



بررسی آزمایشگاهی اثر بکارگیری واکس و پلیمر بر خاصیت میرایی مخلوط آسفالتی

امیر ایزدی

دانشکده فنی و مهندسی (دانشگاه شمال)

Amirizadi@iust.ac.ir

ارسطو جلالی

دانشکده فنی و مهندسی (دانشگاه آزاد اسلامی آیت الله آملی)

Arastoo.jalali@yahoo.com

۱-چکیده فارسی

امروزه با توجه به توسعه سریع حمل و نقل و تمایل به افزایش بار ترافیکی ، نیاز روز افزون به ارتقاء سطح کیفیت راه های کشور احساس می شود. افزایش طول عمر ، کاهش آلاینده گی ، کاهش مصرف سوخت ، کاهش مشکلات اجرا از پارامتر های قابل توجه در یک توسعه پایدار می باشد ، تکنولوژی آسفالت گرم (WMA) به همراه ساسوبیت نتایج قابل توجهی را ارائه کرده است ، حال ترکیب ساسوبیت به همراه افزودنی مورد توجه دیگری از خانواده پلیمر به نام استایرن- بوتادین - استایرن (SBS) و تاثیر توأم این دو بر خاصیت میرایی مورد توجه این گزارش می باشد ، اثر این دو افزودنی به عنوان افزایش و کاهش کاندروانی قیر مشهود است ؛ حال با توجه به اختلاط درصد های متفاوت از این دو افزودنی و بررسی عکس العمل نمونه ها در دما ۵-۲۵-۴۵ درجه سانتیگراد نتایج آزمایشات کشش غیر مستقیم نشان می دهد که افزایش انرژی شکست با توجه به کاهش دمای اختلاط تحقق یافته است.

کلمات کلیدی: انرژی شکست ، آزمایش کشش غیر مستقیم ، ساسوبیت، استایرن- بوتادین - استایرن



۲-مقدمه

آسفالت گرم یک سطح انعطاف پذیر بر پایه قیر طبیعی و مخلوط سنگی برای ما فراهم می‌سازد با در معرض گذاشتن مخلوط آسفالتی گرم در برابر ترکهای حرارتی، شیار شدگی، حساسیت در برابر رطوبت متوجه می‌شویم که افزودنی های مورد استفاده باعث ارتقا پارامتر های ذکر شده و در نتیجه افزایش طول عمر خستگی، مقاومت در برابر بارهای ترافیکی سنگین می‌گردد (Yilmaz and Ertugrul, 2013).

تکنولوژی مخلوط آسفالتی گرم یکی از پر کاربردترین مخلوط ها بشمار می آید چون توانسته با کاهش ۳۰-۶۰ درجه سانتیگراد دمای اختلاط و کاهش ۳۰٪ در مصرف سوخت به نسبت مخلوط آسفالتی گرم باعث کاهش مصرف انرژی و کاهش تولید گازهای گلخانه ای گردد. (Zhao and Gro, 2012)

تکنولوژی مخلوط آسفالتی به همراه ساسویت نقش مهمی در کاهش تولید گاز گلخانه‌ای دارد نتایج کاهش این آلاینده‌گی ها به صورت ۳۰-۴۰ درصد کاهش دی اکسید کربن، ۵۰٪ کاهش دی اکسید سولفور و ۱۰-۲۰ درصد کاهش مونواکسید کربن و کاهش ۲۰-۵۵ درصدی گرد غبار را به همراه دارد. (Capito et al, 2012)

حال با توجه به اینکه پلیمر به طور کلی باعث ارتقا خواص قیر می‌گردد اما مشکلاتی همچون هزینه اولیه زیاد، پیری زودرس در مخلوط آسفالتی می‌گردد باید بررسی های اثر توام این دو افزودنی را برای ایجاد یک مخلوط آسفالتی با ظرفیت جذب انرژی بیشتر به نسبت نمونه بکر خود مورد تحلیل قرار داد. (Zhu et al, 2014)

آزمایش عملکردی ساده کشش غیر مستقیم با توجه به اینکه امکان محاسبه انرژی تلف شده را در ماده ایجاد می‌کند و این انرژی قابلیت ارتباط با انرژی شکست را ایجاد می‌کند و شرایط را برای مقایسه و تعیین درصد مورد نیاز افزودنی‌ها برای ایجاد طرح اختلاط بهینه را فراهم می‌سازد (Zhu et al, 2014).

۳- مواد و روش تحقیق :

۳-۱: قیر:

قیر مورد استفاده در این گزارش تهیه شده از شرکت قیر آکام با درجه نفوذ ۶۰-۷۰ که مطابق با قیر PG 58-22 می‌باشد. استانداردهای قیر آکام مطابق با جدول شماره ۱ می‌باشد.

۱- جدول مشخصات قیر ۶۰-۷۰ شرکت قیر آکام

روش آزمایش	مشخصات		توضیحات
ASTM-D-71,D3289	۱/۰۱-۱/۰۸	(kg/m ³)	وزن مخصوص @۲۵ درجه سانتیگراد
ASTM-D-5	۶۰/۷۰		ضریب نفوذ @۲۵ درجه سانتیگراد ۱۰۰ گرم.۵
ASTM-D-36	۴۹/۵۶	(°C)	نقطه نرم شدگی
ASTM-D-113	۱۰۰ min.	(cm)	تورق @۲۵ درجه سانتیگراد ۵ سانتیمتر / مینیمم
ASTM-D-6	۰/۲ Max .	(Wt%)	از دست دادن حرارت
ASTM-D-5	۲۰ Max .	(%)	افت ضریب نفوذ پس از حرارت
ASTM-D-92	۲۵۰ Max .	(°C)	نقطه اشتعال
ASTM-D-2042	۹۹/۰ min.	(Wt%)	حلالیت در T.C.E
ASTM-D-4	۹۹/۵ min.		محتوای قیر طبیعی در ۲CS
DIN-EN 12606-1	۲/۰ Max .	(Wt%)	محتوی موم (واکس)
* T.O.H.S.A.A.۱۰۲	منفی		آزمون SOPT

**۲-۳ افزودنی :****۱-۲-۳ ساسوبیت :**

ساسوبیت یک ماده اورگانیک برای افزودن به قیر طبیعی است در Chemical Abstract Service (CAS) شماره ۲-۷۴-۸۰۰۲ با فرمول $C_nH_{2n} + 2$ توسط شرکت ساسول به ثبت رسیده است این ماده واکس سنتتیک از یک زنجیره طولانی هیدروکربنی آلیفاتیک از روند تولید زغالسنگ به گاز تولید شده است. (Hamzeh et al, 2012) و باعث کاهش کند روانی قیر در دمای اختلاط با سنگ دانه ها و تراکم بهتر مخلوط آسفالتی می گردد، مکانیزم ساسوبیت به علت داشتن یک زنجیره طولانی هیدروکربنی در حدود ۱۱۵-۴۰ حلقه زنجیری به نسبت یک قیر طبیعی که دارای ۴۵-۲۵ اتم کربن زنجیره کربنی بیشتری دارد، پس از ترکیب حلقه های کربنی باعث افزایش محدوده پلاستیک و دمای ذوب می گردد. اهمیت استفاده از ساسوبیت کاهش کندروانی، کاهش دمای اختلاط و آلاینده گی و در نتیجه افزایش کارایی قیر در مخلوط آسفالتی می باشد. (carmen rubio et al, 2012)

این واکس در دمای بالای ۱۱۵ درجه سانتیگراد به همراه قیر حل شده و یک ساختار جدید از خود تولید می کنند این ساختار باعث افزایش استحکام و مقاومت در برابر تغییر شکلها می گردد ساسوبیت دارای نقطه ذوب ۶۸ درجه سانتیگراد و دارای محدوده ذوب ۷۰-۱۱۴ درجه سانتیگراد می باشد و می توان به صورت همزمان در هنگام چرخه تولید مخلوط آسفالتی به قیر اضافه می گردد. (yiqui and Lei, 2012)

۲-۲-۳ استایرن-بوتادین-استایرن

استایرن-بوتادین-استایرن یک پلیمر آشنا و پر کاربرد از دهه ۶۰ میلادی به صورت یک افزودنی قابل اطمینان در زمینه کنترل تغییر شکل های دائمی ناشی از بارگذاری و شرایط محیطی می باشد با خاصیت الاستومتر - ترمو پلاستیکی می باشد، رشته های پلی استایرن با رفتار ترموپلاستیکی و پلی بوتادین ها با رفتار الاستیکی خود هستند که باعث کنترل این تغییر شکلها و انعطاف پذیری در دمای بالا و پایین می گردند. (yilmaz and Ertugrul, 2013)

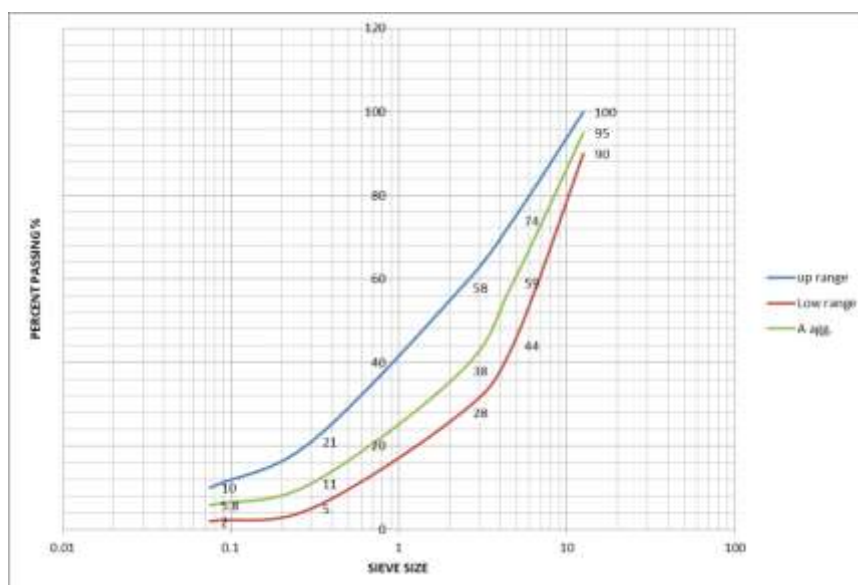
اختلاط این نوع پلیمر با قیر توسط دستگاه برش تحت شرایط خاص به صورت ۲۵۰۰ دور در دقیقه در دمایی ۱۷۰-۱۸۰ درجه در مدت زمان ۳۰ دقیقه انجام می گیرد.

۳-۳ دانه بندی :

مصالح سنگی بخش کلی مخلوط آسفالتی ما را در بر می گیرد، صلاحیت استفاده از دانه های، اندازه و درصد های استفاده از مصالح سنگی در مقاومت مخلوط آسفالتی نقش مهمی را بازی می کنند، طبق آیین نامه روسازی راه ایران (نشریه ۲۳۴) مصالح طبقه بندی شده در گروه شماره ۴ از سری دانه بندی پیوسته تهیه شده و جداول شماره ۲ و ۳ نشان دهنده صلاحیت و طبقه بندی مصالح می باشد.

۲- جدول آزمایشات کیفیت مصالح سنگی

تعیین تورق و طولیل دانه ها				درصد شکستگی مصالح روی الک شماره ۴		درصد افت وزنی در مقابل سایش به روش لس آنجلس		مشخصات نمونه
AASHTO - B 812				AASHTO - TB182		AASHTO - T96		مشخصات آیین نامه
۱۱	دراز	۲۷	پهن	۱۰۰	در دو جبهه	۲۷ درصد	دور دستگاه ۵۰۰ در دقیقه	شن ۱۲-۱۹
۱۴	دراز	۳۰	پهن	۱۰۰	در دو جبهه	۲۹ درصد	دور دستگاه ۵۰۰ در دقیقه	شن ۶-۱۲
---	-----	---	---	---	---	---	-	ماسه ۰-۳
----	----	----	---	---	----	----	----	فیلر



۳- جدول دانه بندی

۴-۳ تهیه نمونه :

نمونه ها در ۳ سری ۱۱ تایی مطابق استاندارد مارشال و توسط دستگاه تراکم چرخشی تهیه شده است شرایط در کلیه نمونه ها یکسان در جدول شماره ۴ نشان داده شده است .

۴- جدول نمونه ها

نوع افزودنی	دمای آزمایش درجه سانتیگراد	قیر	نوع	پلیمر	واکس	دمای اختلاط	دمای تراکم
پلیمر SBS	۴۵ - ۲۵ - ۵	60-70	۱	3%	-	170-180	۱۴۰-۱۳۰
			۲	4%	-	170-180	۱۴۰-۱۳۰
پلیمر و واکس	۴۵ - ۲۵ - ۵	60-70	۳	3%	1%	170-180	۱۴۰-۱۳۰
			۴	4%	1%	170-180	۱۴۰-۱۳۰
			۵	3%	2%	140-130	۱۲۰-۱۱۰
			۶	4%	2%	140-130	۱۲۰-۱۱۰
			۷	3%	3%	140-130	۱۲۰-۱۱۰
			۸	4%	3%	140-130	۱۲۰-۱۱۰
واکس	۴۵ - ۲۵ - ۵	60-70	۹	-	-	۱۷۰-۱۸۰	۱۳۰-۱۴۰
			۱۰	-	2%	110-120	۱۱۰-۱۰۰
			۱۱	-	3%	110-120	۱۱۰-۱۰۰

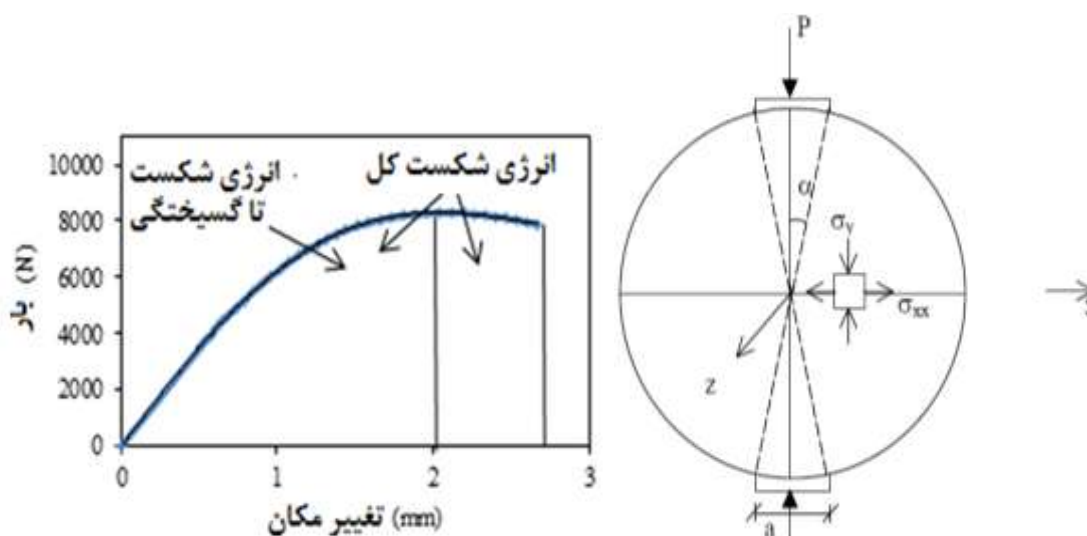
۵-۳ بررسی آزمایش کشش غیر مستقیم

بررسی رفتار خستگی بتن آسفالتی به طور گسترده از دهه ۶۰ برای طراحی روسازی انعطاف پذیر از آزمایش عملکردی ساده کشش غیر مستقیم استفاده می شود در این تحقیق آزمایش کشش غیر مستقیم بر طبق استاندارد AASHTO - T283 انجام

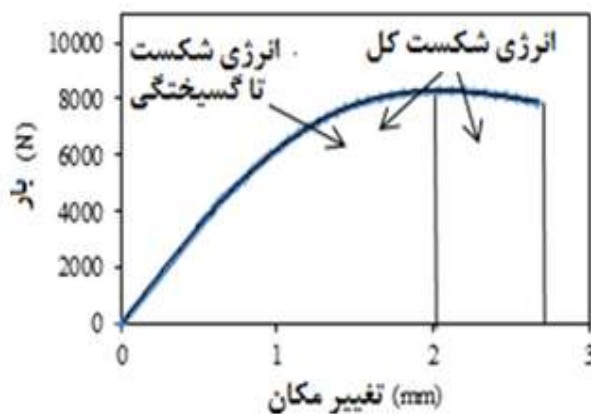
گرفته است نمونه استوانه ای به صورت قطری بارگذاری می شود ، اعمال بار به صورت عمودی و تا زمان شروع ترک ها و ایجاد تغییر شکل های در نتیجه شکست نمونه به طول می انجامد.

انرژی شکست به انرژی پتانسیل مورد نیاز برای ایجاد ترک در مخلوط آسفالتی گفته می شود . در واقع سطح زیر نمودار تنش - کرنش به بررسی ترک های حاصل از آزمایش کشش غیر مستقیم می پردازد ؛ انرژی شکست برای ایجاد واحدی برای بیان ترک خوردگی نمونه آسفالتی تعریف می گردد. انرژی تا لحظه شکست در واقع برابر سطح زیر منحنی تنش- کرنش تا میزان بار شکست حداکثر در نمودار می باشد بار گذاری تا لحظه شروع ترک افزایش پیدا می کند.

انرژی شکست را با F_E و بر حسب KN/mm ، P بار اعمال شده بر حسب KN قیر مکان بر حسب mm ثبت می گردد .



۵- بار گذاری نمونه استوانه ای توسط دستگاه کشش غیر مستقیم



۶- نمودار تنش - کرنش حاصل از آزمایش کشش غیر مستقیم

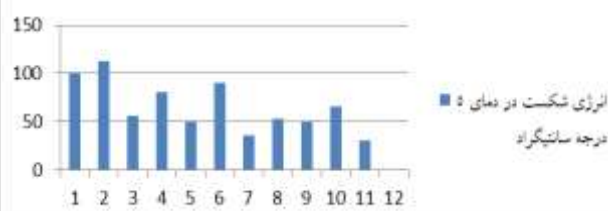
۴- یافته ها :

نتایج حاصل از آزمایش کشش غیر مستقیم پس از محاسبه سطح زیر نمودار تنش - کرنش که حاکی از مقدار جذب انرژی در مخلوط آسفالتی (میرایی) میباشد جهت تحلیل در بند های ذیل بکار گرفته شده است .

۴-۱ نتایج حاصل از آزمایش کشش غیر مستقیم در دمای ۵ درجه سانتیگراد

نمودار شماره ۷ نشان دهنده مساحت زیر نمودار تنش-کرنش یا همان انرژی شکست می باشد ، قابل توجه است نمونه های دارای افزودنی پلیمر نسبت به نمونه های ترکیبی واکس و ساسوبیت از شاخص بالاتری برخوردار هستند، که نشان دهنده تاثیر ساسوبیت در دمای پایین که باعث تردی مخلوط آسفالتی می باشد شرایط آزمایش در دمای ۵ درجه باعث کاهش انرژی شکست در مخلوط آسفالتی می گردد که به نوع خود معیار خوبی برای ارزیابی خستگی نمی باشد و تنها شاخص خوبی برای بررسی ترکهای حرارتی می باشد، اما نمونه هایی مورد توجه هستند که دمای اختلاط پایین تر و مقدار جذب انرژی بهتری نسبت به نمونه بکر خود دارند.

انرژی شکست در دمای ۵ درجه سانتیگراد

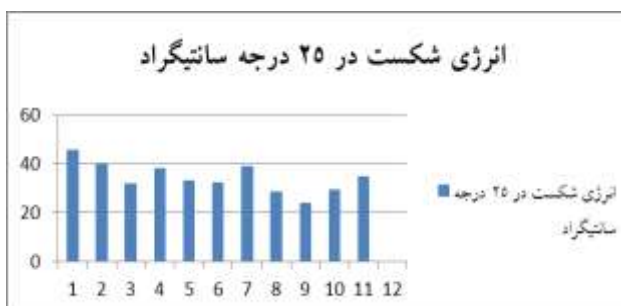


۷- نمودار انرژی شکست در دمای ۵ درجه سانتیگراد

۲-۴ نتایج آزمایش کشش غیر مستقیم در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد

نمودار شماره ۸ نشان دهنده مقدار انرژی شکست نمونه ها در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد می باشد ، نتایج حاصل امکان تحلیل رفتار خستگی مخلوط آسفالتی را فراهم می سازد ، با توجه به اینکه کاهش دمای اختلاط یکی از موارد مورد نظر استفاده از ساسوبیت می باشد نمونه ۵ با کاهش ۳۰-۳۵ درجه دمای اختلاط و رشد ۳۸,۲۹ درصدی نسبت به نمونه بکر از خود نشان داده است .

انرژی شکست در ۲۵ درجه سانتیگراد

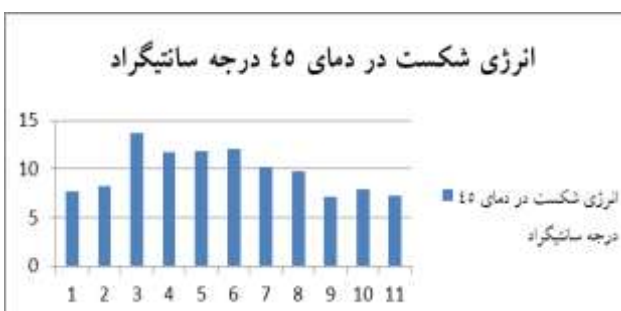


۸- نمودار انرژی شکست در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد

۳-۴ نتایج آزمایش کشش غیر مستقیم در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد

نمودار شماره ۹ نشان دهنده انرژی شکست در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد می باشد در دمای مذکور به طور کلی به موضوع شیار شدگی در مخلوط آسفالتی می پردازد رشته هایی پلیمر SBS از تغییر وضعیت جدی در مخلوط آسفالتی جلوگیری کرده و باعث افزایش طول عمر خستگی در مخلوط آسفالت می گردد، نتایج نشان می دهد وضعیت جذب انرژی در نمونه های حاوی پلیمر به نسبت نمونه های ترکیبی از شاخص کمتری برخوردار هستند نتایج نشان داده است که نمونه شماره ۵ از نظر انرژی شکست و دمای اختلاط بهینه بوده و به نسبت نمونه بکر خود ۶۵٪ رشد میرایی داشته است.

انرژی شکست در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد



۹- نمودار انرژی شکست در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد



۵. نتیجه گیری

- ۱- مشخص گردیده با بکارگیری ترکیب توأم واکس و پلیمر در تهیه مخلوط آسفالتی منجر به کاهش ۴۰ درجه سانتیگراد دمای تولید آسفالتی پلیمری می گردد .
- ۲- نتایج آزمایش های صورت گرفته در ۳ دمای ۵، ۲۵، و ۴۵ مشخص نمود که طرح اختلاط حاوی ۳٪ پلیمر و ۲٪ واکس منجر به کاهش دمای اختلاط از ۱۷۵^o به ۱۳۰^o و نیز حفظ سطح انرژی شکست در مقایسه با حالت پلیمر تنها شده است .
- ۳- بر اساس نتایج حاصل از آزمایشگاه در دمای ۲۵^o ، و لحاظ نمودن معیار های خستگی در این محدوده دمایی ، ترکیب ۳٪ پلیمر و ۳٪ واکس بهترین نتیجه را به لحاظ میزان عمر خستگی از نتیجه انرژی شکست دارا می باشد . این موضوع می تواند در مناطق با عبور و مرور زیاد و دمای میانگین سالیانه حدود ۲۵^o مدنظر قرار گیرد .
- ۴- نتایج آزمایشهای صورت گرفته در دمای ۵^o که ملاکی برای بررسی رفتار مخلوط آسفالتی در مواجه با بروز ترک های حرارتی است، مشخص نمود که مجدداً ترکیب ۳٪ پلیمر و ۲٪ واکس هم منجر به کاهش دمای تولید و هم منجر به افزایش انرژی شکست می گردد
- ۵- در دمای ۴۵^o که دمای بروز خرابی شیار شدگی است ، نمونه ۵ بدلیل بکارگیری ۳٪ پلیمر و ۲٪ واکس و نزدیکی مقدار انرژی شکست به سایر نمونه های مورد آزمایش است و نمونه بهینه انتخاب می گردد .
- ۶- در صورت انتخاب نمونه شماره ۵ بعنوان نمونه بهینه ، شاهد افزایش ۳۰٪ پارامتر انرژی شکست که این میزان تغییر در دمای ۲۵^o که در دمای مد نظر برای ارزیابی عمر خستگی است ، می باشد .

منابع لاتین:

- Zhu ,Brigisson and Niki Kringos .(2014) . Polymer modification of bitumen: Advances and challenges .
European polymer journal . 54(2014) 18-38
- Yilmaz M .Ertugrul M .(2013) .Effect of SBS and Different Natural Asphalt on the Properties of Bitumens
Binders and Mixtures .Journal Construction and Building Materials . 44(2013)533-540.
- Al khateeb G. Ghuzlan K . (2013). The C ombination Effect of Loading Frequency ,Temperature and Stress
Level on the Fatigue Life Asphalt Paving Mixture Using IDT Test Configuration .Journal Constraction
and Building Materials .59(2014)254-261
- Hamzeh ,Jamshidi and Zhanping You .(2012) .Performance of Warm Mix Asphalt Contaning Sasobit : State-
of-State-Art .Journal Construction and Building Material .38(2013)530-553 .
- Zhau .Guo .(2012) .Workability of Sasobit Warm Mixture Asphalt . International Conference on Future
Energy ,Enviroment,and Materials . Energy Procedia. 16 (2012).1230-1236
- S.D. Capitão , L.G. Picado-Santos, F. Martinho.(2012) .Pavment Engineering Materials: Review on the use
Warm-Mix Asphalt . Journal Construction and Building Materials .36(2012)1016-1024
- Yi-Qui T . Lei Z .(2012) .Investigationof the Effect of Wax Additive on the Properties of Asphalt Binder
.Journal Construction and Building Material .36(2012)578-584.
- Qiang , Lee and , Tae Woo Kim .(2012) .A simple Fatigue Performance Model of Asphalt Mixtures Based on
Fracture Energy.Journal Construction and Building Material .27(2012)605-611
- M. Carmen Rubio, Germán Martínez, Luis Baena, Fernando Moreno.(2012) .Warm mixture Asphalt : an
Overview .Journal of Cleaner Production .24(2012)76-86

Surf and download all data from SID.ir: www.SID.ir

Translate via STRS.ir: www.STRS.ir

Follow our scientific posts via our Blog: www.sid.ir/blog

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: www.sid.ir/workshop