

IZBOR OPTIMALNOG NAČINA ZAŠTITE TEMELJNIH JAMA PRIMENOM VKO SELECTION OF THE OPTIMAL WAY OF PROTECTING THE FOUNDATION PIT USING VKO

Mitar Vujičić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Cilj ovog rada jeste da prikaže tehnologiju izvođenja zaštite temeljne jame za slučajeve NS Graditelj, larsen talpe, dijafragme i šipovi sa yet groutingom. Cilj rada je da se izabere optimalni način obezbeđenja temeljne jame u odnosu na definisane kriterijume (cena, vreme i pouzdanost funkcionisanja sistema rada građevinskih mašina).

Ključne reči: *Temeljne jame, dijafragme, Larsen talpe, šipovi sa yet groutingom, višekriterijumska optimizacija*

Abstract - *The aim of this paper is to present the technology of performing the protection of the foundation pit for the cases of ns graditelj, larsen planks, diaphragms and piles with yet grouting. The aim of this paper is to choose the optimal way of securing the foundation pit in relation to the defined criteria (price, time and reliability of the operation of the construction machinery system).*

Keywords: *Foundation pit, diaphragms, larsen planks, piles with yet grouting*

1. UVOD

Zbog visokih cena gradskog prostora danas se mnoge građevine u urbanim sredinama planiraju izvesti s jednom, najčešće s dve i više podzemnih etaža. Takav koncept praćen je potrebom dubokog iskopa zbog kojeg treba provesti adekvatnu potrebu zaštitu postojećih okolnih objekata. Taj prostor mora biti siguran za rad i dostupan ljudima i mašinama. U radu su prikazane metode rada:

- Analiza i sinteza
- Višekriterijumska optimizacija

2. NAČIN OBEZBEĐENJA TEMELJNIH JAMA PRI ISKOPU

Ako se pak građevinska jama mora izvoditi unutar skućenog prostora, što je danas najčešći slučaj kod raznih interpolacija unutar urbane sredine, te ako uz to još treba osigurati geotehničku zaštitu postojećih susednih objekata ili postojećih infrastruktura (što je nezaobilazan imperativ kod interpolacijskih zahteva), stabilnost bočnih zidova građevinske jame postaje vrlo ozbiljan tehnički zadatak.

Visok nivo podzemne vode još će dodatno otežati problem.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red. prof.

2.1. Graditelj NS

Ovaj tip konstrukcije je pogodan za zaštitu temeljnih jama koje su dubine do 6m.

Konstrukcija se sastoji od jednostavnih montažnih AB elemenata koji se proizvode na placu, montiraju i monolitizuju na gradilištu u jedinstvenu konstruktivnu celinu. Prednost primenjenog sistema građevinske jame je ekonomski, brzinja izvođenja na terenu i primena jednostavne opreme za izvođenje koju poseduje svako veće preduzeće koje se bavi izvođenjem zemljanih radova.



Slika 2.1. Izgled potporne konstrukcije Graditelj NS

2.2. Dijafragme

Dijafragma je armiranobetonski zid koji se izvodi u tlu pre iskopa, a zatim se tlo iskopava. Ona osigurava stranice **dubokih građevinskih jama** od urušavanja i prodora podzemne vode te se izvodi u kampadama. Izvodi se u slučajevima kada imamo veliku površinu koju moramo podupreti. Kontinuirana dijafragma izrađena u tlu prema modernim metodama treba da sigurno podnosi aktivni pritisak okolnog tla i eventualno hidrostatički pritisak. Horizontalne sile preuzimaju horizontalni konstrukcijski elementi koji se izvode u prostoru omeđenom dijafragmom.

Ove konstrukcije rade se u uzastopnim elementima dužine 5 do 8 m tako da se napreskok ugrađuju najpre neparne stranice a zatim između njih parne. Kada je dovršen iskop pojedinog neparnog elementa, stavljaju se na njegove krajeve dve cevi jednake širini iskopa a ostali prostor puni se betonom kontraktorskom metodom. Nakon što se beton stvrdnuo, izvlače se granične cevi i nastavlja se iskop parnih elemenata među delovima dijafragme koja je prethodno betonirana. Kada se iskopaju, takođe se pune betonom.

Cevi na krajevima neparnih elemenata osiguravaju besprekorno pravilan i čist oblik betoniranih elementa. Na taj

način beton parnih elementa potpuno prijanja za već gotove elemente dijafragme pa se tako postiže potpuna nepropusnost i kontinuitet dijafragme. U iskopani žleb može se ugraditi i armaturni koš ako zid treba preuzeti momente savijanja.

Dijafragmom se može dosegnuti veća dubina. One su nepropusne pa sprečavaju prodor podzemne vode u građevinsku jamu.



Slika 2.2 Izgled dijafragme

2.3. Larsen talpe

Zid od Larsen talpi služi da preuzme pritisak vode ili tla kod osiguranja građevinskih jama. Ovom metodom se može izvesti izrada jednostavnih i relativno plitkih građevinskih jama u tlu, sa ili bez podzemnih voda.

Zaštitom temeljne jame sa Larsen talpama dobija se jednostruki zid sastavljen od pojedinačnih elemenata, koji su međusobno tako spojeni da kod zabijanja ne dođe do odstupanja od zamišljenog pravca zida.

Zid od Larsen talpi možemo definisati i kao oblik prethodno izvedene zaštitne obloge kasnije iskopanih stranica rova s razmerno uskim, dubljim i vitkim talpama. One se pre iskopa zabijaju pomoću vibratora u tlo neposredno jedna uz drugu po ivici stranica iskopa rova.

Pomoću Larsen talpi mogu da se štite iskopi dubine 10 m, pa i više. Zidovi od Larsen talpi se koriste u stalnim objektima, kejskim zidovima i sl. Metalurzi proizvode čelike, od kojih se valjaju Larsen talpe, koje su veoma otporne na rđanje.

Danas još služe kejski zidovi od čeličnih talpi, koji su građeni pre 100 i više godina. Mana larsen talpi je u tome što su zbog materijala od kog su napravljene skupe, pa se pretežno koriste kada je reč o zaštiti temeljnih jama kod temeljnih jama manjih osnova.



Slika 2.3. Izgled pobijenih larsen talpi

2.4. Šipovi sa yet groutingom

Postoje situacije kada iz nekih razloga nije moguće zaštitu temeljne jame izvršiti pomoću dijafragme. Osnovna zamisao ove vrste konstrukcije slika 2.28. zaštite temeljne jame je u tome da se zbog odličnih karakteristika CFA šipova a to pre svega znači veliku efikasnost u brzini izvođenja šipova zaštita temeljne jame uradi baš na ovaj način. Šipovi naravno kao i dijafragme moraju biti na vrhu povezani nadglavnom gredom koja povezuje sve šipove u jednu celinu. U ovom slučaju pošto je konstrukcija izvedena diskontinualno imamo problem sa obrušavanjem zemlje koja se nalazi između šipova. Postoji mogućnost da se između šipova izvede armiranobetonski zid a to bi značilo da se između šipova posle iskopa berme ogrebe zemlja između šipova pa da se montira skela itd.

Zbog prethodno navedenog daleko nam je elegantnije da izvedemo yet grouting kolone između šipova tako dobijamo ojačanu zemlju koja je čvrstoće reda veličina kao beton marke MB 5. Kada se izvedu šipovi povezani sa nadglavnom gredom i između njih yet grouting kolone dobijamo neravan zid a za potrebe izrade hidroizolacije nam je potreban ravan zid. U tu svrhu posle iskopa berme postavljamo uza zid lako mrežastu armaturu i vršimo torketiranje zida. Takođe treba napomenuti da postoje i situacije kada nije moguće zaštitu temeljne jame izvršiti šipovima nego nam jedino preostaje da izvedemo dijafragmu.

To se na primer može desiti kada se zid temeljne jame izvodi neposredno uz susedni objekat pa svrdlo zbog svog oblika ne može da priđe do projektovane kote u tom slučaju mašina koja izvodi dijafragmu (grajfer) lako može da priđe. Možemo takođe koristiti i kombinaciju šipova i dijafragme za zaštitu temeljne jame tako da onaj zid koji je neposredno uz susedni objekat izradimo pomoću dijafragme a ostatak konstrukcije pomoću šipova.



Slika 2.4. Izgled šipova sa yet groutingom

3. Izbor optimalnog načina obezbeđenja temeljne jame

3.1. Opšte o vko

Teorija optimizacije proučava kako da se opiše i postigne ono što je najbolje, ako se zna kako da se meri i razlikuje šta je dobro a šta je loše. Reč optimum je sinonim za maksimalno dobro (ili minimalno loše).

Optimizacija nije samo numerički postupak za određivanje optimuma. Proučavajući i primenjujući različite optimizacione metode stiče se sposobnost

prepoznavanja optimuma i u onim problemima koji nisu kompletno matematički formulirani.

Primena metode optimizacije polazi od realnog problema koji treba rešavati. Postupak rešavanja optimizacionog problema ima pet faza:

1. Formulacija problema
2. Izrada matematičkog modela koji reprezentuje realni sistem,
3. Izbor i primena metode, izbor algoritma i programa za računar (eventualne modifikacije ili razvoj nove metode, razrada algoritma i izrada programa za računar)
4. Testiranje modela i dobijenog rešenja
5. Implementacija

3.2. Kriterijumi i strategije izbora

Razmatraće se problem izbora optimalnog tipa konstrukcije za zaštitu temeljne jame. Kao opcije razmatraju se konstrukcija tipa Graditelj NS, dijafragme, larsen talpe i šipovi sa yet groutingom. Analiza se sprovodi za potrebe projektovanja Naučno tehnološkog parka u Novom Sadu. Svi podaci vezani za vremena izvođenja radova, cene upotrebljenih materijala i pouzdanost sistema građevinskih mašina utvrđeni su empirijski na osnovu posmatranja procesa izgradnje i konsultacijom sa stručnjacima u toj oblasti.

3.2.1. Definisane kriterijumskih funkcija

Formiran je model optimizacije sa 3 kriterijumske funkcije, od koji su sve tri kriterijumske funkcije u okviru predloženog modela bazirane na kvantitativnim pokazateljima.

F1- cena gotove konstrukcije

F2- potrebno vreme za izradu

F3- pouzdanost funkcionisanja sistema građevinskih mašina

3.2.2. Strategije odlučivanja

Predstavlja analizu zahteva investitora, vrednovanje težinskih koeficijenata i određivanje optimalnog rešenja za pomenuti projekat.

Kriterijumske funkcije f_1 i f_2 i f_3 su kvantifikovane i kao takve se unose u dalje razmatranje.

Analiziraće se tri slučaja sa različitim preferencijama koji će udovoljiti gotovo svim zahtevima investitora i mogućnosti izvođača, a za koje treba pronaći optimalno rešenje, uvođenjem težinskih koeficijenata W_i .

4. Primena VKO za izbor metode obezbeđenja temeljne jame na primeru izgradnje Tehnološkog parka u Novom Sadu

4.1. Naučno tehnološki park

Na uglu Bulevara Cara Lazara i Fruškogorske ulice, pored studentskog doma u Novom Sadu projektovan je naučno tehnološki park. Objekat je armirano betonski, površine u osnovi cca 5050m², spratnosti Su+Pr+4-6. Fundiranje objekta je na temeljnoj ploči promenljive debljine od 90-150cm sa kontrakapitelima na mestu stubova. Dubina iskopa građevinske jame je od 4,50 do 5,15m. Iskop građevinske jame se vrši u prašinastim i prašinstopeskovitim materijalima po čitavoj dubini.

Tokom radova na montaži zaštitne konstrukcije i fundiranja objekta snižavanje NPV vrši se sistemom depresionih bunara raspoređenih po obodu građevinske

jame. Ukupna dužina zaštitne konstrukcije iznosi cca 310,0m. Prosečna dubina iskopa građevinske jame je cca 4,80m, a ukupna količina iskopa $V=24.240,00m^3$.

4.2. Izbor metode optimizacije

- Za rešenje definisanog problema usvojena je metoda višekriterijumske optimizacije: metoda kompromisnog programiranja i višekriterijumsko rangiranje alternativnih rešenja.

- Ovom metodom prvo se određuju rešenja koja su optimalna po kriterijumima, a zatim se određuju kompromisna rešenja, koja se predlažu donosiocu odluke. Donosilac usvaja jedno konačno rešenje, a u mogućnosti je da sagleda sve dobiti i nezadovoljenje pojedinih kriterijuma što pruža dobru osnovu za odlučivanje.

4.4. Određivanje optimalnog rešenja

Alternative:

A1-Graditelj NS

A2-Dijafragme

A3-Larsen talpe

A4-šipovi sa yet groutingom

Tabela 4.1. Polazni podaci za vko

krit.fun/alternativa	A1	A2	A3	A4
F ₁	287305	586685	443529	385185
F ₂	0,296	0,12	0,16	0,196
F ₃	1,149	1,759	2,13	1,2146

Tabela 4.2. Pojedinačna rang lista

Krit fun/alter	A1	A2	A3	A4
F1	1	4	3	2
F2	4	1	2	3
F3	1	3	4	2

Usvojene težine strategije odlučivanja; $v_1(0.0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.0)$, $v_2=1-v_1$

$V_1 > V_2$ prednost je data zadovoljenju većine kriterijuma ne vodeći računa da jedan od kriterijuma može biti potpuno nezadovoljen.

$V_2 > V_1$ ne dopušta se potpuno nezadovoljenje bilo kog kriterijuma

Metode rada

A1-Graditelj NS

A2-Dijafragme

A3-Larsen talpe

A4-šipovi sa yet groutingom

Strategije odlučivanja

Strategija odlučivanja I- isti težinski koeficijenti gde su sva tri kriterijuma podjednake važnosti

Strategija odlučivanja II- različiti težinski koeficijenti gde je prednost data kriterijumu cena

Strategija odlučivanja III-različiti težinski koeficijenti gde je prednost data kriterijumu pouzdanost funkcionisanja sistema rada grupe mašina

Tabela 3. Pregled ranga alternativa prema strategijama odlučivanja

Rang	Strategija odlučivanja I	Strategija odlučivanja II	Strategija odlučivanja III
1	A4	A4	A4
2	A1	A1	A1
3	A2	A3	A2
4	A3	A2	A3

Pri zahtevu da svi kriterijumi moraju biti zadovoljeni:

Za strategiju odlučivanja gde su sva tri kriterijuma podjednake važnosti kao najbolje rešenje nameću se šipovi sa yet groutingom

Za strategiju odlučivanja gde kriterijum cena ima prednost u odnosu na ostale kriterijume kao najbolje rešenje nameću se šipovi sa yet groutingom

Za strategiju odlučivanja gde kriterijum pouzdanost funkcionisanja sistema rada grupe mašina ima prednost u odnosu na ostale kriterijume najbolje rešenje nameću se šipovi sa yet groutingom

5. ZAKLJUČAK

Danas je sve veća potreba i zanimanje za izgradnju što zanimljivijih i neobičnih objekata koji postaju sve veći izazov za svakog projektanta. U današnjim prebukiranim gradovima više nema mnogo mesta za izgradnju standardnih nadzemnih objekata, već se izgradnja objekata premešta u podzemlje. Samim time i tehnologija s vremenom postaje sve modernija i preciznija ali najvažnija uloga svakog projektanta ostaje ista a to je osigurati sigurnost same građevine, okolnih objekata i ljudi.

Rezultati metode višekriterijumske optimizacije pokazuju da u slučaju istih težinskih koeficijenata i u slučaju gde prednost data pouzdanosti funkcionisanja rada grupe mašina kod različitih težinskih koeficijenata i u strategiji odlučivanja koja ne dopušta potpuno nezadovoljenje bilo kog kriterijuma i u strategiji odlučivanja u kojoj je prednost data zadovoljenju većine kriterijuma ne vodeći računa da neki od kriterijuma može biti ne zadovoljen prednost se daje šipovima sa yet groutingom.

Dok u slučaju gde je kod različitih težinskih koeficijenata prednost data ceni izrade konstrukcije u strategiji odlučivanja koja za prednost daje zadovoljenju većine kriterijuma ne vodeći računa da jedan od kriterijuma može biti nezadovoljen prednost se daje konstrukciji Graditelj NS dok u strategiji odlučivanja u kojoj se ne dozvoljava nezadovoljenje bilo kog kriterijuma prednost dobijaju šipovi sa yet groutingom. Zbog zahteva za zadovoljenjem svih kriterijuma za ovaj objekat će se usvojiti varijanta 4 odnosno šipovi sa yet groutingom.

6. LITERATURA

- [1] Vasić I.: „Projekat pripremnih radova (zaštita građevinske jame)“, Naučno tehnološki park u Novom Sadu
- [2] Roje Bonaci T.: „Duboko fundiranje i ojačanje temeljnog tla“, Građevinska knjiga, Split 2005
- [3] Roje Bonaci T.: „Potporne građevine i građevinske jame“, Građevinska knjiga, Split 2005
- [4] Ivanović G., Stanivuković D.: „Pouzdanost tehničkih sistema, Mašinski fakultet, Beograd
- [5] Trivunić M., Matijević Z.: „Tehnologija i organizacija građenja“, praktikum, Univerzitet u Novom Sadu, FTN,2004
- [6] Opricović S.: „Višekriterijumska optimizacija Sistema u građevinarstvu“, Građevinski fakultet, Beograd
- [7] Vasić I., Jovanović M.: „Kratka prezentacija projekta zaštite građevinske jame Naučno tehnološkog parka,“
- [8] Vasić I., Jovanović M.: „Kratka prezentacija projekta zaštite građevinske jame za visinski podrum u Sremskim Karlovcima“
- [9] Method statement Belgrade Waterfront plot 21B-BW and bw aqua
- [10] Method statement BW plot 12b
- [11] Method statement za izradu Larsen talpi za izradu podhodnika u Krnjači
- [12] Method statement za fundiranje tržnog centra Promenada

Kratka biografija:



Mitar Vujičić rođen je u Novom Sadu 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva –odbranio je 2021.god. kontakt: mitar_ns@hotmail.com