

بررسی مشخصات رئولوژی قیرهای اصلاح شده با گیلسونایت

فرشاد قطب، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه رازی، ایران

محسن زاهدی، استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

سید شهاب حسنی نسب، استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه رازی،

مجید کریمی، دانش آموخته کارشناسی، آزمایشگاه فنی مکانیک خاک کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zahedi_mn@yahoo.com

دریافت: 96/01/07 - پذیرش: 96/06/15

چکیده

اصلاح خصوصیات رئولوژی قیرهای خالص به منظور بهبود عملکرد مخلوط‌های آسفالتی در چند دهه اخیر مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. در این پژوهش تاثیر گیلسونایت بر خواص رئولوژی قیر خالص بررسی شد. بدین منظور از درصد‌های مختلف پودر گیلسونایت در اصلاح مشخصات رئولوژی قیر خالص 60/70 استفاده شد. در بررسی رئولوژی قیرها (اصلاح شده و اصلاح نشده)، آزمایشات ویسکوزیته، نقطه نرمی، درجه نفوذ و درجه اشتعال انجام شد. همچنین حساسیت حرارتی قیرها نیز محاسبه گردید. نتایج بدست آمده از این تحقیق حاکی از آن است که افزودن گیلسونایت به قیر خالص موجب افزایش ویسکوزیته و نقطه نرمی قیر شده و کاهش درجه نفوذ آن را به همراه داشته است. همچنین افزودن این پودر به قیر خالص موجب بهبود حساسیت حرارتی شده اما، تاثیری بر درجه اشتعال قیر نداشته است. گیلسونایت و قیر استفاده شده در این تحقیق به ترتیب از معدن استان ایلام و پالایشگاه نفت پاسارگاد تهیه شده است.

واژه‌های کلیدی: گیلسونایت، قیر خالص، مشخصات رئولوژی

1- مقدمه

عمر روسازی‌های آسفالتی در کشور، معمولاً بسیار کمتر از دوره طراحی آن می‌باشد همچنین تحمیل هزینه‌های سنگین تعمیر و نگهداری روسازی آسفالتی که یکی از دلایل عمده آن کیفیت نامطلوب قیر است، به مرور زمان تبدیل به یک معضل گردیده است. یکی از روش‌هایی که می‌تواند عمر روسازی آسفالتی را افزایش دهد، ارتقای مشخصات رئولوژی قیر می‌باشد. گیلسونایت یکی از افزودنی‌هایی است که می‌توان از آن در اصلاح خصوصیات قیر استفاده نمود. بدین منظور در این تحقیق به بررسی خصوصیات رئولوژی قیر خالص اصلاح شده

با گیلسونایت طی آزمایشات درجه نفوذ، نقطه نرمی، ویسکوزیته و درجه اشتعال پرداخته شده است.

2- پیشینه تحقیق

امروزه گیلسونایت در دنیا کاملاً شناخته شده است و شرکت American Gilsonite محصولات متنوعی را از این ماده معدنی فرآوری و تولید می‌کند. یکی از مزیت‌های گیلسونایت آمریکایی، خاکستر بسیار پایین آن است که ارتباط زیادی به معدن آن ندارد، بلکه صرفاً به علت انجام فرآیند خالص سازی آن می‌باشد [Gilsonite in paving]. ماده معدنی که

امروزه به نام گیلسونایت شناخته شده در اوایل دهه 1860 کشف شد، اما تا سال 1880 که ساموئل اچ گیلسون آن را به عنوان ماده پوششی ضد آب برای الوار چوبی و همچنین عایق کابل و روغنی حلال استفاده کرد، به خوبی شناخته نشده بود. ساموئل اچ گیلسون در سال 1888 شرکتی تاسیس نمود و با شریک خود گیلسونایت را استخراج و در مقیاس تجاری عرضه نمود. [S.M.szeHo,2002] [zieglerchemical.com].

گیلسونایت یک هیدروکربن طبیعی با مقدار آسفالتین بالا، میزان بالای حل شونده در حلال‌های ارگانیک و میزان بالای نیتروژن می‌باشد [Mark G. Bouldin2002]. همچنین در آمریکا تاثیر گیلسونایت بر روی قیرهای خالص با درجه نفوذ 30 و 50 مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که گیلسونایت موجب افزایش نقطه نرمی و کاهش درجه نفوذ قیر می‌شود. [افشاری1385] گرچه درصد وزنی قیر در مخلوط‌های آسفالتی بسیار ناچیز است اما بعلاوه اهمیت جزء قیر در مشخصات فنی آسفالت، تعداد زیادی از تحقیقات انجام شده بر روی جزء قیر آسفالت است. با توجه به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی قیرها، جزء قیر در مخلوط آسفالتی تاثیر قابل توجهی بر روی عملکرد، دوام و ثبات مخلوط آسفالتی دارد. در این پژوهش تاثیر گیلسونایت بر عملکرد قیر در دمای بالا، متوسط و پایین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش بر مثبت بودن اثر گیلسونایت بر عملکرد قیر در دمای بالا از قیر تاکید دارد اما اثر گیلسونایت بر عملکرد قیر در دمای پایین نامطلوب گزارش شده است. همچنین افزودن گیلسونایت به عنوان اصلاح‌کننده به قیر موجب کاهش کشش قیر (خاصیت انگمی) می‌شود و بر این اساس استفاده از گیلسونایت در مناطق سردسیر موجب بروز مشکل ترک‌خوردگی برودتی می‌شود. [Ameri2010] از دیگر مزایای و ویژگی‌های قیر اصلاح شده با گیلسونایت می‌توان به افزایش مقاومت مارشال و مقاومت در برابر شیارشدگی مخلوط‌های آسفالتی اشاره کرد. همچنین با توجه به افزایش مقاومت مخلوط‌های آسفالتی، افزایش طول عمر سرویس‌دهی و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری را شاهد هستیم. [Jahanian2017]

محققان در پژوهشی دیگر به این نتیجه رسیده اند که استفاده از گیلسونایت به عنوان اصلاح‌کننده علاوه بر خصوصیات فنی مخلوط‌های آسفالتی دارای مزایای اقتصادی بسیار زیادی می‌باشد. [F. Pretorius2004]

3- روش تحقیق

3-1- مواد و مصالح

قیر طبیعی گیلسونایت در ایران و بخصوص در غرب و جنوب غربی ایران به وفور یافت می‌شود که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوتی با یکدیگر دارند بنابراین آنالیز و شناسایی خواص گیلسونایت از هر معدن امری مهم و ضروری است. یک عامل مهم در انتخاب گیلسونایت، میزان حلالیت آن در کربن دی سولفید و یا بنزین است بطوریکه هرچه میزان حلالیت گیلسونایت در کربن دی سولفید و یا بنزین کمتر باشد اختلاط گیلسونایت با قیر بهتر انجام می‌شود. [Herbert1945] [Barth Edwin1962]

3-2- آماده سازی مواد

گیلسونایت استفاده شده در این تحقیق از معدن ایلام تهیه شده است که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن مطابق جدول 1 و 2 می‌باشد. همچنین قیر خالص در این تحقیق از پالایشگاه نفت پاسارگارد می‌باشد که خصوصیات فیزیکی آن در جدول 3 نشان داده شده است.

3-3- آماده سازی اختلاط قیر با گیلسونایت

براساس پیشنهاد مجمع جهانی راه (PIARC)، پودر گیلسونایت مورد استفاده برای اصلاح قیر باید بطور کامل از الک شماره 50 عبور کند. برای این کار باید دمای مخلوط 140 درجه سانتی گراد باشد و به مدت 150 دقیقه و با سرعت 150 دور در دقیقه مخلوط شود. سپس دمای مخلوط تا 180 درجه سانتی گراد بالا رود و به مدت 30 دقیقه و با سرعت 4500 دور در دقیقه این فرآیند ادامه یابد تا مخلوطی همگن از گیلسونایت و قیر تهیه شود. [PIARC1999]

جدول 1. مشخصات فیزیکی گیلسونایت

Volatiles (%)	Solubility in Toluene	Solubility in H ₂ S (%)	Specific gravity	Softening point	Powder color	Moisture (%)	Ash	Mesh	آزمایش
1	92	96	1.05	200	Black	1	10-5	200	نتایج

جدول 2. مولفه‌های گیلسونایت

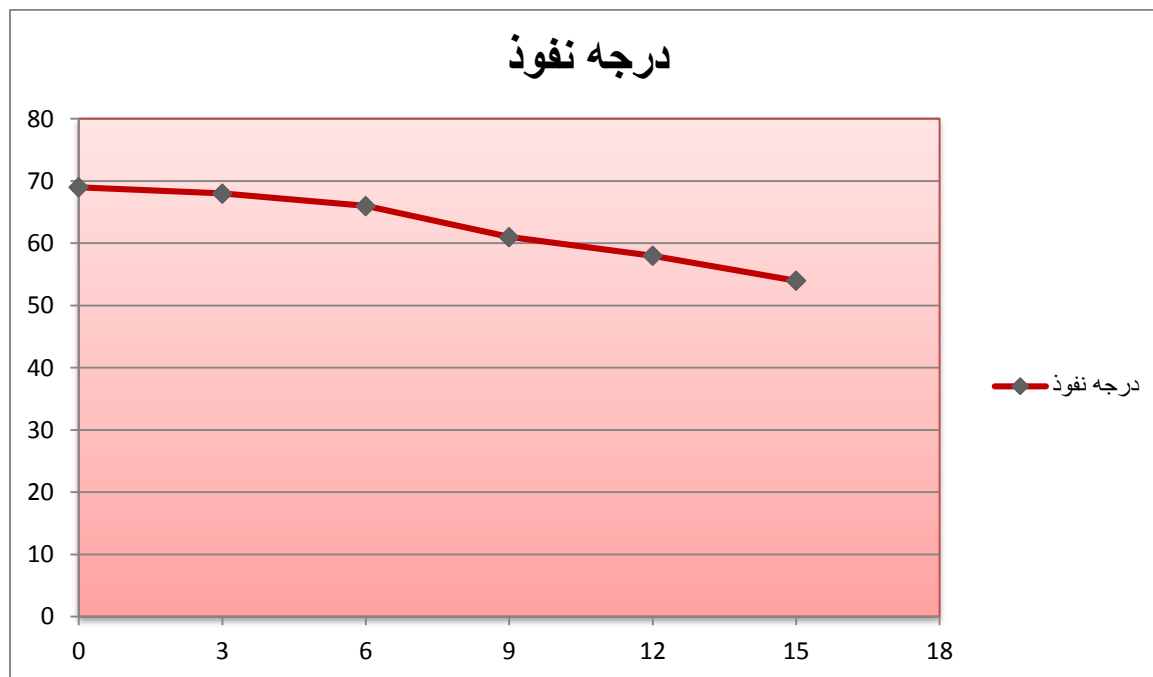
SO ₃	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	FeO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	CaO	N	S	H	C	مولفه
9.467	0.029	0.008	0.035	0.067	0.502	0.774	0.174	0.001	0.024	1.23	-	2.63	10.31	79.08	درصد

جدول 3. مشخصات فیزیکی قیر خالص

نتایج آزمون	روش آزمایش (ASTM)	نوع آزمون
1/011	D70	وزن مخصوص در 25 درجه سانتی‌گراد
69	D5	درجه نفوذ در 25 درجه سانتی‌گراد
49/7	D36	نقطه نرمی برحسب سانتی‌گراد
280	D2170	ویسکوزیته کینماتیک در 135 °C (سانتی‌استوک)
311	D92	درجه اشتعال برحسب سانتی‌گراد
-0/5	PI (برحسب درجه نفوذ در 25 °C و نقطه نرمی)	حساسیت حرارتی قیر
-1/22	PVN (برحسب درجه نفوذ در 25 °C و غلظت بر حسب سانتی‌استوک در 135)	

جدول 4. نتایج آزمایش قیر اصلاح شده با گیلسونایت

مقدار گیلسونایت (گرم)	درصد گیلسونایت (%)	وزن قیر خالص (گرم)	ویسکوزیته	نقطه نرمی	درجه نفوذ	درجه اشتعال
نمونه شاهد	0	56/5	280	49/7	69	311
1/7 گرم	3	54/8	280	49/8	68	310
3/4 گرم	6	53/1	287	50/7	66	310
5 گرم	9	51/5	430	52/6	61	310
6/8 گرم	12	49/7	482	53/3	58	311
8/5 گرم	15	48	651/9	55/3	54	310

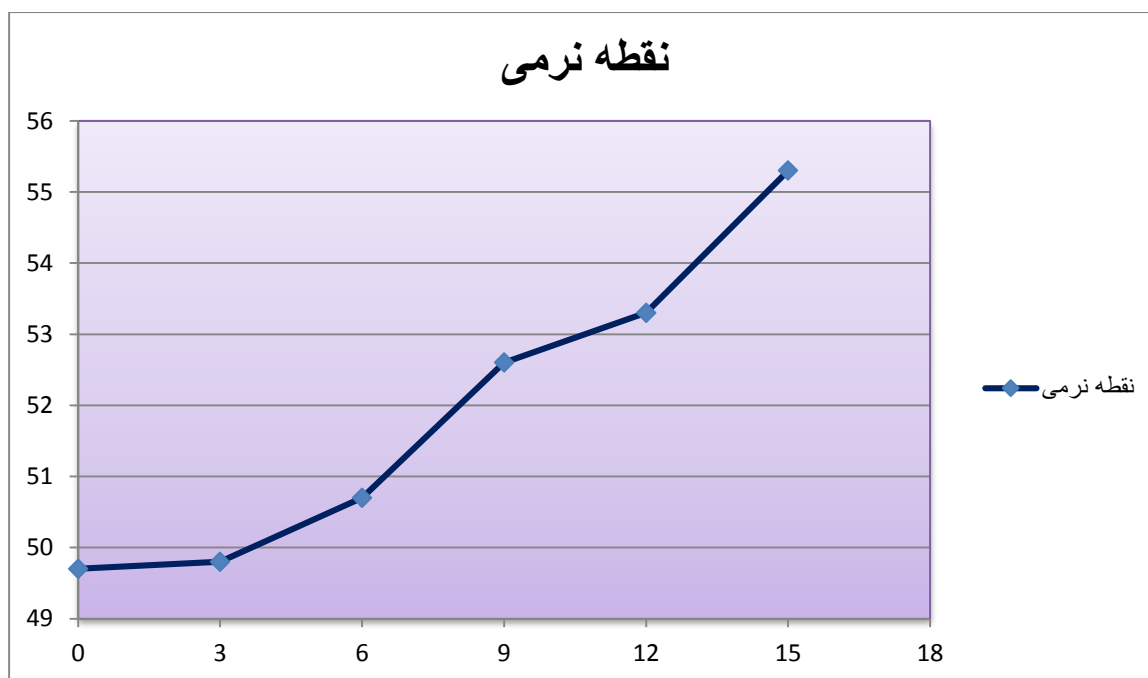


نمودار 1. درجه نفوذ قیرهای مورد آزمایش

4- نتایج آزمون

برای بررسی ویژگی های قیرهای اصلاح شده و اصلاح نشده، آزمایشات ویسکوزیته، نقطه نرمی، درجه نفوذ و درجه اشتعال انجام شده است. همچنین در این پژوهش حساسیت حرارتی قیرهای اصلاح شده و اصلاح نشده نیز محاسبه و باهم مقایسه شده است که در جدول 4 و نمودارهای 1 تا 4 نشان داده شده است. همانگونه که در نمودار 1 مشاهده می شود که با افزایش درصد گیلسونایت میزان درجه نفوذ کاهش پیدا می کند، بطوریکه با افزودن گیلسونایت به میزان 15٪ وزنی قیر، درجه نفوذ نسبت به نمونه اصلاح نشده 25٪ کاهش پیدا کرده است. همچنین در نمودار 2 مشاهده می شود که با افزایش

درصد گیلسونایت نقطه نرمی نیز افزایش پیدا کرده است بطوریکه با افزودن گیلسونایت به میزان 15٪ وزنی قیر، 12٪ نقطه نرمی نسبت به نمونه اصلاح نشده افزایش پیدا کرده است. نمودار 3 نیز بیانگر بهبود حساسیت حرارتی قیر می باشد به طوری که با افزودن گیلسونایت به میزان 15٪، حساسیت حرارتی قیر 24٪ نسبت به نمونه اصلاح نشده افزایش داشته است. همچنین در نمودار 4 مشاهده می شود که با افزایش درصد گیلسونایت ویسکوزیته قیر نیز افزایش پیدا کرده است. اما در نمودار 5 مشاهده می شود که گیلسونایت تاثیری بر روی درجه اشتعال قیر نگذاشته است.



نمودار 2. نقطه نرمی قیرهای مورد آزمایش

حرارتی قیرهای اصلاح شده و اصلاح نشده براساس شاخص درجه نفوذ (PI) محاسبه شد. حساسیت حرارتی را با شاخص PI نمایش می دهند و از رابطه ها محاسبه می شود.

نمودار 2 نشان دهنده تغییرات نقطه نرمی قیرهای اصلاح با افزایش درصد گیلسونایت است که حکایت از بهبود حساسیت حرارتی قیرهای اصلاح شده دارد. به همین منظور حساسیت

$$PI = \frac{1952 - 500 \log(\text{pen}_{25}) - 20SP}{50 \log(\text{pen}_{25}) - SP - 120}$$

که در آن:

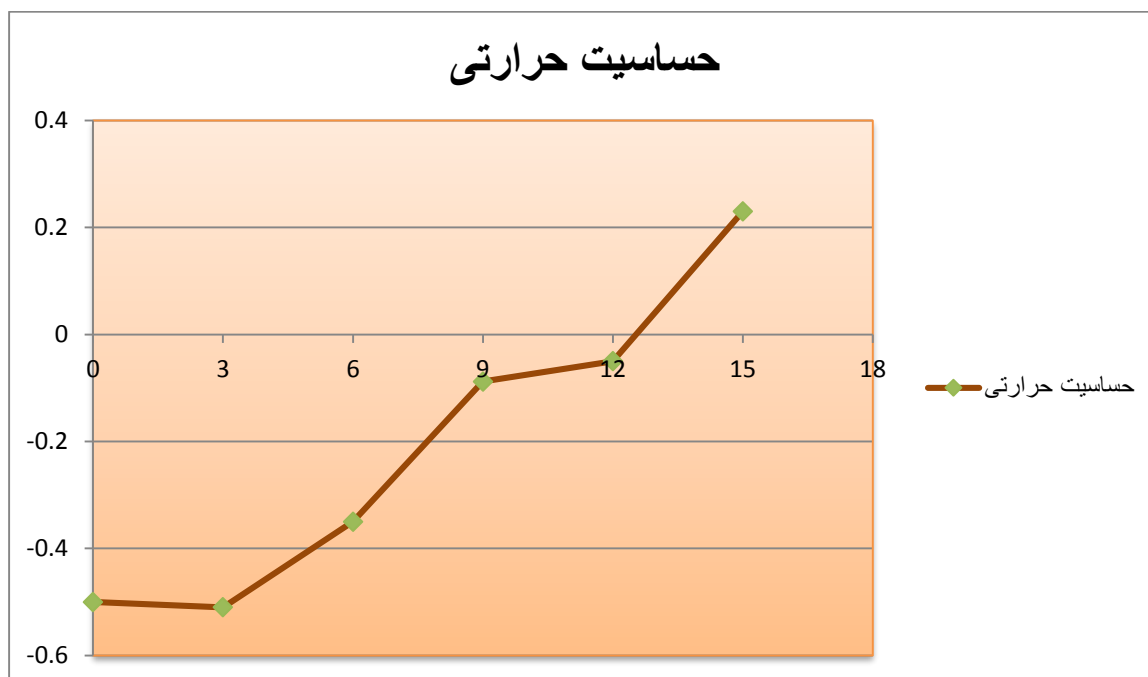
Pen25: درجه نفوذ قیر در 25 درجه سانتی گراد و SP:

نقطه نرمی بر حسب درجه سانتی گراد می باشد.

مقادی PI برای قیرهای مصرفی در راهسازی معمولاً در

محدوده -2 و +2 می باشد. نمودار 3 نحوه تغییرات PI را با

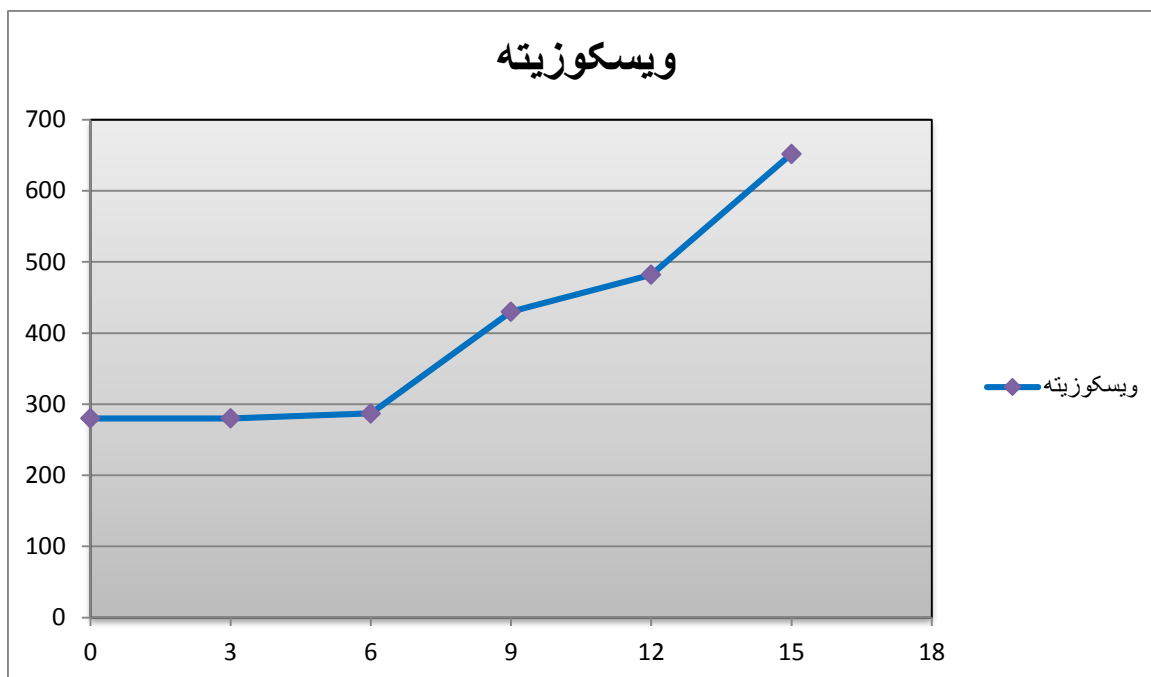
افزایش درصد گیلسونایت نشان می دهد. طبق روند نشان داده شده در این نمودار می توان نتیجه گرفت که قیر طبیعی گیلسونایت موجب بهبود حساسیت حرارتی قیر خالص می شود. در نمودار 4 نحوه تغییرات ویسکوزیته با افزایش درصد گیلسونایت نشان داده شده است.



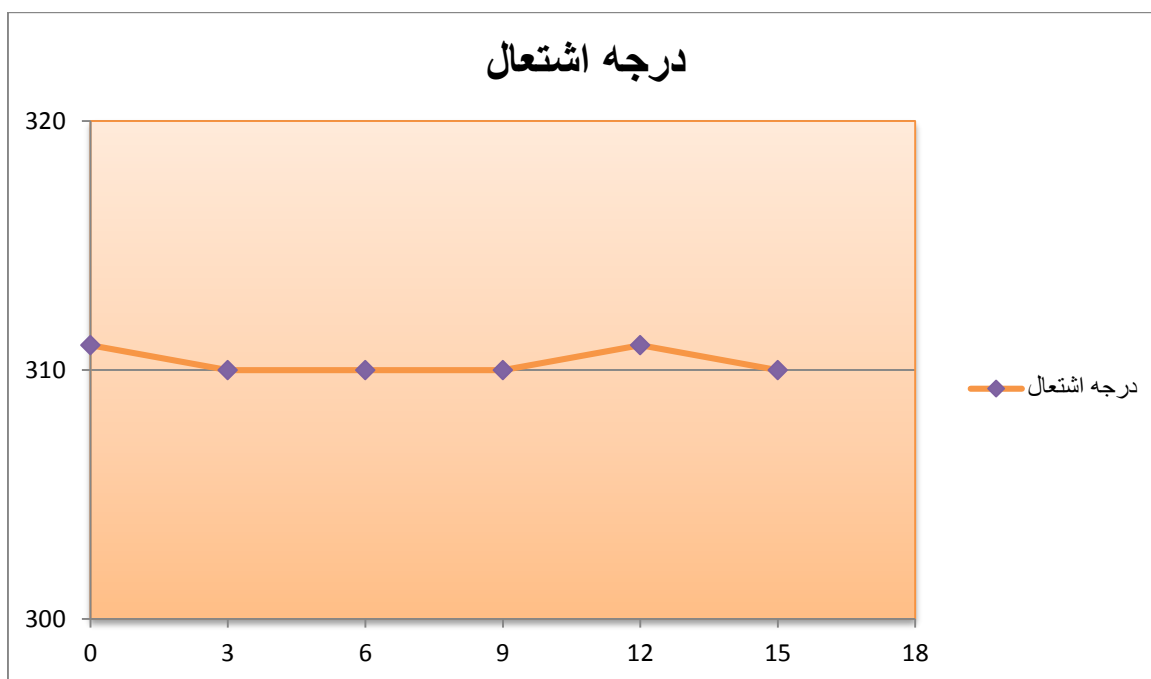
نمودار 3. تغییرات شاخص حساسیت حرارتی با افزایش درصد گیلسونایت

نوع قیر	PI
قیر دمیده ¹	>2
قیر معمول ²	-2 to +2
قیر حساس به دما ³	<-2

جدول 5. مقادیر PI برای تعیین کیفیت [Laboratory - Pavement Materials]



نمودار 4. تغییرات ویسکوزیته قیر حاوی درصدهای مختلف گیلسونایت



نمودار 5. تغییرات درجه اشتعال قیر حاوی درصدهای مختلف گیلسونایت

5- نتیجه گیری

-“Gilsonite in paving application”.

-www.americangilsonite.com.

- Herbert Abraham. Asphalts and allied Substances. 5th ed. New York: D. Van Nostrand (1945), Co.

- H.R. Jahanian ,Gh. Shafabakhsh, H. Divandari,” (2017), “Performance evaluation of Hot Mix Asphalt (HMA) containing bitumen modified with Gilsonite”, pavement construction”, Construction and Building Materials.

-“Laboratory - Pavement Materials Penetration of Bituminous Materials”, Nanyang Technological University School of Civil and Structural Engineering.

- Mark G. Bouldin, (2002),”Gilsonite modified hard pen binder study “American Gilsonite Company.

- S. M. sze Ho, Ludo Zsanzotta, (2002), “Impact of Different Types of Modification on Low Temperature Tensile Strength a Critical of Asphalt Binders”, Transportation Research Board.

- Use of Modified Bituminous Binders, (1999), “Special Bituminous and Bituminous and Bitumen’s with Additives in Road Pavements”, World Road Association (PIARC).

- www.zieglerchemical.com/gilsonite.htm.

بر طبق آزمایشات انجام گرفته بر روی قیر خالص 60/70 و قیرهای اصلاح شده با درصد های مختلف گیلسونایت مشاهده می شود که:

1- پودر قیر طبیعی گیلسونایت موجب کاهش درجه نفوذ قیر خالص 60/70 می شود.

2- پودر قیر طبیعی گیلسونایت موجب افزایش نقطه نرمی قیر خالص 60/70 می شود.

3- پودر قیر طبیعی گیلسونایت موجب افزایش ویسکوزیته قیر خالص 60/70 می شود.

4- پودر قیر طبیعی گیلسونایت موجب افزایش شاخص حساسیت حرارتی قیر خالص 60/70 می شود.

5- پودر قیر طبیعی گیلسونایت تاثیری بر روی درجه اشتعال قیر خالص 60/70 نمی گذارد.

6- مراجع

- افشاری، غ.، امامی، ح.، قلی پور، (1385). "قیرهای اصلاح شده توسط گیلسونایت، فورفورال اکسترکت و پلیمرها" مجله علوم و تکنولوژی پلیمر.

- Ameri, M., Mansurian, A., Salehi, S, Yadollahi, G (2010),”Technical study on the Iranian Gilsonite as an additive for modification of asphalt binders use in pavement construction”, Construction and Building Materials.

- Barth Edwin J. (1962), “Asphalt science and technology”, 3rd ed. New York: Gordon and Breach Science.

- F. Pretorius, J. Grobler, J. Onreat, (2004), “Development of a fit-for-propose product performance specification system for asphalt mixes”, J. Assoc. Asphalt Paving Technol.

Investigation of Rheological Properties of Pure Bitumen Modified With Gilsonite

F. Ghotb, Master Student, Faculty of Engineering, Razi University, Iran.

M. Zahedi, Assistant Professor, Faculty of Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.

S. Sh. Hasani Nasab, Assistant Professor, Faculty of Engineering, Razi University, Iran.

M. Karimi, Bachelor Degree, Technical Soil Mechanics Laboratory, Kermanshah, Iran

E-mail: zahedi_mn@yahoo.com

Received: May 2017-Accepted: Sep. 2017

ABSTRACT

The modifying of the rheological properties of pure bitumen to improve the performance of Asphalt mixtures has attracted many researchers in recent decades. The purpose of this study is to investigate the effect of Gilsonit on rheological properties of pure bitumen .For this purpose, different percentages of Gilsonite powder were used to modify the rheological properties of pure bitumen 60/70 .In the study of rheology of bitumen (modified and unmodified), viscosity test, softening point, penetration test and flash point were performed, in addition to, the thermal sensitivity of the bitumen was calculated. The results of this study indicate that the addition of Gilsonite to pure bitumen increases the viscosity and softening point and the penetration index of bitumen decreased. Also, Gilsonite improves the thermal sensitivity of pure bitumen, but this bitumen powder has no effect on the flash point. Gilsonite and bitumen used in this research are from the mine of Ilam province and the Pasargad oil refinery, respectively.

Keywords: Gilsonite, Pure Bitumen, Rheological Properties