

primljen: 06.02.2023.
korigovan: 01.03.2023.
prihvaćen: 11.03.2023.

pregledni rad

UDK : 624.152
624-15

OBEZBEĐENJE ISKOPA TEMELJNE JAME I SUSEDNIH OBJEKATA

Predrag Blagojević¹, Darko Živković², Aleksandar Šutanovac³

Rezime: U radu se navode specifičnosti konstrukcijskog rešenja za obezbeđenje iskopa temeljne jame i susednih objekata stambeno-poslovnog objekta u Jagodini. Ukupna bruto površina objekta je 20.731 m². Spratnost objekta je 2Po+Pr+11+Ps. Razmatra se uticaj susednih objekata na iskop temeljne jame za podzemnu garažu na dva nivoa kao i temeljna konstrukcija objekta. Prikazuje se tehnologija i faze izvođenja radova. Ukazuje se na kritične faze građenja, analizira fazna gradnja i njeni uticaji na konstrukcijski sistem. Predmet ovog rada je racionalizacija uobičajenih konstrukcijskih rešenja za ovaj način temeljenja. Predloženim rešenjem je izvršena značajna ušteda i jednostavnije izvođenje radova. Opisi usvojenog konstrukcijskog rešenja temeljne konstrukcije su ilustrovani osnovama, presecima i proračunskim modelima.

Cljučne reči: armirani beton, konstrukcija, fundiranje

PROVISION OF THE FOUNDATION PIT EXCAVATION AND ADJACENT BUILDINGS

Abstract: The paper describes the structural design specifics for ensuring the excavation of the foundation pit and adjacent buildings of the residential and commercial building in the city of Jagodina. The total gross area of the building is 20.731 m². The number of stores is 15. The influence of neighboring buildings on the excavation of the foundation pit for the two-level underground garage as well as the foundation structure of the building is considered. The technology and phases of the works are shown. Critical stages of construction are pointed out, phased construction and its effects on the structural system are analyzed. The paper subject is the rationalization of common structural designs for this type of foundation. The proposed design resulted in significant savings and simplified execution of works. Descriptions of the adopted structural design of the basic structure are illustrated with foundations, sections and calculation models.

Key words: Steel Reinforced Concrete , Structure, Funding

¹ dr docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, predrag.blagojevic@gaf.ni.ac.rs

² dr asistent sa doktoratom, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, darko.zivkovic@gaf.ni.ac.rs

³ asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, aleksandar.sutanovac@gaf.ni.ac.rs

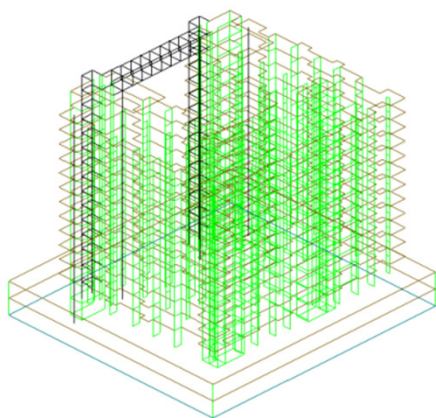
1 UVOD

Stambeno poslovni objekat se nalazi u Jagodini na parceli 3839/5, KO Jagodina. Objekat se fundira na temeljnoj ploči i ima dva nivoa garaža ispod nivoa terena. Novoprojektovani objekat se nalazi u užem centru grada okružen je postojećim objektima u neposrednoj blizini. Dubina fundiranja novoprojektovanog objekta je 7.5m u odnosu na kotu terena. Blizina postojećih objekata i saobraćajnice je zahtevala izradu posebnog elaborata za obezbeđenje iskopa i susednih objekata. Obezbeđenje temeljne jame i susednih objekata je projektovano šipovina prečnika 600 mm. Elaborat o geotehničkim i geomehaničkim karakteristikama tla i uslovima za fundiranje objekta urađen je od strane preduzeća za geološka istraživanja „GEOPROJEKTING“ iz Niša (zavodni broj 14-05/21) [1].

Na slici 1 je prikazan budući izgled objekta a na slici 2 proračunski model konstrukcije.



Slika 1 – Budući izgled



Slika 2 – Proračunski model konstrukcije

1.1 PODLOGE ZA IZRADU ELABORATA

Korišćena je sledeća tehnička dokumentacija :

- Katastarsko-topografski plan;
- Arhitektonski projekat – PGD;
- Projekat konstrukcije objekta – PGD;
- Elaborat o geotehničkim i geomehaničkim karakteristikama tla;
- Postojeća projektna dokumentacija susednih objekata;
- Podaci preuzeti prilikom obilaska lokacije.

1.1.1 Karakteristike tla

Mikrolokacija predviđena za izgradnju objekta obuhvata prostor u ulici Narodnog fronta. Nalazi se u području urbane sredine koja je infrastrukturno uređena. Pristup do mikrolokacije je povoljan duž postojećih saobraćajnica.

Teren je ravan na približnoj koti od 117.50 do 118.00 mNV. Karakteristike terena u području gabarita objekta su prikazane u inženjerskogeološkim preseccima terena.

1.1.2 Hidrogeološke karakteristike terena

Hidrogeološke prilike koje vladaju na konkretnom terenu uslovljene su hidrogeološkim funkcijama postojećih stenskih masa, reljefom terena, kao i režimom površinskih voda, a takođe i atmosferskog taloga. Sa hidrogeološkog aspekta, a po svojoj funkcionalnosti, ispitivani teren izgrađuju hidrogeološki izolatori predstavljeni glinama.

1.1.3 Fizičko-mehanički parametri tla

Elementi unutrašnjeg otpora tla – ugao unutrašnjeg trenja i kohezija tla, određeni su metodom direktnog smicanja sa sprečenim bočnim širenjem po SRPS-u U.B1.028 [1] a dobijeni rezultati prikazani na skici 3 (dijagram direktnog smicanja) [3].

Vrednost dobijenih rezultata je:

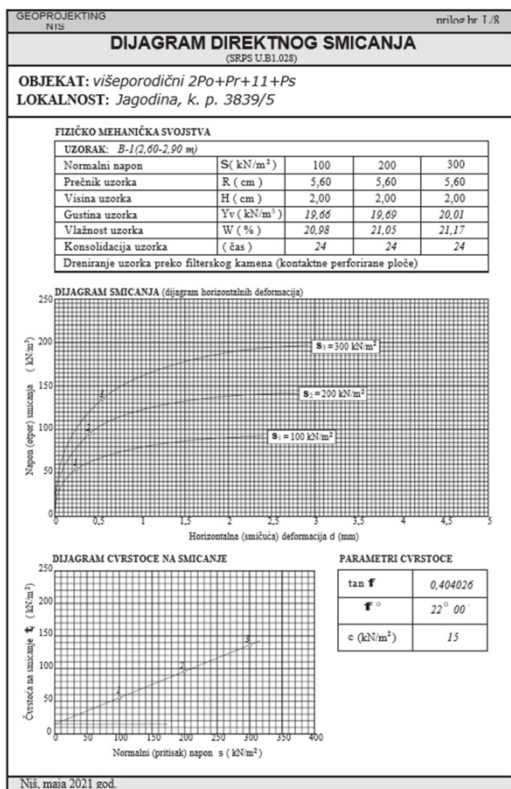
$$c = 14 - 16 \text{ kN/m}^2$$

$$\varphi = 20^{\circ} 00' - 22^{\circ} 35'$$

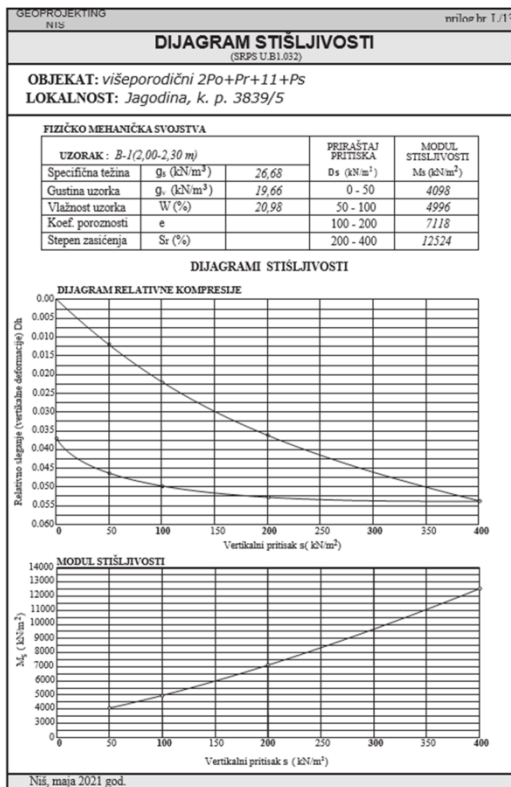
Moduli stišljivosti je određen po SRPS-u U.B1.032 [2] metodom edometra sa vertikalnim opterećenjem od 100, 200 i 400 kN/m²

Dobijena vrednost prikazana je na slici 4 (dijagram stišljivosti) [3].

Prema vrednostima dobijenih rezultata ispitivana tla se svrstavaju u grupu srednje stišljivih tla a po normama naših propisa za fundiranje.



Slika 3 – Dijagram direktnog smicanja [3]



Slika 4 – Dijagram stišljivosti [3]

1.1.4 Opšti geotehnički uslovi

Makroskopskim kartiranjem nabušenog jezgra i upoređivanjem sa rezultatima dobijenih laboratorijskim putem, utvrđen je litološki sastav terena ilustrovan priložima br. T/2-T/6 (istražne bušotine) i inženjersko-geološkim presekom terena (pr. Br. T/7) [3].

Litološki članovi koji ušestvuju u geološkoj građi terena su sledeći:

- nasip,
- prašinasta glina braon boje,
- peskovita glina braon boje i
- laporovita glina sivo-plave boje.

Ispitivani teren predstavlja laporovita glina sivo-plave boje i prašinasta glina braon boje. Nasip je antropogenog porekla.

Navedeni litološki članovi predstavljaju aluvijalne sedimente reke Velike Morave i njenih pritoka Belice i Lugomira.

Konstatovani litološki članovi pripadaju grupi poluvezanih sedimentnih tvorevina.

Prema kategorizaciji zemljišta (GN-200) registrovane litološke članove svstatavmo u II i II kategoriju u kojoj se iskop može obavljati i manuelano.

Najinteresantniji je sloj peskovite gline u kome se izvodi fundiranje budućeg objekta. Isti je dobrih geotehničkih karakteristika.

Sa inženjersko-geološkog aspekta ispitivani teren predstavlja stabilnu i povoljnu sredinu za građenje jer nema pojava inženjersko-geoloških nestabilnosti.

Litološki članovi koji učestvuju u geološkoj građi terena prikazani su priložima br. T/2-T/6 [3], sa nazivom, opisom, simbolom i apsolutnim kotama pojavljivanja, kao i debljinom prostiranja.

2 OPIS KONSTRUKCIJSKOG REŠENJA ZA OBEZBEĐENJE TEMELJNE JAME

Obezbeđenje iskopa temeljne jame za novoprojektovani objekat zavisi pre svega od visine vertikalnog zaseka i geotehničkih karakteristika slojeva koji se tom prilikom zasecaju. Zaštita iskopa je na većem delu rešena uz pomoć bušenih šipova prečnika 600mm i na manjem delu podbijanjem postojećih temelja do kote fundiranja novog objekta.

Obezbeđenje se izvodi u fazama. Prvo se izvode bušeni šipovi sa AB naglavnom gredom. Posle završetka radova na šipovima i naglavnoj gredi izvodi se centralni deo temeljne ploče na nivou -2 i međuspratna tavanica na nivou -1 iznad temeljne ploče.

Posle toga se kreće sa iskopom od objekta prema šipovima i na mestima gde se postavljaju čelični kosnici koji pridrđavaju šipove po visini. Kada su kosnici postavljeni i fiksirani moguće je ukloniti preostalu zemlju do šipova i izvesti zid između šipova.

Pre početka radova na iskopu temeljne jame neophodno je izvesti istražne jame do susjednih objekata kako bi se ustanovila tačna dubina i dimenzije postojećih temelja. Kada se ustanovi dubina fundiranja izvodi se iskop do nivoa gornje ivice postojećeg temelja.

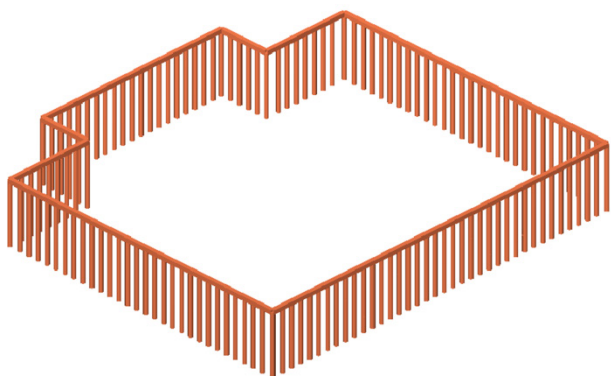
Kota terena na lokaciji je od 117.5 mNV do 118 mNV. Vršni se široki iskop na celoj lokaciji do kote 116.8 mNV. Ovo je kota koja je za 20 cm viša od projektovane donje ivice naglavne grede (116.6 mNV). Šipovi se betoniraju do kote 116.8 mNV a zatim krajcuju (štemuju) 20cm do kote 116.6 mNV što je donja ivica naglavne grede.

Zaštita uz pomoć bušenih šipova se odvija u više faza:

Faza 1:

Izvode se bušeni šipovi prečnika 600mm do kote 116.8 mNV. Posle betoniranja šipova vrši se krajcovanje šipova do nivoa donje ivice naglavne grede (116.6 mNV). Šipovi se u vrhu povezuju naglavnom gredom od armiranog betona dimenzija $b/d=60/60$ cm (slika 5).

Šip je računat da radi kao kontinualna greda koja ima više oslonaca sa kosnicima. Vrh šipa privremeno je pridrđan kosnicima dok se ne izvede konstrukcija objekta.

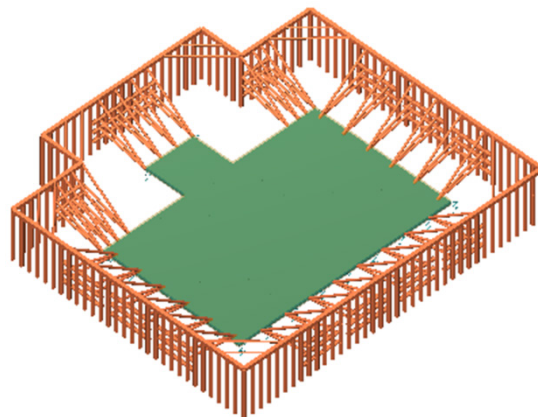


Slika 5 – Šipovi sa naglavnom gredom.

Faza 2:

Izvodi se iskop na većoj površini placa u centralnom delu (slika 6,10), centralni deo temeljne ploče na nivou -2 i međuspratna tavanica na nivou -1 iznad temeljne ploče.

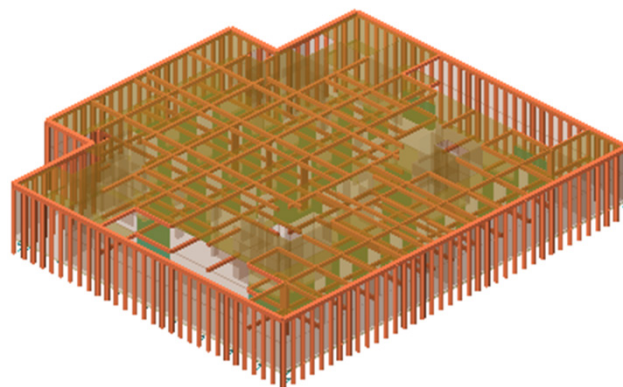
Na slici 10 je ucrtan potreban gabarit objekta gde će se postavljati čelični kosnici od cevastih profila koji će pridrđavati naglavnu gredu i šipove (prema detaljima u okviru grafičke dokumentacije).



Slika 6 – Deo temeljne ploče sa razupiračima.

Faza 3:

Na mestima postavljanja čeličnih kosnika od cevastih profila iskopava se zemlja do šipova. Čelične ploče se ankerišu u naglavnu gredu i temeljnu ploču sa HILTI čeličnim ankerima HSL-3-G M24/30 (ili na drugi sličan način). Čelični cevni profili se vare za čelične ploče i čelične grede u svemu prema detaljima u grafičkoj dokumentaciji. Posle postavljanja kosnika na propisanim mestima iskopava se ostatak zemlje između izbetoniranog dela ploče i šipova.



Slika 7 – Završena AB konstrukcija do kote 0.00 (nulta faza).

Faza 4:

Izvodi se betonski zid debljine 15 cm između bušenih šipova.

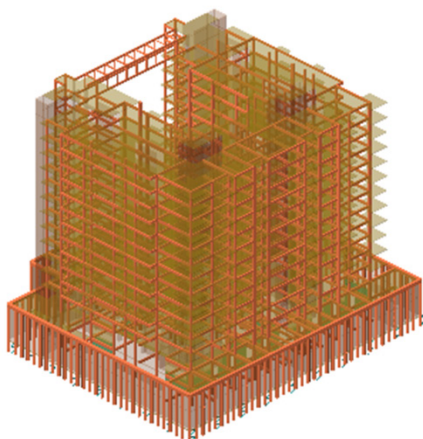
Faza 5:

Izvodi se preostali deo temeljne ploče i zidovi. U zidu od objekta koji se izvodi pored šipova, predviđeni su prodori (niše) za čelične cevaste profile – kosnike. Niše se popunjavaju tek nakon uklanjanja kosnika (slika 7).

Faza 6:

Kosnici se uklanjaju tek kada se izvede betonska konstrukcija novoprojektovanog objekta na nivou gde je kosnik oslonjen na šipove.

Obezbeđenje temeljne jame izvodi se u više faza. Faze se izvode u dužini od oko 10m. Količina čelika se određuje prema tehnologiji izvođača.



Slika 8 – Konstrukcijski sistem celog objekta.

Elementi konstrukcije su proračunati na dejstva prema analizi opterećenja datoj u okviru proračuna elemenata konstrukcije.

Proračun konstrukcije je urađen uz pomoć programa za statičku i dinamičku analizu prostornih konstrukcija "Tower 8"© „Radimpex,, - Beograd na nekoliko prostornih proračunskih modela (slika 8, 9).

Proračunski modeli su prikazani u okviru proračuna konstrukcije a kompletni podaci (ulazno-izlazni) su dostupni i nalaze se kod projektanta konstrukcije i investitora. Zbog obimnosti ulazno-izlaznih podataka u okviru ovog teksta su opisani samo reprezentativni rezultati.

Uticaji u poprečnim preseccima su dobijeni simulacijom vertikalnog i horizontalnog opterećenja u skladu sa trenutno važećom regulativom za ovu vrstu objekata i za lokaciju na kojoj se objekat nalazi.

Svi radovi izvode se u kontinuitetu, bez prekidanja i zadržavanja kako bi se izbegao rizik od predugo otvorene temeljne jame i izlaganja samoniklog neporemećenog materijala ispod temelja postojećih objekata degradaciji od atmosferskih uticaja.

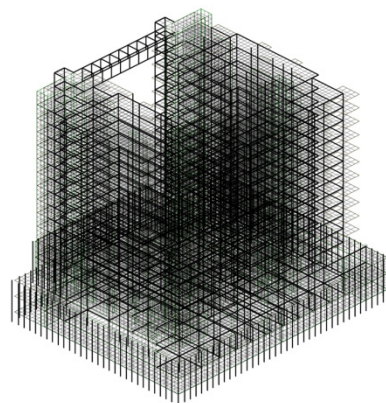
Pre početka radova na obezbeđenju iskopa temeljne jame vrši se snimanje susednih objekata od strane ovlašćenog lica za tu vrstu radova uz obezbeđenje dokaza u slučaju oštećenja susednih objekata.

3 KONSTRUKCIJSKI SISTEM OBJEKTA

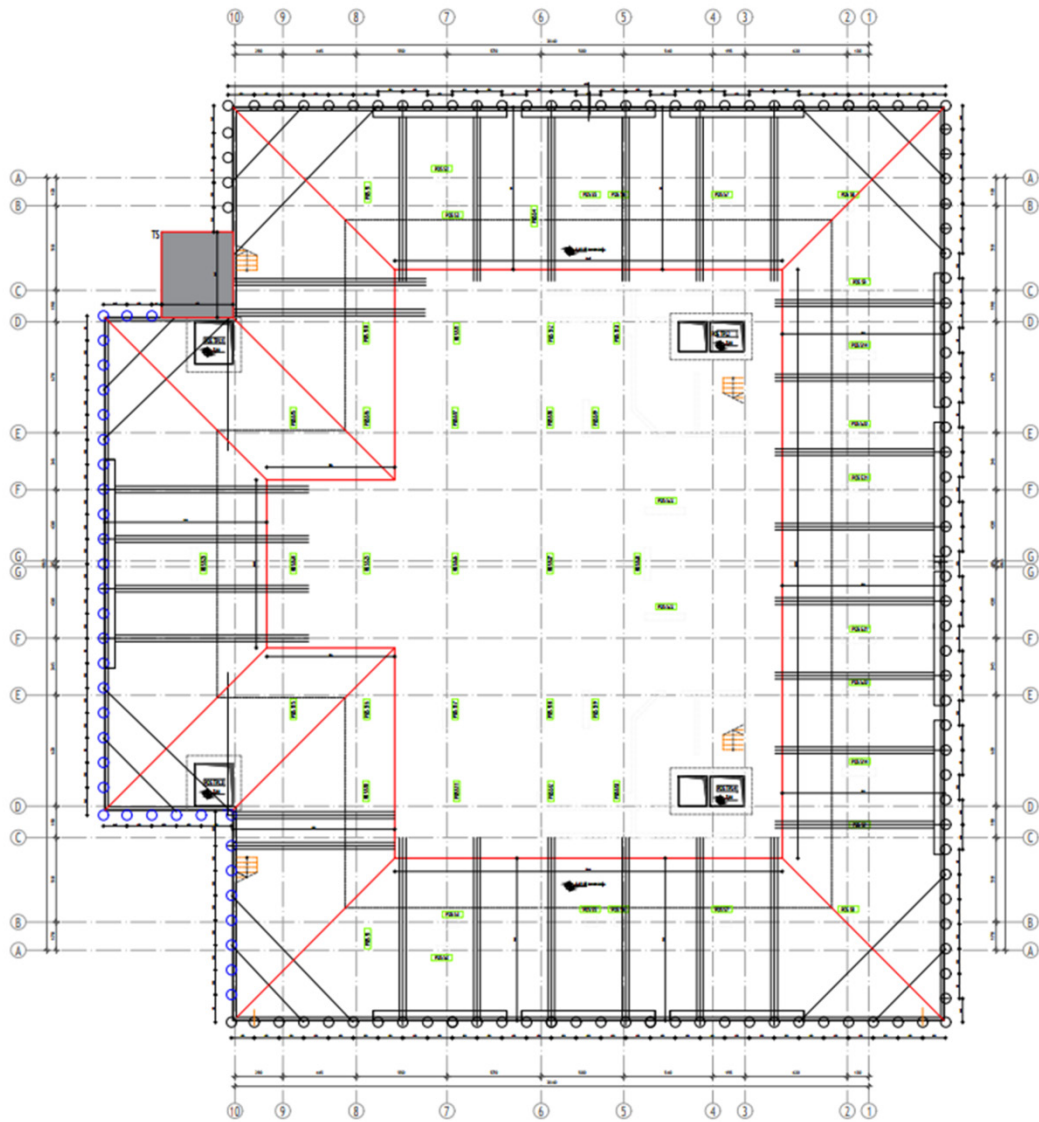
Potporna konstrukcija je sastavni deo konstrukcijskog sistema objekta pa je kao takva i analizirana kroz sve faze građenja i eksploatacije (potporna konstrukcija, spoljašnji podrumski zid).

Konstrukcijski sistem je podređen arhitektonskom rešenju i uslovima eksploatacije. U konstrukcijskom smislu objekat predstavlja prostornu okvirnu-skeletnu armiranobetonsku (AB) konstrukciju.

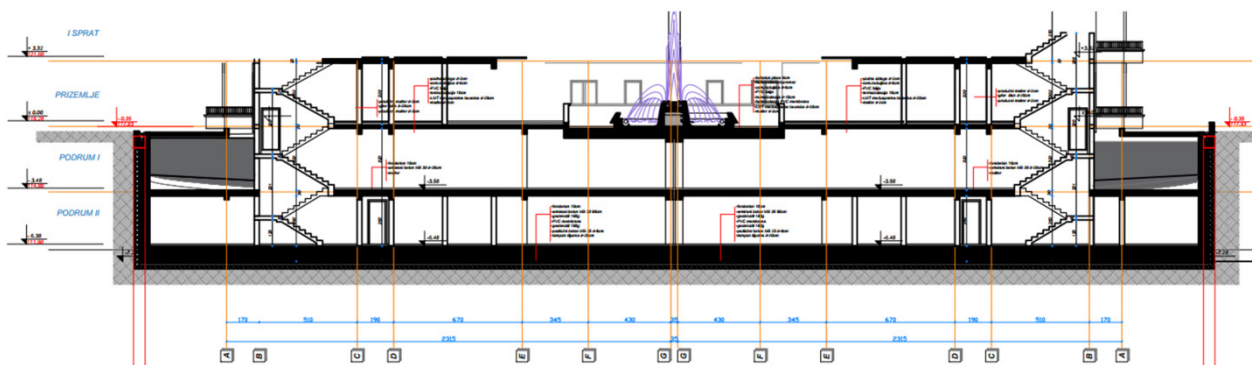
Međuspratna konstrukcija je projektovana kao monolitna AB kontinualna krstasto armirana ploča koja se oslanja na AB zidove i gredne nosače. Međuspratne konstrukcije su debljine 20 cm. Izbor tehnologije građenja je omogućio da ivične grede dobiju visinu veću od same debljine ploče čime je znatno povećana njihova krutost. Ova činjenica bitno utiče na vremenske deformacije površinskih međuspratnih nosača.



Slika 9 – Proračunski model – mreža konačnih elemenata.



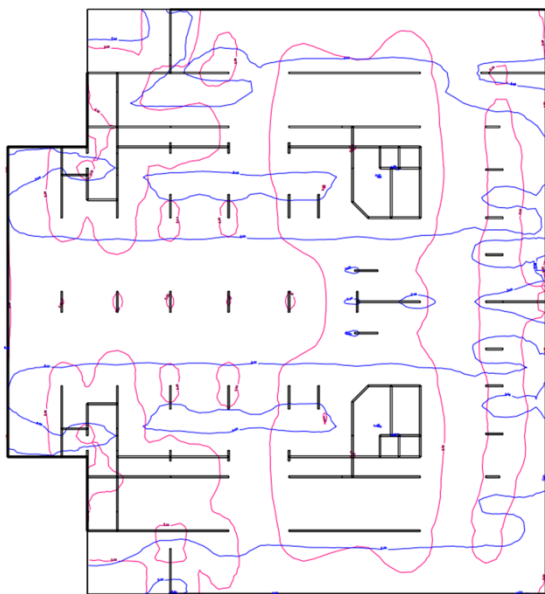
Slika 10 – Temeljna konstrukcija (prva faza), šipovi, razupirači.



Slika 11 – Poprečni presek (prizemlje, -1 garaža, -2 garaža)

Za armiranje svih konstrukcijskih elemenata je usvojen čelik B500B i beton kvaliteta C30/37.

Svi propisani uslovi o vertikalnim i horizontalnim pomeranjima su ispoštovani.



Slika 12 – Prikaz nultih momentnih linija u temeljnoj ploči (M_x -crveno, M_y -plavo)

Granično stanje upotrebljivosti (prsline i deformacije) je obuhvaćeno korišćenim programom za proračun. Načinom armiranja su ispoštovani uslovi graničnih otvora prslina i vremenskih deformacija. Vertikalno opterećenje je simulirano preko sledećih intenziteta:

- Svi završni slojevi u podovima 1.5 kN/m²
- Pregradni zidovi su simulirani odgovarajućim linijskim opterećenjem kao i alternativno jednako raspodeljenim opterećenjem intenziteta 1.5 kN/m²
- Fasadni zidovi su takođe simulirani odgovarajućim linijskim opterećenjem 10.0 kN/m²
- Pokretno opterećenje je usvojeno kao jednako raspodeljeno intenziteta 2.0 kN/m², 3.0 kN/m², 5.0 kN/m².
- Opterećenje od urušavanja objekta na ploču iznad podruma 10.0 kN/m²

Navedeni intenziteti su uslovljeni delimično i činjenicom da je u toku građenja moguća i promena vrste podova i razmeštaja pregradnih zidova.

Namena prostora u fazi projektovanja je definisana od strane investitora. Ukoliko dođe do promene namene prostora čiji su intenziteti

opterećenja veći od projektovanih postoji mogućnost korekcije pre izvođenja radova.

4 ZAKLJUČAK

Kompletna dokumentacija za ovaj objekat je urađena pre stupanja na snagu trenutno važećeg Pravilnika za građevinske konstrukcije („Službeni glasnik RS“, br.89 od 18. decembra 2019, 52 od 7. aprila 2020, 122 od 9. oktobra 2020.).

Proračunskim modelom su simulirane sve faze građenja u okviru jednog modela (fazna gradnja) i praćene su preraspodele uticaja i rezidualni naponi.

Faze građenja i prekidi betoniranja su usaglašeni sa uticajima u konstrukcijskim elementima. Na slici 12 su prikazane nulte linije momenata savijanja na osnovu kojih su definisani prekidi betoniranja u temeljnoj ploči.

Ovaj način modeliranja daje realnu sliku uticaja u karakterističnim presecima za razliku od standardnih pristupa proračunima. Potporna konstrukcija je projektovana tako da nakon završetka objekta bude sastavni deo celog konstrukcijskog sklopa za razliku od pristupa kada šipovi i „zid zavesa“ služe samo kao zaštita. Ovim pristupom je ostvarena ušteda od 168.500 evra i skraćeno vreme građenja.

LITERATURA

- [1] SRPS-u U.B1.028
- [2] SRPS-u U.B1.032
- [3] Vojičić Ratomir: **Geotehnički uslovi fundiranja višeporodičnog stambenog objekta 2Po+Pr+11+Ps na K.P. 3839/5 K.O. Jagodina u ulici Narodnog fronta u Jagodini.** Preduzeće za geološka istraživanja GeoProjekting iz Niša, broj 14-05/21.
- [4] Predrag Blagojević, Darko Živković, Aleksandar Šutanovac: **PGD – projekat za građevinsku dozvolu stambeno-poslovnog objekta 2Po+Pr+11+Ps na K.P. 3839/5, K.O. Jagodina.** „ARHITEKTpro“ d.o.o. Vrnjačka br.11, Vrnjci-Vrnjačka Banja, broj 50-001/21-2/1, 2021.
- [5] Predrag Blagojević, Darko Živković, Aleksandar Šutanovac: **PZI – projekat za izvođenje stambeno-poslovnog objekta 2Po+Pr+11+Ps na K.P. 3839/5, K.O. Jagodina.** „ARHITEKTpro“ d.o.o. Vrnjačka br.11, Vrnjci-Vrnjačka Banja, broj 50-001/21-2/1, 2021.