

# Geodetsko određivanje vertikalnih pomaka objekta »Malančec«

Tomislav Sabolov\*

**SAŽETAK.** U ovom je radu dan prikaz geodetskoga određivanja pomaka objekta »Malančec«. Objašnjen je postupak mjerenja i naveden je instrumentarij primijenjen u ovom projektnom zadatku. Na posljepku je izrađen izvještaj obavljenih mjerenja, u tabličnom obliku i u obliku dijagrama. Ovaj je rad nastao kao rezultat suradnje geodetske i građevinske struke na objektu koji je zaštićeni spomenik kulture.

**KLJUČNE RIJEČI:** reper, pomak, deformacija, opažanje vertikalnosti.

**KLASIFIKACIJA** prema COBISS-u: **1.04**

**UDK:** 528.482.02:624.044:725.94(497.5)

## 1. Uvod

Kuća Malančec u Koprivnici je jedinstven primjer građanske kuće koja historičističkim i secesijskim elementima svjedoči život visoke građanske klase s kraja XIX. i početka XX. stoljeća. Upisana je u DEMHIST - europsku listu povijesnih kuća pri ICOM-u (Medunarodnom savjetu za muzeje) s visokim statusom pri UNESCO-u, koja će po završetku radova prema najvišim konzervatorskim standardima predstavljati značajnu kulturnu destinaciju u Hrvatskoj. Također, ima sve predispozicije da bude dobro osmišljen turistički proizvod, biser malog srednjoeuropskog grada Koprivnice. Riječ je o ostavštini dr. Vladimira Malančeca, imućnog odvjetnika, gradonačelnika, urednika novina, glazbenika, suosnivača nogometnog kluba »Slaven«, slikara i kolekcionara. Objekt je smješten u najstarijem dijelu grada Koprivnice, na prostoru bivšeg bedema kasnorenesansne zemljane utvrde uz franjevački samostan, a

projektirao ga je i sagradio 1902. godine zagrebački arhitekt Gjuro Carnelutti. Uslijed niza slabijih potresa i značajnog vremenskog faktora je narušena statička sigurnost objekta. Budući da je cijela konstrukcija statički nesigurna i postoji opasnost od njezinog samourušavanja, bilo je potrebno obaviti građevinske zahvate i sanaciju koja je još uvijek u tijeku. Već se na početku građevinskog zahvata pokazalo kako je potrebno uključivanje geodetskog stručnjaka radi određivanja pomaka i njihovih smjerova na objektu.

## 2. Metode određivanja visinskih pomaka građevine

Često se u praksi susrećemo s određivanjem geometrijskih karakteristika objekata (npr. horizontalnost, vertikalnost, ...) i njihovih promjena. Potrebno je odrediti promjene položaja i oblika objekata, s obzirom na okolinu i ovisno o vremenu. Pomaci i deformacije nastaju zbog djelovanja vanjskih i unutarnjih sila poput

djelovanja temperaturnih promjena, sila vjetera, promjena razine podzemnih voda, tektonskih i seizmoloških utjecaja, statičkih i dinamičkih opterećenja građevine, a očituju se u obliku nagiba, zaokreta, progiba, iskrivljenja građevine i vidljiva su u obliku oštećenja kao pukotine i lomovi na objektu. Svi ovi navedeni utjecaji tvore čvrst kriterij sigurnosti, no ako dostignu nepovoljne veličine, građevina će se naći na granici između ravnoteže i uništenja. Postupak ispitivanja pomaka i deformacija određenih objekata postiže se tako da se objekt opaža u određenim točkama u horizontalnom i visinskom smislu kroz određeni vremenski period. Opažanje je potrebno obaviti da bi se ocijenilo stanje konstrukcije vezano na daljni tijek procesa sanacije istoga. Postoji više metoda izmjere visinskog pomaka konstrukcije, a možemo ih podijeliti na (Janković, 1980):

- optičke
- mehaničke
- hidrostatičke

[\*] Tomislav Sabolov, ing. geod., Geomjer - Sesvete, Ninska 11C, e-mail: tomislav.sabolov@zg.t-com.hr

- fotogrametrijske
- elektroničke
- seizmičke i dr.

Koju ćemo metodu koristiti ovisi o samom obliku i veličini konstrukcije, o točnosti koja je zadana, terenu koji okružuje samu konstrukciju, predviđenom pomaku i vanjskim uvjetima. Od spomenutih se metoda najčešće koriste optičke metode u koje spadaju geometrijski i trigonometrijski nivelman. Pri opažanju



Slika 1-1 a i b. Kontrolni reperi na objektu

predmetnog objekta je primjenjena metoda geometrijskog nivelmana (Macarol, 1985). Ako se radi o većim i višim objektima, onda bolje rezultate daju druge geodetske metode poput trigonometrijskog nivelmana, GPS-metode i fotogrametrije.

### 3. Priprema mjerenja i opažanje građevine

Prvi je korak u pripremi za periodični tijek opažanja građevine upoznavanje sa samim objektom. Važno je u suradnji

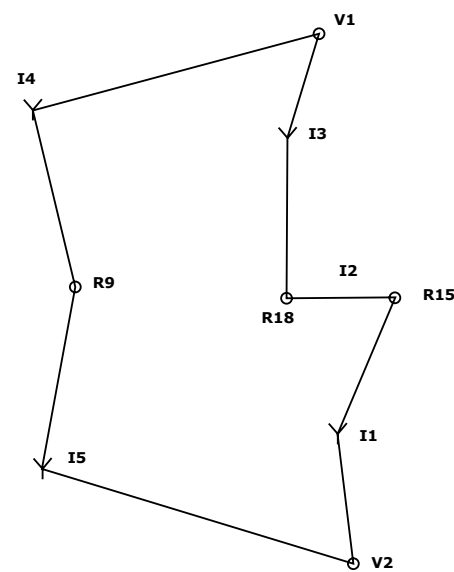
s izvođačem sanacije takvog objekta običi isti i utvrditi eventualne deformacije i pretpostavljene smjerove pomaka te definirati vremenski period opažanja, a time se nameću sljedeći zadaci:

- pronaći mrežu stalnih nivelmanskih točaka (repera) iz reda generalnog nivelmana (Macarol, 1985.)
- stabilizirati kontrolne reperi na objektu (Slika 1-1)
- opažanje zatvorenoga nivelmanskog vlaka (priključak na reper v2, Slika 2-1)
- izračunati zatvoreni nivelmanski vlak (vidi Macarol 1985)
- opažanje kontrolnih repera na objektu (Slika 1-1)
- opažati vertikalnost desnog bočnog vanjskog zida (Slika 3-1)
- izraditi izvještaj obavljenih mjerenja.

Mjerenje visinskih pomaka metodom geometrijskog nivelmana spada u najtočniju i najpouzdaniju geodetsku metodu mjerenja pomaka. Veoma je važno da se za takvu odabranu metodu koriste niveliri visoke točnosti. Mjerenja na ovom projektnom zadatku obavljena su nivelirrom Zeiss KONI 007. Ovaj nivelir ima ugrađen optičko-mehanički uređaj kompenzator koji se sastoji od masivnog njihala s pravokutnom prizmom sa zračnim prigušivačem. Područje kompenzacije iznosi  $\pm 10'$ , a nesigurnost horizontiranja je  $0,2''$  (Benčić, 1990). Opažanja se obavljaju isključivo na invarskim letvama za precizni nivelman. Nivelira se tako da se ostvaruju relativno kratke vizure do 30 m, što nam omogućuje prednost lakšeg i točnijeg očitavanja na letvi, a utjecaj vertikalne refrakcije je znatno manji. Niveliranje obavezno radimo iz sredine. Radi točnosti mjerenja obavlja se dvostruko mjerenje na način da se u prvom mjerenju očitaju vrijednosti na letvama, dok se za drugo mjerenje izmjeni visina instrumenta i ponovi postupak. Takav način mjerenja mora biti permanentan od stajališta do stajališta i uvijek ih mora obavljati isti opažatelj. Opažan je zatvoreni nivelmanski vlak, gdje su I1-I5 stajališta nivelira, kontrolni reperi R9, R15 i R18 su ujedno i vezne točke vlaka, a v1 je reper čija je apsolutna kota izračunata u zatvorenom nivelmanskome vlaku koji je koristio za periodično opažanje jednog dijela kontrolnih repera postavljenih na građevini (Slika 2-1). Zatvoreni je nivelmanski vlak priključen na reper v2 (Slika 2-1). Odstupanje zatvaranja nivelmanskog vlaka bila je:  $+ 0,0007$  m. Svi su kontrolni reperi opažani u zadanom vremenskom periodu od godine dana, tako da su se sva mjerenja obavljala tijekom tog razdoblja

jednom mjesečno i uvijek istim redom.

Sva se očitavanja na letvama upisuju u terenski obrazac iz kojeg se naknadno u uredu obavljaju računanja i bilježe rezultati u tabelu obavljenih mjerenja radi ko-



Slika 2-1. Skica zatvorenog nivelmanskog vlaka

načnog izvještaja.

### 4. Opažanje vertikalnosti bočnog zida

Prilikom obilaska objekta je ustanovljeno da su pomaci i deformacije najviše naštetili desnom vanjskom bočnom zidu koji se ujedno nalazi na granici sa susjednom parcelom. Osim periodičnog opažanja istog zida u visinskom smislu, bilo je potrebno obaviti opažanje smjera nagiba (Slika 3-1) kako bi se mogle poduzeti određene mjere prilikom sanacije. Način na koji se može pratiti vertikalnost nosivog zida postiže se postavljanjem rastera



Slika 3-1. Opažanje gornjeg reda repera

**Tablica 5-1.** Tabelarni prikaz izvješća vertikalnosti bočnog zida (vrijednosti su izražene u milimetrima)

	R1	R1A	R1B	R2	R2A	R2B	R3	R3A	R3B
<b>TRAVANJ</b>	0	-34	-65	105	-34	-5	0	3	2
<b>SVIBANJ</b>	0	-35	-66	104	-35	-7	0	3	3
<b>LIPANJ</b>	0	-37	-69	101	-41	-9	0	0	4
<b>SRPANJ</b>	0	-38	-72	100	-40	-10	0	-1	4
<b>KOLOVOZ</b>	0	-39	-72	101	-40	-10	0	-2	5
<b>RUJAN</b>	0	-39	-72	101	-40	-10	0	-2	5
<b>LISTOPAD</b>	0	-39	-72	101	-40	-10	0	-2	5
<b>STUDENI</b>	0	-40	-73	102	-40	-10	0	-2	6
<b>PROSINAC</b>	0	-40	-73	102	-40	-11	0	-2	7
<b>SIJEČANJ</b>	0	-40	-74	100	-40	-10	0	-3	6
<b>VELJAČA</b>	0	-40	-74	100	-41	-9	0	-3	7
<b>OŽUJAK</b>	0	-41	-75	103	-37	-6	0	-3	7

**Tablica 5-2.** Tabelarni prikaz izvješća apsolutnih visina repera (vrijednosti su izražene u metrima)

Reper	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC	SIJEČANJ	VELJAČA	OŽUJAK
	Visina	Visina	Visina	Visina	Visina	Visina	Visina	Visina	Visina	Visina	Visina	Visina
<b>V2</b>	140.477	140.477	140.477	140.477	140.477	140.477	140.477	140.477	140.477	140.477	140.477	140.477
<b>R1</b>	141.210	141.210	141.209	141.209	141.209	141.209	141.209	141.209	141.209	141.209	141.209	141.210
<b>R2</b>	141.381	141.380	141.379	141.379	141.378	141.378	141.378	141.378	141.378	141.378	141.378	141.379
<b>R3</b>	141.275	141.275	141.272	141.272	141.272	141.272	141.272	141.272	141.272	141.272	141.272	141.272
<b>R1A</b>	146.151	146.151	146.150	146.150	146.150	146.150	146.150	146.150	146.150	146.150	146.149	146.149
<b>R2A</b>	146.203	146.202	146.202	146.202	146.201	146.201	146.201	146.201	146.201	146.201	146.200	146.201
<b>R3A</b>	146.144	146.144	146.142	146.142	146.142	146.142	146.142	146.142	146.142	146.142	146.141	146.141
<b>R1B</b>	150.859	150.859	150.856	150.856	150.856	150.856	150.856	150.856	150.856	150.856	150.855	150.854
<b>R2B</b>	150.717	150.717	150.716	150.716	150.715	150.715	150.715	150.715	150.715	150.715	150.715	150.714
<b>R3B</b>	150.601	150.601	150.597	150.597	150.597	150.597	150.597	150.597	150.597	150.597	150.597	150.597
<b>R12</b>	141.309	141.309	141.308	141.308	141.308	141.308	141.308	141.308	141.308	141.308	141.307	141.308
<b>R13</b>	141.313	141.313	141.313	141.313	141.313	141.313	141.313	141.313	141.313	141.313	141.312	141.312
<b>R15</b>	142.099	142.098	142.098	142.098	142.098	142.098	142.098	142.098	142.098	142.098	142.097	142.097
<b>R16</b>	142.038	142.038	142.038	142.038	142.038	142.038	142.038	142.038	142.038	142.038	142.038	142.039
<b>R17</b>	142.098	142.097	142.097	142.097	142.097	142.097	142.097	142.097	142.097	142.097	142.096	142.097
<b>R18</b>	142.104	142.103	142.103	142.103	142.103	142.103	142.103	142.103	142.103	142.103	142.102	142.102
<b>R10</b>	141.260	141.260	141.260	141.260	141.260	141.260	141.260	141.260	141.260	141.261	141.261	141.262
<b>R9</b>	141.414	141.414	141.414	141.414	141.414	141.414	141.414	141.414	141.414	141.413	141.413	141.414
<b>R14</b>	141.196	141.196	141.196	141.196	141.196	141.196	141.196	141.196	141.196	141.196	141.196	141.196
<b>R8</b>	141.146	141.146	141.146	141.146	141.146	141.146	141.146	141.146	141.146	141.146	141.146	141.147
<b>R7</b>	141.195	141.194	141.194	141.194	141.194	141.194	141.194	141.194	141.194	141.194	141.194	141.195
<b>R6</b>	141.171	141.170	141.170	141.170	141.170	141.170	141.170	141.170	141.170	141.170	141.170	141.171
<b>R5</b>	141.187	141.187	141.187	141.187	141.187	141.187	141.187	141.187	141.187	141.187	141.186	141.186
<b>R4</b>	141.187	141.186	141.186	141.186	141.186	141.186	141.186	141.186	141.186	141.185	141.184	141.184
<b>V1</b>	139.584	139.584	139.584	139.584	139.584	139.584	139.584	139.584	139.584	139.584	139.584	139.584

repera u bočni zid konstrukcije, kao što je prikazano na slici 4-1, te se očitavaju vrijednosti na polumilimetarskim ravnalima postavljenim horizontalno na njima. Mjerna stanica se postavi do prvog repera (R1) tako da se istovremeno vide svih devet repera na zidu (Slika 4-1). Opažući naizmjenu vrijednosti na polumilimetarskim ravnalima postavljenim na reperima R1 i R3, namještamo ista očitavanja i time dovodimo vizurnu os mjerne stanice paralelno pravcu postavljenom kroz repere R1 i R3. Kada se to postigne, zakoči se alhidada, a pomicanjem durbi-

na očitaju se vrijednosti na preostalim reperima (Slika 4-1). Prilikom postavljanja mjerila na repere uvijek se mora obratiti pozornost da na njima nema zaostalih naslaga i prije opažanja ih je potrebno pregledati i očistiti.

Očitane se vrijednosti upisuju u terenski obrazac. Razlikom očitavanja paralelne vizurne osi na reperima R1 i R3 i svih drugih očitavanja kontrolnih repera R2, R1A, R2A, R3A, R1B, R2B i R3B, dobiven je točan otklon zida od vertikalnosti (u milimetrima) u pozitivnom i negativnom smislu, zavisno na koju stra-

nu je zid nagnut. Takav rezultat upisuje se u tabelarni prikaz i služi kao izvješće obavljenih mjerenja vertikalnosti bočnog zida (Tablica 5-2) s prikazanim dijagramom (Grafčki prikaz 4-1). Za kontrolne repere opažane u svrhu ispitivanja vertikalnosti zida postignuta je preciznost od 1 mm.

## 5. Izrada izvještaja obavljenih mjerenja

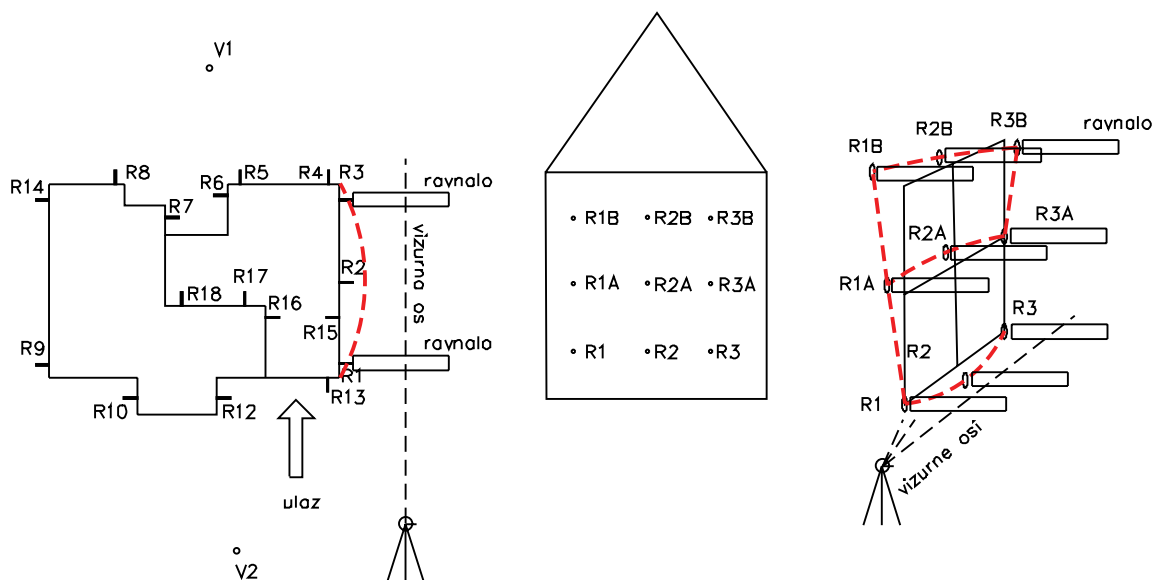
Nakon svih obavljenih mjerenja po završetku planiranog vremenskog peri-

oda, potrebno je izraditi izvještaj svih prikupljenih podataka u svim fazama radova. Tablica 5-1 sadrži prikaz dobivenih apsolutnih visina (kota) opažanih na svim reperima u vremenskom periodu od dvanaest mjeseci (dvanaest epoha). Iz nje je moguće jednostavno i jasno izvesti zaključke o tendenciji slijezanja objekta na različitim mjestima.

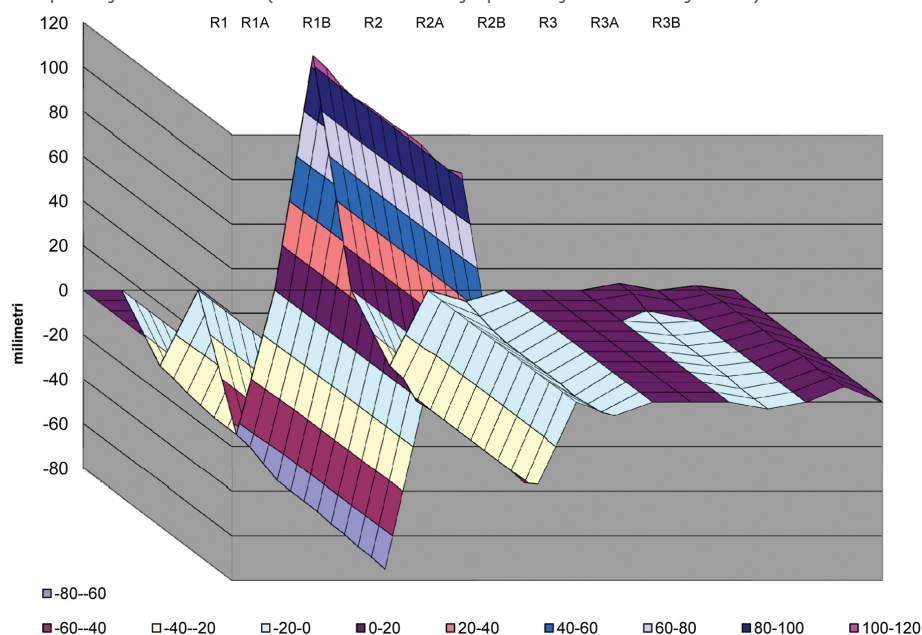
U tablici 5-2 dan je prikaz vrijednosti odnosa u milimetrima od referentnog pravca postavljenog kroz repere R1 i R3, što se može pročitati iz stupaca tablice 2, dok nam redovi prikazuju vremenski period opažanja. Kako su prikazana izvješća izrađena u \*.xls tabličnom formatu, takva se predaju izvođaču i on iz danih podataka može jednostavno zaključiti smjerove pomaka i deformacije konstrukcije. Slika 5 prikazuje rezultate obavljenih mjerenja vertikalnosti bočnog zida u obliku dijagrama.

## 6. Zaključak

Još jednom se pokazalo kako je nazgled relativno jednostavan građevinski zahvat na objektu nemoguće riješiti bez angažmana geodetskog stručnjaka. Treba naglasiti kako je važno izbjeći grube pogreške koje prate sve opažanje, poput pogreške kod očitavanja, pogreške prilikom zapisivanja i sl. Iz toga razloga, sva mjerenja obavljana su u dva ponavljanja. Instrumentom se obavljalo mjerenje s uvijek istog stajališta, a kod visokih repere prilikom opažanja vertikalnosti uvijek se koristilo isto polumilimetarsko ravnalo. Na temelju izvedenih geodetskih radova,



Slika 4-1. Tlocrtni prikaz objekta i prikaz postavljenog rastera kontrolnih repere na bočnom zidu i shematski prikaz načina opažanja vertikalnosti (crvena crtkana linija prikazuje deformaciju zida)



Grafčki prikaz 4-1. Dijagram vertikalnosti bočnog zida.

izvođač sanacije dobio je precizno definirane pomake i deformacije na građevini i u skladu je s time obavljao daljnje građevinske zahvate.

Upravo takva suradnja geodetske i građevinske struke pridonosi kvalitetnijoj i učinkovitijoj sanaciji ovog i sličnih povijesnih objekata, a sve s ciljem kako bi se sačuvala vrijedna kulturna baština.

## Literatura

- Benčić, D. (1990): Geodetski instrumenti, Školska knjiga, Zagreb.
- Janković, M. (1980): Inženjerska geodezija III, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
- Macarol, S. (1985): Praktična geodezija, Tehnička knjiga, Zagreb.

## Geodetic determination of the shifting and deformation of the »Malančec« object

**ABSTRACT.** This work shows how the shifting of the »Malančec« object was geodetically defined. The procedure for measuring is defined and the instruments used in this project task are stated. On conclusion, the report on the performed measurements was drawn up in a table and diagram form. This work came to be as a result of cooperation of the geodetic and constructional profession on the object which is a protected cultural monument.

**KEYWORDS:** benchmark, shift, deformation, observation of verticality.

**DATUM PRIMITKA / RECEIVED:** 21.11.2007.

**DATUM PRIHVAĆANJA / ACCEPTED:** 18.12.2007.