



چهارمین همایش بین المللی مهندسی ژئوتکنیک و مکانیک خاک ایران

۱۱ تا ۱۲ آبان ۱۳۸۹، تهران، ایران

شماره و کد مقاله: ۲۱۶ (BTEESF)

بررسی طرح اختلاط مصالح بتن آسفالتی برای کاربرد در سدهای خاکی – سنگریزه ای با هسته بتن آسفالتی

علیرضا ابراهیمی ۱، علی خدایی اصفهانی ۲، علی اخترپور ۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

Alirezaabrahimi61@yahoo.com - ۰۹۱۵۳۱۰۸۸۲۳

۲- استادیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی امیر کبیر akhodaii@hotmail.com - ۰۹۱۲۱۲۱۴۹۸۹

۳- دانشجوی دکتری ژئوتکنیک دانشگاه صنعتی امیر کبیر و کارشناس بخش سده سازی شرکت مهندسین مشاور مهار آب

a_akhtarpur@yahoo.com - ۰۹۱۵۳۱۴۳۹۷۸

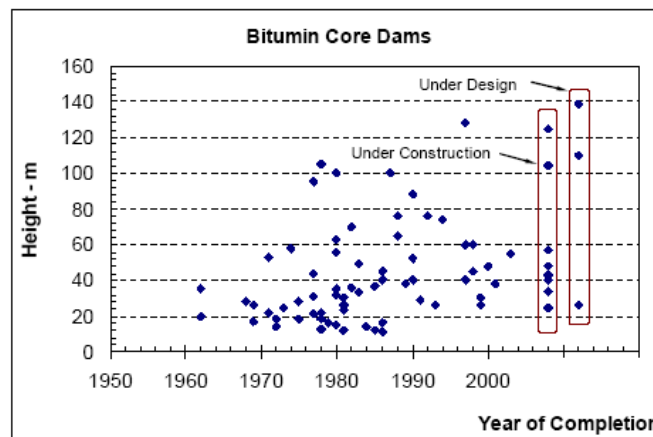
چکیده

احداث سدهای خاکی با هسته آسفالتی به سبب ویژگی های خاص خود از جمله خواص الاستوپلاستیک مصالح آسفالتی و نیز قابلیت اجرای آن در شرایط مختلف آب و هوایی (بارندگی و سرمای شدید) از سال ۱۹۷۰ به بعد توسعه فراوانی یافته است. از طرفی اثر زلزله بر هسته باریک آسفالتی و امکان احداث این نوع سدها در مناطق با لرزه خیزی بالا از موارد مبهم در جامعه مهندسی سده سازی کشور است. بررسی ایمنی و پایداری لرزه ای آنها در این شرایط تحقیقات وسیع و گسترده ای را می طلبد.

در مقاله جاری، با استناد به روش مارشال و ساخت نمونه های بتن آسفالتی به ارتفاع ۵ سانتیمتر و قطر ۱۰ سانتیمتر و با دانه بندی مطابق منحنی فولر، روش اختلاط مصالح، نوع و درصد قیر مناسب برای حفظ توان مقاومت لازم و انعطاف پذیری کافی برای مقابله با ترک خوردگی با حفظ نفوذپذیری ارائه شده است تعیین درصد قیر بهینه و تعداد ضربات لازم برای تراکم نمونه ها که درصد حفرات را در حد ایمن ایجاد کند از دیگر قسمتهای عنوان شده در مقاله است. همچنین به منظور تعیین درصد قیر بر خصوصیات رفتاری بتن آسفالتی یک سری آزمایشات سه محوری بر روی نمونه هایی به قطر ۱۰ و ۲۰ سانتیمتر در فشارهای جانبی متفاوت صورت پذیرفت و از نتایج این آزمایشات در تعیین خواص استاتیکی مصالح مورد استفاده قرار گرفته است.

۱. مقدمه و تاریخچه سدهای آسفالتی

سدهای خاکی به لحاظ استفاده از مصالح طبیعی موجود و سهولت اجرای آنها و طبیعتاً هزینه ساخت کمتر همواره مورد توجه بسیار بوده اند و از آن میان احداث سدهای خاکی با هسته آسفالتی به سبب روش اجرای نسبتاً ساده و ویژگیهای خاص خود از جمله خواص ویسکوالاستیک مصالح آسفالتی و نیز قابلیت اجرای آن در شرایط مختلف آب و هوایی (بارندگی و سرمای شدید) از سال ۱۹۷۰ به بعد توسعه فراوانی یافته است تاکنون تعداد زیادی از این نوع سدها با ارتفاع های بلند و حتی بیش از ۱۰۰ متر در نقاط مختلف جهان طراحی و اجرا شده اند. Saxegaard 2000 در مقاله خود تاریخچه ای از این نوع سدها را ارائه نموده و استفاده از قیر طبیعی بمنظور آب بندی سازه ها را بر اساس کاوشهای باستانی به بیش از ۵۰۰۰ سال پیش در عراق، مصر و پرو نسبت می دهد. اولین سد هسته آسفالتی در سال ۱۹۶۲ در آلمان احداث گردیده است [۱]. سد Yele در کشور چین با ارتفاع ۱۴۰ متر از جمله سدهای هسته آسفالتی در دست مطالعه است. شکل ۱ مشخصات سدهای هسته آسفالتی ساخته شده، در دست ساخت و در دست طراحی را بر حسب ارتفاع نشان می دهد [۲]. بلندترین سد از این نوع در ایران سد رودخانه شور با ارتفاع ۸۵م در استان کرمان در حال ساخت می باشد.



شکل ۱ - آمار سدهای هسته آسفالتی تا سال ۲۰۰۵ [۲]

۲. مشخصات هسته بتن آسفالتی و ویژگیهای آن

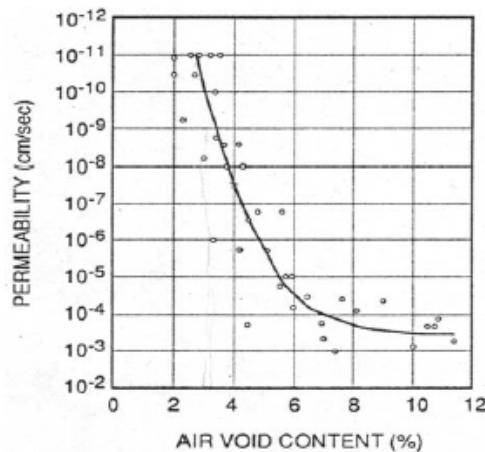
۱.۲ طرح اختلاط بتن آسفالتی

طرح اختلاط آسفالت باید به گونه ای انتخاب شود که آب بندی در مقابل فشار آب، پایداری در برابر شکست هیدرولیکی، مقاومت برشی مورد نیاز و کارایی لازم برای اجرا تامین شود. دانه بندی مصالح در بتن آسفالتی از منحنی فولر تبعیت می کند در حالیکه مصالح ریزدانه کوچکتر از ۰/۰۷۵ میلیمتر (مصالح فیلر) نیز به آن اضافه شود. به این ترتیب اندازه دانه ها بطور کلی شامل فیلر، ماسه، سنگ شکسته و شن طبیعی در محدوده صفر تا ۱۶ میلیمتر (یا صفر تا ۱۸ میلیمتر) قرار می گیرد. بمنظور افزایش کارایی و

تراکم پذیری، مقداری شن گردگوشه طبیعی با منحنی دانه بندی که با منحنی فولر مطابقت داشته باشد و با معادله زیر تقریب زده می شود به سنگدانه ها افزوده می شود [3]:

$$P_i = \left(\frac{d_i}{d_{\max}}\right)^{0.41} \times 100$$

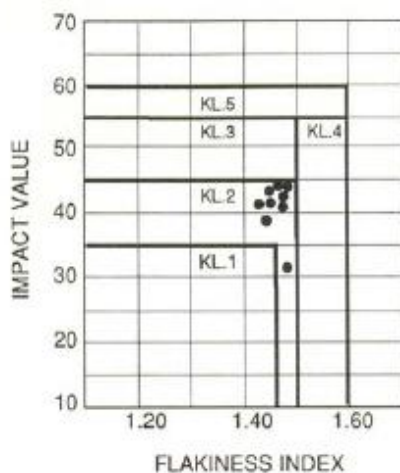
که در آن P_i درصد وزنی کوچکتر از اندازه معادل دانه ها (d_i) می باشد. میزان قیر مورد نیاز در مخلوط معمولاً کمی بیش از مقدار لازم جهت پرکردن فضای بین دانه ها و رسیدن به دانسیته ماکزیمم در حین تراکم می باشد. این میزان برابر است با ۵/۵ تا ۶/۵ درصد وزن کل مصالح که در این حالت مخلوط براحتی ریخته شده و متراکم می گردد و میزان فضای خالی ۳٪ یا کمتر می باشد. با افزایش میزان فضای خالی از ۳٪ میزان نفوذپذیری سریعاً افزایش می یابد. بطوریکه در ۶٪ فضای خالی میزان نفوذپذیری از 10^{-12} m/s به 10^{-6} m/s افزایش می یابد (شکل ۲). بنابراین کنترل میزان فضای خالی آسفالت در حین عملیات اجرایی بسیار با اهمیت می باشد. [3]



شکل ۲ - تغییرات نفوذپذیری آسفالت بر حسب میزان هوای محبوس [3]

۲.۲. فیلر و سنگدانه ها

کیفیت سنگدانه ها بر اساس آزمایشهای انستیتو آسفالت (۱۹۷۹) برای تعیین اندیس های تورق و شکنندگی طبقه بندی شده است. این اندیس ها معیار شکل دانه ها و مقاومت مکانیکی آنها در برابر وزنه ای است که از ارتفاع مشخصی به روی آنها سقوط می کند. اندیس تورق بالا نشان دهنده ذرات کشیده (از نظر شکل) و مقدار ضربه بالا نشانگر سنگدانه های شکننده می باشد (شکل ۳).



شکل ۳ - آزمایش کیفیت سنگدانه ها (KL1 بهترین کیفیت را دارد) [3]

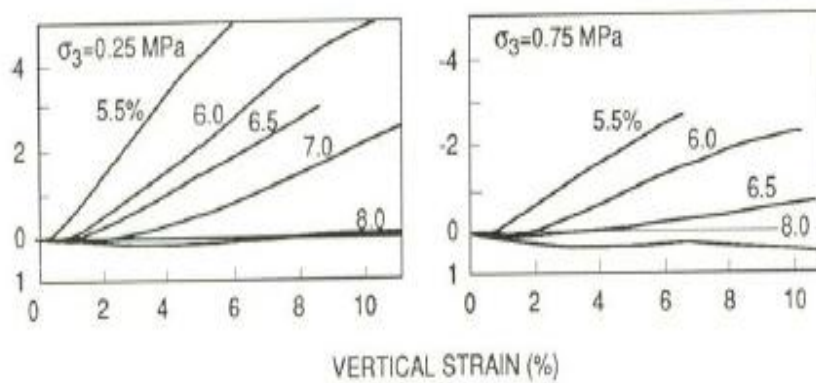
معیار کیفیت سنگدانه ها برای هسته های بتن آسفالتی قدری محافظه کارانه است زیرا در معرض تغییرات شدید حرارتی، فرسایش و آب و هوا قرار ندارند. اما از طرف دیگر بتن هسته در یک سد بلند در معرض تنش های بزرگ می باشد. اثرات کیفیت دانه ها بر روی رفتار تنش- کرنش بتن آسفالتی بر اساس آزمایشات سه محوری بررسی گردیده است. آزمایشات بر روی نمونه های 200×100 میلیمتر و در دمای ۵ درجه سانتیگراد و در فشار های جانبی $0.5, 1.0, 2.0$ مگاپاسکال صورت گرفته است که نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است. [3]

Test No.	Aggregate type	Bitumen type	Bitumen content (%)	Confining stress, σ_3 (MPa)	Axial stress at failure, σ_1 (MPa)	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ at failure (MPa)	$\frac{\sigma_3}{\sigma_1}$ at failure	Young's modulus (secant value at 1% axial strain) (MPa)
1	Crushed gabbro (very good)	B60	5.6	0.5	4.7	2.10	9.4	280
2		B60	5.6	1.0	6	2.50	6.0	290
3		B60	5.6	2.0	8.6	3.30	4.3	290
4	Crushed gneiss (good)	B60	5.9	0.5	4.6	2.05	9.2	290
5		B60	5.9	1.0	6	2.50	6.0	300
6		B60	5.9	2.0	8.7	3.35	4.3	300
7	Crushed limestone (poor)	B60	6.0	0.5	4.2	1.90	8.4	250
8		B60	6.0	1.0	5.5	2.25	5.5	270
9		B60	6.0	2.0	8.5	3.25	4.3	260
10	Crushed gneiss (good)	B60	8.0	1.0	4.4	1.70	4.4	110
11		B60	8.0	2.0	6.0	2.00	3.0	110
12	Crushed gneiss (good)	B180	5.9	1.0	4.3	1.65	4.3	140
13		B180	5.9	2.0	6.0	2.00	3.0	90

شکل ۴ - اثر کیفیت سنگدانه ها بر روی رفتار بتن کرنش آسفالتی [3]

۳.۲. تاثیر مقدار و ویسکوزیته قیر

میزان قیر بسته به نوع، خاصیت پوسته ای، ترکیبات معدنی، خواص سطحی سنگدانه، دانه بندی و ویسکوزیته قیر، معمولاً بین ۵/۵ تا ۶/۵ درصد وزن کل مخلوط بتن آسفالتی می باشد. با مصرف مقدار کمتر قیر، مخلوطی با کارایی کمتر و نفوذپذیری بیشتر بدست می آید. مقدار قیر بیشتر باعث می شود که مخلوط خواص ویسکو الاستو پلاستیک بیشتر، مقاومت کمتر و نفوذپذیری کمتر داشته باشد. وارد آمدن تنش های برشی بالا به بتن آسفالتی باعث افزایش حجم و اتساع آسفالت، باز شدن ریزترکها و به تبع آن افزایش نفوذپذیری می گردد. شکل ۵ مقدار کرنش حجمی را بصورت تابعی از میزان قیر (نوع B80) و کرنش محوری در آزمایش سه محوری نشان میدهد [3].



شکل ۵ - تغییرات کرنش حجمی با کرنش محوری بعنوان تابعی از مقدار قیر [3]

برای بررسی تاثیر افزایش مقدار قیر در مدول تغییرشکل و مقاومت، آزمایشات سه محوری بر روی نمونه های بتن آسفالتی بادو درصد مختلف ۵/۹ و ۸ درصد صورت گرفت. مدول تغییر شکل در کرنش محوری ۱ درصد در فشار جانبی ۲ مگاپاسکال از ۳۰۰ مگاپاسکال به ۱۱۰ مگاپاسکال و مقاومت برشی نیز از ۳/۳۵ مگاپاسکال به ۲/۰۰ مگاپاسکال کاهش یافت. (شکل ۴) [3]

۴.۲. مشخصات فنی فیلر

میزان درصد مصرف فیلر در مصالح آسفالت بستگی به دانه بندی مصالح سنگی، و درصد عبوری از الک شماره ۲۰۰ دارد. هر چهقدر درصد فضای خالی مصالح بیشتر و دانه بندی باز باشد لازم است جهت پر نمودن فضای خالی آن تا حد استاندارد و قابل قبول از فیلر استفاده نمود. متوسط میزان مصرف فیلر در آسفالت روسازی ۳ تا ۷ درصد است که در این پژوهش فیلر هم طبق منحنی فولر تعیین شده است [3]. همچنین در این پژوهش از سیمان عبوری از الک نمره ۲۰۰ به عنوان فیلر استفاده شده است.

۳. مشخصات فنی مصالح مورد استفاده

۳.۱. مشخصات فنی قیر مورد استفاده در مخلوط آسفالتی

با توجه به شرایط آب و هوای ایران بهترین گزینه برای انتخاب قیر، قیر ۶۰/۷۰ می باشد که مشخصات فنی آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ - مشخصات فنی قیر ۶۰/۷۰

خاصیت انگومی در دمای ۲۵°	افت وزن در اثر حرارت (درصد وزنی ماکزیموم)	نفوذ در دمای ۲۵ درجه دسی میلیمتر	نقطه اشتعال (روش کلوند) درجه سانتیگراد	وزن مخصوص در دمای ۲۵°	بیش از ۱۰۰ سانتیمتر
۰/۰۴	۶۷	۲۵۷	۱/۰۴	قیر ۶۰/۷۰	

۳.۲. مشخصات فنی مصالح سنگی

به منظور تعیین کیفیت مقاومتی مصالح، آزمایشاتی که در جدول ۲ ارائه شده است در مورد هر کدام از آنها به صورت جدا گانه اعم از ریزدانه و درشت دانه انجام و نتایج حاصل با استاندارد مندرج در جدول ۲ مقایسه شده اند.

جدول ۲ - مقایسه نتایج آزمایش با استاندارد مربوطه

نتیجه حاصل از آزمایش	نتیجه قابل قبول	روش استاندارد	تعیین درصد شکستگی مصالح درشت تراز #۴
۸۹٪	>80%	B.S.-63	تعیین درصد دانه های متوری
۲۳٪	<30%	B.S.-63	تعیین درصد دانه های تطویل
۲۰٪	<30%	B.S.-63	تعیین ارزش ماسه ای
۵۵٪	<75%	AASHTO-T176	

۴. آزمایشات مارشال

تعیین درصد قیر بهینه مناسب آسفالت به روش ASTM-D1559 صورت پذیرفت. بمنظور تعیین طرح اختلاط مناسب بتن آسفالتی، نمونه ها تحت آزمایش مارشال قرار می گیرند. در این آزمایش معیارهای زیر تعیین و بر اساس آن درصد قیر بهینه معین می گردد.

۱ - تعیین وزن مخصوص آسفالت (Bulk Density) ۲ - تعیین درصد حجمی فضای خالی آسفالت (Air Void Content)

۳ - تعیین مقاومت فشاری آسفالت (Stability) ۴ - تعیین تغییر شکل نسبی آسفالت (Flow)

۱.۴. روش ساخت نمونه ها برای تعیین درصد قیر بهینه در آزمایش مارشال

طرح اختلاط مصالح بتن آسفالتی یکی از مهمترین قسمتهای طراحی سد آسفالتی است. البته طرح اختلاط با توجه به شرایط پروژه های مختلف متفاوت است. ساخت این نمونه ها به استناد به روش مارشال با درصد قیرهای بین ۵/۵ تا ۷ درصد و تعداد ضربات تراکم ۳۰ و با تکیه بر دانه بندی منحنی فولر بوده است. در جداول ۳ و ۴ شماره الکها، وزن مانده روی هر الک و وزن قیر برای ساخت سه نمونه با ارتفاع ۵ سانتیمتر مطابق روش استاندارد مارشال نشان داده شده است.

جدول ۳- شماره الکها و وزن مانده روی هر الک برای نمونه ۵ cm

شماره الک	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
اندازه الک	۳/۸	#۴	#۸	#۳۰	#۵۰	#۱۰۰	#۲۰۰	فیلر
وزن (gr)	۳۱۰/۸۵	۶۴۲/۳	۴۷۱/۷	۵۸۶/۷	۱۸۴/۵	۱۳۵/۱	۹۸/۹	۲۷۰/۱

جدول ۴- درصد قیر و وزن قیر برای نمونه ۵ cm

	۱	۲	۳	۴	۵
درصد قیر %	۵.۵	۶	۶.۵	۶.۷۵	۷
وزن (gr)	۱۵۷.۱۵	۱۷۲.۴	۱۸۷.۷	۱۹۵.۵	۲۰۳.۳

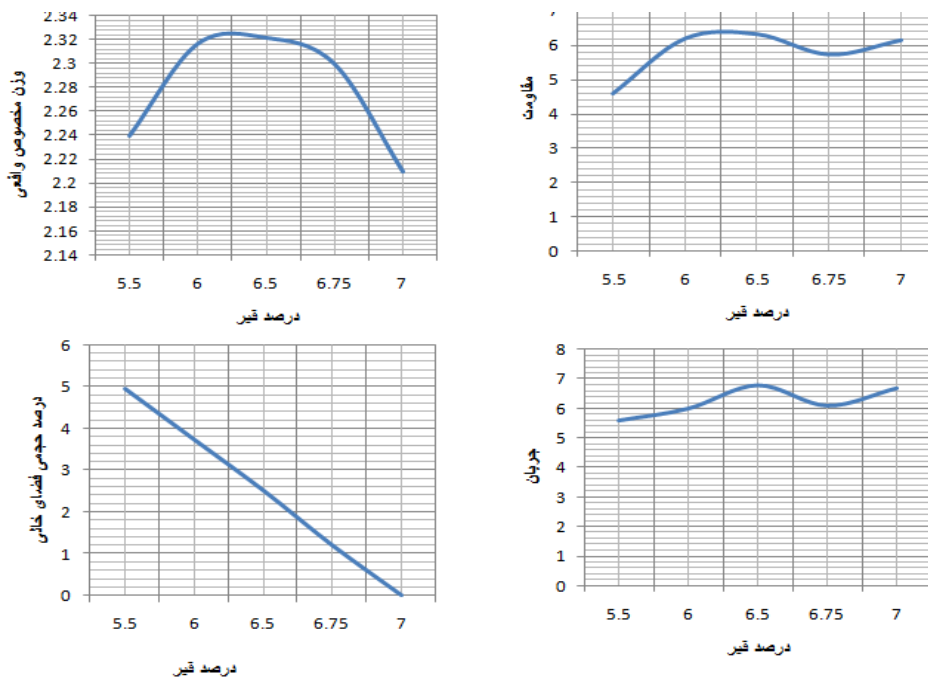
بعد از دانه بندی برای ساخت نمونه ها، مصالح به مدت ۴ ساعت در دمای 160° در اون قرار داده شدند و قیر مورد استفاده را به مدت ۲ ساعت در دمای 140° در اون قرار می دهیم. سپس مصالح سنگی را با درصد قیرهای مختلف در پاتیلی که از قبل گرم شده مخلوط کرده به طوری که تمام سطح سنگدانه های قیر اندود شده باشند. دمای اختلاط در حدود 150° و باید در حدود ۲ دقیقه قیر با مصالح مخلوط شود. بعد از ساخت آسفالت و گرم کردن قالب و چکش مارشال، آسفالت را داخل قالب ریخته و با چکش مربوطه ۳۰ ضربه به نمونه وارد کرده، قالب همراه نمونه را در دمای معمولی (20°) به مدت ۲۴ ساعت قرار داده تا کاملاً سرد شود سپس از قالب خارج شده تا وزن، ارتفاع و وزن مخصوص تمام نمونه ها تعیین گردد. (شکل ۶).



شکل ۶- چگونگی ساخت و آماده سازی نمونه ها جهت انجام آزمایش مارشال

۲.۴. نتایج حاصل از آزمایشات مارشال

در شکل ۷ نتایج کلی انجام آزمایشات مارشال برای تعداد ضربات ۳۰ به صورت مجزا ارائه شده است. محور افقی در شکل های نشان داده شده درصد قیرهای مختلفی است که در ساخت نمونه ها از آن استفاده شده است و محور قائم در شکل ها بیان کننده یکی از خصوصیات و پارامترهای آزمایش مارشال نظیر دانسیته، درصد حفرات، جریان یافتگی و مقاومت است.



شکل ۷- نتایج حاصل از آزمایش مارشال

در این چهار منحنی، اثرات میزان حفرات، دانسیته، پایداری و جریان یافتگی به عنوان پارامترهای شاخص در مقابل درصد قیرهای مختلف ترسیم شده است. در تعیین درصد قیر بهینه با توجه به شکل ۷، معیار کمینه حفرات و جریان یافتگی و بیشینه دانسیته و پایداری مد نظر است. اگرچه ارضاء تمام شرایط مطلوب از جمله کمینه جریان یافتگی و حفرات و بیشینه دانسیته همزمان امکان پذیر نیست، ولی میتوان با اولویت بندی و اهمیت فاکتورهای تاثیر گذار، محدوده مناسبی را برای درصد بهینه قیر معرفی کرد.

۵. آزمایشات سه محوری

۱۲ آزمایش فشاری سه محوری به منظور بررسی مقاومت و نحوه تغییرات تنش و کرنش بتن آسفالتی صورت پذیرفتند. فشارهای محصور متفاوتی برای آزمایشات بر اساس جدول ۵ انتخاب شدند. در ابتدا تمام نمونه ها داخل حوضچه شده تا قبل از آزمایش استاتیکی به دمای ۲۲C برسند. سپس نمونه ها از حوضچه خارج شده و درون سلول سه محوری قرار گرفتند. برای تمام نمونه ها از غشاء استفاده شده است. بعد از آن سلول سه محوری از آب ۲۲C پر شده و درون اتاق آزمایش قرار داده شد. اتاق آزمایش مجهز

به سیستم گرم کننده و خنک کننده بوده تا امکان رسیدن به دمای ثابت ۲۲C وجود داشته باشد. تمام آزمایشات استاتیکی براساس سیستم بارگذاری فشاری به روش کنترل تنش انجام شدند. بعد از اعمال تنش محصور از پیش تعیین شده و رسیدن به دمای ثابت، بار محوری با ۲ درصد کرنش در هر ساعت به نمونه اعمال شده تا زمانیکه نمونه گسیخته شود. در طول آزمایش تنش محوری و کرنش بوسیله سنسورهای الکتریکی به طور خودکار ثبت شدند.

۱.۵. روش ساخت نمونه های سه محوری

نمونه های سه محوری به ارتفاع ۲۰cm و قطر ۱۰cm بوده و مخلوط آسفالت مشابه با روش مارشال تهیه شده با این تفاوت که هر نمونه ها در ۴ لایه و هر لایه با ۳۰ ضربه به تراکم لازم می رسند (شکل ۸).



شکل ۸- چگونگی ساخت و آماده سازی نمونه ها جهت انجام آزمایش سه محوری

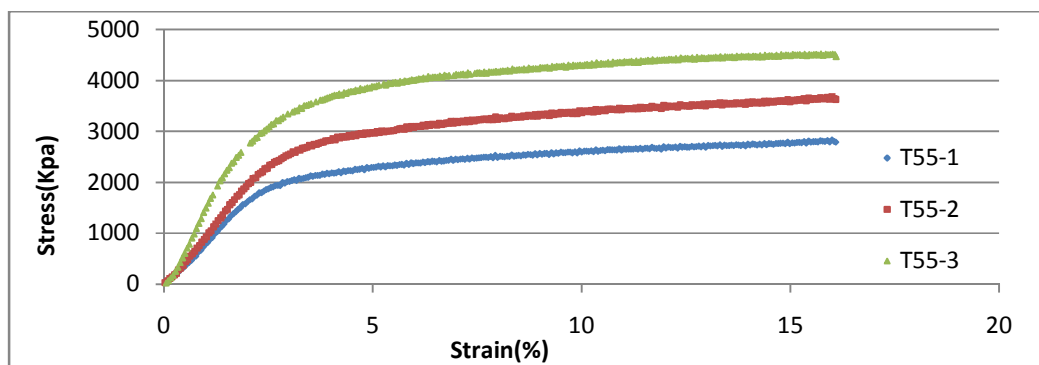
۲.۵. نتایج حاصل از آزمایشات سه محوری

نتایج آزمایشات سه محوری استاتیکی در جدول ۵ نشان داده شده است. همچنین در اشکال ۹ تا ۱۲ تنش های محوری در مقابل کرنش های محوری برای هر درصد قیر نشان داده شده اند. فشارهای محصور اعمال شده برابر ۲۵۰ KPa و ۵۰۰ KPa و ۷۵۰ KPa بودند. همانطور که انتظار می رود، هر چه تنش محصور بالاتر باشد مقدار تنش محوری بیشتر، خواهد بود.

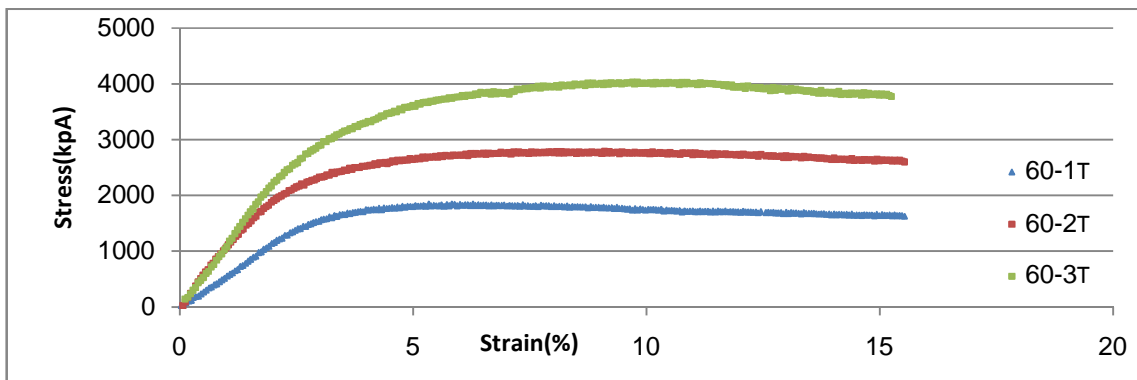
جدول ۵- نتایج حاصل از آزمایشات سه محوری استاتیکی

آزمایش	میزان قیر (%)	σ_3 (KP)	E (MPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3)$ در زمان گسیختگی (kPa)	کرنش محوری در زمان گسیختگی (%)	درجه حرارت (C°)
T5.5-1	۵.۵	۲۵۰	۸۱	۲۸۰۰	۱۶	۲۲
T5.5-2		۵۰۰	۹۳	۳۶۲۸	۱۶	
T5.5-3		۷۵۰	۱۵۱	۴۵۰۵	۱۶	
T6.0-1	۶	۲۵۰	۵۳	۱۸۴۲	۶	۲۲
T6.0-2		۵۰۰	۱۰۹	۲۰۸۸	۷.۸	
T6.0-3		۷۵۰	۱۱۸	۲۸۰۰	۱۶	
T6.5-1	۶.۵	۲۵۰	۴۶	۲۰۵۰	۶	۲۲
T6.5-2		۵۰۰	۱۰۷	۲۸۸۵	۷.۵	
T6.5-3		۷۵۰	۷۶	۳۷۲۵	۱۳.۵	
T7.0-1	۷	۲۵۰	۳۹	۱۹۲۶	۷	۲۲
T7.0-2		۵۰۰	۲۲	۲۹۰۰	۱۳	
T7.0-3		۷۵۰	۳۲	۳۵۹۸	۱۵	

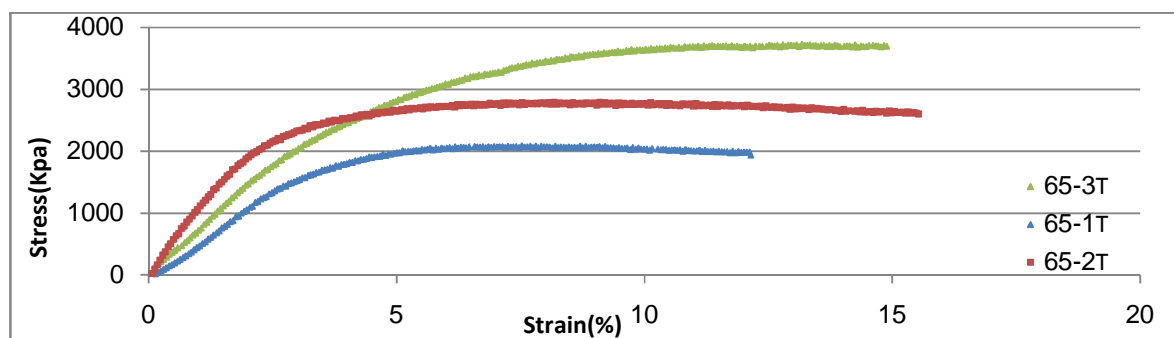
با افزایش درصد قیر عمدتاً مدول سکانتی و مقامت نهایی نمونه ها کاهش می یابند. همچنین با افزایش فشار جانبی و افزایش درصد قیر کرنش در مقاومت حداکثر افزایش نشان می دهد که حاکی از افزایش انعطاف پذیری نمونه ها می باشد. مشابه آنچه در مصالح دانه ای اتفاق می افتد مدول سکانتی در کرنش معادل ۱٪ از مراحل اولیه منحنی ها استخراج شدند که در جدول ۵ نشان داده شدند. به طور عمومی با افزایش فشار همه جانبه مدول یانگ افزایش نشان می دهد. اگرچه در مواردی (خصوصاً در درصد قیرهای بالاتر) این قاعده صادق نبوده است که می تواند ناشی از غالب شدن قیر در خصوصیات رفتاری مصالح باشد. به طوریکه سختی مصالح عمدتاً تابع قیر بوده و آنچه که می دانیم به سطح تنش جانبی وابستگی کمتری دارد. اگرچه خطای دستگاهی در مرحله آزمایش و یا خطای انسانی در مرحله ساخت نمونه ها را نمی توان به طور کامل از نظر دور داشت.



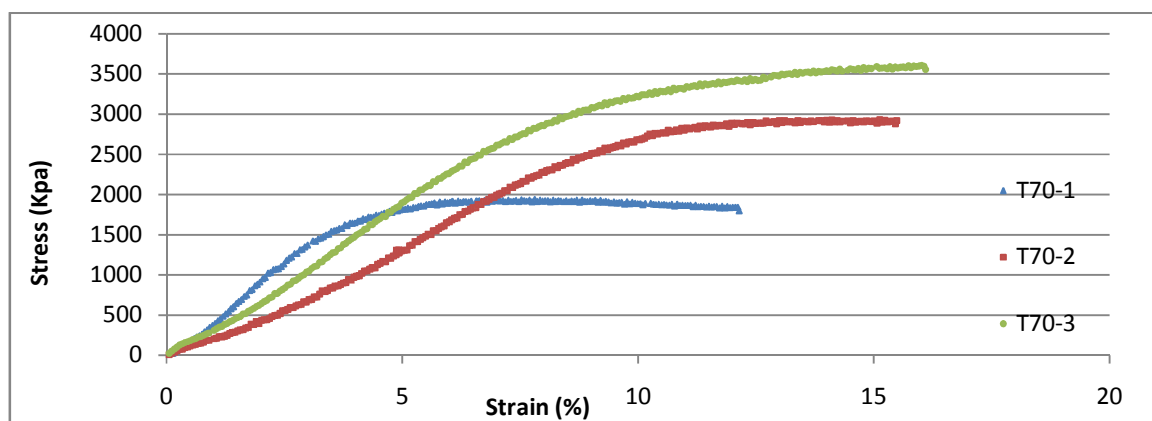
شکل ۹- تنش محوری بر حسب کرنش محوری برای نمونه قیر ۵.۵٪ برای فشارهای ۷۵۰ KPa، ۵۰۰ KPa و ۲۵۰ KPa



شکل ۱۰- تنش محوری بر حسب کرنش محوری برای نمونه قیر ۶٪ برای فشارهای ۷۵۰ KPa و ۵۰۰ KPa، ۲۵۰ KPa



شکل ۱۱- تنش محوری بر حسب کرنش محوری برای نمونه قیر ۶.۵٪ برای فشارهای ۷۵۰ KPa و ۵۰۰ KPa، ۲۵۰ KPa



شکل ۱۲- تنش محوری بر حسب کرنش محوری برای نمونه قیر ۷٪ برای فشارهای ۷۵۰ KPa و ۵۰۰ KPa، ۲۵۰ KPa

همانطور که می دانیم مدول الاستیک یک مصالح تابعی از پارامترهای مختلفی چون تخلخل و فشار محصور می باشد. برای مصالح بتن آسفالتی به علت پایین بودن نسبت تخلخل (کمتر از ۱ درصد) معمول است که از معادله زیر استفاده کنیم.

$$E_{1\%} = A \times \sigma_0^y$$

که در آن A پارامتر ثابتی می باشد [۴].

بر اساس نتایج آزمایشات استاتیکی (جدول ۵) مقدار γ برای هر درصد قیر برای تمام آزمایشات به صورت زیر محاسبه می شوند :

$$E_{1\%} = A \times \sigma_0^{0.53} \quad \text{درصد قیر } ۵.۵\% \quad E_{1\%} = A \times \sigma_0^{0.75} \quad \text{درصد قیر } ۶\%$$

$$E_{1\%} = A \times \sigma_0^{0.53} \quad \text{درصد قیر } ۶.۵\% \quad E_{1\%} = A \times \sigma_0^{-0.24} \quad \text{درصد قیر } ۷\%$$

۱۰. نتیجه گیری

درصد قیر آسفالت مورد استفاده در هسته سدهای خاکی-سنگریزه ای ضمن ارضاء کارایی و تراکم بالا باید نفوذ پذیری، مقاومت، خواص ویسکوالاستیک-پلاستیک و خود ترمیمی آسفالت را تعین نماید. در درصد قیرهای پائین ضمن افزایش نفوذ پذیری، سختی و مقاومت باعث کاهش کارایی و خاصیت ویسکوالاستیک-پلاستیک میشود. بدلیل آنکه هسته های آسفالتی خصوصا در ناحیه بالایی سد تحت تاثیر کرنش های بزرگی ناشی از ارتعاشات زلزله قرار می گیرد. [5] استفاده از درصد قیرهای بالاتری نسبت به آنچه به عنوان درصد قیر بهینه از آزمایش مارشال حاصل می گردد، توصیه می شود. نتایج آزمایشات سه محوری بر آورد پارامترهای استاتیکی مخلوط های بتن آسفالتی با درصد قیر مختلف مورد استفاده قرار گرفته و بطور عمومی نشان می دهد افزایش درصد قیر به میزان قابل توجهی سبب کاهش سختی مصالح و افزایش انعطاف پذیری آن میگردد.

۱۱. مراجع

1. Saxegard H. (2002), Asphalt core dams : increased productivity to improve speed of construction, Journal of Hydropower and dams, Issue six, pp 72-74

۲. شیرین سالمی، رساله جهت دریافت درجه دکتری، بررسی رفتار دینامیکی سدهای خاکی با هسته آسفالتی، دانشگاه علم و صنعت، تهران ۱۳۸۴

3. Hoeg K. (1993), Asphaltic Concrete Cores for Embankment Dams, Norwegian Geotechnical Institute of Technology, Oslo

۴. سیامک فیضی خانکندی، علی اصغر میرقاسمی، عباس قلندرزاده و Kaare Hoeg، بررسی طرح اختلاط مصالح بتن آسفالتی برای کاربرد در سدهای خاکی و سنگریزه ای با هسته آسفالتی، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، کارگاه تخصصی کاربرد مصالح آسفالتی در سدهای خاکی و سنگریزه ای، تهران

۱۳۸۵

5. A. Akhtarpuoa, A. Khodaii, "Nonlinear Numerical Evaluation of Dynamic Behavior of an Asphaltic Concrete Core Rockfill Dam (A Case Study)", JSEE Fall 2009, Vol.11, No.3
6. ICOLD (1992), "Bituminous Cores for Fill Dams", International Commission on Large Dams (ICOLD), Bulletin 84, Paris
7. Hoeg K. (2005), "Earthquake resistance of Asphaltic concrete core", annual report from NGI publications
8. Standard Industrial Classifications (SIC) Index, USA, 2005