

# FOTOELASTICIMETRICKÝ VÝZKUM SPOLUPŮSOBENÍ HORSKÉHO MASIVU S VÝZTUŽÍ JÁMOVÉHO NÁRAZIŠTĚ

Ing. Josef Málek, CSc.

Ústav geologie a geotechniky ČSAV

V Holešovičkách 41, 182 09 Praha 8

## 1. Úvod

Příspěvek obsahuje první část prací, zabývajících se modelovým fotoelasticimetrickým výzkumem vzájemného působení horského masivu a výztuže jámového náraziště. Tato problematika se stává v současné době aktuální v souvislosti s dimenzováním a výstavbou těžních jam v nepříznivých geologických podmínkách.

Základní modelové řešení, obsažené v tomto příspěvku, bylo provedeno pro poměr modulů pružnosti horského masivu a výztuže 1:10, za předpokladu pružného, lineárního chování, homogenity a izotropie. V současné době řešení pokračuje pro jiné vstupní parametry výztuže a masivu, včetně uvažování masivu s uhelnu slojí.

Jelikož se jedná o prostorovou úlohu teorie pružnosti, byla modelová řešení provedena na prostorových fotoelastických modelech metodou zmrazování napětí. Cílem řešení bylo vyhodnocení napjatosti na výztuži jámového náraziště a v ovlivněném horském masivu kolem náraziště.

## 2. Modelování

Výchozí údaje pro modelování byly následující:

Jámová výztuž bude zhotovena z oceli a betonu s předpokládaným modulem pružnosti  $E$  výztuže = 20.000 MPa a pevností materiálu výztuže  $\sigma_{pd} = 25$  MPa.

Modul pružnosti horského masivu  $E_{mas} = 2.000$  MPa a pevnost v prostém tlaku  $\sigma_{pd} = 5$  MPa. Tahové pevnosti se uvažují asi ve výši 10 % z pevností tlakových.

Horninový tlak neporušeného masivu v hloubce náraziště  $\sigma_z = \sigma_v = 25$  MPa,  $\sigma_x = \sigma_y = \sigma_h = 0,55 \sigma_z$ . Ve skutečnosti bude jámová nárazištní výztuž namáhána tlakem v mezích 0,8+1,6MPa.

Pro modelování bylo zvoleno měřítko geometrické podobnosti  $K_1 = 200$ . Prostorový model tvaru válce byl slepen ze tří samostatných částí - vrchní a spodní části, modelující horninový masiv a vlastního modelu jámového náraziště. Části modelů před slepením jsou patrné z obr.1. Vlastní výroba jednotlivých částí modelu se prováděla metodou přesného lití do sendvičových forem. Tyto formy jsou tvořeny ze dvou vrstev, vnitřní ze silikonového kaučuku a vnější z epoxidové pryskyřice plněné sádrou. Dělená sendvičová forma pro model výztuže jámového náraziště je patrná z obr.2. Složení odlévacích hmot a vlastnosti vytvrzených pryskyřic jsou uvedeny v následujících tabulkách 1 a 2. Polymerizace probíhala dělným postupem s max. teplotou  $140^\circ\text{C}$ .

Tabulka 1 Složení odlévacích směsí

č.mat. \ hmot.díl	Epoxy 15	MA	PA	BF	DBF	DMA
1-vrchní část masivu	100	-	51	45	-	0,2
2-spodní část masivu	100	-	51	50	-	0,2
3-výztuž	100	42	-	-	10,5	0,2

Tabulka 2 Vlastnosti vytvrzených hmot

č.mat.	$E_e$ [MPa]	$K_e(\lambda = 575 \text{ nm})$ [ $\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ ]	$T_g$ [ $^\circ\text{C}$ ]	
1	3,3	0,23	65	$E_1/E_3 = 1:10$
2	3,7	0,23	63	$E_2/E_3 = 1:8,92$
3	3,3	0,334	65	-

Poznámka: Moduly pružnosti vrchní a spodní části modelu horninového masivu nejsou stejné z důvodu odlišné navážky BF - viz tab.1.

Jake lepidla pro slepení částí modelu byla použita prykyřice Epoxy 15 s tvrdidlem DETA v poměru 100 g Epoxy : 23 g DETA.

Model byl na okrajích zatížen rovnoměrným svislým tlakem  $\sigma_{znom} = -0,048$  MPa a plášťovým tlakem  $\sigma_{xnom} = \sigma_{ynom} = 0,5 \sigma_{znom}$  a napjatost v modelu byla zmrazena. Celková doba zmrazování byla  $\sim 75$  hod. Po zmrazení byl model rozřezán na tenké lamely, které byly vyhodnocovány v polariskopu fy Photolastic model 61. Schema vřezů je na obr.3.

Ve vyříznutých lamelách byl vyhodnocen dvojnásobek  $\Delta_{xz}$ ,  $\Delta_{yz}$  a  $\Delta_{rz}$  (podle roviny vřezu). Pro snadnější orientaci a posuzování exponovaných míst v nárazišti a v masivu byly zavedeny koeficienty koncentrace napětí, definované vztahy:

$$\alpha = \frac{\sigma_0}{|\sigma_{znom}|} = \frac{\tau_{max}}{|\sigma_{znom}|} \cdot \begin{pmatrix} \alpha \sim \alpha_{xz}, \alpha_{yz}, \alpha_{rz} \\ \sigma_0 \sim \sigma_{axz}, \sigma_{oyz}, \sigma_{orz} \\ \tau_{max} \sim \tau_{xmax}, \tau_{yzmax}, \tau_{rmax} \end{pmatrix}$$

kteřé jsou stejné jak pro model, tak pro skutečný masiv.

Koeficienty  $\alpha$  ( $\alpha_{xz}$ ,  $\alpha_{yz}$ ,  $\alpha_{rz}$ ) se vypočítají ze změřeného relativního dvojnásobku  $\Delta$  ( $\Delta_{xz}$ ,  $\Delta_{yz}$ ,  $\Delta_{rz}$ ) ze vztahu

$$\alpha = \frac{\Delta \cdot K}{E \cdot |\sigma_{znom}|}$$

Např. izokřivky koeficientů  $\alpha_{xz}$  jednoho svislého řezu, kolmého na vodorovnou válcovou část náraziště jsou na obr. 4 a svislého řezu procházející osou jámy na obr.5. Obvodová napětí na vnitřním povrchu náraziště v řezech IV, VI a X jsou patrná z obr.6. Průběh napětí v exponovaných místech náraziště („3“ a „4“) podél osy y ukazuje sch.7.

### 3. Závěr

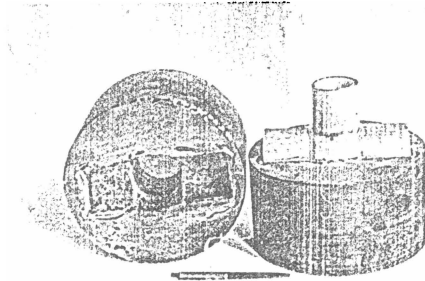
Model, tak jak byl postaven řeší pouze pružné rozložení napjatosti ve výstuží a v okolním ovlivněném horském masivu, která je funkcí geometrického tvaru výstuže náraziště a modelované oblasti, poměru modulů pružnosti výstuže a masivu a zatížení na okraji modelované oblasti. Proto jsou zjištěná napětí ( $\tau_{max}$ ,  $\sigma_0$ ) zpracována ve tvaru koeficientů  $\alpha$ , jakožto násobky nominálního svislého zatížení na

okraji oblastí. Skutečnou velikost tohoto zatížení model neřeší a ani řešit nemůže.

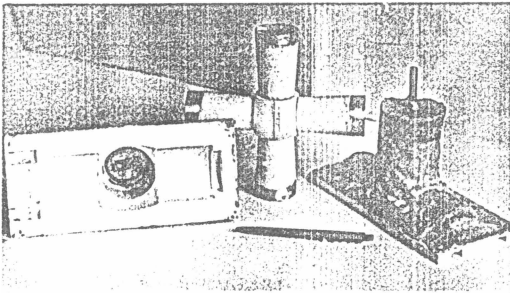
Hlavní význam této práce spočívá především v určení exponovaných oblastí výztuže náraziště, koncentrace napětí v těchto místech a koncentrace napětí v okolním ovlivněném masivu. Absolutní velikost napětí bude závislá na skutečném zatížení na okraji modelované oblasti.

#### 4. Literatura

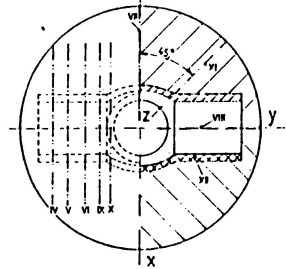
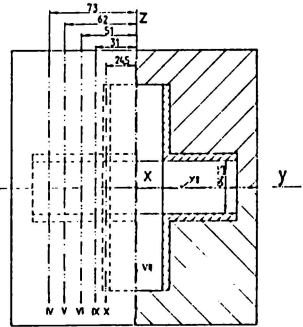
Málek, J.: Výzkum spolupůsobení horninového masivu s výztuží jámového náraziště - část I.  
Zpráva ÚGG ČSAV, Praha 1988.



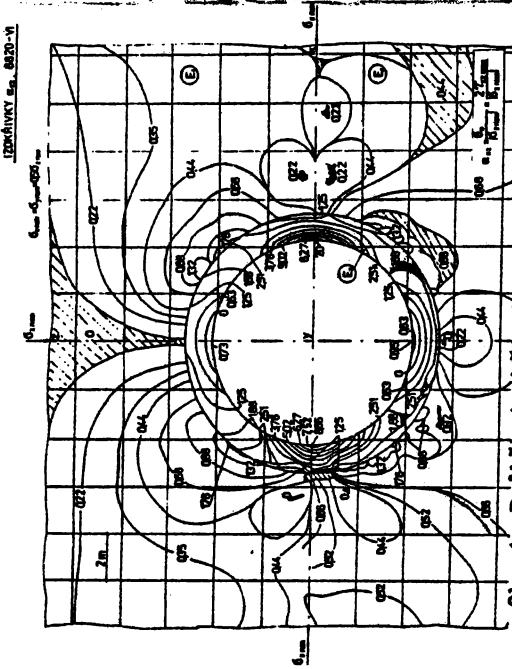
Obr.1 Model náraziště před slepením



Obr.2 Části sendvičové formy pro odlití výztuže náraziště

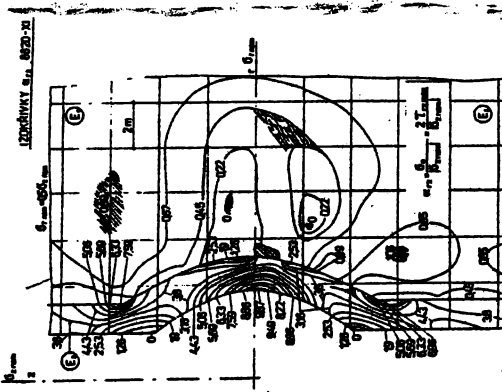
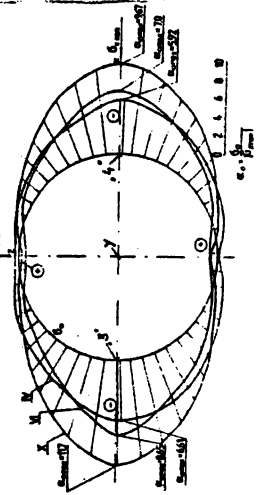


Obr.3 Schema výřezů



Obr. 4 Průběh izokřivek  $\alpha_{xz}$  v řezu VI

Obr. 6 Tečná napětí na vnitřním obvodě výstupu



Obr. 5 Průběh izokřivek  $\alpha_{rs}$  v řezu XI

Obr. 7 Napětí na vnitřním povrchu

