Vukovarska gimnazija – istražni radovi i opažanja složenog geotehničkog problema

Kaluđer, Jelena; Damjanović, Ivan; Minažek, Krunoslav

Source / Izvornik: **Zajednički temelji '17 : zbornik radova, 2017, 193 - 199**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

https://doi.org/10.5592/CO/ZT.2017.09

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:949131

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

GRAĐEVINSKI I ARHITEKTONSKI FAKULTET OSIJEK
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository GrAFOS - Repository of Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

UDRUGA HRVATSKIH GRAĐEVINSKIH FAKULTETA
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GRAĐEVINSKI FAKULTET
ZAJEDNIČKI TEMELJI '17.

DOI: https://doi.org/10.5592/CO/ZT.2017.09

Vukovarska gimnazija – istražni radovi i opažanja složenog geotehničkiog problema

Jelena Kaluđer[1], Ivan Damjanović[2], Krunoslav Minažek[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, Osijek
[2] Državna geodetska uprava, Odjel za katastar nekretnina Vinkovci
kontakt: jkaluder@gfos.hr

Sažetak

Na zgradi vukovarske gimnazije, saniranoj od ratnih oštećenja tijekom Domovinskog rata, nedugo nakon početka uporabe počele su se primjećivati pukotine te uočavati znakovi slijeganja temelja. Zgrada koja je tlocrtno razvedena nalazi se na lesnom platou. U podnožju platoa postoje nepodgrađeni "podrumi" kojima su se svodovi počeli zarušavati, što se povezuje s provlaživanjem uslijed neadekvatne površinske odvodnje. Uz lesni plato dijelom su izvedeni stari obložni zidovi od opeke, a dijelom novi potporno-obložni zidovi, dio kojih ima značajke gravitacijskih zidova. Pri gradnji jedne dionice takvog potpornog zida blizu ruba gimnazijske zgrade došlo je do klizanja dijela pokosa u njegovoj pozadini, što je tada sanirano. Navedeni problemi, a posebice problem slijeganja, bili su povod za sanaciju temeljenja najviše oštećenog dijela zgrade, te je 2008. godine ona provedena izvedbom mlazno injektiranih pilota. Pri definiranju uzroka i opsega oštećenja građevine, ali i za ocjenu uspješnosti sanacije, više puta obavljani su geotehnički istražni radovi te mjerenja i opažanja na zgradi i okolišu, što je opisano u okviru ovoga rada.

Ključne riječi: *lesno tlo, slijeganje, istražni radovi u tlu, opažanja*

Vukovar High School Building – investigations and monitoring of a complex geotechnical problem

Abstract

The Vukovar High School building, repaired following war destructions during Homeland War, started to show cracks and signs of foundation settlement already after a short period of use. The building, widely spread and indented in plan, lies on a loess soil plateau. At the bottom of the plateau there are unlined "basements" whose vaults have started to collapse as a result of moisture due to inadequate surface drainage. Old brick lining walls and new lining and retaining walls, some having properties of gravity walls, actually border on the loess plateau. During construction of one part of such retaining walls, near the high school building, a part of slope was affected by sliding, which was subsequently remedied. All these problems, and the settlement problem in particular, have led to the remedy of foundations at the most damaged part of the building. Thus, in 2008, the remedial work was made by jet-grouted piles. Soil investigation works, measurements and monitoring activities were conducted on several occasions in order to find the causes and the extent of damage to the building, and also to confirm the success of repair activities, as described in the paper.

Keywords: *loess soil, settlement, soil investigations, monitoring*

1 Uvod, opis stanja i aktivnosti na građevini

Zgrada gimnazije u Vukovaru, sagrađena još 1894. godine, tijekom Domovinskog rada doživjela je iznimno stradanje – urušeno je krovište, međukatne konstrukcije te velik dio nosivih zidova, a okoliš je devastiran i zarastao u korov i šikaru (slika 1.). Poslije mirne reintegracije zgrada je obnovljena te 2000. godine puštena u rad [1].



Slika 1. Zgrada gimnazije u Vukovaru nakon ratnog razaranja na lesnom platou s "podrumima" u podnožju [2] (lijevo) i danas (desno)

Zgrada, koja je tlocrtno razvedena (slika 1. desno - pročelje, slika 2. – situacijski prikaz) nalazi se na lesnom platou u čijem podnožju se nalaze "podrumi" - nepodgrađeni tunelski iskopi u lesu širine 2-4 m, duljine i do 20 m (slika 1., lijevo). Neki od tih podruma su zatrpani/zatvoreni pri izvedbi novog potporno-obložnog zida, ali je i mimo toga njihovu zarušavanju pridonijelo i provlaživanje lesnog tla zbog neadekvatne odvodnje platoa. Pri izvedbi jedne dionice potporno-obložnog zida u blizini školskog igrališta i blizu ruba jednog dijela zgrade došlo je do klizanja pokosa, što je sanirano tijekom gradnje novog potpornog zida.

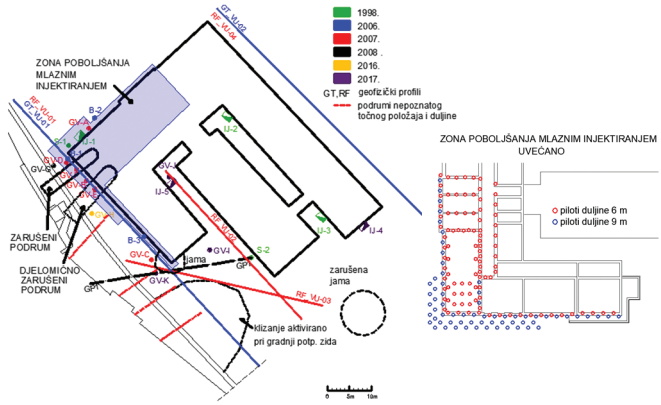
Nekoliko godina poslije obnove, na zgradi su se počele pojavljivati pukotine te su se mogli uočiti znakovi slijeganja pojedinih dijelova temelja. Navedeni problemi, a posebice problem slijeganja, zahtijevali su pažnju i praćenje te su 2006. provedeni istražni radovi u tlu i pri tomu instalirani sustavi geotehničkih i geodetskih opažanja [3, 4]. Pri osmišljavanju i provedbi istražnih radova u tlu kao i kod određivanja vrsta i pozicija elemenata sustava opažanja, u obzir su se morali uzeti uočeni odnosno mogući problemi: pojava pukotina na zidovima, slijeganje temelja, pojava klizišta i potencijalno klizanje uz građevinu, urušavanje svodova podruma u podnožju platoa na kojemu se zgrada nalazi, kao i pojava kaverne uz rub zgrade.

Poslije istražnih radova te opažanja i mjerenja, uzimajući u obzir navedene probleme, pristupilo se izradi projektnog rješenja sanacije temeljenja. Sanacija temeljenja obavljena je parcijalno ispod najviše oštećenog dijela zgrade 2008. godine izvedbom mlazno injektiranih pilota ispod temelja najugroženijih vanjskih i unutarnjih zidova [5]. Projektom je predviđeno dodatno slijeganje do 1 mm nakon izvedbe pilota. Uspješ-

nost sanacije kontrolirana je tijekom i nakon izvođenja radova opažanjem i mjerenjem – pokazalo se umjerenije širenje pukotina i slijeganja. Mjerenja i opažanja nastavila su se više godina nakon završetka sanacije. Uz sanaciju temeljenja, izveden je novi sustav oborinske odvodnje s krovnih ploha, no druge predviđene aktivnosti kao što je konstrukcijska sanacija raspucalih zidova, sanacija unutarnjeg kanalizacijskog sustava zgrade te izvedba adekvatne površinske odvodnje - nisu provedene. Uslijed izostanka tih aktivnosti predviđala se mogućnost pojave naknadnih negativnih posljedica. To se je ostvarilo i nakon 2011. godine kada zgrada doživljava pukotine u dijelu koji nije bio obuhvaćen mjerama sanacije, a dijelom u zoni u kojoj je izvedena sanacija temeljenja, no ne i konstrukcijska sanacija zidova [6]. Dodatno, 2014. godine u blizini spremnika za gorivo u dvorištu gimnazije, na mjestu prije postojećeg i saniranog klizanja, počela su se javljati slijeganja. To je izazvalo zabrinutost i potrebu da se cjelovito pristupi rješavanju problema. Tako je 2015. godine područje gimnazije uključeno u međunarodni projekt "RECALL -zajedno protiv lokalnih klizišta". Projektom su predviđeni dodatni istražni radovi i nadopuna opažanja i mjerenja, a 2016. odnosno 2017. godine pristupa se istražnim radovima i izradi cjelovitog projektnog rješenja sanacije u svim potrebnim elementima.

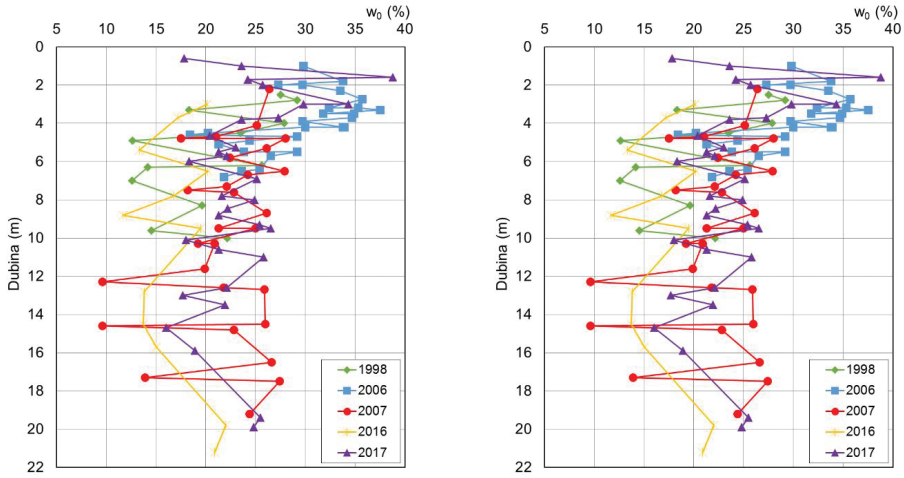
2 Istražni radovi u tlu

Istražni radovi u tlu obavljani su višekratno: za obnovu nakon rata prema geotehničkom elaboratu 1998. godine [7]; za projekt sanacije temeljenja 2006. godine [5]; te za potrebe cjelovite sanacije objekta 2017. godine [8]. U okviru istražnih radova u periodu 1998. - 2017. godine izvedeni su istražni raskopi i bušotine, in situ ispitivanja SPT te dilatometrom Marchetti, terenska identifikacija i klasifikacija te laboratorijska ispitivanja fizikalnih i mehaničkih svojstava tla. Osim istražnih bušenja i raskopa, u periodu 2014. - 2017. godine provedena su opsežna geofizička istraživanja tla: ispitivanja georadarom, seizmička refrakcijska istraživanja, geoelektrična tomografija kao i MASW seizmička ispitivanja. Oznake pozicija različitih istražnih radova po godinama prikazane su na slici 2. Pri provođenju istražnih radova neke od istražnih bušotina iskorištene su za instalaciju mjernih sustava za opažanja pomaka. Tijekom istražnih radova određena su prirodna vlažnost tla, granice tečenja i plastičnosti, konzistentno stanje, granulometrijski sastav, stišljivost u edometru, te parametri čvrstoće u jednoosnom, izravnom i troosnom CIU i CID pokusu.



Slika 2. Tlocrtni prikaz objekta s označenim pozicijama lokacija istražnih radova (geofizika, bušotine, opažanja) u periodu 1998.-2017. godine - lijevo, zona poboljšanja tla mlazno injekiranim pilotima - desno

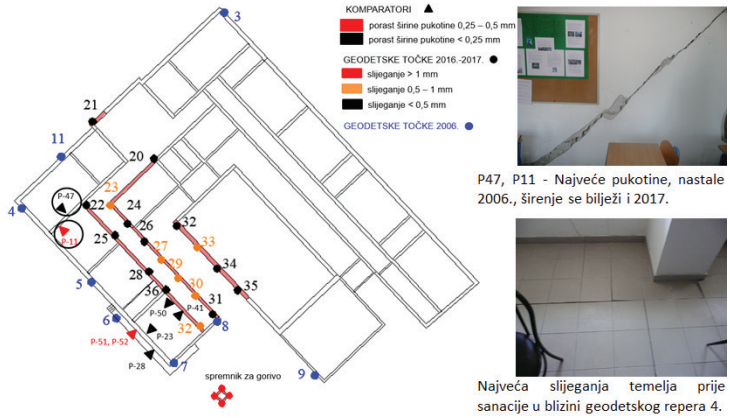
Prikaz promjene vlažnosti i indeksa konzistencije (utjecaj provlaživanja tla) tijekom vremena dan je na slici 3. Sva navedena ispitivanja poslužila su za izradu uzdužnih i poprečnih geotehničkih profila kao podloge za izradu kompleksnih 2D i 3D numeričkih modela kojima se analiziraju međusobni utjecaji zgrade gimnazije, potpornih zidova i tunela u podnožju lesnog platoa. Kalibraciji i povećanju pouzdanosti numeričkih modela pridonose i opažanja i mjerenja pomaka na građevini i okolišu.



Slika 3. Promjena vlažnosti i indeksa konzistencije u periodu 1998. - 2017. godine

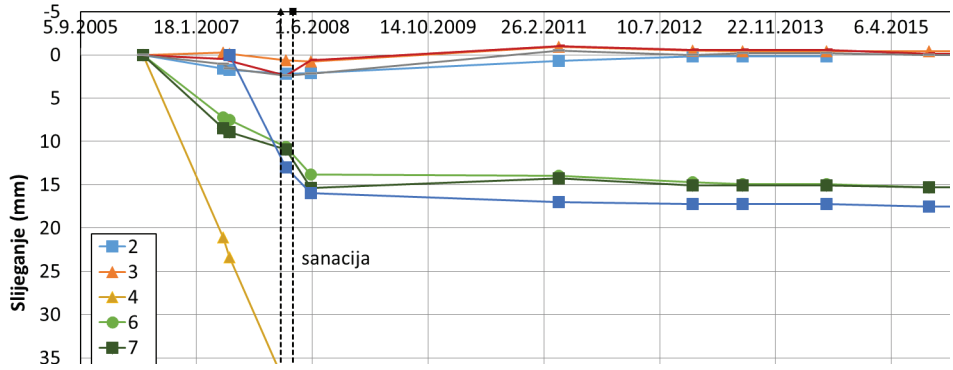
3 Opažanja i mjerenja

Sustavi opažanja i mjerenja prvi put su instalirani za vrijeme istražnih radova 2006. te su višestruko nadopunjavani, zaključno u 2016. godini. Opažanja i mjerenja poduzeta su u fazi istražnih radova radi utvrđivanja uzroka oštećenja zgrade i određivanja mjera sanacije, a s obzirom na uzroke oštećenja. Poslužila su pri određivanju načina i opsega sanacije te kako bi se utvrdila njena učinkovitost. S obzirom na složenost problema, opažanja i mjerenja pomažu u definiranju dominantnog uzroka: popuštanje tla i temelja zbog provlaživanja, popuštanja svodova "podruma" u podnožju ili je građevina zahvaćena ili ugrožena mogućim klizanjem prema pokosu. Iz navedenih razloga instalirano je više sustava mjerenja i opažanja. Na zidovima zgrade javljale su se pukotine čiji se intenzitet širenja prati mjerenjem pomoću mjernih stakalca i prijenosnim komparatorom. Identificirane su pukotine koje su doživljavale najveće širenje, što je pridonijelo određivanju mehanizama i razmjera popuštanja. Na mjesto najizraženije pukotine ugrađen je automatski mjerač pukotina (eng. *crackmeter*) kojim se kontinuirano prati njena promjena širine. Položaj i izgled pukotine s najvećim širenjem prikazani su na slici 4. Od nastanka pukotine do završetka sanacije temeljenja 2008. godine širenje je iznosilo približno 20 mm, a povremeni periodi širenja i skupljanja bilježe se i nakon sanacije te je tijekom 2016. i 2017. godine širenje iznosilo do 0,5 mm. Ako bi se širenje značajnije nastavilo, mogla bi se dovesti u pitanje uporabivost građevine, što je predmet proračuna (izrada projekta sanacije konstrukcije je u tijeku). Određena dodatna pojava pukotina i slijeganja na dijelu zgrade gdje nije sanirano temeljenje pripisuje se izostanku potpune sanacije zgrade (konstrukcijska sanacija, površinska odvodnja, unutarnja kanalizacija), što se vidi na slici 4. gdje su označene zone promjene pukotina/slijeganja većih od 0,25-1,0 mm zabilježene tijekom 2016 i 2017. godine. Slijeganja zgrade i okoliša praćena su geodetski metodom geometrijskog nivelmana uz pomoć nivelira, što je najtočnija geodetska metoda mjerenja s točnošću određivanja visinskih razlika ispod 1 mm. Prije početka sanacije, maksimalno izmjereno slijeganje na pojedinim točkama iznosilo je 40 mm (točka 4, položaj na situacijskom prikazu slike 4., dijagram razvoja slijeganja, slika 5). Prije sanacije temeljenja, za određivanje slijeganja po dubini upotrijebljen je klizni mikrometar, a mjerenja u skladu su s geodetskim mjerenjima. Nakon sanacije temeljenja nastupa trend umirenja pomaka (slika 5.), [9].



Slika 4. Geodetske točke od 2006. godine i geodetske točke i pukotine s najvećim porastom širine tijekom 2016. i 2017 godine - lijevo, najveće pukotine i najveće slijeganje - desno

Kako bi se odredili horizontalni pomaci u tlu prema potpornom zidu, između zgrade gimnazije i potpornih zidova instalirani su inklinometri. Dodatno, naginjanje zidova prema potpornim zidovima i naginjanje od njih, kao i eventualno naginjanje samih potpornih zidova, opaža se pomoću klinometara ugrađenih na različitim visinama na potpornim zidovima i zidovima gimnazije. Mjerenja horizontalnih pomaka moguće je nadopuniti i poboljšanjem geodetskog sustava mjerenja pomoću trigonometrijskog nivelmana koristeći totalnu stanicu odgovarajućih karakteristika. Za to je potrebno izvršiti posebnu stabilizaciju točaka geodetske osnove izvan područja deformabilne zone čime bi se proširilo područje pod opažanjem. Ova poboljšanja bila bi nužna u slučaju značajnijeg razvoja nepovoljnih pojava.



Slika 5. Slijeganja kontrolnih repera na zgradi gimnazije u Vukovaru [9]

4 Zaključak

Na zgradi gimnazije u Vukovaru, građene na lesnom platou u čijem podnožju su izvedeni potporno obložni zidovi, nekoliko godina nakon poslijeratne obnove i početka korištenja počele su se javljati pukotine i slijeganja pojedinih temelja. Postojanje provlaženog lesnog tla, blizina pokosa pridržanog potpornim zidovima, podrumi u podnožju tih potpornih zidova čiji su se svodovi počeli zarušavati, bili su povod za provedbu opsežnih istražnih radova u tlu i ugradnju sustava mjerenja i opažanja te sanaciju temeljenja najviše oštećenog dijela zgrade. Nemogućnost pravodobne i cjelokupne sanacije ostavila je prostor razvoju dodatnih nepovoljnih pojava – počinju se uočavati pomaci i slijeganja. Navedene pojave poticaj su za razradu cjelovitih mjera sanacije. Kao podloge kompleksnim analizama koje prethode izradi projektnog rješenja sanacije koriste se rezultati opažanja i mjerenja kao i rezultati svih drugih istražnih radova u tlu koji pridonose izradi optimalnog rješenja sanacije.

Literatura

[1] Nadilo, B.: Donacijska obnova zgrada javne namjene u Vukovaru, Građevinar, 53, (2001) 10, pp. 661 -667.

[2] Web stranica Gimnazije u Vukovaru, link (http://gimnazija-vukovar.skole.hr/skola/slike_gimnazije_od_1991_do_1999_), pristupljeno: 28.10.2016.

[3] Mulabdić, M., Minažek. K.: Foundation improvement for a building on loess soil, Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Hamza et al (ur.), Alexandria, Egipat, pp. 2362-2365, 2009.

[4] Minažek, K.: Geotehnička mjerenja kod sanacije temeljenja Gimnazije u Vukovaru, Zbornik 6. savjetovanja Hrvatskog geotehničkog društva: Sanacija, tehničko praćenje i održavanje u geotehnici, Matešić, L., Sokolić, I. (ur.), Zadar, Hrvatsko geotehničko društvo, pp. 90-92, 2013.

[5] Građevinski fakultet Osijek: Gimnazija Vukovar, Geotehnički projekt - sanacija temeljenja, Osijek, srpanj 2007.

[6] Građevinski fakultet Osijek: Gimnazija Vukovar, završni izvještaj o geotehničkim mjerenjima od početka 19.4.2007. do 28.11.2012., Osijek, prosinac 2012.

[7] Građevinski fakultet Osijek: Geotehnički elaborat, Osijek, listopad 1998.

[8] Građevinski fakultet Osijek: Gimnazija Vukovar, Geotehnički elaborat, Osijek, svibanj 2017.

[9] Građevinski fakultet Osijek: Izvještaj o geotehničkim mjerenjima gimnazije Vukovar do datuma 24.5.2017., Osijek, svibanj 2017.