

POROVNANIE SPEKTIER SEIZMICKEJ ODOZVY ZRÝCHLENIA V ZMYSLE EUROCODE
8 A STN 73 0036 PRE LOKALITU VEĽKÁ ČAUSA
COMPARING OF THE SEISMIC ACCELERATION RESPONSE SPECTRA ACCORDING TO
EUROCODE 8 AND STN 73 0036 FOR VEĽKÁ ČAUSA LOCALITY

Abstract

In Veľká Čausa locality in the Horná Nitra region active landslide is monitored. It is necessary to know if any seismic event (earthquake or quarry blast in Handlová mine) can activate landslide movement. From this reason, the seismic spectra and Arias intensity have been computed. Arias intensity has been found to be a fairly reliable parameter to describe earthquake shaking necessary to trigger landslides. The standard spectrum computed according to Eurocode 8 and STN 73 0036 is compared with local spectrum. Design seismic response spectrum computed according to Eurocode 8 is different from elastic response spectrum and from spectrum computed according to the Slovak code STN 73 0036. Local seismic response spectrum except the interval 1.4 Hz - 3.4 Hz is smaller in comparison to the standard STN spectrum.

Úvod

V lokalite obce Veľká Čausa (región Horná Nitra) sa nachádza zosuvné územie, na ktorom už v minulosti došlo k zosuvným pohybom, následkom čoho došlo k poškodeniu niektorých stavebných objektov (Wagner et al., 2002). V rámci sanačných opatrení boli v lokalite vykonané odvodňovacie vrty a zosuv je neustále monitorovaný. Jedna z príčin možného opätovného spustenia zosunu sa uvažuje i prípadný seizmický jav vzniknutý jednak v dôsledku zemetrasenia alebo odstrelov v bani Handlová (Kaláb, 1999, 2002; Kaláb, Knejzlík, 20; Müller et al., 1985). Pre posúdenie ohrozenia objektov v dôsledku nadmerného seizmického zaťaženia je dôležité vedieť hodnoty spektrálnych zrýchlení, ktoré sú vyjadrené spektrom seizmickej odozvy a tiež Ariasovu intenzitu, ktorej prekročenie je spúšťač mechanizmu pre vznik zosuvu. (Kayen a Mitchell, 1997).

Seizmické pomery Hornej Nitry

Región Horná Nitra je ohrozený jednak prírodnou seizmicitou (zemetrasenia) a jednak indukovanou seizmicitou (napr. banskou činnosťou) (Rybár, Sasvari, 1998). Prírodná seizmicita je spôsobená náhlym uvoľnením energie na seizmoaktívnych zlomoch, nachádzajúcich sa v tejto oblasti a v jej širšom okolí.

Hlavné typy porušení v lokalite Veľká Čausa v prípade výskytu zemetrasenia sú - porušenia konštrukcií, stekutenie, zosuvy, porušenia oporných múrov, porušenie životne dôležitých ciest (lifelines) - plynových potrubí a elektrického vedenia v tejto lokalite. Ku zosuvom môže dôjsť v dôsledku stekutenia pieskov, ale ku zosuvom môže dôjsť aj u zemín, u ktorých nedochádza ku stekuteniu.

Lokalitou Horná Nitra prechádza seizmoaktívny Stredoslovenský zlomový systém a v blízkosti Hornej Nitry sa nachádza seizmoaktívny pravniarsky zlom, v širšom okolí hronský zlom a hontiansky zlomový systém. Výskyt zemetrasenia možno očakávať v ktorejkoľvek časti zlomu, teda aj v oblasti Hornej Nitry. Lokalita Horná Nitra môže byť postihnutá priamo účinkami zemetrasenia vzniknutého na stredoslovenskom zlomovom systéme, alebo zo zlomov zo širšieho okolia.

Ohniská zemetrasení v lokalite Horná Nitra sa v minulosti nachádzali v bezprostrednom okolí Prievidze (8.11.1937), Kremnice (12 km Prievidze), Banskej Bystrice a Banskej Štiavnice.

¹ RNDr., CSc., Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, Mlynská dolina, Bratislava, Slovensko, viskup@nic.fns.uniba.sk

Zemetrasenie, zaznamenané v Banskej Štiavnici v r.1443, ktorého epicentrálna intenzita $IO = 80$, malo vplyv na historické konštrukcie v okolí 50km od epicentra. Počas neho bol poškodený zvolenský hrad, kostol v Prievidzi a domy v Bojniciach. Presná poloha epicentra tohto zemetrasenia nebola doteraz lokalizovaná.

Maximálne pozorované a očakávané intenzity a magnitúda

Maximálne pozorované zemetrasenia v oblasti Stredného Slovenska boli v r. 1855, 1861, 1862, 1869, 1890 ($IO = 60$), 1855 ($IO = 6-70$), 1830($IO = 70$) a 1443 ($IO = 80$).

STN 73 0036 v mapovej prílohe uvádza maximálne pozorované intenzity 6OMSK-64, v okolí Prievidze 7OMSK-64

Prochádzková, Brouček (1985) uvádzajú na mape maximálnych očakávaných intenzít v ČSSR zostrojenej na základe rozloženia najväčších pozorovaných intenzít, máp izoseist a typických izoseist pre oblasť Hornej Nitry 8OMSK-64 stupnice. podobne uvádzajú 8OMSK-64 stupnice aj na mape zobecných intenzít.

Prochádzková (1985) uvádza na mape maximálnych intenzít zostrojenej na základe rozloženia najväčších pozorovaných intenzít, máp izoseist a typických izoseist pre oblasť Prievidza - Horná Nitra - Kremnica 8OMSK-64 stupnice, túto hodnotu uvádza aj na mape zobecných intenzít.

Schenk, Mantlík (1985) uvádzajú maximálnu očakávanú makroseizmickú intenzitu pre oblasť Prievidza - Horná Nitra - Kremnica 8OMSK-64.

Prochádzková, Brouček (1986) uvádzajú na oboch mapách najväčších očakávaných makroseizmických intenzít v Československu (2 varianty) pre oblasť Prievidza - Horná Nitra - Kremnica 8OMSK-64 stupnice..

Prochádzková, Schenk (1986) uvádzajú na 2 mapách očakávaných a najväčších makrodseizmických intenzít na území ČSSR pre oblasť Prievidza - Horná Nitra - Kremnica 8OMSK-64 stupnice..

Brouček, Kárník, Prochádzková, Schenk, Schenková (1987) na základe výsledkov seizmického rájónovania uvádzajú očakávanú makroseizmickú intenzitu 8OMSK-64 stupnice. Tento údaj bol aj uvedený v návrhu novej ČSN 73 0036 z r.1987 a jej upravovaných návrhoch -1987-1989.

Viskup (1998) uvádza na základe výpočtov vykonaných deterministickým prístupom maximálnu očakávanú makroseizmickú intenzitu pre stredoslovenský zlomový systém prechádzajúci Handlovou 7.4OMSK-64

Schenk, Schenková, Kottbauer, Guterch, Labák (1999) uvádzajú pre oblasť Hornej Nitry výskyt zemetrasenia o makroseizmickej intenzite 7OMSK-64 stupnice neprevyšujúcou 90% pravdepodobnosťou za 50 rokov. Samozrejme, za dlhší časový úsek je pravdepodobnosť výskytu seizmického javu vyššia resp. za dlhší časový úsek možno očakávať výskyt zemetrasenia s vyššou intenzitou. Na základe prepočtov magnitúdo zemetrasenia v r. 1443 bolo $M = 5.35$, magnitúdo zemetrasenia v r.1830 bolo 4.8.

Bune et al. (1991) vypočítali maximálne magnitúdo pre oblasť stredoslovenských zemetrasení $M = 6.0$.

Viskup (1998) uvádza na výpočtov vykonaných deterministickým prístupom maximálne očakávané magnitúdo zemetrasenia zo stredoslovenského zlomového systému $M = 5.7$.

Spektrá seizmickej odozvy

Na základe konzultácií s riešiteľom štátnej úlohy monitorovania zosuvných území na Slovensku (doc. Peter Wágner), pre zosuv Veľká Čausa boli vykonané výpočty Ariasovej intenzity s cieľom posúdiť, či prípadný výskyt zemetrasenia môže byť spúšťací mechanizmus pre spustenie zosunu. Zároveň po konzultáciách so statikom bol navrhnutý výpočet lokálnych spektier seizmickej

odozvy a ich porovnanie s normovými s cieľom posúdiť, v akej miere sa seizmické zaťaženie podieľa na porušení konštrukcií v danej lokalite.

Normové spektrá seizmickej odozvy

Návrhové seizmické zrýchlenie sa vzťahuje na skalný podklad.

V zmysle STN 73 0036 na Prievidzu, Handlovú, Nováky a okolie vplýva zdrojová oblasť seizmického rizika 2 - Kremnica. Seizmické oblasti 2 - Žilina, 3 - Banská Štiavnica, Banská Bystrica, 3a - Trenčianske Teplice sú vo väčšej vzdialenosti.

Základné seizmické zrýchlenie je $a_r = 0.1 \text{ g}$.

Schenk, Schenková, Kottnauer, Guterch, Labák (1999) uvádzajú pre oblasť Hornej Nitry výskyt zemetrasenia o špičkovej hodnote zrýchlenia PGA (peak ground acceleration) $PGA = 0.1 \text{ g} - 0.13 \text{ g}$ neprevyšujúceho s 90% pravdepodobnosťou za 50 rokov. Za dlhší časový úsek je pravdepodobnosť výskytu seizmického javu vyššia resp. za dlhší časový úsek možno očakávať výskyt zemetrasenia s vyššou hodnotou PGA.

Vplyv lokálnych vlastností podložia na seizmický pohyb sa uvažuje zaradením do jednej zo štyroch skupín A, B, C, D - kategórií podložia.

Materiál v lokalite Veľká Čausa v mieste vrtu VČ4, ktorý sa nachádza v zosuvnom území, je tvorený humóznou hlinou, ílmi rôznej konzistencie a iba tenkou 0.40 m hrubou vrstvou štrkov. Siltovce sa nachádzajú až v hĺbke 17.9 m. Íly sú veľmi nepriaznivá zemina v prípade výskytu seizmickej udalosti a preto podložie v uvedenej lokalite zahŕňame do kategórie D

Výpočty normových spektier seizmickej odozvy boli vykonané jednak podľa STN 73 0036 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií [1], jednak podľa Eurokódu 8 [2]

V Eurokóde 8 sa uvádzajú elastické spektrá odozvy dvoch typov (3.2.2.2 Horizontal elastic response spectrum Type 1., Type 2), ktoré sa navzájom líšia kontrolnými periódami a parametrom podložia. Výber toho ktorého typu závisí od magnitúda zemetrasenia. Vypočítané normové spektrá v zmysle STN 73 0036 i v zmysle Eurokódu 8 Typ 1 i Typ 2 sú uvedené na obr.1.

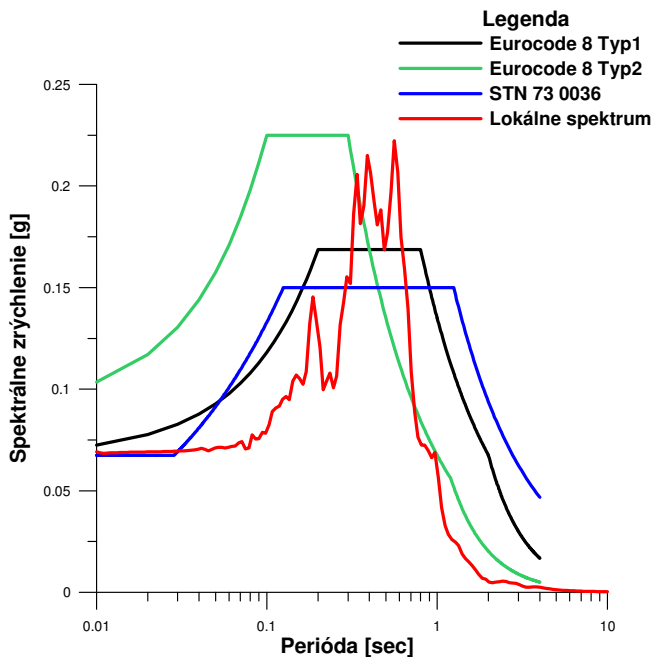
Lokálne spektrá seizmickej odozvy

Pre lokalitu Veľká Čausa, vrt VČ 4, sme vypočítali lokálne parametre seizmického pohybu a to akcelerogram, velocigram a seizmogram očakávaného zemetrasenia, lokálne spektrum seizmickej odozvy, spektrum zosilenia, Fourierove spektrum a priebeh Ariasovej intenzity, ktorej grafické znázornenie n a čase sa nazýva Husidov graf. Nie je účelom tohto príspevku uvádzať všetky vypočítané parametre seizmického pohybu, uvedené je iba lokálne spektrum seizmickej odozvy a Husidov graf.

Pri výpočte lokálneho spektra seizmickej odozvy sme vychádzali z údajov vrtu VČ-4 (Wagner et al., 2002) a vypočítané parametre seizmického pohybu sa viažu na tento vrt. Cieľom výpočtu bolo zistiť, aké hodnoty zrýchlení môžeme očakávať na voľnom povrchu terénu v prípade výskytu seizmickej udalosti a tiež, či Ariasova intenzita, ktorá má dominantný vplyv na vznik zosunu, dosiahne hodnotu, ktorá by mohla zosun tohto typu vyvolať. Vo výpočtoch sme použili konzervatívny prístup, uvažovali sme najnevhodnejšie parametre prostredia. Výpočet bol vykonaný programom SHAKE98 a SHAKE2000 (Bardet et al., 1998; Ordóñez 2004).

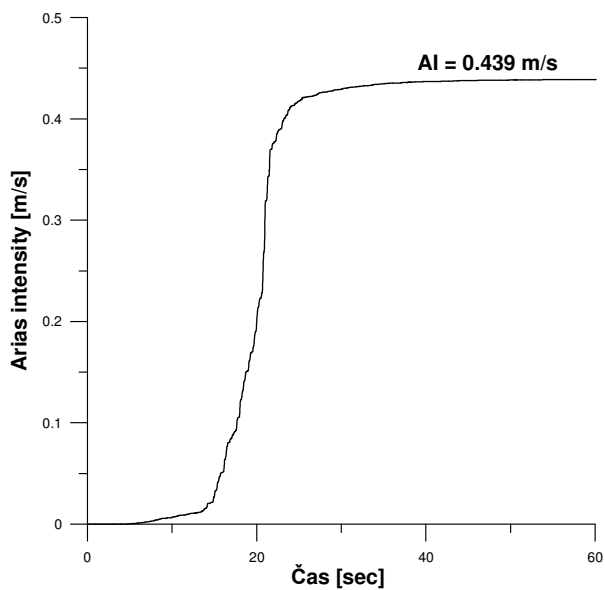
Na obr.1 je uvedené tiež vypočítané lokálne spektrum seizmickej odozvy pre lokalitu Veľká Čausa a na obr.2 je uvedený Husidov graf, Ariasova intenzita na konci seizmického pohybu dosiahla hodnoty $AI = 0.43890614 \text{ m/sec}$.

Veľká Čausa Spektrá seizmickej odozvy



Obr.1 Spektrá seizmickej odozvy pre zosuvné územie Veľká Čausa

Veľká Čausa Vrt č.4 Husidov graf: $AI = f(t)$



Obr.2 Husidov graf pre lokalitu Veľká Čausa

Záver

Vypočítané hodnoty lokálneho spektra seizmickej odozvy sú nižšie v porovnaní s normovými hodnotami v prevažnej časti frekvencií. Iba v intervale frekvencií 1.4 Hz - 3.3Hz sú lokálne hodnoty vyššie v porovnaní s normovými hodnotami v zmysle STN 73 0036 alebo Eurocode 8 - Typ1.

Vypočítané spektrá seizmickej odozvy v zmysle STN sa líšia od vypočítaných hodnôt v zmysle Eurocode 8, čo následne umožňuje statikovi lavírovať vo výpočte seizmického zaťaženia. Naviac vhodným výberom súčiniteľom správania q (súčiniteľ pôsobenia, behaviour factor q) umožňuje znížiť hodnotu spektrálneho zrýchlenia vo výpočtoch a následne ale aj znížiť seizmickú odolnosť konštrukcie.

Vypočítaná hodnota Ariasovej intenzity $AI = 0.439$ m/s môže byť spúšťací mechanizmus pre vznik zosunu v lokalite Veľká Čausa v zmysle klasifikácie autorov Kayena a Mitchella (1997).

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia grantového projektu VEGA 1/1030/04.

Použitá literatúra

- [188] STN 73 0036 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií. Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR, Bratislava, 1997, 68 s.
- [189] Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. CEN, European Committee for Standardization.
- [190] ČSN 73 0036 Seismická zatížení staveb. Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, Praha, 1974, 45 s.
- [191] ČSN 730036 Seismická zatížení a odezva stavebních konstrukcí. Návrh normy. Technický a skúšebný ústav stavební, Praha, 1987, 79 s.
- [192] Arias, A. (1970): A measure of earthquake intensity. Seismic Design for Nuclear Power Plants, Hansen, R., MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 438-483.
- [193] Bardet, J.P., Lin, C.H., Idriss, I.M. (1988): SHAKE98. A Computer Program for Equivalent Linear Seismic Response Analyses of Horizontally Layered Soil Deposits. Report to US Geological Survey. October 1988, 41 str.
- [194] Brouček, I., Kárník, V., Procházková, D., Schenk, V., Schenková, Z. (1987): Mapa seizmického rajónovaní ČSSR. In: ČSN 730036 z r.1987.
- [195] Bune, V.I., Medvedeva, N.S., Poljakova, T.P., Broček, I., Szeidovitz, G. (1991): Sejsmičeskaja aktivnost Zapadnych Karpat i sopredel'nyh territorij. Contrib. Geoph.Inst. of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Vol.21, p.105-124.
- [196] Janotka, V. (1978): Experimentálne štúdium amplitúd a frekvencií seizmických vln na malých epicentrálnych vzdialenostiach. Acta Geologica et Geographica, No 33, Bratislava, pp 197-216.
- [197] Janotka, V. (1980): Niektoré problémy experimentálneho štúdia reologických vlastností základových pôd na základe šírenia seizmických vln. Acta Geologica et Geographica, No 35. Bratislava, pp 145-158.
- [198] Kaláb, Z. (1999): Příspěvek ke stanovení energie důlních otřesů. Documenta Geonica, 1999, Ústav Geoniky Ostrava, AV ČR, PERES Publishers, Praha, 279-284.
- [199] Kaláb, Z., Knejzlík, J., Horký, J., Kořínek, R. (2002): Vlnový obraz seizmických jevů vyvolaný trhacími pracemi na Chomutovsku. In: Laboratorní a terénní bádání v seismologii a inženýrské geofyzice. Sborník referátů regionální konference, Ústav geoniky AV ČR., Ostrava, 69-75.
- [200] Kaláb, Z., Knejzlík, J. (2000): Hodnocení seizmických účinku důlne indukovaných seizmických jevů na povrchové objekty- review. In: Správa dat a výsledků v seismologii a inženýrské geofyzice. 2. část. - Ostrava, AV ČR Ústav geoniky, 223-227.

- [201] Kayen, R.E., Mitchell, J. K. (1997): Assessment of liquefaction potential during earthquakes by Arias intensity. American Society of Civil Engineers Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 123, No. 12, 1162-1174.
- [202] Kárník, V., Procházková, D., Schenk, V., Schenková, Z. (1981): Seismicity of Czechoslovakia and Europe. p. 221-242. In: Geophysical Synthesis in Czechoslovakia, Bratislava, 499 p.
- [203] Müller, K., Okál, M., Hofrichterová, L. (1985): Základy hornické geofyziky. SNTL - Alfa, Praha, 220 str.
- [204] Ordonez Gustavo A. (2004): SHAKE2000, A Computer Program for the 1-D Analysis of Geotechnical Earthquake Engineering Problems., SHAKE2000, User's Manual, March 2004, 316 str.
- [205] Pandula, B., Kuževičová, Ž., Kuževič, Š. (2004): Možnosti využitia priestorového modelu horninového prostredia v podmienkach letiskového prieskumu, Acta Avionica, ročník VI, 10, VLA Košice.
- [206] Pandula, B., Mockovčiaková, A., Cehlár, M., Jelšovská, K. (2001): Hodnotenie porušenia horninového masívu pomocou impulzových dynamických metód z pohľadu ekonomickej efektívnosti trhacích prác; In: Acta Avionica ročník III/2001 č. 4, VLA, Košice. Dynamics, 28, 4, Apr. 1999, str. 421-441.
- [207] Procházková, D. (1985): Zemětřesení v ČSSR. s.49-65. In: Předpočed' účinků zemětřesení na významných lokalitách v Československu. Katedra geofyziky a meteorologie UK, Praha, 1985, 395 s.
- [208] Procházková, D., Brouček, I. (1986): Map of the largest earthquake intensities on the territory of Czechoslovakia. Contrib. Geoph.Inst. of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Vol.16, p.25-32,
- [209] Procházková, D., Schenk, V. (1986): Makroseismické pole a hlavní strukturní směry. s.205-213. In: Geofyzikální model litosféry. Geof. ústav ČSAV Praha., 406 s.
- [210] Rybár, P., Sasvári, T. (1998): Zem a zemské zdroje. Vydavateľstvo Štörfek, Košice.
- [211] Schenk, V., Mantlík, F. (1985): Map of maximum expected makroseismic intensity in Czechoslovakia, Czechoslovak Academy of Sciences, Prague, p.440 – 445.
- [212] Schenk, V., Schenková, Z., Kottnauer, P., Guterch, B., Labák, P. (1999): Analysis of Seismic Hazard. Slovak National Report to IUGG, 1995-1999. Contributions to Geophysics and Geodesy 29, spec. issue, 99-102.
- [213] Viskup, J. (1998): Očakávané magnitúda a intenzity zemetrasení vypočítané na podklade seizmotektonickej mapy Slovenska a STN 73 0036 In: Geológia a životné prostredie. Zborník referátov z 1. konferencie. - Bratislava: Vydavateľstvo Dionýza Štúra, 1998. - S. 112-114.
- [214] Wagner, P., Scherer, S., Jadroň, D., Mokr, M., Vybíral, V. (2002): Analysis of landslide monitoring results. Proceedings of the 1st European Conference on Landslides, Prague, A.A.Balkema Publishers, Swets &Zeitlinger, Lisse, ISBN 90 5809 393X, pp. 471-476.
- [215]