

طبقه بندی نوع زمین بر اساس سرعت موج برشی حاصله از عدد نفوذ استاندارد در منطقه ثامن مشهد

حجت اصغری بهرام^{۱*}، محمد غفوری^۲، ناصر خافطی مقدس^۲، غلامرضا لشکری
پور^۲، پوریا دهقان^۳
^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد،
ایران. Hojat.Asghary@gmail.com
^۲ عضو هیئت علمی گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
Ghafoori@um.ac.ir, h_moghads@yahoo.Com, Lashkaripour@um.ac.ir
^۳ مسئول کمیسیون معاونت فنی و عمران شهرداری مشهد، مشهد،
ایران Poria.dehghan@gmail.com

چکیده

هدف از تحقیق حاضر برآورد سرعت موج برشی به روشی غیر مستقیم، و تعیین نوع زمین بر اساس آیین نامه طراحی لرزه ای در منطقه ثامن مشهد می باشد. بدین منظور، با استفاده از داده های جمع آوری شده از مطالعات ژئوتکنیکی و ژئوفیزیکی در منطقه، رابطه همبستگی جدیدی بین سرعت موج برشی برای خاک منطقه با استفاده از عدد نفوذ استاندارد ارائه شده است. در ادامه سرعت موج برشی میانگین در ۳۰ متر اول خاک محاسبه، و نقشه تغییرات این پارامتر تهیه گردید. با توجه به جنس و بافت خاک و تغییرات V_{s30} نوع زمین بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران از نوع ۲-ب و ۳-ب می باشد.

واژه های کلیدی: سرعت موج برشی، عدد نفوذ استاندارد، نوع زمین، منطقه ثامن مشهد

Classification of ground based on the shear wave velocity obtained from the standard penetration, in Samen zone of Mashhad

Asghary Bahram, H.^{1*}, Ghafoori, M.², Hafezi Moghads, N.², Lashkaripour, G.R.², Dehghan, P.³

¹ M.sc. Student, Department of Geology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Hojat.Asghary@gmail.com

² Department of Geology, , Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Ghafoori@um.ac.ir, h_moghads@yahoo.com, Lashkaripour@um.ac.ir

³ Liabile Technical and Civil Commission of Mashhad Municipality, Mashhad, Iran
Poria_dehghan@yahoo.com

Abstract

The estimation of the shear wave velocity by the indirect method based on standard penetration test is the aim of this study in the Samen zone of Mashhad city. For this purpose, the data collected from geotechnical and geophysical studies in the area, presented a new correlation between shear wave velocity and standard penetration test. Then, the average shear wave velocity in the first 30 meters of soil, calculated, and the map of V_{s30} were produced. According to type and texture of soil and V_{s30} variations, ground class is 2-B and 3-B based on "Iran code 2800" regulation.

Key words: Shear wave velocity, Standard penetration test, Ground classification, Samen zone of Mashhad

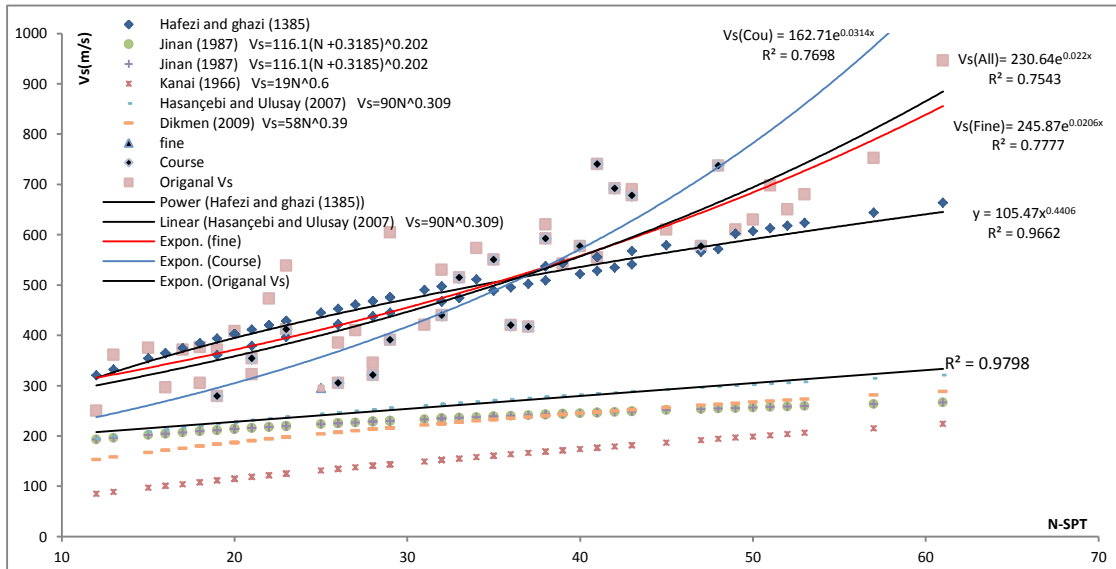
۱ مقدمه

در مطالعات ژئوتکنیکی هر ساختگاهی تحلیل های دینامیکی، جهت بررسی پاسخ ساختگاه و سازه به لرزه های با منشا مختلف، امری

ضروری می‌باشد. این بررسی‌ها عمدتاً در غالب بررسی سرعت موج برشی، به عنوان یکی از اساسی‌ترین پارامترهای مشخصه خاک، بیان می‌شود. سرعت موج برشی یکی از پارامترهای اساسی لازم جهت تعیین خصوصیات دینامیکی خاک است، که در ارزیابی سفتی خاک، پاسخ لرزه‌ای ساختگاه، پتانسیل روانگرایی، چگالی خاک و تعیین نوع زمین، تعیین لایه‌های زیر سطحی خاک و نشست پی مورد استفاده قرار می‌گیرد (آکین و همکاران ۲۰۱۱). اندازه‌گیری دقیق این پارامتر دینامیکی خاک به صورت درجا و مستقیم، به دو روش درون گمانه‌ای و سطحی صورت می‌گیرد. با توجه به هزینه بالای اندازه‌گیری مستقیم این پارامتر، تلاش‌های زیادی جهت بررسی ارتباط سرعت موج برشی با سایر آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی انجام گرفته است. اکثر این مطالعات بر اساس عدد نفوذ استاندارد می‌باشد. بطور کلی نتایج SPT در خاک‌های درشت‌دانه بصورت خیلی عمومی و کلی با خواص فیزیکی قابل انطباق است. در خاک‌های ریزدانه نتایج تا حد زیادی تحت اثر حساسیت تراکم پذیری و مقاومت خاک قرار دارد (حافظی و همکاران ۱۳۸۹). طبقه‌بندی خاک‌های مختلف براساس بافت و سرعت موج برشی، از مهمترین عوامل در تهیه پروفیل‌های ژئوتکنیک لرزه‌ای محسوب می‌شود. در اغلب آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای موجود، از جمله استاندارد ۲۸۰۰، سرعت موج برشی متوسط لایه‌های خاک در عمق ۳۰ متر اول، مبنای طبقه‌بندی نوع زمین قرار می‌گیرد.

۲ روابط تجربی بین V_s و SPT

بدلیل وابستگی هر دو پارامتر SPT و V_s به چگالی، درصد رطوبت، میزان تراکم خاک و عمق، همبستگی زیادی بین این دو پارامتر وجود دارد. علاوه بر این با توجه به مزیت‌های SPT، محققین زیادی ارتباط این دو پارامتر را برای خاک‌های ریزدانه و درشت‌دانه و یا برای تمام خاک‌ها بررسی کرده‌اند. روابط حاصله معمولاً از فرم توانی $V_s = a(NSPT)^b$ و نمایی $V_s = a(e)^{b(NSPT)}$ تبعیت می‌کنند. روابط ارائه شده بدلیل سن و تاریخچه زمین‌شناسی و نوع خاک مورد مطالعه، متغیر هستند. از اینرو بایستی برای هر منطقه رابطه خاص آن منطقه را برای پیش‌بینی سرعت موج برشی استفاده نمود. این موضوع برای منطقه مورد مطالعه نیز، با توجه به شکل ۱ صادق می‌باشد. طبق بررسی‌های عباسی (۱۳۹۰)، روابط ارائه شده برای ایران، مقادیر SPT و V_s بالاتر از سایر روابط قرار دارد، و دلیل این امر را با اقلیم خشک و رطوبت پایین در عموم ایران مرتبط می‌داند (عباسی ۱۳۹۰). در این مطالعه ابتدا داده‌های لرزه‌نگاری درون گمانه‌ای انجام شده در گمانه‌ها، تعداد ۷ رکورد در خاک‌های مختلف و تا عمق ۴۰ متری تهیه شدند. لازم بذکر است که داده‌های SPT تغییرات از ۱۲ تا ۶۰ را پوشش می‌دهند. دامنه تغییرات سرعت موج برشی اصلی از $250(m/s)$ برای عدد نفوذ ۱۲، تا $946(m/s)$ برای عدد نفوذ ۶۱ می‌باشد. در شکل ۱ همبستگی بین این دو پارامتر بررسی شده است. روابط حاصله برای خاک منطقه بتفکیک ریزدانه، درشت‌دانه و تمام خاک‌ها بصورت نمایی در روابط ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. ضریب همبستگی برای این روابط نسبتاً بالا و بیش از ۷۵ درصد می‌باشد. همچنین در این شکل جهت کارایی روابط ارائه شده در نقاط مختلف جهان و همچنین رابطه ارائه شده برای دشت مشهد توسط حافظی و همکاران، در منطقه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصله بیانگر ناکارآمدی روابط جهانی بوده ولی رابطه ارائه شده توسط حافظی و همکاران بدلیل شباهت زیاد شرایط خاک محل مورد بررسی تقریباً نزدیک رابطه ارائه شده می‌باشد.



شکل ۱. نمودار همبستگی عدد نفوذ با سرعت موج برشی

$$Vs = 247.12 (e)^{0.0204 (NSPT)} \quad R^2 = 0.79 \quad (1)$$

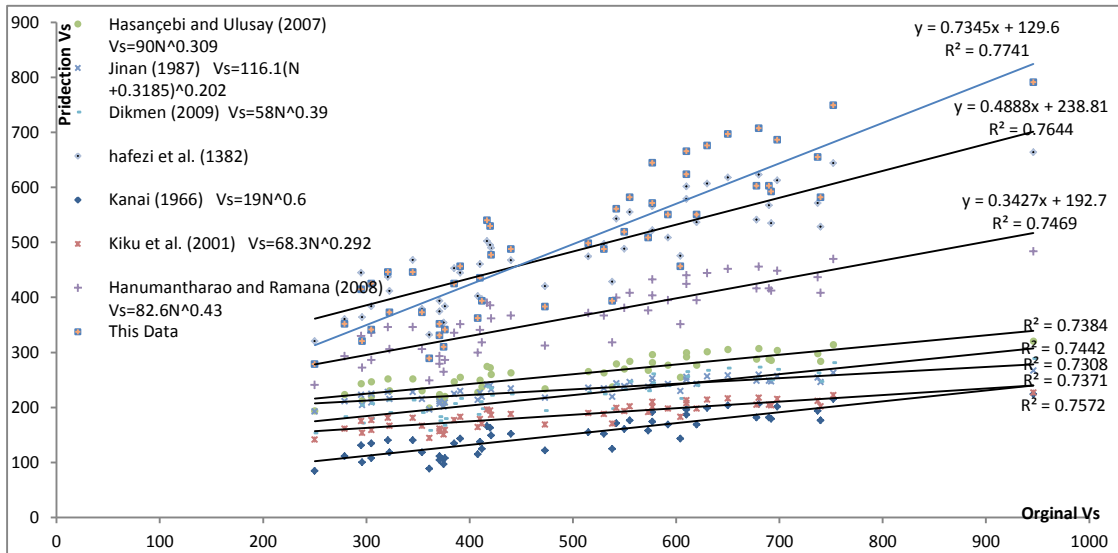
$$Vs = 162.7 (e)^{0.0314 (NSPT)} \quad \text{ریزدانه}$$

$$R^2 = 0.77 \quad \text{درشت دانه} \quad (2)$$

$$Vs = 230.64 (e)^{0.022 (NSPT)} \quad R^2 = 0.75 \quad (3)$$

تمام خاکها

جهت ارزیابی دقت تخمین، نمودار V_s واقعی و V_s تخمین زده شده توسط روابط مختلف ارائه شده برای کل خاکها در شکل ۲ آورده شده است. در این نمودار شیب خط هر رابطه بیانگر میزان دقت آن بوده و هرچه مقدار این عدد به یک (زاویه ۴۵ درجه) نزدیکتر باشد، دقت بیشتر است. چنانکه که مشاهده می‌شود، نمودار روابط ارائه شده در نقاط مختلف شیب پایین دارند که این مورد باعث نرم کردن زیاد داده‌ها می‌شود و برای هر سرعت موج برشی، مقادیر کمی در بازه خیلی کوچک تخمین می‌زند. همچنین شیب نمودار در رابطه ارائه شده توسط حافظی و همکاران برابر با ۰.۴۹ بوده که در مقایسه با شیب نمودار داده‌های اصلی با ۰.۷۳ مقدار پایینی می‌باشد.



شکل ۲. نمودار ارزیابی تخمین برای سرعت موج برشی

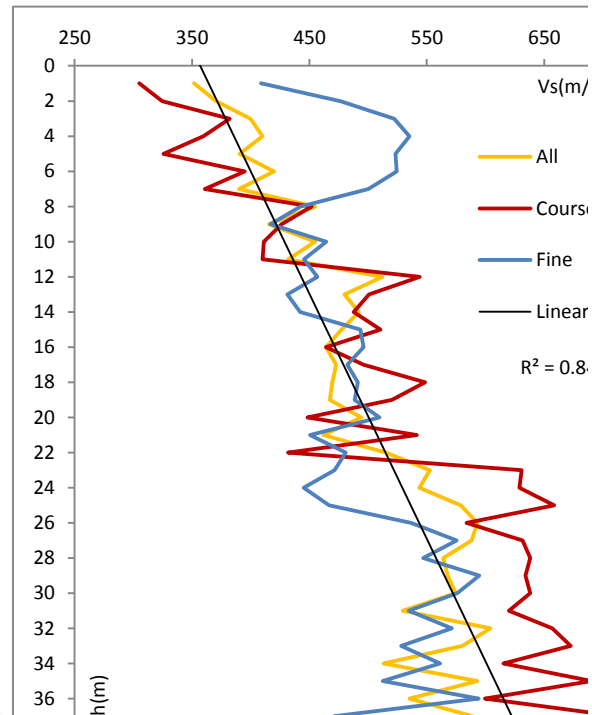
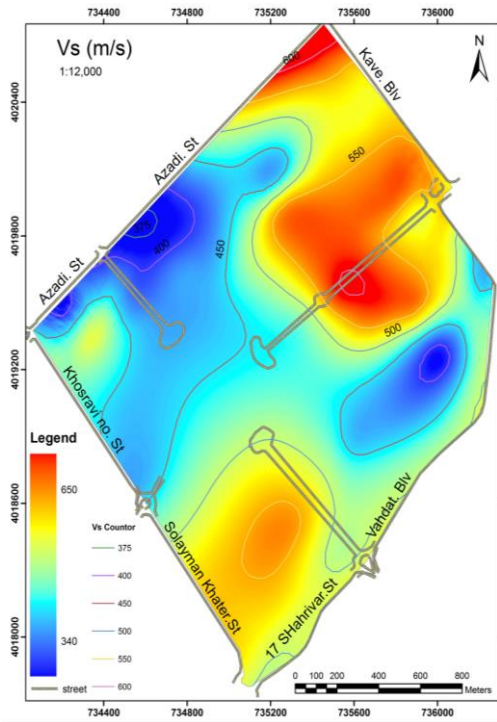
۳ بررسی تغییرات V_{s30} در منطقه

مطالعات ژئوتکنیک در ۱۶۰ گمانه با عمق‌های مختلف و تا ۵۰ متری با آزمایش‌های آزمایشگاهی و برجا صورت گرفته است که در مجموع ۱۹۵۰ آزمایش SPT ثبت شده است. پس از محاسبه روابط عدد نفوذ و سرعت موج برشی، مقادیر سرعت موج برشی بر اساس مقدار عدد نفوذ، با استفاده از رابطه کلی محاسبه گردید. سپس با رسم نمودار سرعت موج برشی در عمق، تغییرات سرعت تا عمق ۳۰ متری خاک مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس تغییرات سرعت لایه‌های خاک به ۶ لایه تقسیم شد. لازم بذکر است که بدلیل ناهمگنی زیاد در بافت خاک و نبود SPT و در نتیجه V_s ، در تمام جنس خاک در هریک از گمانه‌ها، امکان محاسبه سرعت در تمام لایه‌های خاک نبوده و برای محاسبه میانگین V_{s30} از لایه بندی براساس تغییرات سرعت موج برشی استفاده شده است. در نهایت ۴۵ گمانه مناسب از نظر توزیع، عمق و کافی بودن داده‌ها انتخاب، و سرعت میانگین در هریک از لایه‌ها محاسبه گردید. جدول ۱ تغییرات V_s در هریک از لایه‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول دامنه تغییرات سرعت در دو لایه اول و تا عمق ۱۱ متری بیشتر از لایه‌های دیگر می‌باشد. که متاثر از ناهمگنی بالا خصوصیات خاک به دلیل فعالیت‌های انسانی می‌باشد. همچنین میانگین سرعت در لایه‌ها با افزایش عمق، افزایش می‌یابد ولی بعد از لایه ۵، مقدار سرعت موج در لایه ۶ کاهش یافته است. با محاسبه مقدار V_{s30} در هر گمانه، با استفاده از رابطه $V_{s30} = \Sigma D / \Sigma (d_i / V_{s_i})$ ، نقشه تغییرات سرعت موج برشی با استفاده از روش زمین آماری کریجینگ عام در منطقه تهیه گردید. با توجه به نقشه حاصله سرعت موج برشی در جهت شمال-جنوب یک روند داشته، و بطرف شرق و غرب مقدار سرعت کاهش می‌یابد. دامنه تغییرات سرعت موج ۳۴۰ در نزدیکی چهار راه شهدا، تا ۶۵۰ در اطراف میدان طبرسی متغیر می‌باشد. همچنین جنس خاک در منطقه بیشتر از نوع سیلت، رس و ماسه با تراکم متوسط به بالا می‌باشد. براساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران، و با توجه به جنس خاک و دامنه تغییرات سرعت موج برشی، نوع زمین در منطقه، از نوع ۲-ب و ۳-ب می‌باشد.

جدول ۱. بررسی آماری سرعت موج برشی در هر لایه

Layer	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance
Layer1(0-4)	417.86	275.02	692.88	397.9240	106.93383	11434.844

Layer2 (4-11)	417.86	275.02	692.88	430.7751	97.52740	9511.594
Layer3 (11-15)	399.09	293.79	692.88	498.3970	116.62584	13601.586
Layer5 (15-23)	382.46	310.42	692.88	563.0245	109.16922	11917.919
Layer4 (23-28)	392.49	300.40	692.88	581.1725	106.75088	11395.750
Layer6 (28-30)	398.45	294.43	692.88	560.1923	126.69926	16052.702



شکل ۳. تغییرات سرعت موج برشی با تفکیک بافت خاک
 شکل ۴. نقشه تغییرات سرعت موج برشی (Vs₃₀) در منطقه

۴ نتیجه گیری

با تلفیق مطالعات ژئوتکنیکی و ژئوفیزیکی، رابطه همبستگی بین سرعت موج برشی و عدد نفوذ استاندارد برای خاک منطقه بتفکیک بافت خاک ارائه شد. روابط بیانگر همبستگی بالا و بصورت نمایی این دو پارامتر می باشد. همچنین مقایسه روابط ارائه شده در نقاط مختلف و دشت مشهد با روابط بدست آمده، بیانگر وابستگی زیاد ظرایب این روابط به شرایط زمین و خاک محل می باشد. بر اساس سرعت موج برشی میانگین در ۳۰ متر اول خاک، و نقشه تغییرات این پارامتر، نوع زمین بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران از نوع ۲-ب و ۳-ب می باشد.

منابع

حافظی مقدس، ن.، آزادی، ا.، امانیان، م.، ۱۳۸۹، ارزیابی سرعت موج برشی بر اساس عدد نفوذ استاندارد و دقت نتایج در گستره شهر مشهد: چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۱۳۸۹-۱۳۹۰. عباسی، م.، ۱۳۹۰، رابطه سرعت موج برشی و عدد نفوذ استاندارد در ابرفت مشهد: ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۷-۱۰. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۴، طراحی ساختمان ها در برابر زلزله- آئین کار، ویرایش سوم. ص ۱۶۰.

Akina, M.K., Kramer, S.L., Topal, T., 2011, Empirical correlations of shear wave velocity (Vs) and penetration resistance (SPT-N) for different soils in an earthquake-prone area (Erbaa-Turkey), Journal of Engineering Geology, 119, 1-17.