

سنگدانه ها



۴-۳- تعاریف

۴-۳-۱- سنگدانه‌ها را می‌توان براساس اندازه، شکل، نوع، معدن و سایر خواص طبقه‌بندی نمود و نام خاصی را بر آن نهاد.

۱- سنگ دانه ریز (ماسه) : سنگدانه‌ای که اندازه آن بین ۴/۷۵ میلیمتر (الک نمره ۴) و ۷۵ میکرون (الک نمره ۲۰۰) قرار دارد.

۲- سنگ دانه درشت (شن) : سنگدانه‌ای که اندازه آن بزرگتر از ۴/۷۵ میلیمتر (الک نمره ۴) و معمولاً کوچکتر از ۳۰ تا ۵۰ میلیمتر است.

۳- مخلوط^۱ : مخلوط سنگدانه از ریز تا درشت که از معدن حاصل شده و هیچ فرآیندی در آن انجام نشده است (با دانه‌بندی ۰ تا ۷۵ میلیمتر).

۴- سنگدانه شکسته (شن یا ماسه شکسته) : سنگدانه‌ای که از شکستن سنگ و قلوه سنگ ایجاد شده باشد.

۵- زیر الک^۲ ذرات ریز و پودری تولید شده در فرآیند تولید سنگدانه شکسته.

۶- ماسه شسته^۳ : ماسه‌ای که جهت استفاده در بتن توسط دستگاه ماسه شور شسته می‌شود تا ریز دانه‌ها و گرد و خاک آنها جدا شود.

۷- ریز دانه‌ها^۴ ذرات لای، رس و گرد و غبار ریزتر از ۷۵ میکرون (الک نمره ۲۰۰) که وجود آنها در سنگدانه نامطلوب و مضر می‌باشد.

^۱ Pitrun

^۲ Screenings

^۳ Concrete Sand

^۴ Fines

۴-۲-۲- الک های دانه بندی

برای دانه بندی سنگدانه‌ها از الک‌هایی با روزنه‌های مختلف استفاده می‌شود. در جدول ۴-۱ اندازه الک های مورد استفاده در دانه بندی سنگدانه‌ها ارائه شده است.

۴-۲-۳- اندازه اسمی

مشخصه مهمی که اغلب در توصیف سنگدانه‌ها به کار می‌رود، اندازه اسمی است. اندازه اسمی، قطر الکی است که ۹۰ درصد نمونه سنگدانه از آن عبور نمایند و ده درصد باقیمانده نیز لازمست از الک یک نمره بالاتر عبور نمایند. مثلاً سنگدانه با اندازه اسمی $3/4$ اینچ (۱۹ میلیمتر یا الگوریتم ۲۰ میلیمتر) سنگدانه ای است که ۹۰ درصد آن از الک نمره ۱۹ میلیمتر عبور نمایند و ده درصد باقیمانده نیز باید از نمره ۲۵ عبور نمایند، اندازه اسمی سنگدانه‌های ریز (ماسه)، $4/75$ میلیمتر (الک نمره ۴) می باشد. بنابراین ۹۰ درصد ماسه باید از الک $4/75$ میلیمتر و ده درصد باقیمانده از الک $9/5$ میلیمتر عبور نمایند.

برای سنگدانه‌های درشت ، غالباً از دامنه اسمی استفاده می‌شود . به عنوان مثال سنگدانه ۴/۷۵-۱۹ میلی‌متر ، مصالحی است با ۱۰۰ درصد عبوری از الک ۲۵ میلی‌متر ، ۹۰ تا ۱۰۰ عبوری از الک ۱۹ میلی‌متر و صفر تا ۱۰ درصد عبوری از الک ۴/۷۵ میلی‌متر . سنگدانه‌های درشت تک اندازه^۱ ، سنگدانه ای است که ذرات آن بین اندازه اسمی تا ۱/۲ اندازه اسمی قرار دارند . برای مثال ، سنگدانه تک اندازه ۱۹ میلی‌متر ، دارای ۱۰۰ درصد عبوری از الک ۲۵ میلی‌متر ، ۹۰ تا ۱۰۰ درصد عبوری از الک ۱۹ میلی‌متر و صفر تا ۱۰ درصد عبوری از الک ۹/۵ میلی‌متری باشد .

بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت (اندازه اسمی) نباید از هیچیک از مقادیر زیر بیشتر باشد .

الف - یک پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب

ب - یک سوم ضخامت دال

پ - سه چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها

ت - سه چهارم ضخامت پوشش روی میلگرد .

به کار بردن سنگدانه‌های درشت از ۳۸ میلی‌متر در ساخت بتن آرمه توصیه نمی‌شود ، ولی در هیچ حالت اندازه سنگدانه‌ها نباید از ۶۳ میلی‌متر تجاوز کند .

جدول ۴-۱ اندازه الکهای مورد استفاده در دانه بندی سنگدانه‌ها

اندازه و علامت الک	سیستم متریک
۳-in	۷۵mm
۲ ½ - in	۶۳ mm
۲-in	۵۰ mm
۱ ½-in	۳۷/۵ mm
۱-in	۲۵/۰ mm
¾-in	۱۹/۰ mm
½-in	۱۲/۵ mm
⅜-in	۹/۵ mm
No-۴	۴/۷۵ mm
No-۸	۲/۳۶ mm
No.۱۶	۱/۱۸ mm
No.۳۰	۶۰۰ Mm
No.۵۰	۳۰۰ Mm
No.۱۰۰	۱۵۰ Mm
No.۲۰۰	۷۵ Mm

Mm= میکرون

۴-۴ - مشخصات فنی سنگدانه

مشخصات فنی مهم سنگدانه‌های به قرار زیر است :

الف - دانه بندی

ب - چگالی نسبی و جذب آب

پ - سایش (مقاومت در مقابل سایش)

ت - پایداری (مقاومت در مقابل هوازگی)

ث - شکل و بافت سطحی

ج - مواد زیان آور

چ - هم ارز ماسه^۱

ح - ثبات شیمیایی

خ - ضریب نرمی

دانه بندی معمولترین آزمایش سنگدانه‌هاست. اصل اول در دانه بندی مطلوب برای سنگدانه‌ها، این است که مخلوطی، متراکم و توپری ایجاد گردد. حفرات بین دانه‌های بزرگتر توسط دانه‌های کوچکتر پر می‌شود. حفرات باقیمانده نیز توسط ذرات ریزتر پر می‌شوند تا اینکه تمام حفرات پر شود. منحنی های دانه بندی با توپری حداکثر برای سنگدانه‌ها بر پایه رابطه فولر^۲ تعیین می‌گردد.

این رابطه به قرار زیر است :

$$P = (d/D)^{0.5} \quad (۱-۴)$$

P = درصد عبوری برای روزنه الک d

D = روزنه الک حداکثر با درصد عبوری ۱۰۰

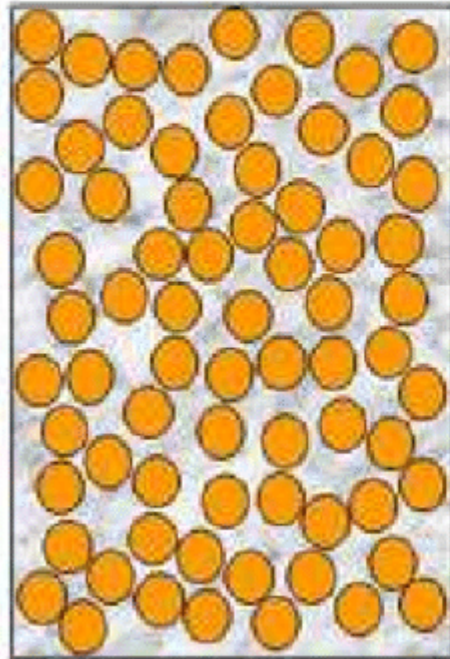
هر چه دانه بندی سنگدانه توپر و متراکم باشد، مقاومت برشی آن افزایش می‌یابد. توپری حداکثر حالتی است که حفاصل سنگدانه‌های درشت توسط سنگدانه‌های ریزتر پر شود بطوریکه سنگدانه‌های درشت در تماس با یکدیگر قرار گیرند. در صورتیکه مقدار ریز دانه‌ها در مخلوط کم باشد، فضای بین سنگدانه‌های درشت بصورت خالی باقی می‌ماند و در طرف مخالف اگر میزان ریز دانه‌های بیش از حد باشد، سنگدانه‌های درشت دیگر در تماس با یکدیگر نخواهند بود.

از طرف دیگر میزان ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (الک نمره ۲۰۰) باید محدود گردند . این ذرات می تواند بصورت ذرات لای و رس باشد که از طرفی مقاومت کمی دارند و از طرف دیگر مقدار زیادی سیمان برای اندود کردن سطح جانبی آنها لازم است . اگر ریز دانه‌ها بصورت گرد و خاک روی سطوح سنگدانه‌های درشت باشند، باعث کاهش چسبندگی بین سیمان و آن دانه‌ها میشوند. از این رو کنترل میزان ریز دانه‌ها در سنگدانه‌ها بسیار مهم میباشد و لازمست حداکثر آن ها از مقادیر توصیه شده در جدول ۳-۴ تجاوز ننماید . با توجه به ریز دانگی ، ذرات رسی مضرتر از ذرات لای می‌باشند ، در صورتیکه تعیین میزان ریز دانه‌های کوچکتر از ۷۵ میکرون (الک ۲۰۰) با دقت زیاد مورد توجه باشد ، از آزمایش دانه بندی تر^۱ استفاده می‌شود . در این آزمایش نمونهٔ آزمایش مورد شستشو قرار گرفته و آب حاصل از شستشو از الک ۷۵ میکرون (الک نمره ۲۰۰) عبور داده می‌شود و مصالحی که روی الک باقی‌می‌ماند به مخلوط اضافه می‌گردد . نمونه خشک شده و آزمایش دانه‌بندی خشک انجام می‌شود . درصد عبوری کل از الک نمره ۲۰۰ مساوی مجموع مصالح عبوری در حالت خشک و مصالح از بین رفته در حین شستشو خواهد بود .

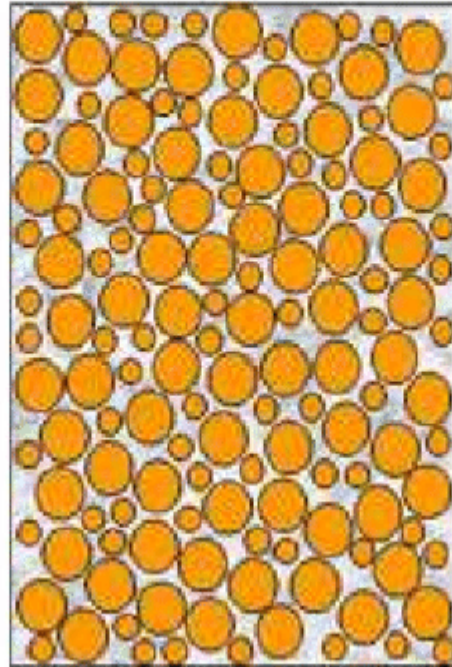
جدول ۲-۴ حداقل وزن نمونه گیری از مصالح

اندازهٔ اسمی	حداقل وزن نمونه (kg)
۲۸ میلیمتر و بزرگتر	۵۰
مساوی و بیش از ۵ میلیمتر	۲۵
کوچکتر از ۵ میلیمتر	۱۰

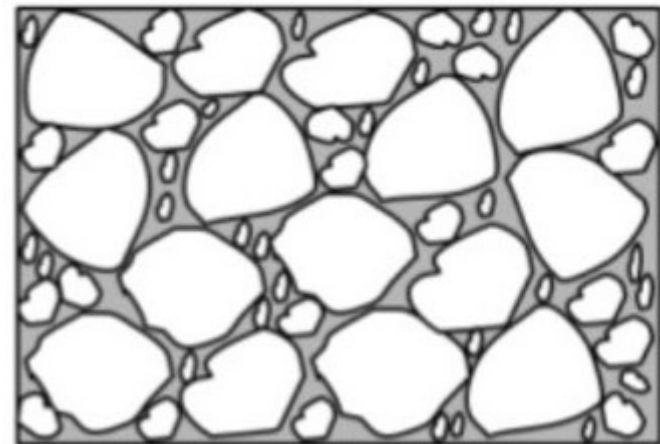
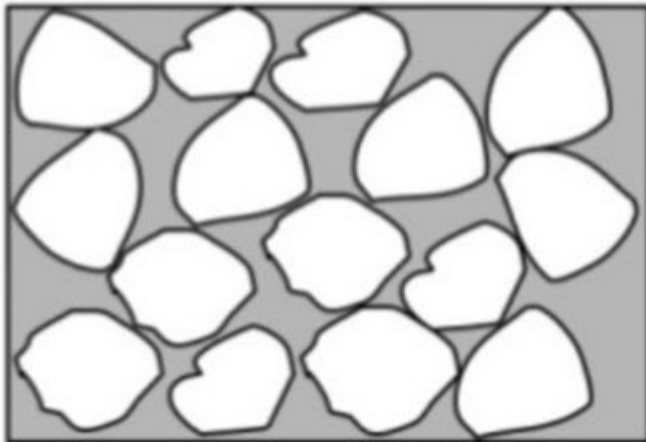
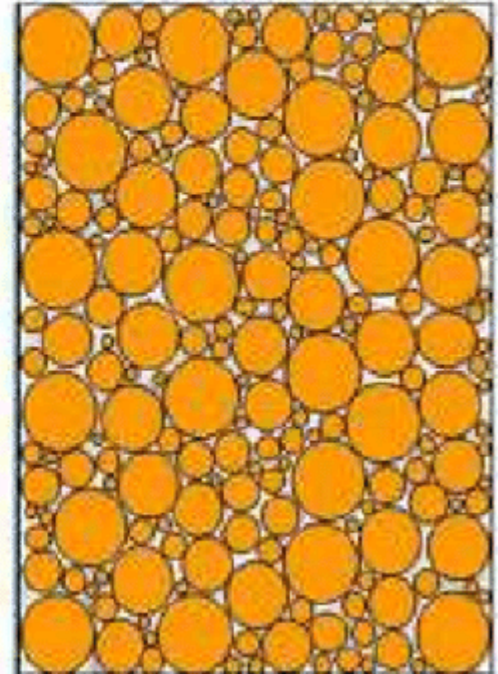
Single-sized



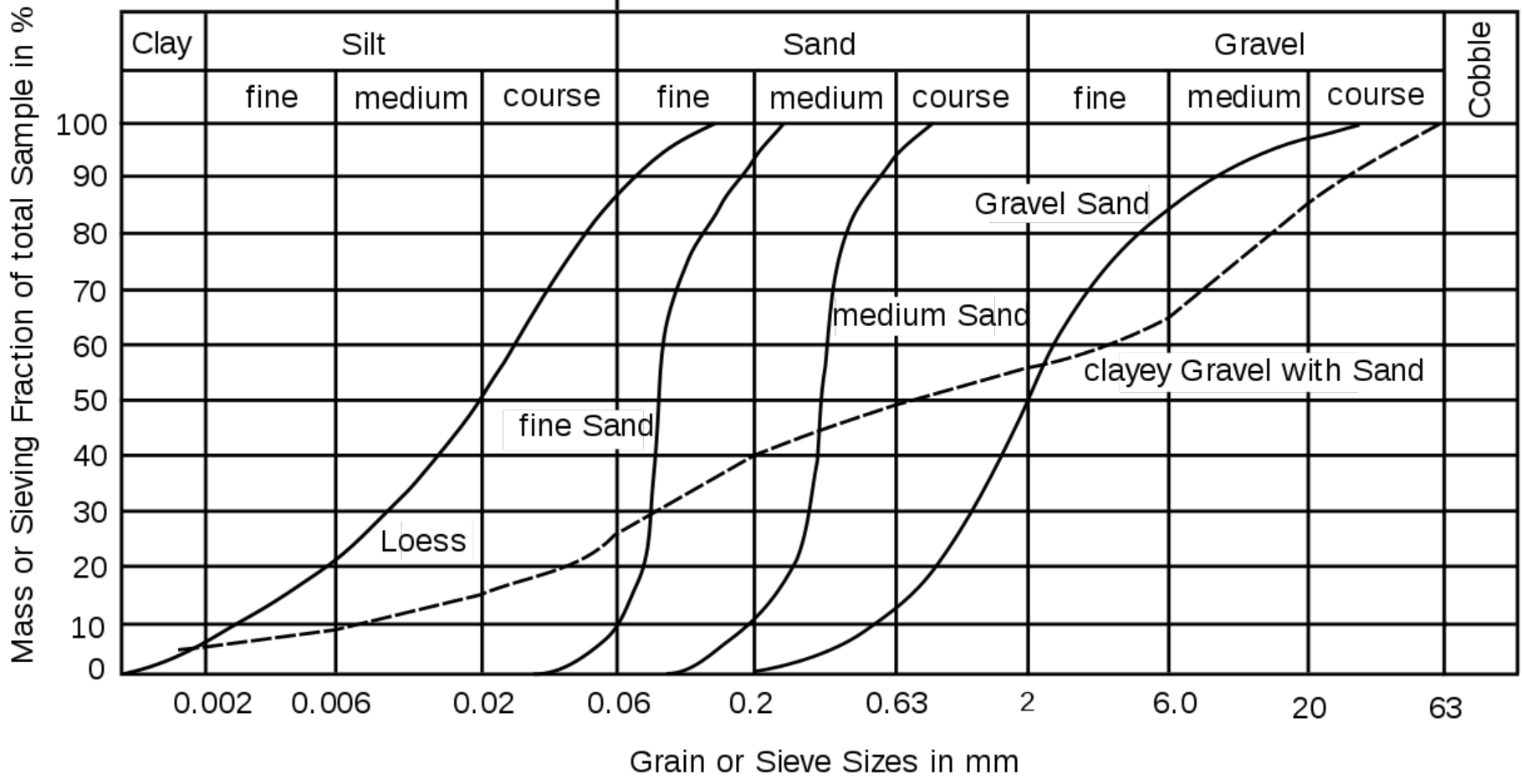
Poorly-graded

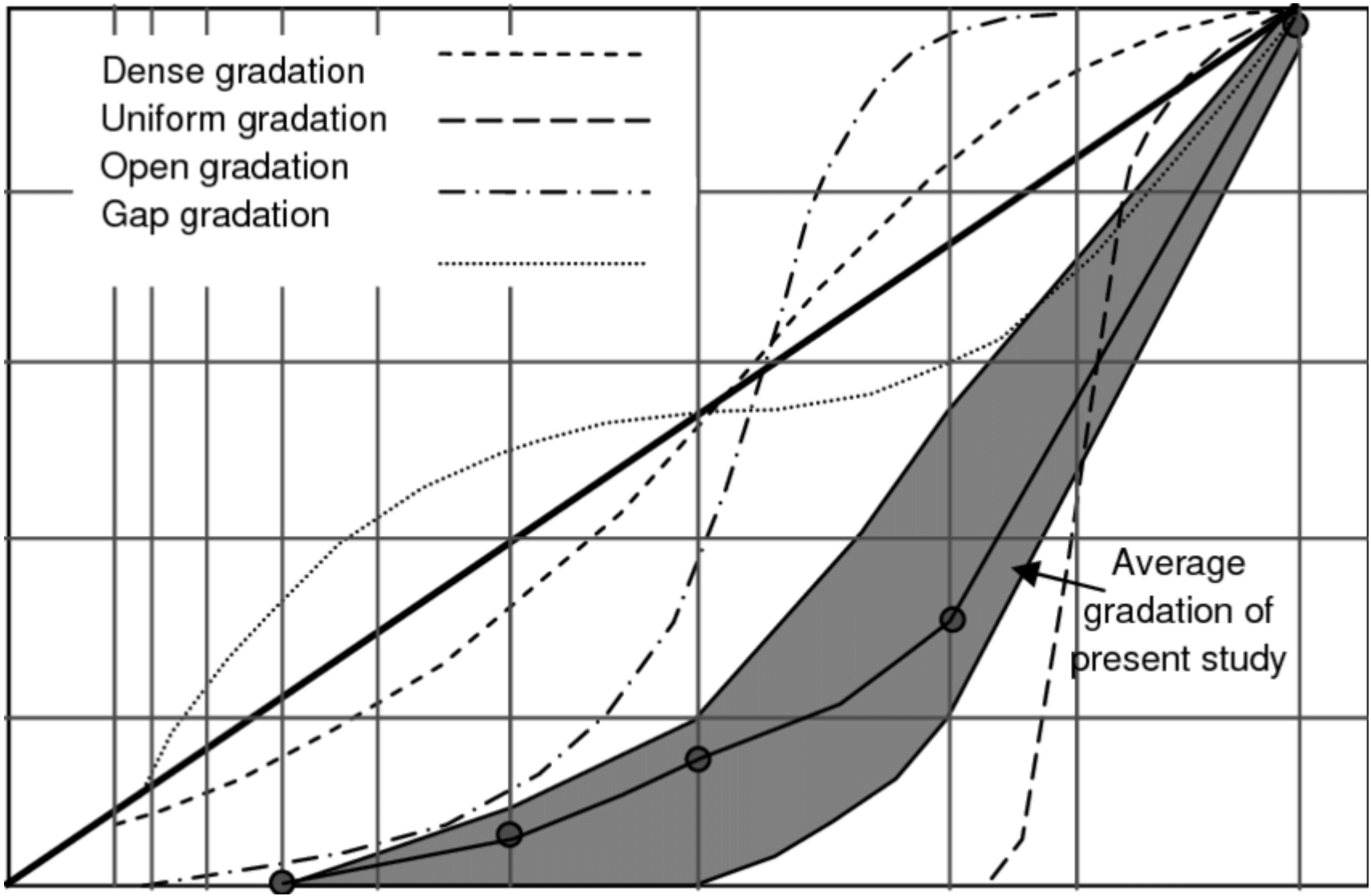


Well-graded



← fine-grained | course-grained →





۴-۴-۱-۳- الف : سنگدانه‌های ریز (ماسه)

در جدول ۳-۴ محدوده مجاز دانه بندی طبق استاندارد ایران ارائه شده است.

جدول ۳-۴ دانه‌بندی سنگدانه‌های ریز

درصد عبور کرده	اندازه الک
۱۰۰	۹/۵ میلی متر
۹۵-۱۰۰	۴/۷۵ میلی متر
۸۰-۱۰۰	۲/۳۶ میلی متر
۵۰-۸۵	۱/۱۸ میلی متر
۲۵-۶۰	۶۰۰ میکرون
۱۰-۳۰	۳۰۰ میکرون
۲-۱۰	۱۵۰ میکرون

۴-۴-۱-۳- ب : سنگدانه‌های درشت (شن)

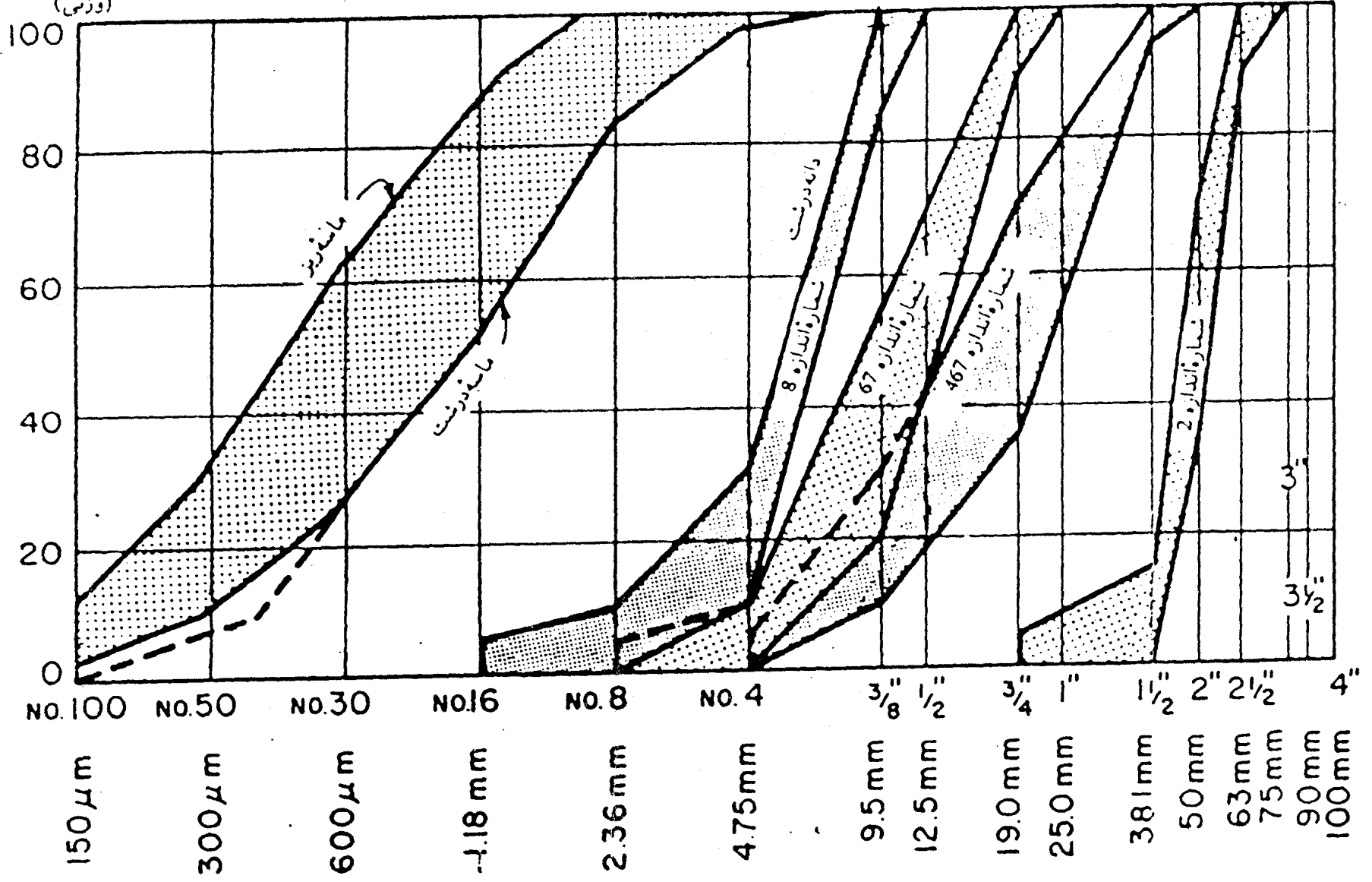
در جدول ۴-۴ ، محدوده مجاز برای دانه بندی شن طبق استاندارد ایران ارائه شده است .

جدول ۴-۴ - الزامات دانه بندی برای سنگدانه درشت

درصد وزنی عبور کرده از هر الک

اندازه اسمی (الک یا سوراخ مربعی)	۱۰۰	۹۰	۷۵	۶۳	۵۰	۳۷/۵	۲۵	۱۹	۱۲/۵	۹/۵	۴/۷۵	۲/۳۶	۱/۱۸
میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر	میلیمتر
۳۷/۵ تا ۹۰ میلیمتر	۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۰		۶۰ تا ۲۵	۱۵ تا ۰	۵ تا ۰							
۳۷/۵ تا ۶۳ میلیمتر			۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۰	۷۰ تا ۳۵	۱۵ تا ۰	۵ تا ۰						
۵۰ تا ۲۵ میلیمتر				۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۰	۷۰ تا ۳۵	۱۵ تا ۰	۵ تا ۰					
۵۰ تا ۴/۷۵ میلیمتر				۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۵	۷۰ تا ۳۵	۳۰ تا ۱۰	۵ تا ۰					
۳۷/۵ تا ۱۹ میلیمتر					۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۰	۵۵ تا ۲۰	۱۵ تا ۰	۵ تا ۰				
۳۷/۵ تا ۴/۷۵ میلیمتر					۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۵	۷۰ تا ۳۵	۳۰ تا ۱۰	۵ تا ۰				
۲۵ تا ۱۲/۵ میلیمتر					۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۰	۵۵ تا ۲۰	۱۰ تا ۰	۵ تا ۰				
۲۵ تا ۹/۵ میلیمتر					۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۰	۸۵ تا ۴۰	۴۰ تا ۱۰	۱۵ تا ۰	۵ تا ۰			
۲۵ تا ۴/۷۵ میلیمتر					۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۵	۶۰ تا ۲۵	۱۰ تا ۰	۱۰ تا ۰	۵ تا ۰			
۱۹ تا ۹/۵ میلیمتر					۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۰	۵۵ تا ۲۰	۱۵ تا ۰	۵ تا ۰				
۱۹ تا ۴/۷۵ میلیمتر					۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۰	۵۵ تا ۲۰	۱۰ تا ۰	۵ تا ۰				
۱۲/۵ تا ۴/۷۵ میلیمتر					۱۰۰	۱۰۰ تا ۹۰	۷۰ تا ۴۰	۱۵ تا ۰	۵ تا ۰				
۹/۵ تا ۲/۳۶ میلیمتر					۱۰۰	۱۰۰ تا ۸۵	۳۰ تا ۱۰	۱۰ تا ۰	۱۰ تا ۰	۵ تا ۰			

درصد رد شده
(وزنی)



اندازه‌های استاندارد الک با شبکه‌های مربعی

۴-۱-۳-پ - دانه بندی ترکیبی

ممکن است محدوده دانه بندی شن و ماسه تحویلی به کارگاه در محدوده مجاز نباشد . در این حالت استفاده از شن و ماسه وقتی بلامانع خواهد بود که منحنی دانه بندی ترکیبی آنها در محدوده مجاز قرار گیرد. در جدول ۴-۵ محدوده مجاز دانه بندی مخلوط سنگدانه طبق استاندارد BS و نشریه متخذه شماره ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور ارائه شده است .

جدول ۴-۵ - الف : حدود دانه بندی کلی سنگدانه‌ها (شامل مخلوط شن و ماسه)

طبق BS۸۸۲:۱۹۸۳

اندازه الک		درصد عبوری			
mm	In	۴۰mm (۱ ۱/۲in)	۲۰mm (۳/۴in)	۱۰mm (۳/۸in)	۵mm (۳/۱۶ in)
۵۰	۲	۱۰۰	—	—	—
۳۷/۵	۱ ۱/۲	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	—	—
۲۰/۰	۳/۴	۴۵-۸۰	۹۵-۱۰۰	—	—
۱۴/۰	۱/۲	—	—	۱۰۰	—
۱۰/۰	۳/۸	—	—	۹۵-۱۰۰	—
۵/۰	۳/۱۶	۵۰-۲۰	۳۵-۵۵	۳۰-۶۵	۷۰-۱۰۰
۲/۳۶	No.۷	—	—	۲۰-۵۰	۲۵-۷۰
۱/۱۸	No.۱۴	—	—	۱۵-۴۰	۱۵-۴۵
۶۰۰Mm	No.۲۵	۸-۳۰	۱۰-۳۵	۱۰-۳۰	۵-۲۵
۳۰۰Mm	No.۵۰	—	—	۵-۱۵	۳-۲۰
۱۵۰Mm	No.۱۰۰	۰-۸	۰-۸	۰-۸	۰-۱۵

جدول ۴-۵ - ب - دانه بندی مخلوط مصالح سنگی ریز و درشت

درصد مواد رد شده از الک ها (آشتو M۹۲)			اندازه الک ها
		۱۰۰	۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)
	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۳۷/۵ میلیمتر (۱ ۱/۲ اینچ)
	۵۰-۷۵	۵۰-۸۶	۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)
۱۰۰	۳۵-۶۰	۴۵-۷۵	۱۹ میلیمتر (۳/۴ اینچ)
۴۵-۷۵	۲۳-۴۷	۳۸-۵۵	۹/۵ میلیمتر (۳/۸ اینچ)
۳۰-۴۸	۱۸-۳۷	۳۰-۴۵	۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)
۲۳-۴۲	۱۲-۳۰	۲۳-۳۸	۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)
۱۶-۳۴	۸-۱۴	۱۷-۳۳	۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)
۹-۲۷	۳-۱۴	۱۰-۲۲	۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)
۲-۱۲	۰-۵	۴-۱۰	۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)
۰-۲	—	۱-۳	۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰)
—	—	۰-۲	۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)

۴-۴-۲- چگالی نسبی و جذب آب

چگالی جذب آب از مشخصه های مهم سنگدانه ها می باشند . در طرح اختلاط بتن باید آب جذب شده توسط سنگدانه ها کاملاً مشخص گردد .

چگالی نسبی نسبت وزن دانه به وزن آب هم حجم آن میباشد . دانه های متخلخل چگالی کمتری دارند . چگالی اکثر دانه ها بین $2/4$ تا $2/9$ قرار دارد . در جدول زیر چگالی نسبی و درصد جذب آب سنگدانه ها ارائه شده است :

اندازه سنگدانه mm	چگالی نسبی	درصد جذب آب
۳۷,۵-۱۹	۲,۵۵	۰,۳
۱۹-۹,۵	۲,۵۲	۰,۸
۹,۵-۴,۷۵	۲,۴۵	۱,۵
۴,۷۵ down	۲,۶۰	۱,۰



برای تعیین چگالی دانه‌ها ، اندازه گیریهای زیر لازم است :

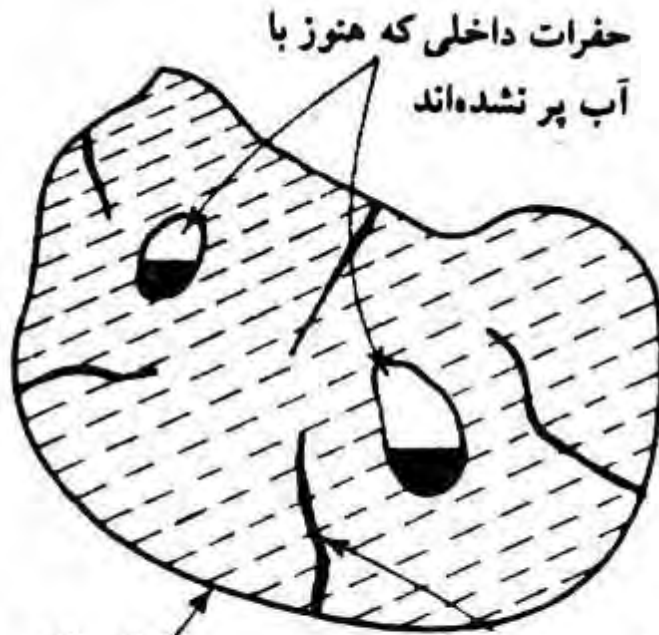
A : وزن دانه‌های اشباع با سطح خشک

B : وزن (ظرف + آب + سنگدانه‌های درون آن)

C : وزن (ظرف + آب)

B-C : وزن مصالح اشباع در آب

D : وزن مصالح خشک شده در کوره



آب آزاد روی سطح

آب جذب شده در خلل و فرج سطحی مرتبط به هم

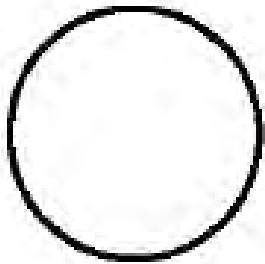
مصالح از نظر آب جذب شده

الف : خشک شده در کوره

ب : اشباع با سطح خشک

پ : اشباع با سطح تر

Ovendry



None

Air dry



Less than
potential
absorption

Saturated,
surface dry



Equal to
potential
absorption

Damp
or wet



Greater
than
absorption

الف : چگالی نسبی سنگدانه‌های خشک شده در کوره (چگالی کلی)^۱ Bulk Density

$$RD = \frac{D}{A - (B - C)} \quad (۲-۴)$$

ب : چگالی نسبی سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک^۲ Saturated Surface dry density

$$RD_{SSD} = \frac{A}{A - (B - C)} \quad (۳-۴)$$

پ - چگالی ظاهری^۳ Apparent density

$$RD_A = \frac{D}{D - (B - C)} \quad (۴-۴)$$

ت : جذب آب^۴ Percentage absorption

$$\text{درصد جذب آب} = \frac{A - D}{D} \times 100 \quad (۵-۴)$$

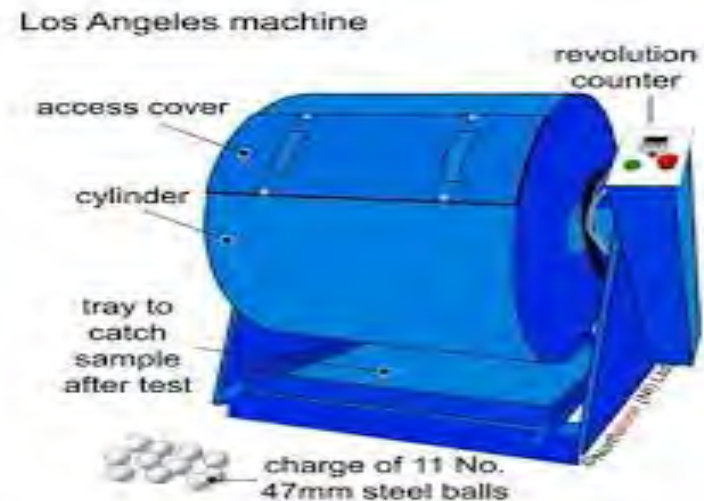
۴-۴-۳- سایش (مقاومت در مقابل سایش)

از دیگر مشخصه‌های مهم سنگدانه‌ها ، مقاومت سایشی آنهاست. مصالح نرم دارای مقاومت سایشی و مقاومت شکست کم می باشند و استفاده از آنها در بتن باعث کاهش مقاومت سایشی و مقاومت شکست بتن می گردد .

مقاومت سایشی توسط آزمایش لس آنجلس انجام می‌شود . در این آزمایش نمونه سنگدانه‌ها به همراه تعدادی ساچمه فولادی درون استوانه ماشین قرار داده شده و پس از دوران ماشین به تعداد دور مشخص ، مصالح از درون آن خارج شده و پس از جدا کردن مصالح سالم و پودر شده با عبور از الک ۱۲۵ (۱/۷ میلیمتر) ، وزن آنها را تعیین و میزان افت سایشی (درصد سایش) را تعیین می نمایند . درصد سایش سنگدانه‌های درشت در بتن های عادی (بتن هایی که برای مقاومت در سایش طراحی نشده اند) ، در روش لس آنجلس نباید از ۵۰ درصد تجاوز نماید .

مقاومت سازه ای سنگدانه ها

بتن با مقاومت بالا را نمی توان با سنگدانه دارای ساختار ضعیف، ساخت. برای نمونه، مقاومت فشاری 28 روزه بتن عایق بندی که حاوی سنگدانه ورمیکولیت که خود ماده ای نرم و شکننده است، از 5/25 Mpa تجاوز نمی کند در حالی که مقاومت بتن با نسبت بندی و عمل آوری دقیق حاوی سنگ آهک پر مقاومت شکسته، سنگ آذرین سیاه شکسته یا شن کوارتزیتی از 70 Mpa فراتر می رود. علیرغم رابطه تقریباً واضح بین مقاومت بتن و مقاومت سنگدانه، حداقل در موارد بسیاری عوامل دیگری نظیر شکل دانه، بافت سطحی، دانه بندی و نسبت آب به سیمان بتن، ارزیابی دقیق سهم مقاومت سازه ای سنگدانه را به تنهایی ناممکن می سازد.





این دستگاه شامل یک استوانه فولادی به قطر داخلی 711 mm و طول داخلی 508 میلیمتر می باشد. استوانه حول محور افقی خود با سرعت 30-33 rpm می چرخد و بر روی یک قاب قرار می گیرد. این دستگاه مجهز به 12 عدد گلوله فولادی به وزن 5000 گرم به همراه یک سینی است

۴-۴-۴- پایایی سنگدانه‌ها

پایایی سنگدانه‌ها نشان دهنده مقاومت آنها در مقابل متلاشی شدن تحت تناوب خشک و مرطوب شدن ، گرم و سرد شدن ، و بخصوص یخ زدن و آب شدن میباشد . سنگدانه‌ها دارای تخلخل هایی می باشند که با جذب رطوبت به حالت اشباع در می آیند . در هنگام یخ زدن آب داخل حفرات یخ بسته و منبسط می شود و در نتیجه حفرات باز می شوند . تناوب این عمل باعث متلاشی شدن سنگدانه می گردد . این موضوع در سنگدانه‌های حاصل از سنگهای رسوبی به خاطر داشتن صفحات ضعیف بین لایه ای ، بیشتر است . تناوب خشک و مرطوب شدن ، و گرم و مرطوب شدن نیز با شدت پایین تر دارای چنین اثری می باشد .

برای تعیین مقاومت در مقابل هوازگی از آزمایش سلامت^۱ استفاده می شود . برای این کار نمونه سنگدانه در محلول سولفات منیزیم و یا سولفات سدیم به حالت اشباع در آمده و سپس از داخل آن بیرون آورده شده و در داخل کوره^۲ خشک می شود . این عمل به تعداد ۵ سیکل تکرار می شود . در انتها مصالح متلاشی شده اندازه گیری می شوند . افت وزنی مصالح درشت پس از ۵ نوبت آزمایش با محلول سولفات سدیم نباید از ۱۰ درصد تجاوز نماید . چنانچه از سولفات منیزیم استفاده گردد ، افت وزن نباید بیش از ۱۵ درصد باشد .

^۱ Sound ness test

^۲ Oven

در حین آزمایش کریستاله شدن نمکهای موجود در خواست شرایط یخ بستن اضافه فشار ناشی از یخ زدن در واقعیت را تداعی می کند . متأسفانه آزمایش سلامت همواره نتایج درست منتهی نمی شود . گاهی مصالح مردود شده در آزمایش رفتار بهتری از خود نشان می دهند و گاهی مواقع بالعکس ، آزمایش دقیقتر می تواند شرایط یخ بستن و آب شدن متناوب می باشد که متأسفانه وقت گیر است . استفاده از نتایج تجربی حاصل از عملکرد مناسب مصالح در عمل در این خصوص قابل توصیه است .

از نتیجه آزمایش جذب آب نیز می توان برای تعیین پتانسیل در مقابل متلاشی شدن استفاده نمود، زیرا هر چه درصد جذب آب بزرگتر باشد، مبین وجود حفرات بیشتر در داخل سنگدانه و در نتیجه پتانسیل بزرگتر در مقابل متلاشی شدن است .

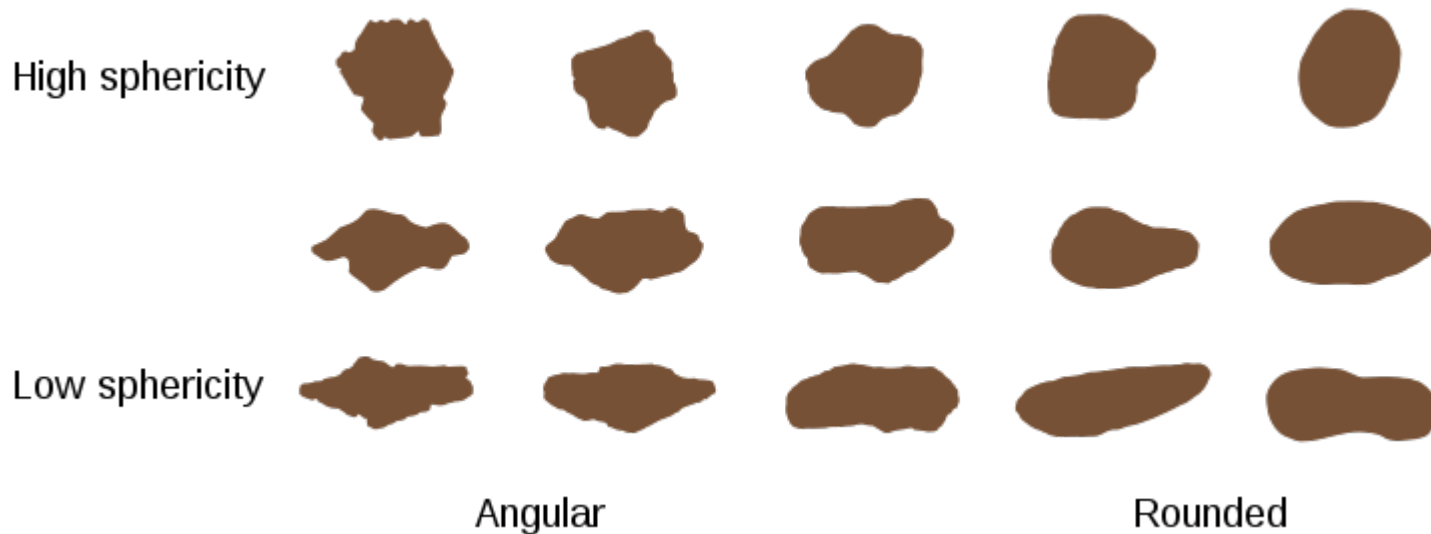
آزمایش دیگر برای تعیین پتانسیل در مقابل متلاشی شدن ، آزمایش یخ زدن و آب شدن محدود نشده می باشد . در این حالت نمونه های در محل آب نمک (NaCl) قرار داده شده و تحت ۵ سیکل یخ زدن و آب شدن قرار می گیرد .

۴-۴-۵- شکل دانه‌ها و بافت سطحی آنها

شکل دانه‌ها و بافت سطحی آنها ، مقاومت ، چسبندگی دانه‌ها به سیمان ، و مقاومت لغزشی دانه‌ها را روی یکدیگر تحت تأثیر قرار می‌دهد .

سنگدانه‌های تخت ، پولکی ، و سوزنی خیلی راحت تر از سنگدانه‌های مکعبی می‌شکنند. سنگدانه‌ها با سطوح زبر و شکسته چسبندگی بهتری با سیمان محاط کننده دارند .

در جدول ۴-۷ حداکثر مجاز سنگدانه‌های پولکی و سوزنی در سنگدانه‌های درشت را نشان می‌دهد .



دسته بندی سنگدانه ها از نظر شکل ظاهری :

- (۱) دانه های گرد : به دلیل فرسایش در طبیعت دارای شکل گرد و سطح صاف شده اند.
- (۲) دانه های نامنظم : این دانه ها معمولاً سطحی صاف و صیقلی شده اند ولی شکلشان کاملاً گرد نیست .
- (۳) دانه های گوشه دار : این دانه ها سطح صافی ندارند، شکل هندسی آن ها مشخص نیست و در بیشتر موارد گوشه های تیزی دارند.
- (۴) دانه های پولکی شکل : مقاومت این دانه ها نسبت به ۲ بعد دیگرشان کم است.
- (۵) دانه های سوزنی شکل : دانه هایی هستند که طولشان بیشتر از ۳ برابر عرضشان یا ضخامتشان است.



دانه های گرد ← دانه های نامنظم ← گوشه دار



افزایش سطح ظاهری



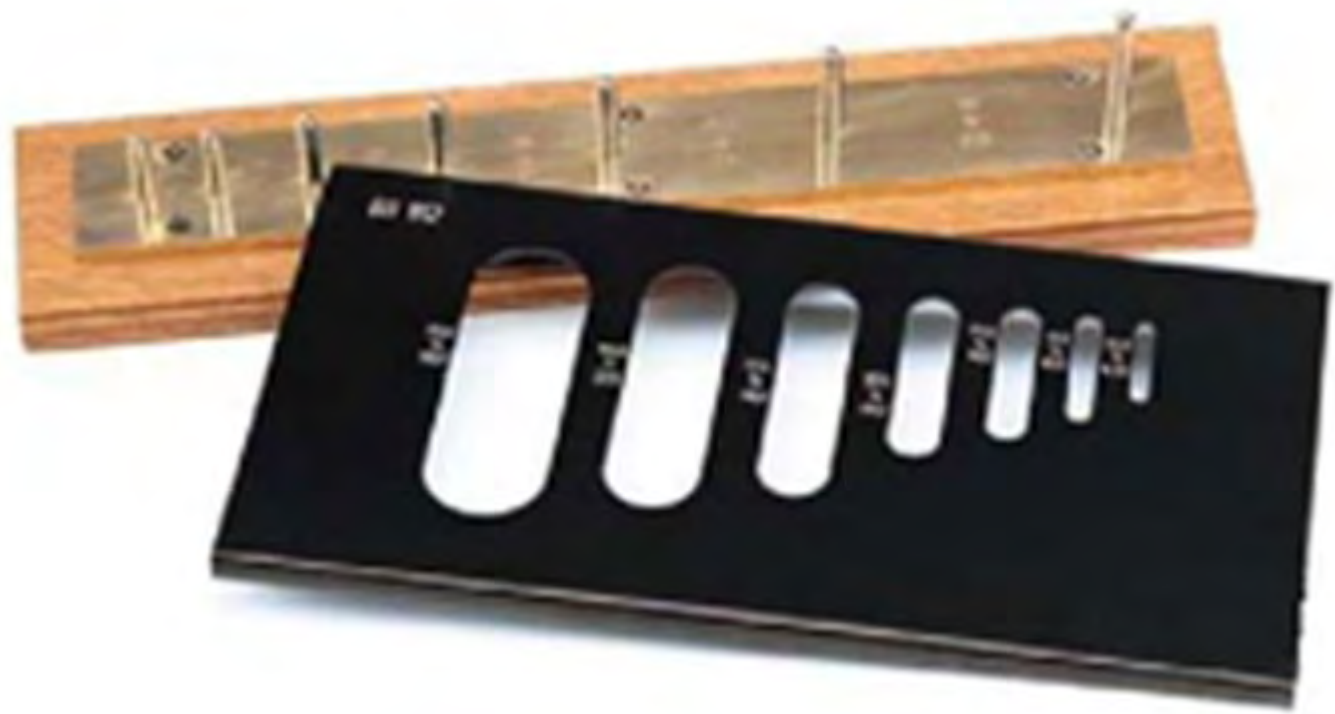
افزایش میزان مصرف سیمان



افزایش مقاومت بتن (درگیری سنگدانه بیشتر)



کاهش کارآیی بتن



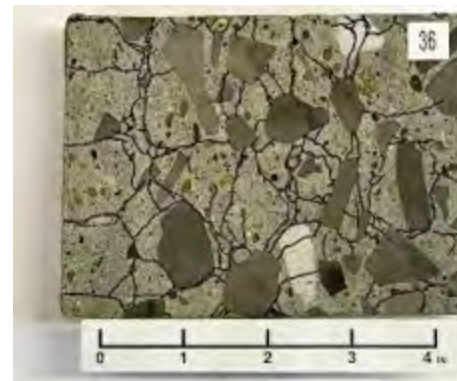
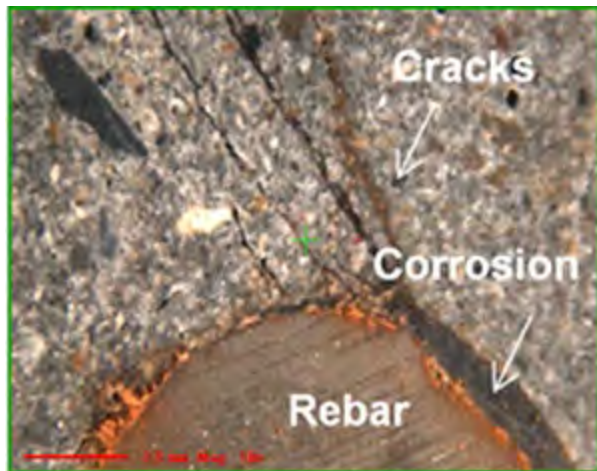
در جدول ۴-۷ مقادیر حداکثر سنگدانه‌های پولکی و سوزنی در سنگدانه‌های درشت

حداکثر درصد وزنی مجاز	روش آزمایش	نوع سنگدانه
۳۰	دت ۲۲۰	دانه‌های پولکی : سنگدانه‌های مانده روی الک ۶/۳ میلیمتر (۱/۴ اینچ)
۳۵ ۴۰ ۴۵	دت ۲۲۰ دت ۲۲۰ دت ۲۲۰	دانه‌های سوزنی : سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۶۳ و یا ۵۰ میلیمتر (۱/۲ و یا ۲ اینچ) سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۳۸ و یا ۲۵ و یا ۱۹ میلیمتر (۱/۲ و یا ۳/۴ اینچ) سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۱۲/۵ و یا ۹/۵ میلیمتر (۱/۲ و یا ۳/۸ اینچ)

4-4-6- مواد زیان آور¹ Deleterious Substance

مواد زیان آور شامل انواع ذرات ضعیف ، با کیفیت پایین می باشند که بصورت ذرات ریز آزاد و یا ذرات ریز چسبیده به سطح سنگدانه‌ها وجود دارند. این مصالح شامل کلوخه های رسی ، دانه‌های نرم ، چرت ، زغال سنگ (مواد آلی) ، ذرات سبک ، صدفها ، میکا و همچنین نمکهای مضر سولفات و کلرید می باشد . این ذرات باعث کاهش چسبندگی سیمان به سنگدانه‌ها شده و یا در حین اختلاط متلاشی می شوند . بعضی از آنها نیز نظیر سولفاتها و کلرید ها باعث واکنش شیمیایی و فساد شیمیایی بتن می شوند . آزمایش معمول برای تعیین مواد زیان آور ، آزمایش پتروگرافی است .

در این روش ذرات موجود در نمونه مورد آزمایش قرار گرفته و به یکی از حالات عالی ، خوب ، متوسط و ضعیف رده بندی می شوند . سپس نتیجه به کل نمونه تعمیم داده شده و کل نمونه رده بندی می شود.



جدول ۴-۸ حداکثر مقادیر مواد زیان آور در سنگدانه‌های ریز

نوع ماده زیان آور	روش آزمایش	حداکثر وزنی	درصد مجاز در کل نمونه
کلوخه های رسی و دانه‌های سست	دت ۲۲۱		۳
دانه‌های گذشته از الک شماره ۲۰۰ (۰/۰۷۵ میلیمتر) — بتن تحت سایش — سایر بتن‌ها	دت * ۲۱۸		۳* ۵*
زغال سنگ ، لیگنیت ، یا سایر مصالح سبک : — هنگامی که نمای ظاهری بتن حایز اهمیت است — سایر بتن‌ها	دت ۲۱۹		۰/۵ ۱
میکا	---		۱
سولفات‌ها برحسب (So ^{۳-})	دت ۲۳۰		۰/۴**
کلرید ها برحسب (cl ⁻)	دت ۲۳۱		۰/۰۴ ⁺

جدول ۴-۹ مقادیر حداکثر مجاز مواد زیان آور در سنگدانه‌های درشت

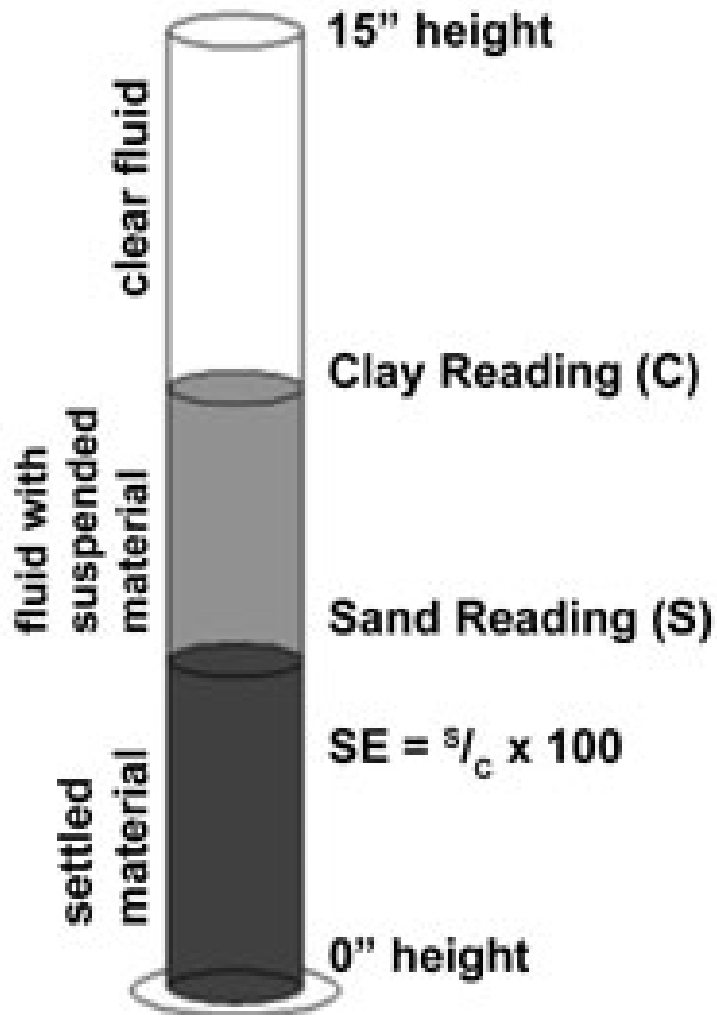
نوع ماده زیان آور	روش آزمایش	حداکثر درصد وزنی مجاز در کل نمونه
کلوخه های رسی	۱۴ دت ۲۲۱	۰/۲۵
دانه‌های نرم *	دت ۲۲۳	۵
چرت به صورت ناخالصی **		
— در معرض شرایط محیطی شدید		۱
— در معرض شرایط محیطی متوسط		۳
— در معرض شرایط محیطی ملایم		۵
دانه‌های گذشته از الک شماره ۲۰۰ (۰/۰۷۵ میلیمتر)	دت ۲۱۸	۱
زغال سنگ ، لیگنیت ، یا سایر مصالح سبک : — هنگامی که نمای ظاهری بتن حایز اهمیت است . — سایر بتن ها	دت ۲۱۹	۰/۵ ۱
دانه‌های سست شامل مجموع کلوخه های رسی، دانه‌های نرم ، چرت هوازده ، گلسنگ (شیل) و شیستهای متورق هوازده : — بتن نمایان — بتن تحت سایش — سایر بتن ها	—	۳ ۵ ۷
سولفات ها (SO_4^{--})	دت ۲۳۰	۰/۴ **
کلریدها (Cl^-)	دت ۲۳۱	۰/۰۲ ***
صدف با اندازه بزرگتر از ۱۰ میلیمتر با اندازه بین ۵ تا ۱۰ میلیمتر ذرات کوچکتر از ۵ میلیمتر		۸ ۲۰ —

۴-۴-۷- آزمایش هم ارز ماسه^۱ (SE) Sand equivalent

آزمایش هم ارز ماسه ، روش برای تعیین ریزدانه‌های رسی که بصورت آزاد یا بصورت گرد و خاک روی سنگدانه‌ها قرار دارد . این آزمایش ابتدا محلول کلرید کلسیم (محلول استرکس) درون یک استوانهٔ آزمایش ریخته شده و سپس نمونهٔ ماسه درون آن ریخته شده و کاملاً بهم زده میشود . به محلول حاصل ۲۰ دقیقه اجازهٔ ترکیب داده میشود . پس از ترکیب کامل ، دو قسمت متمایز درون استوانه قابل مشاهده است. ستون ماسه به رنگ تیره ستون مصالح ریز دانه به رنگ قهوه ای روشن، نسبت ارتفاع ستون ماسه به ارتفاع کل نمونه ، هم ارز ماسه (SE) نامیده می‌شود . حداقل SE در کاربردهای مختلف به قرار ذیل است .

جدول ۴-۱۱

نوع مصالح	SE حداقل
ماسه در بتن مسلح	۷۵
ماسه در ملات سیمان	۵۵



ثبات شیمیایی به مجموعه مشکلاتی اطلاق می‌شود که ناشی از ترکیب شیمیایی بعضی از کانی‌های موجود در سنگدانه با ترکیبات سیمان است .

یکی از این مشکلات واکنش قلیایی - سنگدانه^۲ است . در صورت وجود سیلیس فعال در سنگدانه ، واکنش شیمیایی بین سیلیس و قلیایی سیمان رخ می‌دهد که حاصل آن ماده‌ژل مانندی توام با انبساط حجم می‌باشد . این ازدیاد حجم ابتدا باعث بروز ترکهای سطحی پنجه‌غازی و نهایتاً منجر به فروپاشی بتن می‌گردند . و نوع این واکنش در سازه‌های هیدرولیکی به علت مجاورت با رطوبت و دمای زیاد بیشتر مشاهد می‌شود .

چاره‌اساسی کار استفاده از سیمانهای کم‌قلیاست بطوریکه قلیایی معادل سیمان یعنی $\text{Na}_2\text{O} + 0.659 \text{K}_2\text{O}$ کمتر از ۰/۶ باشد . متأسفانه در شرایط حاضر تولیدات سیمان کشور فاقد چنین استانداردی است . در غیاب سیمان کم‌قلیا باید در انتخاب سنگدانه‌ها دقت شود بطوریکه فاقد چنین سیلیس فعال باشند . در صورتیکه استفاده نمود . در حال حاضر دو آزمایش برای تشخیص فعال یا غیر فعال بودن سنگدانه وجود دارد که عبارت است از منشور ملات ۱۶ روزه (ASTM-C۱۲۶۰) و شش ماهه (ASTM-C۲۸۹) که آزمایش ۱۶ روزه

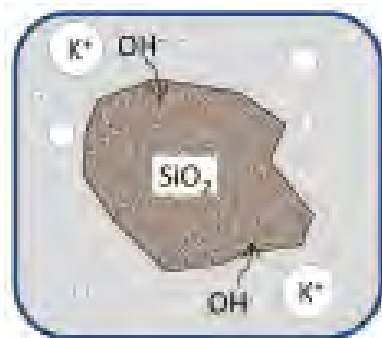
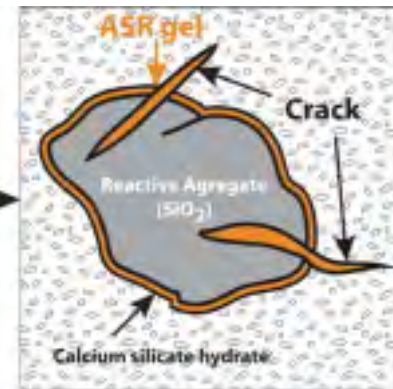
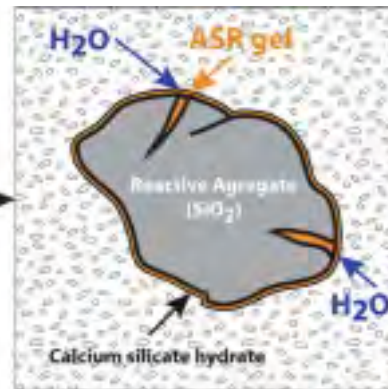
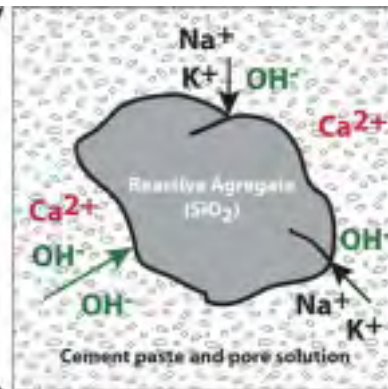
نوع تسریع یافته آزمایش شش ماهه است ، لیکن قابلیت اطمینان آنرا ندارد . در این آزمایش‌ها مقدار انبساط منشور ملات ۳۰۰×۵۰×۵۰ میلی‌متر در شرایط نگهداری آزمایشگاهی اندازه‌گیری شده و با مقدار حداکثر مجاز مقایسه می‌شود . اگر کمتر از آن باشد ، سنگدانه غیر فعال در نظر گرفته می‌شود (

بعضی پوزولانها در کاهش واکنش قلیایی - سنگدانه مؤثر میباشند . به عنوان مثال وجود میکروسیلیس در مخلوط بتن می تواند از شدت فعل و انفعالات بکاهد .

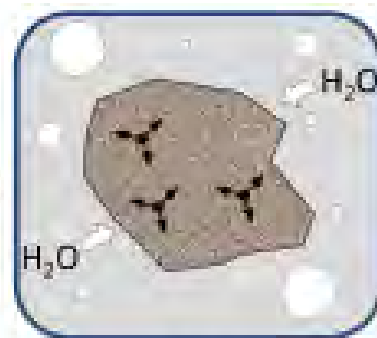
سنگها و کانیها نشان داده شده در جدول ۴-۱۲ احتمال واکنش زایی با قلیایی سیمان را ندارند . سنگها و کانیهای نظیر اوپال ، سیلیس فعال ، فلینت ، چرت و کلسدونی علائمی بر بروز واکنش قلیایی - سنگدانه هستند .

جدول ۴-۱۲ سنگها و کانیهای که احتمال واکنش زایی آنها غیر محتمل است .

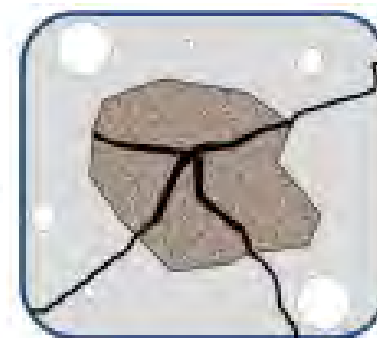
Andesite	Feldspar ^۲	Microgranite
Basalt	Gabbro	Quartz ^{۲,۳}
Chalk ^۱	Gneiss	schist
Diorite	Granite	slate
Dolerite	Limestone	Syenite
Dolomite	Marble	Trachyte
		Tuff



Alkali cement + reactive aggregate



Fine cracking of the aggregate



Expansion gel and cracking of the paste

۴-۴-۹- ضریب نرمی^۱ Finess Modulus

ضریب نرمی ماسه از حاصل جمع درصدهای مانده روی الک $۹/۵$ میلیمتر ($۳/۸$ اینچ) و $۴/۷۵$ میلیمتر (شماره ۴) و $۲/۳۶$ میلیمتر (شماره ۸) و $۱/۱۸$ میلیمتر (شماره ۱۶) و $۰/۶$ میلیمتر (شماره ۳۰) و $۰/۳$ میلیمتر (شماره ۵۰) و $۰/۱۵$ میلیمتر (شماره ۱۰۰)، تقسیم بر صد بدست می آید. مقدار آن در حین کار نباید $\pm ۰/۲$ نسبت به آنچه در آغاز شروع عملیات بتنی و از منبع و معدن مشخص برای نمونه معرف اندازه گیری شده است، تغییر نماید.

۴-۶- حمل و نقل و انبار کردن سنگدانه‌ها

سنگدانه‌ها باید طوری انبار شوند که جدا شدگی دانه‌ها از یکدیگر در هر توده به حداقل برسد و از آلودگی آنها به مواد زیان‌آور جلوگیری شود. سنگدانه‌ها براساس نوع، اندازه و دانه‌بندی باید جداگانه نگهداری شوند. در شرایطی که حداکثر اندازه سنگدانه‌ها کمتر از ۳۸ میلیمتر باشد، این سنگدانه‌ها باید به حداقل دو گروه سنگدانه‌های ریز و درشت تقسیم شوند. سنگدانه‌های تا حداکثر ۶۳ میلیمتر باید حداقل در سه گروه مجزا تقسیم شوند. سنگدانه‌ها باید بنحوی مناسب انبار شوند تا از یخ زدگی و جمع شدن برف و یخ بین دانه‌ها جلوگیری شود و امکان زهکشی فراهم باشد.

در شرایط بتن ریزی در مناطق گرمسیر سنگدانه‌ها باید بنحوی مناسب انبار شوند بترتیبی که تا حد امکان از تابش مستقیم اشعه خورشید در امان بوده و دمای سنگدانه‌ها افزایش پیدا نکند.

دانه بندی



Figure 1
Large Tray Shaker



Figure 2
Small Sieve Shaker



Figure 3
Use Wire brush on Coarse Sieve



Figure 4
Use Hair Brush on Fine Sieves

دانه بندی مصالح سنگی :

در طرح مخلوط بتن فرض می شود دانه های اشباع با سطح خشک باشند اگر دانه های مورد استفاده مرطوب باشند، باید مقدار آب مصرفی را کاهش داد و اگر دانه ها خشک و یا کاملاً خشک باشند باید آب اختلاط را افزایش دهیم.

در آزمایش دانه بندی، مصالح خشک شده با لرزاندن از الک های استاندارد عبور داده می شوند و با توجه به درصد رد شده از هر الک دانه بندی مصالح سنگی تعیین و منحنی های دانه بندی رسم می شود.

با توجه به شکل منحنی های دانه بندی، آنها به دو دسته تقسیم می شوند :

(۱) یک یا چند گروه از دانه ها در منحنی دانه بندی وجود ندارند. در این حالت در منحنی دانه بندی در محدوده الک مورد نظر یک خط افقی ایجاد می شود.

الف) منحنی دانه بندی گسسته

(۲) مقدار برخی دانه بسیار بیشتر و یا بسیار کم تر از مقادیر دیگر می باشد در این حالت در منحنی دانه بندی در برخی نواحی شیب های زیاد و در برخی قسمت های دیگر شیب کم ایجاد می شود.

ب) منحنی دانه بندی پیوسته

باعث ایجاد بتن متراکم تر و قوی تر و مصرف کم تر سیمان می شود (زیرا در این نوع دانه بندی، دانه های ریزتر فضای بین دانه های درشت تر را پر می کنند و باعث تراکم بیشتر بتن می شوند.) به همین جهت استفاده از این دانه بندی توصیه می شود

مدول نرمی یا ضریب نرمی (F.M) :

مدول نرمی به مجموع درصد های تجمعی باقیمانده روی الک های استاندارد تقسیم بر ۱۰۰ گفته می شود.

هر چه دانه های سنگی درشت تر باشد مدول نرمی آن ها بیشتر است. مقدار مدول نرمی بین عدد ۰ تا ۹ متغیر است.

استفاده از دانه های درشت باعث کاهش میزان سیمان مصرفی و افزایش مقاومت بتن می شود.



SIEVE SIZE CONVERSION CHART

BSS	ASTM	TYLER	ISS	MICRON	MM
-	4	4	-	4750	-
4	5	5	-	4000	4
6	7	7	280	2812	2.81
7	8	8	-	2360	-
8	10	9	200	2057	2.05
10	12	10	170	1680	1.68
12	14	12	150	1405	1.4
14	16	14	120	1240	1.2
16	18	16	100	1003	1
18	20	20	85	850	0.85
22	25	24	70	710	0.71
30	35	32	50	500	0.5
36	40	35	40	430	0.42
44	45	42	35	355	0.35
52	50	48	30	300	0.3
60	60	60	25	250	0.25
72	70	65	20	210	0.21
85	80	80	18	180	0.18
100	100	108	15	150	0.15
120	120	115	12	125	0.12
150	140	150	10	105	0.1
170	170	170	9	90	0.09
200	200	200	8	63	0.063
300	270	270	5	53	0.053
350	325	325	4	45	0.045
400	400	400	-	37	0.037
500	500	500	-	5	0.025

نوع مصالح		ضخام ذرات	قطر بزرگترین	مدول
بنا به سنگ		۱۰۰ میلیتر	دانه‌های بزرگتر از	
قلوه سنگ (برای مصالح گردگوشه) و تکه سنگ (برای مصالح تیز گوشه)	درشت	—	۱۰۰	۵۰
	متوسط	—	۸۰	۴۹
		—	۶۳	۴۸
	ریز	—	۵۰	۴۷
		—	۴۰	۴۶
	سنگ	درشت	—	۳۱/۵
—			۲۵	۴۴
متوسط		—	۲۰	۴۳
		—	۱۶	۴۲
ریز		—	۱۲/۵	۴۱
		—	۱۰	۴۰
سنگ	درشت	—	۸	۳۹
		—	۶/۳	۳۸
		—	۵	۳۷
		—	۴	۳۶
		—	۳/۱۵	۳۵
	متوسط	—	۲/۵	۳۴
		—	۲	۳۳
		—	۱/۶	۳۲
		—	۱/۲۵	۳۱
		—	۱	۳۰
		—	۰/۸	۲۹
		—	۰/۶۳	۲۸
		—	۰/۵	۲۷
		—	۰/۴	۲۶
		—	۰/۳۱۵	۲۵
ریز	—	۰/۲۵	۲۴	
	—	۰/۲	۲۳	
	—	۰/۱۶	۲۲	
	—	۰/۱	۲۱	
	—	۰/۰/۸	۲۰	
سایر		دانه‌های کوچکتر از ۰/۱		

البيانات الخاصة بالمدار الأمريكي والبيانات الخاصة بالمدار البريطاني

البيانات الخاصة بالمدار الأمريكي		البيانات الخاصة بالمدار البريطاني		
البيانات الخاصة بالمدار الأمريكي	البيانات الخاصة بالمدار الأمريكي	البيانات الخاصة بالمدار البريطاني	البيانات الخاصة بالمدار البريطاني	البيانات الخاصة بالمدار البريطاني
البيانات الخاصة بالمدار الأمريكي	البيانات الخاصة بالمدار الأمريكي	البيانات الخاصة بالمدار البريطاني	البيانات الخاصة بالمدار البريطاني	البيانات الخاصة بالمدار البريطاني
---	---	400	0.0013	0.037
350	0.0017	375	0.0017	0.044 *
300	0.0021	350	0.0021	0.053
240	0.0026	300	0.0025	0.063 *
200	0.0030 *	200	0.0029	0.074
170	0.0035	170	0.0035	0.088 *
150	0.0041	140	0.0041	0.105
120	0.0049	120	0.0049	0.125 *
100	0.0060 *	100	0.0059	0.149
85	0.0070	80	0.0070	0.177 *
72	0.0083	70	0.0083	0.210
60	0.0099	60	0.0093	0.250 *
52	0.0116 *	50	0.0117	0.297
44	0.0139	45	0.0139	0.354 *
36	0.0166	40	0.0165	0.420
30	0.0197	35	0.0197	0.500 *
25	0.0236 *	30	0.0234	0.595
22	0.0275	25	0.0273	0.707 *
18	0.0336	20	0.0331	0.841
16	0.0395	18	0.0394	1.00 *
14	0.0474 *	16	0.0469	1.19
12	0.0553	14	0.0553	1.41 *
10	0.0660	12	0.0661	1.68
8	0.0810	10	0.0787	2.00 *
7	0.0949 *	8	0.0937	2.38
6	0.1107	7	0.111	2.83 *
5	0.1320	6	0.132	3.36
---	---	5	0.157	4.00 *
$\frac{3}{16}$ in.	0.1875 *	4	0.187	4.76
---	---	$3 \frac{1}{2}$	0.223	5.66 *
$\frac{1}{4}$ in.	0.2500	3	0.265	6.73
$\frac{5}{16}$ in.	0.3125	$\frac{5}{16}$ in.	0.312	8.00 *
$\frac{3}{8}$ in.	0.375	$\frac{3}{8}$ in.	0.375	9.51
$\frac{1}{2}$ in.	0.50	$\frac{1}{2}$ in.	0.50	12.7
$\frac{3}{4}$ in.	0.75	$\frac{3}{4}$ in.	0.75	19.05
---	---	1 in.	1	25.4
$1 \frac{1}{2}$ in.	1.5	$1 \frac{1}{2}$ in.	1.5	38.1
---	---	2 in.	2	50.8
$2 \frac{1}{2}$ in.	2.5	$2 \frac{1}{2}$ in.	2.5	63.5
3 in.	3	3 in.	3	76.2
---	---	$3 \frac{1}{2}$ in.	3.5	88.9
---	---	4 in.	4	101.6

جدول ۱- الزامات دانه‌بندی و ضریب نرمی سنگدانه ریز (ماسه)

درصد جرمی عبور کرده		اندازه الک
رده ۲	رده ۱	به میلی‌متر (نمره الک)
۱۰۰	۱۰۰	۹٫۵mm (۳/۸ اینچ)
۱۰۰ تا ۸۹	۱۰۰ تا ۹۵	۴٫۷۵mm (نمره ۴)
۱۰۰ تا ۶۰	۱۰۰ تا ۸۰	۲٫۳۶mm (نمره ۸)
۸۰ تا ۳۰	۸۵ تا ۵۰	۱٫۱۸mm (نمره ۱۶)
۵۰ تا ۱۵	۶۰ تا ۲۵	۶۰۰μm (نمره ۳۰)
۳۰ تا ۵	۳۰ تا ۵	۳۰۰μm (نمره ۵۰)
۱۰ تا ۲	۱۰ تا ۲	۱۵۰μm (نمره ۱۰۰)
۰ تا ۳٫۰ الف،ب	۰ تا ۳٫۰ الف،ب	۷۵μm (نمره ۲۰۰)
ضریب نرمی پ		
۳٫۸ تا ۲٫۳	۳٫۱ تا ۲٫۳	ضریب نرمی

جدول ۳- الزامات دانه بندی سنگدانه درشت

درصد وزنی عبور کرده از هر الک													محدوده اندازه اسمی mm	شماره رده دانه- بندی
۱/۱۸ mm	۲/۳۶ mm	۴/۷۵ mm	۹.۵ mm	۱۲.۵ mm	۱۹ mm	۲۵ mm	۳۷.۵ mm	۵۰ mm	۶۳ mm	۷۵ mm	۹۰ mm	۱۰۰ mm		
-	-	-	-	-	۵ تا ۰	-	۱۵ تا ۰	-	تا ۲۵ ۶۰	-	۹۰ تا ۱۰۰	۱۰۰	تا ۳۷.۵ ۹۰	۱
-	-	-	-	-	۵ تا ۰	-	۱۵ تا ۰	تا ۳۵ ۷۰	تا ۹۰ ۱۰۰	۱۰۰	-	-	تا ۳۷.۵ ۶۳	۲
-	-	-	-	۵ تا ۰	-	۱۵ تا ۰	۷۰ تا ۳۵	۹۰ ۱۰۰ تا	۱۰۰	-	-	-	تا ۲۵.۰ ۵۰	۳
-	-	۵ تا ۰	-	تا ۱۰ ۳۰	-	۷۰ تا ۳۵	-	۹۵ ۱۰۰ تا	۱۰۰	-	-	-	تا ۴.۷۵ ۵۰	۳۵۷
-	-	-	۵ تا ۰	-	تا ۰ ۱۵	۵۵ تا ۲۰	۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰	-	-	-	-	تا ۱۹ ۳۷.۵	۴
-	-	۵ تا ۰	تا ۱۰ ۳۰	-	تا ۳۵ ۷۰	-	۱۰۰ تا ۹۵	۱۰۰	-	-	-	-	تا ۴.۷۵ ۳۷.۵	۴۶۷
-	-	-	۵ تا ۰	تا ۰ ۱۰	تا ۲۰ ۵۵	۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰	-	-	-	-	-	تا ۱۲.۵ ۲۵	۵
-	-	۵ تا ۰	۱۵ تا ۰	تا ۱۰ ۴۰	تا ۴۰ ۸۵	۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰	-	-	-	-	-	۲۵ تا ۹.۵	۵۶
-	۵ تا ۰	۱۰ تا ۰	-	تا ۲۵ ۶۰	-	۱۰۰ تا ۹۵	۱۰۰	-	-	-	-	-	تا ۴.۷۵ ۲۵	۵۷
-	-	۵ تا ۰	۱۵ تا ۰	تا ۲۰ ۵۵	۹۰ ۱۰۰ تا	۱۰۰	-	-	-	-	-	-	۱۹ تا ۹.۵	۶
-	۵ تا ۰	۱۰ تا ۰	تا ۲۰ ۵۵	-	۹۰ ۱۰۰ تا	۱۰۰	-	-	-	-	-	-	تا ۴.۷۵ ۱۹	۶۷
-	۵ تا ۰	۱۵ تا ۰	تا ۴۰ ۷۰	۹۰ ۱۰۰ تا	۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-	تا ۴.۷۵ ۱۲.۵	۷
تا ۰ ۵	۱۰ تا ۰	۱۰ ۳۰ تا	۸۵ ۱۰۰ تا	۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	تا ۲.۳۶ ۹.۵	۸

در این استاندارد 4 تیپ دانه بندی استاندارد برای هاسه داده شده که در جدول زیر نشان داده شده است.

الکها	درصد عبور کنند ... از الکهای استاندارد B.S.			
	I	II	III	IV
$\frac{3''}{8}$	100	100	100	100
$\frac{3''}{16}$	95 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
7	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
14	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
25	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
52	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
100	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

حداقل وزن نمونه آزمایشی کیلوگرم (پوند)	حداکثر اندازه اسمی دانه ها میلیمتر (اینچ)
1 (2)	9.5 (3/8)
2 (4)	12.5 (1/2)
5 (11)	19 (3/4)
10 (22)	25 (1)
15 (33)	37.5 (1 1/2)
20 (44)	50 (2)
35 (77)	63 (2 1/2)
60 (130)	75 (3)
100 (220)	90 (3 1/2)
150 (330)	100 (4)
200 (440)	112 (4 1/2)
300 (660)	125 (5)
500 (1100)	150 (6)

ضریب سرشکن = 1.0101

استاندارد ملی ۳۰۲ - الزامات اختیاری ماسه					محدوده استاندارد ماسه طبق		
0.15	0.30	0.60	1.18	2.36	4.75	9.50	اندازه الک
10	30	60	85	100	100	100	A
0	5	25	50	80	95	100	B

وزن کل نمونه = 1,000 گرم

وزن بعد از توزین = 990 گرم

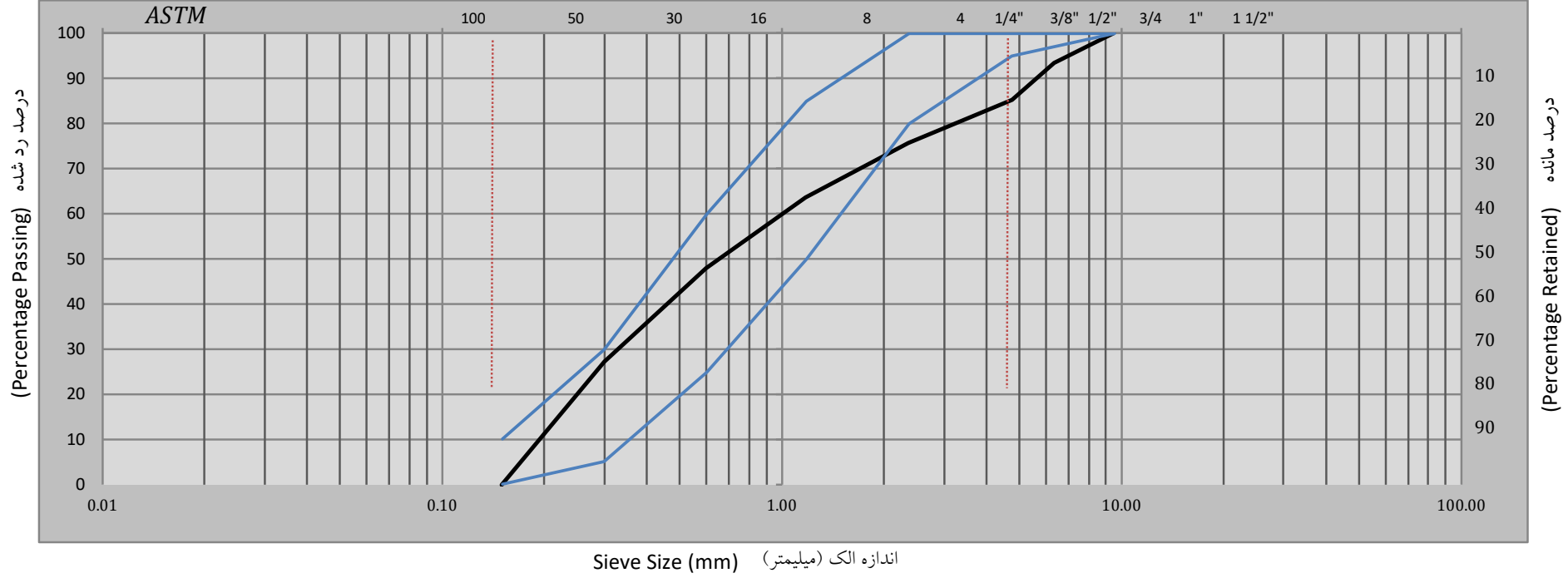
شماره الک	3/8"	1/4"	#4	#8	#16	#30	#50	#100
سایز الک	9.50	6.35	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
وزن مانده روی الک	0.0	65.0	80.0	95.0	120.0	155.0	205.0	270.0
وزن سرشکن شده	0.0	65.7	80.8	96.0	121.2	156.6	207.1	272.7
درصد مانده روی الک	0	7	8	10	12	16	21	27
درصد مانده تجمعی	0	7	15	24	36	52	73	100
درصد عبوری از الک	100	93	85	76	64	48	27	0

گزارش دانه بندی مصالح سنگی ریزدانه بتن

شماره:
درخواست آزمایش:
تاریخ:

پروژه:
محل نمونه گیری:

الک های استاندارد (Standard Sieves)



ضریب سرشکن = 1.0251

محدوده استاندارد شن طبق استاندارد ملی ۳۰۲ - حداکثر سایز سنگدانه ۱۲.۵ میلیمتر					اندازه الک
2.36	4.75	9.5	12.5	19	اندازه الک
5	15	70	100	100	A
0	0	40	90	100	B

وزن کل نمونه = 2,000 گرم

وزن بعد از توزین = 1,951 گرم

شماره الک	1-1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	#4	#8
سایز الک	37.5	25	19	12.5	9.5	6.35	4.75	2.36
وزن مانده روی الک	12.0	172.0	268.0	407.0	284.0	372.0	240.0	196.0
وزن سرشکن شده	12.3	176.3	274.7	417.2	291.1	381.3	246.0	200.9
درصد مانده روی الک	1	9	14	21	15	19	12	10
درصد مانده تجمعی	1	9	23	44	59	78	90	100
درصد عبوری از الک	99	91	77	56	41	22	10	0

گزارش دانه بندی مصالح سنگی درشت دانه بتن

شماره:

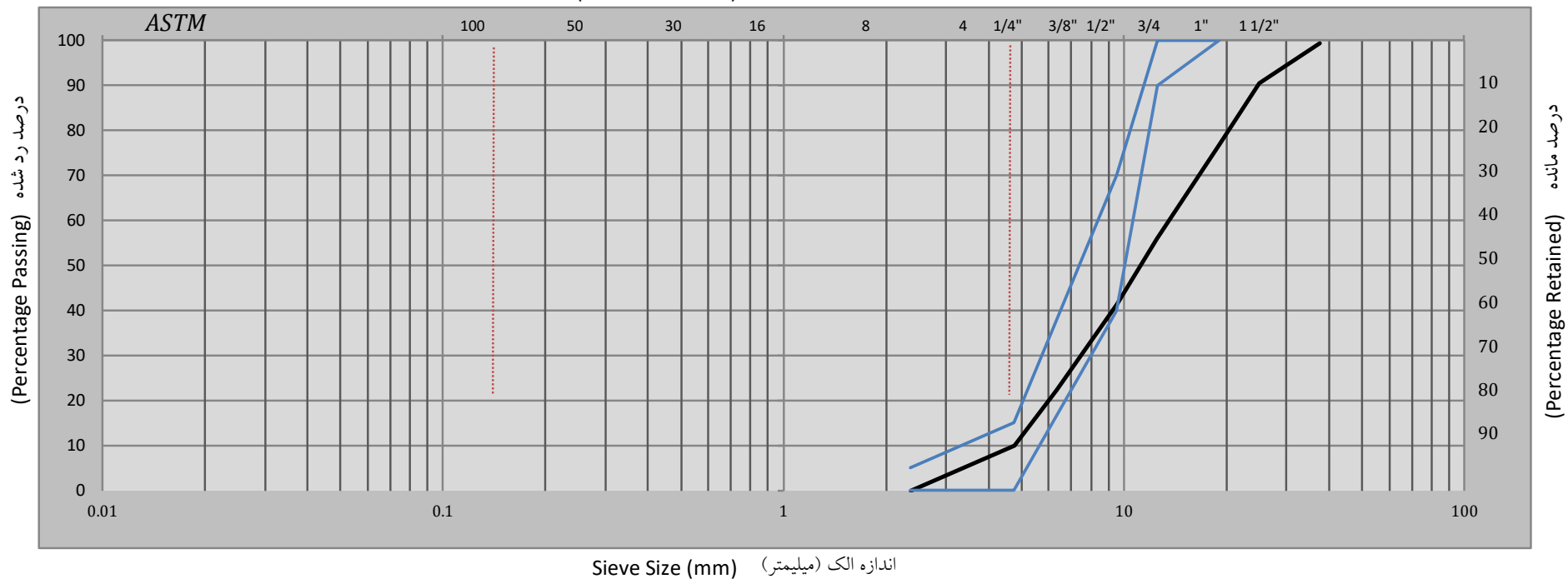
درخواست آزمایش:

تاریخ:

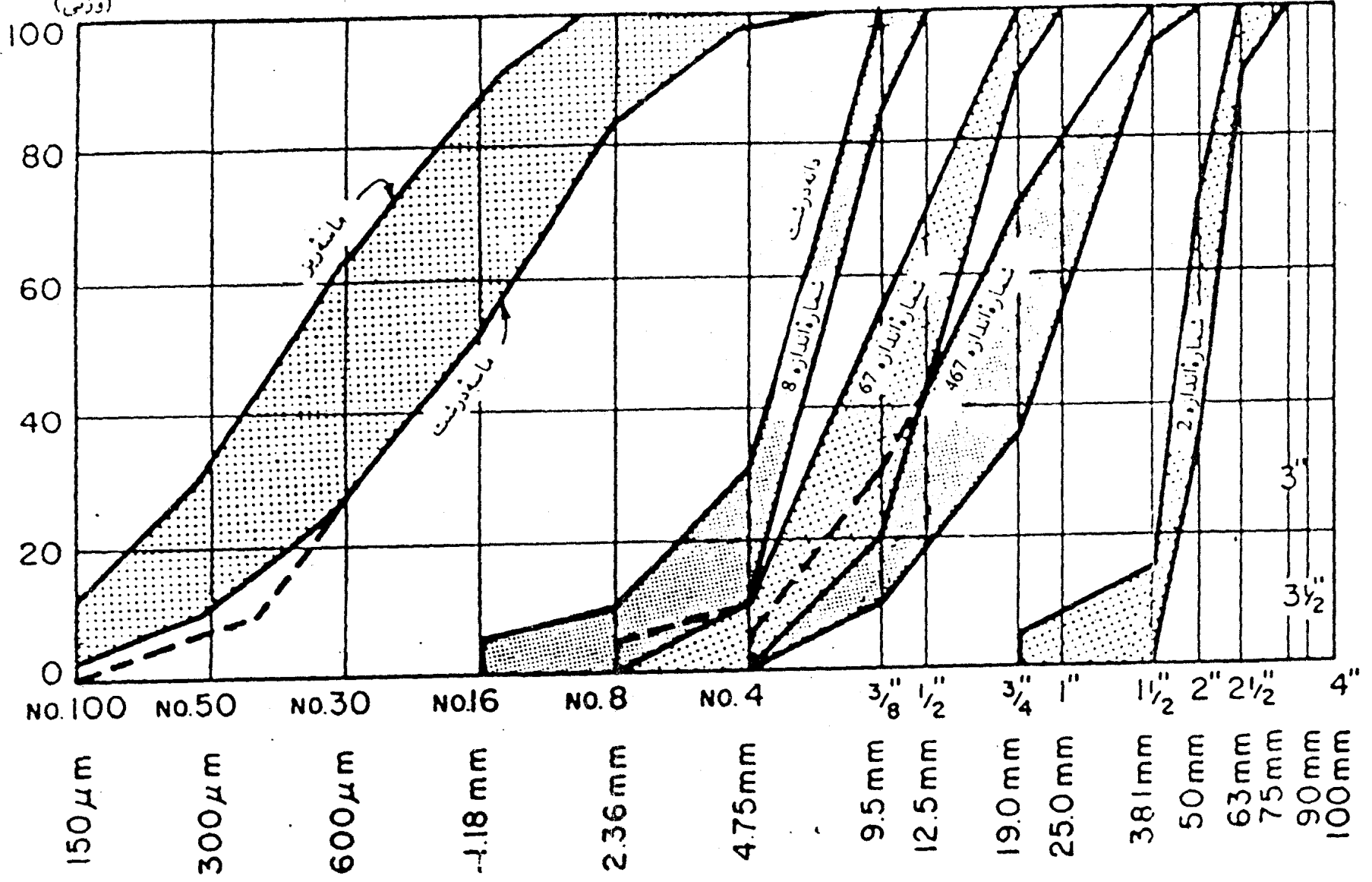
پروژه:

محل نمونه گیری:

الک های استاندارد (Standard Sieves)



درصد رد شده
(وزنی)



اندازه‌های استاندارد الک با شبکه‌های مربعی

تمرین سری اول تکنولوژی بتن

اطلاعات دانه بندی ماسه به شرح جدول زیر می باشد. (وزن کل نمونه 1000 گرم می باشد.) منحنی دانه بندی این ماسه را ترسیم کرده و همچنین مشخص کنید که آیا ماسه طبق محدوده مشخص شده استاندارد می باشد؟

شماره الک	3/8"	1/4"	#4	#8	#16	#30	#50	#100
سایز الک (mm)	9.50	6.35	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
وزن مانده روی الک (gr)	0.0	65.0	80.0	95.0	120.0	155.0	205.0	270.0

آزمایش های استاندارد

آزمایش هایی که لازم است برای تعیین کیفیت بر روی سنگدانه ها انجام شود شامل این موارد است: تعیین دانه بندی، ناخالصی های آلی (ماسه)، کلوخه های رسی و ذرات سست، مواد ریز تر از 75 میکرون، زغال سنگ و لیگنیت، سولفات های محلول در آب، کلرید های محلول در آب، سلامت، دانه های پولکی (شن)، دانه های سوزنی (شن) و سایش لس آنجلس (شن)، لکه شدگی، افت وزن در برابر سرخ شدن، جرم مخصوص انبوهی. در صورت وجود خطر واکنش قلیایی لازم است آزمایش های واکنش زایی بالقوه قلیایی سنگدانه ها انجام شود.



شماره ها و عناوین استانداردهای : سنگدانه ها

شماره	مشخصات آزمایشها	عنوان	ASTM	AASHTO	BIS	ISO	استاندارد ایران	سایر استانداردها
دت ۲۰۱	مشخصات	سنگدانه های بتن Concrete Aggregates	C۳۳		BS۱۲۰		۳۰۰ ۳۰۲	CAN۳- A۲۳,۱
دت۲۰۲	مشخصات	سنگدانه ها برای بتن حفاظت کننده در برابر تشعشع Aggregates for Radiation-Shielding concrete	C۶۳۷		BS۴۶۱۹			
دت۲۰۳	مشخصات	سنگدانه ها برای بتن سازه ای Lightweight Aggregates for Structural Concrete	C۳۳۰	M۱۹۵	BS۳۷۹۷ BS۸۷۷ BS۱۱۶۵			
دت۲۰۴	آزمایش	نمونه بردای از سنگدانه ها Sampling Examination	D۷۵	T۲	BS۸۱۲ Part ۱ BS۳۶۸۱			A۲۳-۲-۱A
دت۲۰۵	آزمایش	آزمایش سنگ شناسی Petrographic Examination	C۲۹۵					A۲۳-۲-۱۵A
دت۲۰۶	آزمایش	دانه بندی با الک Sieve Analysis	C۱۳۶	T۲۷	BS۸۱۲ Part ۱		۴۴۷	A۲۳-۲-۲A
دت۲۰۷	آزمایش	مقدار کل رطوبت Total Moisture Content	C۵۶۶		BS۸۱۲ Part ۲			
دت۲۰۸	آزمایش	رطوبت سطحی سنگدانه های ریز Surface Moisture in Fine Aggregates	C۷۰	T۱۴۲				A۲۳-۲-۱۱A
دت۲۰۹	آزمایش	وزن مخصوص Unit Weight	C۲۹	T۱۹	BS۸۱۲ Part ۲			A۲۳-۲-۱۰A
دت۲۱۰	آزمایش	چگالی و جذب آب سنگدانه های درشت Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate	C۱۲۷	T۸۵	BS۸۱۲ Part ۲		۶۱۱ ۵۷۸	A۲۳-۲-۱۲A

۱۸. شماره‌ها و عناوین استانداردهای : سنگدانه‌ها								
شماره	مشخصات آزمایشها	عنوان	ASTM	AASH TO	BSI	ISO	استاندارد	سایر استانداردها
دت ۲۱۱	آزمایش	چگالی و جذب آب سنگدانه ای ریز Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate	C۱۲۸	T۸۴	BS۸۱۲ Part ۲		۱۶۸۶	CSA, ACI, IS
دت ۲۱۲	آزمایش	سلامت سنگدانه‌ها Soundness of Aggregates	C۸۸	T۱۰۴			۴۴۹	A۲۳-۲-۹A
دت ۲۱۳	آزمایش	ارزیابی مقاومت سنگدانه‌های درشت در برابر یخبندان در بتن با حباب هوا Evaluation of Frost Resistance of Coarse Aggregates in Air – Entrained Concrete	C۶۸۲				۵۷۸	
دت ۲۱۴	آزمایش	ضربه و خرد شدن Impact and Crushing			BS۸۱۲ Part ۳		۶۶۹	
دت ۲۱۵	آزمایش	مقاومت در برابر سایش (ماشین لوس آنجلس) Resistance to Abrasion (Los angels Machine)	C۱۳۱ C۵۳۵	T۹۶	BS۸۱۲ Part ۳		۴۴۸	
دت ۲۱۶	آزمایش	ناخالصیهای آلی در ماسه Organic Impurities in Sands	C۴۰					A۲۳-۲-۸A
دت ۲۱۷	آزمایش	اثر ناخالصیهای آلی روی مقاومت Effect of Organic Impurities on Strength	C۸۷	T۷۱				A۲۳-۲-۹A
دت ۲۱۸	آزمایش	مصالح ریز از الک شماره ۲۰۰ (۷۵ میکرومتر) Materials Finer than No.۲۰۰ (۷۵-m)Sieve	C۱۱۷	T۱۱	BS۸۱۲ Part ۱		۴۴۶	A۲۳-۲-۵A
دت ۲۱۹	آزمایش	تکه های سبک Lightweight Piece	C۱۲۳	T۱۱۳				A۲۳-۲-۴A
دت ۲۲۰	آزمایش	دانه پولکی و سوزنی Flat and Elongated Particles			BS۸۱۲ Part ۱			A۲۳-۲-۱۳A

الف. آزمایش نوع و مقاومت دانه های سنگی :

وجود دانه های گچی و پرفیری در کاهش مقاومت بتن بسیار مؤثر است. معمولاً مناسب بودن نوع و مقاومت سنگدانه ها به این ترتیب که اگر پس از شکستن نمونه در آزمایش برزیلی تمام دانه های سطح شکست، سالم از داخل ملات سخت شده ماسه و سیمان خارج شوند، دانه ها با لعاب سیمان پیوستگی کمی دارند و اگر تمام دانه ها شکسته باشند مقاومت دانه ها کم است. مطلوب آن است که کمی بیش از نصف دانه ها سالم خارج شوند.

ب. آزمایش دانه بندی سنگدانه ها (C117،C136).

هر چه نسبت حداکثر اندازه سنگدانه ها به حداقل اندازه آنها بیشتر شود، احتمال جدا شدن دانه های سنگی از یکدیگر در اثر حمل یا لرزاندن و غیره، بیشتر می شود.

پ. آزمایش وزن مخصوص سنگدانه ها (C29،C127،C128): مقاومت سنگدانه ها با وزن مخصوص آنها متناسب است. از طرف دیگر وزن مخصوص بتن نیز تحت اثر وزن مخصوص مصالح سنگی قرار دارد و در طرح مخلوط بتن از این مشخصه استفاده می شود.

ت. آزمایش جذب آب سنگدانه ها (C566 و C70): میزان جذب آب سنگدانه ها از قرار دادن مصالح کاملاً خشک شده در اجاق، بمدت معین در آب و اندازه گیری تغییر وزن باد، آب مخلوط بتن را جذب کرده باعث کاهش کارایی بتن موثر است زیرا اگر جذب آب زیاد باشد، آب مخلوط بتن را جذب کرده و باعث کاهش کارایی مخلوط خواهد شد.

ث. آزمایش شکل سنگدانه ها (D3398 و C295): وجود دانه های سوزنی و پولکی می تواند باعث کاهش کارایی بتن و عدم تراکم کافی بتن تازه شود. به همین دلیل مقدار این دانه ها نباید از حد معینی (مثلاً 15 درصد) بیشتر شود.

ج. آزمایش ارزیابی ناخالصیهای آلی از طریق رنگ سنجی (C40): وجود این ناخالصیها بر واکنش شیمیایی هیدراتاسیون، آثار زیانبار داشته و چنین مصالحی برای مصرف در بتن مناسب نیستند. با سوزاندن مصالح توسط الکل و مرطوب کردن مجدد آنها می توان از وجود دانه های آلی و ناخالصیهای آلی در مصالح مطلع شد.

ج.آزمایش دانه های پولک در سنگدانه ها و آزمایش پاکیزگی مصالح سنگی: وجود بیش از 5 درصد دانه های پوک از قبیل شیل یا ذغال یا چوب و غیره در سنگدانه های درشت از مقاومت بتن می کاهد. همچنین از آنجا که جذب این دانه ها زیاد است، ضرر های ناشی از جذب بالا نیز در صورت وجود این نوع دانه ها به همراه خواهند بود.

ج.آزمایش ارزش ماسه ای (D2419): برای سنجیدن مقدار رس موجود در ماسه بکار می رود. برای حفظ کارایی مطلوب بتن، این مقدار نباید از 80 درصد بیشتر شود. ارزش ماسه ای نباید از 65 درصد نیز کمتر باشد چه در این صورت مقدار رس بسیار بیش از حد قابل قبول است.

خ. نمکهای محلول در آب، موجود در مصالح سنگی: وجود این نمکها باعث شوره زدن سطح قطعه و نیز باعث تسریع خورده شدن فولاد در بتن می شود. مقدار این نمکها را می توان با شستن سنگدانه ها در آب بمدت معین تعیین نمود.

د. آزمایش تحلیل در سولفات سدیم (C88): این آزمایش، فساد پذیری سنگدانه ها را نشان می دهد. طرز عمل چنین است که به تناوب سنگدانه ها را در محلول اشباع سولفات سدیم قرار داده و در کوره قرار می دهند تا خشک شده و سولفات سدیم در آن متبلور شود. باعث خرد شدن مقداری از دانه ها می شود. با اندازه گیری وزن دانه های خرد شده ای که از الک معین عبور می کنند می توان فساد پذیری سنگدانه ها را مشخص کرد.

ذ. آزمایش تعیین ضریب انبساط حرارتی سنگدانه ها: در صورت عدم تشابه این ضریب در مصالح سنگی و خمیر سیمان به مقداری بیش از $6-10 \times 5/5$ بر درجه سانتیگراد ، وجود حرارت های زیاد باعث از بین رفتن پیوستگی سنگدانه ها و لعاب سیمان شده و مقاومت بتن را کاهش می دهد.

ز. آزمایش مقاومت به بخبندان و ذوب یخ (C586 و C289 و C227).

در این واکنش ، اکسید های سدیم و پتاسیم موجود در سیمان به سیلیس حمله ور شده و لعاب سیلیس قلیایی متورم شونده ای تولید می کنند که در نهایت به گسیختگی و ترک خوردگی بتن منجر شده و لعاب زرد رنگ مذکور از داخل ترکها (مانند چرک کورک) بیرون می آید.

ژ. آزمایش سایش لوس آنجلس (C535 و C131) .

در این آزمایش سنگدانه های درشت را در استوانه ای استاندارد، حاوی گویهای فولادی قرار داده و استوانه را به دفعات معین می چرخانند. در اثر این کار مقداری از دانه ها خرد شده و از الک مشخصی عبور می نمایند. هر چه درصد دانه های شکسته شده و گذشته از الک مذکور کمتر باشد، مقاومت سنگدانه ها به سایش بیشتر است.

حداکثر میزان مجاز دانه های پولکی و سوزنی در سنگدانه های درشت مصرفی در بتن

ردیف	شرح	حداکثر درصد وزنی سنگدانه سوزنی یا پولکی نسبت به کل نمونه
۱	دانه های پولکی موجود در سنگدانه های مانده بر روی الک ۶/۳ میلی متر	۳۰
۲	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۹/۵ میلی متر	۴۵
۳	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۱۲/۵ میلی متر	۴۵
۴	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۱۹ میلی متر	۴۰
۵	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۲۵ میلی متر	۴۰
۶	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۳۸ میلی متر	۴۰
۷	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۵۰ میلی متر	۳۵
۸	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۶۳ میلی متر	۳۵

* تا زمان تدوین استاندارد ملی ایران در این زمینه، آزمون مربوطه باید مطابق با یک استاندارد معتبر بین المللی انجام شود.

حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در سنگدانه های ریز

جدول ۲- مواد زیان آور در سنگدانه ریز (ماسه) برای بتن

روش آزمون	حداکثر مجاز (درصد جرمی)	نوع	
طبق استاندارد ملی ۴۹۷۸	۳٫۰	کلوخه های رسی و ذرات سست	
طبق استاندارد ملی ۴۹۸۴	۰٫۵	جایی که سطح ظاهری بتن مهم است	
	۱٫۰	سایر انواع بتن	
طبق استاندارد ملی ۱۹۰۳۸-۱	۰٫۰۲	Cl _{0.02}	
	۰٫۰۴	Cl _{0.04}	
	۱٫۰	سنگدانه کوره آهن گدازی	سولفات قابل
	۰٫۸	سایر سنگدانه ها	حل در اسید
	۲٫۰	سنگدانه کوره آهن گدازی	سولفور کل
	۱٫۰	سایر سنگدانه ها	
			کلریدهای محلول در آب الف ^۳ (برای سنگدانه بتن مسلح) ترکیبات حاوی سولفور ^۳

حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در سنگدانه های درشت

جدول ۴- مواد زیان آور در سنگدانه درشت (شن) برای بتن

روش آزمون	حداکثر مجاز (درصد جرمی)	نوع		
طبق استاندارد ملی ۴۴۶	۱٫۰ الف	مواد ریزتر از الک ۷۵μm		
طبق استاندارد ملی ۴۹۷۸	۲٫۰	کلوخه های رسی و ذرات سست		
طبق استاندارد ملی ۴۹۸۴	۳٫۰	چرت (با وزن مخصوص ذرات اشباع با سطح خشک کم تر از ۲٫۴)		
طبق استانداردهای ملی ۴۹۷۸ و ۴۹۸۴	۳٫۰	مجموع کلوخه های رسی و ذرات سست و چرت		
طبق استاندارد ملی ۴۹۸۴	۰٫۵	ذغال سنگ و لیگنیت		
طبق استاندارد ملی ۱-۱۹۰۳۸	۰٫۰۲	Cl _{0.02}	کلریدهای محلول در آب ^۳ (برای سنگدانه بتن مسلح)	
	۰٫۰۴	Cl _{0.04}		
طبق استاندارد ملی ۱-۱۹۰۳۸	۱٫۰	سنگدانه کوره آهن گدازی	سولفات قابل	ترکیبات حاوی سولفور ^۳
	۰٫۸	سایر سنگدانه ها	حل در اسید	
	۲٫۰	سنگدانه کوره آهن گدازی	سولفور کل	
	۱٫۰	سایر سنگدانه ها		

ضوابط الزامی دانه بندی سنگدانه های ریز مصرفی بتن

درصد وزنی رد شده از الک	اندازه الک (mm)	ردیف
۱۰۰	۹/۵۰	۱
۸۹-۱۰۰	۴/۷۵	۲
۶۰-۱۰۰	۲/۳۶	۳
۳۰-۹۰	۱/۱۸	۴
۱۵-۵۴	۰/۶	۵
۵-۴۰	۰/۳	۶
۰-۱۵	۰/۱۵	۷

ضوابط الزامی دانه بندی سنگدانه های درشت مصرفی در بتن

اعداد داخل جدول درصد وزنی مصالح سنگی رد شده از الکها را نشان می دهند									اندازه اسمی الکها (یا بعد چشمه مربع (mm)	ردیف
۲/۳۶ mm	۴/۷۵ mm	۹/۵ mm	۱۲/۵ mm	۱۹ mm	۲۵ mm	۳۷/۵ mm	۵۰ mm	۶۳ mm		
-	-	-	۰-۵	-	۰-۱۵	۲۵-۷۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۵۰ تا ۲۵	۱
-	۰-۵	-	۱۰-۳۰	-	۲۵-۷۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	۵۰ تا ۴/۷۵	۲
-	-	۰-۵	-	۰-۱۵	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	۳۷/۵ تا ۱۹	۳
-	۰-۵	۱۰-۳۰	-	۲۵-۷۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	-	۳۷/۵ تا ۴/۷۵	۴
-	-	۰-۵	۰-۱۰	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۱۲/۵	۵
-	۰-۵	۰-۱۵	۱۰-۴۰	۴۰-۸۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۹/۵	۶
۰-۵	۰-۱۰	-	۲۵-۶۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۴/۷۵	۷
-	۰-۵	۰-۱۵	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	۱۹ تا ۹/۵	۸
۰-۵	۰-۱۰	۲۰-۵۵	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	۱۹ تا ۴/۷۵	۹
۰-۵	۰-۱۵	۴۰-۷۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	-	۱۲/۵ تا ۴/۷۵	۱۰

خواص بتن عایق ساخته شده از سبکدانه ها

حداکثر ضریب میانگین هدایت حرارتی (W/m.K)	حداکثر میانگین جرم مخصوص نمونه ۲۸ روزه خشک شده (کیلوگرم بر مترمکعب)
۰/۲۲	۸۰۰
۰/۴۳	۱۴۴۰