



GEODETSKO PRAĆENJE STABILNOSTI ZAŠTITNE KONSTRUKCIJE TEMELJNE JAME OBJEKTA

Kornelija Ristić, *kornelijaris@gmail.com*,
Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet
Sanja Jaćimović, *sanjajacimovic.rgu@gmail.com*,
Republička uprava za geodetske i imovinsko-pravne poslove
Branko Božić, *bozic@grf.bg.ac.rs*,
Građevinski fakultet u Beogradu
Nenad Gligorić, *nenadgligoric@yahoo.com*, "GEO-BIG"
Dejan Četojević, *dejan92ceta@live.com*, "GEO-BIG"

Rezime:

Visokogradnju, danas, karakteriše izgradnja objekata koji su po svojoj geometriji sve viši i kompleksniji, te su često smješteni u uža gradska jezgra gdje su na malom prostoru izgrađeni brojni objekti koji dodatno otežavaju i komplikuju izvođenje građevinskih i geodetskih radova. Da bi se dobile informacije o stabilnosti tla i da bi se obezbjedilo sigurno građenje podzemnih etaža, neophodno je geodetsko praćenje zaštitne konstrukcije temeljne jame. U radu je opisan postupak geodetskog praćenja u horizontalnoj ravni, sa mogućnošću otkrivanja pomjeranja većih od 5 mm.

Ključne riječi: visokogradnja, dijafragma, geodetsko praćenje.

GEODETIC MONITORING OF STABILITY OF THE CONSTRUCTION PIT DIAPHRAGM OF THE OBJECT

Abstract:

High-rise building, today, is characterized by the construction of facilities that are higher and more complex in their geometry, and are often located in the narrow city core where numerous facilities have been built in a small area that additionally complicate the execution of construction and geodetic works. In order to obtain information on the stability of the soil and to ensure the safe construction of underground floors, it is necessary to survey the protective structure of the foundation pit. This paper describes the method of geodetic tracking in the horizontal plane, with the possibility of detecting displacements larger than 5 mm.

Keywords: high-rise building, diaphragm, geodetic monitoring.

1. UVOD

Osmatranje i geodetsko praćenje objekata vrši se u cilju otkrivanja deformacija kao i njihovog uklanjanja radi bezbjedne izgradnje i eksploatacije objekta. Posljednjih godina nije tako rijetka pojava deformacija i oštećenja na stambenim objektima uz velika gradilišta a posebno u gusto izgrađenim sredinama. Najčešći uzroci deformacija objekata su neadekvatno stabilizovani duboki iskopi temeljne jame, geološki sastav tla, fizičko – mehanička svojstva tla i nivo podzemnih voda. Iz tog razloga duboki iskopi jame predstavljaju neposrednu opasnost za okolne objekte. Moguće posljedice se mogu spriječiti detaljnim geotehničkim i geodetskim istraživanjima prije i za vrijeme građevinskih radova i stabilizacijom iskopa temeljnih jama.

Na području užeg centra grada predviđena je izgradnja poslovnog objekta „CITY MALL” u Banjoj Luci. Kako se objekat gradi u pretežno izgrađenom dijelu grada, što zbog svoje infrastrukture onemogućava široki iskop za izgradnju podzemnih etaža neophodno je geodetsko praćenje dijafragme temeljne jame koja obezbjeđuje stabilnost kosina iskopa.

Objekat je lociran u samom centru grada Banja Luka, na parceli br. 3636/1 K.O. BANJA LUKA 7. Prostor građevinske parcele zauzima 8.185,26 m². Nalazi se unutar bloka između ulica Srpske, Vase Pelagića i Bana Dr. Teodora Lazarevića i graniči na zapadnoj strani sa budućim poslovnim prostorima i šetalištem između njih koje vodi do gradskog trga na kojem se nalazi hram Hrista Spasitelja.

Osnovni zahtjev investitora je da se nivoom rizika od 5% otkriju sva pomjeranja mjernih tačaka na dijafragmi temeljne jame veća od 5 mm.

Cilj ovog rada jeste da se provjeri stabilnost mjernih tačaka i utvrdi veličina pomjeranja nestabilnih tačaka.

2. DEFORMACIONA ANALIZA

Oblast geodezije koja se bavi ispitivanjem stabilnosti i deformacija tla i objekata na njemu u određenim vremenskim intervalima naziva se deformaciona analiza.

U zavisnosti od načina utvrđivanja stabilnih tačaka na terenu, postoje četiri osnovna pristupa koji se koriste u deformacionoj analizi [1]:

- model koji se zasniva na transformaciji koordinata tačaka tekuće u prethodnu epohu,
- model koji se zasniva na istovremenom izravnanju rezultata mjerenja dviju epoha,
- model koji se zasniva na stabilnosti koordinatnog sistema,
- model koji se zasniva na rotaciji koordinatnog sistema.

Primjena deformacione analize obuhvata definisanje donje granice pomjeranja nestabilnih tačaka, izbor metode koja će sa najvećom sigurnošću odrediti vektore pomjeranja nestabilnih tačaka, ocjena rezultata mjerenja, sa primjenom testiranja u cilju otkrivanja grubih grešaka, testiranje hipoteza za utvrđivanje stabilnih i nestabilnih tačaka, određivanje vektora pomjeranja nestabilnih tačaka sa odgovarajućom vjerovatnoćom, ocjena tačnosti dobijenih rezultata sa odgovarajućom prezentacijom. Nepomjerenost se određuje na bazi analize rezultata mjerenja i izravnatih veličina u nultoj i kontrolnoj epohi mjerenja u deformacionom modelu.

Pod geodetskim deformacionim mjerenjima podrazumjevaju se sva geodetska mjerenja koja imaju za cilj utvrđivanje promjena oblika i stabilnosti objekata ili dijelova Zemljine površine pod djelovanjem vanjskih ili unutrašnjih sila. Razvoj u ovoj oblasti vrši se u dva pravca: 1) ispitivanje stabilnosti i deformacija u mikrolokacijama i 2) ispitivanje pomaka i deformacija u makrolokacijama, tj. ispitivanje pomaka i deformacija dijelova Zemljine kore. U oba slučaja objekat se diskretizuje odgovarajućim brojem karakterističnih tačaka. Za ispitivanje pomaka i deformacija objekata, geodetska mreža se sastoji od referentne (osnovne) mreže tačaka – mreže tačaka izvan objekta, i mreže tačaka na samom objektu. Neophodno je da dio tačaka osnovne mreže bude postavljen izvan zone mogućih deformacija, kako bi se pravilno i sa sigurnošću utvrdili eventualni pomaci objekta i terena.

Kod određivanja pomaka i deformacija objekta geodetska mreža se najčešće izravna kao slobodna. Pri izravanju slobodnih geodetskih mreža postoji singularitet sistema normalnih jednačina, što se riješava pseudoinverzijom. Izravanje pojedinih serija mjerenja daje najvjerovatnije vrijednosti mjerenih i nepoznatih veličina sa ocjenom tačnosti.

Prije bilo kakve analize rezultata mjerenja, nasuprot pažljivom i savjesnom izvođenju mjerenja, neophodno je testirati adekvatnost matematičkog modela izravanja i provjeriti prisustvo grubih grešaka. Metoda koja se najčešće primjenjuje za izravanje rezultata mjerenja i ocjenu tačnosti je Metoda najmanjih kvadrata. Za otkrivanje prisustva eventualnih grubih grešaka u rezultatima mjerenja najčešće se primjenjuje data snooping test. Na osnovu test veličine (1) dobićemo informaciju o potencijalnim mjerenjima sa grubom greškom [1] [2] [3]:

$$t_i = \frac{|\hat{v}_i|}{S_0 \cdot \sqrt{Q_{v_i}}} \approx z_p \quad (1)$$

gdje su:

\hat{v}_i vektor izravnatih popravaka mjerenih veličina,

S_0^2 aposteriori standardno odstupanje,

Q_{v_i} i-ti dijagonalni element kofaktorske matrice izravnatih popravaka mjerenih veličina,

z_p kvantil Normalne raspodjele za usvojenu vjerovatnoću p.

Ovaj test radi se iterativno, odbacuje se samo jedno mjerenje sa najvećom vrijednošću test veličine (1) iz izravanja. Broj vrsta u matrici koeficijenata sistema jednačina popravaka smanjuje se za jedan, odnosno u narednoj iteraciji ne postoji jednačina popravke za mjerenje opterećeno grubom greškom. Isto se dešava i sa vektorom slobodnih članova sistema jednačina popravaka. U matrici težina mjerenih veličina smanjuje se broj vrsta i kolona za jedan.

Da bismo testirali podudarnost tačaka između epoha neophodno je provjeriti homogenost mjerenja između epoha. Testiranje homogenosti mjerenja podrazumjeva poređenje varijansi iz izravanja za nultu i tekuću epohu: $H_0: E(S_i^2) = E(S_0^2)$. Jednakost varijansi verifikuje se pomoću F testa. Ako je test veličina pod (2) (3) manja od kvantila Fišerove raspodjele ($T < F_{1-\alpha, f_0, f_1}$, f_0 i f_1 predstavljaju broj stepeni slobode u nultoj i tekućoj epohi) prihvatamo hipotezu o jednakosti varijansi u obe epohe, odnosno mjerenja su homogena.

$$F = \frac{S_0^2}{S_i^2}, \quad \text{pri } S_0^2 > S_i^2 \quad (2)$$

$$F = \frac{S_i^2}{S_0^2}, \quad \text{pri } S_i^2 > S_0^2 . \quad (3)$$

Zatim, računamo objedinjenu varijansu za epohe:

$$S^2 = \frac{f_0 \cdot S_0^2 + f_i \cdot S_i^2}{f_0 + f_i} = \frac{(\mathbf{v}^T \mathbf{P}\mathbf{v})_0 + (\mathbf{v}^T \mathbf{P}\mathbf{v})_i}{f} . \quad (4)$$

2.1. Testiranje podudarnosti tačkaka kontrolne mreže statističkim testovima:

Najčešće korišćena metoda provjere podudarnosti tačkaka između epoha je sukcesivna dekompozicija kvadratne forme. Definišemo hipotezu o podudarnosti tačkaka između epoha $H_0 : E(\Delta) = 0$, pri čemu Δ predstavlja vektor pomjeranja tačkaka između epoha.

Obrazujemo kvadratnu formu:

$$q_\Delta = \Delta^T \mathbf{P}_\Delta \Delta, \quad (5)$$

gdje je: $\mathbf{P}_\Delta = \mathbf{Q}_\Delta^{-1} = (\mathbf{Q}_{x0} + \mathbf{Q}_{xi})^{-1}$. Ukoliko u modelu postoje tačke koje nisu zajedničke ili dopunski parametri, prije obrazovanja kvadratne forme (5) isti se eliminišu se iz matrice \mathbf{Q}_Δ brisanjem odgovarajućih vrsta i kolona. Računamo test veličinu:

$$F = \frac{q_\Delta / h}{S^2} \quad \text{pri } \frac{q_\Delta}{h} > S^2, \quad (6)$$

pri čemu h ($h = 2 \cdot m - d$) predstavlja broj nezavisnih komponenti vektora pomjeranja (m – broj tačkaka kontrolne mreže; d – defekt mreže). Ako je test veličina (6) manja od kvantila Fišerove raspodjele ($F_{0,95,h,f}$) prihvatamo hipotezu o podudarnosti koordinata tačkaka u nultoj i i -toj epohi mjerenja. U suprotnom, bar jedna tačka je značajno pomjerena. U tom slučaju, vektor pomjeranja dijelimo na dva subvektora: 1) subvektor pomjeranja tačkaka izvan objekta i 2) subvektor pomjeranja tačkaka na objektu:

$$\Delta = \begin{bmatrix} \Delta_r \\ \Delta_o \end{bmatrix}.$$

Takođe, matricu \mathbf{P}_Δ dijelimo na odgovarajuće submatrice:

$$\mathbf{P}_\Delta = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{rr} & \mathbf{P}_{ro} \\ \mathbf{P}_{or} & \mathbf{P}_{oo} \end{bmatrix}.$$

2.2. Testiranje stabilnosti referentnih tačkaka (tačkaka osnovne mreže)

Definišemo hipotezu o stabilnosti referentnih tačkaka: $H_0 : E(\Delta_r) = 0$. Računamo kvadratnu formu za referentne tačke:

$$q_{\Delta_r} = \Delta_r^T \cdot \bar{\mathbf{P}}_{rr} \cdot \Delta_r, \quad (7)$$

gdje je $\bar{\mathbf{P}}_{rr} = \mathbf{P}_{rr} - \mathbf{P}_{ro} \cdot \mathbf{P}_{oo}^{-1} \cdot \mathbf{P}_{or}$. Stabilnosti tačkaka se provjerava F testom. Test veličina ima sljedeći oblik:

$$F = \frac{q_{\Delta_r} / h_r}{S^2} \quad \text{pri} \quad \frac{q_{\Delta_r}}{h_r} > S^2, \quad (8)$$

pri čemu h_r ($h_r = 2 \cdot m_r - d$) predstavlja broj nezavisnih komponenti vektora pomjeranja referentnih tačaka; m_r - broj tačaka osnovne mreže; d - defekt mreže. Ako je test veličina (8) manja od kvantila Fišerove raspodjele ($F_{0.95, f, h_r}$) prihvatamo hipotezu o stabilnosti referentnih tačaka između epoha. U suprotnom, neophodno je lokalizovati nestabilne referentne tačke.

2.3. Testiranje stabilnosti tačaka na objektu

Definišemo hipotezu o stabilnosti tačaka na objektu: $H_0 : E(\Delta_o) = 0$. Obrazujemo kvadratnu formu za tačke na objektu:

$$q_{\Delta_o} = \overline{\Delta_o}^T \cdot \mathbf{P}_{oo} \cdot \Delta_o, \quad (9)$$

gdje je $\overline{\Delta_o} = \Delta_o + \mathbf{P}_{oo}^{-1} \cdot \mathbf{P}_{or} \cdot \Delta_r$. Stabilnost tačaka se provjerava F testom. Test veličina ima sljedeći oblik:

$$F = \frac{q_{\Delta_o} / h_o}{S^2} \quad \text{pri} \quad \frac{q_{\Delta_o}}{h_o} > S^2, \quad (10)$$

pri čemu h_o ($h_o = 2m_o - d$) predstavlja broj nezavisnih kolona vektora pomjeranja tačaka na objektu. Ako je test veličina (10) manja od kvantila Fišerove raspodjele ($F_{0.95, h_o, f}$) prihvatamo hipotezu o podudarnosti koordinata tačaka na objektu između epoha. U suprotnom, neophodno je izvršiti lokalizaciju nestabilnih tačaka.

2.4. Lokalizacija nestabilnih tačaka

Vektor pomjeranja dijelimo na dva subvektora: 1) subvektor koji sadrži dve komponente koje se odnose na tačku za koju pretpostavljamo da je pomjerena (nestabilna) i 2) subvektor čiji se elementi odnose na preostale tačke na objektu za koje pretpostavljamo da su nepomjerene (stabilne):

$$\Delta = \begin{bmatrix} \Delta_p \\ \Delta_n \end{bmatrix}.$$

Takođe, matricu \mathbf{P}_Δ dijelimo na odgovarajuće submatrice:

$$\mathbf{P}_\Delta = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{pp} & \mathbf{P}_{pn} \\ \mathbf{P}_{np} & \mathbf{P}_{nn} \end{bmatrix}.$$

Za svaku tačku na objektu računamo kvadratnu formu:

$$q_\Delta^p = \overline{\Delta_p}^T \cdot \mathbf{P}_{pp} \cdot \Delta_p, \quad (11)$$

gdje je $\overline{\Delta_p} = \Delta_p + \mathbf{P}_{pp}^{-1} \cdot \mathbf{P}_{pn} \cdot \Delta_n$. Tačka sa najvećom vrijednošću kvadratne forme proglašava se nestabilnom. Za preostale tačke računamo kvadratnu formu:

$$q_\Delta^{\text{rest}} = \Delta_n^T \cdot \mathbf{P}_{nn} \cdot \Delta_n, \quad (14)$$

gdje je $\bar{\mathbf{P}}_{nn} = \mathbf{P}_{nn} - \mathbf{P}_{np} \mathbf{P}_{pp}^{-1} \mathbf{P}_{pn}$. Ispitivanje stabilnosti preostalih tačaka u mreži vrši se F testom:

$$F = \frac{q_{\Delta}^{\text{rest}} / (h-2)}{S^2} \quad \text{pri} \quad \frac{q_{\Delta}^{\text{rest}}}{h-2} > S^2, \quad (13)$$

Ako je test veličina (13) manja od kvantila Fišerove raspodjele ($F_{0,95,h-2,f}$) tačke su stabilne. U suprotnom, na preostale tačke u mreži primjenjuje se prethodno opisan postupak lokalizacije nestabilne tačke.

3. PLAN GEODETSKOG OSMATRANJA

Prema zahtjevanoj tačnosti praćenja objekta, potrebno je odabrati odgovarajuću metodu i instrumente kojim se mogu ostvariti ovako postavljeni kriterijumi. Takođe, za potrebe praćenja pomjeranja i deformacija određuje se neophodan broj ravnomjerno raspoređenih tačaka koje karakterišu i definišu objekat. Mjerenje karakterističnih tačaka na objektu u izgradnji i objektu u neposrednoj blizini obavlja se periodično u strogo određenim vremenskim intervalima. Mjerenja se izvode u više epoha kako bi se mogli odrediti vrijednosti pomjeranja i slijeganja kao i deformacije i sama stabilnost objekta. Vjerodostojnu procjenu stabilnosti objekta moguće je dati pomoću statističkih testova na temelju upoređivanja tekuće i nulte epohe.

Prije početka osmatranja i ispitivanja stabilnosti terena tokom izvođenja građevinskih radova na iskupu temeljne jame, bilo je neophodno izvršiti pozicioniranje svih geodetskih mjernih tačaka u lokalnom koordinatnom sistemu (koordinatni sistem objekta), odnosno izvršiti nultu epohu mjerenja.

Nulta epoha mjerenja obuhvatila je sljedeće radove:

- postavljanje fiktivnih tačaka unutar gradilišta,
- mjerenje uglova i dužina totalnom stanicom na fiktivnim tačkama i njihovo izravnanje u koordinatnom sistemu objekta,
- određivanje koordinata mjernih tačaka na objektima koji su u neposrednoj blizini gradilišta, na osnovu vrijednosti dužina i uglova mjerenih sa fiktivnih tačaka u koordinatnom sistemu objekta,
- očitavanje dužina i uglova sa slobodne mjerne stanice na sve mjerne tačke na objektima i na obodu iskopa,
- izravnanje rezultata mjerenja i određivanje koordinata svih mjernih tačaka,
- izrada izvještaja.

Svaka naredna epoha mjerenja podrazumjevala je radove definisane u petom, šestom i sedmom koraku.

Opažanja su izvedena totalnom stanicom uglovne tačnosti od 5" i tačnosti mjerenja dužina od 2mm+2ppm.

4. GEODETSKA MREŽA ZA PRAĆENJE STABILNOSTI DIJAFRAGME TEMELJNE JAME

Geodetska mreža je neophodna osnova u mnogim geodetskim zadacima, pa tako i u zadacima inženjerske geodezije kao što je izrada geodetskih podloga za projektovanje objekata, obilježavanje geometrije objekata, praćenje građenja, kontrola geometrije

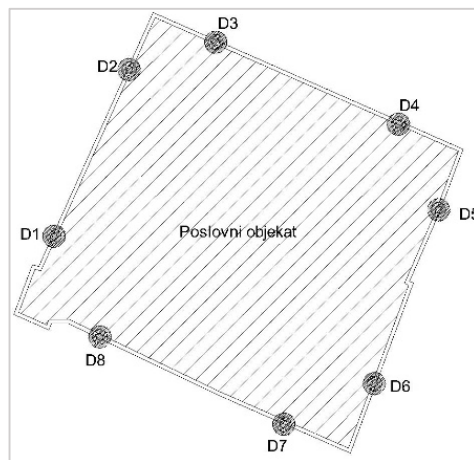
objekata, praćenje pomjeranja objekata i tla itd. Iako na terenu postoje uspostavljene državne geodetske mreže, one u većini slučajeva svojom lokacijom, načinom stabilizacije tačaka i tačnošću položaja tačaka mreže ne zadovoljavaju potrebe geodetskih radova u inženjerstvu. Zbog toga se projektuju i uspostavljaju geodetske mreže posebne namjene, koje su namjenjene posebnim potrebama tokom izgradnje i eksploatacije objekata.

Takva geodetska osnova u konkretnom slučaju će poslužiti za iskolčenje objekta, praćenje stabilnosti zaštitne konstrukcije temeljne jame objekta, iskolčenje osovina u toku izgradnje objekta i premjer izvedenog stanja nakon izgradnje objekta.

Da bi se pristupilo osmatranju dijafragme temeljne jame bilo je neophodno uspostaviti geodetsku mrežu objekta. Oblik i veličina geodetske mreže objekta, te način stabilizacije tačaka bili su uslovljeni karakteristikama budućeg objekta i terena u neposrednoj blizini. Stabilizacija tačaka izvedena je geodetskim mjernim prizmama na objektima koji se nalaze u zoni pomjeranja i na obodu iskopa za izgradnju objekta.

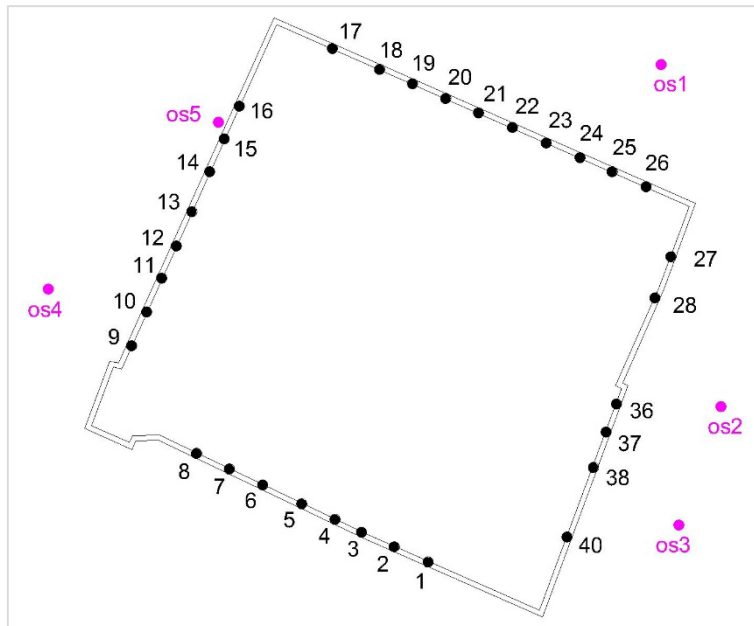
Mjerne prizme su postavljene na najvišim etažama okolnih objekata, na visini do 20 m iznad tla, i to po jedna prizma na zgradi Uprave za indirektnog oporezivanje i zgradi hotela Talija, dvije prizme na zgradi autoputeva i jedna prizma u blizini gradilišta na betonskoj banderi.

Ove tačke čine tzv. osnovnu (referentnu) mrežu. Mreža je izravnata kao slobodna (sa minimalnim tragom matrice kofaktora za sve tačke). Mjerene su dužine. Uspostavljena geodetska osnova obezbjeđuje tačnost snimanja i obilježavanja detalja do 5 mm, uz upotrebu totalne stanice uglovne tačnosti 5" i tačnosti mjerenja dužina od 2mm+2ppm.



Slika 1. Segmenti dijafragme temeljne jame na kojima su raspoređene kontrolne tačke

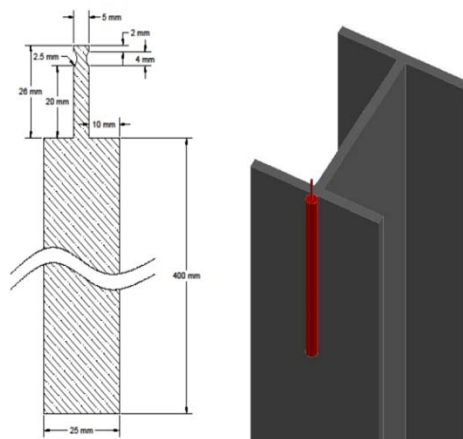
Na zaštitnoj konstrukciji temeljne jame raspoređene su 32 tačke, i one čine tzv. mrežu tačaka na objektu. Mjerne tačke su raspoređene na segmentima D1-D2, D3-D4, D5-D6, D7-D8, na međusobnom rastojanju od 7m. (Slika 1)



Slika 2. Prikaz rasporeda mjernih tačaka na dijafragmi

Obzirom da je temeljna jama osigurana betonskom dijafragmom, bilo je neophodno na betonskim zidovima ugraditi odgovarajuće nosače za mjerne prizme. Nosači su ugrađeni sa svake strane temeljne jame, i to po 8-10 komada. Na uglovima temeljne jame nije bilo neophodno ugrađivati nosače. (Slika 2)

Nosači mjernih prizmi su stabilizovani zavarivanjem na metalnim I profilima koji su graničnici segmenata dijafragme. Obzirom da je uvodni kanal širi od dijafragme, bilo je neophodno prije samog zavarivanja očistiti manji sloj betona koji se nalaze uz I profil. Pozicija postavljanja nosača prizme prikazana je na slici 3.



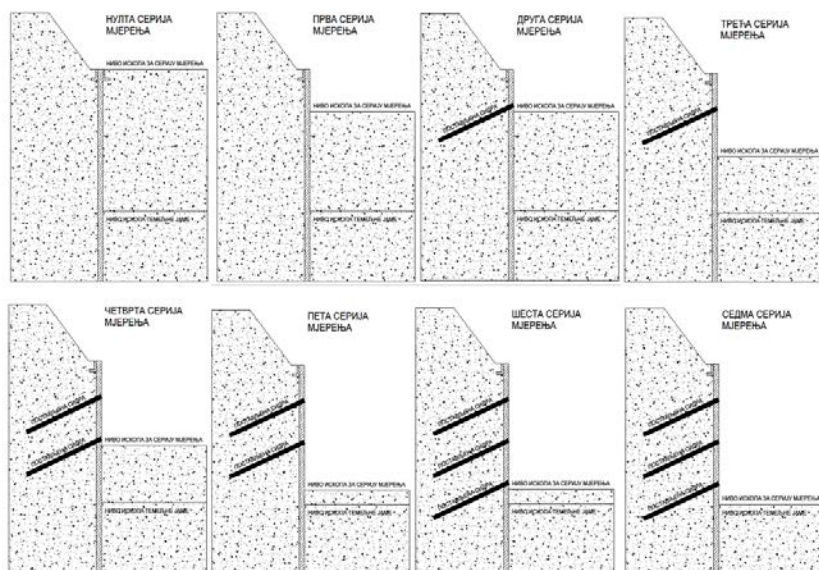
Slika 3. Grafički prikaz nosača prizme

5. OPIS EPOHA MJERENJA

Epohe mjerenja bile su uslovljene dinamikom iskopa i postavljanjem zatega u toku iskopa temeljne jame. (Slika 4) U svakoj epohi izvršeno je očitavanje dužina i uglova sa slobodne mjerne stanice ka referentnim tačkama i mjernim tačkama na obodu iskopa.

Geodetsko osmatranje izvedeno je kroz osam epoha (serija) mjerenja:

- Nulta epoha mjerenja izvedena je nakon rušenja uvodnog kanala i stabilizacije referentnih mjernih tačaka. U tom periodu nivo iskopa bio je u nivou uvodnih kanala.
- Prva epoha mjerenja izvedena je nakon iskopa do nivoa za postavljanje prvog sloja zatega.
- Druga epoha mjerenja izvedena je nakon postavljanja prvog sloja zatega.
- Treća epoha mjerenja izvedena je nakon iskopa do nivoa za postavljanje drugog sloja zatega.
- Četvrta epoha mjerenja izvedena je nakon postavljanja drugog sloja zatega.
- Peta epoha mjerenja izvedena je nakon iskopa do nivoa za postavljanje trećeg sloja zatega.
- Šesta epoha mjerenja izvedena je nakon postavljanja trećeg sloja zatega.
- Sedma epoha mjerenja izvedena je nakon iskopa do projektom definisanog nivoa temeljne jame.



Slika 4. Grafički prikaz epoha mjerenja u zavisnosti od faze građevinskih radova na iskopu temeljne jame

6. ANALIZA REZULTATA GEODETSKOG OSMATRANJA

Analiza stabilnosti zaštitne konstrukcije, odnosno ispitivanje stabilnosti karakterističnih mjernih tačaka na dijafragmi temeljne jame izvršeno je u horizontalnoj ravni. U okviru

nulte epohe izvedena su geodetska mjerenja za pozicioniranje tačaka osnovne mreže i mreže tačaka na dijafragmi temeljne jame. Dobljene koordinate predstavljaju referentne vrijednosti.

S obzirom da su geodetski radovi izvođeni uporedo sa građevinskim radovima, nije bilo moguće opažati sve mjerne tačke na dijafragmi tokom jedne epohe mjerenja. Na primjer, u sedmoj epohi opažano je 26 tačaka. (Slika 5)

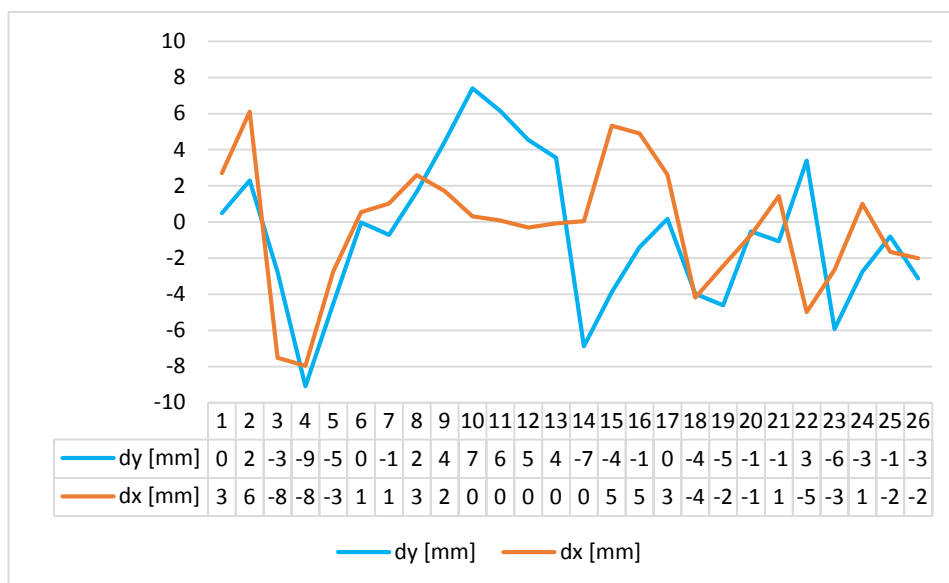
10.11.2016.	13.11.2016.	14.11.2016.	15.11.2016.	17.11.2016.	25.11.2016.	28.11.2016.	06.12.2016.
epoha 0	epoha 1	epoha 2	epoha 3	epoha 4	epoha 5	epoha 6	epoha 7
1	-	-	-	-	1	-	1
2	-	-	-	-	2	-	2
3	-	-	-	-	3	-	3
4	-	-	-	-	4	-	4
5	-	-	-	-	5	-	5
6	-	-	-	-	6	-	6
7	-	-	-	-	7	-	7
8	-	-	-	-	8	-	8
9	9	-	-	-	-	9	9
10	10	-	-	-	-	10	10
11	11	-	-	-	-	11	11
12	12	-	-	-	-	12	12
13	13	-	-	-	-	13	13
14	14	-	-	-	-	14	14
15	15	-	-	-	-	15	15
16	16	-	-	-	-	16	16
17	17	17	-	-	-	-	17
18	18	18	-	-	-	-	18
19	-	19	-	-	-	-	19
20	-	20	-	-	-	-	20
21	-	21	-	-	-	-	21
22	-	22	-	-	-	-	22
23	-	23	-	-	-	-	23
24	-	24	24	-	-	-	24
25	-	25	25	-	-	-	25
26	-	26	26	-	-	-	26
27	-	-	27	-	-	-	-
28	-	-	28	-	-	-	-
36	-	-	-	36	36	-	-
37	-	-	-	37	37	-	-
38	-	-	-	38	38	-	-
40	-	-	-	40	40	-	-

Slika 5. Opažane mjerne tačke na dijafragmi temeljne jame po epohama

Za svaku epohu mjerenja sračunat je vektor pomjeranja mjernih tačaka kombinovanim izravanjem nulte i tekuće epohe [1].

Za sve mjerne tačke na dijafragmi, tokom sedam kontrolnih epoha mjerenja, veličina pomjeranja iznosila je maksimalno do ± 1 cm. Najveća pomjeranja su zabilježena u sedmoj epohi. Statističkim testovima sa nivoom rizika od 1% referentne tačke su proglašene stabilnim. Vrijednosti elemenata vektora pomjeranja mjernih tačaka na dijafragmi temeljne jame prikazane su za sedmu epohu mjerenja jer je ona obuhvatila opažanje najvećeg broj tačaka. (Slika 6)

Kritična vrijednost ukupnog pomjeranja tačaka za izvođenje građevinskih radova iznosi 10 cm. Pomjeranja veća od kritične vrijednosti mogu dovesti do pucanja i drugih oštećenja na dijafragmi temeljne jame.



Slika 6. Vektor pomjeranja mjernih tačaka u sedmoj epohi

7. ZAKLJUČAK

Da bi se izbjegla urušavanja i pucanja objekata neophodno je pratiti pomjeranja na gradilištu i u njegovoj neposrednoj blizini od samog početka gradnje objekta, posebno kada je riječ o gusto izgrađenim sredinama. U ovom radu prikazano je geodetsko praćenje stabilnosti zaštitne konstrukcije temeljne jame tokom iskopa, u horizontalnoj ravni, sa ciljem sigurne i uspješne izgradnje podzemnih etaža poslovnog objekta „CITY MALL” u Banjoj Luci.

Nakon izvedenog geodetskog osmatranja utvrđeno je da su pomjeranja mjernih tačaka na dijafragmi po epohama maksimalno do 1 cm. Najveće vrijednosti pomjeranja su se javile u poslednjoj epohi mjerenja, nakon završnih radova na iskopu temeljne jame. U svim epohama, statističkim testovima sa nivoom rizika od 1%, utvrđeno je da su tačke osnovne mreže stabilne.

Predviđeno je da se u toku izgradnje podzemnih etaža nastavi sa izvođenjem kontrolnih epoha mjerenja, periodično na svakih sedam dana. Ako se utvrdi da su pomjeranja zanemarivog intenziteta, interval kontrolnog mjerenja će se produžiti na 14 dana. U slučaju vanrednih okolnosti, kao što su pojave pukotina, obilne padavine, zemljotresi i dr., izvodiće se dodatne epohe mjerenja.

LITERATURA

- [1] Mihailović. K., Aleksić. I., Koncepti mreža i geodetskom premjeru, 2008. Beograd
- [2] Chrzanowski, A. (1981) with contributions by members of the FIG Ad-Hoc Committee: A Comparison of Different Approaches into the Analysis of Deformation Measurements. FIG-XVI Congress, Montreux, 09.-18.08.1981. Proceeding, paper 602.3

- [3] Chrzanowski, A. (1992): Recommendations. 6th International FIG-Symposium on Deformation Measurements. Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover, No. 217, Hannover 1996
- [4] Chrzanowski, A. (1999): Review of Activity FIG Working Group 6.1 Concerning Methods of Deformation Analysis and Classification of Deformation Models. 9th International FIG-Symposium on Deformation Measurements, Olsztyn, 27.-30.09.1999. Proceedings, pp. 410-415
- [5] Chrzanowski, A., Y.Q. Chen, J. Secord (1982): On the Analysis of Deformation Surveys. 4th Canadian Symposium on Mining Surveying and Deformation Measurements. The Canadian Institute of Surveying, Banff, 07.-09.06.1982. Proceedings
- [6] Chrzanowski, A., J. Secord (1983): Report of the Ad-Hoc Committee on the Analysis of Deformation Surveys. XVII. FIG-Congress, Toronto, 01.-11.06.1983. Proceedings, paper 605.2
- [7] Chrzanowski, A., Y.Q. Chen (1986): Report of the Ad-Hoc Committee on the Analysis of Deformation Surveys. XVIII. FIG-Congress, Toronto, 01.-11.06.1986. Proceedings, paper 608.1
- [8] Chrzanowski, A., Y.Q. Chen, P. Romero and J. Secord (1986): Integration of Geodetic and Geotechnical Deformation Surveys in Geosciences. Tectonophysics 130, pp. 369-383
- [9] Chrzanowski, A., Y.Q. Chen, A. Szostak-Chrzanowski, J.M. Secord (1990): Combination of Geometrical Analysis with Physical Interpretation for the Enhancement of Deformation Modelling. XIX. FIG Congress, Helsinki 1990, Proceedings, Com. 6, pp. 326-341