

بخش دهم

آزمایش برش مستقیم

(Direct Shear)

هدف از این آزمایش، تعیین پارامترهای مقاومت برشی خاک می‌باشد.

۱. مقدمه

در همه‌ی مسائل مربوط به پایداری خاک از قبیل طراحی پی‌ها، دیوارهای حائل و خاکریزها، داشتن اطلاعات کافی راجع به مقاومت خاک پروری است. اندازه‌گیری و تعیین مقاومت خاکها به‌ویژه برای خاکهای چسبنده که در مباحث پایداری خاک اهمیت و کاربرد زیادی دارد جزء مباحث پیچیده‌ی مطرح در مکانیک خاک می‌باشد. مقاومت خاک در قسمت‌های مختلف منحنی که معرف معیار گسیختگی مصالح است، سامی مختلفی دارد که شامل مقاومت کششی، مقاومت برشی و مقاومت فشاری می‌باشد، لیکن می‌توان گفت که مقاومت برشی خاک، عمده‌ترین عامل در تعیین رفتار خاکها می‌باشد. مقاومت برشی خاک، مقاومت داخلی در واحد سطح آن است، یعنی مقاومتی که خاک می‌تواند برای تاب‌آوردن در برابر گسیختگی و لغزش برای بررسی مسائل پایداری خاک از قبیل باربری و پایداری شیبها و شیرولیها و فشار فقی مؤثر بر روی سازه‌های نگه‌دارنده (دیوارهای حائل) خاک کاربرد

WWW.PARS-GEO-AZMA.COM دارد

موارد کاربرد آزمایش برش مستقیم

۱. سدسازی

یکی از کاربردهای آزمایش برش مستقیم در مسائل مربوط به طراحی و ساخت سدها می‌باشد و از این آزمایش برای تعیین مقاومت برشی آبرفت، مقاومت برشی منابع قرضه که نهایتاً در بخش‌های مختلف بندنه مورد استفاده واقع می‌شوند و بررسی لغزش شیرو لی‌های مشرف به مخزن استفاده می‌شود.

۲. حفاری‌ها

برای احداث مترو، تونل، معادن زیرزمینی و خاکبرداری پی‌سازه‌ها، دشتن اطلاعات حاصل از نتایج آزمایش برش مستقیم ضروری است.

۳. بررسی پدیده‌های مخرب در توده‌های ژئوتکنیکی

مانند: زمین لرزه، شکست هیدرولیکی، رولگونیگی و ...

۴. پایداری

بررسی پایداری شیرو لی‌ها، دیوارهای حائل و کلیه‌ی سازه‌های نگه‌دارنده‌ی محیط‌های ژئوتکنیکی.

از کاربردهای دیگر آزمایش برش مستقیم، تلفیق نتایج آن با نتایج به دست آمده از آزمایش سه‌محوری است؛ به علت زیادبودن هزینه‌ی آزمایش سه‌محوری و مشکلات آن، معمولاً تعداد کم‌تری از آن انجام می‌شود و با انجام تعداد بیش‌تری آزمایش برش مستقیم که ارزان‌تر است و تلفیق نتایج آن (Correlation)، پارامترهای موردنیاز به دست می‌آید.

تعداد آزمایش برش مستقیم، جهت دستیابی به نتایج دقیق‌تر، به موارد زیر بستگی دارد:

❖ میزان همگن بودن توده‌ی موردبررسی.

❖ تغییر شرایط محیط بهربرداری (تغییرات تنش در المان‌های مختلف، تغییرات زهکشی و ...).

❖ اهمیت سازه.

❖ مرحله‌ی مطالعات (فاز ۱، فاز ۲ و...).

۲. تئوری آزمایش

یکی از مدل‌های رفتاری الاستیک که جهت تعیین و اکنش محیط در برابر بار، مورد استفاده‌ی فراوان دارد مدل موهر-کولمب است. این مدل با ساده‌سازی‌هایی، به طور گسترده به عنوان معیار گسیختگی مصالح استفاده می‌شود. پارامترهای این مدل و معیار گسیختگی توسط آزمایش برش مستقیم به دست می‌آید و این پارامترها همان زویه‌ی اصطکاک داخلی و چسبندگی خاک می‌باشند.

برای به دست آوردن مقاومت برشی در خاک‌ها، سه شیوه‌ی متداول وجود دارد که عبارتند از: آزمایش برش مستقیم، آزمایش سه‌محوری و آزمایش برش پیشگی. در آزمایش برش مستقیم با حرکت دادن نیمه‌ی بالایی یک جعبه محتوی خاک نسبت به نیمه‌ی پایینی آن، خاک داخل جعبه را تحت تنش برشی قرار می‌دهیم تا تحت این تنش برشی، گسیخته شود. وقتی که نیروی برشی به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد، قسمت بالایی جعبه نسبت به قسمت زیرین آن جابه‌جا شده، باعث بریده شدن نمونه‌ی خاک در امتداد صفحه‌ی A می‌شود.

در آزمایش برش پیشگی، نمونه‌ی استوانه‌ای را تحت یک گشتاور پیشگی قرار می‌دهیم که این گشتاور را می‌توان از طریق صفحاتی که در بالا یا پایین نمونه نصب می‌شود بر آن اعمال کرد. در صورت لزوم می‌توان یک فشار جانبی هم بر نمونه وارد کرد.

آزمایش سه‌محوری شامل یک نمونه‌ی استوانه‌ای است که تحت یک بار محوری قرار می‌گیرد تا مرحله‌ای که نمونه گسیخته شود. در این آزمایش معمولاً نمونه را در یک پوشش لاستیکی قرار داده، توسط یک سیال، فشار جانبی یکنواختی از همه طرف بر آن اعمال می‌شود.

مهم‌ترین مزیت آزمایش برش پیشگی نسبت به دو روش دیگر آن است که سطح مقطع نمونه‌ی خاک، در حین انجام آزمایش تقریباً ثابت می‌ماند. در دو روش دیگر، نمونه‌ها اغلب در هنگام گسیختگی نهایی، دچار انقباض و تغییر

شکل‌های نامطلوب می‌شوند، اما مشکلی که در آزمایش‌برش پیچشی وجود دارد، و لاغیریکنواختی تنش‌ها و کرنش‌ها در یک صفحه از خاک می‌باشد و مسأله‌ی دیگر این است که اندازه‌گیری دقیق سطح مؤثر صفحه شکست کار مشکلی است.

در هر حال، آزمایش‌های برش مستقیم و سه‌محوری برای روش‌های آزمایشگاهی متداول‌تر است. آزمایش‌برش پیچشی در اروپا متداول‌تر از آمریکا است و می‌توان گفت که در حال حاضر در آمریکا از این روش برای تعیین مقاومت برشی خاک استفاده نمی‌شود.

معمولاً خاک‌ها به دو گروه تقسیم‌بندی می‌شوند: خاک‌های غیرچسبنده و خاک‌های چسبنده. خاک‌های غیرچسبنده، خاک‌هایی هستند که بین ذرات آن‌ها چسبندگی وجود ندارد و خاک‌های چسبنده، به خاک‌هایی گفته می‌شود که بین ذرات آن چسبندگی وجود دارد.

منشأ مقاومت برشی در خاک‌های غیرچسبنده، اصطکاک بین دانه‌ها و درگیر شدن دانه‌ها با هم و قفل و بست آنها می‌باشد. در خاک‌ها، اصطکاک ممکن است از نوع اصطکاک لغزشی و یا از نوع غلشی باشد. به عنوان مثال اگر نیروی برشی اعمال شده بر خاک بزرگ باشد، ذره‌ی A ممکن است جابه‌جا شده، با حرکت لغزشی یا غلشی یا ترکیبی از هر دو در موقعیت B قرار گیرد.

به دلیل آن‌که قفل و بست دانه‌ها و مقاومت ناشی از آن وقتی که دانه‌ها به هم نزدیک‌تر باشند بیشتر است، در تغییر شکل‌های کم، خاک‌های متراکم‌تر مقاومت بیشتری نسبت به خاک‌های سست نشان می‌دهند. در حین اعمال نیروی برشی بر روی شن متراکم در ابتدا حجم خاک افزایش یافته، در نتیجه‌ی آن اثر قفل و بست دانه‌ها کاهش می‌یابد.

WWW.PARS-GEO-AZMA.COM

۱-۲. شرایط انجام آزمایش

مشخصات برشی خاک به نحوه‌ی آزمایش و شرایطی که در آن شرایط این مشخصات ایجاد می‌شود، نیز بستگی

دارد به طوری که به سه روش زیر می‌توان آزمایش‌برش مستقیم را انجام داد:

۱. آزمایش تحکیم نیافته‌ی زهکشی نشده (Unconsolidated Undrained-UU)

در این آزمایش اعمال بار برشی P_h قبل از آن که نمونه تحت بار قائم P_v تحکیم یابد، شروع می‌شود. به این

ترتیب بارهای لقی به سرعت وارد می‌شوند و نمونه فرصت زهکشی پیدا نمی‌کند.

۲. آزمایش تحکیم یافته‌ی زهکشی نشده (Consolidated Undrained - CU)

در این حالت، ابتدا نمونه به آرامی تحت بارگذاری قائم قرار می‌گیرد و تحکیم می‌شود و سپس بار برشی P_h با

سرعت به آن وارد می‌شود.

۳. آزمایش تحکیم یافته‌ی زهکشی شده (Consolidated Drained - CD)

در این آزمایش، بارگذاری قائم و برشی هر دو به آرامی اعمال می‌شوند و در این حالت هیچ فشار آب حفره‌ای

در نمونه ایجاد نمی‌شود.

برای خاک‌های دله‌ای هر سه آزمایش بالا یک نتیجه به دست می‌دهند، چه نمونه اشباع باشد و چه اشباع نباشد،

البته نباید سرعت اعمال تغییر شکل‌های برشی خیلی زیاد باشد. برای خاک‌های چسبنده، پارامترهای خاک به طور

آشکاری تحت اثر روش آزمایش و درصد اشباع و شرایط تحکیم قرار دارند. معمولاً دو سری از پارامترهای مقاومت

برشی را برای خاک‌های پیش تحکیم یافته به دست می‌آورند، یک بار برای آزمایش با بار قائم کم‌تر از بار پیش تحکیمی

و بار دیگر برای بار قائم بزرگ‌تر از بار پیش تحکیمی. جایی که در مورد پیش تحکیمی بودن یا نبودن خاک تردید

وجود دارد ممکن است لازم باشد که شش آزمایش و یا تعداد بیش‌تری انجام شود تا این که پارامترهای مقاومت برشی

مورد نظر به دست آید.

برای خاک‌های ریزدله، در صورت نیاز آزمایش می‌تولد روی نمونه‌ی دست نخورده انجام گیرد ولی برای

خاک‌های درشت دله، از نمونه‌ی دست‌کار (Remolded) که به تراکم در محل رسیده باشد، نیز می‌توان استفاده کرد.

البته استفاده از نمونه‌ی دست‌کار باعث کاهش مقاومت نهایی خاک مورد آزمایش خواهد شد ولی این کاهش در

خاک‌های درشت دله به مراتب کم‌تر است.

۲-۲. روش اعمال بار

در آزمایش برش مستقیم، برای اعمال بار می‌توان یکی از دو روش زیر را به کار گرفت:

الف) آزمایش کنترل تنش

که در آن نیروی برشی توسط وزنه‌ی ثابت وارد می‌شود و مقدار کرنش اندازه‌گیری می‌شود.

ب) آزمایش کنترل کرنش

که در این روش نرخ تغییر شکل یا کرنش ثابت است و مقدار نیروی برشی اندازه‌گیری می‌شود. در این جا نیروی برشی به وسیله‌ی موتور سنکرون وارد می‌شود و مقدار نیرو به وسیله‌ی دینام اندازه‌گرفته می‌شود. روش کنترل کرنش دارای مزیت بیشتری است، چرا که سرعت تغییر شکل ایجاد شده در نمونه‌ی خاک ثابت است و می‌توان به وسیله‌ی آن در خاک‌های مختلف مانند ماسه‌ی متراکم به مقاومت برشی نهایی که از حداکثر مقاومت برشی کم‌تر است نیز دسترسی پیدا کرد، در حالی که در حالت کنترل تنش فقط مقاومت حداکثر به دست می‌آید.

۳. وسایل آزمایش

۱. جعبه‌ی برش.

۲. سنگ‌های متخلخل.

۳. دستگاه بارگذاری جهت اعمال نیروی قائم.

۴. دستگاه بارگذاری جهت اعمال نیروی برشی.

۵. حلقه‌ی نیروسنج.

۶. اطاق رطوبت.

۷. وسیله‌ی بریدن نمونه (Cutter).

۸. وسیله‌ی اندازه‌گیری جابه‌جایی (کرنش‌سنج).

WWW.PARS-GEO-AZMA.COM

۴. روش انجام آزمایش

۴-۱. خاک‌های غیرچسبنده

۱. یک ظرف بزرگ پر از ماسه‌ی خشک را وزن کنید. مقدار ماسه باید به اندازه‌ی باشد که برای انجام حداقل سه آزمایش با چگالی یکسان کافی باشد.

۲. جعبه‌ی برش را با وقت سوار کرده، در یک وضعیت مناسب، ثابت کنید. بهتر است بعد از جعبه‌ی برش طوری انتخاب شود که حجم جعبه و در نتیجه چگالی نمونه‌ی خاک به راحتی قابل محاسبه باشد و سپس مساحت سطح مقطع نمونه‌ی A را به دست آورید. اگر نمونه‌ی شما شن مرطوب یا شیب است، سنگ‌های متخلخل را تا حد امکان شیب کنید.

۳. نمونه را داخل جعبه‌ی برش بریزید، به طوری که حدود ۵mm روی جعبه خالی باشد و صفحه‌ی اعمال بار را تراز کرده تا در یک سطح فقی قرار گیرد. ظرف محتوی نمونه را وزن کنید تا جرم نمونه‌ی خشک آن تعیین شود. ضخامت مشخصی از خاک را به عنوان مرجع در نظر گرفته، روی محیط جعبه‌ی برش با علامت‌هایی آن را مشخص کنید. اگر نمونه‌ی خاک مترآکمشده مورد استفاده قرار گرفته، می‌توان خاک را با رطوبت و وزن مخصوص مورد نظر در جعبه‌ی برش کوبید.

۴. بار قائم مناسبی بر نمونه اعمال کنید و عقربه‌ی اندازه‌گیری تغییر شکل‌های قائم یا LVDT را بر روی نمونه نصب نمایید. توجه کنید که وزن خود صفحه‌ی بارگذاری و نیمه‌ی بالایی جعبه‌ی برش را هم به عنوان بخشی از P_v در نظر بگیرید.

اگر آزمایش از نوع تحکیم یافته است، پس از اعمال بار قائم تا زمانی که نشست کاملاً متوقف نشده، صبر کنید و پس از آن که عقربه متوقف شد، آزمایش را انجام دهید. معمولاً برای خاک‌های غیرچسبنده، این زمان تقریباً بلافاصله

بعد از اعمال بار قائم P می باشد.

۵. دو قسمت جعبه‌ی برش را با باز کردن پیچ‌های نیمه‌ی بالایی جعبه از هم جدا کنید. فاصله‌ی بین دو نیمه باید کمی بزرگتر از اندازه‌ی بزرگترین دله‌ی موجود در نمونه باشد. صفحه‌ی بارگذاری را با محکم کردن سه پیچ کناری که به همین منظور در اطراف نیمه‌ی بالایی جعبه تعبیه شده‌اند، سر جای خود قرار دهید. سپس پیچ‌های نیمه‌ی بالایی جعبه‌ی برش را برگر دلید.

وزن این نیمه (نیمه‌ی بالایی جعبه) و صفحه‌ی بارگذاری و بار اعمال شده، توسط سطح نمونه تحمل می‌شود.

۶. کرنش سنج عقربه‌ای را برای اندازه‌گیری تغییر شکل‌های برشی (فقی) نصب کنید.

۷. در صورتی که آزمایش با نمونه‌ی لثباع انجام می‌شود برای لثباع نمونه جعبه‌ی برش را از آب پر کرده، مدت زمان مناسبی برای لثباع نمونه اختصاص بدهید.

۸. بارگذاری فقی را شروع کرده، مقدار نیروی نشان داده شده روی نیروسنج عقربه‌ای و عقربه‌ی اندازه‌گیری

تغییر شکل‌های برشی و در صورت نیاز، تغییر شکل‌های قائم (تغییر حجم نمونه) را در هر مرحله قرائت کنید. اگر آزمایش از نوع کنترل کرنش است، قرائت‌ها را برای کرنش‌های ۵ و ۱۰ و از آن به بعد هر ۱۰ یا ۲۰ واحد انجام دهید.

سرعت تغییرات کرنش فقی را بین ۰/۵ mm/min تا حداکثر ۲ mm/min در نظر بگیرید. توجه کنید که از

سرعت‌های خیلی بالا در این آزمایش استفاده نشود؛ سرعت آزمایش (سرعت تغییر کرنش) در این آزمایش باید طوری باشد که شکست نمونه در ۳ تا ۵ دقیقه صورت پذیرد.

قرائت‌ها را ادامه دهید تا جایی که بار برشی به حداکثر مقدار خود دبرسد. بعد از این مرحله از مقدار بار برشی

کاسته می‌شود. بعد از قرائت بار برشی حداکثر، دو قرائت دیگر کافی است.

۹. حالا نمونه‌ی داخل جعبه‌ی برش را بیرون آورده، مراحل ۱ تا ۸ را حداقل برای دو نمونه‌ی دیگر تکرار کنید.

جرم این نمونه‌ها باید تقریباً برابر جرم نمونه‌ی اولیه باشد (حداکثر اختلاف جرم قابل قبول، بین ۵g تا ۱۰g می‌باشد) و نیز حجم مشبلی لثباع کنند.

در مرحله‌ی (۴) برای هر آزمایش، بارهای قائم متفاوتی اعمال کنید. پیشنهاد می‌شود بار قائم را در هر مرحله دو

برابر کنید، یعنی از بارهای ۴kg و ۸kg و ۱۶kg استفاده کنید. اگر دریافتید که وقتی بار قائم بزرگتری وارد کرده‌اید، بار برشی کم‌تری نسبت به قبل قرائت شده، باید آزمایش را تکرار کنید زیرا به احتمال زیاد اشتباهی رخ داده است.

۴-۲. خاک‌های چسبنده

۱. سه یا چهار نمونه هم‌لدازه، هم‌وزن و با چگالی تقریباً یکسان آماده کنید. برای بریدن نمونه‌ها از کاتر مخصوص که فقط زیادی دارد استفاده کنید. در تهیه‌ی نمونه‌ها فقط کنید که لدازه‌ی نمونه‌ها طوری باشد که به راحتی داخل جعبه‌ی برش جای گیرند. هم‌چنین باید توجه کرد که حداکثر اختلاف وزن قابل قبول برای نمونه‌ها ۵g تا ۱۰g باشد و در غیر این صورت نمونه باید کنار گذاشته شود.

توجه:

اگر خاک پیش‌تحکیم یافته باشد، باید ۶ نمونه آماده کنید. سعی شود رطوبت نمونه‌ها در هنگام ساخت نمونه و آماده کردن دستگاه ثابت بماند و هم‌چنین فقط بیش‌تر در انجام جزئیات آزمایش ضروری می‌باشد.

۲. پیچ‌های نیمه‌ی بالایی جعبه‌ی برش را شل کرده، دو قسمت جعبه را بر روی هم سوار کنید. در صورتی که آزمایش را برای یک خاک خشک انجام نمی‌دهید، ابتدا مطمئن شوید که سنگ‌ها متخلخل کاملاً شباع شده‌اند. بعد از جعبه‌ی برش را برای به دست آوردن مساحت A لدازه‌گیری کنید.

۳. نمونه‌ی خاک را با فقط داخل جعبه‌ی برش جای دهید. نمونه باید به راحتی داخل جعبه‌ی برش قرار گرفته، کاملاً به لدازه‌ی فضای داخل جعبه باشد و حدود ۵mm از بالای جعبه خالی باشد. پس از گذاشتن نمونه داخل جعبه، صفحه‌ی بارگذاری را روی آن قرار داده، بار قائم P_v را اعمال کنید و عقربه‌ی لدازه‌گیری تغییر شکل‌های قائم را هم نصب کنید.

اگر آزمایش از نوع تحکیم یافته باشد، برای فهمیدن این که تحکیم به طور کامل انجام شده یا نه، باید تغییر

شکل‌های قائم را پس از اعمال بار P_v لدازه‌گیری کرد

۴. با فقط دو نیمه‌ی جعبه‌ی برش را با استفاده از پیچ‌های محکم‌کننده از هم جدا کنید، به طوری که فاصله‌ی

بین دو نیمه کمی بیش‌تر از بزرگ‌ترین دلهی خاک نمونه باشد. دستگاه اعمال بار را با استفاده از پیچ‌هایی که به هم‌مین منظور تعبیه شده‌اند، سر جای خود محکم کنید و پیچ‌ها را ببندید. وقت کنید که بار قائم وارد شده بر نمونه برابر بار اعمال شده به اضافه‌ی وزن صفحه‌ی بارگذاری و نیمه‌ی بالایی جعبه‌ی برش می‌باشد.

۵. عقربه‌ی اندازه‌گیری تغییر شکل‌های برشی را نصب کرده، صفر عقربه‌های اندازه‌گیری تغییر شکل‌های قائم (در صورت نیاز) و فقی را تنظیم کنید. برای آزمایش با نمونه‌های شباع، جعبه‌ی برش را از آب پر کرده، مدت زمان قابل قبولی را برای کاملاً شباع شدن نمونه در نظر بگیرید.

۶. بارگذاری فقی (برشی) را آغاز کرده، مقادیر بار فقی، تغییر شکل‌های برشی و تغییر شکل‌های قائم (تغییر حجم نمونه) را قرائت کنید. اگر روش آزمایش بر اساس کنترل کرنش باشد، قرائت‌های تغییر شکل‌های فقی را باید در کرنش‌های ۵ و ۱۰ و از آن به بعد در هر ۱۰ یا ۲۰ واحد تعیین شده روی عقربه انجام داد.

سرعت تغییر کرنش را در حدود ۵mm/min / ۰ تا ۲mm/min انتخاب کنید؛ سرعت آزمایش نباید بیش‌تر از این حد باشد و باید طوری انتخاب شود که گسیختگی نمونه در ۵ تا ۱۰ دقیقه انجام گیرد، مگر این‌که آزمایش از نوع CD باشد.

سرعت آزمایش CD باید به صورتی باشد که مدت زمان لازم برای گسیختگی نمونه t_f برابر باشد با:

$$t_f = 5 \cdot t_0$$

که در این‌جا t_0 مدت زمان لازم برای رسیدن به ۵۰٪ تحکیم نمونه تحت بار قائم P_v می‌باشد. اگر t_0 در دسترس نباشد، می‌توان از رابطه‌ی زیر استفاده نمود:

$$t_f = 25 t_p = 25 t_v = 12 t_0$$

WWW.PARS-GEO-AZMA.COM
برای مشخص شدن این‌که پس از چه مدت خاک کاملاً تحکیم یافته است، منحنی قرائت‌های تغییر شکل قائم

در مقابل لگاریتم زمان باید رسم شود. اگر P_v خیلی بزرگ باشد، باید بارگذاری با گام‌های بزرگ‌تری انجام شود.

آزمایش را برای دو مقدار بالاتر از بار گسیختگی (بار شکست) ادامه دهید. بار شکست، مقدار بار حد اکثری

است که در هر آزمایش به دست می‌آید.

۷. نمونه را از جعبه بیرون آورده، یک نمونه‌ی مرطوب دیگر را آزمایش کنید. مراحل ۳ تا ۶ را برای دو یا سه

نمونه‌ی دیگر انجام دهید.

نکات مهم

۱. ضخامت نمونه از ۲/۵ بربر قطر نمونه (عرض) باید کوچکتر باشد تا ولان نمونه سریع زهکشی شود و فشار آب حفره‌ی رابتون صفر در نظر گرفت، ثانیاً وقت آزمایش بیش تر شود.
۲. حداقل بعد نمونه ۵۰ mm حداقل ضخامت نمونه ۲/۵mm باید باشد؛ ضخامت نمونه نباید از ۶ بربر قطر بزرگترین دله‌ی خاک کم تر باشد.
۳. بین دو جعبه حداقل باید به اندازه‌ی حداکثر اندازه‌ی درشت دله فاصله باشد تا نمونه امکان تغییر حجم دادن را داشته باشد.
۴. در اثر تغییرات برشی در خاک‌های متر اکم، افزایش حجم و در خاک‌های غیر متر اکم، کاهش حجم ملاحظه می‌شود.
۵. در خاک‌های دله‌ای به‌خصوص مسأله‌ی قفل و بست بین دله‌ها علاوه بر مقاومت غلتشی، در ایجاد نقطه‌ی پیک یا حداکثر تنش مهم است.
۶. تغییر حجم مصالح الاستیک را صفر فرض کرده ایم.

۷. آزمایش برش مستقیم را می‌توان بر روی ماسه‌ی خشک و یا شیباع انجام داد و در این دو حالت تغییرات

زویه‌ی اصطکاک داخلی یک یا دو درجه است و این اختلاف به دلیل اثر کشش سطحی می‌باشد.