

ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ САНАЦИЈЕ ТЕМЕЉА КОТЛА У ФАБРИЦИ „ГАЛЕНИКА“ У ЗЕМУНУ

Мирјана Вукићевић¹
Владан Кузмановић¹
Милош Марјановић¹
Вељко Пујевић¹

УДК: 624.151.5

DOI:10.14415/konferencijaGFS 2015.055

Резиме: У раду је приказано одређивање геотехничких услова санације плитког темеља парног котла у котларници фабрике „Галеника“ у Земуну услед појаве неравномерних слегања. Описана је анализа узрока проблема, програм и резултати теренских и лабораторијских испитивања и усвојено решење санације.

Кључне речи: Санација темеља, слегање, провлажавање, лес

1. УВОД

Крајем октобра 2013. у котларници фабрике „Галеника“ у Земуну уочено је неравномерно слегање темеља парног котла „Минел ТЕ-114“, што је довело до појаве пукотина на бетонском поду у зони котла, деформисања прикључних инсталација и цурења воде на спојевима. У циљу утврђивања узрока проблема и санације истог аутори су израдили елаборат о геотехничким условима [1] и главни пројекат санације темеља [2].

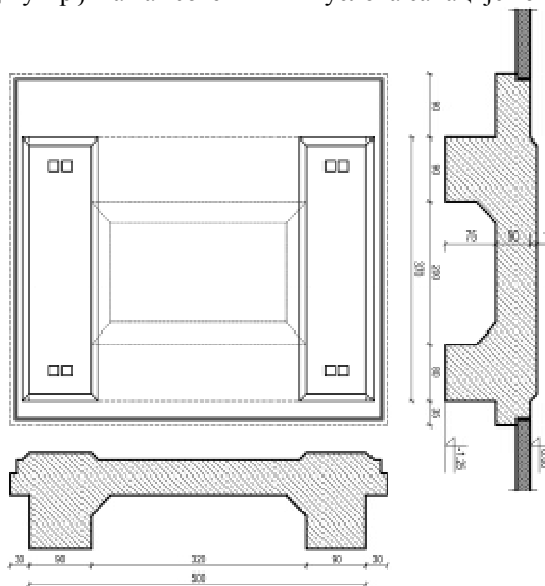
Темељ котла (Слика 1) је масивна правоугаона бетонска плоча димензија 3.7x5.0 m дебљине 50 cm, са ободним ребрима димензија $b/h = 75/90$ cm испод плоче и вутама ширине 30 cm. Оптерећење од котла износи 1000 kN. Дубина фундаирања је 1.25 m. Након уоченог слегања, на котлу је монтиран импровизовани метални репер, помоћу кога су од октобра 2013. до фебруара 2014. измерена релативна слегања $\Delta s = 35$ mm.

2. АНАЛИЗА УЗРОКА НАКНАДНИХ СЛЕГАЊА ТЕМЕЉА

Прегледом стања темеља (децембар 2013.) у подрумској просторији испод котларнице констатована је појава интензивног влажења на зиду који се налази непосредно уз темељ котла. Такође је запажено да поред зида котларнице (на око 0.70 m од темеља котла) пролази водоводна и канализациона инсталација

¹ др Мирјана Вукићевић, дипл.инж. грађ., Универзитет у Београду, Грађевински факултет, Булевар краља Александра 73, Београд, Србија, тел: 011 3218 569, e – mail: mirav@grf.bg.ac.rs

санитарног чвора. Претпостављено је да је узрок слегања темеља провлажавање тла услед цурења воде из инсталације. Накнадним прегледом инсталације је ова претпоставка потврђена и квар на инсталацијама је саниран. Затим су извршена истраживања ради утврђивања геотехничких услова санације темеља.



Слика 1. Скица темеља котла

3. ГЕОТЕХНИЧКИ ИСТРАЖНИ РАДОВИ

3.1. Програм истраживања

Приликом дефинисања програма геотехничких истраживања тежило се решењу проблема уз минимално ометање рада котларнице. При одабиру положаја истражних радова основни циљ био је да се испита промена влажности и инжењерских карактеристика тла испод темеља услед претпостављеног провлажавања. Истражни радови су извршени у фебруару 2014. на следећим местима унутар котларнице (Слика 2):

- у углу темеља на месту највећих слегања
- у супротном углу темеља, који није претрпео слегања

Истражни радови изведени су и на једном месту изван котларнице, где се претпоставља да је тло неповлажено. Изван котларнице је, као најекономичније решење, урађен ископ истражне јаме.

3.2. Резултати теренских истраживања

Истражна јама изван котларнице (J-1) изведена је ручним ископом до дубине 2.0 m

и у њој су констатована два слоја тла:

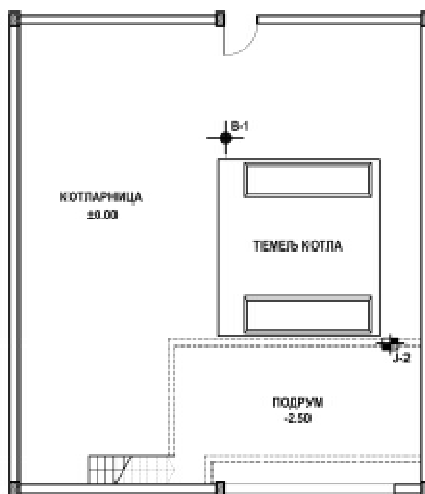
- Слој прашинасте глине дебљине 1.0 m (слој 1)
- Слој прашинасте глине лесоидне структуре са израженом цевастом порозношћу, од дубине 1.0 m до дубине ископа (слој 2)

Уочено је да тло на овом месту није провлажено, чиме је циљ извођења истражне јаме остварен. Из сваког слоја узети су непоремећени узорци тла (U1, U2). Истражна бушотина В-1 (у углу темеља који није претрпео слегања) изведена је ручном гарнитуром са горњег нивоа подне плоче котларнице, до дубине 1.95 m. У бушотини су констатована два слоја тла:

- Насип од прашинасте глине са примесам песка, шљунка и грађевинског шуга, дебљине 1.65 m, мерено од коте пода котларнице (слој 1')
- Слој прашинасте глине лесоидне структуре као и у истражној јами J-1, дебљине од 1.65 m до дубине бушења (слој 2).

На овом месту није дошло до провлажавања тла. Из бушотине су помоћу цилиндра извађена два непоремећена узорка тла (U3, U4), из сваког слоја.

■ J-1



Слика 2. Скица котларнице са положајем истражних радова

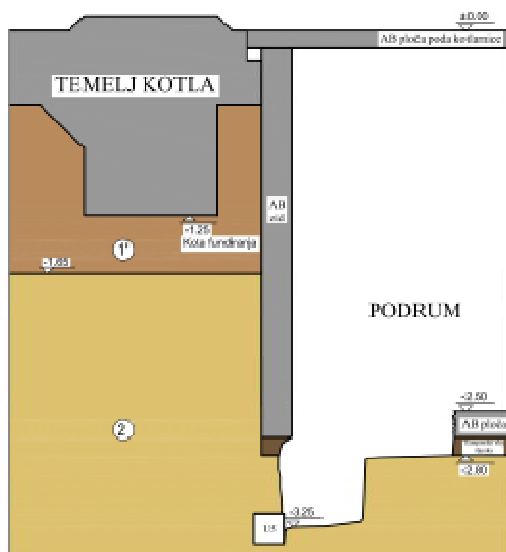
У углу темеља који је претрпео највећа слегања није било могуће извршити истражно бушење, јер је маневарски простор у котларници на том месту изузетно мали и заузет машинском и другом опремом, па би пре бушења било неопходно демонтирати опрему и обуставити рад котларнице. Уместо тога изведена је истражна јама (J-2) у подрумској просторији испод котларнице. Код извођења јаме искоришћена је чињеница да се подрумски зид на коме је примећена појава влаге налази врло близу темеља. Јама је изведена тако што је прво пробијена подна плоча подрума непосредно уз поменути зид, а затим је зид поткопан у ширини од око 0.40 m, до дубине од око 0.90 m, чиме је отворен простор за узимање узорка тла испод темеља (Слика 3). На месту ископа (на дубини од ~3.25 m мерено од коте пода котларнице), констатован је слој прашинасте глине лесоидне структуре,

као у јами J-1 и бушотини B-1 (слој 2). На овом месту тло је повећане влажности и меке конзистенције. Из јаме је узет један непоремећени узорак тла (U5).

4. РЕЗУЛТАТИ ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ИСПИТИВАЊА

4.1. Влажност тла

Идентификационо-класификационим испитивањима узорака тла (Табела 1) потврђен је распоред слојева констатован истражним радовима. Сви узорци тла су, према USCS, глина средње пластичности (CI), осим узорка U5, који је ниске пластичности (CL). Нижа граница течења овог узорка може бити последица испирања ситних честица провлажавањем. Природна влажност тла у слоју 1 и 1' је уједначена (20-22%). У слоју 2 влажност је 22-23%, док је у јами J-2 примећена повећана влажност од око 27%, што је резултат провлажавања тла на том месту.



Слика 3. Истражена јама у подрумској просторији са положајем узорка U5

Табела 1. Основна физичка својства тла

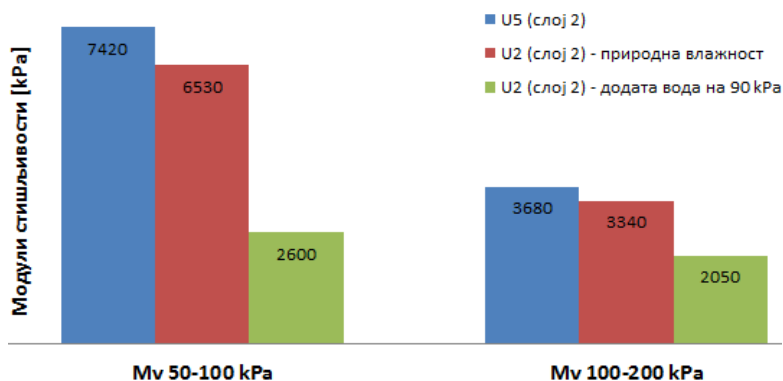
Узорци				G _s	w %	Запреminsка тежина kN/m ³			e ₀	S _r %	Гранулометријски састав				Границе конзистенције				
Сонда	Дубина	Узорак	Слој			γ _z	γ	γ _d			глина	прашина	песак	шљунак	w _L %	w _p %	I _p %	I _c	USCS
J-1	0.80-0.90	U1	1	2.67	21.7	19.6	19.1	15.7	0.66	87.1	26	68	6		43.7	22.4	21.3	1.0	CI
	1.30-1.50	U2	2	2.66	22.9	17.9	16.0	13.0	1.01	60.6	20	75	5		37.8	20.7	17.1	0.9	CI
B-1	1.45-1.65	U3	1'	2.66	20.1	20.2	19.9	16.6	0.57	93.7	23	46	22	9	37.6	20.7	17.0	1.0	CI
	1.75-1.95	U4	2	2.66	22.5	18.8	17.6	14.4	0.81	73.5	26	69	5		37.4	20.4	16.9	0.9	CI
J-2	0.70-0.90	U5	2	2.66	27.3	18.5	17.8	14.0	0.86	84.3	12	75	13		31.7	21.2	10.6	0.4	CL

Табела 2. Параметри смичуће чврстоће и деформабилности тла

Узорци				Параметри смичуће чврстоће		Параметри деформабилности		
Сонда	Дубина	Ознака	Слој	φ°	c' kN/m ²	M _c 50-100 kPa	M _c 100-200 kPa	Режим zasiћења водом
J-1	0.80-0.90	U1	1			9360	9880	засићен узорак
	1.30-1.50	U2	2	19.1	6.8	6530	3340	природна влажност узорка
						2600	2050	додата вода при 90 kPa
B-1	1.45-1.65	U3	1'	28.0	8.9	5070	6310	засићен узорак
	1.75-1.95	U4	2			5350	4200	засићен узорак
J-2	0.70-0.90	U5	2	19.7	8.6	7420	3680	засићен узорак

4.2. Параметри деформабилности

На свим узорцима извршени су едометарски опити стишљивости до нивоа напона од 400 kPa, са различитим режимима zasiћења водом (Табела 2). При томе је усвојено да је слој 2 главни носећи слој, јер је дубина фундаирања 1.25 m, што је веома близу границе слојева 1' и 2, која се налази на око 1.65 m. Узорци у слоју 2, с обзиром на лесоидну структуру тла и могућу колапсбилност, испитани су у засићеном стању (U4, U5) и у стању природне влажности (U2), како би се упоредили параметри стишљивости при различитим режимима влажења. Такође је испитана колапсбилност узорка U2 тако што је узорку у природно влажном стању при нивоу напона од 90 kPa (брuto контактни напон од темеља и котла) додата вода, а затим је праћена промена (повећање) вертикалне деформације. Добијени резултати за узорак U2 показују да додавањем воде модули стишљивости значајно опадају у поређењу са узорком у природно влажном стању (Слика 4), што значи да провлажавањем тло постаје значајно стишљивије. Нешто већи модули стишљивости узорка U5 (провлажен узорак из подрума) у односу на непровлажени узорак U2 из јаме изван котларнице могу се објаснити збијањем тла за време слегања услед провлажавања.



Слика 4. Промена модула стишљивости у слоју 2 услед провлажавања

5. ГЕОСТАТИЧКИ ПРОРАЧУНИ

Контрола дозвољене носивости тла извршена је под претпоставком да се оптерећење са темеља на тло преноси преко належуће површине ребара са вутама (~15 m²), без дела у средини. Прорачунска вредност бруто контактнoг напона у темељној спојници износи 93 kPa. Дозвољена носивост тла срачуната је за тракасти темељ $B=0.9$ m (ширина ребра). Прорачун је извршен за слој 2 (који је слабији), према домаћим прописима [3] и Еврокоду 7 [4] и добијена је вредност 90-140 kPa, што је у дозвољеним границама. Додатно слегање темеља услед провлажавања одређено је за бруто контакти напон од темеља и котла (93 kPa) и $D_f=1.25$ m. За прорачун су усвојени минимални модули стишљивости, добијени у опиту са додавањем воде при напону од 90 kPa. Прорачун је извршен интеграцијом прираштаја вертикалних деформација по дубини и добијена је вредност $\Delta s=5.2$ cm. Поређењем са слегањем измереним помоћу репера (3.5 cm), можемо рећи да усвојени модел даје добру процену слегања, јер треба имати у виду да је мерење почело тек након што је слегање уочено.

6. УСВОЈЕНО РЕШЕЊЕ САНАЦИЈЕ

За санацију темеља анализирано је неколико могућих варијантних решења. Генерално, проблем се може решити на два основна начина:

- Преношењем оптерећења на боље носиве, недеградиране слојеве тла испод зоне провлажавања, што се може остварити извођењем бушених или утискиваних шипова и повезивањем истих са постојећим темељем
- Побољшањем механичких карактеристика тла – стабилизацијом тла неком од познатих метода, као што су млазно ињектирање (jet grouting) или консолидационо ињектирање.

Решење са шиповима је тешко изводљиво, првенствено због недостатка простора потребног за извођење радова, па је усвојено решење методом плитког

консолидационог ињектирања. Препоручено је да се након санације настави праћење слегања темеља помоћу репера.

7. ЗАКЉУЧЦИ

На основу изведених теренских истраживања, лабораторијских испитивања и геостатичких прорачуна закључено је да је настало неравномерно слегање темеља последица провлажавања лесоидног тла испод темеља услед процуривања воде из инсталација. Таква појава је честа код колапсбилних врста тла какав је лес, који услед своје специфичне структуре губи добра механичка својства приликом накнадног влажења. Умајући то у виду, код пројектовања темеља на таквој врсти тла треба посебним мерама спречити свако неконтролисано продирање воде испод темеља, уколико се предвиђа плитко фундаирање, или повећати дубину фундаирања изван зоне провлажавања тла.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Елаборат о геотехничким условима санације темеља котла МИНЕЛ ТЕ-114 у котларници фабрике Галеника а.д. у Земуну. Грађевински факултет Универзитета у Београду, **2014**.
- [2] Главни пројекат санације темеља парног котла ТЕ-114 у котларници фабрике „Галеника“ а.д., Земун, Грађевински факултет Универзитета у Београду, **2014**.
- [3] Правилник о техничким нормативима за темељење грађевинских објеката, Службени лист СФРЈ бр. 15/90
- [4] Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules

GEOTECHNICAL CONDITIONS FOR REPAIR OF BOILER FOUNDATION IN „GALENKA“ FACTORY

Summary: This paper presents the determination of the geotechnical conditions for repair of steam boiler shallow foundation in the boiler room of the factory "Galenika", Zemun, due to the differential foundation settlements. The analysis of the causes of the problem, the program and the results of field and laboratory geotechnical testings, as well as the repair solution, are presented.

Keywords: foundation repair, settlement, wetting, loess