

مهندسين مشاور خاک و پي ترانشه



واحد تحقيق و توسعه

*Research & Development
Transheh company*

گردآورنده : مهندس كيميا سبزه پرور
مهندس ميلاد مصرآبادي

آزمایش تراکم آزمایشگاهی

ASTM D698

آدرس: سعادت آباد،
م شهرداری، خ ۱۵
غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com



مهندسين مشاور خاک و پی ترانشه

مقدمه:

در بسیاری از سازه های خاکی، مثل سدها، دیوارهای حائل، بزرگ راه ها، فرودگاه ها و ... متراکم کردن خاک، امری ضروری برای بهبود مقاومت خاک است. متراکم کردن خاک که عبارت است از قرار دادن خاک در موقعیت چگال تر، به چند دلیل مطلوب است:

- الف) کاهش نشست ها در آینده
- ب) افزایش مقاومت برشی
- ج) کاهش نفوذپذیری
- د) بهبود خواص مکانیکی خاک
- ه) کاهش قابلیت تورم خاک.

در کارگاه برای تراکم خاک از غلتک های چرخ استوانه ای صاف، غلتک های پاچه بزی، غلتک های چرخ لاستیکی و غلتک های ارتعاشی استفاده می شود. غلتک های ارتعاشی اغلب برای تراکم خاک های دانه ای به کار می روند. تاثیر تراکم حاصل از دستگاه های فوق، محدود به اعماق ۱۵ تا ۳۰ سانتی متر سطحی است .

وقتی آب به خاک اضافه می شود، ذرات خاک آب اضافه شده را به صورت لایه ای اطراف خود جذب می کنند و هر چه میزان آب زیادتر باشد ضخامت این لایه جذبی نیز زیادتر خواهد بود. در صورت وجود تنش برشی بین ذرات خاک این لایه نقشی شبیه روغن کاری در ماشین های مکانیکی را در مکانیزم لغزش بین دانه ها خواهد داشت. در خاک های درشت دانه به دلیل اینکه ضخامت لایه آب جذبی نسبت به قطر دانه ها ناچیز است چنین مکانیزمی در مورد آنها برقرار نخواهد شد.

هدف آزمایش تراکم بدست آوردن درصد رطوبت مناسب برای عملیات اجرای تراکم خاکریزی و مشخص کردن دانسیته مورد انتظار از عملیات کوبش در محل اجرا می باشد. برای رسیدن به این هدف لازم است تراکم آزمایشگاهی به گونه ای انتخاب شود که تراکمی که در آزمایش به خاک داده می شود قابل مقایسه با تراکمی که بوسیله ماشین آلات مورد استفاده در کارگاه به خاک داده می شود باشد.

معمول ترین روش برای ارزیابی کیفیت تراکم صحرائی تعیین تراکم نسبی *relative compaction* است. تراکم نسبی RC به صورت زیر تعریف می شود.

$$RC = \frac{100\rho_d}{\rho_{d\max}}$$

واحد تحقیق و توسعه

Research & Development
Transheh company

گردآورنده : مهندس کیمیا سبزه پرور
مهندس میلاد مصرآبادی

آدرس: سعادت آباد،

م شهرداری، خ ۱۵

غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com



مهندسين مشاور خاک و پی ترانشه

واحد تحقیق و توسعه

Research & Development
Transheh company

گردآورنده : مهندس کیمیا سبزه پرور
مهندس میلاد مصرآبادی

RC: تراکم نسبی نهشته که به صورت درصد بیان می شود.

Pmax: ماکزیمم دانسیته خشک آزمایشگاهی که معمولا به یا با آزمایش تراکم استاندارد پروکتور و یا با آزمایش تراکم اصلاح شده پروکتور تعیین می شود.

Pd: دانسیته خشک صحرایی در محل ساخت پروژه که معمولا به روش مخروط ماسه تعیین میشود.

معمولا میزان تراکم نسبی بسته به نوع پروژه دارد و قوانین و آیین نامه ها مقدار آنرا تعیین می کند.

در آزمایش تراکم استاندارد حجم قالب تراکم ۹۴۴ سانتی متر مکعب و وزن چکش ۲۴.۴ نیوتن و ارتفاع سقوط چکش ۳۱ سانتی متر است. روش آزمایش به این ترتیب است که خاک در درصد رطوبت مشخصی تهیه می شود و در قالب متراکم می شود و با ثبت جرم خاک درون قالب تراکم ، دانسیته مرطوب خاک بدست می آید. با دانستن میزان رطوبت خاک درون قالب ، دانسیته خشک به راحتی محاسبه می شود. این عمل تراکم در میزان رطوبت های متفاوتی تکرار می شود و سپس دانسیته خشک در برابر میزان رطوبت رسم می شود تا منحنی تراکم حاصل شود. که نقطه ماکزیمم روی منحنی ، ماکزیمم دانسیته خشک آزمایشگاهی نامگذاری شده و میزان رطوبت متناظر با نقطه ماکزیمم در منحنی تراکم ، میزان رطوبت بهینه نام دارد.

روش انجام آزمایش تراکم اصلاح شده شبیه تراکم استاندارد است اما میزان انرژی آن بیشتر است و خاک در ۵ لایه در قالب تراکم ریخته شده و کوبیده می شود. که در این حالت خاک در قالب تراکم ۴ اینچی که دارای حجم ۱.۳ فوت مکعب است متراکم می شود تراکم اصلاح شده پروکتور دارای انرژی تراکم ۲۷۰۰ کیلو نیوتن متر بر متر مکعب می باشد.

آدرس: سعادت آباد،
م شپرداری، خ ۱۵
غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com



مهندسين مشاور خاک و پی ترانشه

واحد تحقیق و توسعه

Research & Development
Transheh company

گردآورنده: مهندس کیمیا سبزه پرور
مهندس میلاد مصرآبادی

تجهیزات مورد نیاز

۱- قالب پروکتور با صفحه زیرین و حلقه اتصال بالایی

۲- چکش ۳- وسیله ای برای بیرون آوردن نمونه

۴- ترازوی حساس ۵- کاردک جهت تسطیح سطوح

۶- بطری پخش آب ۷- وسایل مخلوط کردن خاک

۸- ظرف های اندازه گیری رطوبت ۹- گرمخانه

آدرس: سعادت آباد،

م شهرداری، خ ۱۵

غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com





مهندسين مشاور خاک و پی ترانشه

واحد تحقیق و توسعه

Research & Development
Transheh company

گردآورنده: مهندس کیمیا سبزه پرور
مهندس میلاد مصرآبادی

روش انجام آزمایش

۱- نمونه خاک. اولین مرحله در آزمایش مخلوط کردن نمونه خاک است. نمونه خاک مورد استفاده معمولاً نمونه دست خورده است. خاک نبایستی ذرات درشتی مثل شن درشت یا قلوه سنگ داشته باشد. بطور کلی خاک باید از الک شماره ۴ عبور کند. خاکی که قبلاً در آزمایشگاه برای آزمایش تراکم استفاده شده نباید مجدداً مورد استفاده قرار گیرد. برای تهیه نمونه، خاک خشک شده در معرض هوا را با الک ۴ الک کنید. قبل از الک کردن کلوخه های خاک را خرد کنید.



۲- تهیه نمونه. با تجربه و قضاوت اغلب می توان میزان رطوبت بهینه خاک را تخمین زد. حداقل ۴ نمونه خاک با میزان رطوبت های متفاوت تهیه کنید به نحوی که میزان رطوبت بهینه تخمینی را قطع کنند (دو نمونه با میزان رطوبت بهینه و دو نمونه با میزان رطوبت کمتر از رطوبت بهینه). میزان رطوبت باید حدود ۲ درصد تغییر یابند. بنابراین مثلاً اگر میزان رطوبت بهینه تخمینی ۱۷ درصد باشد، نمونه هایی با رطوبت های ۱۴ و ۱۶ و ۱۸ و ۲۰ مناسب است. برای بعضی خاک ها که رطوبت بهینه بسیار بالایی را دارند یا منحنی تراکم صافی دارند میزان رطوبت ها می توانند بیش از ۲ درصد تغییر یابند. برای هر یک از ۴ نمونه خاک حدود ۲.۳ کیلوگرم خاک مورد نیاز است. برای رسیدن به میزان رطوبت

آدرس: سعادت آباد،

م شهرداری، خ ۱۵

غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com



مهندسين مشاور خاک و پی ترانشه

واحد تحقیق و توسعه

Research & Development
Transheh company

گردآورنده: مهندس کیمیا سبزه پرور
مهندس میلاد مصرآبادی

مورد نظر اگر رطوبت خاک کم است بایستی با افزودن آب مقطر به آن رطوبت خاک افزایش یابد. برای افزودن آب، آنرا کم کم به سطح خاک بپاشید و حین پاشیدن مخلوط کنید. برای کاهش رطوبت اجازه دهید تا در معرض هوا رطوبت خاک کم شود یا از گرمخانه جهت خشک کردن استفاده کنید به نحوی که دمای گرمخانه از ۶۰ درجه سانتی گراد بیشتر نشود. سپس چهار نمونه خاک در ظرف نگهداری شده و بهتر است یک شب به حال خود رها شود تا رطوبت در تمام نمونه توزیع شود.

۳- قالب تراکم . هریک از چهار نمونه خاک در قالب تراکم متراکم خواهد شد. تجهیزات تراکم شامل سه بخش است: صفحه زیرین ، قالب تراکم و حلقه اتصال بالایی . قالب و حلقه اتصال بالایی توسط پیچ هایی به صفحه زیرین متصل می شوند. قبل از متراکم کردن خاک با ترازو و وزن قالب خالی را اندازه بگیرید (Mo)

آدرس: سعادت آباد،

م شهرداری، خ ۱۵

غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com





مهندسين مشاور خاک و پی ترانشه

واحد تحقیق و توسعه

Research & Development
Transheh company

گردآورنده: مهندس کیمیا سبزه پرور
مهندس میلاد مصرآبادی

سپس تجهیزات تراکم روی یک پی صلب قرار گرفته و به آن متصل می شود. این عمل بدین خاطر انجام می شود که حداکثر انرژی به خاک اعمال شود و در حین کوبیدن خاک بر اثر ارتعاش انرژی کمتر هدر رود.



آدرس: سعادت آباد،

م شهرداری، خ ۱۵

غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com

۴-متراکم ساختن نمونه خاک. یکی از نمونه های خاک را آورده و آنرا بایستی در ۳ لایه (برای آزمایش تراکم اصلاح شده در ۵ لایه) متراکم کرد به نحوی که ضخامت لایه ها بطور تقریبی یکسان باشد. برای هر لایه مقدار مناسبی از خاک را برداشته و آنرا درون قالب تراکم بریزید و سطح آن را صاف کنید.

مهندسين مشاور خاک و پي ترانشه



واحد تحقیق و توسعه

Research & Development
Transheh company

گردآورنده: مهندس کیمیا سبزه پرور
مهندس میلاد مصرآبادی



برای هر یک از ۳ لایه (یا ۵ لایه برای آزمایش اصلاح شده) آنرا با ۲۵ ضربه سقوط آزاد چکش بکوبید. ۲۵ ضربه چکش باید بصورت یکنواخت در همه جای قالب وارد شود.

آدرس: سعادت آباد،

م شهرداری، خ ۱۵

غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com



مهندسين مشاور خاک و پی ترانشه



واحد تحقیق و توسعه

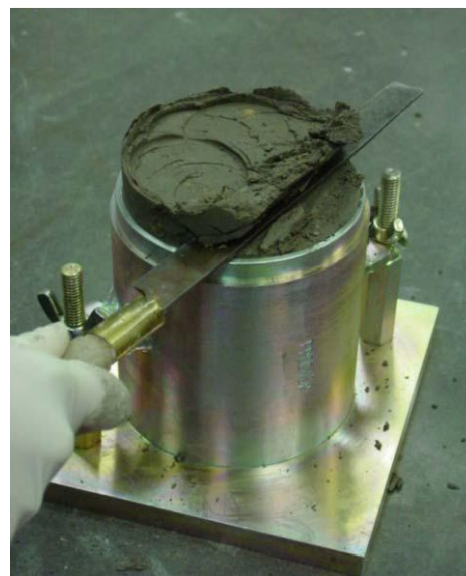
Research & Development
Transheh company

گردآورنده: مهندس کیمیا سبزه پرور
مهندس میلاد مصرآبادی

بعد از اینکه لایه آخر هم با ۲۴ ضربه چکش کوبیده شده ژاپین تر از لبه بالایی قالب باشد، آنگاه نمونه بایستی تخریب شده و آزمایش با یک نمونه جدید تکرار شود. حلقه اتصال بالایی را باز کنید.



سطح خاک را با کاردک تمییز و صاف کنید.



آدرس: سعادت آباد،

م شهرداری، خ ۱۵

غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com

مهندسين مشاور خاک و پي ترانشه



واحد تحقیق و توسعه
Research & Development
Transheh company

گردآورنده: مهندس کیمیا سبزه پرور
مهندس میلاد مصرآبادی

سسپس قالب تراکم و خاک متراکم درون آن را با ترازو وزن کنید (Mf)



۵-میزان رطوبت بعد از وزن کردن قالب و خاک، خاک متراکم شده را از درون

قالب بیرون بیاورید.



آدرس: سعادت آباد،

م شهرداری، خ ۱۵

غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com



مهندسين مشاور خاک و پی ترانشه

واحد تحقیق و توسعه

Research & Development
Transheh company

گردآورنده: مهندس کیمیا سبزه پرور
مهندس میلاد مصرآبادی

و حدود ۵۰۰ گرم از آن را برای تعیین میزان رطوبت بکار ببرید. (ابتدا ظرف خالی نمونه را وزن کنید. سپس خاک را درون نمونه بریزید و وزن خاک + ظرف را تعیین کنید و آنرا در گرمخانه بگذارید و بعد از ۱۶ تا ۲۴ ساعت آنرا از داخل گرمخانه بیرون بیاورید و مجدداً خاک + ظرف را وزن کنید).



آدرس: سعادت آباد،

م شهرداری، خ ۱۵

غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com

۶- تراکم سه نمونه دیگر. بعد از اینکه نمونه به درستی متراکم شده و تمام، مراحل ۴ و ۵ را برای ۳ نمونه دیگر تکرار کنید.



مهندسين مشاور خاک و پي ترانشه

واحد تحقيق و توسعه

Research & Development
Transheh company

گردآورنده: مهندس کيميا سبزه پرور
مهندس ميلاد مصرآبادی

محاسبات:

نمودار درصد رطوبت در مقابل دانسیته خشک حاصل ترسیم شده و درصد رطوبت بهینه و ماکزیمم دانسیته خشک آزمایشگاهی به دست خواهد آمد. منحنی هوای صفر نیز بایستی روی نمودار رسم شود. اگر بعد از رسم کردن منحنی، نقطه ماکزیمم مشخصی نتوان پیدا کرد یا همه نقاط در یک سمت منحنی تراکم واقع شده اند، نمونه های دیگری از خاک با میزان رطوبت های مختلف بایستی مجدداً آزمایش شوند.

خطاهای معمول:

۱- قسمت هایی که خاک با ذرات خشک (مثلاً رطوبت به اندازه کافی در کل نمونه مخلوط نشده باشد)

۲- خاک برای نقطه های متعددی روی منحنی تراکم، مجدداً استفاده شده باشد. بعضی خاکها نسبت به تراکم مجدد بسیار تاثیرپذیرند بنابراین توصیه می شود که در هر آزمایش نمونه های جدید استفاده شود. تراکم مجدد ممکن است باعث افزایش وزن مخصوص خشک ماکزیمم و کاهش رطوبت بهینه شود.

۳- نقاط کافی برای تعیین منحنی تراکم موجود نباشد. معمولاً ۵ نقطه برای تعیین منحنی تراکم کافی است..

۴- پی مناسب برای قالب تراکم

آدرس: سعادت آباد،

م شهرداری، خ ۱۵

غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com

مهندسين مشاور خاک و پي ترانشه



واحد تحقيق و توسعه

Research & Development
Transheh company

گردآورنده: مهندس کيميا سبزه پرور
مهندس ميلاد مصرآبادی

۵- حجم نادرست قالب تراکم

۶- متراکم کننده مکانیکی به درستی کالیبره نشده باشد.

۷- درست ضربه نزدن شخص آزمایش کننده

۸- میزان رطوبت بیان کننده رطوبت تمام قسمت های خاک نباشد.

آدرس: سعادت آباد،

م شهرداری، خ ۱۵

غربی، پ ۶

WWW.TRANSHEH.COM

Phone: 021-22129553

Fax: 021-22129554

E-mail: Transheh.geo@gmail.com