مطالعه‌ی آزمایشگاهی رفتار پی‌مربعی روی مخلوط ماسه – پودرلاستیک تحت بارگذاری‌سیکلی

الیاس گلستانی رنجبر[۱]، سید احسان سیدی حسینی نیا[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

Golestaniranjbar2019@mail.um.ac.ir
eseyedi@um.ac.ir

خلاصه

یکی از بزرگترین مشکلات بشر در سال های اخیر، آلودگی محیط‌زیست ناشی از ضایعات زباله‌های صنعتی است. پودرلاستیک به دلیل هزینه‌ی پایین و سبک بودن نسبت به سایر مصالح کاربرد بیشتری در مهندسی ژئوتکنیک پیدا کرده‌است. اختلاط پودرلاستیک و خاک سبب افزایش شکل‌پذیری و ضریب‌میرایی خاک می‌شود. همچنین می‌توان از آن برای بهبود عملکرد سازه به‌خصوص در مناطق زلزله‌خیز استفاده کرد. در تحقیق حاضر، به بررسی عملکرد پی‌مربعی برروی مخلوط ماسه – پودرلاستیک تحت بارسیکلی پرداخته شد. برای انجام آزمایش‌های مورد نظر ابتدا میزلرزه‌دستی در دانشگاه فردوسی مشهد ساخته و سپس تست‌ها در مقیاس **1g** انجام شد. برای سنجش شتاب و جابه‌جایی از تکنیک پردازش تصویر استفاده شده‌است. ازطرفی استفاده از تکنیک پردازش تصویر علاوه بر عدم نیاز به سنسورهای اندازه‌گیری در محیط خاکی سبب کاهش خطای احتمالی ناشی از وجود سنسور نیز بوده است. همچنین درصد پودرلاستیک مخلوط در این آزمایش‌ها متغییر است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش درصد پودرلاستیک در مخلوط ماسه – پودرلاستیک تاثیر زیادی روی شتاب منتقل شده درهنگام زلزله به پی‌مربعی در جهت بهبود عملکرد آن می‌گذارد. باتوجه به خاصیت میرایی بالای لاستیک، پودرلاستیک سبب کاهش شتاب منتقل شده به سازه در هنگام زلزله می‌شود.

کلمات کلیدی: پودرلاستیک، پردازش تصویر، پی‌مربعی، میزلرزه دستی، بارسیکلی.

۱. مقدمه

با پیشرفت جوامع بشری و تولید روزافزون خودروها، نیاز به تولید تایر افزایش یافته‌است. سالیانه تعداد بسیار زیادی از این لاستیک های فرسوده سبب ایجاد مشکلات زیست محیطی می گردد. در نتیجه ضرورت توجه به مدیریت بازیافت و مطالعه در خصوص آن، بیش از بیش احساس می‌شود.

با گذشت زمان و پیشرفت تکنولوژی به گونه‌ای سعی شد که از بازیافت تایرهای‌لاستیکی به صورت تکه‌لاستیک، خرده‌لاستیک و پودرلاستیک در صنعت، ساختمان سازی و به خصوص مهندسی ژئوتکنیک بهره برده‌شود. از مهم‌ترین ویژگی‌های خرده‌لاستیک می‌توان به چگالی‌کم، ضریب فشارجانبی پایین و میرایی بالای آن اشاره کرد. این ویژگی‌ها سبب شده که از لاستیک‌های خرد شده در ابعاد مختلف جهت اجرای خاکریزها، دیوارهای حائل، زیر بستر راه‌ها و زیر فونداسیون ساختمان ها استفاده شود.

اولین بار ایده‌ی استفاده از خرده‌لاستیک توسط ویدال [۱] مطرح شد. نتایج او نشان داد که با به‌کاربردن خرده‌لاستیک، می‌توان ظرفیت باربری خاک را افزایش داد. پس از او محققین بسیاری بر روی خواص مکانیکی مخلوط ماسه – خرده‌لاستیک به صورت آزمایشگاهی و تحلیل های عددی تحقیقاتی انجام دادند. اما خواص دینامیکی مخلوط ماسه- پودرلاستیک به صورت کاربردی کمتر مورد توجه قرارگرفت. از جمله پژوهش‌های آزمایشگاهی که روی خصوصیات مکانیکی مخلوط ماسه- خرده‌لاستیک انجام شد تحقیقات تاتلیسوز وهمکارانش [۲] بود که با انجام آزمایش‌های برش‌مستقیم بیان کرد با افزایش خرده‌لاستیک به ماسه تا ۳۰ درصد حجمی، مقاومت برشی ماسه افزایش می‌یابد.

آتوم [۳] نیز با اجرای یکسری آزمایش‌هایی با دستگاه برش مستقیم انجام داد به این نتیجه رسید که با افزایش خرده‌لاستیک به ماسه زاویه اصطکاک و در نتیجه مقاومت برشی آن افزایش می‌یابد. احمد و لاول [۴] آزمایش‌های سه محوری بر روی مخلوط خاک و خرده لاستیک انجام داد. آنها به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان خرده لاستیک، چسبندگی ظاهری خاک افزایش می‌یابد.

پاموکو و اکبالات [۵] به بررسی پارامترهای دینامیکی مخلوط ماسه - خرده‌لاستیک پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که اختلاف زیاد بین مدول ارتجاعی خرده‌لاستیک و ماسه باعث افزایش سطح تماس بین این دو مصالح شده است. درنتیجه افزایش سختی مخلوط را به دنبال دارد.اما با گذشت زمان پژوهشگران بیشتر به بررسی رفتار دینامیکی مخلوط ماسه- خرده لاستیک پرداختند.

سریجیت و همکاران [۶] در سال ۲۰۱۵ تحقیقاتی رویرفتار دینامیکی پی‌مربعی مستقر بر مخلوط ماسه- خرده‌لاستیک انجام دادند. آنها با استفاده از دستگاه برش مستقیم و میزلرزه به بررسی پارامترهای مکانیکی و دینامیکی مخلوط ماسه- خرده‌لاستیک پرداختند. همچنین تست‌هایی را با تغییر فرکانس‌بارگذاری، درصد خرده‌لاستیک، ضخامت خرده‌لاستیک و دوسربار مختلف انجام دادند. نتایج نشان داد که با افزایش درصد خرده‌لاستیک به مخلوط ماسه-خرده‌لاستیک شتاب اعمال شده به پی کاهش یافته، اما از طرفی نشست قائم آن نیز زیاد می‌شود.همچنین شتاب منتقل شده به پی تحت سربار بیشتر بیشتر کاهش میابد. همینطور نتایج نشان داد که افزایش ضخامت مخلوط ماسه- خرده‌لاستیک سبب کاهش شتاب منتقل شده به پی و افزایش تغییر مکان نسبی ساختمان نسبت یه پی شده است.

بهادری و خلیلی [۷] تحقیقاتی روی اثر بارگذاری سیکلی برمشخصات دینامیکی مخلوط ماسه و خرده لاستیک انجام دادند. آنها با انجام آزمایش‌هایی روی مخلوط ماسه- خرده لاستیک با درصدهای وزنی ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪ و ۲۰٪ خرده‌لاستیک تحت بارگذاری با فرکانس‌های ۰/۵، ۱، ۲، ۳، ۵، ۷ و ۹ هرتز در دو دامنه‌ی بارگذاری **(0.1g , 0.3g)** تاثیر هرکدام از این پارامترها را بر رفتار دینامیکی مخلوط ماسه- خرده‌لاستیک بررسی کردند. تحقیقات آنها نشان داد که افزایش درصد خرده‌لاستیک به مخلوط ماسه- خرده‌لاستیک سبب کاهش مدول برشی و افزایش نسبت میرایی شده است. همچنین افزایش فرکانس بارگذاری در تعداد سیکل یکسان بارگذاری سبب افزایش مدول برشی و افزایش دامنه‌ی بارگذاری سبب کاهش مدول برشی و افزایش نسبت میرایی می‌شود.

در این پژوهش نیز با استفاده از میزلرزه دستی به بررسی رفتار پی‌مربعی بر روی مخلوط ماسه- پودرلاستیک پرداخته شده است. بارگذاری به صورت سینوسی به پی اعمال شده و درصدهای وزنی پودرلاستیک متغییر می‌باشد. همچنین برای اندازه‌گیری شتاب و جابه‌جایی‌های مورد نیاز از تکنیک پردازش تصویر[1] استفاده شده است.

۲. ساخت دستگاه

برای انجام تست‌های این پژوهش نیاز به ساخت دستگاه میزلرزه و باکس پلکسی گلس بود. به همین علت در دانشگاه فردوسی مشهد میزلرزه‌دستی به ابعاد ۰/۵ × ۱۱/۹ متر و باکس پلکسی گلس به ضخامت ۱۲ میلیمتر و به ابعاد ۰/۵ × ۰/۳ × ۱/۲۲ متر توسط الیاس گلستانی رنجبر ساخته شد. با استفاده از این دستگاه بارگذاری به صورت دستی انجام می‌شود و می‌توان باردینامیکی با فرکانس و دامنه تقریبا ثابت ایجاد کرد. فرکانس غالب بارگذاری میز در تست‌های این تحقیق تقریبا ۴/۵ هرتز است که با استفاده از پره‌های فلزی میزلرزه دستی تنظیم شده است. برای تنظیم دامنه‌ی بارگذاری به صورت دستی ابتدا سنسور شتاب‌سنج[2] را روی میزلرزه دستی به صورت ثابت نصب شده است و با استفاده از سنسور شتاب‌سنج، شتاب اعمال شده به میزلرزه دستی مشاهده می‌شود و مقدار شتاب اعمال شده با دست تقریبا قابل تنظیم است.

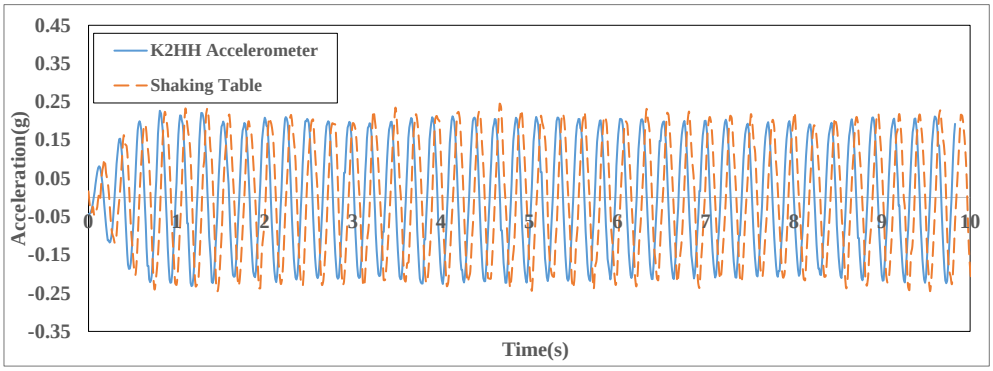
در دوطرف دیواره قائم باکس در جهتی که به میز نیرو اعمال می‌شود ابرهایی به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر به عنوان ضربه‌گیر استفاده شده تا تاثیر بازگشت موج‌های اعمالی را از طرف مرزها به حداقل برساند.همینطور خاک داخل باکس پلکسی‌گلس از طرف روبه‌روی باکس قابل مشاهده بوده و حرکات پی و ذرات خاک قابل مشاهده است. درشکل ۱ مراحل ساخت باکس پلکسی‌گلس نشان داده شده است که این باکس روی میزلرزه چوبی قرار گرفته است. مراحل ساخت آن شامل ساخت باکس پلکسی‌گلس، ساخت فریم فلزی برای اطراف آن و ساخت شبکه‌ی زهکش برای قسمت زیرین باکس.

[1] PIV
[2] K2HH Accelerometer

الف- ساخت باکس پلکسی گلس ب- ساخت فریم فلزی برای اطراف باکس پ- ساخت شبکه برای زهکش کف باکس پلکسی گلس

شکل ۱- مراحل ساخت پلکسی گلس

شکل ۲ بارگذاری میزلرزه‌دستی با شتاب **0.2g** را نشان می‌دهد که شتاب اعمالی توسط سنسور شتاب‌سنج و روش پردازش تصویر برداشت شده‌است. بررسی‌ها نشان داد که مقادیر دامنه‌ی شتاب، فرکانس غالب بارگذاری و محتوای فرکانسی در مقایسه دوروش باهم دقت قابل قبولی دارد.



شکل ۲- نمودار شتاب اعمالی به میزلرزه‌دستی با اندازه‌گیری به دوروش استفاده از سنسور شتاب‌سنج و پردازش تصویر

۳. روش انجام تحقیق

در این تحقیق تست‌هایی برای بررسی رفتار پی‌مربعی روی ماسه فیروزکوه ۱۶۱ و مخلوط ماسه- پودرلاستیک انجام شده است. مشخصات و دانه‌بندی این خاک مطابق جدول ۱ و شکل ۳ است:

جدول ۱- مشخصات ماسه فیروزکوه۱۶۱[۸]

مشخصات شاخص خاک ماسه فیروزکوه ۱٦۱					
G_s	e_{min}	e_{max}	D_{50}(mm)	C_u	C_c
۲/٦٥	۰/٥٦	۰/۸۷	۰/۲۹	۲/۰٦	۰/۸٤

C_c : ضریب خمیدگی

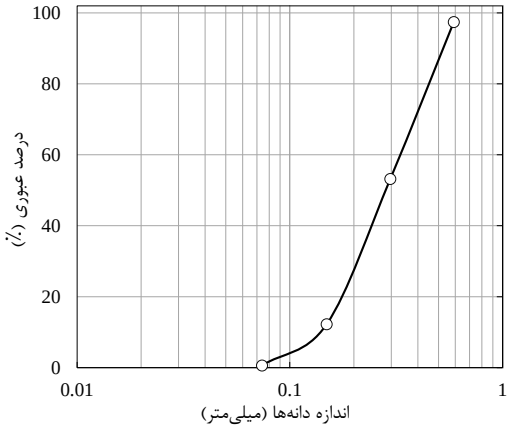
C_u : ضریب یکنواختی

$D_{50(mm)}$: قطر بزرگترین دانه‌ای است که می‌تواند از الکی که ۵۰ درصد دانه‌ها از آن عبور کرده‌اند رد شود

e_{max}: نسبت تخلخل بیشینه

e_{min}: نسبت تخلخل کمینه

G_s: توده ویژه(چگالی)



شکل ۳- **شکل ٤- دانه‌بندی ماسه فیروزکوه ۱٦۱[۸]**

برای انجام تست‌ها باکس پلکسی‌گلس را تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از ماسه ی فیروزکوه با تراکم ۵۵٪ پر کرده به صورتی که در ارتفاع‌های مختلف ماسه‌ی رنگی ریخته شده است تا جابه‌جایی‌های خاک در لایه‌های مختلف نیز برای ما قابل مشاهده باشد. در این تحقیق برای مدلسازی پی نواری به عرض ۲ متر با توجه به ابعاد باکس پلکسی گلس برای شبیه‌سازی شرایط آزمایش با زلزله‌ی واقعی ضریب تشابه‌ابعادی ۱۰ در نظرگرفته شده‌است. برای دیگر پارامترهای مورد نیاز در این تحقیق از جدول ۲ که میمند [۹] و ایایی [۱۰] این ضرایب را در تحقیقات خود بدست آوردند استفاده شده است:

جدول۲- ضرایب تشابه ابعادی [۹, ۱۰]

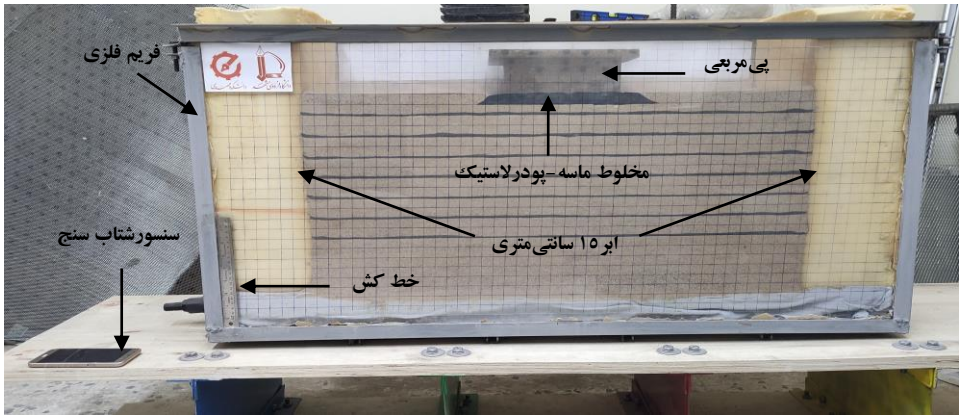
متغییر	مقیاس تشابه	برای ضریب تشابه: ۱۰
شتاب	1	۱
زمان	$\lambda^{0.5}$	۳/۱۶
فرکانس	$\lambda^{-0.5}$	۰/۳۱۶
طول	λ	۱۰
تنش	λ	۱۰

مطابق شکل ۴ برای مدلسازی پی‌مربعی از قطعات چوب نئوپان به ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر استفاده شده است. همچنین سربارقرارگرفته روی پی‌مربعی باری معادل تنش ۷/۵ کیلوپاسکال را به آن وارد می‌کند. از چهار عدد قطعه چوبی به ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و به ضخامت ۱۶ میلیمتر و یک عدد قطعه چوبی به ابعاد ۲۵× ۲۵ سانتی‌متر و به ضخامت ۱۶ میلیمتر که با چسب به هم متصل شده استفاده شده‌است. همچنین قسمت کناره‌ی چوب از ارتفاع یک سانتی‌متری به بالا از چسب نواری استفاده شده تا از تبدیل رفتار پی به شمع خودداری شود. سه وزنه‌ی چدنی ۱۰ کیلوگرمی بر روی قطعه‌ی ۲۵× ۲۵ سانتی‌متری طوری قرار گرفته که حین بارگذاری خروج از محوریت به حداقل مقدار خود برسد.

شکل ۴ - نمای کلی پی‌مربعی و سربار ۳۰ کیلوگرمی

دراین تحقیق چهار تست با درصدهای پودرلاستیک صفر، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد انجام شده است. برای مدلسازی درحالت‌هایی که مخلوط ماسه پودرلاستیک وجود داشته است، از قالب مقوایی محکم به ابعاد ۲۵× ۲۵ سانتی‌متراستفاده شده‌است.

مطابق شکل ۵ پس از ریختن ماسه فیروزکوه ۱۶۱ به ارتفاع ۳۸ سانتی‌متر قالب مقوایی روی خاک قرار گرفته و مخلوط ماسه- پودرلاستیک با درصدهای وزنی مشخص در سه لایه به ضخامت دوسانتی‌متر در قالب مقوایی ریخته شده‌است. پس از مدلسازی پی‌مربعی با استفاده از دوربین **(Xiaomi Poco X3)** از مقابل باکس‌پلکسی‌گلس با سرعت ۶۰ فریم بر ثانیه فیلمبرداری شده و مقادیر شتاب و جابه‌جایی‌های میزلرزه دستی و پی‌مربعی توسط نرم افزار ترکر [1] اندازه‌گیری شده است. اما برای مقیاس بندی توسط نرم‌افزار، خط‌کش ۲۰ سانتی‌متری را در کنار باکس نصب شده‌است.



شکل **۵- مدلسازی پی‌مربعی بر روی مخلوط ماسه- پودرلاستیک**

دراین تحقیق پس از مدلسازی پی‌مربعی چهار تست با درصدهای مختلف مخلوط ماسه – پودرلاستیک انجام داده شده است. که بارگذاری با شتاب **0.2g** و فرکانس غالب‌بارگذاری تقریبا **4.5 Hz** بوده است. جدول ۳ تست‌های انجام شده در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.

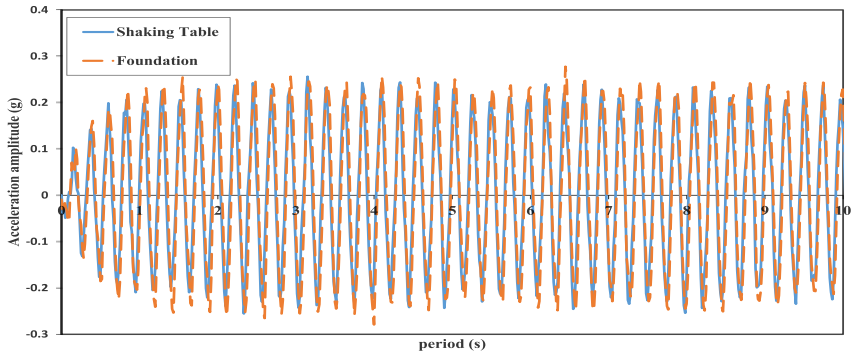
جدول-۳ تست‌های انجام شده با استفاده از میزلرزه‌دستی

شماره تست	درصد تراکم خاک	پودرلاستیک	فرکانس بارگذاری(هرتز)
۱	۵۵ درصد	صفر	۴/۳ هرتز
۲	۵۵ درصد	۲۰	۴/۹ هرتز
۳	۵۵ درصد	۵۰	۵ هرتز
۴	۵۵ درصد	۱۰۰	۵ هرتز

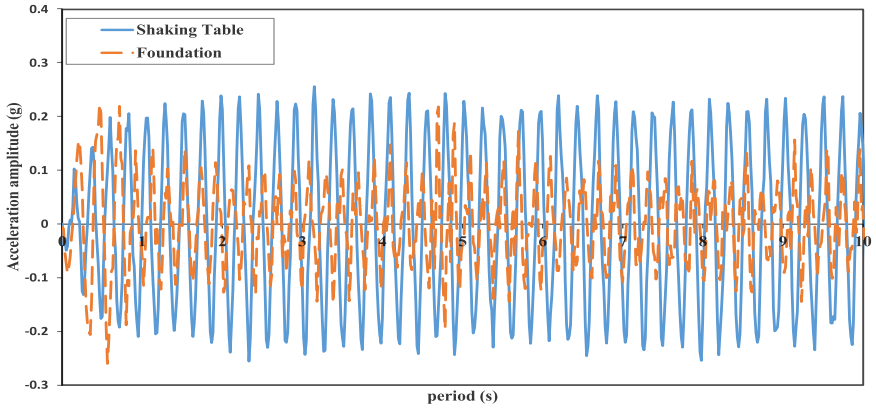
[1]Tracker

۴. نتایج

مطابق شکل ۶ و شکل ۷ مقدار شتاب میزلرزه و شتاب منتقل شده به پی‌مربعی درحالتی که ماسه به طور خالص در زیر پی قرار گرفته و در حالتی که پی روی مخلوط ماسه – پودرلاستیک با ۵۰ درصد وزنی پودرلاستیک قرار دارد نشان داده شده‌است. مطابق این نتایج مشاهده می‌شود که با افزودن پودرلاستیک به ماسه شتاب منتقل شده به پی‌مربعی کاهش یافته است.



شکل ٦- نمودار شتاب زمان برای ماسه خالص در بارگذاری با شتاب 0.2g



شکل ۷- نمودار شتاب زمان برای مخلوط ماسه- پودرلاستیک با ۵۰ درصد وزنی پودرلاستیک در بارگذاری با شتاب 0.2g

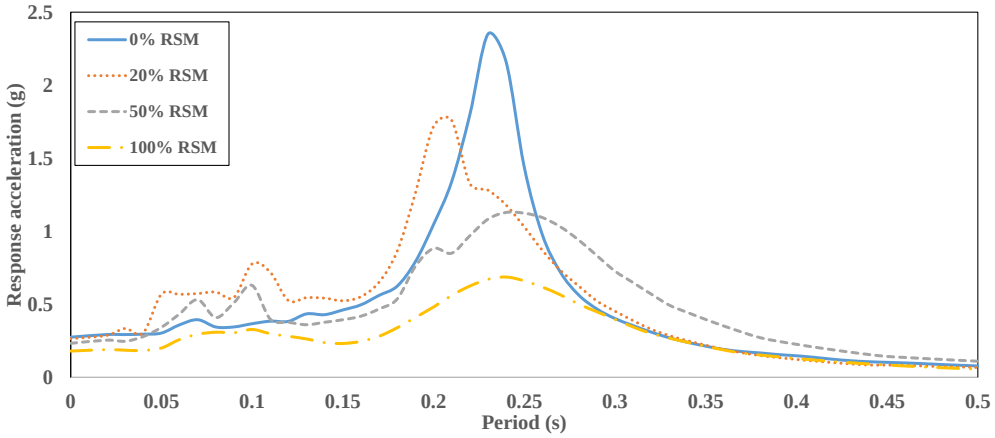
مطابق جدول ۴ نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار ترکر[1] برای نشست پی در چهار تست مختلف نشان داده شده‌است. در این تست‌ها با افزایش درصد پودرلاستیک مقدار نشست قائم پی‌مربعی افزایش یافته است اما برای حالت پودرلاستیک خالص باتوجه به اینکه پودرلاستیک رفتاری ارتجاعی دارد مقدار نشست پی‌مربعی در انتهای بارگذاری در این حالت مقدار کمتری را نشان داده‌است.

جدول ٤ – نشست‌قائم برای تست‌ها با درصدهای مختلف پودرلاستیک در انتهای ۱۰ ثانیه بارگذاری با شتاب 0.2g

شماره تست	تراکم خاک	درصد وزنی پودر لاستیک	شتاب اعمالی	مقدار نشست قائم	وزن سربار	فرکانس غالب
۱	۵۵ درصد	صفر درصد	۰/۲ شتاب گرانش زمین	۲میلیمتر	۳۰ کیلوگرم	۴/۳ هرتز
۲	۵۵ درصد	۲۰ درصد	۰/۲ شتاب گرانش زمین	۲/۲ میلیمتر	۳۰ کیلوگرم	۴/۹ هرتز
۳	۵۵ درصد	۵۰ درصد	۰/۲ شتاب گرانش زمین	۴/۵ میلیمتر	۳۰ کیلوگرم	۵ هرتز
۴	۵۵ درصد	۱۰۰ درصد	۰/۲ شتاب گرانش زمین	۳/۱ میلیمتر	۳۰ کیلوگرم	۵ هرتز

[1] Tracker

مطابق شکل ۸ با تعیین شتاب نگاشت‌ها و ترسیم طیف‌پاسخ شتاب با استفاده از نرم‌افزار سایسموسیگنال[1] برای پی‌مربعی در چهار تست انجام شده نتایج زیر بدست آمده است. با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که با افزایش درصد پودرلاستیک به مخلوط ماسه- پودرلاستیک در فرکانس غالب سازه مقادیر دامنه پاسخ شتاب سازه به زلزله مقادیر کمتری شده است. این مقدار برای حالتی که درصد پودرلاستیک ۵۰ درصد است تقریبا نصف حالتی‌ست که از پودرلاستیک استفاده نشده‌است.



شکل ۸- **نمودار طیف پاسخ شتاب پی‌مربعی برای تست با درصدهای صفر ، ۲۰ ، ۵۰ و ۱۰۰ درصد پودرلاستیک تحت بارگذاری با شتاب 0.2g**

۵. نتیجه‌گیری

پس از مدلسازی پی‌مربعی واندازه‌گیری شتاب، جابه‌جایی‌های قائم و ترسیم طیف پاسخ پی‌مربعی طبق نمودارهای بدست آمده نتایج زیر حاصل شد:

۱- در حین آزمایش در حالتی که از پودرلاستیک خالص استفاده شده‌است، مشاهده شد که رفتار پی‌مربعی دیگر به صورت ناپایدار بوده و به علت شکل‌پذیر بودن زیاد پودرلاستیک دیگر رفتارپی به صورت گهواره‌ای است که با توجه به این مسئله استفاده از پودرلاستیک به صورت خالص برای زیر پی مناسب نمی‌باشد.

۲- با اندازه‌گیری شتاب‌های ایجاد شده در پی و مقایسه‌ی آن با شتاب اعمالی هنگام بارگذاری در درصدهای مختلف پودرلاستیک مشاهده می‌شود که وجود پودرلاستیک سبب کاهش دامنه‌ی شتاب منتقل شده حین زلزله به سازه می‌شود و هرچه مقدار پودرلاستیک افزایش پیداکند این تاثیر بیشتر شده‌است.

۳- با توجه به نتایج بدست آمده از طیف‌های پاسخ شتاب پی‌مربعی مشاهده می‌شود که افزودن پودرلاستیک به ماسه موجود در زیر پی سبب می‌شود که در هنگام تشدید سازه در هنگام زلزله شتاب کمتری در سازه ایجاد شود و خسارت‌های احتمالی کاهش یابد.

۴- نتایج حاصل از مقادیر نشست پی‌مربعی نشان داد که همانطور که افزودن پودرلاستیک سبب کاهش شتاب منتقل شده به سازه می‌شود اما از طرفی با افزایش درصد پودرلاستیک نشست پی‌مربعی نیز افزایش می‌یابد.

[1] seismosignal

۶. مراجع

1. Vidal, H. (1969) The principle of reinforced earth, *Highway research record*.
2. Tatlisoz, N., Edil, T. B. & Benson, C. H. (1998) Interaction between reinforcing geosynthetics and soil-tire chip mixtures, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. **124**, 1109-1119.
3. Attom, M. F. (2006) The use of shredded waste tires to improve the geotechnical engineering properties of sands, *Environmental Geology*. **49**, 497-503.
4. Ahmed, I. & Lovell, C. (1993) Rubber soils as lightweight geomaterials, *Transportation research record*.
5. Pamukcu, S. & Akbulut, S. (2006) Thermoelastic enhancement of damping of sand using synthetic ground rubber, *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*. **132**, 501-510.
6. Bandyopadhyay, S., Sengupta, A. & Reddy, G. R. (2015) Performance of sand and shredded rubber tire mixture as a natural base isolator for earthquake protection, *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*. **14**, 683-693.
7. Bahadori, H. & Khalili, A. (2019) Effect of loading frequency on the dynamic properties of sand-tire mixture, *Acta Geodynamica et Geromaterialia*. **16**, 269-281.
8. سردار, م. (۱۳۹۷) بررسی آزمایشگاهی دستگاه نفوذگر ضربهای دستی, دانشگاه فردوسی مشهد, انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
9. Meymand, P. J. (1998) Shaking table scale model tests of nonlinear soil-pile-superstructure interaction in soft clay.
10. Iai, S. (1989) Similitude for shaking table tests on soil-structure-fluid model in 1g gravitational field, *Soils and Foundations*. **29**, 105-118.

شماره: 12ICCE/GE-02-506
تاریخ: 23 تیر 1400

دوازدهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران
۲۱ الی ۲۳ تیرماه ۱۴۰۰ دانشگاه فردوسی مشهد

گـواهی ارائـــه مقـــاله

بدین وسیله گواهی می شود که مقاله با عنوان :

مطالعه‌ی آزمایشگاهی رفتار پی‌مربعی روی مخلوط‌ماسه - پودر لاستیک تحت‌بارگذاری سیکلی

تهیه شده توسط:

الیاس گلستانی‌رنجبر و سید احسان سیدی حسینی‌نیا

در دوازدهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران که در تاریخ ۲۱ الی ۲۳ تیرماه ۱۴۰۰ در دانشگاه فردوسی مشهد برگزار گردید، پذیرش وارائه شده است.

دکتر جعفر بلوری بزاز
دبیر علمی کنگره

دکتر احمد شوشتری
دبیر کنگره

این گواهی به صورت الکترونیکی صادر شده است.
جهت اعتبار سنجی گواهی، از لینک های زیر استفاده کنید یا QR Code گواهی را اسکن کنید.
https://certificate.confdirector.com
https://certificate.12icce.ir

SN: 9754554467

12th International Congress on Civil Engineering
12-14 July 2021 | Ferdowsi University of Mashhad
Serial Number: 9754554467