

سنگ طبیعی نماد ماندگاری و استقامت

شرکت روشن روز

بهار ۱۴۰۴

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱	فصل ۱: سنگ در مسیر تاریخ
۳	۱-۱- مقدمه
۵	۱-۲- سنگ در تاریخ
۲۵	فصل ۲: تأثیرات زیست محیطی استفاده از سنگ طبیعی
۲۷	۱-۲- مقدمه
۲۸	۲-۲- تاریخچه ارزیابی چرخه حیات (LCA)
۳۰	۲-۳- ارزیابی چرخه حیات (LCA)
۳۱	۴-۲- سنگ طبیعی
۳۲	۵-۲- منابع و مآخذ
۳۳	فصل ۳: استانداردهای استفاده از سنگ طبیعی در فضای بیرونی
۳۵	۱-۳- مقدمه
۳۶	۱-۱-۳- تعریف استاندارد
۳۶	۲-۱-۳- سطوح استاندارد
۳۶	۳-۱-۳- سازمان ملی استاندارد ایران
۴۱	۱-۴-۳- استانداردهای ملی ایران مرتبط با سنگ طبیعی
۴۵	فصل ۴: نمونه‌های موردی استفاده از سنگ طبیعی در فضای بیرونی
۴۷	۱-۴- مقدمه
۴۸	۲-۴- پروژه برج آزادی تهران
۴۹	۳-۴- سنگ فرش میدان نقش جهان اصفهان
۵۰	۴-۴- خط ساحلی بارانگارو (Barangaroo) در شهر سیدنی استرالیا

فصل ۱ :

سنگ در مسیر تاریخ

۱-۱- مقدمه

سنگ یکی از قدیمی‌ترین مصالح ساختمانی طبیعی است که بشر استفاده از آن را از زمان‌های خیلی دور، به عنوان ابزار کار، اسلحه و مصالح ساخت سرپناه فراگرفته و مدت‌ها بعد شیوه‌های استخراج سایر مواد از آن را آموخته است و بدین ترتیب استفاده از سنگ، قدمتی برابر سن بشر دارد.

از دیرباز به دو دلیل ماندگاری در برابر عوامل فرسایشی و همچنین استحکام بالا، سنگ جزو اولین انتخاب‌های بشر به عنوان ماده ساختمانی بوده به گونه‌ای که هزینه حمل‌ونقل آن را تقبل کند و در عوض از مزایای ساخت‌وساز با آن بهره‌مند شود. از طرفی وقتی که بنای مورد نظر از اهمیت بالایی برخوردار بوده، هزینه جابجایی سنگین این مصالح، هم از نظر زمانی و هم از نظر نیروی انسانی، از سوی بشر پرداخت شده است. مثلاً فاصله‌ای که سنگ‌ها از مصر علیا به مصر سفلی حمل شده‌اند حدود ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتر بوده است آن هم در حدود ۵۰۰۰ سال پیش. البته در این مورد، قابلیت کشتیرانی در رود نیل، دلیل مهم انتخاب این جابجایی عظیم بوده و به همین دلیل در جاهایی که این وسیله حمل وجود نداشته، فناوری سنگ توسعه زیادی پیدا نکرده است.

موضوع بعدی نقش‌پذیری سنگ بوده به گونه‌ای که بدون اینکه در استحکام آن خللی وارد شود، امکان حجاری و نقش‌پذیری برای سنگ فراهم بوده است. این موارد باعث شده که سنگ، اولویت بالایی در انتخاب بشر برای ساخت‌وسازهای آیینی-حکومتی قرار گیرد. در مواردی که سنگ در

دسترس نبوده یا ساخت ابنیه با محدودیت منابع مالی و زمانی مواجه بوده یا اهمیت بنا در حدی نبوده که هزینه-فایده استفاده از سنگ مثبت باشد، شاهد این هستیم که استفاده از سنگ رواج چندانی ندارد.

در دوران متأخرتر شاهد ترکیب سنگ با مصالح دیگر هستیم و تمام بنا از سنگ نیست. در این حالت هم سنگ در جایگاه معنی‌داری هم از نظر ذهنی و هم از نظر بصری قرار دارد. به عنوان مثال در دوران گوتیک یا رنسانس شاهد این هستیم که عناصر باربر و کلیدی مثل ستون‌ها از سنگ هستند و برای عناصر پرکننده از مصالح ارزانتر و سبک مثل چوب استفاده شده است. همچنین در یونان که پیش‌تاز استفاده از سنگ بوده، با توجه به اقلیم پرباران منطقه مجبور به استفاده از سقف‌های شیب‌دار بوده‌اند و چون اجرای شیب‌دار سنگ محدودیت داشته، برای سقف نهایی از خرپاهای سنگی و پوشش سفال بهره برده شده است. همین‌طور در تخت جمشید از سقف چوبی استفاده شده که حتی اگر دچار آتش‌سوزی نمی‌شد، امروز از قطعات چوبی آن جز یافته‌های شیمیایی باستان‌شناسی، بازمانده فضایی دیده نمی‌شد.

استفاده از سنگ در گذشته بیشتر با کمک نیروی دست و مهارت خارق‌العاده سنگ‌تراشان صورت می‌گرفت. این استفاده تا به دوران امروزی نیز ادامه یافته و همگام با افت و خیزهای ساسی و اجتماعی در کشورهای مختلف دچار دگرگونی‌هایی نیز شده است. طی ۵۰ سال گذشته و هم‌زمان با رشد تکنولوژی، صنعت سنگ طبیعی نیز دچار دگرگونی و تحول گردیده به گونه‌ای که امروزه از بسیاری از انواع سنگ‌های نرم تا سخت در کارهای مختلف ساختمانی استفاده می‌شود.

۱-۲- سنگ در مسیر تاریخ

جز در تمدن مصر که به دلیل ثروتمند بودن و ثبات اقتصادی و اجتماعی، به هر قیمتی حاضر به استفاده از سنگ بوده، در بقیه تمدن‌ها در صورت وجود محدودیت در استفاده از سنگ به سراغ مصالح سبک دیگر رفته‌اند که امروزه اثری از آن مصالح دیگر وجود ندارد. از طرف دیگر، سنگ جزو معدود مصالحی است که به علت طول عمر زیاد، در صورت طولانی شدن مدت ساخت‌ساز، لطمه‌ای به کیفیت آن وارد نمی‌شده، بنابراین برای ساخت یک کلیسا در قرون وسطی در اروپا که حدود ۲۰۰ سال زمان لازم بوده، انتخاب اول استفاده از مصالح سنگی است.

از منظر روش‌های استفاده، در طول تاریخ با سه نوع استفاده از سنگ طبیعی مواجه هستیم. قدیمی‌ترین آن‌ها سابقه سکنی‌گزینی است به صورت کنده‌کاری غارهای سنگی در دل کوه‌ها برمی‌گردد. به دلایل مختلف از جمله مزیت‌هایی از قبیل موقعیت قرارگیری، استحکام، در دسترس بودن، مقاومت حرارتی در شرایط مختلف، باعث شده که غارها در سکنی‌گزینی در اولویت اول انسان هوشمند قرار گیرد.

در سرحدات شرقی تمدن بین‌النهرین که به دامنه‌های زاگرس منتهی می‌شود، این مزیت‌ها وجود داشته است که بقایایی از آن در طاق بستان ایران دیده می‌شود. در بخش‌های شمالی تمدن مصر هم شاهد شکل‌گیری این روش استفاده از سنگ هستیم که در واقع در دل کوه‌ها، غارها و حفره‌های انسان‌ساختی ایجاد شده است.

در خصوص آثار معماری که در ساخت آن‌ها از روش کنده‌کاری در توده‌های سنگی استفاده شده، توجه به این نکته ضروری است که با توجه به زمان‌بر و دشوار و سخت بودن این کار، در حوزه تمدنی و بعد از انقلاب کشاورزی، شاهد شکل‌گیری این نمونه‌ها هستیم که از ۸۵۰۰ سال به این سو اتفاق افتاده است و در تاریخ انسان هوشمند، اتفاق متأخری می‌باشد. از طرفی آثار معماری تولید شده با این روش، مربوط به زندگی روزمره نیست چراکه اساساً زندگی روزمره نزد این تمدن‌ها از اون مقدار دیرپایی و اهمیت برخوردار نبوده که چنین فعالیتی را در حوزه ساخت‌وساز به خودش اختصاص دهد. در نتیجه عمده ابنیه‌ای که با این شیوه ساخته می‌شوند، ابنیه یادمانی هستند بدین معنی که مثلاً در مصر بیشتر مقابر را شامل می‌شود و در بین‌النهرین عمدتاً یادمان‌هایی که باید واقعه‌ای را ثبت کنند یا مبنایی برای آیندگان به یادگار بگذارند را شامل می‌شود.

با گسترش حوزه‌های سکونت‌گاهی و افزایش توانمندی انسان در تأمین امنیت و ایمنی خود و به موازات روش اول، با نوع دیگری از استفاده از سنگ طبیعی به صورت لاشه‌سنگ روبرو هستیم. بدین صورت که وقتی انسان، به طور نسبی توانایی تأمین امنیت پیدا می‌کند و با توجه به این موضوع که نزدیکی به منابع آبی، خاکی و ... در زندگی یکجانشینی مزایای داشته، موقعیت‌های دارای پدافند غیرعامل و به اصطلاح سوق‌الجیشی خود را در ارتفاعات رها کرده و به نواحی پست‌تر می‌آید (با پذیرش خطر زندگی در نواحی پست‌تر). این جابجایی مستلزم بازتولید اسباب و لوازم تأمین امنیت بوده و در این شرایط، اولین مصالحی که می‌تواند امنیت موردنظر را برای انسان فراهم کند و الگوی ذهنی آن هم از قبل وجود داشته، سنگ طبیعی بوده است.

منظور از حوزه تمدنی در استفاده از لاشه‌سنگ‌ها، در واقع به نوعی از مدنیت، شهرنشینی و یکجانشینی اشاره دارد. هرچند که شهر به معنای امروزی مفهوم ندارد و منظور از مدنیت، یک جامعه ساختاریافته دارای حکومت است یعنی جامعه از وضعیت یک خانواده گسترده یکجانشین به یک جامعه ساختاریافته دارای حکومت ارتقاء می‌یابد و ما وارد حوزه تمدنی می‌شویم. این موضوع قدمتی در حدود ۷۰۰۰ سال دارد و در این دوره زمانی با لاشه‌سنگ‌ها مواجه می‌شویم: قطعاتی از سنگ که بصورت مصنوع برای بازتولید توانمندی‌های طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سابقه استفاده از لاشه‌سنگ‌ها را هم در یونان و هم در مصر می‌توان دید ولی در بین‌النهرین به دلیل نوع مصالح در دسترس که خاک بوده، کمتر مورد استفاده قرار گرفته که آن هم مربوط به فلات ایران و در اطراف کوهپایه‌های زاگرس است.

لاشه‌سنگ‌ها به دو صورت استفاده می‌شوند:

(۱) بصورت پرداخت شده؛

(۲) بصورت پرداخت نشده.

لاشه‌سنگ‌های پرداخت شده، قطعاتی هستند که عملیات فرآوری شامل انواع تراش‌ها، پرداخت‌ها، صیقل‌ها و ... روی آن‌ها انجام شده است و لاشه‌سنگ‌های پرداخت نشده بصورت قطعه‌سنگ‌های در ابعاد مختلف مورد استفاده قرار می‌گرفته است.

استفاده از سنگ‌های پرداخت شده معمولاً در بناهای فاخر و بناهایی که اهمیت ویژه‌ای در فرهنگ‌های تمدنی دارند، بوده است زیرا فرآیند فرآوری سنگ، کار دشواری بوده و این بناهای فاخر

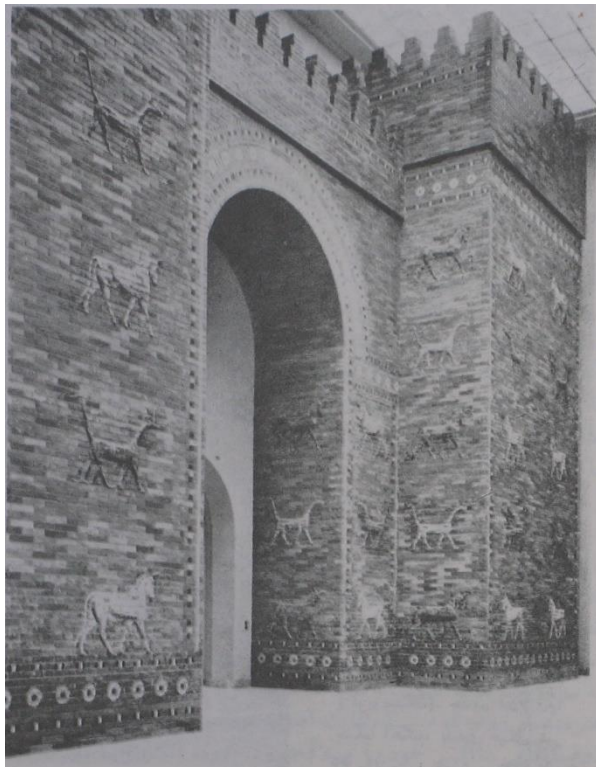
عموماً جنبه آیینی - حکومتی داشته است. سنگ‌های پرداخت نشده در ابنیه معمول که استفاده روزمره دارند و در اجزای مختلف ساختمان مانند پایه دیوارها و ... استفاده می‌شده است.

در ایران، یونان و مصر با تکنیک‌های پیشرفته استفاده از سنگ (صنعت سنگ) مواجه هستیم که در آن‌ها قطعات بزرگ سنگ علاوه بر ایفای نقش سازه‌ای، در زمینه زیبایی‌شناختی هم وظیفه تزئین بنا را به عهده داشته‌اند. به این صورت که در سطوح بسیار صیقلی روی هم قرار می‌گرفته‌اند که در آن‌ها از نیروی کشش سطحی در اتصال در جهت نیروی ثقلی استفاده شده و برای مهار نیروهای جانبی از مغزی‌های فلزی استفاده شده است. در ستون‌های یونانی، مصری و ایرانی مشاهده می‌شود که ستون از قطعات متعدد سنگی تشکیل شده که میان آن‌ها خالی بوده و این فضای خالی با فلزاتی مثل مفرغ پر شده و به نوعی ستون را مسلح و مقاومت در برابر نیروهای جانبی را فراهم می‌کرده است. البته مصالح سنگی به واسطه وزن بالایی که داشته، تا حدودی در برابر نیروهای جانبی مثل طوفان، باد و ... از این نیروی ثقلی کمک می‌گرفته است.

با ورود مصالح سنتزی در دوران روم و سپس در قرون وسطی در اروپا، شاهد اجرای اتصالات تر هم هستیم که تقریباً مشابه شیوه امروزی در استفاده از ملات‌ها بوده است. بدین ترتیب شاهد روش سوم استفاده از سنگ طبیعی هستیم که از نظر زمانی متأخر به حساب می‌آید: استفاده از سنگ پلاک. این روش استفاده همزمان است با رواج مصالح سنتزی، مصالحی که بشر آن‌ها را تولید می‌کند

و در طبیعت پیدا نمی‌شود و به دو روش خشک و تر اجرا می‌شده است. قدمت استفاده از سنگ پلاک برمی‌گردد به حدود ۲۰۰۰ سال پیش در امپراطوری رُم.

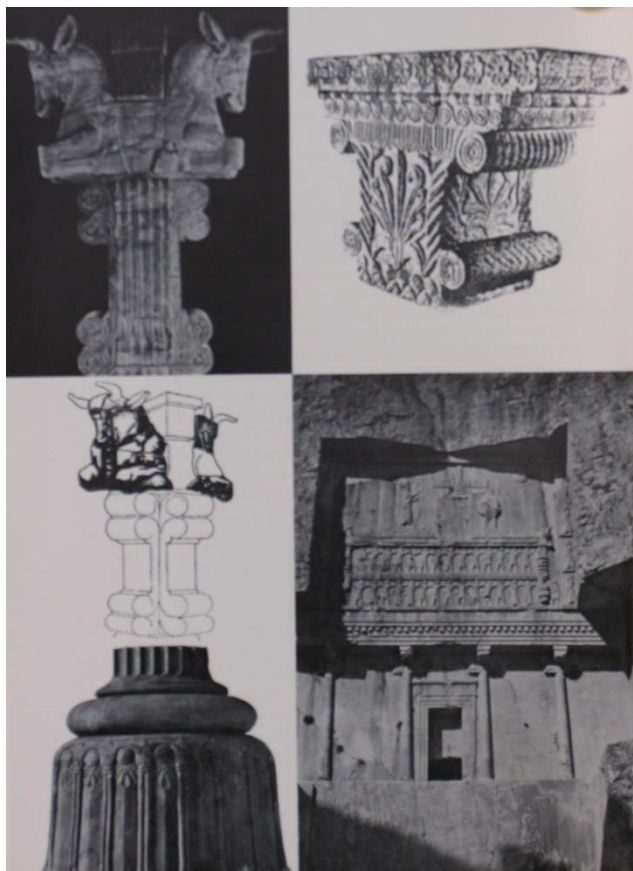
در منطقه بین‌النهرین به علت ویژگی‌های مصالح در دسترس، بیشتر با معماری خاکی و آجری مواجه هستیم مگر در موارد کلیدی مثل دروازه‌های شهری که از سنگ در کنار مصالح دیگری مثل آجر لعاب‌دار استفاده شده است (شکل ۱).



شکل ۱

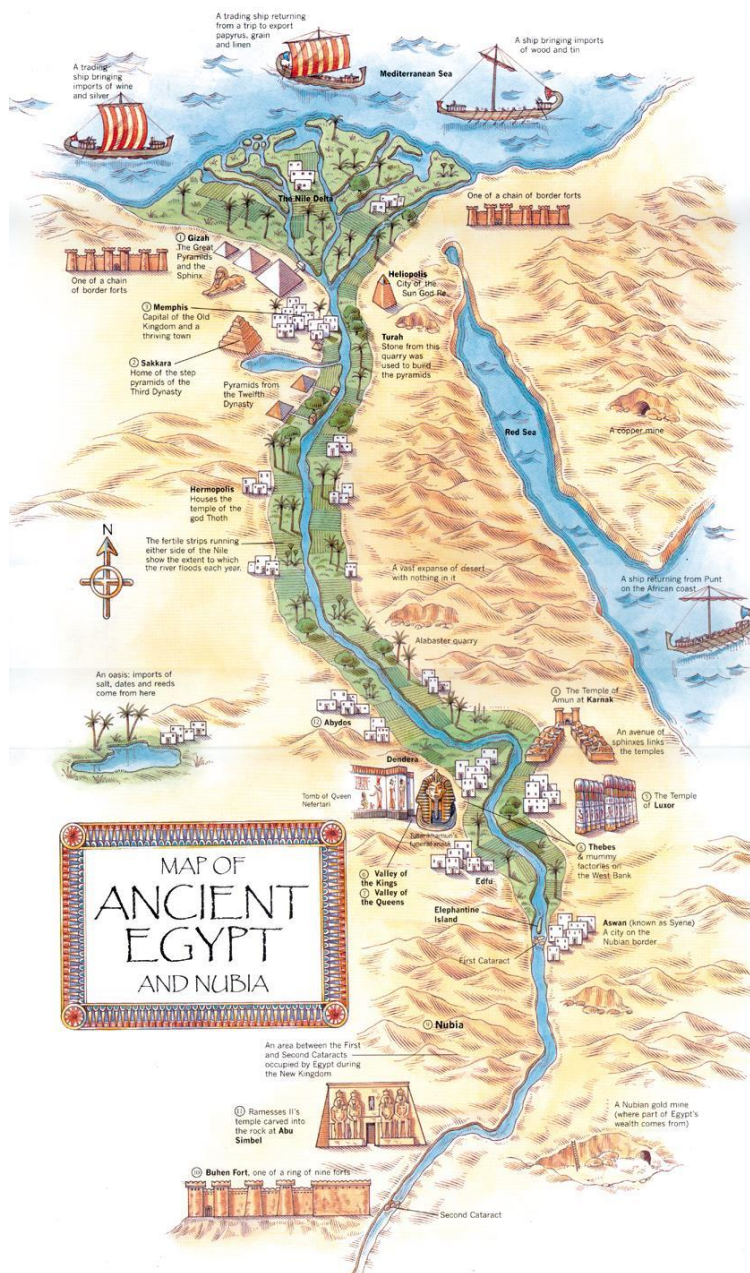
یکی از دلایل آن، این است که بین‌النهرین از ثبات جغرافیایی کمی برخوردار بوده و عموماً با طغیان دجله و فرات روبرو بوده است. از طرفی هم از نظر ریخت‌شناسی و هم از نظر مصالح‌شناسی، استفاده از سنگ به نوعی تقرب به مفهوم کوه و ماندگاری بوده ولی چون دسترسی به این مصالح دشوار بوده، در نقاط کلیدی از آن استفاده شده است. نمونه‌های این نوع استفاده را در ایران در محدوده فارس کنونی هم بصورت کنده‌کاری شده در کوه و هم بصورت لاشه‌سنگ‌های پرداخت شده می‌توان دید (شکل ۲).

در خصوص مقاومت در برابر زلزله در تخت جمشید که از نظر تاریخی با سنی حدود ۲۵۰۰ سال، بنای جوانی محسوب می‌شود، می‌توان گفت که استفاده از تیرهای چوبی در سقف به علت سبک کردن آن و مقاومت بهتر در برابر زلزله بوده که این امر می‌تواند ناشی از تجربه‌های تاریخی در این محدوده سرزمینی باشد ولی اسناد ثبت شده تاریخی در این زمینه وجود ندارد. سنگ‌های بکار رفته در بنای تخت جمشید، با توجه به ابعاد و ضخامت آن‌ها، جزو دسته لاشه‌سنگ‌ها دسته‌بندی می‌شوند نه سنگ پلاک.



شکل ۲

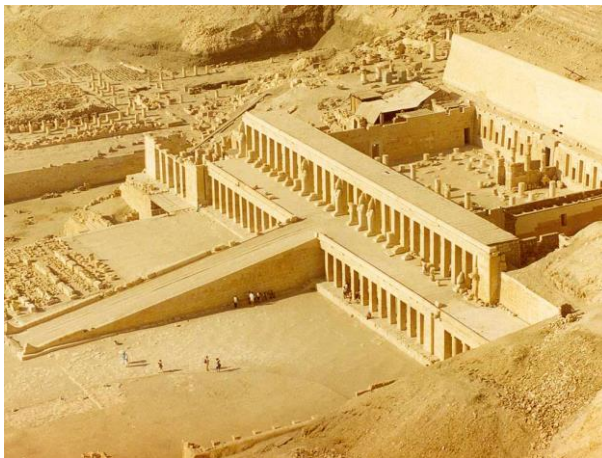
در مورد سرزمین مصر با شرایط متفاوتی نسبت به ایران مواجه هستیم (شکل ۳). در اینجا رود نیل به عنوان بزرگ‌ترین رود قابل کشتیرانی دنیا را در اختیار داریم. جنوب مصر ناحیه کوهستانی است و بخش شمالی، جلگه مصر است که در آنجا رود نیل به دریا می‌ریزد. بخش غربی رود نیل قابلیت سکونت زیادی ندارد چون به صحرا منتهی می‌شود و با گرمای هوا و طوفان شن روبروست. اما در بخش شرقی، نوار باریکی بین رود نیل تا کوهستانهای شرقی، امکان سکونت فراهم بوده است.



شکل ۳- دره رود نیل در مصر باستان

نکته مهم در مورد رود نیل این است که این رود طغیان‌های منظم و قابل پیش‌بینی دارد بنابراین بحران‌های بین‌النهرین در این سرزمین وجود ندارد به این معنی که به دلیل موقعیت رود نیل، دریا و کوهستان، سرزمینی دارای پدافند غیرعامل بوده بنابراین از ثبات سیاسی، جغرافیایی و کشاورزی برخوردار بوده است. با توجه به زندگی پس از مرگ در مصر باستان و توانایی اقتصادی برای هزینه کردن در این زمینه، بناهای به یادگار مانده از آن تمدن در غرب رود نیل، مربوط به مقابر می‌باشد و با توجه به شرایط سخت اقلیمی (گرمای شدید هوا و طوفان شن) در دنیای مردگان تنها مصالح ماندگار، سنگ بوده است. در این محدوده سرزمینی با هر دو نوع کارکرد سنگ یعنی کنده‌کاری در دل کوه و استفاده از لاشه سنگ مواجه هستیم.

معبد یادبود حَتَشِپْسوت (Mortuary Temple of Hatshepsut) که یکی از محبوب‌ترین بناهای یادبود در گورستان فراعنه در دره پادشاهان در مصر علیا است و در طبقه زیرین محوطه صخره دیرالبحری واقع شده، بطور کامل از دل کوه تراشیده شده است (شکل‌های ۴ و ۵). ملکه حَتَشِپْسوت یکی از فراعنه مصر بود که حدود ۳۵۰۰ سال پیش حکومت می‌کرد.

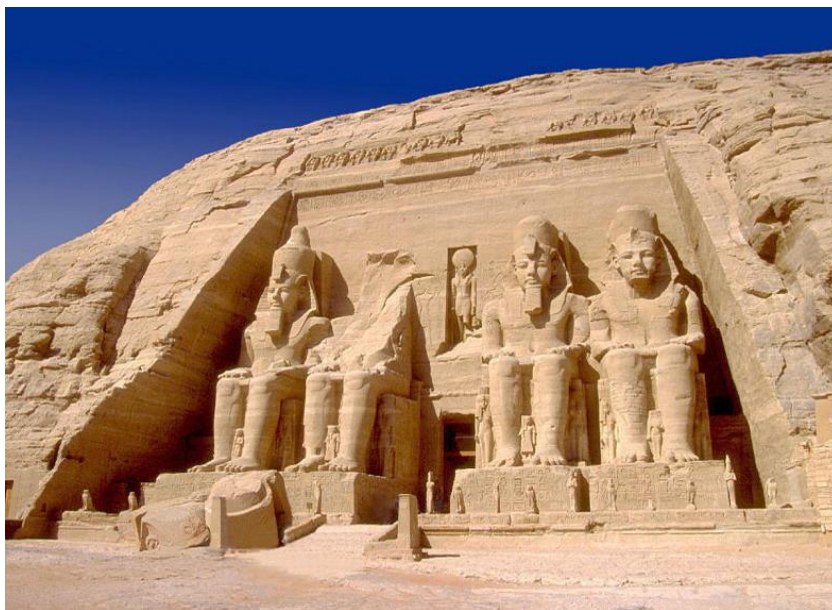


شکل ۴- معبد یادبود حَتَشِپْسوت



شکل ۵- معبد یادبود حَتَشِپْسوت در طبقه زیرین محوطه صخره دیرالبحری

یکی دیگر از نمونه‌های معروف تراش سنگ از دل کوه، معبد ابوسیمبل (شکل ۶) است که توسط رامسس دوم میان سال‌های ۱۲۷۹-۱۲۱۳ پیش از میلاد در روستای نوبه در جنوب مصر ساخته شد. این معبد در میراث جهانی یونسکو ثبت شده است. در طرفین ورودی معبد چهار مجسمه عظیم (به ارتفاع ۲۰ متر) از رامسس دوم وجود دارد. در سال ۱۹۶۰ دولت مصر برای تولید برق و همچنین کنترل آب کشاورزی مشغول ساخت بزرگ‌ترین سد مصر در منطقه اسوان شد. نظر باستان‌شناسان این بود که با آگیری سد اسوان معبد ابوسیمبل به زیر آب می‌رود. فشارهای بین‌المللی به دولت مصر و همچنین تلاش یونسکو موجب انتقالی شد که در نوع خود یکی از افتخارات مهندسان عصر حاضر به حساب می‌آید. ابتدا محلی که از نظر شرایط و موقعیت جغرافیایی با محیط اصلی همخوانی داشت، در ارتفاع بالاتر، انتخاب شد. مهندسين با اړه‌های الکتریکی این کوه مرتفع را به قطعات ۳ تا ۵ تنی تقسیم کردند و آن را به مکانی که در نظر گرفته شده بود، انتقال دادند.



شکل ۶- معبد ابوسیمبل

در مورد نمونه‌های استفاده از لاشه‌سنگ‌ها در ساخت بنا، معروف‌ترین آثار بجا مانده، اهرام مصر (شکل ۷) هستند. ابعاد بلوک‌های سنگی بکار رفته در این بناها به سمت بالای هرم کاهش می‌یابد. همانطور که قبلاً اشاره شد، این بلوک‌ها از معدن تا محل ساخت اهرام بر روی رود نیل حمل شده‌اند و در محل کارگاه با امکانات مساحی و اندازه‌گیری هندسی دقیقی که مصری‌ها در اختیار داشتند، متناسب با هندسه هرم تراشیده شده و در جای خود نصب شده‌اند.



شکل ۷

بررسی‌های باستان‌شناسی نشان می‌دهند که این محدوده در واقع زمین‌های وسیعی بودند که ابتدا در آن‌ها فونداسیون‌های سنگی ساخته شدند و در زمان ساخت هرم، اطراف آن را خاکریزهایی ایجاد می‌کردند و با استفاده از غلتک و آن خاکریزها، بلوک‌های سنگی به محل مورد نظر انتقال داده و در جای خود نصب می‌کردند. پس از تکمیل هرم، خاکریزها تخریب شده و خاک آن‌ها در اطراف پراکنده شده‌اند که اختلاف در خاک‌های سطحی منطقه اطراف هرم گویای این پراکندگی خاک است.

از طرف دیگر، می‌دانیم که رسیدن به این هندسه دقیق و این نوع استفاده از سنگ بر اساس آزمون و خطا بوده است. به این صورت که هرم‌های اولیه به شکل پلکانی و با استفاده از قطعات کوچک سنگ ساخته شده‌اند (شکل ۸). اما به علت عملکرد ضعیف آن‌ها (کوچک بودن قطعات سنگ و



پلکانی بودن هرم) در مقابل فرسایش عوامل محیطی، به این نتیجه می‌رسند که هرم باید بدنه شیب‌دار داشته باشد و با استفاده از قطعات بزرگ‌تر سنگ ساخته شود تا در برابر طوفان‌های شن مرسوم در کرانه غربی رود نیل مقاوم باشد.

شکل ۸

در خصوص هندسه هرم نیز آزمون و خطا وجود داشته است. همانطور که در شکل ۹ دیده می‌شود، زوایای اولیه هرم اشتباه بوده و از جایی به بعد مجبور به اصلاح زاویه شده‌اند تا هرم قابل ساخت باشد.



شکل ۹- اصلاح زوایای اولیه هرم در حین ساخت

سرزمین بعدی که مورد بررسی قرار می‌گیرد، جایی است که در زمینه سبک‌شناسی سنگ وامدار آنجا هستیم: یونان. سرزمینی سنگلاخ در دریای اژه. با نگاه به نقشه جغرافیایی این سرزمین (شکل ۱۰)، چین‌خوردگی‌های کرانه دریای اژه و جزایری کوچک دیده می‌شود که نشان‌دهنده یک بستر سنگی است.



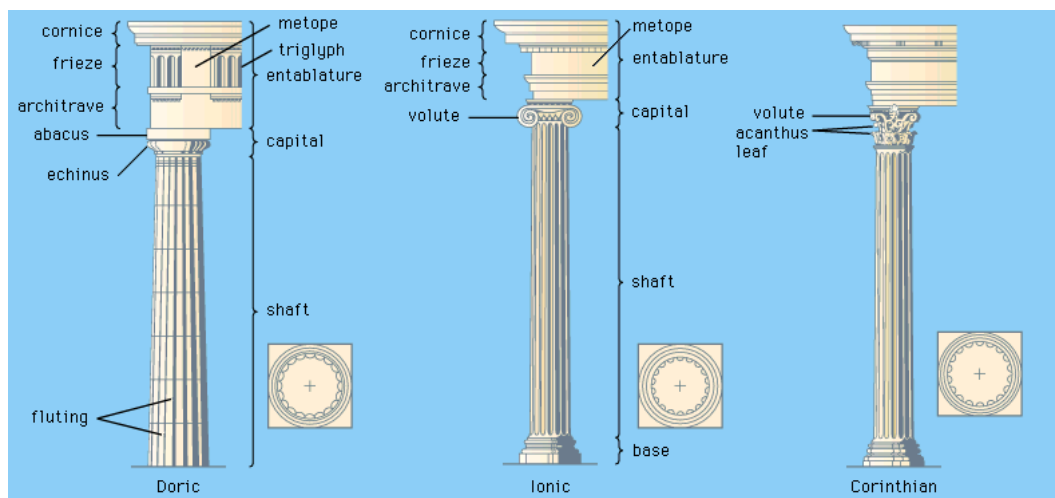
شکل ۱۰

از منظر تمدنی، یونان جزو تمدن‌های ثانویه دسته‌بندی می‌شود چرا که تمامی تمدن‌های اولیه اصطلاحاً هیدرولیکی هستند. پایه و اساس کشاورزی دارند و در اطراف رودخانه‌های مهم مانند می‌سی‌سی‌پی، آمازون، نیل، دجله و فرات، سند و پنجاب، گنگ (رود زرد) شکل گرفته‌اند. در حالیکه یونان این ویژگی را ندارد. در اینجا به علت وجود چین‌خوردگی‌های زمین امکان تصفیه طبیعی آب و انباشت آب شیرین فراهم بوده است و به همین دلیل ایستگاه تأمین آب برای کشتی‌هایی بوده که در محدوده تجاری مدیترانه تردد می‌کرده‌اند.

بدین ترتیب یونان اولین تمدنی است که بدون مبنای کشاورزی و صرفاً بر مبنای تجارت توسعه پیدا کرده است و به دلیل بستر سنگی و در دسترس بودن مصالح سنگ طبیعی، سنگی‌ترین نمونه‌های معماری در طول تاریخ را در در یونان می‌بینیم. از طرفی تمدن یونان سردمدار مباحث هنری، فلسفی و فکری در زمان خودش است و به همین علت توانست سبک‌شناسی و زیبایی‌شناسی مخصوص به

خود را برای این معماری سنگس تعریف کند. یک معماری سنگی با دقت بالا و هندسه‌ای کاملاً مشخص.

سنگ بر خلاف مصالحی مثل گل و آجر، قابلیت هندسه پذیری بالایی دارد به عبارت دیگر دقت هندسی که می‌توان با سنگ اجرا کرد، بسیار بالاست. تبحر یونانیان در هندسه را می‌توان در جزئیات و هندسه مربوط به سبک‌های معماری با سنگ در یونان را هنوز هم می‌توان در آثار سنگی در دنیا دید: سه سبک (۱) دوریک، (۲) یونیک و (۳) کورنتین که در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱- هندسه ستون‌ها در سبک‌های دوریک، یونیک و کورنتین



ستون‌های دوریک (Doric) با کمی مخروطی بودن مشخص می‌شوند و کوتاه‌ترین ستون در بین تمام ستون‌ها هستند و ارتفاع آنها (شامل سرستون) تنها حدود چهار تا هشت برابر قطر پایین ستون است. ستون‌های دوریک پایه جداگانه‌ای ندارند بلکه ردیف ستون‌ها بر روی صفه‌ای پلکانی (stylobate) قرار می‌گیرند و بدنه آن‌ها با ۲۰ شیار کم عمق کانال‌بندی شده است. سرستون هم نسبت به دو سبک دیگر فرم ساده‌تری دارد (شکل ۱۲).

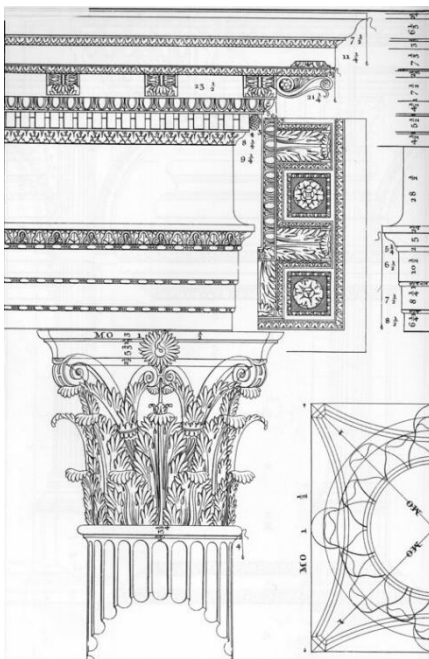
شکل ۱۲- ستون‌های دوریک بر روی صفه پلکانی (stylobate)

از ویژگی‌های سبک یونیک (Ionic)، ستون باریک و بلند با سرستون پیچ‌خورده (حلزونی شکل) است. طرح ستون یونیک به بیننده از هر طرف دید مشابهی می‌دهد. نسبت ارتفاع به قاعده ستون در این

شیوه ۹ به ۱ و ۱۰ به ۱ است یعنی نسبت به ستون دوریک بلندتر است و تعداد شیارهای روی بدنه ستون نیز ۲۴ عدد است. مهم‌ترین عنصری که شیوه یونیک را از نظام دوریک مجزا می‌کند، تغییر شکل سرستون‌ها است. همچنین ستون سنگی در شیوه یونیک به جای اینکه مستقیماً روی سکوی پله‌دار قرار گیرد بر روی پایه ستون دایره شکلی که از سنگ یکپارچه تراشیده شده و دارای فرورفتگی‌هایی نیز می‌باشد، قرار می‌گیرد. این سنگ حجاری شده روی یک لوحه سنگی مربع شکل قرار دارد که به این نوع پایه ستون در شیوه یونیک، توروس (torus) گفته می‌شود.



شکل ۱۳- نمونه‌ای از ستون‌های سبک یونیک



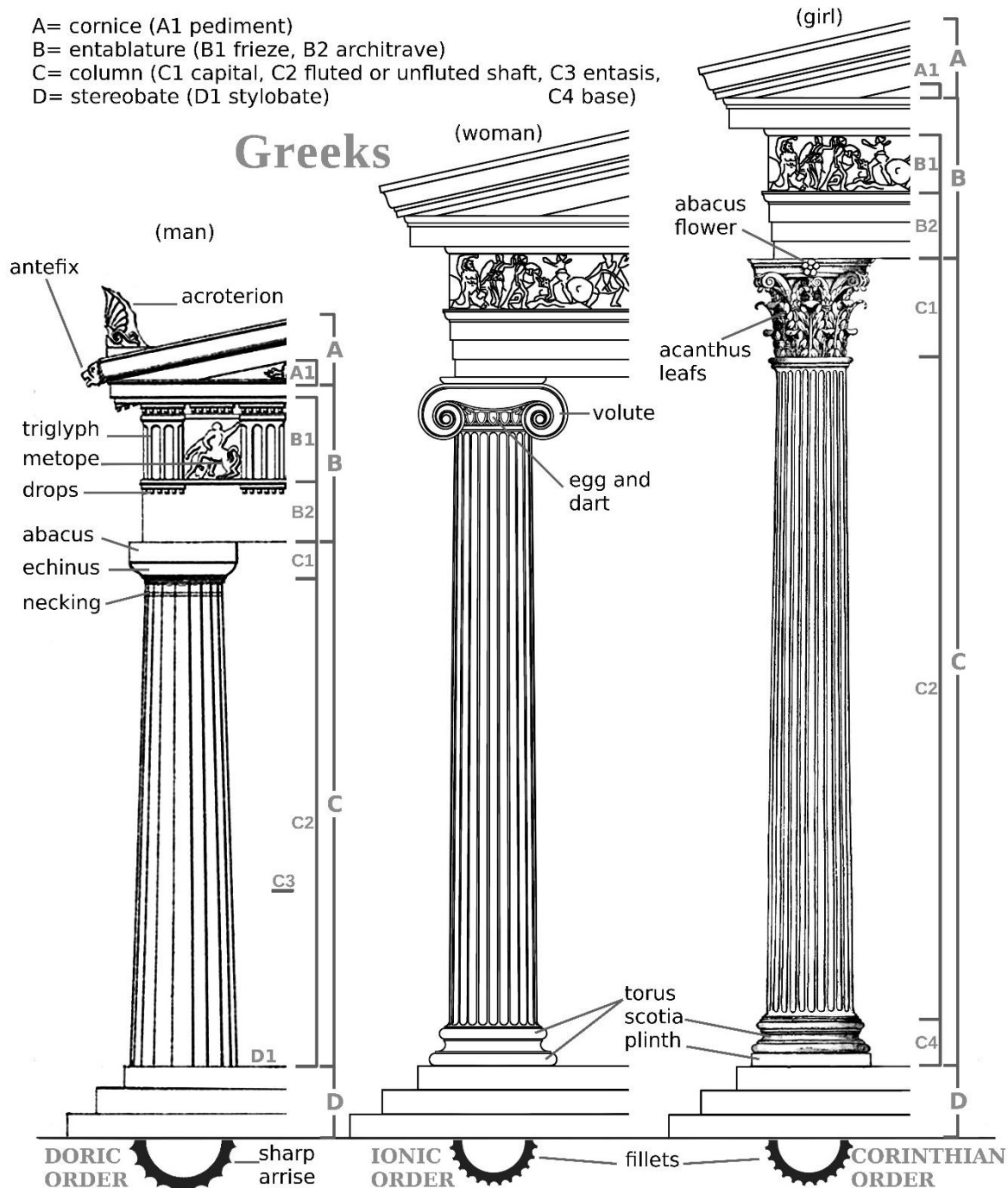
ستون‌های کورینتی از بین این سه شیوه، ظریف‌ترین هستند. ویژگی متمایز این شیوه، سرستون آن است که با دو ردیف پلکانی از برگ‌های کنگر فرنگی و چهار طومار حکاکی شده است (شکل ۱۴). بدنه دارای ۲۴ شیار لبه تیز است، در حالی که ستون ۱۰ برابر قطر ستون ارتفاع دارد.

شکل ۱۴- سرستون کورنتین

در شکل ۱۵ هر سه شیوه معماری سنگی یونان باستان نشان داده شده است.

ARCHITECTURE ORDERS:

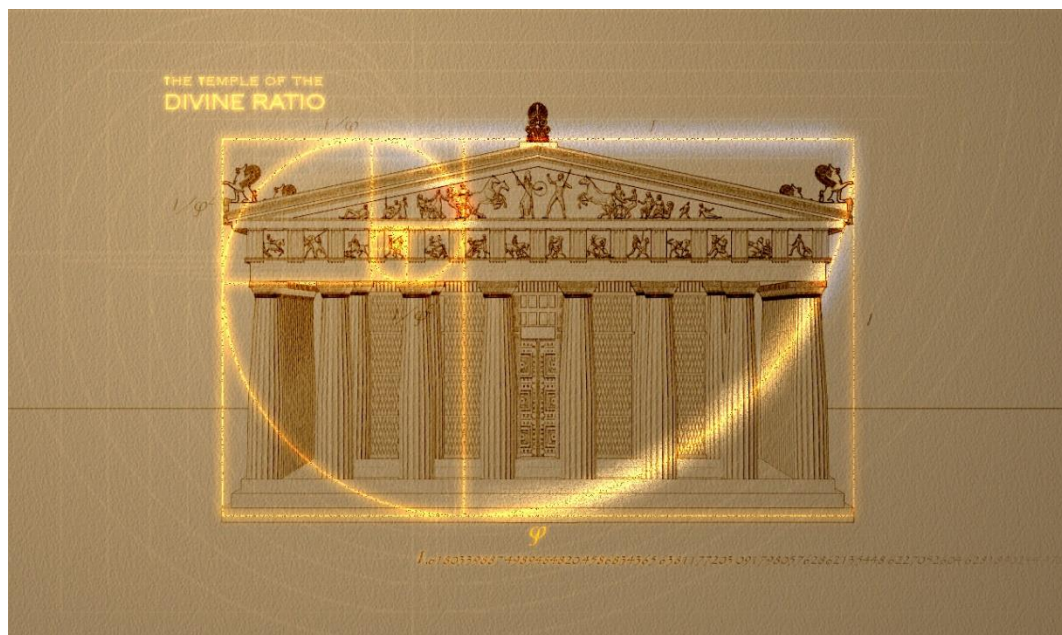
A= cornice (A1 pediment)
B= entablature (B1 frieze, B2 architrave)
C= column (C1 capital, C2 fluted or unfluted shaft, C3 entasis, C4 base)
D= stereobate (D1 stylobate)



شکل ۱۵- طرح ستون سنگی در سبک‌های دوریک، یونیک و کورنتین در یونان باستان

همانطور که شرح آن داده شد، در تمام این شیوه‌ها یک مدول پایه وجود دارد و آن قطر ستون در پهن‌ترین قسمت آن است (که لزوماً در پایه ستون قرار ندارد). در واقع شکل ستون در این شیوه‌ها استوانه کامل نیست بلکه می‌توان آن را به گلایی تشبیه کرد بطوریکه پهن‌ترین جای ستون در تراز یک‌سوم از پایه ستون قرار دارد، جایی که می‌اوتند در برابر تنش و پیچش از خود ضعف نشان دهد. از طرفی همانطور که اشاره شد، این فرم ستون، خطای دید را اصلاح کرده و ستون‌ها در دید ناظر به شکل استوانه دیده می‌شوند.

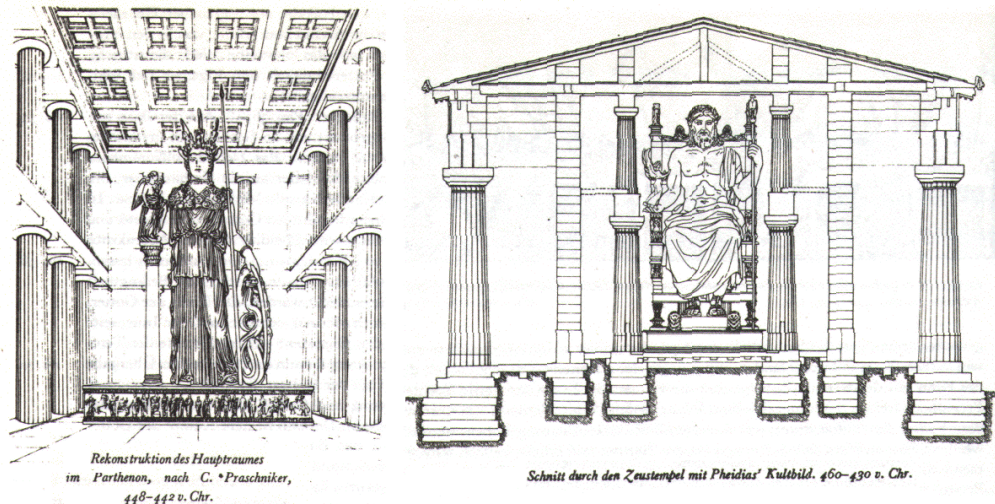
در این دوران، سنگ هنوز علاوه بر نقش زیبایی‌شناختی، نقش سازه‌ای هم دارد. به همین دلیل سنگ‌هایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که تنوع بافت و ناخالصی‌های آن در حداقل میزان خود باشند و اصطلاحاً از معادن بسیار همگن، سنگ را استخراج می‌کردند تا با استفاده از آن بتوانند جزئیات هندسی مورد نظر خود را با دقت بالا اجرا کنند و ساختمان‌ها را با تناسبات دقیق هندسی که ناشی از شناخت کامل آن‌ها از طبیعت بوده، بنا کنند (شکل ۱۶)



شکل ۱۶- استفاده از تناسبات طلایی در طراحی ساختمان در یونان باستان

در یونان همانطور که در شکل ۱۷ دیده می‌شود، در تمام قسمت‌های بنا از فونداسیون بنا گرفته تا ستون‌ها، دیوارها و حتی سقف از سنگ استفاده می‌کردند. در سقف برای سبک کردن آن، اسلب‌های سنگی را بصورت توخالی می‌ساخته‌اند و به علت اقلیم پربارشی که یونان داشته ملزم به استفاده از

سقف‌های شیب‌دار بوده‌اند که برای ایجاد شیب از خرپاهای چوبی با پوشش سفال بهره می‌بردند که فقط وظیفه هدایت آب باران و جلوگیری از نفوذ آب به داخل بنا را بر عهده داشته است.



شکل ۱۷

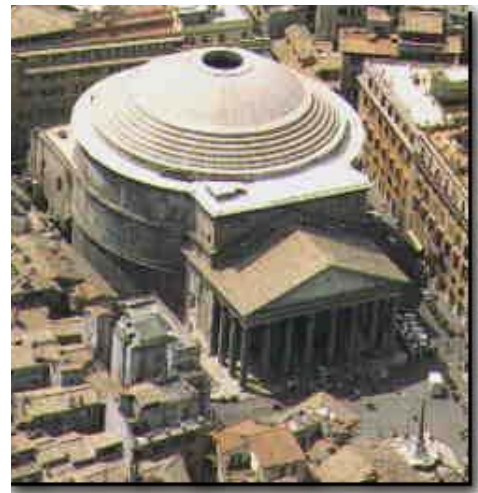
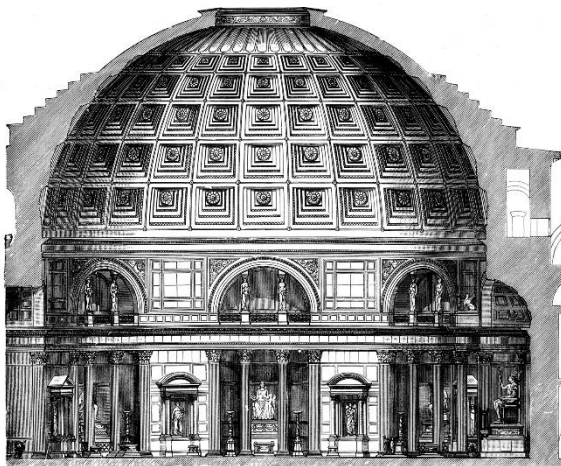
در بناهای یونانی، استفاده از دو سبک دوریک و یونیک که نسبت به سبک کورنتین ساده‌تر هستند، بیشتر دیده می‌شود در حالیکه در روم از شیوه کورنتین بیشتر استفاده کردند چرا که این شیوه نسبت به دو سبک دیگر تزئینات بیشتری دارد و از نظر رومیان بناهای ساخته شده با شیوه کورنتین فاخرتر از سبک‌های دیگر بوده است.

در روم نسبت به یونان شاهد یک تغییر اجتماعی مهمی هستیم و آن نوع حکومت که بر پایه کشاورزی است و مانند همه ادوار، به سمت حکومت یکپارچه مرکزی سوق پیدا می‌کند که محل شکل‌گیری آن هم در ایتالیای کنونی بوده است که شاید مستعدترین منطقه برای کشاورزی بوده با منابع آبی و خاک حاصلخیز و تابش کافی. اقوامی که امپراطوری روم را در ایتالیای کنونی تشکیل می‌دهند در واقع اقوام بربری بودند که از مناطق شمالی اروپا به سمت جنوب حرکت کرده و در خاک ایتالیا ساکن شدند. در برخورد با یونانیان، با توجه به غنای تمدنی یونان، به شدت جذب آن شده و در همه زمینه‌ها از جمله معماری سعی در تقلید از شیوه‌های یونانی کردند.

به علت وجود آتشفشان در ایتالیا، ترکیباتی در خاک آنجا وجود داشته که خیلی شبیه به سیمان کنونی بوده و به رومی‌ها کمک می‌کند که مصالحی به نام بتن رومی را تولید کنند که جزو اولین مصالح سنتزی تولید بشر به شمار می‌آید و در مقیاس بسیار وسیعی از آن استفاده شده است. به

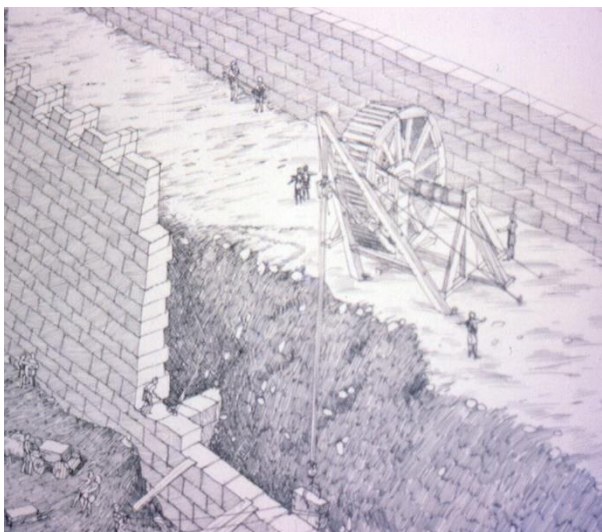
دلیل گسترش قلمرو رومیان، آن‌ها نیاز به ساخت شهرهای جدید داشته‌اند که به علت تنوع سرزمینی امکان ساخت‌وساز با سنگ را در همه جا نداشتند، بنابراین به استفاده از بتن رومی روی آوردند.

یکی از بناهای شاخص رومیان، بنای معبد پانتئون در رم (شکل ۱۸) هست که به طور کامل از بتن رومی ساخته شده و نمای خارجی، پوسته داخلی بجز سطح زیر گنبد و کف این بنا با استفاده از سنگ پلاک پوشش داده شده است. پوشش سنگی داخل بنا همچنان پابرجاست اما بجز قسمت ورودی که با استفاده از سازه سنگی به شیوه یونانی ساخته شده و در واقع تقلید کاملی از سبک معماری یونانی محسوب می‌شود، از مابقی پوشش سنگی در نمای خارجی، اثری برجای نمانده است. این امر نشان‌دهنده این موضوع است که راهکار استفاده از سنگ پلاک، طول عمر کمتری نسبت به استفاده از لاشه‌سنگ در معماری و ساخت بنا دارد.



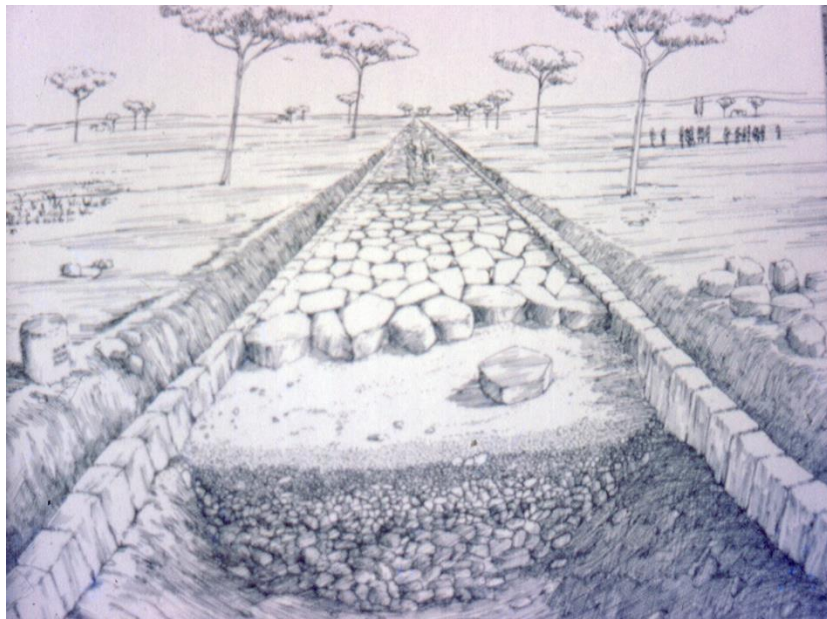
شکل ۱۸- معبد پانتئون در رم

رومیان با شناخت این موضوع در ساخت بناهایی مثل باروی شهر و مستحداثات نظامی که نیاز به مقاومت بالا و استقامت بنا در طول زمان داشته‌اند، بجای استفاده از بتن رومی و پوشش سنگ پلاک، از لاشه‌سنگ و به سبک یونانیان استفاده می‌کردند که نمونه‌ای از آن در شکل ۱۹ نشان داده شده است.



شکل ۱۹- ساخت باروی شهر با استفاده از لاشه‌سنگ

همچنین برای ساخت راه‌ها و جاده‌های مورد نیازشان از زیرسازی با قلوه‌سنگ با رویه‌ای از لاشه‌سنگ به همراه جدول‌های سنگی بهره می‌برده‌اند (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- جاده‌سازی رومیان با استفاده از مصالح سنگی

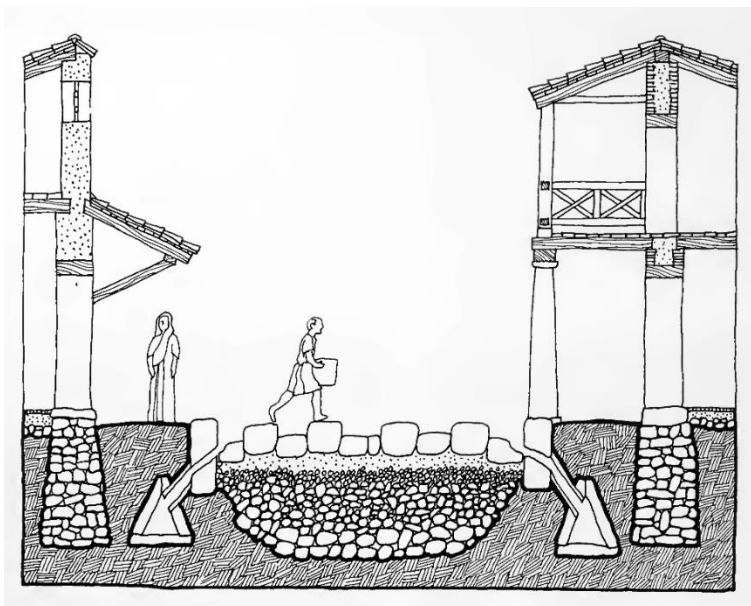
اما در داخل شهر، بناها فقط نمایی از سنگ دارند. به عبارت دیگر مشابه اجرای ساختمان در حال حاضر که اسکلت و سفت کاری ساختمان با مصالحی مثل بتن و آجر ساخته شده و در نمای ساختمان از پوشش سنگی استفاده می‌شود، رومیان نیز ساختمان‌ها را با استفاده از بتن رومی می‌ساختند و در پوشش‌های داخلی و خارجی از سنگ پلاک استفاده می‌کردند. بنابراین می‌توان ادعا کرد که روش‌های ساخت‌وساز امروزی ما بیشتر وامدار رومیان است تا یونانیان.

دیوید ماکاولی (David Macaulay) در کتاب "شهر: داستان طراحی و ساخت شهرهای رومی" (CITY: A Story of Roman Planning and Construction) که در سال ۱۹۷۴ منتشر شد، جزئیات کاملی از ساخت و ساز در دوره رومیان را ارائه می‌دهد. به عنوان مثال در تصویر ۲۱، نحوه سنگفرش خیابان (محل عبور کالسکه) و جدا کردن آن از محل عبور عابر پیاده با استفاده از جداول سنگی دیده می‌شود. نکته جالب توجه استفاده از قطعات سنگی در میانه سنگفرش خیابان با ارتفاعی بیشتر از سنگفرش خیابان است. ارتفاع این قطعات سنگی بر اساس ارتفاع کف کالسکه‌های رومی و فاصله بین آن‌ها بر اساس فاصله بین چرخ‌های کالسکه تعیین شده بوده و کالسکه‌ران برای عبور از محل این موانع سنگی و تنظیم چرخ‌های کالسکه برای عبور از میان آن‌ها، مجبور به کم کردن سرعت خود بوده که این امر به ایمنی عبور و مرور کاسکه و عابران کمک شایانی می‌کرده است.



شکل ۲۱- جزئیات سنگفرش خیابان در
شهرهای رومی

شکل ۲۲ که در واقع برش عرضی از خیابان شکل ۲۱ می باشد، نحوه زیرسازی خیابان به همراه نحوه هدایت آب های سطحی در کانال های آب زیرزمینی که همگی با مصالح سنگی ساخته شده را نشان می دهد. با دقت در جزئیات اجرا شده، می توان تسلط رومیان در استفاده از مصالح سنگی را در



مقایسه با جزئیات اجرایی
امروزی که متأسفانه به
اشتباه در شهرهای کشور ما
در حال اجراست را مشاهده
کرد.

شکل ۲۲

بطور خلاصه می‌توان امکانات و مزایای استفاده از سنگ طبیعی در طول تاریخ را بدین صورت بیان کرد:

(۱) ماندگاری؛

(۲) استحکام؛

(۳) امکان تطبیق سازه و تزئینات بطور هم‌زمان؛

(۴) امکان ساخت‌وساز طولانی مدت،

و محدودیت‌های استفاده از سنگ طبیعی را هم در طول تاریخ می‌توان به این صورت بیان کرد که:

(۱) استفاده از سنگ نیاز به ابزار و انسان ابزارمند داشته؛ (در این مورد چون کوچ‌پذیری انسان راحت‌تر بوده، در جاهایی مثل ایران و مصر، نیروی انسانی ماهر از مناطق دیگر مانند یونان آورده شده است).

(۲) استفاده از سنگ باید توجیه‌پذیر باشد (مثل اهمیت بنا، زمان ساخت و ...)

(۳) در طول تاریخ مزیت اقتصادی نداشته ولی در دوران متأخر با پیشرفت تکنولوژی این مزیت بوجود آمده است؛ (در این مورد باید به این نکته اشاره کرد که استفاده از سنگ از نظر اقتصادی مدیریت می‌شده به این صورت که سنگ بصورت فرآوری شده از معدن انتقال پیدا نمی‌کرده و دلیل آن هم احتمال آسیب در زمان حمل بوده است).

فصل ۲ :

تأثیرات زیست محیطی استفاده از سنگ طبیعی

۲-۱- مقدمه

مصالح ساختمانی مختلف دارای سازندهای متفاوتی هستند که در طی فرایندهای مختلفی شکل میگیرند و در نهایت به آنها ویژگی‌های مطلوب عملکردی مانند مقاومت در برابر سایش، مواد شیمیایی و لکه‌دار شدن را می‌بخشد. از طرفی هر گزینه‌ای که برای اجزای مختلف ساختمان در دسترس است، به عنوان یک نتیجه از روش‌های ساخت و تولید، دارای چرخه حیات مرتبط است. شناخت چرخه حیات^۱ و عمر مفید (SL)^۲ مواد و مصالح، از مؤلفه‌های مهم تصمیم‌گیری در دستیابی به ساخت‌وساز سبز است.

1- Life Cycle (LC)
2- Service Life (SL)

۲-۲- تاریخچه ارزیابی چرخه حیات (LCA)^۳

تاریخ مطالعه تأثیرات زیست محیطی تولیدات بشر به اواخر دهه ۱۹۶۰ میلادی بازمی‌گردد که مسائلی مانند میزان منابع، بهره‌وری انرژی و کنترل آلودگی‌های زیست محیطی در مطالعات عمر مفید مورد توجه عمومی قرار گرفت (Assies, 1991). امروزه ارزیابی طول عمر (LCA)، نقش محوری در سیاست‌های زیست محیطی و قوانین مربوطه در اتحادیه اروپا، امریکا، ژاپن، کره، کانادا، استرالیا و اقتصادهای نوظهور مانند چین و هند دارد. علاوه بر این، زمینه‌های بکارگیری این مفهوم گسترش چشمگیری داشته است. اگر کارهای اولیه زمینه‌های محدودی مانند مصرف انرژی و دفع ضایعات را در بر می‌گرفت، امروزه شاهد استفاده آن در حوزه صنعت ساختمان، سیستم‌های نظامی، اقتصاد و حتی مطالعات اجتماعی هستیم (Guinee et al., 2010). مطالعات و تحقیقات انجام گرفته در زمینه بررسی چرخه حیات را می‌توان در ۴ بازه زمانی دسته‌بندی کرد (جدول ۱):

۱. دوره شکل‌گیری مفهوم (1970 - 1990): این دوره را می‌توان شروع بکارگیری مفهوم طول عمر در مطالعات علمی در رشته‌های مختلف دانست. اما مشخصه بارز این دوره، عدم وجود یک چارچوب تئوریک برای مطالعات در این زمینه است که باعث تفاوت در نتایج بدست آمده در پژوهش‌های مختلف شده است حتی زمانی که در مورد یک موضوع یکسان ارزیابی انجام شده باشد. این امر مانع از پذیرفتن ارزیابی طول عمر به عنوان یک ابزار تحلیلی در این دوره شده است.

۲. دوره استانداردسازی (1990 - 2000): این دوره را می‌توان دوره همگرایی فعالیت‌های بین‌المللی نامید که منجر به انتشار مقررات و کتاب‌های راهنما در زمینه ارزیابی عمر مفید گردید. موسسه بین‌المللی استاندارد (ISO)^۴ از سال ۱۹۹۴ وارد این حوزه گردید که حاصل آن تدوین و انتشار دو استاندارد ISO14040^۵ و ISO14044^۶ می‌باشد.

۳. دوره پرداختن به جزئیات (2000 - 2010): در اولین دهه قرن ۲۱ شاهد توجه روزافزون به مقوله عمر مفید تولیدات بشر هستیم. در رأس تفکر مبتنی بر LCA در این دوره، راهبرد استفاده پایدار از منابع طبیعی و جلوگیری از هدر رفت آن‌ها و بازیافت ضایعات قرار دارد. این دوره را می‌توان دوره پرداختن به جزئیات نامید هرچند که در کارهای انجام شده با

3- Life Cycle Assessment (LCA)

4- International Organization for Standardization (ISO)

5- ISO 14040 (2006E): Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework

6- ISO 14044 (2006E): Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines

وجود پایه و چارچوب مشترک، بار دیگر شاهد واگرایی در روش‌ها هستیم. این امر باعث شد تا کمیسیون اروپا در سال ۲۰۰۶ پروژه "اقدام هماهنگ برای نوآوری در تحلیل چرخه حیات برای توسعه پایدار" (CALCAS)^۷ را برای تدوین ساختار و برنامه تحقیقات با رویکرد ارزیابی طول عمر ترتیب دهد. یکی از نتایج مهم این پروژه، پیشنهاد ایده و تعیین چارچوب "ارزیابی پایداری چرخه حیات" (LCSA)^۸ است.

۴. دوره LCSA (2010 - now): بر خلاف رویکرد مبتنی بر طول عمر مفید (LCA)، ارزیابی پایداری چرخه حیات (LCSA) چارچوبی در جهت همگرایی مدل‌ها و روش‌ها است که به مسأله پایداری عمر مفید (SL) می‌پردازد. از چالش‌های اصلی پیش روی این روش، تعیین معیارها و تدوین روش عملی برای دستیابی به ارتقاء طول عمر مفید محصولات می‌باشد که می‌تواند موضوع پژوهش‌های علمی زیادی در این زمینه قرار گیرد.

جدول (۱) تاریخچه روند مطالعات در زمینه چرخه حیات (Guinee et al., 2010)

دوره	رویکرد	مشخصه دوره
1970-1990	شکل‌گیری مفهوم LCA	- عدم وجود چارچوب تئوریک - واگرایی در روش‌ها - مشکل در اعتبارسنجی نتایج
1990-2000	استانداردسازی	- هم‌گرایی فعالیت‌های بین‌المللی - ارائه استانداردهای LCA - مشکل در اعتبارسنجی نتایج
2000-2010	پرداختن به جزئیات	- ارائه جزئیات در بررسی طول عمر مفید - واگرایی در روش‌ها با وجود پایه تئوریک مشترک - تعیین چارچوب LCSA
2010-now	LCSA	- هم‌گرایی در روش‌ها - تلاش برای پایداری و افزایش طول عمر مفید

از طرفی کیفیت و دوام ساختمان‌ها، مؤلفه‌های اساسی کیفیت زندگی هستند که نقش مهمی در ثبات اجتماعی و اقتصادی در جوامع امروزی ایفا می‌کنند. (Wekesa et al., 2010) فرسایش روزافزون محیط مصنوع که حاصل فرآیند طبیعی پیر شدن مصالح و اجزای ساختمانی است، بلافاصله

^۷- Co-ordination Action for innovation in Life Cycle Analysis for Sustainability (CALCAS)

^۸- Life Cycle Sustainability Analysis (LCSA)

از زمان ساخت و بهره‌برداری ساختمان شروع می‌شود. به عبارت دیگر به محض ساخته شدن، فرآیند تحلیل رفتن عملکرد آغاز می‌گردد (Haagenrud, 2004). این امر با بروز آسیب‌های مختلف آشکار می‌شود که منجر به عدم توانایی ساختمان‌ها در برآورده کردن نیازهایی می‌شود که برای آن طراحی شده‌اند (Chai et al., 2013). از این رو دانش مرتبط با عمر مفید ساختمان‌ها و اجزای آن‌ها، با کمک به اتخاذ تصمیمات صحیح، نقش اساسی در مدیریت و بهره‌برداری از محیط مصنوع ایفا می‌کند.

۳-۲- ارزیابی چرخه حیات (LCA)

ارزیابی چرخه زندگی (LCA) به طور سیستماتیک تأثیرات زیست‌محیطی مرتبط با یک مصالح ساختمانی یا فرایند را ارزیابی می‌کند. اطلاعات مبتنی بر LCA، بینشی در مورد تأثیرات زیست‌محیطی مواد اولیه و انتخاب محصولات و همچنین راهکارهای نگهداری و زمان رسیدن به پایان عمر محصول را ارائه می‌دهد. بدین ترتیب، مصرف‌کنندگان می‌توانند از آن برای مقایسه راحت‌تر مواد و مصالح و انتخاب آگاهانه و معقولانه گزینه مد نظر خود، استفاده کنند. در این ارزیابی، یک یا چند مرحله از مراحل زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد (شکل ۱):

- استخراج مواد اولیه
- پیش‌تولید
- فرآوری و تولید
- ساخت و نصب
- راه‌اندازی و بهره‌برداری
- تعمیر و نگهداری
- پایان عمر مفید



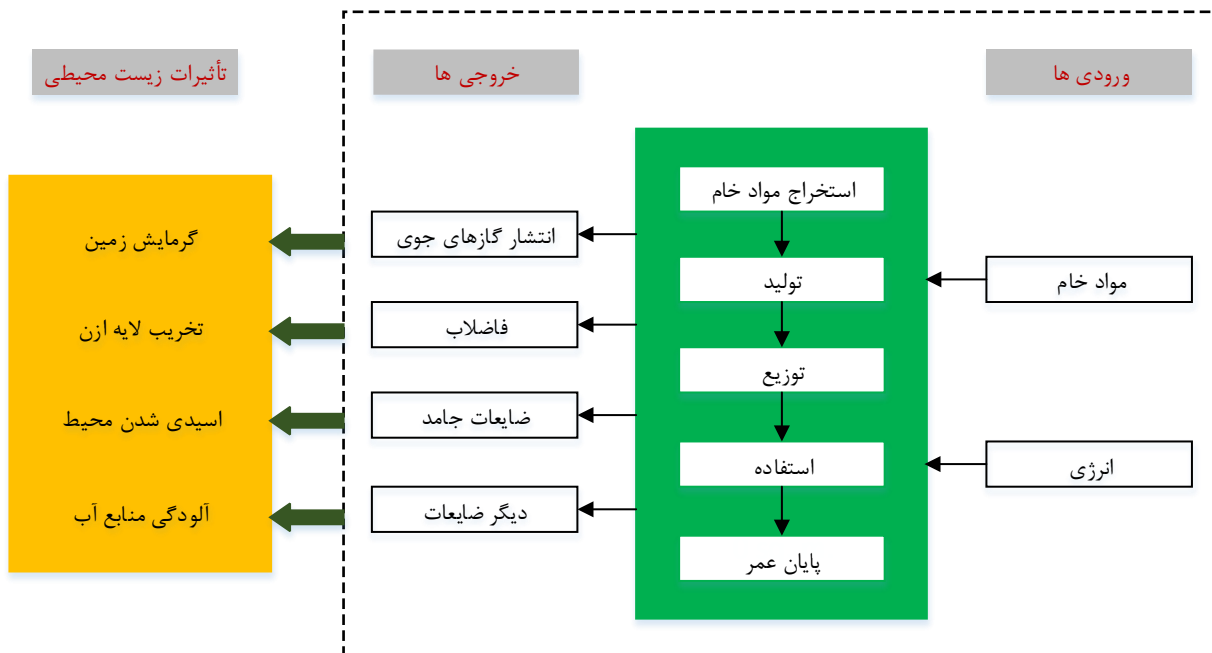
شکل ۲۳ - مراحل ارزیابی چرخه حیات



اطلاعات مربوط به چرخه زندگی، ابزاری برای درک تأثیر یک محصول بر محیط و سلامتی شما، ارائه می‌دهد. این امر، به موضوعاتی از جمله اینکه آیا در تولید این ماده از سوخت‌های فسیلی یا منابع تجدیدپذیر استفاده شده که تأثیر

مستقیم بر گرم شدن کره زمین یا کاهش لایه ازن دارد، می‌پردازد. همچنین به موضوعاتی دیگر

شامل میزان تولید زباله و نحوه برخورد با آن‌ها، میزان انتشار مواد سمی و نحوه دفع آن‌ها و نیاز به مواد شیمیایی طی فرایند تولید و فرآوری، نصب و بهره‌برداری پرداخته می‌شود. بنابراین مشاهده می‌شود که انتخاب یک مصالح با استفاده از ارزیابی چرخه حیات (LCA) می‌تواند سلامت ساکنان و بهره‌برداران را تضمین کند (شکل ۲).



شکل ۲۴- گردآوری و ارزیابی ورودی‌ها، خروجی‌ها و تأثیرات بالقوه زیست محیطی سیستم تولید محصول در طول چرخه حیات آن (ISO 14040)

۲-۴- سنگ طبیعی

چرخه عمر سنگ طبیعی از زمانی شروع می‌شود که از معدن استخراج می‌گردد. بلوک‌های استخراج شده از معدن برای استفاده در پروژه‌های مختلف، به اسلب، تایل یا قطعات دیگر تبدیل می‌شود. از منابع مختلف انرژی در معادن، حمل و نقل، تولید و فرآوری سنگ استفاده می‌شود که در مقایسه با بسیاری از مواد دیگر، بسیار کم است. همچنین در پروسه تولید سنگ، میزان استفاده از مواد افزودنی یا مواد شیمیایی نیز بسیار کم می‌باشد. طبق مطالعات انجام گرفته در زمینه پایداری و ارزیابی چرخه عمر، تأثیرات زیست محیطی دخیل در گرمایش زمین مربوط به پروسه از تولید تا مصرف مصالح سنگ طبیعی، ۸۴٪ کمتر از موادی مانند کاشی و سرامیک و یا سنگ‌های مصنوعی (مهندسی) است.

از طرفی یکی از مهم‌ترین عوامل پایداری و همگامی با محیط زیست، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نظیر دی‌اکسید کربن در فرایند تولید و مصرف محصولات است. افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای

باعث بوجود آمدن تغییرات آب و هوایی در اتمسفر زمین شده و در بلندمدت تأثیرات مخربی بر شرایط زندگی بر روی این کره قابل سکونت دارند. طبق مطالعات انجام گرفته در این زمینه، در پروسه تولید و مصرف سنگ طبیعی به نسبت دیگر مصالح ساختمانی نظیر فولاد، بتن، آجر و حتی چوب، کربن کمتری تولید می‌شود. بر اساس این نتایج، بیشترین کربن تولیدی در فرایند تولید و حمل محصول نهایی اتفاق می‌افتد که می‌توان آن را با بهبود کارایی و استفاده از انرژی‌های سبز، کاهش داد.

از دیدگاه مدیریت ضایعات، صنعت سنگ طبیعی را می‌توان جزو صنایع با ضایعات کم به حساب آورد زیرا دورریز آن را می‌توان به عنوان مواد اولیه صنایع پایین‌دستی به کار برد. از دیدگاه مصرف‌کننده و دوام و طول عمر، پوشش‌های سنگ طبیعی، به شرط طراحی صحیح، اجرای درست و نگهداری مناسب، برای سال‌ها دوام می‌آورد، همان طور که بسیاری از ساختمان‌های تاریخی بیان‌کننده این مهم هستند. پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه عمر مفید نشان می‌دهد که پوشش‌های سنگ طبیعی دارای عمر مفیدی بین ۵۰ تا ۷۵ سال هستند (Silva et al., 2011) که با اتخاذ تدابیری در مراحل طراحی، اجرا و بهره‌برداری می‌توان آن را افزایش داد (Mousavi et al., 2019). این امر، سنگ طبیعی را به عنوان مصالحی ایده‌آل برای احیا و استفاده مجدد مطرح کرده است. بازیافت منجر به صرفه‌جویی در انرژی و تأثیر کمتر بر محیط زیست می‌شود، زیرا از استفاده بیشتر از منابع برای ساخت مواد جدید جلوگیری می‌کند.

۲-۵- منابع و مآخذ

- Assies, J. (1991). Introduction paper to SETAC-Europe workshop on environmental life cycle analysis of products. In life-cycle assessment. Proceedings of a SETAC-Europe workshop on Environmental Life Cycle Assessment of Products ,
- Chai, C., de Brito, J., Gaspar, P., & Silva, A. (2013). Predicting the service life of exterior wall painting: techno-economic analysis of alternative maintenance strategies. *Journal of Construction Engineering and management*, 140(3), 04013057 .
- Guinee, J. B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T., & Rydberg, T. (2010). Life cycle assessment: past, present, and future†. *Environmental science & technology*, 45(1), 90-96 .
- Haagenrud, S. (2004). Factors Causing Degradation. In *in: Guide and bibliography to Service Life and Durability research for Buildings and Components* (pp. 2.1-2.105). Joint CIB W080 / RILEM TC 140 – Prediction of Service Life of Building Materials and Components .
- Mousavi, S. H., Silva, A., de Brito, J., Ekhlassi, A., & Hosseini, S. B. (2019). Influence of Design on the Service Life of Indirectly Fastened Natural Stone Cladding. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 33(3), 04019021 .
- Silva, A., de Brito, J., & Gaspar, P. L. (2011). Service life prediction model applied to natural stone wall claddings (directly adhered to the substrate). *Construction and Building Materials*, 25(9), 3674-3684. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.03.064>
- Wekesa, B., Steyn, G., & Otieno, F. (2010). The response of common building construction technologies to the urban poor and their environment. *Building and Environment*, 45(10), 2327-2335.

فصل ۳ :

استانداردهای استفاده از سنگ طبیعی در فضای بیرونی

۳-۱- مقدمه

به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، شناخت و اجرای قوانینی که تحت عنوان استاندارد از آن‌ها یاد می‌کنیم، به عنوان یک ابزار جهان‌شمول، لازم و ضروری است.

در این بخش بعد از آشنایی با مفهوم استاندارد به طور عام، استانداردهای ملی ایران در زمینه استفاده از سنگ‌های ساختمانی در فضای بیرونی را به طور خاص، به عنوان یک ابزار رسیدن به زبانی مشترک میان تولیدکنندگان داخلی و مصرف‌کنندگان مورد بررسی اجمالی قرار می‌دهیم که هدف از آن، تعیین خصوصیات و الزامات فیزیکی مناسب برای انتخاب سنگ طبیعی برای پوشش‌های بیرونی است.

۳-۱-۱- تعریف استاندارد

از دید اجتماعی، آنچه بر پایه قرارداد، سنت یا قانون، نمونه‌ای برای سرمشق به کار می‌رود و اجرای آن مورد پذیرش همه قرار می‌گیرد را استاندارد می‌گویند. از دید فنی، وضع قوانین و مقررات برای تعیین کیفیت و مشخصات مطلوب یک کالا یا خدمات را استاندارد می‌گویند.

۳-۱-۲- سطوح استاندارد

استانداردها بر پایه گستردگی دامنه‌ی تحت پوشش، دارای پنج سطح: (۱) کارخانه‌ای، (۲) جامعه‌ای، (۳) ملی، (۴) منطقه‌ای و (۵) بین‌المللی هستند:

- استاندارد کارخانه‌ای: توسط یک کارخانه برای استفاده در همان واحد تدوین می‌شود؛
- جامعه‌ای: گاهی کارخانه‌ها، شرکت‌ها یا تشکیلاتی که در یک زمینه خاص فعالیت می‌کنند از طریق ایجاد یک جامعه یا انجمن، استانداردهای خاص خود را تدوین می‌کنند؛
- استاندارد ملی: توسط مؤسسه استاندارد در یک کشور، با توجه به تمام شرایط خاص همان کشور؛
- استانداردهای منطقه‌ای: توسط کشورهای عضو یک پیمان منطقه‌ای خاص تهیه می‌شود و
- استاندارد بین‌المللی: توسط سازمان‌های مربوط به منظور قابلیت استفاده بین‌المللی تهیه می‌شوند.

۳-۱-۳- سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و

واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادهای سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذینفع و اعضا کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرات و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوطه که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضا اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۹، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^{۱۰} و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^{۱۱} است و به عنوان تنها رابط کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^{۱۲} در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

در رابطه با سنگ طبیعی تاکنون تعداد ۳۸ استاندارد ملی منتشر شده که لیست آن در انتهای این فصل آورده شده است. در خصوص استفاده از سنگ طبیعی در فضاهای بیرونی سه استاندارد ملی به شماره‌های ۱۷۰۱۴، ۱۷۰۱۷ و ۱۷۰۱۸ در سال ۱۳۹۲ منتشر شده است. در تهیه هر کدام از آن‌ها از یکی از استانداردهای بین‌المللی به عنوان منبع و مأخذ به شرح زیر استفاده شده است:

۱- در تدوین استاندارد ملی شماره ۱۷۰۱۴ با "عنوان سنگ طبیعی - ورق سنگ‌های (اسلب‌های) طبیعی برای سنگ فرش بیرونی - الزامات و روش‌های آزمون" از استاندارد اروپایی BS EN 1341 استفاده شده است:

BS EN 1341: 2013, Slabs of natural stone for external paving. Requirements and test methods

۲- در تدوین استاندارد ملی شماره ۱۷۰۱۷ با عنوان "سنگ طبیعی - مجموعه سنگ‌های طبیعی برای سنگ‌فرش بیرونی - الزامات و روش‌های آزمون" از استاندارد اروپایی BS EN 1342 استفاده شده است:

BS EN 1342: 2012, Setts of natural stone for external paving- Requirements and test methods

9- International Organization for Standardization

10- International Electrotechnical Commission

11- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

12- Codex Alimentarius Commission

۳- در تدوین استاندارد ملی شماره ۱۷۰۱۸ با عنوان جداول سنگ طبیعی - جدول بیرونی - الزامات و روش‌های آزمون از استاندارد اروپایی BS EN 1343 استفاده شده است:
BS EN 1343: 2012, Kerbs of natural stone for external paving. Requirements and test methods

هدف از تدوین استانداردهای مرتبط با سنگ‌های ساختمانی، تعیین خصوصیات، الزامات فیزیکی و نمونه‌برداری مناسب به منظور انتخاب صحیح سنگ طبیعی برای استفاده در اجزای ساختمان و یا فضای بیرونی است. بدین منظور در این استانداردها جدولی با عنوان "الزامات فیزیکی سنگ‌های ساختمانی" ارائه شده که حاوی حداقل یا حداکثر مقدار قابل قبول خصوصیات فیزیکی سنگ طبیعی است. خصوصیات فیزیکی آمده شامل برخی از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی سنگ طبیعی است که در ادامه به معرفی آن‌ها می‌پردازیم.

ویژگی‌های فیزیکی به آن دسته از خصوصیات سنگ گفته می‌شود که طبیعت و رفتار عمومی سنگ را در شرایط مختلف نشان می‌دهد.

ویژگی‌های مکانیکی به آن دسته از خصوصیات سنگ گفته می‌شود که نشان‌دهنده واکنش آن‌ها نسبت به نیروهای اعمال شده می‌باشد.

۳-۱-۳-۱- ویژگی‌های فیزیکی

• جرم واحد حجم یا چگالی (Density)

این مشخصه نشان دهنده مقدار جرم سنگ در یک واحد حجم بوده که ممکن است با واحدهای گرم در سانتیمتر مکعب (gr / cm^3)، کیلوگرم در مترمکعب (kg / m^3) یا پوند در فوت مکعب (lb / ft^3) بیان گردد.

همان طور که انتظار می‌رود، جرم واحد حجم بسته به حالت ماده جامد (حالت صلب و یکپارچه، حالت خرد شده با درجات تراکم مختلف و حالت پودر شده) همچنین میزان رطوبت، متفاوت خواهد بود. بنابراین در تعیین و کاربرد آن لازم است حالت موردنظر کاملاً مشخص گردد.

• تخلخل (Open porosity)

تخلخل، نشان‌دهنده مقدار فضاهای خالی موجود در توده سنگ است. هرچه تخلخل یک سنگ بیشتر باشد، توده سنگ سبک‌تر و عموماً دارای کیفیت پایین‌تری است. سنگ‌های

با تخلخل زیاد معمولاً دارای نفوذپذیری و قدرت جذب آب بیشتری بوده و این امر با توجه به شرایط محیطی محل نصب سنگ، می‌تواند باعث کاهش عمر مفید و دوام آن شود. به علاوه، مقاومت فشاری سنگ‌های متخلخل، عموماً از سنگ‌های متراکم کمتر است.

• درصد جذب آب (Water absorption)

طبق تعریف میزان رطوبت (Moisture Content) هر ماده‌ای برابر نسبت جرم آب موجود در آن به جرم ماده خشک است و میزان جذب آب نشان‌دهنده حداکثر مقدار آبی است که سنگ می‌تواند در شرایط متعارف در خود نگه دارد. در نتیجه، این کمیت برابر اختلاف رطوبت ماده در دو حالت خشک و اشباع است. میزان جذب آب تابع حجم و بزرگی خلل و فرج، شکل، اندازه و طبیعت ذرات ماده است.

ظرفیت جذب آب، یکی از ویژگی‌های فیزیکی و مرتبط با دوام سنگ می‌باشد. جذب آب به وسیله سنگ در اقلیم سرد، موجب یخ‌زدن و انبساط بیشتر آن شده و در نتیجه امکان شکستن و خرد شدن سنگ در این شرایط افزایش می‌یابد. به همین علت در اغلب استانداردها، از درصد جذب آب به عنوان معیاری برای سنجش دوام سنگ در مناطق سردسیر استفاده می‌شود. به طور کلی از نظر فنی، سنگ‌های ساختمانی مطلوب باید از پتانسیل جذب آب کمتری برخوردار باشند.

• چقرمگی یا سفتی (Toughness)

سفتی یک ماده به معنی ظرفیت جذب انرژی در هنگام تغییر شکل تا رسیدن به مرحله گسیختگی است. این معیار در واقع ترکیبی از مقاومت و نرمی ماده را نشان می‌دهد و با واحد مقدار انرژی در واحد حجم، برای مثال ژول بر مترمکعب، یا سایر واحدهای مشابه سنجیده می‌شود.

• سختی (Hardness)

به طور کلی سختی به معنی مقاومت سنگ در مقابل تغییر شکل خمیری موضعی (خش یا فروروی) است و با دو معیار کیفی و کمی سنجیده می‌شود. معیار کیفی این پارامتر مقیاس موس (Mohs) است که بر اساس آن سختی برای مواد مختلف بر اساس ایجاد خش روی یک ماده توسط ماده دیگر تعیین می‌گردد.

بر اساس این ویژگی، کلیه مواد موجود در طبیعت بر حسب قدرت خش‌پذیری یا خش‌زایی به ۱۰ گروه با سختی از ۱ (برای تالک که نرم‌ترین ماده است) تا ۱۰ (برای الماس که سخت‌ترین ماده است) تقسیم‌بندی می‌شوند. طبیعی است که میزان سختی در قابلیت

برش و ساب و در نتیجه در قیمت تمام شده محصول مؤثر است. برش و ساب سنگ‌های نرم‌تر، راحت‌تر و تولید آن ارزان‌تر ولی برش و ساب سنگ‌های سخت‌تر، مانند گرانیت، مشکل‌تر و گران‌تر خواهد بود.

۳-۱-۳-۲- ویژگی‌های مکانیکی

• مقاومت فشاری (Compressive strength)

مقاومت فشاری سنگ، میزان پایداری آن را در برابر نیروهای فشاری اعمال شده نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، سنگ‌ها در برابر نیروهای موثر بر سطح، مقاومت‌های گوناگون از خود نشان می‌دهند و دامنه این تغییرات در انواع مختلف، متغیر است. سایر مشخصات مکانیکی سنگ‌ها تا حدودی در رابطه با این ویژگی می‌باشند و به طور متعارف، سنگی که مقاومت فشاری بالایی دارد، سایر ویژگی‌های مکانیکی آن هم مطلوب است.

• مقاومت خمشی (Flexural strength)

مقاومت خمشی، توانایی یک قطعه سنگ در مقابل تنش‌های خمشی است که معمولاً بر حسب مدول گسیختگی بیان می‌شود. این ویژگی بخصوص در قطعاتی از سنگ که در اعضای خمشی ساختمان به کار گرفته می‌شوند (مانند آستانه پنجره‌ها، کف پله‌ها و ...)، اهمیت می‌یابد و چنانچه سنگ به کار برده شده در این نقاط، از مقاومت مطلوب برخوردار نباشد، دچار شکستگی خواهد شد. با وجود اینکه رابطه مشخصی بین مقاومت فشاری و خمشی سنگ‌ها برقرار نیست، اما به طور کلی، سنگ‌های دارای مقاومت فشاری بالا، از مقاومت خمشی بیشتری نیز برخوردارند.

• مقاومت سایشی (Abrasion Resistance)

مقاومت سایشی سنگ به وضعیت دانه‌بندی و سختی کانی‌های تشکیل‌دهنده بستگی دارد. برخی از سنگ‌ها به علت سختی متفاوت سازنده‌های آن، دچار فرسایش نامنظمی می‌شوند و از این نظر ممکن است نسبت به سنگ‌های با سختی کم اما یکنواخت، کمتر مورد توجه باشند. مقاومت سایشی سنگ، زمانی که در محل‌های در معرض سایش مانند پلکان، پوشش کف ساختمان و پیاده‌روها مورد استفاده قرار می‌گیرد، عاملی تعیین‌کننده در انتخاب نوع سنگ می‌باشد. علاوه بر این، در مناطق خشک که فرسایش باد قابل توجه است یا در امتداد سواحل که وجود ماسه و باد می‌تواند عمل سایش را به وجود آورد، این موضوع باید در نظر گرفته شود.

برخی از ویژگی‌های فیزیکی سنگ‌ها به طور مستقیم بر مشخصات مکانیکی آنها تأثیر گذاشته و حتی می‌تواند باعث شکستن سنگ شود. یکی از این اثرات که در مقاومت سنگ در برابر یخ‌زدگی بروز پیدا می‌کند، به علت اهمیت و نقش آن در دوام سنگ‌های ساختمانی، به اختصار شرح داده می‌شود.

• مقاومت در برابر یخ‌زدگی

یکی از عوامل مخرب مؤثر بر سنگ‌های ساختمانی، یخ‌زدگی و ذوب مکرر است. در بسیاری از مناطق سرد و مرطوب، آب جذب شده توسط سنگ‌های ساختمانی، بر اثر کاهش دما یخ زده و دچار افزایش حجم می‌گردد. این افزایش حجم، موجب ایجاد تنش درونی و خرد شدن سنگ می‌شود. به همین علت در انتخاب و کاربرد سنگ ساختمانی در چنین شرایطی باید این ویژگی مورد توجه قرار گیرد. به طور معمول، سنگ‌های متخلخل و دارای درز و ترک، دارای پتانسیل جذب آب و یخ‌زدگی بیشتر بوده و سریع‌تر دچار آسیب می‌شوند. بنابراین در هنگام کاربرد سنگ‌ها در مناطق سرد و مرطوب (به ویژه در قسمت‌های بیرونی بنا)، لازم است با انجام آزمایش یخ‌زدگی، مقاومت سنگ در مقابل این پدیده، مورد بررسی قرار گیرد. به طور متعارف در این ارزیابی، هر یک یا دو چرخه یخ‌زدگی و ذوب معادل ۳ تا ۵ سال قرارگیری مصالح در شرایط جو بیرونی محسوب می‌شود.

۳-۱-۴- استانداردهای ملی ایران مرتبط با سنگ طبیعی

۱- استاندارد ملی شماره ۱-۱۲۴۹۵؛ کاشی‌کاری کف و دیوار- قسمت ۱: طراحی و اجرای کاشی‌کاری، کاشی موزائیکی گروهی و سنگ طبیعی بر دیوارهای داخلی در شرایط معمول- آیین‌کار؛ سال ۱۳۹۹.

۲- استاندارد ملی شماره ۲-۱۲۴۹۵؛ کاشی‌کاری کف و دیوار- قسمت ۲: طراحی و اجرای کاشی‌کاری، کاشی موزائیکی گروهی و سنگ طبیعی بر دیوارهای خارجی در شرایط معمول- آیین‌کار؛ سال ۱۴۰۰.

۳- استاندارد ملی شماره ۵-۱۲۴۹۵؛ کاشی‌کاری کف و دیوار- قسمت ۵- طراحی و اجرای کف‌سازی با موزاییک‌های مرمری و بلوک‌های سیمانی -سنگ طبیعی و بلوک‌های کامپوزیتی -آئین کار؛ سال ۱۳۹۲.

۴- استاندارد ملی شماره ۱۳۲۲۹؛ سنگ طبیعی -تعیین مقاومت در برابر پیر شدگی با استفاده از شوک حرارتی -روش آزمون؛ سال ۱۳۹۴.

۵- استاندارد ملی شماره ۱۴۸۶۱؛ سنگ طبیعی -تعیین بار شکست در پین چال- روش‌های آزمون؛ سال ۱۳۹۱.

- ۶- استاندارد ملی شماره ۱۴۸۷۲؛ سنگ طبیعی- تعیین مشخصه‌های هندسی واحدها- روش‌های آزمون؛ سال ۱۴۰۰.
- ۷- استاندارد ملی شماره ۱۴۹۵۹؛ سنگ طبیعی- تعیین مقاومت در برابر یخ زدگی- روش‌های آزمون؛ سال ۱۳۹۱.
- ۸- استاندارد ملی شماره ۱۶۰۱۵؛ سنگ طبیعی- تعیین سرعت انتشار صوت- روش‌های آزمون؛ سال ۱۳۹۱.
- ۹- استاندارد ملی شماره ۱۶۰۱۶؛ سنگ طبیعی- تعیین ضریب انبساط حرارتی خطی- روش‌های آزمون؛ سال ۱۳۹۱.
- ۱۰- استاندارد ملی شماره ۱۶۹۳۴؛ سنگ طبیعی- ورق سنگ‌های (اسلب‌های) زیر- الزامات؛ سال ۱۳۹۲.
- ۱۱- استاندارد ملی شماره ۱-۱۶۹۳۵؛ سنگ طبیعی- طراحی و نصب برای نما و پوشش- قسمت یک- کلیات- آیین کار؛ سال ۱۳۹۲.
- ۱۲- استاندارد ملی شماره ۲-۱۶۹۳۵؛ سنگ طبیعی- طراحی و نصب برای نما و پوشش- قسمت ۲- نمای سنتی قلاب گوشه بیرونی- آیین کار؛ سال ۱۳۹۳.
- ۱۳- استاندارد ملی شماره ۳-۱۶۹۳۵؛ سنگ طبیعی- طراحی و نصب برای نما و پوشش- قسمت ۳- سامانه‌های پوشش بتنی پیش ساخته برای نما سنگی- آیین کار؛ سال ۱۳۹۲.
- ۱۴- استاندارد ملی شماره ۴-۱۶۹۳۵؛ سنگ طبیعی- طراحی و نصب برای نما و پوشش- قسمت ۴- پوشش پرده باران و پوشش سنگی بر روی سامانه‌های پوشش قاب فلزی- آیین کار؛ سال ۱۳۹۳.
- ۱۵- استاندارد ملی شماره ۱۶۹۳۶؛ سنگ طبیعی- تعیین ضریب جذب آب با استفاده از خاصیت مویینگی- روش آزمون؛ سال ۱۳۹۲.
- ۱۶- استاندارد ملی شماره ۱۷۰۱۱؛ فراورده- های سنگ طبیعی- اسلب‌ها برای استفاده در پله‌ها و کف- الزامات؛ سال ۱۳۹۷.
- ۱۷- استاندارد ملی شماره ۱۷۰۱۴؛ سنگ طبیعی- ورق سنگ‌های (اسلب‌های) طبیعی برای سنگ فرش بیرونی- الزامات و روش‌های آزمون؛ سال ۱۳۹۲.
- ۱۸- استاندارد ملی شماره ۱۷۰۱۵؛ سنگ طبیعی- تعیین مقاومت خمشی تحت بار متمرکز- روش آزمون؛ سال ۱۳۹۲.
- ۱۹- استاندارد ملی شماره ۱۷۰۱۶؛ سنگ طبیعی- تعیین مقاومت مرمر در برابر چرخه‌های حرارتی و رطوبتی- روش آزمون؛ سال ۱۳۹۲.
- ۲۰- استاندارد ملی شماره ۱۷۰۱۷؛ سنگ طبیعی- مجموعه سنگ‌های طبیعی برای سنگ فرش بیرونی- الزامات و روش‌های آزمون؛ سال ۱۳۹۲.

- ۲۱- استاندارد ملی شماره ۱۷۰۱۸؛ جداول سنگ طبیعی - جدول بیرونی - الزامات و روش‌های آزمون؛ سال ۱۳۹۲.
- ۲۲- استاندارد ملی شماره ۱۷۰۲۰؛ سنگ طبیعی - تعیین حساسیت در برابر تغییر ظاهری ناشی از چرخه‌های حرارتی - روش آزمون؛ سال ۱۳۹۲.
- ۲۳- استاندارد ملی شماره ۱۷۰۲۱؛ سنگ طبیعی - تعیین مقاومت خمشی تحت گشتاور ثابت- روش آزمون؛ سال ۱۳۹۲.
- ۲۴- استاندارد ملی شماره ۱-۱۷۰۹۲؛ سنگ لوح و سنگ طبیعی برای سقف‌سازی منفصل و پوشش نما - سنگ لوح و سنگ لوح کربناته - قسمت ۱- ویژگی‌ها؛ سال ۱۳۹۹.
- ۲۵- استاندارد ملی شماره ۲-۱۷۰۹۲؛ فرآورده‌های سنگ لوح و سنگ طبیعی برای سقف‌سازی منفصل و پوشش نما بیرونی - سنگ لوح و سنگ کربناته - قسمت ۲- روش‌های آزمون؛ سال ۱۳۹۲.
- ۲۶- استاندارد ملی شماره ۱۷۱۹۲؛ فرآورده‌های سنگ طبیعی - کاشی‌های مدولار - الزامات؛ سال ۱۴۰۰.
- ۲۷- استاندارد ملی شماره ۱۷۱۹۳؛ سنگ طبیعی - بلوک‌های زبر - الزامات؛ سال ۱۳۹۲.
- ۲۸- استاندارد ملی شماره ۱۷۱۹۴؛ سنگ طبیعی - تعیین مقاومت فشاری تک محوری - روش آزمون؛ سال ۱۳۹۲.
- ۲۹- استاندارد ملی شماره ۱۷۱۹۵؛ سنگ طبیعی - تعیین چگالی واقعی و ظاهری، تخلخل کل و باز - روش آزمون؛ سال ۱۳۹۲.
- ۳۰- استاندارد ملی شماره ۱۷۱۹۶؛ فرآورده‌های سنگ طبیعی - اسلب‌های نما - الزامات؛ سال ۱۳۹۷.
- ۳۱- استاندارد ملی شماره ۱۸۲۰۵؛ ماشین‌آلات و تجهیزات استخراج معادن و فرآوری سنگ طبیعی - الزامات ایمنی برای قله‌برها؛ سال ۱۳۹۳.
- ۳۲- استاندارد ملی شماره ۱۸۶۲۵؛ سنگ طبیعی - تعیین جذب آب در فشار اتمسفر - روش آزمون؛ سال ۱۳۹۳.
- ۳۳- استاندارد ملی شماره ۲۰۶۰۰؛ ماشین‌ها و دستگاه‌های استخراج و شکل‌دهی سنگ طبیعی - الزامات ماشین‌های پرداخت لبه - ایمنی؛ سال ۱۳۹۴.
- ۳۴- استاندارد ملی شماره ۲۱۲۵۳؛ ماشین‌ها و کارخانه‌های فرآوری سنگ طبیعی - ایمنی - الزامات ماشین‌های پرداخت سطحی؛ سال ۱۳۹۵.
- ۳۵- استاندارد ملی شماره ۲۱۳۱۲؛ حفاظت از میراث فرهنگی - راهنمای تعیین خصوصیات سنگ طبیعی - استفاده شده در میراث فرهنگی؛ سال ۱۳۹۵.

- ۳۶- استاندارد ملی شماره ۲۱۵۶۰؛ ماشین‌آلات و دستگاه‌های استخراج و ابزارزنی سنگ طبیعی - ایمنی - الزامات ماشین‌آلات اره‌کشی - فرزکاری نوع پلی، شامل ماشین‌های از نوع کنترل عددی (NC/CNC)؛ سال ۱۳۹۵.
- ۳۷- استاندارد ملی شماره ۹۱۷۳-۱۱؛ بلوک‌های بنایی - قسمت ۱۱: تعیین جذب آب موئینه بلوک‌های بنایی بتنی با سنگدانه، بتنی هوادار اتوکلاو شده، سنگ ساخته شده و سنگ طبیعی و نرخ جذب آب اولیه بلوک‌های بنایی رسی - روش‌های آزمون؛ سال ۱۳۹۹.
- ۳۸- استاندارد ایران - ای ان شماره ۱۲۰۵۹ (ISIRI-EN 12059)؛ فرآورده‌های سنگ طبیعی - سنگ ساختمانی کار شده - الزامات؛ سال ۱۳۹۱.

فصل ۴ :

نمونه‌های موردی استفاده از سنگ طبیعی در فضای بیرونی

۴-۱- مقدمه

با در نظر گرفتن مزایای استفاده از سنگ طبیعی که در سیر تاریخی تجربه زیسته بشر دریافته و به کار بسته شد و با پیشرفت علم و تکنولوژی در عصر حاضر در حوزه‌های مختلف از تأثیرات زیست‌محیطی تا عمر مفید به طور علمی اثبات گردید، مصالح سنگ طبیعی در پروژه‌هایی که ماندگاری طولانی‌مدت در آن‌ها اهمیت داشته باشد، انتخابی ناگزیر می‌باشد.

در این بخش نمونه‌هایی از فضاها بیرونی و همین‌طور المان شهری را در ایران و استرالیا مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۴-۲- پروژه برج آزادی تهران

برج شهید که پس از انقلاب اسلامی به نام برج آزادی نامیده شد، با اتکا به خاطره جمعی ایرانیان از میراث باستان و فرم‌های دوره اسلامی، در بزرگداشت فرهنگ و تمدن ایران ساخته شده است و علاوه بر پاسداشت میراث قدیم ایران زمین، دروازه‌ای به سوی آینده را نیز نمایندگی می‌کند. این بنا در سال ۱۳۴۵ ه.ش. توسط حسین امانت طراحی و ساخت آن در سال ۱۳۵۰ ه.ش. تکمیل شد. امانت در طراحی این برج و فضای اطرافش از عناصر قدیمی معماری ایرانی، از جمله چهارطاقی، طاق کسری در مدائن تیسفون، قوس تیزه‌دار معماری اسلامی، برج طغرل معماری سلجوقی و باغ ایرانی الهام گرفته است. برج آزادی در سائیتی با حداکثر تراکم ترافیکی واقع شده و دارای آب‌نماها و فواره‌ها



و الگوهای چشم‌نوازی است که همگی خاطره باغ‌های قدیمی ایرانی را در اذهان تداعی می‌کند.

شکل ۲۵- برج آزادی



شکل ۲۶- قواره‌بندی پوشش سنگی برج آزادی

برای ساخت این برج از حدود ۲۵,۰۰۰ قطعه سنگ مرمریت جوشقان قواره‌بندی شده به ضخامت ۱۰ سانتیمتر تشکیل شده است. این پوشش سنگی در زمان ساخت به عنوان قالب سازه بتنی برج هم مورد استفاده قرار گرفته است و نکته جالب در این خصوص آن است که با وجود باور عمومی در عدم بکارگیری سنگ‌های مرمریت در پوشش بیرونی پس از گذشت

بیش از ۵۰ سال از ساخت آن، دوام خوبی در مقابله با عوامل محیطی از خود نشان داده است.

۳-۴- سنگ‌فرش میدان نقش جهان اصفهان

میدان نقش جهان، میدانی مستطیل شکل با درازایی در حدود ۵۶۰ متر و پهنایی در حدود ۱۶۰ متر، میدان مرکزی شهر اصفهان است که در قلب مجموعه تاریخی نقش جهان قرار دارد. تاریخ اتمام ساخت آن سال ۱۰۱۵ شمسی معادل ۱۶۳۶ میلادی است. نوع طراحی این میدان، که از آن با نام میدان ایرانی نام برده می‌شود، پیوندی از بازار، مرکز حکومتی (کاخ عالی قاپو) و محل مذهبی (مسجد) است که پیش از میدان نقش جهان نیز در میدان کهنه یا همان عتیق اصفهان که الگوی اصلی میدان نقش جهان و قدیمی‌ترین نمونه این نوع از میدان است، به کار گرفته شده است.

میدان نقش جهان در تاریخ ۸ بهمن سال ۱۳۱۳ در فهرست آثار ملی ایران ثبت شده و در اردیبهشت ماه سال ۱۳۵۸ جزء نخستین آثار ایرانی میراث جهانی یونسکو نیز به ثبت جهانی رسیده است. در سال ۱۳۹۴ با ممنوع شدن ورود خودرو به این میدان، فضای سبز آن احیا و فضای پیاده‌راه‌های آن با استفاده از سنگ هتن‌آباد مفروش گردید.



شکل ۲۷- میدان نقش جهان اصفهان

در زمان ساخت این میدان در تراز پایین دیوار پیرامونی آن که شامل ۲۰۰ حجره می‌باشد، به دلیل نیاز به مقاومت بالا در برابر عوامل مخرب محیطی، از پوشش سنگ طبیعی بهره گرفته شده بود. سنگ‌فرش انجام شده در فضای پیاده‌راه در هماهنگی با پوشش سنگی پای دیوار فضایی ایجاد کرده که تبدیل به یکی از جاذبه‌های اصلی این میدان تاریخی و فرهنگی در اصفهان شده است. این سنگ‌فرش‌ها با قدم زدن روی آن‌ها، حس آرامش و دل‌انگیزی خاصی به بازدیدکنندگان القا می‌کنند و همچنین، صدای سم اسب روی سنگ‌فرش‌ها، نوایی خوش از تاریخ را زنده می‌کند.

۴-۴- خط ساحلی بارانگارو (Barangaroo) در شهر سیدنی استرالیا

داستان خط ساحلی سنگ‌ماسه‌ای ذخیره‌گاه بارانگارو (Barangaroo Reserve) روایتی است از طراحی منحصربه‌فرد، مهندسی خلاقانه و دستاوردهای پیشگامانه در منظرسازی. سیدنی شهری است که بر روی و از دل ماسه‌سنگ (sandstone) ساخته شده است. هزاران سال است که حجاری‌های سنگی بومیان این منطقه، به واسطه دوام بالای ماسه‌سنگی که تا عمق ۶ کیلومتری زیر بندر سیدنی گسترده است، باقی مانده‌اند.



شکل ۲۸- خط ساحلی بارانگارو در سیدنی

ماسه‌سنگ به دلیل بافت زیبا، رنگ گرم و فراوانی‌اش در منطقه سیدنی، تبدیل به یکی از عناصر اصلی در ساختار معماری استرالیا، به‌ویژه در ایالت نیو ساوت ولز (New South Wales)، شده است. برخی از زیباترین بناهای این شهر از جمله ساختمان ملکه ویکتوریا (Queen Victoria Building)، موزه استرالیا (Australian Museum) و اکنون «ذخیره‌گاه بارانگارو» که جوایز متعددی دریافت کرده، همگی از سنداستون سیدنی ساخته شده‌اند.

استفاده از سنداستون در سیدنی به اوایل قرن نوزدهم و حتی پیش از آن بازمی‌گردد. زمانی که نخستین مهاجران اروپایی وارد سواحل استرالیا شدند و شروع به ساخت بناها و زیرساخت‌های اولیه

کردند، به دلیل کمبود مصالح ساختمانی وارداتی، مجبور به استفاده از منابع بومی شدند. یکی از این منابع، ماسه سنگ بود که در حاشیه‌های رودخانه‌ها و تپه‌های اطراف سیدنی به وفور یافت می‌شد. ماسه سنگ‌های سیدنی بیشتر از نوع سنگ تریاس-ژوراسیک (Triassic-Jurassic) هستند که حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلیون سال قدمت دارند. این سنگ‌ها، که عمدتاً در حوضه‌ی رسوبی Hawkesbury تشکیل شده‌اند، بافتی یکنواخت، مقاوم و رنگی گرم و طلایی دارند که به مرور زمان به نماد شهر سیدنی تبدیل شده‌اند.



شکل ۲۹- موزه استرالیا

این پیوند تاریخی و فرهنگی میان ماسه سنگ و شهر سیدنی به اندازه‌ای قوی است که برخی از مورخان معماری از آن به عنوان "سنگ بومی سیدنی" یاد می‌کنند. حتی در دهه‌های اخیر، برخی پروژه‌های نوسازی و بازسازی شهری تلاش کرده‌اند تا با استفاده از همین مصالح یا شبیه‌سازی آن‌ها، پیوند تاریخی شهر با گذشته را حفظ کنند.

در پروژه‌هایی مانند Barangaroo Reserve در سیدنی، ماسه سنگ به صورت تراش نخورده و طبیعی در طراحی فضاهای عمومی استفاده شده است تا حس اصالت و پیوستگی با بستر طبیعی را القا کند.

این در حالی است که در ساختمان‌های مدرن‌تر، از پنل‌های سنگی برای ایجاد نماهایی با بافت سنتی ولی فرم‌های نوین استفاده می‌شود. همچنین، استفاده از آن در طراحی داخلی نیز رواج یافته است. دیوارهای داخلی، کف‌پوش‌ها و حتی مبلمان ساخته شده از این سنگ، نه تنها زیبایی خاصی به فضا می‌بخشند، بلکه حس ارتباط با طبیعت و تاریخ را نیز تقویت می‌کنند.



شکل ۳۰- استفاده از ماسه‌سنگ به صورت تراش‌خورده و طبیعی

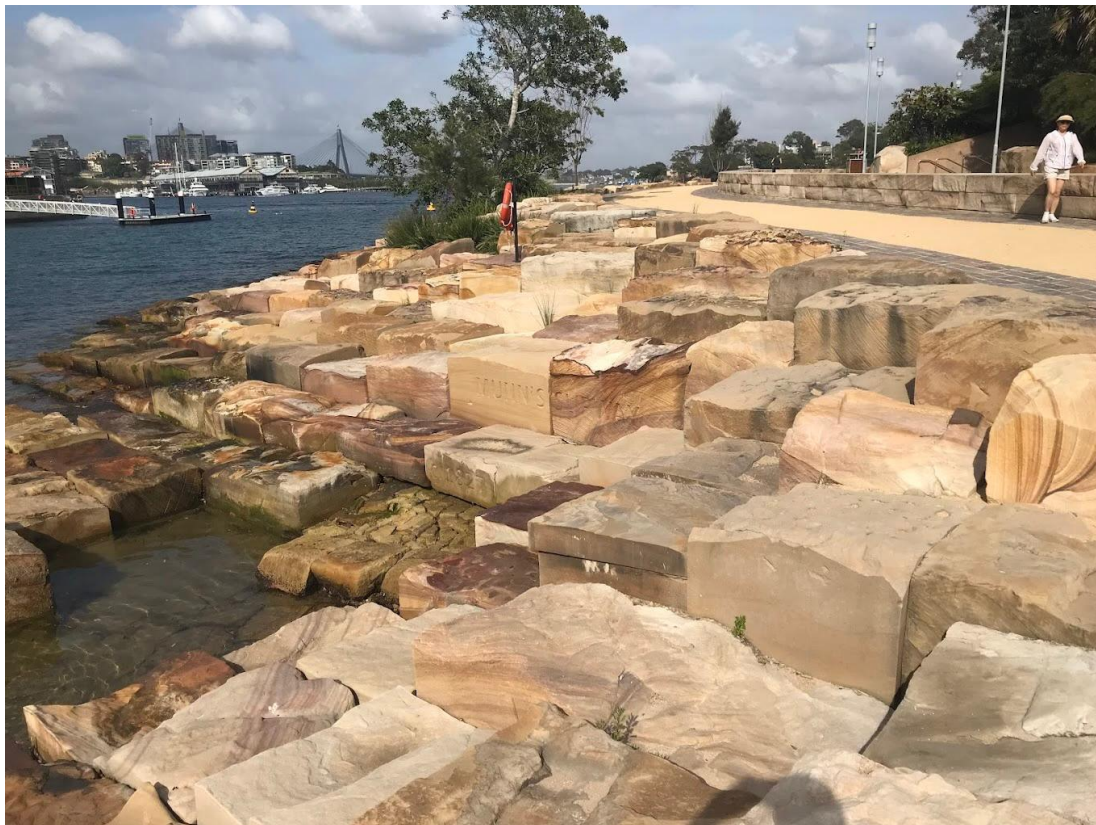
این سنگ ویژگی‌های متعددی دارد که آن را به مصالحی محبوب در ساخت‌وساز تبدیل کرده است. این ویژگی‌ها شامل:

- ۱- مقاومت مکانیکی بالا: بافت دانه‌ریز و چسبندگی طبیعی ذرات در ماسه‌سنگ، آن را به سنگی مقاوم در برابر فشار و تغییرات جوی تبدیل کرده است.
- ۲- قابلیت برش‌پذیری مناسب: برخلاف برخی سنگ‌های سخت مانند گرانیت، ماسه‌سنگ به راحتی قابل برش و شکل‌دهی است. این موضوع به معماران و سنگ‌تراشان امکان داده تا فرم‌های هنری و تزئینی متنوعی خلق کنند.

۳- رنگ گرم و طبیعی: طیف رنگی آن از کرم روشن تا قهوه‌ای طلایی و گاه متمایل به قرمز متغیر است. این رنگ‌ها با نور خورشید همخوانی دارند و جلوه‌ای گرم و دل‌نشین به نماها می‌بخشند.

۴- دوام بالا در شرایط آب و هوایی مرطوب و خشک: سیدنی دارای اقلیم متغیر است، اما ماسه‌سنگ مقاومت بالایی در برابر فرسایش و تخریب ناشی از رطوبت و تغییر دما دارد.

داستان خط ساحلی سنگی این ذخیره‌گاه، فصلی برجسته در تاریخ طراحی، مهندسی و منظر ایالت نیوساوت ولز (NSW) به شمار می‌رود. در هیچ پروژه‌ای در تاریخ، به اندازه ساخت این ذخیره‌گاه، از سنداستون سیدنی استفاده نشده است. بیش از ۱۰,۰۰۰ بلوک سنگ در بازآفرینی این دماغه خارق‌العاده که در آستانه شهر واقع شده، به کار رفته‌اند.



شکل ۳۱- بلوک‌های سنداستون در خط ساحلی بارانگارو

حدود ۹۳٪ از این قطعات سنگ، مستقیماً از محل خود بارانگارو استخراج شده‌اند؛ فرآیندی دشوار که از زیر منطقه‌ای موسوم به کاتاوی (The Cutaway) انجام شد، فضای فرهنگی عظیم و پویایی که در زیر دماغه شکل گرفته است.

ماسه‌سنگ، فراتر از یک مصالح ساختمانی ساده، بخشی از روح و هویت معماری سیدنی و استرالیا است. از بناهای تاریخی قرن نوزدهم گرفته تا پروژه‌های معاصر قرن بیست‌ویکم، این سنگ نقش محوری در شکل‌گیری منظر شهری و فرهنگی سیدنی داشته است. ویژگی‌های فنی ممتاز، زیبایی بصری، پیوند با طبیعت و تاریخ، همگی عواملی هستند که باعث شده‌اند این سنگ نه تنها در گذشته، بلکه در آینده معماری استرالیا نیز جایگاهی ویژه داشته باشد. این سنگ، نماد پیوند میان گذشته و آینده معماری استرالیاست؛ پلی میان سنت و نوآوری که همچنان الهام‌بخش طراحان خواهد بود.