

PROBLEMATIKA ŘEŠENÍ NAPJATOSTI
A DEFORMACE PŘI POUŽITÍ METODY
DYNAMICKÉHO PROGRAMOVÁNÍ

Ing. Pavel DOČKAL, CSc

katedra stavební mechaniky FAST-VUT Brno

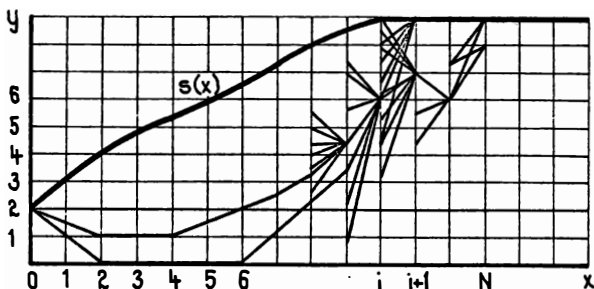
Spolehlivost stabilitního řešení horninových konstrukcí. Otázka stanovení napjatosti a tvaru smykové plochy. Variační formulace a ilustrativní příklad numerického řešení stabilitní úlohy. Nutnost experimentálního ověření výsledků.

Spolehlivost stabilitního řešení horninových konstrukcí a jeho věcná přesnost je závislá na kvalitě matematického modelu, na jeho výstižnosti a na spolehlivosti vstupních informací, tj. na spolehlivosti určení fyzikálních vlastností látky konstrukce, zatížení, pevnosti, stavových rovnic apod.

Metody mechaniky kontinua umožňují stanovit pole posunutí, přetvoření a napětí horninové konstrukce, resp. v konstrukci a jejím podloží a s použitím známých teorií pevnosti stanovit i odpovídající pole pevností. Umožňují tudíž komplexní posouzení navržené konstrukce jak z hlediska přetvoření a napjatosti, tak z hlediska lokální stability.

Předložený referát se věnuje otázce stanovení napjatosti a tvaru smykové plochy, který je nesporně závislý na fyzikálních vlastnostech látky, tvaru konstrukce a zatížení. Cílem je vypracování teorie i algoritmu řešení stabilitní úlohy, tj. stanovení minimální hodnoty stupně bezpečnosti na smykové ploše, jejíž tvar je neznámý. Takto formulovaná stabilitní úloha vede při použití klasické explicitní definice stupně bezpečnosti na úlohu nelineárního programování, kterou lze řešit pomocí Bellmanova algoritmu.

Stupeň bezpečnosti pro libovolný homogenní svah definujeme (1). Funkce jsou určeny matematickým modelem použitým při řešení. Stabilitní úlohu formulujeme takto : nalézt funkci $y = y(x)$ minimalizující funkcional (1) a vyhovující okrajovým podmínkám (2).



SCHEMA ALGORITMU NUMERICKÉHO ŘEŠENÍ

$$FS = FS[y(x)] = \frac{\int_{x_0}^{x_N} F(x, y, y') dx}{\int_{x_0}^{x_N} \Phi(x, y, y') dx} \quad (1)$$

$$y(x_0) = s(x_0) \quad y(x_N) = s(x_N) \quad (2)$$

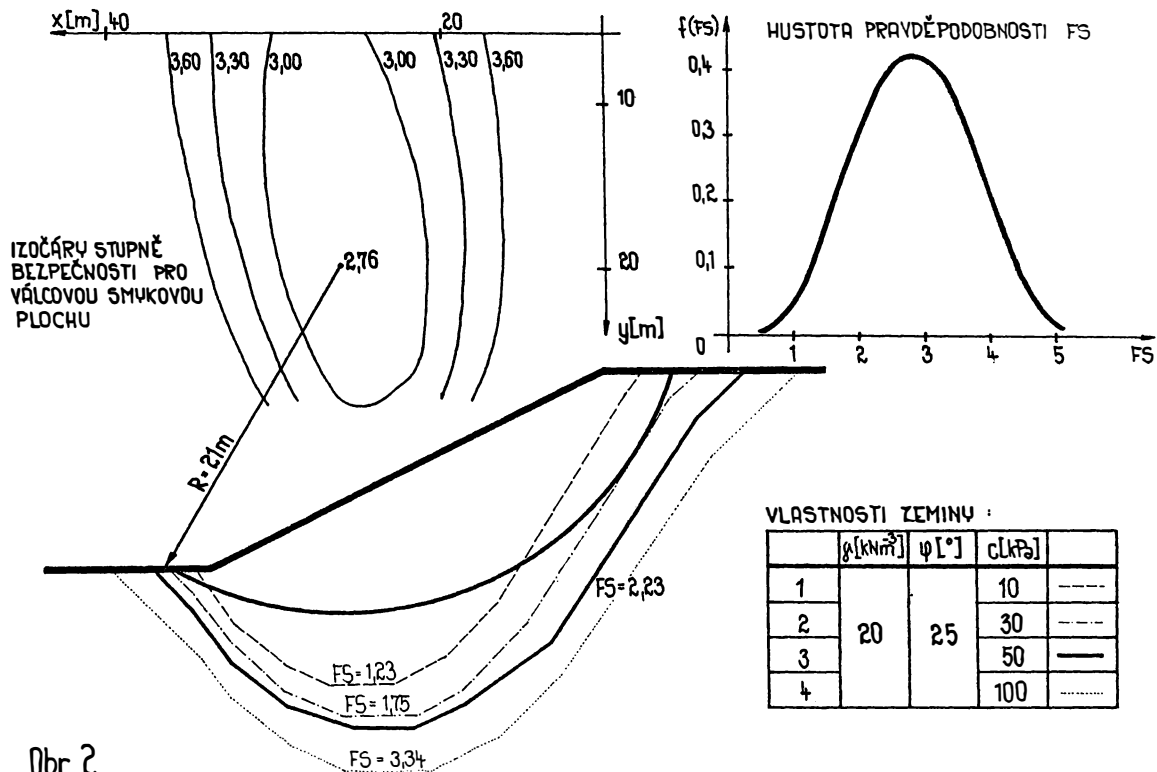
$$[F(x, y, y') - FS \Phi(x, y, y')]_{y'} - \frac{d}{dx} [F(x, y, y') - FS \Phi(x, y, y')]_{y'} = 0 \quad (3)$$

$$\int_{x_0}^{x_N} [F(x, y, y') - FS \Phi(x, y, y')] dx \quad (4)$$

$$e_N(y_N) = \min \left\{ [F(x_{N-1}, y_{N-1}, \frac{y_N - y_{N-1}}{\Delta x}) - FS \Phi(x_{N-1}, y_{N-1}, \frac{y_N - y_{N-1}}{\Delta x})] \Delta x + e_{N-1}(y_{N-1}) \right\} \quad (5)$$

Obr.1

$$e_1(y_1) = [F(x_0, y_0, \frac{y_1 - y_0}{\Delta x}) - FS \Phi(x_0, y_0, \frac{y_1 - y_0}{\Delta x})] \Delta x$$



Obr. 2

Funkce může být řešením variační úlohy (1) až (2), pokud vyhovuje diferenciální rovnici (3), podmínce (4) a okrajovým podmínkám (2).

Usmyknutí vyšetřujeme jako N-etapový rozhodovací proces, funkci y hledáme ve tvaru lomené čáry (po částech lineární funkce). Použitím Bellmanova principu optimality obdržíme systém funkcionálních rovnic dynamického programování pro naši úlohu (5), který určuje i algoritmus numerického řešení.

Popsaný algoritmus byl podrobně sestrojen a zpracován do programu, kterým byl proveden rozbor vlivu parametrů smykové pevnosti na hodnotu stupně bezpečnosti a na tvar a polohu kritické smykové plochy. Z praktických důvodů se analýza omezila na homogenní svah. Obr. 2 ilustruje dosažené výsledky pro jednu z řešených kombinací. Získané výsledky byly srovnány s řešením téže úlohy klasickou Petterssonovou metodou.

Na obr.2 je také graf hustoty pravděpodobnosti stupně bezpečnosti sestrojený s využitím statistických charakteristik stupně bezpečnosti FS, získaných stochastickým řešením stability.

Výsledky měření ukazují na značný rozdíl ve tvaru smykových ploch. Rozhodnout, zda ta či ona metoda objektivněji a věcně přesněji vystihuje realitu, může pouze experiment. Proto bylo přistoupeno k fyzikálnímu modelování, kterým je řešena daná úloha na modelu z ekvivalentního materiálu (model GEO Brno 85). Výsledky se v současné době zpracovávají.

Vzhledem k tomu, že pevnost horniny je funkcí napjatosti, můžeme předpokládat, že uvedená metoda dynamického programování se ukáže být přílehlavým nástrojem k řešení úloh, u kterých můžeme stanovit pole přetvoření a napjatosti s vyšší přesností, než je tomu u klasických metod.

Literatura :

- /1/ Dočkal, P.: Vybrané problémy stability a spolehlivosti zemních svahů a některé metody jejich řešení, Sborník VUT v Brně, Brno, 1985.
- /2/ Dočkal, P.: Použití metody dynamického programování pro řešení stability zemních těles, Výzkumná zpráva PÚDIS Praha, 1985.