پوهنتون پولی تخنیک کابل
مجله علم و تکنالوژی
جلد ۵۰ - شماره ٤
حوت - سال ۱٤۰۱ - هـ.ش.
تاریخ دریافت اثر: ۱۴۰۱/۰۵/۰۱
تاریخ قبـولی اثر: ۱۴۰۱/۱۰/۰۱
P-ISSN: 2305 - 896X
KPU-JST

ارزیابی مقایسوی ضرایب زلزله سه ولایت هرات، کابل و بدخشان

پوهنیار دیپلوم انجینر محمد ناصر امین[۱*]، پوهاند دوکتور امان الله فقیری[۲]

[۱*]استاد دیپارتمنت اداره اعمار ساختمان ها، پوهنتون پولی تخنیک کابل، ناحیه ۵، کابل، افغانستان.
ایمیل آدرس: naser.amin@kpu.edu.af

[۲]استاد دیپارتمنت اداره اعمار ساختمان ها، پوهنتون پولی تخنیک کابل، ناحیه ۵، کابل، افغانستان.
ایمیل آدرس: amanullah.faqiri@kpu.edu.af

خلاصه

در چند دهه اخیر رشد جمعیت در شهرهای بزرگ افغانستان متمرکز بوده که باعث تراکم بلند منزل ها در شهر ها شده است. از آنجایی که افغانستان دریک منطقه زلزله خیز فعال قرار دارد، این ساختمان ها در معرض تخریب یا تغیر مکان های جانبی بزرگ به دلیل حرکات زلزله قوی قرار می‌گیرند و در نتیجه خطرات و حوادث جدی بوجود می آیند. درجریان یک رویداد سیسمیکی، اغلب کیفیت پایین طراحی و اعمار ساختمان به طور وسیع به عنوان دلایل اصلی تغیر مکان های جانبی بزرگ که باعث تلفات انسانی و خسارات مالی می شود، تثبیت شده است. نقشه خطر سیسمیکی افغانستان نشان می دهد که خطر زلزله در نواحی شمالی و شمال شرقی کشور زیاد و در نیمه غربی کشور بسیار کم است. برای ارزیابی سیسمیکی ساختمان‌ها، در این تحقیق سه ولایت هرات، کابل و بدخشان با شدت‌های زلزله‌ای صعودی انتخاب شده است. هدف از این مطالعه تشکیل موج مصنوعی برای این سه مکان و بررسی و ارزیابی ضرایب شدت زلزله، خصوصیات خاک و حرکات زمین در این مکان ها می باشد تا با استفاده از این ضرایب ساختمان ها به صورت معیاری طراحی و اعمار گردند. در نتیجه این تحقیق دریافت شده است که ضرایب زلزله یی که شدت زلزله را نشان می دهد در بدخشان بسیار بلند در کابل متوسط و در هرات از همه پایین می باشد.

اصطلاحات کلیدی: خطر زلزله، موج مصنوعی، شکست، طیف پاسخ، تاریخچه زمانی

*مؤلف مسئول

۱. مقدمه

زلزله ها یکی از مخرب ترین حوادث طبیعی است. چون افغانستان در بخش فعال جیولوجیکی جهان واقع شده پر از شکست ها است. این شکست ها به اندازه کافی بزرگ هستند و به احتمال زیاد به سرعت می لغزند و زلزله تولید می کنند [۱]. در افغانستان سالانه تعداد زیادی از زلزله های کوچک و متوسط صورت می گیرد و هر چند سال بعد یک زلزله قدرتمند افغانستان را تکان می دهد و باعث آسیب و مرگ و میر شدید می شود. خسارات جانی و اقتصادی که ممکن است در اثر زلزله شدید در یک منطقه پرجمعیت رخ دهد، پیامد مستقیم آسیب و فروریختن ساختمان ها است[۳]. تنها در ۱۰ سال گذشته، زلزله ها بیش از ۷۰۰۰ نفر را کشتند، از جمله زلزله نهرین در ماه می ۱۹۹۸ که حدود ۴۰۰۰ نفر را کشته است [۲]. زلزله خیزی افغانستان ،همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، بر اساس حرکت نسبی به سمت شمال پلیت/صفحه عربی از غرب افغانستان با سرعت ۳۳ ملی متر در سال و پلیت/صفحه هند از شرق افغانستان با سرعت ۳۹ ملی متر در سال که هر دو پلیت/صفحه زیر پلیت/صفحه یوروآسیا قرار می گیرند، به وجود می آید [۱].

تغییر شکل قشر زمین و گوشته بالایی مسئول کوه‌ها و زلزله‌های افغانستان است که عمدتاً ناشی از حرکت به سمت شمال صفحه هند و صفحه عربی در برابر صفحه اوراسیا است[۵]. فعالیت جیولوجیکی کمربند هیمالیا، که شمال شرق افغانستان بخشی از آن است، معمولاً به عنوان پیامد برخورد بین شبه قاره هند و اوراسیا تفسیر می شود[۱۲]. مناطق مرکزی و غربی افغانستان از نظر سیسمیکی کمتر فعال بوده، اما بخش شمال شرقی این کشور از نظر سیسمیکی بیشتر فعال است، زیرا تأثیرات برخورد پلیت های/صفحات هند و اوراسیا در آنجا بارزتر است[۱].

۲. هدف تحقیق

هدف از این تحقیق بررسی بخش های مختلف افغانستان از لحاظ خطر زلزله ای و طراحی طیف پاسخ § برای ضریب های زلزله سه ولایت مختلف افغانستان است. علاوتاً تاثیر خاک های مختلف در طیف پاسخ نیز بررسی خواهد شد. بنابر عدم موجودیت ریکارد زلزله ثبت شده واقعی در افغانستان یکی از اهداف دیگر این تحقیق بوجود آوردن موج مصنوعی متناسب با طیف پاسخ برای ولایات مختلف افغانستان می باشد.

۳. مسّله تحقیق

در افغانستان دیزاین ساختمانها تنها به اساس روش خطی قوه ستاتیکی صورت میگیرد و استفاده از طریقه تحلیل تاریخچه زمانی که ارزیابی دیزان ساختمان توسط موج مصنوعی* است، بسیار معمول نیست. ارزیابی مقایسوی ضرایب زلزله سه ولایت هرات، کابل و بدخشان و در نتیجه تشکیل شدن موج مصنوعی یا حرکت مصنوعی زمین، برای ارزیابی ساختمانها توسط طریقه تاریخچه زمانی بسیار مهم میباشد.

---

† Faults
‡ Uppermost Mantle
§ Response Spectrum
* Artificial Ground Motion

۴. روش تحقیق

خطر زلزله افغانستان نشان دهنده سطح خطر زلزله در بخش های مختلف می باشد. ارقام و ضریب های بدست آمده از سطح خطر زلزله افغانستان برای تشکیل طیف های پاسخ و حرکت مصنوعی زمین یا موج مصنوعی استفاده شده است. روش تحقیق این مقاله به گونه تحلیلی و محاسباتی است. در تحقیقات این مقاله از برنامه SIMEQ Version 1.2 برای تشکیل موج ها مصنوعی و از برنامه DYNAT 2 برای تشکیل طیف پاسخ برای سه ولایت هرات، کابل و بدخشان استفاده صورت گرفته است. شکل۱ فلوچارت یا طریقه پروسس این تحقیق را نشان میدهد.

۵. پیشینه تحقیق

ضرایب زلزله های افغانستان وابسته به فعالیت های شکست های مختلف در منطقه می باشد. بر اساس زلزله های تاریخی و نقشه های تکتونیکی افغانستان در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰، افغانستان دارای چهار شکست بزرگ مانند شکست چمن (CHF)، شکست هرات (HF)، شکست مرکزی بدخشان (CBF)، و شکست دروازه (DF) است. شکست های میانی دیگر مانند گردیز، موکوره، کنر، پنجشیر-جبل السراج، پغمان- سروبی و شکست طلاس-فرغانه است که در شکل ۳ نشان داده شده است[۱].

شکست چمن بیشترین شواهد برای فعالیت های زلزله ای را دارد، این بخشی از لبه غربی مرز پلیت های/صفحات عرضی بین اوراسیا و هند است. بعد از شکست چمن، شکست درواز بیشترین شواهد را برای لغزش جوان دارد. بخش شمالی شکست تا حدی در تاجکستان اما بیشتر در افغانستان است [۱].

شکست هریرود بیان جیومورفیک قابل توجهی در تصاویر ماهواره ای دارد، اما شواهدی در جهت تایید و رد فعالیت های امروزی آن وجود دارد.



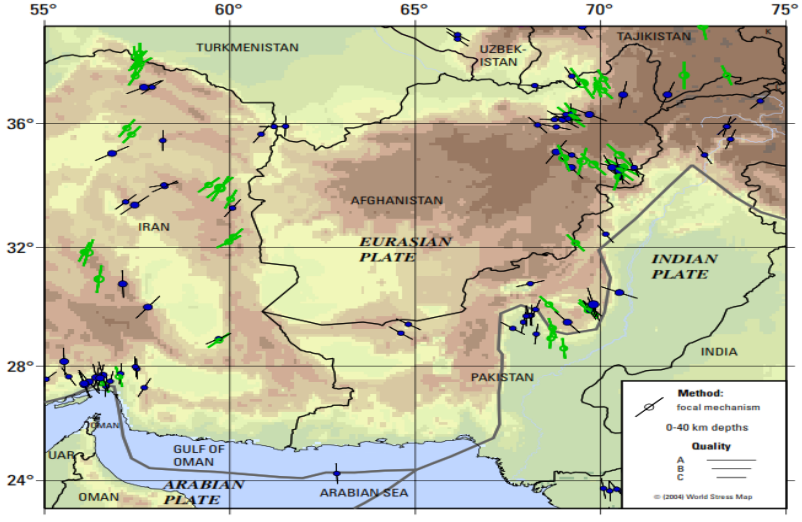
شکل ۱. فلوچارت یا تسلسل اجرایوی تحقیق(منبع: مؤلفان)

زلزله های موجود در اسناد تاریخی در نزدیکی هرات و کابل می تواند نشان دهنده این باشد که این شکست به طور متناوب فعال است [۸]. ولمن [۱]، به شواهد عکاسی هوایی از انحراف جریان در دو محل اشاره کرد، اما تریفونوف در گزارش یک ارتباط شخصی از مولنار این مشاهدات را مورد مناقشه قرار داده است. شکست اندراب دارای دو مکان است که ولمن [۱]، شواهدی مبنی بر لغزیدن در امتداد سمت راست را از عکس های هوایی تفسیر کرده است. با این حال، تریفونوف به ارتباط شخصی اشاره کرد که در آن مولنار با تفاسیر ولمن مخالفت نموده است. در شکست درواز، ولمن [۱]، عکس‌های هوایی را بررسی کرد و یکی از ساحات را یافت که شواهدی از دورافت امتداد لغزیدن سمت چپ را داشت.

روی شکست سروبی و نزدیک آن، مجموعه‌ای از لرزه نگارهای /سیسموگراف[†] های قابل حمل، زلزله های کوچک را ثبت کردند که کانون‌های دقیق آن‌ها روی نشان های شکست جمع شدن یا هم ردیف بودند[۱]. تنها میکانیزم کانونی مرکب از زلزله‌های خوشه‌ای با کانون‌های روی یا نزدیک به نشان شکست، مستوی گره‌ای موازی با ضربه شکست داشت.

کواتی مایر و جاکوب [۱]، فعالیت زلزله ای دور روی شکست کنر را گزارش کردند، اما مکان یا جزئیات خاصی ارائه نکردند. پریوت و دیگران [۱]، مجموعه ای از وسایل قابل حمل را به کار گرفتند که زلزله های کوچک را ثبت می کردند.

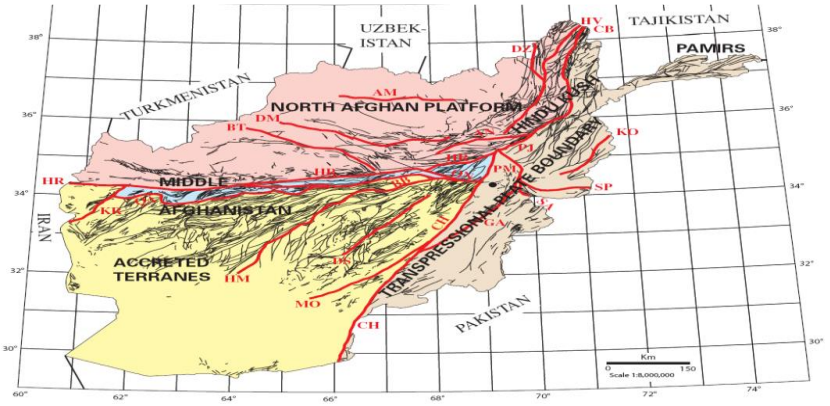
هر سه مکانیسم کانونی مرکب زمین‌لرزه‌ها روی یا خیلی نزدیک به رد شکست، مستویات گره‌ای موازی با ردیابی داشتند، اما کانون‌های متعدد، خوشه‌ای بزرگ و پراکنده را تشکیل می‌دادند که بر روی اثر یا نشان شکست افتاده بود، اما به نظر می‌رسید که ارتباطی با آن نداشته باشد.



شکل۲. میزان برخورد صفحه/پلیت هندی و عربی با صفحه اوراسیا (منبع: [۱])

† Seismograph

شارق [۱]، اظهار داشت که تمرکز زلزله و مطالعات زلزله‌های کوچک نشان می‌دهد که شکست کنر فعال است، اما نه شواهدی ارائه کرد و نه استنادی. وی همچنان خاطرنشان کرد که شکست های بدخشان مرکزی، البرز، مارمول و پنجشیر بر اساس نتایج حاصل از تمرکزه های زلزله و مطالعات زلزله های کوچک فعال هستند. با این حال، هیچ مدرکی ارائه نشده است.



شکل ۳ . شکست های فعال افغانستان. (منبع: [۱])

چندین منبع زلزله خیزی در افغانســتان وجود دارد که باعث خطرات زلزله یی قابل‌توجهی برای چندین شــهر بزرگ از جمله کابل، بدخشان و هرات می شود. تولید نقشه های ضرایب خطر زلزله یی برای افغانستان چالش برانگیز بوده است زیرا معلومات زمین شــناســی و زلزله شــناســی مورد نیاز برای تولید مدل خطر لرزه ای محدود بوده اســت [۲]. مقادیر ضرایب خطر زلزله معمولا به شکل‡ PGA و تعجیل طیفی (SA)§ را برای ۰,۲ و ۱,۰ ثانیه برای دوره های بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ســال در نقشــه های خطر برای تمام کشــور ارائه میشــوند[۲]. در این تحقیق از ضــرایب (SA) اســتفاده صورت گرفته و در بخش خطر زلزله یی افغاستان به صورت مفصل تشریح گردیده است.

۶. تاریخچه زلزله افغانستان

اسناد ثبت شده زلزله های تاریخی در افغانستان کم است. حتی در قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، ارتباطات بنابر انکشاف ناچیز جاده‌ها، خطوط تیلیفون و زیربنای‌های دولتی ضعیف باقی مانده است و در نتیجه معلومات کمی درباره مکان‌های زلزله و آسیب‌ها منتشر شده است [۱۱].

اما بیشتر زلزله های گذشته در بخش های شمال افغانستان رخ داده است. یک لرزۀ M۷,۲ و دیگری M۷,۶ در قسمت که در تاجکستان است رخ داد که کانون آن در شمال افغانستان بود. زلزله دیگری به بزرگی M ۷,۶ در قسمت افغانستان از سکو رخ داد است. هنگامی که فهرست زلزله های افغانستان و بزرگی های آن تکمیل می شود، احتمالاً رکورد تاریخی مستلزم آن است که سکو حداقل M (حداکثر) به اندازه Mw ۷,۶ باشد. شباهت‌های زمین‌شناسی سکوی شمال افغانستان و کوه آپالاچی با چنین تخصیصی مطابقت دارد، زیرا این شباهت‌ها ممکن است نشان‌دهنده این باشد که این

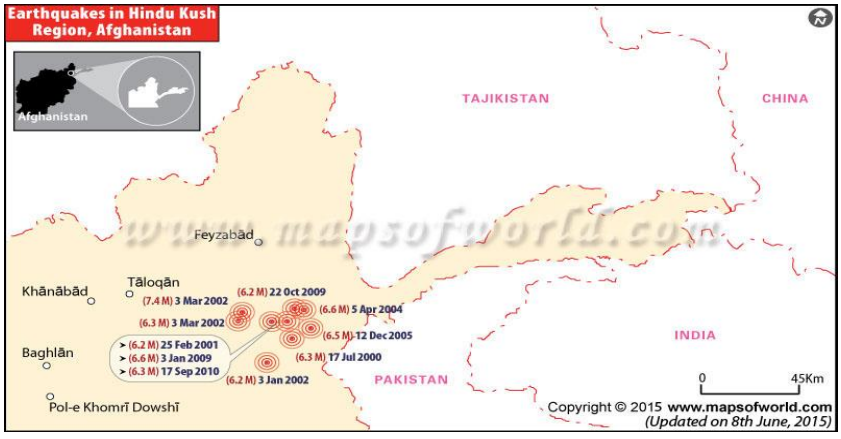
‡ Peak Ground Acceleration
§ Spectural acceleration

سکو باید حداقل به اندازه ۷٫۵ Mw باشد که ویلر و فرانکل به کوه های آپالاچی و دشت ساحلی اقیانوس اطلس اختصاص داده‌اند[۱].

زلزله های منتل شمال شرق افغانستان شامل ۱۹زلزله ۷٫۰ M یا بیشتر بوده است. از این تعداد، پنج زلزله دارای M ۷٫۴، دو زلزله دارای M۷٫۵ و سه دارای ۷٫۶ M بودند. این مقادیر و تعداد بیشتر زلزله های منتل بزرگ در مقایسه با زمین لرزه های قشر بزرگ، که M (max) آنرا حداقل به اندازه ۷٫۶ M برای لرزه خیزی منتل استدلال می کند[۱]، در شکل ۴ نشان داده شده است. همچنان شکست ها با جهت های مختلف در اطراف افغانستان وجود دارد که بیشتر آن شکست ها در شمال و شمال شرق و مرکز بدخشان واقع شده که در عین حال بسیار فعال نیز هستند.

نقشه خطر نشان می دهد که احتمال لرزش شدید در ۵۰ سال آینده در شمال شرق افغانستان و در امتداد کریدور مجاور سیستم شکست چمن بالاتر است. این زلزله ها می توانند نه تنها در اثر لرزش شدید زمین و گسیختگی(شگافتن) سطح، بلکه در اثر روانگرایی* و لغزش های وسیع زمین نیز* خسارت ایجاد کنند.

اخیراً در سال ۲۶/۱۲/۲۰۱۵ زلزله ای در نتیجه شکست معکوس در اعماق متوسط تقریباً ۲۱۰ کیلومتری زیر رشته کوه هندوکش در شمال شرقی افغانستان با ۷٫۵M در فاصله ۲۵۴ کیلومتری شهر کابل پایتخت رخ داد.



شکل ۴ زلزله های تاریخی که در افغانستان رخ داده است. (منبع: [۱۴])

۷. خطر زلزله ای

بخش‌های جنوبی و مرکزی افغانستان در داخل یک صفحه تکتونیکی نسبتاً پایدار اوراسیا قرار دارند، بیشترین خطر در شرق و شمال شرق است که در آن صفحه هند نسبت به صفحه اوراسیا به سمت شمال حرکت می‌کند. نقشه‌های خطر زلزله ای، توزیع سطوح تکان را نشان می‌دهد که احتمال تجاوز معینی دارند. در تجزیه و تحلیل خطر زلزله، دانش سوابق زلزله های تاریخی و محیط تکتونیکی فعلی برای پیش بینی قدرت لرزش زمین در زلزله های آینده به کار می رود. تحلیل خطر، بزرگی، میزان لغزش، محل وقوع زلزله و فاصله زلزله تا مکان را برای پیش بینی حرکت زمین در نظر می گیرد. تحلیل خطر زلزله ای افغانستان نشان می‌دهد که خطر زلزله در شمال شرق این کشور زیاد و در نیمه غربی کشور بسیار کمتر است. سطح خطر در کابل تحت تأثیر زلزله خیزی منطقه ای و همچنین تحت تأثیر شکست چمن در نزدیکی آن قرار دارد. سطح خطر در شمال شرق کابل از طریق هندوکش افزایش می یابد که بخشی از آن به دلیل افزایش زلزله

* Liquification

خیزی در آنجا و نزدیکی آن به شکست بدخشان مرکزی و درواز است. لرزش شدید زمین به طور سنتی با حداکثر تعجیل افقی زمین که بر حسب واحد تعجیل جاذبه ای، g بیان می شود، مشخص می گردد [۲].

انجنیران ساختمان یک حرکت به اصطلاح طیفی، پاسخ پندولیم خفه شده با یک دوره طبیعی خاص (۱,۰ ثانیه یا ۰,۲ ثانیه با حفگی ۵ درصد)، را ترجیح می دهند زیرا این می تواند پاسخ یک ساختمان ایده آل را شبیه سازی کند. یک ساختما باید به گونه ای طراحی شود که به اندازه کافی قوی باشد که احتمال آسیب زلزله ای نسبتاً کمی در چند دهه آینده داشته باشد، مثلا ۱۰ درصد احتمال آسیب در ۵۰ سال یا ۲ درصد احتمال آسیب در ۵۰ سال را داشته باشد.

نتایج ارزیابی خطر سیسمیکی به‌طور سنتی به‌عنوان نقشه‌های حرکت/تکان زمین یا حرکت طیفی با احتمال تجاوز از یک حد معین در یک دوره زمانی معین ارائه می‌شود: حد اکثر تعجیل زمین با احتمال ۱۰ در صد تجاوز در ۵۰ سال یا تعجیل طیفی ۰,۲ ثانیه، و تعجیل طیفی ۱ ثانیه هر کدام برای احتمال ۲ درصد (دوره بازگشت ۴۷۵ سال) و احتمال ۱۰ درصد (دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال) تجاوز در ۵۰ سال[۲, ۳] . ویرانی های زلزله تقریباً به طور کامل ناشی از تأثیر زلزله بر ساختمان های انجنیری و زمین

اتکایی آنها است[٦]. زلزله می تواند در دسترس بودن و عملکرد خدمات شهری خارج از محل مانند برق، تامین آب، ارتباطات، خدمات صحی و همچنین دسترسی به حمل و نقل را مختل کند. [۱۳] تکان شدید زمین لرزه می تواند باعث آسیب به ساختمان ها و لغزش زمین شود. ستندردها و تکنالوژی اعمار ساختمان بهبود یافته، با هدایت تخمین های علمی خطرات زلزله ای می تواند خسارات جانی و مالی را به طور قابل توجهی کاهش دهد.

۸. طراحی پارامترهای تعجیل طیف پاسخ

۸,۱ پارامترهای تعجیل نقشه برداری شده

پارامترهای تعجیل طیف پاسخ طراحی S_{DS} و S_{D1} با ضرب مقادیر حداکثر تعجیل های طیف پاسخ زلزله برای دوره کوتاه (S_{MS}) و برای دوره ۱ ثانیه‌ای (S_{M1}) در ضریب ساحه

متناظر آن به‌صورت معادلات زیر به دست می‌آیند[۱۵] :

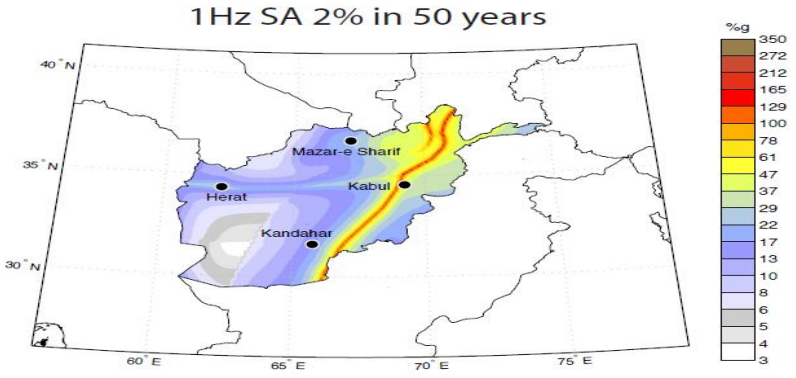
$$(1) S_{MS} = F_a * S_S$$
$$(2) S_{M1} = F_v * S_{S1}$$

جایی که:

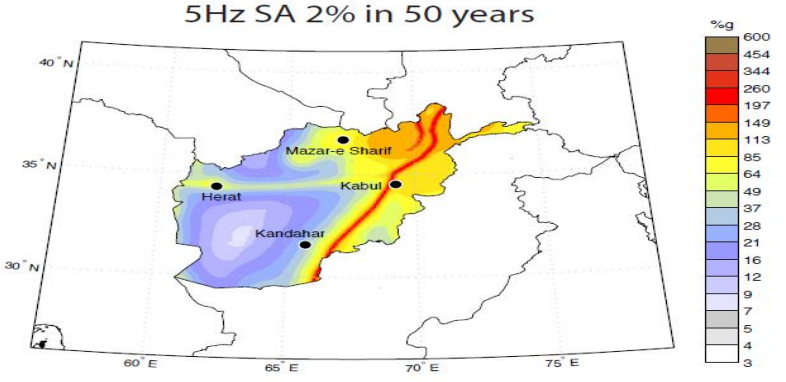
S_S = شتاب طیفی در یک دوره کوتاه ۰,۲ ثانیه. S_1 = شتاب طیفی در یک دوره زمانی ۱ ثانیه که به شرح زیر تعیین می شوند:

تعجیل طیف پاسخ برای ۱ ثانیه S_1 و ۰,۲ ثانیه S_S، توسط مقرراتASC† تعین شده و توسط نقشه های تعجیل طیفی در دوره کوتاه ۰,۲ ثانیه و دوره ۱,۰ ثانیه برای همه موقعیت ها در سراسر افغانستان همانطور که در شکل ۵ و شکل ۶ نشان داده شده ارایه می شود

† Afghan Structural Code † †



شکل ۵ تعجیل افقی طیف پاسخ برای دوره ۱ ثانیه با ۲٪ (منبع: [۹])



شکل ۶ تعجیل افقی طیف پاسخ برای دوره ۰,۲ ثانیه با ۲٪ (منبع: [۹])

Fa و Fv عبارت از ضرایب ساحه میباشد که درجدول ۱ و ۲ تعریف شده است. این ضرایب که بنام (Site Class) یا نوع خاک ساحه نیز یاد میشود، تاثیر نوعیت خاک های مختلف در طراحی طیف پاسخ را نشان میدهد. جدول ۳ انواع خاک ها را لست نموده است.

جدول ۱ مقادیر ضریب ساحه Fa . (منبع: [۹])

Site class	Mapped Maximum Considered Earthquake Spectral Response Acceleration Parameter at Short Period				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.5$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	Shall be determined in accordance with section 311 ABC.				

جدول ۲ مقادیر ضریب ساحه FV (منبع: [۹])

Site class	Mapped Maximum Considered Earthquake Spectral Response Acceleration Parameter at Short Period				
	S1 = 0.1	S1 = 0.2	S1 = 0.3	S1 = 0.4	S1 = 0.5
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.8	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.2	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	Shall be determined in accordance with section 311 ABC.				

جدول ۳ تعاریف کتگور ی ساحه (منبع: [۹])

Site class	Soil profile type	AVERAGE PROPERTIES IN TOP 30 M SEE SECTION 311.4.5 ABC.		
		Soil shear wave velocity, Vs, (m/S)	Standard penetration resistance, N	Soil undrained shear strength, Su, (kPa)
A	Hard rock	Vs > 1500	N/A	N/A
B	Rock	760 < Vs <= 1500	N/A	N/A
C	Very dense soil and soft rock	365 <Vs <= 760	N > 50	Su >= 95
D	Stiff soil profile	180 <= Vs =< 365	15<= N <= 50	48<=Su<=95
E	Soft soil profile	Vs< 180	N < 15	Su < 48

۸,۲ طراحی پارامترهای تعجیل طیفی ‡ ‡

S_{DS} برای دوره کوتاه و برای دوره ۱ ثانیه پارامترهای تعجیل طیفی طراحی باید به شرح زیر تعیین شود:

$$(3) S_{DS} = \frac{۲}{۳} * S_{MS}$$

$$(4) S_{D1} = \frac{۲}{۳} * S_{M1}$$

۸,۳ طراحی طیف پاسخ § § §

طراحی طیف پاسخ در شکل ۷ نشان داده شده است و باید به صورت ذیل طراحی شود:

برای دوره های کمتر از T_0، شتاب پاسخ طیفی طراحی، Sa، باید به صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$S_a = S_{Ds} (۰.٤ + ۰.٦ \frac{T}{T0}) \qquad (5)$$

برای دوره های بزرگتر یا مساوی T_0 و کمتر یا مساوی Ts، شتاب پاسخ طیفی طراحی، Sa، باید برابر با S_{DS} در نظر گرفته شود.

برای دوره‌های بزرگ‌تر از Ts، و کمتر یا مساوی T_L، شتاب پاسخ طیفی طراحی، Sa، باید به‌صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \qquad (6)$$

برای دوره های بزرگتر از T_L، Sa باید به صورت زیر در نظر گرفته شود:

‡ Design Spectral Response Acceleration Parameters ‡ ‡

§ Design Response Spectrum § §

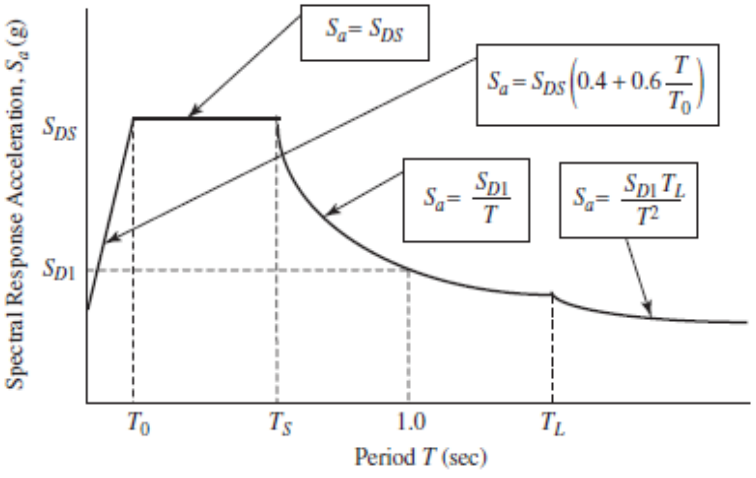
$S_a = \frac{S_{D1} * T_L}{T^2}$ (7)

$T0 = ۰.۲ \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$ (8)

$Ts = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$ (9)

TL = پریود طولانی یا پریود انتقالی (10)

طیف پاسخ برای سه ولایت هرات، کابل و بدخشان توسط برنامه DYNAT 2 به صورت ذیل محاسبه می شود:



شکل۷.ترتیب عمومی طیف پاسخ. (منبع: [۱۵])

طراحی طیف پاسخ-هرات

برای هرات، نقشه خطر افغانستان و کود ساختمان افغانستان ضرایب ذیل را ارائه میکند:

$S_S = 0.28g$

$S_1 = 0.12g$

حداکثر تعجیل های پاسخ طیفی زلزله در نظر گرفته شده برای دوره های کوتاه S_{MS} و دوره ۱ ثانیه S_{M1} تنظیم شده برای نوعیت خاک ها به شرح زیر تعیین میشود:

$S_{MS} = F_a * S_s = 1.6 \cdot 0.28 = 0.448g$

$S_{M1} = F_V * S_1 = 2.4 * 0.12 = 0.288g$

پارامترهای تعجیل پاسخ طیفی زلزله طراحی به شرح ذیل تعیین شود:

$S_{DS} = 2/3 * S_{MS} = 2/3 * 0.448 = 0.298g$

$S_{D1} = 2/3 * S_{M1} = 2/3 * 0.288 = 0.192g$

برای:

$0 \le T \prec T_0, T_0 \le T \le T_S, T_S \prec T \le T_L$ و $T_L \prec T$

$$T_0 = 0.2 S_{D1} / S_{DS} = 0.2 \cdot {0.192g}/{0.298g} = 0.128\text{sec}$$

$$T_S = S_{D1} / S_{DS} = {0.192g}/{0.292g} = 0.64\text{sec}$$

$$T_L = 6\text{sec}$$

شتاب پاسخ طیفی، Sa، به صورت زیر محاسبه می شود:

الف: برای دوره‌های کمتر از T0، $0 \le T \prec T_0$ $(0 \le T \prec 0.128sec)$ شتاب پاسخ طیفی، Sa، باید به صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$S_a = S_{SD}(0.4 + 0.6\frac{T}{T_0})$$

$$S_a = 0.298g \cdot (0.4 + 0.6 * T / 0.128) = (0.119 + 1.4T)g$$

ب: برای دوره های بزرگتر یا مساوی T_0 و کمتر یا مساوی T_S $(0.128sec \le T \le 0.64sec)$ $T_0 \le T \le T_S$ ، شتاب پاسخ طیفی طراحی، S_A باید برابر با S_{DS} در نظر گرفته شود.

$$S_a = S_{DS} = 0.298g$$

ج: برای دوره های بزرگتر از T_S، و کمتر یا مساوی T_L $(0.64sec \le T \le 6\,sec)$ $T_S \le T \le T_L$ ، شتاب پاسخ طیفی طراحی، S_A، باید به صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

$$S_a = (\frac{0.192}{T})g$$

د. برای دوره های بیشتر از T_L $(T \ge 6\text{sec})$ $T \le T_L$، S_A، به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

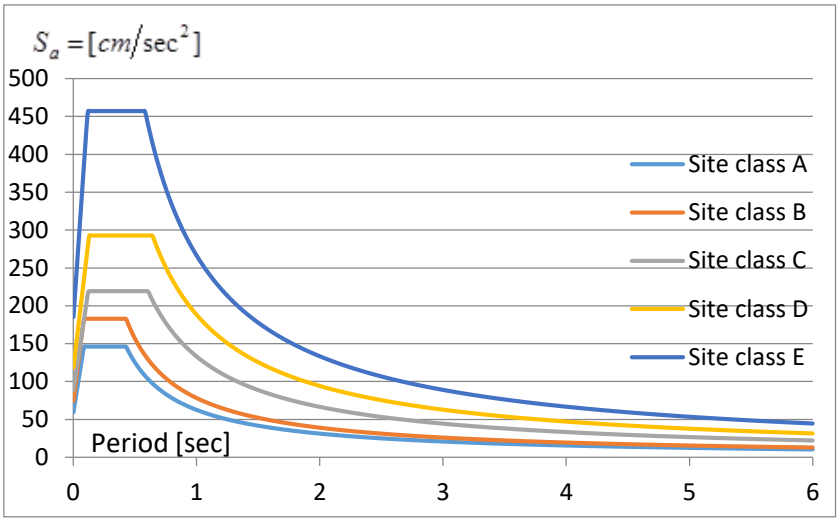
$$S_a = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2}$$

$$S_a = \frac{0.192 \cdot 6}{T^2} = (\frac{1.152}{T^2})g$$

از معلومات فوق، طیف پاسخ طراحی الاستیک برای هرات را می توان ترسیم کرد که در جدول۴ لست شده و در شکل ۸ نشان داده شده است. در این شکل دیده میشود که نوع خاک E که ضعیفترین خاک می باشد دارای پیریود بزرگ و خاک های A و B که به ترتیب خاک هاسخت اند، دارای پیریود کوچک اند.

جدول ۴ قیمت های طیف پاسخ-هرات. (منبع: مؤلفان)

$T(\text{sec})$	$S_a({}^{cm}/_{\text{sec}^2})$
0.00	116.6
0.128	292.6
0.64	292.6
1.00	188
1.50	125.4
2.00	94.1
3.00	62.7
4.00	47
6.00	31.36



شکل ۸. طیف پاسخ تعجیل برای انواع مختلف خاک ها-هرات. (منبع: مؤلفان)

طراحی طیف پاسخ-کابل

برای کابل، نقشه خطر افغانستان و کود ساختمان افغانستان مقادیر ضرایب ذیل را ارائه میکند:

$S_S = 1.28g$

$S_1 = 0.51g$

حداکثر تعجیل های پاسخ طیفی زلزله در نظر گرفته شده برای دوره های کوتاه S_{MS} و دوره ۱ ثانیه S_{M1} تنظیم شده برای نوعیت خاک ها به شرح ذیل تعیین میشود:

$$S_{MS} = F_a * S_s = 1.28*1 = 1.28g$$

$$S_{M1} = F_V * S_1 = 0.51*1.5 = 0.765g$$

پارامترهای تعجیل پاسخ طیفی زلزله طراحی به شرح ذیل تعیین شود:

$$S_{DS} = 2/3 * S_{MS} = 2/3*1.28 = 0.8533g$$

$$S_{D1} = 2/3 * S_{M1} = 2/3*0.765 = 0.51g$$

برای:

$$0 \le T \prec T_0, T_0 \le T \le T_S, T_S \prec T \le T_L, \text{ و } T_L \prec T$$

$$T_0 = 0.2 S_{D1} / S_{DS} = 0.2 \cdot {}^{0.51g}\!/_{0.8533g} = 0.12\sec$$

$$T_S = S_{D1} / S_{DS} = {}^{0.51g}\!/_{0.8533g} = 0.6\sec$$

$$T_L = 6\sec$$

تعجیل پاسخ طیفی، Sa، به صورت زیر محاسبه می شود:

الف: برای دوره‌های کمتر از T_0، $0 \le T \prec T_0$ $(0 \le T \prec 0.12sec)$ شتاب پاسخ طیفی، Sa، باید به صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$S_a = S_{SD}(0.4 + 0.6\frac{T}{T_0})$$

$$S_a = 0.8533g \cdot (0.4 + 0.6 * T / 0.12) = (0.34 + 4.26T)g$$

ب: برای دوره های بزرگتر یا مساوی T_0 و کمتر یا مساوی $T_0 \le T \le T_S (0.12\sec \le T \le 0.6\sec)$ T_S ، شتاب پاسخ طیفی طراحی، S_A باید برابر با S_{DS} در نظر گرفته شود.

$$S_a = S_{DS} = 0.8533g$$

ج: برای دوره های بزرگتر از T_S، و کمتر یا مساوی T_L $T_S \le T \le T_L (0.6\sec \le T \le 6\sec)$ ، شتاب پاسخ طیفی طراحی، S_A، باید به صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}, S_a = (\frac{0.51}{T})g$$

د. برای دوره های بیشتر از T_L $T \le T_L (T \ge 6\sec)$، S_A، به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

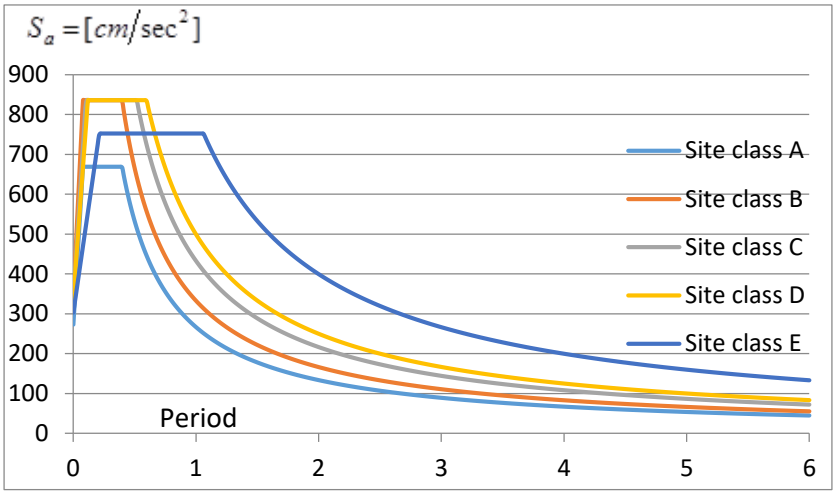
$$S_a = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2}$$

$$S_a = \frac{0.51 \cdot 6}{T^2} = (\frac{3.06}{T^2})g$$

از معلومات فوق، طیف پاسخ طراحی الاستیک برای کابل را می توان ترسیم کرد که در جدول ۵ لست شده و در شکل ۹ نشان داده شده است. در این شکل دیده میشود که نوع خاک E که ضعیفترین خاک می باشد دارای پیریود بزرگ و خاک های A و B که به ترتیب خاک هاسخت اند، دارای پیریود کوچک اند.

جدول ۵ قیمت های طیف پاسخ-کابل. (منبع: مؤلفان)

$T(\sec)$	$S_a = [cm/\sec^2]$
0.00	333.2
0.12	833
0.60	836.2
1.00	499.8
1.50	333.2
2.00	250
3.00	166.6
4.00	117.6
6.00	83.2



شکل ۹. طیف پاسخ تعجیل برای انواع مختلف خاک ها-کابل. (منبع: مؤلفان)

طراحی طیف پاسخ-بدخشان

برای بدخشان، نقشه خطر افغانستان و کود ساختمان افغانستان مقادیر ذیل ضرایب را ارائه میکند:

$$S_S = 2.4g$$

$$S_1 = 1.2g$$

حداکثر تعجیل های پاسخ طیفی زلزله در نظر گرفته شده برای دوره های کوتاه S_{MS} و دوره ۱ ثانیه S_{M1} تنظیم شده برای نوعیت خاک به شرح ذیل تعیین میشود:

$$S_{MS} = F_a * S_s = 2.4*1 = 2.4g$$

$$S_{M1} = F_V * S_1 = 1.2*1.5 = 1.8g$$

پارامترهای تعجیل پاسخ طیفی زلزله طراحی به شرح ذیل تعیین شود:

$$S_{DS} = 2/3 * S_{MS} = 2/3*2.4 = 1.6g$$

$$S_{D1} = 2/3 * S_{M1} = 2/3*1.8 = 1.2g$$

برای:

$$0 \le T \prec T_0, T_0 \le T \le T_S, T_S \prec T \le T_L, \text{ And } T_L \prec T$$

$$T_0 = 0.2 S_{D1} / S_{DS} = 0.2 \cdot {}^{1.2g}\!/_{1.6g} = 0.15\sec$$

$$T_S = S_{D1} / S_{DS} = {}^{1.2g}\!/_{1.6g} = 0.75\sec$$

$$T_L = 6\sec$$

تعجیل پاسخ طیفی، S_a، به صورت ذیل محاسبه می شود:

الف: برای دوره‌های کمتر از T_0، $0 \le T \prec T_0$ $(0 \le T \prec 0.15sec)$ تعجیل پاسخ طیفی، Sa، باید به صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$S_a = S_{SD}(0.4 + 0.6\frac{T}{T_0})$$

$$S_a = 1.6g \cdot (0.4 + 0.6 * T / 0.15) = (0.64 + 6.4T)g$$

ب: برای دوره های بزرگتر یا مساوی T_0 و کمتر یا مساوی T_S $(0.15\,sec \le T \le 0.75\,sec)$ $T_0 \le T \le T_S$ ، شتاب پاسخ طیفی طراحی، S_A باید برابر با S_{DS} در نظر گرفته شود.

$$S_a = S_{DS} = 1.6g$$

ج: برای دوره های بزرگتر از T_S، و کمتر یا مساوی T_L $(0.75\,sec \le T \le 6\,sec)$ $T_S \le T \le T_L$ ، شتاب پاسخ طیفی طراحی، S_A، باید به صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \Rightarrow S_a = (\frac{1.2}{T})g$$

د. برای دوره های بیشتر از T_L $(T \ge 6\text{sec})$ $T \le T_L$ ، S_A، به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

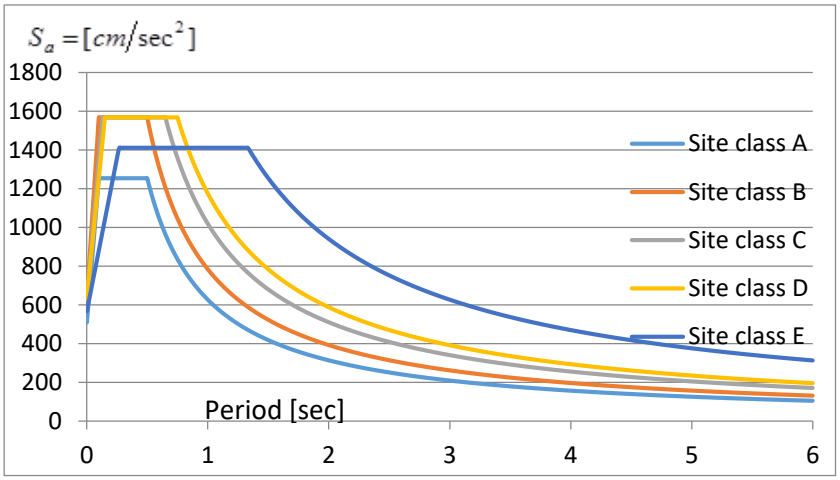
$$S_a = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2}$$

$$S_a = \frac{1.2 \cdot 6}{T^2} = (\frac{7.2}{T^2})g$$

از معلومات فوع، طیف پاسخ طراحی الاستیک برای بدخشان را می توان ترسیم کرد که در جدول ۶ لست شده و در شکل ۱۰ نشان داده شده است. در این شکل دیده میشود که نوع خاک E که ضعیفترین خاک می باشد دارای پیریود بزرگ و خاک های A و B که به ترتیب خاک هاسخت اند، دارای پیریود کوچک اند.

جدول ۶ قیمت های طیف پاسخ-بدخشان. (منبع: مؤلفان)

$T(\text{sec})$	$S_a(cm/\text{sec}^2)$
0.00	627.2
0.15	1568
0.75	1568
1.00	1176
1.50	784
2.00	588
3.00	392
4.00	294
6.00	196



شکل ۱۰. طیف پاسخ تعجیل برای انواع مختلف خاک ها -بدخشان. (منبع: مؤلفان)

۹. طراحی موج مصنوعی:

ماهیت واقعاً تصادفی پدیده‌های زلزله را می‌توان به صورت واقعی تنها با مدل‌های ریاضی احصایوی نشان داد[٤]. معمولاً برای تحلیل دینامیکی و طراحی ساختمان های دارای بی نظمی و همچنین ارزیابی پاسخ ساختمان های زمینی از نظر پایداری، تغییر شکل و پتانسیل روانگرایی، از تاریخچه های زمانی زلزله استفاده می شود[۷]. در هنگام انجام تجزیه و تحلیل پاسخ غیرخطی الاستو پلاستیک تاریخچه زمانی، لازم است که معلومات حرکت زلزله ورودی تاریخچه زمانی که متناسب با طیف پاسخ طراحی باشد، آماده شود.

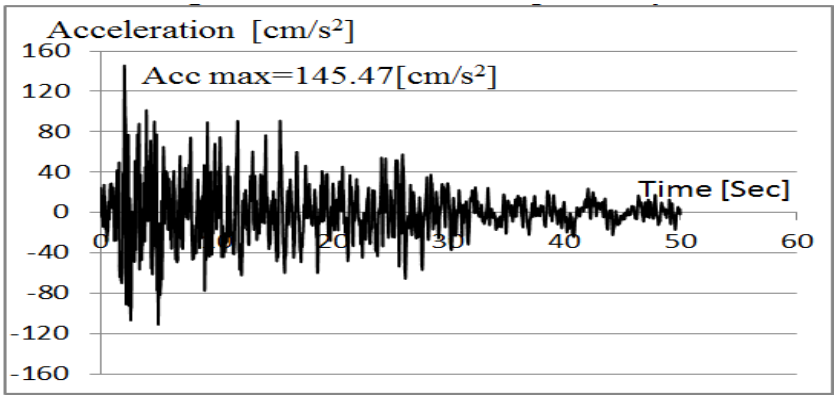
روش‌های مختلفی در مورد روش تولید معلومات حرکتی ورودی تاریخچه زمانی زلزله پیشنهاد شده‌اند. به عنوان یک روش معمولی، روشی (به نام روش مصنوعی موج سینوسی *) برای گنجانیدن به طیف پاسخ* طراحی هدف با روی هم قرار دادن امواج سینوسی وجود دارد[۱۰] .

در این روش تاریخچه زمانی حرکت زلزله ورودی y(t) به صورت ذیل بیان می شود:

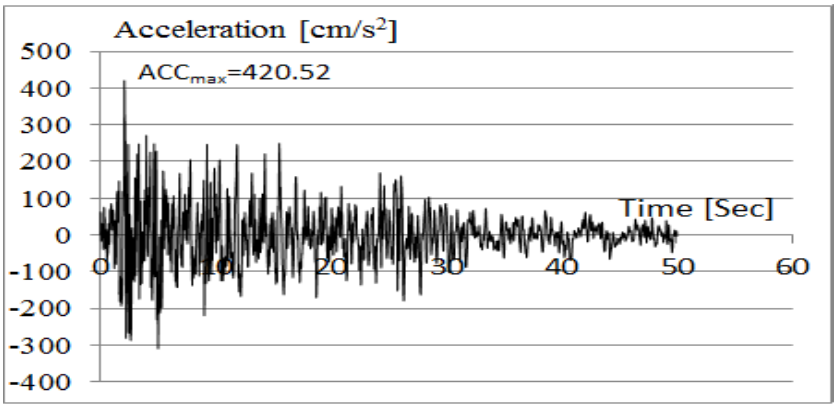
$$Y(t) = \sum_{i=1}^{n} A_i \cos(\omega_i t + \emptyset_i) \dots\dots [۱۰]$$

برای تحلیل پاسخ، تعجیل های زمینی شبیه سازی‌شده مصنوعی در ولایات هرات،کابل و بدخشان که دارای فازهای امواج زلزله ای ثبت‌شده (El Centro NS) هستند، به طیف پاسخی که توسط کود ساختمانی افغانستان تجویز شده است، با استفاده از برنامه SIMEQ Version 1.2 اقتباس داده می‌شوند. به این ترتیب موج های مصنوعی این سه ولایت که دارای فاز های زلزله های حقیقی است تشکیل گردیده و به ترتیب در شکل های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است. طوریکه دیده می شود شدت اعظمی تعجیل در هرات ۱۴۵ در کابل ۴۲۰ و در بدخشان ۷۶۳ سانتی متر بر ثانیه مربع می باشد. با استفاده از این امواج مصنوعی میتوان ساختمانها را تحلیل دینامیکی یا تاریجچه زمانی کرد تا خواص و پاسخ آن تحقیق گردد.

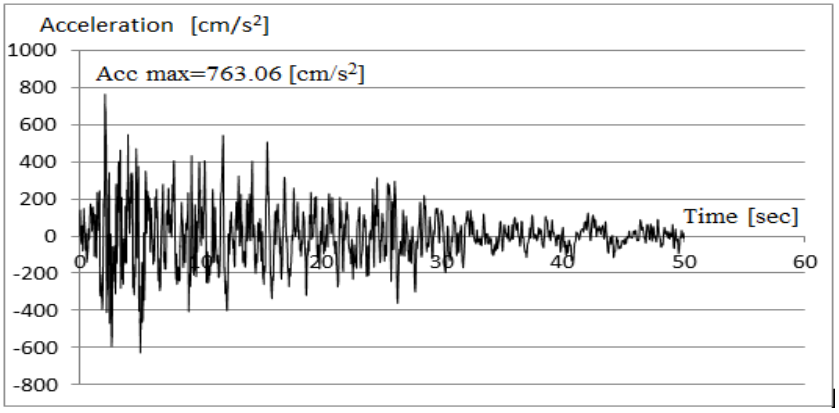
* Sine Wave Synthetic *Method



شکل ۱۱. تعجیل موج مصنوعی-هرات. (منبع: مؤلفان)



شکل ۱۲. تعجیل موج مصنوعی-کابل. (منبع: مؤلفان)



شکل ۱۳. تعجیل موج مصنوعی-بدخشان. (منبع: مؤلفان)

۱۰.مناقشه

در این مطالعه تعجیل های زمین شبیه سازی شده مصنوعی در ولایات هرات، کابل و بدخشان که دارای فازهای امواج زلزله ای ثبت شده (El Centro NS) هستند و به طیف پاسخی که توسط کود ساختمانی افغانستان تجویز شده است، دریافت شد. مقادیر تعجیل طیفی در مطابقت کامل با سطح خطر زلزله یی افغانستان است. طور که بدخشان، کابل و هرات به ترتیب دارای تعجیل طیفی بلند، متوسط و پاین است. مطالعه سطح خطر سیسمیکی نشان میدهد که خطر در شمال شرق کابل از طریق هندوکش افزایش می‌یابد، این تا حدی به دلیل افزایش زلزله خیزی در آنجا، و در نزدیکی شکست بدخشان مرکزی و درواز است. منطقه شمال شرق به جنوب شرق افغانستان بالاترین حرکات زمین را در مقایسه با بقیه مناطق افغانستان نشان می دهد. در مجموع مناطق از افغانستان که با پاکستان، تاجیکستان و ازبکستان هم مرز است، در مقایسه با بقیه مناطق افغانستان، دارای مقادیر خطر بالایی ضرایب زلزله هستند. بنابراین تهدید به جان انسان ها و زیربنا ها در این مناطق بسیار زیاد است. برای کاهش اثرات آن باید اقدامات کاهش خطر زلزله ای برای به حداقل رساندن خطر و تلفات زلزله باید انجام شود. از میان شهرهای بزرگ افغانستان، کابل بیشترین خطر زلزله یی را دارد که عمدتاً به دلیل نزدیکی به شکست چمن است. هرات در نزدیکی شکست هریرود قرار دارد. به دلیل سرعت لغزش پایین این شکست، زلزله های بزرگ در اینجا نادر هستند.

۱۱. نتیجه گیری

ضرایب شدت زلزله سه ولایت افغانستان مورد مطالعه قرار گرفت در زیر برخی از مهم ترین نتایج حاصل از مطالعه فوق آمده است:

- چون بدخشان در قسمت شمال شرق کشور واقع شده است بناء ضرایب تعجل بلند ودر نتیجه شدت تعجل مصنوعی($۷۶۳cm/sec^۲$) بلند می باشد و ساختمان ها درمعرض خطر بسیار بلند قراردارند. ساختمانهای واقع در این قسمت باید قویتر دیزاین گردد.
- در کابل شدت زلزله متوسط و در هرات پایین است بناء شدت تعجیل مصنوعی نیز ($۴۲۰cm/sec^۲$) متوسط و پاین ($۱۴۵cm/sec^۲$) می باشد.
- زیربناهای ترانسپورتی و شاهراه ها بین کابل و قندهار، در صورتی که این زیربناها در امتداد یا عبور از شکست چمن ساخته شوند، در معرض خطر جدی قرار دارند. زیربناهای که از هرات تا قندهار امتداد می‌یابند در معرض خطر نسبتاً کمتری قرار دارند، زیرا میزان لغزش شکست هریرود ۵ مرتبه کمتر از شکست چمن است.
- نظر به نوع ساختار خاک خواص طیف پاسخ درهر سه ولایت تغیر میکند.
- خاک های سخت دارای پیریود و تغیر مکان کوچک و خاک های نرم دارای پیریود وتغیرمکان بزرگ می باشد.
- بطور معمول ساختمان های کم منزل باید روی خاک های نرم و ساختمان بلند منزل باید روی خاک های سخت اعمار گردد.

۱۲. پیشنهادات:

استفاده از تحلیل دینامیکی ساختمان یا استفاده از طریقه تحلیل تاریخچه زمانی که به طریقه مصنوعی بوجود می آید، در افغانستان بسیار معمول نیست. با رایج ساختن این میتود میتوان ساختمان های بلند منزل را قبل از اعمار بطور دقیق تحلیل، ارزیابی و تحقیق نمود و در نتیجه میتوان ساختمان های بلند منزل را مطابق با معیاری بین المللی و مصُون اعمار نمود.

به اساس مطالعه فوق پیشنهاد های ذیل در مورد تحقیق بیشتر در این بخش قابل اهمیت است:

- ایجاد مراکز ثبت زلزله ها تا بتوانیم با ثبت موج زلزله های واقعی ساختمان ها راتحلیل نمایم.
- تحقیق بیشتر در مورد دقت و شدت ضرایب زلزله در بخش مختلف افغانستان.

ماخذ

[۱] R. L. Wheeler, C. G. Bufe, M. L Johnson, and R. L. Dart. “Seism Tectonic Map of Afghanistan with Annotated Bibliography,” US Geological Survey, Reston, Virginia, Report ۲۰۰۵-۱۲٦٤

[2] O. S. Boyd, C. S. Mueller, and K. S Rukstales “Preliminary Earthquake Hazard Map of Afghanistan,” US Geological Survey, Reston, Virginia, Report 2007-1137

[3] J. A. Abdalla & Y. M. Hag-Elhassan” Simulation of earthquake ground motion for generation of artificial accelerograms” Earthquake Resistant Engineering Structures. Volume 81

[4] M. Waseem & A. Lateef & I Ahmad & S. Khan & W.Ahmed” Seismic hazard assessment of Afghanistan” Journal of Seismology. March 2019

[5] J. W. Dewey, E. A. Bergman, M. G. Hopper, S. A. Sipkin “Overview of the Seismicity of Afghanistan and Vicinity” U.S. Geological Survey, Reston, Virginia 2006, Open-File Report 2006

[6] M. Mashal, I. Sarwary “Current practice of earthquake engineering in construction industry in Afghanistan and recommendations” MOJ Civil Engineering. Volume 4 Issue 2 – 2018

[7] D. J. Chaudhari, Vishal M. Sapate “Generation of Artificial Earthquake Time History” International Journal of Advances in Science Engineering and Technology. Volume- 3, Issue-2, April-2015

[8] N. Ambraseys, R. Bilham “Earthquakes in Afghanistan” Dept. of Civil Engineering, Imperial College, London. SW7 2BU, UK

[9] Afghan Structural Code, Afghan National Standard Authority, April 2012.

[10] S. Nakazawa “Program for Creating Simulated Earthquake Motions SIMEQ Version 1.2” TUT, Department of Architecture and Civil Engineering

[11] N. Ambraseys, R. Bilham “The Tectonic Setting of Bamyab and Seismicity in and near Afghanistan for past 12 Centuries” CIRES & Dept. of Geol. Sciences, University of Colorado, Boulder CO 80309-0399

[12] R. Prevot, Hatzfeld “ Shallow Earthquakes and Active Tectonics in Eastern Afghanistan” Cedes France

[13] Think Hazard- Afghanistan Eearthquake. Retrieved May 25 2022. https://thinkhazard.org/en/report/1-afghanistan/EQ

[14] Maps of the world- Eearthquake in Afghanistan: https://www.mapsofworld.com/thematic maps/earthquake/afghanistan-earth-quake.html

[15] Minimum Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers,

بیوگرافی مؤلفین



پوهنیار دیپلوم انجنیر محمد ناصـــر امین اســـتاد دیپارتمنت اداره اعمار ســـاختمانهای پوهنحی ساختمانی پوهنتون پولیتخنیک کابل می با شد. وی فارغ التحصیل ر شته ساختمان های صنعتی ومدنی پوهنتون پولی تخنیک کابل در سال ۱۳۸۹ بوده و درجه ماستری را در بخش انجنیری سیول از پوهنتون تویوها شی ک شور جاپان در سال ۱۳۹۶ بد ست آورده ا ست. ساحه تحقیق وی ارزیابی ســیســمیکی ســاختمانهای فلزی و کانکریتی، مطالعه وســایل که باعث کاهش تغیر مکان زلزله در ساختمان میشود و مدیریت کیفیت و مدیریت خطر در پروژه های ساختمانی است.



پوهاند دوکتور امان الله فقیری اســـتاد دیپارتمنت اداره اعمار ســـاختمانهای پوهنحی ســـاختمانی پوهنتون پولیتخنیک کابل می با شد. وی فارغ التحصیل به سطح ما ستری در ر شته ساختمان های صـــنعتی ومدنی پوهنتون پولی تخنیک کابل در ســـال ۱۳۷۱ بوده و درجه دوکتورا را در بخش انجنیری سیول از ک شور هندو ستان در سال ۱۳۹۶ بد ست آورده ا ست. ساحه تحقیق وی روش تحقیق، رهبری و مدیریت، مدیریت قرارداد ها و مطالفه خواص کانکریت است.