

NABREKANJE GLINENIH ZEMLJIN

SWELLING OF CLAY SOILS

NINA DANEU¹, B. MIRTIC²

¹Zavod za gradbeništvo Slovenije, Geomehanski laboratorij, Dimičeva 12, 1000 Ljubljana

²NTF, Oddelek za geologijo, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1997-10-01; sprejem za objavo - accepted for publication: 1997-12-19

Za izdelavo tesnilnih plasti odlagališč odpadkov in tesnilnih sistemov za objekte, ki potrebujejo posebno talno zaščito, se pogosto uporabljajo glinene zemljine z ustreznimi lastnostmi. Funkcije mineralne tesnilne plasti so: zmanjšanje prepustnosti, absorpcija onesnaževal, odpornost proti eroziji, zmožnost samoreparacije. Ena bistvenih lastnosti glin pri uporabi za tesnilne sisteme je nabrekanje, ki lahko povzroči nastanek razpok in diskontinuitet. Na stopnjo nabrekanja glin vpliva: količina dodane vode, porazdelitev velikosti delcev in mineralna sestava glin. V predstavljenem delu smo ugotovili stopnjo nabrekanja devetih različnih glin iz Slovenije. Od devetih vzorcev so se trije izkazali kot primerni za uporabo v tesnilnih sistemih. Imajo nizko ali srednjo stopnjo nabrekanja in nabrekalni potencial nižji od petih odstotkov.

Ključne besede: odlagališča odpadkov, tesnilni sistemi, glina, nabrekalni pritisk, stopnja nabrekanja

Compacted clay liners are often used as barriers in landfill sealing systems and objects that require special ground protection. Functions of mineral sealing layers as geotechnical barriers are: minimisation of permeability, absorption of pollutants, resistance to erosion, self healing ability, resistance to swelling and shrinkage. Resistance of compacted clay liners to swelling and shrinkage is important because it can cause macrostructural defects such as cracks and discontinuities. It is related to hydrogeological conditions (water content), grain size distribution and mineral composition of clay. In this work we determined expansion degree of nine different clays from Slovenia. Out of nine different samples three were found useful for construction of compacted clay liners.

Key words: landfill, clay liners, swelling pressure, degree of expansion

1 UVOD

V sodobnem svetu se problema ohranjanja čistega okolja vedno bolj zavedamo. Kljub težnji po čim obsežnejšem recikliranju odpadnih snovi je njihova produkcija velika. Odlaganje odpadkov na strokovno urejena odlagališča je danes razširjeno po vsem svetu. Osnova pri izgradnji sodobnih tesnilnih sistemov odlagališč odpadkov je glina oz. glinena zemljina. Pri ustrezni stopnji zbitosti ima glinena zemljina izredno nizek koeficient prepustnosti in je praktično neprepustna. Njene plastične lastnosti omogočajo prilagajanje oblike zaradi deformacij, ki jih povzročajo obremenitve velikih količin odpadkov.

V prispevku so povzeti rezultati preiskav o nabrekanju glinenih zemljin, ki ga povzročajo nekateri glineni minerali in zaradi česar v glineni plasti nastajajo razpoke in diskontinuitete.

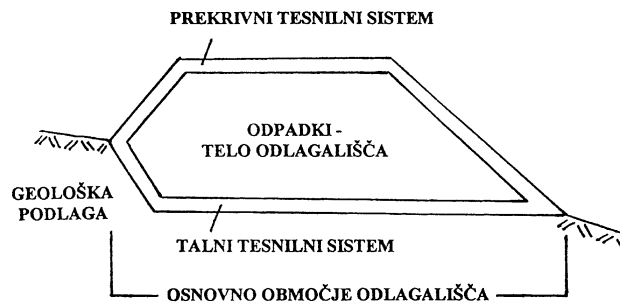
2 ZGRADBA SODOBNO UREJENEGA ODLAGALIŠČA ODPADKOV

Odlagališče odpadkov mora biti izdelano tako, da je onemogočeno onesnaževanje obdajajoče geosfere. Zato mora imeti ustrezno neprepustno geološko podlago in ustrezno izdelan talni ter prekrivni tesnilni sistem.

Primer zgradbe sodobnega odlagališča odpadkov je prikazan na **sliki 1**. Na **sliki 2** je prikazana zgradba prekrivnega (a) in talnega (b) tesnilnega sistema.

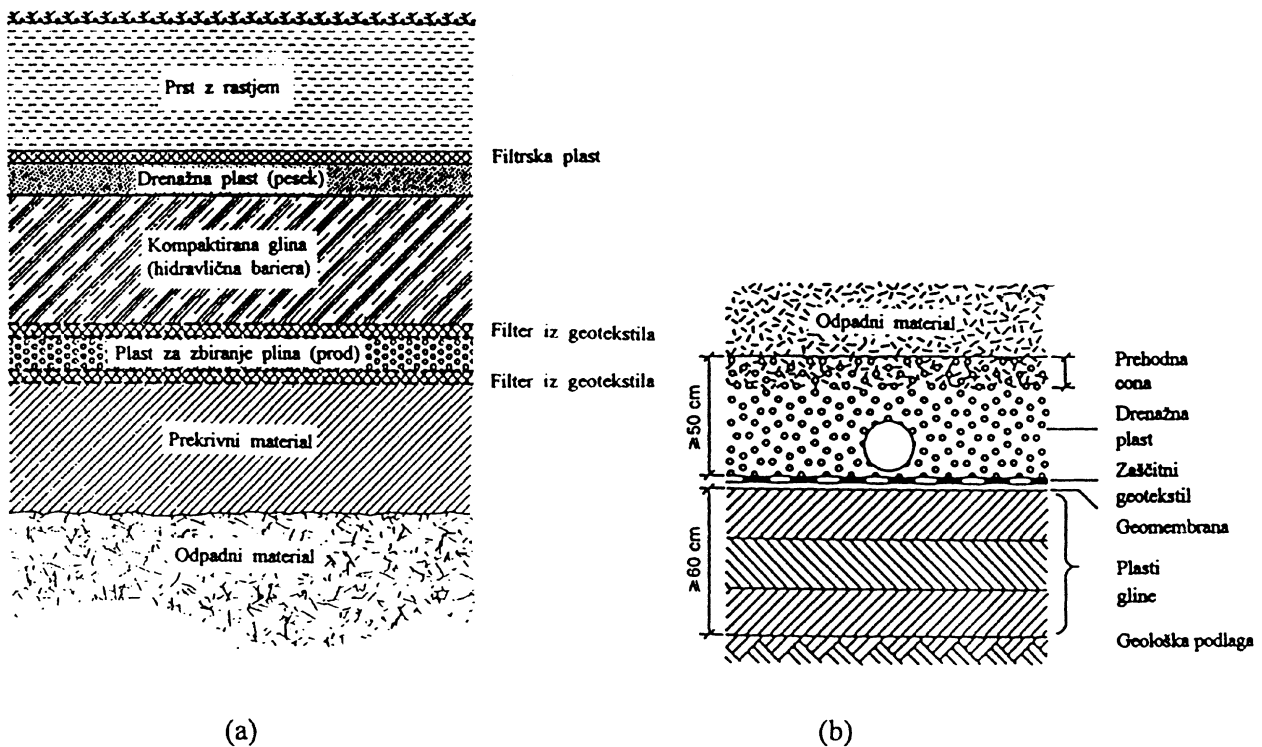
Prekrivni in talni tesnilni sistemi so sestavljeni iz več členov. Osnova so mineralne plasti iz glinenih zemljin. Funkcije mineralnih plasti so⁴:

- čim bolj zmanjšati pronicanje vode in difuzijo onesnaževalnih ionov in snovi, kar je odvisno od izbire ustreznega materiala ter od kompakcije in debeline tesnilne plasti,
- odpornost proti eroziji in penetraciji vode,
- odpornost proti izcednim vodam, kar je odvisno od količine in vrste glinenih mineralov v mineralni tesnilni plasti,
- čim večja kapaciteta adsorpcije težkih kovin. Odvisna je od vsebnosti glinenih mineralov in organske snovi,
- neobčutljivost za namestitvev in sposobnost samoreparacije, ki jo omogočajo čim boljše plastične last-



Slika 1: Skica odlagališča odpadkov in njegovih glavnih sestavnih delov⁴

Figure 1: Scheme of a landfill and its main components⁴



Slika 2: Zgradba prekrivnega⁵ (a) in talnega² (b) tesnilnega sistema²
 Figure 2: Composition of (a) top sealing system⁵ and (b) base sealing system²

nosti. Odvisne so od vsebnosti glinene komponente in porazdelitve velikosti delcev,
 – čim manjše nabrekanje in krčenje.

Edino merilo, ki je vključeno v večini načrtov za odlagališča odpadkov, je koeficient prepustnosti mineralne plasti, ki naj bo manjši od 10^{-9} m/s, kar pa nikakor ni zadostno merilo za ekološko varen objekt te vrste⁶.

3 NABREKALNE LASTNOSTI ZEMLJIN

Nabrekanje glinenih zemljin je odvisno od vrste glinenih mineralov, ki jih zemljina vsebuje, od vsebnosti koloidnih delcev, od fizikalnih in kemijskih lastnosti izmenjalnih ionov, koncentracije soli v porni vodi in od cementacijskih vezi med glinenimi minerali⁷.

Sposobnost nabrekanja zemljin ugotavljamo na tri načine³:

- z določanjem mineralne sestave, kar je uporabno za oceno materiala, a samo po sebi ne zadostuje pri obravnavanju naravnih materialov. Metode za določanje mineralne sestave zemljin so tudi nepraktične in neekonomične za geotehnične inženirje,
- posredno, pri čemer z določanjem indeksnih lastnosti zemljin, kot so Atterbergove konsistenčne meje, meja linearnega krčenja, prosto nabrekanje, odstotek koloidnih delcev, dobimo uporabno orodje za oceno nabrekalnih lastnosti zemljin,
- neposredno merjenje nabrekanja zemljin, pri čemer dobimo najzanesljivejše in najuporabnejše podatke,

vendar so postopki velikokrat dolgotrajni in zato manj uporabni.

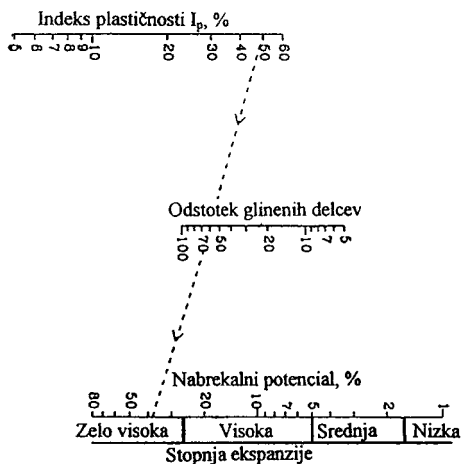
4 EKSPERIMENTALNI DEL

4.1 Opis vzorcev

Pri preiskavah uporabnosti slovenskih glin za vgradnjo v tesnilne sisteme odlagališč odpadkov smo pri vzorcih glin določili med drugim tudi nabrekalni potencial in stopnjo nabrekanja z uporabo metod po Basmi¹ ter po Holtzu in Gibbu¹.

Preiskanih je bilo devet različnih slovenskih glin:

- P-1: pliokvartarna homogena pusta glina opekarske kakovosti, srednje gnetna, modro siva.
- P-2: pliokvartarna mastna glina, težko gnetna, zelena z rjavimi prevlekami.
- P-3: pliokvartarna deluvialna mastna glina, srednje gnetna, zelena.
- P-4: pliokvartarna aluvialna pusta glina do glinast melj s peščenimi vložki, židka do lahko gnetna, siva.
- P-5: pliokvartarna pusta glina do glinast melj, poltrdna, rjava.
- P-6: pliokvartarna mastna glina, poltrdna, siva.
- M-1: miocenska pusta glina, poltrdna, rumeno rjava.
- M-2: miocenska mastna glina, težko gnetna do poltrdna, siva.
- M-3: miocenska pusta do mastna glina, težko gnetna do poltrdna, zelena.



Slika 3: Nomograf za določanje nabrekalnega potenciala zemljine po Basmi¹

Figure 3: Nomograph for determination of swell potential and degree of expansion¹

4.2 Posredno ugotavljanje nabrekalnih lastnosti glinenih zemljin

Po metodi Basme¹ določimo nabrekalni potencial gline (izražen v odstotkih) in stopnjo nabrekanja (opisna oznaka) na podlagi vrednosti indeksa plastičnosti in odstotka vsebnosti glinenih delcev (delcev, manjših od 0,002 mm).

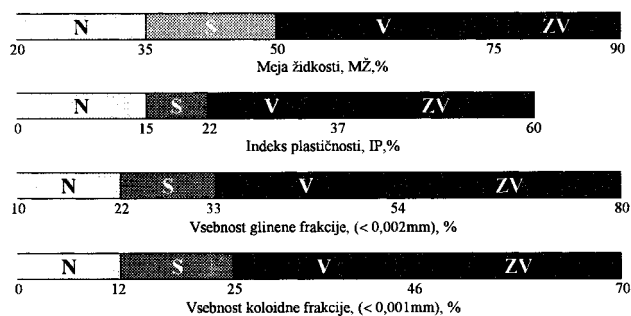
Tabela 1: Lastnosti preiskovanih glin, potrebne za določitev stopnje nabrekanja
Table 1: Characteristics of investigated clays

VZOREC	AC	NARAVNA VLAGA w ₀ %	MEJA ŽIDKOSTI w ₁ %	INDEKS PLASTIČNOSTI I _p %	VSEBNOST DELCEV <0,002mm %	VSEBNOST DELCEV <0,001mm %	KOEFICIENT PREPUSTNOSTI k m/s
P-1	CL	18,0	44,2	25,9	17,60		2,0x10 ⁻¹¹
P-2	CH	32,0	91,4	54,6	46,12	17,65	7,8x10 ⁻¹⁰
P-3	CH	30,0	68,9	50,1	46,47	22,11	1,2x10 ⁻¹⁰
P-4	CL-ML	32,5	36,5	12,4	21,41	7,16	1,5x10 ⁻⁹
P-5	CL-ML	23,1	42,5	15,5	41,42	21,02	4,4x10 ⁻⁸
P-6	CH	13,2	57,2	33,4	53,14	26,00	1,2x10 ⁻⁹
M-1	CL	14,2	43,2	24,9	25,27	10,54	3,7x10 ⁻¹⁰
M-2	CH	28,4	77,3	44,1	61,03	28,55	
M-3	CL-CHm	15,5	52,1	33,1	53,76	30,91	3,4x10 ⁻¹⁰

Tabela 2: Določitev nabrekalnega potenciala in stopnje nabrekanja za preiskovane vzorce. Z zvezdico so označene vrednosti, ki odstopajo. NP-nabrekalni potencial, SN-stopnja nabrekanja

Table 2: Prediction of swell potential and degree of expansion for tested samples. Incorrectly classified samples are marked with an asterisk. NP-swell potential, SN-degree of expansion

Vzorec	Holtz in Gibb ¹			Basma ¹		
	w ₁ (%)	I _p (%)	<0,002mm(%)	<0,001mm(%)	NP(%)	SN
P-1	S*	V	V	/	6,5	Visoka
P-2	ZV	ZV	V*	S*	29	Zelo visoka
P-3	V*	ZV	ZV	S*	32	Zelo visoka
P-4	S*	N	N	N	1,9	Nizka
P-5	S	S	V*	S	4,8	Srednja
P-6	V	V	V	V	19	Visoka
M-1	S	V*	S	N*	4,5	Srednja
M-2	ZV	ZV	ZV	V*	30	Zelo visoka
M-3	V	V	V	V	18	Visoka



Slika 4: Določanje stopnje nabrekanja zemljin po Holtzu in Gibbu¹
Figure 4: Classification of expansive soils after Holtz and Gibb¹

Holtz in Gibb¹ pa sta izdelala postopek, po katerem glino uvrstimo glede na naslednje lastnosti:

- MŽ - meja židkosti,
- IP - indeks plastičnosti,
- odstotek glinenih delcev (delci < 0,002 mm),
- odstotek koloidnih delcev (delci < 0,001 mm)

v eno od naslednjih skupin. Namesto kvantitativne ocene uporabimo opisno oznako stopnje ekspanzije:

- N nizko ekspanzivna zemljina,
- S srednje ekspanzivna zemljina,
- V visoko ekspanzivna zemljina,
- ZV zelo visoko ekspanzivna zemljina.

5 REZULTATI PREISKAV IN DISKUSIJA

V **tabeli 1** so zbrane izmerjene lastnosti vzorcev, ki so potrebne za določitev nabrekalnih lastnosti glin po metodah Basmé¹ ter Holtza in Gibba¹. Vključen je tudi podatek o koeficientu prepustnosti posameznih glin.

Glede na izmerjene lastnosti glin lahko vzorce po metodi Holtza in Gibba¹ ter po metodi Basmé¹ uvrstimo, kot je prikazano v **tabeli 2**.

Stopnja nabrekanja, določena po metodi Holtza in Gibba¹, ter tista, določena po metodi Basmé¹, sovpadata. Pri določanju lastnosti glin so se pojavili manjši odmiki, ki so verjetno posledica nepravilnosti pri postopku določanja posameznih lastnosti.

Iz **tabele 1** je razvidno, da pri upoštevanju koeficienta prepustnosti kot edinega merila za določitev uporabnosti glin za vgradnjo v tesnilne sisteme odlagališč odpadkov ustrezajo vsi vzorci, razen P-5, ki ima prenižen koeficient prepustnosti.

Če pa privzamemo, da imajo gline, primerne za vgradnjo v tesnilne sisteme odlagališč odpadkov poleg koeficienta prepustnosti, nižjega od 10^{-9} m/s še nizko ali srednjo stopnjo nabrekanja oz. nabrekalni potencial, nižji od 5%, sta od preiskanih vzorcev glede na stopnjo nabrekanja za vgradnjo v tesnilne sisteme primerna vzorca M-1 (NP = 4,5%) in P-4 (NP = 1,9%). Pogojno je primeren tudi vzorec P-1, ki je na meji med visoko in srednjo stopnjo in ima nabrekalni potencial 6,5%.

6 ZAKLJUČKI

Pri določanju primernosti glin za vgradnjo v tesnilne sisteme odlagališč odpadkov je treba upoštevati različna merila. Glina z nizkim koeficientom prepustnosti ima lahko visoko stopnjo nabrekanja. To pomeni, da bodo v stiku z izrednimi vodami nastale v tesnilni plasti razpoke in diskontinuitete, kar bi povečalo prepustnost za nekaj redov velikosti.

Opisani metodi za posredno določanje nabrekalnih lastnosti glin omogočata hitro in enostavno določanje primernosti glin glede na njihovo stopnjo nabrekanja in nabrekalni potencial.

7 LITERATURA

- ¹ Basmá, A. A.: Prediction of expansion degree for natural compacted clays, *Geotechnical Testing Journal*, (1993) 542-549
- ² Brandl, H.: Mineral liners for hazardous waste containment, *Geotechnique*, 42 (1992) 57-65
- ³ Chen F. H.: Developments in geotechnical engineering: Foundations on expansive soils. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam, 1975
- ⁴ Jessberger, H. L.: Technical guidances on geotechnics of landfill and contaminated land, *Third international landfill symposium*, Proceedings, Caligari, 1991, 1151-1159
- ⁵ Mac Bean, E. A., Rovers, F. A., Farquhar, G. J.: Solid waste landfill engineering and design. Prentice Hall, London, 1995
- ⁶ Rokavec, D.: Uporabna vrednost glin iz ležišča Globoko, *Magistrsko delo*, Univerza v Ljubljani, NTF, Oddelek za geologijo, Ljubljana, 1996
- ⁷ Yong, R. N., Warkentin, B. P.: Developments in geotechnical engineering: Soil properties and behaviour. Amsterdam, 1975