

## کنترل ارتعاشات محیطی القا شده به انسان با روش Trench Barrier

غلامعباس شیرالی<sup>۱</sup> (مسئول مکاتبات)  
مسعود رفیعی<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۸۶/۹/۲۸

تاریخ دریافت: ۸۶/۳/۲۷

هدف از این مطالعه کاهش ارتعاشات محیطی انتقال یافته از طریق زمین به ساختمان اداری ذوب شرکت فولاد خوزستان بود که باعث ناراحتی هایی برای کارکنان مشغول به کار در ساختمان مذکور می شد. برای این منظور در ساختمان مذکور که دارای سه طبقه است، ۱۴ نقطه تعیین و اندازه گیری ارتعاشات محیطی القا شده به کل بدن کارکنان در نقاط مذکور صورت گرفته و سپس با حد کاهش کارایی در اثر خستگی و حد مواجهه موجود در استاندارد ISO-2631 مقایسه شد. نتایج نشان داد که ارتعاشات در ساختمان اداری ذوب که در فاصله ۲۵ متری از واحد اکسیژن شرکت پگاه کوشان واقع شده، بالاتر از شاخص کاهش کارایی در اثر خستگی و در بعضی نقاط هم بالاتر از حد مواجهه است. لذا برای یکاهش ارتعاش پس از مطالعه گزینه های مختلف، روش کانالی انتخاب شد و پس از محاسبات، کانال به وسیله ماسه و دو لایه از یونولیت به ضخامت ۲۰ سانتی متر پر گردید. اندازه گیری های بعدی، کارایی خوب این روش را در کاهش امواج سطحی نشان داد (۵۰ تا ۷۰٪).

واژه های کلیدی: کانال، ارتعاشات زمینی، امواج ریلی، کاهش کارایی در اثر خستگی و حد مواجهه.

۱- عضو هیات علمی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز.

## مقدمه

وجود خاصیت میراکنندگی زمین و کاهندگی هندسی امواج به دلیل انرژی بالایی که دارد تا مسافت طولانی منتقل می شود (۲).

مطالعه حاضر به منظور تعیین منابع ارتعاش، بررسی وضعیت ارتعاش، بررسی کاهندگی هندسی امواج و میراکنندگی زمین در ساختمان سه طبقه ذوب شرکت فولاد خوزستان و اثرات (احساس ناراحتی و کاهش بهره وری) ناشی از آن بر روی کارکنان انجام شده است.

## ابزار و روش ها

به طور کلی هدف این تحقیق کنترل ارتعاش محیطی انتقالی از طریق زمین (امواج سطحی) به ساختمان اداری ذوب یک شرکت فولاد در خوزستان بود. روش کار نیز بدین صورت بود که ابتدا در ساختمان اداری ذوب که در فاصله ۲۵ متری از واحد اکسیژن واقع است، ۱۴ ایستگاه اندازه گیری مطابق استاندارد ISO مشخص و مقادیر ارتعاش محیطی القا شده به انسان در سه محور X, Y, Z با استفاده از دستگاه B & K اندازه گیری شد. سپس با توجه به نوع خاک، سرعت و فرکانس موج ریلی (سطحی) تعیین شد. در پایان نیز برای تعیین میزان خاصیت میراکنندگی زمین و کاهندگی هندسی امواج، ارتعاش محیطی با استفاده از دستگاه GA-۲۰۰۰ در فاصله ۱۰ متری از واحد اکسیژن و حد فاصل بین این واحد و ساختمان اداری ذوب اندازه گیری شد. روش اندازه گیری ارتعاش نیز بدین صورت بود که ۵ ایستگاه در فاصله ۲ متری از همدیگر روی یک خط طولی انتخاب و ارتعاشات سطحی در نقاط مذکور مورد اندازه گیری قرار گرفته و سپس با استفاده از جداول ۱ و ۲ مقدار عددی آن ها برآورد گردید.

بدون تردید صدا و ارتعاش از معضلات اساسی محیط زیست و دنیای صنعتی بوده و خیل عظیمی از افراد چه در محیط کار خود یا در محل زندگی از آثار ناشی از آن ها در معرض خطر هستند. زندگی ماشینی سبب شده است که انسان در محیطی پر استرس با منابع صدا و ارتعاش زندگی با ناراحتی تحمل نماید. از یک سو، تعداد کثیری از شاغلان به واسطه حرفه خود مجبور به مواجهه با این دو عامل فیزیکی هستند و از سوی دیگر از دید صنعتی وجود صدا و ارتعاش نشانگر عملکرد نامطلوب دستگاه ها و یا استهلاک آن ها می باشد. دستگاه های معیوب و قدیمی بخش مهمی از انرژی را از طریق صدا و ارتعاش به هدر می دهند، لذا چه از نظر اقتصادی و چه از نظر بهداشتی لازم است که این دو عامل مورد توجه و کنترل قرار گیرد، زیرا انتقال انرژی مکانیکی از یک منبع مرتعش به بدن افراد می تواند به ترتیب باعث اختلال در راحتی یا آسایش فرد، کاهش بازدهی در اثر خستگی ناشی از ارتعاش و نیز اختلال در اعمال فیزیولوژیک فرد گردد و در مواردی نیز می تواند باعث ضایعات اسکلتی و برخی بیماری ها شود. طبق ارقام اعلام شده فقط در آمریکا بیش از ۷ میلیون نفر کارگر در معرض ارتعاش تمام بدن و یک میلیون نفر در معرض ارتعاش دست- بازو قرار دارند. در کشور ما نیز تعداد بسیار زیادی از کارگران در معادن، صنایع و مشاغل مختلف با این معضل مواجه هستند.

ارتعاش همچنین در درازمدت قادر به صدمه به ساختمان ها و ابنیه می شود و باعث فرسودگی آن ها و کاهش عمر مفید بنا می گردد (۱).

بخشی از ارتعاش تولید شده توسط تجهیزات و دستگاه های صنعتی از طریق زمین به سه صورت امواج ریلی<sup>۱</sup> (سطحی)، برشی<sup>۲</sup> و فشاری<sup>۳</sup> به کارکنان و تجهیزات حساس به این عامل، منتقل می شود. امواج برشی و فشاری پس از طی مسافت اندکی میرا شده و از بین می رود، ولی امواج سطحی با

1-Rayleigh wave

2-Shear wave

3-Compression wave

## جدول ۱- ضریب کاهندگی هندسی (γ) امواج در خاک

یافته ها

های مختلف

با توجه به مقادیر اندازه گیری شده در سه محور مذکور، شتاب معادل انسانی ( $A_{(eq)}$ ) مطابق جدول ۳ تعیین و با حد کاهش کارایی در اثر خستگی و حد مواجهه در استاندارد ISO-۲۶۳۱ مقایسه گردید. همچنین ارتعاشات محیطی نیز اندازه گیری شد (جدول ۴). خاصیت میراکنندگی زمین و کاهندگی هندسی امواج مشخص شود. در نهایت نیز با توجه با نوع خاک منطقه سرعت و فرکانس امواج ریلی به ترتیب  $50$  و  $10$  m/s هرتر محاسبه شد. در پایان و پس از طراحی کانال نیز دوباره مبادرت به اندازه گیری ارتعاش در نقاطی که مطابق ۳ بالاتر از کاهش کارایی در اثر خستگی (FDPB)<sup>۱</sup> و حد مواجهه (EL)<sup>۲</sup> بود، به عمل آمد (نقاط مذکور ۸ مورد بوده، که نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است).

در نمودار ۱ تا ۳ نیز مقادیر اندازه گیری شده قبل و بعد از حفر کانال با همدیگر و همچنین با مقایر کاهش کارایی در اثر خستگی و مقدار مواجهه استاندارد مقایسه شدند.

کاهندگی هندسی (γ)	نوع خاک
۱	انواع ماسه (۳)
۱/۵	انواع خاک رس (۳)
۱/۵	ماسه های سطحی (۴)
۰/۸-۱	خاک رس نرم روی ماسه (۴)
۱	خاک های گوناگون و عموماً سخت (۵)
۱/۴-۱/۷	سنگ ها و خاک های سخت (۶)
۱/۴	رس (۶)
۰/۸	لجن و گل و لای (۷)
۱/۵	رس (۸)

## جدول ۲- ضریب کاهندگی مواد (α)

$m\alpha^1$	نوع خاک
۰/۱۲	ماسه ریز درون لجن (۹)
۰/۰۲	تختال ۶-۴ اینچی سیمان روی بسته های پر شده از گرانول (۱۰)
۰/۲۶	ماسه دانه ریز مرطوب (۱۱)
۰/۱۰	ماسه دانه ریز اشباع شده (۱۲)
۰/۰۶	ماسه دانه ریز اشباع شده در حالت یخ زده (منجمد) (۱۲)
۰/۰۴	ماسه اشباع شده با زغالسنگ آهک دار و لجن آلی (۱۲)
۰/۰۴	ماسه رسی، رس با مقداری ماسه و لجن روی سطح آب (۱۲)
۰/۱۰	آهک نرم رس دار (۱۲)
۰-۰/۱۲	خاک رس اشباع شده با ماسه و لجن (۱۲)
۰/۰۲۶-۰/۳۶	ماسه و لجن (۱۳)
۰/۰۵-۰/۲	ماسه روی لجن برکه (۱۴)
۰/۰۲۶-۰/۰۶۵	ماسه بادی (۱۴)
۰/۰۲۶-۰/۴۴	خاک رس بانکوکی نرم (۱۵)

1-Fatigue- Decreased Proficiency Boundary  
2-Exposure Limit

جدول ۳- اندازه گیری ارتعاشات محیطی القا شده به انسان در ساختمان ادالی ذوب

شرکت فولاد خوزستان قبل از طراحی کانال

مدت زمان اندازه گیری (دقیقه)	مدت زمان مواجهه با ارتعاش (دقیقه)	ارتعاشات کل بدن در محورهای مختلف $(\frac{m}{s^2})$				ارتعاشات کل بدن در محورهای مختلف، (dB)				شماره ایستگاه
		A <sub>eq</sub>	Z	Y	X	A <sub>eq</sub>	Z	Y	X	
۱	۴۸۰	۰/۰۰۶	-	۰/۰۰۴	$5 \times 10^{-4}$	۷۶	-	۷۱/۶	۵۴/۴	۱
۱	۴۸۰	۰/۱۳	۰/۰۴۵	۰/۰۲	۰/۰۸	۱۰۲/۳	۹۳	۸۴	۹۸/۳	۲
۱	۴۸۰	۰/۰۸	۰/۰۱۳	۰/۰۵	۰/۰۲	۹۸/۱	۸۲	۹۴	۸۵	۳
۱	۴۸۰	۰/۳۲	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۲۰	۱۱۰	۱۰۲	۱۰۱	۱۰۵	۴
۱	۴۸۰	۰/۲۹	۰/۰۱۸	۰/۲	۰/۰۳	۱۰۹/۲۵	۸۵	۱۰۵	۸۸	۵
۱	۴۸۰	۰/۳۳	۰/۰۱۴	۰/۲۰	۰/۱۳	۱۱۰/۴	۸۳	۱۰۶	۱۰۲	۶
۱	۴۸۰	۰/۳۵	۰/۰۲	۰/۲۵	۰/۰۲	۱۱۰/۹	۸۷	۱۰۸	۸۶	۷
۱	۴۸۰	۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۰۳۲	۰/۱۶	۱۰۷	۸۱/۲	۹۰	۱۰۴	۸
۱	۴۸۰	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۱۰۰/۸	۹۵	۹۵/۵	۸۶	۹
۱	۴۸۰	۰/۶۰	-	۰/۳۵	۰/۲۵	۱۱۵/۶	-	۱۱۱	۱۰۸	۱۰
۱	۴۸۰	۰/۳۳	-	۰/۱۳	۰/۲	۱۱۰/۴	-	۱۰۲	۱۰۵	۱۱
۱	۴۸۰	۰/۳۴	-	۰/۱۰	۰/۲	۱۱۰/۶	-	۱۰۰	۱۰۶	۱۲
۱	۴۸۰	۰/۰۳	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۱۳	۸۹/۵	۹۳	۹۳	۱۰۳	۱۳
۱	۴۸۰	۰/۲۳	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۱۰	۱۰۷/۲	۱۰۱	۱۰۲	۱۰۰	۱۴

جدول ۴- ارتعاشات محیطی در فاصله ۱۰ متری از کمپرسور

ارتعاشات کل بدن در محورهای مختلف $\left(\frac{m}{s^2}\right)$				ارتعاشات کل بدن در محورهای مختلف، (dB)				ایستگاه*	ردیف
A <sub>eq</sub>	Z	Y	X	A <sub>eq</sub>	Z	Y	X		
۲/۸۱	۲	۱	۱	۱۲۸	۱۲۶	۱۲۰	۱۲۰	ایستگاه ۱	۱
۲/۲۲	۱	۱	۱	۱۲۷	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	ایستگاه ۲	۲
۴/۴۴	۲	۲	۲	۱۳۲	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	ایستگاه ۳	۳
۴/۳۴	۳	۲	۱	۱۳۲/۸	۱۲۹/۵	۱۲۶	۱۲۰	ایستگاه ۴	۴
۴/۴۴	۲	۲	۲	۱۳۲	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	ایستگاه ۵	۵

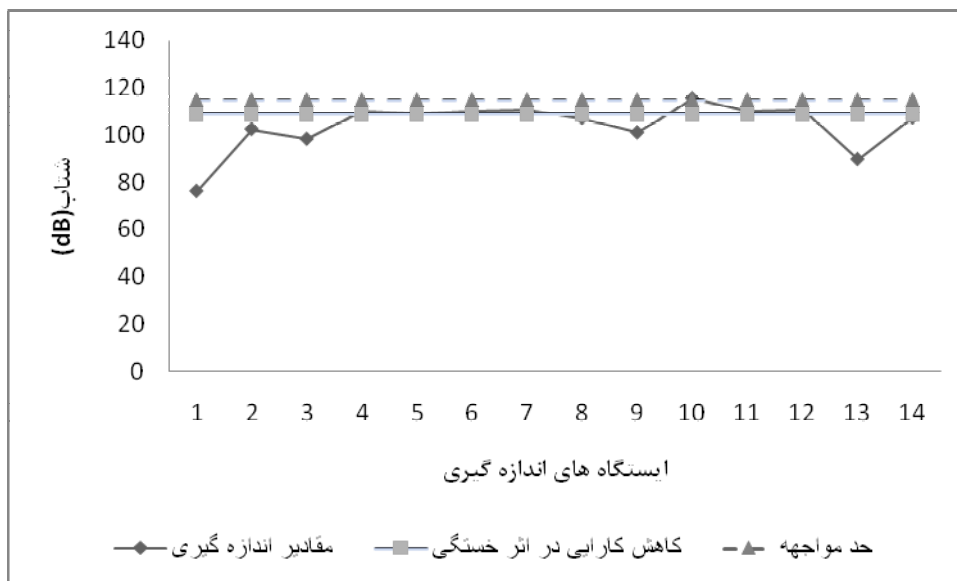
\* ایستگاه ها به فاصله دو متر از یکدیگر در حد فاصل بین واحد اکسیژن و ساختمان اداری ذوب انتخاب شدند.

جدول ۵- اندازه گیری ارتعاشات محیطی القا شده به انسان در ساختمان اداری ذوب شرکت فولاد خوزستان

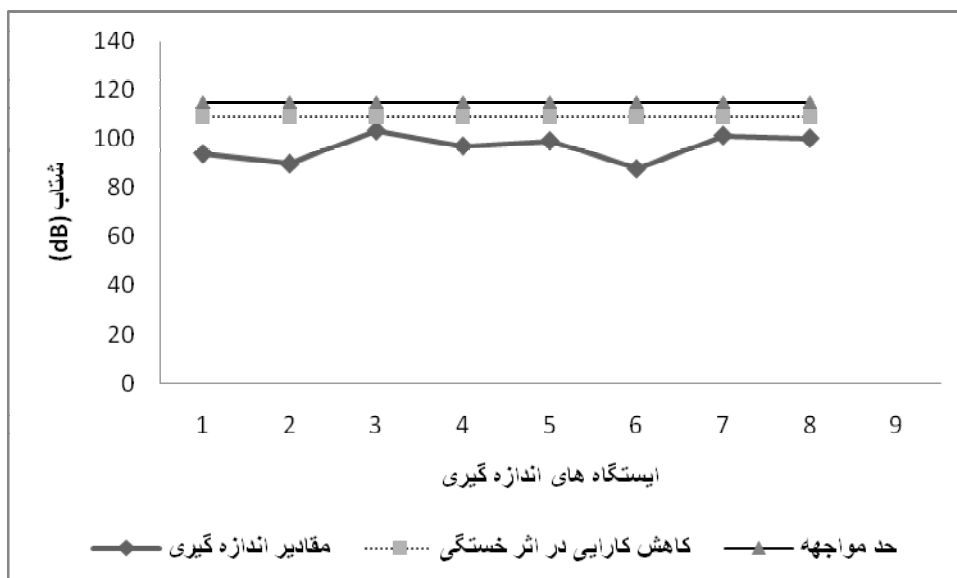
## پس از طراحی کانال

مقدار کاهش (dB)	مدت زمان اندازه گیری (دقیقه)	مدت زمان مواجهه ارتعاش (دقیقه)	ارتعاشات کل بدن در محورهای مختلف $\left(\frac{m}{s^2}\right)$				ارتعاشات کل بدن در محورهای مختلف، (dB)				شماره ایستگاه
			A <sub>eq</sub>	Z	Y	X	A <sub>eq</sub>	Z	Y	X	
۱۶/۴	۱	۴۸۰	۰/۰۵	-	۰/۰۳	۰/۰۲	۹۴	-	۹۰	۸۶	۱
۲۱/۱	۱	۴۸۰	۰/۰۳	-	۰/۰۱۴	۰/۰۱۷	۸۹/۸	-	۸۳	۸۵	۲
۲۳	۱	۴۸۰	۰/۱۵	۰/۰۲۰	۰/۰۳۵	۰/۱۰	۱۰۳/۵	۸۷	۹۱	۱۰۰	۳
۱۴/۶	۱	۴۸۰	۰/۰۷	۰/۰۱۵	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۹۷/۱	۸۳/۵	۸۹	۱۰۱	۴
۲۸	۱	۴۸۰	۰/۰۹۰	۰/۰۲۰	۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	۹۹/۳	۸۷	۹۴	۹۲	۵
۲۱/۴۵	۱	۴۸۰	۰/۰۲۴	۰/۰۲۰	-	۰/۰۱	۸۷/۸	۸۴	-	۸۰	۶
۱۴/۶	۱	۴۸۰	۰/۱۲	۰/۰۴۰	۰/۰۸۰	۰/۰۱۰	۱۰۱/۵	۱۰۱	۹۸	۸۰	۷
۵/۶	۱	۴۸۰	۰/۱۰	۰/۰۲۸	۰/۰۶۰	۰/۰۴۰	۱۰۰/۴	۸۹	۹۵	۹۲	۸

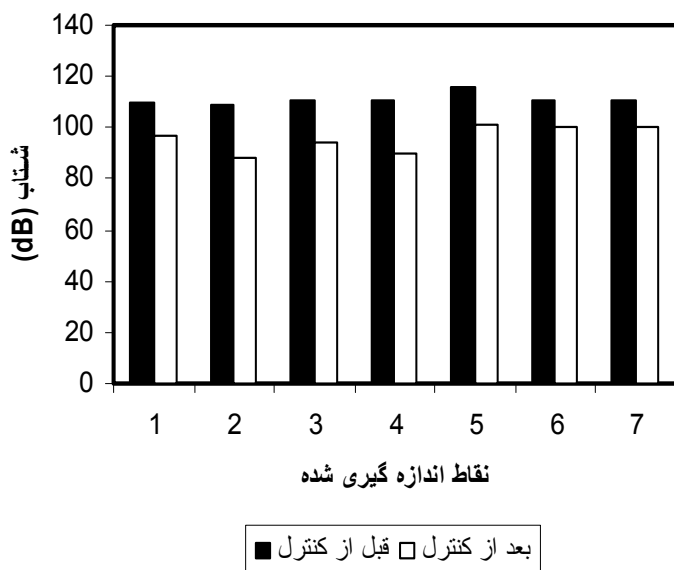
توجه: مقادیری که از حد استاندارد خیلی پایین بودند در این جدول منظور نشدند و بعد از حفر کانال از ۱۴ نقطه فقط در ۸ نقطه اندازه گیری به عمل آمد.



نمودار ۱- مقایسه مقادیر اندازه گیری شده با استاندارد کاهش کارایی در اثر خستگی و حد مواجهه قبل از حفر کانال



نمودار ۲- مقایسه مقادیر اندازه گیری شده با استاندارد کاهش کارایی در اثر خستگی و حد مواجهه بعد از حفر کانال



نمودار ۳- مقایسه نتایج قبل و بعد از کنترل (حفر کانال)

#### بحث و نتیجه گیری

نمود (۱۶) و در آن روش از یک تشک پر از هوا برای پر کردن کانال استفاده شد، یکسان است. اما در مقایسه با روشی که Sanaee با استفاده از حفر کانال و پر کردن آن با سیمان و آهک ارایه (۱۷) و کارایی آن را ۴۵٪ برآورد نمود، دارای کارایی بالاتری است. از مقایسه مطالب فوق می توان این نکته را استنباط نمود که روش پیشنهادی به وسیله نویسندگان مقاله حاضر در کاهش ارتعاشات محیطی، یک روش جدید و ارزان بوده که در کاهش امواج سطحی ناشی از ارتعاش دارای کارایی مطلوبی می باشد.

#### تقدیر و تشکر

این تحقیق با حمایت مالی شرکت پگاه کوشان سپاهان به مرحله اجرا در آمد، که نویسندگان بدینوسیله از هیئت مدیره و مدیرعامل شرکت مذکور تقدیر و تشکر می نمایند.

اطلاعات به دست آمده حاکی از آن بود که ارتعاش موجود نیاز به کاهش دارد. با در نظر گرفتن محدودیت ها و موانع، روش کانالی برای این منظور انتخاب گردید. به دلیل این که یکی از پارامترهای مهم در طراحی کانال مذکور عمق آن می باشد که باید در حدود ۰/۶ طول موج امواج ریلی باشد، لذا با توجه به سرعت و فرکانس موج مذکور، عمق کانال ۳ متر محاسبه گردید. پس از حفر کانال نیاز به ماده ای مناسب برای پر کردن آن بود (برای جلوگیری از ریزش دیواره کانال) که با مطالعه بر روی انواع خاک ها، ماسه دانه ریز با ضریب میراکنندگی  $0.26 \text{ m}^{-1}$  (جدول ۳) و کاهندگی هندسی ۱/۵ (جدول ۴) و دو لایه یونولیت با ضخامت ۲۰ سانتی متر گزینه مناسبی ارزیابی شد که با نگاهی به ستون آخر جدول ۵ و مقایسه با جدول ۱ و ۲ مشاهده می شود که مقادیر اندازه گیری شده پس از تکمیل کانال کاهش معنی داری در مقادیر قبل و بعد از طراحی کانال نشان می دهد (نمودارهای ۱، ۲ و ۳).

مقادیر اندازه گیری پس از حفر و تکمیل کانال حاکی از کاهش ۵۰ تا ۷۰٪ ارتعاش سطحی در ایستگاه های اندازه گیری بود. کاهندگی این روش با روشی که Ersson ارایه

## منابع

- surface waves in soils, J. soil Mech, and found. Div, proc.ASCE, Vol.94, July, pp. 951 – 979
12. Barkan D.D. 1962, Dynamics of Bases and Foundations, translated from the Russian by L.Drashevska, Ed.By G.P.Tschebotarioff, McGraw – Hill
  13. Dalmatov B.I., Ershov V.A .and kovalsky, E.D. 1968, Some cases of foundation Settlement in Driving Sheeting and piles, proceedings International symposium on wave properties of Earth Materials, pp.607-613
  14. Clough G.W. and chameau J.L. 1980, Measured Effects of vibratory Sheet pile Driving, Journal of Geotechnical Eng. Division, ASCE, v. 106, no10, pp. 1081-1099
  15. Peng S.M. 1972, Propagation and screening of Rayleigh wave in clay, Master's Eng. Thesis no. 386, Asian Institute of Technology, Bangkok.
  16. Massarsch, R. and Ersson, L. O. 1985, Vibrations isolating i jord, Internal Report, Div. of Soil and Rock Mechanics, KTH, Stockholm, Sweden.
  17. Massarsch, R. and Sanaee, F. 1993, Vibration Isolation with Lime-Cement Columns, Internal Report, Div. of Soil and Rock Mechanics, KTH, Stockholm, Sweden.
  1. گلمحمدی، رستم. ۱۳۸۲، مهندسی کنترل صدا و ارتعاش، انتشارات دانشجو، همدان.
  2. H.Amick.A, 1999, Frequency Dependente Soil Propagation Model, Denver, Colorado.
  3. Wiss J.F, 1967, Damage effects of pile Driving vibration, Highways effects of pile Driving vibration, Highway Research Board Record 155, PP.14-2
  4. Brenner R.P and chittikuladilok B, 1975, vibrations form pile Driving in the Bangkok Area, Geotechnical Engineering, vs., pp.167-197.
  5. Attewell P.B., and Farmer I.W, 1973, Attenuation of Ground vibration foam pile Driving, Ground Eng., V.3, pp. 26 – 29
  6. Nichols, H.R., Johnson, C.F., and Duvall W.I., Blasting, 1971, Effects and their Effects on structures, Bureau of Mines Bulletins 656
  7. Martin D.J, 1980, Ground vibration from Impact pile driving during Road Construction, TRRL supplementary Report 554, Transport and Road Research Lab.
  8. Amik H. and Ungar E.E. 1987, Evolution of Ground and structural vibrations pile Driving, BBN Report, and no. 6427
  9. Forssblad L. 1965, Investigation of soil compaction by vibration, Royal Swedish Academe of Eng. Sciences , Civil Eng .Sciences, Civil Eng. and Building Construction series, no. 34
  10. Richart F.E.1969, Foundation vibrations, ASCE Transactions, v. 127, PartI, pp. 368 – 898
  11. Woods, R.D. 1968, Screening of