

گیرش عمدتاً بر پایه تخبیر است و در نتیجه مناسب برای اجرا در شب نیستند.

ج) کمتر بودن مخاطرات زیست‌محیطی: یکی از مهم‌ترین مزایای مخلوط‌های اسلاری سیل کم بودن مخاطرات زیست‌محیطی می‌باشد که عبارتند از:

- کمتر بودن آلودگی در حین تولید
- کمتر بودن آلودگی در حین اجرا

د) سایر مزایا: از دیگر مزایای اسلاری سیل می‌توان به افزایش زیبایی، افزایش ایمنی کارگران به علت اجرای سرد، تأمین اصطکاک بیشتر و ایمنی بیشتر مسافری و کمتر بودن زمان تأخیر مسافری اشاره کرد.

۲-۲- کاربردهای اسلاری سیل

الف: نگهداری پیشگیرانه

شاخص وضعیت روسازی (PCI)^۷ در مقابل زمان شکل ۱ نشان داده شده است. در گزارش NCHRP^۸ 411 ذکر گردیده است که هر یک دلار هزینه در قسمت نگهداری پیشگیرانه ۶ تا ۱۰ دلار هزینه در قسمت بازسازی را حذف خواهد کرد. به عبارت دیگر هزینه در قسمت نگهداری پیشگیرانه نوعی سرمایه‌گذاری درازمدت محسوب می‌شود. یکی از نکاتی که در اجرای مخلوط‌های اسلاری سیل اهمیت دارد، زمان و مکان مناسب جهت اجرا است. در واقع بازدهی اسلاری سیل در زمانی بیشینه خواهد شد که روسازی از نظر سازه‌ای سالم باشد. برای آنکه بهتر بتوان زمان و مکان مناسب برای اجرای اسلاری سیل را مشخص نمود، می‌توان از منحنی شاخص وضعیت روسازی در مقابل سن استفاده نمود. شکل ۲ نمونه پیشنهادی از زمان مناسب برای اجرای گزینه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

۱۹۸۰ محصول خود را در آمریکا با نام تجاری رالوماک^۴ معرفی نمود. همچنین در اواخر دهه ۱۹۸۰، شرکت اسپانیایی السامکس^۵ این ریزتن آسفالتی را تحت نام ماکروسیل^۶ در ایالات متحده وارد نمود.

از اواخر قرن بیستم، مطالعات گسترده‌ای در ایالات متحده آمریکا، اروپا و استرالیا به منظور بررسی جنبه‌های مختلف مخلوط‌های اسلاری سیل در سیستم‌های روسازی انجام گرفته است. با انجام مطالعات فوق و توسعه روش‌های طرح اختلاط، امولسیون‌ها و ماشین‌آلات، استفاده از مخلوط‌های اسلاری سیل به تولید رویه‌های آسفالت حفاظتی با دوام و کم‌هزینه منجر شده است. در حال حاضر مخلوط‌های اسلاری سیل به طور گسترده و در نقاط مختلف جهان به منظور نگهداری خیابان‌های شهری و مسکونی، بزرگراه‌ها، باند فرودگاه‌ها، محوطه توقفگاه‌ها و سایر انواع روسازی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲- خصوصیات اسلاری سیل

۲-۱- مزایای استفاده از مخلوط اسلاری سیل

اسلاری سیل مزایای متعددی دارد که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

الف) توانایی بازگشایی سریع ترافیک: مخلوط اسلاری سیل سریع‌شکن معمولاً پس از یک ساعت می‌تواند عبور ترافیک را تحمل کند. لازم به ذکر است که در مخلوط‌های اسلاری سیل معمولی، امکان بازگشایی ترافیک پس از یک ساعت وجود ندارد.

ب) توانایی اجرا در شب: مخلوط‌های اسلاری سیل سریع‌شکن را می‌توان در شب نیز اجرا نمود. لازم به ذکر است که در مخلوط‌های اسلاری سیل معمولی، فرایند

⁷ Pavement Condition Index (PCI)

⁸ National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)

⁴ Ralumac

⁵ ELsamex

⁶ Macroseal

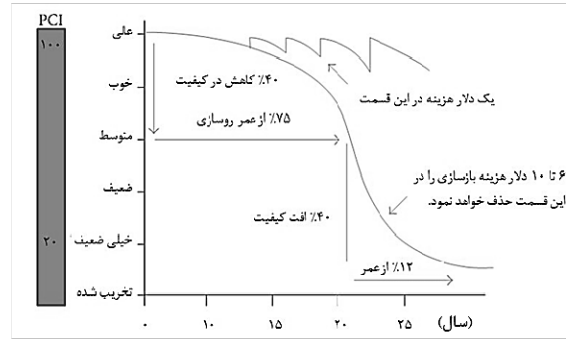
۳- اجزاء تشکیل دهنده اسلاری سیل و آزمایش‌های مربوطه

اسلاری سیل مخلوطی شامل امولسیون، سنگدانه‌های معدنی شکسته شده با دانه‌بندی مناسب، فیلر، آب و افزودنی است. به طور معمول مقادیر امولسیون و فیلر تابعی از مقدار مصالح سنگی است. می‌توان مقادیر آب، فیلر و افزودنی را در اجرا برای کنترل زمان شکست امولسیون تا حدودی تغییر داد. این مقادیر را می‌توان با توجه به مواردی مانند دما، رطوبت و بافت سطحی آسفالت موجود نیز تغییر داد (FHWA-SA-94-051).

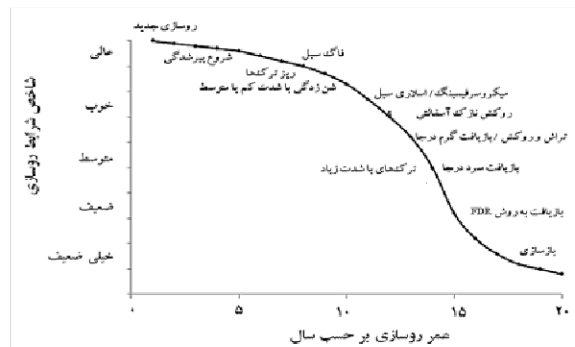
۳-۱- مصالح سنگی

مصالح سنگی بخش اعظمی از وزن مخلوط اسلاری سیل را شامل می‌شود. مصالح سنگی می‌تواند از نوع آهکی، سیلیسی، گرانیتی و یا حتی سرباره‌ای باشد. صرف نظر از ترافیک عبوری از راه، مصالح باید شکسته، تمیز و عاری از هرگونه موادی که دوام، چسبندگی و مقاومت سنگدانه را دچار مشکل می‌سازد، باشد. به منظور اطمینان از شکستگی کامل مصالح سنگی می‌بایست از مصالح سنگی طبیعی استفاده نشود و تمامی مصالح مصرفی از شکستن سنگ‌های درشت‌تر از حداکثر اندازه سنگدانه‌ای مخلوط اسلاری سیل، توسط سنگ شکن حاصل گردد. آزمایش‌های کنترل کیفیت مصالح سنگی مخلوط‌های اسلاری سیل به همراه مقادیر قابل پذیرش و استاندارد مربوطه در جدول ۲ نشان داده شده است. حدود دانه‌بندی و میزان رواداری مربوطه در جدول ۳ آورده شده است (ISSA A 105). همچنین جدول ۴ محل‌های مصرف هر کدام از دانه‌بندی‌های فوق را بر اساس استاندارد ISSA A 105 ارائه می‌کند.

همانطور که در شکل مشخص است، اسلاری سیل قبل از شروع ترک‌های با شدت زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۱- نمای از چرخه عمر روسازی و مقایسه مالی هزینه‌های پیشگیرانه با بازسازی (NCHRP 411)



شکل ۲- زمان مناسب استفاده از اسلاری سیل در چرخه عمر روسازی

ب: موارد مصرف اسلاری سیل

در جدول ۱ موارد مصرف مخلوط‌های اسلاری سیل به صورت اجمالی آورده شده است.

۳-۲- عمر اسلاری سیل

عمر بهره‌برداری مخلوط اسلاری سیل بسته به میزان ترافیک و شرایط روسازی متغیر است. دپارتمان حمل و نقل ایالت کالیفرنیا^۹ متوسط عمر مخلوط‌های اسلاری سیل در ایالت‌های مختلف آمریکا در حالتی که روسازی زیرین در شرایط مناسبی باشد، را حدود ۳ تا ۵ سال گزارش نموده است.

^۹ California Department of Transportation (DOT)

جدول ۱- موارد استفاده از اسلاری سیل

شرایط آب و هوایی	ترافیک	استفاده شود	استفاده نشود	توضیحات
مخلوط‌های اسلاری سیل سریع‌شکن را در تمامی شرایط آب و هوایی می‌توان اجرا نمود. اما بهترین عملکرد را در آب و هوای معتدل تا گرم دارند.	در صورت ارائه طرح اختلاط مناسب در تمامی شرایط ترافیکی قابل استفاده است.	قیرزدگی با سطح شدت کم تا متوسط	گسیختگی سازه‌ای	
		کم بودن اصطکاک سطحی	خرابی وسیع در سطح روسازی اگر عمر باقیمانده روسازی کم باشد.	
		آببند کردن رویه، پر کردن ترک‌های طولی، عرضی با شدت کم تا متوسط	ترک‌های طولی یا عرضی با شدت زیاد	
		اصلاح ناهمواری‌های جزئی	در شیار افتادگی‌ها	
		در روسازی‌های هوازده یا شن‌زده (مصالح سنگی سست شده باید از سطح راه برداشته شوند)	در یخبندان	پخش مخلوط در شرایط آب و هوایی سرد می‌تواند باعث بروز شن‌زدگی شود. در صورت پیش‌بینی بروز یخبندان، نباید این مخلوط پخش گردد.

جدول ۲- آزمایش‌های کنترل کیفیت مصالح سنگی مخلوط‌های اسلاری سیل (ISSA A 105)

آزمایش	مقدار قابل پذیرش	ASTM TEST NO.	AASHTO TEST NO.
هم ارز ماسه‌ای	حداقل ۴۵٪	ASTM D2419	AASHTO T 176
دوام	حداکثر ۱۵٪ یا Na_2SO_4 یا MgSO_4	ASTM C88	AASHTO T 104
مقاومت در برابر سایش (لس آنجلس)	حداکثر ۳۵٪	ASTM C131	AASHTO T 96

جدول ۳- حدود دانه‌بندی مصالح سنگی مخلوط‌های اسلاری سیل (ISSA A 105)

شماره الک‌ها	نوع ۱ درصد عبوری	نوع ۲ درصد عبوری	نوع ۳ درصد عبوری	حدود رواداری دپو
$\frac{3}{8}$ اینچ (۹٫۵ میلی‌متر)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
#۴ (۴٫۷۵ میلی‌متر)	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۷۰-۹۰	± ۵
#۸ (۲٫۳۶ میلی‌متر)	۹۰-۱۰۰	۶۵-۹۰	۴۵-۷۰	± ۵
#۱۶ (۱٫۱۸ میلی‌متر)	۶۵-۹۰	۴۵-۷۰	۲۸-۵۰	± ۵
#۳۰ (۶۰۰ میکرومتر)	۴۰-۶۵	۳۰-۵۰	۱۹-۳۴	± ۵
#۵۰ (۳۳۰ میکرومتر)	۲۵-۴۲	۱۸-۳۰	۱۲-۲۵	± ۴
#۱۰۰ (۱۵۰ میکرومتر)	۱۵-۳۰	۱۰-۲۱	۷-۱۸	± ۳
#۲۰۰ (۷۵ میکرومتر)	۱۰-۲۰	۵-۱۵	۵-۱۵	± ۲

جدول ۴- محل‌های مصرف مخلوط اسلاری سیل (ISSA A 105)

نوع دانه بندی	محل اجرا	دلیل
نوع I	توقفگاه‌ها، خیابان‌های شهری و مناطق مسکونی، باند فرودگاه‌ها	ایجاد صدای کمتر
نوع II	خیابان‌های شهری و مناطق مسکونی باند فرودگاه‌ها	
نوع III	راه‌های بین شهری و جاده‌های اصلی	ایجاد اصطکاک بهتر

۳-۲- فیلر معدنی

آب مصرفی شک و تردید وجود دارد، می‌بایست با انجام آزمایش‌هایی مورد بررسی قرار گیرد. معمولاً کمیت آب موجود بیشتر از کیفیت آن مسئله ساز است. مقدار آب مصرفی برای تهیه اسلاری سیل باید به اندازه‌ای باشد تا یک مخلوط روان و همگن تهیه شود.

۳-۴- قیر امولسیون

در ساخت اسلاری سیل از هر دو نوع امولسیون کاتیونی و آنیونی استفاده می‌شود. استفاده از امولسیون کاتیونی متداولتر می‌باشد. خصوصیات شیمیایی امولسیفایر معمولاً تعیین کننده خواص قیر امولسیون است. به عنوان مثال این امولسیفایر است که قیر امولسیون را به انواع آنیونیک یا کاتیونیک دسته‌بندی می‌نماید. هر قدر مقدار امولسیفایر بیشتر باشد، زمان شکست افزایش می‌یابد (FHWA-SA-94-051). امولسیون‌های دیرشکن و سریع‌شکن معمول در اسلاری سیل عبارتند از: SS-1، SS-1h، CSS-1، CSS-1h، CQS-1h. قیرهای سریع‌شکن در مخلوط‌های اسلاری سیل سریع‌شکن مورد استفاده قرار می‌گیرد. جدول ۵ مقادیر پیشنهادی باقیمانده قیر امولسیونی اسلاری سیل را بر اساس ISSA A 105 بیان می‌کند. مقادیر فوق بر حسب وزن خشک مصالح سنگی می‌باشند.

فیلرهای نظیر سیمان پرتلند، آهک شکفته، سولفات آلومینیم، پودر سنگ‌های آهکی، خاکستر بادی یا هر نوع فیلر دیگری که مشخصات ذکر شده برای فیلر مصرفی در آسفالت گرم را داشته باشد را می‌توان در طرح اختلاط اسلاری سیل استفاده نمود. فیلرهای نظیر سیمان پرتلند، آهک شکفته و سولفات آلومینیم بیشتر با هدف کاهش جداشدگی دانه‌ها (افزایش یکنواختی مخلوط) و کاهش زمان عمل‌آوری مخلوط، اضافه می‌شوند. استفاده از این فیلرها فقط در مخلوط‌های اسلاری سیل سریع‌شکن الزامی است. در برخی مواقع استفاده از فیلر بیشتر با هدف اصلاح دانه‌بندی مخلوط اسلاری سیل صورت می‌گیرد. فیلرهای نظیر پودر سنگ‌های آهکی و خاکستر بادی از این دسته می‌باشند. بر اساس استاندارد ISSA A 105 باید حداکثر تا ۳ درصد وزن خشک مصالح سنگی فیلر معدنی اضافه گردد.

۳-۳- آب

آب مهمترین فاکتور پیوستگی مخلوط اسلاری سیل است. آب مورد استفاده برای تهیه امولسیون و آب مصرفی در تهیه مخلوط‌های اسلاری سیل باید عاری از مواد زیان آور مانند نمک، مواد آلی و مواد معدنی باشد. آب‌های قابل شرب را می‌توان در اسلاری سیل بکار برد. اگر در کیفیت

جدول ۵- باقیمانده قیر امولسیون مخلوط اسلاری سیل بر حسب وزن خشک مصالح سنگی (ISSA A105)

باقیمانده قیر امولسیون (%)	نوع سنگدانه
۱۰-۱۶	نوع I
۷/۵-۱۳/۵	نوع II
۶/۵-۱۲	نوع III

اسلاری سیل استفاده کرد. این نوع افزودنی‌ها زمانی که درجه حرارت هوا در طول روز زیاد است، مفید می‌باشند. حجم افزودنی‌ها معمولاً حدود ۰ تا ۲ درصد حجم امولسیون می‌باشد (FHWA-SA-04-051). لازم به ذکر است که افزودنی‌ها باید به عنوان بخشی از طرح اختلاط به آزمایشگاه ارسال شود.

۴-۲= طرح اختلاط اسلاری سیل

پروسه طراحی اسلاری سیل شامل مراحل زیر می‌باشد:

الف) بررسی و آزمایش اجزای تشکیل دهنده مخلوط جهت بررسی موفقیت مصالح مصرفی (ارائه شده در بند ۴)

ب) آزمایش‌های مخلوط به سه منظور زیر:

- بررسی خصوصیات امولسیون و مصالح، تأثیر مقدار آب، تأثیر لیتر و سایر افزودنی‌ها
- تعیین مقدار قیر پیوسته
- تعیین سازگاری اجزای تشکیل دهنده مخلوط اسلاری سیل

ج) آزمایش‌های کنترل کیفیت در حین اجرا

در ادامه نوار پ و ج به اختصار بیان می‌شود.

۴-۱- آزمایش‌های اولیه

الف) آزمایش تعیین زمان اختلاط^{۱۱} (CFB 113)

گاهی مواد پلیمری به شکل لاتکس به اسلاری سیل اضافه می‌شود. در این صورت به مخلوط به دست آمده، اسلاری سیل اصلاح شده با پلیمر گویند. بیشترین لاتکس نوره استفاده شامل^{۱۲} SBR می‌باشد. لاتکس مصرفی باید به لاتکس قیر امولسیون مصرفی نزدیک باشد تا از هر دو ناز شدن و سایر مشکلات مربوط به عدم تطابق pH جلوگیری گردد. پلیمر را می‌توان به قیر سفید افزود یا در حین ساخت امولسیون اضافی نوره که روش مهم ترجیح داده می‌شود، زیرا دمای زیاد سبب خرابی برخی لاتکس‌ها می‌گردد (FHWA-SA-04-051). اصلاح قیرها با پلیمر نجر به پیوسته حساسیت کمی، تفاوت در برابر ایجاد ترک در دماهای پایین، پیوسته حساسیت دمایی و تفاوت در برابر روانی در دماهای بالا می‌گردد.

قیرهای امولسیون می‌بایست الزامات استانداردهای AASHTO M 140 و AASHTO M 208 را برآورده سازند. در صورت وجود پلیمر در طرح اختلاط اسلاری سیل، کلیه آزمایش‌های قیر امولسیون بر روی قیرهای اصلاح شده صورت می‌پذیرد و پیمانکار موظف است که امولسیون اصلاح شده یا لاتکس را به آزمایشگاه تحویل نماید.

۴-۲= افزودنی‌های کنترل زمان خشک شدن

نواد افزودنی به صورت امولسیون‌ساز را می‌توان با هدف به تأخیر انداختن زمان گریز مخلوط‌های

^{۱۱} Mix time test

^{۱۲} Styrene Butadiene Rubber (SBR)

جاری شود. میزان حرکت افقی مخلوط در صفحه مدرج در ۴ نقطه اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به عنوان عدد روانی ثبت می‌شود. مخلوط با روانی ۲ تا ۳ سانتیمتر برای اجرا مناسب است. شکل ۳ ابزار آزمایش قوام را نشان می‌دهد.



شکل ۳- قالب و صفحه آزمایش قوام

ج) آزمایش پیوستگی^{۱۳} (TB 139)

آزمایش پیوستگی جهت طبقه‌بندی اسلاری سیل بر اساس زمان گیرش و زمان اولیه عبور ترافیک می‌باشد. دستگاه پیوستگی (شکل ۴) میزان گشتاور مورد نیاز جهت شکستن مخلوطی به ضخامت ۶ یا ۸ میلی‌متر در قطر ۶۰ میلی‌متر تحت عمل پایه لاستیکی به قطر ۳۲ میلی‌متر که تا ۲۰۰ کیلوپاسکال بارگذاری شده است را اندازه‌گیری می‌نماید. میزان این گشتاور در بازه‌های زمانی مختلف پس از اختلاط و قالب‌گیری مخلوط اندازه‌گیری می‌شود. زمان گیرش زمانی است که در آن مخلوط اسلاری سیل، گشتاور ۱۲ کیلوگرم- سانتیمتر را تحمل می‌نماید. همچنین زمان مناسب برای عبور ترافیک زمانی است که در آن مخلوط اسلاری سیل، گشتاور ۲۰ کیلوگرم- سانتیمتر را تحمل می‌نماید. هنگامی که از مخلوط‌های اسلاری سیل سریع‌شکن استفاده شود، نمونه‌های مخلوط اسلاری سیل می‌بایست به ترتیب به مقادیر گشتاور حداقل ۱۲ و ۱۹/۶ کیلوگرم- سانتیمتر در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ دقیقه پس از قالب‌گیری دست یابند.

در این مرحله ابتدا درصدهای تقریبی هریک از مواد اولیه تعیین می‌شوند. سپس مواد اولیه با یکدیگر مخلوط و مدت زمان لازم برای اینکه مخلوطی همگن به دست آید تعیین می‌شود. ۱۰۰ تا ۴۰۰ گرم از سنگدانه مورد نظر خشک و مقدار مشخصی فیلر (سیمان یا آهک هیدراته) به آن اضافه می‌گردد. سپس آب و قیر امولسیون به سنگدانه‌ها و فیلر اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد مخلوط می‌گردد. در پایان ۳۰ ثانیه اختلاط، نیمی از مخلوط برداشته شده و روی فویل آلومینیومی پخش می‌شود. نصف دیگر، به مدت ۵ دقیقه و یا تا مدت زمانی که مخلوط سفت شود همزده می‌شود. زمان انجام این آزمایش (از ابتدای اختلاط) را زمان اختلاط می‌نامند. مدت زمان اختلاط برای یک مخلوط اسلاری سیل در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد باید حداقل ۱۸۰ ثانیه باشد. مخلوط پخش شده روی فویل نیز جهت بررسی سخت‌شدگی در بازه‌های زمانی مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد.

ب) آزمایش تعیین قوام^{۱۲} (TB 106)

این آزمایش به منظور تعیین مقدار عددی قوام (غلظت) اسلاری سیل جهت به دست آوردن مخلوطی با کارایی و روانی قابل قبول، انجام می‌شود. هنگامی که از مخلوط‌های اسلاری سیل سریع‌شکن استفاده شود، ممکن است این آزمایش قابل کاربرد نباشد. روش کار آزمایش قوام بدین ترتیب است که ابتدا ۴۰۰ گرم از سنگدانه خشک، آماده می‌شود و مخلوط اسلاری سیل بر اساس مقادیر آزمایش زمان اختلاط ساخته می‌شود. بلافاصله مخلوط اسلاری سیل در داخل مخروط تعیین جذب آب ماسه (که در استاندارد ASTM C 128 شرح داده شده است) که از طرف قطر بزرگ‌تر در مرکز یک صفحه فلزی مدرج قرار دارد، ریخته می‌شود. سپس مخروط ناقص با حرکتی سریع به صورت عمودی برداشته شده و اجازه داده می‌شود تا مخلوط

¹³ Cohesion test

¹² Consistency test

ب) آزمایش چرخ بارگذاری^{۱۵} (TB 109)

از این آزمایش جهت تعیین حداکثر مقدار قیر جهت جلوگیری از قیر زدگی در اسلاری سیل استفاده می‌گردد. این آزمایش مقدار ماسه چسبیده شده به نمونه تحت عبور چرخ دستگاه را اندازه‌گیری می‌نماید.

در این آزمایش نمونه‌ای به عرض ۵۰ میلی‌متر در طول ۳۷۵ میلی‌متر و ضخامت دلخواه (معمولاً حدود ۲۵٪ ضخیم‌تر از بزرگترین اندازه سنگدانه) تحت بارگذاری ۱۰۰۰ سیکل در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد. پس از تراکم نمونه شسته و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک و توزین می‌شود. سپس مقدار معینی از ماسه داغ روی نمونه پخش می‌گردد و آزمایش حدود ۱۰۰ سیکل دیگر روی آن انجام می‌شود. در نهایت نمونه مجدداً توزین می‌گردد. افزایش وزن نمونه به علت چسبیدن ماسه محاسبه می‌شود که این مقدار برای ترافیک‌های سبک، متوسط و سنگین به ترتیب نباید بیشتر از ۰/۷۵، ۰/۶۵ و ۰/۵۴ کیلوگرم بر متر مربع باشد. منظور از ترافیک سبک، $ADT^{16} < 500$ ، ترافیک متوسط، $500 \leq ADT < 1500$ و ترافیک سنگین، $3000 < ADT \leq 15000$ است. شکل ۶ دستگاه آزمایش چرخ بارگذاری را نشان می‌دهد.



شکل ۶- دستگاه آزمایش چرخ بارگذاری



شکل ۴- دستگاه آزمایش پیوستگی

۴-۲- آزمایش‌های تعیین میزان قیر بهینه

الف) آزمایش سایش در شرایط مرطوب^{۱۴} (TB 100)

این آزمایش برای شبیه‌سازی حداقل مقدار قیر مخلوط و کنترل سایش سطح روسازی در مقابل آب و ظهور پدیده عریان شدن سنگدانه‌ها در آزمایشگاه طراحی شده است. نمونه‌ها در آب ۲۵ درجه به مدت یک ساعت مستغرق و پس از آن به مدت ۵ دقیقه توسط یک میله گردان لاستیکی ساییده می‌شوند. در انتها، نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک و توزین می‌شود. بیشینه مقدار وزن از دست رفته نمونه نباید از ۸۰۷ گرم بر متر مربع تجاوز نماید. این آزمایش حداقل قیر لازم برای مخلوط را مشخص می‌کند. شکل ۵ دستگاه آزمایش سایش در شرایط مرطوب را نشان می‌دهد.



شکل ۵- دستگاه آزمایش سایش در شرایط مرطوب

¹⁵ Loaded wheel test

¹⁶ Average Daily Traffic (ADT)

¹⁴ Wet track abrasion test

۴-۳- آزمایش‌های کنترلی به منظور تعیین سازگاری مخلوط‌های اسلاری سیل

الف) آزمایش قوام جدا شدگی^{۱۷} (TB 115)

آزمایش قوام جدا شدگی بر روی نمونه‌های دارای روانی ۲ تا ۳ میلی‌متر انجام می‌گیرد. هنگامی که از مخلوط‌های اسلاری سیل سریع‌شکن استفاده شود، این آزمایش ممکن است قابل استناد نباشد. روش انجام آزمایش بدین ترتیب است که نمونه‌های آزمایش قوام برای رسیدن به وزن ثابت خشک می‌شوند و یا در کوره‌های دمش هوا به مدت ۱۵ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد قرار داده می‌شوند. این نمونه‌ها به طور عمودی، از جهت قطر نمونه، با قرار دادن نصف نمونه روی لبه میزی تیز، از طریق فشار دست شکسته و به دو نیم تقسیم می‌شوند. لبه شکسته شده نمونه به منظور بررسی وضعیت جداشدگی قیر و سنگدانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین چسبناک بودن سطح نمونه بررسی و مشاهدات ثبت می‌شوند. اگر عدم یکنواختی مشکوکی در نمونه‌های دو نیم شده مشاهده شود و یا سطح نمونه چسبناک باشد، باید آزمایش سازگاری جدا شدگی فنجان انجام شود.

ب) آزمایش سازگاری جدا شدگی فنجان^{۱۸} (TB 115)

روش انجام آزمایش بدین ترتیب است که ۱۰۰ گرم مخلوط اسلاری سیل بر اساس فرمولاسیون آزمایش قبل، تهیه و در داخل ظرف فنجانی شکل پلاستیکی ۱۷۷ میلی‌لیتری ریخته می‌شود. سپس مخلوط به مدت حداقل ۱۵ ساعت و یا تا زمانی که جامد شود، در معرض هوا قرار می‌گیرد تا سخت شود. مخلوط سخت شده به دو نیمه بالایی و پایینی تقسیم می‌شود و هر نیمه داخل قوطی‌های روغن نازک با حجم ۲۳۷ میلی‌لیتر قرار می‌گیرد. قوطی‌های

فوق به مدت ۴ ساعت در کوره‌های دمش هوا با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شوند، بطوریکه مخلوط‌ها به طور کامل خشک شوند. در نهایت، قیرهای موجود در نیمه‌های پایینی و بالایی به روش ریفلاکس^{۱۹} استخراج و درصد قیر هر کدام ثبت می‌شود. در صورت اختلاف کمتر از ۱۰٪، آزمایش موفق و قابل قبول است.

ج) آزمایش عریان شدگی در شرایط مرطوب^{۲۰} (TB 114)

این آزمایش همانند آزمایش آب جوشان (ASTM D3625) می‌باشد. در این آزمایش مخلوط به مدت ۳ دقیقه در آب جوش قرار می‌گیرد و سپس به صورت چشمی واری می‌شود. میزان عریان شدگی نباید بیشتر از ۱۰ درصد باشد.

۴-۴- مراحل طراحی مخلوط‌های اسلاری سیل

در این بخش مراحل طراحی مخلوط‌های اسلاری سیل معمولی و اسلاری سیل سریع‌شکن به طور جداگانه بر اساس استاندارد ISSA TB 111 بیان می‌شود.

الف: مراحل طراحی مخلوط اسلاری سیل معمولی

- انتخاب مواد اولیه مناسب بر اساس الزامات استاندارد ISSA TB 105 (مورد اشاره در بخش ۳)
- انتخاب دانه‌بندی مصالح سنگی بر اساس اهداف و محل اجرای پروژه (مورد اشاره در جداول ۳ و ۴)
- تعیین میزان تئوری قیر امولسیون ۱-۳- برای سنگدانه نوع III، میزان تئوری قیر امولسیون ۱۲/۵ درصد پیشنهاد می‌شود.
- ۲-۳- برای سنگدانه‌های نوع I و II میزان تئوری قیر امولسیون از روابط ذکر شده در استاندارد

¹⁹ Reflux

^{۲۰} Wet stripping test

¹⁷ Split consistency test

¹⁸ Split cup compatibility test

تذکر ۲: سه نقطه می‌بایست طوری به دست آیند که مقادیر روانی برابر ۲ تا ۳ سانتیمتر، ۴ تا ۵ سانتیمتر و ۶ تا ۷ سانتیمتر شود.

تذکر ۳: در صورتی که بر اساس مقادیر بهینه آب به دست آمده، زمان اختلاط برای هر کدام از سه میزان انتخابی قیر امولسیون کمتر از ۱۸۰ ثانیه به دست آید (آب بهینه کمتر از حداقل آب به دست آمده از مرحله ۶ تعیین شود)، می‌بایست اجزای مخلوط (مقادیر فیلر، پلیمر، افزودنی (مرحله ۵) و یا مقدار قیر (مرحله ۴)) اصلاح شود.

۸. انجام آزمایش قوام جداسدگی بر روی نمونه‌های دارای روانی ۲/۵ سانتیمتر

۹. انجام آزمایش سازگاری جداسدگی فجان در صورت مشاهده عدم یکنواختی مشکوک در نمونه‌های مرحله قبل

۱۰. انجام آزمایش جریان شدگی در شرایط مرطوب

تذکر ۴: در صورت برآورده نشدن معیارهای آزمایش‌های مراحل ۹ یا ۱۰ برای هر کدام از سه میزان انتخابی قیر امولسیون، می‌بایست اجزای مخلوط را تغییر داد.

تذکر ۵: در پایان این مرحله سه طرح مخلوط اسلاری‌سیل (دارای سه میزان قیر امولسیون و سه مقدار بهینه آب و یک مقدار برای درصد فیلر و افزودنی) به دست می‌آید بطوریکه معیارهای آزمایش‌های اولیه و نیز معیارهای آزمایش‌های سازگاری طرح اختلاط اسلاری‌سیل را برآورده سازند.

۱۱. رسم نمودار میزان قیر امولسیون در برابر مقادیر آب بهینه متناظر

ISSA TB 118 تعیین می‌شود. بر اساس استاندارد، قیر مورد نیاز برای ایجاد پوشش ۸ میکرون بر روی مصالح سنگی و قیر جذب شده توسط مصالح سنگی به عنوان قیر تئوری در نظر گرفته می‌شوند.

۴. انتخاب سه میزان برای قیر امولسیون. به طور مثال (۱) قیر امولسیون به دست آمده از مرحله قبل، (۲) ۸۵ درصد قیر امولسیون و (۳) ۷۰ درصد قیر امولسیون مرحله قبل

۵. انتخاب درصد فیلر، پلیمر و افزودنی (در صورت لزوم)

۶. انجام آزمایش زمان اختلاط در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تعیین میزان اولیه آب مخلوط (حداقل آب لازم) برای هر کدام از سه میزان قیر امولسیون به طوریکه زمان اختلاط حداقل برابر ۱۸۰ ثانیه به دست آید.

تذکر ۱: در صورتی که زمان اختلاط برای هر کدام از سه میزان انتخابی قیر امولسیون کمتر از ۱۸۰ ثانیه به دست آید، می‌بایست اجزای مخلوط (مقادیر فیلر، پلیمر، افزودنی (مرحله ۵) و یا مقدار قیر (مرحله ۴)) اصلاح شود.

۷. انجام آزمایش قوام در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تعیین میزان بهینه آب مخلوط برای هر سه میزان قیر امولسیون به طوریکه مقدار روانی ۲/۵ سانتیمتر به دست آید. بدین منظور منحنی سه نقطه‌ای روانی بر حسب درصد آب برای هر کدام از سه میزان قیر امولسیون رسم می‌شود و با درونیابی مقدار آب مورد نیاز به منظور رسیدن به روانی ۲/۵ سانتیمتر به دست می‌آید.

مراحل ۸ و ۹ (بند قبل) حذف شده و مرحله ۷ (بند قبل) به صورت زیر تغییر می‌یابد:

۷. انجام آزمایش پیوستگی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تعیین میزان بهینه آب مخلوط برای هر سه میزان قیر امولسیون به طوریکه حداکثر گشتاور در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ دقیقه پس از ساخت نمونه به دست آید. بدین منظور، برای هر کدام از سه میزان قیر امولسیون مقادیر درصد آب تغییر داده می‌شود و مقادیر گشتاور در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ دقیقه پس از ساخت نمونه به دست می‌آید. با رسم منحنی‌های گشتاور نظیر ۳۰ و ۶۰ دقیقه، مقدار آب مورد نیاز برای هر کدام از سه میزان قیر امولسیون به طوریکه حداکثر گشتاور در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ دقیقه پس از ساخت نمونه به دست آید، تعیین می‌شود.

تذکر ۱: برای هر کدام از سه میزان قیر امولسیون میزان آب بهینه می‌بایست طوری به دست آید که حداکثر گشتاور در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ دقیقه حداقل برابر ۱۲ و ۲۰ کیلوگرم- سانتیمتر باشند. در غیر این صورت، می‌بایست اجزای مخلوط (مقادیر فیلر، پلیمر، افزودنی (مرحله ۵) و یا مقدار قیر (مرحله ۴) اصلاح شود.

تذکر ۲: در صورتی که بر اساس مقادیر بهینه آب به دست آمده، زمان اختلاط برای هر کدام از سه میزان انتخابی قیر امولسیون کمتر از ۱۸۰ ثانیه به دست آید (مقدار آب بهینه کمتر از حداقل آب لازم به دست آمده از مرحله ۶ تعیین شود)، می‌بایست اجزای مخلوط، اصلاح شود.

۵- کنترل کیفیت حین اجرای اسلاری سیل

به منظور کنترل کیفیت اسلاری سیل، بازرسان پروژه‌ها می‌بایست با مواد، تجهیزات و کاربرد اسلاری سیل آشنایی داشته باشند. همچنین بهتر است که شرایط محلی و شرایط

۱۲. انجام آزمایش سایش یک ساعته در شرایط مرطوب در آب ۲۵ درجه سانتیگراد برای هر کدام از سه میزان قیر امولسیون به منظور تعیین حداقل قیر امولسیون لازم برای مخلوط اسلاری سیل

۱۳. انجام آزمایش چرخ بارگذاری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای هر کدام از سه میزان قیر امولسیون به منظور تعیین حداکثر قیر امولسیون لازم برای مخلوط اسلاری سیل

۱۴. تعیین میزان بهینه قیر مخلوط اسلاری سیل بر اساس نتایج مراحل ۱۲ و ۱۳ در ۲ حالت زیر:

۱۴-۱- اگر اختلاف حداقل و حداکثر قیرهای امولسیون از ۳ درصد بیشتر باشد، میزان بهینه قیر امولسیون برابر قیر حداکثر منهای ۱/۵ درصد به دست می‌آید.

۱۴-۲- اگر اختلاف مقادیر حداقل و حداکثر قیر امولسیون کوچکتر و یا مساوی ۳ درصد باشد، میزان بهینه قیر امولسیون برابر میانگین حداقل و حداکثر قیرهای امولسیون به دست می‌آید.

تذکر ۳: اگر میزان قیر حداکثر کمتر از میزان قیر حداقل به دست آید، می‌بایست اجزای مخلوط را تغییر داد. تغییر کوچک در میزان پلیمر و یا میزان فیلر موجب بهبود طرح خواهد شد.

۱۵. تعیین میزان آب مورد نیاز قیر بهینه از طریق نمودار مرحله ۱۱

۱۶. تعیین زمان اختلاط، روانی و پیوستگی مخلوط اسلاری سیل بهینه در دمای پروژه

ب: مراحل طراحی مخلوط اسلاری سیل سریع شکن

با توجه به حذف آزمایش‌های قوام، قوام جداشدگی و سازگاری جداشدگی فنجان و نیز لزوم گیرش سریع مخلوط‌های اسلاری سیل سریع شکن در آزمایش پیوستگی،

خاص پروژه در حین تعیین پارامترهای بازرسی میدانی مد نظر قرار گیرد.

در صورتی که دو آزمایش متوالی بر روی قیر امولسیون و مصالح سنگی مورد تایید نباشد، عملیات متوقف می‌گردد. همچنین در صورتی که دو آزمایش متوالی بر روی مخلوط اسلاری سیل تولید شده توسط ماشین پخش مورد تایید نباشد، استفاده از آن دستگاه تا رفع نقص موجود می‌بایست به تعویق بیفتد.

۵-۱- آزمایش‌های کنترل کیفیت مخلوط

الف: آزمایش اکستراکشن بر اساس استاندارد ASTM D2172 بر روی مخلوط اسلاری سیل نمونه‌گیری شده از محل جعبه پخش، تعیین درصد قیر و دانه‌بندی. قبل از انجام آزمایش اکستراکشن، آب موجود در مخلوط از طریق حرارت دادن درون آن خشک شود.

یادآوری ۱: در صورت استفاده از مخلوط میکروسرفیسینگ، حلال مناسب برای تعیین درصد قیر با توجه به نوع افزودنی پلیمری مورد استفاده انتخاب می‌شود. استفاده از حلال‌های N-Propyl bromide و Trichloroethylene به این منظور می‌تواند مناسب باشد.

ب: آزمایش قوام مخلوط اسلاری سیل نمونه‌گیری شده از محل جعبه پخش.

یادآوری ۲: به دلیل نتایج غیر قابل قبول ناشی از گیرش سریع مخلوط‌های اسلاری سیل سریع‌شکن و میکروسرفیسینگ، آزمایش قوام را بر روی این نوع مخلوط‌ها نمی‌توان انجام داد.

یادآوری ۳: آزمایش‌های فوق یک بار در هر قطعه انجام می‌گیرد. بر اساس دستورالعمل کشور استرالیا هر قطعه شامل ۵۰ متر مکعب اجرای مخلوط و یا حجم عملیات اجرا شده در هر روز، هر کدام که کمتر باشد،

است. جهت انجام هر کدام از آزمایش‌ها، در هر قطعه سه نمونه به وزن حداقل یک کیلوگرم از محل جعبه پخش دستگاه برداشته و یک نمونه معرف از مخلوط سه نمونه فوق آماده می‌شود.

۵-۲- آزمایش‌های مصالح سنگی

الف: آزمایش‌های افت وزنی با سولفات سدیم و منیزیم، ارزش ماسه‌ای، سایش لس آنجلس و دانه‌بندی مصالح سنگی نمونه‌گیری شده از ماشین پخش و دپوی مصالح سنگی

یادآوری ۵: آزمایش‌های فوق به صورت دوره‌ای بر اساس شرایط خصوصی پیمان انجام می‌گیرد.

۵-۳- آزمایش‌های قیر امولسیون

الف: آزمایش‌های تعیین درصد قیر باقیمانده، نقطه نرمی قیر باقیمانده و نیز سایر آزمایش‌های کنترل مشخصات قیر امولسیون استفاده شده در مخلوط

یادآوری ۶: آزمایش نقطه نرمی تنها بر روی قیر امولسیون پلیمری به کار رفته به منظور تولید مخلوط میکروسرفیسینگ انجام می‌گیرد و بر روی قیر امولسیون اسلاری سیل انجام نمی‌شود.

یادآوری ۷: به منظور انجام آزمایش‌های فوق دو نمونه دو لیتری از هر تانکر قیر تهیه می‌شود. نمونه اول مورد آزمایش قرار می‌گیرد و نمونه دوم به عنوان نمونه کنترلی نگهداری می‌شود.

۵-۴- کنترل کیفی سایر پارامترها

الف: به منظور کنترل و گزارش نسبت‌های مواد و مصالح و نیز نرخ پخش مخلوط‌های میکروسرفیسینگ و اسلاری سیل می‌توان از داده‌های ثبت شده بر روی واحد کنترل و نمایش ماشین پخش استفاده نمود.

حدود رواداری جهت کنترل مخلوط‌های اسلاری سیل حین اجرا به شرح جدول ۶ است.

جدول ۶- حدود رواداری جهت کنترل مخلوط‌های اسلاری سیل حین اجرا (ISSA A105)

حدود رواداری برای اسلاری سیل							
دانه‌بندی مصالح سنگی							
شماره الک	No. 2	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
رواداری	%۵	%۵	%۵	%۵	%۴	%۳	%۲
سایر حدود رواداری‌ها							
پارامتر	رواداری						
مقدار قیر باقیمانده حاصل از اکستراکشن	تا ±۱ درصد (نسبت به وزن خشک مصالح سنگی) از طرح اختلاط						
مقدار قوام مخلوط اسلاری سیل	(پس از انجام اصلاحات) تا ±۰.۵ سانتیمتر نسبت به طرح اختلاط						
تغییرات نرخ پخش در شرایطی که بافت سطحی تغییر چندانی نکند	تا ±۱/۱ کیلوگرم در هر مترمربع						

آن، آزمایش‌ها و الزامات طراحی، حداکثر ضخامت لایه اجرا شده و نیز موارد کاربرد برای دو نوع آسفالت حفاظتی فوق وجود دارد. تفاوت‌های فوق در جداول ۷ تا ۱۰ ارائه شده است.

۶- تفاوت اسلاری سیل با میکروسرفیسینگ

علیرغم شباهت‌های مخلوط‌های میکروسرفیسینگ با مخلوط‌های اسلاری سیل (خصوصاً مخلوط‌های اسلاری سیل سریع شکن)، تفاوت‌هایی در مواد اولیه، کیفیت

جدول ۷- مقایسه مخلوط‌های اسلاری سیل و میکروسرفیسینگ (ISSA A143, ISSA A105)

میکروسرفیسینگ	اسلاری سیل سریع شکن	اسلاری سیل معمولی	نوع قیر
امولسیون کاتیونیک سریع شکن	امولسیون سریع شکن	امولسیون دیرشکن	مشخصات قیر امولسیون
ارائه شده در جدول ۸			کیفیت مصالح سنگی
ارائه شده در جدول ۹			فیلر
سیمان، آهک هیدراته	سیمان، آهک هیدراته و/یا سولفات آلومینیم	لازم نیست.	پلیمر
همواره استفاده می‌شود.	بعضی مواقع استفاده می‌شود.	بعضی مواقع استفاده می‌شود.	زمان بازگشایی ترافیک
حدود یک ساعت	حدود یک ساعت	بین یک الی چهار ساعت	آزمایش‌ها و الزامات طرح اختلاط
ارائه شده در جدول ۱۰			تعداد لایه‌های اجرایی
می‌تواند بیش از یک لایه و با ضخامت (کل) بیشتر از اسلاری سیل اجرا شود.	نمی‌تواند بیش از یک لایه باشد. (حداکثر ضخامت لایه: ۱/۵ برابر بزرگترین بعد سنگدانه)	نمی‌تواند بیش از یک لایه باشد. (حداکثر ضخامت لایه: ۱/۵ برابر بزرگترین بعد سنگدانه)	موارد استفاده
آب‌بندی، بهبود یافت روسازی، پر کردن شیار	آب‌بندی، بهبود یافت روسازی، اصلاح ناهمواری‌های جزئی	آب‌بندی، بهبود یافت روسازی	قابلیت اجرا در شب
دارد	دارد	ندارد	

جدول ۸- مشخصات قیر امولسیون مخلوط‌های اسلاری سیل و میکروسرفیسینگ (ISSA A 143, JSSA A 105)

آزمایش	اسلاری سیل معمولی	اسلاری سیل سریع شکن	میکروسرفیسینگ
نوع قیر امولسیون	CSS-1h, CSS-1, SS-1h, SS-1	CQS-1h, QS-1h	CQS-1h
مقدار پلیمر	-	-	حداقل ۳٪ وزن قیر امولسیون
باقیمانده قیر پس از تقطیر	حداقل ۶۰٪	حداقل ۶۰٪	حداقل ۶۲٪
آزمایش‌های باقیمانده قیر			
نقطه نرمی (درجه سانتی‌گراد)	-	-	حداقل ۵۷

تذکر ۱: در صورت وجود پلیمر در قیر امولسیون، آزمایش‌های جدول بر روی قیر پلیمری انجام می‌شود.

تذکر ۲: برای هر کدام از مخلوط‌های فوق، حدود مشخصات سایر آزمایش‌های قیر بر اساس نوع قیر امولسیون مورد استفاده و الزامات استانداردهای AASHTO M 208 و AASHTO M 140 تعیین می‌شود.

جدول ۹- کیفیت مصالح سنگی مخلوط‌های اسلاری سیل و میکروسرفیسینگ (ISSA A 143, JSSA A 105)

آزمایش	اسلاری سیل	میکروسرفیسینگ
دانه‌بندی	دانه‌بندی نوع I, II و III	دانه‌بندی نوع II و III
هم‌ارز ماسه‌ای	حداقل ۴۵٪	حداقل ۶۵٪
دوام	حداکثر ۱۵٪ یا Na ₂ SO ₄ یا ۲۵٪ یا MgSO ₄	حداکثر ۱۵٪ یا Na ₂ SO ₄ یا ۲۵٪ یا MgSO ₄
مقاومت در برابر سایش (لس آنجلس)	حداکثر ۳۵٪	حداکثر ۳۰٪
درصد شکستگی	۱۰۰٪	۱۰۰٪

5. International Slurry Surfacing Association. (2010). A 143- "Recommended Performance Guideline for Micro Surfacing.", ISSA.

۷- مراجع

۶. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، "مشخصات فنی عمومی راه-تجدید نظر دوم (نشریه شماره ۱۰۱)", انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران، ایران، ۱۳۹۲.

۷. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، "آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه شماره ۲۳۴)", انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران، ایران، ۱۳۹۰.

1. Gransberg, D. D. (2010). NCHRP Synthesis 411: Microsurfacing; a synthesis of highway practices. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC., USA.
2. International Slurry Surfacing Association. (2010). A 105- "Recommended Performance Guideline for Emulsified Asphalt Slurry Seal.", ISSA.
3. Raza, H. (1994). STATE-OF-THE-PRACTICE DESIGN, CONSTRUCTION, AND PERFORMANCE OF MICRO-SURFACING. FINAL REPORT (No. FHWA-SA-94-051).
4. Shatnawi, S. (2008). Maintenance Technical Advisory Guide Volume I Flexible Pavement Preservation. California Department of Transportation, Sacramento(CA), 1.

جدول ۱۰- آزمایش‌ها و الزامات طرح اختلاط مخلوط‌های اسلاری سیل و میکروسرفیسینگ (ISSA A143, ISSA A105)

آزمایش	اسلاری سیل معمولی	اسلاری سیل سریع شکن	میکروسرفیسینگ
زمان اختلاط در دمای ۲۵ درجه	حداقل ۱۸۰ ثانیه	حداقل ۱۸۰ ثانیه	حداقل ۱۲۰ ثانیه
قوام در دمای ۲۵ درجه	۲ تا ۳ سانتیمتر	-	-
پیوستگی در دمای پروژه: ۳۰ دقیقه (گیرش) ۶۰ دقیقه (گشایش سریع)	-	حداقل گشتاور ۱۲ kg-cm حداقل گشتاور ۲۰ kg-cm	حداقل گشتاور ۱۲ kg-cm حداقل گشتاور ۲۰ kg-cm
قوام جداشدگی	یکنواختی نمونه‌های دو نیم شده و چسبناک نبودن سطح	-	-
سازگاری جداشدگی فنجان (در صورت مشاهده عدم یکنواختی مشکوک در آزمایش قوام جداشدگی)	حدکثر اختلاف ۱۰٪ در مقدار قیر	-	-
حساسیت در مقابل رطوبت	حداقل پوشش ۹۰٪	حداقل پوشش ۹۰٪	حداقل پوشش ۹۰٪
سایش در شرایط مرطوب (آب ۲۵ درجه): یک ساعته ۶ روزه	حداکثر ۸۰۷ g/m ² -	حداکثر ۸۰۷ g/m ² -	حداکثر ۵۳۸/۲ g/m ² حداکثر ۸۰۷ g/m ²
چرخ بارگذاری در دمای ۲۵ درجه جهت تعیین ماسه جذب شده ترافیک سبک (۰ تا ۵۰۰ ADT) ترافیک متوسط (۵۰۰ تا ۱۵۰۰ ADT) ترافیک سنگین (۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ ADT)	حداکثر ۷۵۳/۵ g/m ² حداکثر ۶۴۵/۸ g/m ² حداکثر ۵۳۸/۲ g/m ²	حداکثر ۷۵۳/۵ g/m ² حداکثر ۶۴۵/۸ g/m ² حداکثر ۵۳۸/۲ g/m ²	حداکثر ۵۳۸/۲ g/m ² حداکثر ۵۳۸/۲ g/m ² حداکثر ۵۳۸/۲ g/m ²
چرخ بارگذاری در دمای ۲۵ درجه پس از ۱۰۰۰ سیکل جهت تعیین وزن مخصوص تغییر عرض جانبی	- - -	- - -	حداکثر ۲/۱ حداکثر ۵٪
سازگاری طبقه‌بندی	-	-	حداقل ۱۱ امتیاز (AAB, AAA)