



بررسی اثرات سختی خاک بر طیف طرح آیین نامه 2800 ایران

امین محرابی مقدم¹، هوشنگ دباغ²

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، گروه عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

a.mehrabi86@gmail.com

2- استادیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

h.dabbagh@uok.ac.ir

چکیده

با توجه به طبقه‌بندی که آیین نامه 2800 ایران برای خاک‌ها داشته است، در این مقاله نیز 4 نوع خاک، مطابق با آیین نامه برای در نظر گرفتن اثرات ساختگاهی شامل سختی لایه‌های خاک مورد بررسی قرار می‌گیرد. طیف‌های حاصل شده از تحلیل‌ها به ازای سختی‌های مختلف، با استفاده از توزیع‌های 50 درصد و 84 درصد توصیف و با طیف نظیر آیین نامه مقایسه می‌گردد. مشاهده می‌شود که ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت طیف آیین نامه، برای هر 4 نوع خاک، با طیف‌های میانگین و فوق میانگین اختلاف زیادی دارد. این نواحی از طیف طرح آیین نامه می‌توانند مورد بررسی‌های بیشتری قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: خاک، طیف طرح، طیف میانگین، طیف فوق میانگین، ناحیه سرعت ثابت، ناحیه جابجایی ثابت

1. مقدمه

زلزله از جمله بلاای طبیعی است که در کشور ما هر از چندگاهی باعث ایجاد خسارات و تلفات جبران‌ناپذیری می‌شود. تحلیل پاسخ سازه‌ها در مقابل لرزش‌های زلزله، لازمه‌ی طراحی در برابر زلزله و ارزیابی ایمنی سازه‌های موجود است. جهت به دست آوردن نیروهای زلزله روش‌های مختلفی وجود دارد که می‌توان به روش‌های آیین‌نامه‌ای و از جمله طیف طرح استاندارد پیشنهادی آیین‌نامه‌ها اشاره کرد. مطالعه پراکندگی خسارت در زلزله‌های مختلف مبین اهمیت تأثیر ساختگاه بر مشخصات زمین لرزه است [1]. استفاده از مراجع تاریخی جهت ایجاد رابطه بین خسارت زلزله و شرایط محلی ساختگاه به حدود 200 سال گذشته بازمی‌گردد. اما اثر محلی ساختگاه تا اوایل دهه‌ی هفتاد میلادی در مقررات و آیین‌نامه‌های ساختمانی وارد نشده بود. اگرچه آیین‌نامه‌های معاصر اثرات ساختگاه را منظور می‌نماید اما آن‌ها معمولاً گروه‌های مشابهی از پروفیل‌های خاک را با یکدیگر در گروه‌بندی‌های خود در نظر می‌گیرند، به گونه‌ای که توصیه‌های آنها محدودی وسیعی از شرایط خاک‌ها را در بر گرفته و انتظار می‌رود که شرایط یک ساختگاه به خصوص در آن قرار گیرد [2]. شرایط محلی ساختگاه اثر قابل ملاحظه‌ای بر کلیه‌ی خصوصیات مهم حرکت نیرومند زمین شامل دامنه، محتوای فرکانس، مدت و اشکال



طیف می‌گذارند که میزان تأثیر آن‌ها تابع هندسه، خواص مصالح لایه‌های زیرسطحی، توپوگرافی ساختگاه و خصوصیات حرکت ورودی می‌باشد [3 و 4]. در این مقاله اثرات سختی، بر پاسخ خاک‌های نظیر آیین‌نامه مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین فرض می‌شود که سطوح توپوگرافی به صورت صاف و هموار باشند و برای مدل کردن خاک‌ها از نرم‌افزار Deepsoil استفاده می‌گردد.

2. خصوصیات نرم‌افزار DEEPSOIL

این نرم‌افزار جهت تحلیل یک بعدی پاسخ زمین، مورد استفاده قرار می‌گیرد. از فرضیات اساسی در تحلیل‌های یک بعدی این است که سطح زمین را کاملاً افقی و در تمام جهت‌های جانبی نامحدود در نظر می‌گیرد. این فرضیات اگرچه تمامی شرایط واقعی ساختگاه را برآورده نمی‌سازند ولی برای بسیاری از کاربردهای مهندسی مناسب می‌باشند. در این مقاله جهت بررسی پاسخ‌های غیرخطی زمین، از روش تحلیل خطی معادل استفاده می‌شود. به دلیل خطی بودن ماهیت روش تحلیل خطی معادل، پاسخ در هر دو نقطه در یک توده‌ی خاک به صورت یگانه به یکدیگر وابسته می‌باشند. در نتیجه می‌توان حرکت یک بخش در هر نقطه از خاک تعیین کرد و حرکت ایجادشده در هر نقطه دیگر را محاسبه نمود. این امر امکان بهره‌گیری از یک توده‌ی خاک که در سطح زمین ثبت شده است را جهت محاسبه حرکتی که در بستر سنگی ایجاد می‌کند، فراهم می‌نماید که این کار اصطلاحاً ساده‌سازی گفته می‌شود [5].

3. نحوه‌ی بررسی اثرات سختی لایه‌های خاک بر پاسخ ساختگاه:

در طبقه‌بندی آیین‌نامه 2800 ایران 4 نوع خاک با توجه به محدوده‌های سرعت موج برشی و ساختمان خاک تعریف شده است [6]. به منظور بررسی اثرات سختی خاک بر روی پاسخ ساختگاه، لایه‌های خاک با ضخامت 30 متری و سختی‌های مشخص شده در جدول (1)، در نرم‌افزار Deepsoil تعریف و مدل‌سازی شده است. بررسی عمق 30 متری لایه‌های خاک، بدین دلیل است که در آیین‌نامه 2800 ایران، سرعت موج برشی به طور متوسط، در عمق 30 متری مشخص می‌گردد. در مدل‌سازی با نرم‌افزار از روش خطی معادل و با فرض صلب بودن بستر سنگی برای تعیین پاسخ‌های ساختگاه استفاده شده است.

جدول 1: ویژگی خاک‌های مدل‌سازی شده [7]

جنس	وزن مخصوص (kN/m^3)	ضخامت لایه خاک (m)	سرعت‌های موج برشی (m/s)
ماسه	20	30	750, 650, 550, 450, 375
ماسه	19	30	750, 650, 550, 450, 375
ماسه	15	30	375, 250, 175



به منظور انجام تحلیل‌ها در بخش‌های مربوطه، از 8 رکورد (شتاب‌نگاشت) مختلف استفاده شده که مشخصات آن در جدول (3) ارائه گردیده است. در انتخاب رکوردها به مسئله‌ی تفکیک خطر لرزه‌ای¹ که به بررسی اثرات بزرگا و فاصله‌ی زلزله بر پاسخ‌های سایت می‌پردازد، توجه شده است. از این رو برای در نظر گرفتن اثر رکوردها بر پاسخ سازه از دو گروه زمین‌لرزه استفاده شده است. در گروه اول، رکوردهایی انتخاب شده‌اند که نزدیک به مرکز زلزله (تا فاصله‌ی 20 کیلومتری) و با بزرگای 5 تا 6 ریشتر می‌باشند که اثر آن‌ها بر دوره تناوب‌های کم تا متوسط قابل ملاحظه است. در گروه دوم از رکوردهایی استفاده شده که دور از مرکز زلزله (فاصله‌ی 20 تا 45 کیلومتری) و با بزرگای 6 تا 7 ریشتر، که اثرات آن‌ها بر دوره تناوب‌های بلند قابل ملاحظه است. همچنین رکوردهای انتخاب‌شده به گونه‌ای هستند که محدوده‌ی گسترده‌ای از PGA^2 را شامل شوند. حروف (N) و (F) در پایان نام هر رکورد در جدول (2) نشان‌دهنده‌ی نزدیک و دور بودن شتاب نگارها از مراکز زلزله می‌باشد.

جدول 2: شتاب نگاشت‌های مورد استفاده

نام شتاب نگاشت	ایستگاه	$PGA(m/s^2)$ روی سنگ بستر
LOMA PRIETA 1 (N)	GILROY ARRAY	0/411
LOMA PRIETA 2 (N)	GILROY ARRAY	0/473
NORTHRIDGE 1 (N)	PACOIMA DAM	1/585
NORTHRIDGE 2 (N)	PACOIMA DAM	1/285
NORTHRIDGE 1 (F)	LAKE HUGHES	0/165
NORTHRIDGE 2 (F)	LAKE HUGHES	0/217
SAN FERNANDO 1 (F)	LAKE HUGHES	0/157
SAN FERNANDO 2 (F)	LAKE HUGHES	0/134

برای هر نوع خاک، طیف‌های به دست آمده برای عمق‌ها و سختی‌های مختلف را بر حسب مقادیر آن‌ها در دوره تناوب‌های صفر یعنی بیشینه شتاب زمین (PGA) هم‌پایه کرده، سپس آن‌ها را با استفاده از توزیع‌های آماری 50 درصد و 84 درصد ترکیب نموده و با طیف طرح استاندارد آیین‌نامه 2800 مقایسه می‌کنیم. در نظر گرفتن توزیع‌های آماری 50 و 84 درصد بدین دلیل است که برای سازه‌های عادی معمولاً پذیرفتن پارامترهای حرکت زمین و طیف‌های بازتابی که نزدیک به مقادیر متوسط (میانگین با اطمینان 5۰ درصد) باشند، تا حد مناسبی محافظه‌کاری لازم را ارضا می‌کند، درحالی‌که برای سازه‌های مهم و بحرانی نظیر پل‌ها، سدها، نیروگاه‌های هسته‌ای و پالایشگاه‌ها، زلزله‌های طراحی باید به صورت میانگین بعلاوه یک انحراف معیار یا فوق‌میانگین (84 درصد) از مجموعه اطلاعات موجود در منطقه مورد مطالعه انتخاب شوند تا اطمینان کافی حاصل گردد [8 و 9].

¹ Deaggregation of Seismic Hazard

² Peak Groundmotion Acceleration

نتایج حاصل از تحلیل‌های صورت گرفته برای 4 نوع خاک، در شکل‌های 1 تا 4 آورده شده است که

برای

هر نوع خاک، در 2 بخش جداگانه روی ناحیه‌ی شتاب ثابت و ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت بحث می‌گردد.

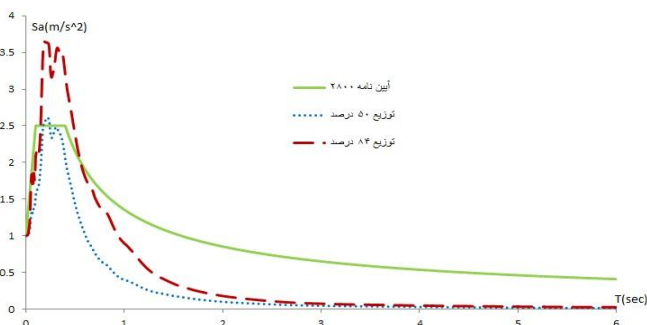
5. بررسی خاک نوع (1)

1.5 بررسی ناحیه شتاب ثابت

در این ناحیه، در بازه‌ی دوره تناوب‌های بین صفر تا $0/1$ ثانیه انطباق خوبی بین طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح آیین‌نامه‌ی 2800 وجود دارد. در دوره تناوب‌های $0/1$ ثانیه به بعد، طیف میانگین نزدیک به طیف آیین‌نامه است ولی در برخی دوره تناوب‌ها مقادیر آن از مقادیر آیین‌نامه تجاوز می‌کند، با توجه به این مشاهدات می‌توان گفت که طیف آیین‌نامه پوش مناسبی را برای طیف میانگین در نظر گرفته است. همچنین مشاهده می‌شود که مقادیر طیف فوق میانگین در دوره تناوب‌های $0/1$ ثانیه به بعد، به مقدار قابل توجهی از طیف طرح آیین‌نامه تجاوز می‌کند. چنین نتایجی نیز در سایر پژوهش‌های دیگر [10] مشاهده گردیده که نشان می‌دهند این ناحیه از طیف آیین‌نامه برای خاک نوع (1) می‌تواند مورد مطالعه‌ی بیشتری واقع گردد.

2.5 بررسی ناحیه سرعت ثابت و جابجایی ثابت

در ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت، مقادیر طیف فوق میانگین به خصوص از دوره تناوب $0/8$ ثانیه به بعد و کلیه‌ی مقادیر طیف میانگین به مقدار قابل ملاحظه‌ای از طیف آیین‌نامه 2800 کوچک‌تر است که نشان می‌دهند مقادیر آیین‌نامه‌ای برای این ناحیه‌ها به مقدار قابل ملاحظه‌ای محافظه کارانه می‌باشند. چنین نتایجی نیز در سایر پژوهش‌های دیگر [10] مشاهده گردیده است. با توجه به مشاهدات صورت گرفته، می‌توان این بخش از طیف طرح آیین‌نامه را برای خاک نوع (1) مورد بررسی‌های بیشتری قرارداد.



شکل 1: مقایسه طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح استاندارد آیین‌نامه 2800- خاک 1

6. بررسی خاک نوع (2)

در این پژوهش، با توجه به ضخامت 30 متری و سختی‌های در نظر گرفته شده برای خاک نوع (2) در مدل‌سازی (مشابه مشخصات خاک نوع 1)، نتایج حاصل از تحلیل‌ها، مشابه نتایج خاک نوع (1) به دست آمده است. برای این نوع خاک، باید اثرات ضخامت‌های بزرگ‌تر که بر روی پاسخ ساختمانگاه به خصوص در دوره تناوب‌های بالاتر تأثیرگذار است [10] نیز، در نظر گرفته شود.

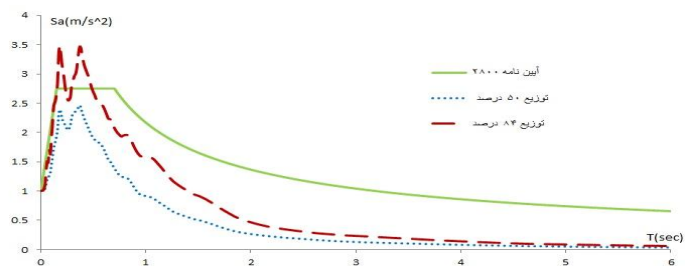
7. بررسی خاک نوع (3)

1.7. ناحیه شتاب ثابت

در این ناحیه، در بازه‌ی دوره تناوب‌های بین صفر تا 0/1 ثانیه انطباق خوبی بین طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح آیین‌نامه‌ی 2800 وجود دارد. در دوره تناوب‌های 0/1 ثانیه به بعد، طیف میانگین تا دوره تناوب 0/35 ثانیه به طیف آیین‌نامه نزدیک است ولی در دوره تناوب‌های بالاتر، اختلاف آن با طیف آیین‌نامه افزایش می‌یابد. مقادیر طیف فوق میانگین در دوره تناوب‌های 0/1 ثانیه به بعد، در برخی دوره تناوب‌ها به مقدار قابل توجهی از طیف طرح آیین‌نامه تجاوز می‌کند. مشاهدات صورت گرفته نشان می‌دهد که طیف آیین‌نامه برای این نوع خاک، برای سازه‌های عادی مناسب و تا حدی محافظه کارانه نیز می‌باشد.

2.7. ناحیه سرعت ثابت و جابجایی ثابت

در ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت، مشاهده می‌شود که طیف طرح آیین‌نامه به مقدار قابل توجهی از طیف‌های میانگین و فوق میانگین بزرگ‌تر است که نشان‌دهنده‌ی محافظه کارانه بودن مقادیر آیین‌نامه در این ناحیه‌ها است که می‌تواند مورد مطالعه‌ی بیشتری واقع گردد. چنین نتایجی نیز در سایر پژوهش‌های دیگر [10] مشاهده گردیده است.



شکل 2: مقایسه طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح استاندارد آیین‌نامه 2800- خاک 3

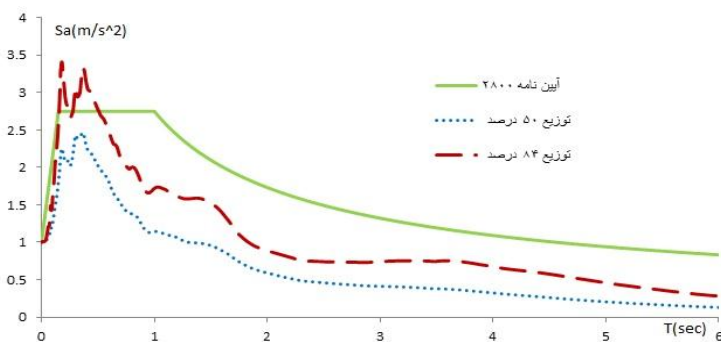
8. بررسی خاک نوع (4)

1.8. ناحیه شتاب ثابت

در این ناحیه، در بازه‌ی دوره تناوب‌های بین صفر تا $0/1$ ثانیه انطباق خوبی بین طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح آیین‌نامه‌ی 2800 وجود دارد. مقادیر طیف فوق میانگین در برخی از دوره تناوب‌های $0/1$ ثانیه به بعد از مقادیر آیین‌نامه تجاوز می‌کند. مقادیر طیف‌های میانگین از دوره تناوب $0/1$ تا $0/3$ ثانیه به مقادیر طیف طرح آیین‌نامه نزدیک است که نشان‌دهنده‌ی پوش مناسب آیین‌نامه برای این بازه است، ولی در دوره تناوب‌های بیشتر از $0/3$ ثانیه، مقادیر طیف آیین‌نامه به مقدار قابل ملاحظه‌ای بزرگ‌تر از آن است که این مشاهده در پژوهش‌های دیگر نیز حاصل گردیده است [10].

2.8. بررسی ناحیه سرعت ثابت و جابجایی ثابت

مقادیر آیین‌نامه در ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت به مقدار قابل توجهی بیشتر از طیف‌های میانگین و فوق میانگین است که نشان می‌دهد مقادیر آیین‌نامه در این نواحی خیلی محافظه‌کارانه است که می‌تواند مورد مطالعه‌ی بیشتری واقع گردد. چنین نتایجی نیز در سایر پژوهش‌های دیگر [10] مشاهده گردیده است.



شکل 3: مقایسه طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح استاندارد آیین‌نامه 2800- خاک 4

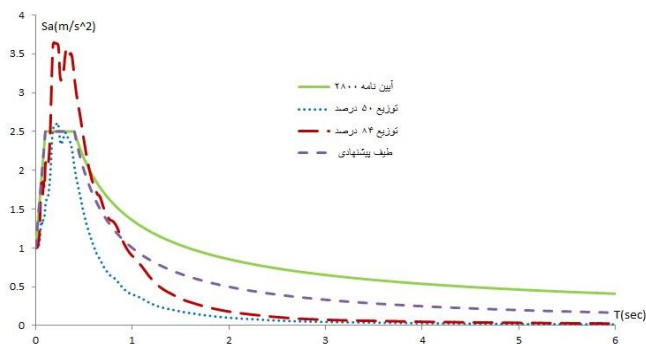
9. بررسی رابطی پیشنهادی ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت برای طیف آیین‌نامه 2800

محافظه کارانه بودن طیف‌های آیین‌نامه 2800 ایران در ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت ممکن است ناشی از منظور کردن مشخصه‌های متفاوت موجود در حرکت زمین در بستر سنگی برای مناطق مختلف باشد [11]. از این رو می‌توان رابطی $(S+1)(Ts/T)^{2/3}$ را مورد ارزیابی مجدد قرارداد و رابطی $(S+1)(Ts/T)$ را به جای آن پیشنهاد داد، زیرا در اغلب آیین‌نامه‌های روز دنیا برای ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت سیر نزولی با شیب بیشتری، و در اکثر آن‌ها توان رابطی (T/Ts) را 1 در نظر می‌گیرند [11] که در این بخش از مقاله به بررسی رابطی پیشنهادی برای خاک‌های مختلف آیین‌نامه پرداخته می‌شود.

برای بررسی رابطی پیشنهادی، مقادیر طیف‌های میانگین و فوق میانگین به دست آمده از تحلیل‌های صورت گرفته، با طیف حاصل از رابطی پیشنهاد شده در ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت که مقادیر کمتری را نسبت به طیف 2800 نتیجه می‌دهد، مقایسه شده و نتایج برای هر یک از انواع خاک در بخش‌های جداگانه مطرح می‌شود.

1.9. بررسی خاک نوع 1و1

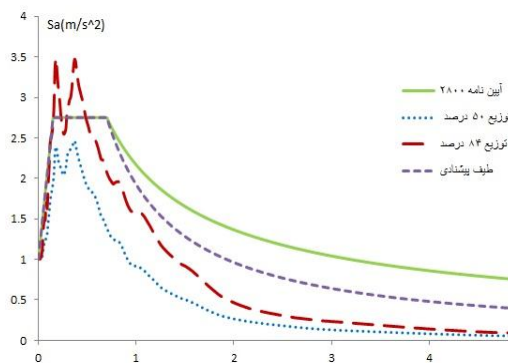
طیف پیشنهادی در دوره تناوب‌های کوچک‌تر از 0/9 ثانیه با مقادیر طیف فوق میانگین تقریباً منطبق است، در حالی که مقادیر طیف فوق میانگین از دوره تناوب‌های 0/9 ثانیه به بعد و همچنین مقادیر طیف میانگین در تمامی دوره تناوب‌های ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت، کوچک‌تر از طیف پیشنهادی است، از این رو طیف پیشنهادی پوش مناسبی را روی طیف‌های میانگین و فوق میانگین در ناحیه‌های ذکر شده در نظر می‌گیرد. چنین نتایجی نیز، در سایر پژوهش‌های دیگر [10] حاصل شده است.



شکل 4: مقایسه طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح پیشنهادی- خاک 1 و 2

2.9. بررسی خاک نوع 3

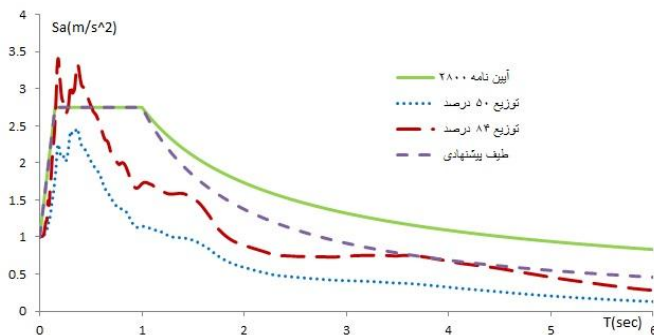
مشاهده می شود که برای این نوع خاک، طیف پیشنهادی نسبت به طیف آیین نامه، به مقادیر طیف های میانگین و فوق میانگین نزدیک تر و همواره بزرگ تر از آنها است. این نتایج نشان می دهند که طیف پیشنهادی، پوش مناسبی را برای طیف های میانگین و فوق میانگین در نظر می گیرد که در سایر پژوهش های دیگر [10] نیز چنین نتایجی مشاهده گردیده است.



شکل 3: مقایسه طیف های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح پیشنهادی - خاک 3

3.9. بررسی خاک نوع 4

در این نوع خاک، اثر دوره تناوب های بالاتر بر پاسخ ساختگاه، اهمیت بیشتری دارد. مشاهده می شود که طیف پیشنهادی همواره بزرگ تر از طیف میانگین بوده و به طیف فوق میانگین نیز بسیار نزدیک است. این نتایج نشان می دهند که طیف پیشنهادی، پوش مناسب تر و اقتصادی تری را برای طیف های میانگین و فوق میانگین در نظر می گیرد که در سایر پژوهش های دیگر [10] نیز چنین نتایجی مشاهده گردیده است.



شکل 4: مقایسه طیف های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح پیشنهادی - خاک 4

10. خلاصه و نتیجه گیری

- با توجه به در نظر گرفتن اثر سختی در تحلیل های انجام گرفته، و بررسی طیف های میانگین و فوق میانگین حاصل برای هر 4 نوع خاک، در این پژوهش می توان برداشت کرد که:
- 1- در ناحیه ی شتاب ثابت، مقادیر طیف فوق میانگین برای هر 4 نوع خاک، در برخی دوره تناوب ها از مقادیر طیف آیین نامه بزرگ تر می باشند. طیف طرح آیین نامه برای موارد ذکر شده می تواند مورد بررسی های بیشتری قرار گیرد.
 - 2- در ناحیه ی شتاب ثابت، طیف طرح آیین نامه برای طیف میانگین هر 4 نوع خاک، پوش مناسبی را در نظر می گیرد.
 - 3- طیف های طرح آیین نامه 2800 در ناحیه های سرعت ثابت و جابجایی ثابت برای هر 4 نوع خاک مقادیر محافظه کارانه ای را ارائه می دهند که می تواند باعث غیراقتصادی شدن پروژه ها گردد، از این رو رابطه ی پیشنهادی $(S+1)(T_s/T)$ برای دوره تناوب های بلند می تواند مورد مطالعات بیشتری قرار گیرد.
 - 4- مقادیر طیف پیشنهادی برای ناحیه های سرعت ثابت و جابجایی ثابت، همواره از مقادیر طیف میانگین و فوق میانگین برای هر 4 نوع خاک بزرگ تر بوده که نشان می دهد این طیف نسبت به طیف طرح آیین نامه 2800، برای سازه ها پوش مناسب تر و اقتصادی تری را ارائه می دهد.

9. مراجع

- [1] قائم قامیان، م. نوجوان، ع. "مطالعه پارامترهای زلزله شناسی و اثر ساختگاهی با استفاده از نگاشت های زلزله داهوئیه (زرنند)" پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، 1385.
- [2] Kramer SL. Geotechnical earthquake engineering, In: Prentice – Hall international series in civil engineering and engineering mechanics. Prentice-Hall, New jersey. 1996.
- [3] Ghayamghamian, M.R., Kawakami, H. On the characteristics of non-linear soil response and dynamic soil properties using vertical array data in Japan". Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 25, No.8, 857-870.1996.
- [4] Ghayamghamian, M.R. Segmental cross-spectrum as a new technique in site response estimation using pectral ratio analysis. Journal of Earthquake Engineering 9, No. 2, 247-261.2005.
- [5] کرامر، ا. "مهندسی ژئوتکنیک لرزه ای"، ترجمه میرمحمد حسینی، س.م، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، 1388.
- [6] "آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد 2800)"، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی، 1384.
- [7] طاحونی، ش. (1389) "اصول مهندسی ژئوتکنیک جلد 1 مکانیک خاک"، انتشارات پارس آیین.



- [8] Seed, H.B. and Idriss, I.M. Ground Motion and Soil Liquefaction During Earthquakes, EERC, Monograph Series, 1982
- [9] Hall, W. J., Mohraz, B. and Newmark, N.M. Statistical study of Earthquake Response Spectra., Proceedings Of 3rd International Conference on Structural Mechanics in *Reactor Technology*, Paper No.K1/6, 1975.
- [10] محرابی مقدم، ا. و رجبی، ث. و نصری زر، ا.ا.، " بررسی اثرات شرایط محلی بر پاسخ ساختگاه " مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی عمران معماری و توسعه پایدار شهری، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران، 28-27 آذر، 1392.
- [11] Chopra AK. Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering (2nd ed.), Prentice Hall, Englewood Cliffs, 2001.