

# САНАЦИЈА НАСИПА НА km 563+150 АУТОПУТА Е-75 ОКО БЕОГРАДА

Снежана Гојковић, Петар Митровић, Душан Тошић, Владан Влајковић:  
Институт за путеве, а.г., Београд, Србија

**Резиме:** У склопу петље „Добановци“ на km: 563+150.00, на месту укрштања са краком 3 – десне траке аутопута Загреб – Београд, пре 8.5 година изграђен је мост – тунел. Године 2001. год. на насипим деловима штерена аутопутиа дуж обостраної контиактиа са објектом, на коловозу су уочене деформације у виду љукоїшина. Ради одвијања безбедної саобраћаја, а у циљу израде Главної пројектиа санације насипа, изведена су неопходна геотехничка испитивања и испитивања штерена.  
**Кључне речи:** Конструкција штерена, стање воде у штерену, приказ насипа, санационо решење.

## REHABILITATION OF EMBANKMENT ON km 563 +150 OF MOTORWAY E-75 AROUND BELGRADE

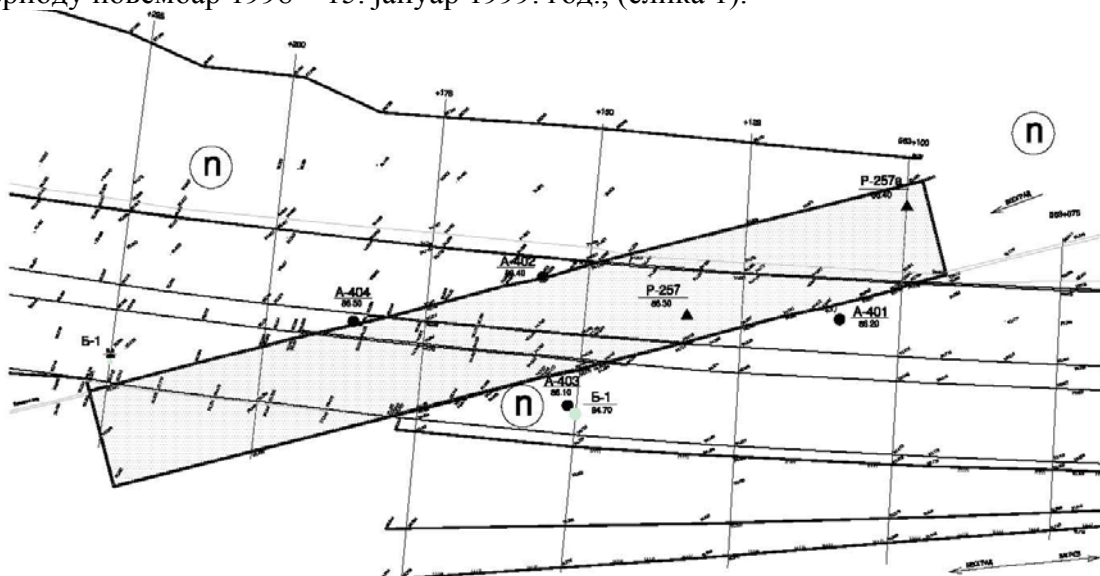
**Abstract:** The bridge – tunnel was built as part of the bypass “Dobanovci” on km: 563 +150.00 on the point of intersection with the branch 3-right traffic lane of motorway Zagreb – Beograd eight years ago.

In the year of 2001 deformations in shape of cracks were spotted on the parts of the made ground of the motorway along the both-sided contact with the structure. Necessary geotechnical testing and field investigation were performed for the safe running of traffic and preparation of Final design of rehabilitation.

**Key words:** construction of field, state of water in the field, review of embankment, rehabilitation solution.

### 1. УВОД

На обилазном аутопуту Е-75 око Београда, односно у склопу петље «Добановци» на km: 563+150,00 на месту укрштаја са краком 3 – десне траке аутопута Загреб – Београд, изграђен је мост – тунел бр. 1 у чијој зони је изведен насип аутопута пре 8,5 година, тј. у периоду новембар 1998 – 15. јануар 1999. год., (слика 1).



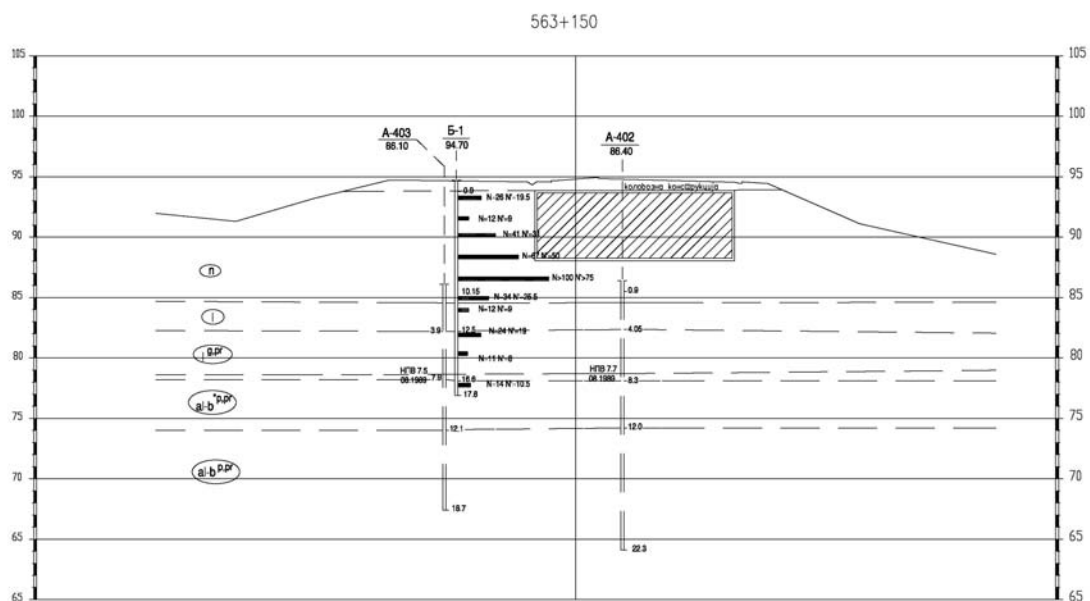
Слика 1. - Диспозиција моста бр. 1

Године 2001. на насутим деловима терена аутопута дуж обостраног контакта са мостовском конструкцијом, на коловозу су уочене деформације у виду пукотина, зева до 10 cm и дубине 7 - 8 cm.

## 2. ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА И ИСПИТИВАЊА

У циљу дефинисања узрока појаве деформација на насипу аутопута, а за потребе израде Главног пројекта санације насипа, изведена су геотехничка истраживања и испитивања терена у периоду октобар – новембар 2003. год., те се дошло до следећих сазнања:

- Насип, висине  $h = 10,0$  m, изграђен од шљунковитог песка (учешће шљунка у маси 10 - 30%, а према класификацији USCS припада групи SP), лежи преко средње стишљивих и нископластичних (CL) еолских наслага (лес и лесоидна глина) и средње до мање стишљивих алувијално – барских прашинастих, местимично глиновитих пескова, који према USCS припадају групи SM - SC.
- У конструкцији терена подземна вода је установљена у контактної зони лесоидне глине ( $I^{SP}$ ) и алувијално – барских песковито – глиновитих наслага ( $aI - b^{P,PP*}$ ), на дубини 7.5 - 8.5 m од природне површине терена, (слике 2 и 3).



Слика 2. - Геотехнички модел терена

- Под оптерећењем од насипа ( $\gamma \times h = 20 \times 10 = 200 \text{ kN/m}^2$ ) за период од 5 (пет) година, литогенетске средине у конструкцији терена претрпеле су у извесној мери консолидацију, што је ишло у прилог побољшању њихових појединих физичко – механичких карактеристика. Ова констатација је произашла на основу упоређења величина параметара физичко - механичких својстава заступљених средина добијених испитивањима у времену пре израде насипа (1988. год.) са резултатима најновијих испитивања (октобар – новембар 2003. год., а што се може сагледати из следеће табеле бр. 1.:

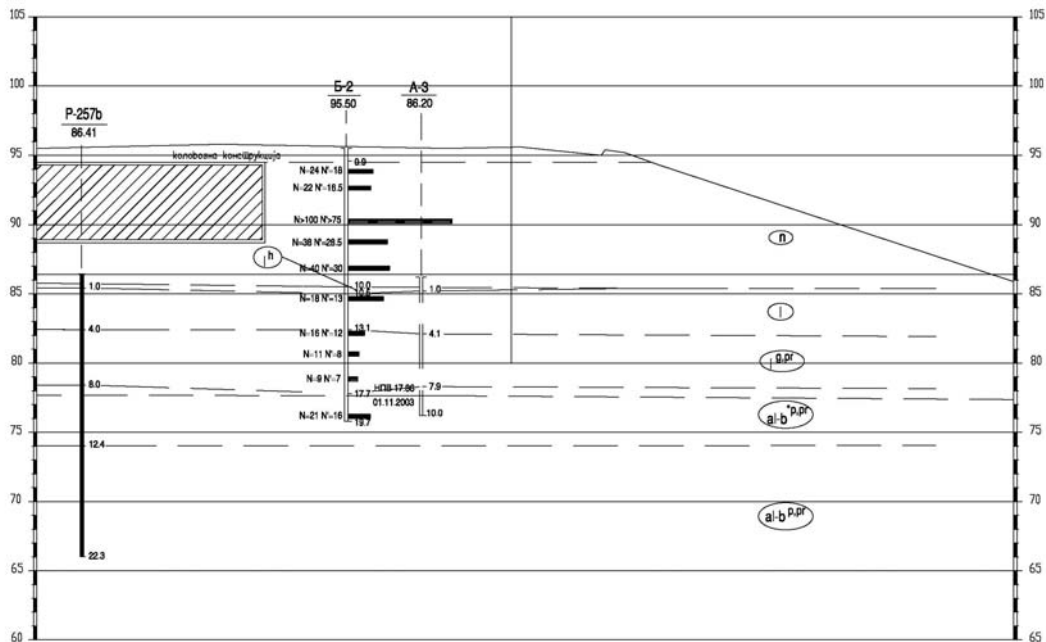
Табела бр. 1

НАЗИВ СРЕДИНЕ	ЗАПРЕМИНСКА ТЕЖИНА				ПРИРОДНА ВЛАЖНОСТ		ГРАНИЦА ТЕЧЕЊА		ИНДЕКС ПЛАСТИЧНОСТИ		МОДУЛ СТИШЉИВОСТИ			
	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )		w (%)		w <sub>L</sub> (%)		I <sub>p</sub> (%)		(kN/m <sup>2</sup> )			
											$\sigma = 100-200$		$\sigma = 200-400$	
	1988	2003	1988	2003	1988	2003	1988	2003	1988	2003	1988	'03	1988	'03
лес (l)	(17.0) 16.6-17.8	(19.0) 19.1-20.0	(14.0) 13.7-14.8	(16.0) 15.7-17.0	21-23	21-22	40	38-43	15-17	15-20	3300-5500	8700-12500	4000-5000	10000-15000
лесоидна глина (l <sub>sp</sub> )	(18.0) 17.4-19.5	(19.5) 18.4-20.6	(15.0) 14.0-15.4	(16.0) 14.8-16.8	23-26	23-28	32-46	31-47	12-22	11-22	4000-6000	6000-9000	6000-8000	8000-13000
алувијално барски пескови глиновити (al-b <sub>sp</sub> )	(21.0) 20.9	(21.0) 20.0-21.9	(17.5) 17.4	(18.0) 16.0-18.9	20	4-24	23-24	20-30	8-10	6-13	-	8000-11500	-	125000-18500

Из табеле се може сагледати да је оптерећење од насипа имало утицаја на побољшање – увећање величина запреминских тежина у лесу за 11%, а у лесоидној глини за 6%. Што се тиче величина модула стишљивости, исти су у лесу увећани за 100%, а у лесоидној глини за 50%.

Наведени подаци указују на чињеницу да су се под оптерећењем од насипа обавила извесна слегања, као и на рушење «лесне» структуре.

563+216



Слика 3 - Геотехнички модел шерена

Геотехничким картирањем језгра насипа из истражних бушотина и опитима стандардних пенетрација (SPT), дошло се до закључка да је насип од шљунковитог песка у горњим нивоима, испод коловозне конструкције, у дебљини 3,0 – 4,0 m, лошије збијен у односу на остале дубље делове.

### 3. ПРИКАЗ ПОСТОЈЕЋЕГ НАСИПА

С обзиром да су насип и коловозна конструкција изведени у зимском периоду у времену сса 3 месеца (пројектом предвиђено да се носећи слојеви коловозне конструкције граде тек након 3 године од почетка израде насипа), да спољашње воде нису контролисано одвођене, да благовремено није урађено хумузирање, и да су се обавила извесна слегања тла под оптерећењем од насипа, дошло је, до појаве деформација на коловозу. Како се посумњало и да су монтажне прелазне плоче попустиле услед слегања тла, средином априла 2004. год., изведено је приближно на km: 563+250 отварање насипа до дубине сса 2.0 m, при чему је констатовано да прелазна плоча у зони споја са конструкцијом (тунела) не лежи на насипу, да је у ствари виша за сса 20 – 25 cm од површине насипа, а на осталом делу је ослоњена на насип под скоро дупло већим нагибом (13%), него што је пројектом предвиђено (7%).

Може се закључити да је на контакту конструкције (моста - тунела) и насипа испод прелазне плоче, констатовано слегање насипа просечне величине  $s = 22$  cm. Појава овог празног простора испод прелазне плоче последица је чињенице да је мост - тунел фундиран на шиповима, чије је слегање минимално, док је слегање насипа висине 10.0 m значајно.

Сва иницијална слегања су се, с обзиром на карактеристике средина, одиграла за време изградње насипа, тако да је наведено слегање по својој природи временски условљено и развијало се у времену, од времена формирања круне насипа, па све до данас. Нажалост, не постоје подаци о процесу развоја укупних слегања, али се може констатовати, да су она последица консолидације и реолошких феномена, који су се одиграли у горњим деловима терена, до дубине 11.0 - 12.0 m.

### 4. ГЕОТЕХНИЧКЕ ПРЕПОРУКЕ ЗА САНАЦИЈУ

Спроведеном анализом слегања тла под оптерећењем од насипа, са пара- метрима физичко – механичких својстава литогенетских средина у време истраживања октобар - новембар 2003. г., а за геометрију насипа на km: 563+150, добијена величина слегања износи  $s = 29,0$  cm. Ова величина слегања наводи на потребу санације насипа, како би се умањила вредност укупних слегања, а све у циљу безбедног одвијања саобраћаја.

У том смислу предложене су следеће санационе мере:

- Уклањање горњих делова насипа и замена са истим материјалом (шљунковит песак) или лакшим материјалима (рефулирани песак, пепео, стиропор, ..... ) уз збијање према захтеваним критеријумима.  
Превасходно је препоручена уградња лакших материјала у насип, то из разлога да се избегну накнадна слегања, која би имала негативан утицај на насип.
- Замена прелазних плоча и њихова адекватна веза са конструкцијом.
- Хигијенско уређење насипа (контролисано прихватање и одвод спољашњих површинских вода).

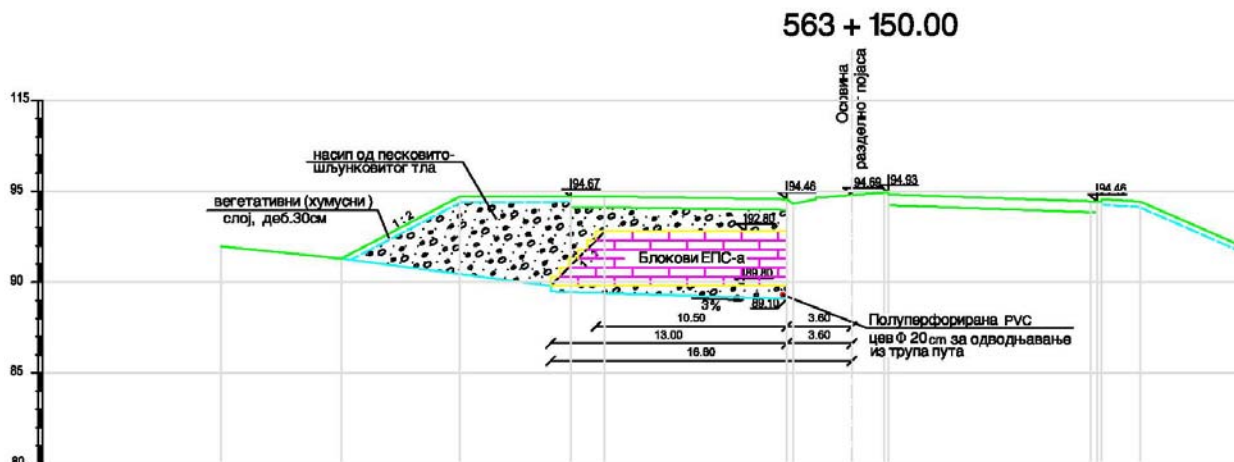
Применом било које, од предложених мера, добиће се одређени позитивни ефекти. Напомињемо, да би њихово значење било јасније и прецизније утврђено, да је приликом изградње насипа и касније «експлоатације», био успостављен мониторинг у смислу слегања тла испод насипа и деформација самог насипа.

Да би се спречило дугогодишње слегање и омогућило безбедно одвијање саобраћаја, урађен је пројекат санације насипа.

## 5. САНАЦИОНО РЕШЕЊЕ

Основни циљ у пројекту је обухватио мере којима ће се слегање свести на најмању меру. У том погледу пројектно санационо решење обухватило је замену дела насипа од прашинасто – песковито – шљунковитог тла са лаким пластичним материјалом – експандираним полистиреном (стиропор или ЕПС), чија запреминска тежина износи  $0,25 - 0,30 \text{ kN/m}^3$ .

Предвиђено је да се замена класичног материјала, од кога је саграђен постојећи насип, обави у горњој половини насипа, висине  $3,0 \text{ m}$  (слика 4). За услов новопроектованог дела насипа и установљене геотехничке параметре заступљених литогенетских средина, извршена је анализа слегања тла под оптерећењем од насипа, при чему срачунато слегање износи  $s = 20,0 \text{ cm}$ , те је ефекат санације  $29,0 - 20,0 = 9,0 \text{ cm}$ .



Слика 4. – Приказ санационој решења

Временском анализом консолидације насипа констатовано је да ће се у току 12 месеци обавити 33,6% од укупних слегања, односно  $s = 7,0 \text{ cm}$ , а остатак слегања  $s = 13,0 \text{ cm}$  у наредних 7 – 8 година, што годишње износи сса  $2,0 \text{ cm}$ .

Пројектом је предвиђено да се:

- Део насипа изграђен од ЕПС-а, обложити шљунковито – песковитим материјалом како са горње и доње, тако и са бочних страна. Са горње стране потребно је обложити насип од ЕПС-а, у слоју дебљине око  $\text{min } 1,00 \text{ m}$  у циљу амортизовања утицаја саобраћаја на блокове стиропора а испод насипа од стиропора, потребно је урадити слој од песковито – шљунковитог материјала дебљине, просечно  $30 \text{ cm}$ , ради дренарања воде из трупа пута. Бочно облагање песковито – шљунковитим материјалом нема конструктивни значај, већ само економски, јер је песковито – шљунковити материјал знатно јефтинији од стиропора.
- Насип од стиропора (ЕПС-а), ради у блоковима димензија:  $1,00 / 0,50 / 2,00 \text{ m}$ . Стиропор (ЕПС) мора да поседује следећа битна својства:
  - Чврстоћа на притисак  $\beta_p \geq 250 \text{ kPa}$ ;
  - Чврстоћа на савијање  $\beta_s \geq 500 \text{ kPa}$ ;
  - Запреминска маса  $\gamma \geq 0,25 \text{ kN/m}^3$ ;
  - Упијање воде  $\leq 2\%$

- Насип од блокова стиропора ради као просторно зидање циглом, с тим да се вертикалне фуге између редова не смеју поклапати. Спојеве од блокова обавити механички лименим спојевима.
- Неопходно извршити дренарање воде из трупа пута, са једне и са друге стране тунела. Од km: 563+059 до km: 563+150 предвиђено је одводњавање из насипа помоћу полуперфорираних ПВЦ цеви, пречника 20 cm, а од km: 563+150 до km: 563+250, предвиђено је да се насип дренира гравитационим изласком воде из трупа пута.

## РЕФЕРЕНЦЕ

1. П. Митровић, С. Гојковић: *Главни пројекат санације насипа, km: 563+050 – 563+250 на аутопуту Е-75 око Београда са геотехничким подлогама*, Београд, 2004. год.
2. В. Вујанић, С. Гојковић: *Главни пројекат I фазе грађења деоница: Добановци – Бубањ Пошок, Сектор 1, Геотехничка документација - мостови*, Београд, 2002. год.