



بسمه الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی عمران

آزمایشگاه روسازی

عنوان آزمایش:

آزمایش مارشال

The Marshall Method (ASTM:D1559)

استاد: دکتر اکبری آقبلاغ

تهیه کننده: هانیه مهران پور

هدف

هدف از این آزمایش پیدا کردن رابطه بین تراکم و درصد قیر ، به دست آوردن رابطه بین وزن مخصوص و درصد قیر و همچنین رابطه بین درصد قیر و فضای خالی ، مقاومت فشاری و رسم منحنی های مربوطه.

وسایل به کار برده شده

- چکش مارشال
- قالب های مارشال (مولد)
- مخلوط کن
- قیر مذاب
- دماسنج
- ترازو و وزنه های مختلف
- ۲ عدد کاردک
- روغن
- دستکش نسوز

شرح دستگاه

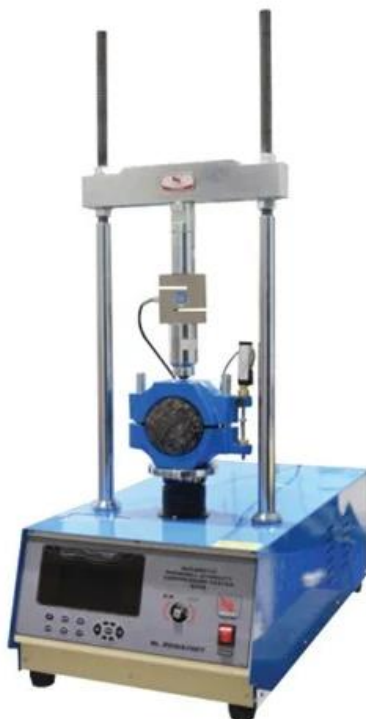
این آزمایش توسط دستگاهی

___ به نام چکش مارشال انجام می شود.

چکش تراکم مارشال جهت متراکم سازی نمونه های مارشال ایجاد شده که به دو نوع دستی و برقی تقسیم میشوند. در نمونه ی برقی چکش دستگاه توسط نیروی دینام به صورت اتوماتیک به نمونه ی آسفالت ضربه وارد میکند اما در نمونه ی دستی این عمل توسط متصدی آزمایشگاه صورت میگیرد.



— دستگاه مارشال نمونه ۴ اینچ (جک+فک مارشال+فلومتر+پایه فلومتر)



— مخلوط کن آزمایش



مراحل آزمایش

تعریف کمیت های آزمایش مارشال

- چگالی واقعی مصالح سنگی (G_{sb})

وزن حجم معینی از مصالح سنگی (شامل حجم بخش جامد و حجم حفرات) به وزن آب مقطر هم حجم آن، در همان درجه حرارت، چگالی حقیقی مصالح سنگی نامیده می شود.

- چگالی ظاهری مصالح سنگی (G_{sa})

وزن حجم معینی از مصالح سنگی (شامل فقط حجم قسمت جامد) به وزن آب مقطر هم حجم آن، در همان درجه حرارت، چگالی ظاهری مصالح نام دارد.

- چگالی موثر مصالح سنگی (G_{se})

وزن حجم معینی از مصالح سنگی (شامل حجم بخش جامد و حجم حفراتی که با قیر پر نمیشود) به وزن آب مقطر هم حجم آن در همان درجه حرارت را چگالی موثر مصالح سنگی می گویند.

- چگالی مخلوط مصالح سنگی

مخلوط مصالح سنگی از اختلاط چند نوع مصالح سنگی با چگالی های مختلف به دست می آید. چگالی حقیقی مخلوط مصالح سنگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$G_{sb} = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{\frac{p_1}{G_{sb1}} + \frac{p_2}{G_{sb2}} + \dots + \frac{p_n}{G_{sbn}}}$$

که در این رابطه:

Gsb: چگالی حقیقی مخلوط مصالح سنگی

p1,p2,...,Pn: درصد های وزنی هر یک از مصالح سنگی در مخلوط مصالح سنگی

Gsb1,Gsb2....,Gsbn: چگالی حقیقی هر یک از مصالح سنگی

- چگالی حقیقی مخلوط آسفالتی کوبیده شده (Gmb)

وزن حجم معینی از مخلوط آسفالتی کوبیده شده (شامل حجم قسمت جامد و حجم فضای خالی) به وزن آب مقطر هم حجم آن در همان درجه حرارت، چگالی حقیقی مخلوط آسفالتی متراکم شده نامیده میشود.

- چگالی حداکثر مخلوط آسفالت (Gmm)

چگالی مخلوط آسفالتی در حالتی که فضای خالی آن صفر باشد را چگالی حداکثر یا چگالی نظری مخلوط آسفالتی می گویند.

- درصد قیر موثر مخلوط آسفالتی (Pbe)

مقدار کل قیر مخلوط آسفالتی منهای مقدار قیر جذب شده توسط مصالح سنگی نسبت به کل مخلوط را درصد قیر موثر مخلوط آسفالتی می گویند. به عبارت دیگر درصد قیر موثر در مخلوط آسفالتی مقدار قیری است که فقط صرف پوشش و اندود مصالح سنگی می شود.

- درصد قیر جذب شده (Pba)

مقدار قیری که جذب قسمتی از خلل و فرج مصالح سنگی می گردد را قیر جذب شده می گویند.

- استحکام مارشال

نیروی لازم (بر حسب کیلو گرم یا کیلو نیوتون) جهت گسیخته شدن نمونه های متراکم شده مخلوط آسفالتی با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد در جهت جانبی، با دستگاه مارشال را، استحکام نمونه مارشال می گویند. به عبارت دیگر حداکثر نیروی که نمونه مخلوط آسفالتی متراکم شده مورد آزمایش می تواند قبل از گسیختگی تحمل کند، استقامت یا استحکام مارشال نامیده می شود.

- روانی (f)

مقدار تغییر شکل قطری نمونه آسفالتی متراکم شده در هنگام گسیختگی بر حسب ۰,۲۵ میلیمتر را روانی مخلوط آسفالتی می گویند. این مقدار معمولاً در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری می شود.

- درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی متراکم شده (Va)

فضای خالی موجود بین مصالح سنگی پوشیده شده با قیر مخلوط آسفالتی متراکم را بر حسب درصد حجمی نسبت به حجم کل مخلوط آسفالتی، درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی متراکم شده می گویند.

- درصد فضای خالی مخلوط مصالح سنگی (VMA)

فضای خالی بین ذرات مصالح سنگی در مخلوط آسفالتی متراکم شده (شامل فضای خالی مخلوط آسفالتی و فضای اشغال شده توسط قیر موثر) بر حسب درصد حجمی نسبت به حجم کل مخلوط آسفالتی، درصد فضای خالی مخلوط مصالح سنگی می باشد.

- درصد فضای خالی مصالح سنگی پر شده با قیر (VFA)

قسمتی از فضای خالی بین مصالح سنگی است که با قیر پر می شود (این کمیت شامل قیر جذب شده توسط مصالح سنگی نمی باشد) و بر حسب درصد حجمی نسبت به حجم خالی فضای خالی مصالح سنگی بیان می گردد. روش ساخت و تهیه نمونه های مخلوط آسفالتی جهت طرح اختلاط آسفالت بر اساس روش استاندارد (ASTM-D1559) انجام می گردد. در این روش، نمونه های مخلوط آسفالتی متراکم شده استوانه ای با ارتفاع حدود ۶۳,۵ و قطر ۱۰۱,۶ میلی متر تهیه می گردد.

برای تهیه نمونه های مخلوط آسفالتی، نمونه های قیر و مصالح سنگی از قبل به گونه ای گرم می شوند که در حین اختلاط، دمای آنها برابر دمایی باشد که در آن دما، کندروانی سینماتیکی قیر معادل ۲۸۰ سانتی استوکس گردد. عمل تراکم با چکش فلزی که دارای سطح مقطعی به شکل دایره (به قطر ۴/۹۸ میلیمتر) و به وزن ۴,۵ کیلوگرم که از ارتفاع مشخص ۴۵ سانتی متری به طور آزاد سقوط می کند، انجام می شود. تعداد ضربات تراکم با توجه به نوع پروژه (میزان این ترافیک عبوری طرح) به تعداد ۳۵، ۵۰، ۷۵ ضربه برای هر طرف نمونه انتخاب می شود.

ضمن اینکه قبل از اختلاط لازم است تا قیر تادمای ۱۲۱ تا ۱۳۸ درجه سانتیگراد و مصالح سنگی تا دمای ۱۷۷ تا ۱۹۱ درجه سانتیگراد حرارت داده شوند و توجه شود تا دمای مخلوط حاصل همواره از ۱۰۷ درجه سانتیگراد کمتر نباشد. همچنین نمونه در هنگام اختلاط و گرم شدن باید دائماً به طور یکنواخت هم زده شود. معیارهای بررسی مارشال، شامل وزن مخصوص واقعی آسفالت، روانی آسفالت، استقامت مارشال، درصد حجمی فضای خالی آسفالت متراکم شده و درصد حجمی فضای خالی مصالح سنگی در آسفالت متراکم شده می باشند.

در آزمایش مارشال به منظور یافتن طرح آسفالت، معمولاً در صد قیر بهینه تعیین می گردد. مقدار آن معمولاً به گونه ای انتخاب می شود که معیارهای مارشال بر اساس آیین نامه سازمان برنامه و یا نظایر آن در محدوده قابل قبول قرار گیرد.

به منظور انجام آزمایش مارشال بر روی نمونه ها، ابتدا نمونه ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد در داخل حمام آب گرم قرار داده می شود و پس از طی این مدت نمونه ها از داخل حمام خارج شده و سطح خارجی آن ها خشک می شود. فک های دستگاه مارشال روغن کاری شده و پس از آن نمونه در دستگاه مارشال قرار می گیرد. با روشن کردن دستگاه بارگذاری بر روی نمونه ها انجام می گردد.

حداکثر نیروی لازم جهت گسیخته شدن نمونه و تغییر شکل قطری مربوطه، اندازه گیری می شود. حداکثر نیروی لازم جهت گسیخته شدن نمونه آسفالتی بر حسب کیلو نیوتن اندازه گیری شده و طبق تعریف استقامت مارشال نامیده می شود. مقدار تغییر شکل قطری نمونه در موقع شکست نمونه بر حسب میلی متر اندازه گیری می شود که به روانی بتن آسفالتی موسوم است. هر نمونه استاندارد بتن آسفالتی مارشال می بایست وزنی در حدود ۱,۲ کیلوگرم و قطر ۱۰ و ارتفاع ۶,۲۵ سانتی متر داشته باشد.

در طرح اختلاط مخلوط های آسفالتی به روش مارشال، مقادیر وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی و مخلوط مصالح سنگی، وزن مخصوص قیر، حداکثر وزن مخصوص مخلوط آسفالتی، استحکام مارشال و روانی مخلوط آسفالتی متراکم شده از طریق آزمایش تعیین می شود. سایر کمیت های مورد نظر مانند درصد جذب قیر مصالح سنگی، درصد قیر موثر، درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی، درصد فضای خالی مصالح سنگی، درصد فضای خالی

جدول (۴-۶) روابط مورد استفاده در تعیین کمیت‌های محاسباتی روش مارشال

وزن مخصوص ماسه مصالح سنگی	$G_{se} = \frac{100 - p_b}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{p_b}{G_b}}$
درصد جذب قیر مصالح سنگی	$p_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \times G_b$
درصد قیر ماسه مخلوط آسفالتی	$p_{be} = p_b - \frac{p_{ba}}{100} p_s$
درصد فضای خالی مصالح سنگی	$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times p_s}{G_{sb}}$
درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی متراکم شده	$Va = 100 \times \frac{(G_{mm} - G_{mb})}{G_{mm}}$
درصد فضای خالی مصالح سنگی پر شده با قیر	$VFA = \frac{100(VMA - Va)}{VMA}$

مصالح سنگی پر شده با قیر و وزن مخصوص مصالح سنگی به کمک روابط موجود از طریق محاسبه به دست می‌آید.

در جدول (۴-۶) روابط محاسباتی تعیین این پارامترها درج شده است.

که در روابط فوق:

Pb: درصد قیر مخلوط آسفالتی نسبت به درصد وزنی کل مخلوط آسفالتی

Gb: وزن مخصوص قیر

Ps: درصد مصالح سنگی نسبت به وزن کل مخلوط آسفالتی

Gsb: وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی

Pba: درصد جذب قیر مصالح سنگی نسبت به وزن مصالح سنگی است.

در طرح اختلاط مخلوط های آسفالتی به روش مارشال در نهایت شش کمیت زیر تعیین می شود:

- وزن واحد حجم مخلوط آسفالتی متراکم شده (Gmb)

- استحکام مارشال مخلوط آسفالتی متراکم شده (S)

- روانی مخلوط آسفالتی متراکم شده (f)

- درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی متراکم شده (Va)

- درصد فضای خالی مصالح سنگی در مخلوط آسفالتی متراکم شده (VMA)

- درصد فضای خالی مصالح سنگی پر شده با قیر در مخلوط آسفالتی متراکم شده (VFA)

بر اساس نتایج حاصل از معیارهای فوق، مناسب ترین درصد قیر آسفالت محاسبه میگردد. محاسبه هر یک از این موارد به شرح زیر می باشد.

۱. تعیین وزن مخصوص واقعی آسفالت

نمونه ها پس از سرد شدن تدریجی (بعد از ۲ ساعت) به کمک جک هیدرولیکی از قالب مارشال و خارج می شوند. هر یک از نمونه ها را در هوا وزن نموده. وزن آنها یادداشت می گردد. سپس نمونه ها در آب وزن می شوند و مطابق رابطه زیر، وزن مخصوص نمونه ها محاسبه می شوند.

$$G_{so} = \frac{W_s}{W_s - W_v}$$

۲. تعیین استحکام و روانی نمونه

نمونه ها به مدت ۳۰ الی ۴۰ دقیقه در حمام آب گرم مجهز به ترموستات با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد قرار داده می شوند. لازم به ذکر است که ترتیب قرار دادن نمونه ها در آب باید به گونه ای باشد که بتوان همگی آنها را در مدت زمان بین ۳۰ تا ۴۰ دقیقه خارج کرد بر روی آن آزمایش انجام داد. فک های بالا و پایین دستگاه روغن کاری

می شوند و با قرار دادن نمونه بین این دو فک و با استفاده از گیج های روی دستگاه، استحکام و روانی مارشال قرائت می شود.

منحنی تغییرات این کمیت ها به طور جداگانه در درصدهای مختلف قیر ترسیم می شود. از نتایج و تحلیل این منحنی ها درصد قیر بهینه برای مخلوط آسفالتی را بدست می آید. تغییرات کمیت های حاصل از آزمایش مارشال بر حسب درصد قیر از روند مشخصی تبعیت می کند. این روند به صورت زیر است:

- مقدار استحکام مارشال با افزایش درصد قیر ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد.

- مقدار وزن واحد حجم مخلوط آسفالتی با افزایش درصد قیر ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد.

- مقدار روانی مخلوط آسفالتی همواره با افزایش درصد قیر افزایش می یابد.

- درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی با افزایش درصد قیر به طور پیوسته کاهش می یابد.

- درصد فضای خالی مصالح سنگی با افزایش درصد قیر معمولاً تا یک میزان کاهش و سپس افزایش می یابد.

- درصد فضای خالی مصالح سنگی پر شده با قیر با افزایش درصد قیر به طور پیوسته و یکنواخت افزایش می یابد.

مقدار قیر بهینه، میانگین مقادیری است که بیشترین استقامت، بیشترین وزن مخصوص و مناسب ترین فضای خالی را داشته باشند و نیز مقدار روانی و فضای خالی مصالح سنگی آن در حدود مجاز آیین نامه باشد.