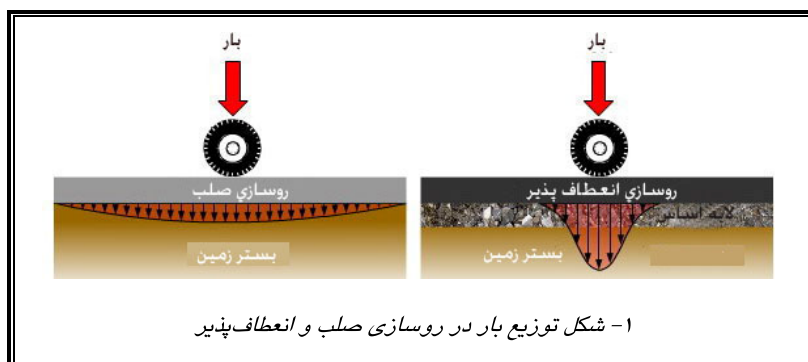




## انواع روسازی<sup>۱</sup>

اصولاً، روسازی‌های سخت به دو دسته تقسیم می‌شوند، انعطاف‌پذیر<sup>۲</sup> و صلب<sup>۳</sup>. روسازی‌های انعطاف‌پذیر به گروهی اطلاق می‌شود که سطح آنها با اسفالت یا مصالح قیری پوشش شده باشد. علت استفاده از واژه انعطاف‌پذیر در این نوع روسازی، خمش و تغییر شکل سازه روسازی تحت اثر بارهای ترافیکی می‌باشد. از سوی دیگر، روسازی صلب به آن دسته از روسازی‌ها گفته می‌شود که لایه سطحی<sup>۴</sup> آن از بتن تشکیل شده باشد. چنین روسازی‌هایی به علت بالا بودن مدول الاستیسیته مصالح بتن به مراتب سخت‌تر از روسازی انعطاف‌پذیر می‌باشند. علاوه بر این، این نوع روسازی‌ها می‌توانند مسلح به فولاد باشند، که عموماً به منظور کاهش یا حذف درزها<sup>۵</sup> به کار می‌روند.

نحوه توزیع بار در بستر خاک زمین<sup>۶</sup> در روسازی صلب با انعطاف‌پذیر متفاوت می‌باشد. در روسازی صلب، بعلت بالا بودن مدول الاستیسیته (سختی) بتن، تمایل به پخش بار بر روی سطح نسبتاً<sup>۷</sup> گسترده‌تری می‌باشد (مطابق شکل زیر). دال بتنی به تنهایی بیشتر ظرفیت سازه‌ای را در روسازی صلب تأمین می‌کند. در روسازی انعطاف‌پذیر از لایه سطحی به مراتب نرم‌تر استفاده می‌شود و بار در یک سطح کوچکتر توزیع می‌شود. در این نوع روسازی از چندین لایه مرکب برای انتقال بار به سطح بستر زمین استفاده می‌گردد. (شکل زیر را ملاحظه کنید).

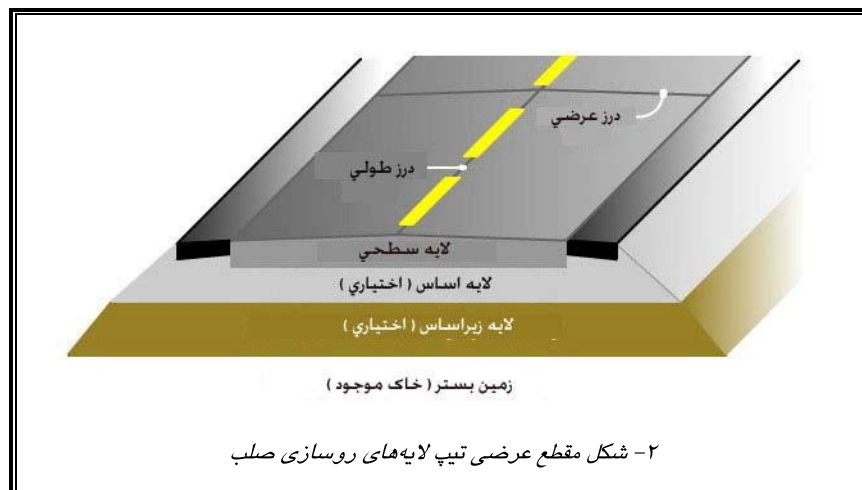


روسازی‌های صلب زیر اثر بار بمقدار بسیار کمی تغییر شکل می‌دهند. یک روسازی صلب تیپ از یک لایه بتنی سطحی که بر روی خاک بستر زمین یا یک لایه اساس<sup>۷</sup> قرار گرفته تشکیل می‌شود. بعلت

سختی نسبی روسازی صلب، سازه روسازی صلب بار را از طریق یک یا حداکثر دو لایه روسازی به زمین منتقل می‌کند.

لایه‌های یک روسازی صلب تیپ بشرح ذیل می‌باشد:

- لایه رویه (سطحی): این لایه در قسمت فوقانی روسازی قرار دارد و به‌صورت دال بتنی می‌باشد.
- لایه اساس: این لایه مستقیماً در زیر لایه بتنی قرار می‌گیرد و معمولاً از مصالح سنگی یا بستر زمین تثبیت شده<sup>۸</sup> تشکیل می‌شود.
- لایه زیراساس<sup>۹</sup>: این لایه یا لایه‌ها در زیر لایه اساس قرار دارد. لایه زیر اساس همیشه موردنیاز نیست و در اغلب موارد حذف می‌گردد.



## لایه سطحی

لایه سطحی لایه ایست که در تماس با بارهای ترافیکی قرار دارد و از جنس بتن می‌باشد. این لایه باید دارای خصوصیتی مانند اصطکاک، صافی<sup>۱۱</sup>، کنترل صدا<sup>۱۱</sup> و زهکشی<sup>۱۲</sup> باشد. علاوه بر این، به‌عنوان یک لایه ضدآب برای لایه اساس، زیراساس و بستر زمین زیر خود عمل می‌کند. ضخامت لایه سطحی متفاوت بوده ولیکن عموماً بین 150 mm برای بارگذاری سبک الی 300 mm برای بارهای ترافیکی سنگین و بزرگ در تغییر است.

در بخش طراحی دال بتنی روی زمین در مورد عملکرد این لایه و روش‌های طراحی و انتخاب ضخامت آن به تفصیل بحث خواهد شد.



۳- شکل نشان‌دهنده ضخامت دال بتنی سطحی

### لایه اساس

موقعیت لایه اساس درست در زیر لایه سطحی می‌باشد. وظایف این لایه عبارتند از:

۱. توزیع بار اضافی
  ۲. کمک به زهکشی و مقاومت در برابر یخبندان
  ۳. تأمین تکیه‌گاه یکنواخت برای روسازی
  ۴. تأمین یک سکوی با ثبات برای تجهیزات ساختمانی و اجرایی
- لایه اساس معمولاً از مصالح زیر ساخته می‌شوند.

#### ۱- اساس سنگی<sup>۱۳</sup>

یک لایه اساس ساده از مصالح سنگی شکسته تشکیل می‌شود و کاربرد آن از اوایل سال‌های ۱۹۰۰ میلادی متداول بوده و هنوز برای بسیاری از موارد مناسب می‌باشد.

#### ۲- مصالح سنگی تثبیت شده یا خاک تثبیت شده.

مواد کمکی تثبیت‌کننده<sup>۱۴</sup> برای چسباندن مصالح ذرات سست به یکدیگر و تأمین مقاومت و چسبندگی به‌کار می‌روند. اساس‌های اصلاح شده سیمانی<sup>۱۵</sup> می‌توانند 20-25 درصد مقاومت لایه سطحی را داشته باشند.

#### ۳- مخلوط اسفالت گرم<sup>۱۶</sup> با دانه‌بندی متراکم.

درجایی‌که نیاز به اساس با سختی بالا باشد می‌توان از لایه اسفالت گرم با دانه‌بندی متراکم استفاده نمود.

#### ۴- اسفالت گرم نفوذپذیر.

در موارد خاصی که اساس با سختی بالا و زهکشی عالی نیاز باشد، لایه‌های اساس را می‌توان از اسفالت گرم با دانه‌بندی باز به کار برد.

#### ۵- بتن مگر<sup>۱۷</sup> (بتن کم سیمان).

خمیر بتن در این حالت نسبت به بتن لایه سطحی دارای سیمان کمتری است ولیکن از مصالح سنگی تثبیت شده قویتر است. اساس با بتن مگر می‌تواند بین 25-50 درصد لایه سطحی مقاومت داشته باشد. اساس بتن مگر همانند لایه بتنی سطحی عمل می‌کند و بنابراین، باید در آن درزهای اجرایی در نظر گرفت تا محل ترک در آینده در آنجا رخ دهد. چنانچه ملاحظات اجرایی به‌خوبی رعایت نشده باشد این درزها و ترکها می‌توانند سبب بروز ترک در لایه سطحی شوند.



۴- لایه اساس از بتن کم سیمان (بتن مگر)

### لایه زیراساس

لایه زیراساس آن قسمت از سازه روسازی بین اساس و بستر زمین می‌باشد. کارکرد این لایه اساساً به‌عنوان یک تکیه‌گاه سازه‌ای می‌باشد ولیکن علاوه بر آن می‌تواند:

۱. ورود ذرات ریز از خاک بستر به سازه روسازی را به حداقل برساند.
۲. زهکشی را بهبود بخشد.
۳. صدمات ناشی از عمل یخ زدن را به حداقل برساند.
۴. برای عملیات اجرایی یک سکوی کار فراهم کند.

زیراساس معمولاً از مصالح با کیفیت نازلتر نسبت به اساس تشکیل می‌شود ولیکن از خاک بستر بهتر می‌باشد. مصالح مناسب برای زیر اساس شن و ماسه و خاکریز<sup>۱۸</sup> با کیفیت بالا هستند. اجرای لایه زیر اساس برحسب نوع کاربری تعیین می‌گردد.

## Aggregates for Paving & Drainage

### مصالح سنگی برای روسازی و زهکشی

اجرای روسازی و زهکشی در عمل به مقدار زیادی وابسته به کاربرد انواع مصالح سنگی است. قسمت اعظم معادن سنگ برای تهیه مصالح سنگی در راهسازی، تولید سیمان و در اجرای انواع پوشش‌های سطحی از سنگفرش<sup>1</sup> گرفته تا بتن نقشدار<sup>2</sup> و اسفالت‌ها به‌کار می‌روند. مسیر رودخانه‌ها و خلیج‌ها لایروبی می‌شوند و از آن ماسه و شن به‌دست آمده و از رس نیز در تولید لوله و آجر استفاده می‌گردد. با این وجود، صنعت باید مسئولیت خود را در قبال محیط زیست بپذیرد، و به همین دلیل امروزه تلاش آگاهانه‌ای صورت می‌گیرد تا سنگدانه‌ها و دیگر مصالح در صورت امکان مجدداً مصرف گردند. بتن قدیمی خرد شده، دانه‌بندی شده و به‌عنوان مصالح خاکریز یا پرکننده منتخب به‌فروش می‌رسد؛ راههای اسفالت‌کننده شده، حرارت داده می‌شوند، سپس مجدداً آن را مخلوط می‌نمایند و دوباره پخش می‌شوند. به نظر می‌رسد تقاضا برای به‌کارگیری مصالح سنگی که قبلاً استفاده شده‌اند بیش از گذشته روبه‌فزونی است. یقیناً بهره‌برداری از معادن شن و ماسه پایان نخواهد یافت، برداشت تپه‌ها هزاران سال است که انجام می‌شود، ولیکن می‌توانیم به بهترین شکل ممکن از منابع خود بهره‌برداری نماییم، و از وارد آمدن حداقل خسارت به محیط زیست اطمینان حاصل کنیم.

در این کتاب اطلاعات اساسی در زمینه مصالح سنگی و غیرسنگی که اغلب در صنعت روسازی صلب به‌کار می‌رود مورد بررسی قرار گرفته است.

### رس

رس اساساً به‌عنوان ماده اصلی در ساخت آجر به‌کار می‌رود. پس از تهیه خاک رس آن را به‌صورت دستی یا ماشینی با قالب‌بندی به شکل آجر در می‌آورند، سپس در کوره می‌گذارند تا در حرارت بالا پخته شود. رنگ آجر بسته به نوع رس متفاوت است، و نشان‌دهنده خصوصیات دیگری مانند سختی، مقاومت در برابر یخ‌زدگی، جذب آب و نظایر آن می‌باشد.

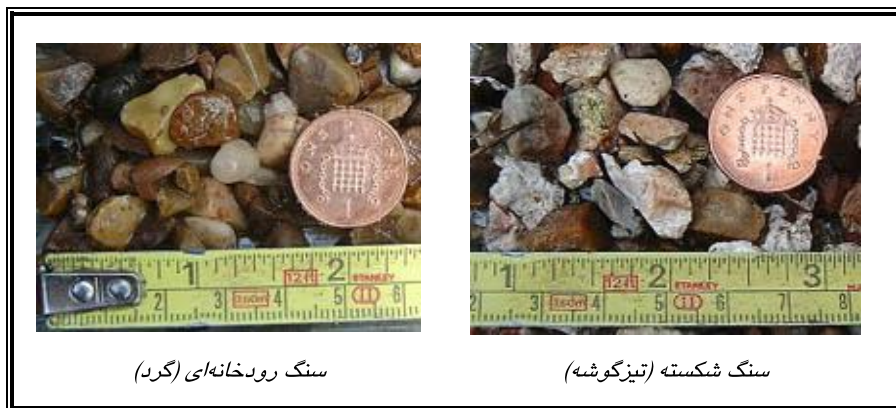
علاوه بر ساخت آجر، از رس در تولید لوله‌های زهکشی و اتصالات نیز استفاده می‌شود. در این حالت رس را آماده نموده و با قالب‌بندی بشکل لوله در آورده سپس در کوره پخته می‌شود.

از رس برای خاکریزی معمولی در پروژه‌های عملیات خاکی نیز استفاده می‌شود. بعضی رس‌های ویژه مانند بنتونیت در صنعت حفاری به‌کار می‌رود که کاربردی متفاوت با صنعت ساختمان دارد.

### شن ۳

شن مصالح سنگی است که تقریباً از هر نوع سنگ می‌تواند تشکیل شده باشد. معمولاً اندازه‌های بین 2-60mm دارد. هنگامی که دارای منشأ آبرفتی یا رودخانه ایست عموماً به شکل گرد است و اگر از معدن استخراج و سپس شکسته شده باشد تیز گوشه است. شن و ماسه ممکن است به صورت مخلوط به فروش برسد، برای مثال به اندازه 5-20 mm و یا براساس اندازه خاصی دانه‌بندی می‌شود مثلاً سایز 10 mm .

شن و ماسه در پروژه‌های عمرانی کاربرد بسیاری دارد، که از آن جمله می‌توان استفاده در بسترسازی لوله‌ها، در ساخت بتن و همین‌طور استفاده در زمینه پوشش سطحی روسازی را نام برد.



### شن مصرفی در بتن براساس نشریه ۱۰۱ و ۵۵

بعضی از خصوصیات شن مصرفی در بتن براساس نشریه ۱۰۱ و ۵۵ موسوم به مشخصات فنی عمومی راهها و ساختمان به شرح ذیل می‌باشد:

سنگدانه‌های درشت (مانده روی الک 4.75 mm یا شماره ۴) ، از شن رودخانه‌ای یا سنگ شکسته و یا مخلوطی از این دو و یا روباره کوره‌های آهن‌گدازی به دست می‌آیند.

این مصالح باید با مشخصات زیر برابری داشته باشند.

الف: مصالح درشت باید کاملاً سخت، محکم، با دوام و مکعبی بوده و مقدار مواد آلی، کلوخه‌های رسی، پوشش و اندود خاکی، دانه‌های سست و شکننده و سایر مواد غیرقابل قبول و زیان‌آور آن از ارقام مندرج در جدول زیر تجاوز ننماید.

ب: درصد سایش سنگدانه‌های درشت به روش لوس آنجلس (ASTM C136 یا ASTM C535) نباید از ۴۰ درصد تجاوز نماید.

حداکثر مقادیر مجاز برای مواد زیان آور در سنگدانه‌های درشت بتن\*

ملاحظات	حداکثر درصد وزنی مجاز در کل نمونه	نوع مواد زیان آور
شسته‌های در حال مثلاشی شدن نیز مشمول این محدودیت می‌شوند.	۰/۲۵	کلوخه‌های رسی
به آسانی خط بر می‌دارند و ساییده می‌شوند.	۵	دانه‌های نرم
این مواد اغلب با مواد شیمیایی سیمان واکنش نامطلوب دارند.	۱	چرت به صورت ناخالصی
	۳	- در معرض شرایط محیطی شدید
	۵	- در معرض شرایط محیطی متوسط - در معرض شرایط محیطی ملایم
مشروط بر این که رسی، یا حاصل املاح زیان آور نباشد.	۱	دانه‌های گذشته از الک شماره ۲۰۰ (۰/۰۷۵ میلی‌متر)
مواد زغالی با وزن مخصوص نسبی کمتر از ۲ و رنگ قهوه‌ای تیره می‌باشد.	۰/۵	زغال سنگ، لیگنیت، یا سایر مصالح سبک:
	۱	- هنگامی که نمای ظاهری بتن حائز اهمیت است. - سایر بتن‌ها.
دانه‌های پوک، مواد بیگانه مانند چوب و بقایای نباتات و به طور کلی تمام دانه‌های ناسالم در محاسبه این درصدها باید منظور شوند.	۳	دانه‌های سست شامل مجموع کلوخه‌های رسی، دانه‌های نرم، چرت هوا زده، شیلها و شسته‌های متورق هوا زده:
	۵	- بتن نمایان
	۷	- بتن تحت سایش - سایر بتن‌ها
-	۰/۴	سولفات‌ها بر حسب $SO_3^{--}$
-	۰/۰۲	کلورها بر حسب $CL^-$

\*روش آزمایش در هر یک از موارد فوق‌الذکر مطابق مندرجات آیین‌نامه بتن ایران خواهد بود.

دانه‌بندی مصالح سنگی درشت‌دانه (سین)

اندازه الکهای استاندارد (میلیمتر)												
دورشتی دانه	۱/۱۹	۲/۳۸	۴/۷۶	۹/۵	۱۲/۷	۱۹/۰۵	۲۵/۴	۳۸/۱	۵۰/۸	۶۴/۵	۸۸/۹	۱۰۱/۶
درصد وزنی رد شده از هر الک از مایشگاهی (دارای سوراخهای مربع)												
۳۸/۱ تا ۸۸/۹ میلیمتر						۵ تا ۰	۱۵ تا ۰			۶۰ تا ۲۵	۹۰ تا ۱۰۰	۱۰۰
۳۸/۱ تا ۶۴/۵ میلیمتر						۵ تا ۰	۱۵ تا ۰			۷۰ تا ۳۵	۹۰ تا ۱۰۰	۱۰۰
۴/۷۶ تا ۵۰/۸ میلیمتر				۵ تا ۰			۷۰ تا ۳۵			۱۰۰ تا ۹۵	۱۰۰	۱۰۰
۳۸/۱ تا ۴/۷۶ میلیمتر				۵ تا ۰	۳۰ تا ۱۰		۷۰ تا ۳۵			۱۰۰ تا ۹۵	۱۰۰	۱۰۰
۴/۷۶ تا ۲۵/۴ میلیمتر				۵ تا ۰	۱۰ تا ۰	۶۰ تا ۲۵				۱۰۰ تا ۹۵	۱۰۰	۱۰۰
۱۹/۰۵ تا ۲/۳۸ میلیمتر				۵ تا ۰	۱۰ تا ۰	۵۵ تا ۲۰	۱۰۰ تا ۹۰			۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰	۱۰۰
۴/۷۶ تا ۱۲/۷ میلیمتر				۵ تا ۰	۱۵ تا ۰	۷۰ تا ۴۰	۹۰ تا ۱۰۰			۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ تا ۲/۳۸ میلیمتر				۵ تا ۰	۱۰ تا ۰	۱۰۰ تا ۸۵	۳۰ تا ۱۰			۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰	۱۰۰
۲۵/۴ تا ۵۰/۸ میلیمتر						۵ تا ۰	۱۰۰ تا ۹۰			۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۹/۰۵ تا ۳۸/۱ میلیمتر						۵ تا ۰	۱۰ تا ۰			۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰	۱۰۰

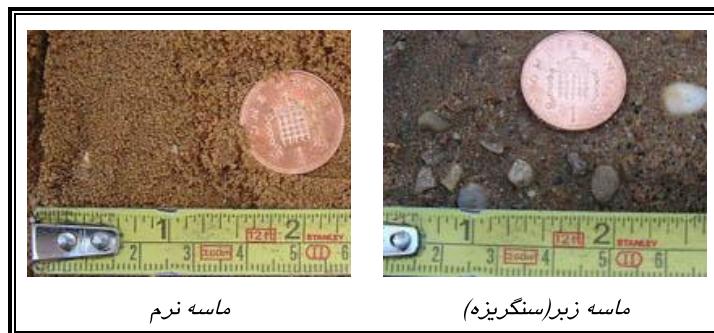
## ماسه

به نظر می‌رسد انواع ماسه نسبت به دیگر مصالح سنگی دارای پیچیدگی بیشتری باشد. ماسه از دانه‌های سنگی کوچکی تشکیل شده که اندازه آن بین  $0.06-2\text{ mm}$  است و اکثراً از جنس کوارتز ( $SiO_2$  یا سیلیکا) می‌باشد، گرچه اغلب مواد معدنی دیگری به صورت مخلوط با ماسه وجود دارند خصوصاً رس‌ها و آهن که سبب قرمز رنگ شدن ماسه نسبت به دیگر مصالح سنگی می‌شود.

ماسه‌ها به صورت طبیعی در روسوبات جابه‌جا شده وجود دارند، بخصوص در محیط‌های دریایی و یا رودخانه‌ای، گرچه بعضی از ماسه سنگ‌های درشت‌تر به‌عنوان محصولات جانبی حاصل از خرد کردن و شکستن سنگ به‌دست می‌آیند.

دانه‌بندی مصالح سنگی ریزدانه				
درصد وزن رد شده از الک براساس استاندارد BS				
اندازه الک	محدوده	محدوده اضافی برای دانه‌بندی		
		C	M	F
10.00 mm	100	-	-	-
5.00 mm	89-100	-	-	-
2.36 mm	60-100	60-100	65-100	80-100
1.18 mm	30-100	30-90	45-100	70-100
600 $\mu\text{m}$	15-100	15-54	25-80	55-100
300 $\mu\text{m}$	5-70	5-40	5-48	5-70
150 $\mu\text{m}$	0-15	-	-	-
محدوده دانه‌بندی ماسه BS 882				

ماسه یکنواخت از دانه‌هایی تشکیل می‌شود که اساساً یک اندازه باشند، مثلاً درشت دانه<sup>۵</sup> (C)، متوسط<sup>۶</sup> (M) یا ریزدانه<sup>۷</sup> (F) (جدول زیر را ملاحظه کنید)، درحالی‌که ماسه دانه‌بندی شده<sup>۸</sup> شامل مخلوطی از ماسه با اندازه دانه‌های متفاوت مشخص است. در کارهای معمولی ساختمانی در کارگاه، ماسه به دو گروه اصلی تقسیم می‌شود، ماسه ساختمانی (ماسه نرم<sup>۹</sup>) که عمدتاً در تهیه ملات اندود به‌کار برده می‌شود، و ماسه



سنگریزه (ماسه زبر<sup>۱۰</sup>)، که در ساخت ملات بستر در روسازی به‌کار می‌رود. طبیعتاً ماسه‌هایی نیز در بین دو حد فوق قرار دارند که می‌توان به‌عنوان ماسه درزگیری (ماسه بندکشی<sup>۱۱</sup>) استفاده کرد، ولیکن همچنانکه گفته شد عملاً ماسه در دو تیپ اصلی فوق وجود دارد.

اندازه الک (mm)	لایه رویه					بند کشی
	درصد رد شده از الک					
8	100					~
6.3	95 - 100					~
4	85 - 99					~
2	~					100
1	~					85 - 99
0.5	30 - 70					55 - 100
0.063	0.3	0.5	1.5	3	4	0 - 2
	IA	IB	II	III	IV	
	گروه بندی روسازی					

ماسه مصرفی در ساختمان بیشتر از نوع ریزدانه و اغلب توام با مقداری رس در حدود ۱۰ درصد یا بیشتر است درحالی‌که ماسه سنگریزه (زبره) درصد کمتری رس دارد و نسبت دانه‌های درشت آن بیشتر می‌باشد.

مطابق مشخصات فنی بخش ۳ آیین‌نامه BS7533 ماسه به‌کار رفته در لایه زیرسازی<sup>۱۲</sup> ماسه تیزگوشه با درصد رس یا سیلت کمتر از ۳ درصد وزنی می‌باشد. آیین‌نامه BS882 استفاده از ماسه تیپ C یا M را برای دال‌ها و کف فرش‌های روسازی پیشنهاد می‌نماید.