

ارزیابی عملکرد فوم قیر اصلاح شده با سورفکتانت

واحد تحقیق و توسعه شرکت فیدار اصفهان



فهرست

۱	چکیده
۲	مقدمه
۳	مواد و روش تحقیق
۴	۱-۳ برنامه آزمایش
۵	۲-۳ خصوصیات قیر
۶	۳-۳ ویژگی‌های فوم قیر
۷	۴-۳ ماده فعال سطحی (سورفکتانت)
۸	۴. بحث و نتیجه‌گیری
۸	۱-۴ تأثیرات مقدار ماده فعال سطحی بر خواص قیر پایه
۱۱	۲-۴ تأثیرات مقدار سورفکتانت بر خصوصیات فوم قیر
۱۶	۵. نتیجه‌گیری





ارزیابی عملکرد فوم قیر اصلاح شده با سورفکتانت

۱. چکیده:

استفاده از فوم قیر برای بهبود مواد مورداستفاده در ساخت جاده‌ها قابل پذیرش‌تر شده درنتیجه استفاده از آن از اوایل سال ۱۹۹۰ میلادی افزایش چشمگیری داشته است. علاوه بر این، فرآیندهای به کارگیری فوم قیری نیز متعدد شده است. فوم قیر می‌تواند از طریق تزریق مقادیر کم آب سرد به صورت قطرات ریز در قیر نفوذی مذاب در یک محفظه انبساطی تولید شود. در حالی که فوم سازی آغاز می‌شود (ممکن است حدود ۲۰ ثانیه طول بکشد) قیر در حالت موقتی از جریان ویسکوز قرار داشته و می‌تواند با سنگدانه‌های معدنی در درجه حرارت محیط مخلوط شود. این مقاله تجزیه و تحلیل عملکرد فوم قیر اصلاح شده با استفاده از ماده فعال سطحی (سورفکتانت) را ارائه می‌کند. اگرچه به کارگیری فوم قیر در تولید آسفالت بتونی و انواع دیگر مخلوط‌های آسفالت بدون استفاده از افزودنی‌های شیمیایی به طور قابل توجهی باعث کاهش درجه حرارت، دمای فرآیند تولید و تأثیرگذاری بر عملکرد چسبندگی و پوشش دهی سنگدانه‌ها توسط قیر در مخلوط شیمیایی می‌شود؛ بنابراین، در برخی موارد امکان ترکیب پارامترهای چسبندگی و عامل فعال سطحی درون مخلوط‌های گرم و نیمه گرم با فوم قیر برای افزایش طول عمر و انعطاف‌پذیری آن‌ها وجود دارد. به دلیل ماهیت مختلف سورفکتانت‌های موجود، سازگاری متفاوت قیرها و اثر مثبت آن‌ها بر خواص رئولوژیکی قیر، به کارگیری عامل فعال سطحی ممکن است به طور قابل توجهی باعث دگرگونی در عملکرد فوم قیر شود. آزمون‌ها شامل تست عملکرد اصلی قیر قبل و بعد از فوم شدن است. دو نوع قیر مورد ارزیابی قرار گرفته که شامل قیر با نفوذ‌پذیری ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰ بود که از طریق اصلاح با عامل فعال سطحی به طور گستردگی برای بهبود کارایی مخلوط، سازگاری و چسبندگی در طیف وسیعی از مخلوط‌های آسفالت، مخصوصاً مخلوط آسفالت گرم (WMA)، مورداستفاده قرار می‌گیرد. در کنار آن قیر اصلاح‌نشده مخلوط شده با ۰/۴ و ۰/۶ درصد عامل فعال سطحی نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی‌ها اثربخشی مثبت اصلاح‌کننده را بر عملکرد فوم هر دو نوع قیر پایه را به صورت افزایش نسبت انبساط بیشینه و نیمه عمر فوم قیر نشان داد. طی این تحقیقات مشخص شد که به سازی عملکرد به نوع قیر پایه و مقدار اصلاح‌کننده بستگی دارد. بهبود نسبت انبساط و نیمه عمر فوم تأثیر مثبتی بر پوشش





دهی سنگدانه ها و چسبندگی داشته که این دو به همراه تقویت چسبندگی توسط اصلاح کننده، یک اثر مثبت ترکیبی بر کیفیت محصول نهایی مخلوط آسفالت دارد.

۲. مقدمه

صنعت در اروپا و سراسر جهان دچار تغییراتی اساسی در جهت بهبود پایداری جوامع مدرن و کاهش تأثیرات نامطلوب بر محیط زیست شده است. تلش های خوبی در جهت تسريع در این روند از طریق تصویب قوانینی در مجتمع بین المللی به منظور کاهش تغییرات آب و هوایی صورت گرفته و باعث افزایش سطح آگاهی فعالین صنعت جاده سازی و به دنبال آن کاهش مضرات زیست محیطی این صنعت شده است. فناوری های جدید باهدف استفاده بیشینه از مواد زائد و کاهش مصرف انرژی در فرآیند تولید و به طور کلی در جهت افزایش سازگاری صنعت با محیط زیست، ابداع شده است. به طور معمول، دمای تولید موردنیاز در ساخت آسفالت جاده بسیار بالا بوده و در نتیجه استفاده از تکنولوژی های روز به منظور کاهش این دما باعث صرفه جویی زیاد در مصرف انرژی و به تبع آن کاهش مضرات زیست محیطی این صنعت می شود.

ایده استفاده از دمای پایین برای تولید مخلوط قیری چیز جدیدی نیست. بیشترین تلاش های اولیه این ایده در سال ۱۹۵۶ میلادی توسط پروفسور Ladis Csanyi در دانشگاه ایالت آیووا آمریکا صورت پذیرفته است. فوم قیری تولید شده توسط ایشان در بیندر مورد استفاده قرار گرفت. از آن زمان به بعد از این نوع فوم در کشور های مختلف شامل ایالات متحده آمریکا، استرالیا و اروپا، عمدهاً به منظور تولید مخلوط آسفالت سرد در رو سازه های کم حجم و بخش زیرین ساختار آسفالت مورد استفاده قرار گرفت. روش های دیگر تولید مخلوط قیر با دمای پایین بر مبنای استفاده از افزودنی های شیمیایی به بیندر قیر به منظور تغییر خصوصیات آنها در مراحل تولید و یا سرویس استوار است. این افزودنی ها شامل ماده فعال سطحی، امولسیفایرها، زئولیت ها و واکس ها است. آلمانی ها در ۲۰ سال گذشته به طور موفقیت آمیزی از واکس ها در جهت کاهش دمای اختلاط، بهبود کارایی و فشرده سازی مخلوط قیری استفاده کرده اند. بیش از ۱۵ سال است که فرآیند کاهش دمای تولید (در طول تولید، حمل و نقل، پخش آن بر روی سطح و غلتک کاری) به یک





اولویت تبدیل شده است. با توجه به حرکت به سمت ترویج استفاده از این تکنولوژی، عملکرد مخلوط آسفالت گرم نیز باید به طور کامل مورد مطالعه قرار گیرد.

این مقاله نتایج آزمایش خواص فوم قیر ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰ اصلاح شده با افزودن ماده فعال سطحی را ارائه می‌کند. این نوع بایندرها به طور معمول برای آسفالت جاده‌هایی که تحت فشار ترافیکی متوسط هستند مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملکرد مناسب فوم برای دوام روسازی ساخته شده با مخلوط آسفالت گرم فومی از اهمیت بالایی برخوردار است. شیوه و تکنیک فوم سازی قیر اثر مستقیمی بر پیوستگی بایندر-سنگدانه و خواص مکانیکی مخلوط حاصل دارد. عوامل اثرگذار بر طول عمر آسفالت شامل پوشش دهی مناسب ذرات سنگدانه توسط قیر بوده که باعث تضمین سطح مناسب چسبندگی بین این مؤلفه است.

۳. مواد و روش تحقیق

۱-۳ برنامه آزمایش

آزمون‌هایی باهدف تبیین اثر عامل فعال سطحی افزوده شده در طول فرآیند تولید مخلوط آسفالت گرم (WMA) با قیرهای گرید ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰ برنامه‌ریزی شد. این آزمون‌ها در دو حالت قبل از اصلاح بایندر با افروزنی‌های شیمیایی (در مرحله پیش از تبدیل به فوم) و پس از آن انجام گرفت.

نتایج به دست آمده در زمینه‌ی تولید مخلوط قیری گرم موردنظری قرار گرفت. مقدار افزودنی در هر دو بایندر در محدوده ۰/۰ تا ۰/۶ درصد قرار داشت. نمونه‌های قیر نیز طبق استاندارد EN 12594 تهیه شد. آزمون‌ها به دو مرحله تقسیم شد. در مرحله اول پارامترهای اصلی قیر جاده قبل از فوم شدگی مشخص و موردنظری قرار گرفت و در مرحله دوم، عملکرد فوم قیر مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۳ خصوصیات قیر

تست‌های آزمایشگاهی بر روی بایندر قیری توصیه شده برای تولید مخلوط قیری داغ که به منظور لایه‌های ساختاری آسفالت در نظر گرفته شده بود، انجام شد.





در مرحله اول آزمون، خواص اصلی بایندر، قبل و بعد از اصلاح با سورفتانات اندازه‌گیری شد. تست‌های انجام‌شده شامل: نفوذپذیری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (PEN) مطابق استاندارد EN 1426، درجه حرارت نقطه نرمی ($T_{R&B}$) طبق استاندارد EN1427 و دمای نقطه شکست تعیین شد. PI بر اساس درجه حرارت نقطه نرمی ($T_{R&B}$) محاسبه شد. نفوذپذیری یک معیاری است از حساسیت دمایی قیر و نرخ تغییر سختی را در دماهای مختلف نشان می‌دهد.

هدف کلی آزمون‌ها تبیین اثر مقدار سورفتانات بر خصوصیت نفوذپذیری بایندر ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰ بود. اهمیت نتایج به دست‌آمده در رابطه با فاکتور مقدار سورفتانات با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA مورد بررسی قرار گرفت.

قابلیت نفوذ قیر را بر اساس مقدار نفوذ یک سوزن استاندارد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در داخل قیر تعریف می‌کنند. این سوزن تحت اثر نیرویی معادل ۱۰۰ گرم است. مقدار نفوذ این سوزن استاندارد را بعد از پنج ثانیه اندازه می‌گیرند و آن را به عنوان قابلیت نفوذ تعریف می‌کنند. نقطه نرمی را بر اساس روش ساقمه و حلقه به دست می‌آورند. نقطه نرمی درجه حرارتی است که در آن قیر موجود در حلقه نرم شده و ساقمه از درون حلقه عبور می‌نماید.

آزمون نقطه شکست در اصل برای مشخص کردن دمایی که در آن قیر به یک سختی بحرانی می‌رسد و می‌شکند استفاده می‌شود.

۳-۳- ویژگی‌های فوم قیر

مرحله دوم آزمایش شامل تبیین خصوصیات و پارامترهای فوم قیر (نسبت انبساط و نیمه‌عمر) تولید شده از قیر پایه با نفوذپذیری ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰ و همچنین تعیین خواص بایندر اصلاح شده با افزودن سورفتانات است. تمامی این مشخصات در شرایط آزمایشگاهی و تحت استانداردهای مربوطه اندازه‌گیری شد.

نسبت انبساط شامل نسبت بین بیشترین حجم قیر و مقدار اولیه قیر (قبل از فوم شدن) است. این نسبت نشان‌دهنده میزان افزایش حجم فرآورده در طول فوم شدگی است. در حالی که





نیمه عمر مدت زمانی است که طول می کشد تا نیمی از حجم بیشینه فوم از بین برود. نیمه عمر بر اساس ثانیه محاسبه می شود. نسبت انبساط شاخص غیر مستقیمی از ویسکوزیته فوم بوده و نشانه ای ارائه می دهد که مشخص کننده چگونگی پراکنش بایندر در مخلوط معدنی برای تولید یک ساختار یکنواخت است. نیمه عمر شاخصی از پایداری و ثبات فوم بوده و نشان دهنده سرعت فروپاشی آن است. معمولاً یک رابطه معکوس بین این دو پارامتر یعنی نسبت انبساط و نیمه عمر وجود دارد. بدین صورت که افزایش مقدار آب فوم باعث افزایش نسبت انبساط و کاهش نیمه عمر می شود.

خصوصیات فوم در محدوده مقدار آب بین $1/5$ تا 4 درصد اندازه گیری شد. مقدار آب فوم استفاده شده و شرایط تولید فوم بر اساس تجربه نویسنندگان این مقاله و دیگر پژوهشگران انتخاب شد.

آنالیز نتایج شامل تعیین خصوصیات مطلوب و بهینه فوم با دست کاری کردن میزان و سطح فاکتورهای مؤثر شامل مقدار آب فوم (FWC) و مقدار سورفکتانت است. برای ارائه یک ارزیابی معتبر، خصوصیات فوم قیر برای هر بازه زمانی در هر سطحی از مقدار آب فوم (FWC) به صورت مجزا تعیین شد.

۴-۳ ماده فعال سطحی (سورفکتانت)

ماده فعال سطحی مورد استفاده در این آزمون توسط کمپانی CECA فرانسه تولید شده است. این فرآورده به صورت مایع بوده که حدود 60 درصد از آن از مواد زائد تولید شده است و به قیر اضافه می شود. مقدار کمی از این سورفکتانت (از $0/2$ درصد تا $0/5$ درصد از حجم کل قیر) قادر به کاهش دمای تولید مخلوط در حدود 30 الی 40 درجه سانتی گراد است.

در زمان آزمایش، سورفکتانت به مقدار $0/2$ ، $0/4$ و $0/6$ درصد از حجم کل بایندر به صورت مستقیم به قیر قبل از فوم شدگی اضافه شد.





۴. بحث و نتیجه‌گیری

۱-۴ تأثیرات مقدار ماده فعال سطحی بر خواص قیر پایه

شکل شماره ۱ (a-d) نشان‌دهنده تأثیرات مقدار سورفتکتانت بر تغییرات پارامترهای دو نوع قیر ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰ منتخب است. مقادیر شاخص نفوذپذیری محاسبه شده در شکل شماره ۱ (d) نشان داده شده است. جدول شماره ۱ نتایج آزمون‌های مهم (واریانس یک‌طرفه ANOVA) را در زمینه تأثیر مقدار سورفتکتانت بر توزیع پارامترهای مورد آزمایش را ارائه کرده است.

Feature	Bitumen type	Effect	Univariate Tests of Significance				
			Sigma-restricted parameterization		Effective hypothesis decomposition		
			SS	DF	MS	F	p
Pen (0.1mm)	35/50	Intercept	27722.25	1	27722.25	14463.78	0.000000
		Surfactant content (%)	14.75	3	4.92	2.57	0.103389
		Error	23.00	12	1.92		
	50/70	Intercept	52212.25	1	52212.25	30563.27	0.000000
		Surfactant content (%)	13.25	3	4.42	2.59	0.101679
		Error	20.50	12	1.71		
$T_{R\&B}$ (°C)	35/50	Intercept	47306.25	1	47306.25	20642.73	0.000000
		Surfactant content (%)	20.25	3	6.75	2.95	0.075969
		Error	27.50	12	2.29		
	50/70	Intercept	42539.06	1	42539.06	17755.43	0.000000
		Surfactant content (%)	19.19	3	6.40	2.67	0.094873
		Error	28.75	12	2.40		
T_{Fraass} (°C)	35/50	Intercept	1701.563	1	1701.563	3889.286	0.000000
		Surfactant content (%)	8.187	3	2.729	2.77	0.088501
		Error	5.250	12	0.438		
	50/70	Intercept	3660.25	1	3660.250	3029.172	0.000000
		Surfactant content (%)	13.25	3	4.417	3.255	0.054279
		Error	14.50	12	1.208		

جدول ۱ تأثیر مقدار سورفتکتانت بر خصوصیات قیر ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰

نتایج ارائه شده در شکل شماره ۱ (a-d) و همچنین جدول شماره ۱ نشان می‌دهد که تأثیر سورفتکتانت مورداستفاده در مقادیر مشخص شده برای هر دو نوع قیر ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰، مشابه

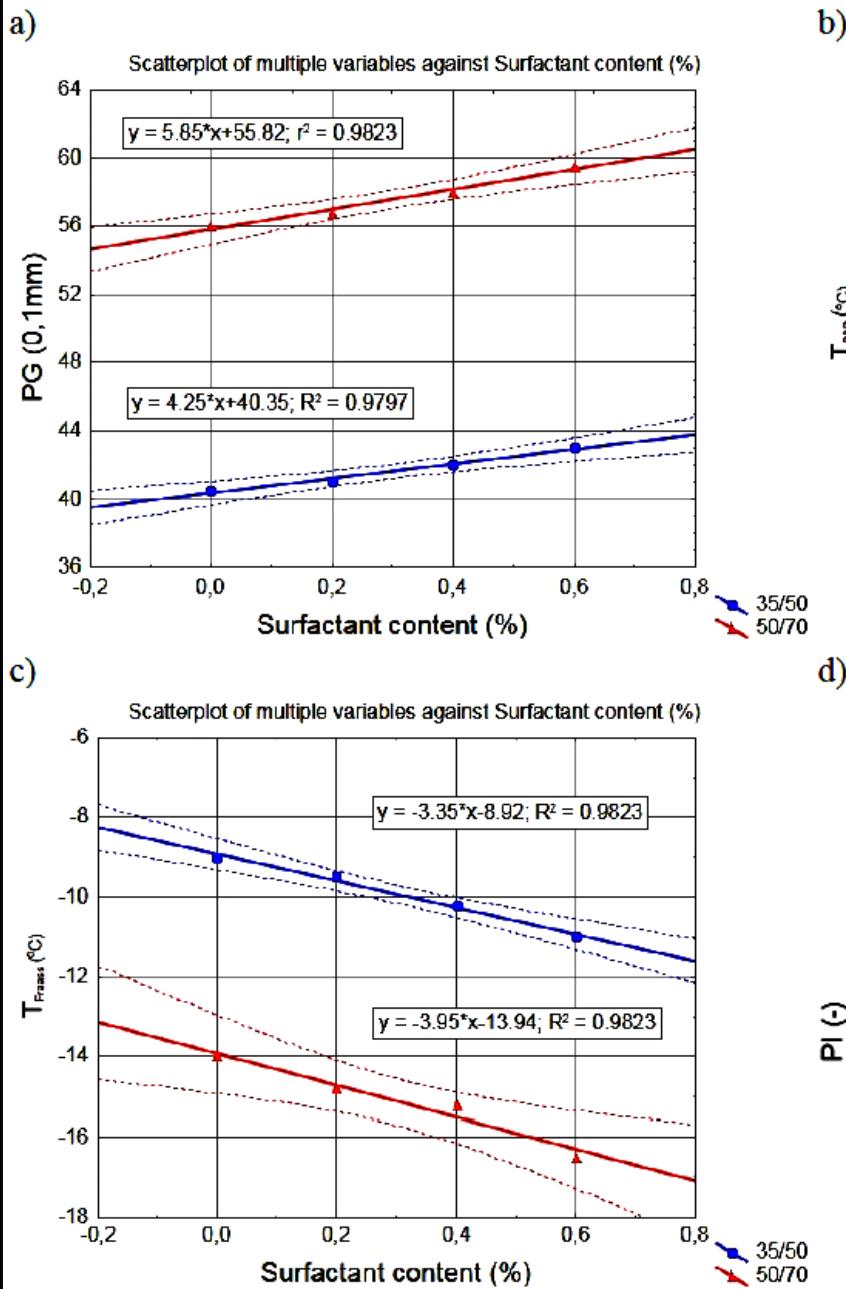




است. مقادیر P به دست آمده برای آماره F (جدول شماره ۱) بالاتر از سطح اهمیت مفروض $\alpha = 0/05$ بوده که نشان می‌دهد فاکتور مقدار سورفکتانت از لحاظ آماری تأثیر چندانی بر برخی از پارامترهای قیر $35/50$ و $50/70$ ندارد.

به هر حال، تجزیه و تحلیل این روابط منجر به این نتیجه گیری شد که برای هر دو نوع قیر، افزایش در مقدار ماده فعال سطحی (در محدوده $0/2$ تا $0/6$ درصد) نفوذپذیری را به طور متوسط $3(1/0)$ میلی‌متر) افزایش داده، درحالی که نقطه نرمی را به میزان 2 درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد. نتایج به دست آمده برای دمای نقطه شکست نشان‌دهنده آن است که افزودن ماده فعال سطحی مقدار دمای نقطه شکست را از $-9/5$ تا $-11/5$ درجه سانتی‌گراد برای قیر $35/50$ و از -14 تا $-16/5$ درجه سانتی‌گراد برای قیر $50/70$ کاهش داده و درنتیجه باعث بهبود مقاومت آن‌ها در دماهای منفی می‌شود. پارامتر نهایی آزمایش شده برای طبقه‌بندی کردن قیر ازنظر حساسیت دمایی، شاخص نفوذپذیری بود. مقادیر شاخص نفوذپذیری با افزایش مقدار سورفکتانت اضافه شده به قیر $35/50$ و $50/70$ در محدوده 0 تا 1 کاهش می‌یابد. شاخص نفوذپذیری قیر استفاده شده در صنعت جاده‌سازی در محدوده $0/20$ تا $+2/0$ قرار داشته، اما مقدار شاخص نفوذپذیری توصیه شده در محدوده $0/10$ تا $+1/0$ قرار دارد. مقادیر شاخص نفوذ به دست آمده در این آزمایش برای قیر $35/50$ و $50/70$ به ترتیب $9/0$ و $8/0$ برای بیشترین مقدار سورفکتانت ($0/6$ درصد) بود.





شکل ۱ تأثیر مقدار سورفتانت بر تغییرات پارامترهای قیر ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰

a(PG), b(T_{R&B}), c(T_{frass}), d(PI)





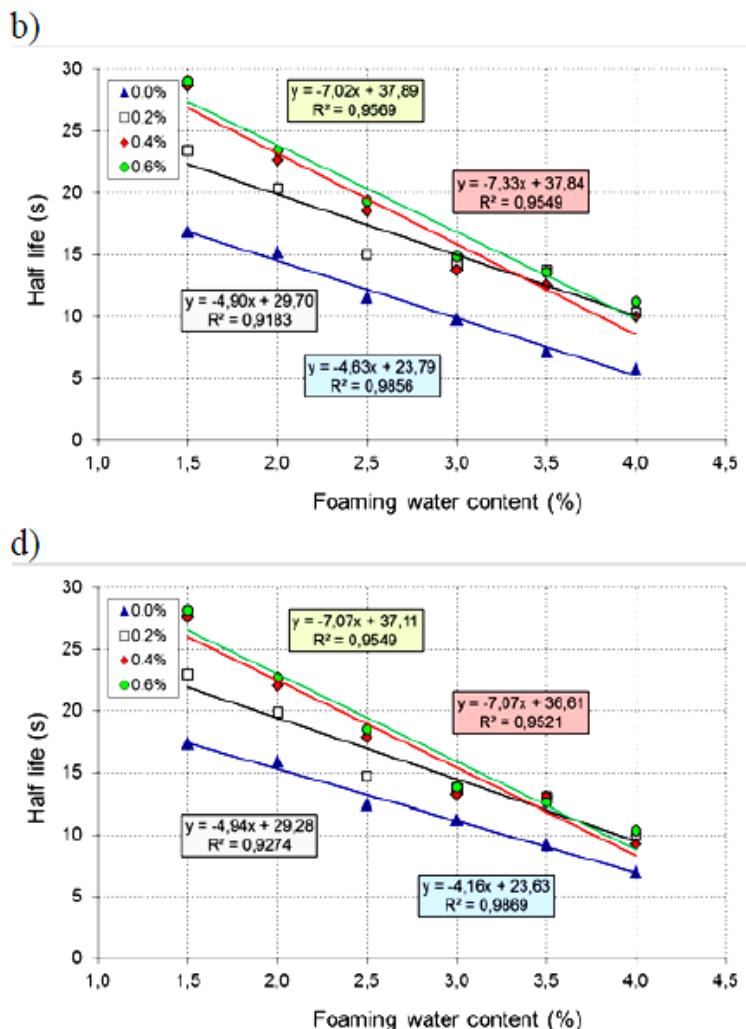
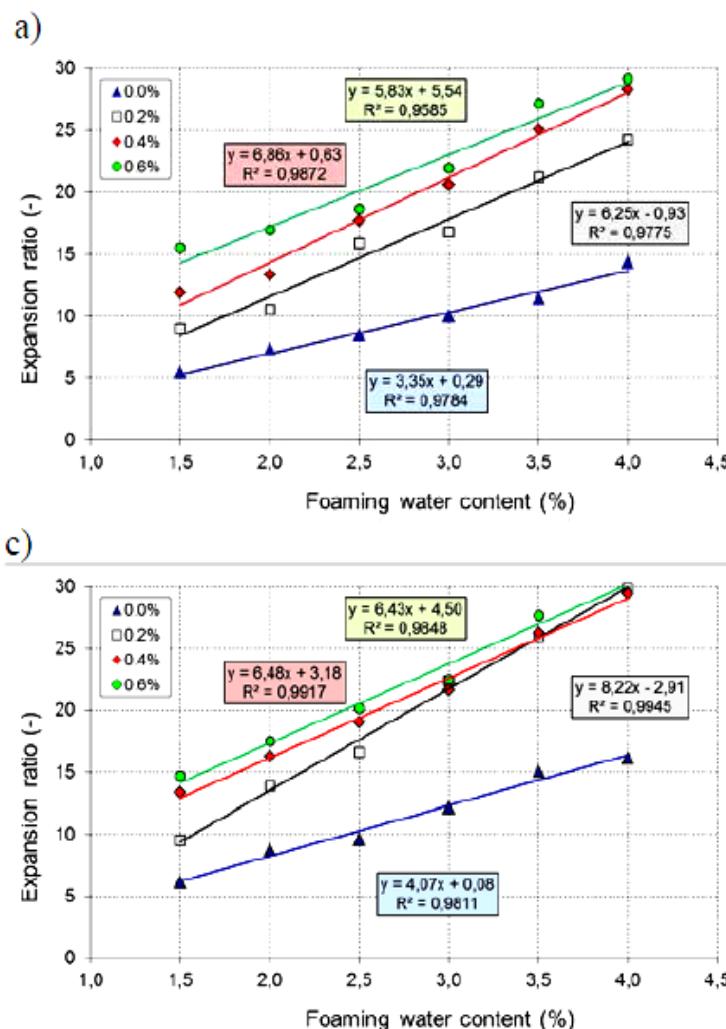
۴- ۲ تأثیرات مقدار سورفکتانت بر خصوصیات فوم قیر

همان طور که قبلاً اشاره شد، مرحله دوم آزمایش شامل تجزیه و تحلیل پارامترهای هر دو نوع فوم قیر از جمله نسبت انبساط (ER) و نیمه عمر (HL) است. به منظور ارزیابی صحیح خصوصیات فوم، پارامترها را در ۴ بازه زمانی و در درصدهای مختلف از مقدار آب فوم (FWC) اندازه گیری کردیم. این درصدها شامل $1/5$ درصد، $2/5$ درصد، $3/5$ درصد، $5/10$ درصد و $7/10$ درصد بود.

در مرحله اول پژوهش، نتایج به دست آمده به توسعه روابط بین پارامترهای HL، ER و تغییرات در سطح آب اضافه شده در طول فوم شدگی کمک کرد. خصوصیات حاصله برای تبیین مقدار مطلوب آب فوم برای هر نوع بایندر در تقاطع منحنی های نسبت انبساط و نیمه عمر در راستای توصیه های قبلی، مهم است.

شکل ۲ (a-d) نشان می دهد که نتایج اندازه گیری برای خصوصیات فوم قیر، به نوع قیر ($35/50$ و $50/70$)، مقدار سورفکتانت ($0/2$ ، $0/4$ و $0/6$ درصد) و سطح آب فوم بستگی دارد. جدول شماره ۲ پارامترهای فوم قیر (نسبت انبساط و نیمه عمر) را در دوز مطلوب مقدار آب فوم (FWC)، به طور خلاصه ارائه کرده است.





شکل ۲ تأثیر مقدار مختلف از پارامترها (مقدار سورفکتانت و مقدار آب فوم) بر نسبت انبساط و نیمه عمر فوم قیری تولیدشده با بایندر ۳۵/۵۰ (a,b) و بایندر ۵۰/۷۰ (c,d)





Bitumen type	Surfactant content (%)	WE (-)	HL (sec)	FWC (%)
35/50	0.0	10.34	9.90	3.0
	0.2	14.70	17.45	2.5
	0.4	17.78	19.52	2.5
	0.6	20.12	20.34	2.5
50/70	0.0	10.26	13.23	2.5
	0.2	17.64	16.93	2.5
	0.4	19.38	18.94	2.5
	0.6	20.58	19.44	2.5

جدول ۲ خصوصیات فوم قیر در مقدار مطلوب آب فوم برای قیر ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰ در هر دو وضعیت ترکیب شده با سورفکتانت و بدون سورفکتانت

آنالیز خصوصیات فیزیکی فوم قیر نشان داد که افزودن ماده فعال سطحی (از ۰/۶ تا ۰/۲ درصد)، تأثیر مثبتی بر تغییرات مشاهده شده در پارامترهای فوم شدگی مخلوط قیر ساخته شده با باییندرهای ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰ دارد. در مقدار مطلوب و ثابت آب فوم، مقادیر نسبت انبساط (ER) و نیمه عمر (HL) با افزایش مقدار سورفکتانت، افزوده می شود.

مخلوط ساخته شده با باییندر نرم تر (۵/۷۰) نسبت انبساط بیشتری در مقایسه با باییندر سخت تر (۵۰/۳۵)، در تمامی دوزهای سورفکتانت افزوده شده دارد. این رابطه یافته های قبلی و همچنین گزارش های دیگر پژوهشگران را که نشان می داد باییندر نرم تر خصوصیات فوم شدگی بهتری دارد را تائید می کند. یک رابطه معکوس برای نیمه عمر مشاهده شد که قیر سخت تر (۵۰/۳۵) و مخلوط همین نوع قیر با ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۲ درصد سورفکتانت، نیمه عمر طولانی تر داشته که این امر باعث می شود که فروپاشی فوم با سرعت کمتری اتفاق بیافتد.





مقدار مطلوب آب فوم از طریق محل تقاطع منحنی نسبت انبساط و منحنی نیمه عمر به میزان FWC=2/5% برای هر مقدار از سورفتانات و هر نوع قیر (به جز قیر ۳۵/۵۰ که آن ۳/۵ درصد بود) تعیین شد.

فوم قیر دست نخورده نتوانست الزامات مقادیر حداقلی از پارامترهای فوم را که برای مخلوط نیمه گرم شامل $ER > 17$ و $HL > 13$ ثانیه است را برآورده کند. مخلوط ساخته شده با مقدار ۰/۴ درصد و ۰/۶ درصد سورفتانات و بایندر ۳۵/۵۰ را می‌توان برای تولید HWMAس مورد استفاده قرارداد. افزودن ماده فعال سطحی در محدوده کاربردی (۰/۲ تا ۰/۶ درصد)، مقادیر بالاتری از پارامترهای توصیه شده را ارائه می‌کند. بهبود پارامترهای فوم (نسبت انبساط و نیمه عمر) باعث بهبود توانایی پوشش دهی مخلوط آسفالت، کارایی آن، تراکم و چسبندگی بایندر به سنگدانه‌ها می‌شود. این موضوع مخصوصاً برای تولید و فشرده‌سازی مخلوط در دمای پایین، مهم است؛ زیرا همواره خطر ناکافی بودن سطح فشرده‌سازی لایه آسفالت وجود دارد. افزودنی فعال سطحی در فوم HWMAس به عنوان یک چسب برای بهبود چسبندگی بین بایندر و سنگدانه‌ها، مخصوصاً هنگامی که مخلوط از سنگدانه‌های اسیدی ساخته می‌شود، مؤثر است.

آنالیز پایداری بایندرهای آزمایش شده برای مخلوط آسفالت سرد (CMA) نشان داد که حداقل میزان مجاز نسبت انبساط (ER) و نیمه عمر (HL) تمام انواع بایندرها (چه ترکیب شده با سورفتانات و چه بدون سورفتانات) مطالعه شده توسط پژوهشگران، باید به ترتیب ۸ و ۶ ثانیه باشد. استفاده از این بایندرها از لحاظ اقتصادی قابل پذیرش نیست اما در شرایط آب و هوایی نامساعد که فروپاشی فوم سرعت بیشتری دارد، به کارگیری آن‌ها توجیه اقتصادی دارد. بهبود پارامترهای فوم (افزایش نسبت انبساط و نیمه عمر) به ما این اطمینان را می‌دهد که پوشش ذرات معدنی ریز بهتر انجام شده و درنتیجه مخلوط همگنی از ذرات معدنی و فوم ایجاد می‌شود. برای جمع‌بندی می‌توان گفت که ماده فعال سطحی استفاده شده در مخلوط‌های CMA (مخلوط آسفالت سرد) یک فاکتور مهم و اساسی در بهبود خصوصیات فوم قیر است.

شکل شماره ۳ یک تابع خطی است که برای توصیف روابط بین پارامترهای فوم (نسبت انبساط و نیمه عمر) بایندر و مقدار آب اضافه شده در طول فرآیند فوم شدگی استفاده می‌شود. ضریب





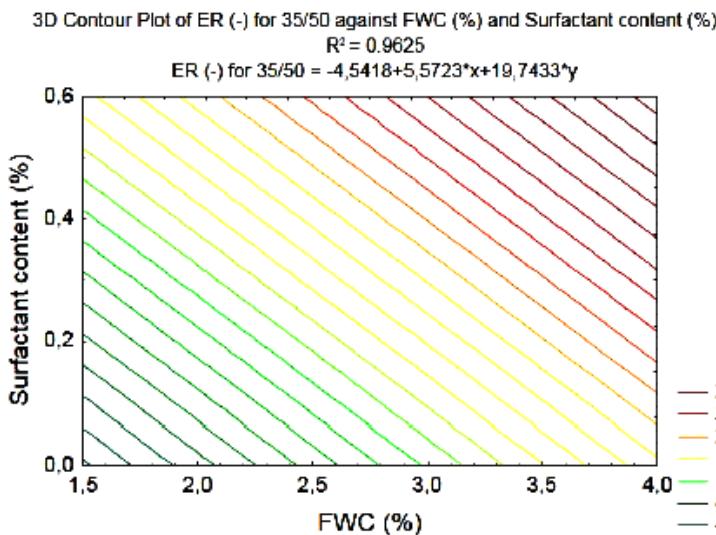
تعیین روابط ثبت شده برابر با $R^2 > 0/92$ بود و نشان دهنده آن است که توابع ارائه شده نتایج آزمون های مختلف را تا بیش از ۹۲ درصد شرح می دهد.

مدل های رگرسیون به دست آمده منجر به این مطلب می شود که افزایش مقدار آب در طول فرآیند فوم شدگی، اثر روشنی بر پارامترهای بایندر از طریق افزایش مقادیر نسبت انساط و نیمه عمر دارد. مقادیر ضریب تعیین R^2 به دست آمده از آنالیزها تناسب خوبی از مدل های ریاضی را با داده ها نشان می دهد ($R^2 > 0/94$). مقدار p برای آماره F به دست آمده از آزمون های FT و FWC، برابر با ($p-value < 0/0001$) بوده که قطعاً نسبت به سطح فرضی ($\alpha = 0/05$) کوچک تر است. این بدان معناست که پارامترهای موردنظر اثر چشمگیری بر تغییرات در خصوصیات فوم قیری موردمطالعه دارد.

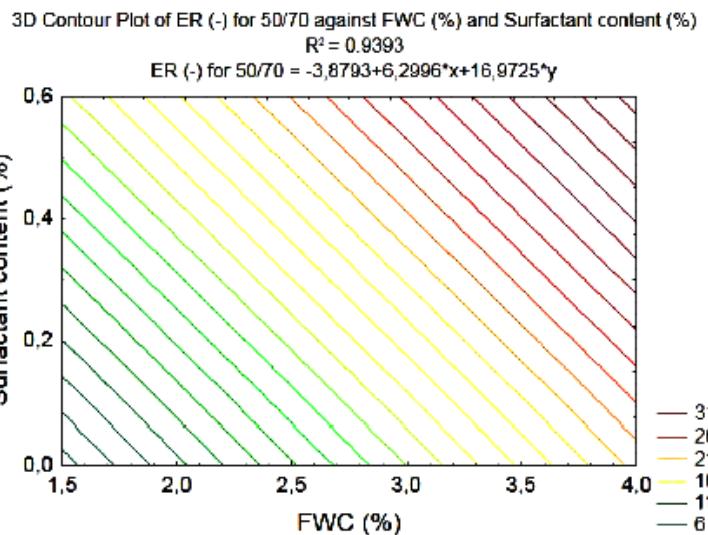




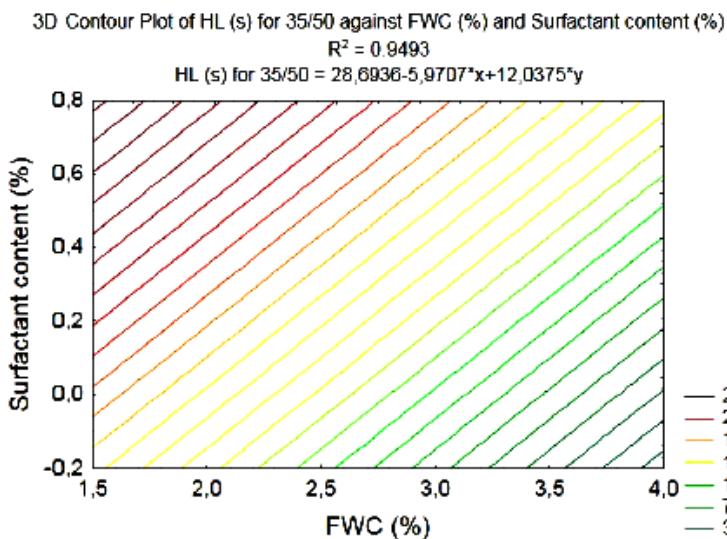
a)



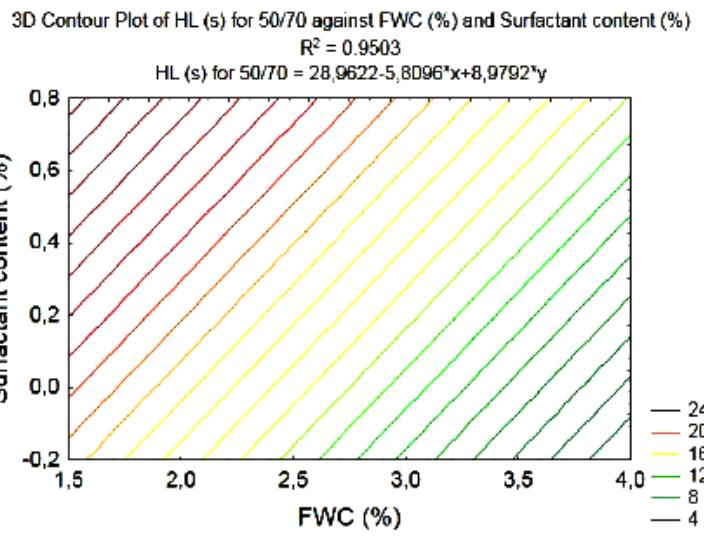
b)



c)



d)



شکل ۳ تأثیر تغییرات در سطح عوامل تحت آنالیز (مقدار سورفکتانت، FWC) بر ER و HL فوم قیر تولیدشده با بایندر ۳۵/۵۰ (a,b) و بایندر ۵۰/۷۰ (c,d)

۵. نتیجه‌گیری

آنالیز نتایج آزمون‌های رئولوژیکی پایه انجام گرفته بر روی بایندر دست‌نخورده (۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰) و همچنین بایندر ساخته شده با ماده فعال سطحی منجر به نتیجه‌گیری زیر شد:





- افزودن عامل فعال سطحی به بایندر مورد آزمایش (۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰) تأثیر قابل توجهی بر خواص اصلی آنها مانند نفوذپذیری در ۲۵ درجه سانتی گراد، نقطه نرمی و نقطه شکست ندارد.
- افزودن مقدار ماده فعال سطحی در محدوده ۰/۲ تا ۰/۶ درصد منجر به افزایش جزئی مقدار PG داشته در حالی که $T_{R&B}$ کاهش می‌یابد.
- افزودن سورفکtant یک عامل اساسی در کاهش نقطه شکست فراس بوده در حالی که افزایش مقدار آن در قیر ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰ باعث افزایش مقاومت این بایندرها در دمای زیر صفر می‌شود.
- استفاده از ماده فعال سطحی در داخل محدوده آزمایش شده، تأثیر مثبتی بر تغییرات در پارامترهای قیر ۳۵/۵۰ و ۵۰/۷۰ با افزایش نسبت انبساط و نیمه عمر دارد.
- مقادیر بالای نسبت انبساط (ER) برای قیر ۵۰/۷۰ ترکیب شده با سورفکtant ثبت شده، در حالی که مقادیر بالای نیمه عمر برای قیر ۳۵/۵۰ ترکیب شده با سورفکtant به ثبت رسیده است.
- مقدار توصیه شده سورفکtant برای اضافه شده به مخلوطهای HWMA از ۰/۴ تا ۰/۶ درصد برای قیر ۳۵/۵۰ و از ۰/۲ تا ۰/۶ درصد برای قیر ۵۰/۷۰ می‌باشد. حضور عامل فعال سطحی، قابلیت فوم شدگی قیر، پوشش و فشردگی مخلوطهای قیری و چسبندگی بایندر به ذرات سنگدانه را بهبود می‌بخشد.





شرکت تولید و صنعتی فیدار اصفهان

Feedar.Co

شرکت فیدار یکی از اعضای اتحادیه صادرکنندگان نفت، گاز و مواد پتروشیمی است و تحت نظارت اتاق بازرگانی ایران فعالیت می‌نماید. گروه فیدار در ابتداء فعالیت خود را از سال هزار و سیصد و هفتاد و هفت و تحت عنوان شرکت فیدار ثنا شروع کرد و متغیریین گروه فیدار در طی سال‌های گذشته با گسب تحریبات فراوان گام‌های بلندی در زمینه صادرات قیر به سراسر جهان پرداختند.

گروه فیدار با استفاده از امکانات مدرن بسته‌بندی قیر موجود در کارخانه فیدار اصفهان توانسته به یکی از بزرگترین و مطرح‌ترین صادرکنندگان قیر ایران در عرصه بین‌الملل تبدیل گردد. ارائه خدمات متنوع در زمینه صادرات مواد نفتی و بخصوص قیر از جمله استفاده از بسته‌بندی بشکه فلزی و پلی‌پک و همچنین اظهار کالا در گمرکات پاکت شده تا نام فیدار، به عنوان یک نام معتربر در بازار بین‌المللی تلقی گردد.

