تقسیم بندی نوع زمین با استفاده از لرزه نگاری درون‌چاهی در تهران

شیما سلیمانی [۱]، مهشید ابطحی نجف آبادی [۲]،پرشین موسوی[۳]،عباس صمدیان[۴]

[۱]کارشناس ارشد ژئوفیزیک، مهندسین مشاور صحرا کاو، sh_soleimani@sahrakav.ir
[۲]کارشناس ارشد ژئوفیزیک، مهندسین مشاور صحرا کاو، m_abtahi@sahrakav.ir
[۳]کارشناس ارشد ژئوفیزیک، مهندسین مشاور صحرا کاو، p_moosavi@sahrakav.ir
[۴]کارشناس ارشد ژئوفیزیک، مهندسین مشاور صحرا کاو، a_samadian@sahrakav.ir

چکیده

لرزه نگاری درون چاهی روشی مناسب جهت محاسبهٔ مقادیر سرعت امواج تراکمی و برشی برای بررسی اطلاعات زیرسطحی می باشد. این پارامترها می توانند در جهت سنگ شناسی، تعیین ویژگی خاک و آنالیزهای مرتبط برای عمق‌های مختلف در محل سازه استفاده شوند. همچنین پروفیل‌های لرزه‌نگاری انکساری نیز برای تعیین این پارامترها در طول یک پروفیل مناسب می‌باشند. در این مقاله از نتایج حاصل از برداشت ۱۴ گمانه درون چاهی و ۴ پروفیل لرزه انکساری برای تشخیص روند کلی تغییرات سرعت متوسط موج برشی در شهر تهران به منظور تعیین جنس خاک استفاده شده است. در نهایت، نقشه سرعت متوسط موج برشی تا عمق ۳۰ متر براساس آیین نامه ۲۸۰۰ ساختمانی تهیه گردید. این نقشه بیانگر افزایش سرعت متوسط موج برشی از جنوب به طرف شمال شرقی و شمال غربی می باشد.

واژه‌های کلیدی: ژئوفیزیک، لرزه نگاری درون چاهی، لرزه نگاری انکساری، امواج برشی، امواج تراکمی

Land type classification by using downhole seismic in Tehran

Shima Soleimani [1], Mahshid Abtahi Najaf Abadi [2], Parshin Moosavi[3], Abbas Samadian[4]

[1] *M.Sc of Geophysics, Sahra Kav Consulting Engineers, Sh_soleimani@sahrakav.ir*
[2] *M.Sc of Geophysics, Sahra Kav Consulting Engineers, m_abtahi@sahrakav.ir*
[3] *M.Sc of Geophysics, Sahra Kav Consulting Engineers,P_moosavi@sahrakav.ir*
[4] *M.Sc of Geophysics, Sahra Kav Consulting Engineers, a_samadian@sahrakav.ir*

Abstract

Downhole seismic is a suitable field method for calculating shear and compression-waves velocities for earthquake engineering, soil and rock properties and other geotechnical site investigations. These parameters provide detailed information on stratigraphy and the engineering properties of different depths in the site investigations. In addition, seismic refraction survey is another useful method for determining these parameters along a profile. In the study, we have used the results of 14 downhole logging and 4 seismic refraction profiles in order to determine the general variations trend of the average velocity of shear wave to realize the type of soil in Tehran. Finally, an average velocity map of shear waves was prepared based on building regulation 2800, up to a depth of 30 meters. The map indicates an increase in the average shear wave from south to northeast and northwest of Tehran.

Keywords: Geophysics, Downhole seismic, Refraction seismic, Compression-waves

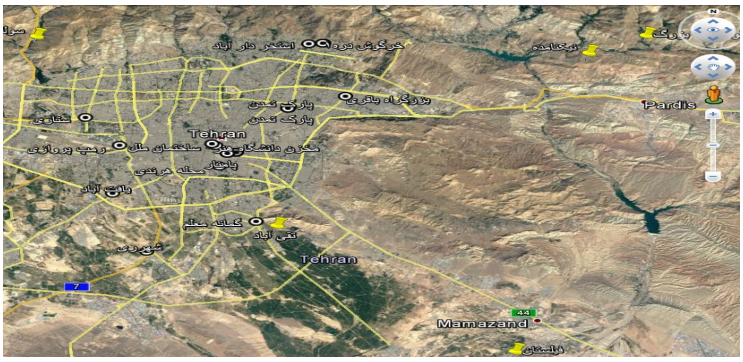
۱ مقدمه

در تمام پروژه‌ها و طرح‌های عمرانی، ویژگی و خصوصیتی که به مهندسین در جهت طراحی سازه کمک می‌کند، مدول‌های الاستیک دینامیکی مواد در محدوده‌ای است که سازه بر روی آن اجرا خواهد شد. این کمیت‌ها را علاوه بر انجام آزمایش های ژئوتکنیکی، می‌توان با داشتن اطلاعاتی از دانسیته، سرعت موج طولی و سرعت موج عرضی (برشی) در مواد مورد نظر محاسبه نمود. بنابراین برای به دست آوردن کمیت‌های یاد شده در یک منطقه، لازم است علاوه بر اندازه‌گیری سرعت امواج طولی (V_p)، سرعت موج برشی (V_s) نیز برداشت شود (بیستون و مزولی، ۱۹۷۷). تست دانهول یا روش لرزه‌نگاری درون چاهی یکی از روش های لرزه نگاری است که برای اندازه گیری مستقیم سرعت امواج کشسان مورد استفاده قرار می‌گیرد (برون و همکاران، ۲۰۰۰). این روش در مقایسه با سایر روش های دانهول یا درون چاهی به دلیل سهولت و سرعت اجرا و هزینه پائین،

در مطالعات مهندسی و شهری کاربرد بیشتری دارد. در برخی از موارد برای محاسبه سرعت امواج و تعیین ضخامت لایه ها در طول یک پروفیل از روش لرزه‌نگاری انکساری استفاده می‌شود، که دراین مطالعه از چهار پروفیل لرزه‌نگاری انکساری استفاده شده است.

۲ روش تحقیق

به منظور ارزیابی شرایط زیر سطحی ساختگاه شهر تهران، سرعت موج برشی در طی۱۴ گمانه درون چاهی و ۴ پروفیل لرزه انکساری مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه گوگل ارث محدوده مورد مطالعه و موقعیت مکانهای مورد برداشت

آزمایش درون گمانه‌ای به هدف شناسایی لایه‌بندی خاک و مقاومت آن‌ها استفاده می‌گردد. این روش بر مبنای اندازه گیری سرعت انتشار امواج فشاری و برشی و استفاده از آن جهت تفکیک لایه‌ها و تخمین پارامترهای دینامیکی خاک می‌باشد. در این آزمایش گمانه‌ها می‌بایست به روش ماشینی حفاری شده و پس از قرارگیری لوله از جنس PVC متناسب با قطر ژئوفون های درون گمانه، اطراف لوله از ماسه ریزدانه با دانه‌بندی یکنواخت پر می‌گردد به نحوی که لوله کاملاً در جای خود ثابت شود. اساس کار در این روش، اندازه گیری زمان سیر موج از سطح زمین تا اعماق مختلف است.

جدول ۱. تقسیم بندی نوع زمین از نظر لرزه‌ای بر اساس آیین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله **(** آئین نامه ۲۸۰۰ - ۱۳۹۲**)**

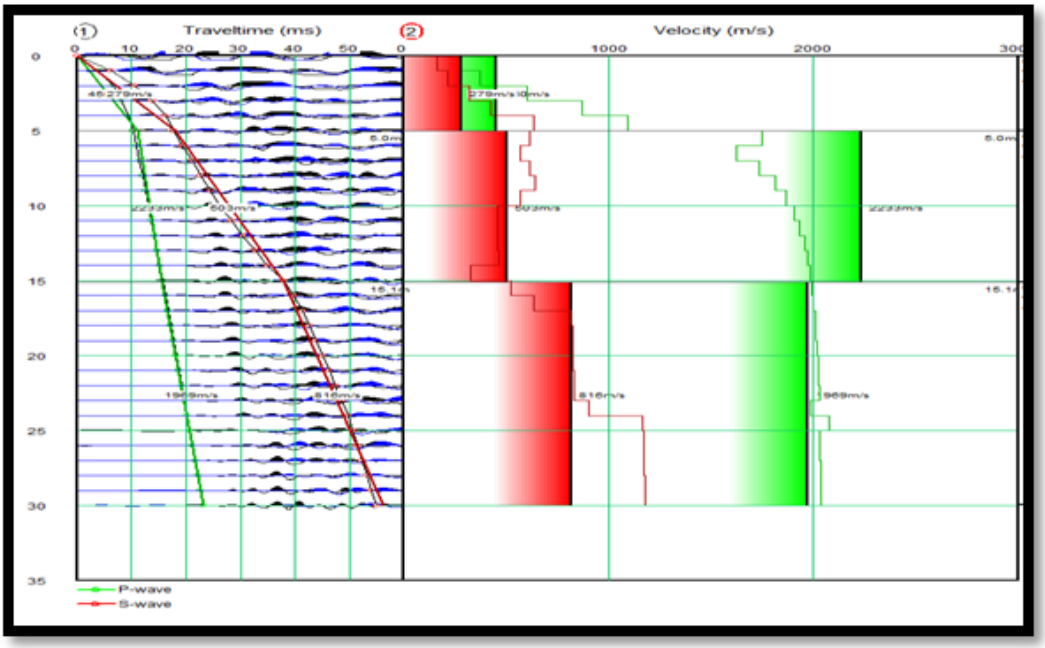
نوع زمین	$V_{s(30)}$ m/sec	مواد تشکیل دهنده ساختگاه
I	بیشتر از ۷۵۰ ۳۷۵-۷۵۰	الف- سنگهای آذرین (دارای بافت درشت و ریز دانه)، سنگهای رسوبی سخت و بسیار مقاوم و سنگهای دگرگونی توده ای (گنایس- سنگهای متبلور سیلیکاته) طبقات کنگلومرایی ب- خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم ، رس بسیار سخت) با ضخامت کمتر از ۳۰ متر از روی بستر سنگی
II	۳۷۵-۷۵۰ ۳۷۵-۷۵۰	الف- سنگهای آذرین سست (مانند توف)، سنگهای سست رسوبی و سنگهای دگرگونی متورق و به طور کلی سنگهایی که بر اثر هوازدگی (تجزیه و تخریب) سست شده‌اند. ب- خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت) با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر از روی بستر سنگی
III	۱۷۵-۳۷۵ ۱۷۵-۳۷۵	الف- سنگهای متلاشی شده بر اثر هوازدگی ب- خاکهای با تراکم متوسط، طبقات شن و ماسه با پیوند متوسط بین دانه‌ای و رس با سختی متوسط
IV	کمتر از ۱۷۵	الف- نهشته های نرم با رطوبت زیاد بر اثر بالا بودن سطح آب زیر زمینی ب- هر گونه پروفیل خاک که شامل حداقل ۶ متر خاک رس با اندیس خمیری بیشتر از ۲۰ و درصد رطوبت بیشتر از ۴۰ باشد.

روش لرزه‌نگاری انکساری در طول یک پروفیل شامل وارد آوردن ناگهانی نیرو در نقطه‌ای در سطح (چشمه) و در همان حال اندازه گیری زمان رسید. با آگاهی از هندسه مسیر موج، فاصله گیرنده ها از چشمه و زمان رسید موج های مستقیم و شکست مرزی به محل گیرنده های مختلف، از دیدگاه نظری می توان لایه بندی زیر سطحی و سرعت انتشار موج در هر لایه را بدست آورد. از آنجا که سرعت انتشار این موجها بطور مستقیم به ویژگیهای کشسانی لایه ها و چگالی آنها بستگی دارد، در صورت

اندازه گیری سرعت موجهای P, S برای لایه ها و آگاهی از چگالی آنها می توان مدول‌های کشسانی دینامیک لایه ها (مدول یانگ، مدول بالک و مدول برشی) را محاسبه کرد. جدول ۱ بیانگر طبق بندی خاک بر اساس آئین نامه های استاندارد ۲۸۰۰ ایران برپایه سرعت امواج برشی تا عمق ۳۰ متر برای یک گمانه نشان میدهد. یک نمونه از سرعت‌ها و ضرایب الاستیکی یکی از گمانه‌های برداشت شده، در جدول ۱ آورده شده است. در این گمانه، چشمهٔ موج P از دهانه چاه ۲ متر و فاصله نقطهٔ چشمهٔ موج S از دهانه چاه ۲/۵ متر تعیین و هر دو چشمه در یک راستا نسبت به گمانه قرار داشتند. محل گیرنده ی کمکی دقیقاً در مجاورت گمانه و در فاصلهٔ ۲ متری از چشمهٔ موج P و ۲/۵ متری از چشمهٔ موج S واقع گردیده است.درجدول ۳ درجه بندی گمانه نمونه را نشان میدهد.

جدول ۲. اطلاعات سرعت‌ها و ضرایب الاستیکی در حالت دینامیکی برای هر متر برای یک گمانه تا عمق ۳۰ متر

Depth (m)	Distance (m)	Time(P-wave) (msec)	Time Corrected (P wave) (msec)	V_P_mean (m/sec)	V_P_Interval (m/sec)	V_P_ave Lyer (m/sec)	Time(S-wave) (msec)	Time Corrected (S wave) (msec)	V_S_mean (m/sec)	V_S_Interval (m/sec)	V_S_ave Lyer (m/sec)	Vp/Vs	Density (gr/cm³)	Poisson Ratio	Rigidity M (mpa)	Young M (mpa)	Bulk M (mpa)
0	2.00	2.68	0.00	746	746	746	7.20	0.00	347	347	347	2.15	2	0.36	241	657	752
1	2.24	3.27	1.46	684	684	684	9.61	3.57	280	280	280	2.44	2	0.40	157	439	726
2	2.83	3.86	2.73	732	789	789	12.02	7.51	266	254	254	3.11	2	0.44	129	371	1073
3	3.61	4.45	3.70	810	1027	1027	14.44	11.10	270	279	279	3.68	2	0.46	156	455	1901
4	4.47	5.04	4.51	887	1241	1241	16.86	14.30	280	312	312	3.97	2	0.47	195	573	2819
5	5.39	5.63	5.23	956	1389	1389	19.27	17.24	290	340	340	4.09	2	0.47	231	679	3549
6	6.32	6.22	5.91	1015	1464	1464	21.69	20.02	300	359	359	4.07	2	0.47	258	759	3944
7	7.28	6.68	6.42	1091	1979	1979	24.10	22.70	308	373	373	5.30	2	0.48	279	825	7458
8	8.25	7.17	6.96	1150	1855	1855	26.92	24.74	323	490	490	3.79	2	0.46	480	1404	6243
9	9.22	7.67	7.49	1202	1894	1894	27.83	26.62	336	492	492	3.93	2	0.47	464	1361	6956
10	10.20	8.16	8.01	1249	1922	1922	29.74	28.86	347	491	491	3.92	2	0.47	481	1411	6743
11	11.18	8.66	8.52	1291	1941	1941	31.65	30.87	356	497	497	3.91	2	0.46	494	1448	6875
12	12.17	9.16	9.03	1329	1955	1955	33.57	32.86	365	502	502	3.90	2	0.46	504	1476	6974
13	13.15	9.65	9.54	1362	1966	1966	35.48	34.84	373	506	506	3.89	2	0.46	511	1497	7047
14	14.14	10.15	10.05	1393	1974	1974	37.39	36.81	380	508	508	3.88	2	0.46	517	1514	7106
15	15.13	10.65	10.55	1421	1980	1980	38.93	38.40	391	628	628	3.15	2	0.44	790	2280	6769
16	16.12	11.18	11.10	1442	1943	1943	40.24	39.86	401	684	684	2.70	2	0.42	935	2656	5548
17	17.12	11.68	11.52	1476	2365	2365	41.76	41.32	411	687	687	3.44	2	0.45	944	2745	9929
18	18.11	12.81	11.94	1508	2371	2371	43.18	42.77	421	690	690	3.44	2	0.45	951	2765	9976
19	19.10	12.43	12.36	1537	2375	2375	44.59	44.21	430	692	692	3.43	2	0.45	957	2782	10004
20	20.10	12.93	12.78	1565	2379	2379	46.01	45.65	438	693	693	3.43	2	0.45	962	2796	10037
21	21.10	13.26	13.20	1591	2381	2381	47.42	47.09	446	695	695	3.43	2	0.45	966	2807	10055
22	22.09	13.68	13.62	1615	2385	2385	48.84	48.53	453	696	696	3.43	2	0.45	969	2817	10080
23	23.09	14.09	14.04	1638	2386	2386	50.26	49.96	460	697	697	3.42	2	0.45	972	2825	10091
24	24.08	14.51	14.46	1660	2389	2389	51.67	51.39	467	702	702	3.40	2	0.45	985	2861	10097
25	25.08	14.88	14.83	1685	2674	2674	53.38	53.12	471	577	577	4.63	2	0.48	667	1968	13497
26	26.08	15.26	15.21	1709	2643	2643	55.10	54.85	474	578	578	4.57	2	0.47	668	1970	13681
27	27.07	15.63	15.59	1732	2645	2645	56.82	56.58	477	578	578	4.57	2	0.47	669	1972	13696
28	28.07	16.01	15.97	1754	2647	2647	58.54	58.31	480	579	579	4.58	2	0.47	669	1974	13718
29	29.07	16.38	16.34	1774	2647	2647	60.26	60.04	483	579	579	4.57	2	0.47	670	1976	13722
30	30.07	16.76	16.72	1794	2648	2648	61.98	61.76	486	579	579	4.57	2	0.47	670	1978	13728

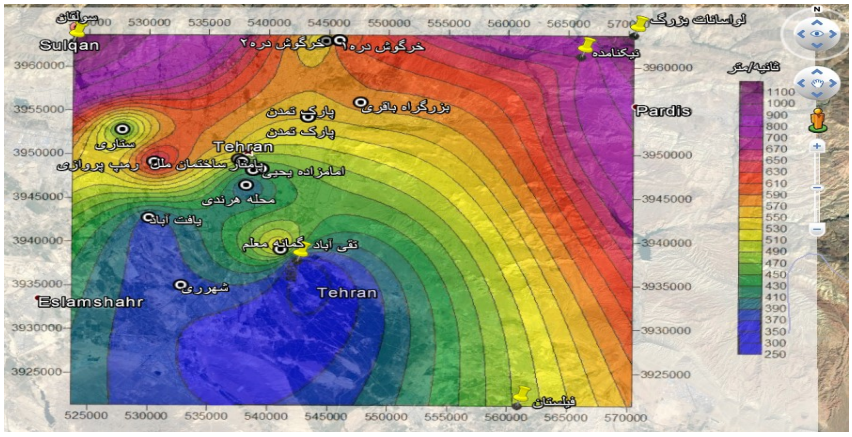


شکل ۲. نمودارسرعت بازه ای موج P به موج S به همراه لایه بندی

جدول ۳. طبقه بندی خاک گمانه نمونه براساس آئین نامه های استاندارد ۲۸۰۰ ایران

شماره گمانه	عمق مورد آزمایش (متر)	سرعت متوسط موج برشی تا عمق ۲۹ متر (متر بر ثانیه)	طبقه بندی خاک بر اساس آیین نامه استاندارد ۲۸۰۰ ایران
BH-2	۳۰	۴۵۲.۵۳	II

براین اساس با توجه به تغییرات سرعت موج در خاک‌های با جنس مختلف، امکان شناسایی لایه‌بندی، جنس خاک و تخمین پارامترهای خاک خواهد بود. در نتیجه براساس نتایج حاصل از مطالعات، نقشه میانگین سرعت موج برشی تا ژرفای ۳۰ متر در شهر تهران تهیه گردید. شکل ۳ توزیع سرعت میانگین موج برشی را نشان می‌دهد. در این نقشه توزیع سرعت از ۲۵۰ تا ۱۱۰۰ متر بر ثانیه متغیر می‌باشد. در این مطالعات بر مبنای استاندارد ۲۸۰۰ (جدول ۱) رده بندی زمین بر اساس توصیف لایه بندی خاک و میانگین سرعت برشی از سطح تا ژرفای ۳۰ متری زمین صورت می‌گیرد.



شکل ۳. نقشه سرعت متوسط موج برشی بر اساس آیین نامه۲۸۰۰ در محدوده مورد مطالعه

۳ نتیجه‌گیری

سرعت موج برشی لرزه ای یک پارامتر کلیدی برای تعیین خواص کششی خاک و سنگ برای تحقیقات مهندسی است. اندازه-گیری‌های ناشی از سرعت موج برشی به طور سنتی با روش لرزه‌نگاری درون چاهی انجام می‌گیرد. به منظور ارزیابی شرایط زیر سطحی ساختگاه شهر تهران، سرعت موج برشی در طی۱۴ گمانه درون چاهی و ۴ پروفیل لرزه انکساری مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج حاصل از مطالعات، میانگین سرعت موج برشی تا ژرفای ۳۰ متر در شهر تهران تعیین گردید. همانطور که در شکل شماره ۳ که نقشه سرعت متوسط موج برشی است، مشاهده میشود سرعت برشی از جنوب-غربی به طرف شمال-غربی و شمال-شرقی افزایش می یابد. با توجه به مقادیر میانگین سرعت برشی قسمت اعظم نواحی مورد مطالعه در رده بندی درجه ۲ و نواحی در شمال شرقی محدوده در رده بندی درجه ۱ قرار می گیرد . به منظور مطالعه دقیقتر و حصول نتایج بهتر, باید برداشت هایی با فواصل مشخص در تمام سطح شهر و محل مورد بررسی صورت گیرد.

منابع

آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله-آیین کار-استاندارد 2800، ۱۳۹۲، مرکز تحقیقات مسکن و شهرسازی

Beeston, H, E., Mcevilly, 1977, Shear wave velocities from down-hole measurements, Earthquake engineering and structural dynamics,Vol. 5, 181-190.

Brown, L, T., Diehl, J, G., Nigbor, R, L., 2000, 12 world conference on earthquake engineering; Auckland, New Zeland.