

## فصل اول :

### اجزاء تشکیل دهنده بتن و خواص آنها :

۱-۱) مقدمه : امروزه استفاده از سازه های بتن آرمه در جهان رو به افزایش می باشد. سازه های بتن آرمه دارای محاسن زیر می باشند :

- الف - عمر بسیار طولانی سازه های بتن آرمه
- ب - مقاومت در برابر آتش سوزی
- ج - فراوانی و در دسترس بودن مصالح
- د - فرم پذیری
- ه - مقاومت فشاری بالا

با این وجود ، این سازه ها دارای معایب زیر می باشند :

- الف - سنگین بودن سازه های بتنی
- ب - قدرت انتقال صوتی و قابلیت انتقال حرارتی
- ج - اشکالات مربوط به نگهداری بتن در قالب
- د - حجم بالای اعضای اسکلت بتنی
- ه - وابستگی اجرای سازه های بتن آرمه به شرایط آب و هوایی
- و - سرعت پایین اجرای سازه های بتنی

### ۱-۲) مواد تشکیل دهنده بتن : مواد تشکیل دهنده بتن شامل مواد زیر است :

- الف - سنگدانه ها
- ب - سیمان
- ج - آب
- د - مواد افزودنی

۱-۲-۱) **سیمان** : سیمان فرآورده ای است شیمیایی که دارای خاصیت چسبندگی است و در اثر تماس با آب سفت و سخت شده و محصول حاصله در برابر آب و رطوبت از دوام بالایی برخوردار است . سیمان در بتن نقش چسباننده

دانه هاي سنگي را دارد . سيمان از پختن بعضي از تركيبات طبيعي يا مصنوعي كربنات كلسيم يا آلومين ، منيزي و سيليس به دست مي آيد .

**۱-۱-۲-۱) مواد تشكيل دهنده سيمان :** بيشترين ماده تشكيل دهنده سيمان را آهك ( Cao ) و سيليس ( Sio<sub>2</sub> ) تشكيل مي دهد .

عمده مواد تشكيل دهنده سيمان و درصد آنها به شرح زير است:

- آهك ( Cao ) ۶۰ - ۶۷ درصد
- سيليس ( Sio<sub>2</sub> ) ۱۷-۲۵ درصد
- آلومينا ( Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ) ۳-۸ درصد
- اكسيد آهن ( Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ) ۰/۵ - ۶ درصد
- اكسيد منيزيم ( Mgo ) ۰/۱ - ۴ درصد
- انيدريد سولفوريك ( So<sub>3</sub> ) ۱-۳ درصد
- قليايي ها ( Na<sub>2</sub>O ) ۰/۲-۱/۳ درصد

خاصيت چسبندگي سيمان به خاطر وجود دو ماده سيليس و آهك مي باشد و مواد ديگر ذكر شده در بالا هر کدام به نوعي در روند پخت سيمان و تشكيل كلينكر اثر دارند .

**۱-۱-۲-۱) انواع سيمان پرتلند :** سيمان با توجه به مواد تشكيل دهنده ، نحوه تهيه و خواص آن به

انواع زير تقسيم مي شود :

**الف- سيمان پرتلند نوع يك :** سيمان نوع يك همان سيمان معمولي بوده و از آن مي توان در مناطقي با آب و هواي معتدل و خشك و در كارهاي معمولي استفاده نمود .

**ب- سيمان پرتلند نوع ۲ :** اين نوع سيمان نسبت به سيمان نوع يك در برابر زمينهاي سولفاته و خاكهاي شوره ، مقاومت بيشتري داشته و در هنگام خودگيري و فعل و انفعالات شيميايي نسبت به سيمان پرتلند نوع يك حرارت هيدراتاسيون كم تري توليد مي كند . اين نوع

سیمان تا حدی کندگیر است . گرمای هیدراتاسیون سیمان نوع ۲ بیشتر از سیمان نوع ۴ است . و افزایش مقاومت آن شبیه سیمان نوع یک است . از این نوع سیمان می توان در بتن ریزی در هوای گرم ، سازه های مجاور آب های زیرزمینی که غلظت سولفات بیشتری نسبت به آب های معمولی دارند ، و غلظتشان خیلی شدید نیست و همچنین مناطقی که خطر حمله سولفات ها و کلرید ها به صورت همزمان مطرح باشد ، (مانند سواحل جنوبی ) استفاده نمود .

**ج - سیمان پرتلند نوع ۳ :** این سیمان در مدت کوتاهی ( یک هفته و یا کمتر ) مقاومت زیادی به دست می آورد . به همین دلیل سیمان نوع ۳ ، به سیمان با مقاومت زودرس معروف است . از این نوع سیمان در مواردی استفاده می شود که قالبها باید زود باز شوند و یا سازه ها باید به سرعت مورد بهره برداری قرار گیرند . در بتن ریزی در هوای سرد ، به علت گرمای زیاد این نوع سیمان ، از آن می توان استفاده نمود . از این سیمان به علت گرمای زیاد نباید در بتن ریزی حجیم استفاده نمود .

**د- سیمان پرتلند نوع ۴ :** این نوع سیمان به سیمان کندگیر معروف است . حرارت تولید شده توسط این سیمان حتی از سیمان نوع ۲ نیز کمتر است و بتن ساخته شده با این سیمان با سرعت کمتری سخت می شود . این نوع سیمان در مواردی که نیاز به حرارت هیدراتاسیون کم می باشد ، همانند بتن ریزی حجیم و بتن ریزی در هوای گرم ( جهت جلوگیری از اتصال سرد\* ) استفاده می شود .

---

\* در بتن ریزی دیوارهای طویل ( نظیر دیوار استخر ) از آنجا که بتن ریزی به صورت لایه لایه انجام می شود ، ممکن است مدت زمانی حدود نیم ساعت یا بیشتر طول بکشد تا لایه بتن جدید بر روی بتن قبلی ریخته شود ، به این ترتیب در موقع ریختن لایه جدید بتن ، لایه قبلی سفت و سخت شده و اتصال میان آنها به

**ه - سیمان پرتلند نوع ۵ :** خودگیری و مقاومت این سیمان آرامتر از سیمان پرتلند نوع یک است و گرمای کمی کمتری دارد . از این نوع سیمان زمانی استفاده می شود که بتن در تماس شدید با حمله سولفاتها قرار داشته باشد . اگر سولفاتهای قابل حل در آب در مجاورت بتن قرار گرفته و به داخل آن نفوذ کنند ، در اثر واکنش با سیمان ، ماده ای به وجود می آید که منبسط شده و سبب ایجاد ترک در بتن می شود . تاثیر سولفاتها بر بتن بر اثر ترو خشک شدن بتن ، شدید می گردد. این مورد در سازه هایی که در معرض جزر و مد قرار می گیرند قابل مشاهده می باشد . استفاده از این سیمان در اماکنی نظیر خلیج فارس که علاوه بر سولفاتها به املاح کلر هم آلوده هستند ، از لحاظ حفاظت آرماتورها نامناسب است و باید به جای آن از سیمان نوع ۲ استفاده نمود.

**و - سیمان حبابزا ( سیمان هوازا ) :** بتنهایی که با این سیمان ساخته می شوند ، نسبت به یخ زدن و ذوب شدنهای متوالی مقاومت بهتری دارند . در این نوع بتن حبابهای هوای عمدی ایجاد می شود که باعث بالا رفتن مقاومت بتن در برابر یخ زدن و آب شدن های متوالی می شود برای تهیه این نوع سیمان به کلینکر سیمان نوع ۱ ، ۲ و ۳ برخی مواد حبابزا نظیر اسیدهای چرب و صابونهای آنها و رزینهای چوب اضافه می کنند .

**ز - سیمان پرتلند آهنگدازی :** از مخلوط کردن و آسیاب نمودن مخلوطی از کلینکر سیمان پرتلند و سرباره آهنگدازی ( تفاله ) ، می توان این سیمان را تهیه نمود. در هر محلی که بتوان از سیمان پرتلند معمولی استفاده نمود ، از این نوع سیمان نیز می توان

---

خوبی صورت نمی گیرد . این اتصال ضعیف میان لایه های بتن قدیم و جدید را اتصال سرد می گویند.

استفاده نمود. مقاومت اولیه این نوع سیمان ، معمولاً کمتر از سیمان پرتلند معمولی است .

**ح - سیمان پرتلند سفید :** تفاوت آن با سیمان پرتلند معمولی تنها در رنگ آن است . برای تهیه این سیمان باید با انتخاب مواد اولیه مناسب ، از ورود مواد رنگی مانند اکسیدهای آهن و منگنز که موجب ایجاد رنگ خاکستری در سیمان می شود جلوگیری نمود. بدین جهت برای تولید سیمان سفید ، باید از خاک رسی استفاده کرد که حداکثر مقدار سولفات آهن و منیزیم آن برابر  $0/8$  درصد است . این سیمان نسبت به سیمان معمولی دارای قیمت بالاتر و مقاومت کمتر می باشد و نباید در قطعات باربر از آن استفاده کرد . از این سیمان در کارهای تزیینی و نماکاریها استفاده می شود .

**ط - سیمانهای رنگی :** از این نوع سیمان بیشتر در کارهای تزیینی استفاده می شود . برای ایجاد رنگ ، به مواد اولیه سیمان مواد رنگ زا اضافه می شود.

**ی - سیمان پرتلند پوزولانی :** این نوع سیمان از مخلوط نمودن گرد سیمان پرتلند و پوزولان طبیعی و با مخلوط نمودن کلینکر سیمان پرتلند و پوزولانها و سپس آسیاب نمودن مخلوطی از آن دو با کمی سنگ گچ ، تهیه می شود . پوزولانها مواد سیلیسی یا سیلیسی آلومینی هستند . این سیمان در برابر عوامل شیمیایی مقاومتر است . گرمای هیدراسیون آن کمتر بوده و به همین دلیل در بتن ریزی حجیم استفاده می شود . این سیمان ارزانتر از سیمان پرتلند معمولی است .

#### **۱-۲-۱-۳) روشهای تهیه سیمان**

روش تهیه سیمان به این صورت است که ابتدا مواد خام را آسیاب نموده و بعد آنها را به نسبتهای مشخص ، کاملاً

خلوط می کنند و در مرحله بعد ، در کوره بزرگ دوار ، در دمای حدود ۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد ، حرارت می دهند . در این دما ، بخشی از آنها ذوب شده و سبب به وجود آمدن دانه های فنذقی به نام کلینکر می شوند . کلینکر را سرد کرده و حدود ۱ تا ۲ درصد به آن سنگ گچ اضافه و سپس آن را آسیاب می کنند تا به صورت پودر نرمی درآید . سنگ گچ باعث جلوگیری از گیش سریع سیمان می شود . عمل مخلوط نمودن و آسیاب نمودن مواد خام در آب و یا در حالت خشک می توانند انجام پذیرد و به همین دلیل روشهای تر و خشک به وجود آمده است .

**۱-۲-۱-۳-۱) پختن سیمان :** به وجود آوردن واکنشهایی میان دانه های ریز مواد خام به کمک حرارت به مدت و شدت معین را سیمان پزی می گویند . برای این که این واکنشها انجام شود ، باید مواد خام را تا اندازه ای حرارت دهند تا عرق نموده و به همدیگر بچسبند و به کلینکر تبدیل شوند . این واکنشها به کندي انجام می شوند و هر چقدر دانه های مواد خام ریزتر باشند ، واکنش سریعتر انجام می شود.

**۱-۲-۱-۴) خواص سیمانهای پرتلند :**

**۱-۲-۱-۴-۱) نرمی سیمان :** مقدار مساحت سطح خارجی دانه های سیمان در واحد جرم آن عامل تعیین کننده خواصی چون سرعت آزاد شدن حرارت و میزان افزایش مقاومت سیمان است . ریزی سیمان با معیار سطح مخصوص دانه ها که واحد آن  $m^2/kg$  می باشد ، معین می شود . هر چه ریزی سیمان بیشتر باشد ، سطح مخصوص آن بیشتر و سرعت آزاد شدن حرارت و میزان ازدیاد مقاومت آن افزایش می یابد.

**۱-۲-۱-۴-۲) سلامت سیمان :** لازم است در خمیر سیمان بعد از به دست آوردن گیش ، تغییرات حجمی چندانی به وجود

نیاید و انبساط بیش از حدی صورت نگیرد . در غیر این صورت ممکن است خمیر سفت شده سیمان از هم بپاشد . اگر در مواد خام سیمان آهک بیش از حد وجود داشته باشد ، آهک اضافه باعث ایجاد انبساط در سیمان می شود. همین مسأله برای سنگ گچ نیز وجود دارد و مقدار سنگ گچ نیز نباید از حد مورد نیاز بیشتر باشد . سیمانی که دارای چنین مشکلی باشد به سیمان ناسالم معروف است.

**۱-۲-۱-۳-۴) زمان گیرش :** سیمان برای مشخص شدن زمان خودگیری و همچنین مقاومتش در برابر نیروهای فشار و کشش تحت آزمایش قرار می گیرد.

خودگیری سیمان بر اثر سیلیکات تری کلسیت ( $\text{SiO}_2\text{Cao}$ ) انجام می شود و زمان خودگیری سیمان بعد از اختلاط با آب بین ۰/۵ تا ۱ ساعت است . به تغییر وضعیت سیمان از حالت خمیری به حالت جامد گیرش می گویند . برای تعیین گیرش سیمان از دستگاهی به نام ویکات استفاده می شود. آیین نامه BS انگلستان زمان گیرش اولیه برای سیمانهای پرتلند معمولی و زود سخت شونده و سیمان پرتلند با سرباره آهنگدازی را ۴۵ دقیقه توصیه می کند. این آیین نامه زمان گیرش نهایی برای این سیمانها را ۱۰ ساعت توصیه می کند .

**۱-۲-۱-۳-۴) حرارت هیدراتاسیون سیمان :** در اثر واکنش سیمان با آب ( که هیدراتاسیون گفته می شود ) حرارت تولید می شود . به میزان حرارت تولید شده به وسیله هر یک گرم سیمان ، حرارت هیدراتاسیون گفته می شود . مقدار تولید گرما به ترکیبات شیمیایی ، ریزی سیمان و دمایی عمل آوری بتن بستگی دارد . میزان حرارت تولید شده توسط سیمانهای مختلف بر حسب درصدی از حرارت سیمان نوع یک به شرح زیر است :

تیپ ۲ : ۸۰ تا ۸۵ درصد

تیپ ۳ : تا ۱۵۰ درصد

تیپ ۴ : ۴۰ تا ۶۰ درصد

تیپ ۵ : ۶۰ تا ۷۵ درصد

**۱-۲-۱-۴-۵) وزن مخصوص :** وزن مخصوص حقیقی سیمن حدود ۳۲۰۰ کیلوگرم در متر مکعب و وزن مخصوص ظاهری در حدود ۱۶۰۰ تا ۱۷۰۰ کیلوگرم در متر مکعب می باشد.

**۱-۲-۱-۵) ترکیبات اصلی سیمن :** ترکیبات اصلی سیمن شامل موارد زیر است :

الف - تری کلسیم سیلیکات یا آلایت (  $3\text{CaO}$  ,  $\text{SiO}_2$  ) با علامت اختصاری  $\text{C}_3\text{S}$  بیشترین مقدار ترکیبات سیمن را تشکیل می دهد . بیشترین نقش را در گیرش و مقاومت اولیه سیمن دارد .

ب - دی کلسیم سیلیکات یا بلیت (  $2\text{CaO}$  ,  $\text{SiO}_2$  ) با علامت اختصاری  $\text{C}_2\text{S}$  وجود این ماده باعث کند گیر شدن سیمن می شود.

ج - تری کلسیم آلومینات یا فیلیت (  $3\text{CaO}$  ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ) با علامت اختصاری  $\text{C}_3\text{A}$  باعث گیرش آبی و حرارت زایی بالایی سیمن می شود.

۶- تتراکلسیم آلومینوفریت یا سیلیت (  $4\text{CaO}$  ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ) (  $\text{C}_4\text{AF}$  ) با علامت اختصاری این ماده به مقدار کمی در سیمن وجود دارد و نسبت به سه ترکیب دیگر در خواص سیمن نقش اندکی دارد .

**۱-۲-۱-۶) حمل و انبار کردن سیمن :** سیمن در دو نوع فله و پاکتی در بازار موجود است . در حمل سیمن باید دقت نمود تا سیمن از اثر باران و رطوبت در امان باشد . برای حمل سیمنهای پاکتی با تریلی ، مطابق استاندارد باید حداکثر ۴ کیسه بر روی هم قرار داده شود . سیمن باید به صورت خشک نگه داشته شود . در



صورتی که سیمان در فضای باز انبار می شود ، باید کف محل خشک و حداقل ۱۰ سانتیمتر بالاتر از زمین طبیعی باشد و روی کیسه های سیمان باید روکشهای پلاستیکی پوشیده شود . نگهداری به این روش نباید به مدت طولانی انجام پذیرد . در صورت نگهداری سیمان در انبارهای سر پوشیده ، سقف ، دیوار و کف انبار باید کاملاً نم بندی شود . حداکثر ارتفاع کیسه های روی هم چیده شده ۱/۵ متر و پهنای ردیف کیسه های چیده شده ۳ متر می باشد . حداقل فاصله کیسه های سیمان از دیوار ۳۰ سانتیمتر می باشد . حداکثر زمان نگهداری سیمان در شرایط مطلوب ۳ ماه و در شرایط با رطوبت نسبی بالا ۶ هفته می باشد .

**( ۲-۲-۱ ) مصالح سنگی :** حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد از حجم بتن را مصالح سنگی تشکیل می دهد . از این رو در رفتار بتن دارای نقش بزرگی است .

انتخاب نوع و نسبت صحیح مصالح سنگی از اهمیت خاصی برخوردار است . سنگدانه ها نقش اسکلت بتن را دارند و مقاومت بتن بستگی به مقاومت سنگدانه ها دارد . سنگدانه ها می توانند به صورت طبیعی از بستر رودخانه ها و یا معادن شن و ماسه به دست آیند ( این نوع سنگدانه ها به صورت گرد گوشه و کروی شکل هستند . ) و دیگر مصالح سنگی شکسته که از خرد نمودن سنگهای بزرگ توسط دستگاههای سنگ شکن تولید شده و توسط سرندها در اندازه های مختلف سرندها می شود . استفاده از دانه های شکسته به علت وجود گوشه های تیز بسیار مناسب است ، ولی مخارج بیشتری نسبت به مصالح رودخانه ای دارد . این سنگدانه ها در بتن کارایی بتن را پایین می آورند .

۱-۲-۲-۱) حداکثر اندازه دانه های درشت : استفاده از دانه های درشت باعث قویتر شدن اسکلت بتن و بالا رفتن مقاومت بتن می شود ، اما از لحاظ اجرایی اندازه دانه های سنگی محدود می شود . مطابق آیین نامه آبا بزرگترین بعد دانه های درشت نباید از مقادیر زیر بیشتر باشد :

الف -  $\frac{1}{5}$  کوچکترین بعد اعضا

ب -  $\frac{1}{3}$  ضخامت دال

ج -  $\frac{3}{4}$  کوچکترین فاصله آزاد بین آرماتورها

دانه های شن دارای ابعاد بیش از  $\frac{4}{75}$  میلیمتر ( الک نمره ۴ ) می باشد . مطابق آیین نامه آبا توصیه شده است که بزرگترین بعد درشت دانه ها از ۳۸ میلیمتر بیشتر نشود ، اما در هر صورت این مقدار نباید از ۶۳ میلیمتر بزرگتر باشد ، تنها برای بتن های حجیم این مقدار می تواند تا حدود ۲۵۰ میلیمتر افزایش یابد . دانه های با ابعاد بین  $\frac{0}{75}$  میلیمتر و  $\frac{4}{75}$  میلیمتر ماسه نامیده می شوند . وجود ذرات با بزرگی کوچکتر از  $\frac{0}{75}$  میلیمتر برای بتن مضر می باشد و مقدار این ذرات در سنگدانه ها توسط آیین نامه آبا محدود شده است .

۱-۲-۲-۲) دسته بندی سنگدانه ها از نظر شکل ظاهری

با توجه به شکل ظاهری ، دانه های شن و ماسه به ۵ گروه زیر تقسیم می شوند :

الف - دانه های گرد : این دانه ها به دلیل فرسایش در طبیعت دارای شکل گرد و سطح صاف شده اند .

ب - دانه های نامنظم : این دانه ها معمولاً سطحی صاف و صیقلی داشته ولی شکلشان کاملاً گرد نیست .

**ج - دانه هاي گوشه دار :** اين دانه ها سطح صافي ندارند ، شكل هندسي آنها مشخص نيست و در بيشتر موارد گوشه هاي تيزي دارند .

**د - دانه هاي پولكي شكل :** ضخامت اين دانه ها نسبت به دو بعد ديگرشان كم است .

**ه - دانه هاي سوزني شكل :** دانه هايي هستند كه طولشان بيش از ۳ برابر عرض يا ضخامتشان است .

اصولاً در بتن سازي از دانه هاي گرد ، نامنظم و گوشه دار استفاده مي شود و به كارگيري دانه هاي پولكي و سوزني شكل در ساخت بتن مجاز نيست . بطور كلي دانه هاي گرد در مقايسه با دانه هاي نامنظم و گوشه دار ، در بتن سازي كمترين مصرف سيمان را دارد . ( با توجه به پايين تر بودن سطح ظاهري اين دانه ها نسبت به دانه هاي ديگر ) پس از اين دانه ها از لحاظ مصرف سيمان به ترتيب دانه هاي نامنظم و سپس دانه هاي گوشه دار در مرتبه هاي بعدي قرار دارند . از نظر مقاومت نهايي بتن ، دانه هاي گوشه دار به علت امكان درگير شدن بيشتر دانه ها مقاومت بيشتري دارند . استفاده از دانه هاي گرد گوشه نسبت به دانه هاي شكسته شده باعث بالا رفتن كارآيي مخلوط بتن مي شود .

**۱-۲-۳ ) تقسيم بندي سنگدانه ها با توجه به رطوبت سطحي و جذب آب دانه ها :** بطور كلي دانه ها از نظر رطوبت سطحي و جذب آب به چهار دسته زير تقسيم مي شوند :

**الف - دانه هاي كاملاً خشك :** دانه هايي هستند كه در كوره ۱۰۰ الي ۱۱۰ درجه حرارت ديده و كاملاً خشك شده باشند . در اين دانه ها سطح خارجي و خلل و فرج داخلي آنها كاملاً خشك است .

ب - دانه هاي خشك : دانه هايي هستند كه در بعضي از حفره هاي داخلي آنها آب وجود دارد ، اما سطح خارجي آنها خشك است .

ج - دانه هاي اشباع با سطح خشك ( S.S.D ) : دانه هايي هستند كه كليه حفره ها و خلل و فرج هاي آنها از آب پر باشد ، ليكن سطح دانه خشك است . چنانچه دانه ها را به مدت ۲۴ ساعت در آب نگه داشته ، سپس از آب بيرون بياورند و سطح آن را با دستمال خشك و ضخيم كاملاً خشك كنند ، اين دانه ها اشباع با سطح خشك مي باشند .

د - دانه هاي مرطوب : دانه هايي هستند كه خلل و فرج داخلي آنها اشباع از آب بوده و از طرفي سطح خارجي آنها نيز خيس مي باشد .

در طرح مخلوط بتن هميشه فرض مي شود كه دانه ها اشباع با سطح خشك مي باشند اگر دانه هاي مورد استفاده مرطوب باشند ، بايد مقدار آب اختلاط مصرفي را کاهش و اگر دانه ها خشك و يا كاملاً خشك باشند ، بايد آب اختلاط را افزايش دهيم .

۱-۲-۴ ) دانه بندي مصالح سنگي : براي دانه بندي سنگدانه ها ، در آزمون دانه بندي ، مصالح خشك شده با لرزاندن از الكهاي استاندارد عبور داده مي شوند و با توجه به درصد رد شده از هر الك دانه بندي مصالح سنگي تعيين و منحنی هاي دانه بندي رسم مي شود . الكهاي مورد استفاده شامل الكهاي شماره ۴ ، ۸ ، ۱۶ ، ۳۰ ، ۵۰ ، ۱۰۰ براي مصالح ريزدانه و الكهاي  $\frac{1}{2}$  " ،  $\frac{3}{4}$  "

و  $\frac{3}{8}$  " براي دانه هاي درشت دانه مي باشد . الك

نمره ۴ با بعد ۴/۷۶ میلیمتر مرز شن و ماسه می باشد .  
مصالح عبور کرده از الک ۴ و مانده بر روی الک ۱۰۰ ماسه و مصالح باقیمانده بر روی الک نمره ۴ شن می باشند . برای مصالح درشت دانه ، اندازه الک بر حسب اندازه سوراخها به اینچ طول و برای دانه های ریز نمره الک بر حسب تعداد چشمه ها در هر اینچ طول الک محاسبه می شود .

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

الف - منحنی دانه بندی گسسته

ب - منحنی دانه بندی پیوسته

منحنی دانه بندی گسسته دارای یکی از شرایط زیر می باشد :

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

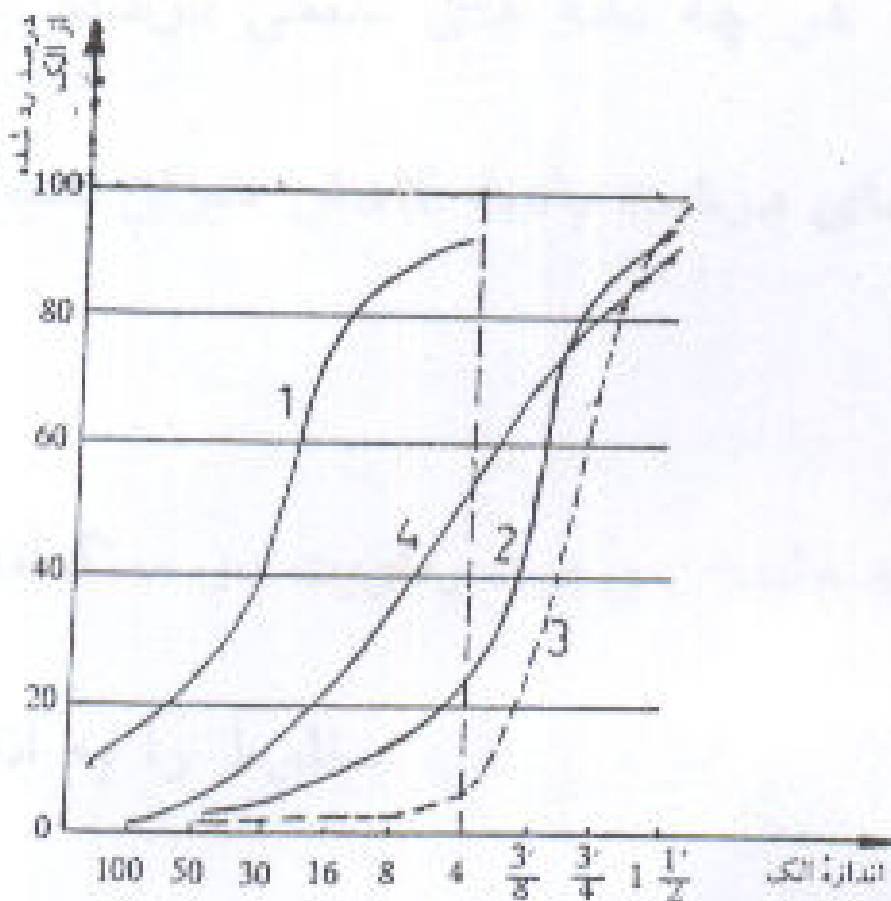
۲- مقدار برخی از دانه ها بسیار بیشتر و یا بسیار کمتر از مقادیر دیگر می باشد . در این حالت در منحنی دانه بندی در برخی نواحی شیبهای زیاد و در برخی قسمتهای دیگر شیب کم ایجاد می شود .

اگر یک منحنی ناپیوسته نباشد ، پیوسته است . در شکل ( ۱-۱ ) این منحنی ها نشان داده شده اند . در این شکل در منحنی شماره ۱ ، منحنی شامل محدوده شن نمی باشد . در منحنی شماره ۲ بخش قابل توجهی از سنگدانه ها بر روی الک نمره ۴ باقی مانده اند . در منحنی شماره ۳ در

محدوده کوچکی ( از الک  $\frac{3}{4}$  تا  $\frac{3}{8}$  ) در حدود ۶۰ درصد

کل دانه ها

قرار گرفته اند . بدین جهت این ۳ منحنی گسسته می باشند . اما در منحنی شماره ۴ شرایط ناپیوستگی وجود ندارد و در نتیجه این منحنی پیوسته است .



شکل ( ۱-۱ ) نمونه هایی از منحنی های دانه بندی

استفاده از دانه بندی پیوسته باعث ایجاد بتن متراکمتر و قویتر و کم شدن مصرف سیمان می شود . ( زیرا در این نوع دانه بندی ، دانه های ریزتر فضای بین دانه های درشت را پر می نمایند و باعث تراکم بیشتر بتن می شوند

۱-۲-۲-۵) مدول نرمي يا ضريب نرمي (F.M) : مدول نرمي ضريبي است که از دانه بندي به دست مي آيد . مدول نرمي به مجموع درصدهاي تجمعي باقيمانده روي الکهاي استاندارد تقسيم برصد گفته مي شود . با توجه به آنکه تعداد اين الکها ۹ ال ک و مقدار درصد مانده بين ۰ تا ۱۰۰ متغير است ، مقدار مدول نرمي بين عدد صفر تا نه متغير مي باشد . اما براي سنگدانه هاي مورد استفاده در بتن اين مقدار بايد در محدوده ي ۲/۳ تا ۳/۱ قرار داشته باشد . هر چه دانه هاي سنگي درشتتر باشد ، مدول نرمي آنها بيشتر است. استفاده از دانه هاي درشت باعث کاهش ميزان سيمان مصرفي و افزايش مقاومت بتن مي شود .

۱-۲-۲-۶) متورم شدم ماسه : وجود رطوبت در سنگدانه ها ، تصحيح نسبتهاي واقعي مخلوط را ايجاب مي کند . بايد وزن آب مخلوط را به اندازه وزن آب آزادي که همراه سنگدانه هاست کاهش داد و وزن سنگدانه هاي موجود را به مقدار مشابهي افزايش داد . وجود رطوبت در ماسه ، يك اثر ثانوي ايجاد مي کند و آن تورم است . تورم عبارتست از افزايش در حجم جرم معيني از ماسه در اثر لايه نازکي از آب که ذرات را دور از يکديگر نگاه مي دارند .

مقدار رطوبت به ميزان رطوبت موجود در ماسه و نرمي آن بستگي دارد . هر چه ماسه ريزدانه تر باشد ، تورم بيشتر خواهد داشت . تورم ماسه با رطوبت ۱۰ درصد



























































