

Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava

číslo 2, rok 2010, ročník X, řada stavební

článek č. 23

Jozef VISKUP¹, Blažej PANDULA², Jozef KUBÁŇ³**POSÚDENIE DYNAMICKÝCH ÚČINKOV ODSTRELU V ČACHTICKOM KAMENOLOME
NA ČACHTICKÚ JASKYŇU****EVALUATION OF BLASTS IN ČACHTICE MINE ON ČACHTICE CAVE****Abstrakt**

V Čachtickej jaskyni boli vykonané merania dynamických účinov odstreľu v Kameňolome Čachtice s cieľom posúdiť dynamické účinky odstreľu v Kameňolome Čachtice na jaskyňu, či hrozí porušenie, poškodenie alebo zničenie kvapľovej výzdoby v jaskyni počas odstreľu alebo v dôsledku dlhodobejšieho pôsobenia odstreľov. Na základe vykonaných meraní môžeme povedať, že poškodenie či zničenie kvapľovej výzdoby v jaskyni nehrozí i pri podstatne väčších náložkách.

Abstract

In Čachtice cave there were performed seismic measurements of the dynamic effects of the blast in Quarry Čachtice for the purpose to evaluate the blast effects on cave, if due to blast there is danger of injuring or damaging of the stalactites and stalagmites in the cave due to blast or due to long-term (long-run) of blasts. On the base of measurements it is possible to state that no danger of injuring or damaging due to blast and that it is possible to use substantial greater charge.

Key words: Cave, quarry, blast, dynamic effects of blast, charge.

1 ÚVOD

Seizmické merania v Čachtickej jaskyni s cieľom posúdiť dynamické účinky odstreľu v Kameňolome Čachtice na jaskyňu, či hrozí porušenie, poškodenie alebo zničenie kvapľovej výzdoby v jaskyni počas odstreľu alebo v dôsledku dlhodobejšieho pôsobenia odstreľov. Vzdialenosť Kameňolom Čachtice – Čachtická jaskyňa je 1.476 km.

Poznamenávame, že v dostupnej literatúre sme nenašli žiadne publikácie o meraní a vyhodnotení dynamických účinkov odstreľov na jaskyne.

2 ČACHTICKÁ JASKYŇA

Čachtická jaskyňa s rozsiahlym systémom chodieb o celkovej dĺžke približne 4200 metrov patrí medzi najvýznamnejšie jaskyne Malých Karpát. Jaskyňa bola vytvorená eróziou a rozpúšťacou činnosťou podzemných krasových vôd.

¹ RNDr. Jozef Viskup, CSc., Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava, Mlynská dolina, , 54215 Bratislava, tel.: +421905268354, e-mail: viskup@fns.uniba.sk.

² Doc.RNDr. Blažej Pandula, CSc., Fakulta BERG, Technická univerzita, Košice

³ Mgr. Jozef Kubáň, Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava, Mlynská dolina, , 54215 Bratislava, tel.: +421905268354, e-mail: kuban@fns.uniba.sk.

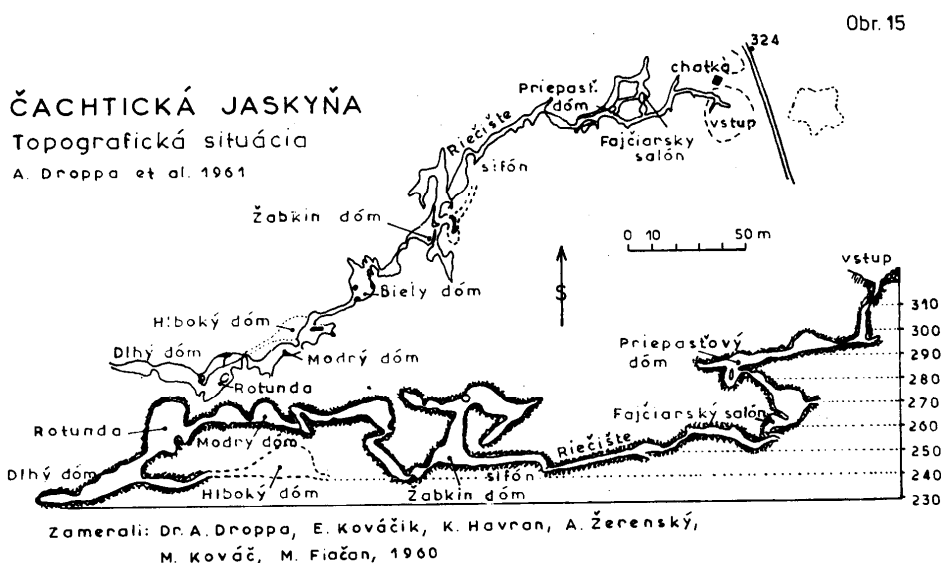
Čachtická jaskyňa i Kameňolom Čachtice sa nachádzajú v Čachtických Karpátoch, ktoré sú najsevernejšie výbežky Malých Karpát medzi obcami Prašník na juhu a Bzincami pod Javorinou na severe.

V centrálnej časti Čachtických Karpát sa nachádza Čachtický kras a túto oblasť rozrezáva riečka Jablonka, vytvárajúca veľkým oblúkom kaňonovitú dolinu.

Nachádzajú sa tu štyri chránené územia: Čachtická jaskyňa, Čachtický hradný vrch, Málová a Plešivec. Po okrajoch pohoria je niekoľko vápencových lomov - pri obciach Čachtice, Nové Mesto nad Váhom, Bzince pod Javorinou a Hrachovište.

Z hľadiska výskytu krasových javov, či už povrchových alebo podzemných, je na skúmanom území najzaujímavejšia východná časť Čachtických Karpát, ktorá sa nachádza severne od Čachtíc a siaha až ku kameňolomu pri novomestskej vápenke.

Hlavnú časť územia vytvára krasová plošina so Svedeckými kopcami Skalka a Drapák. Plošina sa dvíha mierne na západ ku chrbtu Čachtických Karpát a vedľa kaňona Jablonky, zasahuje k Višňovému na druhú stranu pohoria. V tejto oblasti sa nachádza aj jediná väčšia známa jaskyňa – Čachtická jaskyňa (Obr. 1) a podľa geologickej situácie je tu aj najväčší predpoklad výskytu rozsiahlejších podzemných priestorov.



Obr.1: Čachtická jaskyňa (podľa Droppa, 1961)

Vstup do jaskynných priestorov Čachtickej jaskyne tvorí jeden zo skupiny závrto, na severnej strane vrchu Drapák. Jaskyňa vznikla na zlomových alebo zonálne rozrušených líniách komplexu wettersteinských vápencov. Prevažná časť zlomov má smer JZ-SV, ktorý je aj hlavným smerom jaskyne.

Na križovatkách puklín sa vytvorili rútením z povál a zo stien širšie puklinové priestory, ako Priepest'ový dóm, Fajčiarsky salón, Žabkin dóm, Biely dóm, Dlhý dóm, Rotunda a Hlboký dóm. Priestory vymenovaných "dómov" sa pospájali umele prečistenými kanálmi sífónového charakteru. Dno jaskynných priestorov a spojovacích kanálov vyplňa okrem vápencových odrobiniek aj žltohnedá hlina splavená z povrchu. Kvapľová výzdoba vo vstupných častiach je pomerne chudobná. Na kvapľovú výzdobu sú bohatšie zadnejšie, ťažšie prístupné časti. Bohatstvom kvapľových útvarov všetkých druhov vyniká najmä úsek od Bieleho dómu až po Rotundu, v dĺžke 100 m. Na strope i na stenách sa nachádzajú čisto biele a lesklé stalaktity, zatiaľ čo na zemi 30-100 cm vysoké stalagmity. Priklonené puklinové steny vyplňujú kvapľové vodopády, ktoré na previsnutých častiach tvoria

záclonovité závesy a drapérie. Veľmi zaujímavé sú kvapľové záteky na stenách Modrého domu, ktoré svojou modrastou farbou ostro kontrastujú s bielymi útvarmi v ostatných častiach jaskyne.

Podzemné priestory Čachtickej jaskyne majú vertikálny charakter. Na priamu vzdialenosť 254 m od vchodu má preníženie 90 m. Celkový jej smer je orientovaný od vchodu na JZ a posledný jej bod v Dlhom dome zasahuje len po cestu, vedúcu zo strelnice do Mladého hája. Teda nezasahuje pod veľké tri závrtý, ba puklinové smery naznačujú, že jej pokračovanie treba hľadať smerom na SZ. Predpokladá sa, že hlavné priestory jaskýň v Čachtickom kráse by mali byť nižšie ako je terajšia známa jaskyňa, teda blízko úrovne povrchového toku.

3 KAMEŇOLOM ČACHTICE

Kameňolom Čachtice sa nachádza cca 2 km na SSZ od obce Čachtice, na úpätí JZ svahu kóty Drapliak (396.7 m n.m.) a Skalka (376.6 m n.m.). Je prístupné udržiavanými dopravnými komunikáciami do lomu.



Obr. 2: Pohľad na Čachtický kameňolom

Kameňolom Čachtice je budovaný komplexom karbonátových hornín nedzovského príkrovu jablonickej skupiny (stredný trias - ladin). Komplex karbonátických hornín ložiska (stredný trias - ladin) tvorí teleso jednotného zloženia, ale je tvorené striedaním vápencov s dolomitickými vápencami až vápnnými dolomitmi. Západná aj východná časť ložiska obsahuje všetky tri typy karbonátických hornín. V úžitkovej surovine sú zastúpené vápence, dolomitické vápence až vápnné dolomity, v nadloží s diskordantne a transgresívne uloženými karbonátickými pieskvcami, piesčitými vápencami, ojedinele i zlepcami (neogén-egenburg). Uvedené 3 typy karbonátových hornín sa vzájomne striedajú (najmä v západnej časti ložiska).

Ložisko sa nachádza v Cránenej krajinnej oblasti Malé Karpaty, leží v ochrannom pásme II. stupňa vodných zdrojov. V okolí ložiska sa nachádzajú pramene pitnej vody rôznej výdatnosti, kvôli ktorým bol upravený režim strelných prác. Ložisko je rozfárané viacerými ťažobňami do podoby veľkolomu. V blízkosti ložiska, vo vzdialenosti 1.476 km sa nachádza Čachtická jaskyňa.

3 SEIZMICKÉ MERANIA

4.1 Stanovenie ekvivalentnej hmotnosti nálože podľa STN 73 0036 čl.7. 7. 5. 1

Pri posúdení odozvy spôsobenej trhacími prácami je potrebné stanoviť dovolenú ekvivalentnú hmotnosť nálože m_{ev} (STN 73 0036, čl.7.7.5.1).

Rýchlosť kmitania \dot{u} podložia objektu v zmysle STN 73 0036 čl.7.7.5.1 možno odhadnúť podľa vzťahu

$$\dot{u} = K \frac{\sqrt{m_{ev}}}{1000l} \quad (1)$$

kde K – je súčiniteľ prenosu energie [$\text{kg}^{1/2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]. V našom prípade orientačná hodnota $K = 120 \text{ kg}^{1/2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

\dot{u} - je rýchlosť kmitania v [m/s].

l - je vzdialenosť od ťažiska odstreľu [m]. V našom prípade $l = 1475 \text{ m}$

m_{ev} – je ekvivalentná hmotnosť nálože [kg]

Pokiaľ chceme orientačne stanoviť ekvivalentnú hmotnosť nálože m_{ev} , musíme vychádzať z dovolenej rýchlosti kmitania \dot{u} a vzdialenosti od ťažiska odstreľu l a hodnoty súčiniteľa prenosu energie K .

Pri stanovení dovolenej rýchlosti kmitania \dot{u} sa podľa STN 73 0036 vychádza z dovoleného stupňa poškodenia objektov čl.8.4.1, z triedy odolnosti objektu čl.8.3.2, z druhu základovej pôdy čl.8.4.2. a z tabuľkovej návrhovej únosnosti. STN 73 1001 a STN 73 0036 čl.7.8.2 a Tab. 9.

Stupeň poškodenia objektov pre Čachtickú jaskyňu v zmysle STN 73 0036 čl.8.4.1.2 Tab.17 je **0**, t.j. jaskyňa je po odstrele bez poškodenia, nevznikajú žiadne viditeľné poškodenia, funkcie objektu sú úplne zachované. Ide teda o najprísnejšie posúdenie.

Pri posúdení triedy odolnosti objektu sa postupuje podľa STN 73 0036 čl.8.3.2 Tab 13. V uvedenej tabuľke sa však jaskyne priamo neuvádzajú. Preto jaskyňu posudzujeme ako chatrné stavby, ..., zrúcaniny, budovy vo zvlášťnej pamiatkovej starostlivosti a následne trieda odolnosti objektu Čachtickej jaskyne je v zmysle STN 73 0036 čl.8.3.2 Tab 13 je **A**.

Čachtická jaskyňa sa nachádza v skalných horninách. Podľa STN 73 0036 čl.7.8.2.1 Tab. 9 je tabuľková návrhová únosnosť R_{dt} podľa viac ako 0.60 MPa ($R_{dt} > 0.60 \text{ MPa}$). V zmysle STN 730036 čl.8.4.2 je **druh základovej pôdy c** – horniny všetkých tried pri tabuľkovej návrhovej únosnosti $R_{dt} > 0.15 \text{ MPa}$ s hladinou podzemnej vody trvalo v hĺbke väčšej ako 3m.

V zmysle STN 73 0036 a čl. 8.4.1.3 a Tab.18 pre druh základovej pôdy c, triedy odolnosti objektu A, dovoleného stupňa poškodenia 0 je dovolená maximálna rýchlosť kmitania pre frekvenčnú oblasť $f < 10 \text{ Hz}$ od 3 do 6 mm/sec, pre frekvencie v rozsahu $10 \text{ Hz} < f < 50 \text{ Hz}$ od 6 do 12 mm/sec a pre frekvencie $f > 50 \text{ Hz}$ je od 12 do 20 mm/sec.

V zmysle STN 73 0036 čl.7.7.4 pre ekvivalentnú hmotnosť nálože 170 kg sú frekvencie v intervale 10-50 Hz. I keď budeme predpokladať nepriaznivejší prípad - frekvencie menšie ako 10Hz, tak následne v zmysle čl.7.7.4.2 STN 73 0036 frekvencie vlnenia pri odstrele budú $f < 10 \text{ Hz}$ a následne možno stanoviť, že **maximálna rýchlosť kmitania v Čachtickej jaskyni počas odstreľu je v zmysle čl.8.4.1.3 STN 73 0036 je $\dot{u}_{max} = 3 - 6 \text{ mm/s}$.**

Ak teda túto maximálnu rýchlosť kmitania položíme rovnú efektívnej rýchlosti kmitania podľa čl.7.7.5.1 (vzťah 1), teda $\dot{u} < 3 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, tak vyplýva, že dovolená ekvivalentná hmotnosť nálože (teda nálož na jeden časový stupeň) v Čachtickom kameňolome je maximálne

$$m_{ev} < 1362 \text{ kg} \quad (2)$$

4.2 Stanovenie ekvivalentnej hmotnosti nálože podľa STN 73 0036 čl. 8. 4. 4

V zmysle STN 73 0036 čl. 8.4.4 pre vzdialenosť stavebného objektu l (v metroch) od miesta odstreľu, keď nemožno vopred použiť skúšobný odstreľ, sa približne stanoví podľa vzťahu

$$l = K_1 \cdot m_{ev}^{K_2} \quad (3)$$

kde K_1 je súčiniteľ vyjadrujúcu druh stavby, stupeň poškodenia a je závislý od hmotnosti nálož

m_{ev} je ekvivalentná hmotnosť nálož v kg

K_2 je exponent závislý od hmotnosti m_{ev} nálož.

Keďže pre jaskyňu bol stanovený stupeň poškodenia **0**, trieda odolnosti objektu je **A**, následne pre súčinitele K_1 a K_2 platí (Tab.19) $K_1 = 15$, $K_2 = 2/3$, tak po dosadení uvedených hodnôt do vzťahu (2) platí, že ekvivalentná hmotnosť nálož na 1 časový stupeň v Čachtickom kameňolome môže byť maximálne

$$m_{ev} = 976 \text{ kg} \quad (4)$$

Ekvivalentná hmotnosť nálož stanovená postupom podľa čl. 8.4.4 je teda približne iba 0.7 násobku hmotnosti nálož stanovenej podľa čl.7.7.5

4.3 Skúšobné merania

Rýchlosť kmitania možno v zmysle STN 73 0036 čl. 8.4.3 zistiť skúšobným meraním (zvyčajne v smere x, y, z) pri použití menšieho množstva trhaviny, ako bude mať vlastná nálož. Meranie sa musí vykonať na posudzovanom mieste alebo na mieste s podobnými geologickými pomermi. Skúšobná nálož nemá mať hmotnosť menšiu ako 0.1 hmotnosti maximálnej čiastkovej nálož použitej pri časových odstreloch alebo 0.1 hmotnosti nálož použitej pri okamžikovom odstrele.

4.3.1 Realizácia odstrelu



Obr.3: Pohľad na miesto odstrelu v Čachtickom kameňolome (odstrely v mieste auta)

V čase od 07:15 do 13:30 sa uskutočnilo nabíjanie vrtov, adjustácia náloží, upchávanie vývrtov, zapájanie roznečovadiel do roznetovej siete. Všetkých vrtov bolo 64, dĺžka 48 ks záhlavových vrtov bola 18 m, dĺžka 14 ks pätných pätných vrtov bola 4 - 8m, (Obr.4). Situácia vrtov je na Obr. 4. Pri odstrele bolo spotrebované Austrogel P1 - 1412.5 kg, Lambrid 2775 kg, spolu 4187.5 kg výbušnín. **Nálož na 1 časový stupeň bola 170 kg.**



Obr.4: Vrty v Čachtickom kameňolome pred odstreloom

4.3.2 Realizácia meraní v Čachtickej jaskyni

Meranie v národnej prírodnej pamiatke Čachtická jaskyňa bolo vykonané 8.10.2009 po 14:00. Cieľom meraní bolo zistiť hodnotu efektívnej rýchlosti kmitania. Synchronizácia meraní a odstrelov bola pomocou mobilných telefónov a hlasovo.

Na Obr.5 je vchod do Čachtickej jaskyne, ktorým bol seizmograf vnesený na miesto, kde končil zvislý zostup (asi 10m) a jaskyňa pokračovala v približne v horizontálnom smere. Seizmické snímače boli umiestnené na skale, ktorá bola pevnou súčasťou skalného masívu v jaskyni (Obr.6).



Obr.5: Vchod do národnej prírodnej pamiatky Čachtická jaskyňa
(vľavo – pohľad na vstup, vpravo – vstup do jaskyne)



Obr.6: Meranie v Čachtickej jaskyni

4.4 Seizmické záznamy účinkov odstreľu

Vibrogram (čiarový diagram) na Obr.7 predstavuje priebežne merané hodnoty od začiatku merania (14:00) do ukončenia merania (14:12). Podotýkame, že záznamy existujú od 13:00 do 14:30, v článku je uvedený iba ten, ktorý sa bezprostredne týka meraní. Prístroj priebežne merané hodnoty vyhodnocuje v dvojsekundových intervaloch a digitalne zobrazuje maximálnu hodnotu výchylky rýchlosti kmitania v štyroch meraných zložkách z, y, x a z₁. Na zázname možno vidieť príchod vlnenia v čase 14:07 – 14:12. V našom prípade namerané hodnoty rýchlosti kmitania počas odstreľu sú vertikálna zložka z_{max} = 0.25mm/s, horizontálna zložka kolmo na spojnicu Čachtická jaskyňa – Kameňolom Čachtice y_{max} = 0.20 mm/s, horizontálna zložka v smere spojnicu Čachtická jaskyňa – Kameňolom Čachtice x_{max} = 0.15 mm/s. Tieto hodnoty sú pod stanovenou hodnotou $\dot{u}_{\max} \leq 3 - 6 \text{ mm/s}$, nedosahujú ani desatinu tejto hodnoty. Tieto hodnoty sú pod stanovenou hodnotou $v_d \leq 3 \text{ mm/s}$, nedosahujú ani desatinu tejto hodnoty.

4.5 Stanovenie ekvivalentnej hmotnosti náložu na základe skúšobného merania

Medzi výkmitmi rýchlosti v_1, v_2 , od náloží o hmotnostiach m_1, m_2 , platí vzťah

$$v_1 = v_2 \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^{\alpha_v} \quad (5)$$

kde $\alpha_v < 1$ a približne $\alpha_v = 0.5$.

Uvedený vzťah môžeme využiť na výpočet ekvivalentnej hmotnosti náložu m_2 na základe rýchlosti výkmitu rýchlosti $v_1 = 0.3 \text{ mm/s}$ pri hmotnosti náložu $m_1 = 170 \text{ kg}$ počas pokusného odstreľu, pri dovolenej rýchlosti kmitania $v_2 = 3 \text{ mm/sec}$ a za predpokladu $\alpha_v = 0.5$. Po dosadení do vzťahu (3) vyplýva, že hmotnosť náložu, ktorú môžeme použiť pri odstrele na jeden časový stupeň je $m_2 = 17\,000 \text{ kg}$.

Nevýhoda vzťahu (3) je, že nepoznáme presnú hodnotu α_v . Ale i ak by sme použili pre hodnotu α_v najnepriaznivejší prípad, teda $\alpha_v = 1.0$, i tak **ekvivalentná hmotnosť náložu ktorú môžeme použiť jeden časový stupeň v Čachtickom kameňolome, je $m_2 = 1700 \text{ kg}$** . Čiže v prípade odstreľu v Čachtickom kameňolome na základe skúšobného merania môžeme použiť nálož o ekvivalentnej hmotnosti na jeden časový stupeň od 1700 kg pre $\alpha_v = 1.0$ po $17\,000 \text{ kg}$ pre $\alpha_v = 0.5$ bez toho, aby došlo ku poškodeniu jaskyne. Hodnota $17\,000 \text{ kg}$ je najvyššia zo všetkých použitých postupov.

UUS 1504

Q-BAR

INSTRUMENT S/N

210

1

2

3

4

TIME SCALE: 2 min/div

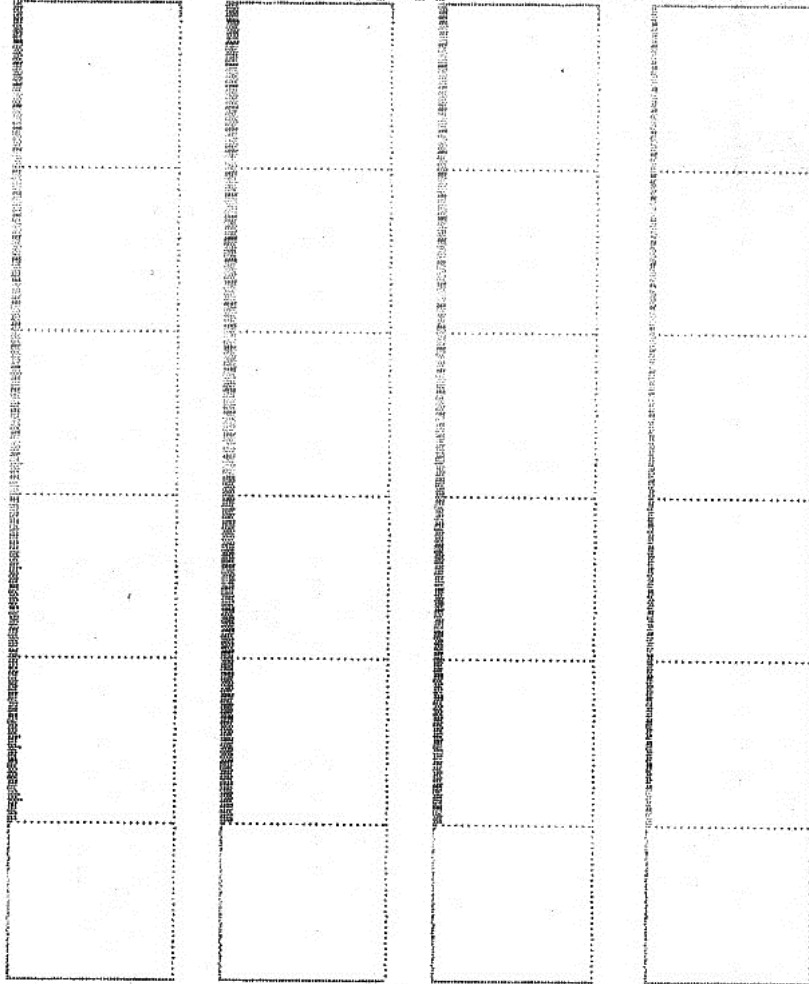
GRAPH SCALE:

2.5mm/s

2.5mm/s

2.5mm/s 3.0303mm/s

TU 08 SEP 1909 14:00:00



TU 08 SEP 1909 14:12:00

MAX:

0.25mm/s

0.2mm/s

0.15mm/s

0.0606mm/s

Obr.7: Záznam merania 14:00 – 14:12.

6 ZÁVER

V našom prípade namerané hodnoty rýchlosti kmitania počas odstrelu v Čachtickom kameňolome sú vertikálna zložka $z_{\max} = 0.25 \text{ mm/s}$, horizontálna zložka kolmo na spojnicu Čachtická jaskyňa – Kameňolom Čachtice $y_{\max} = 0.20 \text{ mm/s}$, horizontálna zložka v smere spojnice Čachtická jaskyňa – Kameňolom Čachtice $x_{\max} = 0.15 \text{ mm/s}$. Tieto hodnoty sú pod stanovenou hodnotou $\dot{u}_{\max} \leq 3 - 6 \text{ mm/s}$, nedosahujú ani desatinu tejto hodnoty.

Počas merania v jaskyni boli namerané podstatne vyššie hodnoty rýchlosti kmitania v čase 13:02 a 13:20 v porovnaní s hodnotami zaznamenanými počas odstrelu (ale nižšie, ako sú dovolené), ich príčina je neznáma, mohli by byť spôsobené prevádzkou na železnici, tektonickou činnosťou, avšak s určitosťou sa nevieme vyjadriť.

Na základe vykonaného skúšobného merania môžeme konštatovať, že ekvivalentná hmotnosť nálože na jeden časový stupeň, ktorú je možné použiť v Čachtickej jaskyni bez toho, aby došlo ku poškodeniu kvapľovej výzdoby v jaskyni, je $m = 1700 \text{ kg}$, pričom sme vo výpočte predpokladali najnepriaznivejší prípad $\alpha_v = 1.0$.

Pokiaľ sme použili menej presné metódy na základe ďalších článkov normy STN 73 0036, tak maximálna ekvivalentná hmotnosť nálože je nižšia a to $m_{ev} = 1362 \text{ kg}$ podľa článku čl.7.7.5.1 a $m_{ev} = 976 \text{ kg}$ podľa čl. 8.4.4 STN 73 0036.

V budúcnosti doporučujeme i naďalej vykonávať časové výbuchy s intervalom časovania $\Delta t > 0.25 \text{ sec}$.

Pokiaľ sa použije okamihový výbuch pre celú nálož, tak nálož by nemala presiahnuť 1 700kg.

Doteraz i v budúcnosti vykonané výbuchy, ktorých ekvivalentná hmotnosť nálože na jeden časový stupeň nedosiahla $m = 1700 \text{ kg}$, v žiadnom prípade neohrozili, nenarušili a nepoškodili a ani v budúcnosti neohrozia, nenarušia a nepoškodia národnú prírodnú pamiatku Čachtická jaskyňa a jej kvapľovú výzdobu.

Pre národnú prírodnú pamiatku Čachtická jaskyňa prírodná seizmicita predstavuje podstatne vyššie ohrozenie ako odstrel v Čachtickom kameňolome (čomu sa neprikladá pozornosť ani pri vzostupe do jaskyne a pohybe v nej). K výskytu zemetrasení dochádza aj vo vzdialenosti menšej ako 20 km od jaskyne v zdrojovej oblasti seizmického rizika Dobrá Voda. Zemetrasenie 14.7.1992 malo epicentrum vo vzdialenosti 17.5 km od jaskyne.

POĎAKOVANIE

Príspevok bol realizovaný za finančného príspevku Grantovej agentúry SR, projekt APVV-0158-06 "Neotektonická aktivita územia Západných Karpát" a projekt VEGA 1/4041/07 "Geofyzikálne charakteristiky stability sypaných hrádzí" a VEGA 1/0468/10.

LITERATURA

- [1] STN 73 0036 Seizmické zaťaženia stavebných konštrukcií. Ústav pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR, Bratislava, 1977, 68 s.
- [2] DROPPA, A.: Čachtická jaskyňa. Krásy Slovenska, č.38, 1961
- [3] KALÁB, Z.&KNEJZLÍK J. Experimentální měření seismických účinků trhacích prací v historickém dole Jeroným. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada stavební, Roč. 4, č. 2, 2004, 159- 166
- [4] KALÁB, Z.&LEDNICKÁ M. Interpretace seismických záznamů trhacích prací prováděných ve štole Jeroným v Čisté. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada stavební, Roč. 6, č. 2, 2006, 155-161
- [5] VISKUP, J.: Posudok na ložisko Lietava Drieňovica. KAEG PFUK, Bratislava, 2003, 21 s.
- [6] VISKUP, J. Posúdenie seizmických účinkov likvidácie munície a výbušnin výbuchom v trhacích jamách v teritóriu Vojenského technického a skúšobného ústavu (VTSÚ) Záhorie, SEISCOMP, Bratislava, 2007, 43 str.

- [7] VISKUP, J.&PANDULA, B. Posúdenie seizmických účinkov likvidácie munície a výbušnín výbuchom. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada stavební, Roč. 8, č. 2, 2008, 325 - 334
- [8] VISKUP, J.: Posúdenie seizmických účinkov odstrelov v Kameňolome Čachtice na národnú prírodnú pamiatku Čachtická jaskyňa. Správa. SEISCOMP, Bratislava, 2009, 45 str.

Oponentní posudek vypracoval:

Ing. Petr Hradil, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně