla i primenom računarskih programa koji se zasnivaju na MKE izračunati su uticaji u temeljnoj konstrukciji prema fazama izvodjenja radova. Za potrebe utiskivanja "MEGA" šipova konstruisana je specijalna kula sa hidrauličnim cilindrom. Ovom kulom za utiskivanje omogućeno je izvodjenje dva do tri "MEGA" šipa u jednoj radnoj smeni. Primenom navedene tehnologije izvođenja radova omogućeno je paralelno izvodjenje radova na ojačanju temeljne konstrukcije i nadzidivanje objekta za 4 etaže, dok nisu bili završeni radovi na ojačanju temeljne konstrukcije objekta. Na ovaj način, značajno je skraćen rok izvodjenja radova. Projektovano rešenje se pokazalo i kao veoma racionalno. Takođe, izmerena sleganja u toku izvođenja ojačanja temeljne konstrukcije, kao i kasnija sleganja usled nadzidivanja objekta sa ojačanim temeljima, veoma dobro se slažu sa sleganjima određenim u projektu.

LITERATURA

- [1] "GEOALFA"d.o.o.: *Geotehnički elaborat za potrebe izvođenja radova narekonstrukcije poslovnog objekta "Autocentar Stojanović"*, 2015, Beograd.
- [2] Radimpex Software: *User Manual for TOWER 6*, 2016, Beograd.
- [3] Brinkgreve R.B.J., Kumarswamy S., Swolfs W.M.: *PLAXIS 2D user' s manual*, Delft University of Tehnology &Plaxis bv, The Netherlands, 2016.
- [4] Evrokod 2: *EN 1992-1-1:2004 Proračun betonskih konstrukcija*, Beograd, februar 2006.
- [5] Lazović M., Lazović M., Radovanović J.: *Analiza nosivosti privremenih stubova kod "Top Down"metoda gradnje*, Međunarodni naučno-stručniskup, Novi Sad, Društvo građevinskih konstruktera Srbije, Beograd,septembar 2014., str.407-422.
- [6] Deretić-Stojanović B., Kostić S., Stošić S.: *Proračun spregnutih stubova od čelika i betona*, Građevinski materijali i konstrukcije, vol.54, br. 1, (2011), str. 62-79.
- [7] Khodair, Y.; Abdel-Mohti, A.: *Numerical Analysis of Pile–Soil Interaction under Axial and Lateral Loads*, International Journal of Concrete Structures and Materials. 8, 3(2014), pp.239–249.
- [8] Lymon C. Reese, William F. Van Impe: *Single Piles and Pile Groups under Lateral Loading*, Balkema, 2007. Netherlands.
- [9] Lazović M., Lazović M., Radovanović J.: *Projekta konstrukcije podzemnog dela koji je deo Projekta zagrađevinsku dozvolu REKONSTRUKCIJA DOGRADNJA-NADZIVANJEPOSLOVNOG OBJEKTA „NAPRED“*, 2017, Novi Beograd.