

به نام خدا

آزمایشات قیر و آسفالت و راه

به کانال ساخت و نگهداری راه بپیوندید: @bsgroup

فهرست موضوعی

(۱) آزمایش تعیین درجه ی اشتعال قیر

(۲) آزمایش تعیین درجه ی نفوذ قیر

(۳) آزمایش تعیین چگالی قیر

(۴) آزمایش تعیین درجه ی نرمی قیر

(۵) آزمایش تعیین درجه ی انگومی قیر

(۶) آزمایش افت وزنی قیر

(۷) آزمایش CBR صحرایی (تعیین دانسیته در محل)

(۸) آزمایش CBR در آزمایشگاه

(۹) آزمایش دانه بندی (طرح اختلاط آسفالت)

(۱۰) آزمایش تعیین وزن مخصوص دانه ها

(۱۱) آزمایش استقامت مارشال و آزمایش تعیین وزن مخصوص واقعی و تاب فشاری آسفالت و آزمایش تعیین

وزن مخصوص ماکزیموم آسفالت

۱- آزمایش تعیین درجه ی اشتعال قیر

مقدمه

درجه اشتعال قیر به درجه حرارتی اطلاق می شود که وقتی دمای قیر به آن می رسد، با نزدیک نمودن

شعله به سطح آزاد آن ، جرقه ای در سطح آن دیده شود. همان طور که می دانید قیرهای خالص، قطران و

مخلوط آنها آتشگیر می باشند؛ لذا باید بدانیم که قیرهایی را که با آنها کار می کنیم را تا چه دمایی می توانیم

گرم نماییم، بدون آنکه قیر دچار اشتعال و یا سوختن شود. این مطلب از لحاظ ایمنی در کارگاه و آزمایشگاه

بسیار حائز اهمیت است و در صورت عدم توجه به این مطلب می تواند خطرساز باشد!

آزمایش تعیین درجه اشتعال قیر را می توان با دو نوع دستگاه انجام داد:

- دستگاه درجه اشتعال رو باز
- دستگاه درجه اشتعال رو بسته



از آن جهت که در دستگاه رو بسته تمام مقادیر بخار های قابل اشتعال آزاد شده از قیر ، جمع آوری می شود ، لذا درجه اشتعالی که با این دستگاه تعیین می شود تا حدی کوچکتر از درجه اشتعالی خواهد بود که با دستگاه رو باز تعیین شده است.

چون که قیر در دمای بالاتر از 174°C خواص خود را از دست خواهد داد ، لذا نباید درجه حرارت قیر از این مقدار فراتر رود.

شرح کامل این آزمایش را می توانید در استانداردهای زیر ملاحظه نمایید:

- درجه اشتعال قیر به روش ظرف روباز:

ASTM Methods' 92-52

AASHTO Methods' 48-53

- درجه اشتعال قیر به روش ظرف رو بسته:

ASTM Methods' 93

AASHTO Methods' 73

هدف آزمایش :

درجه اشتعال قیر درجه حرارتی است که وقتی گرمای قیر به آن درجه حرارت می رسد، با نزدیک کردن شعله به سطح آزاد آن، جرقه ای در نقطه ای از سطح قیر تشکیل شود. این آزمایش دارای اهمیت زیادی

است زیرا با تعیین درجه اشتعال قیر، حداکثر درجه حرارتی که بدون خطر آتش سوزی می توان قیر را گرم کرد، بدست می آید. در واقع حداکثر دمایی که می توان قیر را در کارگاه گرم کرد به درجه اشتعال محدود می باشد.

این آزمایش بیان می کند که درجه حرارت قیر نبایستی از ۱۷۶ درجه سانتیگراد بیشتر شود، چون در این صورت قیر خواص خود را از دست می دهد.

وسایل آزمایش :

- (۱) ظرف قیر
- (۲) گیره ی نگه دارنده
- (۳) وسیله ی گرم کننده
- (۴) دماسنج
- (۵) تجهیزات تولید شعله

شرح آزمایش :

- ۱- پیدا کردن درجه ی اشتعال تقریبی را بدست می آوریم : قیر را با سرعت هر ۱۲ درجه در هر دقیقه گرم کرده و بعد از آن که از ۱۴۰ درجه رد شد هر ۲ ثانیه یک بار شعله ای را که از روی آن عبور می دهیم. هر وقت مشتعل تر شد آن درجه ی حرارت را یادداشت می کنیم.

۲- نمونه ی قیری دیگری را با سرعت ۱۲-۱۷ درجه در هر دقیقه تا ۵۷ درجه مانده به درجه ای که در مرحله ی قبل بدست آمده گرم می کنیم و بعد سرعت را به ۵-۷ کاهش داده البته ای سرعت را تل ۲۸ درجه مانده به درجه ی قبلی ادامه داده سپس سرعت را به ۱درجه در هر دقیقه تنظیم کرده هر ۲ دقیقه یک بار شعله را عبور می دهیم.درجه ای که شعله شله ور تر می شود را به عنوان نتیجه ی آزمایش یادداشت می کنیم.

نتیجه ی آزمایش:

درجه ی اشتعال : ۲۰۵ درجه ی سانتیگراد

خطای آزمایش :

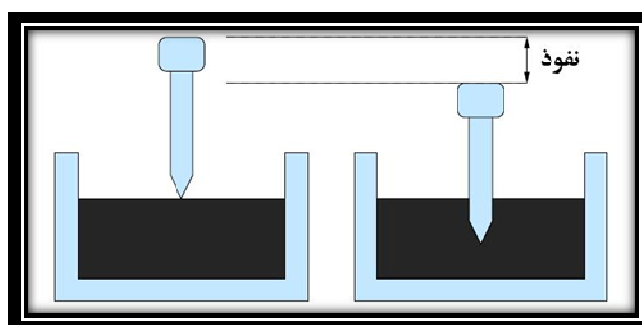
خطا به هنگام خواندن دما از روی دماسنج _ غیریکنواخت گرم کردن قیر _ امکان وجود ناخالصی در قیر

۲-آزمایش درجه نفوذ:

مقدمه

آزمایش درجه نفوذ قیر برای تعیین سختی نسبی قیرهای دمیده و قیرهای خالص استفاده می شود. یکی از کاربردهای درجه نفوذ در نامگذاری قیرهای خالص و قیرهای دمیده است. قیرهای خالص تنها بر این اساس نامگذاری می شوند اما معیار نامگذاری قیرهای دمیده علاوه بر درجه نفوذ قیر ، درجه نرمی قیر نیز می باشد. به عنوان نمونه ، قیرهای ۴۰-۵۰ ، ۶۰-۷۰ ، ۸۵-۱۰۰ و ... از جمله قیرهای خالص معمول در راهسازی می باشند .

بر حسب تعریف، درجه نفوذ قیر عبارت است از مقدار طولی (بر حسب میلیمتر) است که یک سوزن استاندارد با شکل معین تحت اثر باری معادل ۱۰۰/۰ گرم در مدت ۵ ثانیه در قیری که در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد است ، نفوذ نماید.



یکی از موارد کاربردی نتایج این آزمایش آن است که هر چه آب و هوای منطقه ای که قرار است قیر را در آنجا استفاده نماییم گرم تر باشد یا میزان آمد و شد بیشتر و بار وسایل نقلیه سنگین تر باشد ، باید از قیری با درجه نفوذ بیشتر استفاده نمود و بالعکس هر چه آب و هوای منطقه مورد نظر سردتر باشد ، باید از قیرهای با درجه نفوذ کمتری استفاده نمود.

بنابراین هر چه قیر سخت تر باشد، درجه نفوذ آن کمتر و هر چه درجه نفوذ قیر بیشتر باشد قیر نرم تر خواهد بود.



این آزمایش در استانداردهای زیر به طور مفصل شرح داده شده است:

Standard Methods, (IP. 49/58)

ASTM Methods, (D: 5-52)

در صورتی که آزمایش درجه‌ی نفوذ را در دمایی مساوی با نقطه‌ی نرمی قیر انجام دهیم برای همه‌ی قیرها درجه‌ی نفوذ ۸۰۰ به دست می‌آید لذا پارامتری به نام درجه نفوذ تعریف شده است که نشانه‌ی حساسیت قیر به تغییرات دما می‌باشد. هر چه نشانه‌ی درجه نفوذ کمتر باشد حساسیت قیر به تغییرات دما بیشتر است.

برای قیرهای راهسازی نشانه‌ی درجه نفوذ از ۲- تا ۲+ متغیر است. این نشانه برای قیرهای قطران از ۲- کوچکتر و برای قیرهای دمیده از ۲+ بزرگتر است

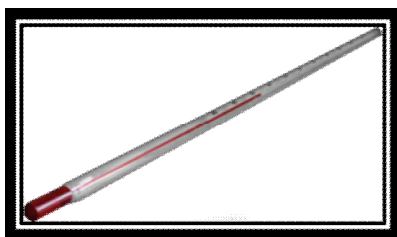
هدف آزمایش

هدف از آزمایش درجه نفوذ قیر ، تعیین سختی نسبی قیرهای خالص و دمیده می باشد که جهت نامگذاری این قیرها استفاده می شود.



وسایل آزمایش

- دستگاه مخصوص درجه نفوذ
- دماسنج
- کاردک
- حمام آب گرم
- دو ظرف کوچک با اندازه های مختلف
- کورنومتر



مرجع ساخت

روش انجام آزمایش

مقداری قیر را حدود ۶۰ درجه یا تا دمایی بالاتر از نقطه نرمی گرم می نماییم و سپس درون ظرف مخصوص می ریزیم. این ظرف دارای ۵/۵ سانتیمتر قطر و ۳/۵ سانتیمتر ارتفاع می باشد. باید دقت شود که سطح قیر کاملاً صاف و بدون حباب باشد. جهت صاف نمودن سطح قیر می توان از کاردک استفاده نمود. ظرف حاوی قیر را در معرض هوای آزمایشگاه قرار می دهیم تا قیر سرد شود. سپس ظرف قیر را در داخل حمام آب گرم با درجه حرارت ۲۵ درجه قرار می دهیم تا پس از یک ساعت و نیم قیر با آب داخل حمام به تعادل برسد.

ظرف را از درون حمام آب گرم خارج کرده و سطح آن را با دستمال نخی خشک می نماییم. طوری ظرف را زیر دستگاه تعیین درجه نفوذ قرار می دهیم که نوک سوزن و نوک تصویر آن در سطح براق قیر بر روی هم منطبق شوند.

حال درجه دستگاه را صفر می نماییم و با زدن کورنومتر، سوزنی که وزن آن با متعلقاتش ۱۰۰ گرم می باشد رها می شود و طی ۵ ثانیه مقدار نفوذ سوزن روی صفحه مدرج قرائت می شود و یادداشت می شود. این آزمایش برای هر نمونه (هر ظرف) ۵ تا ۱۰ بار انجام می شود و مقادیر بدست آمده یادداشت می شود. توجه نمایید که مقادیر بدست آمده بر حسب دهم میلیمتر می باشد. باید دقت نمایید که فواصلی سوزن در قیر نفوذ می کند از یکدیگر فاصله تقریباً یکسانی داشته باشند و به لبه ظرف بیش از حد نزدیک نباشد تا خطای آزمایش کم شود.

این تعداد آزمایش سبب می شود که خطای آزمایش کاهش یابد. میانگین اعداد بدست آمده همان میزان درجه نفوذ قیر خواهد بود.

نتایج آزمایش :

$$293 \times 0.01 = 29.3 \text{ mm}$$

$$288 \times 0.01 = 28.8 \text{ mm} \rightarrow \text{mean} = 29.23 \text{ mm}$$

$$296 \times 0.01 = 29.6 \text{ mm}$$

۳- آزمایش تعیین چگالی:

مقدمه

روش های مختلفی برای تعیین وزن مخصوص قیر وجود دارد که مبنای همه این روش ها، قانون ارشمیدس می باشد. طبق تعریف، وزن مخصوص قیر عبارت است از نسبت وزن حجم معینی از قیر به وزن آب هم حجم آن در درجه حرارت معین. از جمله روش های موجود برای تعیین وزن مخصوص قیر عبارت است از:

- روش بوته نیکلی
- روش پیکنومتر



دانستن وزن مخصوص قیر از دو جهت دارای اهمیت است:

- ۱- از آنجا که می دانیم هرجا صحبت از مقدار قیر در آسفالت به میان می آید، آن را به صورت درصد وزنی بیان می نمایند، در صورتی که قیر عملاً به صورت حجمی اندازه گیری می شود؛ بنابراین دانستن رابطه بین وزن و حجم قیر ضروری است. هم چنین چون قیر را عموماً گرم می کنند، لذا دانستن ضریب انبساط حرارتی قیر نیز الزامی است تا بتوان وزن مخصوص قیر را در هر درجه حرارتی محاسبه نمود. در غیر این صورت وزن مخصوص قیر را باید در درجه حرارت مورد نیاز تعیین و اندازه گیری کرد.
- ۲- وزن مخصوص قیر ابزار مناسبی برای تعیین منبع قیرها می باشد. برای مثال وزن مخصوص قیرهای نفت حدود ۱۰ و وزن مخصوص قیرهای قطران بسته به طرز تهیه آنها بین ۱۰۱۰ تا ۱۰۲۵ متغیر است. این وزن مخصوص ها در دمای معین ۱۵.۶ یا ۲۰ درجه سانتیگراد تعیین می شوند.

همان طور که می دانید حجم قیر تابعی از درجه حرارت است؛ در نتیجه لازم است در تعیین حجم قیر پارامتر درجه حرارت را ثابت در نظر بگیریم. اما در صورت انجام آزمایش در دماهای متفاوت می توان از رابطه تقریبی زیر استفاده نمود:

$$G_{sb} = \frac{\gamma_b}{\gamma_w} = \frac{W_b}{V_b \gamma_w}$$

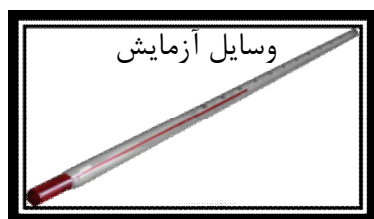
$$V_b = [1 + c(t - 15.6)] V_{25}^{\circ C}$$

$$G_s \leq 0.966 \rightarrow c = 0.00072$$

$$G_s \geq 0.966 \rightarrow c = 0.00063$$

هدف آزمایش

هدف از این آزمایش، تعیین وزن مخصوص قیر در دمای مشخص می باشد.



- چند گرم قیر
- پیکنومتر
- دماسنج
- ترازوی دقیق
- حمام آب گرم

روش انجام آزمایش

(، حال پیکنومتر خالی را از آب با درجه W_1 ابتدا پیکنومتر خالی را کاملاً خشک نموده و توزین می نماییم)
(. آب پیکنومتر را خالی نموده و سپس آن را W_w حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد پر کرده و آن را وزن می نماییم)
(. پس از این W_2 کاملاً خشک می نماییم. آنگاه مقداری قیر در داخل آن ریخته و مجموعه را وزن می کنیم)
(؛ توجه داشته باشید که در W_3 مرحله، پیکنومتر را تا خط نشانه از آب مقطر پر نموده و آن را وزن می کنیم)
این مرحله قیر نیز در پیکنومتر موجود می باشد.

نکته قابل تامل دیگر آن است که وقتی در انجام این آزمایش از قیر مایع یا مذاب استفاده می نماییم، بایستی قیر را برای مدتی طولانی به همان حالت نگه داشت تا تمامی حباب های هوا از آن خارج شود.

با توجه به رابطه زیر وزن مخصوص قیر محاسبه خواهد شد:

نتیجه آزمایش :

$$\text{وزن مخصوص قیر} = \frac{W_3 - W_1}{(W_w - W_1) - (W_2 - W_1)} = \frac{39.5 - 31}{(66.4 - 31) - (55.9 - 39.5)} = 0.94$$

۵-آزمایش درجه نرمی (Softening Point)

مقدمه:

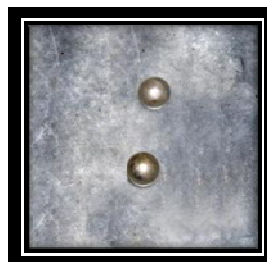
نقطه نرمی قیر عبارت است از درجه حرارتی که در آن قیر حالت نرمی پیدا می کند. به طور کلی می توان گفت که همه قیرها در این درجه حرارت به یک گرانروی مشخص می رسند. نقطه نرمی قیر به روش های مختلفی اندازه گیری می شود که یکی از این روشها، روشی به نام حلقه و گلوله است که در آن نقطه نرمی را درجه حرارتی که در آن گلوله ها از حلقه عبور نموده و به سطح برنجی تحتانی به فاصله ۲۵ میلیمتری برسد، تعریف می کنند.

جهت به کار بردن قیر در روسازی راه های جاده ها و باند پرواز هواپیما ، نیاز است از قیری با درجه نرمی به خصوص استفاده شود که مقدار آن به کاربرد ما و شرایط محیطی که قیر قرار است در آن به کار برده شود، بستگی دارد. به عنوان مثال اگر درجه حرارت متوسط سالیانه منطقه ای زیاد باشد باید از قیر کند روانتری برای ساختن روسازی آسفالت استفاده نمود. هم چنین هر اندازه تعداد و وزن وسایل نقلیه عبوری بیشتر باشد، باید از قیر کند روانتری برای ساختن مخلوط های قیری استفاده نمود.

هدف آزمایش:

یکی از اهداف این آزمایش محاسبه مقدار مقاومت قیر خالص و مصالح ساخته شده با آن قیر نسبت به تغییرات درجه حرارت می باشد.

وسایل آزمایش:



- دو عدد ساچمه
- دو عدد حلقه
- بشر شیشه ای
- دماسنج

• دستگاه گرمکن

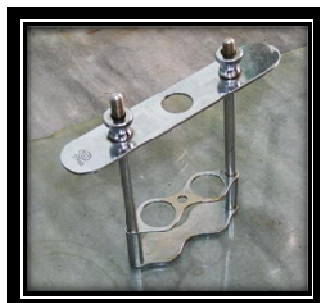
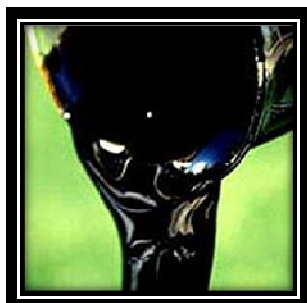
• کاردک

• یک سطح شیشه ای (صاف)

• قیر

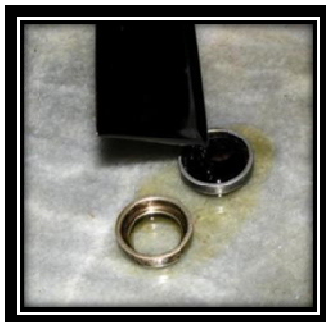
• چراغ

• پایه های نگهدارنده حلقه ها



روش انجام آزمایش:

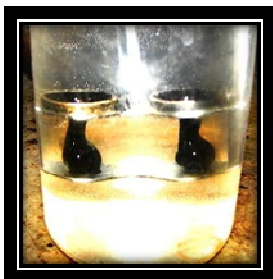
روش انجام این آزمایش بدین صورت است که ابتدا حلقه ها را روی سطح شیشه ای که به روغن آغشته است ، قرار می دهیم. روغن سبب می شود که قیر به شیشه نچسبد. عمق این حلقه ها در حدود ۸ میلی متر است. قیر را که قبلا داغ شده است به آرامی در داخل حلقه ها می ریزیم به طوری که حلقه کاملا پر شود.



چون عملا پر کردن حلقه ها به صورت کامل بسیار مشکل است بهتر است به اندازه ای قیر در داخل آنها بریزیم که نیاز به ریختن مجدد نداشته باشد اما اگر کمی زیادتر ریخته شد ، مشکلی پیش نخواهد آمد ، چرا که پس از سرد شدن قیر داخل حلقه ها ، سطح حلقه ها را با کاردک صاف خواهیم نمود تا اضافه قیر حلقه ها برداشته شود.

پس از سرد شدن قیر و صاف نمودن سطح آن ، حلقه ها را در جای خود در داخل بشر (روی پایه ها) قرار می دهیم. سپس بشر را تا حدود ۵ سانتی متر بالای حلقه ها از آب مقطر پر می کنیم . البته لازم است گفته شود که در آزمایشگاه به علت محدودیت های موجود از آب معمولی استفاده می کنیم.

حال مجموعه بشر را در دستگاه گرمکن قرار می دهیم تا دمای آب درون آن به ۲۵ درجه سانتیگراد برسد در پایان باید دمای آب داخل بشر به ۲۵ درجه سانتیگراد رسیده باشد.



اکنون بشر را از گرمکن بیرون آورده و ساچمه ها را در مرکز حلقه ها روی قیر قرار می دهیم و بشر را روی چراغ می گذاریم. نکته بسیار مهم در این آزمایش ، روند گرمادهی به بشر و محتوی آن یعنی قیر است. از آنجا که این آزمایش به حرارت بسیار حساس است ، پس لازم است که در همه آزمایشها از یک سرعت حرارت دهی استفاده شود. بنابراین ما نیز حرارت را به گونه ای تنظیم می کنیم که در هر دقیقه ۵ درجه به دمای آب افزوده شود و این مهم را در حین حرارت دادن با دماسنج کنترل می کنیم. عملیات گرمادهی را آنقدر ادامه می دهیم تا ساچمه های روی قیرها به سطح تیغه فلزی زیر حلقه ها برسند و برای هر کدام دمایی که این عمل اتفاق افتاده است را قرائت کرده و یادداشت می کنیم. سپس متوسط دو دمای بدست آمده را به عنوان نقطه نرمی قیر در نظر می گیریم.

نتیجه آزمایش :

می باشد 52°C درجه نرمی قیر در هر ۲ بار آزمایش

۶) آزمایش افت وزنی قیر

مقدمه :

افت وزنی قیر عبارت است از درصد افت وزنی نمونه قیری که در مدت ۵ ساعت در درجه حرارت ۱۶۳ درجه سانتیگراد در دستگاه مجهز به تهویه قرار می گیرد . در حقیقت آزمایش افت وزنی قیر، یک نوع تقطیر قیر می باشد که نتیجه آن معیاری است که فراریت نسبی حلال های قیر را در ۱۶۳ درجه سانتیگراد نشان می دهد. علت انتخاب دمای ۱۶۳ درجه آن است که در این دما، عمل اختلاط قیر و مصالح سنگی برای تهیه آسفالت در این دما صورت می پذیرد.

افت وزنی قیرهای خالصی (مرغوب) که در راهسازی به کار می روند پس از انجام این آزمایش، کمتر از یک درصد می باشند . توجه نمایید که هر چه قیر نرم تر باشد یعنی درجه نفوذ آن بیشتر باشد، افت وزنی آن نیز بیشتر خواهد بود.



هدف آزمایش :

هدف از آزمایش افت وزنی قیر، تعیین میزان کاهش وزن قیر در اثر حرارت ۱۶۳ درجه ای و هم چنین تعیین میزان فرار بودن نسبی حلال های قیر است.

وسایل آزمایش :

- ظرف استوانه ای
- قیر مذاب
- گرمخانه
- ترازو



روش انجام آزمایش :

ابتدا ظرف استوانه ای را تمیز کرده و آن را وزن می نماییم. مقداری قیر مذاب را در داخل این ظرف می ریزیم و پس از سرد شدن، آن را در داخل گرمخانه برای مدت ۵ ساعت قرار می دهیم. توجه نمایید که دمای گرمخانه بر روی ۱۶۳ درجه سانتیگراد تنظیم شده است .

پس از طی شدن ۵ ساعت و سرد شدن استوانه، بار دیگر مجموعه قیر و ظرف را وزن می کنیم و مقدار آن را یادداشت می نماییم . نتیجه آزمایش را بایستی بر حسب کاهش وزن قیر نسبت به وزن اولیه آن سنجید که مطابق فرمول زیر بدست می آید :

$$\text{درصد افت وزنی قیر} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100$$

که در آن:

w_1 : وزن ظرف و قیر قبل از قرار دادن در گرمخانه

W2: وزن ظرف و قیر بعد از قرار دادن در گرمخانه

نتایج آزمایش :

$$\text{درصد افت وزنی قیر} = \frac{83.5 - 83.3}{83.5} \times 100 = 0.24$$

(California Bearing Ratio_ ASTM-D1883)

هدف آزمایش :

دانشیته راه بالاخص روسازی، از مهمترین متغیرها در کنترل کیفیت عملیات راهسازی می باشد . در واقع چگالی بهترین معیار سنجش کیفیت یک سطح راه تمام شده است که به کارفرما اطمینان می دهد راه احداث شده حداقل تا عمر طرح و یا بیشتر از آن دوام می آورد . نظر به اینکه چگالی مخلوط آسفالتی در طول دوره عمر آن تغییر می کند، میزان درصد فضای خالی باید به اندازه ای کم باشد تا از نفوذ هوا و آب جلوگیری کند و نیز به اندازه ی کافی بالا باشد تا از بروز جریان پلاستیک در مخلوط آسفالتی پس از عبور ترافیک بعد از گذشت .چندین سال جلوگیری کند.

در حال حاضر متداول ترین روش ها برای تعیین دانشیته در محل مخلوط آسفالتی، روش مغزه گیری و آزمایش مغزه گیری یک روش اثبات شده جهت تعیین چگالی است و .اندازه گیری چگالی به روش هسته ای می باشد بعنوان معتبرترین و دقیق ترین روش های تعیین چگالی مدنظر است. اما این روش مخرب است (چون چاله های . حاصله از مغزه گیری باید وصله و مرمت شوند) و همچنین دارای سختی کار و زمان بر است

وجود معایب فوق سبب افزایش زمان اجرا و هزینه های یک پروژه شده و در نهایت از بازدهی فعالیت های راهسازی می کاهد . همین امر سبب شده که در چند دهه اخیر مراکز تحقیقاتی به دنبال روش هایی برای رفع این معایب باشند . این روش ها باید علاوه بر هزینه کم، قابلیت تکرارپذیری و غیرمخرب بودن ، دارای امکان

استفاده راحت توسط کاربر نیز باشند . دو روش غیرمخرب هسته‌ای و غیرهسته‌ای بمنظور جایگزینی تست‌های مخرب تعیین چگالی معرفی شده‌اند که هریک دارای مزایا و معایبی نسبت به دیگری است.

صحرائی برای ارزیابی و طرح اجرایی روسازی انعطاف پذیر مانند لایه ی اساس و زیر CBR آزمایش های ، پارامتری مناسب و CBR اساس و بستر راه ها و کاربرد های دیگر (مانند راه های شوسه) ، که برای آنها مطلوب برای تعیین مقاومت می باشد ، استفاده می گردد .

در این آزمایش یک چکش به شکل استوانه ی فولادی و به وزن ۴.۵ کیلوگرم از ارتفاع ۷۶ سانتی متری زمین که شعاع تاثیر آن ۳۰ سانتی متر است سقوط می کند . با استفاده از میزان نفوذ چکش در زمین و اطلاعات گزارش CBR ظاهر شده روی صفحه ی نمایشگر و با انجام عملیات ریاضی که در ذیل گفته خواهد شد عدد می شود.

روش انجام آزمایش :

دستگاه آزمایش را به محلی که می خواهیم دانسیته ی آن را بدست آوریم منتقل می کنیم . ناحیه ی تقریباً مسطحی را انتخاب کرده مقداری از خاک سطحی زمین را برداشته و دستگاه را به طور قائم و محکم روی زمین قرار می دهیم . حال ضامن چکش را آزاد کرده آن را تا انتها بالا برده و یک دفعه رها می کنیم .

OOO ظاهر می شود . ۳ رقم اول نشان دهنده ی مقدار IV روی صفحه ی نمایشگر اطلاعاتی به صورت O عددی ضربه و عدد آخر نشان دهنده ی شماره ی آزمایش است .

بدون آنکه دکمه ی دستگاه را رها کنیم ۵ بار همین روند را تکرار می کنیم و با توجه به جدولی که در زیر آمده بدست می آید : CBR و نیز فرمول ارائه شده عدد

$$\% \text{ CBR} = (0.24 \text{ IV} + 1)^2$$

Drop No.	IV	PLL	IV Reading
		Lower Limit) (	Upper Limit) (
۱	A	—	—
۲	B	A - 2	—
۳	C	B - 2	—
۴ (critical)	D	C - 2	—
۵	E	D - 2	D + 2

نتایج آزمایش :

Drop No.	IV	PLL	IV Reading	CBR
		Lower Limit) (	Upper Limit) (	%
۱	۱۵	—	—	۲۱.۱۶
۲	۱۸	۱۳	—	۲۸.۳
۳	۱۹	۱۶	—	۲۰.۹۱
۴ (critical)	۱۹	۱۷	—	۲۰.۹۱
۵	۱۹	۱۷	۲۱	۲۰.۹۱

Drop No.	IV	PLL	IV Reading	CBR
		Lower Limit) (	Upper Limit) (	%
۱	۳	—	—	۲.۹۵
۲	۳	۱	—	۲.۹۵
۳	۴	۱	—	۳.۸۴
(critical) ۴	۴	۲	—	۳.۸۴
۵	۵	۲	۷	۴.۸۴

Drop No.	IV	PLL	IV Reading	CBR
		Lower Limit) (	Upper Limit) (	%
۱	۱۰	—	—	۱۱.۵۶
۲	۱۱	۸	—	۱۳.۲۴

۳	۱۲	۹	—	۱۵.۰۵
۴ (critical)	۱۲	۱۰	—	۱۵.۰۵
۵	۱۲	۱۰	۱۴	۱۵.۰۵

توجه :

ظاهر شود به این معنی است که قرائت ABORT اگر به هنگام قرائت داده ها بر روی صفحه ی نمایش پیغام ها خارج از محدوده ی مجاز می باشد .

همچنین پیغام

ممکن است در اثر برخورد چکش دستگاه به یک شی سفت مثل سنگ باشد . STOP NOW

۸- در آزمایشگاه (خشک) CBR آزمایش

هدف آزمایش :

یا نسبت باربری کالیفرنیا جهت تعیین ظرفیت باربری خاکها زیر پی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارزش این آزمایش در راهسازی بسیار زیاد است و را شخصی به نام پورتر در سال ۱۹۲۶ مطرح کرد که پس از آن در CBR ضخامت رویه راه هاست . آزمایش سال ۱۹۲۶ اداره راهسازی ایالت کالیفرنیا آمریکا گسترش داد. این روش در سالهای بعد نیز کاملتر شد تا اینکه در سالهای ۱۹۴۰ توسط مهندسين و سپس در سال ۱۹۶۱ توسط انجمن آزمایش و مصالح آمریکا (A.S.T.M) به عنوان یک روش استاندارد تعیین مقاومت خاکها مورد قبول قرار گرفت . در حال حاضر این روش با وجود داشتن نقاط ضعف فراوان، متداولترین روش برای ارزیابی قدرت باربری خاک بستر روسازی راه ها و فرودگاه ها و همچنین تعیین قدرت باربری مصالح سنگی است. با استفاده از نتایج این آزمایش می‌توان ظرفیت باربری خاک بستر و کلیه لایه های روسازی از قبیل زیر اساس و اساس را یافته و بر طبق آن ضخامت لایه‌ها را بدست آورد.

تئوری آزمایش :

برای هر مقدار از نفوذ سنبه به داخل خاک ، نسبت مقدار بار اعمال شده به نمونه استاندارد ، به بار استاندارد ، به نامیده می شود CBR نام نسبت باربری کالیفرنیا یا عدد

معمولا مقدار بار برای نفوذ ۲.۵ میلیمتر قرائت می شود تا به عنوان معیار سنجش قرار گیرد ولی چنانچه در فاصله نفوذ ۲.۵ میلیمتر تا ۵ میلیمتر مقادیر بزرگتری از آنچه که برای نفوذ ۲.۵ میلیمتر بدست آمد نتیجه شود

در نظر گرفته می شود. تراکم نمونه در ۳ لایه و با چکش CBR, بزرگترین مقدار بدست آمده به عنوان عدد ۴.۵ کیلوگرمی و با ۱۰ , ۳۰ و ۶۵ ضربه انجام میشود .

$$CBR = P_{2.5 \text{ mm}} / 70$$

$$CBR = P_{5 \text{ mm}} / 105$$

وسایل آزمایش :

- (۱) دستگاه CBR
- (۲) قالب تراکم
- (۳) چکش ۴.۵ کیلوگرمی
- (۴) جک برای اعمال بار به نمونه
- (۵) روغن برای روغن کاری قالب ها
- (۶) آب و آب پاش
- (۷) کاردک و سینی
- (۸) کولیس
- (۹) ترازو

روش انجام آزمایش :

به دو صورت خشک و اشباع انجام می شود که در این آزمایش روش خشک شرح داده خواهد CBRآزمایش شد .

ابتدا مقدار ۴۵۰۰ گرم خاک رس رد شده از الک شماره ۴ را آماده کرده و در حدود ۱۸ درصد وزن این خاک به آن رطوبت می زنیم :

$$4500 * 0.18 = 810 \text{ gr}$$

به این صورت که خاک را روی سینی ریخته و آب را به وسیله ی آب پاش و کاردک به همه ی قسمت های آن اضافه می کنیم تا این رطوبت بهینه در همه ی قسمت های آن به طور یکنواخت توزیع شود . سپس قسمت 2918 gr بالای قالب مورد نظر را وزن کرده و یادداشت می کنیم :

ابعاد قالب را هم باید توسط کولیس اندازه گیری کنیم تا حجم نمونه را بدست آوریم :

5560	حجم قالب :	cm	قطر قالب :	30.48 cm	ارتفاع قالب :
۱۵.۲۴					
cm ³					

سپس قالب را روغن کاری کرده و خاک رطوبت زده را در ۳ مرحله و در هر مرحله با ۱۰ ضربه داخل قالب متراکم کنیم . در صورت وجود نا همواری در سطح نمونه آن را با کاردک صاف می کنیم تا کاملاً تسطیح شود gr. در این مرحله صفحه ی زیرین قالب را باز کرده و وزن قالب با خاک متراکم شده را یادداشت می کنیم :

۵۶۰۰

حال به منظور قرار دادن قالب در دستگاه ، آن را سر و ته کرده روی صفحه ی کف و زیر جک قرار می دهیم و پیچ های اتصال مربوط به اتصال قالب به دستگاه را محکم می کنیم و دیسک را طوری روی قالب قرار می دهیم که ستون اعمال بار از سوراخ میان این دو دیسک عبور کرده به سطح خاک رسیده و بر آن مماس شود .

عقره های مدرجی را که برای اندازه گیری فرو رفتگی و نیروی اعمال شده می باشند صفر می کنیم و در ، گیج نیرو را قرائت و 0.5 , 1 , 1.5 , 2 , 2.5 , 3 , 3.5 , 4 , 4.5 , 5 , 5.5 mm نفوذهای یادداشت می نماییم.

دستگاه را خاموش کرده و قالب را از داخل آن خارج می کنیم . خاک را از داخل قالب بیرون آورده و یک نمونه از آن برداشته و در ظرفی گذاشته در اون قرار می دهیم تا درصد رطوبت را بدست آوریم .

نتایج آزمایش :

۵۹.۸ : وزن ظرف خالی

۱۵۱ : وزن نمونه ی تر با ظرف

۱۳۵.۶ : وزن نمونه ی خشک با ظرف

۱۶.۸٪ : درصد رطوبت خاک

نتایج برای ۱۰ ضربه :

مقدار نفوذ		مقدار نفوذ	
(mm)		(mm)	
۰.۵	۶.۲	۴.۵	۱۲.۵
۱	۹.۳	۵	۱۳.۲
۱.۵	۹.۹	۵.۵	۱۳.۸۵
۲	۱۰	۶	۱۴.۸
۲.۵	۱۰.۲	۶.۵	۱۵.۳
۳	۱۰.۹	۷	۱۵.۹
۳.۵	۱۱.۵	۷.۵	۱۶.۳
۴	۱۲		

نتایج برای ۳۰ ضربه :

مقدار نفوذ		مقدار نفوذ	
(mm)		(mm)	
۰.۵	۵	۴.۵	۲۶.۹
۱	۹.۲	۵	۲۷.۹
۱.۵	۱۳	۵.۵	۲۹
۲	۱۶.۲	۶	۳۰.۳
۲.۵	۱۹	۶.۵	۳۱.۸
۳	۲۱.۵	۷	۳۳
۳.۵	۲۳.۸	۷.۵	۳۴.۲
۴	۲۵.۵		

نتایج برای ۶۵ ضربه :

مقدار نفوذ		مقدار نفوذ	
(mm)		(mm)	
۰.۵	۸.۵	۴.۵	۳۳.۷
۱	۱۱.۵	۵	۳۵.۷
۱.۵	۱۵.۵	۵.۵	۳۷.۵
۲	۱۹.۲	۶	۳۹.۵
۲.۵	۲۳	۶.۵	۴۱
۳	۲۶	۷	۴۲.۵
۳.۵	۲۹	۷.۵	۴۴.۵
۴	۳۱.۵		

$$Y = 0.033 * X - 0.058 \quad \text{: مقدار نیرو}$$

که در این رابطه X مقدار جا به جایی بر حسب mm است . بنابراین خواهیم داشت :

محاسبه ی نیروی نفوذ , فشار و CBR برای mm ۲.۵ در ۱۰ ضربه :

$$Y = 0.033 * 10.2 - 0.058 = 0.2786 \text{ KN} = 27.86 \text{ Kg}$$

$$P_{2.5 \text{ mm}} = 27.86 / 182.4 = 0.15 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{CBR} = P_{2.5 \text{ mm}} / 70 * 100 = 0.21$$

محاسبه ی نیروی نفوذ , فشار و CBR برای mm ۵ در ۱۰ ضربه :

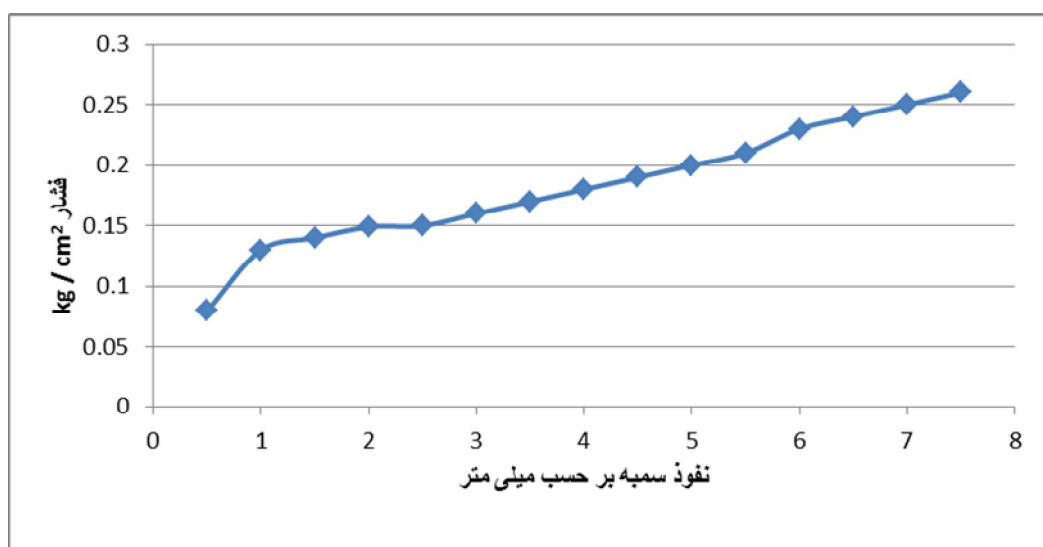
$$Y = 0.033 * 13.2 - 0.058 = 0.3776 \text{ KN} = 37.76 \text{ Kg}$$

$$P_{5 \text{ mm}} = 37.76 / 182.4 = 0.2 \text{ Kg/cm}^2$$

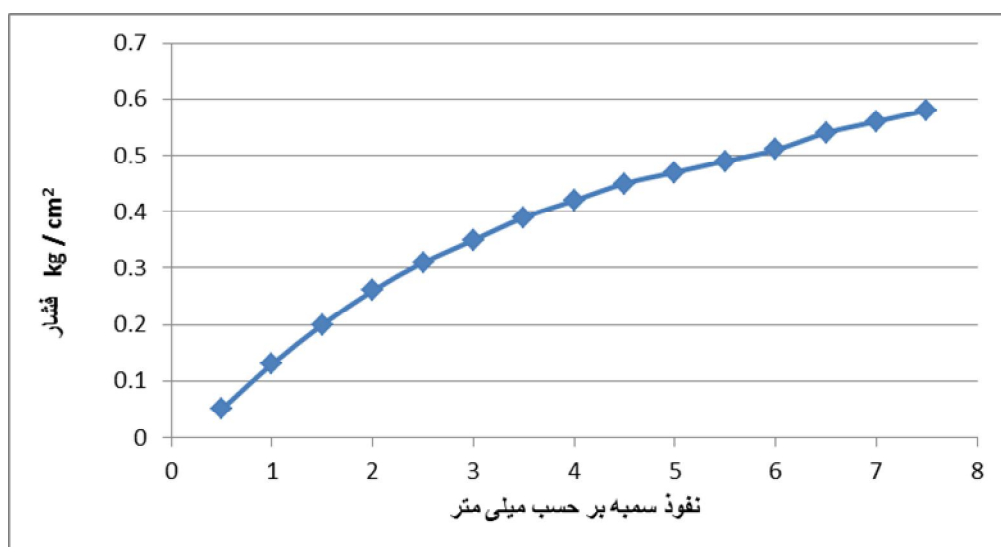
$$\text{CBR} = P_{5 \text{ mm}} / 105 * 100 = 0.19$$

حال به ازای نشست های مختلف می توان مقدار نفوذ سمبه را بدست آورد :

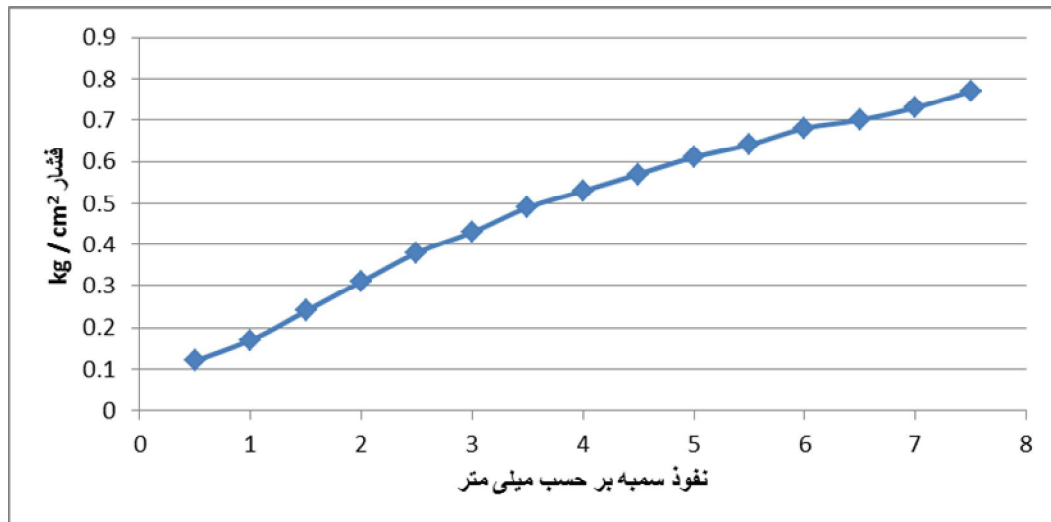
برای تراکم با ۱۰ ضربه :



برای تراکم با ۳۰ ضربه :



برای تراکم با ۶۵ ضربه :



تفسیر نتایج :

هر چه به عدد ۱ نزدیکتر باشد بهتر است و این خاک از عملکرد بهتری برخوردار خواهد بود . CBR عدد

همچنین با توجه به نمودارهای رسم شده می توان گفت که با افزایش فشار , نفوذ تقریباً به صورت خطی افزایش می یابد .

خطاهای موجود در آزمایش :

(۱) عدم دقت در کوبیدن مناسب خاک درون قالب

(۲) عدم دقت به هنگام قرائت گیج ها

۳) عدم دقت در تمیز کردن قالب قبل از آزمایش

۴) وجود خطا به هنگام اندازه گیری ابعاد قالب و وزن کردن خاک

۹) آزمایش دانه بندی (طرح اختلاط آسفالت)

هدف آزمایش :

پیدا کردن طرح اختلاط مناسب که در ناحیه مطلوب قرار بگیرد.

وسایل آزمایش :

۱- الک

۲- ترازو

۳- مصالح درشت دانه ، ریز دانه و فیلر

شرح آزمایش :

هر یک از مصالح را از الک های مربوطه عبور داده و درصد مانده روی الک ها را محاسبه می کنیم و طرح اختلاط را از روی یکی از روش های زیر طرح می کنیم.

الک	۳/۴"	۱/۲"	No 4	No 8	No 50	No 200
خاک						
B شن بادامی	۱۰۰	۷۷.۵	۰	۰	۰	۰
N شن نخودی	۱۰۰	۹۹.۴۵	۲.۵۱	۱.۵۳	۱.۳۲	۱.۰۵
M ماسه متوسط	۱۰۰	۱۰۰	۵۴.۱۴	۱۲.۴۲	۱.۲۲	۰.۶۲
F فیلر	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۲	۵۳
حد مطلوب	۱۰۰	۱۰۰-۹۰	۴۴-۷۴	۲۸-۵۸	۵-۲۱	۲-۱۰
میانگین	۱۰۰	۹۵	۵۴	۴۳	۱۳	۶

روش اول :

درصد مصالح خاک مورد نظر بالای الک/درصد مطلوب بالای آن = درصد وزنی خاک مورد نظر مربوط به الک
الک

$$B = 22\% \quad 0.22 = 77.5 - 95/100 = \text{درصد وزنی از شن بادامی مربوط به الک } 1/2"$$

$$M = 90\% \quad 0.9 = 41/45.86 = \text{درصد وزنی از ماسه متوسط مربوط به الک شماره ۴}$$

$$M = 38\% \quad 0.38 = 41.72 / 16 = \text{درصد وزنی از ماسه متوسط مربوط به الک شماره ۸ و ۴}$$

$$M = 26.7\% \quad 0.267 = 11.2 / 30 = \text{درصد وزنی از ماسه متوسط مربوط به الک ۸ و ۵۰}$$

$$M = 11\% \quad 0.11 = 53 / 6 = \text{درصد فیلر مربوط به الک ۲۰۰}$$

روش دوم :

از شن نخودی استفاده نمی کنیم :

$$1/2": 100M + 100 F + 77.5 B = 95 * 100$$

$$NO 200 : 0.62M + 53 F = 6 * 100$$

$$M + F + B = 100$$

$$M = 67\%$$

$$F = 10\%$$

$$B = 23\%$$

پیدا کردن درصد الک ها :

$$3/4 \text{ " : } (0.67 * 100) + (0.1 * 100) + (0.23 * 100) = 100 \%$$

$$1/2 \text{ " : } (0.67 * 100) + (0.1 * 100) + (0.23 * 77.5) = 94.8 \%$$

$$No4 : (0.67 * 54.14) + (0.1 * 100) + 0 = 49.27 \%$$

$$\text{No8} : (0.67 * 12.42) + (0.1 * 100) + 0 = 18.32 \%$$

$$\text{No50} : (0.67 * 1.22) + (0.1 * 92) + 0 = 10.1 \%$$

$$\text{No200} : (0.67 * 0.62) + (0.1 * 53) + 0 = 5.71 \%$$

طبق نمودار های زیر دانه بندی بدست آمده در محدوده قرار نمی گیرد , ولی به دلیل کمبود مصالح از خطا صرف نظر می کنیم.

۱۰- آزمایش تعیین وزن مخصوص دانه ها

هدف آزمایش:

فضای خالی دانه ها از جهت ساخت بهینه ترین طرح اختلاط اسفالت دارای اهمیت می باشد.

از جمله کاربردهای وزن مخصوص واحد را میتوان به صورت زیر خلاصه کرد:

الف) تعیین نسبت های اجزای طرح اختلاط

ب) تبدیل کمیت جرم به حجم و برعکس

ج) تعیین مقایسه ای نمونه از حیث فضای خالی بین سنگدانه ها

وسایل آزمایش :

۱- مصالح سنگی

۲- پیکنومتر

۳- آب

۴- ترازو

۵- دستمال

شرح آزمایش :

این آزمایش وزن مخصوص و جذب آب برای مصالح درشت دانه و مصالح ریز دانه به صورت جدا انجام می شود.

برای دانه های رد شده از الک شماره ۴ :

آزمایش در ظرفی بنام پیکنومتر بر اساس قانون ارشمیدس انجام می گیرد.

پیکنومتر را تا خط نشان پر از آب کرده و درب آن را می بندیم سپس آن را وزن می نماییم.

پیکنومتر را تخلیه کرده و حدود ۲۰۰ گرم خاک داخل آن ریخته و به آرامی آب تا خط نشانه آن اضافه می نماییم.

سپس درب پیکنومتر را گذاشته و مجموعه را وزن می کنیم.

بعد از این کار سطح دانه ها را خشک کرده وزن می کنیم در داخل اون گذاشته بعد از ۲۴ ساعت برداشته وزن می کنیم.

روابط:

$$\text{وزن مخصوص ظاهری} = \frac{E}{E-D}$$

$$\text{وزن مخصوص واقعی} = \frac{E}{A-D}$$

$$\text{درصد جذب آب} = \frac{A-E}{E}$$

که در آن :

A : وزن مصالح اولیه

B : وزن مصالح اشباع + وزن اب + وزن پیکنومتر

C : وزن پیکنومتر پر از اب

E : وزن مصالح خشک

D : وزن مصالح اشباع شده در اب

نتایج و محاسبات :

وزن پیکنومتر خالی 539.6 gr

وزن پیکنومتر پر از اب 1301.3 gr

وزن پیکنومتر با اب و ماسه 1421.4 gr

وزن خشک 192.04 gr

$$\text{وزن مخصوص ظاهری} = \frac{192.04}{192.04 - 120.1} = 2.66$$

$$\text{وزن مخصوص واقعی} = \frac{192.04}{200-120.1} = 2.4$$

$$\text{درصد جذب آب} = \frac{200-192.04}{192.04} = 4.14\%$$

برای دانه های درشت تر از نمره ۴ :

مقدار ۱۰۰۰ گرم مصالح درشت دانه اشباع شده را که وزن اولیه آن اندازه گیری شده است دانه ها را داخل تور سیمی ریخته و داخل آب نیز وزن می نماییم. سپس توسط دسنمال سطح آن را خشک می کنیم و آن را وزن کرده در داخل اون گذاشته پس از ۲۴ ساعت برداشته وزن می کنیم.

وزن مخصوص را از رابطه های زیر محاسبه می شود

نتایج و محاسبات :

وزن مطوب : 1000 gr

وزن داخل آب : $y = 571.3 \text{ gr}$

وزن خشک (SSD) : $x = 970.4 \text{ gr}$

وزن خشک در کوره : $w = 951.38 \text{ gr}$

$$\text{وزن مخصوص طبیعی} = \frac{951.38}{970.4-571.3} = 2.38$$

$$\text{وزن مخصوص اشباع} = \frac{970.4}{970.4-571.3} = 2.430$$

$$\text{وزن مخصوص ظاهری} = \frac{951.38}{951.38-571.3} = 2.5$$

$$\text{درصد جذب آب} = \frac{970.4-951.38}{951.38} = 1.99\%$$

(۱۱) آزمایش استقامت مارشال و آزمایش تعیین وزن مخصوص واقعی و تاب فشاری آسفالت و آزمایش تعیین

وزن مخصوص ماکزیموم آسفالت

مقدمه

روش های مختلفی برای طرح آسفالت وجود دارد که یکی از این روش ها، روش مارشال می باشد. در هر طرح آسفالت باید معیارهایی تعیین و مشخص گردد که بر اساس آنها آسفالت ساخته می شود. این معیارها عبارتند از:

(۱) وزن مخصوص واقعی آسفالت متراکم شده

(۲) درصد حجمی فضای خالی آسفالت متراکم شده

(۳) مقاومت فشاری آسفالت متراکم شده

(۴) تغییر شکل نسبی آسفالت متراکم شده

(۵) درصد حجمی فضای خالی مصالح سنگی در آسفالت متراکم شده

برای تعیین معیارهای فوق لازم است بر روی نمونه های ساخته شده به روش مارشال، آزمایش هایی صورت پذیرد. در این آزمایش ما قصد داریم وزن مخصوص واقعی آسفالت، مقاومت فشاری و تغییر شکل نسبی نمونه ها را تعیین نماییم.

در طرح آسفالت به روش مارشال وزن مخصوص واقعی آسفالت مورد استفاده قرار می گیرد که طبق تعریف عبارت است از نسبت وزن آسفالت مورد آزمایش در هوا به حجم واقعی آن. منظور از حجم واقعی آسفالت نیز حجم نمونه به همان صورتی که ملاحظه می شود که شامل فضاهای خالی قابل نفوذ و غیر قابل نفوذ است، می باشد.

وزن مخصوص واقعی آسفالت با توجه به شکل و حالت ظاهری آن به سه روش زیر تعیین می شود:

✓ روش اندود نمودن با موم یا پارافین

✓ روش معمولی

✓ روش محاسبه ای

مشروح آزمایش تعیین وزن مخصوص واقعی آسفالت در استانداردهای زیر آمده است:

ASTM Methods: D 1188

AASHTO Methods: T 166

توجه داشته باشید که استانداردهای ذکر شده برای روش تعیین وزن مخصوص واقعی به روش اندود

نمودن با پارافین می باشد و روش معمولی گرچه در آزمایشگاه ها بسیار متداول است، ولی هنوز به صورت

استاندارد در نیامده است.



مقاومت فشاری یا تاب فشاری مارشال عبارت است از حداکثر باری که نمونه تحت آزمایش مارشال

بدون اینکه شکستگی در آن ایجاد شود، تحمل می نماید. این مقاومت به تنهایی معیار پایداری محسوب نمی

شود بلکه باید جهت تعیین این معیار، دو پارامتر مقاومت فشاری مارشال و روانی با هم بررسی شوند. تغییر شکل نسبی آسفالت یا همان روانی به میزان وارفنگی یا به عبارت دیگر تغییر شکل آسفالت تحت بار وارده اطلاق می شود. هر چه تغییر شکل نسبی بیشتر باشد، میزان وارفنگی آسفالت تحت تاثیر بار بیشتر خواهد بود. تعریف دیگری که می توان از روانی ارائه داد عبارت است از میزان فشردگی نمونه قبل از شکستن که در جهت عمود بر آن می باشد.

هدف آزمایش

هدف از این آزمایش، تعیین وزن مخصوص واقعی آسفالت، مقاومت فشاری مارشال، تغییر شکل نسبی

آسفالت و نیز رسم نمودارهای این سه پارامتر نسبت به درصد قیر و در نهایت تعیین درصد قیر بهینه برای طرح مخلوط آسفالت می باشد.

وسایل آزمایش

- جک هیدرولیکی
- دماسنج
- حمام آب گرم
- دستگاه مارشال
- ترازوی دقیق



روش انجام آزمایش

تعیین وزن مخصوص واقعی آسفالت:

بعد از گذشت تقریباً دو ساعت، نمونه ها را به کمک جک هیدرولیکی از قالب ها خارج می نماییم.
سپس تک تک نمونه ها را در هوا مورد توزین قرار می دهیم و مقادیر بدست آمده را یادداشت می نماییم (W_a).
یادآوری می نماییم که روش کار ما برای تعیین وزن مخصوص واقعی آسفالت، روش معمولی می باشد. سپس
وزن همه نمونه ها را در آب بدست می آوریم (W_w). مطابق فرمول زیر وزن مخصوص واقعی نمونه ها (G_{mb})
بدست خواهد آمد.

وزن مخصوص موم: 0.96

$$G_{mb} = \frac{W_a}{W_a - W_w} = \frac{\text{وزن اولیه آسفالت بدون موم گیری}}{\text{وزن نمونه بدون موم گیری شده} - \text{وزن نمونه گیری شده در آب} - \text{وزن آسفالت موم گیری شده}} \times 0.9$$

$$\text{for } 5\% : \quad G_{mb} = 2.05 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{for } 6\% : \quad G_{mb} = 2.15 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{for } 7\% : \quad G_{mb} = 2.4 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{for } 8\% : \quad G_{mb} = 2.32 \text{ gr/cm}^3$$



تعیین وزن مخصوص Max آسفالت:

وزن مخصوص بیشینه آسفالت عبارتست از وزن مخصوص آسفالت در شرایطی که تخلخل آن صفر باشد که این مقدار برای هر درصد قیر به دو روش بدست می آید :

۱- روش رایس

۲- روش تئوری

$$Y_{max} = \frac{\text{وزن نمونه معین آسفالت}}{(\text{وزن پیگنومتر پر از آب تا خط نشانه} - \text{وزن نمونه} + \text{پیگنومتر} + \text{آب تا خط نشانه}) - \text{وزن نمونه معین آسفالت}}$$

$$Y_{\max 5\%} = \frac{100.2}{100.2 - (789.3 - 738.7)} = 2.02$$

$$Y_{\max 6\%} = \frac{100}{100 - (772.3 - 704.8)} = 3.011$$

$$Y_{\max 7\%} = \frac{100.2}{100.2 - (751 - 704.8)} = 1.86$$

$$Y_{\max 8\%} = \frac{100}{100 - (792 - 735.8)} = 2.283$$

تعیین مقاومت فشاری و روانی:

نمونه ها را پس از خارج کردن از قالب و انجام آزمایش تعیین وزن مخصوص واقعی، به مدت ۳۰ الی ۴۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای 60 ± 1 قرار می دهیم. در طول این مدت لازم است با دماسنج پیوسته دمای حمام آب را کنترل نماییم تا در محدوده مورد نظر باشد. علت انتخاب این شرایط برای نمونه ها آن است که بتوان حتی الامکان بدترین شرایطی را که ممکن است در عمل آسفالت ایجاد شود، را فراهم نمود.



قبل از آنکه نمونه را در بین دو فک دستگاه قرار دهیم، لازم است فک ها را مانند نمونه ها گرم نماییم و سپس روغن کاری کنیم. سپس نمونه را در داخل فک ها قرار می دهیم و گیج ها را صفر می نماییم. حال می توان دستگاه را روشن کرده و بارگذاری را شروع نماییم. چون دستگاه خودکار است، زمانی که نمونه دچار شکستگی شد، می توان به راحتی از روی مانیتور مقادیر مقاومت و وارفتگی را قرائت نمود. هنگامی نمونه دچار شکست می شود، درجه بارگذاری افزایش مقاومتی را نشان نمی دهد و ثابت می ماند؛ دقیقا در همین لحظه است که باید مقدار وارفتگی قرائت شود. در این مرحله باربرداری نموده و نمونه را از بین فک ها خارج می نماییم و مطابق فرمول زیر مقاومت مارشال را بدست می آوریم.

ضریب تصحیح × قرائت درجه گیج مقاومت = نیروی مقاومت آسفالت

علت اعمال ضریب تصحیح آن است که نمونه ها برای آنکه قابل مقایسه با یکدیگر باشند لازم است از شرایط یکسانی برخوردار باشند اما از آنجا که حجم نمونه ها یکسان نمی باشد و غالبا ضخامت نمونه ها نیز از ۴ اینچ کمتر می باشد، بنابراین تصحیح نمونه ها بر حسب ضخامت و حجم ضرورت می یابد.

4.5 = ضریب تصحیح

For 5% : 500 kgf

For 6% : 650 kgf

For 7% : 394 kgf

For 8% : 325 kgf



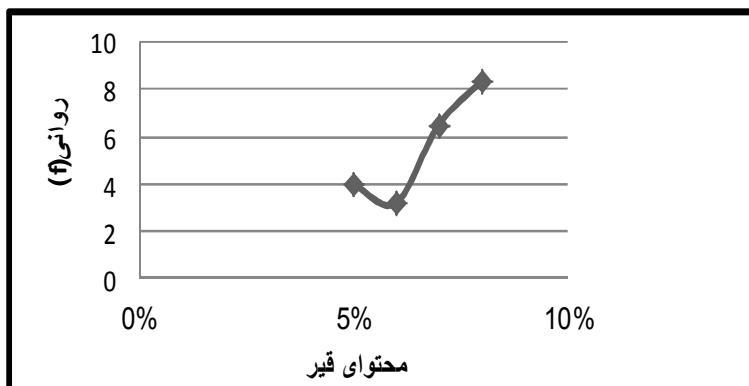
میزان وارفتگی یا روانی نیز مستقیماً از گنج روانی بر حسب یک دهم میلیمتر بدست می آید.

For 5% : 4 mm

For 6% : 3.2 mm

For 7% : 6.5 mm

For 8% : 8.35 mm



درصد فضای خالی آسفالت (Void Ratio)

فضای خالی در یک نمونه متراکم شده آسفالت به حبابهای کوچکی گفته می شود که در خلل و فرج نمونه وجود دارد فضای خالی به صورت درصد حجمی نسبت به حجم نمونه کوبیده شده بیان می شود و داشتن میزان این پارامتر در آسفالت پخش شده در سطح راه اهمیت حیاتی دارد. چنانچه فضای خالی آسفالتی خیلی کم باشد (حدود ۱٪) احتمال دارد که قیر از سطح راه بیرون بزند و نیز عوارض دیگری در قشر آسفالت پدیدار گردد.

در تابستان به دلیل گرمای هوا قیر موجود در اطراف مصالح کمی ازدیاد حجم پیدا کرده و در صورتیکه فضای خالی کم باشد قیر از سطح راه بیرون می زند. از طرف دیگر درصد حجمی فضای خالی آسفالت چنانچه از حد مجاز بیشتر باشد. معایب بسیاری در قشر آسفالت ایجاد می کند و که خصوصاً ورود آب و هوا در اینگونه آسفالت ها است.

مهمترین عواملی که در میزان فضای خالی آسفالت موثرند عبارتند از :

الف) دانه بندی مصالح سنگی آسفالت

ب) درصد قیر آسفالت

ج) کوبیدگی قشر آسفالت

در مورد عامل (الف) بایستی متذکر شد که برای آسفالت سرد حدود مجاز دانه بندی تعیین شده است که طرح بایستی با آن متناسب باشد . در رابطه با بند (ب) نیز به کمک طرح مارشال که این بحث قسمتی از آن می باشد بهترین درصد قیر با رعایت میزان فضای خالی آسفالت تعیین می گردد .

اما در رابطه با بند (ج) که اثر قطعی در میزان فضای خالی آسفالت دارد بایستی برای تعیین فضای خالی آسفالت از رابطه زیر استفاده می کنیم .

$$(V.M.A) = 100 - (G_{mb} * P_s) / G_{sb}$$

For 5% : V.M.A= 18%

For 6% : V.M.A = 14%

For 7% : V.M.A = 4%

For 8% : V.M.A = 7.2%



درصد فضای خالی مخلوط اسفالتی متراکم شده (V_a):

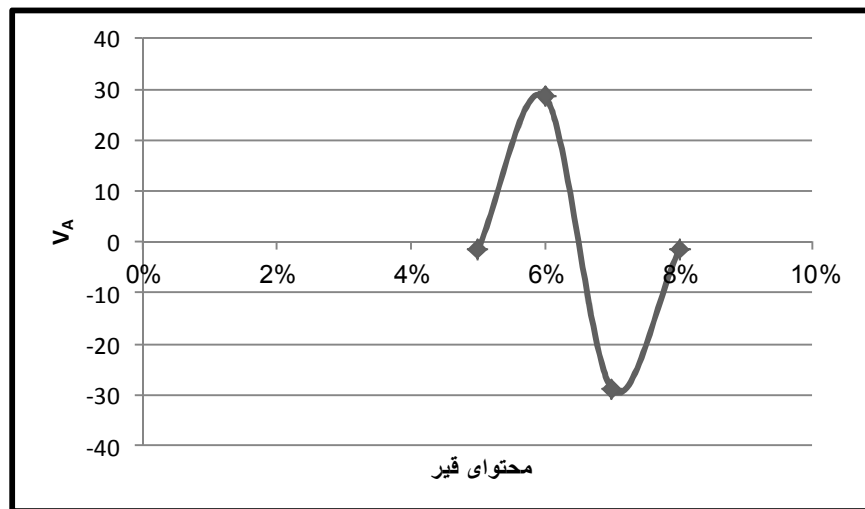
$$v_a = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

For 5% : $v_a = -1.5\%$

For 6% : $v_a = 28.5\%$

For 7% : $v_a = -29\%$

For 8% : $v_a = -1.6\%$



به دلیل خطاهای آزمایش نتایج به دست آمده برای درصد فضای خالی آسفالت منفی و بسیار بزرگ بدست آمده است و نتایج نمودار قابل استنباط نمی باشد و در نتیجه نمی توان مقادیر مربوط به V_a را برای بدست آوردن درصد فضای خالی پر شده با قیر (V.F.A) مورد استفاده قرار داد.

$$V.F.A = \frac{100(V.M.A - V_a)}{V.M.A}$$

تعیین درصد قیر بهینه

منظور از تعیین درصد قیر بهینه بدست آوردن بهترین درصد قیری است که آسفالت تهیه شده بر مبنای آن دارای بهترین مشخصات باشد. یعنی وزن مخصوص و مقاومت مارشال آن به مقدار بیشینه و درصد حجمی فضای خالی آسفالت نیز در حدود دلخواه باشد.

نتایج بدست آمده از نمودارها :

نمودار وزن مخصوص – محتوای قیر: 7%

نمودار مقاومت فشاری – محتوای قیر : 6%

نمودار روانی – محتوای قیر : 6%

نمودار V.M.A – محتوای قیر : 7%