

Janko LOGAR

doc.dr., univ.dipl.inž.grad., Univerza v Ljubljani, FGG, Katedra za mehaniko tal z laboratorijem

Mojca RAVNIKAR TURK

univ.dipl.inž.grad., Zavod za gradbeništvo, Ljubljana

PROJEKTIRANJE IN GRADNJA NASIPA SRMIN

POVZETEK: Na lokaciji, ki jo gradijo mehki aluvijalni nanosi reke Rižane, in kjer je pred 15 leti pod 7 m visokim nasipom prišlo do porušitve temeljnih tal, je bil zgrajen 11,5 m visok nasip. Za zagotavljanje njegove stabilnosti in dovolj majhnih posedkov nasipa na prehodu na globoko temeljene objekte, so bila tla pod nasipom izboljšana z gruščnatimi koli. Rezultati projektnih izračunov so primerjani z meritvami med gradnjo.

THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF SRMIN EMBANKMENT

SUMMARY: On the location with soft aluvial deposits of Rižana river the subsoil failed 15 years ago under 7 m high embankment. Now, a 11.5 m high embankment was constructed on the same site. The subsoil was reinforced by stone columns in order to assure safety during and after construction and small relative settlement between the embankment and deeply founded viaduct and underpass during operation of motorway. The results of design calculations are compared with measurements taken during construction.

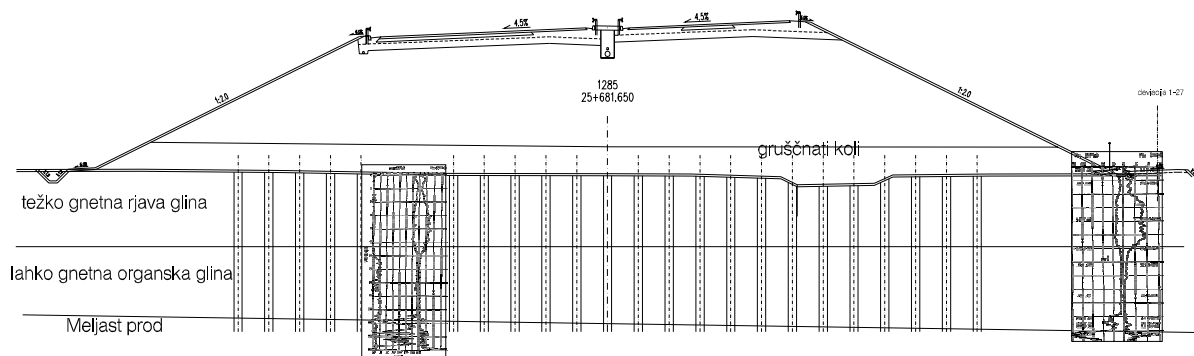
UVOD

Pri gradnji obalne hitre ceste ob koncu osemdesetih let je prišlo do porušitve tal pod nasipom ob nadvozu čez železniško progo. V trenutku porušitve je bil nasip visok 7 m, gradnja pa je bila hitra. V sklopu gradnje AC Klanec – razcep Srmin je v prostoru razcepa Srmin predviden na isti lokaciji ter vse do viadukta Bivje približno 600 m dolg nasip, ki poteka po enako sestavljenih temeljnih tleh a s še nekoliko slabšimi mehanskimi karakteristikami. Nasip je visok od 8,5 pa do 11,5 m.

Zaradi pretekle izkušnje je bilo že vse od začetka jasno, da je gradnja nasipa mogoča le ob sanaciji temeljnih tal ali pa z bočnimi nasipi. Preverjeni sta bili tudi varianti z viaduktom in nasipom iz lahkega materiala a sta bili nekonkurenčni zaradi znatno višje cene ter zaradi viškov ustreznega nasipnega materiala na tem odseku AC. Preliminarne geomehanske analize sanacije tal z gruščnatimi koli in bočnimi nasipi so podale osnove za izbiro variant, pri čemer je s tehničnega vidika bistveno naslednje:

- bočni nasipi sicer lahko zagotovijo ustrezno varnost, ne rešujejo pa problema diferenčnega posedanja med globoko temeljenimi objekti (viadukt Bivje, podvoz Luka in nadvoz čez železnico) in nasipom,
- gruščnati koli ugodno vplivajo na stabilnost nasipa in temeljnih tal, pospešijo posedanje in delno zmanjšajo posedke, ugodno vplivajo tudi na zmanjšanje sekundarnega posedanja, pri tem pa odpade potreba bo dodatnih zemljišč za bočne nasipe (nasip poteka preko kmetijskih zemljišč).

Izbrana je bila varianta s temeljenjem nasipa na gruščnatih kolih. Geotehnični projekt je bil izdelan na osnovi podatkov iz treh sondažnih vrtin z ustreznimi laboratorijskimi raziskavami na odvzetih vzorcih ter na osnovi treh CPT sond. Med gradnjo so bile izvedene še dodatne vrtine za opazovanje obnašanja nasipa in temeljnih tal (inklinometri, piezometri), preiskave z dilatometrom in ponovljene so bile CPT preiskave. Vseskozi so se izvajale tudi meritve posedanja nasipa s posedalnimi ploščami in s tremi horizontalnimi inklinometri. Glede na dogovorjeni obseg geotehničnega opazovanja je bil obseg sanacije tal projektiran skrajno racionalno. Pod nasip s priključnimi kraki je bilo vgrajenih 6500 gruščnatih kolov dolžine 12 m in premera 60 cm na medosni razdalji kvadratnega rastra 2,25 m.



Slika 1. Značilni prerez nasipa Srmin.

TERENSKI IN LABORATORIJSKI PODATKI

Terenske raziskave

Vzdolž nasipa Srmin so bile v letu 1999 izvrtane 3 sondažne vrtine v skupni dolžini 46 m. Sestava tal se vzdolž nasipa ne spreminja bistveno, lastnosti tal pa so nekoliko slabše na mestu, kjer je nasip najvišji. Izvedene so bile tudi tri CPTU raziskave v skupni dolžini 36,5 m. S statičnim penetrometrom so bili na izbranih globinah izdelani tudi disipacijski testi za določitev vodoprepustnosti.

Sestava tal je prikazana v prečnem profilu ob viaduktu Bivje (slika 1), kjer se nahajajo naslednji značilni sloji:

- površinski sloj težko gnetne sivorjave plastične gline, debeline 5 do 5,5 m,
- sloj židke do srednje gnetne temno sive do črne organske meljne gline debeline 4 do 5,5 m s

- številnimi organskimi ostanki (kritični sloj glede trdnosti in deformabilnosti),
- sloj glinastega in meljastega gruščja, proda, ponekod pesek, debeline 2 do 4 m,
- laporna podlaga.

Podtalnica se nahaja v produ nad flišno podlago. Po prevrtanju tega sloja se voda v vrtini dvigne skoraj do površja. Sloj lahko gnetne organske glinje je zasičen, medtem ko zgornji sloj težko gnetne glinje ni.

Laboratorijske raziskave in lastnosti materialov

Na osnovi vseh izvedenih preiskav povzemamo naslednje povprečne vrednosti karakteristik značilnih slojev tal na območju nasipa Srmin (Preglednica 1):

Preglednica 1: Pregled s preiskavami ugotovljenih materialnih karakteristik

Sloj	t.g. sivorjava glina	organska glina	meljast prod
AC klasifikacija	CH	CH-OH do CL-OL	GP-GM
naravna vlaga (w_0)	26 – 33%	27 – 60%	
meja židkosti (w_L)	61 – 73%	34 – 97%	
indeks plastičnosti (I_p)	42 – 50%	16 – 65%	
indeks konsistence (I_c)	0,76 – 0,9	0,41 – 0,63	
prostorninska teža (γ)	18,6 do 20,0 kN/m ³	16,1 do 19,8 kN/m ³	
Triosni UU test (q_u)	81 – 187 kPa	38 – 83 kPa	
Žepni penetrometer (q_u)	110 – 240 kPa	40 – 140 kPa	
Nedr. str. trdn. CPT (c_u)	67 kPa	20 kPa	
drenirana strižna trdnost:	$c' = 7,5$ kPa; $\varphi' = 27,7^\circ$	$c' = 13,4$ kPa; $\varphi' = 25,8^\circ$	$\varphi' = 37 - 38^\circ$
edometrski modul E_{oed} :	5,9 – 6,6 MPa	1,7 – 4,1 MPa	30 – 44 MPa
vodoprepustnost:	$3 \cdot 10^{-9} - 8 \cdot 10^{-9}$ cm/s	$8 \cdot 10^{-9} - 1,6 \cdot 10^{-8}$ cm/s	
param. sekund. kons. α_e :	0,005 – 0,0075	0,006 – 0,03	

Računske karakteristike

Na osnovi vseh izvedenih terenskih in laboratorijskih preiskav so bile v računih privzete karakteristike tal, kot jih podajamo v preglednici 2. Pri tem smo dali večjo težo preiskavam na lokaciji bližje viaduktu Bivje, ker je tam nasip najvišji in sestava tal manj ugodna.

Preglednica 2: Projektne vrednosti materialnih karakteristik

Karakteristika	t.g. sivorjava glina	organska glina	zaglinjen prod
γ (kN/m ³)	20	16	21
E_{oed} (MPa)	6	2	40
k (m/s)	$8 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-10}$	prepustno
φ' (°)	26	25	35
c' (kPa)	5	10	0
c_u (kPa)	65	20	-

DIMENZIONIRANJE GRUŠČNATIH KOLOV

Z vgradnjo gruščnatih kolov v tla moramo zadostiti vsaj dvema projektnima kriterijema:

- zagotovljena mora biti stabilnost nasipa v gabaritu, določenem s projektom in v vseh fazah gradnje ter uporabe,
- diferenčni posedki med globoko temeljenimi objekti in nasipom morajo biti po odprtju ceste za promet v okvirih, predpisanih s strani projektanta ceste.

Določitev rastra gruščnatih kolov

Raster je bil določen tako, da je ob ugotovljenih mehanskih lastnostih zagotavljal 95% konsolidacijo v 1,5 leta. Medosna razdalja med gruščnatimi koli v kvadratnem rastru je bila tako določena na 2,25m.

Posedki tal pod nasipom

Za izbran raster gruščnatih kolov (gruščnati koli Ø60 cm/2,25 m v kvadratnem rastru) smo po metodi Pulka (2000) določili posedek tal pod nasipom višine 11,3 m s prostorninsko težo 22 kN/m³. Prvi račun je pokazal, da bi bil posedek pod takim nasipom 71 cm. To pomeni, da bo obtežba večja, saj bo potrebno za izvršeni posedek nasip nadvišati. Za 12,05 m visok nasip smo izračunali 75 cm posedka.

Stabilnost nasipa in temeljnih tal

Gruščnati koli povečajo varnost temeljnih tal zaradi:

- deloma izboljšane povprečne strižne karakteristike tal,
- pospešene konsolidacije s čimer nedrenirana strižna trdnost tal pod nasipom hitro narašča.

Za nasip iz zgoščenega flišnega laporja smo uporabili: $\varphi'=26^\circ$ in $c'=5$ kPa ter 22 kN/m³. Za zemljine v temeljnih tleh smo uporabili podatke iz preglednice 2, za gruščnate kole pa smo privzeli strižni kot $\varphi'=38^\circ$.

Računali smo s programom PLAXIS po MKE ob uporabi Mohr-Coulombovega modela za zemljine. Variantno smo upoštevali tudi pričakovan prirastek nedrenirane strižne trdnosti glinenih slojev zaradi obremenitve in hitre konsolidacije. Podatek izhaja iz CPT meritve pod obstoječim priključnim nasipom na nadvoz preko železniške proge. Pod cca 7 m visokim nasipom je bil v sloju organske gline izmerjen dvig nedrenirane strižne trdnosti iz 20 kPa na 60 kPa, v zgornjem sloju težkognetne gline pa iz 60 kPa na 85 kPa. Tako smo dobili za posamezne faze naslednje varnostne faktorje (Preglednica 3):

Preglednica 3: Računske varnosti po fazah gradnje

Računska faza	Varnost (projekt)
prvih 6 m nasipa ($c_{u1}=60$ kPa, $c_{u2}=20$ kPa)	1,65
nasip do 11,3 m ($c_{u1}=60$ kPa, $c_{u2}=40$ kPa)	1,20
nasip do 11,3 m + 33 kPa obt. ($c_{u1}=60$ kPa, $c_{u2}=40$ kPa)	1,09
nasip do 11,3 m ($c_{u1}=80$ kPa, $c_{u2}=60$ kPa)	1,35
nasip do 11,3 m + 33 kPa obt. ($c_{u1}=80$ kPa, $c_{u2}=60$ kPa)	1,24

Iz preglednice 3 vidimo, da je varnost brez upoštevanja konsolidacije v drugi fazi $F=1,20$, a že ob minimalnem upoštevanju povečanja nedrenirane strižne trdnosti v velikosti, ki naj bi se zgodila že po 1. fazi, dobimo $F=1,35$. Obtežba velikosti 33 kPa na vrhu nasipa (promet ali preobtežba) zniža končno varnost, a je ob upoštevanju predvidenega porasta nedrenirane strižne trdnosti še sprejemljiva. Za kontrolo naraščanja nedrenirane strižne trdnosti med gradnjo, so se izvajale ponovljene CPT meritve. Meritve so se prvič ponovile, ko je nasip dosegel višino 7 m (abs. kota 10 m), drugič pa ko je bil visok 9 m (abs. kota 12 m).

Na osnovi analiz in sprejetega predloga za geotehnično opazovanje je bilo določeno, da se gruščnati koli ne vgradijo po celotnem tlorisu nasipa, temveč le pod tistim delom nasipa, ki je višji od 4 m (pri naklonu 1:2 to pomeni 8 m od roba nasipa).

GRADNJA NASIPA

Prva dva metra nasipa sta zgrajena iz prepustnega kamnitega materiala. Prvi sloj tega materiala je služil za povozni plato med vgradnjo gruščnatih kolov. Gruščnati koli so se vgrajevali z dvema tehnologijama: z vibroflotacijo in z opažno cevjo. Preostali del nasipa do planuma spodnjega ustroja je zgrajen iz flišnega materiala. Prvotno je bila gradnja nasipa zamišljena tako, da se pri višini nasipa 7 m gradnja ustavi za toliko, da se doseže 70% konsolidacija (4 mesece). Zatem naj bi se gradnja nadaljevala glede na rezultate geotehničnega opazovanja. Zaradi hitrejšje konsolidacije večine slojev tal je bila gradnja hitrejša. Na višini 7 m je nasip odležal le en mesec, naslednji mesec pri višini 9 m, zatem je bil izveden do višine planuma spodnjega ustroja. Izjema je bil skrajni severozahodni del pri

viaduktu Bivje, kjer so razmere najslabše, nasip pa zaradi prečnega sklona najvišji. Tam je bil zadnji meter izveden še en mesec kasneje. V celoti gledano je gradnja potekala hitreje, kot je bilo s projektom predvideno.

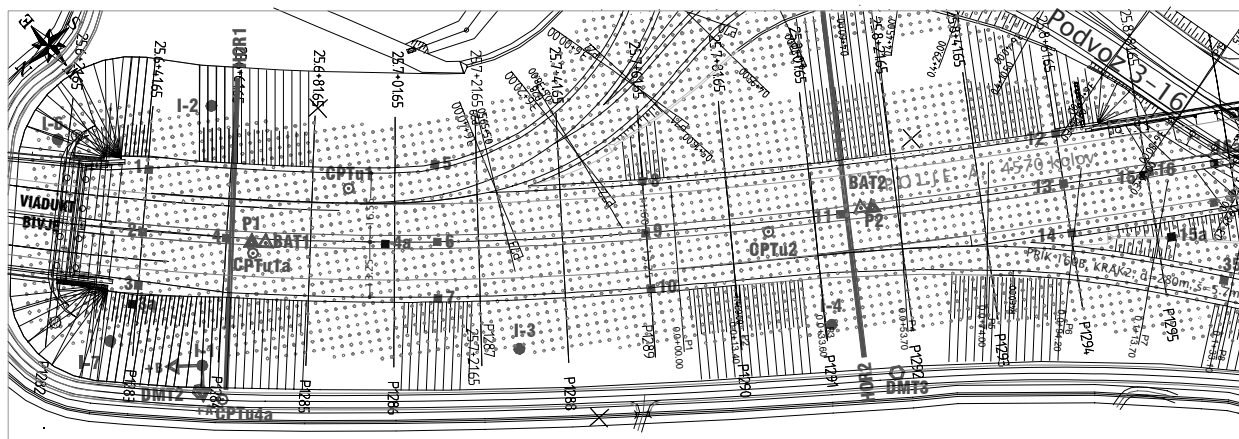
GEOTEHNIČNO OPAZOVANJE OBNAŠANJA TAL IN NASIPA

Geotehnično opazovanje je obsegalo:

- geodetsko opazovanje posedkov temeljnih tal s pomočjo posedalnih plošč,
- meritve posedkov v treh profilih s horizontalnim inklinometrom,
- meritve dodatnih pornih tlakov v temeljnih tleh,
- meritve horizontalnih deformacij v tleh z inklinometri,
- meritve poboljšanja nedrenirane strižne trdnosti v tleh s CPTU testi in z dilatometrom.

Rezultati geotehničnega opazovanja

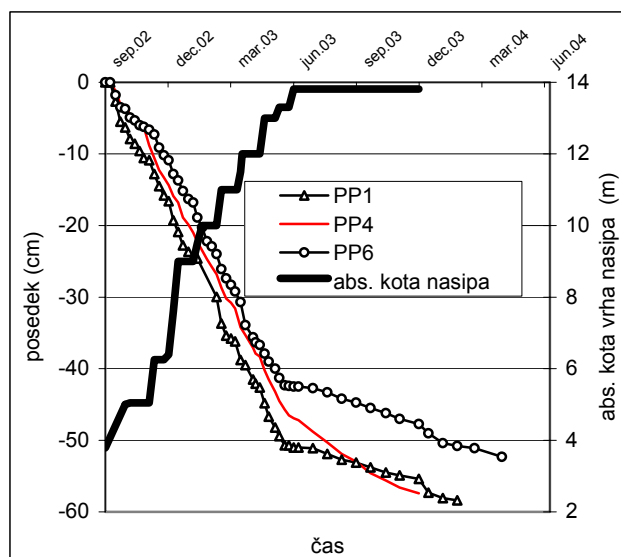
Situacija merskih mest od viadukta Bivje do podvoza 3-16 je prikazana na sliki 2. Posedalne plošče (PP) so označene s številkami (1 do 35), inklinometri z 'I' in številko merskega mesta, horizontalna inklinometra s 'HOR', merska mesta pornih tlakov z 'BAT', piezometri s 'P'. Prikazane so tudi lokacije, kjer so se izvedle terenske preiskave s statičnim penetrometrom (CPTu) in raziskave z dilatometrom (DMT). Na sliki je prikazan tudi raster gručnatih kolov.



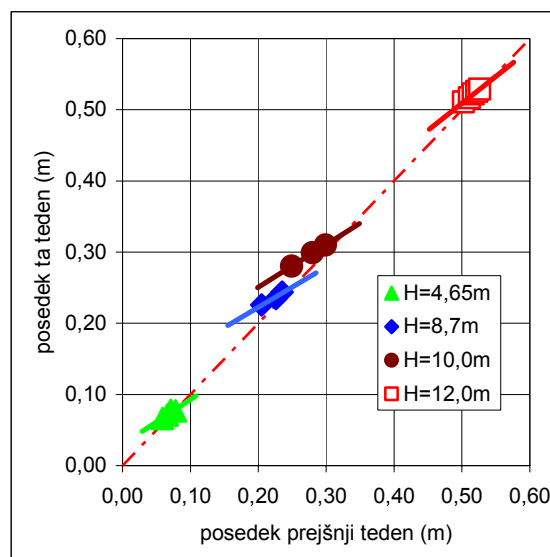
Slika 2. Situacija nasipa Srmin na dolžini 300m z lokacijami merskih mest

Rezultati geodetskih meritev vertikalnih pomikov posedalnih plošč (z oznakami PP1, PP4 in PP6), ki so locirane blizu viadukta Bivje, so prikazani na sliki 3. Na časovnem diagramu je prikazana tudi dinamika gradnje nasipa (absolutna kota nasipa). Ker posedalne plošče niso bile vgrajene na koti prvotnega terena, ampak na prvo oziroma drugo plast drenažnega sloja nasipa, so tudi geodetsko izmerjeni pomiki manjši od dejanskih posedkov tal pod nasipom. Ocenjujemo, da ta 'zamujeni' posedek znaša od 4 do 6 cm. Osnovna geodetska meritev posedalnih plošč je bila septembra 2002, zadnja pa aprila 2004 (20 mesecev kasneje) pri absolutni koti nasipa od 12,0 do 13,8m (višina nasipa do 10,8m). Največji izmerjeni posedek je znašal 58 cm, vendar konsolidacija nasipa še ni bila končana, kakor tudi še ni bila dosežena projektirana kota nasipa. Če upoštevamo 5 cm zamujenega posedka in še približno 5 cm zaradi zadnjega metra obtežbe, bo posedek v območju priljučka k viaduktu Bivje gotovo dosegel računsko predvidenih 70 cm. Na račun prometne obtežbe in sekundarnih učinkov bo v območju viadukta Bivje končni posedek verjetno še nekoliko večji. Drugod bodo posedki manjši, saj je višina nasipa manjša, tla pa za spoznanje manj stisljiva.

Višina nasipa se od junija do decembra 2003 ni spreminjala. Na časovnem diagramu posedanja (slika 3) je opazna konsolidacija tal, ki je v tem obdobju znašala od 4 do 10 cm. Zaradi gradnje krajne podpore viadukta Bivje je bil del nasipa odstranjen, kar je vplivalo na upočasnitev konsolidacije na območju PP1 ($\Delta s=4\text{cm}$). V istem časovnem obdobju so se tla pod sredino nasipa (PP4) posedla za 10 cm.

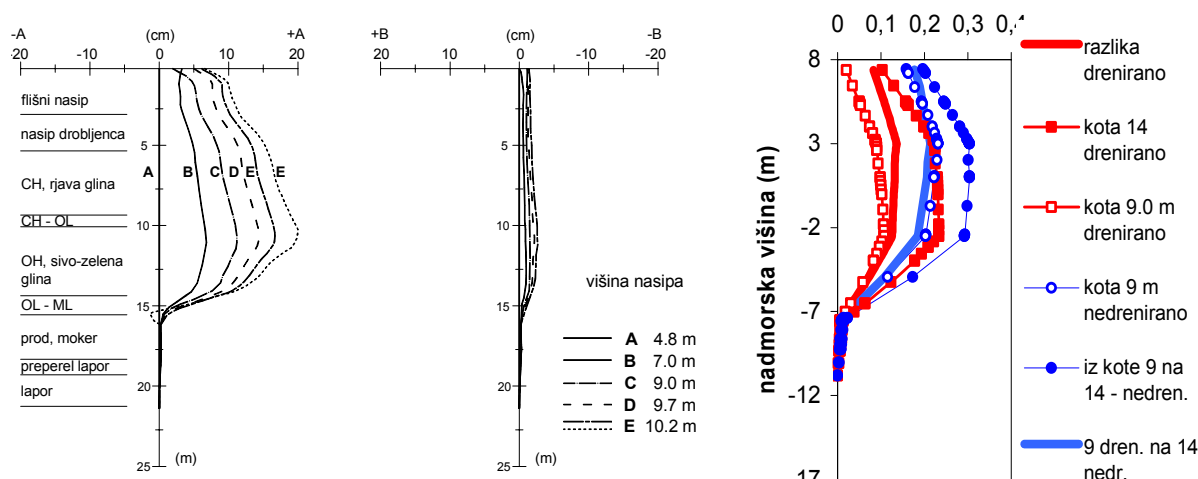


Slika 3. Časovni potek vertikalnih pomikov nekaterih posedalnih plošč



Slika 4. Analiza posedkov z metodo Asaoka za posedalno ploščo PP-14

Meritve posedanja so se izvajale v treh prečnih profilih izvajale s hidrostatskim horizontalnim inklinometrom (dve lokaciji sta na sliki 2). Te meritve so pokazale veliko uporabnost pri ugotavljanju diferenčnega posedanja sredine oz. bokov nasipa. V profilu HOR-1 je julija 2003 diferenčni pomik med robom nasipa in osjo avtoceste znašal 35 cm. V profilu HOR-2 pa je na severozahodni strani (pri kmetijskem zemljišču) znašal 23 cm, na jugovzhodni strani (kjer so bila tla obremenjena s priključnim nasipom) pa le 15 cm. Posedki so manjši v bližini obstoječe obalne ceste, kjer so bila tla že pred leti delno konsolidirana zaradi raznosa obtežbe nasipa obalne ceste ter bočnega nasipa, ki je bil izveden za sanacijo porušitve tal leta 1989. V tleh s slabšimi materialnimi karakteristikami (lokacija HOR-1) so bili posedki pod bodočo bankino AC večji kot na sredini. To pripisujemo distorziji, ki je posledica relativno hitre gradnje glede na dane lastnosti tal. Posedanje nasipa na mestih horizontalnih inklinometrov HOR-1 in HOR-2 je prikazano v Žvanut, Ravnikar Turk, Žiberna (2004) v isti publikaciji.

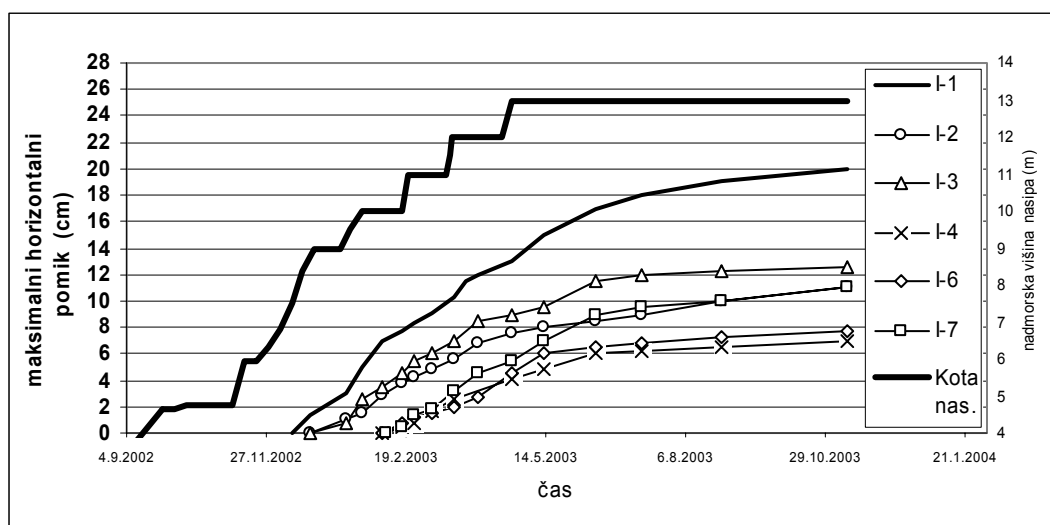


Slika 5. Merjeni horizontalni pomiki v inklinometru I-1 (levo), računski horizontalni premiki (desno)

Horizontalne deformacije nasipa in predvsem temeljnih tal so se merile z vertikalnimi inklinometri, katerih lokacije so prikazane na sliki 2. Največje deformacije tal smo izmerili pri viaduktu Bivje, rezultati meritev v I-1 so prikazane na sliki 5. Inklinometer je bil vgrajen na robu nasipa (na severozahodni strani) ob kmetijskim zemljišču, osnovna meritev je bila pri decembra 2002 pri višini nasipa 4,8 m (oznaka A). Od takrat smo izmerili horizontalne pomike velikostnega reda do 20 cm predvsem v sloju

organske gline. Zadnji dve prikazani meritvi (z oznako E) sta bili izvedeni pri isti višini nasipa in sicer 10,2 m. V času petih mesecev se je razvil horizontalni pomik velikosti 5,5 cm. Pri projektiranju globoko temeljenih objektov v malo nosilnih tleh je potrebno upoštevati, da dodatne obtežbe na površini povzročijo vertikalne in horizontalne deformacije tal. Zato so bili piloti krajnega opornika viadukta Bivje izvedeni šele po tem, ko se je pretežni delež konsolidacije tal (zaradi obtežbe nasipa) že izvršil. Na lokacijah, ki so oddaljene od viadukta Bivje in na levi strani nasipa (inklinometer I-2), so izmerjeni horizontalni pomiki v temeljnih tleh manjši. To potrjuje najslabše razmere na desni strani nasipa, kjer je nasip najvišji.

Zaradi znatnih distorzijskih deformacij, izmerjenih v horizontalnem in vertikalnih inklinometrih, ter zaradi odvodnjevalnega jarka, ki je izveden na mestu, kjer izklinja potencialna drsina (in negativno vpliva na stabilnost), smo na krajšem odseku najslabših razmer deviacijo med jarkom in nasipom izkoristili za manjši bočni nasip višine 2 m. Da so ostali inklinometri izmerili manjše horizontalne premike, kaže slika 6.



Slika 6. Merjeni horizontalni pomiki v inklinometrih v bližini viadukta Bivje

Meritve pornih tlakov so se izvajale le na treh lokacijah, ti podatki so le točkovni. Zaradi interpretacije meritev pornih tlakov, je bil ob vsakem merskem mestu izveden tudi odprti piezometer. Meritve nivoja talne vode so potrdile, da se le-ta v vodonosnem prodnem sloju nahaja pod arteškim tlakom. Tlak vodnega stolpca sega občasno do nadmorske višine 3 m oziroma do kote prvotnega terena. Vpliv arteškega tlaka seže v sloj organske meljne gline (ki leži nad vodonosnim slojem), medtem ko se v zgornjem sloju sivorjave gline (od kote +3 m do -2 m) talna voda ne pojavlja. Meritve dodatnih pornih tlakov pod nasipom so le na enem mestu dajale rezultate pričakovanega velikostnega reda, zato smo jih po nekaj meritvah opustili. Razlog je verjetno v tem, da je bil en filter vgrajen v nezasičen sloj, drugi pa v bližini gruščnatih kolov, kjer dodatnih pornih tlakov ni.

Napredovanje konsolidacije smo tako lahko spremljali le preko analize časovnega razvoja merjenih posedkov. Vsako vsaj mesec trajajočo prekinitev gradnje nasipa (teh je bilo zaradi postopne gradnje nasipa kar nekaj) smo izkoristili za povratno analizo posedanja po metodi Asaoka (Magnan et al., 1983) (slika 4). Med gradnjo smo ugotavljali, da konsolidacija (95%) traja v povprečju le 3 do 4 tedne. Šele zadnja, več mesecev trajajoča konsolidacija je pokazala, da se najmanj prepustni sloji konsolidirajo pričakovanih 18 mesecev. S tem je pojasnjeno tudi počasno naraščanje nedrenirane strižne trdnosti v kritičnem, najslabšem sloju na prehodu iz težko gnetne gline v lahkognetni organski sloj.

Po doseženi koti planuma spodnjega ustroja so bile na tej koti vgrajene dodatne posedalne plošče za spremljanje relativnega posedanja vrha in dna nasipa (sesedanje samega nasipa). Zaenkrat meritve kažejo, da se sam nasip ne deformira.

Za potrebe spremljanja in računskega analiziranja stabilnostnih razmer smo poleg meritev premikov z inklinometri izvajali tudi ponovljene meritve nedrenirane strižne trdnosti. V preglednici 4 prikazujemo

rezultate teh meritev na območju v neposredni bližini viadukta Bivje. Zadnja ponovitev CPTU meritve je bila izvedena bolj na desni strani nasipa, ker so bile tam na osnovi meritev posedkov in horizontalnih premikov ugotovljene najslabše lastnosti tal (na sliki 2 oznaka CPTU-1a). Tudi podatki CPTU meritev so potrdile slabše razmere pod desno polovico nasipa.

Preglednica 4: Primerjava nedrenirane strižne trdnosti na lokaciji CPTU-1 in CPTU-1a

<i>Globina (m)</i>	<i>prvotna c_u (kPa) CPTU-1</i>	<i>c_u (kPa) pod 7 m nasipa CPTU-1</i>	<i>c_u (kPa) pod 9 m nasipa CPTU-1a</i>
0,0 – 2,0	47	71	50
2,0 – 5,5	88	105	85
5,5 – 7,0	19	27	26
7,0 – 9,0	24	61	35
9,0 – 11,0	24	61	60

ZAKLJUČEK

Nasip Srmin je bil s svojo višino do 12 m na tleh, kjer je pred leti že 7 m visok nasip povzročil porušitev tal, svojevrsten izziv pri načrtovanju in med izvedbo. Tla pod nasipom so bila izboljšana z vgradnjo gruščnatih kolov premera 60 cm v kvadratnem rastru z medosno razdaljo 2,25 m. Raster gruščnatih kolov je bil določen na osnovi kriterija trajanja konsolidacije 1,5 leta. Meritve so pokazale, da je bil tako posedek kot trajanje konsolidacije v projektu zelo dobro ocenjen. Večina slojev se sicer poseda hitreje, kritični sloj na prehodu iz zgornjega sloja težko gnetne gline v spodnji sloj organske lahko gnetne gline pa se poseda po prvotnih predvidevanjih. Heterogenost pogojev v temeljnih tleh in predhodnih obremenitev terena pred gradnjo nasipa se je odražala med gradnjo v smislu različnih posedkov, horizontalnih premikov in različnih stabilnostnih pogojev. Soliden program geotehničnega opazovanja in sprotne analize meritev sta omogočila gradnjo, ki je bila hitrejša od predvidene, in izvedbo približno 2500 gruščnatih kolov manj kot če bi jih sicer rutinsko izvajali do roba nasipa.

LITERATURA

- (1) Magnan, J.P., Pilot, G., Queyroy, D., Back analysis of soil, Proc. 8th ECSMFE, Helsinki, 1983, 653-658.
- (2) Pulko, B., Vpliv gruščnatih slopov na izboljšanje mehanskih lastnosti malo nosilnih temeljnih tal, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, 2000.
- (3) Žvanut, P., Ravnikar Turk, M., Žiberna, S., Posedki visokega nasipa Srmin, Razprave 4. posvetovanja slovenskih geotehnikov, Rogaška Slatina, 9.-11. junij 2004.