

پهنه بندی سرعت موج برشی آبرفت در بابلسر

مهتاب شیروی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران
Mahtabshiravi@yahoo.com

سید مجتبی موسوی

استادیار، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران
M.Moosavi@iuees.ac.ir

کلید واژه‌ها: پهنه بندی، آزمایش نفوذ استاندارد، بابلسر

چکیده

امروزه، وجود بانک‌های اطلاعاتی جامع از داده‌های ژئوتکنیک به عنوان یک ابزار قوی در اجرای ایمن و سازگار با محیط پروژه‌های عمرانی و نیز در برنامه‌ریزی کاربری زمین در مقیاس شهری نقش به‌سزایی دارد. به همین خاطر، در بسیاری از کشورها اهتمام ویژه‌ای در تهیه این قبیل بانک‌ها صورت گرفته است. در کشور ما نیز همگام با پیشرفت‌های حاصل در کشورهای دیگر، تلاش‌هایی در این جهت شده است که تحقیق حاضر در شهر بابلسر نمونه‌ای از این تلاش‌ها است. چارچوب تحقیق حاضر شامل ساماندهی کلیه داده‌های ژئوتکنیکی و نتایج مطالعات ژئوتکنیکی است که در خلال سال‌های متمادی در شهر بابلسر تهیه گردیده است. مطالعات پهنه‌بندی سرعت موج برشی آبرفت برای مهندسين، طراحان و دست‌اندرکاران طرح‌های توسعه شهری و پروژه‌های ساختمانی، این امکان را به وجود می‌آورد، تا تصویری کلی از ویژگی‌های ژئوتکنیکی سطحی و زیر سطحی محدوده‌ی پروژه به دست آورده، از محدوده‌های مکانی پدیده‌های خطرناک آگاه شده و بر پایه این اطلاعات در مورد طرح‌های خود تصمیم‌گیری نمایند. در تحقیق حاضر با تکمیل گزارش‌های بررسی‌های ژئوتکنیکی موجود در شهر بابلسر که برای گمانه‌های بالای ۳۰ متر تهیه شده، اطلاعاتی از گمانه‌های کمتر از ۳۰ متر نیز افزوده گردیده است و با تخمینی مناسب، پهنه‌بندی سرعت موج برشی گستره شهر با استفاده از داده‌های آزمایش نفوذ استاندارد و بافت خاک به منظور ارزیابی شرایط زیر سطحی ارائه می‌گردد.

مقدمه

سرزمین ما ایران یکی از لرزه‌خیزترین کشورهای جهان است. وقوع زلزله‌های ویرانگر نیم‌قرن گذشته، از جمله بویین‌زهرا (۱۳۴۵)، طبس (۱۳۵۷)، منجیل (۱۳۶۹)، آوج (۱۳۸۱)، بم (۱۳۸۲) و نیز ثبت بی‌شمار زلزله‌های دستگاهی کوچک و متوسط طی یک دهه گذشته کافی است تا همگان را متقاعد سازد، که کاهش آسیب‌پذیری و نیز مدیریت خطرپذیری ناشی از زلزله با محوریت حفظ جان انسان‌ها، از مهمترین چالش‌های پیش‌رو برای توسعه پایدار کشورمان است. اکنون قریب چهار دهه است که کشورهای لرزه‌خیز دنیا، مطالعات پهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای را به عنوان گامی مهم در برنامه جامع مدیریت خطرپذیری و کاهش آسیب‌ها و خسارات احتمالی ناشی از زلزله مورد توجه قرار داده‌اند. نتایج این مطالعات که در قالب نقشه‌هایی چون تعیین نوع زمین، توزیع بیشینه شتاب (و سرعت) سطح زمین، پریود طبیعی، پریود دینامیکی و پتانسیل خطرات ژئوتکنیک لرزه‌ای ارائه می‌گردد، می‌تواند در برنامه‌ریزی کلان ساخت و ساز شهری، شامل تعیین کاربری اراضی، تدقیق فرایند طراحی مقاوم سازه‌ها در برابر زلزله، برآورد آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر، برنامه‌ریزی عملیات بهسازی لرزه‌ای شهر و همچنین تدوین و تدقیق طرح‌های جامع، توسعه و مدیریت خطرپذیری و بحران شهر بکار گرفته شود.

روش مطالعات حاضر

در تحقیق حاضر با جمع‌آوری گزارش‌های بررسی‌های ژئوتکنیکی موجود در شهر بابلسر، پهنه‌بندی سرعت موج برشی در گستره شهر با استفاده از داده‌های آزمایش نفوذ استاندارد به منظور ارزیابی شرایط زیر سطحی مورد توجه قرار گرفته است. بدین منظور اطلاعات حاصل از ۸۰ گمانه از ۴۰ گزارش ژئوتکنیک جمع‌آوری و مورد ارزیابی قرار گرفت، که در شکل ۱ موقعیت قرارگیری گمانه‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت گمانه ها

سرعت موج برشی را می توان بطور مستقیم از عملیات صحرائی و یا آزمایشات آزمایشگاهی بدست آورد اما ارزیابی مستقیم سرعت موج برشی نیازمند صرف هزینه و زمان بالایی است که مقرون به صرفه نخواهد بود. در صورتیکه اطلاعات مستقیم از موج برشی موجود نباشد میتوان از روابط تجربی بین آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) و V_s استفاده نمود.

روابط تجربی بیشماری بین V_s و SPT در دنیا ارائه شده است، این روابط تابعی از جنس خاک، دانسیته، درصد رطوبت خاک، سن و تاریخچه زمین شناسی، درصد ریزدانه، نحوه انجام و تجهیزات مورد استفاده آزمایش می باشد. همچنین تفاوت در روش اندازه گیری سرعت موج برشی از دلایل اختلاف روابط موجود می باشد. برخی از روابط تجربی موجود بین عدد نفوذ استاندارد و سرعت موج برشی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: برخی روابط تجربی موجود بین عدد سرعت موج برشی و عدد آزمایش نفوذ استاندارد

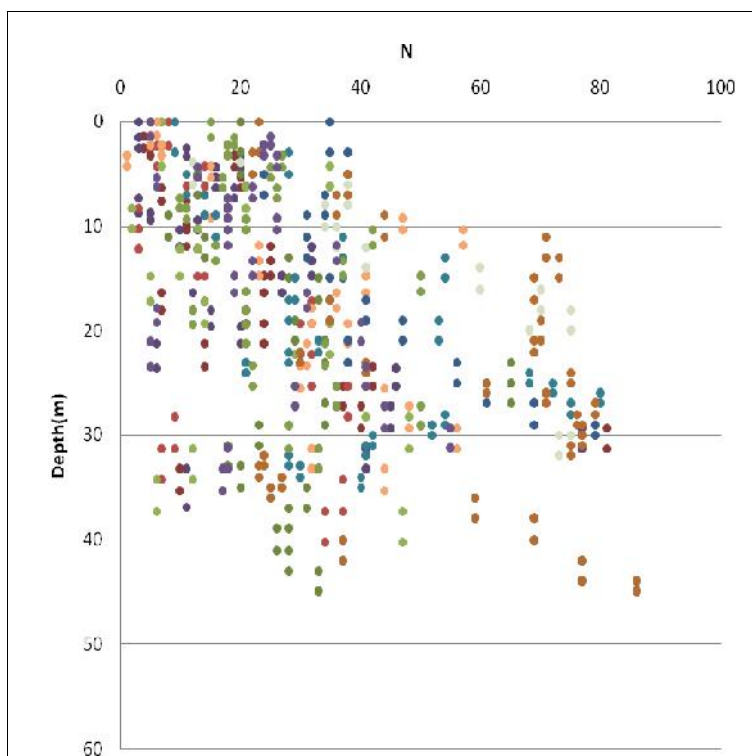
Author	All soils	sand	silt	clay
Seed & Idriss (1981)	$V_s=61.4N^{0.5}$			
Jafari et al. (1997)	$V_s=22N^{0.85}$			
Jafari et al. (2002)			$V_s=22N^{0.77}$	$V_s=27N^{0.73}$
Dikmen (2009)	$V_s=58N^{0.39}$	$V_s=73N^{0.33}$	$V_s=60N^{0.36}$	$V_s=44N^{0.48}$
Hasancebi and Ulusay (2006)	$V_s=104.79(N_{60})^{0.26}$	$V_s=131(N_{60})^{0.205}$		$V_s=107.63(N_{60})^{0.237}$

در منطقه ساحلی به دلیل وجود خاک های نرم تر و رطوبت بیشتر خاک سرعت موج برشی حداقل و با افزایش ارتفاع و دور شدن از ساحل این سرعت افزایش می یابد. در مطالعه حاضر رابطه ای ما بین V_s و SPT و عمق با استفاده از اطلاعات موجود در اشکال ۲ و ۳ استخراج گردید که به فرم زیر می باشد:

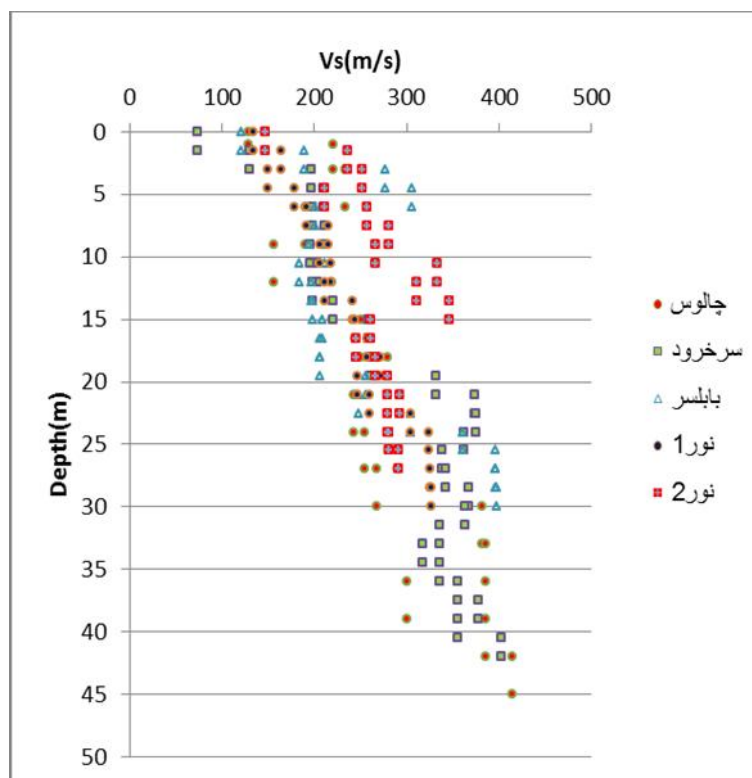
$$V_s = 130 N^{0.068} \cdot Z^{0.227} \quad (1)$$

V_s ، سرعت موج برشی را در هر عمقی از خاک برحسب متر بر ثانیه نشان می دهد. در این رابطه، N عدد آزمایش نفوذ استاندارد و Z عمق خاک بر حسب متر است.

برای محاسبه سرعت موج برشی متوسط ۳۰ متر در برخی از مناطق، اطلاعات موجود از عدد آزمایش نفوذ استاندارد در گمانه های حفاری شده برای عمق های کمتر از ۳۰ متر است.



شکل ۲: تغییرات عدد آزمایش نفوذ استاندارد بر حسب عمق



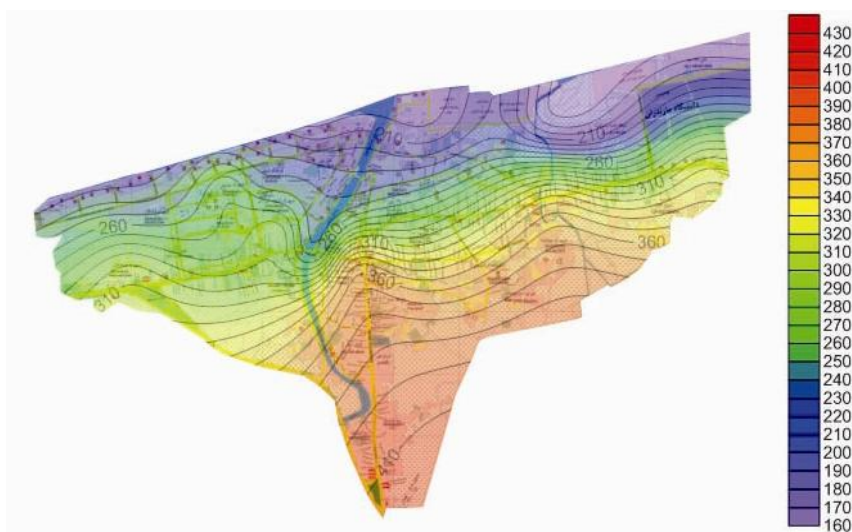
شکل ۳: تغییرات سرعت موج برشی بر حسب عمق

در این گمانه ها با استفاده از رابطه بور (Boore et al., 2004) تخمینی از سرعت موج برشی در عمق ۳۰ متر بدست آمده، سپس سرعت موج برشی متوسط ۳۰ متر آن محاسبه گردیده است. رابطه بور (۲) در زیر آمده است.

$$\log_{VS30} = a + b \cdot \log_{VSd} \quad (2)$$

با استفاده از نتایج حاصل از محاسبه سرعت موج برشی متوسط ۳۰ متر فوقانی از روابط ذکر شده در جدول ۱ و رابطه خطی پیش بینی شده پهنه بندی سرعت موج برشی در سطح شهر انجام شده که نتایج آن در شکل ۴ آمده است. به دلیل کمبود اطلاعات ژئوتکنیکی مورد نیاز در نوار ساحلی، تا فاصله حدود ۵۰۰ متری به موازات دریا اطلاعات دقیقی از تغییرات سرعت موج برشی در دسترس نیست. اما مطالعات انجام گرفته بر روی داده های موجود در این منطقه و همین طور بررسی روند تغییرات سرعت موج برشی با توجه به اطلاعات موجود نشان می دهد، سرعت موج برشی در کناره دریا، با کمترین مقدار خود از حدود ۱۹۰ متر بر ثانیه آغاز گشته و با دور شدن از دریا افزایش می یابد و در دورترین نقاط نسبت به دریا به حد اکثر مقدار خود (حدود ۴۴۰ متر بر ثانیه) می رسد.

در طول سالیان گذشته و بر اساس تجربیات زمین لرزه های پیشین، روابط تجربی متعددی جهت بر آورد پارامترهای لرزه ای سطح زمین ارائه شده که همواره با پیشرفت زمان رو به تکمیل و تدقیق بوده است. اولین بار سید و همکارانش (Seed et al., 1976)، بر پایه نتایج حاصله از بررسی بیشینه شتاب زمین لرزه های بزرگ با بزرگای حدود ۶/۵ در غرب آمریکا و در شرایط ساختگاهی مختلف، نموداری جهت تخمین بیشینه شتاب سطح زمین در ساختگاه های آبرفتی به ازای شتاب سنگ بستر ارائه کردند. اگر چه این نمودار ساده بر اساس تجربیات اندک آن زمان دارای کاستی های بسیاری بود، اما راه را برای توسعه و تحقیق در این زمینه هموار ساخت. بعد ها ادریس (۱۹۹۰ و ۱۹۹۱) با استفاده از تجربیات جدید تر حاصل از زلزله های مخرب ۱۹۸۵ مکزیکو سیتی و ۱۹۸۹ لوماپریتا و نیز با استفاده از روش های عددی، منحنیهای جدید تری را جهت تخمین شتاب سطح زمین در محیط های آبرفتی ارائه نمود. پس از وی Borchardt در سال ۱۹۹۴ ضمن ارائه طبقه بندی آبرفتها بر اساس سرعت موج برشی متوسط ۳۰ متر فوقانی، دو ضریب بزرگنمایی در محدوده پریود های کوتاه و بلند برای رده های مختلف خاک و به ازای شتاب سنگ بستر ارائه کرد. سید و همکاران (۱۹۹۱) نیز رده بندی دیگری بر اساس سرعت موج برشی ۳۰ متر فوقانی، عمق سنگ بستر و سایر ویژگی های توصیفی لایه های خاک، ارائه و نمودارهایی جهت تخمین شتاب سطح زمین برای هر رده بر اساس شتاب سنگ بستر معرفی کردند. نتایج این مطالعات همراه با نتایج مطالعات دبری (Doby et al., 1994)، به عنوان مبنای رده بندی ساختگاه و ارائه طیف های طراحی توسط آیین نامه های معتبر طراحی در برابر زلزله مورد استفاده قرار گرفت. در حال حاضر آیین نامه هایی نظیر UBC1997; NEHRP2003; IBC2006، از رده بندی مشابه با نسخه های قدیمیتر نظیر NEHRP1994 استفاده می کنند که عمدتاً بر اساس مطالعات بوچرت (۱۹۹۴) و زمین لرزه ۱۹۸۹ لوماپریتا استوار گردیده است. از طرفی بررسیهای صورت گرفته طی زمین لرزه ۱۹۹۴ نورثریج نشان داد که تاثیر رفتار غیر خطی خاک بر پاسخ لرزه ای، و کاهش بیشینه شتاب زمین لرزه با افزایش شتاب سنگ بستر، کمتر از آن است که تصور می شود به عبارت دیگر ضرایب ارائه شده در آیین نامه های موجود، حاشیه اطمینان مناسبی را در شتابهای بالای سنگ بستر به دست نمی دهند. به همین جهت، نتایج مطالعات سید و همکاران (۱۹۹۱ و ۲۰۰۱)، که تجربیات زمین لرزه های اخیر را نیز در بردارد، در مقایسه با سایر مطالعات، ضرایب بزرگنمایی بیشتر و در نتیجه محافظه کارانه تری را ارائه کرده است.



شکل ۴: نقشه پهنه بندی سرعت موج برشی در سطح شهر بابلسر

در مطالعات حاضر، روابط تجربی ارائه شده توسط بوچرت (۱۹۹۴) و آخرین نسخه آیین نامه های موجود، جهت رده بندی منطقه مورد استفاده قرار گرفته است و این نتیجه حاصل آمده است که بخش عمده منطقه مطابق بوچرت (۱۹۹۴) ساختگاه SC-III و مطابق UBC,NEHRP، IBC ساختگاه D می باشد. بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران، قسمت عمده ای از منطقه، ساختگاه نوع III است. مطابق نقشه بدست آمده در شکل ۴، بعد از ناحیه ذکر شده با فاصله گرفتن از نوار ساحلی، در محدوده کوچکی ساختگاه نوع II می باشد.

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر با تکمیل گزارش های بررسی های ژئوتکنیکی موجود از مطالعات پهنه بندی ژئوتکنیک لرزه ای بابلسر و افزودن اطلاعات گمانه های کمتر از ۳۰ متر، پهنه بندی سرعت موج برشی آبرفت در گستره شهر با توجه به سرعت موج برشی لایه های فوقانی ۳۰ متری از سطح زمین مورد توجه قرار گرفته است. نتیجه مطالعات نشان دهنده کم بودن سرعت موج برشی متوسط در نوار ساحلی و افزایش آن با دور شدن از ساحل می باشد.

در مطالعات حاضر، روابط تجربی ارائه شده توسط Borchardt (1994)، سید و همکاران (Seed et al., 2001) و آخرین نسخه آیین نامه های موجود، جهت رده بندی منطقه مورد استفاده قرار گرفته است و این نتیجه حاصل آمده است که بخش عمده منطقه مطابق بوچرت (۱۹۹۴)، ساختگاه SC-III و مطابق UBC,NEHRP، IBC ساختگاه D می باشد.

بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران نیز ملاحظه می شود که قسمت عمده ای از منطقه، ساختگاه نوع III است. مطابق نقشه بدست آمده در شکل ۴، بعد از ناحیه ذکر شده با فاصله گرفتن از نوار ساحلی، در محدوده کوچکی ساختگاه نوع II می باشد.

مراجع

آیین نامه ۲۸۰۰ ایران (ویرایش سوم)

Building Seismic Safety Council (2003) *NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures and Accompanying Commentary and Maps, FEMA 450, Chapter 3, pp. 17-49*

Boore, DM (2004) Estimating Vs (30) (or NEHRP Site Classes) from shallow velocity models (depths < 30m), *Bull. Seismo. Soc. Am.*, 94(2): 591-597

Boore DM, Thompson EM and H Cadet (2011) Regional correlations of VS30 and velocities averaged over depths less than and greater than 30 meters, *Bull. Seismo. Soc. Am.*, 101(6): 3046-3059

Borchardt RD (1994) Estimates of site dependent response spectra for design (methodology and justification), *Earthquake Spectra*, 10 (4): 617-654

Dikmen U (2009) Statistical correlations of shear wave velocity and penetration resistance for soils, *Journal of Geophysics and Engineering*, 6, 61-72

Hasancebi N and Ulusay R (2006) Empirical correlations between shear wave velocity and penetration resistance for ground shaking assessments, *Bull Eng Geol Environ*, 66, 203-213

Jafari MK, Shafiee A and Ramzkhah A (2002) Dynamic properties of the fine grained soils in south of Tehran, *J. Seismol. Earthq. Eng.*, 4, 25-35

Jafari MK, Asghari A and Rahmani I (1997) Empirical correlation between shear wave velocity (Vs) and SPT-N value for south of Tehran soils, *Proc. 4th Int. Conf. on Civil Engineering*, Tehran, Iran, (in Persian)

Shiravi M and Moosavi SM (2014) Geotechnical earthquake zonation of Babolsar city, 2nd Iranian conference on Geotechnical Engineering

