

## سنگ‌ها

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- نحوه‌ی تشکیل سنگ‌های ساختمانی را توضیح دهد.
- ۲- انواع سنگ‌های ساختمانی را نام ببرد.
- ۳- ویژگی‌های انواع سنگ‌های ساختمانی را شرح دهد.
- ۴- انواع سنگ‌چینی را تعریف کند.
- ۵- نکات کلی در خصوص به‌کارگیری و استفاده از سنگ در ساختمان را بیان کند.

## مقدمه

سنگ‌ها به موادی گفته می‌شود که به‌طور طبیعی از اجتماع و استحکام یک یا چند نوع کانی موجود در پوسته‌ی زمین تشکیل شده باشند. کانی‌ها مواد طبیعی، غیرآلی، متبلور و جامدی هستند که ترکیب شیمیایی نسبتاً ثابتی دارند و آن‌ها را از طریق سختی، رنگ و درخشندگی‌شان می‌توان شناخت.

کاربرد سنگ‌ها نزد انسان بسیار قدمت دارد و انسان از گذشته‌های دور برای تهیه‌ی وسایل و ابزار مختلف و احداث ساختمان از آن‌ها سود جسته است.



شکل ۱-۴- یکی از اهرام مصر که با گذشت زمان طولانی از زمان ساخت آن‌ها به دلیل مصالح مورد استفاده و تکنیک ساخت هنوز پابرجا هستند.



تصویر استونهنج در کشور انگلیس

استفاده از سنگ در احداث ساختمان ابتدا در بناهای آئینی به کار گرفته شد. بنای استونهنج<sup>۱</sup> و اهرام مصر از جمله بناهای سنگی ای هستند که از گذشته به جای مانده‌اند. (شکل ۱-۴) مقاومت خوب سنگ باعث شده است تا از آن در قسمت‌هایی که بنا به زمین متصل می‌شود (پی‌ها و کرسی چینی‌ها) یا در جاهایی که میزان بارگذاری زیاد است (پل‌ها و طاق‌ها و ...)، استفاده شود. کاربرد سنگ



در معماری ایرانی نیز قدمت طولانی دارد و آثار باشکوهی که در پاسارگاد، تخت جمشید، نقش رستم، بقایای کاخ آپادانا در شوش و ... به جای مانده، همه یادآور هنر و مهارت مردمان این دیار در به‌کارگیری و استفاده از سنگ است. (شکل ۲-۴)

شکل ۲-۴- استفاده از سنگ با تکنیک درخشان در تخت جمشید

۱- Stonehenge رصدخانه‌ای نیایشی مربوط به قبل از میلاد مسیح در انگلیس

## ۴-۱- انواع سنگ‌ها از نظر منشأ پیدایش

سنگ‌ها را از نظر منشأ پیدایش در سه گروه می‌توان دسته‌بندی نمود (شکل ۳-۴):

۱- سنگ‌های آذرین (درونی، بیرونی و آتش‌فشانی)

۲- سنگ‌های رسوبی

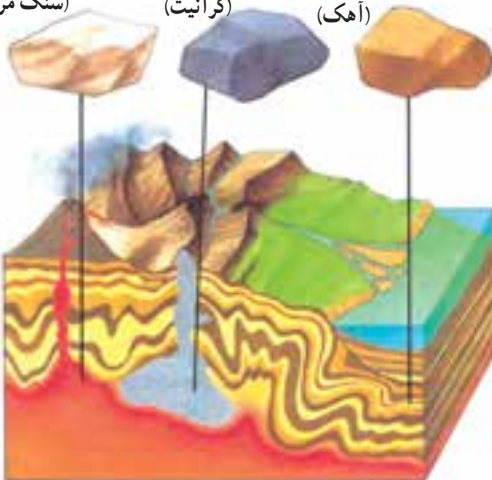
۳- سنگ‌های دگرگونی

۱- سنگ‌های آذرین: این سنگ‌ها از انجماد مواد مذاب زیر پوسته‌ی زمین به نام «ماگما»

به وجود می‌آیند. ماگما پس از تشکیل، به دلیل این که نسبت به سنگ‌های اطراف وزن مخصوص کم‌تری دارد، گرایش حرکت به سمت بالا است. سنگ‌های آذرین را به سه دسته تقسیم می‌کنند.



سنگ‌های رسوبی (سنگ مرمر)  
سنگ‌های آذرین (گرانیت)  
سنگ‌های دگرگونی (سنگ مرمر)

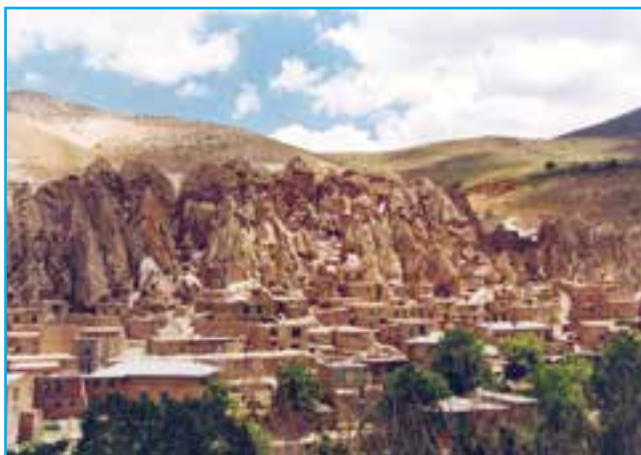


شکل ۳-۴- نحوه‌ی تشکیل انواع سنگ‌ها

**الف) سنگ‌های آذرین درونی یا تمام بلوری:** در این نوع سنگ‌ها ماده‌ی مذاب در فاصله‌ی زیادی از سطح زمین به آهستگی شروع به سرد شدن و انجماد می‌کند و به همین دلیل تمام دانه‌های آن حالت کریستالی پیدا می‌کنند و کانی‌های آن به صورت بلورهای نسبتاً درشتی در می‌آیند. انواع گرانیت‌ها از این دسته‌اند. گرانیت‌ها سنگ‌هایی سخت و بادوام‌اند به طوری که در برابر نفوذ آب، رطوبت و ضربه مقاوم‌اند و به همین دلیل از آن‌ها در نمای ساختمان‌ها زیاد استفاده می‌شود.

**ب) سنگ‌های آذرین بیرونی (همراه با دانه‌های بلوری):** در این نوع سنگ‌ها ماده‌ی تشکیل دهنده سنگ به کندی شروع به سرد شدن می‌کند اما قبل از این که کاملاً سخت شود به طبقات فوقانی و سردتر زمین می‌رسد. به این ترتیب برخی از دانه‌های آن بلوری و برخی به سرعت سرد شده‌اند و حالت بلوری ندارند. پرفیر گرانیت<sup>۱</sup>، پرفیر زی‌نیت<sup>۲</sup>، و پرفیر دیوریت<sup>۳</sup> از این دسته‌اند.

**ج) سنگ‌های آتش‌فشانی:** در این حالت خمیر مایه‌ی سنگ، به سرعت به طرف هوای سرد حرکت می‌کند و منجمد می‌شود. به همین دلیل سنگ حالت بلوری پیدا نمی‌کند (مانند بازالت). سنگ‌هایی که به سرعت در هوای آزاد سرد می‌شوند به شکل کف سنگ یا پوکه سنگ منجمد در می‌آیند که برای شیب‌بندی بام‌ها از آن‌ها استفاده می‌شود.<sup>۴</sup> خانه‌های روستای کندوان در چنین سنگ‌هایی حفر شده‌اند. (شکل‌های ۴-۴ و ۴-۵)



شکل ۴-۴- روستای کندوان در استان آذربایجان شرقی

۱- Granite porphyer

۲- Syenit porphyer

۳- Diorite porphyer

۴- جای‌گزین مصنوعی این نوع پوکه دانه‌های Leca است که، به دلیل سرد شدن سریع در کوره، به صورت متخلخل، توخالی و

سبک در می‌آیند.



شکل ۴-۵- خانه‌های روستای کندوان

۲- سنگ‌های ته نشست یا رسوبی : این سنگ‌ها از فرسایش و هوازدگی سنگ‌های آذرین و تجمع و به هم پیوستن قطعه سنگ‌ها، جسم‌های محلول در آب دریاها و یا بقایای گیاهان و جانوران در سطح زمین به وجود می‌آیند. سنگ‌های رسوبی منابعی چون نفت، زغال سنگ، گاز طبیعی، معادن آهن، آلومینیوم، سنگ‌ها و مصالح ساختمانی را تشکیل می‌دهند که در زندگی ما اثر بسیار دارد. از انواع این سنگ‌ها می‌توان کنگلومرا<sup>۱</sup> (جوش سنگ)، ماسه سنگ‌ها<sup>۲</sup> و شیل، سنگ آهک، سنگ‌های مرجانی یا زغال سنگ را نام برد.

۳- سنگ‌های دگرگونی : سنگ‌های آذرین یا رسوبی ممکن است بر اثر حرارت و فشار

۱- Conglomerate

۲- ماسه سنگ‌ها اجتماعی از ذرات ماسه (معمولاً کوارتز) اند. این ذرات کم و بیش به وسیله‌ی مجموعه‌ای از مواد مختلف مانند رس، اکسید آهن و سیلیس به هم متصل شده‌اند.

موجود در اعماق زمین یا مجاورت با توده‌های ماگما، به هنگام ترکیبات شیمیایی و فیزیکی تغییر کنند و به سنگی جدید و کاملاً متفاوت با انواع اولیه تبدیل شوند. این سنگ‌ها را «دگرگون شده» می‌گویند. سنگ‌های دگرگون شده معمولاً محکم‌تر و بادوام‌تر از سنگ‌های رسوبی‌اند. چون گرما و فشار فضاهای خالی بین دانه‌های آن‌ها را از میان برده و بر تراکم آن‌ها افزوده است.<sup>۱</sup> از انواع این سنگ‌ها می‌توان سنگ لوح، سنگ شیست، گنیس، مرمر و کوارتزت را نام برد.

## مطالعه‌ی آزاد

نحوه‌ی اکتشاف؛ استخراج و تولید سنگ‌های ساختمانی: اصولاً برای پیدا کردن سنگ‌های ساختمانی از نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ و ۱:۲۰۰,۰۰۰، که برای اکتشافات معدنی و سایر کارهای صنعتی و عمرانی به کار گرفته می‌شوند، استفاده می‌گردد.

با توجه به مقیاس نقشه و به منظور تعیین محدوده‌ی دقیق کانسار (معدن)، چند گمانه در محل موردنظر حفر می‌شود و نمونه‌هایی را برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی، شامل مقاومت فشاری (تر و خشک)، تخلخل، وزن مخصوص، سختی، وزن حجمی؛ برداشت می‌نمایند تا پس از تعیین مشخصات فنی آن‌ها در مورد استخراج سنگ تصمیم‌گیری شود.

روش‌های استخراج: در گذشته‌ی نه چندان دور استخراج سنگ از طریق انفجار صورت می‌گرفت اما در سال‌های اخیر کلیه‌ی معادن سنگ‌های تزئینی موظف شده‌اند که بهره‌برداری و استخراج سنگ از کانسار را بدون استفاده از مواد انفجاری انجام دهند.

برای استخراج بلوک سنگ، پارامترهای طبیعی مانند چینه‌بندی، شکاف‌ها و درزها از یک طرف؛ ابعاد و سختی از طرف دیگر و پارامترهای اقتصادی – تجاری مدنظر قرار می‌گیرد و در نهایت روش استخراج تعیین و اجرا می‌گردد. روش‌های شناخته شده برای این منظور عبارت‌اند از:

**استخراج به کمک چال‌های موازی:** روش استخراج سنگ به کمک

۱- سنگ‌های ایرانی به جز گرانیت سنگ‌های خیلی محکم و با کیفیتی نیستند. به همین دلیل جزئیات نصب و اجرای آن‌ها باید با توجه به این خصوصیت باشد و نمی‌توان در هر جا و با هر نوع جزئیاتی آن‌ها را به کار گرفت.

چال‌های موازی، قدیمی‌ترین روش استخراج سنگ از کوه است. در این روش، ابتدا در محدوده‌ی موردنظر تعدادی چال به فواصل معین از یکدیگر حفر می‌کنند. در این معادن پس از حفر چال‌های عمودی، توسط گوه و یا با استفاده‌ی ناچیز از باروت و قرار دادن فتیله‌ی انفجاری، می‌توان سنگ را جدا نمود. این روش برای کانسارهایی که لایه‌بندی طبیعی دارند و به حفر چال‌های افقی نیاز ندارند، نظیر معادن تراورتن، با موفقیت انجام می‌گیرد.



تصاویری از معدن سنگ (راست) و دستگاه ایجاد چال در سنگ (چپ)

**استخراج سنگ بلوک با سیم‌های برش فولادی (حلزونی):** استفاده از شیوه‌ی برش با سیم فولادی، از یک صد سال پیش در معادن بزرگ سنگ کشورهای اروپایی نظیر ایتالیا متداول گردیده است. در این روش ابتدا چاه‌هایی با طول بیش از سی متر، که در سطوح مختلف یکدیگر را قطع می‌کنند، حفر می‌شود. آنگاه با عبور سیم فولادی از چاه‌ها به برش آن اقدام می‌شود.

اساس کار بر حرکت دورانی یک سیم فولادی تحت کشش است، که به کمک پودر سیلیس و آب موجب برش سنگ می‌گردد. به‌طور کلی این سیستم برش، از یک دستگاه نیروی محرکه (وینچ)، و تعدادی قرقره‌ی هدایت‌کننده‌ی دستگاه ایجاد کشش و ابزارهای کمکی وابسته تشکیل شده است.

**برش سنگ با ماشین‌های هاواژ (شیارزن):** ماشین‌های هاواژ برای

سنگ‌هایی که سختی آن‌ها چندان زیاد نباشد، به کار گرفته می‌شود. ولی در سنگ‌های سخت نظیر گرافیت نتیجه‌ی مطلوبی نداشته است. در این روش صفحات از پیش تعیین شده‌ی سنگ را می‌برند و بلوک را از کوه جدا می‌نمایند.

**استخراج سنگ توسط سیم برش الماسه :** برای این منظور ابتدا در سنگ دو چال عمود بر هم، که محدوده بلوک را مشخص می‌کند، حفر می‌کنند و سیم الماس‌دار را از آن عبور می‌دهند. سیم برش دارای طول ۲۵ الی ۴۵ متر است (حد اکثر طول سیم برش می‌تواند ۱۵۰ متر باشد) و توسط یک وینچ با قرقره‌ی راهنما در یک جهت معین و به‌طور دائم روی سنگ حرکت می‌کند و بدین وسیله سنگ بریده می‌شود.

دستگاه برش، در هنگام کار بر روی ریل قرار دارد و با استفاده از امکانات الکترونیکی و هیدرولیکی، به‌طور اتوماتیک بر روی ریل جابه‌جا می‌شوند و با انجام عمل برش خود را به عقب می‌کشند. مکانیزم دستگاه به گونه‌ای است که می‌توان با جابه‌جایی و تغییر جهت محور وینچ از حالت افقی به عمودی، سنگ را به‌طور افقی یا عمودی برید. به منظور خنک نمودن سیم برش، باید پیوسته آب وارد شیار سنگ گردد. روش‌های دیگر استخراج سنگ مانند هیدرومکانیکی و استخراج سنگ با کمک حرارت و با استفاده از اشعه‌ی لیزر نیز در معدن به کار گرفته می‌شود.



دستگاه برش سنگ با سیم الماسه



## ۲-۴- نام گذاری سنگ ها بر اساس نوع کار روی آن ها

در کارگاه های ساختمانی سنگ ها را بر اساس نوع کاری که روی آن ها انجام می شود به دو گروه خام و کار شده تقسیم می کنند، به این شرح :

۱- سنگ های خام : سنگی که از معدن استخراج می شود مانند قلوه سنگ که از بستر رودخانه تهیه می شود. (شکل ۶-۴)

**الف) سنگ قلوه :** به قطعات بزرگ سنگ که از کوه جدا می شوند سنگ قلوه می گویند. این نوع سنگ ها مستقیماً از معدن سنگ استخراج می شوند. به سنگ قلوه، سنگ کوب<sup>۱</sup> (مکعب) هم می گویند.

**ب) سنگ لاشه :** سنگ های ناصافی که به اندازه ی مناسب شکسته شده اند. این سنگ ها حاصل عمل انفجارند و یا پس از خرد کردن قطعات بزرگ تر به دست می آیند و ممکن است هر شکلی داشته باشد. (شکل ۷-۴)



شکل ۷-۴- استفاده از سنگ لاشه

شکل ۶-۴- نماسازی با قلوه سنگ طبیعی

در تصویر چپ بین قطعات بندکشی شده و تصویر سمت راست نمونه ای بدون بندکشی نمایش داده شده است.

۲- سنگ های کار شده : در نتیجه ی تیشه کاری و پرداخت هایی که روی سنگ خام می شود، انواع سنگ های زیر به دست می آید (شکل ۸-۴) :

**الف) سنگ قواره (شکل گرفته) :** اگر گوشه های تیز سنگ لاشه حذف شوند به آن سنگ قواره می گویند. این سنگ نیز مانند سنگ لاشه ممکن است هر شکلی داشته باشد.

**ب) سنگ بادبُر (یا رگه ای) :** سنگی است که به صورت تقریباً مکعبی درمی آید. سطح نمای آن تقریباً مربع یا مستطیل می شود. (شکل ۹-۴)



سنگ قله (کوهی)



سنگ لاشه کوچک



سنگ لاشه

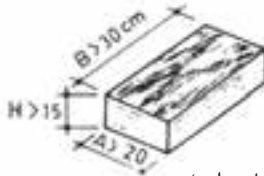


راسته‌ی سنگ

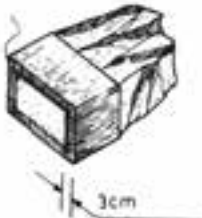


عمق سنگ

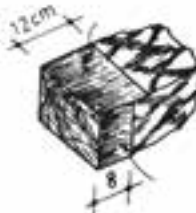
کله‌ی سنگ



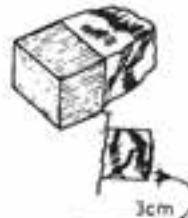
سنگ دست تراش (تمام تراش)



سنگ فتیله‌ای (بادکوبه‌ای)



سنگ کلنگی



سنگ سر تراش

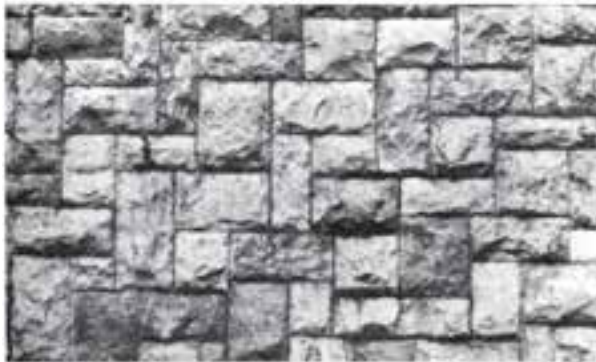


سنگ لایه‌ای



سنگ چکنسی

شکل ۸-۴- انواع مختلف سنگ بر اساس نوع کاری که روی آن‌ها انجام شده است.



شکل ۹-۴- استفاده از سنگ بادبر در نما

ب) **سنگ سرتراش**: اگر برای ایجاد درزهای ملات خور بهتر، روی این سطوح را بتراشند به آن سنگ سرتراش می‌گویند و در مواردی چهار وجه ملات خور این سنگ را گونیا می‌نمایند و به آن «سنگ سرتراش گونیا شده» می‌گویند.

ت) **سنگ دست تراش**: (تمام تراش، پاک تراش یا چند نما): اگر کلیه ی سطوح قائم و افقی سنگ را دست تراش کنند به آن «سنگ دست تراش» می‌گویند.

ج) **سنگ بادکوبه‌ای**: سنگ سرتراشی که دور تا دور وجه نمای آن را به عرض ۱/۵ تا ۳ سانتی‌متر با قلم تراش داده‌اند و بقیه‌ی نما را تیشه‌داری کرده‌اند.

چ) **سنگ اندازه یا حکمی**: اگر سنگ دقیقاً براساس ابعاد و اندازه‌های مشخصی، که در نقشه منظور شده، به کارخانه سفارش داده شود به آن سنگ حکمی می‌گویند.

ح) **سنگ پلاک**: پس از حمل بلوک‌های سنگی به کارخانجات سنگ‌بری، پلاک‌های مختلف تهیه می‌گردد. در کارخانه، سنگ قله را به ضخامت‌های موردنظر (۲-۳ سانتی‌متر)؛ معمولاً به عرض ۴۰ سانتی‌متر و به طول آزاد (طول قله)، برش می‌زنند. به این دسته از سنگ‌ها که معمولاً مستطیل شکل و دارای لبه‌های قائم هستند سنگ «پلاک» می‌گویند.

سنگ‌های پلاک برحسب پرداخت سطح نمای آن به نام‌های کلنگی، چکشی، تیشه‌ای (یک تیشه یا دو تیشه) و ساب خورده نام‌گذاری می‌شوند.

### ۳-۴- مشخصات کلی سنگ برای مصرف در ساختمان

رنگ و مشخصات فنی سنگ‌ها متفاوت و گوناگون است. به همین دلیل نمی‌توان در قسمت‌های

مختلف ساختمان از هر سنگی استفاده کرد. سنگ‌های مورد مصرف در کارهای بنایی باید دارای مشخصات زیر باشند.

– بافت سنگ باید بدون شیار، ترک و رگه‌های سست باشد (کرمو نباشد). هم‌چنین یک نواخت و همگن و بدون خلل و فرج و پوسیدگی باشد.

– سنگ ساختمانی نباید بیش از ۸٪ وزنش آب جذب کند یا در آب متلاشی شود.

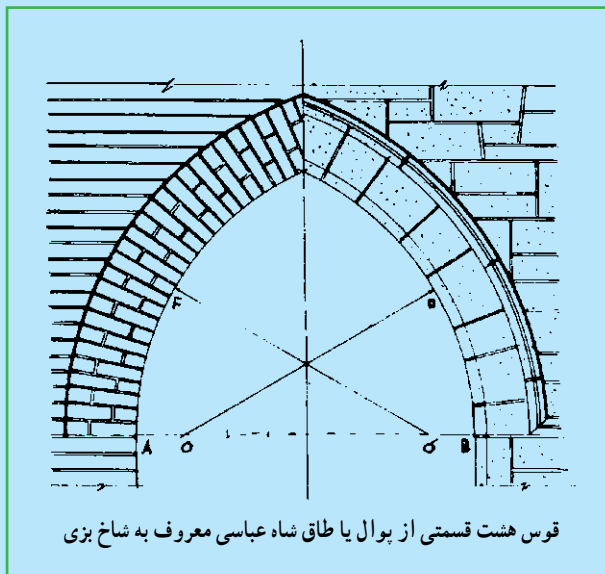
– سنگ باید شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط را تحمل نماید؛ در برابر تابش آفتاب، باد، یخبندان، تغییرات دما و کلیه‌ی عوامل فرسایش، مقاوم و در برابر محیط‌های شیمیایی، اسیدی، قلیایی و عمل هیدرولیز و اکسیداسیون مقاوم باشد.

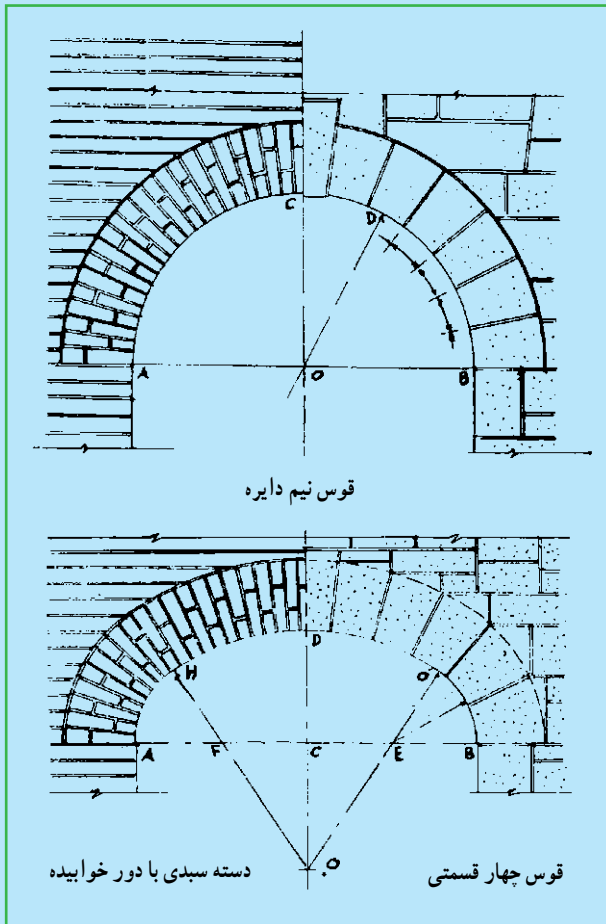
– تاب فشاری سنگ برای قطعات باربر نباید کم‌تر از  $15 \text{ kg/cm}^2$  باشد و در برابر سایش در مکان‌های پر رفت و آمد مقاوم باشد.

– سنگ باید تمیز و فاقد هرگونه آلودگی به مواد طبیعی و مصنوعی باشد.

با توجه به گستردگی پهنه‌ی آب و هوایی ایران و مصالح بوم آورد هر منطقه، معمار ایرانی از سنگ و یا آجر در ساخت بنای خود بهره می‌برده است.

### مطالعه‌ی آزاد





نمونه‌هایی از اجرای برخی انواع قوس‌های سنگی و آجری

## پرسش‌های پایان فصل

- ۱- سنگ چیست و چگونه تشکیل می‌شود؟
- ۲- از نظر منشأ پیدایش، سنگ‌ها به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ این سنگ‌ها چه تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند؟
- ۳- سنگ لاشه چیست؟ چه تفاوتی با سنگ قواره دارد؟
- ۴- سنگ اندازه (حکمی) چیست و در چه مواردی سفارش داده می‌شود؟

## خاک

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- نحوه‌ی تشکیل خاک را شرح دهد.
- ۲- اهمیت خاک را در تولید مصالح ساختمانی توضیح دهد.
- ۳- روش‌های تهیه و استخراج انواع خاک رس را شرح دهد.
- ۴- خواص انواع خاک رس را توضیح دهد.
- ۵- تأثیر دانه‌بندی خاک را بر مقاومت آن شرح دهد.
- ۶- مهم‌ترین ملات‌های گلی را نام ببرد.
- ۷- نحوه‌ی ساخت ملات‌های گلی را توضیح دهد.

### مقدمه

خاک ریزترین دانه طبیعی موجود در سطح پوسته‌ی زمین و محصول نهایی هوازدگی است که از گذشته‌های دور و به فراوانی در ساختمان‌سازی مورد استفاده بوده است. بخش عمده‌ی معماری سنتی ایران و آثار به جای مانده از آن مدیون این ماده‌ی ساختمانی و خواص آن است. با وجود مصالح جدیدی که در اختیار ما قرار دارد هنوز هم خاک در مقادیر زیاد و به صورت مستقیم و غیرمستقیم در صنعت ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. از نظر نحوه‌ی پیدایش «خاک» محصول نهایی هوازدگی و نتیجه‌ی تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها، همراه با تجمع باقی‌مانده‌های در حال فساد جانداران

(تخریب زیستی)، توسط طبیعت است (که معمولاً طی دوره‌های منظم صورت می‌گیرد). هر جا که سنگ در مجاورت «هوا کره» قرار گیرد، دچار تخریب فیزیکی، شیمیایی و زیستی می‌شود.

## ۱-۵- هوازدگی و به‌وجود آمدن خاک رس

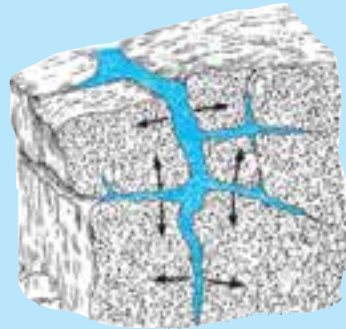
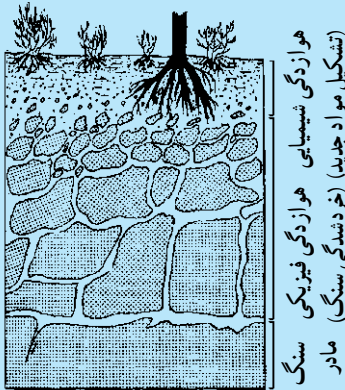
«هوازدگی» فرآیندی است که مواد پیوسته و متراکم پوسته‌ی سطح زمین را به موادی ناپیوسته و نرم تبدیل می‌کند. به‌طور کلی «هوازدگی» خرد شدن و تجزیه‌ی شیمیایی سنگ‌ها در محل خود، به علت تأثیرات آب، هوا و موجودات زنده است.

بیش‌تر سنگ‌ها در محیطی تشکیل شده‌اند که شرایط آن با شرایط سطح زمین متفاوت بوده است. وقتی این سنگ‌ها در سطح زمین ظاهر می‌شوند تحت تأثیر هوازدگی قرار می‌گیرند و دچار تغییر می‌شوند. مثلاً سنگ‌های آذرین، که در شرایط فشار و درجه‌ی حرارت زیاد زیر زمین و در محیطی بدون آب و هوا تشکیل شده‌اند، وقتی در شرایط سطح زمین قرار می‌گیرند، به علت فشار و درجه‌ی حرارت کم و وجود رطوبت هوا و موجودات، تغییر می‌کنند و به خاک تبدیل می‌شوند. هوازدگی فرآیندی است که به‌طور مداوم در سطح زمین جریان دارد.

### مطالعه‌ی آزاد

انواع مختلف هوازدگی عبارت‌اند از:

**هوازدگی فیزیکی:** عوامل فیزیکی از قبیل یخ بستن آب در شکاف سنگ‌ها باعث افزایش ۹٪ حجم آن می‌شود و فشارهای زیادی، بیش‌تر از مقاومت سنگ به‌وجود می‌آورد. هم‌چنین نیروی زلزله، تغییرات درجه‌ی حرارت و انقباض و انبساط سنگ‌ها و تکرار آن در طول زمان، نیز از نوع هوازدگی فیزیکی است و خرد شدن آن‌ها را به دنبال دارد.



پوشش سنگ‌های هوازده بر روی سنگ مادر

انجماد آب در شکاف سنگ‌ها و متلاشی شدن آن‌ها

**هوازگی شیمیایی:** نوعی هوازگی است که به تغییر شیمیایی جنس سنگ منجر می‌شود. در هوازگی شیمیایی، مواد موجود در هوا کره (اتمسفِر) مانند آب، کربن دی‌اکسید و اکسیژن، در برابر کانی‌های موجود در طبیعت واکنش شیمیایی نشان می‌دهند و در نتیجه «مواد و کانی‌های جدیدی» تولید می‌کنند. برخی از مهم‌ترین این واکنش‌ها که منجر به هوازگی شیمیایی می‌شود عبارت‌اند از هیدرولیز<sup>۱</sup>، هیدراسیون<sup>۲</sup>، دهیدراسیون<sup>۳</sup>، اکسیداسیون (اکسایش)<sup>۴</sup> و انحلال است.

**هوازگی زیستی:** هوازگی زیستی در واقع ترکیبی از تأثیرات فیزیکی و شیمیایی گیاهان و جانوران بر روی سنگ‌هاست. انسان‌ها و جانوران در متلاشی کردن فیزیکی سنگ‌ها و خاک‌ها کم و بیش مؤثرند. شاید مهم‌ترین نقش از این نظر مربوط به جانوران حفّار (مورچه، موربانه، موش صحرائی، کرم‌ها و...) باشد. این جانوران دائماً در حال به هم زدن و جابه‌جا کردن مواد تشکیل‌دهنده خاک‌اند و به‌علاوه با بالا آوردن ذرات دست‌نخورده‌ی کانی‌ها به سطح زمین و قرار دادن آن‌ها در مقابل آب و هوا، باعث تأثیر بیش‌تر هوازگی بر آن‌ها می‌شوند.

هم‌چنین ریشه‌ی گیاهان وقتی در داخل شکاف سنگ‌ها نفوذ می‌کند بر اثر رشد

۱- Hydrolysis (واکنش شیمیایی بین یک کانی و آب)

۲- Hydration (جذب آب توسط یک کانی)

۳- Dehydration (خروج آب از کانی)

۴- Oxidation (ترکیب اکسیژن با یک کانی)



خود فشاری به وجود می‌آورد که ممکن است باعث خرد شدن سنگ‌های دیواره‌ی شکاف شود. ریشه‌ی درختان بزرگ گاهی تا عمق قابل توجهی از سطح زمین پایین می‌رود.

بنابراین باعث می‌شود که عوامل هوازدگی تا اعماق بیش‌تری نفوذ و اثر کند. هم‌چنین پوسیدن گیاهان و جانداران، که تولید اسید می‌کند، نیز باعث تخریب سنگ‌ها می‌شود.

**عوامل مؤثر در هوازدگی:** شدت هوازدگی در هر نقطه بستگی به عواملی چون جنس سنگ‌های مادر، شیب زمین، شرایط اقلیمی و زمان دارد. (رطوبت و گرما در مناطق گرم و مرطوب باعث هوازدگی شیمیایی می‌شود، در حالی که در نواحی گرم و خشک بیابانی هوازدگی شیمیایی اثر چندانی ندارد.)

## ۲-۵- خاک رس و ترکیبات آن

خاک رس‌ها موادی با ترکیب شیمیایی پیچیده‌اند، ولی مبنای آن‌ها ترکیبی از سیلیس و آلومین با مقادیر متغیری از اکسیدهای فلزی و سایر مواد است. خاک رس‌ها نتیجه‌ی عمل فرسایش و هوازدگی بر فلسپات‌ها و میکاهاست. این مواد جزء مهمی از سنگ‌های آذرین و دگرگون‌اند و از مهم‌ترین مواد معدنی موجود در طبیعت به وجود می‌آیند. (شکل ۱-۵)



شکل ۱-۵- خاک و لایه‌های مختلف

دو عنصر اصلی تشکیل دهنده‌ی خاک رس سیلیس و آلومینیوم اکسید است و هر قدر میزان آن‌ها بیشتر باشد درجه‌ی خلوص خاک رس بیش‌تر می‌شود.

### ۳-۵- چگونگی دست‌یابی به خاک رس

خاک رس مورد استفاده در ساختمان، به دو طریق در طبیعت یافت می‌شود: الف) خاک رس ته‌نشستی (حمل شده) که به آن خاک رس آبرفتی نیز می‌گویند. این خاک رس از محل اولیه‌ی خود به وسیله‌ی عوامل جوّی مانند بارندگی، سیلاب، رودخانه و ... حرکت می‌کند و در نقطه‌ی دیگری ته‌نشین می‌شود. ب) خاک رس معدنی یا برجا. این خاک رس در محلی که تشکیل شده باقی می‌ماند و حرکت نمی‌کند. خاک رس معدنی از خاک رس آبرفتی خالص‌تر است. اما جنس خاک رس آبرفتی با توجه به بستر رودخانه‌هایی که در آن جاری می‌شود متفاوت و دارای ناخالصی است.

### ۴-۵- خواص خاک رس

مهم‌ترین خواص خاک رس عبارت‌اند از:

- **خاصیت چسبندگی:** این خاصیت به دلیل رسیدن آب به آن به وجود می‌آید. اما چنان‌چه خاک رس کاملاً سیراب شود چسبندگی خود را از دست می‌دهد.
- **خاصیت شکل‌پذیری:** وجود آب بین دانه‌های خاک رس باعث می‌شود دانه‌های خاک رس با کوچک‌ترین نیرو روی یکدیگر لغزیده شوند. در نتیجه خاصیت خمیری و شکل‌پذیری (پلاستیسیته) فوق‌العاده‌ای در خاک رس ایجاد می‌شود و به هر شکلی در می‌آید و پس از خشک شدن و پخته شدن به همان شکل باقی بماند.

— **خاصیت عایق‌بندی رطوبتی:** قبل از رواج قیر، برای عایق‌بندی رطوبتی بام‌ها از این خاصیت خاک رس استفاده می‌شد. هنوز هم در بسیاری از شهرهای کوچک و روستاها روی بام را با یک لایه‌ی خاک رس و کاه/اندود می‌نمایند. خاک رس استعداد مکنندگی آب دارد، به طوری که می‌تواند آب را بمکد و بعد از آن که کاملاً اشباع شد منبسط می‌شود و هر ذره منافذ مجاور خود را پر می‌کند. در این حالت خاک رس کاملاً غیرقابل نفوذ می‌شود و از نفوذ آب به سطوح پایین‌تر جلوگیری می‌کند.

## ۵-۵- اثر رطوبت بر خاک‌ها

کاهش رطوبت در خاک باعث کم شدن حجم آن می‌شود. به این ترتیب حجم خاکی که با آب ترکیب شده باشد، پس از تبخیر و خشک شدن کاهش می‌یابد. میزان مکیدن آب توسط خاک رس به نوع دانه‌بندی، ریزی و درصد رس آن بستگی دارد. خاک‌های دانه درشت کم‌تر از خاک‌های دانه ریز تحت تأثیر رطوبت قرار می‌گیرند.<sup>۱</sup>

### مطالعه‌ی آزاد

تأثیر اندازه و شکل هندسی دانه‌بندی بر خاک‌ها: برای تعیین دانه‌بندی خاک، آن‌ها را از الک‌هایی که اندازه‌ی چشمه‌های آن‌ها مختلف است، عبور می‌دهند و به ریزدانه، ماسه، ریگ، شن و قلوه سنگ تقسیم می‌کنند. هر چه دانه‌های خاک بزرگ‌تر باشد وزن مخصوص آن‌ها بیش‌تر و خاک آن مقاوم‌تر است. انواع این دانه‌بندی بر اساس شکل به این شرح‌اند:

– دانه‌های جسیم یا شن و ماسه‌ای، شامل دانه‌های سنگی شن و ماسه‌ی گوشه‌دار، نیمه گوشه‌دار، نیمه گرد و گرد.

– دانه‌های ریز (ریزدانه) یا رُسی، شامل دانه‌های رس بسیار ریز؛ به شکل مدور؛ پولکی یا دراز (سوزنی) است. دانه‌های صاف به شکل پولک که نسبت دو بعد به یک بعد دیگر خیلی بیش‌تر است، مرغوب‌تر از دانه‌های مدور و سوزنی است.

## ۵-۶- رنگ خاک رس

بیش‌ترین خاک رسی که در طبیعت وجود دارد سرخ رنگ است. علت سرخی خاک رس به اکسیدهای آهن سه ظرفیتی<sup>۲</sup> موجود در آن مربوط است (خاک رس‌های به رنگ سفید فاقد اکسید آهن‌اند). چنان‌چه رنگ خاک تیره باشد به دلیل وجود کربن است. اگر با گرافیت همراه باشد رنگ خاک رس خاکستری می‌شود. وجود اکسیدهای آهن دو ظرفیتی بر حسب نوع، رنگ خاک رس را سرخ یا کبود می‌کند. رنگ اغلب خاک‌ها پس از پختن تغییر می‌کند. این تغییر به میزان حرارت، میزان پراکندگی و میزان ترکیب این عناصر در خاک بستگی دارد. بنابراین اگر بخواهیم رنگ سفالی

۱- خاک‌های دانه درشت فضای خالی بزرگ‌تری دارند و سریع‌تر زهکشی می‌شوند. هم‌چنین نیروی شعریه (موئینگی) در شن و ماسه‌ای که ریزدانه کم‌تری دارند اندک است و در ارتباط با رطوبت بالا رونده مشکلی ایجاد نمی‌کند.

$2-Fe_2O_3$

را که از خاک مشخصی تهیه نموده‌ایم تعیین کنیم ابتدا باید مقداری از آن را به صورت پخت آزمایشی ارائه دهیم، سپس با اضافه کردن یا کم کردن عناصری که در تعیین رنگ آن مؤثرند، رنگ مورد نظر را به دست آوریم.

## ۷-۵- کاربرد خاک رس

خاک رس در صنایع وابسته به آجرپزی، کاشی و سرامیک، تهیه‌ی نسوز<sup>۱</sup>، تهیه‌ی لوازم بهداشتی مانند روشویی، سنگ توالت و ... مصرف می‌شود. هم‌چنین در صنایع چینی‌سازی برای ظروف آشپزخانه و در صنعت برق برای تهیه‌ی عایق‌های برقی (مقاومت‌های الکتریکی ...) از آن استفاده می‌شود.

کلیه‌ی رس‌هایی که در صنعت آجرسازی، سرامیک‌سازی، چینی‌سازی و ... به کار می‌روند دارای ترکیبات شیمیایی مشابه‌اند.

خاک رس به صورت مخلوط خاک رس و گچ (گچ و خاک) برای اندود زیر سفیدکاری، ساختن شفته، ملات‌های گل آهک، گل، کاه گل، خشت (برای تهیه‌ی آجر) و بیسکویت کاشی مصرف می‌شود. مهم‌ترین ملات و اندودی که از گل تهیه می‌شوند عبارت‌اند از :

## ۸-۵- ملات گل

ملات گل قدیمی‌ترین ملات مورد استفاده در ایران است و تا قبل از سال ۱۳۱۲ هجری شمسی که اولین کارخانه‌ی سیمان در کشور ساخته شد (کارخانه‌ی سیمان ری) اکثر ساختمان‌ها با استفاده از این ملات ساخته می‌شد. برای این منظور خاک به دست آمده از گودبرداری احداث زیرزمین و آب انبار یا چاه فاضلاب را سرند می‌کردند تا خاک نرمه به دست آید، سپس آن را با آب مخلوط می‌کردند و به عنوان ملات به کار می‌بردند. ملات گل با توجه به این که چسبندگی آن پس از خشک شدن، ناچیز است و تحمل بارهای ناشی از وزن ساختمان و یا نیروهای جانبی مانند باد و زلزله را ندارد ملاتی مطمئن محسوب نمی‌شود. دیوارهایی که با استفاده از این ملات ساخته می‌شود معمولاً حجیم، عریض و دارای ضخامت زیاد است و در حال حاضر استفاده از آن به حداقل رسیده است.

---

۱- موادی هستند که در برابر حرارت زیاد، مقاوم‌اند، ذوب نمی‌شوند و تغییر شکل نمی‌دهند. مانند آجرهایی که در ساخت شومینه یا جداری داخلی کوره‌های ذوب استفاده می‌شود.

برای ساختن ملات گل، آخوره‌ای درست می‌کنند و پس از اضافه کردن آب به درون آخوره، آن را مخلوط می‌کنند و پس از ورز دادن، آن را مورد استفاده قرار می‌دهند. ملات گل خالص تا هنگامی که تر است فاقد سوراخ و حفره‌ی ریز است و آب نمی‌تواند از آن نفوذ کند. از این رو برای آب‌بندی آب‌گیرها، استخرها و بام‌ها می‌توان از آن استفاده کرد. این ملات پس از خشک شدن جمع می‌شود و ترک برمی‌دارد و در این حالت آب در آن نفوذ می‌کند. در بعضی مناطق این خاک را با ماسه مخلوط می‌کردند و به مصرف می‌رساندند.

## ۹-۵- اندود کاه گل

برای جلوگیری از ترک خوردن گل به آخوره‌ی آن کاه اضافه می‌کنند. از این رو به آن کاه گل می‌گویند. از این ترکیب برای اندود دیوارهای بیرونی و پشت بام استفاده می‌شود. (شکل ۲-۵) هم‌چنین برای پایین آوردن درجه‌ی انجماد ملات در زمستان و جلوگیری از سبز شدن و رشد علف در آن نمک طعام به آن اضافه می‌شود. برای هر متر مکعب ملات کاه گل حدود پنجاه کیلوگرم کاه لازم است. گل «نیمچه کاه» دارای کاه کم‌تری است. نوع دیگر آن اندود «سیم گل» است که از نرمة‌ی کاه در گل استفاده می‌شود. برای ساخت سیم گل، دانه‌های کاه را می‌کوبند سپس ریز شده‌ی آن را با خاک مخلوط می‌کنند و به آن آب اضافه می‌نمایند. ملات گل از نظر زمان‌گیری در گروه ملات‌های دیرگیر است.<sup>۱</sup>

در شمال ایران به دلیل کاشت برنج گاهی اوقات از پوست خرد شده‌ی آن به جای کاه استفاده می‌کنند. این اندود را «فل گل» می‌گویند و آن را در کارهای ظریف مورد استفاده قرار می‌دهند. گاهی برای این که رنگ قهوه‌ای خاک روشن‌تر شود به اندود، خاکستر چوب اضافه می‌کنند. در این صورت

### ۱- انواع ملات از نظر زمان‌گیری:

ملات‌ها از نظر زمان موردنیاز برای‌گیری و رسیدن به استحکام به دو گروه تقسیم می‌شوند:

*الف) ملات‌های زودگیر:* این ملات‌ها ظرف چند دقیقه، بعد از این که با آب مخلوط شدند سخت شدن را آغاز می‌کنند و ظرف ۱۵-۱۰ دقیقه بعد از مصرف، سخت می‌شوند. محل مصرف این ملات‌ها در طاق‌های ضربی آجری، تیغه‌های ۵ سانتی‌متری، اندود پلاستر دیوارها یا نصب موقت قطعات، شمع کوبی‌ها و نصب سنگ‌های پلاک به صورت موقت تا امکان دوغاب‌ریزی ماسه سیمان پشت آن‌ها فراهم شود. ملات‌های گچ و خاک و گچ و برخی ملات‌های ساخته شده از سیمان‌های زودگیر (مانند سیمان آلومینی) از این دسته محسوب می‌شوند.

*ب) ملات‌های دیرگیر:* این ملات‌ها معمولاً در مجاورت هوا و گاهی در مجاورت رطوبت (ماسه آهک) یا زیرآب سخت می‌شوند. زمان سخت شدن این ملات‌ها اغلب از دو ساعت شروع وطنی یک هفته به حدود ۸۰-۷۰ درصد مقاومت نهایی می‌رسد. انواع این ملات‌ها عبارت‌اند از: ملات گل، ملات کاه‌گل، گل آهک، شفته، ساروج، ماسه آهک، ملات باتارد و ماسه سیمان و ...

هم رنگ آن را روشن می‌سازد و هم به دلیل داشتن کربن آن را محکم‌تر می‌کند.



شکل ۲-۵- کاربرد گل و گاه گل در معماری سنتی ایران

## پرسش‌های پایان فصل

- ۱- خاک رس چگونه به وجود می‌آید؟
- ۲- آثار و عوارض احتمالی هوازدگی بر مصالح مورد استفاده در ساختمان را به اختصار شرح دهید.
- ۳- انواع اصلی خاک رس‌هایی را که در طبیعت یافت می‌شوند نام ببرید و تفاوت بین آن‌ها را بگویید.
- ۴- ترکیبات اصلی خاک رس را نام ببرید.
- ۵- موارد استفاده و کاربرد خاک رس را بیان کنید.
- ۶- دو نوع شناخته شده‌ی ملات و اندود گلی را نام ببرید. توضیح دهید در چه جاهایی به کار گرفته می‌شوند.

## آجر و سرامیک

هدف های رفتاری : در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- مواد اولیه ی تهیه ی آجر و کاشی را نام ببرد.
- ۲- انواع مختلف کوره های پخت آجر و کاشی را نام ببرد.
- ۳- شیوه های مختلف آماده کردن و پخت خشت را شرح دهد.
- ۴- ویژگی های یک آجر خوب ساختمانی را توضیح دهد.
- ۵- انواع تقسیمات آجر را از نظر ابعاد نام ببرد.
- ۶- تولید کاشی و درجه بندی آن را شرح دهد.
- ۷- طریقه و اصول به کارگیری و نصب کاشی را توضیح دهد.

### مقدمه

آجر (آگور) واژه ای بابلی است که در گذشته برای توصیف لوح هایی که احکام و فرامین دولتی را روی آن می نوشتند و سپس آن را می پختند، به کار می رفت. زمان واقعی پیدایش آجر مشخص نیست اما گمان می رود برای نخستین بار از پخته شدن خاک مجاور اجاق های آتش به وجود آن پی برده باشند. اولین کوره های آجری نیز از قرار دادن لایه های خشت در کنار شعله های آتش ساخته شدند. می توان گفت آجر سنگ دگرگونی مصنوعی است که از پخته شدن خاک رس در ابعاد و اندازه های دل خواه به دست می آید و اولین عنصر پیش ساخته با تولید انبوه بوده است.



شکل ۱-۶- معبد چغازنبیل در ۶۰ کیلومتری جنوب شرقی دزفول که حدود ۴۰۰۰ سال پیش با استفاده از خشت، آجر، آجرهای لعاب‌دار، اندود گچی و ملات قیر ساخته شده است.



شکل ۲-۶- ایوان مدائن از آثار دوره‌ی ساسانیان

ساختمان برج بابل (۵۰۰۰ سال پیش)، چغازنبیل در جنوب شرقی دزفول مربوط به تمدن ایلامی و طاق کسری (ایوان مدائن) در کاخ تیسفون حدود ۲۶۰۰ سال پیش، گنبد سلطانیه (بزرگ‌ترین گنبد آجری جهان) با ۲۶ متر قطر دهانه‌ی گنبد و ۵۱ متر ارتفاع از رأس آن تا سطح زمین و گنبد قابوس با ۵۳ متر ارتفاع، مرتفع‌ترین بنای آجری جهان همه شاهکارهای معماری هستند که از آجر یا ترکیب خشت و آجر به وجود آمده‌اند. شکل‌های (۱-۶ تا ۴-۶)



شکل ۴-۶- بنای گنبد قابوس بلندترین برج آجری دنیا با ۵۳ متر ارتفاع



شکل ۳-۶- سلطانیه (بزرگ‌ترین گنبد آجری جهان) با ۲۶ متر قطر و ۵۱ متر ارتفاع از رأس آن تا سطح زمین





شکل ۵-۶- بیمارستان ملی داکا- بنگلادش اثر لویی کان

## ۱-۶- مواد اولیه‌ی تهیه‌ی آجر

خاک آجر معمولاً مخلوطی است از خاک رس، ماسه، فلدسپات، سنگ آهک، سولفات‌ها، کانی‌های آهن<sup>۱</sup> و برای تهیه‌ی آن به خاک رس خالص نیاز نیست. خاک رس مناسب برای آجر نباید درصد زیادی آهک داشته باشد، زیرا باعث می‌شود کیفیت لازم را پس از پخت نداشته باشد. عناصر اصلی خاک رس آجرپزی عبارت‌اند از:

— سیلیس: سیلیس به شکل دانه‌های ماسه و از موادی است که در خاک آجر یافت می‌شود. کوارتز حاصل شده از سنگ‌های آذرین پس از پوسیدن تبدیل به ماسه و لای می‌گردد. بنابراین در همه‌ی خاک‌ها کم و بیش ماسه و لای یافت می‌شود.

ماسه استخوان‌بندی خشت است. اگر مقدار ماسه در آجر زیاد باشد مقدار خاک رس کم می‌شود، در نتیجه آجری که به دست می‌آید، تُرد و پوک بوده و مقاومتش کم است.

— آلومین: آلومین بخش شکل‌پذیر و نرم خاک است که به سادگی آب را به خود جذب می‌کند و به صورت خمیری شکل درمی‌آید. آلومین در صورت پخته شدن به راحتی ذوب می‌گردد و جسم یک پارچه و همگنی را به وجود می‌آورد.

— فلدسپات: فلدسپات در آجر به صورت عامل گداز آور عمل می‌کند و گرمای خمیری شدن آجر را به حدود  $115^{\circ}\text{C}$  -  $110^{\circ}\text{C}$  تقلیل می‌دهد.

— سنگ آهک: اگر مقدار سنگ آهک در خاک آجر کم و به شکل گرد باشد رنگ آجر را

۱- سولفورها، فسفات‌ها، منگنز، منیزیم، سدیم، پتاسیم، مواد آلی گیاهی و ... است.

روشن می‌کند و به آن صدمه‌ای نمی‌زند. چنانچه مقدار آهک بیش از حد مجاز (بیش از سی درصد) باشد دمای ذوب شدن آجر را پایین می‌آورد و آجر در گرمای کوره به شکل آجر جوش<sup>۱</sup> درمی‌آید. اگر سنگ آهک به صورت دانه درشت در خاک خشت باشد پس از پختن در کوره، گاز کربنیک آن جدا می‌شود و آهک زنده باقی می‌ماند. آهک زنده پس از این که رطوبت را می‌گیرد به آهک شکفته تبدیل می‌شود و آجر را می‌ترکاند (آلوئک).

— **سولفات‌ها:** سولفات‌ها به صورت سولفات کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم در خاک آجر وجود دارند. سولفات‌ها در موقع آسیاب کردن خاک به شکل گرد در می‌آیند و پس از مصرف شدن آجر، آب ملات یا آب باران را می‌مکند و به صورت سفیدک یا شوره در نمای ساختمان مشخص می‌شوند.

— **املاح آهن:** اکسید آهن در آجر، کارگداز آور را انجام می‌دهد. اگر اکسید آهن (سه ظرفیتی) در خاک آجر به پنج درصد وزن آن برسد دمای ذوب را کاهش می‌دهد و رنگ آجر نیز سرخ می‌شود.<sup>۲</sup>

— **مواد گیاهی:** این مواد چنانچه در خاک آجر وجود داشته باشند به هنگام پختن آجر در کوره می‌سوزند و در عوض فضای خالی به جای می‌ماند و بدین ترتیب آجر تولیدی پوک خواهد شد.

## مطالعه‌ی آزاد

### مراحل ساخت و تهیه‌ی آجر

۱— **تهیه‌ی خاک رس:** خاک رس مورد نیاز برای تهیه‌ی آجر را، به روش دستی یا با استفاده از ماشین، برداشت می‌کنند و به‌وسیله‌ی کامیون یا تسمه‌ی نقاله<sup>۳</sup> به محوطه‌های کارخانه آجرپزی انتقال می‌دهند.

۲— **آماده‌سازی خاک:** مواد نباتی و دانه‌های درشت را از خاک جدا می‌کنند (کلوخه‌های بزرگ توسط سنگ‌شکن شکسته می‌شوند و توسط تسمه نقاله به انبار انتقال می‌یابد). پس از این که ترکیب خاک و اصلاح احتمالی آن بررسی شد، مواد اولیه‌ی لازم برای تهیه‌ی گل مهیا می‌شود.

۱— آجری است که در نتیجه حرارت زیاد دانه‌های آن ذوب و هم‌جوش شود. به دلیل این که رطوبت در این آجر نفوذ نمی‌کند برای ساخت دیوار آب انبارها از آن استفاده می‌شد.

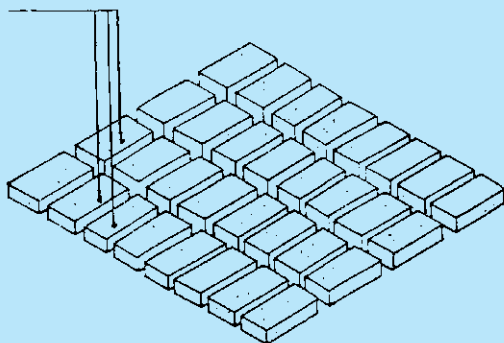
۲— این نوع خاک به دلیل این که پس از پختن تقریباً نم و رطوبت را به خود جذب نمی‌کند و در برابر آب نسبتاً نفوذ ناپذیر است، برای ساختن لوله‌ی سفالی (تنبوشه) استفاده می‌شود.

۳— نواری که مواد اولیه را روی آن می‌ریزند تا به محل آماده‌سازی منتقل شود.

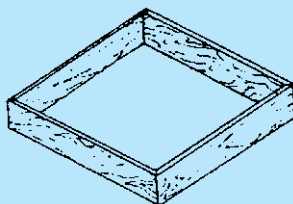
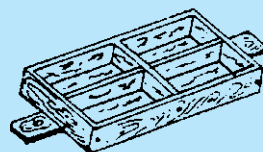
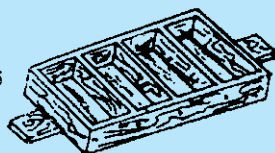
### ۳- تهیه گل و قالب‌گیری خشت (خشت‌زنی):

**الف) تهیه گل و خشت‌زنی به روش دستی:** منظور از آماده کردن و تهیه گل، فراهم نمودن گلی یک دست و عاری از کلوخه و مواد خارجی است. در روش سنتی پس از سرند کردن و یک دست نمودن خاک، آخوره‌ای درست می‌کنند و حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد وزن خاک به آن آب اضافه می‌نمایند. پس از ورز دادن و خمیری شدن گل، بدون آن که فشار زیادی لازم باشد، گل را در قالب می‌ریزند و با فشار دست خشت‌زنی می‌کنند. در این روش به دلیل این که خشت‌زنی با دست انجام می‌شود به منظور راحتی در قالب‌گیری گاهی اوقات میزان آب را تا دو برابر اضافه می‌کنند. آجری که از این خشت به دست می‌آید پوک و سبک است و به آجر فشاری یا گری معروف است.

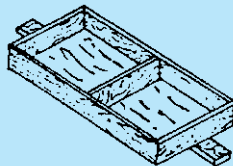
خشت مرطوب روی سطح زمین



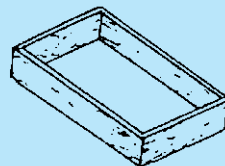
قالب چهارتایی خشت‌زنی



کلاف قالب تکی مربع «خشتی» بدون ته



قالب جفتی «خشتی» ایرانی



کلاف قالب «کشیده» بدون ته

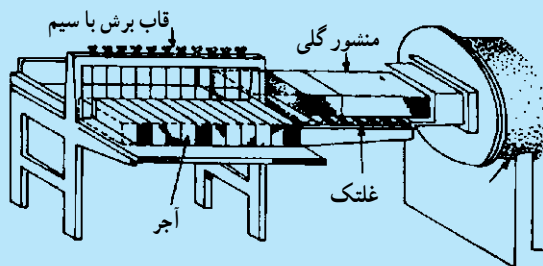
انواع قالب‌های دستی خشت‌زنی و نحوه‌ی چیدن خشت‌های خام

۲) **خشت‌زنی به روش کارخانه‌ای:** سه روش عمده‌ی کارخانه‌ای برای قالب‌گیری گل و خشت‌زنی وجود دارد:

۱) روش گل نرم (خمیری): در این روش ۲۵ تا ۳۰ درصد وزن خاک به آن آب اضافه می‌شود. خمیر گل از میان ماشین‌های مکنده‌ای شبیه به چرخ گوشت به نام «اکسترودر» عبور داده می‌شود و هوا زدایی می‌گردد. سپس با سیم برش بریده می‌شود. خشت تهیه شده به دستگاه خشک‌کن منتقل می‌شود.

۲) روش گل سفت: در این روش ۲۰ تا ۲۵ درصد وزن خاک به آن آب اضافه می‌شود. و ادامه‌ی کار مانند روش یاد شده است، با این تفاوت که به دلیل آب کم‌تر، آجر تهیه شده مقاومت بیش‌تری دارد.

۳) روش پرس کردن خاک نیمه خشک: در این روش حدود ۸ تا ۱۰ درصد وزن خاک به آن آب اضافه می‌کنند تا دانه‌های آن مرطوب شود سپس با فشار حدود  $8 \text{ kg/cm}^2$ ؛ خاک نمناک را با دستگاه، پرس و به خشت تبدیل می‌کنند. در این روش نیازی به خشک کردن خشت نیست.



قالب‌گیری خشت و تبدیل آن به قالب‌های آجر یا بلوک

#### ۴- انواع روش‌های خشک کردن خشت :

الف) قرار دادن خشت در هوای آزاد به مدت ۱۳ الی ۱۵ روز  
ب) استفاده از کوره‌ی حلقه‌ای هوفمان و قرار دادن خشت در اتاقک‌های کوره (قمیرها) یا بام آن  
پ) استفاده از اتاق گرم (گرم‌خانه). گرم‌خانه اتاق بلند و باریکی است که از پایین آن هوای داغ و از بالا رطوبت فضا مکیده می‌شود.



گرم‌خانه برای خشک کردن خشت‌ها و سفال‌های خام

ت) استفاده از تونل گرم. در این جا خشت‌ها روی واگن چیده می‌شوند و از یک طرف هوای گرم وارد تونل می‌شود. در نتیجه به تدریج که خشت‌ها به انتهای تونل می‌رسند رطوبت خود را از دست می‌دهند.

پس از خشک کردن خشت، چنانچه قرار است آجر لعاب‌دار باشد به آن لعاب داده می‌شود. همزمان با پختن آجر، لعاب هم پخته می‌شود. لعاب‌هایی را که دمای پختن کم‌تری از آجر نیاز دارند، می‌توان پس از تهیه‌ی آجر انجام داد.

۵- تهیه‌ی آجر (آجرپزی): پس از خشک شدن خشت‌ها، آن‌ها را در کوره می‌چینند. خشت‌های خشک باید طوری در کوره چیده شوند که گازهای داغ و شعله بتواند از لابه‌لای آن‌ها عبور کند. پختن آجر یعنی گرم‌کردن آن به طوری که آب تبلور<sup>۱</sup> خاک رس ببرد و دانه‌های خاک به یکدیگر بچسبند و جسم سخت و همگنی را به وجود آورند. درجه‌ی پخت آجر از ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد است و مدت پخت آجر، با توجه به نحوه‌ی رساندن حرارت به خشت‌ها، در کوره‌های گوناگون مساوی نیست و ممکن است از یک تا هفت روز طول بکشد.

۱- آب شیمیایی موجود در خاک