

Pavel ŽVANUT

mag., univ.dipl.inž.grad., Zavod za gradbeništvo Slovenije, Oddelek geotehnika in prometnice

Mojca RAVNIKAR TURK

univ.dipl.inž.grad., Zavod za gradbeništvo Slovenije, Oddelek geotehnika in prometnice

Simon ŽIBERNA

univ.dipl.inž.grad., Zavod za gradbeništvo Slovenije, Oddelek geotehnika in prometnice

POSEDKI VISOKEGA NASIPA SRMIN

POVZETEK: Na avtocestnem odseku Klanec – razcep Srmin je v gradnji tudi visoki nasip Srmin, ki je lociran med viaduktom Bivje in obstoječim nadvozom obalne ceste čez železniško progo. Dolžina nasipa je okoli 600 m, višina pa se spreminja od 8,5 do 11,5 m. Ker je moral biti nasip zgrajen na zelo stisljivih, malo nosilnih in slabo propustnih temeljnih tleh, je bilo potrebno v projektu nasipa predvideti ustrezne ukrepe za povečanje stabilnosti in hitrosti konsolidacije tal. Vzpostavljen je bil sistem geotehničnega opazovanja nasipa in temeljnih tal. Za določitev posedkov temeljnih tal sta bili uporabljeni dve metodi. Poleg posedalnih plošč, ki so bile vgrajene prečno na nasip v različnih profilih nasipa, so bile v treh izbranih profilih vgrajene tudi merilne cevi za meritve s hidrostatskim horizontalnim inklinometrom (HHI). V prispevku je prikazana primerjava razvoja posedkov v dveh prečnih profilih nasipa, izmerjenih s pomočjo HHI. Iz rezultatov je razvidno, da se razvoj posedkov tal v dveh izbranih profilih zelo razlikuje, kar je povezano z različno stisljivostjo in heterogenostjo tal pod nasipom. Prikazano je tudi, da so vrednosti izmerjenih posedkov zelo podobne tistim, ki so dobljene s pomočjo posedalnih plošč, lociranih v neposredni bližini merilnih cevi. Izvedba meritev s HHI, pri kateri se uporabljajo merilne cevi, ki niso izpostavljene poškodbam pri gradnji, se je izkazala za zelo praktično rešitev. Rezultati meritve ne vsebujejo le točkovnega podatka (kot pri meritvah s posedalno ploščo), ampak linijski potek posedkov vzdolž merilne cevi.

SETTLEMENTS OF THE SRMIN HIGH EMBANKMENT

SUMMARY: The Srmin high embankment, which is still under construction, is located on the motorway section Klanec - Srmin, between the Bivje viaduct, also under construction, and the existing overpass which carries the coastal road over the railway-line. The total length of the embankment is approximately 600 m, and its height varies between 8,5 and 11,5 m. Because this embankment had to be built on very compressible subsoil, having a low bearing capacity and low permeability, it was necessary to provide, in the design, adequate measures to increase the stability and the consolidation rate of the subsoil. A system for geotechnical monitoring of the embankment and the subsoil beneath it was established. Two methods were used to obtain settlement profiles at various locations along the embankment. Apart from traditional settlement plates, which were installed transversely to the embankment at various profiles, at three selected profiles measuring tubes, too, were installed, for measuring settlements with a hydrostatic profile gauge (HPG). The results of a comparison of settlement development at two different profiles, where the HPG was used, are presented. From these results it can be seen that the development of soil settlement at the two selected profiles was very different, which is the consequence of different compressibility and the heterogeneity of the soil beneath the embankment. It was also shown that the values of the measured settlements are very similar to those observed on the settlement plates, which were located very close to the measuring tubes. The use of a measuring tube and a HPG, which do not interfere with the construction works, proved to be a good practical solution. The results consist not just of a single settlement (like that measured when a settlement plate is used), but a complete settlement profile, which is obtained using the measuring tube.

UVOD

Na avtocestnem odseku Klanec – razcep Srmin je v gradnji tudi visoki nasip Srmin (slika 1), ki je lociran med viaduktom Bivje in obstoječim nadvozom obalne ceste čez železniško progo. Dolžina nasipa je okoli 600 m, višina pa se spreminja od 8,5 do 11,5 m. Ker je moral biti nasip zgrajen na zelo stisljivih, malo nosilnih in slabo propustnih temeljnih tleh, so bili s projektom nasipa predvideni ustrezni ukrepi za povečanje stabilnosti in hitrosti konsolidacije tal. Po izdelanih geomehanskih analizah je bila izbrana varianta z izdelavo gruščnatih kolov pod nasipom. Za kontrolo skladnosti predvidenega in dejanskega obnašanja nasipa je bil vzpostavljen sistem geotehničnega opazovanja nasipa in temeljnih tal.



Slika 1. Visoki nasip Srmin na AC odseku Klanec – razcep Srmin med gradnjo

TEMELJNA TLA

Raziskave so pokazale, da temeljna tla pod nasipom sestojijo iz aluvialnih naplavin reke Rižane in jih lahko opišemo z naslednjimi karakterističnimi sloji:

- površinski sloj težko gnetne sivorjave plastične gline, debeline 5,0 do 5,5 m,
- sloj židke do srednje gnetne temno sive do črne organske meljne gline, debeline 4,0 do 5,5 m, s številnimi organskimi ostanki (kritični sloj glede trdnosti in deformabilnosti),
- sloj glinastega in meljastega gruščča, proda, ponekod pesek, debeline 2,0 do 4,0 m,
- laporna podlaga.

Debelina stisljivih koherentnih tal tako znaša okoli 9,5 do 11 m. Ta dva sloja, predvsem pa srednji, organski sloj gline, predstavljata za temeljenje nasipa stisljivo in malo nosilno podlago.

MERITVE POSEDKOV

V sklopu sistema geotehničnega opazovanja nasipa in temeljnih tal je bilo predvideno tudi spremljanje posedkov temeljnih tal. Za določitev posedkov temeljnih tal sta bili uporabljeni dve metodi. Za spremljanje posedkov tal prečno na os nasipa so bile predvidene po tri posedalne plošče v nekaterih profilih nasipa (v osi nasipa in na robovih), v treh izbranih profilih pa so bile vgrajene tudi merilne cevi za meritve posedkov s HHI. Prva merilna cev je bila vgrajena na mestu, kjer so bili pričakovani največji posedki, druga na mestu, kjer je širina nasipa največja, tretja pa v neposredni bližini obstoječe obalne ceste. Ker so bile merilne cevi dostopne z obeh strani, je bilo merilno sondo mogoče premikati s pomočjo jeklene vrvi, kar smo preizkusili prvič. Korak meritve je znašal 1 m. Dolžine merilnih cevi so znašale 75 m, 125 m in 62 m, vgrajene pa so bile v jarek globine 60 cm, ki je bil izdelan pri višini nasipa 1,5 do 2,0 m. V prispevku so obravnavane meritve posedkov na območju prve merilne cevi (HOR-1) in na tistem območju druge merilne cevi, ki se nahaja pod glavnim nasipom (HOR-2). Tik ob omenjenih ceveh, višinsko pa okoli 0,5 m nižje, sta locirani posedalni plošči PP-4 in PP-11 (slika 2).



Slika 2. Situacija obravnavanega dela nasipa Srmin z opazovalnimi mesti vertikalnih in horizontalnih deformacij

Hidrostatski horizontalni inklinometer

Hidrostatski horizontalni inklinometer je naprava za merjenje vertikalnih pomikov temeljnih tal v izbranem profilu, kjer pred začetkom gradnje nasipa vgradimo poltogo plastično cev z notranjim premerom najmanj 80 mm in največ 200 mm. Ustje cevi mora biti vsaj na eni strani dostopno, zaščiteno s kapo ter opremljeno z reperjem za geodetske meritve vertikalnih pomikov, ki je hkrati referenčna točka za posamezne meritve. Napravo sestavljajo: kontrolna enota, zajemnik podatkov in kabel, ki je povezan s sondo. Kabel je sestavljen iz treh cevok, od katerih sta dve napolnjeni z vodo pod pritiskom. Naprava meri razliko tlaka v kablju, ki je odvisna od razlike višine med sondo v merilni cevi in referenčno točko ob ustju. Meritev se izvaja v različnih fazah gradnje in po njej, pri čemer dobimo vertikalne pomike znanih točk v cevi z natančnostjo ± 1 cm. Dobljeni rezultati se korigirajo z geodetsko izmerjenim vertikalnim pomikom reperja, pri čemer dobimo absolutne pomike izbranih točk v cevi.

REZULTATI

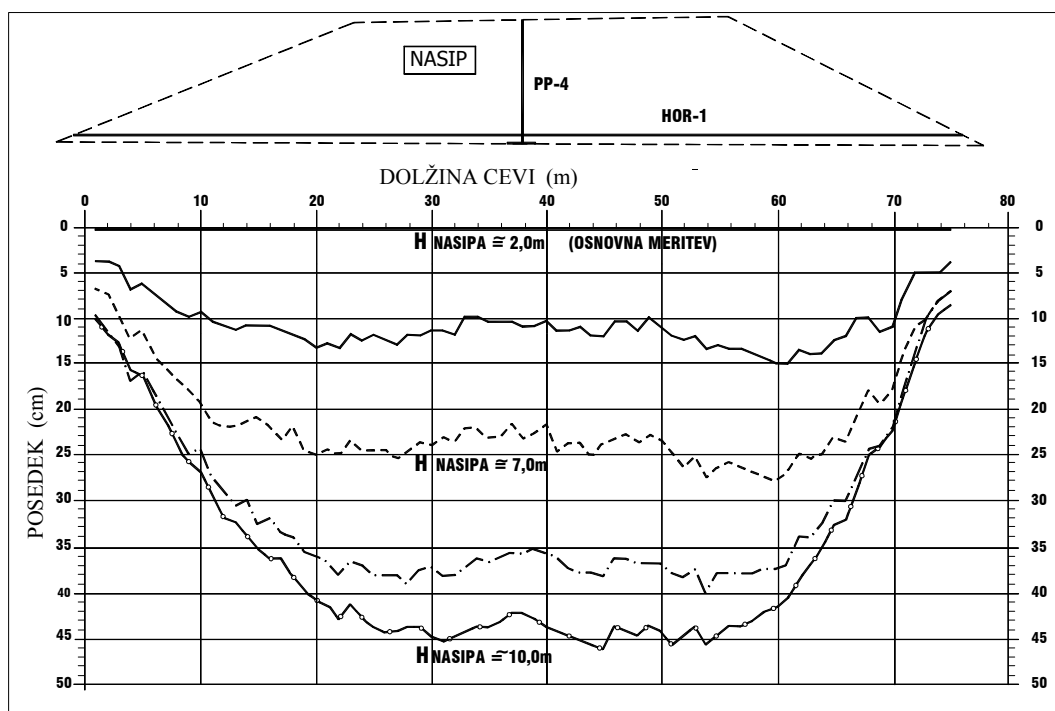
Primerjava razvojev posedkov v dveh prečnih profilih nasipa

Na slikah 3 in 4 so prikazani posedki, izmerjeni s pomočjo HHI, vzdolž merilnih cevi HOR-1 ($L = 75$ m) in HOR-2 ($L = 68$ m) pri različnih višinah nasipa, glede na osnovno meritev (posedek = 0), ki je bila izvedena v sredini oktobra 2002. Na slikah je narisana tudi kontura končnega nasipa v obeh profilih in lokacija primerljivih posedalnih plošč (PP-4 oz. PP-11). Profil HOR-1 se nahaja bližje viaduktu Bivje, kjer je projektirana večja končna višina nasipa kot v profilu HOR-2, ki je od viadukta oddaljen okoli 180 m. Ob vgradnji merilnih cevi oz. osnovni meritvi je višina nasipa znašala okoli 2,0 m (HOR-1) oz. 1,5 m (HOR-2), zato se je del posedka temeljnih tal do takrat že izvršil.

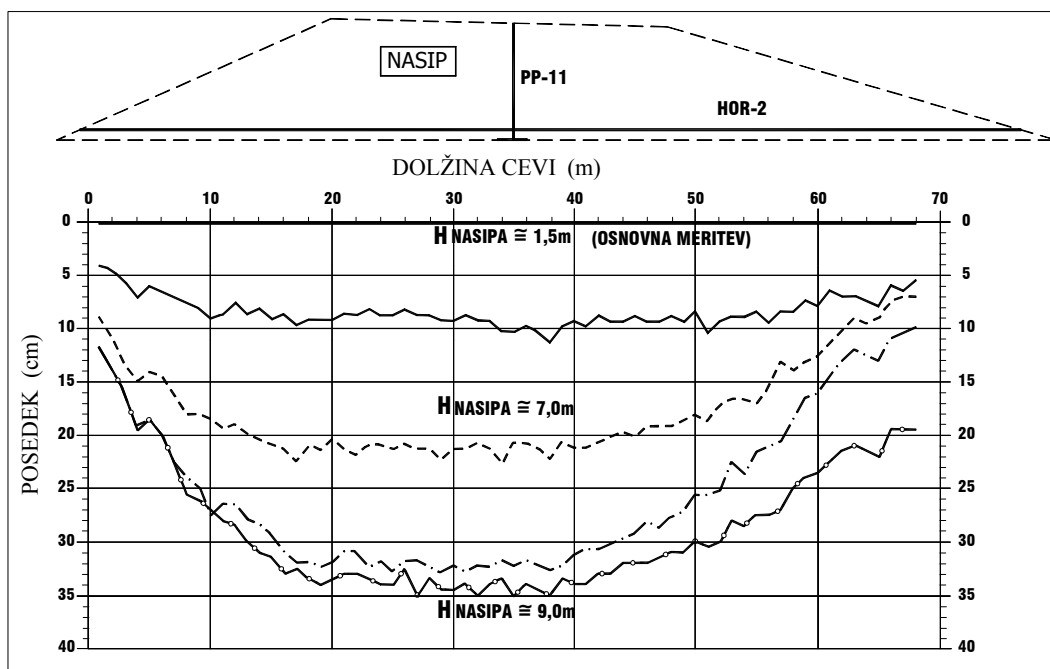
Posedek tal zaradi gradnje nasipa od višine 2 m do 10 m (profil HOR-1, slika 3), znaša ob peti nasipa 10 cm (geodetsko izmerjeni posedek reperja na jugovzhodni strani), na sredini pa 45 cm (HHI). Iz diagrama je lepo razvidno (spodnji dve krivulji), da manjšanje širine nasipa (dodatna obtežba je le na sredini) povzroča posedanje le na srednjem delu merskega profila.

Posedek tal zaradi gradnje nasipa od višine 1,5 m do 9 m (profil HOR-2, slika 4), znaša ob peti nasipa 12 cm (na severozahodni strani ob polju), na sredini nasipa pa 35 cm. Iz diagrama je razvidno (spodnji dve krivulji), da je gradnja priključnega nasipa povzročila relativno večje posedke na jugovzhodni strani nasipa (desna stran merskega profila). Tudi iz tega diagrama je razvidno, da povzroča manjšanje širine nasipa posedanje le na srednjem delu profila.

Zadnja meritev s HHI je bila julija 2003, ko nasip še ni dosegel končne kote, niti še ni bila končana konsolidacija pri doseženi koti nasipa. Prikazane vrednosti posedkov niso vrednosti končnega posedka tudi za navedene višine nasipa.



Slika 3. Profili posedkov pri različnih višinah nasipa vzdolž merilne cevi HOR-1 (L = 75 m)

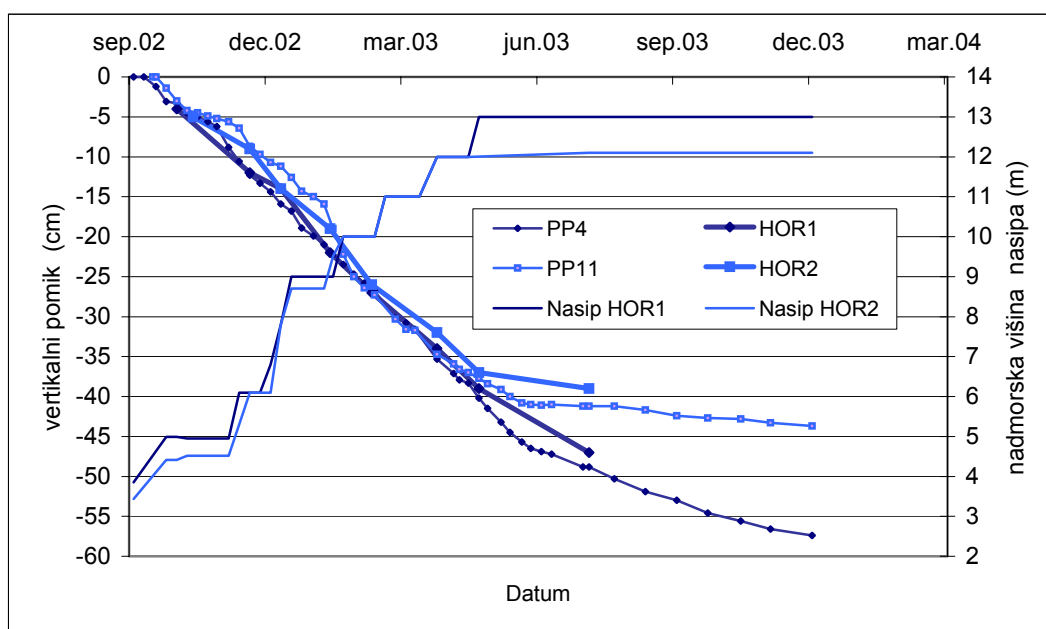


Slika 4. Profili posedkov pri različnih višinah nasipa vzdolž merilne cevi HOR-2 (L = 68 m)

Primerjava razvojov posedkov temeljnih tal, dobljenih s pomočjo dveh različnih metod

Na sliki 5 je prikazana primerjava razvojov posedkov temeljnih tal, izmerjenih v merilnih ceveh HOR-1 in HOR-2, s posedki dobljenimi s pomočjo posedalnih plošč PP-4 in PP-11, ki sta locirani tik ob omenjenih merilnih ceveh (glej sliko 2) in dinamika gradnje nasipa v obeh merilnih profilih. Osnovna meritev vertikalnih pomikov posedalnih plošč je bila v sredini septembra 2002 (en mesec pred osnovno meritvijo s HHI oz. reperjev ob ustjih cevi). Zato je posedek tal, izrednoten na podlagi geodetskih meritev posedalnih plošč, večji in sicer 4 oz. 5 cm, kar je upoštevano na spodnjem diagramu. Iz primerjave rezultatov meritev posedkov z dvema različnima metodama je razvidno, da sta tako velikosti izmerjenih posedkov kot tudi časovna razvoja le-teh v obeh primerih zelo podobna. Pri zadnji primerjavi, julija 2003, sta se posedka na obeh merilnih mestih razlikovala za 2 cm (posedka v merilnih ceveh sta znašala 39 oz. 47 cm, posedka posedalnih plošč pa 41 oz. 49 cm).

Ker posedalne plošče niso bile vgrajene na temeljna tla, ampak so bile izvedene na prvo oz. drugo plast nasipa, so tudi geodetsko izmerjeni vertikalni pomiki posedalnih plošč manjši od dejanskih posedkov temeljnih tal. Ocenjuje se, da znaša 'zamujeni' posedek od 4 do 6 cm. Predvideni čas 95 % konsolidacije tal z upoštevanjem vpliva gruščnatih kolov je 1,5 leta. Ker konsolidacija tal še ni končana, te ocene še ne moremo potrditi.



Slika 5. Primerjava razvojov posedkov temeljnih tal, dobljenih z različnima metodama, glede na dinamiko gradnje nasipa

ZAKLJUČEK

Meritve s HHI so pokazale, da dajo rezultati posedkov, če so izmerjeni v celotnem profilu, veliko boljše informacijo o posedanju tal, kot če so na razpolago le podatki v posameznih točkah (posedalne plošče). Velika prednost meritev v profilu je tudi ta, da se merilna cev nahaja pod nivojem tal in mersko mesto ni izpostavljeno poškodbam pri gradnji. Meritve s HHI dajo le relativne vrednosti vertikalnih pomikov, zato je potrebno geodetsko določiti absolutno koto referenčne točke ob ustju merilne cevi. Pri analizi posedanja in pri določanju absolutnih vrednosti je potrebno upoštevati dinamiko gradnje pred izvedbo osnovne meritve. Kadar je merilna cev dostopna z obeh strani, se sondo lahko vleče skozi cev s pomočjo jeklene vrvi (kar smo preizkusili prvič pri meritvah posedanja visokega nasipa Srmin), zato je taka izvedba meritve bistveno manj zamudna.

LITERATURA

- (1) Logar, J. (2002). Geotehnične analize obnašanja visokega nasipa Srmin na tleh, ojačanih z gruščnatimi koli – dodatek k poročilu, 22 strani, FGG – Katedra za mehaniko tal, Ljubljana.
- (2) Ravnikar Turk, M., Žvanut, P., Žiberna, S. (2002). Uporaba hidrostatskega horizontalnega inklinometra pri meritvah posedkov pregrade Drtijiščica. Zbornik prispevkov, 4. posvetovanje SLOCOLD, Fala, 1-8.