

Posúdenie vplyvu výstavby cesty na stabilitu tunelového ostenia Bansko-bystrického železničného tunela

Pavol Vavrek¹

Characterization of the influence of building a road on the stability of the tunnel lining in a Banska Bystrica railway tunnel

This paper deals with solving the problem of tunnel lining stability in a railway tunnel. The road cut was made into the overburden of the tunnel. I investigated the effect of the road cut on the stability of tunnel lining. The FLAC^{3D} mathematical modelling technique was used for this purpose. The solution consist of:

- *modelling the initial situation before building the intervention,*
- *Determining the internal characteristics of the tunnel lining in its original state,*
- *modelling the situation after making the road cut,*
- *Determining the internal characteristics of the tunnel lining after the building intervention,*
- *Comparison of the internal characteristics of the tunnel lining before and after the building intervention.*

In the model, I used these general geotechnical properties of the rock environment and the tunnel lining:

Material	Youngus modulus [MPa]	Poissons Ratio
Clay	8	0,42
Weakly wheathered calcite	3 000	0,25
Hard wheathered calcite	600	0,30
Fill	300	0,25
Lining	20 000	0,20

The arbitration of the tunnel lining stability was executed on the basis of the Mohr – Coulomb limit of the state. Building the road cut does not lead to loss of stability in the tunnel a at Station 1.225 00 or at Station 1.300 00.

Key words: *mathematical modelling, state of the tunnel lining, FLAC^{3D}.*

Úvod

V súčasnosti je neoddeliteľnou časťou projektovania podzemných inžinierskych a banských diel i objektov matematické modelovanie. Bez tohoto moderného nástroja inžinierov - geotechnikov sa nezaobíde ani posúdenie antropogénnych vplyvov činnosti človeka na už vybudované podzemné diela. Vo svete dnes existuje veľké množstvo geotechnických programov založených na rôznorodých princípoch, ktoré sa využívajú pri riešení špecifických geotechnických problémov. K týmto geotechnickým programovým balíkom patrí aj software FLAC^{3D} od americkej firmy ITASCA [1], ktorý som použil na riešenie posúdenia vplyvu výstavby cesty na stabilitu ostenia železničného Bansko- bystrického tunela.

Pri riešení som postupoval v nasledujúcich krokoch:

- modelovanie východzej situácie pred stavebným zásahom (nadložie tunela neporušené, tunelové ostenie stabilné),
- určenie vnútorných charakteristík tunelového ostenia pre východzí stav,
- modelovanie situácie po stavebnom zásahu v nadloží tunela,
- určenie vnútorných charakteristík tunelového ostenia pre stav po stavebnom zásahu,
- porovnanie vnútorných charakteristík tunelového ostenia pred a po stavebnom zásahu.

Použité podklady

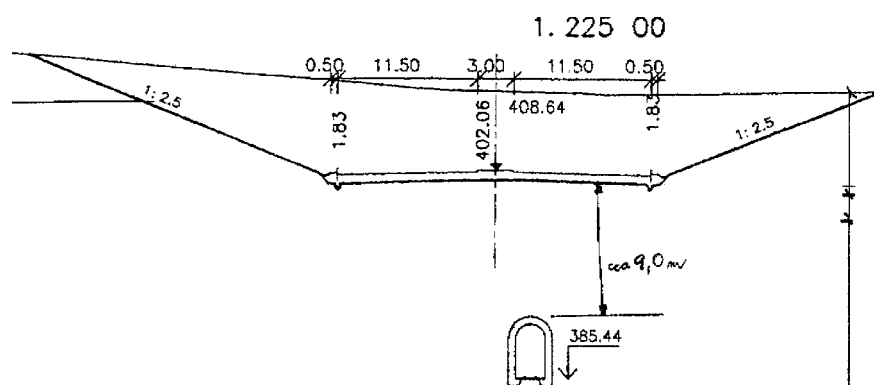
Pre riešenie danej problematiky boli k dispozícii nasledovné podklady [2,3]:

- svetlý prierez tunela ,
- priečny rez situáciou v staničení cesty 1.225 00 (obr. 1) a 1.300 00.

Geotechnické vlastnosti horninového prostredia a ostenia tunela

Na základe štúdie dodaných podkladov boli určené fyzikálne a pretvárne vlastnosti horninového prostredia (ρ_o - objemová hmotnosť, E - modul pružnosti, μ - Poissonovo číslo) a tunelového ostenia (tab. 1), ktoré som použil pre definovanie vlastností zložiek modelu (K - objemový modul, G - šmykový modul).

¹ Ing. Pavol Vavrek, PhD., Katedra dobývania ložísk a geotechniky F BERG Technickej univerzity v Košiciach, 042 00 Košice, Park Komenského 19
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 11.6.2001)



Obr.1. Priečný rez cestným zárezom v staničení 1.225 00.
Fig.1. Cross section with road cut at station 1.225 00.

Tab.1. Vlastnosti materiálov.
Tab.1. Material properties.

Materiál	ρ_0 [kg.m ⁻³]	E [MPa]	μ [-]
Íly a zárez	2 100	8	0,42
Slabo zvetralé vápence	2 500	3 000	0,25
Silno zvetralé vápence	2 000	600	0,30
Zásyp	1 800	300	0,25
Ostenie	2 300	20 000	0,20

Geometria siete priestorových prvkov

Pri modelovaní siete priestorových prvkov bola vymedzená oblasť tvaru hranola, ktorá zasahuje do dostatočne veľkej vzdialenosti od tunelovej rúry. Pre relatívne nízke nadložie je modelovaná jeho skutočná veľkosť. Navrhovaná sieť korešponduje s tvarom a hrúbkou použitého ostenia.

Veľkosť modelu: v smere osi x – 92,8 m,
v smere osi y – 20,0 m,
v smere osi z - závislá od topografie povrchu.

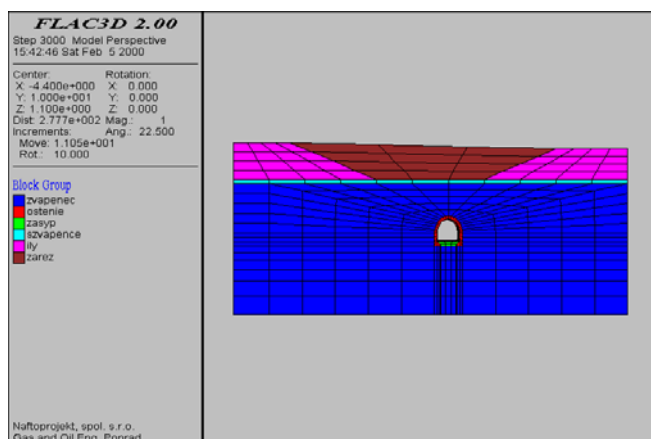
Okrajové podmienky

Okrajové podmienky sú stanovené nasledujúcim spôsobom:

- na spodnej vodorovnej strane modelovanej oblasti je zabránené posunu v smere osi z,
- na bočných zvislých stranách modelovanej oblasti je zabránené posunom v smere osi x a y,
- pre stav primárnej geostatickej napätosti je uvažovaný koeficient bočného tlaku $k = 0,35$,
- odpor ostenia $q = 3$ MPa.

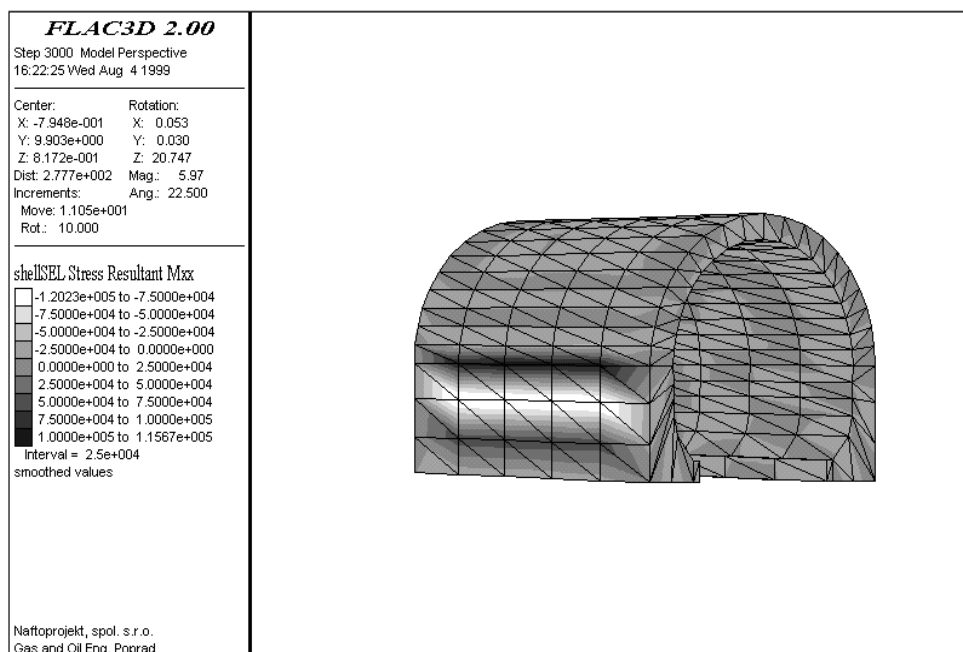
Výsledky modelovania pre staničenie cesty 1.225 00

Samotný model je znázornený na obr. 2. Skladá sa z týchto zložiek: zvetralé vápence, slabo zvetralé

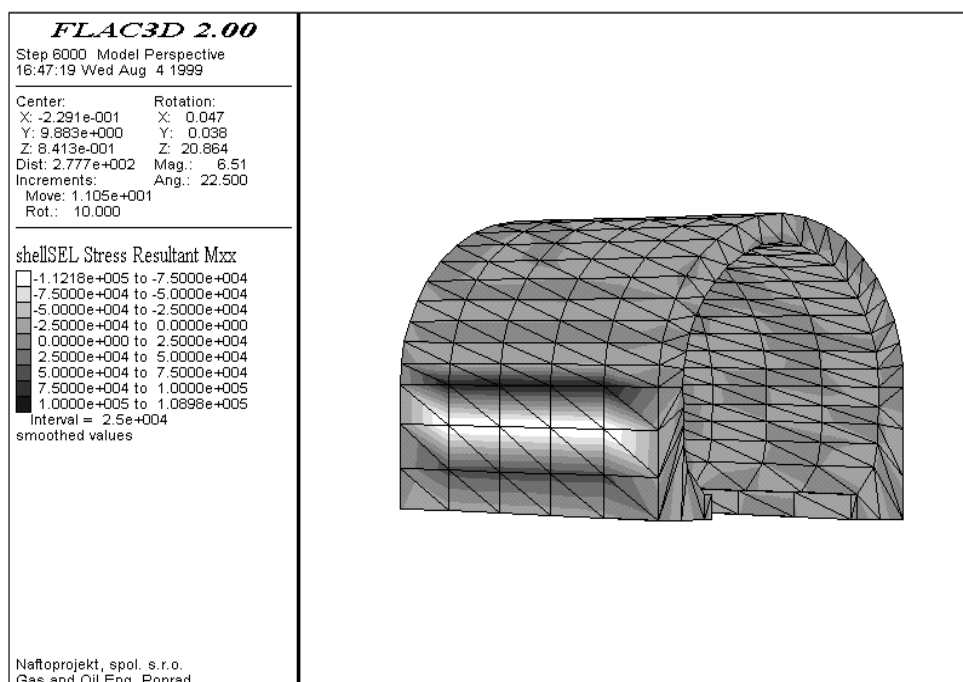


vápence, íly, ostenie, zásyp a zárez. Vlastnosti zárezu sú totožné s vlastnosťami ílov. Tejto východzej modelovanej situácii odpovedajú aj vnútorné charakteristiky tunelového ostenia (M – ohybové momenty, N – normálové sily a Q – posúvajúce sily). Pre ilustráciu uvádzam veľkosť ohybových momentov M_{xx} [Nm] v tunelovom ostení pred stavebným zásahom (obr. 3).

Obr.2. Pohľad na modelovanú oblasť pred stavebným zásahom.
Fig.2. View of the modelled section before the building intervention.



Obr.3. Veľkosť ohybových momentov M_{xx} v tunelovom ostení pred stavebným zásahom.
 Fig.3. Intensity of the bending moments M_{xx} in the tunnel lining before the building intervention.

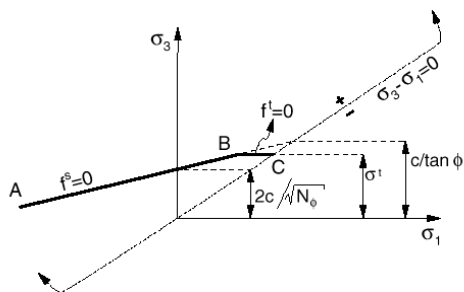


Obr.4. Veľkosť ohybových momentov M_{xx} po stavebnom zásahu.
 Fig.4. Intensity of the bending moments M_{xx} after the building intervention.

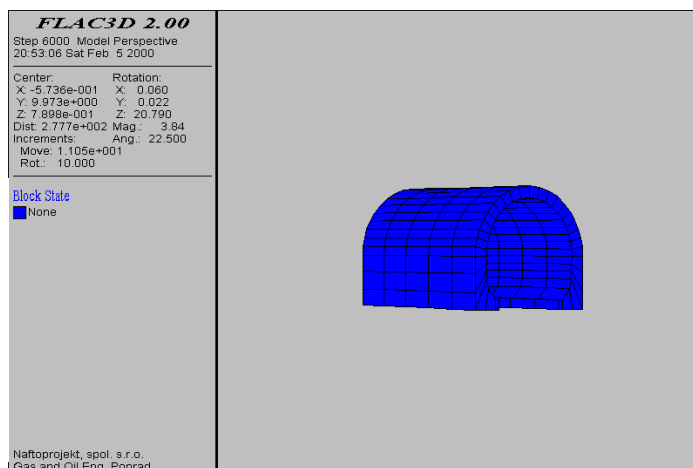
Je pre ne charakteristická symetrickosť pôsobenia k pozdĺžnej osi tunelového ostenia. Maximálna veľkosť ohybového momentu M_{xx} je $1,2033 \cdot 10^5$ Nm, ktorý pôsobí na vonkajšej strane opory tunelového ostenia.

V ďalšej fáze výpočtu som modeloval vytvorenie cestného zárezu v nadloží tunela. Tejto fáze zodpovedá priebeh ohybových momentov M_{xx} v tunelovom ostení (obr. 4). Maximum ohybového momentu je $1,1218 \cdot 10^5$ Nm.

Samotné posúdenie stability tunelového ostenia bolo vykonané na základe Mohr – Coulombovho zákona plastického pretvorenia. Podmienky Mohr – Coulombovo kritéria porušenia používané v programe FLAC^{3D} sú znázornené na obr. 5.



Obr.5. Mohr – Coulombovo kritérium porušenia.
Fig.5. Mohr – Coulomb failure criterion.



Obr.6. Stav stability tunelového ostenia.
Fig.6. State of the tunnel lining.

Podľa tohto kritéria k porušeniu môže dôjsť buď šmykom ($f^s = 0$) alebo ťahom ($f^t = 0$), pričom:

- σ_1, σ_3 - sú hlavné napätia [MPa],
- c - kohézia [MPa],
- φ - uhol vnútorného trenia [$^\circ$],
- σ_T - ťahová pevnosť [MPa],

$$N_\varphi = \frac{(1 + \sin \varphi)}{(1 - \sin \varphi)}$$

Záver

Porovnaním veľkosti ohybových momentov M_{xx} tunelového ostenia pre východzí stav a pre stav po stavebnom zásahu možno konštatovať, že vplyvom realizácie cestného zárezu v nadloží tunela dôjde len k ich nepatrnému zníženiu (obr. 3, obr. 4). To isté platí aj pre ďalšie vnútorné charakteristiky tunelového ostenia (N,Q). Už na základe nepatrnej zmeny vnútorných charakteristík ostenia možno konštatovať, že vplyvom cestného zárezu nedôjde k strate stability tunelového ostenia. Použitím Mohr - Coulombovej podmienky medzného stavu je možné toto tvrdenie dokumentovať (obr. 6). Z tohto obrázku vyplýva, že nedochádza k porušeniu tunelového ostenia a nevznikajú žiadne zóny plastického pretvorenia, t.j. ostenie je stabilné. Vzhľadom na asymetrický priebeh pozdĺžnej osi cestného zárezu voči pozdĺžnej osi tunelovej rúry som vykonal podobné posúdenie aj pre staničenie cesty 1.300 00. Aj pre toto staničenie cesty je možné konštatovať, že vplyvom vykonania cestného zárezu v nadloží tunela nedôjde k strate stability tunelového ostenia.

Literatúra

- [1] Itasca Consulting Group, Inc, 1997: Uživatelský popis systému FLAC^{3D}, USA.
- [2] Svetlý prierez tunela, Infracprojekt Bratislava, 1999.
- [3] Priečné rezy cestným zárezom v rôznych staničeniach, Infracprojekt Bratislava, 1999.