

FINING[®] s.r.o.

Ass. Prof. RNDr. Viktor Janotka, PhD., Košická 49, 82108 Bratislava
e-mail: vikjanotka@gmail.com, **tel. 00421-904 137 585**

Názov úlohy:

*“Cesta I/61 Bratislava – Senec, DÚR“
(seizmický prieskum)*

Riešiteľ: Ass.Prof. RNDr. Viktor Janotka, PhD.

Bratislave, september 2019

Obsah	str.
I. Úvod	3
II. Súčasný stav životného prostredia dotknutého územia vo vzťahu k seizmickému ohrozeniu	4
1 Seizmické ohrozenie oblasti	4
2 Geotektonická stavba a geológia lokálnych štruktúr	5
III. Vyhodnotenie synergických vplyvov seizmického ohrozenia	7
1 Hodnotenie vplyvov seizmicity podľa STN EN 1998-A/Z2	7
1.1. Normové spektrá seizmickej odozvy.....	9
2 Výpočet lokálnych parametrov seizmickej odozvy	10
2.1 Lokálne spektrum a lokálne zrýchlenia	10
3 Vypočítané parametre seizmického rizika	11
IV. Záverečné zhrnutie	12
Literatúra	14
Obr. 1, 2 a 3	15

I. Úvod

Predkladaná správa bola vypracovaná na základe objednávky Amberg Engineering Slovakia, s.r.o. Somolického 1/B, 811 06 Bratislava a zaoberá sa hodnotením seizmického rizika stavby „Cesta I/61 Bratislava – Senec, DÚR. Seizmický prieskum bol vypravovaný v zmysle národnej aplikácie Eurokódu 8, STN EN 1998-1/NA/Z2 a v súlade s Technickými podmienkami MDPT SR (TP 03/20060) pre predmetnú lokalitu. Je vypracovaný z pohľadu seizmického ohrozenia a seizmického rizika a miery ich dopadov v predmetnej lokalite, výpočtom normových a lokálnych parametrov seizmického pohybu a je súčasťou spracovania projektovej dokumentácie na stupni DÚR.

V správe je vyhodnotený súčasný stav životného prostredia predmetnej lokality z pohľadu paleomakroseizmickej aktivity zdrojových oblastí seizmického rizika. V zmysle normy STN EN 1998-1/NA/Z2 Eurokód 8 sú vypočítané návrhové zrýchlenia a_g a spektrá pružnej seizmickej odozvy S_{ah} pre kategóriu podložia C a tieto sú vypočítané, vzhľadom k pozícii lokality v mape oblastí seizmického ohrozenia, pre hodnotu referenčného špičkového seizmického zrýchlenia $a_{gR} = 0.063g$.

Modelovaním prenosových vlastností lokálnej geologickej stavby sú tiež vypočítané lokálne spektrum pružnej seizmickej odozvy (seismic response spectra), lokálny akcelerogram a z neho lokálne špičkové efektívne návrhové zrýchlenie PGA (pick ground acceleration), vyvolané anomálnym seizmickým pohybom v podloží Cesty I/61. Akcelerogram bol vypočítaný pre voľný povrch prostredia a tiež pre úroveň predpokladanej základovej škáry.

Tieto parametre spresňujú definovanie maximálnych synergických dopadov seizmického rizika na samotnú stavbu aj dotknuté územie. Umožnia návrh jeho minimalizácie a posúdenie možností riešenia seizmickej odolnosti diela. Seizmické riziko nie je pri riešení seizmického ohrozenia diela limitujúcim faktorom. Avšak prehliadanie záverov jeho evaluácie môže negatívne ovplyvňovať bezpečnosť diela aj ekonomickú náročnosť jeho realizácie.

II. Súčasný stav životného prostredia dotknutého územia vo vzťahu k seizmickému ohrozeniu

Hodnotenie aktuálneho stavu životného prostredia v okolí trasy Cesty I/61 Bratislava - Senec vychádza z paleomakroseizmickej charakteristiky blízkych zdrojových oblastí seizmického rizika (Wien-Wiener Neustadt a Pernek), z regionálnej seizmotektonickej stavby v JV časti Malých Karpát, z lokálnej geologickej stavby podložia predmetnej lokality, ako aj z parametrov odozvy seizmického pohybu v geologickom podloží diela. Je determinovaná normovými parametrami a presnosťou výpočtu lokálnych charakteristík anomálneho seizmického pohybu, ako odozvy sedimentárnych štruktúr Podunajskej panvy.

1 Seizmické ohrozenie oblasti

Seizmické ohrozenie je v predmetnej oblasti prirodzeným javom hlavne vplyvu najbližšej aktívnej oblasti seizmického rizika 2 –Wien-Wiener Neustadt. Predmetné územie obklopujú početné historické lokálne seizmické ohniská, ktoré sa nachádzajú na území Bratislavy. Z nich sú doložené lokálne ohniská zemetrasení s epicentrálnou intenzitou $I_0 = 3 - 7^{\circ}$ MSK -64. Katalogizované lokálne ohniská zemetrasení s epicentrom v Lamači, Devíne, Rači resp. Pečenskom lese boli pozorované v r. 1585 s makroseizmicou intenzitou $I_0 = 5^{\circ}$ MSK – 64, v r. 1586 s $I_0 = 7^{\circ}$, v r. 1601 s $I_0 = 4^{\circ}$, v r. 1700 s $I_0 = 7^{\circ}$ MSK – 64 (o magnitúde M väčšom ako 4.9), v r. 1727 s $I_0 = 4^{\circ}$, v r. 1766 s $I_0 = 3^{\circ}$, v r. 1774 s $I_0 = 4^{\circ}$, v r. 1781 s $I_0 = 3^{\circ}$, v r. 1794 s $I_0 = 3^{\circ}$, v r. 1862 s $I_0 = 5^{\circ}$, v r. 1864 s $I_0 = 3^{\circ}$ MSK – 64, v r. 1906 s $I_0 = 8^{\circ}$ MSK – 64 o magnitúde M väčšom ako 5.7 (Bune et al. ,1991). Najvyššia pozorovaná hodnota makroseismických účinkov I_0 dosahuje v predmetnom území $7 - 8^{\circ}$ MSK – 64. V blízkom okolí Záhorskej Bystrice je katalogizované aj väčšie množstvo zemetrasení z viedenskej panvy. Ich vznik nie je viazaný len na karpatské štruktúrne smery SV-JZ, ale aj na variské štruktúrne smery SZ-JV (dunajsky zlomový systém).

Seizmogenné zóny a zdrojové oblasti seizmického rizika . Pri posudzovaní seizmického ohrozenia dotknutej oblasti sme makroseizmicky vyhodnotili vplyvy zdrojových oblastí seizmického rizika, ktorých aktivita môže vyvolať nezvratné zmeny na životnom prostredí v okolí diela. Vo vzťahu k predmetnej lokalite môžeme medzi potenciálne oblasti seizmického rizika zaradiť v prvom rade seizmickú oblasť 2 –

Wiener Neustadt a seizmickú oblasť 3 - Pernek.

- *zdrojová oblasť seizmického rizika Wien-Wiener Neustadt (seizmická oblasť – 2, $a_r = 0.1g$)*

Výskyt zemetrasení je vplyvom seizmickej zóny Wien-Wiener Neustadt v Rakúsku viazaný na okrajové zlomy západnej časti Viedenského bazéna, napájajúce sa na zlomový systém *Mür- Mürz – Leitha*. V r. 1668, 1712, 1841, 1938 a v r. 1939 boli od seizmickej zóny Wien-Wiener Neustadt zaznamenané zemetrasenia s epicentrálnou intenzitou 7^o MCS a s magnitúdom 4.8 až 5.2. Ďalšie zemetrasenia, s epicentrálnou intenzitou 7,5^o MCS a magnitúdom 5.2 resp. 5.3, boli od tejto zóny zaznamenané v roku 1876, v r. 1972 a tiež v r. 1927 s epicentrálnou intenzitou 7,5^o - 8^o MCS a magnitúdom 5.2. V r. 2000 sa v tejto lokalite vyskytlo zemetrasenie s magnitúdom 4.5. Dňa 3.2.2003 postihlo Rakúsko slabé zemetrasenie s epicentrom medzi obcami Gattendorf a Nickelsdorf (vzdialenosť od predmetnej lokality je 20 km). Lokálne magnitúdo zemetrasenia určené zo záznamu seizmickej stanice Železná Studnička bolo $M = 3.4$. Jeho účinky pocítili aj obyvatelia v Bratislave a okolí. Slabé zemetrasenia boli zaznamenané v oblasti Wiener Neustadt aj v roku 2005 a 2006 o magnitúde $M=2,8$ a $M=3,5$.

- *zdrojová oblasť seizmického rizika Malé Karpaty - Pernek (seizmická oblasť – 3, $a_r = 0.06g$)*

Ohniská, patriace k tejto seizmickej oblasti sú viazané na líniu zlomov v úseku Pernek – Modra, v JZ časti pohoria Malé Karpaty. Najsilnejšie zemetrasenie sa vyskytlo v roku 1914 s epicentrálnou intenzitou $I_0 = 7^o$ stupnice MSK-64 a magnitúde 4.1. Ďalšie stredne silné zemetrasenia s epicentrálnou intenzitou 6^o stupnice MSK-64 sa v tejto seizmickej oblasti vyskytli v rokoch 1852, 1870, 1876, 1890, 1964 a podľa rakúskeho ústavu Zentral Anstalt für Meteorologie und Geodynamik, aj v r. 2006 v okolí obcí Studienka a Plavecký Mikuláš, s hĺbkou ohniska 7 km a magnitúdom 1.9.

Môžeme konštatovať, že zdrojová oblasť seizmického rizika Wien-Wiener Neustadt bude svojími účinkami, vo vzťahu k prejavom seizmického ohrozenia v dotknutej lokalite, dominantnou.

2 Geotektonická stavba a geológia lokálnych štruktúr

Trasa predmetnej Cesty I/61 je súčasťou juhovýchodnej časti Malých Karpát, ktoré sú budované *kryštálickým jadrom* (bratislavský masív) obmedzenom voči nížinám tektonickým systémom SV-JZ smeru. Kryštalínium budujú dvojsľudové

granity a granodiority. V masíve sa vyskytujú drobné kryštalické bridlice (preddevónskeho veku) charakteru metapelitov, ktoré boli hercýnsky metamorfované v biotit-granátovej a staurolit-chloritovej zóne. Alpínskym vrásnením bol masív silno porušený a z kryštalických bridlíc vznikli fylonity a z granitoidov mylonity.

Geologická stavba širšieho okolia je budovaná *sedimentmi neogénu a kvartéru*. *Kvartérne sedimenty* sú v záujmovom území zastúpené komplexom fluviálnych, eolických, deluviálnych, organogénnych a antropogénnych sedimentov. Tieto sú v prevažnej miere reprezentované pokryvnými hlinami, hlinitými pieskami, pieskami s prímесou jemnozrnnej zeminy, ílovitými pieskami, zle zrnými pieskami s prímесou jemnozrnnej zeminy, štrkami ílovitými, striedaním vrstiev zle zrnených pieskov a štrkov, dobre zrnenými štrkami, ílmi piesčitými, ílmi s nízkou a strednou plasticitou. Mocnosť kvartérnych sedimentov je pozdĺž predmetnej trasy cesty variabilná a mení sa v intervale 0.9 až 13.5 m. Podzemné vody sú v kvartérnych sedimentoch akumulované hlavne v štrkových fluviálnych uloženinách, ktoré vytvárajú najpriaznivejšie prostredie pre akumuláciu podzemných vôd..

Neogénne sedimenty sú reprezentované horninami *panónu a pontu*. V prevažnej miere sú zastúpené pestrými ílmi strednej a vysokej plasticity pevnej konzistencie, pevnými ílmi strednej plasticity s vápnitými konkréciami, prevápnilými ílmi až ílovcami s nízkou plasticitou, ílmi s nízkou plasticitou s polohami piesku, piesčitými hlinami a piesčitými ílmi, pieskami hlinitými stredne uľahnutými a strednozrnými ílovitými pieskami. Piesky sú často stmelené v rozpadavé pieskovce a prachovce. Spevnené polohy sú zriedkavé, ojedinele sa vyskytujú ílovce a siltovce. Neogénne sedimenty tvoria ako celok nepriepustné podložie štrkovým fluviálnym sedimentom.

Z tektonického hľadiska zasahujú do dotknutej oblasti pohyby od *seizmoaktívnych malokarpatských zlomov* (Mk - malokarpatský zlomový systém) smeru SV-JZ, dunajských zlomov smeru SZ-JV a od *zlomového pásma Mŕ- Mŕz – Leitha*. K živým zlomom tohto smeru, ktoré môžu vplývať na stabilitu diela patria hlavne paralelné zlomové línie v oblasti medzi Račou a Vajnormi. Sú súčasťou hrástových štruktúr na styku Malých Karpat a poklesovej časti Podunajskej panvy. Sú charakterizované prevažne vertikálnymi pohybmi, ktoré reagujú na akumuláciu a uvoľňovanie napätí na styku spomenutých, odlišných geologických jednotiek. K živým zlomom tohto smeru patrí hlavne *dobrovodský zlom*.

Je potrebné pripomenúť aj početné recentné tektonické línie na území Bratislavy, vyčlenené na základe merania radónových emanácií, nakoľko tieto zlomy sú aktívne a schopné akumulovať aj uvoľňovať napätia.

III. Vyhodnotenie synergických vplyvov seizmického ohrozenia

Z dlhodobého hľadiska *geodynamického vývoja v oblasti zlomového pásma Mŕ- Mŕz – Leitha a malokarpatských zlomov*, má seizmické ohrozenie v dotknutej oblasti veľký potenciál ovplyvňovať kvalitu životného prostredia. V predmetnom území predstavuje, vďaka blízkosti silnej aktívnej oblasti seizmického rizika - 2, významnú regionálnu geobarieru. Jeho lokálny dopad na stavebné dielo môže byť v rôznej miere determinovaný anomálnymi zmenami zrýchlenia seizmického pohybu v jeho prevažne ílovitom podloží a kvantifikovaný parametrami jeho seizmickej odozvy.

Prenosové vlastnosti dotknutých lokálnych, hlavne ílovitých vrstiev priamo ovplyvňujú maximálne očakávanú odozvu seizmického pohybu a aj vyvolanú reakciu potenciálnej stavebnej konštrukcie. K jeho evaluácii využívame vypočítané normové spektrá seizmickej odozvy a normové návrhové zrýchlenia, doplnené lokálnymi parametrami anomálneho seizmického pohybu, vypočítanými na báze geotechnických modelov. Tie zahrňujú lokálne spektrum seizmickej odozvy a lokálny akcelrogram. Z metodologického hľadiska takáto evaluácia synergických vplyvov anomálneho seizmického pohybu v podloží umožňuje, v súlade s odbornými trendmi, kvantifikovať možné dopady seizmického rizika na stavebné dielo.

1 Hodnotenie vplyvov seizmicity podľa STN EN 1998-1/NA/Z2

Norma STN EN 1998-1/NA/Z2 sa podstatne líši od noriem STN EN 1998-1/NA/ a STN 73 0036. Zmena normy Z2 nevyžaduje stanoviť základné a návrhové seizmické zrýchlenie. Tento doteraz používaný postup je nahradený mapou Slovenska, ktorá obsahuje oblasti seizmického ohrozenia Slovenska s hodnotami referenčného špičkového seizmického zrýchlenia a_{gR} a je prílohou príslušnej zmeny normy Z2. Základné seizmické zrýchlenie sa nahrádza hodnotou a_{gR} , ktorá môže byť s pravdepodobnosťou 10% prekročená počas 50 rokov. Parameter a_{gR} je referenčné špičkové zrýchlenie na podloží A a v predmetnej trase Cesty I/61 Bratislava – Senec, je rovné $a_{gR} = 0.063g$.

Navrhovaný projekt je zaradený do kategórie významnosti stavebných konštrukcií, ktorých funkčnosť musí byť zachovaná. V zmysle tohto kritéria sme normové návrhové zrýchlenia doplnili lokálnymi špičkovými zrýchleniami a normové spektrá lokálnymi spektrami seizmickej odozvy. Tento súbor dát umožní analyzovať maximálne očakávané vplyvy lokálnych štruktúr v podloží diela na šíriaci sa seizmický pohyb a spresniť metodiku výpočtu seizmickej odolnosti stavby.

Pri výpočte návrhového seizmického zrýchlenia sa, v zmysle zmeny Z2 aktuálnej normy, vychádza z týchto hodnôt a_{gR} a z faktoru významnosti konštrukcie γ_I . Návrhové seizmické zrýchlenie a_g je dané súčinom a_{gR} a γ_I . Súčiniteľ významnosti γ_I sa mení v intervale 0.8 - 1.4. Najvyššia hodnota 1.4 je platná pre mosty kritickej dôležitosti. Pre veľké mosty, diaľničné mosty a medzinárodné koridory je $\gamma_I = 1.3$. *Pre väčšinu cestných stavieb, cestných a železničných mostov je $\gamma_I = 1.0$ a tento súčiniteľ sme použili aj pri našich výpočtoch.* Z uvedeného dôvodu bola pre stavbu Cesta I/61 stanovená hodnota $\gamma_I = 1.0$ a následne boli vypočítané hodnoty návrhového seizmického zrýchlenia a_g . Toto zrýchlenie je pre trasu Cesty I/61 rovné $a_g = 0.063g$.

Zdrojové oblasti seizmického rizika. Podľa uvedených noriem je pre predmetnú lokalitu potrebné vypočítať *návrhové seizmické zrýchlenie a_g a spektrá seizmickej odozvy S_{ah} v zmysle normy STN EN 1998-1/NA/Z2.*

Kategorizácia podložia sa stanovuje podľa STN EN 1998-1 v zmysle kapitoly 3, pričom podľa čl.3.1.2 je podložie (na rozdiel od STN 73 0036) rozdelené do piatich kategórií A, B, C, D, E a v tabuľke sú uvedené ešte naviac kategórie S_1 a S_2 . Seizmická odolnosť geologického súvrstvia nad skalným podkladom je podmienená výskytom ílových vrstiev v ňom. Pre kategorizáciu podložia je teda potrebné poznať parametre jemnozrnných zemín, nachádzajúcich sa tak v kvartérnych vrstvách, ako aj v neogéne podloží. Kategorizácia podložia predmetnej stavby je pri posudzovaní seizmického zaťaženia najpodstatnejšou etapou hodnotenia vlastností podložia. Z tohto hľadiska sú íly najnevhodnejšou zeminou. Relevantnosť seizmickej odolnosti súvrstvia je preto podmienená práve ich výskytom, rozsahom a geotechnickou charakteristikou. Pri určitej úrovni zrýchlenia môže geotechnická nestabilita ílovitých polôh vyvolať rozdielnu strižnú deformáciu podložných a nadložných vrstiev a v jej dôsledku aj ich vzájomný horizontálny prešmyk. Tento deformačný efekt sa prenáša na dotknutú stavebnú konštrukciu, založenú v takomto podloží, nakoľko ktorákoľvek vrstva ílov, nachádzajúca sa v hĺbkovom profile do 50 m môže efekt horizontálneho

prešmyku iniciovať. Podstatným je ich chovanie pri dynamickom namáhaní počas silných pohybov, kedy majú schopnosť predlžovať seizmický pohyb vrstvy, ktorého amplitúdy budú intenzívnejšie. Tieto vlastnosti majú veľký vplyv na spektrálnu odozvu zrýchlenia.

V predmetnej lokalite sú íly fáciou, nachádzajúcou sa v kvartérnych aj v neogenných súvrstviach, pričom sú charakterizované ako súdržné a nepriepustné zeminy. Preto, na základe inžiniersko-geologického prieskumu, ako i vlastnej databázy údajov o rýchlostiach priečných vĺn, získaných z množstva seizmických meraní na území Bratislavy a dát citovaných v literatúre, môžeme *podložie Cesty I/61 Bratislava – Senec zaradiť do kategórie podložia C*. Uvedená kategorizácia sa vzťahuje na celú dĺžku trasy. Nakoľko *predpokladáme vysokú variabilitu geologickej stavby pozdĺž predmetného úseku cesty, aktualizáciu kategórie podložia (na D) nemôžeme a priori vylúčiť*.

1.1. Normové spektrá seizmickej odozvy

Národná aplikácia normy Eurokód 8, STN EN 1998-1/NA/Z2, nerozlišuje u horizontálneho spektra Typ 1 a Typ 2. Táto norma pozná *len jedno horizontálne spektrum*. V zmysle národnej aplikácie, sme pre predmetnú lokalitu Cesty I/61 Bratislava – Senec vypočítali návrhové seizmické zrýchlenie, $a_g = 0.063g$ a normové spektrum horizontálnej pružnej seizmickej odozvy pre kategóriu podložia C. Vypočítali sme aj vertikálne pružné spektrum seizmickej odozvy – Typ 1.

Maximálna hodnota horizontálnej zložky spektra pružnej seizmickej odozvy je pre návrhové seizmické zrýchlenie $a_g = 0.063g$ a pre kategóriu podložia C rovná **$S_{ah(max)} = 0.197g = 1.97m \cdot s^{-2}$** (obr.1). Maximálna hodnota horizontálnej zložky spektra pružnej seizmickej odozvy je pre návrhové seizmické zrýchlenie $a_g = 0.063g$ a pre kategóriu podložia D rovná **$S_{ah(max)} = 0.236g = 2.36m \cdot s^{-2}$** (obr.1). Maximálna hodnota vertikálneho pružného spektra seizmickej odozvy Typ 1 je pre návrhové seizmické zrýchlenie $a_g = 0.063g$ rovná **$S_{av(max)} = 0.17g = 1.7m \cdot s^{-2}$** (obr.3).

Vypočítali sme aj návrhové seizmické výchylky podložia d_g pre dve kategórie podložia C a D. *Návrhová seizmická výchylka podložia, vypočítaná pre návrhové seizmické zrýchlenie $a_g = 0.063g$ je pre kategóriu podložia C rovná $d_g = 0.059m$ a pre kategóriu podložia D rovná $d_g = 0.12m$.*

2 Výpočet lokálnych parametrov seizmickej odozvy

Nové metodiky umožňujú kvantifikovať seizmický pohyb v podloží a jeho odozvy na povrchu. Vychádzajú hlavne zo znalosti geotechnických vlastností vrstiev lokálneho podložia diela. Modelovanie seizmickej odozvy na báze geotechnických modelov je jedným z numerických riešení tejto problematiky. Vypočítané lokálne parametre sú k hodnoteniu seizmického ohrozenia oblasti a k analýze metód riešenia seizmickej odolnosti diela podstatnou informáciou.

2.1 Lokálne spektrum a lokálne zrýchlenia

Modelovanie na báze geotechnických modelov umožní vypočítať anomálne zmeny seizmického pohybu v podloží diela, vplyvom jeho lokálnych zmien. Pri zostavovaní modelov sme v hlavnej miere využili *geotechnické vlastnosti prostredí s veľkým impedančným kontrastom*, lokalizované z vrtov v podloží predmetnej lokality. Geotechnické vlastnosti lokálnych štruktúr a zdrojové (vstupné) akcelerogramy tvoria vstupné parametre výpočtových modelov. K výpočtom sme využili komerčný softvérový balík z NISEE (National Information Service for Earthquake Engineering, University of California) pre 5% tlmenie, ako sa to v zmysle požiadaviek príslušnej normy štandardne realizuje.

Pre lokalitu Cesty I/61 sme vypočítali *lokálny akcelerogram pre voľný povrch, úroveň základovej škáry* a priebeh lokálneho spektra pružnej seizmickej odozvy *anomálneho seizmického pohybu*, S_{ahlok} . Maximálne lokálne špičkové zrýchlenie PGA dosahuje na voľnom povrchu hodnoty $a_g=0.076g=0.76 \text{ m.s}^{-2}$ a na úrovni základovej škáry diela hodnoty $a_g=0.078g=0.8 \text{ m.s}^{-2}$. Spektrálne zrýchlenie, určené ako maximálna hodnota horizontálnej zložky vypočítaného lokálneho pružného spektra, je rovné $S_{ahlok}(max)=0.248g=2.5 \text{ m.s}^{-2}$. Odpovedá frekvencii 1.85 Hz resp. 2.94 Hz. Graficky je lokálne spektrum seizmickej odozvy zobrazené na obr. 2 a akcelerogramy na obr.3, na konci správy. Hodnoty lokálnych parametrov kvantifikujú lokálne zmeny anomálneho seizmického pohybu. Pomocou nich určíme najintenzívnejšiu interaktívnu odozvu geologických štruktúr v podloží a seizmického vlnenia a jej vplyv na stavebné dielo. Vypočítané maximálne normové návrhové a spektrálne zrýchlenia a hodnoty lokálneho spektra seizmickej odozvy a lokálneho zrýchlenia tvoria podstatnú časť balíka vstupných dát pri riešení seizmickej odolnosti diela.

3 Vypočítané parametre seizmického rizika

Normové a lokálne návrhové zrýchlenia umožňujú objektivizovať vplyvy seizmického rizika na dielo. Pri súčasnej úrovni poznatkov prezentujú objektívnu mieru predikcie zmien anomálneho seizmického pohybu v podloží predmetnej stavby, determinovaných lokálnymi zmenami geologického podložia a kvantifikáciu jeho možných dopadov na stavebné dielo. Porovnanie vypočítaných parametrov umožňuje vyhodnotiť interaktívne vplyvy seizmického rizika na líniovú stavbu Cesty I/61 Bratislava – Senec. Vypočítané dáta môžeme zhrnúť nasledovne:

- pre širšie okolie stavby je charakteristický výskyt zemetrasenia o paleomakroseizmickej intenzite 7^o stupnice EMS-98
- normové návrhové seizmické zrýchlenie je pre predmetnú lokalitu rovné $a_g = 0,063g$
- maximálna hodnota lokálneho efektívneho seizmického zrýchlenia (PGA), stanovená ako špičková hodnota z vypočítaného akcelerogramu na povrchu prostredia je $a_g = 0,076g$
- maximálna hodnota horizontálnej zložky spektra pružnej seizmickej odozvy vypočítaného podľa normy **STN EN 1998-1/NA/Z2**, je pre návrhové seizmické zrýchlenie $a_g = 0,063g$ a pre kategóriu podložia C rovná **$S_{ah(max)} = 0,197g = 1,97m \cdot s^{-2}$**
- maximálna hodnota horizontálnej zložky spektra pružnej seizmickej odozvy vypočítaného podľa normy **STN EN 1998-1/NA/Z2**, je pre návrhové seizmické zrýchlenie $a_g = 0,063g$ a pre kategóriu podložia D rovná **$S_{ah(max)} = 0,236g = 2,36m \cdot s^{-2}$**
- maximálna hodnota vertikálneho pružného spektra seizmickej odozvy Typ 1 je pre návrhové seizmické zrýchlenie $a_g = 0,063g$ rovná $S_{av(max)} = 0,17g = 1,7m \cdot s^{-2}$
- maximálna hodnota horizontálnej zložky lokálneho spektra pružnej seizmickej odozvy je rovná **$S_{ahlok(max)} = 0,248g = 2,5 m \cdot s^{-2}$**
- návrhová seizmická výchylka podložia, vypočítaná pre návrhové seizmické zrýchlenie $a_g = 0,063g$ je pre kategóriu podložia C rovná $d_g = 0,059m$ a pre kategóriu podložia D rovná $d_g = 0,12m$

Z prezentovaných výsledkov vyplýva, že hodnoty návrhového seizmického zrýchlenia, stanovené pre danú lokalitu v zmysle EN 1998-1/NA/Z2 a hodnoty lokálneho špičkového zrýchlenia, získané modelovaním seizmickej odozvy v podloží diela, sa pre danú lokalitu pohybujú v intervale zmien $0,063g - 0,076g$.

Porovnaním vypočítaných normových a lokálnych spektier a návrhových efektívnych zrýchlení, analýzou ich úrovne a rozloženia v rámci spektier, je z pohľadu DÚR potrebné posúdiť vhodnosť použitia metodík riešenie seizmickej odolnosti diela. Analýzou získaných výsledkom, medzi lokálnym spektrom a normovým $S_{ah}-D$, vypočítaným v zmysle normy STN EN 1998-1/NA/Z2 pre návrhové seizmické

FINING® - Ass. Prof. RNDr. Viktor Janotka, Ph.D., Košická 49, 82108 Bratislava, Slovakia, 11
mail: vikjanotka@gmail.com, mobil: 00421 904 137585

zrýchlenie $a_g=0.063g$, nachádzame korelovateľné prvky (obr.2). Lokálne spektrum sa v oblasti intervalov kontrolných períód normových spektier, vypočítaných pre kategóriu podložia C aj D zobrazuje vo viditeľne užšom frekvenčnom pásme, pričom jeho maximálne spektrálne zrýchlenia sú porovnateľné (lokálne maximum je rovné $0.248g$, pričom normové maximum pre prevládajúcu kategóriu podložia D je rovné $0.236g$, obr.2).

Normové aj lokálne parametre umožňujú kvantifikovať mieru dlhodobých dopadov seizmického rizika v predmetnej lokalite. Tvoria základný súbor vstupných dát k optimálnemu výberu metodiky výpočtu seizmickej odolnosti diela. Pri vhodne zvolenej metodike by mali zabezpečovať jeho spoľahlivú seizmickú odolnosť. Pri konečnom výbere riešenia je potrebné brať do úvahy fakt, že pri súčasnej úrovni poznatkov reprezentuje lokálne spektrum reálne rozloženie zrýchlení v geologickom podloží, vyvolaných lokálnym efektom prechádzajúceho anomálneho seizmického pohybu. Naproti tomu, normové spektrá spĺňajú požiadavky normy STN EN 1998-1/NA/Z2 pre danú kategóriu podložia.

IV. Záverečné zhrnutie

Záverom zhodnotíme výsledky, získané v procese evaluácie možných dlhodobých dopadov seizmického ohrozenia na dielo v rámci DÚR, vyvolaných seizmickým pohybom. Výsledky, získané v procese hodnotenia potenciálnych rizík vyvolaných seizmickým ohrozením, môžu mať zásadný vplyv na výber metodiky a v konečnom dôsledku aj na samotný výpočet seizmickej odolnosti diela.

Z vypočítaných normových a lokálnych dát môžeme, vo vzťahu k prevencii seizmického rizika, vyvodiť nasledovné závery:

- vypočítané normové spektrá spĺňajú požiadavky STN EN 1998-1/NA/Z2. Ich priebeh aj hodnoty návrhového seizmického zrýchlenia sú pre danú lokalitu a pre danú kategóriu podložia, konečné. Pri využití konkrétnej kategórie podložia sú normové spektrá aplikovateľné pre akékoľvek riešenie seizmického zaťaženia stavby Cesta I/61 Bratislava – Senec, nakoľko reprezentujú vplyv geobariéry regionálneho charakteru. V oblasti mostov by sa lokálne spektrá mali aktualizovať pre konkrétne staničenia, s využitím najnovších geotechnických poznatkov lokálnych geologických štruktúr podložia. Použitie výsledkov z tejto správy na iné účely ako je výstavba Cesty I/61 Bratislava – Senec, je nepripustné.

- z porovnania návrhových zrýchlení, vypočítaných v zmysle STN EN 1998-1/NA/Z2 a modelovaním seizmickej odozvy, sa ich parametre menia v intervale (0.063g – 0.076g). Vo vzťahu k frekvenčnému pásmu, v ktorom sa predmetné spektrá zobrazujú, je lokálne spektrálne zrýchlenie v intervale kontrolných períód normových spektier, vypočítaných v zmysle normy STN EN 1998-1/NA/Z2, v dobrej korelácii. Zobrazuje sa v užšom frekvenčnom pásme a jeho maximálna spektrálna hodnota zrýchlenia je porovnateľná s normovým spektrom, vypočítaným pre kategóriu podložia D. (obr. 2).

- na základe vykonanej analýzy hodnotíme lokalitu, vo vzťahu k realizácii predmetného stavebného diela a z hľadiska významnosti dopadov seizmického ohrozenia a seizmického rizika v rámci DÚR, ako vhodnú. Vo vzťahu k reálnej prognóze seizmickej odolnosti diela, je evaluácia získaných dát podstatnou k optimalizácii výberu jeho riešenia.

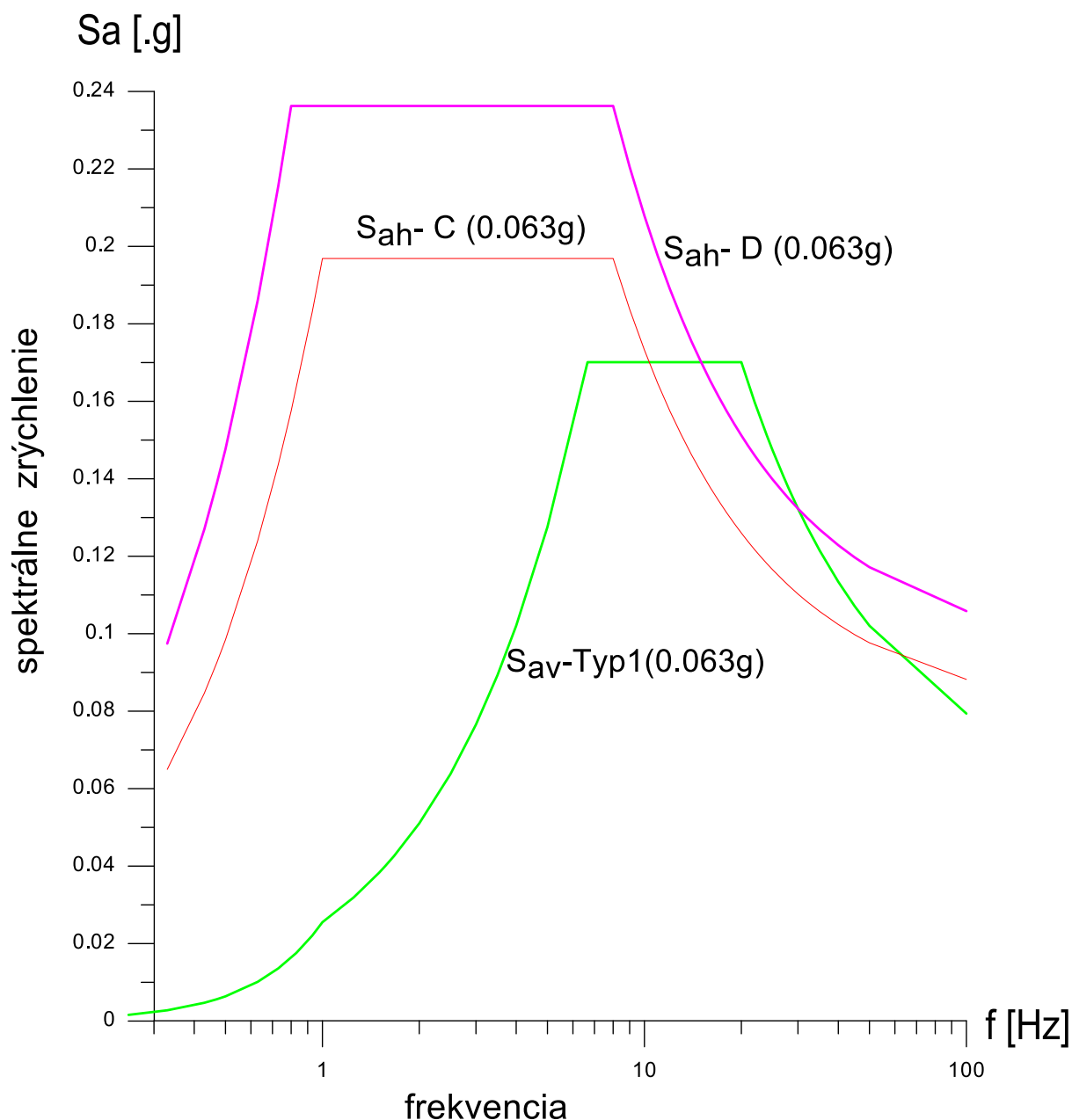
V Bratislave, 25.9.2019

Literatúra:

- Bezák V. et al. (2004): Tektonická mapa Slovenska. MŽP SR, ŠGU DŠ, Bratislava.
- Bune V.I., Brouček I., Szeidovitz G., Medvedeva N.S., Poljakova T.P. (1991a): Katalog zemletrjasenij s $M > 4.8$ Zapadnykh Karpat i sopredel'nykh territorij. In: Voprosy inženernoj seismologii, Vyp.32, Nauka, Moskva, s.87 – 100.
- Eurokód 8. STN EN 1998-1 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť. Slovenská technická norma, SÚTN, Bratislava, 2005.
- Eurokód 8. STN EN 1998-1/NA Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť. Národná príloha. Slovenská technická norma, SÚTN, Bratislava, 2009.
- Eurokód 8. STN EN 1998-1/NA/Z1 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť. Národná príloha. Zmena 1. Slovenská technická norma, SÚTN, Bratislava, 2010.
- Eurokód 8. STN EN 1998-1/NA/Z2 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť. Slovenská technická norma, SÚTN, Bratislava, 2012.
- Janotka V. (2015): Rýchlostná cesta R6 št. hranica SR/ČR–Púchov, štúdia realizovateľnosti, seizmický prieskum, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., Bratislava.
- Janotka V. (2015): Rýchlostná cesta R3 Tvrdošín – križovatka D1, koridorová štúdia, seizmický prieskum, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., Bratislava.
- Janotka V. (2015): Rýchlostná cesta R3 Martin – Šášovské Podhradie, koridorová štúdia, seizmický prieskum, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., Bratislava.
- Janotka V. (2015): Rýchlostná cesta R7 Nové Zámky–Lučenec, štúdia realizovateľnosti, seizmický prieskum, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., Bratislava.
- Janotka V. (2015): Diaľnice D4 Bratislava Rača – Záhorská Bystrica, Tunel Karpaty, TŠ, Seizmický prieskum, Tarosi c.c., s.r.o., Bratislava.
- Janotka V. (2014): Rýchlostná cesta R2 Križovatka D1 – Nováky, štúdia realizovateľnosti, Seizmický prieskum, Dopravoprojekt a.s., Bratislava, divízia Zvolen.
- Kárník V., Procházková D., Schenk V., Schenková Z. (1981): Seismicity of Czechoslovakia and Europe. Geophysical syntheses in Czechoslovakia, VEDA, Bratislava, 221 – 242.
- Kárník V., Procházková D., Brouček I. (1981): Catalogue of earthquakes for the territory of Czechoslovakia for the period 1957 – 1980. Travaux Geophysiques, 155, 186.
- Kárník V., Procházková D., Schenk V., Schenková Z. (1981): Seismicity of Czechoslovakia and Europe. p. 221-242. In: Geophysical Synthesis in Czechoslovakia, Bratislava.
- Kárník V., Michal E., Molnár A. (1957): Katalog zemětřesení na území ČSR. Geofyzikální sborník, No 61–71, nakladatelství ČSAV, Praha.
- Labák, P. Brouček I. (1995): Mapa epicentier makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska do r.1990. Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava.
- Labák P., Brouček I. (1996): Katalóg makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska od r.1034. Manuscript. Nepublikované.
- STN 73 0036 (1997): Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií. Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR, Bratislava.
- Viskup J., Janotka V. (1997): Mapa maximálnych očakávaných intenzít zemetrasení Slovenska, Geocomplex, a.s., SEISING®, Bratislava.
- Viskup J., Janotka V. (1997): Hodnotenie seismicity Slovenska v mierke 1 : 500 000, Geocomplex, a.s., SEISING®, Bratislava.

Cesta I/61 Bratislava - Senec

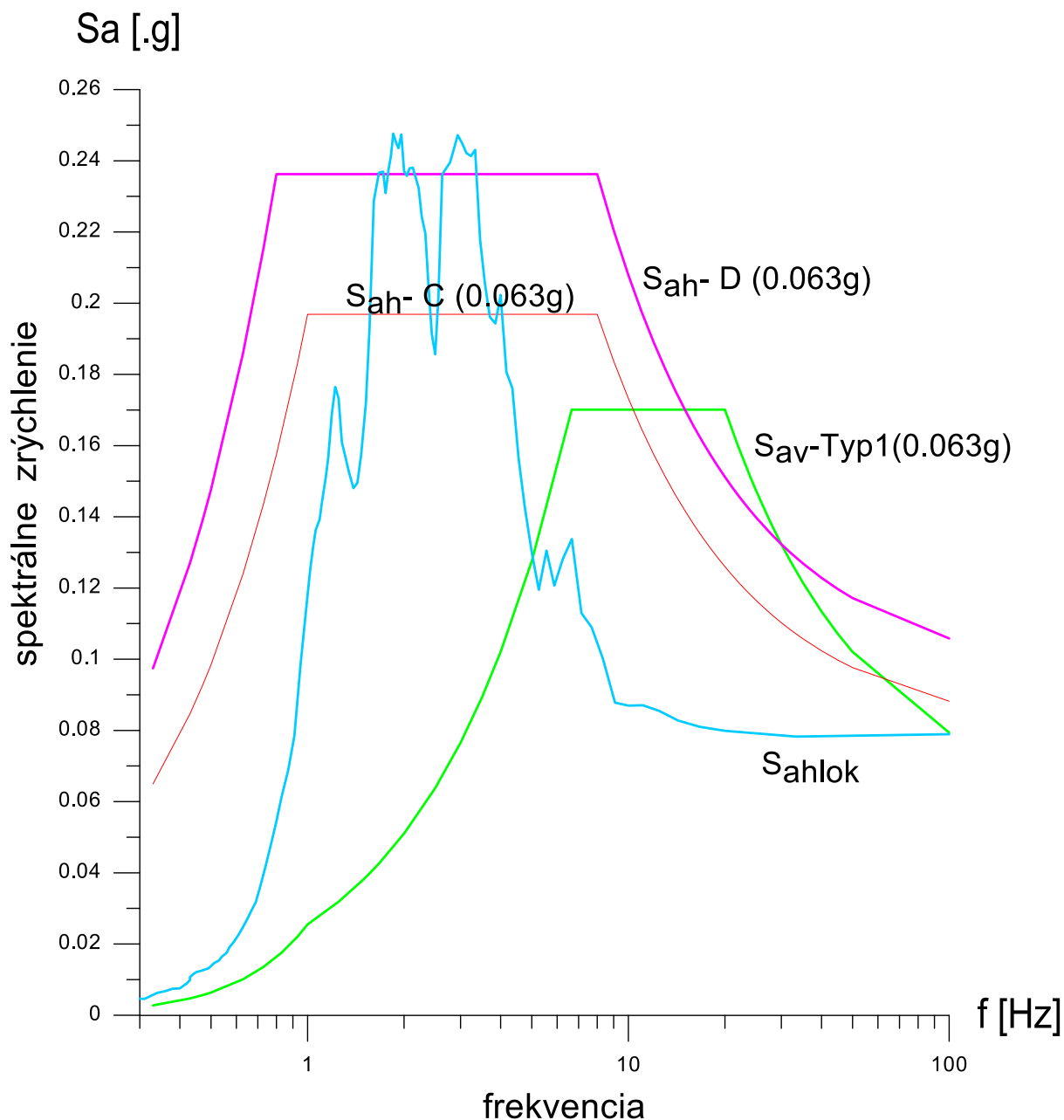
normové horizontálne spektrá S_{ah} , pre kat. podložia C aj D ;
 $a_g=0.063g$, vertikálne spektrum S_{av}



obr. 1

Cesta I/61 Bratislava - Senec

normové horizontálne spektrá S_{ah} , pre kat. podložia C aj D ;
 $a_g=0.063g$, lokálne spektrum S_{ahlok} , vertikálne spektrum S_{av}



obr. 2

