

طراحی یک کد کامپیوتری جدید در تعیین و تحلیل پتانسیل روانگرایی ساختگاه

عباس عباسزاده شهری^۱، فریدون رضایی^۲، کامبیز مهدیزاده فرساد^۳، روشنگر رجبلو^۴ و نعیم پنائی^۳

^۱ استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران

^۲ استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۳ کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دماوند، دماوند، ایران

^۴ کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۰۲

چکیده

روانگرایی فرایندی است که در آن خاک به طور ناگهانی مقاومت خود را از دست می‌دهد. این پدیده بیشتر ناشی از لرزش زمین در هنگام زمین‌لرزه‌های بزرگ یا دیگر انواع بارگذاری سرعتی است. هدف این مقاله تهیه و گسترش نرم‌افزاری ژئوتکنیک پایه برای تحلیل غیرخطی پاسخ ساختگاه است که به کمک آزمون‌های صحرایی و آزمایشگاهی به همراه ترکیب چند نرم‌افزار روشی جدید را برای ارزیابی پتانسیل روانگرایی ارائه می‌دهد. به منظور تایید روش ارائه شده، زمین‌لرزه ۱۳۸۱ آوج - چنگوره روی سد خاکی کرزان در استان همدان اعمال و برای تعیین دقت، روش پیشنهادی با چندین روش شناخته شده نیز مقایسه شد. نتایج نشان داد که پاسخ روش پیشنهادی سازگاری خوب و مناسبی با روش‌های شناخته شده دارد.

کلیدواژه‌ها: عباس کانورتر، پتانسیل روانگرایی، زلزله آوج - چنگوره

*نویسنده مسؤل: عباس عباسزاده شهری

E-mail: abbas4646@yahoo.com

پیش‌گفتار

زمین‌لرزه مخرب اول تیرماه چنگوره آوج با بزرگی M_w ۶/۵ (NEIC, USGS) بخش‌های گسترده‌ای از کشور ایران را به لرزه در آورد. این زمین‌لرزه پس از زمین‌لرزه مخرب رودبار - منجیل (۱۳۶۹)، و زمین‌لرزه بویین زهرا (۱۳۴۱)، سومین رویدادی است که در چهل سال گذشته در شهر تهران توسط مردم احساس و سبب نگرانی اهالی پایتخت ایران شد.

مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران بزرگی این رویداد را ۶ درجه در مقیاس امواج درونی برآورد کرد. بزرگای گشتاوری این رویداد توسط مرکز ملی اطلاع‌رسانی زمین‌لرزه (NEIC) ۶/۵ و ژرفای آن ۵ تا ۱۰ کیلومتر برآورد شد. تکان اصلی زمین‌لرزه توسط ۷۸ دستگاه شتابنگار دیجیتال SSA2 ثبت شده است. بیشینه شتاب ثبت شده از رویداد تکان اصلی زمین‌لرزه در ایستگاه آوج در فاصله ۲۸ کیلومتری مرکز زمین‌لرزه بوده است که شتابی حدود $0.05g$ روی مؤلفه افقی ثبت کرده است.

رویداد پس‌لرزه‌ها در زلزله‌های بزرگ امری معمول است. در پی رویداد زمین‌لرزه ۱۳۸۱/۴/۱ چنگوره آوج پس‌لرزه‌های زیادی در منطقه روی داد که شماری از آنها شتاب بالای ۱۰ گال را به وجود آوردند و در ایستگاه‌های پیرامون مرکز زمین‌لرزه ثبت شدند. در این میان ایستگاه آوج بیشترین پس‌لرزه را ثبت کرده است (۴ پس‌لرزه). در ۲۲ ژوئن ساعت ۶:۴۶:۲۲، ۲ ساعت و ۱۲ دقیقه پس از رویداد اصلی، پس‌لرزه‌ای با بزرگی ۵/۱ منطقه را به لرزه در آورد. این پس‌لرزه توسط ۵ ایستگاه آوج، آبگرم، رزن، ضیاآباد و دانسفهان ثبت شد. بیشینه شتاب این رویداد در ایستگاه آبگرم بوده که شتابی حدود $0.072g$ را ثبت کرده است. بیشینه شتاب این رویداد در ایستگاه آوج $0.044g$ و در ایستگاه رزن $0.015g$ بوده است. بررسی اختلاف زمانی رسید امواج p و s در این شتابنگاشت‌ها نشان می‌دهد که فاصله کانونی آنها از ۵/۶ تا ۱۶/۶ کیلومتر تغییر می‌کند. بررسی شتابنگاشت‌های ثبت شده از زمین‌لرزه اصلی در ۳ ایستگاه آوج، آبگرم و رزن و مقایسه آنها با شتاب‌نگاشت ثبت شده در ایستگاه کبودآهنگ نشان می‌دهد، چند ثانیه پس از زمین‌لرزه اصلی، پس‌لرزه‌ای در منطقه رخ داده است که این پس‌لرزه به صورت مشخص در نگاشت‌های ثبت شده در ایستگاه‌های یادشده دیده می‌شود. این پس‌لرزه در ایستگاه کبودآهنگ به دلیل مسافت طولانی تر نسبت به مرکز زمین‌لرزه در مقایسه با سه ایستگاه یادشده به صورت

شتاب نگاشت جداگانه‌ای ثبت شده است، که با مطالعه زمان آغاز و پایان این رویداد می‌توان پی برد که این رویداد همان پس‌لرزه‌ای است که نگاشت‌های اصلی سه ایستگاه یادشده دیده می‌شود. در شکل ۱ رومرکز زمین‌لرزه به همراه گسل‌های موجود نشان داده شده‌اند.

۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

سد کرزان از نوع خاکی با ارتفاع ۴۳ متر از بستر رودخانه روی رودخانه کرزان در جنوب باختری استان همدان در فاصله ۸ کیلومتری شهر تویسرکان در فاصله ۲ کیلومتری روستای کرزان قرار دارد و ساختگاه سد در مختصات ۳۴ درجه و ۳۴ دقیقه و ۲۰ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۳ دقیقه و ۱۰ ثانیه طول خاوری مکانیابی شده است. روستای کرزان در مسیر جاده آسفالتی تویسرکان - اسدآباد و در ۸ کیلومتری تویسرکان قرار دارد که دسترسی به این محل از راه شهرهای تویسرکان و اسدآباد ممکن است. ناحیه مورد بررسی در تقسیم‌بندی زمین‌شناسی ایران در پهنه سندانج - سیرجان قرار دارد. روند عمومی ارتفاعات در این پهنه، همانند روند زاگرس باختری، جنوب خاوری است. نفوذ توده عظیم گرانیتی الوند که رخنمون‌های آن به صورت پراکنده در محدوده مورد بررسی دیده می‌شود سبب دگرگونی گسترده در سنگ‌های همبری آن شده به گونه‌ای که در دگرگونی‌های مجاورتی نزدیک توده انواع هورنفلس‌ها تشکیل شده و سبب تغییر ساخت و بافت سنگ‌های اولیه که بیشتر شیل و ماسه سنگ بوده‌اند، شده است.

۳- اعمال روش پیشنهادی برای ارزیابی پتانسیل روانگرایی در سد خاکی کرزان

در انجام این پژوهش از ترکیب چندین نرم‌افزار به همراه برنامه کامپیوتری تهیه شده با عنوان "Abbas Converter" که در شکل ۲ نشان داده شده است استفاده شده است. این نرم‌افزار در دو نسخه ۱/۰۱ و ۲/۰۱ طراحی و تولید شد که به نوبه خود ابزار توانمندی در تجزیه و تحلیل ژئوتکنیک لرزه‌ای است. هر دو نسخه تولیدشده توان تعیین نوع ساختگاه از دید ژئوتکنیکی، تحلیل و ارزیابی پاسخ ساختگاه را دارد ولی

یخ‌زدگی و رفتار خاک در آب و هوای سرد، خاصیت مویینگی و استفاده به عنوان فیلتر و زهکش مفید است. دانه‌های ریزتر از الک شماره ۲۰۰ معمولاً ارزش سازه‌ای ندارند. اهمیت ریزدانه‌ها در میزان رطوبتی است که جذب می‌کنند. درصد ریزدانه در خاک ماسه‌ای به دلیل ایجاد چسبندگی در آن، پتانسیل روانگرایی خاک را کاهش می‌دهد.

۴- نتیجه‌گیری

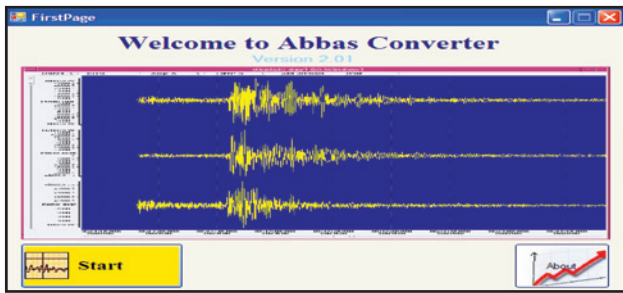
تحلیل عددی نیازمند تعریف متغیرهای مصالح و توصیف روانگرایی خاک در مدل کامپیوتری است، بنابراین برای انجام این مطالعه یک نرم‌افزار جدید به زبان C Sharp طراحی و اجرا شد که توانایی مدل‌سازی لایه‌های خاک و تحلیل داده‌های زمین‌لرزه را دارد و به کمک آن برای سد کرزان تحلیل عددی با استفاده از معیارهای ژئوتکنیکی به همراه داده‌های حاصل از نتایج آزمون‌های صحرایی و آزمایشگاهی و با کمک ترکیب نرم‌افزارها انجام شد. هدف ما در این نوشتار اعتبار بخشیدن به یک روش شناسی است که اجازه مطالعه موارد واقعی را با سرعت انجام بالاتر و به صرفه‌تر از روش‌های موجود، ارائه دهد. برای تأیید و اعتبار بخشیدن به این روش و به منظور دقت و اعتماد به نتایج کامپیوتری، روش پیشنهادی با روش‌های شناخته‌شده و کاربردی اشاره شده در متن مقاله مقایسه شد. نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی با روش‌های یادشده همخوانی خوب و مناسبی را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده از مطالعات پارامتری این مقاله نشان می‌دهد که شتاب بیشینه در سطح ساخته‌گاه به شتاب بیشینه حرکت سنگ بستر وابسته و به نوع و شرایط پروفیل، شتاب بیشینه جنبش ورودی سنک کف می‌تواند توسط لایه‌های آبرفتی ساخته‌گاه افزایش و یا کاهش یابد. از سوی دیگر برای پروفیل‌های به کار رفته ملاحظه شده است که تغییرات محتوای بسامدی جنبش سنگ کف تأثیر زیادی بر شتاب بیشینه سطح پروفیل‌ها ندارد و تا حد زیادی تغییرات این شتاب را می‌توان مستقل از تغییرات محتوای بسامدی جنبش ورودی در نظر گرفت. از سوی دیگر نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که لایه‌های موجود در ژرفاهای ۲، ۵/۸ و ۱۲/۵ متری نسبت به بقیه ضریب اطمینان کمتری دارد و در صورت اعمال زمین‌لرزه قوی‌تر امکان روانگرایی در آنها وجود دارد. در حال حاضر در کشورمان سدهای خاکی زیادی وجود دارند که در طراحی اولیه آنها اثرات زمین‌لرزه لحاظ نشده است. اگر خاک زیر شالوده سد خاکی پتانسیل روانگرایی داشته باشد و زمین‌لرزه‌ای اتفاق بیفتد، تحمل نشست‌ها و تغییر شکل‌های گسترده در سد و بدنه آن دور از ذهن نخواهد بود. اگر بتوان در عملکرد یک سد خاکی و شالوده آن تحمل بار ناشی از زلزله را پیش‌بینی نمود، آنگاه تصمیمات منطقی با در نظر گرفتن تأثیر هزینه‌ها برای تعمیر و بازسازی آن آگاهانه‌تر و آسان‌تر خواهد بود.

خاک‌های مخلوط مانند ماسه‌های رسی، ماسه‌های سیلتی و سیلت‌های رسی بیشتر از خاک‌های خالص مانند رس، سیلت و ماسه تمیز در طبیعت یافت می‌شوند. به دلیل آنکه تصور می‌شد ریزدانه‌ها و ماسه‌های دارای ریزدانه مقاومت روانگرایی بیشتری نسبت به ماسه‌های تمیز دارند، رفتار تناوبی آنها کمتر مورد توجه قرار گرفته بود. ولی پس از روانگرایی‌های بسیاری که در اثر زمین‌لرزه در این گونه خاک‌ها رخ داد توجه بسیاری از پژوهشگران به این پدیده جلب شد. یکی از نمونه‌های آشکار روانگرایی در خاک‌های دارای ریزدانه در اثر زمین‌لرزه سال ۲۰۰۲ میلادی در چنگوره- آوج ایران رخ داد. بررسی‌هایی که پس از زلزله صورت گرفت نشان داد که خاک محل دارای ۴۴ درصد ریزدانه چسبنده دارد. با توجه به اینکه در مناطق شمال باختری و باختری کشور این نوع خاک‌ها به فراوانی یافت می‌شوند، بررسی این موضوع ضروری به نظر می‌رسد.

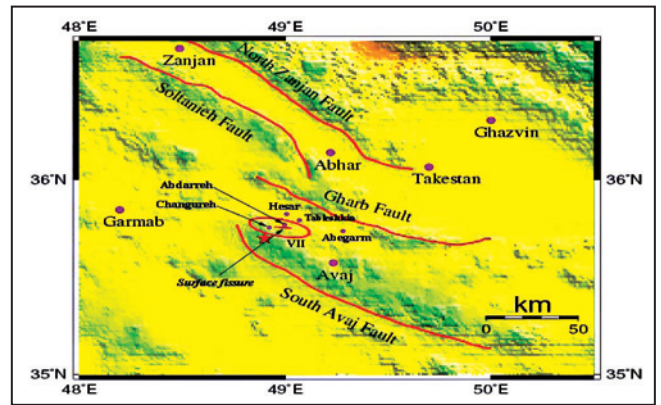
نسخه ۲/۰۱ نسبت به ۱/۰۱ افزون بر تحلیل غیرخطی پاسخ ساخته‌گاه توانایی تحلیل روانگرایی را نیز در بر می‌گیرد. این کد کامپیوتری که به زبان C# نوشته شده است اولاً می‌تواند داده‌های ژئوتکنیکی را تجزیه و تحلیل و موارد مورد نیاز را بر حسب شرایط منطقه محاسبه کند، دوم توانایی تبدیل و رسم داده‌های ثبت‌شده زمین‌لرزه به قالب قابل قبول برای نرم‌افزارهای مورد استفاده در این مطالعه را دارد و سوم این نرم‌افزار توانایی استفاده از داده‌های لرزه‌ای و انفجاری را نیز دارد.

با توجه به جدول ۱، ۱۱ حلقه گمانه در نقاط مختلف ساخته‌گاه این سد و با ژرفای ۳۰ تا ۸۰ متر حفر شد که در آنها ژرفای آب زیرزمینی ۱/۳ تا ۲۰ متر متغیر بود. برای ارزیابی روش پیشنهادی در این پژوهش، به دو فاکتور ستون خاک و جنبش ورودی نیاز است. با توجه به برداشت‌های صحرایی و آزمون‌های آزمایشگاهی، مقطع بهینه و ایده‌آل ستون خاک برای ساخته‌گاه مورد مطالعه برپایه جدول ۲ پیشنهاد و سپس طبق شکل ۳ مؤلفه قائم زمین‌لرزه تیرماه ۱۳۸۱ آوج-چنگوره که مطابق با زمین‌ساخت منطقه بوده و در ایستگاه اسدآباد در استان همدان ثبت شده است به عنوان جنبش ورودی به منطقه اعمال شد. با این معلومات روش پیشنهادی نویسندگان برای ارزیابی پتانسیل روانگرایی به کار گرفته شد. از این رو و به کمک نرم‌افزار تولیدشده و مطابق شکل‌های ۴ و ۵، پروفیل بیشینه شتاب زمین (PGA) و میزان تغییر شکل لایه‌های مختلف بر حسب تابعی از ژرفا با فرض دو حالت سنگ بستر صلب و الاستیک به دست آمد. شکل ۶ که بیانگر فلوچارت و روند پیشنهادی نویسندگان در انجام این مطالعه است، چگونگی ترکیب نرم‌افزارهای به کار گرفته شده در مراحل مختلف را برای دریافت پاسخ نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن مؤلفه قائم زمین‌لرزه ثبت‌شده در ایستگاه اسدآباد و در نظر گرفتن شکل ۶، نتایج به دست آمده از انجام گام‌های تعیین‌شده به صورت مقایسه پاسخ‌های ورودی و محاسبه‌شده و تاریخچه زمانی تنش ورودی و محاسبه شده در دو حالت صلب و الاستیک در شکل‌های ۷ تا ۱۰ نشان داده شده‌اند. نسبت تقویت و شتاب طیفی نیز برای ساخته‌گاه مورد نظر در شرایط بستر صلب و الاستیک محاسبه و نتیجه آن در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ ارائه شده است. برای آگاهی از درستی، دقت و تأیید روش به کار گرفته شده، نتایج به دست آمده از نرم‌افزار تولیدشده که در جدول ۳ ارائه شده است با روش‌های معروف و شناخته‌شده پژوهشگرانی چون (Liao & Whitman (1986), Liao et al. (1988), Seed & Idriss (1982), Golesorkhi (1989), Blake (1996), Strak & Olsen (1995) & Idriss (1997) با لحاظ کردن فاکتور تصحیح ریزدانه (FC) مقایسه و نتایج آن در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ و تحلیل عددی آنها در جدول ۴ ارائه شده است.

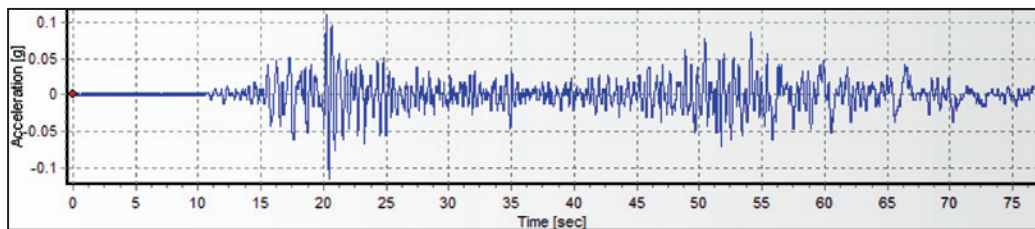
بار ناشی از زمین‌لرزه با نسبت تنش سیکنی (CSR) بیان می‌شود که می‌توان آن را برای هر ژرفای دلخواهی به دست آورد. از سوی دیگر ظرفیت یک خاک به صورت تابعی با تعریف نسبت مقاومت سیکنی (CRR) بیان می‌شود که با $N_{1(60)}$ مرتبط است. اگر دو نوع خاک با $N_{1(60)}$ یکسان که یکی ماسه خالص و دیگری حاوی ریزدانه باشد را در نظر بگیریم، خاک حاوی ریزدانه مقاومت بیشتری در برابر روانگرایی نشان می‌دهد. حال برای اینکه اثر مقاومت در برابر روانگرایی را در $N_{1(60)}$ ملاحظه کنیم، باید اصلاحاتی روی آن صورت گیرد که در نتیجه آن، $N_{1(60)CS}$ تعریف می‌شود. در بیشتر آزمایش‌های مکانیک خاک لازم است درصد رطوبت خاک تعیین شود. در خاک‌های ریزدانه (چسبنده) پایداری و مقاومت خاک بستگی به درصد رطوبت آن دارد که در این حالت رطوبت طبیعی خاک با نشانه‌های حد روانی و حد خمیری مقایسه می‌شود. بیشتر خاک‌های طبیعی مخلوطی از دو یا بیشتر از شن، ماسه، لای، رس و بسیاری از آنها نیز در بردارنده مقداری مواد آلی هستند. این اطلاعات برای پیش‌بینی حرکت آب در خاک، میزان نفوذپذیری خاک، حساسیت خاک در برابر



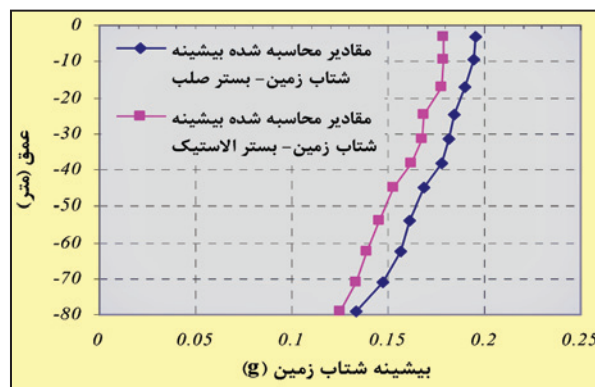
شکل ۲- صفحه ورودی نرم افزار تهیه شده توسط نگارنده (Abbaszadeh shahri et al., 2009 & 2010)



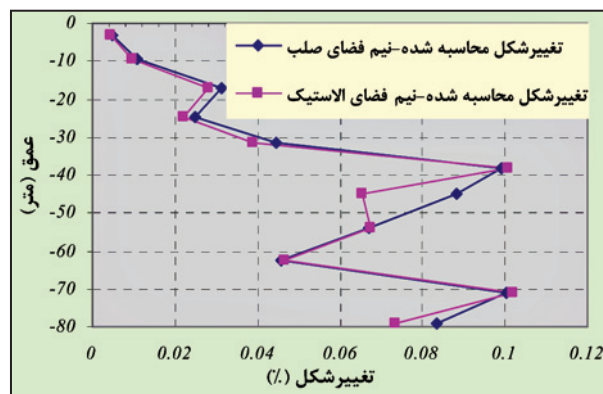
شکل ۱- رومرکز و لرزه خیزی منطقه رخداد زمین لرزه ۱۳۸۱ آوج - چنگوره (www.bhrc.ac.ir)



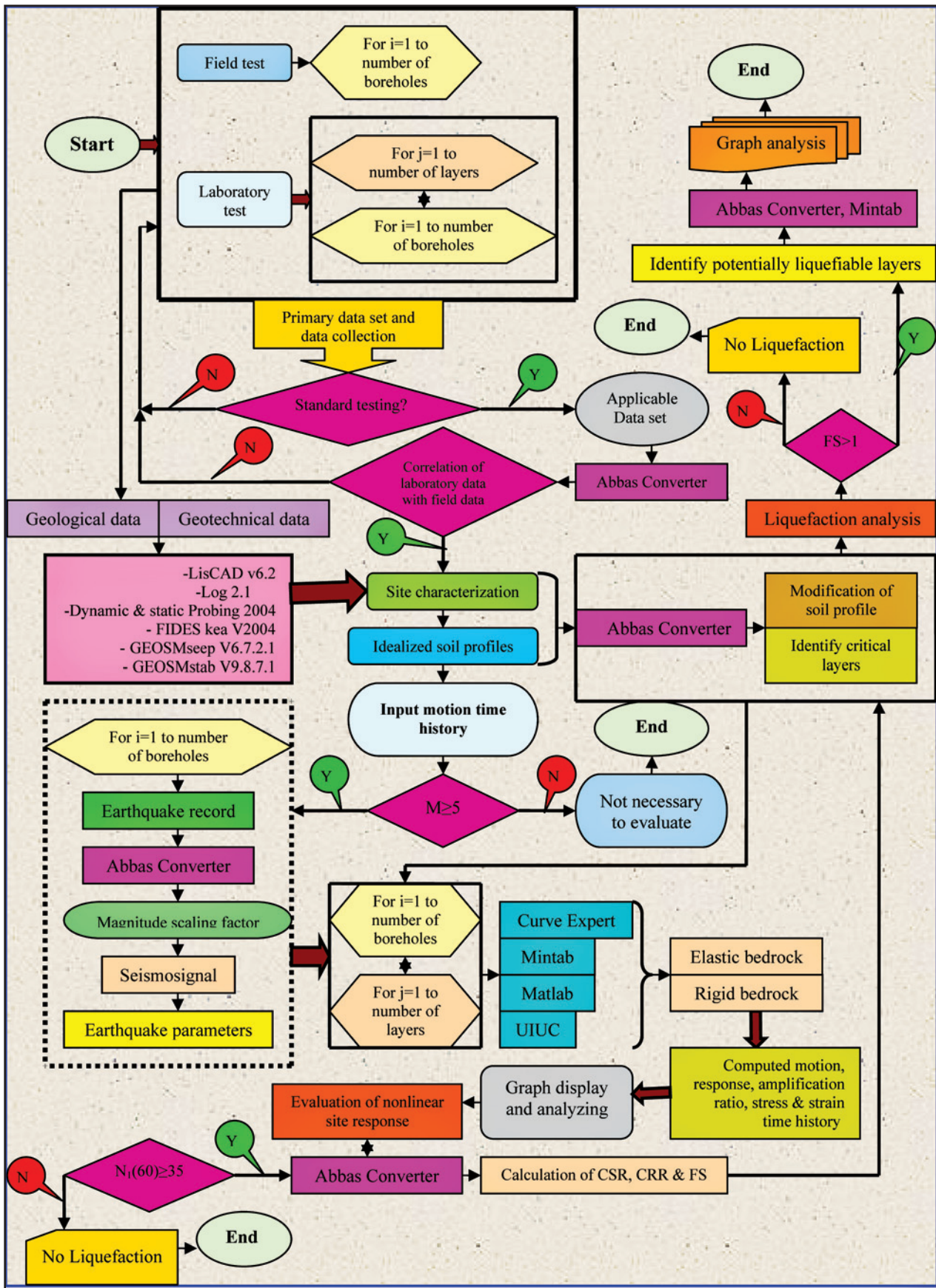
شکل ۳- مؤلفه قائم زمین لرزه ۱۳۸۱ آوج - ثبت در ایستگاه اسدآباد در $t=20.42s$ $a_{max}=0.115g$



شکل ۴- پروفیل PGA برای دو نیم فضای صلب و الاستیک

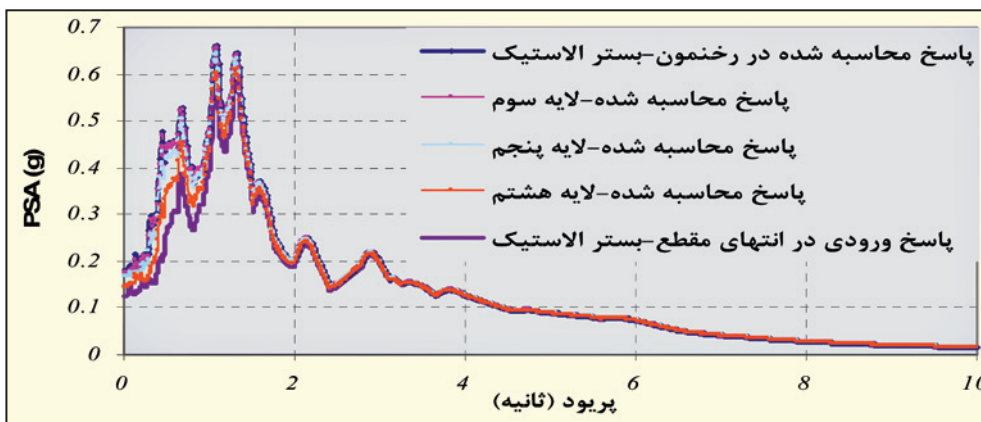
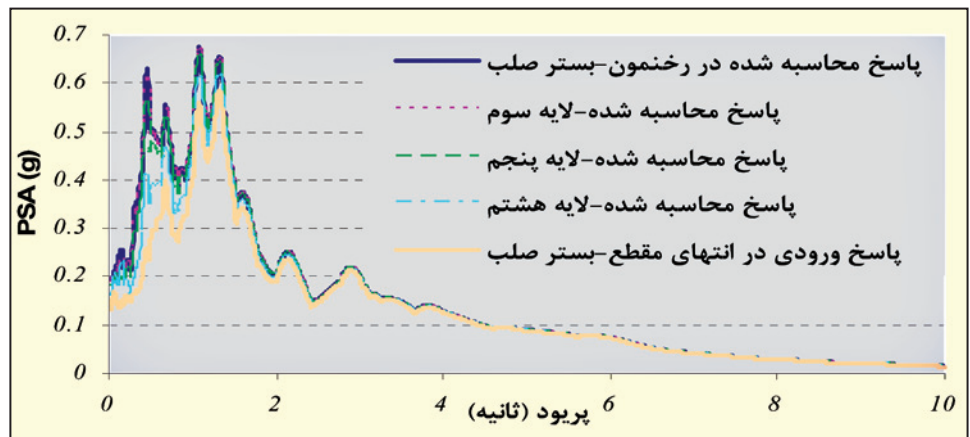


شکل ۵- پروفیل تغییر شکل برای دو نیم فضای صلب و الاستیک



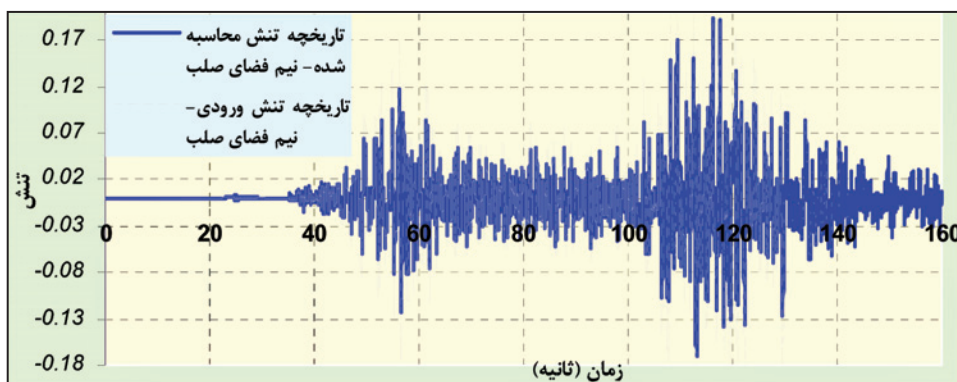
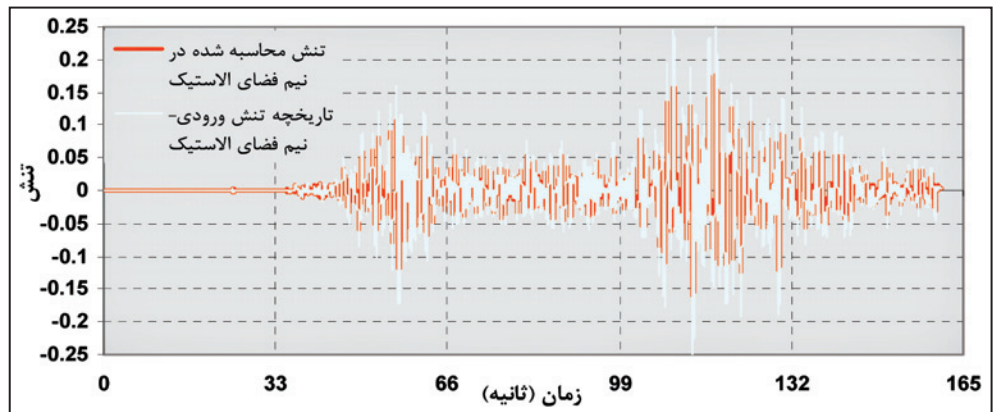
شکل ۶- روند پیشنهادی در انجام این مطالعه

شکل ۷- پاسخ ورودی و محاسبه شده در سطح و لایه های ۳، ۵ و ۸ از ساختمان سد در شرایط بستر صلب (Abbas Converter, Mintab and Matlab)

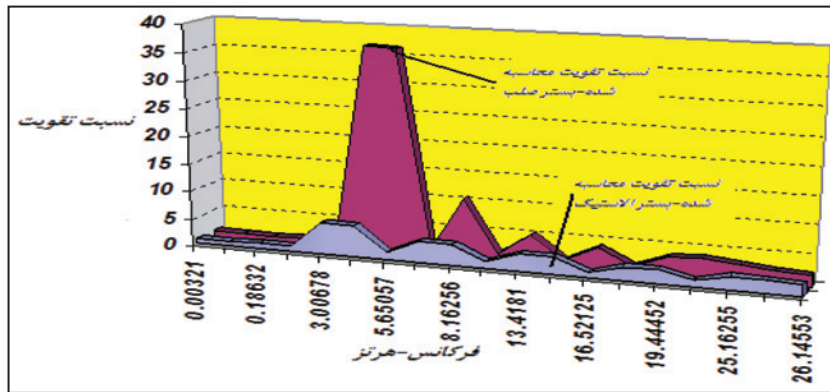


شکل ۸ - پاسخ ورودی و محاسبه شده در سطح و لایه های ۳، ۵ و ۸ از ساختمان سد در شرایط بستر الاستیک (Abbas Converter, Mintab and Matlab)

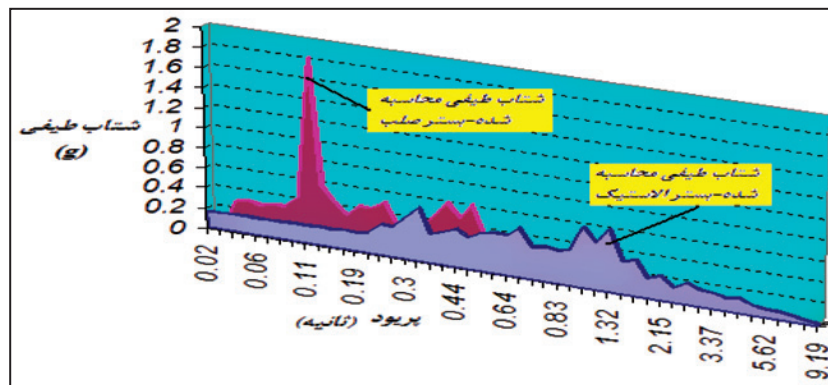
شکل ۹- تاریخچه تنش ورودی و محاسبه شده در ساختمان در حالت نیم فضای الاستیک (Abbas Converter, Mintab and Matlab)



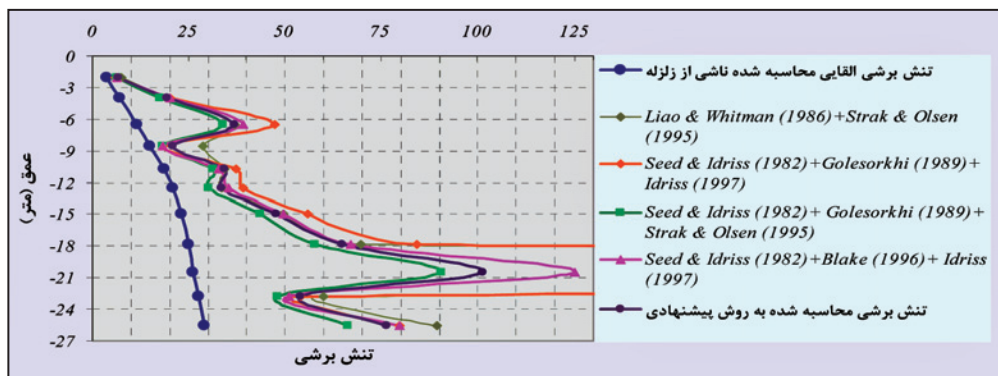
شکل ۱۰- تاریخچه تنش ورودی و محاسبه شده در ساختمان در حالت نیم فضای صلب (Abbas Converter, Mintab and Matlab)



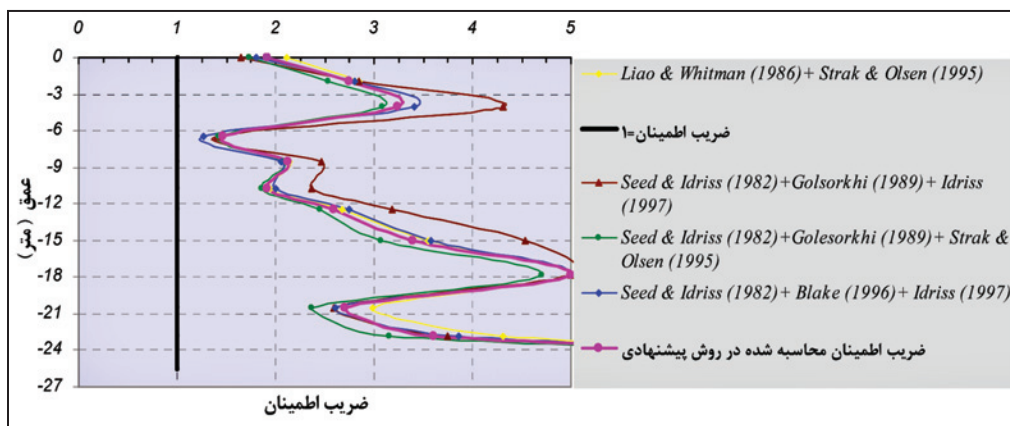
شکل ۱۱- مقایسه نسبت تقویت محاسبه شده در شرایط بستر صلب و الاستیک



شکل ۱۲- مقایسه ستاب طیفی در دو حالت بستر صلب و الاستیک



شکل ۱۳- مقایسه تنش برشی محاسبه شده در روش پیشنهادی با روش‌های شناخته شده در ارزیابی روانگرایی



شکل ۱۴- مقایسه ضریب اطمینان محاسبه شده در روش پیشنهادی با روش‌های شناخته شده در ارزیابی روانگرایی

جدول ۱- گمانه‌های حفر شده در محدوده سد

گمانه	ژرفا	محل	Top of bed rock
Kor-1	۶۰	تکیه گاه راست	۳/۵
Kor-2	۵۸/۲	۵۸/۲	۶/۴
Kor-3	۸۰	محور سد	۴۱
Kor-4	۷۲	۷۲	۱۸
Kor-5	۴۴/۶	تکیه گاه چپ	۲/۲
Kor-6	۳۰	۳۰	۰/۶
Kor-7	۳۱	بالا دست رودخانه	-
Kor-8	۳۵	۳۵	-
Kor-9	۵۰	محور سد	۴/۳
Kor-10	۶۹	۶۹	۳۲/۸
Kor-11	۴۰	بالا دست رودخانه	-

جدول ۲- پیشنهاد ستون بهینه و ایده‌آل ساختگاه سد

ژرفا (m)	USCS	SPT	σ_v	درصد دانه ریز	CN	SPT(N)
۲	CL	۷	۱۶/۵	۵۹	۱/۶۸	۱۱/۷۴
۴	CL-ML	۱۴	۴۳	۵۳	۱/۲۸	۱۷/۹۸
۶/۵	SP-SC	۱۹	۶۳	۴۹	۱/۰۴	۱۹/۸۱
۸/۵	CL	۵	۸۳	۶۱	۰/۹۲	۴/۶۲
۱۰/۷	CL	۱۳	۱۰۸	۵۱	۰/۸۳	۱۰/۸۱
۱۲/۵	SP-SC	۱۶	۱۳۳	۲۳	۰/۷۷	۱۲/۳۷
۱۵	SP-SM	۲۷	۱۵۳	۲۰	۰/۷۱	۱۹/۱۶
۱۷/۸	SW-SM	۳۳	۱۷۳	۳۰	۰/۶۵	۲۱/۵۸
۲۰/۵	SW-SM	۵۰	۱۹۳	۳۵	۰/۶۱	۳۰/۵۶
۲۲/۸	CL	۲۱	۲۲۸	۶۴	۰/۵۸	۱۲/۲
۲۵/۵	SW-SM	۴۵	۲۵۳	۲۲	۰/۵۵	۲۴/۷۶

جدول ۳- مقادیر عددی محاسبه شده توسط "Abbas converter"

عمق (متر)	σ_{v0}	Γ_d	τ_{cyc}	$(N_1(60))$	CSR_L	σ_{v0}	$\tau_{cyc,L}$	FS_L	C_N
۲	۳۱/۱۴	۰/۹۸۳	۵/۳۶۵	۱۶/۸۶۷	۰/۲۲	۳۱/۱۴	۶/۸۲	۱/۹۱	۱/۷۵۷
۴	۶۲/۲۷	۰/۹۶۶	۷/۰۳۲	۲۲/۳۲	۰/۳۱	۶۲/۲۷	۱۹/۳۴	۲/۷۵	۱/۲۴
۶/۵	۱۰۱/۲	۰/۹۵	۱۱/۴۰۴	۲۳/۱۶	۰/۳۶	۱۰۱/۲	۳۶/۹۵	۳/۲۴	۰/۹۶۵
۸/۵	۱۳۴/۴۸	۰/۹۴	۱۴/۲۱۲	۲۰/۳۴۲	۰/۱۶	۱۲۹/۷۴	۲۰/۷۵	۱/۴۶	۰/۸۴۷۶
۱۰/۷	۱۷۵/۴۸۷	۰/۹۱۶	۱۶/۱۷۴	۴/۸۸۸	۰/۲۲	۱۵۵/۸۶	۳۴/۲۸۹	۲/۱۲	۰/۷۸۴
۱۲/۵	۲۰۹/۰۴	۰/۸۸۳	۱۷/۶۲۸	۱۴/۸۷۵۹	۰/۱۹	۱۷۷/۲۲	۳۳/۶۷	۱/۹۱	۰/۶۸۱۷
۱۵	۲۵۵/۶۳	۰/۷۹۹	۱۸/۳۷۳	۱۸/۷۶۵	۰/۲۳	۲۰۶/۹۰	۴۷/۵۸۷	۲/۵۹	۰/۶۲۵۵
۱۷/۸	۳۰۷/۸۲	۰/۷۱۶	۱۹/۱۲۳	۲۰/۵۸۸۴	۰/۲۷	۲۴۰/۱۴	۶۴/۸۳	۳/۳۹	۰/۵۷۱۹
۲۰/۵	۳۵۸/۱۵	۰/۶۴۲	۲۰/۲۳۵	۳۱/۸۸۴	۰/۳۸	۲۶۶/۲۵	۱۰۱/۱۷۵	۵	۰/۵۳۱۴
۲۲/۸	۴۰۱/۰۲	۰/۶۰۸	۱۹/۸۹۲	۱۲/۰۷۲	۰/۱۸	۲۹۹/۴۹	۵۳/۹۰۸	۲/۷۱	۰/۵۰۳۰
۲۵/۵	۴۵۱/۳۴	۰/۵۶۶	۲۱/۱۲۱	۲۵/۶۳۹۲	۰/۲۳	۳۳۱/۵۳	۷۶/۲۵	۳/۶۱	۰/۴۷۴۸

جدول ۴- مقادیر عددی متغیرهای محاسبه شده جنبش زمین

پارامتر	شرایط	بیشینه مقدار محاسبه شده در...	پارامتر	شرایط	بیشینه مقدار محاسبه شده در...
جنبش ورودی	الاستیک	۰/۱۲۵g (۱۳۱/۱s)	شتاب طیفی	الاستیک	۰/۶۱۷g (۱/۳۲s)
	صلب	-۰/۱۳۳۵g (۱۷۱/۶s)		صلب	۱/۸۲۲g (۰/۳۳s)
جنبش محاسبه شده	الاستیک	-۰/۱۷۸۵g (۱۱۷/۶s)	تنش ورودی	الاستیک	۰/۲۵۰ (۱۱۷/۶s)
	صلب	-۰/۱۹۵۸g (۱۱۶/۲s)		صلب	۰/۲۷۴ (۱۱۷/۶s)
پاسخ ورودی	الاستیک	۰/۵۸۱g (۱/۳۲s)	تنش محاسبه شده	الاستیک	۰/۱۷۸ (۱۱۷/۶s)
	صلب	۰/۵۸۵g (۱/۳۲s)		صلب	۰/۱۹۳۵ (۱۱۶/۲s)
پاسخ محاسبه شده	الاستیک	۰/۶۶۰g (۱/۰۸s)	کرنش ورودی	الاستیک	۰/۰۷۳۴٪ (۱۱۷/۶s)
	صلب	۰/۶۷۴g (۱/۰۸s)		صلب	۰/۰۸۳۳٪ (۱۱۷/۶s)
نسبت تقویت	الاستیک	۵/۸۰ (۳/۰۳۵۷Hz)	کرنش محاسبه شده	الاستیک	۰/۰۰۴۳۴٪ (۱۱۷/۶s)
	صلب	۳۶/۷ (۳/۰۲۲۸Hz)		صلب	۰/۰۰۴۶۵٪ (۱۱۶/۲s)
PGA محاسبه شده	الاستیک	۰/۱۷۸۵g	PGA محاسبه شده	الاستیک	۰/۱۷۸۵g (در سطح زمین)
	صلب	۰/۱۹۵۸g		صلب	۰/۱۹۵۸g (در سطح زمین)

References

- Abbaszadeh shahri, A., Esfandiyari, B. & Behzadafshar, K., 2010- A proposed procedure for nonlinear site response evaluation on strong ground motion during Ardabil earthquake (28 Feb. 1997) by using "Abbas Converter" computer code", Journal of The Earth, vol.5, Special edition, No1, summer, pp1-21, ISSN 2008-1499.
- Abbaszadeh shahri, A., Esfandiyari, B. & Hamzeloo, H., 2009- "Evaluation of a nonlinear seismic geotechnical site response analysis method subjected to earthquake vibrations (case study: Kerman province, Iran)", Arabian Journal of Geosciences, Springer, accepted in 14 December 2009, in print.
- Blake, T. F., 1996- Formula (4), Summary Report of Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Youd, T.L. and Idriss, I.M., eds., Technical Report NCEER 97-0022.
- Golesorkhi, R., 1989- Factors influencing the computational determination of earthquake-induced shear stresses in sandy soils, Dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. University of California at Berkeley. <http://www.usgs.gov>
- Idriss, I. M., 1997- Evaluation of liquefaction potential and consequences: Historical perspective and updated procedures, presentation notes, 3rd short course on evaluation and mitigation of earthquake induced liquefaction hazards, March 13-14, San Francisco, 16pp.
- Liao, S. S. C. & Whitman, R. V., 1986 - Catalogue of liquefaction and non-liquefaction occurrences during earthquakes, Res. Rep., Dept. of Civil. Engineering., Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass.
- Liao, S. S. C., Veneziano, D. & Whitman, R. V., 1988- Regression models for evaluating liquefaction probability, Journal of Geotechnical Engineering., 114(4): 389-411.
- Seed, H. B. & Idriss, I. M., 1982- Ground Motions and Soil Liquefaction during Earthquakes, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California, Monograph Series, 134 p.
- Strak, T. D. & Olsen, S. M., 1995- Liquefaction Resistance Using CPT and Field Case Histories, Journal of Geotechnical Engineering, 121 (12), 856-869.

Design of a New Computer Code: Modification and Substantiation of a New Methodology in Determination and Analysis of Site Liquefaction Potential

A. Abbaszadeh Shahri ^{1*}, F. Rezaei ², K. Mehdizadeh Farsad ³, R. Rajablou ⁴ & N. Panaei ³

¹ Assistant Professor, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran

² Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

³ M. Sc., Islamic Azad University, Damavand Branch, Damavand, Iran

⁴ M. Sc., Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran

Received: 2011 October 31

Accepted: 2012 May 22

Abstract

Liquefaction is a process in which a soil suddenly loses its strength and most commonly occurs as a result of ground shaking during a large earthquake or other rapid loading. The aim of this study is providing and developing of a geotechnical- based computer code for nonlinear site response analysis, employing the field and laboratory tests and also combination of several softwares, represents a new method for evaluating the liquefaction potential. In order to verify the proposed method, the Avaj-Changureh earthquake of 2002 was applied on Korzan earth dam in Hamedan province and for determination of its accuracy; it was compared with several known techniques. The obtained results showed proper compatibility with other known methods.

Keywords: Abbas Converter, Liquefaction potential, Avaj-Changureh earthquake

For Persian Version see pages 111 to 118

*Corresponding author: A. Abbaszadeh Shahri; E-mail: abbas4646@yahoo.com