شناسایی شرایط زیر سطحی شهر زابل براساس مطالعات میکروترمور

ناصر حافظی مقدس، دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد
H_moghads@yahoo.com
حمیدرضا سلوکی، استادیار دانشگاه زاهدان
روزبه یزدانفر ، دانشجوی دکتری زمین شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد
فاطمه اخلاقی، کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی، شرکت زمین فیزیک پویا
faakhlaqi@gmail.com

چکیده:
در این مطالعه براساس نتایج برداشت و تحلیل داده های میکروترمور تک ایستگاهی در ۹۰ نقطه در شهر زابل و نیز داده های پروفیل سرعت موج برشی در ۵ گمانه ۴۰ متری ضخامت آبرفت و عمق سنگ کف لرزه ای در شهر زابل تعیین شده است. نتایج مطالعات ژئوتکنیک نشان می دهد که نهشته های سطحی در شهر زابل تا عمق ۴۰ متر غالباً سیلت و سیلت رسی همراه با میان لایه های ماسه ای می باشد و تغییرات بافت خاک در محدوده شهر و اطراف آن کم و ناچیز است. ضخامت خاک نرم فوقانی یا عمق سنگ کف لرزه ای در شهر زابل از حداقل ۲۰ متر در شرق شهر تا بیش از ۲۰۰ متر در جنوب تغییر می کند. تغییرات ضخامت آبرفت نظم خاصی ندارد و حاکی از وجود چاله های عمیق مشابه چاه نیمه های کنونی می باشد که در گذشته نه چندان دور با آبرفت جدید پر شده است.

Abstract:
In this study, the thickness of soft soil in Zabol city are estimated using the measurement and analysis of microtremores data in 90 points and the downhole seismic results in 5 boreholes. The results of geotechnical study shows that the predominant soil texture in Zabol city are silt and clay with alternation of sand and the variety of soil texture in city area and its around is very low. The soil thickness or depth of seismic bedrock in Zabol city change form 20 m. in East up to more than 200 m. in south of city. There are no systematic changes in soft soil thickness. Its may be evidence of the deep local basins such as existing deep holes (Chah Nimeh) in the not very far past which full with the recent sediments.

مقدمه:
خاک های نرم و سست علاوه بر مشکلاتی که بواسطه مقاومت کم و تراکم پذیری بالا دارند بدلیل تشدید امواج لرزه‌ای نیز اهمیت زیادی دارند. لذا ارزیابی ضخامت آبرفت نرم و توزیع آن در سطح شهر برای برنامه ریزی شهری از اهمیت زیادی برخوردار است. شناسایی نهشته های سخت نشده با مطالعات معمول ژئوتکنیکی و ژئوفیزیکی نیازمند صرف زمان و هزینه زیادی می باشد و انجام آن معمولاً برای کل گستره یک شهر امکان پذیر نیست. در سالهای اخیر تلاشهای زیادی صورت گفته است تا با استفاده از مطالعات میکروترمور ساختارهای زیر سطحی و ضخامت آبرفت شناسایی گردد. (Arai & Yamazki,2002، Asten 2004.، Seht & Wohlenberg,1999، Marayama et al, 2000)، Delgado et al, 2000 ، Toshinawa et al, 2003). در حالتی که اختلاف سرعت بین خاک سطحی و سنگ کف زیرین زیاد باشد، با فرض یک مدل دو لایه ساده ضخامت آبرفت فوقانی را با تقریب مناسب از رابطه زیر می توان تعیین نمود:

رابطه ۱ $F_0= V_s /4H$

در این رابطه Fs فرکانس تشدید، Vs میانگین سرعت موج برشی در لایه خاک نرم و H ضخامت آبرفت می باشد. سایر فرکانس های تشدید در تابع تبدیل این مدل نیز بصورت زیر خواهد بود:

رابطه ۲ $F_r=n.V_s/4m$

معمولاً رابطه بین سرعت موج برشی با عمق بفرم زیر می باشد:

رابطه ۳ $V_s(z)=v_0(1+z)^x$

همچنین فرکانس تشدید پایه F_0 براساس زمان سیر موج برشی (T_0) بین لایه فوقانی و پایینی برابر است با:

رابطه ۴ $F_r=1/4T_0$

رابطه ۵
$$T_0 = \int_0^m \frac{d_Z}{V_S(Z)} = \frac{1}{V_0}\int_0^m (1+Z)^{-X} d_Z = \frac{1}{V_0}\frac{(1+m)^{1-x}-1}{(1-x)}$$

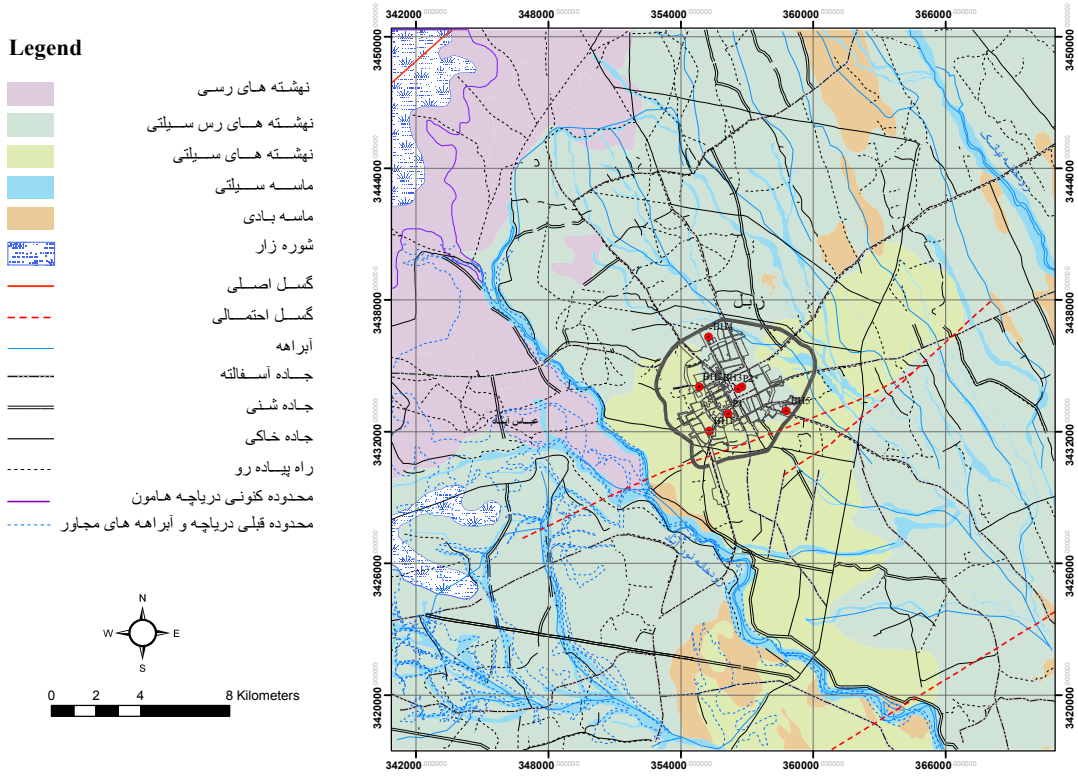
$$f_r = \frac{1}{4T_0} = \frac{v_0(1-x)}{4[(1+m)^{1-x}-1]}$$ رابطه ۶

$$m = \left[\frac{v_0(1-x)}{4f_r}+1\right]^{1/(1-x)} - 1$$ رابطه ۷

در مطالعه حاضر با استفاده از رابطه فوق ضخامت آبرفت در شهر زابل تخمین زده شده است.

زمين شناسي مهندسي محدوده شهر زابل

برررسيهاي صحرايي از سطح شهر نشان داد که بافت خاک در شهر زابل تا عمق ۴۰ متر تناوب رس سيلتي و سيلت مي‌باشد و در برخی گمانه‌ها لايه‌هاي نازک لايه ماسه‌اي نيز مشاهده مي‌گردند. میان لایه های ماسه‌ای نهشته‌های کف کانال آبراهه ها می باشند. در شکل ۱ نقشه بافت خاک شهر و محدوده اطراف آن نشان داده شده است. ملاحظه می گردد که شرایط بافت خاک تا فاصله زیادی از اطراف شهر زابل یکسان است(حافظی مقدس و همکاران ۱۳۸۸). در راستای طرح ریز پهنه بندی لرزه ای شهر زابل و جهت ارزیابی سرعت موج برشی در نهشته های سطحی آزمايش لرزه‌نگاري درون گمانه‌اي با استفاده از امواج تراکمي و برشي در ۵ گمانه تا عمق ٤٠ متر انجام گرفته است. در جدول ۱ مقادیر سرعت موج برشي و تراکمي در اعماق مختلف در گمانه‌هاي اکتشافي ارائه شده است. نتايج نسبتاً مشابه و تغييرات ناچيز امواج برشی و طولی نیز حاکی از شرایط یکنواخت رسوبگذاری در شهر زابل می باشد.



شکل ۱: نقشه بافت خاک محدوده مطالعاتي(حافظی مقدس و همکاران ۱۳۸۸)

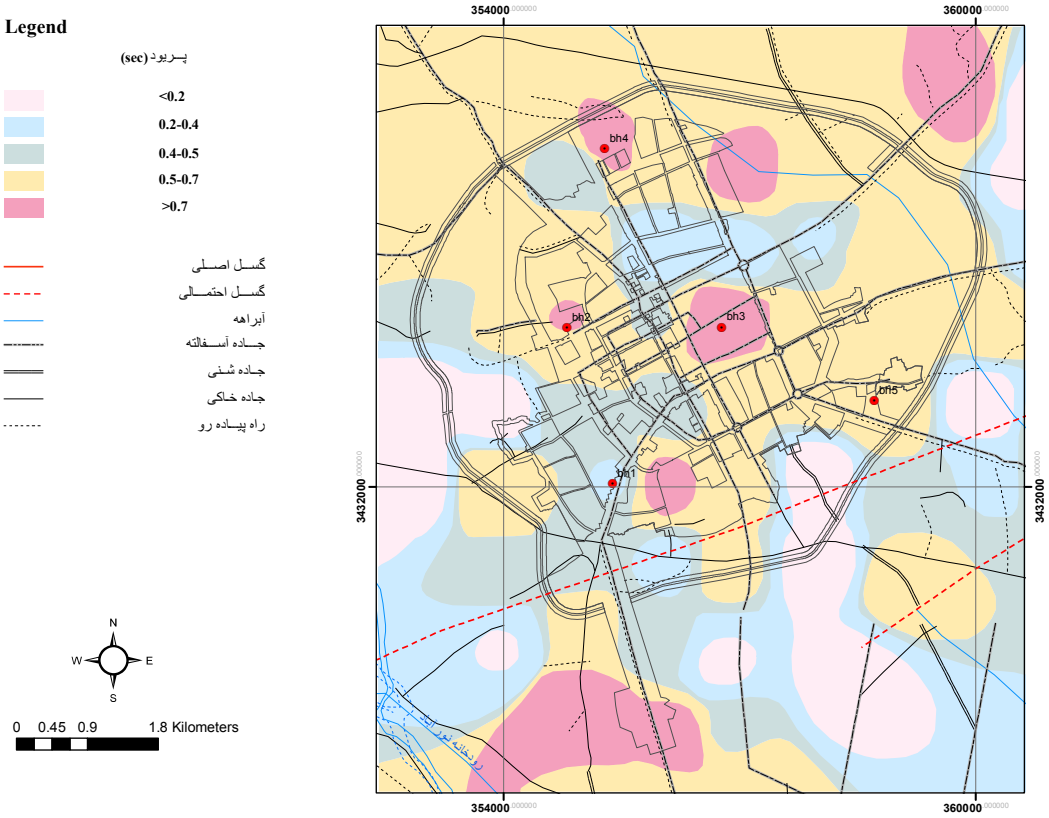
جدول ۱: مقادير سرعت موج برشي و تراكمي در اعماق مختلف گمانه هاي اكتشافي

گمانه	عمق (m)	سرعت موج برشي (m/s)	سرعت موج تراكمي (m/s)	گمانه	عمق (m)	سرعت موج برشي (m/s)	سرعت موج تراكمي (m/s)
BH1	0-1.5	110	390	BH4	0-2	110	200
	1.5-4	139	1500		2-4	160	1500
	4-6	150	1520		4-6	230	1520
	6-8	160	1550		6-8	190	1550
	8-10	200	1570		8-10	240	1600
	10-12	255	1600		10-12	285	1620
	12-14	350	1620		12-16	350	1650
	14-18	400	1700		16-20	360	1678
	18-22	440	1750		20-24	390	1700
	22-30	500	1770		24-28	450	1750
	30-34	620	1885		28-32	510	1800
	34-38	690	1940		32-38	570	1850
	38-40	760	2000		38-42	630	1900
BH2	0-1.8	200	400	BH5	0-2	120	255
	1.8-4	212	1500		2-4	215	415
	4-6	180	1520		4-6	412	1500
	6-10	170	1550		6-8	400	1520
	10-14	280	1600		8-10	380	1570
	14-18	350	1650		10-14	325	1580
	18-22	400	1680		14-18	380	1600
	22-28	450	1700		18-22	410	1620
	28-32	500	1760		22-24	450	1630
	32-38	550	1800		24-28	510	1680
	38-40	600	1840		28-32	550	1700
BH3	0-1.5	110	200		32-36	610	1745
	1.5-4	160	1500		36-40	630	1760
	4-6	230	1520				
	6-8	190	1550				
	8-12	240	1600				
	12-18	285	1620				
	18-20	350	1650				
	20-24	450	1670				
	24-28	500	1700				
	28-32	554	1750				
	32-38	620	1785				
	38-42	678	1820				

ارزيابی پريود تقويت آبرفت

مطالعات ميكروترمور در شهر زابل جهت برآورد مقدار دقيق پريود تشديد آبرفت و تابع تقويت نسبي انجام شده است بدين منظور ۹۰ برداشت تک ايستگاهی در نقاط مختلف شهر انجام گرفت. آرايش نقاط اندازه-

گيري ريز ارتعاشات با روش تک ايستگاهي در فواصل حدود ۷۰۰ متري انتخاب گرديد. مدت زمان اندازه‌گيري براي هر برداشت ۱۵ دقيقه با فرکانس نمونه برداري ۱۰۰ دور بر ثانيه بود. پريود تشديد و تابع تقويت نسبي آبرفت توسط روش نسبت طيفي افقي به عمودي ريزارتعاشات تعيين گرديد. کوچکترين و بزرگترين مقادير پريود غالب بدست آمده در گستره مطالعاتي به ترتيب برابر ۰/۱۱ ثانيه و ۱/۲۸ ثانيه برآورد شده است(حافظی مقدس و همکاران ۱۳۸۹).

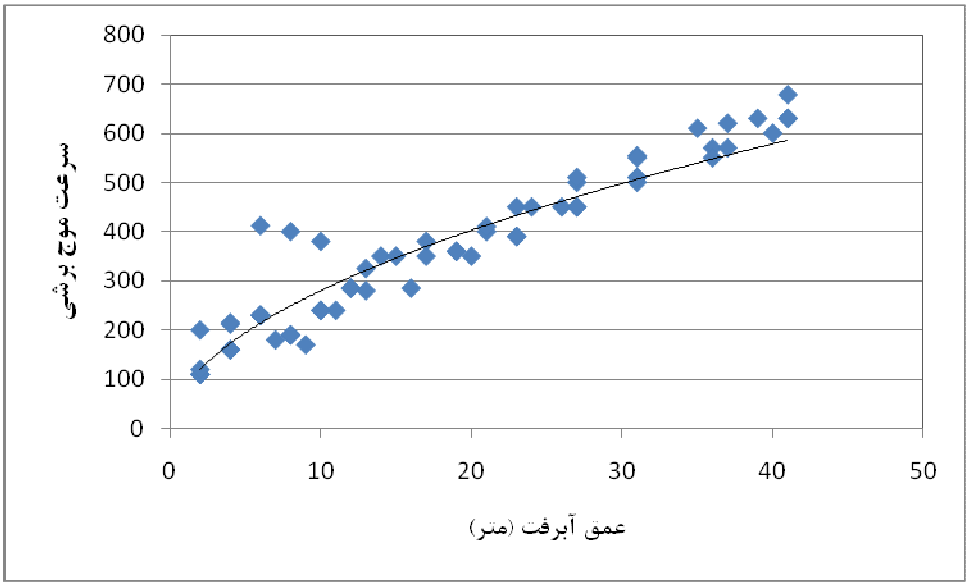


شكل ۳: نقشه هم پريود تقويت خاك در سطح شهر

ارزیابی ضخامت آبرفت:

جهت استفاده از رابطه ۸ ابتدا لازمست رابطه بین سرعت امواج برشی با عمق تعیین گردد. در شکل٤ رابطه این دو پارامتر برای شهر زابل براساس اطلاعات ٥ گمانه اکتشافی که مطالعات درون گمانه ای برای آن صورت گرفته نشان داده شده است. رابطه مزبور به فرم زیر است:

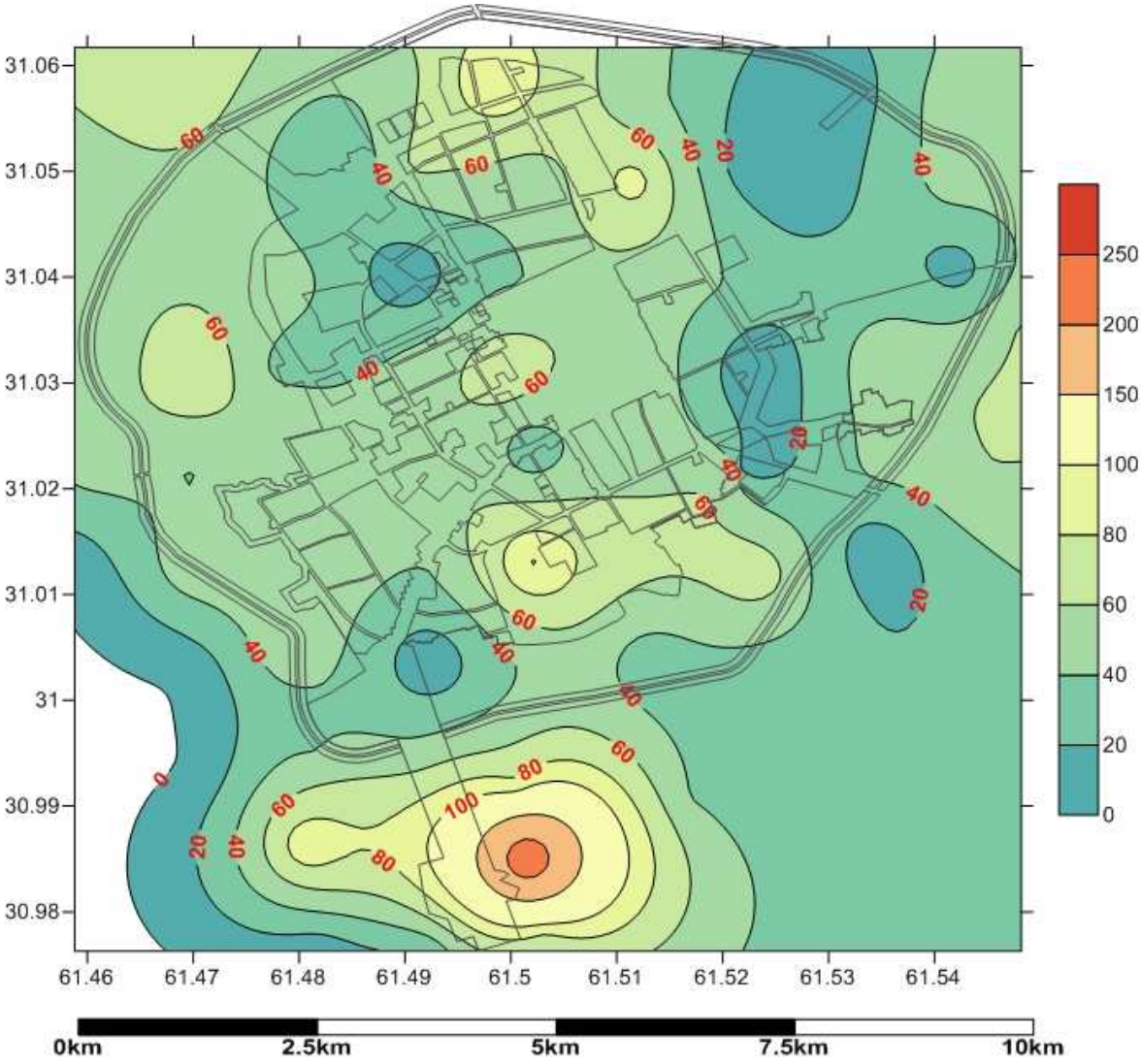
رابطه ۸ $V_S(Z)=84.21\ (1+Z)^{0.521}$



شکل ٤: رابطه بین سرعت موج برشی و عمق آبرفت

با استفاده از ضرایب X و V0 در رابطه ۸ و مقادیر پریود تشدید بدست آمده در مطالعات میکروترمور ضخامت آبرفت برای نقاط مختلف تعیین شده و نفشه هم ضخامت خاک نرم در شکل ۴ ترسیم شده است. با توجه به رابطه فوق و با استفاده از پریود تقویت بدست آمده در روش میکروترمور ضخامت آبرفت در سطح شهر زابل تعیین شده است. در شکل ٤ نتایج حاصله نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه میگردد بیشترین ضخامت آبرفت نرم در جنوب شهر مي‌باشد که به بیش از ۲۰۰ متر مي‌رسد. در سمت شرق شهر کمتر از ٤۰ متر و در بخش مرکزی و شمالی ضخامت لایه نرم فوقانی بیش از ٦۰ متر است. شرایط فوق نشان دهنده یک حوزه عمیق رسوبی به صورت شمالی-جنوبی می باشد که در داخل آن محدوده های عمیق تر مشابه چاه نیمه های کنونی وجود داشته است. این نهشته ها بعدها با نهشته های سیلابی و یا نهشته های بادی پر شده است.

محدوده های با ضخامت زیاد خاک نرم که در نقشه مشخص شده است علاوه بر تشدید امواج زلزله از نظر نشست پذیری نیز اهمیت دارند و انتظار می رود نشست طبیعی زمین و نشست در اثر بارگذاری سازه های سنگین در محدوده های با عمق زیاد آبرفت بیشتر باشد. همچنین محدوده جنوبی با ضخامت بیش از ۲۰۰ متر ممکن است از نظر اکتشاف آب نیز مناسب باشد.



شکل ۵: نقشه هم ضخامت آبرفت در شهر زابل

نتیجه گیری:

نتایج مطالعه حاضر نشان می دهد که شهر زابل بر روی یک حوزه رسوبی کم عمق و جوان با روند شمالی-جنوبی قرار گرفته است. ضخامت رسوبات نرم در شرق شهر حداقل ۲۰ متر است در حالی که بطرف مرکز به بیش از ٦٠ متر می رسد و در بخش های مختلف شهر حوزه های بسته با عمق زیاد دیده می شود که عمیق ترین آنها درجنوب شهر با عمق بیش از ۲۰ متر قرار گرفته است. نقشه هم ضخامت آبرفت نرم جهت ارزیابی پتانسیل فرونشست زمین و نیز پیش بینی پدیده تشدید زلزله قابل استفاده می‌باشد.

مراجع

۱- حافظی مقدس، ن.، ۱۳۸۹، گزارش ارزیابی اثرات ساختگاهی شهر زابل پروژه، ریز پهنه بندي لرزه-اي شهر زابل، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲- حافظی مقدس، ن.، ۱۳۸۹، گزارش مطالعات زمین شناسي مهندسي شهر زابل، پروژه ریز پهنه بندي لرزه‌اي شهر زابل، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳- حافظی مقدس، ن.، ۱۳۸۹، گزارش مطالعات ژئوتکنیک و ژئوفیزیک شهر زابل، پروژه ریز پهنه بندي لرزه‌اي شهر زابل، دانشگاه سیستان و بلوچستان

4-Ibs-von Seht, M., Wohlenberg, J., 1999. Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments. Bull. Seismol. Soc. Am. 89, 250–259.

5-Nakamura, Y. (1989), "A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface", Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No.1.

6-Nakamura Y. (2000), Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications, Proc. of the 12th World Congress on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand.
7- Scherbaum, F., Hinzen, K-G., and Ohrnberger, M. (2003), Determination of shallow shear wave velocity profiles in the Cologne, Germany area using ambient vibrations. Geophysical Journal International, 152 (3), pp. 597-612.
8- Schnabel, P.B., Lysmer, J., Seed, H.B., 1972. SHAKE: a computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites. Report EERC 72-12, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
9- Tobita, J., Fukuwa N., and Nakano M., Estimation of Deep and Shallow Soil Structures using H/V Spectrum of Densely Measured Microtremor Records.
10- oshinawa, T., Nishida, H., Midorikawa, S., and Abe, S. (1998), Comparison of spectral characteristics of strong motions and microtremors at the dense strong-motion network sites in Yokohama. Proc. of the 2nd Int'l Symp. on the Effects of Surface Geology on Seismic Motion, pp. 399-406.
11-Toshinawa, T., Inoue M., Yoneyama N., Hoshino Y., Mimura K., and Yokoi Y. (2003), Geologic-profile estimates of Kofu Basin, Japan, by making use of microtremor observations, Geophysical Research Abstracts, Vol. 5, 02079.
12- Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on ground surface. QR Railw. Tech. Res. Inst. 30, 25–33.