

بررسی پارامترهای مقاومت برشی ماسه و آسفالت در المان سطح تماس

مقاله پژوهشی

میلاذ تاج دینی*، دانش آموخته دکتری، دانشکده عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

عبدالرضا رضایی ارجودی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

علیرضا ماهپور، استادیار، دانشکده عمران، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.tajdini@tabrizu.ac.ir

دریافت: ۹۸/۰۱/۲۷ - پذیرش: ۹۸/۰۴/۲۸

صفحه ۱۹۸-۱۸۹

چکیده

بطور کلی وقتی دو مصالح متفاوت در مجاورت با یکدیگر قرار می گیرند، رفتار مسئله در سطح تماس بین آنها بدلیل تغییر ماهیت مکانیکی دچار تغییر می شود. حال اگر یکی از این دو مصالح را مصالح انعطاف پذیر مانند خاک تشکیل دهد، بدلیل اثراتی همچون تغییرات تنش در خاک، رطوبت خاک، نوع دانه بندی، اندازه و شکل ظاهری دانه ها، این مسئله پیچیدگی های خاص خود را پیدا می کند و رفتار در سطح مشترک این مصالح نیاز به بررسی دقیق تری دارد. هدف از این پژوهش تخمین واقعی تری از این پارامترها می باشد که طبعاً تابعی از اندرکنش بین بتن آسفالتی و مصالح دانه ای آن است. لذا در این مقاله، با انجام آزمایشات آزمایشگاهی به بررسی اندرکنش این دو ماده پرداخته می شود. آزمایشات بر روی مصالح ماسه ای و مصالح سطح تماس - مصالح ماسه ای در تماس با بتن آسفالتی - در شرایط خشک و اشباع بررسی شد و پس از اخذ مقادیر پارامترهای مقاومت برشی از این آزمایش ها، این مقادیر با یکدیگر مقایسه شدند. در پایان نیز بصورت عددی این المان بررسی شد. سپس با توجه به پارامترهای بدست آمده از نتایج آزمایش برش مستقیم مدل عددی این آزمایش با استفاده از نرم افزار FLAC3D ساخته شد. به منظور افزایش دقت تحلیل عددی لازم بود پارامترهای بتن آسفالتی از طریق آزمایش مارشال استخراج گردد، سپس با استفاده از تحلیل برگشتی در نرم افزار ABAQUS پارامترهای موهرکولمب بتن آسفالتی بدست آمد. در نهایت با بکارگیری پارامترهای بدست آمده پارامتر سختی نرمال سطح تماس با استفاده از تحلیل برگشتی با مقایسه تنش گسیختگی در آزمایش برش مستقیم و تحلیل عددی در نرم افزار FLAC3D بدست آمد.

واژه های کلیدی: بتن آسفالتی، مصالح دانه ای، مصالح سطح تماس، آزمایش برش مستقیم کوچک مقیاس، مدلسازی عددی

۱-مقدمه

تحقیقات زیادی بر روی اندرکنش انواع مصالح از جمله فولاد، بتن و چوب با مصالح خاکی مختلف انجام گیرد و دستاوردهای آن در مسائل طراحی و اجرا مورد استفاده قرار گیرد. در فعالیتهای راه سازی هم بحث اندرکنش لایه های آسفالتی مطرح است. اما در آنجا تمرکز اصلی بر روی لایه های بالایی، یعنی لایه روسازی و لایه اساس است که در

در سطح تماس مصالح خاکی و سایر مصالح سازه ای، پیچیدگی های خاصی وجود دارد. بعنوان مثال وقتی از شمع ها در پی سازی استفاده می شود، بدلیل تفاوت در نوع مصالح شمع نسبت به خاک، بحث اندرکنش خاک - سازه مطرح می شود؛ یا وقتی از سپری ها در زیر سد های خاکی و بنادر استفاده می شود، مسئله اندرکنش آب - خاک - سازه مورد بررسی قرار می گیرد. مثال های بالا سبب شده است که

سیمانی، و مخصوصاً اصطکاک آن، با مصالح مختلف زیاد مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲- پیشینه تحقیق

در مورد سدهای خاکی باهسته بتن آسفالت، اندرکنش این دو مصالح نقش بسزایی را در پایداری سد ایفا می‌کند اما متأسفانه تحقیقات کافی در این مورد صورت نگرفته است. آزمایشات گذشته در مورد اندرکنش بین خاک‌های مختلف و بتن آسفالتی نشان می‌دهد که پارامترهای سطح مشترک تابع عواملی از جمله: نوع و جنس قیر، مصالح خاکی مورد استفاده، بارهای وارده، دما، زمان و... می‌باشند [Mariana et al (۲۰۰۵) Mariana et al (۲۰۰۶)]. رفتار مکانیکی سدهای خاکی در مواجهه با بتن آسفالتی بسیار پیچیده است و این پیچیدگی خود را مخصوصاً در هنگام زلزله بخوبی نشان می‌دهد، این مسئله با آزمایشات متفاوت باید بررسی شود تا پارامترهای سطح تماس رفتار دقیق‌تری در پیش بینی از خود در هنگام مجاورت نشان دهند. Mariana et al (۲۰۰۵) در تحقیق خود اثر مقاومت قفل و بست ضعیف بر روی عملکرد روسازی را بررسی کرد. او دو نوع مدلسازی را برای کار خود در نظر گرفت که در اولین مدلسازی خود ساختمان روسازی تحت بار افقی به علاوه بار دوگانه عمودی قرار داد و در دومین مدلسازی خود یک مدل دوبعدی با المان محدود در اثر شرایط قفل و بست بین لایه‌ها را بررسی کرد. بطور کلی دستیابی به یک مقاومت خوب قفل و بستن نقشی اساسی در سطح تماس بین لایه‌ها را ایفا می‌کند. در مقاصد طراحی مقاومت قفل و بست کامل بین لایه‌ها فرض می‌شود در حالیکه در عمل ما چنین حالتی را نداریم. بر طبق مطالعات انجام گرفته توزیع تنش در لایه های روسازی الاستیک در مناطق سطح تماس شدت بر شرایط چسبندگی بین لایه ها اثر می گذارد، بطوریکه افزایش در تنش، کرنش و تغییر مکان منجر به کاهش ظرفیت باربری روسازی می شود. عموماً دو مد خرابی برای روسازی تعریف می‌شود که عبارتند از: ترک یا خستگی لایه قیری و شیار در ساختمان روسازی. Mariana et al (۲۰۰۶) در تحقیقی دیگر به بررسی اثر مصالح در مقاومت قفل و بستن پرداختند و نتیجه گرفتند که خواص سطح تماس بیشتر به مواد سطح تماس بستگی دارند تا مقدار قیری که در سطح تماس ریخته

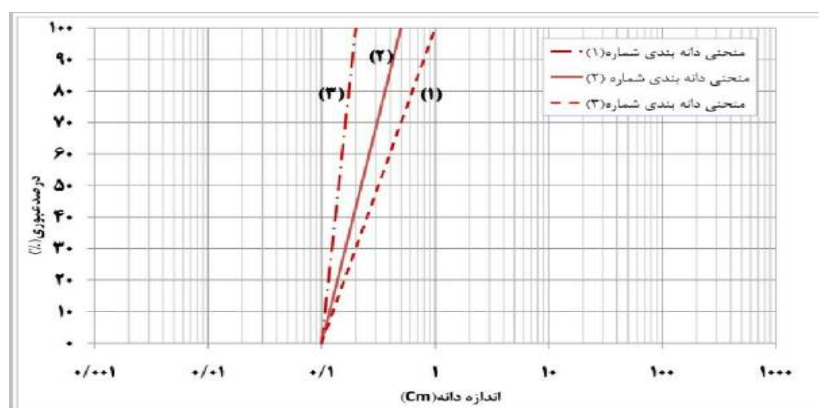
اغلب موارد لایه اساس را مصالح شنی و ماسه ای که با قیر و یا آهک و سیمان تثبیت شده اند را تشکیل می‌دهد.

حال به دلیل مجاورت مصالح بتن آسفالتی و مصالح ماسه‌ای رفتار در سطح مشترک این دو ماده پیچیده می‌شود و برای رفع این ابهام نیاز به انجام آزمایشات آزمایشگاهی بر روی سطح تماس آنها احساس می‌شود. بر این اساس آزمایشاتی با دستگاه برش مستقیم کوچک مقیاس (۲/۵) ۱۰X۱۰X سانتیمتر که سطح برشی آن به عنوان سطح تماس در نظر گرفته شد، انجام گرفت تا اندرکنش این دو مصالح بطور عملی و آزمایشگاهی، مورد بررسی قرار گیرد. بر این اساس، ابتدا آزمایشات بر روی سه نوع مصالح ماسه ای با دانه بندی متفاوت، در دو حالت خشک و اشباع انجام گرفت تا یک دانه بندی مناسب از بین آنها جهت ادامه آزمایشات انتخاب شود. سپس مصالح ماسه‌ای دانه بندی منتخب، تحت تاثیر عوامل موثر بر رفتار برشی مصالح نظیر: میزان تنش قائم، تراکم یا دانسیته مصالح، شکل دانه‌ها و اثر رطوبت اشباع مورد آزمایش قرار گرفتند.

پس از این مرحله آزمایشات بر روی مصالح سطح تماس - مصالح ماسه ای در تماس با بتن آسفالتی - با شرایط کاملاً مشابه با حالت مصالح ماسه‌ای، جهت مقایسه پارامترهای برشی حاصل از آزمایشات، انجام شد در مورد اندرکنش بتن آسفالتی با مصالح خاکی در راهسازی، توجه بیشتری به مقاومت قفل و بستن این دو مصالح شده است زیرا اگر این قفل و بست و چسبندگی بین مصالح روسازی و زیر اساس کاهش یابد جاده‌ها دچار خرابی می‌شوند و از آنجا که راه‌ها معمولاً سراسری و پیوسته هستند، عوامل دیگر نظیر سطح اصطکاک در تحقیقات اندرکنش این دو ماده ایفا نمی‌کند. بارهای عمودی (ناشی از چرخ) و بارهای افقی (ناشی از ترمزگیری و شتاب) می‌توانند پیوند بین لایه های روسازی را به مرور زمان از بین ببرند. به منظور یک مقایسه، اندرکنش بین بتن سیمان پورتلند با مصالح مختلف به عنوان زیر اساس فعالیت بیشتری را به خود اختصاص داده است زیرا بتن سیمانی بصورت دال های مجزا روی زیراساس اجرا می‌شود و مانند بتن آسفالتی بصورت یکدست و واحد روی زیراساس ریخته و اجرا نمی‌شود. پس اندرکنش بتن

می‌شود [4]. خواص سطح تماس در روسازی بر روی عملکرد اثر می‌گذارد که آن هم از سطح تنش تاثیر می‌پذیرد که در نتیجه دانستن فاکتورهای درجه چسبندگی (خواص سطح تماس) اساسی است. در این آزمایش از دستگاه برشی نائینگهام استفاده شده که طبق قانون گودمن که تعریفی از سختی برشی در دستگاه را از نسبت تنش برشی و جابجایی در جهت برشی تعریف می‌کند تبعیت می‌کند. ایشان دریافتند مد شکست در سطوح تماس مد برشی خالص نیست بلکه ترکیبی از جابجایی عمودی (در اثر خمش) سطح و جابجایی در اثر بار قائم می‌باشد که کرنش‌های عمودی بزرگی ایجاد می‌کند که باعث شکست در سطح تماس می‌شود. این کار پژوهشی به اهمیت نوع مواد در سطح تماس تاکید بیشتری نسبت به قیر مورد استفاده در این سطح دارد و نشان می‌دهد.

خرابی قفل و بست یک مساله برای لایه‌های بالایی روسازی به تنهایی نیست و باید برای لایه‌های پایینی هم بررسی شود. در بررسی‌های او اثر طولانی مدت خواص قفل و بست بر روی لایه‌های پایینی روسازی (لایه قیری، اساس و زیراساس) با دستگاه برشی لایه موازی برطبق راه‌های باحجم ترافیک زیاد در دوره ۹-۱۳ ساله مطابقت می‌کند. در این تحقیق که مقایسه ویژگی‌های چسبندگی سطوح رویه و اساس دقیقاً بعد از ساخت و ۱۰ سال پس از ساخت را نشان می‌دهد، بهبود ۳۰-۱۰٪ در مقاومت برشی را نشان می‌دهد. یادآور می‌شود این افزایش در مقاومت زمانی اتفاق می‌افتد که لایه‌ها سالم باقی مانده و ترک خوردگی و شیار وجود نداشته باشد.



شکل ۱. منحنی دانه بندی های مورد استفاده در آزمایش

۳- مواد و مصالح

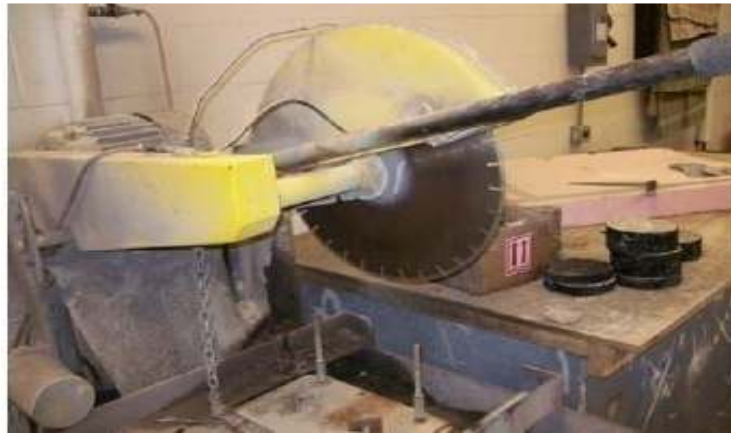
مصالح ماسه گرد گوشه: با توجه به اینکه حداکثر قطر دانه‌های مصالح ماسه ۴/۷۵ میلی‌متر بود، ۵ نمونه از این مصالح هریک به وزن حدود ۱ کیلوگرم از قسمت‌های مختلف این مصالح انتخاب و آزمایش دانه بندی بر روی آن‌ها انجام گرفت. با توجه به انطباق منحنی‌های دانه‌بندی این ۵ نمونه از مصالح ماسه تمیز، نیازی به ترسیم منحنی دانه بندی میانگین و انجام آزمایش برش بر اساس دانه بندی میانگین برای این مصالح نیست. منحنی‌های (۱) و (۲) و (۳) شکل ۱ با استفاده از این مصالح تهیه شدند.

مکعب به ابعاد ۱۰×۱۰×۱/۵ سانتی متر، جهت استفاده در دستگاه برش مستقیم، استخراج کرد. برای این منظور ابتدا نمونه‌های آسفالتی با مصالح خاکی و قیری مطابق با دستورالعمل فوق تهیه شدند. پس از تهیه نمونه‌های مارشالی، به وسیله دستگاه دیسک کانکریت، مطابق شکل ۳ ابتدا آنها را بصورت مقاطع عرضی و سپس طولی جدا نموده تا مکعب ۱۰×۱۰×۱/۵ سانتی متری از آن خارج شود. حال مکعب استخراجی، مطابق شکل ۴ برای قراردادن در دستگاه برش مستقیم قابل استفاده می‌باشد.

نمونه آسفالتی: در این کار پژوهشی از نمونه های مارشالی ۶ اینچی استفاده گردید تا بتوان از داخل آن یک



شکل ۲. نمونه‌های تهیه شده در آزمایشگاه روسازی

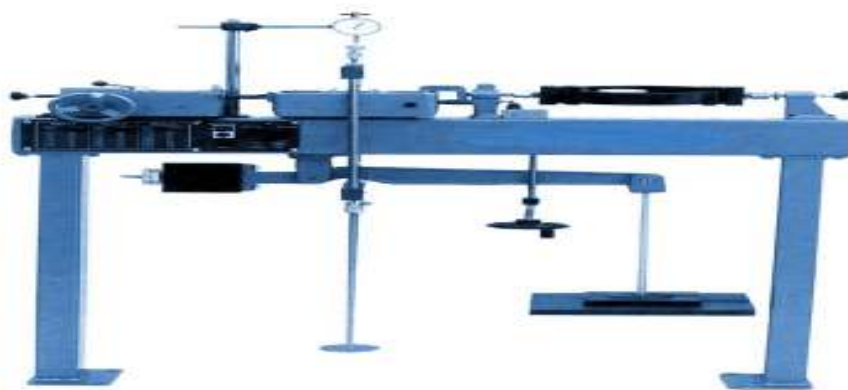


شکل ۳. دستگاه دیسک جهت برش بتن آسفالتی



شکل ۴. خارج کردن مکعب مورد استفاده در دستگاه برش مستقیم از نمونه مارشال

از پیش تعیین شده موازی با صفحات بالایی و پایینی نمونه، را به نمونه داشته باشد. قالبی که نمونه را نگه می‌دارد باید به حد کافی صلب باشد تا از اعوجاج ایجاد شده در اثر اعمال نیروی برشی، جلوگیری کند. قسمت‌های مختلف دستگاه برش باید از موادی ساخته شده باشند که در مقابل رطوبت و مواد موجود در خاک، خورده نشوند. برای مثال این مواد می‌توانند، فولاد ضد زنگ، برنز، آلومینیوم و غیره باشند. در شکل ۵ نمای دستگاه بطور شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۵. نمای دستگاه برش مستقیم

دستگاه برش: وسیله‌ای است که نمونه مورد آزمایش را بین دو صفحه متخلخل نگه می‌دارد بطوری که هیچگونه لنگر پیچشی به نمونه وارد نمی‌شود. وسیله برش برای اعمال تنش قائم به دو وجه بالا و پایین نمونه، برای اندازه‌گیری تغییر در ضخامت نمونه، اجازه دادن زهکشی آب از صفحات متخلخل بالا و پایین نمونه و غرقاب کردن نمونه در آب، باید تجهیز و آماده شده باشد. دستگاه باید توانایی اعمال نیروی برشی به نمونه در آب را داشته باشد. همچنین دستگاه باید قابلیت اعمال یک نیروی برشی، در امتداد صفحه برش

۴- بحث

می‌دهد و چون سطح تنش‌ها پائین می‌باشد (2 Kg/cm) $\sigma = 0.8$) مصالح در تغییر مکان کوچکتری به گسیختگی (رفتار سخت شوندگی)، می‌رسند. بطور کلی، مشاهده می‌شود با افزایش قطر حداکثر دانه‌ها، مقاومت برشی افزایش یافته و رفتار اتساعی مصالح بیشتر شده است. دلیل این مطلب آن است که مصالح درشت دانه‌تر، در اثر اعمال بار قائم، خردشدگی کمتری دارند و بدلیل اصطکاک بین دانه‌ای بیشتر، از خود مقاومت برشی بیشتری نشان می‌دهند. همچنین بدلیل گستردگی طیف دانه بندی در مصالح مخلوط شن ریز و ماسه (بازه دانه بندی [سانتی متر ۱-۰/۱])، قفل و بست و فرورفتگی بین دانه ای بیشتر بوده و در اثر اعمال نیروی برشی در هنگام گسیختگی از خود رفتار اتساعی مشهودتری نشان می‌دهند. لازم به ذکر است چون این آزمایش طبق استانداردهای ASTM D 3080-90 انجام گرفته است، محدودیت‌هایی برای ابعاد دانه‌بندی نمونه‌ها اعمال می‌شود. به دلیل اینکه ضخامت جعبه برش ۲/۵ سانتی متر می‌باشد، مطابق استاندارد حداکثر قطر قابل استفاده در

سه نمونه مصالح ماسه شسته شده که قبلا در دستگاه خشک کن خشک شده بود، با سه نوع دانه بندی مختلف $D_{max}=0.2\text{cm}$ و $D_{max}=0.5\text{cm}$ ، $D_{max}=1\text{cm}$ به ترتیب و همگی با $D_{min}=0.1\text{cm}$ ، با دانسیته های نسبی ۵۰، ۶۵، ۸۵ درصد در جعبه برش مستقیم قرار گرفت. آزمایش با اعمال تنش قائم اولیه ۰/۸ کیلوگرم بر سانتی متر مربع آغاز شد. پس از اعمال تنش قائم اولیه، با انتخاب سرعت برشی برابر با ۰/۱ میلی متر بر دقیقه، به نمونه اجازه برش داده شد و نیروی برشی تا مرحله پس از گسیختگی ادامه یافت. شکل های ۶ (الف) و (ب) به ترتیب نمودارهای تنش برشی برحسب تغییر مکان افقی و تغییر مکان عمودی بر حسب تغییر مکان افقی مربوط به شرایطی که نمونه با تراکم ۸۵٪ در حالت خشک برش خورده است را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل‌های فوق و خصوصیات دانه‌بندی‌ها، ملاحظه می‌شود که منحنی‌های دانه بندی با $D_{max} = 0.5$ سانتی‌متر هم در منحنی‌های تنش برشی و هم در مورد منحنی‌های تغییر مکان قائم، رفتار بینابینی از خود نشان

آزمایش و مدل سازی عددی در شکل ۱۰ نشان داده شده است. در شکل ۱۱، به منظور مدل سازی آزمایش برش مستقیم از نرم افزار FLAC3D استفاده شد، در این حالت نمونه ماسه‌ای و بتن آسفالتی با در نظرگیری لایه رابط در سطح تماس ساخته شد.

۵- نتیجه گیری

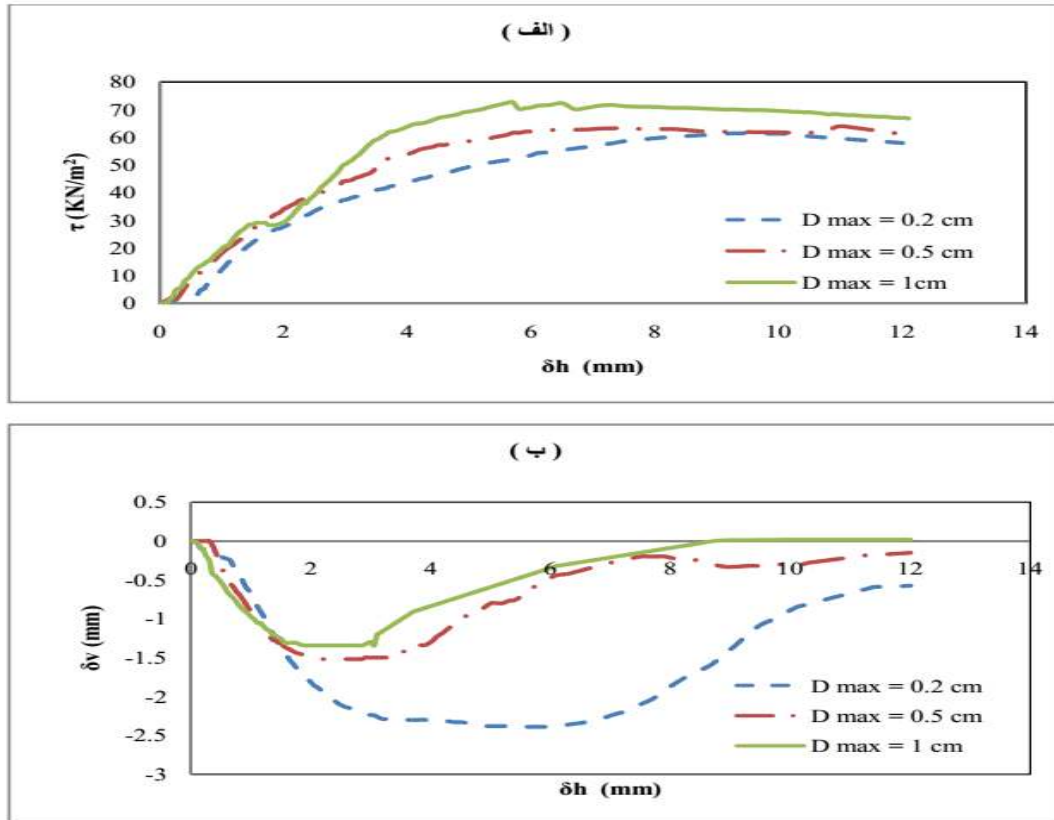
در این تحقیق آزمایش برش مستقیم کوچک مقیاس بر روی مصالح ماسه‌ای و مصالح سطح تماس در دو حالت خشک و اشباع انجام گرفت. اثر پارامترهای قفل و بستی در مصالح سطح تماس مورد ارزیابی قرار گرفتند و برخی از نتایج حاصل از آزمایش به شرح زیر هستند:

همانگونه که انتظار می‌رفت مقاومت برشی، زاویه اتساع و سختی برشی مصالح ماسه‌ای خشک، تماما بیشتر از همین پارامترها در مصالح اشباع هستند.

طبق آزمایش برش مستقیم بر روی ماسه متراکم ۶۵ درصد و بتن اسفالتی B60/70 نشان داده شد با افزایش میزان سربار سختی برشی و مقاومت برشی گسیختگی افزایش می‌یابد، همچنین نشان داده شد با استفاده از تحلیل برگشتی صورت گرفته در نرم‌افزار FLAC3D سختی نرمال سطح تماس نیز افزایش می‌یابد.

این جعبه باید ۰/۵ سانتی متر (۲۰٪ ضخامت) باشد که بر این اساس نمونه با گستره دانه‌بندی [۱-۰/۱] (سانتی‌متر)، از این استاندارد پیروی نمی‌کند که شکستگی‌های موجود در نمودارهای فوق برای این نمونه نیز گواه این مطلب می‌باشد، بنابراین استفاده از این نمونه در دستگاه برش مستقیم کوچک مقیاس چندان قابل قبول نمی‌باشد. مهمترین بخش این فعالیت پژوهشی در این قسمت از پایان نامه مورد بحث قرار خواهد گرفت. برای اینکه بتوان ویژگی‌های اندرکنشی سطح تماس بین مصالح ماسه‌ای و بتن آسفالتی را مقایسه کرد مدل شکل ۷ در جعبه برش مستقیم قرار گرفت. برای این منظور، مصالح ماسه‌ای به ضخامت ۱ سانتی‌متر در فک بالایی (ثابت) و مصالح بتن آسفالتی به ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر در فک پایینی (متحرک) دستگاه برش مستقیم قرار گرفت. این مصالح، که به عنوان مصالح سطح تماس در این پایان نامه معرفی شده است، تحت شرایط یکسان با مصالح ماسه‌ای نظیر تنش قائم و تراکم یکسان در دو حالت خشک و اشباع قرار گرفت تا شرایط مساوی امکان مقایسه بین این دو مصالح را فراهم آورد. در شکل ۸ (الف و ب) نمودارهای مقاومت برشی و تغییر مکان قائم در مقابل تغییر مکان برشی برای مصالح سطح تماس تحت سربار قائم اولیه ۰/۸ گرم بر سانتی‌متر برای سه تراکم مختلف نشان داده شده است. با توجه به منحنی‌های شکل‌های ۸ و شکل ۶، مصالح سطح تماس نسبت به مصالح ماسه‌ای، به علت قفل و بست بین دانه‌ای کمتر، در سطح تنش پایین تری گسیخته می‌شوند و نشست و اتساع کمتری، به دلیل افزایش حجم بسیار ناچیز بتن آسفالتی نسبت به ماسه، نیز دارند.

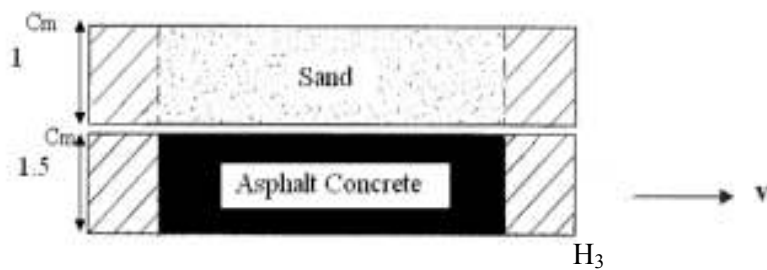
در به منظور استخراج پارامترهای موهرکولمب بتن اسفالتی لازم است با توجه به نتایج نیرو-جابه‌جایی آزمایش مارشال (ASTM D6927-06)، و بهره‌گیری از مدل رفتاری موهر کولمب، تحلیل برگشتی با مقایسه میزان جابه‌جایی و نیروی وارد بر مقطع صورت گرفته در لحظه گسیختگی در آزمایش مارشال و مدل عددی انجام می‌شود، جهت انجام این محاسبه با سه بار تکرار آزمایش محاسبه معکوس انجام شده است. برای مدل‌سازی عددی آزمایش مارشال از نرم‌افزار ABAQUS استفاده شده است. ابعاد مورد نیاز برای مدل‌سازی از استاندارد استخراج شده است. مدل عددی ساخته شده در شکل ۹ نشان داده شده است. نتایج حاصل از



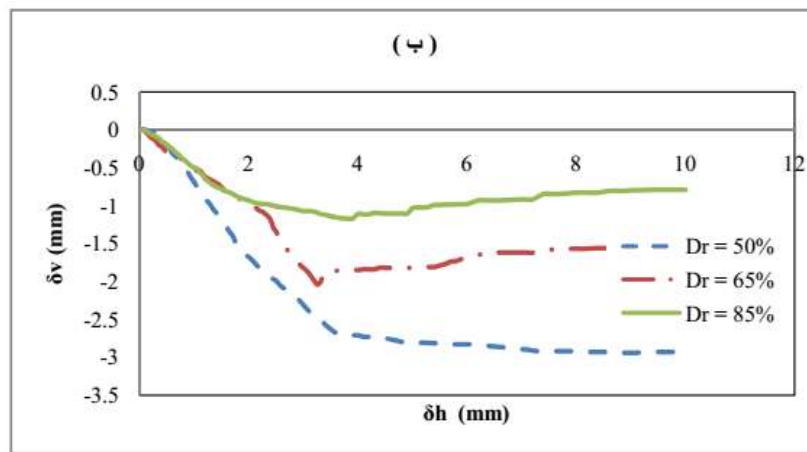
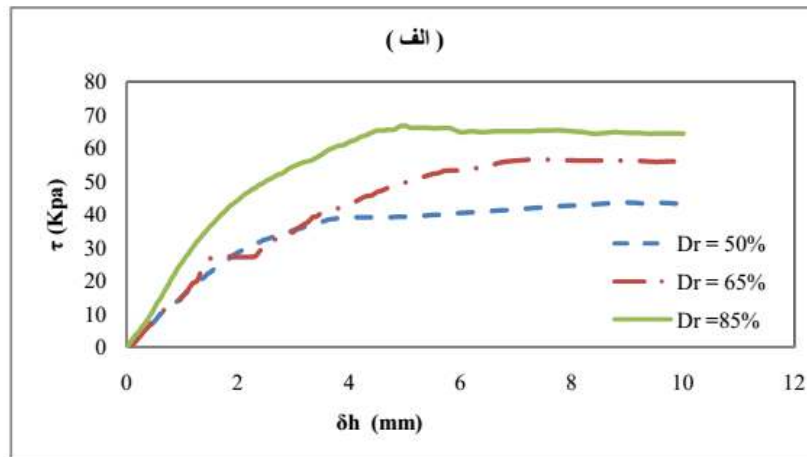
شکل ۶. رفتار مصالح ماسه شسته در شرایط خشک تحت تنش قائم اولیه (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) $\sigma_n = 0.8$

$$D_r = 0.85 \text{ با دانسیته نسبی}$$

الف- منحنی های تنش برشی - تغییر مکان افقی و ب- تغییر مکان قائم - تغییر مکان افقی

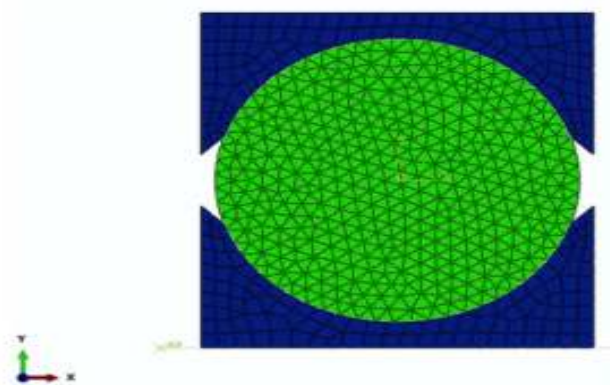


شکل ۷. مدل مصالح سطح تماس در دستگاه برش مستقیم

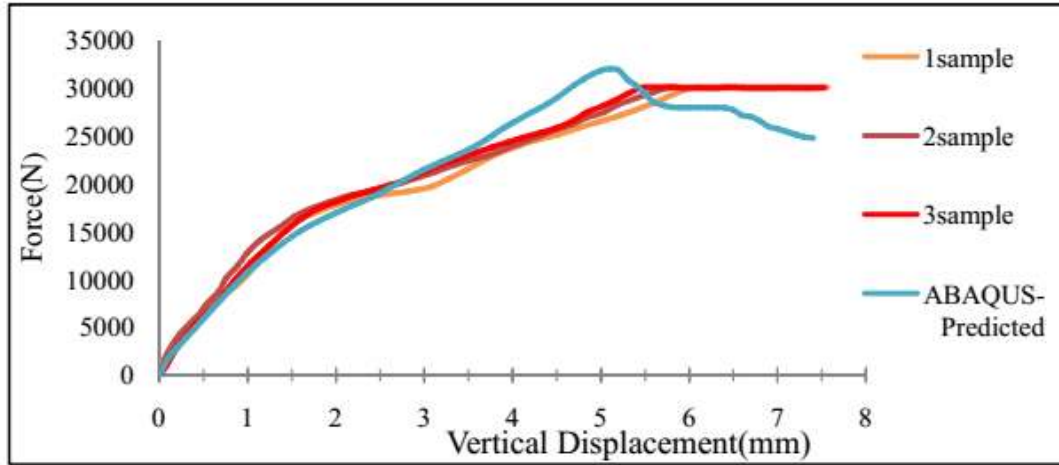


شکل ۸ رفتار مصالح سطح تماس در شرایط خشک تحت تنش قائم اولیه (کیلوگرم بر مترمربع) $\sigma_n = 0.8$

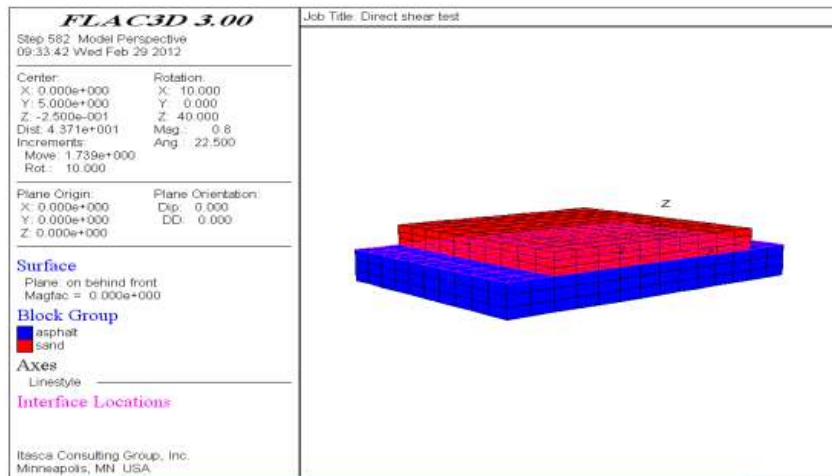
الف- منحنی های تنش برشی - تغییر مکان افقی و ب- تغییر مکان قائم - تغییر مکان افقی



شکل ۹. نحوه مش بندی مدل مارشال



شکل ۱۰. مقایسه نتایج نیرو-جابجایی آزمایش مارشال با تحلیل برگشتی انجام شده با مدل سازی عددی



شکل ۱۱. نمایی از مدل سازی عددی آزمایش یرش مستقیم در نرم افزار FLAC3D

۶-مراجع

-Charles, J. A. and Watts, K. S., (2010), "The Influence of Confining Pressure on the Shear Strength of Compacted Rock fill," *Geo technique*, 30(4), pp.353-367.

-Davidenko V. V. and Khorkov V. I., (1999), "Design and Construction of Earthquake-Proof Soil Dams with Asphalt Concrete Cores in the Northern," *Constructional-Climatic Zone Power Technology and Engineering Vol. 39*, pp.85-89.

-Bowles, J. E., (1982), "Foundation Analysis and Design," 3rd edition Mc Graw-Hill.

-Christiane R., Manfred N., (2009), "Interlayer bonding of binder base and sub base layers of asphalt pavements: Long-term performance," Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research EMPA, Ueberlandstr.129, 8600 Duebendorf, Switzerland.

Asphaltic Concrete Core Dams by Means of 1G Shaking Table Model Tests,” International Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering, IS-Tokyo.

-Mariana R., Andrew C., and Nicholas H., (2006), “Properties of Asphalt Concrete Layer Interfaces,” ASCE0899-1561, pp.467-471.

-Mariana R. Andrew C. and Nicholas H., (2005), “Effect of Bond Condition on Flexible Pavement Performance,” ASCE0733-974.pp880-886.

-Salemi, S., (2005), “Dynamic behavior investigation of asphaltic concrete cores rock fill dams,” Ph. D. Dissertation, IUST University.

-Feizi-Khankandi, S. Ghalandarzadeh, A. Mirghasemi, A. A. and Hoeg, K., (2009), “Seismic Analysis Of The Garmrood Embankment Dam With Asphaltic Concrete Core,” Soils and Foundations, 49 (2), pp.153-166.

-Lee, W., (2000), “Characteristics of Friction between Concrete Slab and Base.” Highway engineering, Vol. 4, pp265-275.

-Hoeg, K., (1993), “Asphaltic concrete cores for embankment,” Norwegian Geotechnical Institute, Norway.

-Ghanooni S. and Mahin Roosta R., “Seismic analysis and design of asphaltic concrete core dams,” Journal of Hydropower and Dams (2002).

- Mirdamadi, A. Ghalandarzadeh, A. and Feizi-Khanakandi, S., (2009), “Dynamic Performance of Asphalt Core in