

www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسين عمران

ارائه كتابها و جزوات رايجان مهندسي عمران

بهترين و برترين مقالات روز عمران

انجمن هاي تفصلي مهندسي عمران

خبرنگاه تفصلي مهندسي عمران



@icivilir



icivil.ir



طرح اختلاط و اجرای سدهای خاکی با هسته بتن آسفالتی و تحلیل اقتصادی

گردآورنده:

محمد معلی

استاد:

مهندس بهنیا فر

دانشگاه:

آزاد اسلامی (واحد دامغان)

شماره دانشجویی:

۹۲۰۲۳۱۹۴۶

• در این بحث به بررسی دو بخش میپردازیم:

۱. طرح اختلاط هسته بتن آسفالتی

۲. نحوه ای اجرای سد خاکی با هسته بتن آسفالتی

۳. تحلیل اقتصادی

طرح اختلاط هسته بتن آسفالتی

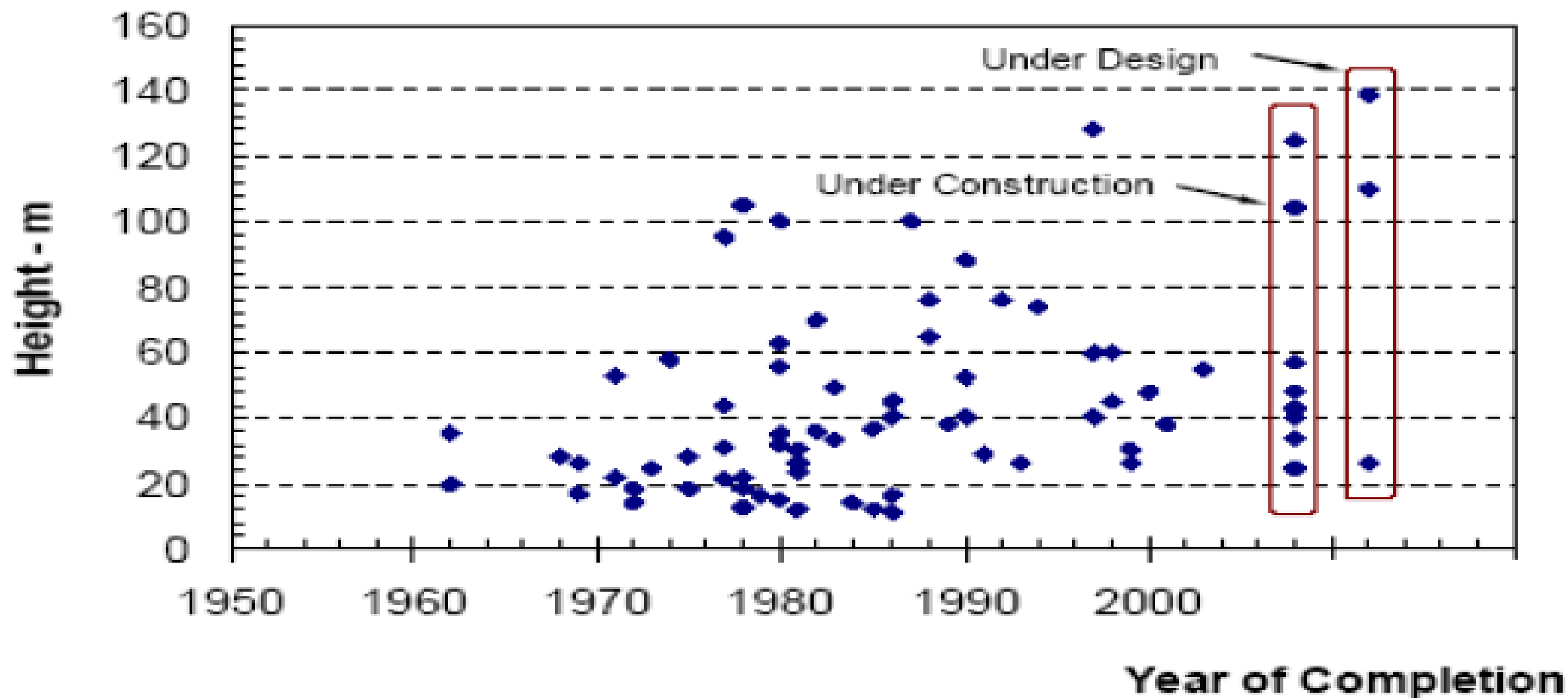
چکیده

• 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 یافت. در این بحث، با استناد به روش مارشال و ساخت نمونه های بتن آسفالتی با دانه بندی مطابق منحنی فولر و همچنین یکسری آزمایشات سه محوری روش اختلاط مصالح، نوع و درصد قیر مناسب برای ایجاد مقاومت لازم و انعطاف پذیری کافی برای مقابله با ترک خوردگی با حفظ نفوذپذیری ارائه شده است. همچنین در ادامه به مراحل اجرای هسته بتن آسفالتی می پردازیم.

مقدمه و تاریخچه

- احداث سدهای خاکی با هسته آسفالتی به سبب روش اجرای نسبتاً ساده و ویژگیهای خاص آن از سال ۱۹۷۰ به بعد توسعه فراوانی یافته است. استفاده از قیر طبیعی بمنظور آب بندی سازه ها بر اساس کاوشهای باستانی به بیش از ۵۰۰۰ سال پیش در عراق، مصر و پرو برمیگردد.
- اولین سد هسته آسفالتی در سال ۱۹۶۲ در آلمان احداث گردیده است.
- سد **yele** در کشور چین با ارتفاع ۱۴۰ متر از جمله سدهای هسته آسفالتی در دست مطالعه است.
- بلندترین سد از این نوع در ایران سد رودخانه شور با ارتفاع ۸۵ متر ارتفاع در استان کرمان در حال ساخت می باشد.

Bitumin Core Dams



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

مشخصات هسته بتن آسفالتی و ویژگیهای آن

در این بحث به بررسی مشخصات هسته بتن آسفالتی و ویژگیهای آن در موارد زیر خواهیم پرداخت:

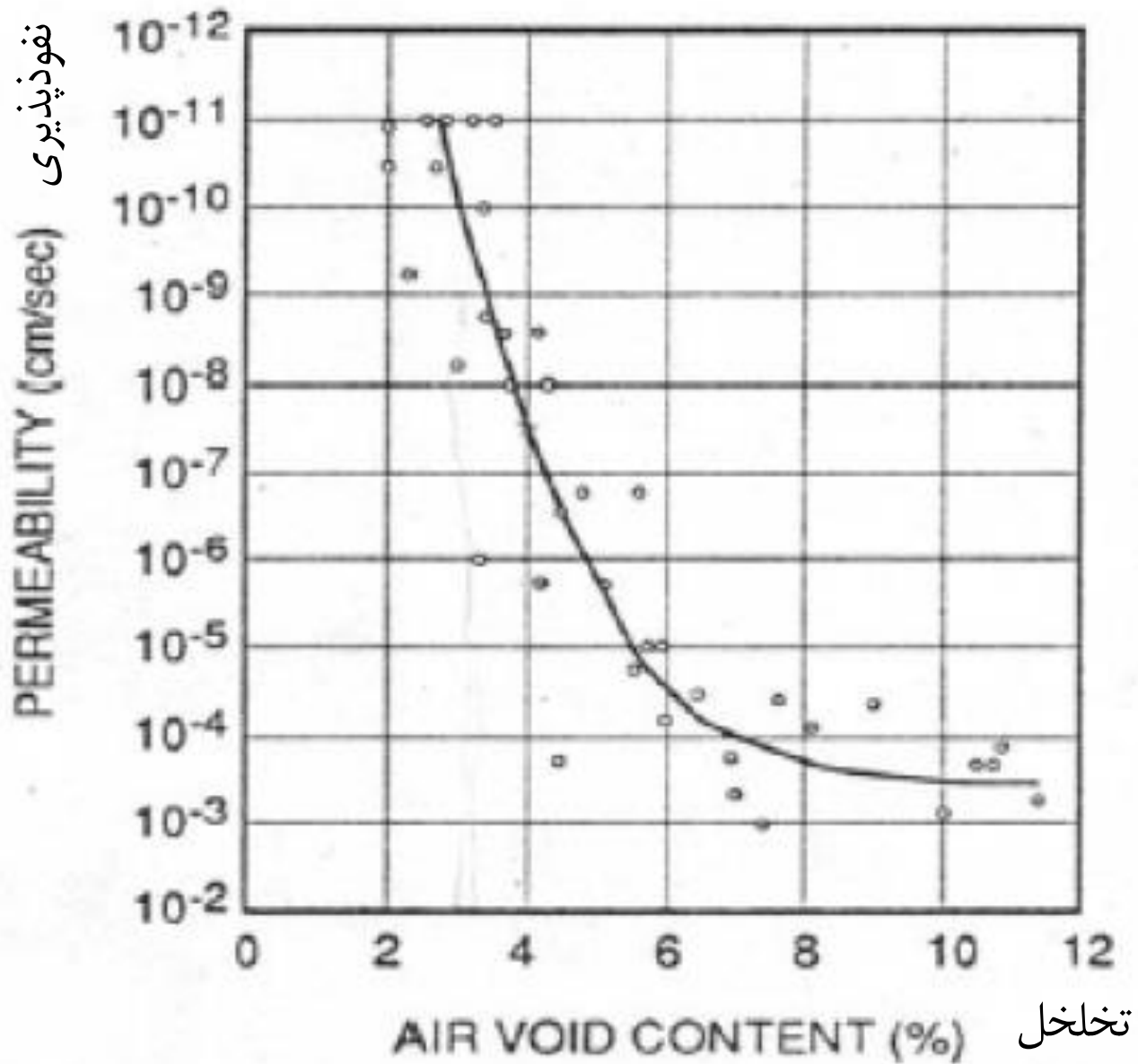
- طرح اختلاط بتن آسفالتی
- مشخصات فیلر و سنگدانه ها
- تاثیر مقدار و ویسکوزیته قیر در عملکرد آسفالت
- مشخصات فنی فیلر

طرح اختلاط بتن آسفالتی

- طرح اختلاط آسفالت باید آب بندی در مقابل فشار آب، پایداری در برابر شکست هیدرولیکی، مقاومت برشی مورد نیاز و کارایی لازم را برای اجرا تامین کند.
- دانه بندی مصالح در بتن آسفالتی از منحنی فولر تبعیت کند در حالیکه مصالح ریزدانه کوچکتر از $0/075$ میلیمتر (مصالح فیلر) نیز به آن اضافه شود.
- اندازه دانه ها بطور کلی شامل فیلر، ماسه، سنگ شکسته و شن طبیعی در محدوده صفر تا 16 میلیمتر (یا صفر تا 18 میلیمتر) باشد.

طرح اختلاط بتن آسفالتی

- به منظور افزایش کارایی و تراکم پذیری ، مقداری شن گرد گوشه طبیعی مطابق با منحنی فولر به سنگدانه ها افزوده می شود.
- میزان قیر مورد نیاز در مخلوط معمولا باید کمی بیش از مقدار لازم جهت پرکردن فضای بین دانه ها و رسیدن به دانسیته ماکزیمم در حین تراکم باشد. این میزان برابر با ۵/۵ تا ۶/۵ درصد وزن کل مصالح است.
- فضای خالی ۳٪ یا کمتر باشد. با افزایش میزان فضای خالی از ۳٪ میزان نفوذپذیری سریعا افزایش می یابد.

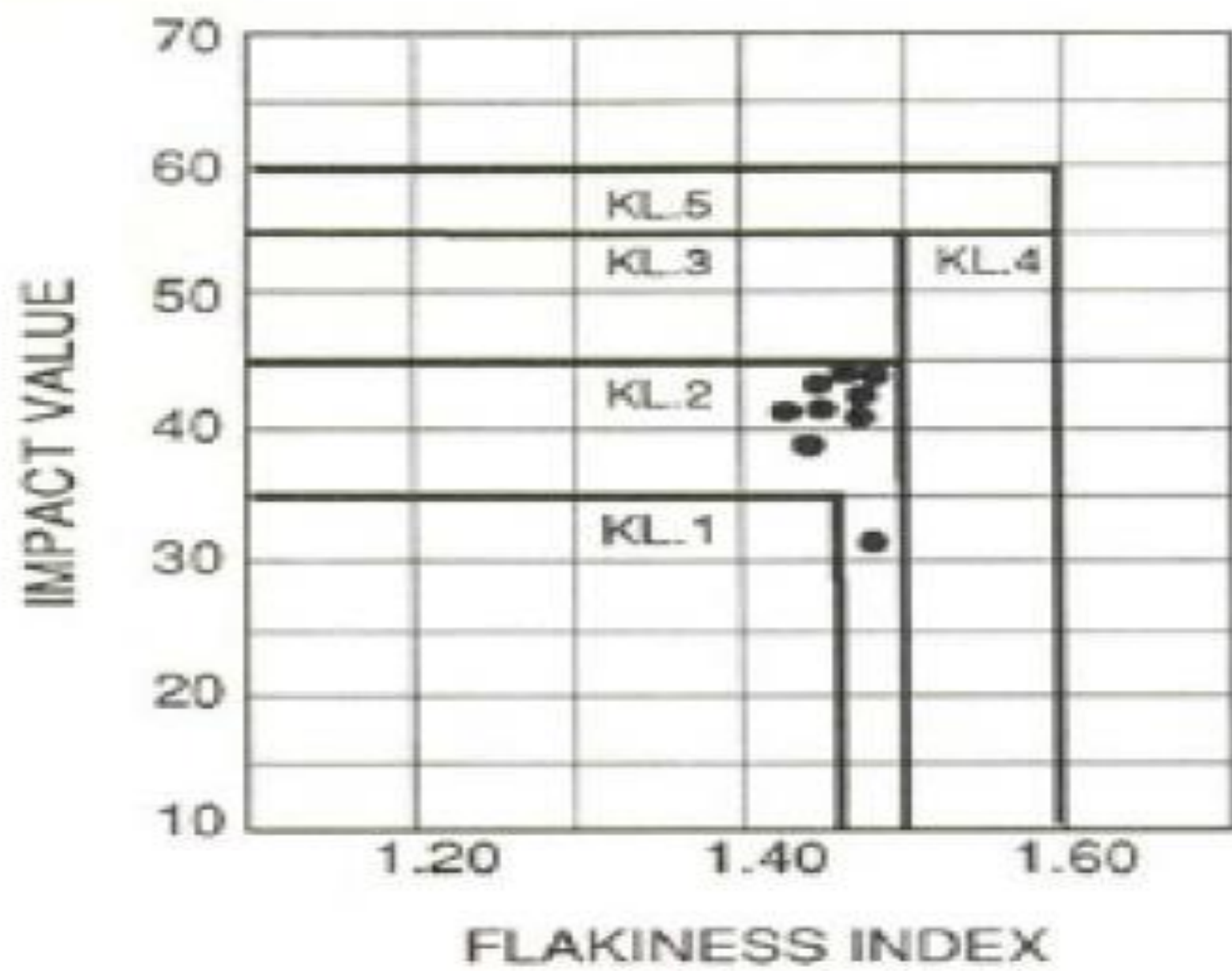


تخلخل بیشتر به معنی نفوذ پذیری بیشتر خواهد بود. لذا این دو مشخصه با هم رابطه مستقیم دارند.

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

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

مشخصات فیلر و سنگدانه ها

- 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.
- بتن هسته در یک سد بلند در معرض تنش های بزرگ می باشد.
- اثر کیفیت دانه ها بر روی رفتار تنش-کرنش بتن آسفالتی بر اساس آزمایشات سه محوری بررسی گردیده

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)	$\frac{\sigma_1}{\sigma_3}$ 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

ازمایشات بر روی نمونه های
 200×100 میلیمتر و در دمای ۵
درجه سانتی گراد و در فشارهای
جانبی ۰/۵، ۱، ۲ مگاپاسکال
صورت گرفته است.

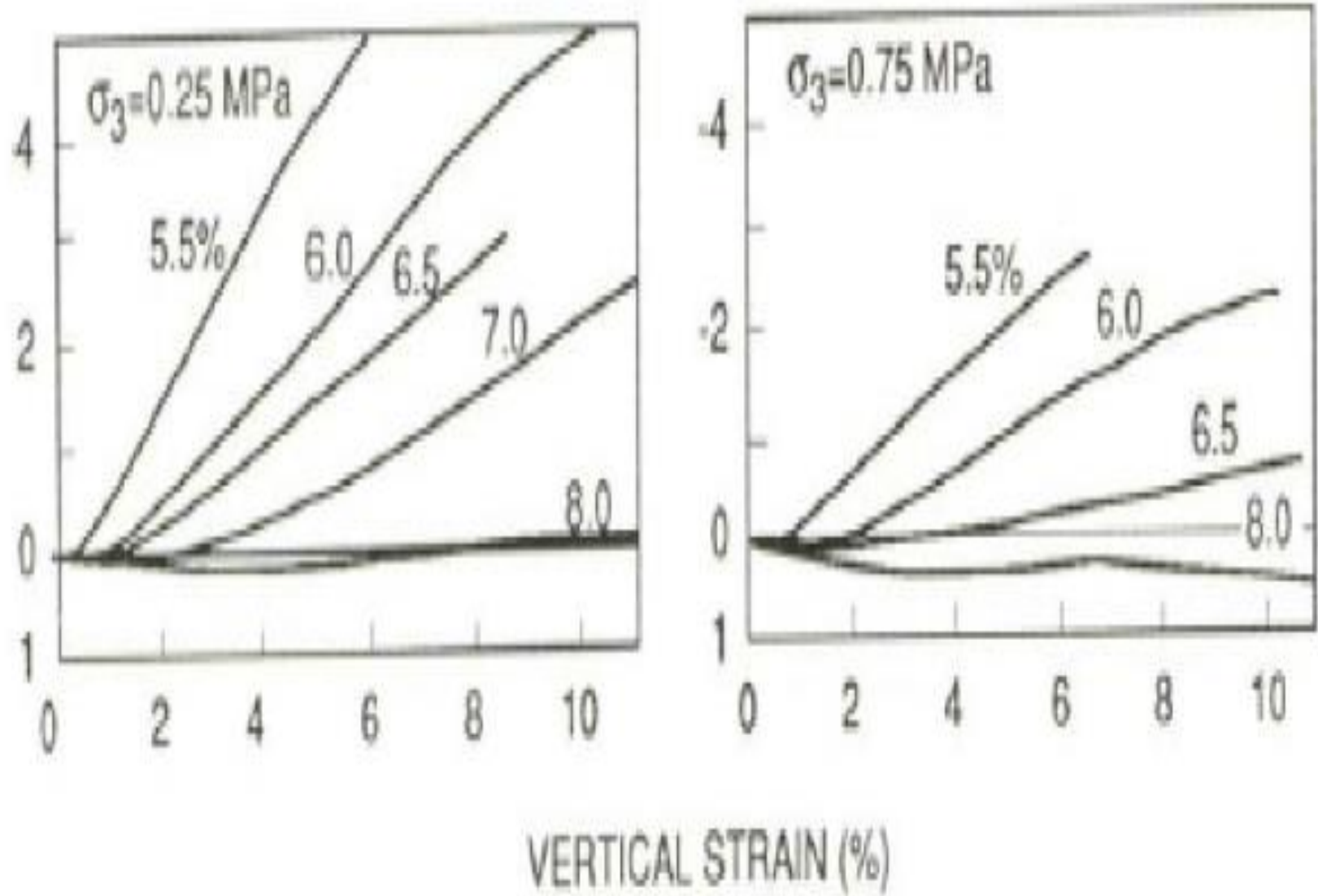
شکل ۴ - اثر کیفیت سنگدانه ها بر روی رفتار بتن کرنش آسفالتی [3]

تأثیر مقدار و ویسکوزیته قیر در عملکرد آسفالت

- میزان قیر بسته به نوع، خاصیت پوسته ای، ترکیبات معدنی، خواص سطحی سنگدانه، دانه بندی و ویسکوزیته قیر، معمولا 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.

تأثیر مقدار و ویسکوزیته قیر در عملکرد آسفالت

- افزایش حجم و اتساع آسفالت، باز شدن ریزترکها و افزایش نفوذپذیری در اثر وارد آمدن تنش های برشی بالا به بتن آسفالتی.
- مخلوط با کارایی کمتر و نفوذپذیری بیشتر در اثر مصرف کمتر قیر.
- ایجاد خواص ویسکو الاستو پلاستیک بیشتر ، مقاومت کمتر و نفوذپذیری کمتر در اثر مصرف مقدار قیر بیشتر.



نمودار روبرو مقدار کرنش
حجمی را بصورت تابعی از
میزان قیر و کرنش محوری
در آزمایش سه محوری را
نشان میدهد.

شکل ۵ - تغییرات کرنش حجمی با کرنش محوری بعنوان تابعی از مقدار قیر [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)	$\frac{\sigma_1}{\sigma_3}$ 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

انجام آزمایشات سه محوری بر روی نمونه های بتن آسفالتی با دو درصد مختلف ۵/۹ و ۸ درصد برای بررسی تاثیر افزایش قیر در مدول تغییر شکل و مقاومت.

مدول تغییر شکل در کرنش محوری ۱ درصد در فشارجانبی ۲ مگاپاسکال از ۳۰۰ مگاپاسکال به ۱۱۰ مگاپاسکال و مقاومت برشی نیز از ۳/۳۵ مگاپاسکال به ۲ مگاپاسکال کاهش یافت. (شکل ۴)

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

مشخصات فنی فیلر

- میزان درصد مصرف فیلر در مصالح آسفالت بستگی به دانه بندی مصالح سنگی دارد.
- هرچه درصد فضای خالی مصالح بیشتر و دانه بندی بازتر نیاز به فیلر بیشتر برای پر کردن فضای خالی.

مشخصات فنی مصالح مورد استفاده

در این بحث به مشخصات فنی مصالح مورد استفاده در موارد زیر خواهیم پرداخت:

- مشخصات فنی قیر مورد استفاده در مخلوط آسفالتی

- مشخصات فنی مصالح سنگی

مشخصات فنی قیر مورد استفاده در مخلوط آسفالتی

• با توجه به شرایط آب و هوای ایران بهترین گزینه برای انتخاب قیر، قیر ۶۰/۷۰ 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°	قیر ۶۰/۷۰
بیش از ۱۰۰ سانتیمتر	۰/۰۴	۶۷	۲۵۷	۱/۰۴	

مشخصات فنی مصالح سنگی

• به منظور تعیین کیفیت مقاومتی مصالح، آزمایشاتی بر روی مصالح انجام شده و نتایج حاصل از آزمایشات با استانداردها مقایسه شده است.

جدول ۲ - مقایسه نتایج آزمایش با استاندارد مربوطه

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

آزمایشات مارشال

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 تغییرشکل نسبی آسفالت (Flow)

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

- 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.

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

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

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 ۱۶۰ درجه در اون قرار داده شدند و قیر مورد استفاده را به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۴۰ درجه در اون قرار می دهیم.

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

- سپس مصالح سنگی را با درصد قیر های 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 ۱۵۰ درجه 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 (۲۰) به مدت ۲۴ ساعت قرار داده تا کاملا سرد شود.

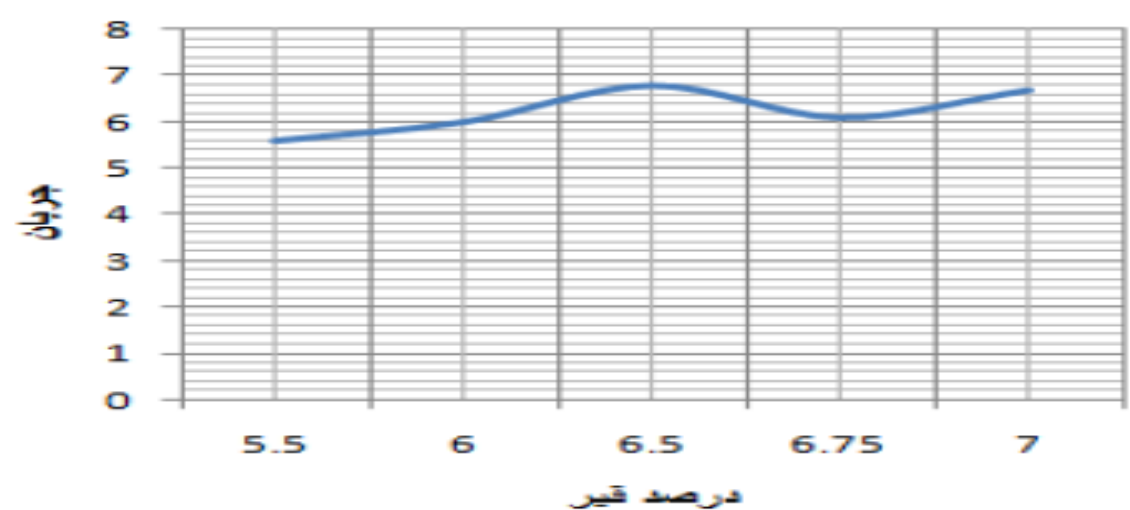
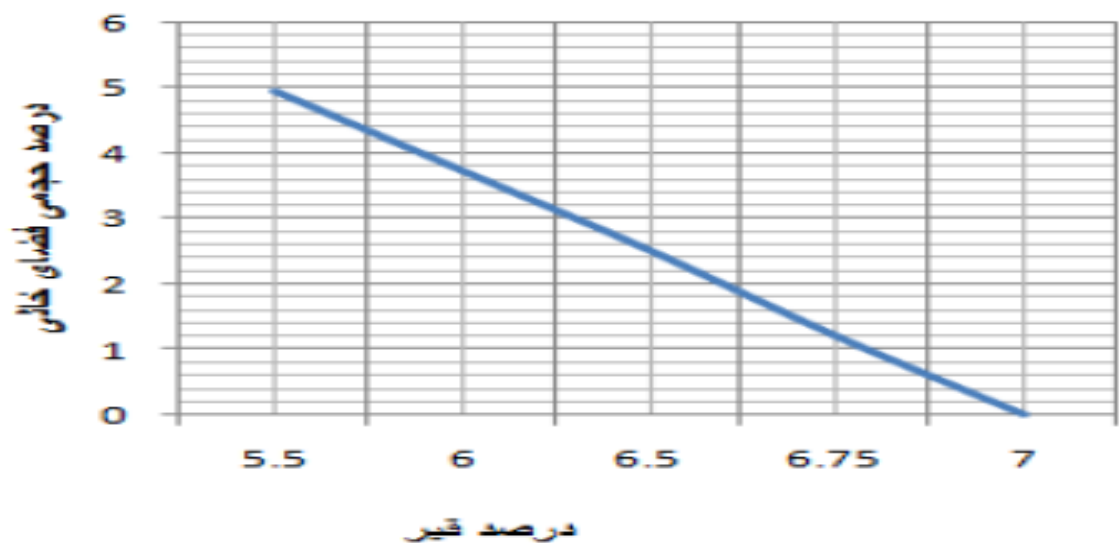
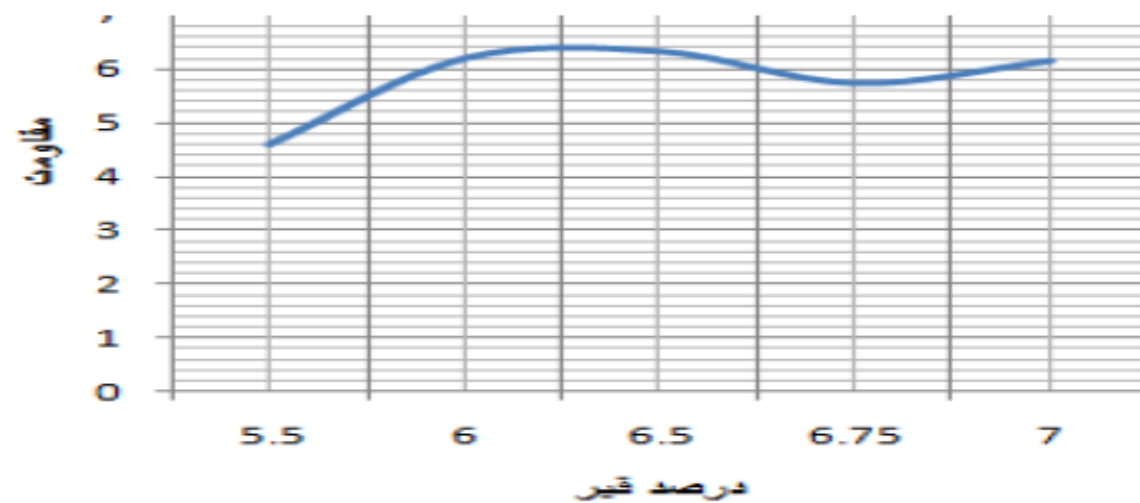
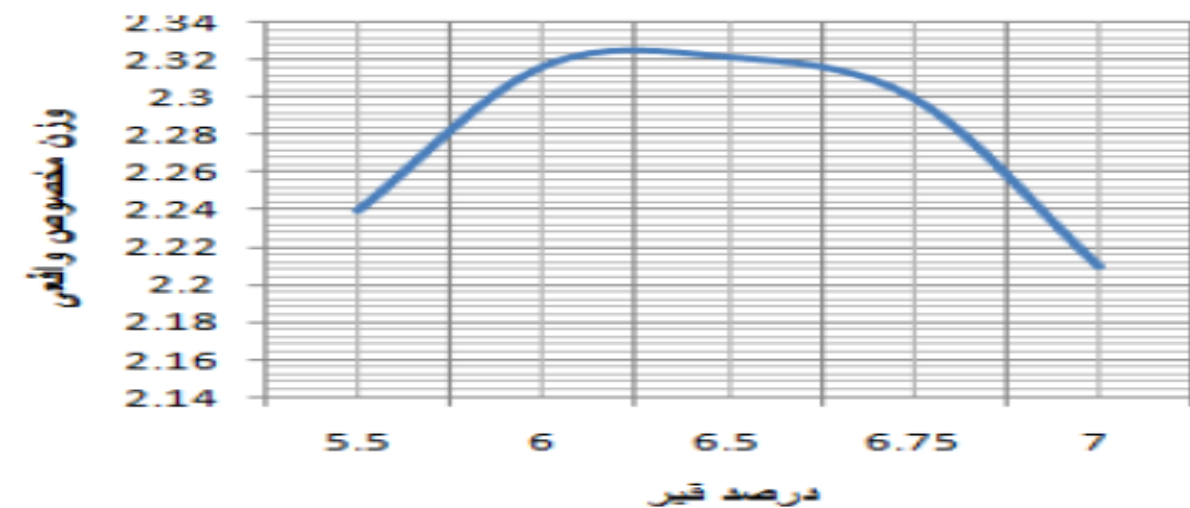
روش ساخت نمونه ها برای تعیین درصد قیر بهینه در آزمایش مارشال

• سپس از قالب خارج شده تا وزن، ارتفاع و وزن مخصوص تمام نمونه ها تعیین گردد.



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

نتایج حاصل از آزمایشات مارشال



شکل ۷ - نتایج حاصل از آزمایش مارشال

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 انتخاب شدند.
- در ابتدا تمام نمونه ها داخل حوضچه شده تا قبل از آزمایش استاتیکی به دمای ۲۲ درجه برسند.
- سپس نمونه ها از حوضچه خارج شده و درون سلول سه محوری قرار گرفتند.

نتایج حاصل از آزمایشات سه محوری

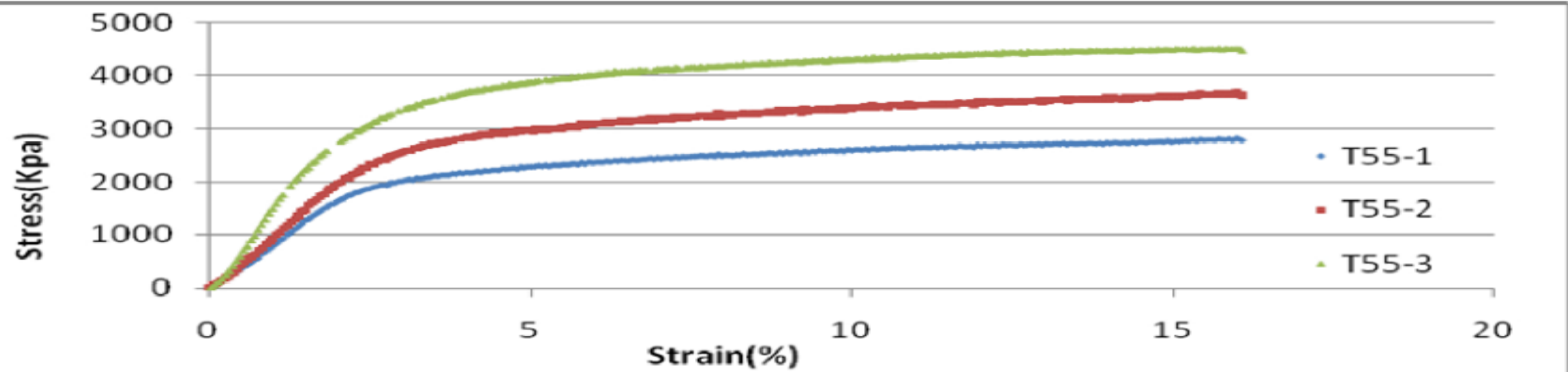
جدول ۵ - نتایج حاصل از آزمایشات سه محوری استاتیکی

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	

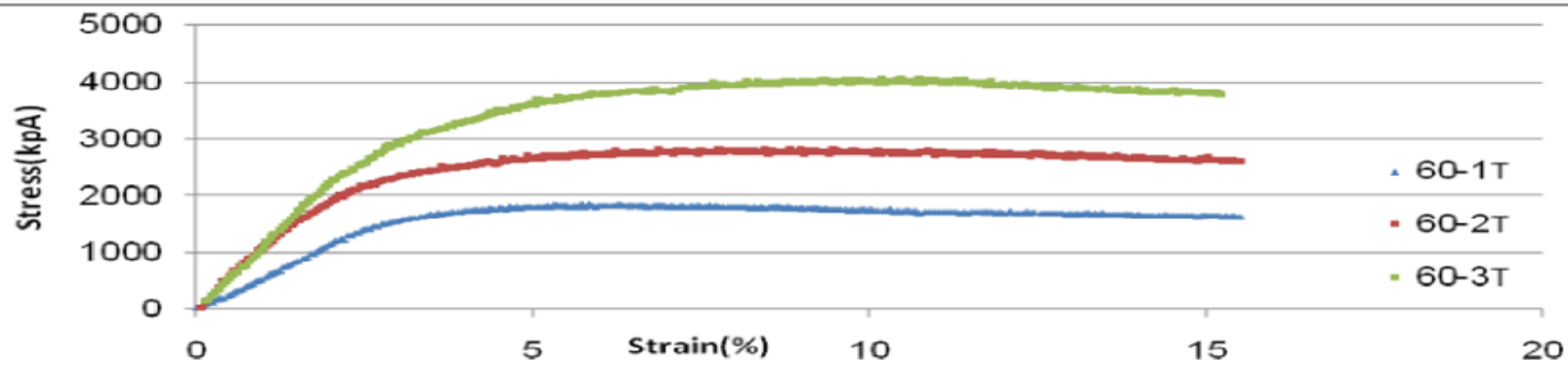
فشارهای محصور اعمال شده برابر ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۰۰ کیلو پاسکال بودند. همانطور که انتظار می رود، هر چه تنش محصور بالاتر باشد مقدار تنش محوری بیشتر، خواهد بود.

نتایج حاصل از آزمایشات سه محوری

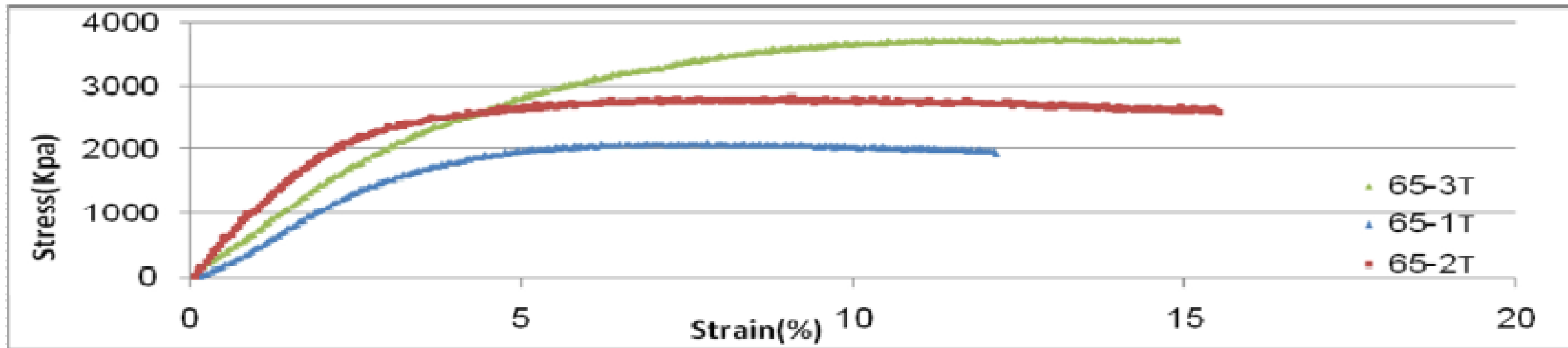
- با افزایش درصد قیر عمدتاً مدول سکانتی و مقاومت نهایی نمونه ها کاهش می یابند.
- همچنین با افزایش فشار جانبی و افزایش درصد قیر، کرنش در مقاومت حداکثر افزایش می یابد که حاکی از افزایش انعطاف پذیری نمونه ها می باشد به طوریکه سختی مصالح عمدتاً تابع قیر است.
- به طور عمومی با افزایش فشار همه جانبه مدول یانگ 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.



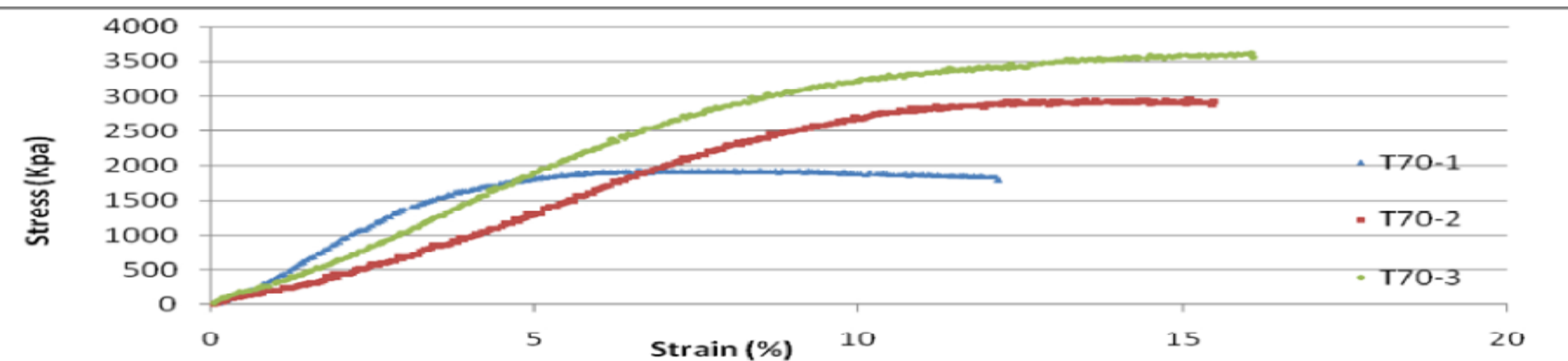
شکل ۹ - تنش محوری بر حسب کرنش محوری برای نمونه قیر ۰.۵٪ برای فشارهای ۲۵۰ KPa، ۵۰۰ KPa و ۷۵۰ KPa



شکل ۱۰ - تنش محوری بر حسب کرنش محوری برای نمونه قیر ۱٪ برای فشارهای ۲۵۰ KPa، ۵۰۰ KPa و ۷۵۰ KPa



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



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

نتیجه گیری

- درصد قیر آسفالت مورد استفاده در هسته سدهای خاکی ضمن ارضاء کارایی و تراکم بالا باید نفوذ پذیری، مقاومت، خواص ویسکوالاستیک-پلاستیک و خود ترمیمی آسفالت را تامین نماید.
- در درصد قیرهای پائین ضمن افزایش نفوذ پذیری، سختی و مقاومت باعث کاهش کارایی و خاصیت ویسکوالاستیک-پلاستیک میشود.

نتیجه گیری

- هسته های آسفالتی خصوصا در ناحیه بالایی سد تحت تاثیر کرنش های بزرگی ناشی از ارتعاشات زلزله قرار دارند لذا بهتر است از درصد قیر بیشتری نسبت به درصد قیر بهینه استفاده کنیم.
- افزایش درصد قیر به میزان قابل توجهی سبب کاهش سختی مصالح و افزایش انعطاف پذیری آن میگردد.

۲. نحوه ای اجرای سد خاکی با هسته بتن آسفالتی

• تاکنون تعدادی سد خاکی با هسته بتن آسفالتی ساخته شده اند . وجود شرایط آب و هوایی نامساعد در تعداد زیادی از فصول سال و عدم وجود منابع قرضه رسی در نزدیکی ساختگاه باعث می شود که سیستم آب بندسدهای خاکی از نوع هسته رسی تغییر یافته و گزینه های هسته آسفالتی و روکش بتنی مطرح شود. وجود مشکلات زیاد در اجرای روکش بتنی و آسیب پذیری بالای آن در زمان زلزله و حملات جنگی، گزینه سد خاکی با هسته آسفالتی با توجه به تکنولوژی اجرای ساده آن بهترین گزینه است. در این مقاله سعی شده است، تکنولوژی اجرای این گونه هسته ها تشریح گردد.

بچینگ پلنت هسته آسفالتی

- جهت اجرای هسته یک بچینگ پلنت با ظرفیت ۵۰-۶۰ تن در ساعت کافی است.
- بچینگ پلنت شامل حداقل چهار سیلوی ذخیره مواد سنگدانه داغ به همراه ترازو برای هر سیلو.
- تهیه اسفالت بصورت روزانه و پیوسته و کنترل دقیق برروی درجه حرارت.
- استفاده از یک فیلتر هوا جهت جداسازی پودرسنگ ناشی از شکستن سنگدانه ها.
- حدود ۱۲٪ فیلر(ریزدانه) ریزتر از ۰/۰۷۵ میلیمتر جهت تامین طرح اختلاط.

بچینگ پلنت هسته آسفالتی

- استفاده از سیمان پرتلند یا لایم استون خرد شده برای تامین یک طرح اختلاط دارای مشخصات کارگاهی خوب به عنوان فیلر.
- لذا دو سیلوی مواد ریزدانه (فیلر) نیاز است. یکی مربوط به فیلرهای ناشی از شکستن سنگدانه ها و دیگری مربوط به مواد و فیلرهای افزودنی که وابسته به درصد اسیدی سنگدانه های خرد شده است.



استقرار بچینگ پلانت
در نزدیکی سد به
منظور حمل آسان بتن
به سمت سد

شکل ۲- بچینگ پلنت در نزدیکی پایاب سد



 @icivilir

تجهیزات پخش کننده آسفالت هسته

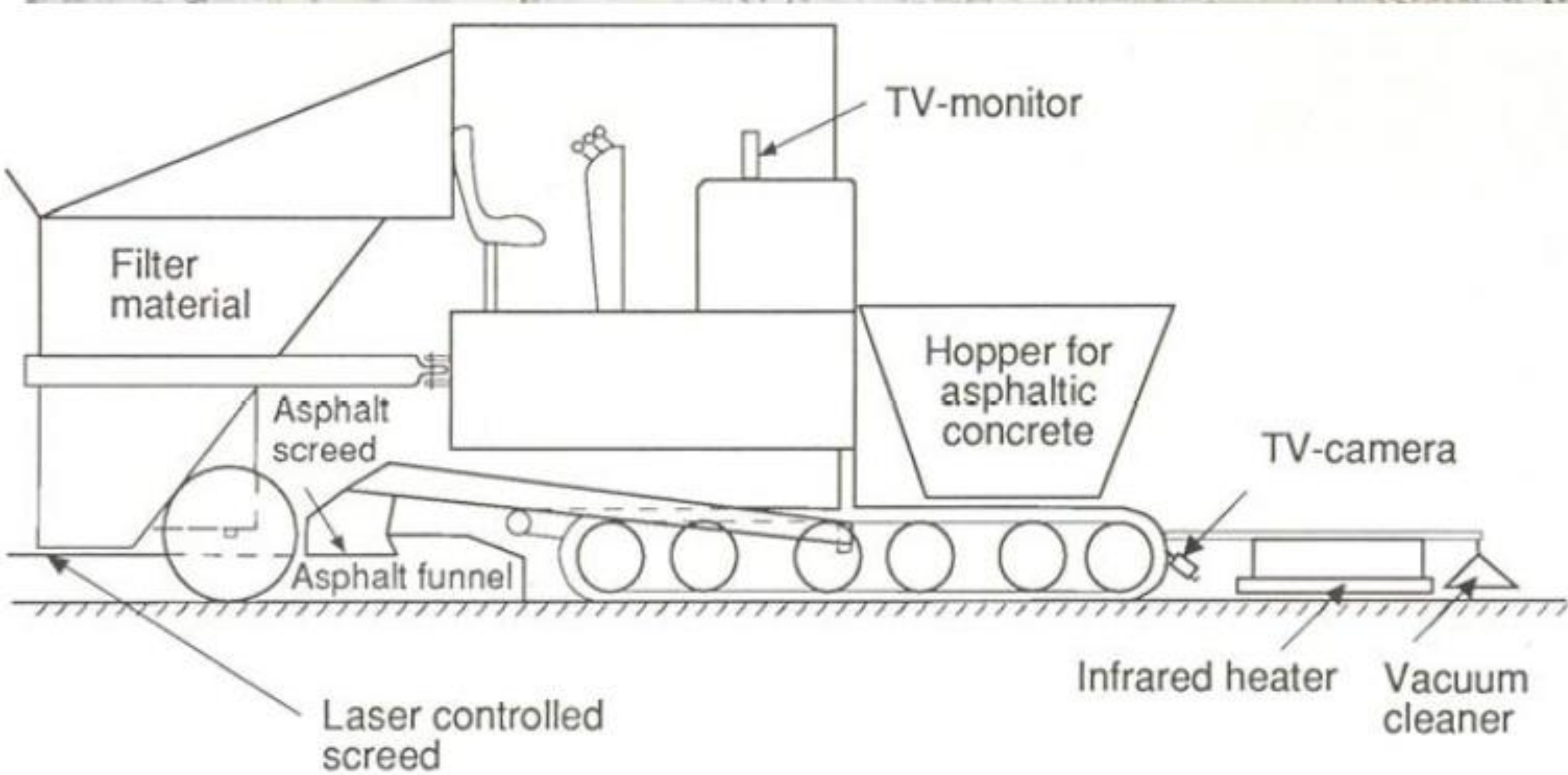
- دارای قابلیت ریختن و پخش بتن آسفالتی و فیلتر در لایه های ۲۰ سانتی
- دارای فرمان هیدرولیکی و قابلیت اجرای عرض هسته و سنگریز فیلتر بر اساس مشخصات طراحی.
- کنترل مقدار سنگریز فیلتر توسط لیزرگردان به منظوراتمینان از مسطح بودن لایه جهت اجرای لایه بعدی.

تجهيزات پخش کننده آسفالت هسته

- تنظیم خط اکس برای هر لایه مشخص.
- وجود یک دوربین فیلمبرداری به همراه یک مانیتور برای هدایت ماشین بر روی خط اکس.
- وجود یک گرماده گازی، بخاری مادون قرمز و یک جاروبرقی سنگین (به منظور جمع اوری غبار و رطوبت)

• گرم و خشک کردن سطح برای اجرای لایه بعدی توسط بخاری.





شکل ۳- دستگاه پخش کننده آسفالت و نحوه اجرای آسفالت

• عمل تراکم بتن آسفالتی و فیلترها توسط سه غلطک ویبره. (عرض غلطکه میانی اغلب باید بزرگتر از عرض هسته آسفالتی باشد).



شکل ۴- تراکم هسته و فیلتر اطراف آن توسط غلطک

• در صورتی که طرح اختلاط از نوع نرم باشد، غلطک نباید خیلی سنگین باشد، ولی در هر حال انرژی تراکمی باید به اندازه ای باشد که فضای خالی بین مصالح، حداقل های طراحی را ارضا نماید.



شکل ۵- بارگیری بتن آسفالتی و مصالح فیلتر به دستگاه پخش کننده آسفالت

تجهیزات پخش کننده آسفالت هسته

- تراکم فیلتر توسط غلطکهای ویبره ۱/۵ الی ۲ تنی بصورت موازی.
- توالی و میزان تراکم بسته به شرایط طرح اختلاط بتن اسفالتی و مصالح فیلتر مورد استفاده.
- حمل و بارگیری اسفالت توسط یک باکت مخصوص با قابلیت کنترل دمای مد نظر و نصب شده بر روی بیل مکانیکی.

تجهیزات پخش کننده آسفالت هسته

- ساخت بچینگ آسفالت در نزدیکی سد بمنظور حمل توسط بیل مکانیکی مذکور.
- اهمیت تهیه سریع و مطمئن بتن آسفالتی و مصالح فیلتر.
- تهیه مصالح فیلتر توسط دستگاه های حفاری و حمل با تراک های سنگین.

ریختن و تراکم

• کپ بتنی (پی آب بند) زیر هسته، با توجه به ایجاد یک بستر مناسب و سطح صاف باید به منظور به حداقل رساندن پخش و ریختن بتن اسفالتی اجرا شود.



شکل ۶- پخش دستی بتن آسفالتی

ریختن و تراکم

- استفاده از پمپ جهت رفع مشکل جمع شدگی آب در پایین ترین نقطه فونداسیون.
- خشک و تمیز بودن سطح بتن اولیه جهت چسبیدن خوب لایه های ماستیک اسفالت به بتن.
- اهمیت افقی بودن سطح بتن کپ.
- سطح بتن زبر اما یکنواخت باشد.

ریختن و تراکم

- زدودن ضایعات ناشی از انجام عملیات تزریق از سطح بتن.
- سندبلاست کردن سطح بتن یا شستن آن با اسید هیدروکلریک به منظور چسبندگی بهتر.
- اضافه کردن اسید استیرین به ماستیک جهت چسبندگی بهتر.
- تمیز و گرم کردن سطح ماستیک آسفالت قبل از ریختن بتن آسفالتی بر روی آن.

ریختن و تراکم

پی در پی و سریع انجام دادن عملیات پخش و توزیع دستی بتن اسفالتی و فیلتر، همسطح سازی، برچیدن قالب و تراکم بمنظور رعایت کامل مشخصات فنی شامل درجه حرارت و حداکثر تخلخل.



شکل ۷- پخش نمودن ماستیک آسفالت بر روی بتن آب بند کف

ریختن و تراکم

- داشتن یک کف افقی تثبیت شده با حداقل ۳۰ متر طول جهت انجام عملیات ماشینی.
- انجام یکسری عملیات دستی در تکیه گاه ها .
- انجام عملیات بصورت پیوسته و منطبق با حجم بچینگ و بصورت نرمال ۱ تا ۳ متر در دقیقه.
- ایجاد تمهیداتی برای اجرای درز اجرایی در صورت توقف بیش از ۱۰ الی ۱۵ دقیقه ای عملیات.

ریختن و تراکم

- اجرای فیلتر با ارتفاعی بیش از هسته و همزمان با اجرای آن خاکریزی شود.
- تفاوت طرح اختلاط اسفالت و فیلتر در هر پروژه.
- منحنی شدن سطح بتن اسفالتی پس از تراکم تا حد کمی و ایجاد ریزترک هایی در سطح آن.
- از بین رفتن ریز ترک ها با ریختن لایه ی بعدی.

ریختن و تراکم

- کنترل متناوب مقطع عرضی دیواره هسته بمنظور جلوگیری از تغییر شکل های جانبی ناشی از تراکم ناصاف.
- در فصول سرما و بخبندان و زمانهایی که بخاطر شرایط جوی کار با تاخیر و تعطیلی مواجه می شود، توصیه می شود که رقوم هسته بالاتر از رقوم مصالح دو طرف آن باشد تا سطح بتن اسفالتی دچار کثیفی و خاک گرفتگی یا جمع شدگی آب نمی شود.

ریختن و تراکم

• احداث پل های سبک فولادی بمنظور جلوگیری از تردد مستقیم ماشین آلات بر روی هسته اسفالتی.



شکل ۸- پل فولادی سبک بر روی هسته

کنترل و تضمین کیفیت

مشخصات و پارامترهای سخت گیرانه ای جهت ساخت بتن آسفالتی آب بند از نقطه نظر دانه بندی وجود دارد. کنترل و تضمین کیفیت خاصی برای پذیرفتن این مشخصات باید انجام گیرد. از جمله این کنترلها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- استفاده از بچینگ پلنت هایی که توسط کامپیتر بصورت دقیق کنترل شود.
- دقیقتر بودن کنترل کامپیوتری بچینگ پلنت بر روی وزن قیر و سنگدانه، نسبت به کنترل توسط تست های آزمایشگاهی.

کنترل و تضمین کیفیت

- کامپیوتر در صورت خارج بودن بخشی از مصالح از محدوده ی مجاز به اپراتور دستگاه هشدار می دهد.
- کنترل روزانه مشخصات مکانیکی سنگدانه ها شامل توزیع دانه بندی.
- اهمیت بالای کنترل کیفیت ساخت قبل از حمل و ریختن بتن اسفالتی به دلیل هزینه ی بالا و وقت گیر بودن تخریب بتن اسفالتی نا مرغوب.

کنترل و تضمین کیفیت

- گرفتن نمونه کر از هسته تنها زمانی که سطح اسفالت کاملا خنک است.
- عدم استفاده از نمونه گیری کر بصورت روزانه به دلیل زمانبر بودن چند روزه ی آسفالت برای خنک شدن کامل.
- روشهای جدیدنمونه گیری شامل اندازه گیری دانسیته(فضای خالی)توسط ابزار غیر مخرب و روشهای ایزوتوپ که نیاز به مطالعه و توسعه ی بیشتر می باشد.

۳. تحلیل اقتصادی

تحلیل اقتصادی

در این مقاله نسبت به شرح انالیز ریالی هر یک از فعالیتهای عمده ی احداث سد با توجه به مبانی فهرست بهایی پرداخته و در ادامه با توجه به قیاس حجمی مصالح و فعالیتهای هر یک از این دو نوع سد (سد با هسته رسی و سد با هسته بتن آسفالتی)، قیمت واحد طول یک مقطع نمونه سد بدست آمده و تحلیل اقتصادی شده است. برای این منظور سد تنگوییه سیرجان مورد بررسی قرار گرفته است.

تحليل اقتصادى

جدول ۳- قیمت کل یک سد با هسته رسی و هسته بتن آسفالتی

شرح	قیمت واحد ریال / m ³	سد با هسته رسی		سد با هسته بتن آسفالتی	
		حجم (m ³)	قیمت (ریال)	حجم (m ³)	قیمت (ریال)
آبرفت برداری	۶۲۷۳	۵۸/۰۲	۳۶۳۹۵۹/۵	۱۲	۷۵۲۷۶
بتن ریزی	۶۹۵۳۹	۵۸/۰۲	۴۰۳۴۶۵۲/۸	۱۲	۸۳۴۴۶۸
فیلتر	۱۴۶۰۰	۸۱۹/۹۲	۱۱۹۷۰۸۳۲	۳۰۱	۴۳۹۴۶۰۰

زهکش	۲۴۸۶۶	۳۱۴/۳۵	۷۸۱۶۶۲۷	۴۸۲	۱۱۹۸۵۴۱۲
پوسته	۵۹۰۹	۹۲۱۹	۵۴۴۷۵۰۷۱	۱۰۲۷۰/۵۱	۶۰۶۸۸۴۴۴
هسته رسی	۳۳۸۰۴	۱۵۰۴/۲	۵۰۸۴۷۹۷۷	-	-
هسته بتن آسفالتی	۲۰۸۲۴۳	-	-	۷۱	۱۴۷۸۵۲۵۳
جمع	-		۱۲۵۸۷۷۹۳۲		۹۲۷۶۳۴۵۳

نتیجه گیری

طبق انالیز اقتصادی و قیمت واحد اجرای هر یک از فعالیت های عمده ی اجرایی و احجام طراحی شده برای هر یک دو نوع سد با هسته رسی و هسته ی بتن اسفالتی مشخص است که مجموع هزینه ساخت سد با هسته بتن اسفالتی کمتر از سد خاکی با هسته رسی است.

در ضمن با در نظر گرفتن مدت زمان اجرایی، سد با هسته بتن اسفالتی به مراتب سرعت پیشرفت فیزیکی بیشتری نسبت به سد با هسته رسی دارد از این رو هزینه های جاری احداث سد به صورت چشمگیری کاهش می یابد.

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 LargeDams(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

1. Adikari, G.S.N., T. Valstad, B. Kjaernsli, and K. Høeg (1988), Behavior of Storvatn Dam, Norway. A case of prediction versus performance, Proceedings 5th Australia - New Zealand Conference on Geomechanics, Sydney, Australia. (Also presented in Norwegian Geotechnical Institute Publication No. 173,Oslo).
2. Arnevik, A., B. Kjaernsli, and S. Walbø (1988), The Storvatn Dam. A rockfill dam with a central core of asphaltic concrete, 16th International Congress on Large Dams, San Francisco, R. 9-Q.61. (Also presented in Norwegian Geotechnical Institute Publication No. 173, Oslo).
3. Asphalt Institute (1979), Mix design methods for asphalt concrete and other hot-mix types, Manual Series No. 2, The Asphalt Institute, College Park, Maryland.
4. Bikar, R. and H. Hass (1973), Untersuchungen über den Einfluss der Dichte auf Wasserdurchlässigkeit von Asphaltbetonen, Strabag, Schriftenreihe Nr. 9, Cologne.
5. Breth, H. and H. H. Schwab (1979), Zur Eignung des Asphaltbetons für die Innendichtung von Staudämmen, Wasserwirtschaft 69, Heft 11, pp. 348-351, Stuttgart.
6. Clough, R. W. and R. J. Woodward III (1967), Analysis of embankment stresses and deformations Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering, ASCE, Vol. 93, SM4, pp. 529-549.
7. FIDIC (1992), Conditions of contract for works of civil engineering construction, Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseil, 4. Edition, Paris.
8. Gazetas, G. and P. Dakoulas (1992), Seismic analysis and design of rockfill dams: state of the art, Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 11, pp. 27-61.