

Blazej PANDULA¹, Jozef BOCAN², Julian KONDELA³, Tibor SASVÁRI⁴

SEIZMIKA KOMOROVÉHO ODSSTRELU

SEISMIC EFFECTS ANALYSIS OF A COYOTE – HOLE BLAST

Abstract

The results of seismic effects analysis of a coyote – hole blast at Dubina – Hranovnica quarry is discussed. The attenuation of seismic waves around the quarry, based on frequency analysis of seismogram, is presented.

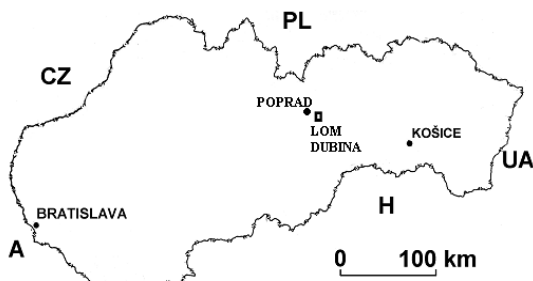
Key words: seismic effect, attenuation of waves

Úvod

Trhacie práce majú a oddávna mali rozhodujúcu úlohu v živote človeka pri získavaní nerastných surovín. Pokúsme si len predstaviť aká obrovská energia je ukrytá v malom množstve výbušniny. Na jednej strane môže táto energia vykonať pre človeka veľa užitočnej práce, ale na druhej strane môže pri nesprávnom využití spôsobiť materiálne škody.

Trhacie práce prinášajú popri svojom pozitívnom účinku aj negatívny účinok, ktorý v závislosti od ich rozsahu ohrozuje objekty nachádzajúce sa v blízkosti uskutočňovaných odstrelov. S rastúcou hmotnosťou nálože trhavyňy totiž rastie aj intenzita kmitania seizmických vln, ktoré sa šíria prostredníctvom prenosového prostredia a rozkmitávajú všetky body, na ktoré pri svojom pohybe narazia. Keď je intenzita kmitania dostatočne veľká, môže dôjsť k porušeniu objektu a v konečnom dôsledku aj k zrúteniu stavby, prípadne porušeniu stability svahu a pod.

Výšetrenie týchto škodlivých účinkov a stanovenie seizmickej bezpečnosti je v súčasnej dobe veľmi aktuálny a nevyhnutný problém. Je potrebné nájsť ekonomicky výhodnú cestu, ktorá by na jednej strane zabezpečovala istotu neporušenia objektu a na druhej strane by určovala čo najefektívnejšiu technológiu trhacích prác.



Obr.1 Pozícia lomu Dubina-Hranovnica pri Poprade.

Tento príspevok sa týka analýzy seizmických účinkov komorových odstrelov v lome Dubina - Hranovnica pri Poprade na povrchovú zástavbu, ktoré sa uskutočnili v priebehu rokov 2003 – 2006 (obr. 1).

Predmetom analýzy bolo meranie seizmických účinkov trhacích prác veľkého rozsahu generovaných komorovými odstrelní (ďalej KO), na príľahlú zástavbu sídliska obce Kvetnica, menovite na objekt bytovky.

¹ Doc., RNDr., CSc., ÚGaET F BERG TU v Košiciach, Park Komenského 19, Košice, Slovenská republika, blazej.pandula@tuke.sk

² ÚGaET F BERG TU v Košiciach, Park Komenského 19, Košice, Slovenská republika

³ Mgr. PhD., ÚGaET F BERG TU v Košiciach, Park Komenského 19, Košice, Slovenská republika, julian.kondela@tuke.sk

⁴ Prof., Ing., PhD., ÚGaET F BERG TU v Košiciach, Park Komenského 19, Košice, Slovenská republika, tibor.sasvari@tuke.sk

Konkrétne meranie seizmických účinkov KO má dať odpoveď na otázku, či energia seizmických vln vyvolaná odstreľom môže spôsobiť škody na stavebných objektoch a príťahlej zástavbe.

Zdroj otrasov

Zdrojom seizmických účinkov bol 45., 46. a 47. KO na ložisku melafýrov Dubina - Hranovnica. V prípade 45. KO sa jednalo o klasický dvojrakový KO, ktorý tvorilo celkom 10 komorových náloží, z čoho bolo 6 predkomôr – 1. rad náloží a 4 hlavné - zadné komory – 2. rad náloží. Boli použité štyri druhy trhavín: trhavina DaP balená vo vreciach o celkovej hmotnosti 20 225 kg, trhavina Cheminex o celkovej hmotnosti 328,5 kg, Granulit o celkovej hmotnosti 1200 kg a Permonex o celkovej hmotnosti 534 kg. Celková hmotnosť nálože odstreľu, ako to dokumentuje tab. 1, bola 22 287,5 kg trhavín. Roznet náloží bol elektrický, pomocou milisekundových rozbušiek typ DeM-S, 80 ÷ 170 časovací stupeň. Rozdelenie celkovej hmotnosti trhavín do jednotlivých komôr podľa druhu trhaviny a príslušné časové stupne milisekundových rozbušiek, je uvedené v tab. 1.

Tab.1 Parametre 45. komorového odstreľu.

Komora	Záber [m]	DaP [kg]	Cheminex [kg]	Granulit [kg]	Permonex [kg]	Časovacie stupne [ms]
N ₁	11,5	875	9,0	-	-	4x8°
N ₂	11,1	750	9,0	-	-	9°
N ₃	10,0	475	13,5	75,0	72	10°
N ₄	10,2	600	9,0	75,0	-	12°
N ₅	10,8	700	9,0	75,0	-	14°
N ₆	12,1	725	9,0	100,0	-	16°
N _I	18,0	3300	67,5	425,0	462	11°
N _{II}	18,3	4200	67,5	150,0	-	13°
N _{III}	19,4	4300	67,5	150,0	-	15°
N _{IV}	19,5	4300	67,5	150,0	-	17°
Σ		20225	328,5	1200	534	

V prípade 46. KO sa taktiež jednalo o klasický dvojrakový KO, ktorý tvorilo celkom 10 komorových náloží, z čoho bolo 6 predkomôr – 1. rad náloží a 4 hlavné - zadné komory – 2. rad náloží. Boli použité štyri druhy trhavín: trhavina DaP balená vo vreciach o celkovej hmotnosti 18 100 kg, trhavina Austragel o celkovej hmotnosti 647,6 kg, Perunit o celkovej hmotnosti 332 kg, Danubít o celkovej hmotnosti 144 kg a 930 m bleskovice. Celková hmotnosť nálože v komorách bola 18 699,2 kg trhavín a okrem toho na pätné vrty bolo použitých 332 kg Perunitu a na karotáž 144 kg Danubitu a 50,4 kg Austragelu.

Tab.2 Parametre 46. komorového odstreľu.

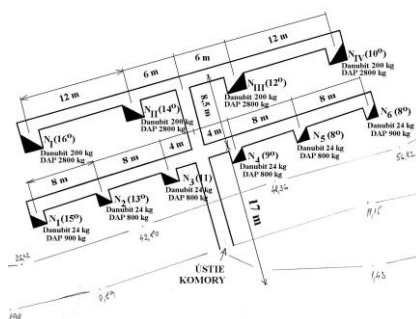
Komora	Záber [m]	DaP [kg]	Austragel [kg]	Perunit [kg]	Danubít [kg]	Časovacie stupne [ms]
N ₁	11,6	1200	49,0	-	-	13°
N ₂	10,0	1000	24,5	-	-	10°
N ₃	10,0	1000	24,5	-	-	9°
N ₄	10,0	1000	24,5	-	-	8°
N ₅	10,5	1000	24,5	-	-	10°
N ₆	12,5	1300	49,0	-	-	11°
N _I	18,2	2900	100,8	-	-	17°
N _{II}	18,0	2900	100,8	-	-	16°
N _{III}	18,0	2900	100,8	-	-	12°
N _{IV}	19,0	2900	100,8	-	-	14°
Σ		18100	599,2			

Roznet náloží bol elektrický, pomocou 52 kusov milisekundových rozbušiek typ DeM-S, 1^0 a 2^0 časovací stupeň päťnás vrty a $8^0 \div 17^0$ časovací stupeň komory. Rozdelenie celkovej hmotnosti trhavín do jednotlivých komôr podľa druhu trhaviny a príslušné časové stupne milisekundových rozbušiek sú uvedené v tab. 2.

V prípade 47. KO sa jednalo taktiež o klasický dvojradový KO, ktorý tvorilo celkom 10 komorových náloží, z čoho bolo 6 predkomôr – 1. rad náloží a 4 hlavné - zadné komory – 2. rad náloží (Obr. 2). Boli použité dva druhy trhavín: trhavina DaP balená vo vreciach o celkovej hmotnosti 16 200 kg a trhavina Danubit o celkovej hmotnosti 944 kg a 760 m bleskovice. Celková hmotnosť nálože odstrelu bola 17 144 kg trhavín. Roznet náloží bol elektrický, pomocou 445 kusov milisekundových rozbušiek typ DeM-S, $8^0 \div 16^0$ časovací stupeň. Rozdelenie celkovej hmotnosti trhavín do jednotlivých komôr podľa druhu trhaviny a príslušné časové stupne milisekundových rozbušiek, je uvedené v tab. 3.

Tab.3 Parametre 47. komorového odstrelu.

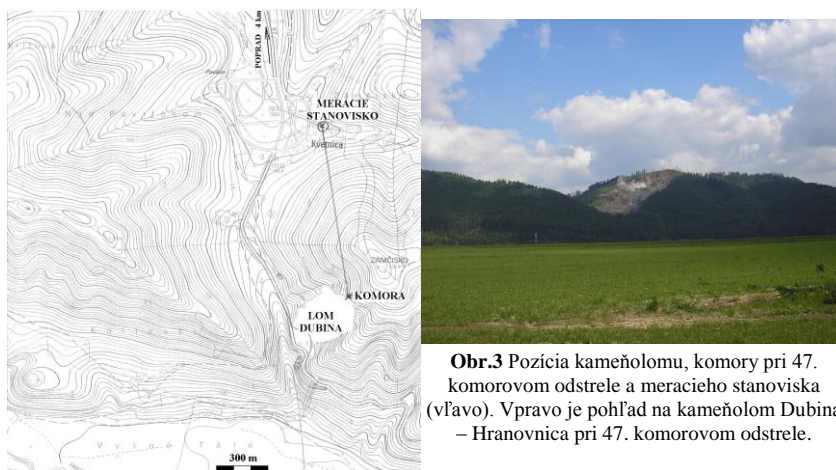
Komora	Záver [m]	DAP [kg]	Austragel [kg]	Perunit [kg]	Danubit [kg]	Časovacie stupne [ms]
N ₁	11,6	900	-	-	24	15 ^o
N ₂	10,0	800	-	-	24	13 ^o
N ₃	10,0	800	-	-	24	11 ^o
N ₄	10,0	800	-	-	24	9 ^o
N ₅	10,5	800	-	-	24	8 ^o
N ₆	12,5	900	-	-	24	8 ^o
N _I	18,2	2800	-	-	200	16 ^o
N _{II}	18,0	2800	-	-	200	14 ^o
N _{III}	18,0	2800	-	-	200	12 ^o
N _{IV}	19,0	2800	-	-	200	10 ^o
Σ		16200			944	



Obr.2 Pohľad na lomovú stenu a ústie komory (vpravo) a priestorové rozloženie komorových náloží (vľavo) pred 47. komorovým odstrelom.

Prenosové prostredie

Ložisko stavebného kameňa - melafýru Dubina sa nachádza v katastrálnom území Hranovnica a Poprad. Lom je vybudovaný v južnom svahu morfológicky vystupujúceho Vikartovského chrbta, ktorý tvorí výrazný val miernej pahorkatiny Popradskej kotliny. Melafýry vytvárajú výrazný horský reliéf terénu. Ložisko je otvorené stenovým lomom za účelom ťažby lomového kameňa. Hydrogeologické pomery ložiskovej výplne a tým viac samotného ložiska možno označiť za veľmi jednoduché.



Obr.3 Pozícia kameňolomu, komory pri 47. komorovom odstrelé a meracieho stanoviska (vľavo). Vpravo je pohľad na kameňolom Dubina – Hranovnica pri 47. komorovom odstrelé.

Kameňolom Dubina leží severovýchodne od obce Spišské Bystré vo vzdialenosti asi 4 km. Je na ľavej strane štátnej cesty Poprad Rožňava. Odstrelé boli situované v ľavej časti lomu na kote 841.0 m, úroveň I. etáže v katastrálnom území Hranovnica.

Použité seizmické aparatúry

Pre meranie seizmických účinkov bol použitý štvorkanálový seizmograf UVS 1504 a seizmosnímače švédskej firmy Nitro Consult. Seizmograf poskytuje digitálny a grafický záznam všetkých troch zložiek rýchlosti kmitania častic prostredia, horizontálna pozdĺžna – v_x , horizontálna priečna – v_y , vertikálna – v_z . Štvrtý kanál bol v tomto prípade použitý na meranie vertikálnej zložky rýchlosti kmitania – v_{z1} . Seizmograf UVS 1504 pracujú autonómne, automaticky uskutočňuje test kanálov bez zásahu a vplyvu operátora do nameraných a zaregistrovaných charakteristík kmitania. Seizmograf UVS 1504 má AD prevodník s automatickým 14 bitovým dynamickým rozsahom, ktorý zodpovedá $0,05 \div 250 \text{ mm.s}^{-1}$. Pre toto meranie boli použité elektrodynamické UVS geofóny s frekvenčným rozsahom $1 \div 1000 \text{ Hz}$ a citlivosťou 20 mV/mm.s^{-1} : trojzložkový snímač (x, y, z) na meracom stanovisku 1 a samostatný vertikálny jednozložkový snímač (z_1) na meracom stanovisku 2 - objekt bytovky. Geofóny boli umiestnené na parapete okna na špeciálnej podložke s oceľovými ostrými hrotmi, ktoré zabezpečovali nepretržitý kontakt s betónovým podkladom (obr. 4).



Obr.4 Meracie stanovisko č.1 s digitálnym seizmografom UVS 1504 .

Kritérium a merítko seizmických účinkov

Účinky tzv. technickej seizmicity vyvolanej trhacími prácami sa merajú a posudzujú rýchlosťou kmitania častíc prostredia „ v “ a to podľa maximálnej hodnoty jednej z jej troch zložiek x , y , z . Princíp seizmickej ochrany – seizmickej bezpečnosti stavebných objektov voči technickej seizmicite možno vyjadriť vzťahom:

$$v \leq v_d$$

kde v je maximálna hodnota zložky rýchlosti kmitania vyvolaná zdrojom otrasov, nameraná na tzv. referenčnom stanovisku chráneného (posudzovaného) objektu; referenčné stanovisko sú základy prízemnia budovy; hodnota „ v “ závisí hlavne od maximálnej hmotnosti nálože trhaviny odpálenej v jednom časovom stupni Q [kg], ďalej od minimálnej vzdialenosti zdroja (KO) od receptora otrasov L [m], a od vlastností geologického prenosového prostredia medzi zdrojom a receptorom otrasov. Na úrovni súčasných poznatkov sa hodnota „ v “ nedá vopred ani analyticky ani empiricky spoľahlivo vypočítať; najspoľahlivejšie sa stanoví konkrétnym meraním, ako je tomu v našom prípade, v_d je maximálna dovolená (medzná) rýchlosť kmitania pre posudzovaný (chránený) objekt; pri tejto rýchlosti kmitania nedôjde k nijakému poškodeniu objektu – **stupeň poškodenia je 0**; táto hodnota sa stanovuje nezávisle na odstrele (pred odstreloom) na základe praktických skúseností uvádzaných v rôznych normatívoch (u nás napr. STN 73 00 36 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií), alebo na základe expertíznych posúdení špecialistami (Pandula, 2003).

Vychádzajúc z odporúčanií STN 73 0036 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií je možné nami sledované stavebné objekty zaradiť do **triedy odolnosti C**.

Čo sa týka druhu a kategórie základovej pôdy chránených objektov, túto vzhľadom na absenciu konkrétnejších charakteristík a údajov, môžeme zaradiť do **kategórie a**, čo s vysokou pravdepodobnosťou bude najbližšie ku skutočnosti.

Poslednou charakteristikou pre stanovenie dovolených rýchlostí v_d chránených objektov, ostáva poznať prevládajúce hodnoty frekvencií kmitov. Tieto vyplývajú z konkrétnych meraní seizmických účinkov a ako výsledky frekvenčnej analýzy pomocou Fourierovej transformácie (FFT) sú uvedené v tab. 7, 8 a 9 (Pandula & Bocan, 2003; Pandula & Bocan, 2004; Pandula & Bocan, 2006). V tab. 7 sú uvedené výsledky analýzy grafických záznamov jednotlivých zložiek x , y , z a z_1 rýchlosti kmitania a frekvencie v závislosti na veľkosti náloží v jednotlivých časovacích stupňoch na meracom stanovisku č. 1. pri 45. KO a v tab. 8 a 9 sú uvedené výsledky namerané na meracom stanovisku č. 1 pri 46. a 47. KO. Tieto merania boli uskutočnené pracovníkmi ÚGaT F BERG TU v Košiciach (Pandula & Bocan, 2003) a Laboratória trhacích prác a ochrany pracoviska AGH Krakow (Pandula & Bocan, 2004). Z frekvenčnej analýzy vyplynulo, že prevládajúce frekvencie jednotlivých zložiek x , y , z a z_1 rýchlosti kmitania pri 45. KO majú v niektorých prípadoch hodnotu menšiu ako 10 Hz (tab. 4) (Pandula & Bocan, 2003; Onderka et al., 2003). Preto bolo potrebné pri nasledujúcich 46. a 47. KO urobiť úpravy veľkosti náloží na jeden časový stupeň.

Namerané seizmické účinky KO a ich analýza

Maximálne hodnoty seizmických účinkov generované KO, odčítané z vibrogramov nameraných pri jednotlivých KO (obr. 5), sú uvedené v tabuľke 4, 5 a 6 (Pandula & Bocan, 2003; Pandula & Bocan, 2004; Pandula & Bocan, 2006).

Tab.4 Namerané maximálne hodnoty zložiek rýchlosti kmitania 45. KO na meracom stanovisku – objekt bytovky.

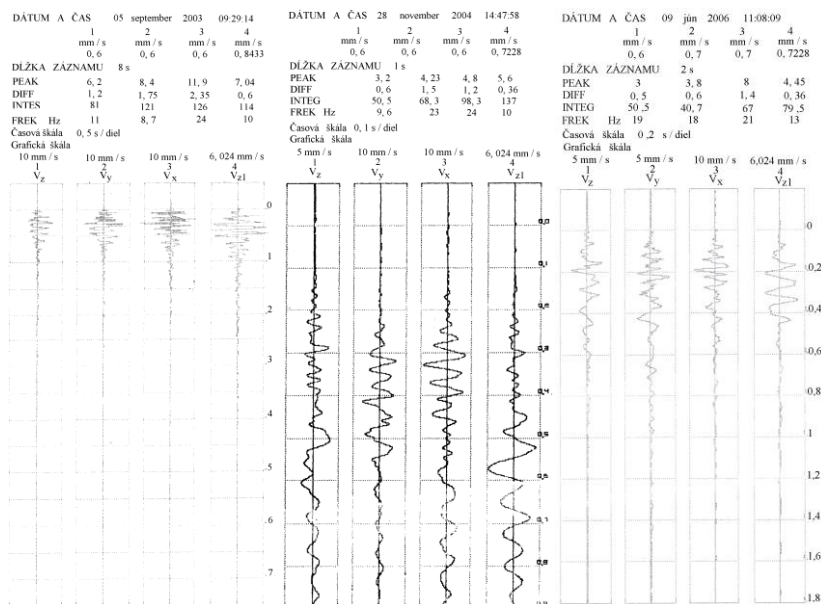
Zložka rýchlosti kmitania	Frekvencia kmitov [Hz]	Maximálna rýchlosť kmitania zložky [mm.s ⁻¹]
v_x	24,0	11,9
v_y	8,7	8,4
v_z	11,0	6,2
v_{z1}	10,0	7,04

Tab.5 Namerané maximálne hodnoty zložiek rýchlosti kmitania 46. KO na meracom stanovisku – objekt bytovky

Zložka rýchlosti kmitania	Frekvencia kmitov [Hz]	Maximálna rýchlosť kmitania zložky [mm.s ⁻¹]
V _x	24,0	8,95
V _y	23,0	6,25
V _z	9,6	3,2
V _{z1}	10,0	5,6

Tab.6 Namerané maximálne hodnoty zložiek rýchlosti kmitania 47. KO na meracom stanovisku – objekt bytovky

Zložka rýchlosti kmitania	Frekvencia kmitov [Hz]	Maximálna rýchlosť kmitania zložky [mm.s ⁻¹]
V _x	21,0	8,0
V _y	18,0	3,8
V _z	19,0	3,0
V _{z1}	13,0	4,45

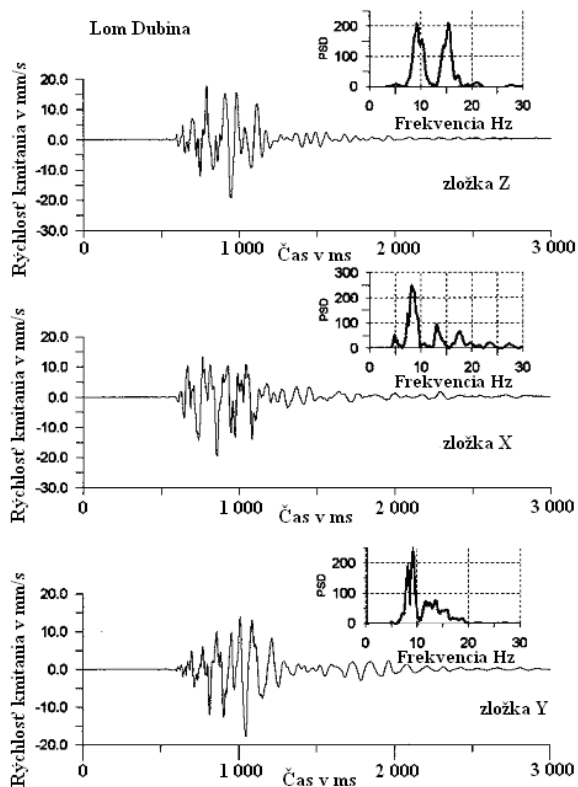


Obr.5 Záznamy vibrogramov z meraní 45., 46. a 47. komorového odstrelu.

Na obr. 5 sú uvedené záznamy vibrogramov namerané pri 45, 46 a 47 komorovom odstrelé. Z nich vyplýva, že znížením veľkosti náložé na jeden časový stupeň sa dosiahlo požadovaného efektu, t.j. zníženie maximálnej rýchlosti kmitania na úroveň dovolenej a zvýšenie najnižšej frekvencie nad 10 Hz.

Podrobnou analýzou seizmogramov na základe veľkosti náložé v jednotlivých časovacích stupňoch sme získali hodnoty frekvencií a rýchlosti kmitania prislúchajúce jednotlivým časovacím stupňom (tab. 7, 8 a 9). Na obťažnosť a presnosť analýzy pôsobil fakt, že časovacie stupne boli od

seba vzdialené príliš krátku dobu (približne 23 ms). Vlnové záznamy od jednej nálože boli preto prekryvané vlnovým záznamom od nasledujúcej nálože (Obr. 6).



Obr.6 Frekvenčná analýza jednotlivých zložiek seizmického záznamu 45. komorového odstrelu (Onderka et al., 2003).

Na základe týchto údajov bola zostrojená grafická závislosť maximálnych zložiek rýchlosti kmitania na redukovanej vzdialenosti pri KO. Grafy na obr. 7, 8 a 9 predstavujú tzv. zákon útlmu seizmických vln (Pandula & Bocan, 2003; Pandula & Bocan, 2004; Pandula & Bocan, 2006) pre lom Dubina - Hranovnica, zostrojený z hodnôt v tab. 7, 8 a 9., v ktorom bola použitá hodnota Q v tvare:

$$v = \left(\frac{L}{Q^{0.5}}\right) = K \left[\frac{L}{Q^{0.5}}\right]^n,$$

kde: „ v “ je maximálna rýchlosť kmitania (maximálna zložka rýchlosti kmitania) generovaná odstrelom, [$\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$],

$L\cdot Q^{-0.5}$ je tzv. redukovaná vzdialenosť, [$\text{m}\cdot\text{kg}^{-0.5}$],

L je najkratšia vzdialenosť zdroja otrasov od ich receptora, [m],

Q je hmotnosť nálože časového stupňa, [kg],

K je súčiniteľ závislý na podmienkach odstreľu, vlastnostiach prenosového prostredia, druhu trhaviny a pod.,

n je ukazovateľ útlmu seizmických vln (Dojčár et al., 1996).

Zo zákona útlmu seizmických vln je možné stanoviť pre konkrétny receptor veľkosť nálože pri známej vzdialenosti tak, aby maximálne hodnoty jednotlivých zložiek rýchlosti kmitania nepresiahli stanovené maximálne rýchlosti kmitania (Dojčár et al., 1996).

Tab.7 Výsledky analýzy seizmických meraní 45. KO na meracom stanovisku – objekt bytovky.

Časovací stupeň	Hmotnosť nálože Q [kg]	Vzdialenosť L [m]	Redukovaná vzdialenosť $L/Q^{0,5}$ [m.kg ^{-0,5}]	Meraná zložka	Frekvencia f [Hz]	Rýchlosť "v" [mm.s ⁻¹]
8 ⁰	884,0	780,0	26,2	x	26,0	1,8
				y	38,0	0,9
				z	33,0	0,7
				z ₁	29,0	0,5
9 ⁰	759,0	780,0	28,3	x	26,0	7,6
				y	25,0	4,55
				z	28,0	2,3
				z ₁	29,0	1,44
10 ⁰	635,5	780,0	30,9	x	26,0	9,53
				y	38,0	3,7
				z	29,0	0,96
				z ₁	11,0	1,63
11 ⁰	4254,5	780,0	11,96	x	24,0	12,15
				y	11,0	7,85
				z	19,0	4,43
				z ₁	17,0	5,0
12 ⁰	684,0	780,0	29,86	x	26,0	9,95
				y	28,0	5,4
				z	24,0	3,7
				z ₁	17,0	3,85
13 ⁰	4417,5	780,0	11,74	x	19,0	10,85
				y	20,0	8,2
				z	12,0	6,04
				z ₁	10,0	5,96
14 ⁰	784,0	780,0	27,86	x	28,0	3,6
				y	8,0	5,4
				z	20,0	2,66
				z ₁	10,0	5,3
15 ⁰	4517,5	780,0	11,6	x	25,0	6,6
				y	9,0	5,75
				z	9,0	4,14
				z ₁	10,0	6,98
16 ⁰	834,0	780,0	27,0	x	20,0	3,85
				y	11,0	4,0
				z	13,0	3,31
				z ₁	11,0	2,77
17 ⁰	4517,5	780,0	11,6	x	22,0	6,9
				y	9,0	5,05
				z	9,0	3,74
				z ₁	8,0	5,3

Tab.8 Výsledky analýzy seizmických meraní 46. KO na meracom stanovisku – objekt bytovky.

Časovací stupeň	Hmotnosť nálože Q [kg]	Vzdialenosť L [m]	Redukovaná vzdialenosť $L/Q^{0,5}$ [m.kg ^{-0,5}]	Meraná zložka	Frekvencia f [Hz]	Rýchlosť "v" [mm.s ⁻¹]
8 ⁰	1024,5	740,0	23,119	x	45,5	0,2
				y	29,5	0,6
				z	23,0	0,25
				z ₁	32,0	0,48
9 ⁰	1024,5	740,0	23,119	x	50,0	0,25
				y	47,5	0,6
				z	38,0	0,5
				z ₁	23,0	0,48
2x10 ⁰	2000,49	740,0	16,545	x	33,5	1,25
				y	26,5	1,6
				z	36,0	1,45
				z ₁	38,5	1,02
11 ⁰	1349,5	740,0	20,144	x	48,0	0,85
				y	34,5	2,3
				z	42,0	0,2
				z ₁	55,0	0,6
12 ⁰	3000,8	740,0	13,087	x	28,5	5,3
				y	18,0	1,45
				z	29,5	2,65
				z ₁	26,0	2,35
13 ⁰	1249,0	740,0	20,939	x	36,0	0,75
				y	26,5	5,85
				z	31,0	1,2
				z ₁	50,0	0,36
14 ⁰	3000,8	740,0	13,087	x	20,5	6,75
				y	24,5	6,5
				z	18,5	1,4
				z ₁	23,0	1,81
15 ⁰	-	-	-	x	-	-
				y	-	-
				z	-	-
				z ₁	-	-
16 ⁰	3000,8	740,0	13,087	x	24,5	9,15
				y	13,5	5,6
				z	10,0	3,05
				z ₁	31,5	1,325
17 ⁰	3000,8	740,0	13,087	x	22,0	5,5
				y	14,5	4,8
				z	9,5	2,5
				z ₁	21,0	2,53

Tab.9 Výsledky analýzy seizmických meraní 47. KO na meracom stanovisku – objekt bytovky.

Časovací stupeň	Hmotnosť nálože Q [kg]	Vzdialenosť L [m]	Redukovaná vzdialenosť $L/Q^{0,5}$ [m.kg ^{-0,5}]	Meraná zložka	Frekvencia f [Hz]	Rýchlosť "v" [mm.s ⁻¹]
2x8 ⁰	1748	720,0	17,22	x	19,5	1,52
				y	22,5	1,2
				z	25,0	1,1
				z ₁	22,0	0,58
9 ⁰	824	720,0	25,08	x	21,0	1,25
				y	29,5	0,2
				z	25,0	1,2
				z ₁	28,0	0,3
10 ⁰	3148	720,0	12,83	x	25,5	1,1
				y	21,5	1,2
				z	23,0	1,8
				z ₁	19,5	2,0
11 ⁰	824	720,0	25,08	x	29,0	0,5
				y	23,5	2,8
				z	24,0	2,2
				z ₁	23,0	2,1
12 ⁰	3000	720,0	13,14	x	28,5	4,1
				y	28,5	2,3
				z	28,5	2,2
				z ₁	23,0	1,8
13 ⁰	824	720,0	25,08	x	21,0	3,7
				y	22,5	3,8
				z	21,0	2,1
				z ₁	25,0	2,3
14 ⁰	3000	720,0	13,14	x	21,0	8,00
				y	25,5	3,25
				z	28,5	3,0
				z ₁	19,0	4,2
15 ⁰	924	720	23,69	x	28,5	3,85
				y	18,0	2,3
				z	24,5	2,5
				z ₁	19,5	2,5
16 ⁰	3000	720,0	13,14	x	28,5	7,8
				y	18,0	3,8
				z	19,0	3,0
				z ₁	13,0	4,45
17 ⁰	-	-	-	x	-	-
				y	-	-
				z	-	-
				z ₁	-	-

Záver

Seizmické účinky trhacích prác na stavebné objekty sa posudzujú podľa rýchlosti kmitania častic prostredia „v“. Z výskumov, ktoré boli na katedre dobývania ložísk a geotechniky F BERG TU v Košiciach v uplynulých rokoch uskutočnené, jednoznačne vyplynulo, že pre posúdenie seizmickej bezpečnosti trhacích prác väčšieho rozsahu je potrebné stanoviť zákon útlmu seizmických vln pre sledovanú oblasť (Dojčár & Pandula, 1998). Počet potrebných údajov pre matematicko – štatistické stanovenie zákona útlmu seizmických vln je pomerne vysoký (Janotka, 1997). Doteraz bolo potrebné

vyhodnotiť niekoľko desiatok odstrelov, aby sme získali potrebný štatistický súbor, čo znemožňovalo v prijateľnej dobe zákon útlmu seizmických vln stanoviť. Digitálne seizmické aparatúry a ich programové vybavenie umožňujú získať potrebné údaje z niekoľkých odstrelov. Frekvenčná analýza pomocou FFT umožňuje podrobne vyhodnotiť prevládajúce frekvencie (Dojčár et al., 1996; Dojčár & Pandula, 1998; Janotka, 1997; Leššo, 1991). Tieto informácie nám potom pomôžu pri stanovení dovolenej rýchlosti kmitania pre sledované receptory a spresnenie hodnotenia a stanovenie dovolenej nálože pri trhacích prácach.

Na základe uvedeného, ako aj širšej analýzy rozpojovania komorovými odstreli v ložisku Hranovnica - Dubina možno konštatovať, že zníženie maximálnej nálože na jeden časovací stupeň na 3.000 kg prispelo k zníženiu maximálnej zložky rýchlosti kmitania pod dovolenú hodnotu $v_d = 10$ mm/s.

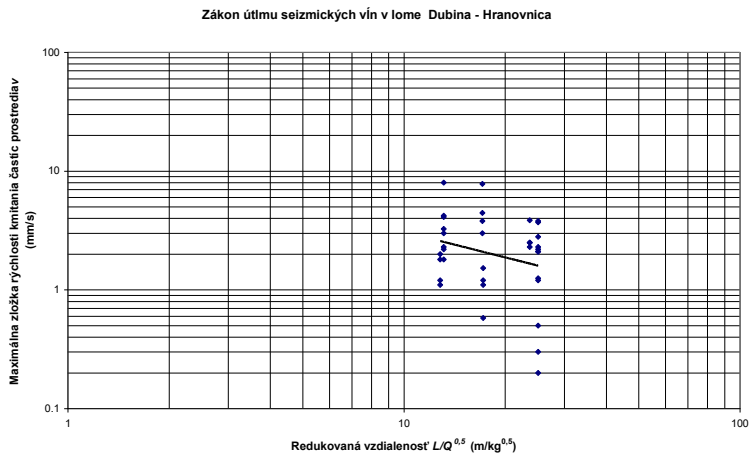
Z frekvenčnej analýzy vyplynulo, že prevládajúce frekvencie jednotlivých zložiek x, y, z, a z_1 rýchlosti kmitania pri 47. KO majú hodnotu väčšiu ako 10 Hz, čiže sú v bezpečnejšom frekvenčnom pásme z hľadiska seizmických účinkov na stavebné objekty (Dojčár & Pandula, 1998).

Výsledky meraní seizmických účinkov KO, ktoré boli uskutočnené v lome Hranovnica - Dubina v predchádzajúcom období potvrdili, že veľkosti náloží na jeden časový stupeň stanovené na základe zákona útlmu seizmických vln, boli stanovené správne (Šnajdr, 1991).

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu: Metodológia seizmiky trhacích prác. VEGA 1/3295/06.

Literatúra

- [1] Pandula, B. & Bocan, J. (2003): Vyhodnotenie seizmických účinkov KO v lome Dubina - Kvetnica. Výskumná správa KDLaG F BERG, Košice, 13 s.
- [2] Pandula, B. & Bocan, J. (2004): Vyhodnotenie seizmických účinkov KO v lome Dubina - Kvetnica. Výskumná správa KDLaG F BERG, Košice, 10 s.
- [3] Pandula, B. & Bocan, J. (2006): Vyhodnotenie seizmických účinkov KO v lome Dubina - Kvetnica. Výskumná správa KDLaG F BERG, Košice, 8 s.
- [4] Onderka, Z. et al. (2003): Pomiar drgaň seismometrycznych przy strzeleniu komorowym w kamieniolome Dubina-Kvetnica kolo Popradu, Wydział gorniczy AGH- Krakow, 8 s.
- [5] Šnajdr, J. (1991): Měření seizmických účinku komorového odstrelu v lomu Dubina, Technická správa. Pyros, Praha, 3 s.
- [6] Pandula, B. (2003): Seizmika trhacích prác – perspektívy rozvoja, Habilitačná práca, Košice, 157 s.
- [7] Dojčár, O. et al. (1996): Trhacia technika. Montanex Ostrava, 421 s.
- [8] Dojčár, O. & Pandula, B. (1998): Výskum technickej seizmicity v lome VSŽ Včeláre, Výskumná správa, TU Košice.
- [9] Janotka, V., Viskup, J. & Bukov, D. (1997): Rock environment geological models for accelerogram and seismic response spectra computation. Proceedings of the 3rd International Conference „Soil-Structure Interaction“. Slovak Technical University, Department of Geotechnics, p. 27-32.
- [10] Leššo, I. (1991): Možnosti spracovania výstupných signálov senzorov na počítačoch IBM PC. Senzory, č.12.



Obr.9 Grafická závislosť maximálnych zložiek rýchlosti kmitania na redukovanej vzdialenosti pri 47. KO v lome Dubina-Hranovnica – zákon útlmu seizmických vln.