



Rázy pružných těles v protiotřesovém boji v podmínkách slojí sedlových vrstev

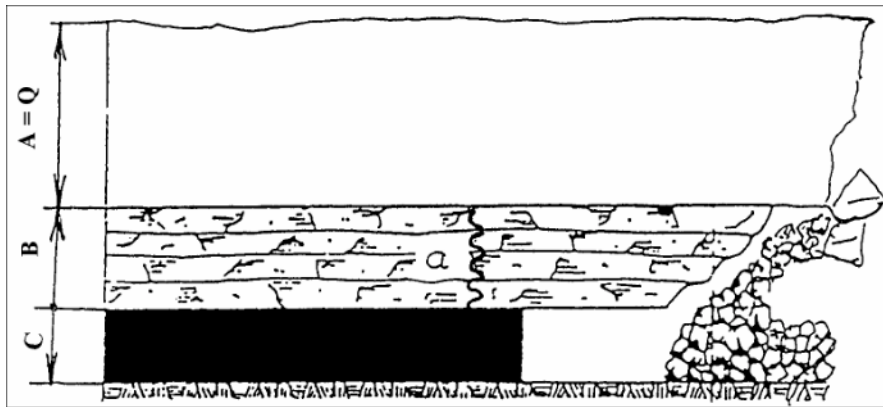
Stanislav Bukovanský¹

The elastic body strikes in the anti-bump fight in saddle layers conditions

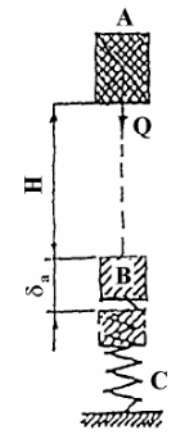
The tension has a sinus characterization in the case of oscillation and it is able to mangle as a strike. The equation (8) demonstrates falling down of a main roof to connect a force of immediate roof suddenly. Movement and tension are twice higher in than a case of sudden weight force mannered by wave and oscillation rather in a case of functioned by the same static force.

Key words: Antishock Fight, Coal Seams

Z obecné teorie vyplývá, že charakter napětí při kmitání je sinusový, a že by ho bylo možno dobře simulovat i jako ráz. Pružnou soustavu nadloží - sloj je možno si znázornit dle obr. 1.



Obr. 1. Znázornění pružné soustavy nadloží - sloj.



Obr. 2. Znázornění rázu břemene A prostřednictvím tělesa B na pružnou soustavu C.

Tato pružná kmitající soustava sestává z kmitajícího prvku C (uhelná sloj), mezilehlého bezprostředního nadloží B a zatěžujícího břemene A o tíze Q. Hmotnost prvků B a C soustavy je oproti hmotnosti prvku A malá, takže chování celé soustavy určuje převážně prvek A.

Z obecné teorie výpočtu napětí při rázu vyplývá, že za předpokladu, že velmi tuhé těleso A o tíze Q (viz obr. 1 a 2), jehož deformaci lze pominout (mocné pevné nadloží), narazí z obecné výšky H na jiné těleso B (přímé nadloží), uložené na pružné soustavě C (sloji).

Pružná soustava C se během velmi krátkého časového okamžiku poněkud deformuje. Posunutí tělesa B (přímého nadloží) označíme δ_a . Rázem vzniknou v soustavě C (uhelné sloji) napětí (σ_a nebo τ_a , podle druhu deformace), které mohou být příčinou vzniku důlního otřesu, a to jak v porubech, tak i v dlouhých důlních dílech ražených ve sloji.

Vykonaná práce při rázu C se rovná kinetické energii T

$$T = A_a = Q (H + \delta_a) \quad [J] \quad (1)$$

Potenciální energie U_s se přitom rovná polovičnímu součinu působící síly a příslušné deformace

$$U_s = 0,5 Q \delta_s \quad [J] \quad (2)$$

Statickou deformaci δ_s vmístě rázu lze vypočítat z Hookeova zákona, jež v obecném tvaru zní

$$\delta_s = Q / c \quad (3)$$

¹ Dr. Ing. Stanislav Bukovanský, Vědecký ústav uhlí a hornin, s.r.o., Poděbradova 111, 70 200 Moravská Ostrava, Česká republika (Recenzovali: Doc. Ing. Juraj Durove, CSc. a Doc. Ing. Michal Maras, CSc.)

kde „c“ je tuhost soustavy, jež závisí na fyzikálních a geomechanických vlastnostech hornin, tvaru a rozměrech horského masivu a poloze místa rázu. Při prostém tahu či tlaku je $c = EF / l$.

Rovnice (2) se dá zapsat i jako

$$U_s = 0,5 Q \delta_s = c \delta_s^2 / 2 \quad (4)$$

a to za předpokladu, že platí Hookeův zákon a síla Q , napětí p_s , deformace jim úměrné δ_s vzrůstají postupně od nuly na konečnou hodnotu.

Pozorováním pružného kmitání (rázu) horského masivu se dospělo k závěru, že i při dynamickém zatížení zůstává Hookeův zákon v platnosti a modul pružnosti si zachovává svou velikost. Vzrůst napětí a deformací, třebaže je při rázu rychlý, přece jen nenastává okamžitě. Napětí roste postupně během velmi krátkého časového úseku od nuly na konečnou hodnotu stejně jako s růstem deformace rostou i napětí.

Reakce uhelné sloje C na účinek dopadnuvšího břemene Q (se označuje jako P_∂) je následkem růstu deformace δ_∂ a roste od nuly na konečnou hodnotu a pokud napětí P_∂ nepřekročí mez úměrnosti horniny, platí dle Hookeova zákona

$$\delta_\partial = P_\partial / c \quad (5)$$

Rovnice (2) bude tedy platit i při rázu (kmitání). Proto lze předpokládat tvar vzorce pro U_∂ při rázu bude stejný jako při statickém zatížení soustavy C setrvačnou silou P_∂ tj.

$$U_\partial = 0,5 P_\partial \delta_\partial = c \delta_\partial^2 / 2 = Q \delta_\partial^2 / 2 \delta_s \quad (6)$$

Dosadíme-li za T a U_∂ do rovnice (1), dostaneme

$$Q (H + \delta_\partial) = Q \delta_\partial^2 / 2 \delta_s \quad (7)$$

Jestliže v rovnici (7) bude výška pádu vyššího nadloží $H = 0$, tedy tíha přímého nadloží Q se připojí náhle (např. vlivem kmitání), pak

$$\delta_\partial = 2 \delta_s \text{ a } p_\partial = 2 p_s, \quad (8)$$

tedy při náhlém zatížení silou Q způsobenou vlněním nebo kmitáním jsou deformace a napětí dvakrát větší než při statickém působení stejné síly.

Právě toto zvýšení deformací a napětí skokem na dvojnásobek může být příčinou porušení soustavy C (uhelné sloje) a vzniku důlního otřesu, a to jak v okolí dlouhých důlních děl, tak i v okolí porubů.

Samozřejmě je, že elementární teorie rázu a šíření napětí v dokonale pružných tělesech je sice zcela přesná, ale jen ve smyslu tuhého tělesa, neboť se nezabývá vůbec jevy, knimž dochází při rázu přímo v tělesech a prakticky úplně selhává, když energie nesená kmitáním těles tvoří značnou část potenciální energie před nárazem. Zde se uplatňuje fyzikální fakt, že síly se přenášejí konečnou rychlostí, což je charakterizováno vlnovou teorií rázu.

Vzhledem k tomu, že při rychlostech šíření rozruchu při otřesových jevech (rázech) měřených akcelerometry na porubní výztuži byly získány poměrně velké hodnoty řádově několika m/s, pak doba, kterou potřebuje silový impuls vznikající při rázu k proběhnutí tělesem, bude neobyčejně krátká a rychlost postupu silových vln nebude možno zanedbat. Bude-li pro tento případ elastické těleso isotropní a lineární, pak jeho elastické vlastnosti vyjadřuje jen modul E (příp. G) a Poissonovo číslo μ . Ztráty energie při pohybu postupujících vln se považují za nulové.

Impuls síly \mathbf{I} působící na určité těleso v jeho pohybovém stavu (při rázu) se projeví změnou hybnosti \mathbf{p} , jež charakterizuje pohybový stav tělesa z hlediska působení síly posuzovaného podle doby jeho trvání, tedy

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} \quad (9)$$

Změna hybnosti způsobená silou \mathbf{F} za čas $t_2 - t_1$ je určen impulsem (časovým integrálem) síly. Pro střední hodnotu nárazové síly \mathbf{F} lze psát, že

$$\mathbf{I} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt = \mathbf{F} (t_2 - t_1) + \mathbf{C} \quad (10)$$

kde \mathbf{C} je konstanta, která charakterizuje horninové prostředí.

Trvá-li pak při dané změně hybnosti náraz delší dobu, tedy ($t_2 - t_1$) je velké, je nárazová síla malá a naopak, trvá-li náraz velmi krátkou dobu, dosahuje síla velmi značných hodnot.

V hornictví např. při náhlém závalu nadloží nastává prudká změna hybnosti za krátkou dobu a na uhelnou sloj působí tak velké síly, že se může náhle porušit. Nastává-li pokles nadloží pozvolna (konvergence stropu je pomalá), pak při stejné změně hybnosti, jež trvá delší dobu, nedojde k žádnému závažnému porušení uhelné sloje skokem.

Z teorie vyplývá, že superponujeme-li dvě vlnění, jejichž kmitočty se od sebe jen málo liší, mění se amplituda výsledného vlnění periodicky od nuly do maximální hodnoty. Toto periodické zesilování a zeslabování kmitů může vést ke vzniku rázu i nebezpečných deformací a jevů (Ďurove, 1999).

Závěr

Ráz obdobný rázu vyvolanému dopadem bloku přímého nadloží B odděleného po ploše a (obr.1) může vzniknout obdobně i trhací prací velkého rozsahu, kdy se právě rázovým zvýšením napětí odpalem trhaviny zvýší napětí působící na sloj C a vyvolá se uměle důlní otřes. Tento ráz má dle geofyzikálních monitorování tvar rychle tlumeného kmitání, které někdy vyvolá a někdy nevyvolá porušení stavebních jednotek nadloží B - viz otřesy pro OTP velkého rozsahu v OKR. To, zda se OTP vyvolá důlní otřes či nikoliv, záleží na velikosti vln napětí vzniklých superpozicí původního napětí a dynamického zatížení vyvolaného kmitáním po trhací práci.

Všechny tyto seismické vzruchy mohou mít rozdílnou podobu od seismického vlnění podobného zemetřesení od účinků vzdálených intenzivních důlních otřesů (např. pro OKR v polské části Hornoslezské kamennouhelné pánve), tak i rázu či zákmitu různého druhu a původu, tedy obecně podobu netlumených i tlumených kmitů. Tedy bude - li se jednat o porušení v místě vzdáleného od živých důlních děl, bude se jednat o záchvěv a bude - li se jednat o porušení poblíž živých důlních děl může se jednat buď o ráz nebo dokonce i o důlní otřes.

Literatura

- Bukovanský, S.: Některé aspekty protiotřesového boje se zřetelem k důlním podmínkám v OKR. *Doktorská dizertační práce VŠB - Technická univerzita Ostrava, červen 1997.*
- Bukovanský, S.: Superpozice vlnění v soustavě uhelná sloj - horninové vrstvy v podmínkách v OKR. *Acta Montanistica Slovaca, roč. 4, 3/1999a, s. 225-226.*
- Bukovanský, S.: Model otřesového jevu s využitím rezonančního systému nadloží - uhelná sloj v podmínkách OKR. *Acta Montanistica Slovaca, roč. 4, 3/1999b, s. 227-228.*
- Ďurove, J.: Teória podobnosti a modelovanie v mechanike hornín a masívu. *Acta Montanistica Slovaca, 1/1999, F BERG TU, Košice.*