

اثر ساختگاه و ارائه تخمین خطی معادل از رفتار غیرخطی خاک در حوزه فرکانس در شمال شهر یزد

احمد ادیب

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

چکیده

در این مطالعه تحلیل حرکت زمین در شمال شهر یزد با استفاده از اطلاعات گمانه‌ها و شتاب‌نگاشت‌ها در حوزه فرکانس انجام گرفت. برای رسیدن به تخمین غیر خطی پاسخ غیرالاستیک خاک و ارائه تخمین خطی معادل، از یک حلقه تکرار استفاده گردید. تکرار اول با استفاده از مدول برشی و ضریب میرایی و با توجه به منحنی استرین-استرس ورودی انجام و این حلقه آنقدر تکرار شد تا شرط عددی تعیین شده ارضا شود. در نهایت آن دسته از ارتعاشات که بحرانی‌ترین پاسخ تشدید را باعث شدند به عنوان حالت دارای بیشترین احتمال آسیب در ناحیه، معرفی گردید. در تحلیل اثر ساختگای شمال شهر یزد، از داده‌های ژئوتکنیکی، پروفیل‌های لرزه‌ای درون گمانه‌ای و سابقه لرزه‌خیزی ناحیه استفاده شد. بیشینه شتاب جنبش زمین در سنگ بستر لرزه‌ای برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال در گمانه شاهده و امیرآباد به ترتیب $151g$ و $157g$ می‌باشد که در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در محل گمانه شاهده با این دوره بازگشت، فرکانس تشدید 0.4 و ضریب تشدید آبرفت $1/6$ و در محل گمانه امیرآباد، فرکانس تشدید $0.8/5$ و ضریب تشدید آبرفت $1/7$ به دست آمد. بر اساس میانگین ضرایب و فرکانسهای تشدید به دست آمده از تمام مدلها، دامنه امواج برشی در فرکانس بین ۵ تا ۶ هرتز با ضریب $1/6$ دچار تشدید می‌شوند.

واژگان کلیدی: یزد، اثر ساختگاه، رفتار غیرخطی

مقدمه

فرکانس موج لرزه‌ای تغییر می‌یابد [3]. این مسأله که زمین به عنوان یک فیلتر پایین‌گذر برای امواج و حرکات زمین عمل می‌کند، مبنای نظری «مسأله تشدید خاک» است. در انتشار امواج لرزه‌ای از سنگ کف تا سطح زمین، محتوای موج لرزه‌ای اعم از دامنه و فرکانس آن تغییر می‌یابد. نهشته‌های رسوبی نرم، فرکانس‌های خاصی از حرکات زمین را تقویت می‌کنند و بدین وسیله باعث می‌شوند تا اثرات مخرب زلزله و خسارات آن بیشتر شوند [4,9]. این تقویت با آنالیز پاسخ زمین که نشان دهنده چگونگی رفتار رسوبات نرم به حرکت سنگ کف تحتانی است

در مهندسی ژئوتکنیک لرزه‌ای، مدلسازی مکانیزم شکست در محل وقوع زلزله و ارزیابی انتشار امواج در زمین و تغییرات آن از روی سنگ کف لرزه‌ای به سطح زمین مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت از این داده‌ها، برای تعیین تأثیر حرکت سنگ بستر روی پروفیل خاک و تولید نقشه خطر که نشان‌دهنده آسیب‌پذیری منطقه ناشی از زلزله است استفاده می‌شود. این مطالعات ویژگی طیف طراحی مشخصه حرکت زمین در منطقه مورد مطالعه را به مهندس عمران اعلام می‌نماید. به محض عبور موج لرزه‌ای در فاصله سنگ کف تا سطح زمین، مشخصه دامنه و

زمین تعدیل شود.

در رهیافت خطی معادل، خصوصیت غیر خطی مدول برشی و میرایی برای تعیین خصوصیات خطی معادل خاک، با استفاده از یک فرآیند تکرار شونده برای یافتن مقادیر مدول و میرایی سازگار با استرین های مؤثر در هر لایه به کار می‌رود. در این روش، ابتدا یک سری حرکت معلوم در حوزه فوریه در نظر گرفته می‌شود، سپس تابع تبدیل برای لایه‌های مختلف با استفاده از خواص موجود پروفیل خاک به دست می‌آید. توابع تبدیل ضریب تقویت را برحسب فرکانس برای یک پروفیل خاک مشخص می‌کند. در گام سوم، طیف فوریه در تابع تبدیل پروفیل خاک برای یافتن طیف تشدید منتقل شده به لایه خاصی از خاک ضرب می‌شود. در گام چهارم، سری زمانی شتاب برای آن لایه با استفاده از تبدیل عکس فوریه سریع به دست می‌آید. با استفاده از شتاب پیشینه که از سری زمانی شتاب به دست می‌آید و با توجه به خصوصیات لایه خاک، استرس و استرین برشی در گام پنجم به دست می‌آید. در گام ششم، مقادیر جدید میرایی خاک و مدول برشی از نسبت میرایی و منحنی‌های کاهش مدول برشی متناظر با استرین مؤثر از سری زمانی استرین به دست می‌آیند. با این خواص جدید خاک، توابع تبدیل جدیدی به دست می‌آیند و فرآیند تا یافتن اختلاف بین خصوصیات جدید و قدیمی در یک گستره مشخص تکرار می‌شود.

روش تحقیق

تحلیل حرکت زمین در شمال شهر یزد با استفاده از اطلاعات ژئوتکنیکی و پروفیل سرعت خاک در گمانه‌های شاهدیه و امیرآباد، شتابنگاشت های موجود در حوزه فرکانس و استفاده از الگوریتم FFT و

سنجیده می‌شود. پاسخ نهشته‌های رسوبی به فرکانس حرکت سنگ کف و هندسه لایه خاک بالای سنگ کف بستگی دارد. در تشدید خاک، شتاب بزرگ به سازه‌ها منتقل می‌شوند و هنگامی که فرکانس موج لرزه‌ای حاصل با فرکانس های تشدید سازه‌ها یکسان شود، این شتاب ها بسیار مخرب‌تر می‌نمایند [7].

لایه‌های مدفون شده نقش مهمی در تعیین خصوصیات سطح زمین دارند و نیاز به انجام تحلیل پاسخ را موجه می‌سازد، تکنیک‌های متعددی برای تحلیل پاسخ زمین به صورت یک، دو و سه بعدی توسعه یافته‌اند. روش یک بعدی در صورتی به کار می‌رود که لایه‌بندی تقریباً افقی باشد. در نرم‌افزار Proshake (که برای مدلسازی پاسخ زمین استفاده شد) فرض های اساسی زیر در نظر گرفته شد:

- مرز لایه‌های خاک افقی و برای آن تا بی‌نهایت گسترش در نظر گرفته می‌شوند.

- پاسخ نهشته‌های خاک با موج SH ایجاد و به طور عمودی در لایه‌ها منتشر می‌شود.

- برای تحلیل یک بعدی پاسخ زمین از یکی از سه روش، تحلیل خطی، تحلیل خطی معادل (غیرخطی موضعی) و تحلیل غیر خطی استفاده می‌شود.

ر روش خطی، یک سری زمانی مشخص از سنگ کف در حوزه فوریه با استفاده از تبدیل فوریه سریع (FFT) نمایش داده می‌شود. هر جمله در سری فوریه حرکت سنگ کف، در تابع انتقال ضرب می‌شود تا سری فوریه، حرکت سطح زمین را ایجاد کند. حرکت سطح زمین را می‌توان با استفاده از تبدیل عکس فوریه سریع در حوزه زمان مورد بررسی قرار داد. در حالت کلی، خاک به طور خطی عمل نمی‌کند، بنابراین باید تقویت خطی برای تأمین تخمین معمولی از حرکت

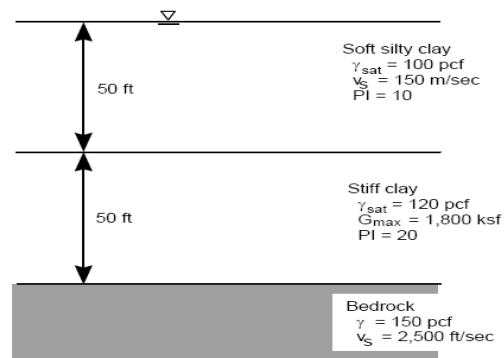
Inverse-FFT برای گذر اطلاعات از حوزه زمان به فرکانس و بالعکس انجام گرفت. رفتار غیرخطی و غیرالاستیک خاک در مسائل ژئوتکنیکی به این معناست که مدول برشی در امتداد مسیرهای مختلف تغییر می‌کند. کاربرد ابزار ریاضی تبدیل فوریه در کاهش زمان محاسبات موثر است. ارائه تخمین خطی یک بعدی از رفتار غیر خطی خاک در حوزه فرکانس با انجام موارد زیر به دست آمد:

- مطالعه سوابق علمی در ارتباط با موضوع

- حفر گمانه و جمع‌آوری اطلاعات.

- آنالیز و رسم تابع پاسخ خاک در حوزه فوریه و رسم نمودارهای مربوط

تحلیل رفتار خاک مستلزم تعریف تمامی لایه‌های خاک در پروفیل مورد مطالعه و مشخصات حرکت اولیه اعمال شده به آن پروفیل است، شکل (۱). مهم ترین پارامتر پروفیل نماینده خاک که در بررسی‌های تخمین رفتار خاک در حالت دینامیک مورد نیاز است، ضخامت، واحد وزن خاک، بیشینه مدول برشی، سرعت موج برشی، شتاب گرانش زمین در محل گمانه و نوع خاک است [8]. برای بررسی رفتار خاک به طور کیفی در این تحقیق به سه دسته منحنی زیر نیاز است



شکل ۱- مشخصات و ویژگی دینامیکی و مکانیکی خاک در

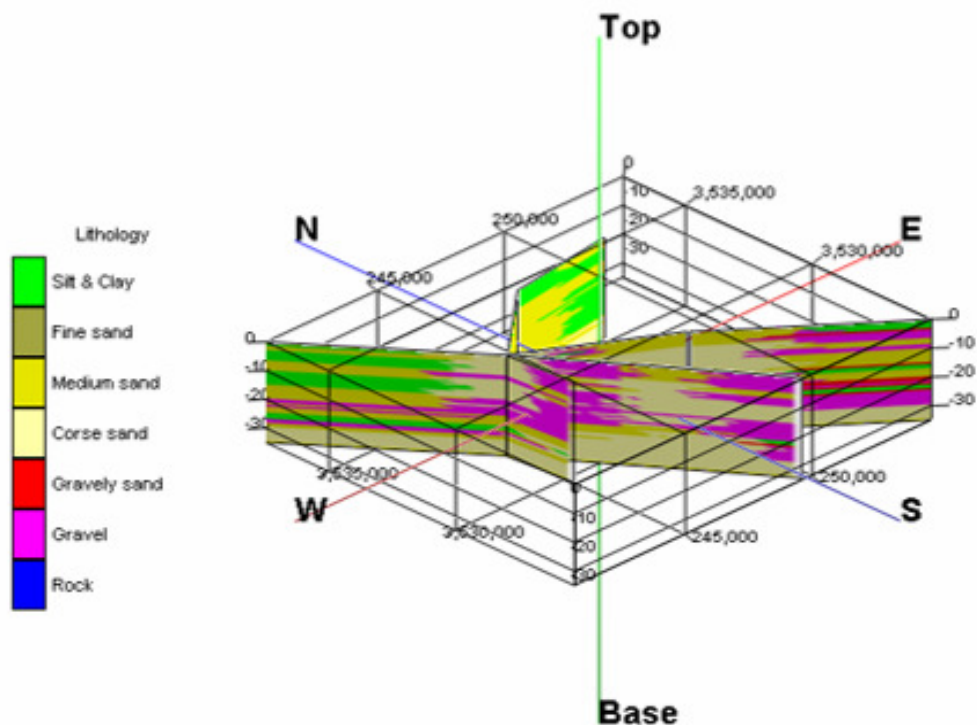
یک پروفیل نمایند [3]

- منحنی کاهش مدول، توصیف کننده رفتاری است که در آن مدول برشی با دامنه استرین برشی تغییر می‌کند و بیانگر نسبت مدول‌هاست که به عنوان سکانت مدول برشی تقسیم بر مدول برشی بیشینه به عنوان تابعی از دامنه استرین برشی تعریف می‌شود. مدول برشی سکانت که در محاسبات پاسخ زمین استفاده می‌شود، حاصل ضرب فاکتور کاهش مدول و مدول برشی بیشینه است.

- منحنی میرایی، توصیف کننده رفتاری است که نسبت میرایی با دامنه استرین برشی دارد. از آنجایی که خاک رفتار غیرخطی و غیرالاستیک دارد، نسبت میرایی معادل آن با افزایش میزان استرین اضافه می‌شود.

- منحنی حرکت زمین با رسم منحنی شتاب، سرعت و جابه‌جایی به عنوان تابعی از زمان یا فرکانس مشخص می‌شود.

نهشته‌های آبرفتی شمال شهر یزد رودخانه‌ای و ماسه بادی هستند. در مقطعی از شمال به جنوب ناحیه، خاک از رس و سیلت ریزدانه به شن و ماسه تبدیل می‌شود، همچنین با حرکت از غرب به شرق بر میزان رسوبات ریزدانه رسی و سیلنتی افزوده می‌شود. تغییرات وزن واحد حجم خاک جزئی و مقدار میانگین آن در حدود ۱/۹ گرم در سانتیمتر مکعب است. در عمق ۱۵ تا ۲۵ متر بیشترین دانسیته مربوط به نهشته آبرفتی، شن و ماسه و دانسیته کمتر، مربوط به سیلت، رس و ماسه می‌باشد در دیاگرام نرده‌ای شکل (۲) وضعیت گسترش عمقی رسوبات در ناحیه نشان داده می‌شود.



شکل ۲- دیاگرام نرده ای (مقطع زمین شناسی) حاصل از انطباق گمانه های ژئوتکنیکی [۲]

مقطع شمالی - جنوبی رسم شده از شمال شهر به سمت جنوب، خاک منطقه از رس و سیلت ریزدانه در شمال به شن و ماسه در جنوب تبدیل می شود. این نتیجه را می توان در دیاگرام نرده ای شکل (۲) با حرکت از گمانه شاهدهیه به سمت آزاد شهر نمایش داد، همچنین با حرکت از سمت غرب به شرق بر میزان رسوبات ریزدانه رسی و سیلتي افزوده می شود [۲].

پس از بررسی گسترش جانبی و عمقی رسوبات، با حفر گمانه، اطلاعات ژئوتکنیکی سایت های موجود در شمال شهر یزد بررسی شد. یکی از پارامترهای اساسی برای ارزیابی واکنش خاک محل در برابر زلزله، مدول برشی یا سرعت موج برشی لایه های خاک است که با عملیات لرزه شناسی درون چاهی به دست آمد، و مربوط به حالت الاستیک خطی خاک است (جدول ۱ و ۲). تغییرات مقادیر چسبندگی در سطح شهر برای

حداقل چسبندگی در رسوبات رودخانه ای و میانگین عمق سطح آب زیرزمینی ۶۵ متر و بیش از عمق سطح سنگ بستر لرزه ای است، لذا وجود آب در این عمق تاثیری در میزان تشدید یا کاهش انرژی زلزله و تغییر در شتاب زلزله در سطح زمین ندارد [۱].

برای معرفی چگونگی توزیع رسوبات آبرفتی در ناحیه، مقاطع زمین شناسی مناسب تهیه شد. نوع رسوبات در این مقطع با حرکت از غرب به شرق ریزدانه رسی و سیلتي می شود [۲]. مقطع سه گمانه BH17، چاه ملکی و شاهدهیه را در بر می گیرد. حفاری در این گمانه ها به ترتیب تا عمق ۶، ۲۷، و ۳۰ متر انجام گرفته است. در این مقطع از غرب به شرق نهشته های آبرفتی ترکیبی از ماسه دانه متوسط، عدسی های شنی و مقدار زیادی رس می باشد که به سمت شرق بر مقدار رس آن اضافه می شود. از دو

جدول ۲- اطلاعات ژئوتکنیکی و سرعت امواج لرزه‌ای درون گمانه شاهده در شمال شهر یزد [۲].

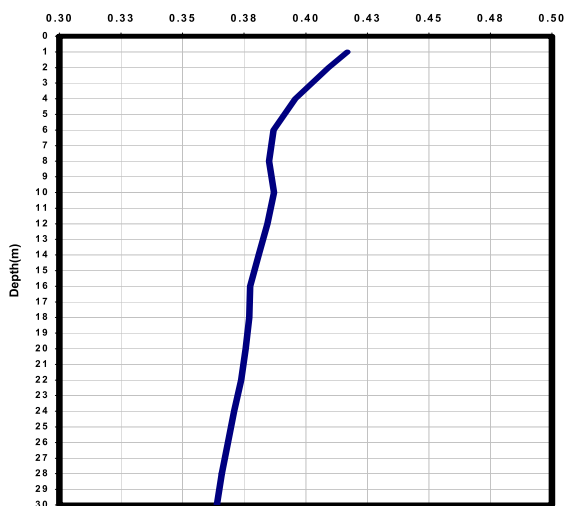
V_s (M/S)	V_p (M/S)	SPT	gr/cm ³		
197	522		1.33	Medium Sand	1
273.3	69704		1.20	Silt & clay	2
385.1	869.6	30	1.33	Silt & clay	6
402.3	930.9	32	1.82	Medium Sand	8
416.9	971.3	40		Medium Sand	9
416.9	971.3	45		Medium Sand	10
454.6	1036.0	44	1.8	Silt & clay	13
486.4	1096.1	50	1.6	Medium Sand	16
498.8	1117.4	>50	1.8	Medium Sand	20
509.3	1134.1	>50		Gravely Sand	22
525.2	1159.5	>50	1.54	Medium Sand	24
539.5	1181.9	>50	1.61	Silt & clay	26
550.1	1196.6	>50	1.68	Medium Sand	30

اعماق ۰ تا ۵ متر، در محدوده ۰.۳ تا ۰.۵ می‌باشد. بیشترین مقدار چسبندگی حاکی از وجود رسوبات دانه ریز رسی است. اطلاعات و نتایج حاصل از بررسی گمانه‌ها در جدول (۱ و ۲) ارائه می‌گردد [۲]. در خصوص تعیین سرعت لایه‌های خاک، علاوه بر اتکا به داده‌های ژئوتکنیکی، عملیات لرزه‌شناسی درون چاهی در گمانه‌های شاهده و امیرآباد انجام گرفت. جدول (۲) سرعت امواج لرزه‌ای و شکل (۳ و ۴) ضریب پواسون را در دو گمانه نشان می‌دهد.

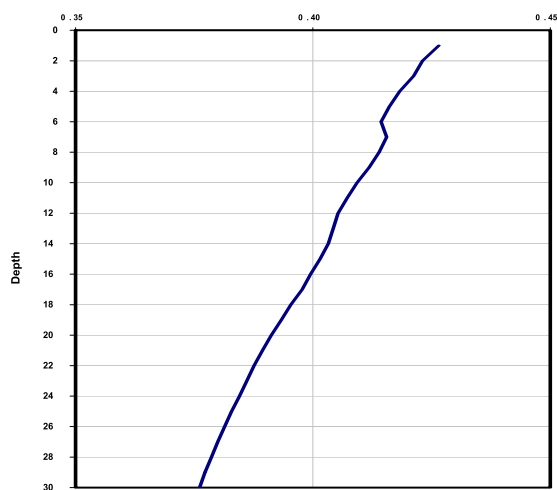
جدول ۱- اطلاعات ژئوتکنیکی و سرعت امواج لرزه‌ای درون

گمانه امیرآباد در شمال شهر یزد [۲].

V_s (M/S)	V_p (M/S)	SPT	دانشیه gr/cm ³	طبقه‌بندی توصیفی	عمق نمونه
182.7	510.4			Silt & clay	1
273	740			Silt & clay	3
306.8	818.7	40	1.89	Silt & clay	4
363.6	956.5	30	1.44	Silt & clay	7
391.9	1012.2	40	1.52	Medium Sand	9
428.2	1073	42	2.05	Medium Sand	12
450.6	1110.7	43	2.19	Medium Sand	15
458.2	1120	45	2.2	Medium Sand	16
468.7	1126.7	45	2.2	Medium Sand	18
489.3	1149.6	>50	2.3	Medium Sand	21
505.8	1174.2	>50	2.3	Medium Sand	23
513.4	1185.3	>50	2.2	Medium Sand	24
520.2	1194	>50	2.2	Medium Sand	25
537.6	1216.5	>50	2.3	Medium Sand	28
549	1232.1		2.21	Medium Sand	30



شکل ۳- نمودار تغییرات ضریب پواسون در گمانه شاهده



شکل ۴- نمودار تغییرات ضریب پواسون در گمانه امیرآباد

شکل (۵) تغییرات سرعت موج برشی در سطح زمین در شمال شهر یزد را نشان می‌دهد [۲]. حداقل سرعت برای موج P، ۵۱۰ متر بر ثانیه در گمانه امیرآباد و ۵۲۲ متر بر ثانیه در گمانه شاهده و برای موج S، ۱۸۲ متر بر ثانیه در گمانه امیرآباد و ۱۹۷ متر بر ثانیه در گمانه شاهده در عمق یک متری ثبت شد، حداکثر سرعت برای موج P، ۱۲۳۲ متر بر ثانیه در گمانه امیرآباد و ۱۱۹۶ متر بر ثانیه در گمانه شاهده در عمق ۳۰ متری ثبت شده است

فرکانسها و تناوب مختلف برای ستون خاک برای شمال شهر یزد به کار می‌روند.

به منظور مطالعه تاثیر ساختگاه بر روی امواج حاصل از زمین‌لرزه و ارائه تخمین خطی یک بعدی از رفتار غیر خطی خاک در حوزه فرکانس بعد از تعیین ویژگی ژئوتکنیکی خاک و سرعت موج برشی در مقاطع انتخابی با لحاظ نمودن شتاب زلزله در دوره بازگشت انتخابی و اعمال آن به ستون خاک در دو منطقه، رفتار دینامیکی خاک در یک بعد (عمق) و به روش خطی معادل انجام شد. برای تحلیل، نداشت جنبش زمین مستقر روی بستر سنگی، ایستگاه دیپوک و زمینلرزه ۱۹۷۹ طبس به عنوان زمین‌لرزه مبنا مورد مطالعه قرار گرفت. حاصل تحلیل، طیف پاسخ زمین در سطح، فرکانس تشدید دامنه موج لرزه‌ای، ضریب تشدید و مقدار شتاب بر حسب عمق می‌باشد. در ادامه شرح تحلیل رفتار دینامیکی خاک در محل گمانه‌ها ارائه می‌شود.

گمانه شاهدیه

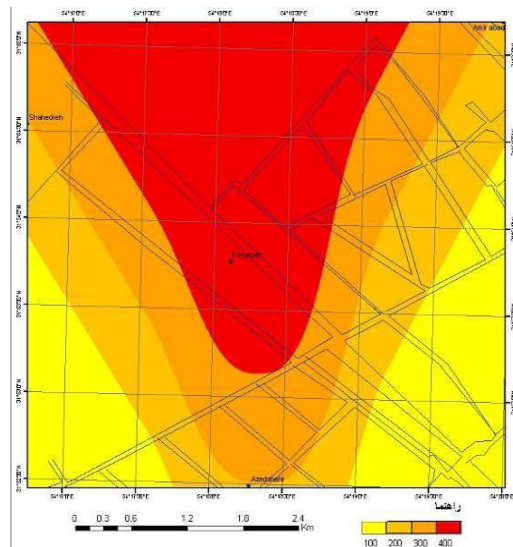
بیشینه شتاب جنبش زمین در سنگ بستر لرزه‌ای در محل این گمانه برای دوره بازگشت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۷۵ سال در جدول (۳) نشان داده می‌شود.

جدول ۳- مقدار بیشینه شتاب جنبش زمین در سنگ بستر

لرزه‌ای در محل گمانه شاهدیه [۱].

دوره بازگشت بر حسب سال	100	200	475
بیشینه شتاب زمین بر حسب (g)	0.151	0.173	0.208

در این گمانه، تحلیل دینامیکی و نتایج حاصل از اعمال شتابنگاشت زمین لرزه طبس برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال برآورد شده است. در شکل (۶) توصیف نتایج به صورت پروفیل عمقی سرعت،



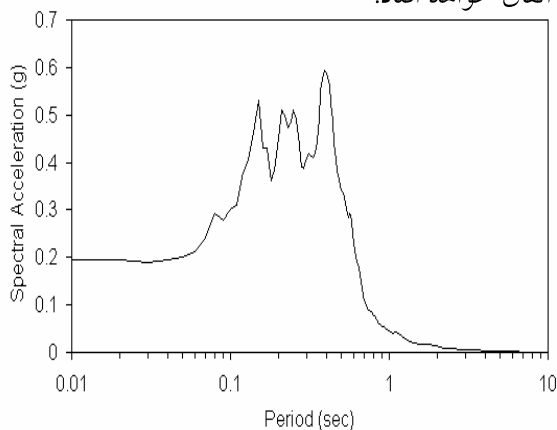
شکل ۵- تغییرات سرعت موج برشی در سطح زمین در شمال شهر یزد (M/s)

حداکثر سرعت برای موج S، ۵۴۹ متر برثانیه در گمانه امیرآباد و ۵۵۵ متر بر ثانیه در گمانه شاهدیه در عمق ۳۰ متری ثبت شده است. لایه معرف سنگ بستر لرزه‌ای (سرعت موج S برابر با ۷۵۰ متر بر ثانیه) در گمانه شاهدیه در عمق ۴۰ متری و در گمانه امیرآباد در عمق ۳۰ متری قرار دارد. به دلیل پایین بودن سرعت موج S در این دو گمانه ضرایب پواسون در محدوده ۰/۴۲ تا ۰/۳۶ برای گمانه شاهدیه و ۰/۴۳ تا ۰/۳۸ برای گمانه امیرآباد می‌باشد [۲].

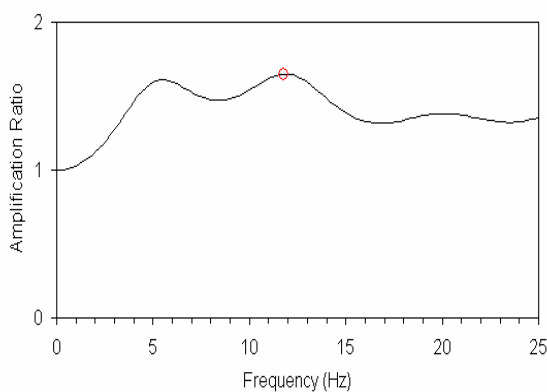
بحث

با استفاده از سرعت موج برشی و ترکیب آن با مدول برشی استاندارد و منحنی‌های کاهیدگی، خواص دینامیکی خاک در ناحیه محاسبه شد. داده‌ها با استفاده نرم‌افزار مدل‌سازی پاسخ یک بعدی زمین و MATLAB مورد تحلیل قرار گرفت و شتاب بیشینه، طیف پاسخ زمین و دوره تناوب ستون خاک به عنوان خروجی این تحلیل به دست می‌آیند [5]. این مقادیر برای تعیین مناطق دارای پتانسیل تشدید، نقشه شتاب طیفی در

۱۰۰ سال در فرکانس ۵/۴ تشدید با ضریب ۱/۶۱ اتفاق خواهد افتاد.



شکل ۷- طیف پاسخ زمین به شتابنگاشت زمینلرزه طبس. محور قائم شتاب طیفی بر حسب g و محور افقی دوره تناوب هارمونیک‌های سازنده موج برشی را بر حسب ثانیه است.



شکل ۸- نمودار فرکانس و ضریب تشدید دامنه موج لرزه ای در محل گمانه شاهده

در جدول (۴) بیشینه شتاب در سطح زمین برای دوره بازگشت ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۷۵ سال در محل این گمانه آورده شده است.

جدول ۴- بیشینه شتاب جنبش زمین در محل گمانه شاهده

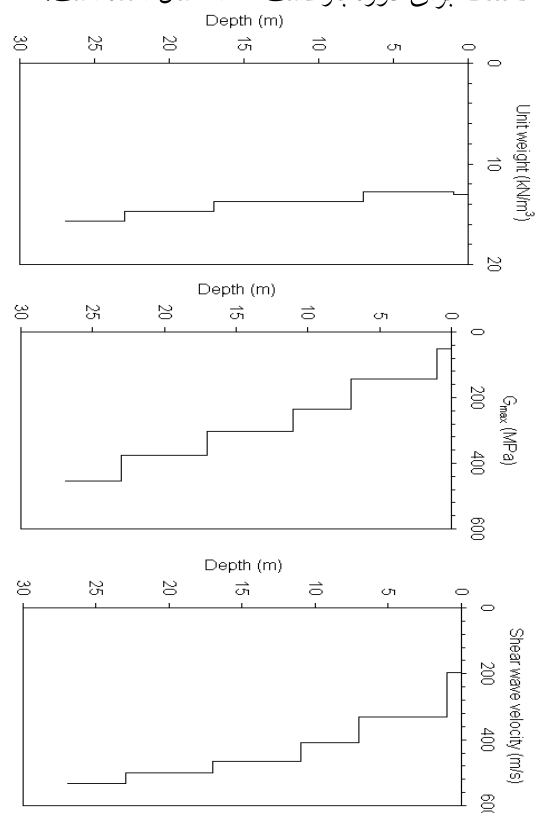
دوره بازگشت	100	200	475
بیشینه شتاب (g)	0.164	0.224	0.267

گمانه امیرآباد

در جدول (۵) بیشینه شتاب جنبش زمین در سنگ بستر در محل این گمانه آمده است. برای تعیین اثرات

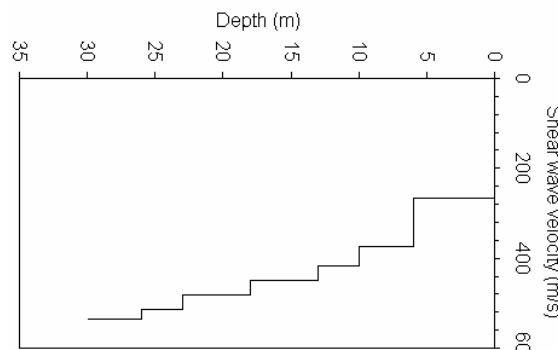
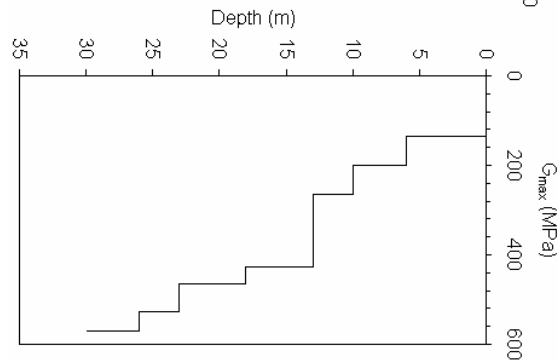
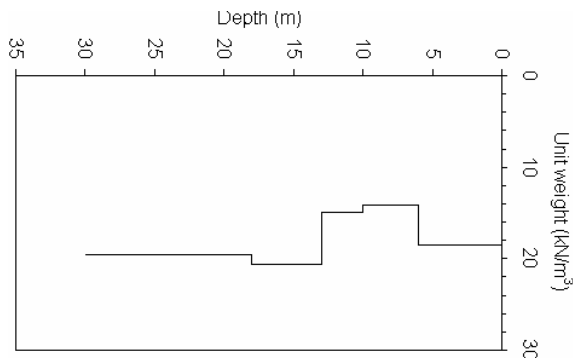
پروفیل عمقی ضریب برشی و پروفیل عمقی چگالی مواد سازنده لایه‌ها آمده است.

شکل (۷) طیف پاسخ مدل را به شتابنگاشت زمین لرزه طبس نشان می‌دهد. شکل (۸) نمودار فرکانس و ضریب تشدید را برای گمانه شاهده نشان می‌دهد. در شکل (۹) مقدار بیشینه شتاب جنبش زمین در اعماق مختلف برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال آمده است.

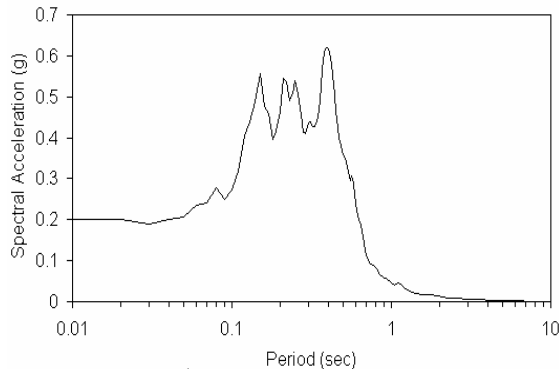


شکل ۶- توصیف تحلیل گمانه شاهده. پروفیل های عمقی سرعت موج برشی، بیشینه ضریب برشی و وزن مخصوص موادسازنده لایه‌های رسوبی

در نمودار ضریب تشدید- فرکانس، دو پیک در فرکانس در محدوده ۵/۴ و ۱۱/۸ با اختلاف ضریب تشدید بسیار کم ۰/۰۴ دیده می‌شود. با توجه به موقعیت این گمانه و زمین‌شناسی آن، از پیک اول تشدید آن، برای تعیین فرکانس و ضریب تشدید استفاده گردید. در این گمانه با فرض دوره بازگشت



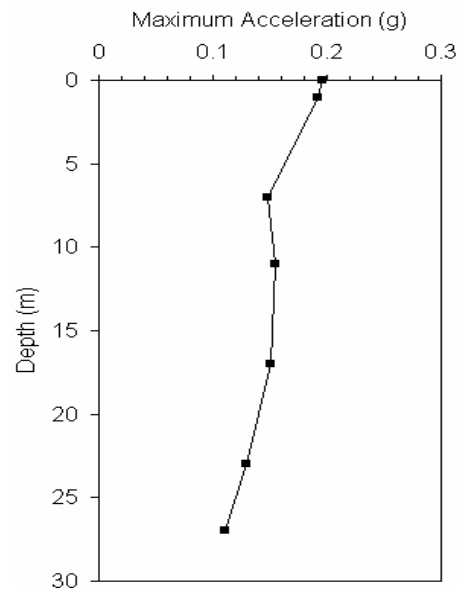
شکل ۱۰- مدل پیشنهادی برای توصیف رفتار لرزه‌ای لایه‌های رسوب در گمانه امیرآباد، پروفیل‌های عمقی سرعت موج برشی، بیشینه ضریب برشی و وزن مخصوص مواد سازنده لایه‌های رسوبی



شکل ۱۱- پاسخ مدل ارایه شده به شتابنگاشت زمین لرزه

طبس.

لایه‌های رسوبی در این محدوده بر روی دامنه امواج، از مدل شکل (۱۰) استفاده شده است. در این شکل پروفیل عمقی سرعت امواج برشی، مقدار وزن مخصوص مواد سازنده لایه‌ها و ضریب بیشینه برشی نشان داده شده‌اند. در شکل (۱۱) پاسخ این مدل به موج برشی منتشر شده از سنگ بستر (شتابنگاشت زمین‌لرزه طبس) آمده است. شکل شماره (۱۲) نمودار ضریب تشدید دامنه موج بر حسب فرکانس و شکل (۱۳)، مقدار بیشینه شتاب جنبش زمین را در اعماق مختلف برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال نشان می‌دهد. همچنان که در شکل (۱۲) ملاحظه می‌شود، هارمونیک‌های با فرکانس ۵/۸ به میزان ۱/۷ برابر دچار تشدید می‌شوند



شکل ۹- نمودار بیشینه شتاب زمین در عمق‌های مختلف برای

دوره بازگشت ۱۰۰ سال در محل گمانه امیرآباد

جدول ۵- مقدار بیشینه شتاب جنبش زمین در سنگ بستر

گمانه امیرآباد [۱].

دوره بازگشت بر حسب سال	100	200	475
مقدار شتاب بر حسب (g)	0.157	0.18	0.218

به شرح زیر می باشد، جدول (۷) تغییرات وزن مخصوص خاک و در جدول (۸) تغییرات سرعت موج برشی و در جدول (۹) تغییرات سرعت موج حجمی در محل گمانه‌ها در عمق‌های یک، سه و پنج متری ارائه می‌شود. در جدول (۱۰) ضریب تشدید و فرکانس تشدید در محل گمانه‌ها برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال در شمال شهر یزد آورده شده است. مقادیر ضریب و فرکانس تشدید در پیرامون گمانه‌های شاهدیه و امیرآباد حداکثر و به سمت جنوب از مقدار آن کاسته می‌شود، این به دلیل رسوبات رسی و ریزدانه در محل گمانه‌های شاهدیه و امیرآباد می‌باشد. بر اساس شکل (۱۴) در بخش جنوب، شرق و غرب ناحیه ضریب تشدید حداکثر و در قسمت مرکزی و شمالی ناحیه ضریب تشدید کمتر است.

جدول ۷- تغییرات وزن مخصوص خاک در محل گمانه‌ها در

شمال شهر یزد در عمق یک، سه و پنج متری [۲].

گمانه	X	Y	عمق یک متری	عمق سه متری	عمق پنج متری
شاهدیه	243637	3533372.2	1.30	1.35	1.44
امیرآباد	247761	3534650.6	1.80	1.89	1.89

جدول ۸- تغییرات سرعت موج برشی در محل گمانه‌ها در

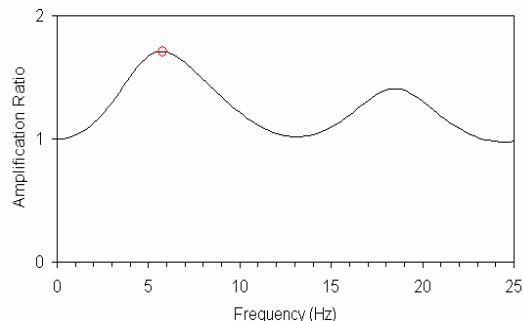
شمال شهر یزد در عمق یک، سه و پنج متری (M/s) [۲].

گمانه	عمق یک متری	عمق سه متری	عمق پنج متری
شاهدیه	197	300	375
امیرآباد	182	273	333

جدول ۹- تغییرات سرعت موج حجمی در محل گمانه‌ها در

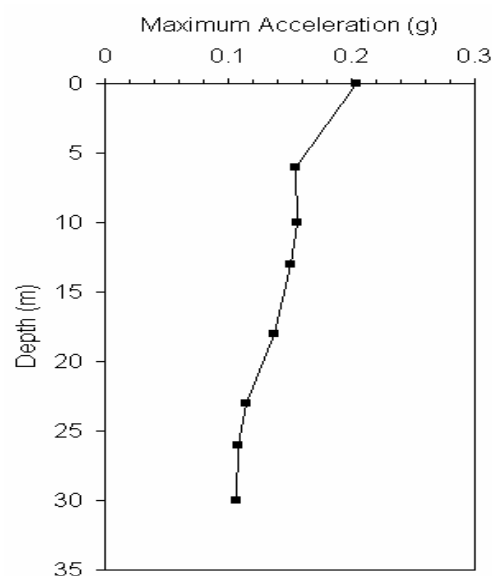
شمال شهر یزد در اعماق یک، سه و پنج متری (M/s) [۲].

گمانه	عمق یک متری	عمق سه متری	عمق پنج متری
شاهدیه	۵۲۲	۷۴۰	۸۵۶
امیرآباد	۵۱۰	۷۴۰	۸۷۵



شکل ۱۲- ضریب تشدید دامنه موج برشی برای هارمونیک‌ها

با فرکانس‌های مختلف



شکل ۱۳- بیشینه شتاب جنبش زمین بر حسب g در اعماق

مختلف در گمانه امیرآباد برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال.

در جدول (۶) میزان بیشینه شتاب جنبش زمین بر

حسب شتاب ثقل در سطح زمین در محل گمانه

امیرآباد آورده شده است.

جدول ۶- بیشینه شتاب جنبش زمین در سطح زمین در محل

گمانه امیرآباد.

دوره بازگشت بر حسب سال	100	200	475
بیشینه شتاب زمین در سطح بر حسب g	0.20	0.23	0.28
	2	3	2

نتیجه گیری

با توجه به مقادیر حاصل از بررسی اثر ساختگاه در

شمال شهر یزد، ویژگی ژئوتکنیکی و دینامیکی ناحیه

۲- ادیب، ا. (۱۳۸۶). ارائه تخمین خطی یک بعدی از رفتار غیر خطی خاک در حوزه فرکانس بر اساس داده های واقعی و مصنوعی (مطالعه موردی شمال شهر یزد)، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر. ۱۱۲ ص.

3- Dobry, R. and Vucetic, M. (1987). Dynamic properties and seismic response of soft clay deposits, Proceedings, International Symposium on Geotechnical Engineering of Soft Soils, Mexico City, Vol. 2, 51-87.

4- Ishibashi, I. (1992). Discussion to Effect of soil plasticity on cyclic response, by M. Vucetic and R. Dobry, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 118, No. 5, 830-832.

5- Ishibashi, I. and Zhang, X. (1993). "Unified dynamic shear moduli and damping ratios of sand and clay," Soils and Foundations, Vol. 33, No. 1, 182-191.

6- Kokoshu, T. (1980). Cyclic triaxial test of dynamic soil properties for wide strain range, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 2, 45-60.

7- Kramer, S.L. (1996). Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 653.

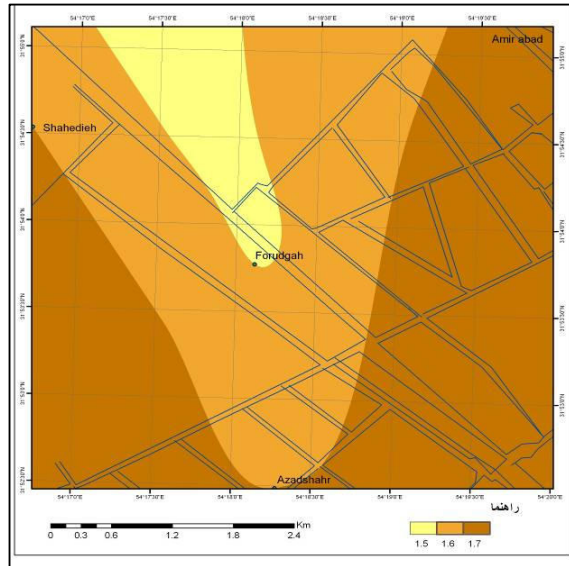
8- Seed, H.B., Wong, R.T., Idriss, I.M., and Tokimatsu, K. (1986). Moduli and damping factors for dynamic analyses of cohesionless soils, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 112, No. 11, 1016-1032.

9- Vucetic, M. and Dobry, R. (1991). Effect of soil plasticity on cyclic response, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 117, No. 1, 89-107.

جدول ۱۰- ضریب و فرکانس تشدید در محل گمانه ها در

شمال شهر یزد

فرکانس تشدید	ضریب تشدید	Y	X	نام گمانه
۵.۴	۱.۶	۳۵۳۳۳۷۲.۲	۲۴۳۶۳۷	شاهدیه
۵.۸	۱.۷	۳۵۳۴۶۵۰.۶	۲۴۷۷۶۱	امیرآباد



شکل ۱۴- نقشه هم ضریب تشدید در شمال شهر یزد، دوره بازگشت ۱۰۰ سال

قدردانی

این مقاله از طرح تحقیقاتی با همین عنوان که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر انجام شده، استخراج گردید. نگارنده بر خود واجب می داند که از مساعدت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر قدردانی نماید.

منابع

۱- ادیب، ا.، مهنهاد، ح.، (۱۳۷۷). پهنه بندی لرزه ای استان یزد، وزارت مسکن و شهرسازی، سازمان مسکن و شهرسازی استان یزد، ۴۲۰ ص.