بررسی اثرات سختی خاک بر طیف طرح آیین‌نامه 2800 ایران

امین محرابی مقدم[1]، هوشنگ دباغ[2]

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 آیین‌نامه 2800 ایران برای خاک‌ها داشته است، در این مقاله نیز 4 نوع خاک، مطابق با آیین‌نامه برای درنظر گرفتن اثرات ساختگاهی شامل سختی لایه‌های خاک مورد بررسی قرار می‌گیرد. طیف‌های حاصل‌شده از تحلیل-ها به ازای سختی‌های مختلف، با استفاده از توزیع‌های 50 درصد و 84 درصد توصیف و با طیف نظیر آیین‌نامه مقایسه می-گردد. مشاهده می‌شود که ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت طیف آیین‌نامه، برای هر 4 نوع خاک، با طیف‌های میانگین و فوق‌میانگین اختلاف زیادی دارد. این نواحی از طیف طرح آیین‌نامه 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 بلایای 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 زمین‌لرزه 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 محدوده‌ی 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 قابل‌ملاحظه‌ای بر کلیه‌ی خصوصیات مهم حرکت نیرومند زمین شامل دامنه، محتوای فرکانس، مدت و اشکال

Archive of SID
www.SID.ir

طیف می‌گذارند که میزان تأثیر آن‌ها تابع هندسه، خواص مصالح لایه‌های زیرسطحی، توپوگرافی ساختگاه و خصوصیات حرکت ورودی می‌باشد[3و4]. 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 همه‌ی 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 مشخص‌شده 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	375، 450، 550، 650، 750
ماسه	19	30	375، 450، 550، 650، 750
ماسه	15	30	175، 250، 375

Archive of SID

www.SID.ir

رس	13	30	50، 100، 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 لرزه‌ای[1] که به بررسی اثرات بزرگا و فاصله‌ی زلزله بر پاسخ‌های سایت می‌پردازد، توجه شده است. از این‌رو 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 قابل‌ملاحظه است. در گروه دوم از رکوردهایی استفاده‌شده که دور از مرکز زلزله (فاصله‌ی 20 تا 45 کیلومتری) و با بزرگای 6 تا 7 ریشتر، که اثرات آن‌ها بر دوره تناوب‌های بلند قابل‌ملاحظه 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.

جدول2: 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 ۵۰ 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 انحراف‌معیار یا فوق‌میانگین (84 درصد) از مجموعه اطلاعات موجود در منطقه مورد مطالعه انتخاب شوند تا اطمینان کافی حاصل گردد[8و9].

[1] Deaggregation of Seismic Hazard
[2] Peak Groundmotion Acceleration

Archive of SID
www.SID.ir

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

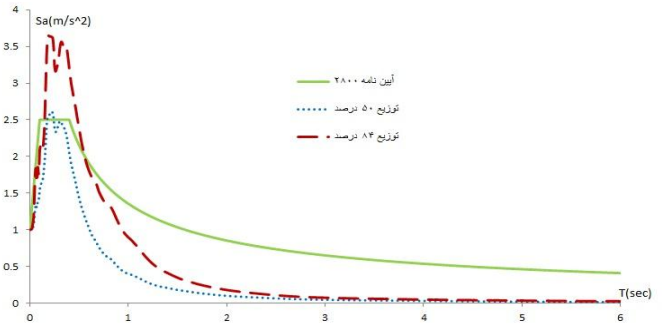
در این ناحیه، در بازه‌ی دوره تناوب‌های بین صفر تا 0/1 ثانیه انطباق خوبی بین طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح آیین‌نامه‌ی 2800 وجود دارد. در دوره تناوب‌های 0/1 ثانیه به بعد، طیف میانگین نزدیک به طیف آیین‌نامه است ولی در برخی دوره تناوب‌ها مقادیر آن از مقادیر آیین‌نامه تجاوز می‌کند، با توجه به 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 قابل‌توجهی 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 قابل‌ملاحظه‌ای از طیف آیین‌نامه 2800 کوچک‌تر است که نشان می‌دهند مقادیر آیین‌نامه‌ای برای این ناحیه‌ها به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای محافظه‌کارانه 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.

Archive of SID

www.SID.ir



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 گرفته‌شده برای خاک نوع(2) در مدل‌سازی (مشابه مشخصات خاک نوع1)، 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 ساختگاه به خصوص در دوره تناوب‌های بالاتر تأثیرگذار است[10] نیز، در نظر گرفته شود.

7. بررسی خاک نوع(3)

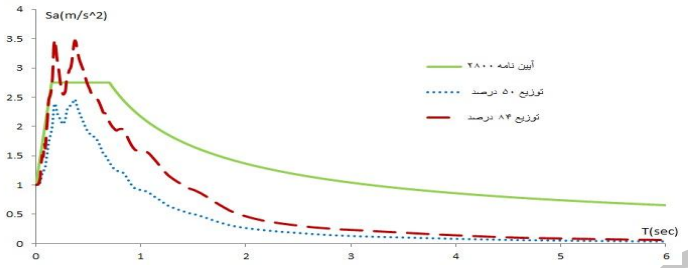
1.7. ناحیه شتاب ثابت

در این ناحیه‌ی، 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 فوق‌میانگین در دوره تناوب‌های 0/1 ثانیه به بعد، در برخی دوره تناوب‌ها به مقدار قابل‌توجهی 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 محافظه‌کارانه 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 قابل‌توجهی از طیف‌های میانگین و فوق میانگین بزرگ‌تر است که نشان‌دهنده‌ی محافظه‌کارانه 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.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل2: مقایسه طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح استاندارد آیین‌نامه 2800- خاک3

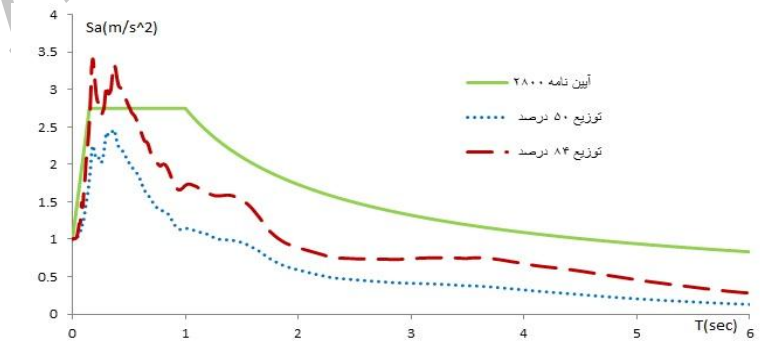
8. بررسی خاک نوع(4)

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 قابل‌ملاحظه‌ای 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 قابل‌توجهی بیشتر از طیف‌های میانگین و فوق‌میانگین 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.



Archive of SID
www.SID.ir

شکل3: مقایسه طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح استاندارد آیین‌نامه 2800- خاک4

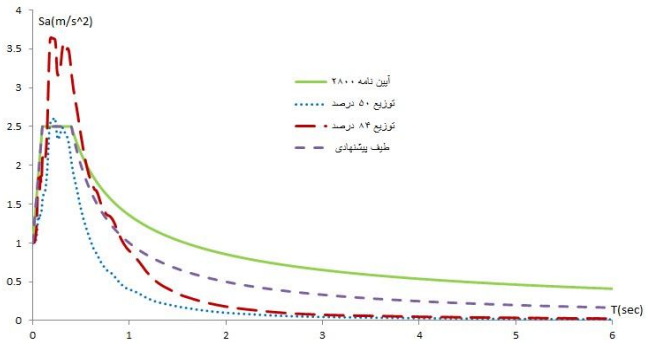
9. بررسی رابطه‌ی پیشنهادی ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت برای طیف آیین‌نامه 2800

محافظه‌کارانه 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 این‌رو می‌توان رابطه‌ی $(S+1)(Ts/T)^{2/3}$ را مورد ارزیابی مجدد قرارداد و رابطه‌ی $(S+1)(Ts/T)$ 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 رابطه‌ی (T/Ts) را 1 در نظر می‌گیرند[11] که در این بخش از مقاله به بررسی رابطه‌ی پیشنهادی برای خاک‌های مختلف آیین‌نامه پرداخته می‌شود.

برای بررسی رابطه‌ی پیشنهادی، مقادیر طیف‌های میانگین و فوق میانگین به دست آمده از تحلیل‌های صورت گرفته، با طیف حاصل از رابطه‌ی پیشنهادشده 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 1و2

طیف پیشنهادی در دوره تناوب‌های کوچک‌تر از 0/9 ثانیه با مقادیر طیف فوق میانگین تقریباً منطبق است، درحالی‌که 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 ذکرشده در نظر می‌گیرد. چنین نتایجی نیز، در سایر پژوهش‌های دیگر[10] حاصل شده است.

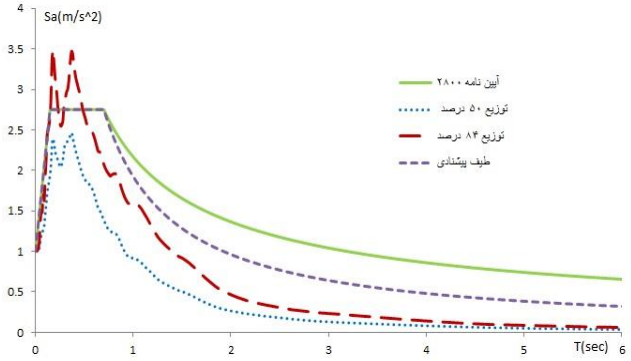


شکل4: مقایسه طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح پیشنهادی- خاک 1و 2

Archive of SID
www.SID.ir

2.9. بررسی خاک نوع 3

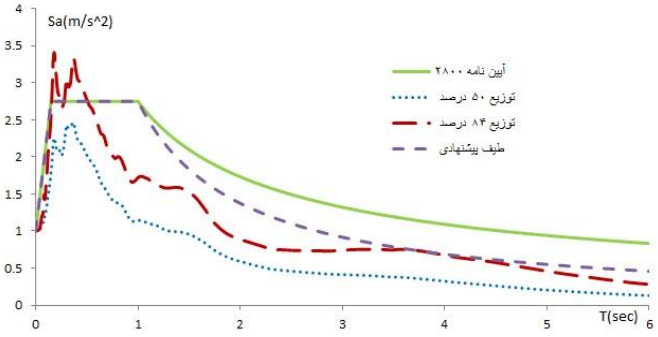
مشاهده می‌شود که برای این نوع خاک، طیف پیشنهادی نسبت به طیف آیین‌نامه، به مقادیر طیف‌های میانگین و فوق میانگین نزدیک‌تر و همواره بزرگ‌تر از آن‌ها است. این نتایج نشان می‌دهند که طیف پیشنهادی، پوش مناسبی را برای طیف‌های میانگین و فوق میانگین در نظر می‌گیرد که در سایر پژوهش‌های دیگر[10] نیز چنین نتایجی مشاهده گردیده است.



شکل 5: مقایسه طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح پیشنهادی- خاک 3

3.9. بررسی خاک نوع 4

در این نوع خاک، اثر دوره تناوب‌های بالاتر بر پاسخ ساختگاه، اهمیت بیشتری دارد. مشاهده می‌شود که طیف پیشنهادی همواره بزرگ‌تر از طیف میانگین بوده و به طیف فوق میانگین نیز بسیار نزدیک است. این نتایج نشان می‌دهند که طیف پیشنهادی، پوش مناسب‌تر و اقتصادی‌تری را برای طیف‌های میانگین و فوق میانگین در نظر می‌گیرد که در سایر پژوهش‌های دیگر[10] نیز چنین نتایجی مشاهده گردیده است.



شکل 6: مقایسه طیف‌های میانگین و فوق میانگین با طیف طرح پیشنهادی- خاک 4

Archive of SID
www.SID.ir

10. خلاصه و نتیجه‌گیری

با توجه به در نظر گرفتن اثر سختی در تحلیل‌های انجام‌گرفته، و بررسی طیف‌های میانگین و فوق‌میانگین حاصل برای هر 4 نوع خاک، در این پژوهش می‌توان برداشت کرد که:

1- در ناحیه‌ی شتاب ثابت، مقادیر طیف فوق میانگین برای هر 4 نوع خاک، در برخی دوره تناوب‌ها از مقادیر طیف آیین‌نامه بزرگ‌تر می‌باشند. طیف طرح آیین‌نامه برای موارد ذکرشده می‌تواند مورد بررسی‌های بیشتری قرار گیرد.

2- در ناحیه‌ی شتاب ثابت، طیف طرح آیین‌نامه برای طیف میانگین هر 4 نوع خاک، پوش مناسبی را در نظر می‌گیرد.

3- طیف‌های طرح آیین‌نامه 2800 در ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت برای هر 4 نوع خاک مقادیر محافظه‌کارانه‌ای را ارائه می‌دهند که می‌تواند باعث غیراقتصادی شدن پروژه‌ها گردد، از این رو رابطه‌ی پیشنهادی $(S+1)(Ts/T)$ برای دوره تناوب‌های بلند می‌تواند مورد مطالعات بیشتری قرار گیرد.

4- مقادیر طیف پیشنهادی برای ناحیه‌های سرعت ثابت و جابجایی ثابت، همواره از مقادیر طیف میانگین و فوق‌میانگین برای هر 4 نوع خاک بزرگ‌تر بوده که نشان می‌دهد این طیف نسبت به طیف طرح آیین‌نامه 2800، برای سازه‌ها پوش مناسب‌تر و اقتصادی‌تری را ارائه می‌دهد.

9. مراجع

[1] قائم‌قامیان،م. نوجوان، ع. "مطالعه پارامترهای زلزله‌شناسی و اثر ساختگاهی با استفاده از نگاشت‌های زلزله داهوئیه (زرند)" پژوهشنامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، 1385.

[2] Kramer SL. Geotechnical earthquake engineering, In: Prentice – Hall internatinoal series in civil engineering and engineering mechhanics. 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 لرزه‌ای"، ترجمه میرمحمد حسینی، س.م، موسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، 1388.

[6] "آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد 2800)"، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی، 1384.

[7] طاحونی، ش. (1389) "اصول مهندسی ژئوتکنیک جلد1 مکانیک خاک"، انتشارات پارس‌آیین.

Archive of SID
www.SID.ir

[8] Seed, H.B. and Idriss, I.M. Ground Motion and Soil Liguefaction During Earthguakes , 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 Sructural 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 بین‌المللی 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.

Archive of SID

www.SID.ir