



PROJEKAT IZVEDENOG STANJA TUNELA DESIGN OF TUNNEL BUILDING CONDITIONS

Boško Maksić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su analizirane aktivnosti koje su potrebne u fazi izvođenja tunela, a sve sa stanovišta potreba prilagođavanja projektnih rešenja tunela stvarnim geotehničkim uslovima koji su u terenu.

Ključne reči: tuneli, primarna konstrukcija, sekundarna konstrukcija, geomehanika.

Abstract – The paper analyzes the activities required in the construction phase of the tunnel, all from the point of view of the need to adapt the design solutions of the tunnel to the actual geotechnical conditions in the field.

Keywords: Tunnels, primary construction, secondary construction, geomechanic.

1. UVOD

U projektovanju tunela zastupljena su tri pristupa: osmatrački, empirijski i analitički. Osmatrački pristup podrazumeva praćenje ponašanja stenskog masiva i obloge i u suštini je Nova austrijska tunelska metoda građenja tunela. Empirijski pristup u suštini čine geotehničke klasifikacije tunela. Najznačajnije su klasifikacije Bartona, Bieniavskog i Vasića. Navedne klasifikacije daju dobre rezultate u ispucajloj stenskoj masi. Analitički čine odgovarajući softverski paketi.

Najbolji podaci o terenu i uslovima građenja dobijaju se u fazi izgradnje tunela. Ovaj rad je jednim delom proizašao iz saznanja koja su stečena u nastavi iz Tunela i ličnog iskustva autora u toku izgradnje tunela specijalne namene. Lično angažovanje u toku iskopa i izvođenja građevinske podgrade u tunelu je trajalo oko 2 godine.

Zbog toga što je sadejstvo terena i konstrukcije najizraženije u tunelima to je neophodno pri projektovanju imati više faza koje su shodno ranijem zakonu prikazane na slici 1. Svako fazi projektovanja prethodi odgovarajuća faza geotehničkih ispitivanja [1].

2. STABILNOST ISKOPA-PRIMARNA I SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA

Primarno osiguranje obuhvata one elemente tunelske konstrukcije koji su potrebni za uspostavljanje stabilnosti tunelskog iskopa. Primarno osiguranje koje se postavlja odmah nakon iskopa direktno je vezano za utvrđenu kategorizaciju stena.

Prema kategorizaciji stena - inženjersko geološka kategorija uobičajeno je u građevinskoj praksi da se projektuju i izvode odgovarajući tipovi podgrade kojom se obezbeđuje stabilnost iskopa [2].

U čvrstim stenama koje su malo ispucale, npr. u masivnim krečnjacima, primenjuje se "laka podgrada". U poluvezanim i nevezanim stenama kakve su po obodu Panonskog basena primenjuje se "teška podgrada". Ona se sastoji od čeličnih lukova koji se koriste kao primarno osiguranje u podzemnim iskopima, odmah nakon izvođenja iskopa određene dužine koja je promenljiva i uslovljena stanjem in-situ. Ti lukovi naknadno treba da posluže u sadejstvu sa ostalom armaturom i betonom kao AB primarna konstrukcija, a izgrađeni su tako da zadovolje geometrijske uslove iskopa u svakoj kategoriji stenskog materijala uključujući i odgovarajuće tolerancije.

Za statički proračun primarne konstrukcije se najčešće koristi metoda konačnih elemenata i to pomoću nekog programskog paketa kao što je na primer Plaxis, koji daje mogućnost vrlo preciznog modeliranja tunela i sredine u kojoj se tunel nalazi.

Jedna od prednosti analize napona i deformacija jeste mogućnost opredeljivanja koji deo inicijalnog napona prima konstrukcija tunela. U proračunskim modelima može se usvojiti da se stenski materijal ponaša po Mohr-Coulomb-ovom zakonu loma (linearni zakon čvrstoće materijala), dok se za primarnu konstrukciju može usvojiti elastično ponašanje materijala, po Hook-ovom zakonu.

Rezultat statičkog proračuna su naponi u tlu i dijagrami uticaja u primarnoj konstrukciji na osnovu kojih se vrši dimenzionisanje. Ulazni podaci koji se koriste prilikom ovog modeliranja osim zahtevane geometrije tunela su i parametri tla koji se preuzimaju iz geomehaničkog elaborata.

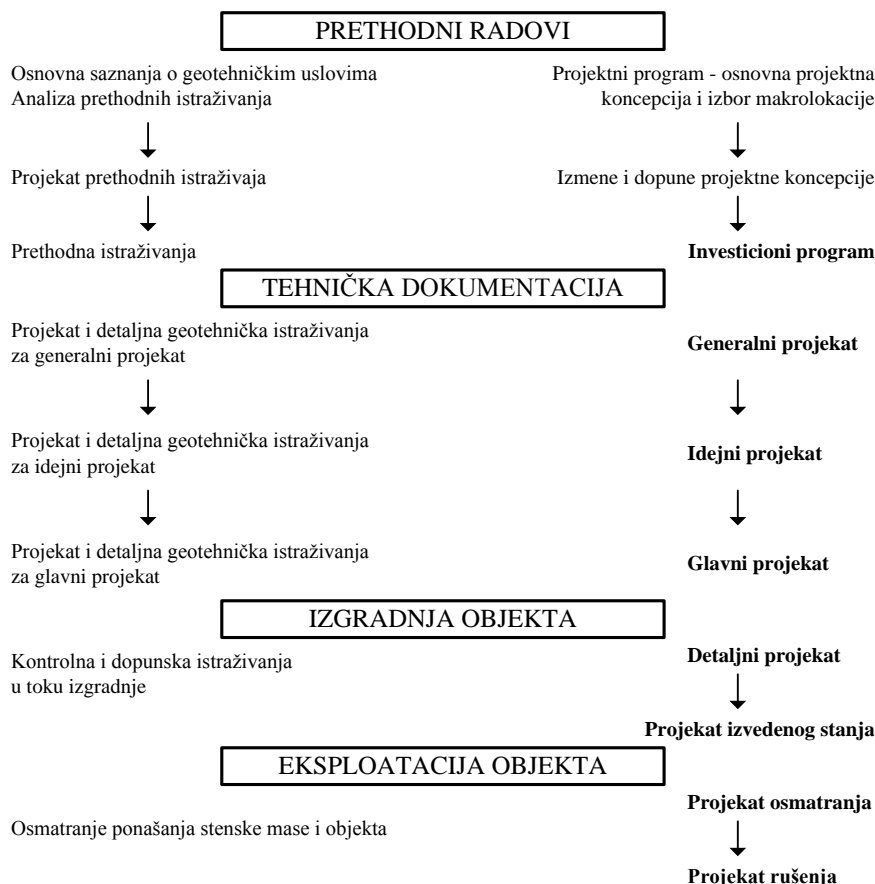
Nakon izvedene primarne konstrukcije izvodi se sekundarna konstrukcija. Ona je zavisna od namene podzemnog objekta i stvarnih opterećenja koja će delovati na tu konstrukciju. Statički proračun sekundarne konstrukcije može se uraditi uz pomoć odgovarajućeg softverskog paketa.

Težnja Projektanata jeste da se što više iskoristi sadejstvo prirodnog terena i građevinske konstrukcije. U tom smislu se u nekim slučajevima kao što je to prikazano na slici 2, gde je izvedeno naponsko injektiranje, može smanjiti debljina betonske obloge.

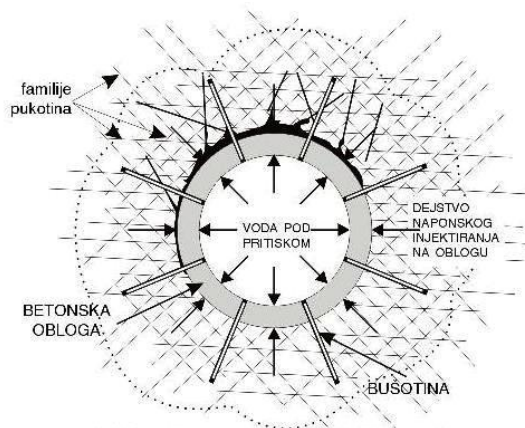
NAPOMENA:

Ovaj rad je urađen za potrebe master rada čiji mentor je bio dr Mitar Đogo, red. prof.

FAZE ISTRAŽIVANJA I PROJEKTOVANJA PODZEMNOG OBJEKTA



Slika 1. Faze istraživanja i projektovanja podzemnog objekta



Slika 2. Šema naponskog injektiranja

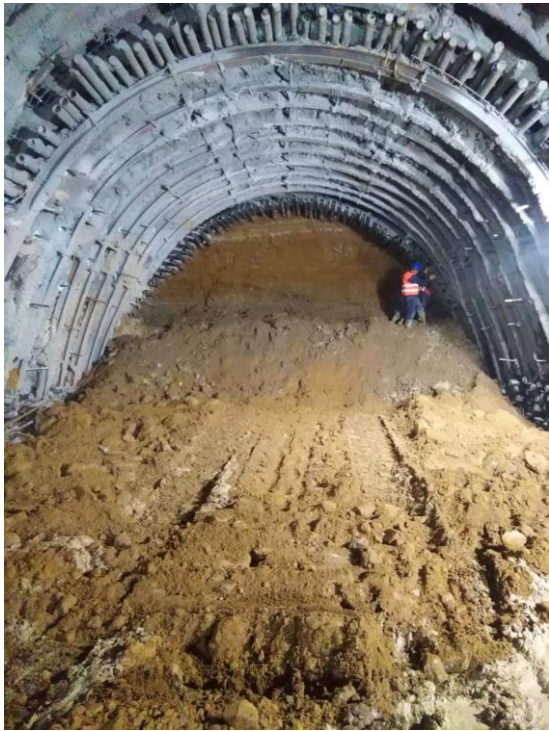
3. PROJEKAT IZVEDENOG STANJA TUNELA

U toku iskopa tunela obavezan je geotehnički i građevinski nadzor. Geotehnički nadzor prikuplja sve potrebne podatke o terenu i stanjima u tunelu, a građevinski nadzor realizuje projektna rešenja tunela. U geotehničkom pogledu značajno je da se na odgovarajući način izvrši zoniranje terena duž trase tunela i da se za svaku kvazihomogenu zonu primeni odgovarajući projektovani tip podgrade. Oba ova nadzora moraju biti deo jedinstvenog tima koji učestvuje u izgradnji tunela.

U fazi iskopa prikupljaju se sledeći podaci: litogenetske vrste stena, kod ispućalih stena svi podaci o pukotinama, podaci o suvišnom profilu i zašto je do toga došlo, geodetska merenja suvišnog profila, podaci o svim pojavama podzemnih voda, probna ćupanja ankera, podaci o štetnim gasovima ako ih ima, podaci o uslovima iskopavanja uopšte i dr. Nekada je neophodno izvoditi i skupa specijalistička ispitivanja u tunelu kao što su ispitivanja deformabilnih i otpornih karakteristika stena na velikim blokovima, ispitivanja podzemnih pritisaka i dr.

Vrlo često, po pravilu, pri izgradnji tunela ima nepredviđenih događanja koja nisu obuhvaćena projektom po kome se tunel izvodi. Zato je neophodno prilagođavanje projekta stvarnim geotehničkim uslovima. To iziskuje najčešće naknadno projektovanje rešenja tih specijalnih problema koji su nastali na pojedinim mestima u tunelu, a što uvek utiče na uvećanje cene koštanja tunela. Sve to mora biti dokumentovano u projektu izvedenog stanja tunela. Po pravilu težnja svih učesnika u izgradnji tunela je da se primenjuju tipovi podgrade kako je to u baznom projektu po kome se tunel izvodi. Razlike najčešće proizilaze iz dužina primenjenih tipova podgrade i izmena i dopuna projekta gde je došlo do formiranja velikih komina, proloma u tunelu, nepredviđenih rasednih zona i značajno uvećanih podzemnih pritisaka.

Na slici 3 prikazana je početna faza izvođenja primarne konstrukcije. Ona se sastoji od čeličnih cevi - štit u svodu, čeličnih lukova i drugog u nastavku građenja i obezbeđenja stabilnosti iskopa.



Slika 3. *Faza izvođenja primarne konstrukcije*

Na slici 4 prikazano je bušenje za cevni štit u svodu tunela.



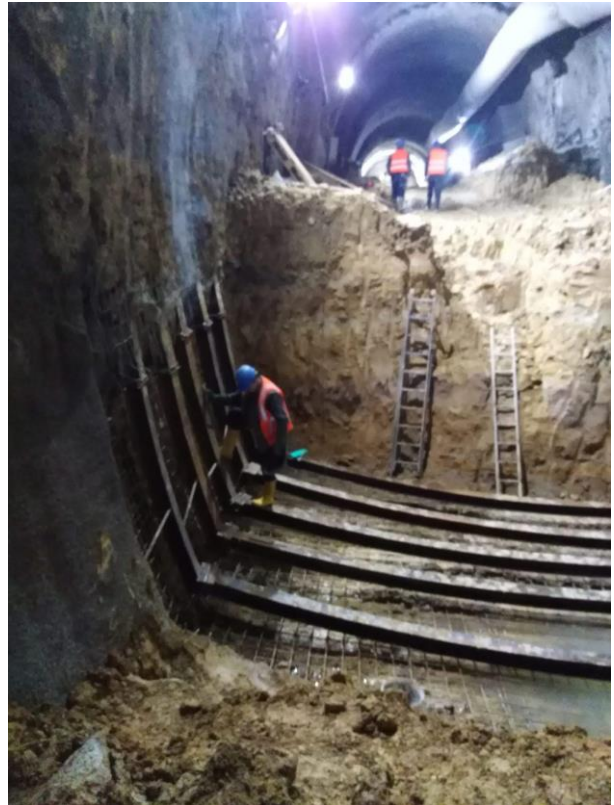
Slika 4. *Bušenje za cevni štit u svodu tunela*

Na slici 5 prikazano je nanošenje torkret betona.



Slika 5. *Nanošenje torkret betona*

Na slici 6 prikazana je faza izrade podnožnog svoda.



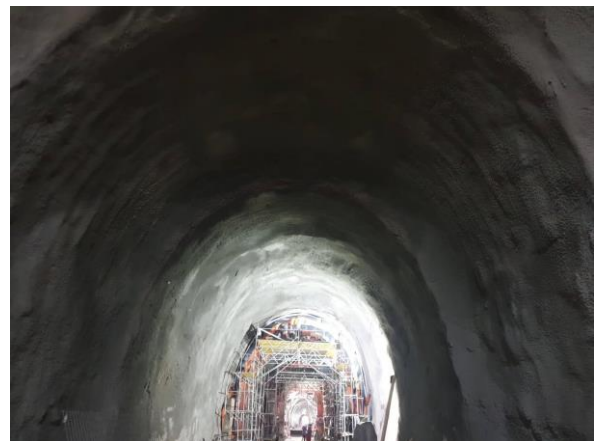
Slika 6. *Izvođenje podnožnog svoda*

Na slici 7 prikazana je završna faza izrade primarne konstrukcije.



Slika 7. *Primarna konstrukcija-završna faza*

Na slici 8 prikazano je izvođenje hidroizolacije, armiranje i postavljanje oplata sekundarne konstrukcije.



Slika 8. *Izvođenje hidroizolacije*

Na slici 9 prikazana je faza završene sekundarne konstrukcije tunela.



Slika 9. *Sekundarna konstrukcija*

4. ZAKLJUČAK

Projektovanje tunela je izrazito zahtevan stručni posao koji se odvija fazno i saglasno odgovarajućoj zakonskoj regulativi koja je u vezi planiranja i građenja.

Projektovanje tunela zahteva dobru istraženost terena u kome se tunel izvodi, a takođe ispitivanja terena se izvode fazno saglasno građevinskom projektu.

Projekat izvedenog stanja po pravilu uvek sadrži detalje kojima se odstupilo od baznog projekta po kome je tunel izvođen. Taj projekat izvedenog stanja treba da posluži za dobijanje upotrebne dozvole.

5. LITERATURA

- [1] M. Vasić-“Geotehničko klasifikovanje stenskih masa za podzemne objekte”, monografija, FTN.
- [2] I. Vrkljan –“Podzemne građevine i tuneli”, Građevinski fakultet, Rijeka.

Kratka biografija:



Boško Maksić rođen je u Bijeljini 1993. godine. Osnovne akademske studije završio je 2017. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Tuneli brani 2019.god.

Kontakt:

bosko.maksic@gmail.com