

## اندازه گیری میزان ارتعاش لرزه ای در طبقه دوم سازه فلزی تحت تاثیر بار دینامیکی ماشین الات

اصغر آزادی<sup>۱</sup>، مزده آزادی<sup>۲</sup>، آزاده صفری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار دانشگاه پیام نور واحد پرند، [Asghar\\_azadi\\_2007@yahoo.com](mailto:Asghar_azadi_2007@yahoo.com)  
<sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد زلزله واحد علوم تحقیقات تهران، [mozhdeazadi1990@gmail.com](mailto:mozhdeazadi1990@gmail.com)  
<sup>۳</sup>کارشناس مهندسی مشاور زمین فیزیکی پویا، [safari1100@gmail.com](mailto:safari1100@gmail.com)

### چکیده

یکی از روشهای تعیین مقدار مجاز ارتعاشات استفاده از مایکروترموورها (خرده لرزه نگار) است. محدوده مورد مطالعه سازه ای فولادی واقع در بزرگراه شهید لشگری، خیابان شهرک سینمایی واقع شده است. داده‌ها با استفاده از دستگاه خرده لرزه نگار مجهز به سه سنسور در هشت ایستگاه در حالیکه در طبقه دوم سازه در زمان برداشت داده ماشین الات سنگین مشغول کار بوده برداشت شد. روش نسبت طیفی H/V به عنوان روش ناکامورا شناخته شده است و فرکانس غالب زمین و سازه با استفاده از روش نسبت طیفی تعیین می شود. داده ها توسط نرم افزار مورد پردازش قرار گرفت. حداکثر سرعت ارتعاشات در زمان های تنش (پرترافیک) حدود ۳/۵۷۶ میلیمتر بر ثانیه و در حالت عادی کمتر از ۰/۵ میلیمتر بر ثانیه می باشد. طبق استاندارد FHWA در صورتی که اجرای عملیات ارتعاشات صنعتی در نزدیکی تأسیسات و سازه‌های موجود اجرا شود، احتمال این که سازه تغییر شکل دائمی پیدا کند بسیار زیاد می باشد. برای سازه های خاص مانند سایت های باستان شناسی سرعت ارتعاشات باید پایین تر از ۰/۲ میلیمتر بر ثانیه باشد.

**واژه‌های کلیدی:** مایکروترموور، مقدار مجاز ارتعاشات، حداکثر سرعت ارتعاشات، فرکانس غالب، روش ناکامورا، نسبت طیفی H/V

## Measurement of seismic vibration in the second floor of a metal structure under dynamic load of machines

Asghar Azadi<sup>1</sup>, Mozhdeh Azadi<sup>2</sup>, Azadeh safari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor, payamnoor University of parand, [Asghar\\_azadi\\_2007@yahoo.com](mailto:Asghar_azadi_2007@yahoo.com)  
<sup>2</sup>M.Sc. Student, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, [mozhdeazadi1990@gmail.com](mailto:mozhdeazadi1990@gmail.com)  
<sup>3</sup>Expert of Zamin physic pooya Consulting Engineering Co, Tehran, [safari1100@gmail.com](mailto:safari1100@gmail.com)

### Abstract

Microtermorsareone of the methods for determining allowed vibration. The study area is located on the ShahidLashgari highway, Shahrak Cinema Street. Data were collected using a three-sensory seismograph station in nine stations in Tehran and analyzed using software heavy machines were worked, the H/V spectral ratio method is known Nakamura method. The dominant frequency of the structure and ground were determined from the horizontal to vertical (H/V) spectral ratios of microtremors. Data is processed by software. The maximum velocity of vibration is about 576/3 mm/s at the time of stress and less than 5.0 mm/s in normal mode. According to the FHWA standard, if the industrial vibration operations is carried out around of the existing facilities and structures, Structures are likely to deform. For specific structures, such as archaeological sites in order to avoid damage facilities should be the vibration velocity less than 0.2 mm/s.

**Keywords:** (Microtramor, allowable vibration, the maximum velocity of vibration, Nakamura method, resonance frequency, H/V spectral ratios)

### ۱ مقدمه

مایکروترموورها با دوره های زمانی بین یک تا بیست ثانیه را برای اولین بار اموری (۱۹۰۸) مشاهده کرد. مایکروترموورها در اصل امواج پریود کوتاهی هستند که از درون لایه‌های مختلف زمین در هر ساختمانی عبور می کنند، بنابر نوع خاک آن ساختمانی اثر می پذیرند و در نهایت روی یک لرزه نگار ثبت می شوند، لذا این امواج به نوعی متاثر از اثرات خاک آن ساختمانی هستند. این

امواج در سطح زمین تولید شده و بر اثر برخورد به لایه‌ای (مانند سنگ بستر) که سرعت موج برشی در آن زیاد است به سمت محل مورد نظر بازگشته و اطلاعات مسیر طی شده را با خود حمل می‌کنند (چاوزگاریسیا وهمکاران، ۱۹۹۶) بر روی زمین یک دستگاه لرزه‌نگار که توان تقویت امواج، تا حد ۱۰۰ برابر را داشته باشد که می‌تواند امواج خفیف زمین (میکروترمور) را به طور مستمر و در بازه‌های زمانی که از قبل مشخص شده ثبت کند این امواج دارای دامنه‌ای در حدود ۳ تا ۵ میکرون هستند و همواره باشد تو ضعف حضور دارند بررسی‌ها نشان داده است که امواج مایکروترمورها شامل هر دو نوع موج شناخته شده در زلزله‌شناسی یعنی امواج حجمی و سطحی می‌باشد.

سپس از سال ۱۹۷۰ کاربرد آن در زمینه بررسی اثرساختگاه آغازگردید. بطورنمونه می‌توان اندازه گیری میکروترموربرای بدست آوردن پاسخ زمین توسط کانای در سال ۱۹۸۳، ایده ناکامورا در سال ۱۹۸۹، و آتاکان در ۱۹۹۶ را تحقیقات مهمی در این زمینه برشمرد که منجر به توسعه این دانش و کاربرد میکروترموردر بررسی اثر تقویت ساختگاه محلی، تعیین عمق سنگ بستر، برآورد سرعت موج برشیدرخاک، تعیین رده خاک ساختگاه و محاسبه ضریب آسیب پذیری لرزه ای گردیده است.

## ۲ روش تحقیق

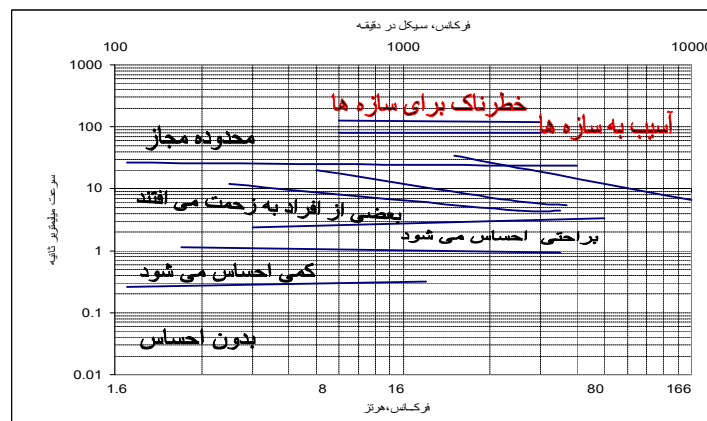
به منظور بررسی میزان و تاثیر لرزش ها بر سازه تعداد ۸ مورد آزمایش در قسمت های مختلف سازه انجام. برداشت ها در بازه زمانی پرتنش انجام شدند تا تمامی چشمه‌های لرزه‌ای موثر در داده‌ها ثبت شوند. داده‌ها پس از پردازش و آماده‌سازی مورد تفسیر دقیق قرار گرفتند تا محدوده مجاز ارتعاشات تعیین شود.

محدوده مورد مطالعه سازه ای واقع در بزرگراه شهید لشگری، خیابان شهرک سینمایی واقع شده است. به منظور تعیین مقدار ارتعاشات از سه دستگاه لرزه نگار با سنسور CME و دیتالاگر PDER استفاده گردیده است.

ارتعاشات معمولاً به دو طریق زمین و هوا منتشر می‌شوند. مقدار ارتعاشات منتشر شده از هوا به محل نصب لرزه نگار بستگی دارد و معمولاً دامنه ارتعاشات وارده از هوا کمتر از دامنه ارتعاشات وارده از زمین یا سازه می‌باشد. سرعت صوت در هوا حدود ۳۴۰ متر بر ثانیه می‌باشد و سرعت امواج در داخل زمین بستگی به نوع زمین دارد. سرعت متوسط امواج تراکمی در زمین بین ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ متر بر ثانیه می‌باشد. و سرعت امواج تراکمی در سنگ بین ۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ متر بر ثانیه است. با در نظر گرفتن ضریب پواسون به میزان ۰/۲۵، سرعت متوسط امواج برشی حدود ۰/۶ سرعت متوسط امواج تراکمی می‌باشد.

سرعت امواج تراکمی در فولاد ۵۷۹۰ متر بر ثانیه و سرعت امواج برشی ۳۱۰۰ و سرعت امواج تراکمی در امتداد میله فولادی ۵۰۰۰ متر بر ثانیه است. دامنه ارتعاشات امواج برشی بیشتر از دامنه ارتعاشات امواج تراکمی می‌باشد. معمولاً پریود غالب امواج تراکمی کمتر از پریود غالب امواج برشی می‌باشد. دامنه ارتعاشات مولفه ی قائم در این سازه ها معمولاً بیشتر از دامنه ارتعاشات در مولفه‌ی افقی است، علت آنرا می‌توان به نزدیک بودن چشمه لرزه ای مرتبط دانست و حالت الاستیک مواد باعث بوجود آورنده این پدیده می‌شود.

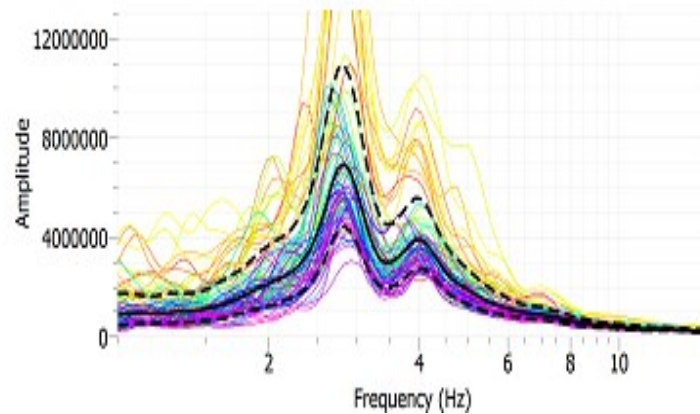
همان طور که مشاهده می‌شود حداکثر مقدار ارتعاشات ثبت شده در ۸ ایستگاه در جدول ۱ آورده شده است. نمودار سرعت و فرکانس غالب یکی از ایستگاه های اندازه گیری شده به عنوان نمونه در شکل ۲ و ۳ آورده شده است. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود پیک ارتعاشات به دلیل عبور لیفتراک تغییر کرده است



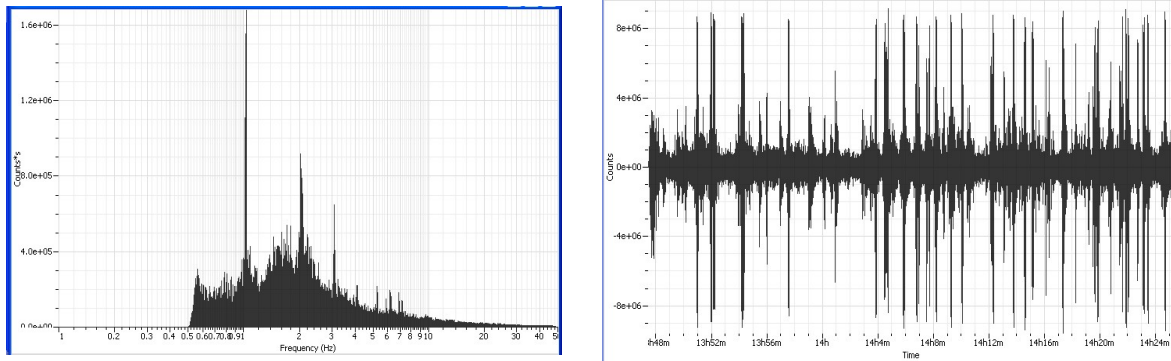
شکل ۱. محدوده مجاز ارتعاشات برای استقرار دستگاه بر روی زمین

جدول ۱. نتایج ارتعاشات ثبت شده در محل های مورد نظر

نام گیرنده	مولفه	حداقل سرعت mm/s	حداکثر سرعت mm/s	فرکانس غالب (هرتز)	نام گیرنده	مولفه	حداقل سرعت mm/s	حداکثر سرعت mm/s	فرکانس غالب (هرتز)		
S1	Z	0.596	2.235	4	S5	N	0.149	0.358	1		
	Z	0.596	2.384	6		N	0.149	0.268	1.4		
			2.623	7				0.298	2		
			0.268	1.4				0.477	1		
	N	0.089	0.417	2		E	0.149	0.596	1.5		
			0.387	4				0.715	2		
			0.685	2				1.729	3		
	S2	E	0.238	0.626		3.6	S6	Z	0.894	1.848	6
		Z	0.447	0.715		4.2		N	0.149	2.086	7
1.729				1.8	0.238	0.5					
2.980				2.8	0.298	1.5					
N		0.119	2.354	4	E	0.119		0.358	2		
			2.384	0.5				0.477	1		
			0.596	1				0.507	1.5		
S3		E	0.179	1.192	1.5	S7		Z	0.596	2.682	4
		Z	0.596	1.490	2.8			N	0.179	2.384	5
	3.129			3.8	2.086		6				
	0.447			1	0.536		4				
	N	0.149	2.086	2	E		0.149	0.507	2		
			0.536	3				0.536	3.5		
			0.536	1				0.626	4		
	S4	E	0.149	2.086	2		S8	Z	0.894	3.576	2
		Z	0.745	1.490	3.5			N	0.149	2.831	3
2.384				6	2.086	4					
2.682				10	0.417	1					
N		0.149	0.447	1.4	E	0.149		1.073	1.5		
			0.417	2				0.477	3		
			0.298	4				0.477	1		
E		0.149	0.536	2	E	0.149		0.536	1.5		
			0.596	3.5				0.715	2		
	0.775		4								



شکل ۲. نمودار فرکانس غالب و سرعت موج برشی مولفه قائم S2



شکل ۳. نمودار سرعت موج برشی و طیف فوریه مولفه قائم S2

طبق استاندارد FHWA در صورتی که اجرای عملیات ارتعاشات صنعتی در نزدیکی تأسیسات و سازه‌های موجود اجرا شود، احتمال این که سازه تغییرشکل دائمی پیدا کند بسیار زیاد می باشد. برای سازه های خاص مانند سایت های باستان شناسی این میزان باید پایین تر از  $0.2$  میلیمتر بر ثانیه باشد که آسیبی به تأسیسات وارد نشود در شکل (۱) محدوده مجاز ارتعاشات ارائه شده است.

### ۳ نتیجه گیری

در مجموع برداشت ها که در ۸ ایستگاه صورت گرفته است در ارتعاشات ثبت شده ، سرعت غالب در زمان های حداکثر تنش (پرترافیک) حدود  $3/576$  میلیمتر بر ثانیه و در حالت عادی کمتر از  $0.5$  میلیمتر بر ثانیه می باشد . با توجه به موقعیت نقاط برداشت، برای اینکه آسیبی به تأسیسات وارد نشود سرعت ارتعاشات باید پایین تر از  $0.5$  میلیمتر بر ثانیه باشد. (معمولا در سازه های قدیمی و باستانی برای اینکه آسیبی به سازه وارد نشود معیار  $0.2$  میلیمتر بر ثانیه است) و برای سایر سازه ها با توجه به نوع طراحی و کاربری آنها از طرف مهندسين مشاور عمرانی تعیین میگردد. بر این اساس در صورت نیاز، جهت بهینه سازی در جهت ترمیم و تقویت سازه ها تمهیدات لازم اندیشیده شود.

### منابع

- Omori, F. (1908), "On Microtremor", Bulletin of the Earth. Inv. Comm., 2, 1-6.  
 Lermo, J.F., Francisco, S., Chavez-Garsia, J., (1992), site effects evaluation using microtremor, A review Eos.  
 Kanai, K., 1983, Engineering Seismology, University of Tokyo Press.  
 Nakamura, y., 1989, a method for characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, QR of RTRI, vol.30, No.1.  
 Atakan, K., 1996, A review of the type of data and the techniques used in empirical estimation of local site response, In International conference on seismic zonation (pp. 1451-1460).