

Jozef VISKUP¹

**POROVNANIE SPEKTIER SEIZMICKEJ ODOZVY Z JEDNEJ A Z TROCH
ZLOŽIEK AKCELEROGRAMU**

**COMPARISON OF SEISMIC RESPONSE SPECTRA FOR ONE AND THREE
COMPONENTS OF ACCELEROGRAMS**

Abstrakt

Vstupní akceleroqram je jedním ze vstupních dat pro výpočet spektra odezvy. Obvykle se používá pouze jedna ze tří složek, a to horizontální složka s větší maximální hodnotou zrychlení. Do seizmického software lze vkládat různé akceleroqramy, pouze však jen jedna složka. Při použití všech tří složek získáváme různá spektra odezvy.

Abstract

Input accelerogram is one of the input data for seismic response spectra computations. Usually only one component from all three components is applied, usually the horizontal component with higher value of peak ground acceleration. As part of seismic software are attached different accelerograms but only one component. Applying all three components the different seismic response spectra are obtained.

Úvod

Vo výpočtoch seizmického zaťaženia je jeden zo vstupných údajov pre výpočet seizmickej sily seizmické zrýchlenie, ktoré sa v súčasnosti stanovuje zo spektra seizmickej odezvy. Spektrum seizmickej odezvy sa stanovuje z akceleroqramu zemetrasenia.

Z publikovanej literatúry [1], [2], [3] je zřejmé, že autori použili vo výpočtoch iba jeden akceleroqram zemetrasenia, avšak môžeme sa iba domnievať, že použili tú s vyššou hodnotou špičkového zrýchlenia z reálne zaznamenaných troch zložiek akceleroqramu. Tak isto ku komerčným programom (D-MOD_2, DEEPSOIL, FLUSH, OPENSEES, SHAKE 98, SUMDESS, TESS, TELDYN) sa dodávajú akceleroqramy, zvyčajne však iba jedna zložka a tiež možno iba predpokladať, že je to tá s vyššou hodnotou špičkového zrýchlenia. V STN 73 0036 v čl. 4.3.3.2.5 [4] sa uvádza, že minimálne dva trojzložkové akceleroqramy sa použijú na riešenie seizmickej odezvy konštrukcie. Použitie viacerých zložiek vo výpočtoch vyžaduje viac času na získanie a prípravu vstupných údajov, na výpočty i na vyhodnotenie údajov. Cieľom štúdie bolo zistiť, či je podstatný rozdiel v hodnotách spektier seizmickej odezvy pre jednu zložku a pre všetky tri zložky akceleroqramu.

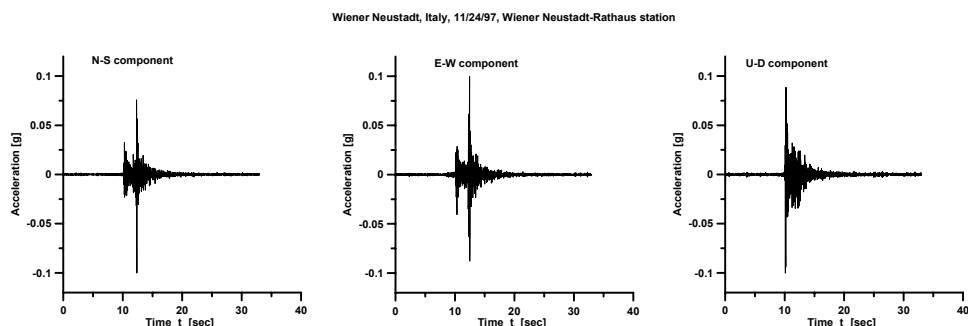
¹ RNDr. Jozef Viskup, CSc., Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, Mlynská dolina, Bratislava, Slovensko, viskup@nic.fns.uniba.sk

Vstupné akcelerogramy zemetrasení

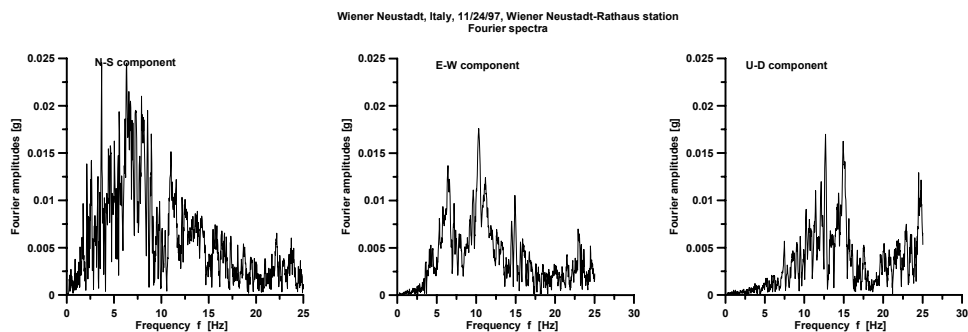
Vstupný akcelerogram má dôležitý význam pre výpočet spektier seizmickej odozvy, nakoľko spektrum seizmickej odozvy na voľnom povrchu terénu závisí nielen od lokálnych geologických pomerov, ale i od vstupného akcelerogramu a to nielen od jeho špičkovej hodnoty zrýchlenia, ale aj od jeho spektrálneho zloženia [5].

Za účelom porovnania spektier seizmickej porovnali sme spektrá seizmickej odozvy 3 rôznych trojzložkových akcelerogramov, obsahujúcich zložky sever-juh (N-S North-South), východ-západ (E-W East-West) a vertikálnu zložku (U-D up-down). Udávaná magnitúda zemetrasenia, ktorá bola uvedená ku akcelerogramom, nie je vždy tá istá, raz bola uvedená magnitúda objemových vĺn Mb, inokedy magnitúda momentová Mw alebo magnitúda lokálna Ml či magnitúda povrchových vĺn Ms.

Prvý akcelerogram bol zo zemetrasenia s ohniskom vo Viedenskom Novom Meste (Wiener Neustadt, Mb = 3.7), ktoré bolo 24.11.1997 a zaznamenané bolo na seizmickej stanici na radnici vo Viedenskom Novom Meste (Wiener Neustadt-Rathaus), zložky akcelerogramu tohto zemetrasenia sú uvedené na obr.1, ich Fourierove spektrá sú na obr.2.



Obr. 1 Akcelerogramy zemetrasenia s ohniskom vo Viedenskom Novom Meste

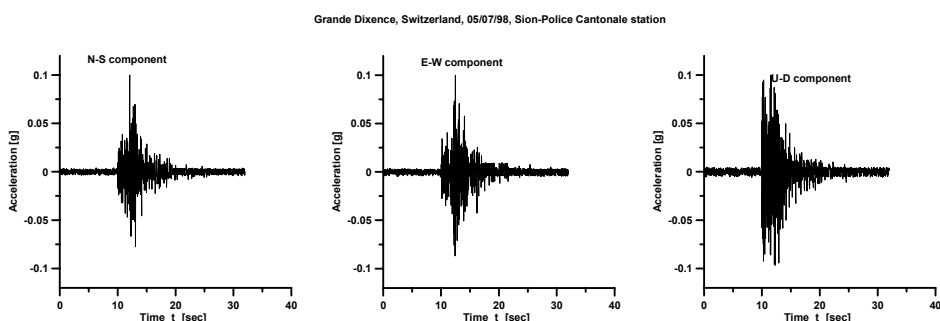


Obr. 2 Fourierove spektrá akcelerogramov zemetrasenia s ohniskom vo Viedenskom Novom Meste

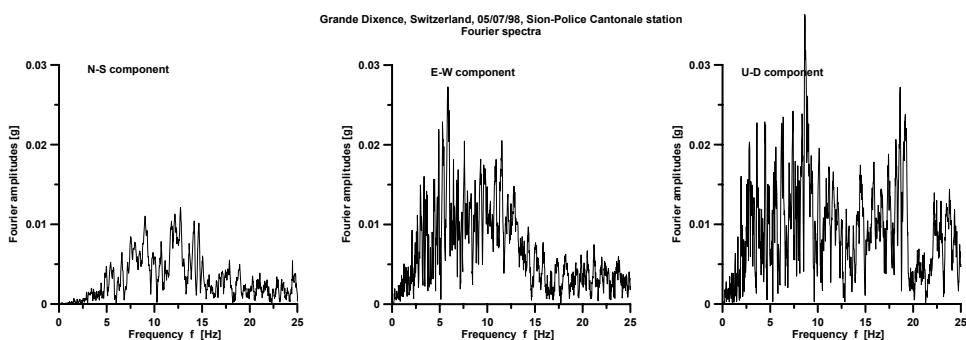
Porovnaním Fourierových spektier akcelerogramov zemetrasenia s ohniskom vo Viedenskom Novom meste vidno, že zložka N-S má prevažne frekvencie 5-12 Hz, zložka E-W má prevažne frekvencie v oblasti 10-16 Hz, vertikálna zložka má prevažne frekvencie 10-19 a okolo 25 Hz.

Ďalší akcelerogram použitý vo výpočtoch bol akcelerogram zemetrasenia s ohniskom vo Švajčiarsku v Grande Dixence 7. 5.1998 ($M_w = 3.1$), ktoré bolo zaznamenané na seizmickej stanici Sion-Police Cantonale, zložky akcelerogramu tohto zemetrasenia sú uvedené na obr. 3, ich Fourierove spektrá sú na obr. 4.

Porovnaním Fourierových spektier akcelerogramov zemetrasenia s ohniskom vo Švajčiarsku v Grande Dixence vidno, že zložka N-S má prevažne frekvencie 7.5-15 Hz, zložka E-W má prevažne frekvencie v oblasti 2.5-12.5 Hz, vertikálna zložka má prevažne frekvencie 2.5-19 Hz.



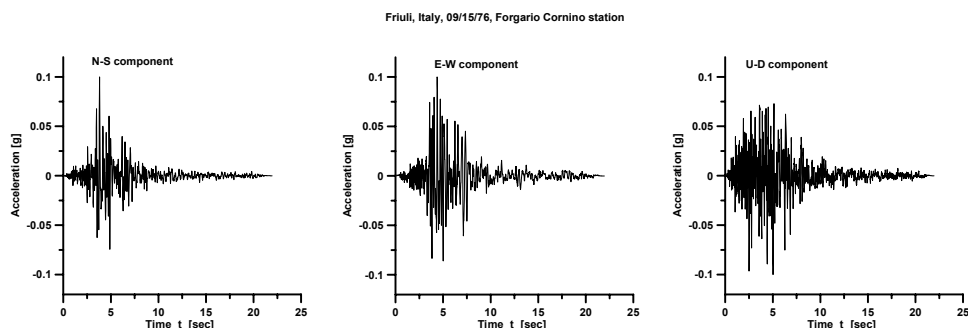
Obr. 3 Akcelerogramy zemetrasenia s ohniskom vo Švajčiarsku v Grande Dixence



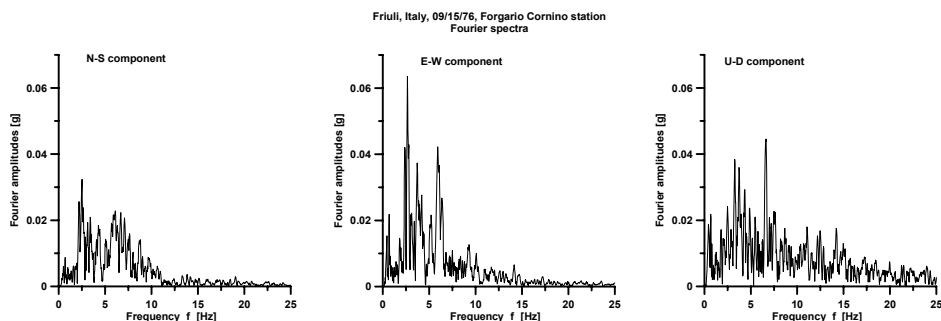
Obr. 4 Fourierove spektrá akcelerogramov zemetrasenia s ohniskom vo Švajčiarsku v Grande Dixence

Tretí akcelerogram použitý vo výpočtoch bol akcelerogram zemetrasenia s ohniskom v Taliansku vo Friuli 15.9.1973 ($M_l = 6.1$, $M_s = 5.7$), ktoré bolo

zaznamenané na seizmickej stanici Forgaria Cornino, zložky tohto akcelrogramu zemetrasenia sú uvedené na obr. 5, ich Fourierove spektrá sú na obr. 6.



Obr.5 Akcelrogramy zemetrasenia s ohniskom v Taliansku vo Friuli



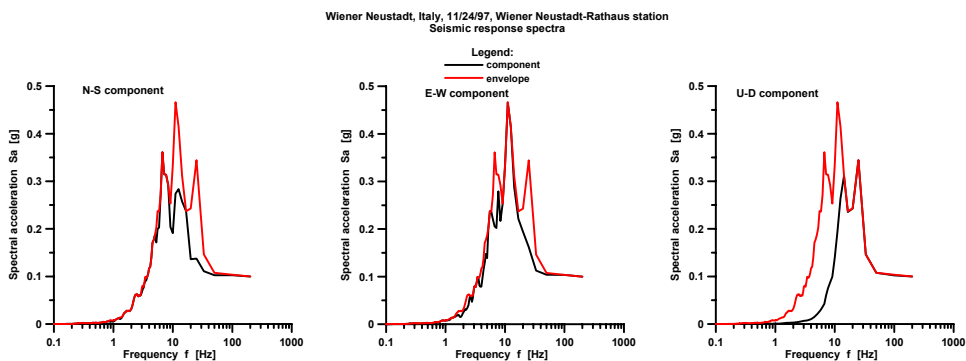
Obr. 6 Fourierove spektrá akcelrogramov zemetrasenia s ohniskom v Taliansku vo Friuli

Porovnaním Fourierových spektier akcelrogramov zemetrasenia s ohniskom v Taliansku vo Friuli vidno, že zložka N-S má prevažne frekvencie 2.5-7 Hz, zložka E-W má prevažne frekvencie v oblasti 2.5-7 Hz, vertikálna zložka má prevažne frekvencie 2.5-7.5 Hz.

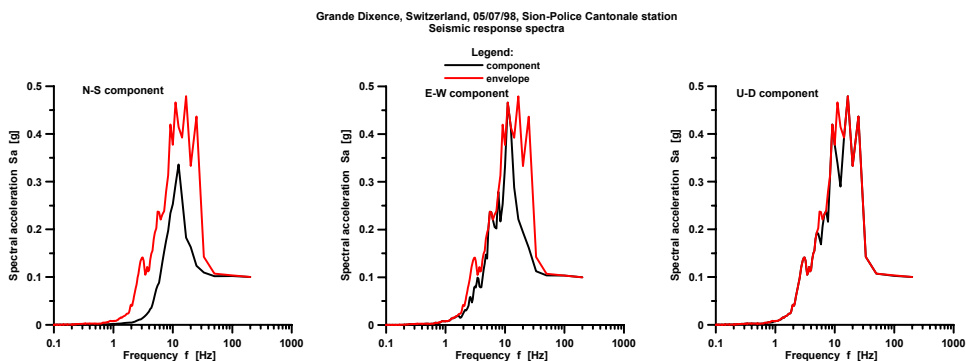
Spektrá seizmickej odozvy

Spektrum seizmickej odozvy sa odvádza z akcelrogramu zemetrasenia. Nevýhodou spektra seizmickej odozvy je, že nevystihuje, koľkokrát sa uvedená hodnota na seizmickom zázname objaví, či je to iba jedenkrát „akási“ vyskočená hodnota, alebo či je to viackrát sa vyskytujúca hodnota. Rozhodne by bolo vhodnejšie na výpočet seizmického zaťaženia využiť akcelrogramy zemetrasení, avšak pre určitý typ konštrukcií a určitú úroveň výpočtov je postačujúce použiť spektrá seizmickej odozvy, výpočet akcelrogramu v jednotlivých bodoch konštrukcie by bolo vhodné iba pre konštrukcie kategórie významnosti I a II, pre konštrukcie významnosti III a IV je postačujúce použiť spektrá seizmickej odozvy. Spektrá seizmickej odozvy sa používajú

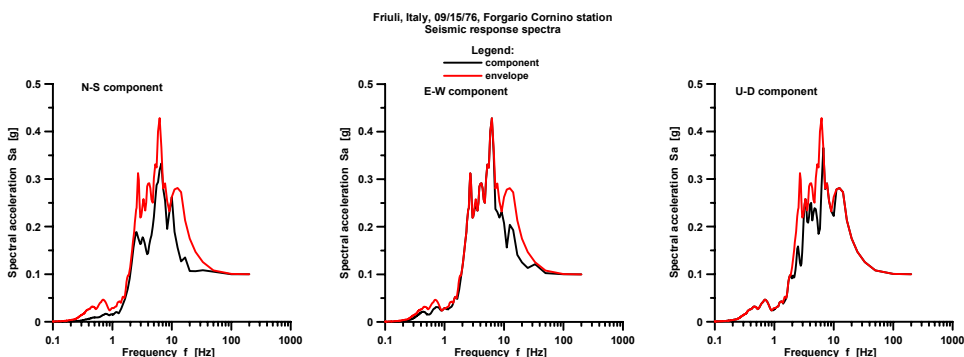
nílen v STN 73 0036 [4], ale i v Eurocode 8 [6], [7], nemeckej DIN 4149 [8], [9], švajčiarskej SIA 160 [10], rakúskej Önorm 4015 [11], [12] a ďalších doporučeníach [13].



Obr.7 Spektrá seizmickej odozvy zemetrasenia s ohniskom vo Viedenskom Novom Meste



Obr.8 Spektrá seizmickej odozvy zemetrasenia s ohniskom vo Švajčiarsku v Grande Dixence



Obr. 9 Spektrá seizmickej odozvy zemetrasenia s ohniskom v Taliansku vo Friuli

Spektrum seizmickej odozvy a ďalšie parametre seizmického pohybu sa počítajú z akceleroqramu zemetrasenia [14].

Na obr.7 sú uvedené spektrá seizmickej odozvy zemetrasenia s ohniskom vo Viedenskom Novom Meste, na obr.8. s ohniskom vo Švajčiarsku v Grande Dixence a na obr.9 s ohniskom v Taliansku vo Friuli pre jednotlivé zložky. Červenou farbou sú uvedené obálky všetkých troch zložiek toho istého akceleroqramu.

Záver

Porovnaním obr.7, obr.8 a obr.9 vidno, že použitie iba jednej zložky akceleroqramu nepostihuje celý frekvenčný rozsah vlnenia kmitania. Frekvenčné spektrum jednotlivých zložiek akceleroqramu je odlišné a následne aj vypočítané spektrá seizmickej odozvy sa navzájom medzi sebou líšia. Pre správne posúdenie seizmického ohrozenia lokality je potrebné použiť vo výpočtoch všetky tri zložky vstupného akceleroqramu, stanoviť obálku týchto akceleroqramov a vo výpočtoch seizmického zaťaženia použiť hodnotu spektrálneho zrýchlenia stanoveného z tejto obálky. Použitie iba jednej zložky akceleroqramu, ktorý býva súčasťou programov na výpočet seizmickej odozvy geologických štruktúr, napr. SHAKE98 [15], SHAKE2000 [16], TELYN [17], atď. nie je postačujúce, vedie to k nesprávnemu stanoveniu spektra seizmickej odozvy, k zníženiu hodnôt spektrálneho zrýchlenia a následne k zníženiu seizmickej odolnosti konštrukcie. Preto sme vo výpočtoch lokálnych spektier seizmickej odozvy pre vysoké budovy v Bratislave používali všetky tri zložky akceleroqramov [18], [19], [20], podobne pre dôležité konštrukcie, napr. mosty [21].

Úloha vznikla a bola riešená v rámci grantovej úlohy 1/4041/07.

Literatúra

- [1] ZECCOS DIMITRIOS PAVLOS *Evaluation of Static and Dynamic Properties of Municipal Solid-Waste*. 2005, University of California, Berkeley, PhD Thesis, 752 p.
- [2] YAGCI, B. Selection of Real Records for Scaling in Site Response Analyses. In *2007 NZSEE Conference*. The New Zealand Society for Earthquake Engineering, New Zeland, 7 p.
- [3] ZEKI ÖZCAN & HASAN ARMAN Ground Condition Effects on Dynamic Response of the 1995 Dinar Earthquake in Western Turkey. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, Volume 33, Number 2A, July 2008, pp. 213-227.
- [4] STN 73 0036 *Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií*. 1997, Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR, Bratislava, 68 s.
- [5] VISKUP, J., JANOTKA, V. & BUKOV, D. Vstupné údaje pri výpočte seizmického zaťaženia v zmysle STN 73 0036 – Účinky zemetrasení na budovy. In *Interakcia stavieb a horninového prostredia*. Slovenská technická univerzita, Bratislava, 1999, 45-50.
- [6] EUROCODE 8 - *Design provisions for earthquake resistance of structures* - Part 1-1: General rules - Seismic actions and general requirements for structures. Europäische Vornorm ENV 1998-1-1, Brüssel, 1994.
- [7] EUROCODE 8 - *Design provisions for earthquake resistance of structures* - Part 1-2: General rules - General rules for buildings. Europäische Vornorm ENV 1998-1-2, Brüssel, 1994.
- [8] DIN 4149 *Bauten in Deutschen Erdbebengebieten Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*. Beuth; Köln.
- [9] EUROCODE 8/DIN 4149. *Neue Regeln bei der Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1998.
- [10] Norm SIA 160: *Einwirkungen auf Tragwerke*. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich, 1989.
- [11] ÖNORM B 4015 Teil 1. - *Erdbebenkräfte im Bauwesen*. Österreichisches Normungsinstitut. AustrianStandardsInstitute, Postfach 130, A-1021 Wien, Österreich, 1997.
- [12] ÖNORM B 4015, Teil 2. AustrianStandardsInstitute, Postfach 130, A-1021 Wien, Österreich, 1999.
- [13] LEDNICKÁ, M., LUŇÁČKOVÁ, B. , KALÁB, Z., HRUBEŠOVÁ, E. & KOŘÍNEK, R. Contribution to Evaluation of Technical Seismicity Effect on Buildings - Case Study. *Earth Sciences Research Journal*. 2006, Vol. 10, No. 1, pp. 7-14.
- [14] WIEGEL, R.L. & BOLT, B. *Earthquake Engineering*. Pearson Education, Limited, 1970, 518 p.
- [15] BARDET, J.P., LINN, C.H. & IDRIS, I.M. *SHAKE98. A Computer Program for Equivalent Linear Seismic Response Analyses of Horizontally Layered Soil Deposits*. University of Southern California, Report to US Geological Survey, October 1998, 41 p.

- [16] ORDONEZ, G., A. *SHAKE2000, A Computer Program for the 1-D Analysis of Geotechnical Earthquake Engineering Problems*. SHAKE2000, User's Manual, December 2006, 356 p.
- [17] Taga, Software, Inc. *TELDYN User's Manual*; 1982
- [18] VISKUP, J. *Bratislava – PANORAMA CITY. SEIZMICKÝ PRIESKUM. Seizmický posudok. Lokálne parametre seizmického pohybu*. SEISCOMP Bratislava, 2007, 27 s.
- [19] VISKUP, J. *Polyfunkčný areál CENTRÁL. Normové a lokálne parametre seizmického pohybu. Lokálne a normové spektrá seizmickej odozvy. Seizmický prieskum. Seizmický posudok*. SEISCOMP Bratislava, 2008, 38 s.
- [20] VISKUP, J. *Bratislava - polyfunkčný objekt Olympia. Normové a lokálne spektrá seizmickej odozvy. Seizmický prieskum. Seizmický posudok*. SEISCOMP Bratislava, 2008, 24 s.
- [21] VISKUP, J. *KOMÁRNO – KOMÁROM. Nový cestný most cez Dunaj. Seizmický prieskum. Seizmický posudok*. SEISCOMP Bratislava, 2006, 39 s.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. RNDr. Blažej Pandula, Ph.D., Technická univerzita v Košiciach, F BERG