



بررسی آزمایشگاهی مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحات مهاری قائم در خاک ماسه‌ای به کمک پردازش تصویر

امیررضا حسن‌زاده^۱، جعفر بلوری بزاز^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد

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

amirreza.hassanzade@mail.um.ac.ir

bolouri@um.ac.ir

خلاصه

پردازش تصویر در سال‌های اخیر به صورت گسترده‌ای در علوم مهندسی مورد توجه بوده و در زمینه‌ی ژئوتکنیک نیز مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش به منظور شناسایی مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحات مهاری قائم، از خطوط ایجاد شده توسط ماسه‌ی رنگی و پردازش تصاویر فیلم برداری شده از نحوه‌ی گسیختگی خاک در مدل آزمایشگاهی دوبعدی (plane strain) استفاده شده است. در این آزمایش‌ها اثر تراکم، عمق جایگذاری و طول میل مهار مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد افزایش عمق جایگذاری تأثیر قابل توجهی در مکانیزم گسیختگی داشته در حالی که تغییر در تراکم و طول میل مهار تأثیر کمتری دارند.

کلمات کلیدی: صفحات مهاری، مکانیزم گسیختگی، پردازش تصویر

۱. مقدمه

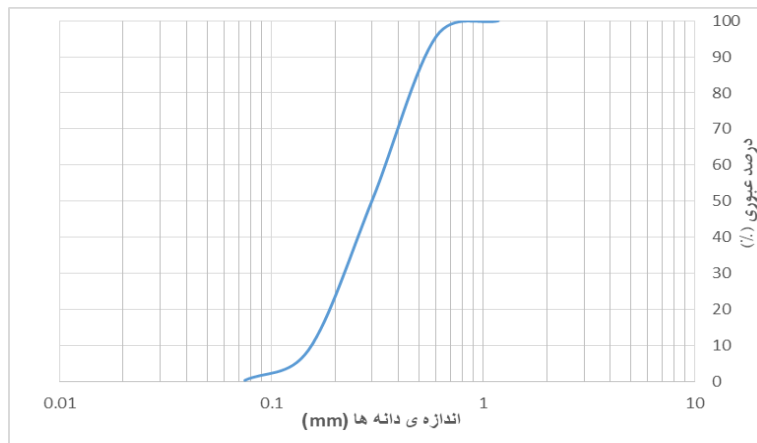
مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحات مهاری قائم در خاک همواره مورد توجه محققین بوده است و استفاده از ماسه‌های رنگی در اطراف این صفحات روش شناخته شده‌ای برای تعیین مکانیزم گسیختگی مورد نظر می‌باشد. دیکین و لیونگ [۱] با استفاده از یک مخزن با جدار شیشه‌ای و به کمک ماسه‌های رنگی به بررسی مکانیزم گسیختگی در اطراف یک صفحه‌ی مهاری با ارتفاع ۵۰ میلی‌متر پرداخته‌اند. ایشان مشاهده کردند که با افزایش عمق جایگذاری مکانیزم گسیختگی پیچیده‌تر خواهد شد. برای صفحات مهاری که در عمق کم قرار دارند سطح گسیختگی به شکل یک خط می‌باشد. با افزایش عمق جایگذاری مکانیزم گسیختگی پیچیده‌تر شده اما همچنان به سطح زمین می‌رسد. برای اعماق خیلی زیاد گسیختگی از حالت کلی به حالت موضعی تبدیل شده است. این عمق را عمق قرارگیری بحرانی نامیده‌اند که در این حالت مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحه‌ی مهاری تشکیل شده اما به سطح زمین نمی‌رسد. نیلی و همکاران [۲] نیز به منظور ارائه‌ی راه‌حل تئوری جهت تخمین ظرفیت باربری صفحات مهاری دو حالت را برای سطح گسیختگی در اطراف این صفحات در نظر گرفته‌اند. در حالت اول ساده‌ترین شکل سطح گسیختگی را با استفاده از یک منحنی اسپیرال لگاریتمی و یک خط راست در نظر گرفته شده است. در این حالت خاک موجود در بالای انکر به عنوان یک سربار در نظر گرفته شده و از مقاومت برشی آن صرف نظر می‌شود. بدیهی است این روش برای صفحات با عمق نفوذ کم خطای کمی دارد اما برای صفحات عمیق این خطا افزایش خواهد یافت. در حالت دوم از مفهوم سطح آزاد معادل استفاده شده تا اثر مقاومت برشی خاک موجود در بالای صفحه‌ی مهاری نیز به نحوی مناسب‌تر دیده شود. در ادامه چودهاری و دَش [۳] نیز با استفاده از یک مخزن شیشه‌ای و قرار دادن صفحات مهاری در یک فاصله‌ی مشخص و در اعماق متفاوت با استفاده از ماسه‌های رنگی به تعیین مکانیزم گسیختگی پرداخته و اثر تغییرات عمق و همچنین تراکم بررسی نموده‌اند. به منظور شناسایی بهتر مکانیزم گسیختگی در این آزمایش‌ها صفحه‌ی مهاری از یک طرف با جداره‌ی شیشه‌ای در تماس بوده است. پیش‌از این توسط لئو و همکاران [۴] نشان داده شده است که تغییر مکان‌ها در مدل‌سازی نیمه با مدل‌سازی کامل قابل قیاس خواهد بود. طبق تحقیقات چودهاری و دَش برای صفحات سطحی گسیختگی به صورت واضح در مقابل صفحه‌ی مهاری رخ داده و حجم گسیخته شده به صورت یکپارچه حرکت می‌کند. برای $H/h=1$ (ارتفاع صفحه‌ی مهاری و H عمق جایگذاری آن می‌باشد). سطح گسیختگی خطی بوده که به شکل یک گوه‌ی مثلثی از پایین صفحه‌ی مهاری آغاز شده و تا سطح زمین ادامه می‌یابد. برای اعماق بیشتر

($H/h=3$) سطح گسیختگی به شکل منحنی به خود گرفته و حرکت دورانی را نشان می‌دهد. برای عمق جایگذاری $H/h=5$ با وجود اینکه در سطح خاک تورم ایجاد می‌گردد، گسیختگی تنها تا حدود ۲ برابر ارتفاع صفحه‌ی مهاری اتفاق افتاده و در قسمت‌های بالاتر خطوط گسیختگی مشاهده نمی‌شود. در این حالت مکانیزم گسیختگی از حالت کلی به حالت موضعی تغییر یافته است. برای اعماق بیشتر گسیختگی‌ها به طور کامل موضعی شده و تا حدود ۲ برابر ارتفاع صفحه‌ی مهاری از پایین پلست ادامه می‌یابد. این تغییر در نحوه‌ی مکانیزم گسیختگی به دلیل افزایش سربارها با افزایش عمق جایگذاری می‌باشد.

تاکون تعیین مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحات مهاری قائم تنها به وسیله‌ی ماسه‌های رنگی تعیین شده و همچنین اثر طول میل مهار در مکانیزم گسیختگی در نظر گرفته نشده است. در این پژوهش علاوه بر استفاده از ماسه‌های رنگی از تصویربرداری نحوه‌ی گسیختگی خاک در اطراف صفحه‌ی مهاری و پردازش تصاویر استفاده شده و اثر طول میل مهار نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. مصالح

انتخاب مصالح مناسب جهت انجام پژوهش به ویژه در علم ژئوتکنیک با توجه به تنوع فراوان مشخصات خاک در هر منطقه اهمیت فراوانی دارد، بنابراین بایستی خاک انتخاب شده ویژگی‌های ثابت و مشابه با نمونه‌های موجود در جهان داشته باشد تا تکرارپذیری بودن آزمایش ممکن گردد. در این پژوهش از ماسه‌ی سیلتی شکسته شماره‌ی ۱۶۱ فیروزکوه با دانه‌بندی یکنواخت و رنگ زرد طلایی استفاده شده است که تاکنون توسط پژوهشگران بسیاری در مطالعات آزمایشگاهی در دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌های مکانیک خاک در کشور به کار رفته است. در این پژوهش با توجه به اینکه خاک مورد استفاده ماسه‌ی سیلتی شکسته می‌باشد، دانه‌بندی مصالح توسط الک و بر اساس استاندارد ASTM-C136 انجام شده است که در شکل زیر منحنی دانه‌بندی آن مشاهده می‌شود.



شکل ۱- منحنی دانه‌بندی خاک استفاده شده در پژوهش

سایر مشخصات فنی ماسه‌ی مورد استفاده نیز به شرح جدول زیر می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات فنی خاک استفاده شده در پژوهش

نوع خاک	مشخصات دانه‌بندی		چگالی ویژه (Gs)	نسبت تخلخل (e)		زاویه‌ی اصطکاک داخلی	
	ضریب یکنواختی (Cu)	ضریب انحنای (Cc)		e(max)	e(min)	DR=75	DR=55
ماسه‌ی شماره ۱۶۱ فیروزکوه	۲.۱۹	۱.۰۳	۲.۶۷	۰.۵۹	۰.۸۵	۴۳.۱	۳۴

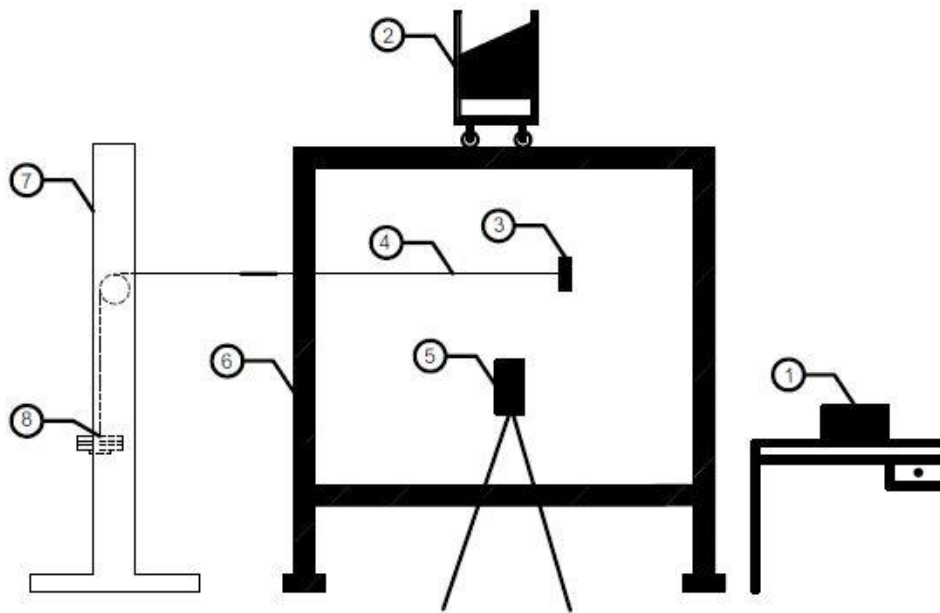
۳. شرح مدل آزمایشگاهی

ثبت و بررسی رفتار یک سازه‌ی واقعی نیازمند ساخت و نصب ابزار دقیق بر روی آن می‌باشد که این امر نیازمند صرف هزینه و زمان قابل توجهی خواهد بود، از طرفی مدل‌های عددی و تحلیلی نیز به دلیل وجود خطا و عدم قطعیت‌های زیاد نیازمند صحت سنجی می‌باشند؛ بنابراین جهت شناسایی رفتار

خاک و سازه‌های ژئوتکنیکی با صرف زمان و هزینه‌ی بسیار کمتری مدل‌های فیزیکی کوچک‌مقیاس در محیط 1g ساخته می‌شوند تا به‌صورت دقیق‌تر رفتار خاک و این سازه‌ها مورد بررسی قرار گیرند و همچنین معیار مناسبی برای ارزیابی و محک مدل‌های عددی و تحلیلی باشند. تکرارپذیر بودن آزمایش‌ها نیز یکی دیگر از مهم‌ترین مزایای این روش مدل‌سازی بوده به این صورت که با ثابت نگه‌داشتن برخی مشخصات و تغییر مشخصات دیگر می‌توان اثر عوامل مختلف را بر روی رفتار خاک و سازه‌های ژئوتکنیکی بررسی نمود. علاوه بر این می‌توان به کمک مدل‌سازی‌های فیزیکی کوچک‌مقیاس روش‌هایی را که سابقه‌ی اجرایی ندارند را مورد تحلیل و ارزیابی قرار داد.

جهت ایجاد نمونه با حداکثر تکرارپذیری ممکن در این پژوهش از دستگاه بارش ماسه‌ی پرده‌ای نیمه‌خودکار استفاده شده است. به کمک این دستگاه می‌توان نمونه‌های ماسه‌ای به‌صورت یکنواخت و تکرارپذیری بسیار بالا در طیف وسیعی از تراکم‌های نسبی ایجاد نمود. نتایج نشان می‌دهد که تکرارپذیری ساخت نمونه‌ها بسیار بالا است و تغییر در تراکم نسبی نمونه‌های گرفته‌شده در شرایط مشابه از ۱ درصد تجاوز نمی‌کند. [۵]

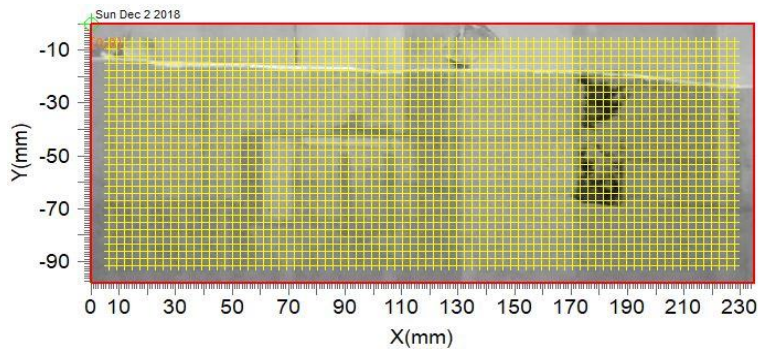
به‌منظور بررسی مکانیزم گسیختگی از یک مخزن با جداره‌ی شفاف شیشه‌ای در یک وجه و ورق‌های پلی کربنات در سایر وجوه استفاده شده است. طول مخزن آزمایش ۱۰۰، عرض ۲۰ و ارتفاع آن ۸۰ سانتی‌متر می‌باشد، مدل‌سازی به‌صورت دوبعدی (Plane strain) صورت پذیرفته است تا مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحه‌ی مهاری قابل مشاهده گردد. صفحه‌ی مهاری مورد استفاده در پژوهش از جنس چوب با ابعاد ۵*۱۹ سانتی‌متر و ضخامت ۱۲ میلی‌متر می‌باشد که به‌منظور کاهش اصطکاک بین صفحه‌ی مهاری و جداره‌ی مخزن یک لایه موقت به ضخامت ۰٫۵ سانتی‌متر به دو وجه کناری صفحه‌ی مهاری متصل شده است. در شکل ۲ تصویر شماتیک مدل آزمایشگاهی مشاهده می‌شود که اجزاء آن عبارت‌اند از: ۱- رایانه ۲- دستگاه بارش ماسه‌ی نیمه‌خودکار ۳- صفحه‌ی مهاری ۴- میل مهار ۵- دوربین فیلم‌برداری دیجیتال ۶- مخزن آزمایش ۷- قاب بارگذاری و ۸- وزنه‌های اعمال بار.



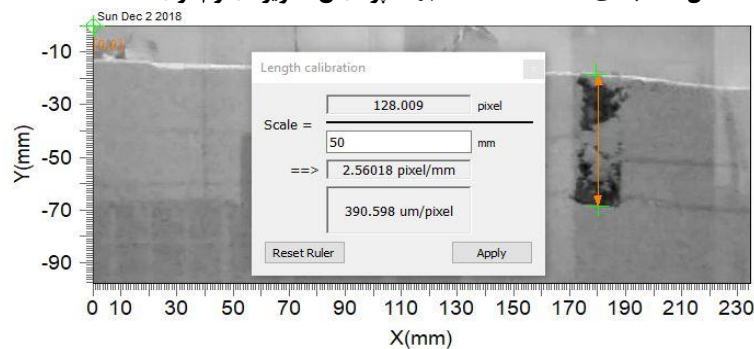
شکل ۲- تصویر شماتیک مدل آزمایشگاهی

از رایانه به‌منظور پردازش تصاویر ضبط‌شده توسط دوربین فیلم‌برداری استفاده شده است. پردازش تصویر به معنی مقایسه‌ی دو عکس متوالی با یکدیگر و شناسایی حرکت ذرات و همچنین سرعت حرکتشان می‌باشد. استفاده از این تکنیک به‌صورت گسترده در علوم مهندسی رایج بوده و در زمینه‌ی ژئوتکنیک نیز کم‌وبیش مورد استفاده قرار گرفته است. [۶] در این پژوهش جهت انجام پردازش تصویر علاوه بر استفاده از خطوط ایجادشده توسط ماسه به رنگ متفاوت در هنگام بارش از نرم‌افزار PIVview2C استفاده شده است. در این نرم‌افزار تصاویر در راستای افقی و عمودی به فواصل یکسان تقسیم‌بندی شده و یک شبکه از نقاط (شکل ۳) ایجاد می‌گردد. در ادامه تغییر مکان هر نقطه در هر تصویر نسبت به همان نقطه در تصاویر قبل محاسبه می‌گردد. لازم به ذکر است که هرچه تقسیم‌بندی ریزتر باشد نتایج دقیق‌تر خواهد بود. نرم‌افزار اندازه‌گیری تغییر مکان‌ها را در قالب پیکسل شناسایی کرده که به‌منظور کالیبره کردن آن با واحدهای متریک (شکل ۴) از ارتفاع صفحه‌ی مهاری که با توجه به شفاف بودن جداره‌ی مخزن و مدل‌سازی

دوبعدی در این مدل آزمایشگاهی در تصاویر قابل مشاهده می‌باشد و همچنین در تمامی آزمایش‌ها ارتفاع یکسان معادل با ۵۰ میلی‌متر دارد استفاده شده است.



شکل ۳- شبکه‌ی نقاط استفاده‌شده جهت پردازش تصویر در نرم‌افزار PIVview2C



شکل ۴- کالیبره کردن واحد اندازه‌گیری در نرم‌افزار PIVview2C

۴. برنامه‌ی انجام آزمایش‌ها

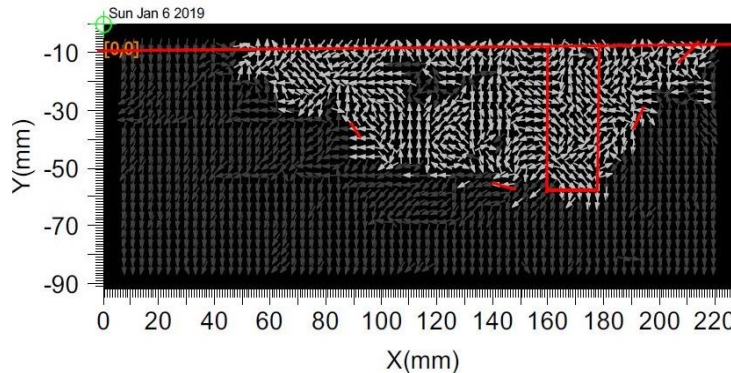
جهت نیل به اهداف تعیین شده در این پژوهش ۴ حالت مختلف از متغیرهای تأثیرگذار بر روی مکانیزم گسیختگی مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور بررسی اثر طول میل مهار، در آزمایش‌های شماره ۱ و ۲ طبق جدول زیر عمق جایگذاری یکسان و برابر با ۵ سانتی‌متر بوده و ماسه با دانسیته‌ی نسبی ۵۰ درصد ایجاد شده است. طول میل مهار که برابر با فاصله‌ی بین جداره‌ی مخزن و صفحه‌ی مهاری می‌باشد به ترتیب در آزمایش شماره ۱ و ۲ برابر با ۴۵ و ۷۰ سانتی‌متر است. جهت بررسی اثر عمق جایگذاری بر روی مکانیزم گسیختگی نیز دو آزمایش شماره ۱ و ۳ در شرایط یکسان دانسیته‌ی نسبی (۵۰ درصد) و طول میل مهار (۴۵ سانتی‌متر) به ترتیب در اعماق ۵ و ۱۵ سانتی‌متر انجام شده‌اند. در انتها نیز به منظور بررسی اثر تراکم، آزمایش شماره ۴ با دانسیته‌ی نسبی ۷۵ درصد، عمق جایگذاری و طول میل مهار به ترتیب ۵ و ۷۰ سانتی‌متر انجام شده تا مکانیزم گسیختگی ایجاد شده در این شرایط با نتایج در آزمایش شماره ۲ مقایسه شود و اثر تراکم نیز بر روی مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحات مهاری مشخص گردد. در جدول زیر جزئیات آزمایش‌های انجام شده در این پژوهش به صورت خلاصه آورده شده است.

جدول ۲- جزئیات آزمایش‌های انجام شده

شماره‌ی آزمایش	دانسیته‌ی نسبی (%)	عمق جایگذاری (cm)	طول میل مهار (cm)
۱	۵۰	۵	۴۵
۲	۵۰	۵	۷۰
۳	۵۰	۱۵	۴۵
۴	۷۵	۵	۷۰

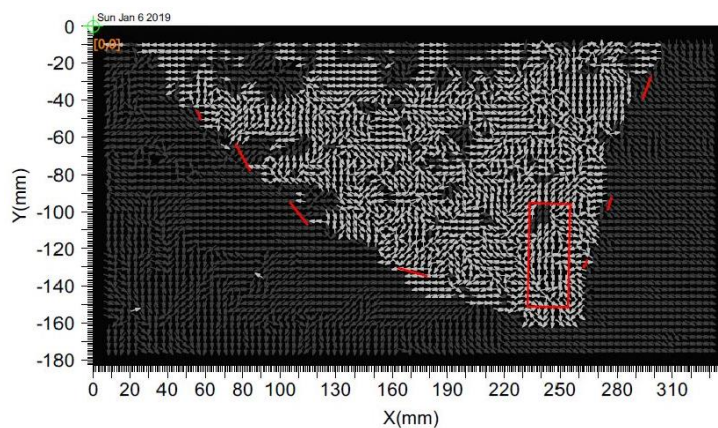
۵. نتایج آزمایش‌ها

در این پژوهش مطالعات جامعی به منظور بررسی آثار مختلف از قبیل تراکم، عمق جایگذاری صفحات مهاری و طول میل مهار بر روی مکانیزم گسیختگی اطراف صفحات مهاری صورت پذیرفته است. مکانیزم گسیختگی مورد نظر به وسیله خطوط رنگی ایجاد شده توسط ماسه بارنگ متفاوت در عمق و همچنین پردازش تصاویر ضبط شده از نحوه گسیختگی به کمک نرم افزار PIVview2C تعیین گشته است. در شکل ۵ و ۶ نمونه‌ای از تصاویر پردازش شده توسط این نرم افزار از گوهی گسیختگی مشاهده می‌شود. خطوط مشخص شده بر روی تصویر نمایانگر سطح خاک، گوهی گسیختگی به دست آمده از ماسه‌های رنگی و موقعیت صفحه‌ی مهاری در عمق می‌باشند.



شکل ۵- مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحه‌ی مهاری قائم در عمق جایگذاری ۵ سانتی‌متر

شکل فوق مربوط به صفحه‌ی مهاری قرار گرفته در عمق ۵ سانتی‌متری می‌باشد. صفحه‌ی مهاری با مقطع مستطیل بر روی شکل نشان داده شده است و تغییر شکل خاک در مقابل و پشت آن قابل مشاهده می‌باشد. گسیختگی در مقابل این صفحه ناشی از نیروی بیرون کشش اعمال شده بوده و جابه‌جایی‌ها در پشت آن به دلیل نشست قابل توجه خاک در آن محدوده می‌باشد. نتایج پردازش تصویر نشان می‌دهد که در خارج گوهی گسیختگی به دست آمده از حرکت ماسه‌های رنگی نیز ذرات خاک دارای جابه‌جایی‌های جزئی می‌باشند و گوهی گسیختگی حتی برای صفحات مهاری سطحی دارای مقدار کمی انحنای می‌باشد که می‌توان آن را به صورت تقریباً خطی در نظر گرفت. شکل ۶ نیز مربوط به مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحه‌ی مهاری قرار گرفته در عمق ۱۵ سانتی‌متری می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود برای این عمق جایگذاری محدوده بزرگ‌تری نسبت به حالت قبل در مقابل صفحه‌ی مهاری تحت تأثیر نیروی بیرون کشش جابه‌جا شده و گوهی گسیختگی به صورت منحنی ایجاد گشته است. در پشت صفحه‌ی مهاری نیز نشست در محدوده‌ی وسیع‌تری نسبت به حالت قبل اتفاق افتاده است.



شکل ۶- مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحه‌ی مهاری قائم در عمق جایگذاری ۱۵ سانتی‌متر

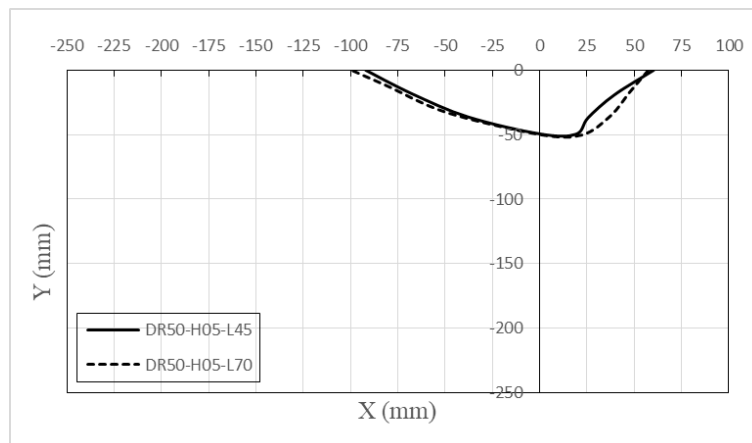
در شکل ۷ نیز مکانیزم گسیختگی خاک در اطراف صفحه‌ی مهاری قرار گرفته در عمق ۱۵ سانتی‌متر به کمک خطوط ایجاد شده توسط ماسه بارنگ متفاوت قابل مشاهده می‌باشد برای این حالت نیز نتایج پردازش تصویر نشان می‌دهد که در خارج از محدوده‌ی گوهی گسیختگی به دست آمده به کمک ماسه‌های رنگی ذرات خاک به مقدار کمی جابه‌جایی افقی دارند.



شکل ۷- مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحه‌ی مهاری قائم در عمق جایگذاری ۱۵ سانتی‌متر

الف) بررسی اثر طول میل‌مهاری بر روی مکانیزم گسیختگی

با مقایسه‌ی مکانیزم‌های گسیختگی به‌دست‌آمده از آزمایش‌های شماره‌ی ۱ و ۲ که جزئیات آن‌ها در جدول ۲ آمده است، مشاهده می‌شود که گوهی گسیختگی با افزایش طول میل‌مهاری بزرگ‌تر می‌گردد. با توجه به اینکه با بزرگ‌تر شدن گوهی گسیختگی حجم بیشتری از خاک در تأمین نیروی مقاوم در برابر نیروی بیرون‌کشش اعمالی مشارکت می‌کند، افزایش طول میل‌مهاری باعث افزایش در ظرفیت باربری صفحه‌ی مهاری می‌باشد. تحقیقات خان و همکاران [۷] نیز در زمینه‌ی تعیین ظرفیت باربری نشان می‌دهد که با افزایش طول میل‌مهاری ظرفیت باربری صفحات مهاری خواهد یافت. در شکل ۸ مکانیزم گسیختگی برای آزمایش‌های مذکور قابل مشاهده می‌باشد. در این شکل DR دانسیته‌ی نسبی، H عمق جایگذاری صفحه‌ی مهاری، L طول میل‌مهاری و نقطه‌ی (۵۰- و ۰) محل پایین صفحات مهاری است.

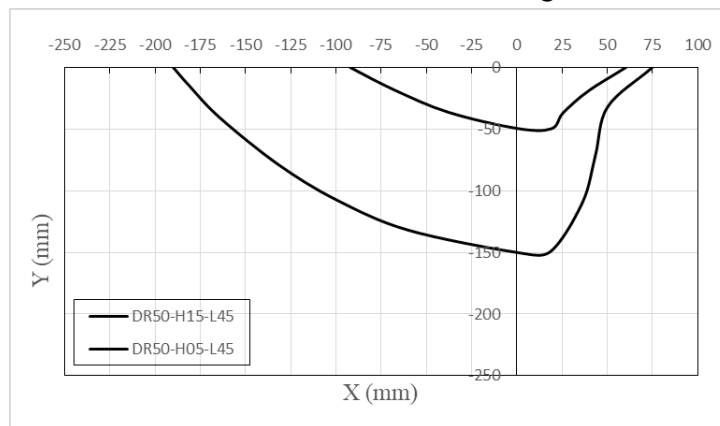


شکل ۸- مقایسه‌ی مکانیزم گسیختگی بین آزمایش‌های شماره ۱ و ۲

در این دو آزمایش که هر برای دوی آن‌ها عمق جایگذاری برابر با ارتفاع صفحه‌ی مهاری می‌باشد، مشاهده می‌شود که گوهی گسیختگی تا حدود ۲ برابر ارتفاع صفحه‌ی مهاری ادامه پیدا کرده است. همچنین محدوده‌ی تحت نشست در پشت این صفحات تقریباً تا ۱٫۲ ارتفاع آن‌ها گسترش یافته است. محدوده‌ی تحت تأثیر گوهی گسیختگی به‌منظور طراحی سپری‌های حائل مهارشده با صفحات مهاری مورد توجه محققین بوده است. جهت طراحی این نوع از سپری‌های حائل باولز [۸] نیز جهت فعال شدن تمام نیروی مقاوم فاصله‌ی مناسب صفحه‌ی مهاری از سپر را به نحوی پیشنهاد داده است که گوهی پسیو رانکلین مقابل صفحه‌ی مهاری کاملاً خارج از گوهی اکتیو رانکلین پشت سپری باشد. NAVFAC [۹] برای فعال شدن حداکثر نیروی مقاوم در برابر صفحات مهاری، عدم تداخل گوهی پسیو در مقابل صفحه‌ی مهاری با گوهی اکتیو پشت سپری را لازم می‌داند. همچنین زاویه‌ی β بایستی کوچک‌تر از زاویه‌ی اصطکاک داخلی خاک باشد. زاویه‌ی β در این حالت مربوط به خطی می‌باشد که از پایین سپری حائل و بالای صفحه‌ی مهاری عبور کرده و با افق زاویه‌ی β می‌سازد.

ب) بررسی اثر عمق جایگذاری بر روی مکانیزم گسیختگی

با مقایسه گوهی گسیختگی مربوط به آزمایش شماره ۲ و ۳ مشاهده می‌شود که در یک تراکم و طول میل مهار یکسان، با افزایش عمق جایگذاری اندازه‌ی گوهی گسیختگی به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است؛ بنابراین با توجه به اینکه حجم بیشتری از خاک در تأمین ظرفیت باربری نقش داشته است با افزایش عمق جایگذاری ظرفیت باربری صفحات مهاری به مقدار قابل توجهی افزایش خواهد یافت. گوهی گسیختگی از حالت تقریباً خطی برای عمق جایگذاری ۵ سانتی‌متر به شکل منحنی برای عمق ۱۵ سانتی‌متر تبدیل شده است که مطابق با نتایج تحقیقات گذشته [۱ و ۳] می‌باشد. مشاهده می‌شود که با سه برابر شدن عمق جایگذاری، گوهی گسیختگی در مقابل صفحه‌ی مهاری تا فاصله‌ی حدوداً ۴ برابر ارتفاع آن ادامه یافته و محدوده‌ی تحت نشست در پشت این صفحه نیز تقریباً تا ۱٫۵ برابر ارتفاع آن گسترش یافته است.

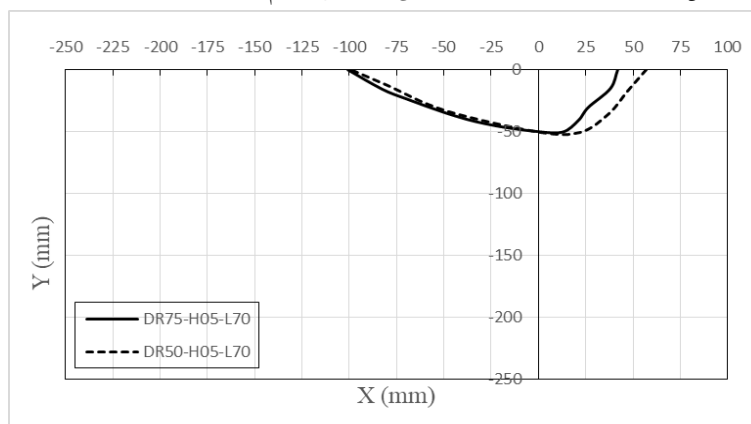


شکل ۹- مقایسه‌ی مکانیزم گسیختگی بین آزمایش‌های شماره ۲ و ۳

در این شکل فوق DR دانسیته‌ی نسبی، H عمق جایگذاری صفحه‌ی مهاری، L طول میل مهار و نقطه‌های (۰، -۵۰) و (۰، -۱۵۰) به ترتیب محل پایین صفحه‌ی مهاری در آزمایش ۲ و ۳ می‌باشد.

ج) بررسی اثر تراکم بر روی مکانیزم گسیختگی

در شکل ۱۰ مکانیزم گسیختگی برای دانسیته‌های نسبی ۷۵ و ۵۰ درصد با طول میل مهار و عمق جایگذاری ثابت نشان داده شده است. با مقایسه‌ی گوهه‌های گسیختگی مربوط به آزمایش‌های شماره ۲ و ۴ در این شکل مشاهده می‌شود که با افزایش تراکم اندازه‌ی گوهی گسیختگی در مقابل صفحات مهاری تغییر چندانی نداشته و تنها در پشت این صفحات محدوده‌ی کمتری تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تحقیقات چودهاری و دَش نشان می‌دهد که با افزایش تراکم ظرفیت باربری صفحات مهاری افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه اندازه‌ی گوهی گسیختگی با تغییر در تراکم تغییر چندانی نداشته است این افزایش در ظرفیت باربری به دلیل بیشتر شدن زاویه‌ی اصطکاک داخلی با افزایش تراکم خواهد بود.



شکل ۱۰- مقایسه‌ی مکانیزم گسیختگی بین آزمایش‌های شماره ۱ و ۴

در شکل فوق DR دانسیته‌ی نسبی، H عمق جایگذاری صفحه‌ی مهاری، L طول میل مهار و نقطه‌ی (۰، -۵۰) محل پایین صفحات مهاری می‌باشد.



یازدهمین کنگره ملی مهندسی عمران

۱۱ و ۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۸

دانشگاه شیراز، شیراز، ایران



۶. نتیجه‌گیری

در این پژوهش به منظور تعیین اثر عوامل مختلفی از قبیل تراکم، طول میل مهار و عمق جایگذاری بر روی مکانیزم گسیختگی در اطراف صفحات مهار، مجموعه‌ای از آزمایش‌های کوچک مقیاس انجام شده است. مکانیزم گسیختگی به کمک خطوط ایجاد شده توسط ماسه‌ی رنگی در عمق و همچنین پردازش تصاویر فیلم برداری شده از نحوه‌ی گسیخته شدن خاک پیرامون صفحه‌ی مهار تعیین گشته است. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش عمق جایگذاری اندازه‌ی گوه‌ی گسیختگی به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد و حجم بیشتری از خاک در تعیین نیروی مقاوم در برابر بیرون کشش مشارکت می‌کنند. همچنین با افزایش عمق جایگذاری، محدوده‌ی وسیع‌تری از خاک در پشت صفحه‌ی مهار تحت تأثیر نشست و جابه‌جایی قرار می‌گیرد. افزایش طول میل مهار نیز مقدار اندکی باعث بزرگ‌تر شدن گوه‌ی گسیختگی در مقابل صفحه‌ی مهار گشته است در حالی که محدوده‌ی تحت تأثیر نشست در پشت این صفحه ثابت مانده است اما با افزایش تراکم تغییری در اندازه‌ی گوه‌ی گسیختگی مشاهده نشده است و تنها محدوده‌ی تحت تأثیر نشست در پشت صفحه‌ی مهار کوچک‌تر گشته است.

۷. مراجع

- [1] Dickin, E.A. and Leung, C.F., (1985), "Evaluation of design methods for vertical anchor plates," *J. Geotech. Engrg*, 111 (4), pp 500-520.
- [2] Neely, W.J. and Stewart, J.G. and Graham, J., (1973), "Failure loads of vertical anchor plates in sand," *J. Soil Mech. Found*, 99 (9), pp 669-685.
- [3] Choudhary, A.K. and Dash, S.K., (2016), "Load-Carrying Mechanism of Vertical Plate Anchors in Sand," *Int. J. Geomech*, 17 (5), pp 1532-1542.
- [4] Liu, J. and Liu, M, and Zhu, Z., (2012), "Sand deformation around an uplift plate anchor," *J. Geotech. Geoenviron. Eng*, 138 (6), pp 728-738.
- [5] زاده محمد، م.، (۱۳۹۶)، "بررسی اثر استفاده از مسلح کننده ژئوسل و خرده لاستیک بر فشار و نشست پشت کوله پل‌های یکپارچه،" پایان‌نامه دکترای تخصصی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.
- [6] Zhang, X. and Yue, J., (2011), "Deformation Mechanism of Plate Anchor in Sand," *Advanced Materials Research*, 250 (253), pp 1469-1474.
- [7] Khan, A.J. and Mostofa, G. and Jadid, R., (2017), "Pullout resistance of concrete anchor block embedded in cohesionless soil," *Geomechanics and Engineering*, 12 (4), pp 675-688.
- [8] Bowles, J.E., (1997), "Foundation Analysis and Design", McGraw-Hill Book Co, Singapore.
- [9] NAVFAC DM7.02., (1986), "Foundations and earth structures," Naval Facilities Engineering Command, Alexandria, Egypt.