فصل یازدهم

سیمان، بتن

هدف‌های رفتاری : در پایان فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ سیمان را تعریف کند.
۲ــ بتن را تعریف کند.
۳ــ نقش سیمان را در ساختمان بیان کند.
۴ــ نقش بتن را در ساختمان شرح دهد.
۵ــ مواد اولیه‌ی تهیه‌ی سیمان را نام ببرد.
۶ــ مواد اولیه‌ی تهیه‌ی بتن را نام ببرد.
۷ــ نقش عناصر اولیه‌ی تهیه‌ی سیمان را بر کیفیت و کارایی آن توضیح دهد.
۸ــ خواص سیمان‌های پرتلند را شرح دهد.
۹ــ مزایا و معایب بتن را توضیح دهد.
۱۰ــ کاربرد انواع بتن را در ساختمان توضیح دهد.

مقدمه

سیمان واژه‌ای است که از لغت رومی سمنتوم[۱] گرفته شده است. منابع غربی تاریخ به‌کارگیری سیمان را در ساختمان‌ها حدود ۲۰۰۰ سال پیش، یعنی زمان ساخت بنای پانتئون رم (۲۷ سال قبل از

۱ــ Cementom

میلاد) که در آن سیمانی با ترکیب خرده سنگ و آهک پخته شده به‌کار گرفته شده بود، عنوان نموده‌اند. *با توجه به قدمت طولانی‌تر استفاده از ساروج در ایران (تخت جمشید) می‌توان پیدایش و استفاده از سیمان را به سال‌های قبل از میلاد نسبت داد.*

سیمان به شکل امروزی اختراع و ابتکار یک بنّای انگلیسی[1] است. وی از پختن آهک و خاک رس در حرارت بالا و آسیاب کردن آن‌ها ابتدایی‌ترین نوع سیمان امروزی را به‌وجود آورد. از این سیمان در ساختن فانوس دریایی استفاده نمودند و به این دلیل که سیمان مذکور پس از سخت شدن به رنگ سنگ‌های آهکی ساحل جزیره‌ی پرتلند (انگلیس) درمی‌آمد به نام سیمان پرتلند مشهور گردید.

۱ــ۱۱ــ سیمان پرتلند و مواد تشکیل‌دهنده‌ی آن

سیمان پرتلند پودری است طوسی رنگ، متمایل به سبز که از ترکیب، آسیاب کردن و همگن نمودن سنگ آهک و خاک‌رس به نسبت سه به یک و حرارت دادن به آن‌ها به‌دست می‌آید. سیمان پرتلند رایج‌ترین و پرمصرف‌ترین سیمان مورد استفاده در صنعت ساختمان‌سازی، اعم از پل، تونل، راه و ساختمان محسوب می‌شود. مواد تشکیل دهنده‌ی سیمان به طور مجزا و به نسبت میزان مصرف از بیش‌تر به کم‌تر عبارت‌اند از :

ــ **کلسیم اکسید** : وجود آن در سیمان باعث می‌شود که کلسیم سیلیکات سیمان افزایش یابد و ازدیاد این ترکیب باعث بالا رفتن تاب ملات سیمان در روزهای نخستین شود. میزان کلسیم اکسید موجود در سیمان، بسته به جنس و نوع سیمان موردنظر، ۶۰ تا ۷۰٪ وزن سیمان را تشکیل می‌دهد.

ــ **سیلیس** : سیلیس در کوره‌ی سیمان‌پزی با آهک ترکیبی به نام کلسیم سیلیکات را به وجود می‌آورد و چنان‌چه سیلیس جای‌گزین آهک شود، تاب ملات سیمان به کندی افزایش می‌یابد.

ــ **آلومینیوم اکسید (خاک رس)** : آلومینیوم اکسید در سیمان ترکیب‌های کلسیم آلومینات درست می‌کند و چون زودتر ازسیلیکات‌ها با آب ترکیب می‌شوند سیمان را زودگیر می‌کنند. هم‌چنین دارای نقش گدازآور است و درجه‌ی ذوب شدن مواد خام را پایین می‌آورد.

ــ **آهن اکسید** : آهن اکسید در سیمان نقش گدازآور دارد. هم‌چنین با دیگر مواد موجود در سیمان ترکیب می‌شود[2]. سیمان‌های با آهن اکسید زیاد کندگیرند. میزان زیاد آن در مواد اولیه رنگ

۱ــ ژوزف اسپیدن (joseph aspdin) بنّای انگلیسی اهل لیدز بود که در سال ۱۸۲۴ میلادی سیمان را به‌وجود آورد.

۲ــ با آلومینیوم و کلسیم اکسید ترکیب می‌شود و تتراکلسیم آلومینو فریت را تشکیل می‌دهد.

سیمان را تیره می‌کند. سیمان سفید فاقد این اکسید است.

ــ **منیزی** : منیزیم اکسید در سیمان پزی نقش گدازآور دارد و هرچه کم‌تر باشد بهتر است. زیرا با سیمان ترکیب نمی‌شود و به صورت آزاد در آن باقی می‌ماند. چون منیزیم اکسید پس از گرفتن ملات سیمان، به کندی با آب ترکیب و منبسط می‌شود، ملات سیمان گرفته شده را می‌ترکاند.

ــ **قلیایی‌ها** : قلیایی‌هایی مانند سدیم و پتاسیم در سیمان نقش جسم گدازآور را دارند. میزان آن‌ها نباید بیش از یک درصد وزن سیمان باشد. زیرا در صورت افزایش این نسبت، نظم زمان گرفتن بتن ملات دشوار می‌شود.

مطالعه‌ی آزاد

تهیه و پخت سیمان :

برای تهیه‌ی سیمان، ابتدا مواد اولیه از معادن سنگ آهک و خاک استخراج و به کارخانه حمل می‌شود. سپس این مواد در آسیاب خرد می‌شوند و به دانه‌هایی با ضخامت ۰/۱ میلی‌متر تبدیل می‌گردند. این مواد به دو صورت خشک یا تر (با کمک آب) و به خوبی با هم مخلوط می‌شوند و از آن‌ها نمونه‌برداری می‌شود. نمونه‌ها پس از آزمایش و تأیید نسبت عناصر تشکیل دهنده، اجازه‌ی ورود به کوره پیدا می‌کنند. مواد اولیه‌ی موجود در کوره در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد عرق می‌کند. بخشی از آن‌ها ذوب می‌شوند و بقیه‌ی دانه‌ها به یک‌دیگر می‌چسبند. آن‌چه به وجود می‌آید «کلینکر» نام دارد، که ترکیبی از چهار عنصر کلسیم، سیلیسیم، آلومینیوم و آهن است. کلینکر پس از خروج از کوره و سرد شدن با ۲ درصد سنگ گچ مخلوط می‌شود و پس از آسیاب شدن در آسیاب‌های ساچمه‌ای به پودر سیمان تبدیل می‌گردد.

۲ــ۱۱ــ انواع سیمان پرتلند

سیمان ایران مطابق استاندارد در پنج گروه دسته‌بندی می‌شود که هرکدام مشخصات فنی و کاربرد خاصی دارند. انواع اصلی آن‌ها عبارت‌اند از :

ــ **سیمان پرتلند نوع یک** : این سیمان رایج‌ترین و پرمصرف‌ترین نوع سیمان در ایران و جهان است و در تمام کارهای ساختمانی مانند پل‌ها، تونل‌ها، ساختمان‌های بتنی و ... مصرف می‌شود. مصرف این نوع سیمان در سازه‌هایی که در معرض حمله‌ی سولفات‌ها هستند مانند اسکله‌های دریایی

و پایه‌های پل‌ها یا زمین‌های سنگ گچی مجاز نیست. گرفتن سیمان پرتلند ۲ ساعت پس از ساخت بتن شروع، و پس از ۲۸ روز پایان می‌یابد.

ـ **سیمان پرتلند نوع دو** : این نوع سیمان در برابر نفوذ اندک و محدود سولفات‌ها مناسب است. به همین دلیل برای ساختن سازه‌هایی مانند کانال‌های فاضلاب از آن استفاده می‌شود. درجه‌ی حرارت هیدراسیون[۱] این سیمان نسبت به سیمان نوع یک کم‌تر است و به همین دلیل برای بتن‌ریزی در هوای گرم مناسب است. مصرف این نوع سیمان، در مکان‌هایی که در معرض حمله‌ی شدید سولفات‌ها هستند، مانند سازه‌های دریایی، مجاز نیست.

ـ **سیمان پرتلند نوع سه** : این سیمان زودگیر است به این معنی که زودتر از ۲۸ روز به مقاومت نهایی می‌رسد. به‌همین دلیل در محل‌هایی که باید به سرعت قالب برداری صورت گیرد مصرف می‌شود.

به علت زودگیر بودن؛گرمای اولیه‌ی تولید شده‌ی آن نسبت به دیگر سیمان‌ها زیاد است و مصرف آن در هوای سرد پیشنهاد می‌شود.ضمن این‌که در چنین شرایطی به دلیل زودگیر بودن بتن خطر یخ زدگی آن نیز منتفی می‌شود و به‌طور کلی مقاومت ۷ روزه این نوع سیمان برابر ٪۵۰ مقاومت ۲۸ روزه سیمان معمولی است.

ـ **سیمان پرتلند نوع چهار** : این نوع سیمان کم‌ترین حرارت هیدراسیون را به هنگام سخت شدن تولید می‌کند. به همین دلیل در بتن‌ریزی سازه‌های حجیم مانند سدها از آن استفاده می‌شود. معمولاً در جاهایی که گرمای به‌دست آمده سیمان برای سازه‌ی بتنی ضرر دارد نیز این نوع سیمان استفاده می‌شود. استفاده از این نوع سیمان در مناطق گرم کشور مشروط به این که خطر حمله‌ی سولفات‌ها وجود نداشته باشد، توصیه می‌شود.

ـ **سیمان پرتلند نوع پنج** : این نوع سیمان برای پایداری در برابر حمله‌ی شدید سولفات‌ها تولید می‌شود و به همین دلیل به سیمان ضد سولفات معروف است. مصرف این نوع سیمان در ساختمان اسکله‌ها، پایه‌های پل‌ها و کارهای دریایی یا در بنادر که محیط طبیعی دارای خورندگی بسیار است توصیه می‌شود. به چنین سیمانی به علت زیادی اکسید آهن؛ سیمان آهنی[۲] هم می‌گویند.

۱ـ حرارتی که در نتیجه‌ی ترکیب سیمان با آب حاصل می‌شود.

۲ـ Iron cement

۳ــ۱۱ــ سیمان روباره (سیمان آهن‌گدازی یا سیمان سرباره)

این نوع سیمان که به آن سیمان پرتلند سرباره یا سیمان آهنی هم می‌گویند از مخلوط کردن روباره‌ی کارخانه‌های ذوب آهن (که به سرعت با آب سرد شده است) با کلینکر و آسیاب کردن این مخلوط حاصل می‌شود[۱]. سیمان روباره با سرعت و میزان کم‌تری نسبت به سیمان معمولی گرما تولید می‌کند و به عنوان سیمان کم‌حرارت در کارهای بتنی حجیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیمان روباره در برابر عوامل شیمیایی از سیمان پرتلند معمولی مقاوم‌تر است.

۴ــ۱۱ــ سیمان پوزولان (سیمان تراس)

پوزولان یا تراس، ماده‌ی سیلیسی و یا سیلیس و آلومینی است که از کف سنگ‌ها، پوکه سنگ‌ها و خاکسترهای آتش‌فشانی به‌وجود آمده است و به خودی خود خاصیت چسبندگی ندارد. اما اگر پودر شود و با گرد آهک شکفته مخلوط گردد خاصیت چسبندگی پیدا می‌کند و به آن سیمان طبیعی می‌گویند.

در صورت کاهش میزان کلینکر سیمان و جایگزین کردن پوزولان به آن، سیمان پوزولانی به‌دست می‌آید که در برابر حمله سولفات‌ها مقاوم است. معمولاً قیمت آن از سیمان پرتلند معمولی ارزان‌تر است.

۵ــ۱۱ــ سیمان رنگی

گاهی برای نماسازی یا کف‌سازی یا تهیه‌ی موزاییک‌های رنگی و به‌طور کلی توجه بیش‌تر به زیبایی در معماری نیاز به سیمان‌های رنگی خصوصاً سیمان سفید است. با توجه به این که رنگ دودی متمایل به سبز سیمان پرتلند معمولی به دلیل وجود اکسیدهای آهن در آن است در این صورت برای ساختن سیمان سفید اکسیدهای آهن را از آن جدا می‌کنند[۲].

طریقه‌ی دیگر این است که به سیمان سفید، رنگ‌های معدنی (به شرطی که با سیمان ترکیب شیمیایی نداشته باشد) اضافه می‌کنند. سیمان‌های دیگری چون سیمان انبساطی (متورم یا آب‌بندی)، سیمان برقی (سیمان آلومینا)[۳]، سیمان چاه‌های نفت نیز وجود دارد که براساس شرایط ساختمانی مورد

۱ــ نسبت وزنی مخلوط روباره با کلینکر ۶۵٪ روباره به ۳۵٪ کلینکر است.

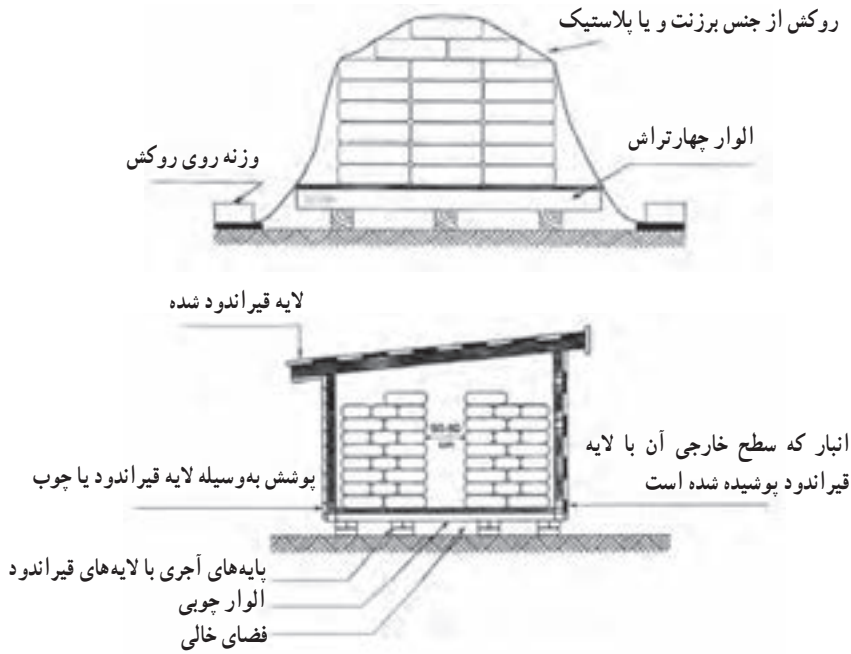
۲ــ برای تهیه‌ی سیمان‌های سبز از کرم اکسید؛ سیمان قرمز و قرمز کم‌رنگ و زرد از آهن اکسیدهای؛ سیمان سیاه و قهوه‌ای از منگنز اکسید و سیمان آبی از کبالت اکسید استفاده می‌شود که این مواد به صورت سنگ همراه کلینکر آسیاب می‌شود.

۳ــ نوعی سیمان با آلومینیوم اکسید زیاد و آهک کم است که در برابر عوامل شیمیایی خصوصاً سولفات‌ها مقاوم است. این سیمان بسیار زودگیر است. به همین دلیل از آن برای لکه‌گیری بتن سدها، پل‌ها و لوله‌های بتنی استفاده می‌شود.

استفاده قرار می‌گیرد.

۶ــ۱۱ــ انبار کردن سیمان

انبار کردن صحیح چه درکارخانه و قبل از عرضه به بازار و چه در کارگاه‌ها و قبل از مصرف امری ضروری است. سیمان باید در جاهایی انبار شود که از رطوبت به دور باشد. چون رطوبت باعثِ گرفتن و سخت شدن سیمان و تبدیل آن به کلوخه می‌شود. چنین سیمانی را نمی‌توان در کارهای ساختمانی استفاده نمود، زیرا علاوه بر دیرگیر شدن، سبب کاهش مقاومت بتن و ملات می‌شود. کف محل نگهداری سیمان باید خشک و توسط آجر یا چهارتراش‌های چوبی ده سانتی‌متری، بالاتر از سطح زمین قرار گیرد. چنان‌چه سیمان در فضای باز نگهداری شود باید روی آن را برزنت یا پلاستیک کشید. حداکثر ارتفاع سیمان‌هایی که روی هم قرار می‌گیرند نباید از یک‌متر و نیم بیش‌تر شود. (شکل ۱ــ۱۱)



شکل ۱ــ۱۱ــ انبار کردن سیمان در فضای باز و بسته

۷ــ۱۱ــ مهم‌ترین کاربرد سیمان در ساختمان

سیمان به صورت ملات در دیوار و کف‌سازی‌ها، یا به صورت بتن در جاهای مختلف ساختمان و تولید قطعات بتنی به کار گرفته می‌شود.

۸ــ۱۱ــ ملات ماسه سیمان

ماده‌ی چسباننده‌ی این ملات سیمان پرتلند است که با نسبت حجمی یک به پنج[۱] یعنی یک واحد سیمان و پنج واحد حجمی ماسه؛ مخلوط و با آب ترکیب می‌شود. در حال حاضر این ملات مرغوب‌ترین نوع ملات ساختمانی محسوب می‌شود. ملات ماسه سیمان باید به مقدار کم ساخته شود به صورتی که از زمان مخلوط کردن آن با آب تا پایان مصرف حداکثر بیش‌تر از دو ساعت نگذرد.

۹ــ۱۱ــ بتن[۲]

بعد از اختراع سیمان و اطلاع از خواص آن، در طول قرن ۱۹ تهیه و تولید سیمان با کیفیت‌های بالاتر رواج یافت و همراه با آن مصرف بتن روبه فزونی گذاشت. به طوری که از ابتدای قرن ۲۰، بتن به عنوان یکی از مواد اصلی ایجاد سازه‌های ساختمانی اهمیت زیادی پیدا نمود.

بتن، سنگ دج مصنوعی، متراکم و همگنی است که از مخلوط کردن دانه‌های سنگی درشت (شن)، دانه‌های سنگی ریز (ریزدانه یا ماسه)، سیمان و آب درست می‌شود. دانه‌های ریز، فضای خالی بین دانه‌های بزرگ را پر می‌کنند و همه‌ی مصالح به وسیله‌ی دوغاب سیمان که خاصیت چسبندگی دارد به هم می‌چسبند. حجم بتن تهیه شده از مجموع حجم اجزای تشکیل‌دهنده‌ی آن کم‌تر است، زیرا قسمت زیادی از حجم دانه‌های ریز صرف پرکردن فضای خالی بین دانه‌های درشت می‌شود. بتن حدود ۱/۵ تا ۲ ساعت پس از ترکیب با آب، واکنش‌های مربوط به گیرایش را شروع می‌نماید. در هفته‌ی اول بتن‌ریزی و در شرایط مناسب نگهداری حدود ۶۰٪ مقاومت نهایی و پس از ۲۸ روز حدود ۹۰٪ مقاومت نهایی خود را به‌دست خواهد آورد. بتن‌هایی که پس از ریختن در شرایط مرطوب نگهداری نشوند مقاومت کم‌تری به‌دست خواهند آورد. درجه‌ی حرارت مناسب برای بتن‌ریزی ۲۵ــ۳۸°C است چنانچه دمای محیط کمتر از ۵ درجه سلسیوس یا بیشتر از ۳۸ درجه سلسیوس باشد بتن‌ریزی باید با اتخاذ تدابیر لازم و فراهم کردن شرایط مناسب صورت گیرد.

۱ــ ترکیب مواد مورداستفاده در ملات‌ها به صورت حجمی یا وزنی است. در کارگاه‌ها بیشتر با نسبت حجمی کار می‌کنند.

۲ــ Concrete

بتن در مقایسه با آهن دارای مزایایی چون شکل‌پذیری، مقاومت فشاری خوب، مقاومت خوب در برابر آتش‌سوزی، و دوام زیاد و هزینه نگهداری کم است. معایب بتن عبارت‌اند از : نیاز به کنترل زیاد در فرآیند تولید (به دلیل استفاده ازمواد مختلف جهت تهیه‌ی آن)، مقاومت برشی و کششی کم‌تر نسبت به آهن، که باعث حجیم شدن اندازه‌ی قطعات در دهانه‌های بزرگ می‌شود.

۱۰ــ۱۱ــ مصالح سنگی در بتن و دانه‌بندی آن‌ها

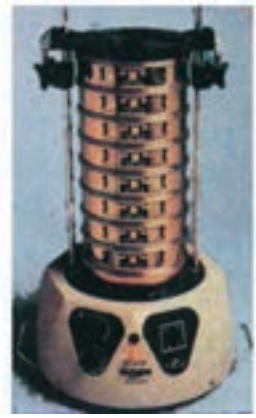
مصالح سنگی یا به عبارت دیگر شن و ماسه در بتن بین۸۵٪ ــ۶۰٪ از حجم بتن را تشکیل می‌دهند. مصالح سنگی نباید هیچ‌گونه ترکیب شیمیایی در بتن انجام دهند. این مصالح باید تمیز و سخت باشند و از تاب فشاری بالایی برخوردار باشند. به طور کلی مصالح سنگی در بتن به دو نوع سنگ‌های ریزدانه (ماسه) و درشت دانه (شن) تقسیم می‌شوند.

الف) سنگ‌های ریزدانه (ماسه) : اندازه‌ی دانه‌های ماسه بین ۷mm ــ۰ است[1] که به همراه سیمان فضای خالی بین دانه‌های بزرگ‌تر را پر می‌کنند تا بتن توپر و محکم شود.

ب) سنگ‌های درشت دانه (شن) : قطراین دانه‌ها از ۷mm به بالا است. برای بتن‌ریزی در حجم‌های کوچک دانه‌های بین ۲۰mm ــ۷ و بتن‌ریزی در حجم‌های بزرگ مانند پی‌ها، سدها دانه‌های درشت‌تر از ۲۰mm استفاده می‌شود. شن و ماسه باید تمیز و عاری از خاک باشد و در کارهای حساس درصد خاک و مقاومت و دانه‌بندی آن‌ها در کارخانه کنترل شود. نسبت حجمی اختلاط سیمان، ماسه و شن را در بعضی آیین‌نامه‌ها به صورت اعداد متوالی ذکر می‌کنند[2].(شکل ۲ــ۱۱)

۱ــ یعنی وقتی مصالح سنگی سرند می‌شوند کلیه‌ی دانه‌هایی که از سوراخ‌های دایره شکل به قطر ۷mm یا مربع‌های به ابعاد ۷×۷mm و کوچک‌تر از آن بگذرند دارای دانه‌بندی ۷ــ۰ میلی‌متر هستند و به آن‌ها ماسه اطلاق می‌شود.

۲ــ مثلاً B1:2:4 یعنی این که ۱ حجم سیمان با ۲ حجم ماسه و ۴ حجم شن را با هم مخلوط کنند.



شکل ۲ــ۱۱ــ شیکر (Shaker) برای سرند کردن دانه‌ها (تصویر سمت راست) انواع الک با شماره‌های مختلف (تصویر سمت چپ)

مطالعه‌ی آزاد

شن و ماسه به دو صورت طبیعی از طریق بستر رودخانه‌ها یا معادن طبیعی دیگر؛ و شکسته شده از طریق خرد کردن سنگ‌ها توسط دستگاه‌های سنگ‌شکن تهیه می‌شود.

شن و ماسه‌هایی که از بستررودخانه‌ها به‌دست می‌آیند معمولاً گردگوشه و صیقلی‌اند و سطح اصطکاک کم‌تری دارند و روی هم می‌لغزند. گاهی دارای مواد اضافی مانند چوب، زغال و ... هستند و دانه‌های ریز آن زیاد است. این نوع شن و ماسه را قبل از مصرف باید دو تا سه بار شست تا خاک رس آن جدا شود.

شن و ماسه‌ی شکسته در سنگ‌شکن‌ها خرد می‌شود و به وسیله‌ی الک‌های مختلف دانه‌بندی می‌گردد. این نوع شن و ماسه تیزگوشه است و از قابلیت اصطکاک بالایی برخوردار است و به همین دلیل روی هم نمی‌لغزند و چنان‌چه بتن‌ریزی خوب انجام شود مقاومت کششی و فشاری بیش‌تری نسبت به دانه‌های طبیعی دارند. در صورت استفاده از دانه‌های شکسته شده در بتن، برای ایجاد کارایی[۱] بیش‌تر باید از آب بیش‌تری استفاده کرد.

بهترین سنگ برای تهیه‌ی شن و ماسه سنگ‌های گرانیتی یا سیلیسی‌اند و هرچه سنگ متراکم‌تر و وزن بیش‌تری داشته باشد برای تهیه‌ی شن و ماسه بهتر است.

۱ــ Workability

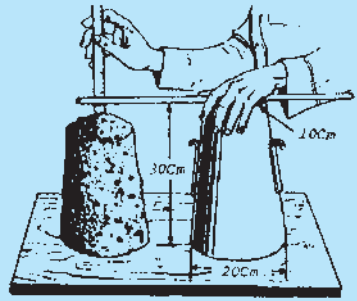
۱۱ــ۱۱ــ آب

آب مورد مصرف در ساختن بتن باید تمیز و عاری از مواد قلیایی، سولفات‌ها، نمک‌ها، اسیدها، مواد آلی، چربی، سختی و مواد معدنی باشد. آب کارخانه‌ها و آبی که در مانداب‌ها و باتلاق‌هاست برای ساختن بتن مناسب نیست. در کارهای حساس و مهم آب مصرفی در بتن باید آزمایش شود. میزان آب مصرفی در بتن باید تا حدی باشد که مخلوط آب، سیمان و شن و ماسه به صورت خمیری شکل پذیر درآید. کیفیت ترکیب این مخلوط باید به گونه‌ای باشد که از به‌وجود آمدن فضای خالی زیاد و پر نشده و جدایی مصالح جلوگیری کند.

مطالعه‌ی آزاد

آزمایش اسلامپ بتن[۱]

برای تعیین غلظت بتن و تشخیص کارایی آن باید آزمایش اسلامپ یا آزمایش شُلی بتن انجام شود. برای این منظور قالب فلزی به شکل مخروط ناقص که قطر قاعده‌ی پایین آن ۲۰ cm و قاعده‌ی بالایی آن ۱۰ cm و ارتفاع آن ۳۰ cm باشد در سه لایه که هر لایه ۲۵ بار با میله‌ای فلزی کوبیده می‌شود پر می‌گردد. بعد از پر شدن قالب، آن را برمی‌دارند. تفاضل ارتفاع بتن پس از برداشتن قالب با ارتفاع قالب مقدار افت یا اسلامپ بتن است. اسلامپ کم نشان‌دهنده‌ی سفتی و غلظت زیاد و اسلامپ زیاد نشان‌دهنده‌ی غلظت کم و شل بودن بتن است.



آزمایش اسلامپ بتن

x = اسلامپ

d= ارتفاع بتن پس از برداشتن قالب

۱ــ Slamp

۱۲ــ۱۱ــ افزودنی‌های بتن

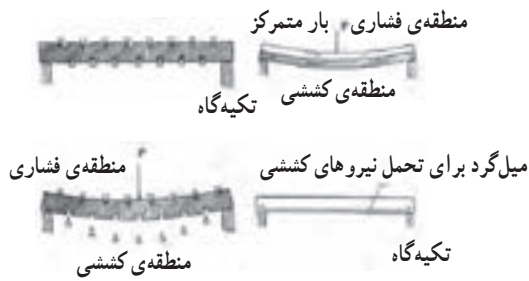
افزودنی‌ها موادی هستند که به خمیر یا دوغاب سیمان اضافه می‌شوند تا برخی خواص بتن مانند شکل‌پذیری، مقاومت، دوام و آب‌بندی آن را بهتر نمایند. گاهی این مواد برای ایجاد مقاومت در برابر یخ‌زدگی و گاه برای آب‌بندی و کم‌کردن نفوذپذیری بتن استفاده می‌شوند. از افزودنی‌های زودگیر برای رسیدن سریع به مقاومت نهایی بتن و از افزودنی‌های دیرگیر برای کم‌کردن سرعت گیرایش بتن استفاده می‌شود. این مواد به مقدار کم و هنگام ساختن بتن به آب آن اضافه می‌شوند. افزودنی‌ها نباید عناصر ترکیب‌کننده سیمان را تجزیه کنند یا با آن‌ها ترکیب شوند.

۱۳ــ۱۱ــ انواع بتن

بتن مسلح[۱] : ایده‌ی ترکیب بتن و فولاد و کشف این خاصیت بتن را قادر به مقاومت در برابر کشش نمود. قبل از کاربرد فولاد در بتن، استفاده از بتن محدود به سازه‌هایی بود که فقط در مقابل فشار مقاومت داشتند. برای تهیه‌ی بتن مسلح، فولاد باید در جایی قرار گیرد که عضو سازه‌ای تحت کشش است و بتن در جایی که عهده‌دار مقاومت فشاری باشد. (شکل‌های ۳ــ۱۱ و ۴ــ۱۱)

فولاد هم‌چنین برای کنترل ترک خوردگی ناشی از انقباض حرارتی عمل می‌کند.

شکل ۴ــ۱۱ــ سازه بتن مسلح برج مراقبت فرودگاه بین‌المللی امام خمینی ــ تهران



شکل ۳ــ۱۱ــ نمودار رفتار تیرچه‌های بتنی در برابر فشار و کشش

۱ــ Reinforced Concrete

بتن سبک : نوعی بتن است که مواد اولیه‌ی تشکیل دهنده‌ی آن از دانه‌های سبک[1] شکل گرفته است. وزن فضایی این نوع بتن کم‌تراز بتن معمولی است.

بتن گازی : چنان‌چه به دوغاب بتن پودر آلومینیوم اضافه شود (درمجاورت آب و هنگام گرفتن) از آن گاز متصاعد می‌شود و بتن متخلخل و سبک می‌گردد. این نوع بتن بسیار سبک است و برای دیوارهای جداکننده از آن استفاده می‌شود.

پرسش‌های پایان فصل

۱ــ سیمان چیست؟ مواد تشکیل دهنده‌ی آن را نام ببرید.

۲ــ انواع سیمان پرتلند را نام ببرید و خواص هریک را به اختصار بنویسید.

۳ــ سیمان رنگی چگونه تولید می‌شود؟

۴ــ بتن چیست؟

۵ــ خاصیت هیدرولیکی و هیدراسیون سیمان چه اثری بر تهیه بتن دارد؟

۶ــ مواد اصلی تشکیل دهنده‌ی بتن چیست؟

۷ــ مصالح سنگی چه نقشی در کیفیت بتن دارند؟ چه خصوصیتی باید داشته باشند؟

۸ ــ بتن مسلح چیست؟ چه تفاوتی با بتن ساده دارد؟

۱ــ مانند پوکه معدنی یا دانه‌های لیکا

فصل دوازدهم

شیشه

هدف‌های رفتاری : در پایان فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ نقش و کاربرد شیشه را در ساختمان شرح دهد.

۲ــ خواص شیشه را نام ببرد.

۳ــ امکاناتی را که شیشه در ساختمان و معماری به‌وجود آورده است، توضیح دهد.

۴ــ نحوه‌ی تولید شیشه را شرح دهد.

۵ــ انواع مختلف شیشه را نام ببرد.

۶ ــ نحوه‌ی تولید شیشه رنگی را شرح دهد.

مقدمه

تاریخچه‌ی پیدایش شیشه به حدود ۶۰۰۰ سال پیش می‌رسد و اولین بار استفاده از آن به صورت زیورآلات بوده است. شیشه جسمی است شفاف که نور را از خود عبور می‌دهد و اجسام از پشت آن نمایان می‌شوند[۱]. برای انسان همواره هدایت نور به داخل بنا، به شرط کنترل اثرات ناخوشایند محیط بیرون بر فضای درون و تنظیم شرایط محیطی، مورد توجه بوده است. به همین دلیل شیشه در معماری به منظور حفظ فضاهای داخل از اثرات نامطلوب شرایط طبیعی مانند باد و باران، سرما، گرما، گرد و خاک، و هم‌چنین رساندن نور و به تبع آن زیبایی به فضاها، مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه

۱ــ Transparent

بر این استفاده از آن احجام سنگین را سبک می‌کند و به بنا جلوه و ارزش‌های خاص می‌دهد. امروزه معماری بدون استفاده از شیشه مشکل و غیرممکن به‌نظر می‌رسد. (شکل ۱ــ۱۲)

معماری معاصر بخش بسیار مهمی ازگسترش خود را مدیون صنعت شیشه است. هم‌چنین افزایش کارآیی و مطرح شدن انواع شیشه‌ها بر اهمیت آن در ساختمان افزوده است.

شکل ۱ــ۱۲ــ شیشه‌های رنگی پنجره‌ی ارسی خانه زینت‌الملک شیراز

با توجه به آثار معماری می‌توان گفت در ایران اولین بار شیشه برای پوشاندن نورگیرهای سقفی مورد استفاده قرار گرفته است. برای این منظور آن را به صورت جامی کم‌عمق شکل می‌دادند و این جام را به صورت وارونه در بام خانه‌ها یا حمام‌ها نصب می‌کردند.(شکل ۲ــ۱۲) اصطلاح شیشه جام نیز از همین‌جا نشئت گرفته است.

شکل ۲ــ۱۲ــ استفاده از گلجام در بازسازی سقف حمام

به طور کلی شیشه جسمی سخت است که فقط الماس بر آن خش می‌اندازد. برای بریدن شیشه ابتدا با الماس یا چرخک شیشه‌بری روی آن خط می‌اندازند، سپس با کمی خم کردن،آن را دو تکه می‌کنند. شیشه در برابر مواد شیمیایی پایدار است و تنها فلوئوریک اسید (HF) باعث خوردگی آن می‌شود.

هدایت گرمایی و الکتریسیته شیشه کم است. کم و زیاد شدن دمای هوا باعث بروز تنش و نهایتاً شکستن شیشه می‌شود. شیشه در برابر ضربه و گرمای زیاد، مقاومت چندانی ندارد و برای جلوگیری از اثرات موارد مذکور شیشه‌های نشکن، مسلح و ضد حریق یا ضدآتش می‌سازند.

مطالعه‌ی آزاد

شیشه‌سازی :

برای تولید شیشه، سنگ‌های سیلیسی را در کوره حرارت می‌دهند تا به صورت خمیری شل و روان درآید. برای آن که این سنگ‌ها زودتر ذوب شود آن‌ها را به اندازه‌ی دانه‌های ماسه درمی‌آورند و به آن گدازآور[1] اضافه می‌کنند. علاوه بر مواد فوق اندکی خرده شیشه هم به درون کوره می‌ریزند.

بیشتر شیشه‌هایی که در ساختمان‌سازی مصرف می‌شود دارای گدازآور سدیمی هستند. کربنات‌های سدیم و پتاسیم به کندی در آب حل می‌شوند، به همین دلیل شیشه‌هایی که حاوی این عناصر باشند در برابر اثرات جوّی، خصوصاً هوای گرم و مرطوب، پایدار نخواهند بود و شفافیت خود را ازدست می‌دهند. اگر آهک را از مواد اولیه شیشه جدا کنند و سدیم سیلیکات یا پتاسیم سیلیکات را با فشار بخار آب درهم حل کنند آب شیشه بدست می‌آید.

۱ــ۱۲ــ ترکیب شیشه‌های ساختمانی

مواد اولیه‌ی تشکیل‌دهنده شیشه‌های ساختمانی و نسبت ترکیب آن‌ها در جدول صفحه بعد آمده است.(جدول ۱ــ۱۲)

۱ــ گدازآورهای شیشه شامل سنگ آهک $CaCO_3$، سدیم سولفات Na_2SO_4، سدیم کربنات Na_2CO_3، پتاسیم کربنات K_2CO_3، دولومیتا $MgCO_3 . CaCO_3$ است. اندازه‌ی دانه‌های سیلیس و گدازآورها باید تا حدی باشد که فشار شعله‌ی کوره باعث جابه‌جایی آن‌ها نشود.

جدول ۱ــ۱۲ــ عناصر اولیه تولید شیشه

عناصر اولیه‌ی تولید شیشه	نسبت مواد (درصد وزنی)
منگنز اکسید[۱]	۴
کلسیم اکسید	۸ــ۱۲
سدیم اکسید	۱۲ــ۱۵
سیلیس[۲]	۷۱ــ۷۴
سیلیکات[۳]	۰/۴ــ۰/۷
آهن اکسید[۴]، منگنزاکسید، آلومینیوم‌اکسید، تیتانیوم‌اکسید[۵]	۰/۵ــ۱/۲

به دلیل این که سیلیس و آهک مقدار کمی آهن دارند در کوره سیلیکات آهن تشکیل می‌دهند و همین ماده باعث سبز شدن رنگ شیشه می‌شود. چنان‌چه ساخت شیشه‌ی بی‌رنگ مورد نظر باشد باید آهن اکسید موجود در ماسه سیلیسی و سنگ آهک را از آن جدا نمود.

مطالعه‌ی آزاد

کوره‌ی شیشه‌گدازی :

برای تهیه‌ی شیشه ابتدا مواد خام شیشه را به نسبت‌های مشخص ترکیب و به درون کوره‌های ذوب هدایت می‌کنند. شیشه در گرمای حدود $۱۴۵۰^{\circ}C$ به خمیر روان همگن تبدیل می‌شود. (گرمای شعله به حدود $۱۵۰۰^{\circ}C$ ــ $۱۶۰۰^{\circ}C$ می‌رسد.) کوره‌های کوچک با ظرفیت چند تن و کوره‌های بزرگ تا گنجایش ۱۵۰۰ تن هم ساخته شده است. کوره ممکن است مساحتی حدود $۲۵۰ m^{۲}$ داشته باشد و ارتفاع شیشه مذاب تا یک متر برسد.

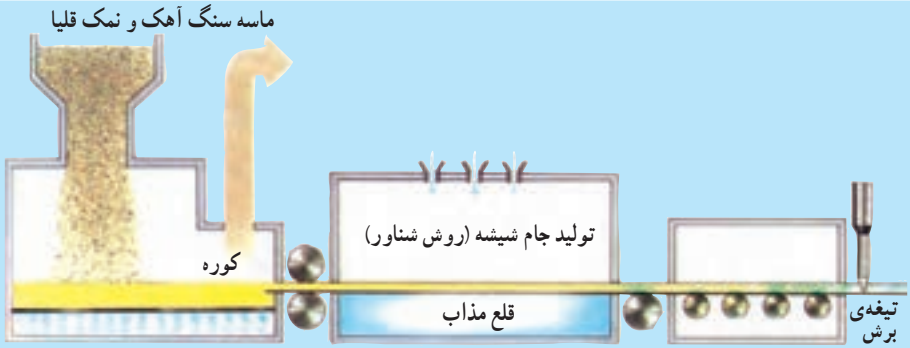
۱ــ MnO

۲ــ $SiO_{۲}$

۳ــ $SiO_{۳}$

۴ــ $Fe_{۲}O_{۳}$

۵ــ $TiO_{۲}$



تصویر شماتیک کوره‌ی ذوب شیشه و تولید شیشه‌ی جام به روش قلع مذاب

به منظور این که گرمای درون کوره و شیشه‌ی گداخته شده بر بدنه‌ی کوره اثر ننماید درون آن با آجر نسوز پوشیده شده است.

انواع روش‌های شکل دادن به شیشه

برای شکل دادن به شیشه روش‌های مختلفی ازجمله دمیدن (فوت کردن)، کشیدن، ریختن، نورد، پرس کردن (فشردن)، مسلح کردن و تنیدن وجود دارد. به‌جز روش ریختن که نیاز به شیشه‌ی مایع و روان دارد و تنیدن که شیشه را تا درجه‌ی سرخ شدن $700^{\circ}C$ گرما می‌دهند، در دیگر روش‌ها عمدتاً از خمیر شیشه که درجه‌ی حرارتی حدود $1100^{\circ}C$ دارد استفاده می‌شود.

در گذشته برای ساختن شیشه‌ی جام خمیر آن را روی نوک لوله‌ی سبک توخالی (نی) می‌گذاشتند و به درون لوله می‌دمیدند تا خمیر، شکل گوی بگیرد. مجدداً آن را سرخ کرده و می‌غلتاندند تا به شکل استوانه‌ای درآید. استوانه‌های شیشه‌ای را در قالب‌های چوبی قالب می‌زدند و پس از جدا کردن سر و ته، آن را از طول می‌بریدند تا باز شود و پس از نورد به صورت تخت درآید. از ابتدای قرن بیستم میلادی این روش منسوخ و روش‌های جدید جایگزین آن شد.

ساخت فرآورده‌های شیشه‌ای به روش سنتی (تولید بطری شیشه‌ای)

۲ــ۱۲ــ ساختن شیشه جام به روش جدید و انواع آن

برای این منظور آجر نسوز شکاف داری را روی خمیر شیشه در «حوضچه‌ی برداشت» قرار می‌دهند. خمیر شیشه از درز آجر نسوز به بالا کشیده می‌شود. سپس آن را از لای نوردهای فولادی عبور می‌دهند تا شکل بگیرد. (شکل۳ــ۱۲) هنگامی که خمیر شیشه درحال عبور از اولین نورد غلتکی است هوای سرد عبور داده می‌شود تا خمیر شیشه سفت شود (نورد دستگاهی شبیه به وردنه‌ی نانوایی است که خمیر را با آن پهن می‌کنند). سپس آن را در اندازه‌های موردنظر برش می‌دهند.

در برخی کارخانه‌ها خمیر شیشه پس از عبور از نخستین مرحله‌ی نورد، ۹۰درجه به دور غلتک دیگر چرخانده می‌شود تا روی بستر افقی قرار گیرد. با روش کشیدن شیشه‌ی جام را تا ضخامت هفت میلی‌متر می‌سازند.

شکل ۳ــ۱۲ــ شیشه‌ی جام تخت پس از خروج از کوره

ابعاد شیشه‌های جام در جدول زیر ذکر شده است. (جدول ۲ــ۱۲)

جدول ۲ــ۱۲ــ ضخامت و ابعاد شیشه‌های جام

ضخامت شیشه (میلی‌متر)	ابعاد شیشه (سانتی‌متر)
۲	۱۵۰×۲۰۰
۳	۱۶۰×۲۰۰
۴	۱۶۰×۲۰۰

رواداری ضخامت شیشه می‌تواند تا ۰/۱ میلی‌متر کم‌تر یا بیش‌تر باشد. مثلاً ضخامت شیشه‌ی سه میل می‌تواند ۲/۹ تا ۳/۱ میلی‌متر شود. جدول رواداری انواع شیشه به شرح زیر است.(جدول ۳ــ۱۲)

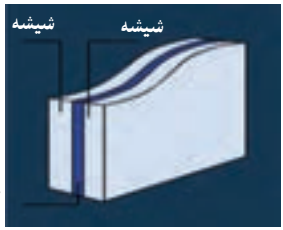
جدول ۳ــ۱۲ــ رواداری انواع شیشه براساس ضخامت آن

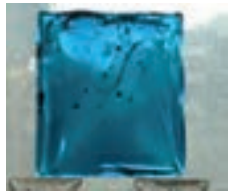
نوع شیشه	ضخامت اسمی برحسب میلی‌متر	حداکثر رواداری برحسب میلی‌متر
شیشه‌های نازک	۱ ۲	±۰/۲
شیشه‌های متوسط	۲/۲ ۳ ۴	±۰/۳
شیشه‌های ضخیم	۵ ۵/۵ ۶	±۰/۳
	۸ ۱۰ ۱۲ ۱۵	±۰/۴ ±۰/۶ ±۰/۸ ±۱

برای ساختن شیشه‌ی جام بدون موج و با ضخامت یک دست، شیشه را از میان غلتک‌های نورد می‌گذرانند و بر بستری از قلع مذاب قرار می‌دهند. درجه‌ی ذوب قلع $^{\circ}C$ ۲۳۱ است و چون اثر شیمیایی بر شیشه به جای نمی‌گذارد از آن استفاده می‌شود. برای این که شیشه سفت نشود از بالا و پایین به آن گرما می‌دهند. با این روش شیشه‌های جام نازک با ضخامت حدود ۳mm تا ۶mm ساخته می‌شود و با افزایش ضخامت شیشه سطح آن می‌تواند بیش‌تر شود.

به منظور تولید شیشه برای به‌کارگیری در شرایط متفاوت انواع شیشه‌ها تولید می‌شود. مثلاً چنان‌چه شیشه را تا $^{\circ}C$ ۷۰۰ سرخ کنند و سپس دو طرف شیشه‌ی سرخ شده را با هوا سرد نمایند دو روی آن منقبض می‌شود و با فشرده شدن شیشه مقاومت آن در برابر فشار و ضربه افزایش می‌یابد. به این نوع شیشه تنیده یا سکوریت (شیشه‌ی جام نشکن حرارتی) می‌گویند. انواع شیشه با کیفیت‌های مختلف عبارت‌اند از : شیشه‌ی مشجّر، شیشه‌ی ریختگی، شیشه‌ی جام مات، شیشه‌ی رفلکس(انعکاسی)،

شیشه‌ی سیلیسی (کوارتزی)، شیشه‌ی مسلح (با تور سیمی)، شیشه‌ی خم، شیشه‌ی لایه‌دار (لمینت)، شیشه‌ی ضدگلوله (لمینت ضدگلوله)، بلوک شیشه، شیشه‌ی شیری، تار شیشه، کف شیشه، آب شیشه[1]، و شیشه‌های رنگی. این شیشه‌ها براساس نیاز و شرایط طراحی در ساختمان مصرف می‌شوند. (شکل ۴ــ۱۲)




بلوک شیشه‌ای

شکل ۴ــ۱۲ــ کاربرد شیشه در پنجره‌های دوجداره و تصاویری از شیشه جام لایه‌دار و بلوک شیشه‌ای

۳ــ۱۲ــ طریقه‌ی نگهداری و انبار کردن شیشه

چنان‌چه شیشه‌ی جام را برای مدتی طولانی در یک محل نگهداری کنند، محل آن باید سرپوشیده، خشک و فاقد رطوبت باشد. شیشه‌ی جام را باید در جعبه‌های چوبی محکم و درون پوشال بسته‌بندی نمود یا در تکیه‌گاه‌های ایستاده با سطح صاف و به صورت عمودی قرار داد. معمولاً مشخصات شیشه، ابعاد و اندازه و نام کارخانه‌ی سازنده را روی جعبه‌های آن درج می‌نمایند. قرار دادن تعداد زیادی شیشه‌ی جام روی یک‌دیگر، در صورتی که باید برای مدت زیاد در انبار نگهداری شود، درست نیست زیرا امکان چسبیدن آن‌ها به یک‌دیگر و غیرقابل استفاده شدنشان وجود دارد. در صورت ضرورت نگهداری‌های طولانی مدت، باید بین هر دو جام، یک لایه‌ی کاغذ قرار داد.

۱ــ Waterglass

پرسش‌های پایان فصل

۱ــ خواص شیشه‌ی ساختمانی را ذکر کنید. چه دلایلی برای کاربرد روزافزون آن در ساختمان وجود دارد؟

۲ــ عناصر اصلی تولید شیشه را نام ببرید.

۳ــ شیشه‌ی جام بدون موج چگونه تولید می‌شود؟

۴ــ شیشه‌ی جام تنیده چگونه تولید می‌شود؟ چه خاصیتی دارد و در چه جاهایی استفاده می‌شود؟

۵ ــ انواع شیشه‌هایی را که ممکن است در ساختمان به‌کار گرفت نام ببرید.

۶ ــ طریقه‌ی انبار کردن و نگهداری شیشه را به اختصار بنویسید.

فصل سیزدهم

عایق‌های رطوبتی، حرارتی و صوتی

هدف‌های رفتاری : در پایان فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ اهداف عایق‌بندی رطوبتی، حرارتی و صوتی را توضیح دهد.

۲ــ متداول‌ترین روش‌های عایق‌بندی رطوبتی، صوتی و عایق‌کاری حرارتی را شرح دهد.

۳ــ خواص قیر را توضیح دهد.

۴ــ موارد کاربرد قیرهای معدنی و پالایشگاهی را نام ببرد.

۵ ــ مزایای استفاده از عایق قیر را توضیح دهد.

۶ــ مصالح مهم و رایجی را که برای صدابندی و عایق‌کاری حرارتی به‌کار می‌رود، نام ببرد.

مقدمه

ایجاد شرایط آسایش در ساختمان‌ها مستلزم توجه به سه نوع عایق‌کاری رطوبتی، حرارتی و صوتی است. هریک از این عایق‌کاری‌ها نیازمند استفاده و به‌کارگیری نوع خاصی از مصالح است که باید در مرحله‌ی طراحی لحاظ شود و در مرحله‌ی ساخت بنا اجرا گردد. از انواع مذکور، عایق رطوبتی از گذشته‌های دور مورد توجه بوده است. عایق‌های رطوبتی به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت، حتی اگر محل عایق‌کاری تحت فشار آب باشد، به‌کار می‌روند. ازعایق رطوبتی در بام‌ها،

منابع آب، پی‌ها، کف و بدنه‌ی زیرزمین استفاده می‌شود.

انواع مصالحی که از گذشته تاکنون، به عنوان عایق رطوبتی در ساختمان‌ها به‌کار می‌رفته، شامل خاک رس، مواد قیری، فلزات و آلیاژهای آن‌ها، چوب، ملات‌ها، آردواز، آزبست، و ... است. از میان مصالح فوق، قیر و گونی مهم‌ترین عایق رطوبتی است که برای نم‌بندی یا آب‌بندی بناها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱ــ۱۳ــ قیر[۱] و انواع عایق‌های قیری

قیر ماده‌ی سیاه چسبنده‌ای است که استفاده‌ی از آن در ساختمان قدمتی ۵۰۰۰ ساله دارد. قیر در دمای عادی جسم سخت و شکننده‌ای است که قطعات آن را با چکش جدا می‌کنند. با گرما دادن به قیر ابتدا سفت و سپس خمیری، بعد شل می‌شود و سپس به شکل مایع درمی‌آید. قیر دانه‌های سنگی را به یک دیگر می‌چسباند، از این رو برای رویه‌ی آسفالتی جاده‌ها کاربرد دارد. هم‌چنین به دلیل این که آب در آن نفوذ نمی‌کند، برای آب‌بندی ساختمان‌ها و جاهایی که باید از رطوبت مصون باشد به‌کار می‌رود.

شکل ۱ــ۱۳ــ عایق کاری رطوبتی با استفاده از عایق آماده

قیر از قدیم در ایران مورد استفاده بوده است و در حال حاضر متداول‌ترین عایق رطوبتی در ایران محسوب می‌شود که به صورت قیر و گونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این به صورت انواع عایق‌های قیری دیگر مانند مشمع‌های قیری و ورق‌های قیراندود و در سال‌های اخیر به صورت پوشش‌های پیش‌ساخته‌ی کارخانه‌ای تولید و استفاده می‌شود. (شکل ۱ــ۱۳)

۲ــ۱۳ــ انواع قیرها

امروزه قیر به سه صورت قیرهای معدنی (طبیعی) و پالایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الف) قیرهای معدنی[۲]، به صورت قیر طبیعی آماده یا سنگ‌های قیری در محیط طبیعت یافت

۱ــ Tar;Bitumen

۲ــ قیری است که به صورت طبیعی به وجود آمده و از قدیم‌الایام برای هر نوع عایق‌کاری رطوبتی استفاده می‌شده است.

می‌شوند.

ب) قیرپالایشگاهی، نوع دیگر قیر است، که از پالایش نفت خام به‌دست می‌آید و امروزه کاربرد بیش‌تری در ساختمان دارد. و در راه‌سازی و عایق‌کاری رطوبتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و شامل انواع زیر است :

۱ــ قیرهای خالص: این نوع قیرها در پالایشگاه نفت خام تولید می‌شوند. از این قیر در کارخانه‌های آسفالت‌سازی استفاده می‌شود.

۲ــ قیر هوا دمیده یا اکسید شده : روند تهیه‌ی این قیر به گونه‌ای است که خاصیت نرمی و کشش‌پذیری آن در سرما حفظ می‌شود.

۳ــ قیرهای محلول : این قیرها را از حل کردن قیر خالص در بنزین، نفت چراغ و نفت کوره به‌دست می‌آورند و آن‌ها را بسته به نوع حلّال‌شان به سه دسته قیرهای محلول زودگیر، کندگیر و دیرگیر تقسیم می‌کنند.

۴ــ قیرهای نفتی امولسیون[1] : قیر امولسیون مایعی به رنگ قهوه‌ای است که دارای دانه‌های بسیار ریز (نزدیک به میکرون) است که در آب پراکنده و شناورند و با اضافه کردن آب رقیق می‌شود. این قیر برای پایداری خاک‌ها و ماسه‌های روان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

انواع دیگر قیر که در نتیجه‌ی گرما دادن به زغال سنگ و سردکردن گاز حاصل از تقطیر آن به‌دست می‌آید قطران است که در آب‌بندی و ساختن رویه‌های راه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳ــ۱۳ــ شناسایی کیفیت قیرها

قیرها به‌طور خاص با درجه‌ی نفوذ[2] و درجه‌ی نرمی[3] شناسایی و نام‌گذاری می‌شوند. البته قیر، به جز این دو خاصیت، ازخواص دیگری نیز برخوردار است که با توجه به آن‌ها درجه‌بندی می‌گردد.

درجه‌ی نفوذپذیری : این خاصیت نشان دهنده‌ی روانی، شلی، خمیری و سفتی قیر است. در مناطق گرم قیر با درجه‌ی نفوذ کم (برای این‌که جاری نشود) و در مناطق سرد قیر با درجه‌ی نفوذ بالا (برای این که بتواند به درون خُلَل و فُرَج سطحی که باید عایق شود، نفوذ کند و برودت هوا باعث سختی و شکنندگی آن نشود) استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، چون در هوای سرد خطر جاری شدن قیر

۱ــ امولسیون مخلوط دو مایع است که در یک‌دیگر حل نمی‌شوند و یکی در دیگری به صورت شناور قرار می‌گیرد.

۲ــ Penetration Point

۳ــ Softening Point

وجود ندارد، می‌توان از قیر با درجه‌ی نفوذ بالا استفاده کرد.

مطالعه‌ی آزاد

درجه‌ی نفوذ قیر میزان فرورفتن سوزنی فلزی به وزن ۱۰۰g در دمای ۲۵°C درمدت زمان ۵ ثانیه در قیر است. این خصوصیت با «درجه» نمایش داده می‌شود و هر درجه معادل ۰/۱mm نفوذ در قیر است. عدد به‌دست آمده معمولاً در سمت راست نوع قیر نوشته می‌شود. مثلاً قیر ۲۵ــ ۸۵ یعنی قیری که درجه‌ی نفوذ آن ۲۵ است. به عبارتی سوزن ۱۰۰ گرمی در دمای ۲۵°C و در مدت ۵ ثانیه معادل ۲/۵mm در این قیر نفوذ می‌کند.

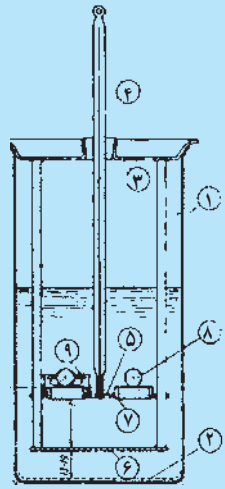
درجه‌ی نرمی: درجه‌ی نرمی، درجه‌ی حرارتی است که قیر از حالت جامد به حالت روان درمی‌آید. هرچه درجه‌ی نرمی قیر بیش‌تر باشد (به عبارت دیگر درجه‌ی حرارتی که قیر به حالت روان درمی‌آید زیاد باشد)، درمقابل افزایش درجه‌ی حرارت محیط کم‌تر حساس می‌شود و درجه‌ی نفوذ آن نیز کمتر می‌شود.

در مناطق گرم به دلیل بالا بودن درجه‌ی حرارت، قیر با درجه‌ی نرمی بالا و در مناطق سرد به دلیل پایین بودن دمای محیط قیر با درجه‌ی نرمی کم لازم است[1].

مطالعه‌ی آزاد

درجه‌ی نرمی قیر در گرمای زیر ۱۰۰°C با استفاده از حلقه‌ی برنجی پر شده از قیر که روی آن گلوله فلزی به وزن ۳/۵g قرار گرفته است، اندازه‌گیری می‌شود. این آزمایش در ظرف شیشه‌ای پر از آبی که از زیر به آن گرما می‌دهند اجرا می‌شود. گرمای ظرف را در هر دقیقه یک درجه افزایش می‌دهند و حرارت تا آن‌جا که آب موجود در ظرف، قیر را تا حدی نرم کند که گلوله از درون قیر بگذرد ادامه می‌یابد. درجه‌ی گرمایی که در آن گلوله از درون قیر عبور کند، درجه‌ی نرمی قیر است. عدد به‌دست آمده را در سمت چپ می‌نویسند. مثلاً قیر ۲۵ــ۸۰ R یعنی قیری که در شرایط آزمایشگاهی و در دمای ۸۰°C گلوله ۳/۵ گرمی از آن عبور می‌کند.

۱ــ به همین دلیل از قیر ۹۰–۱۵ R در مناطق گرم یا مناطقی که اختلاف درجه‌ی حرارت روز و شب آن زیاد است و برای سطوحی که در تماس مستقیم با آفتاب‌اند، استفاده می‌شود. در مناطق سردسیر و معتدل از ۸۰–۲۵ R (قیر شل) استفاده می‌کنند این قیرها معمولاً با قیر خالص ۷۰–۶۰ R مخلوط و مصرف می‌شود.

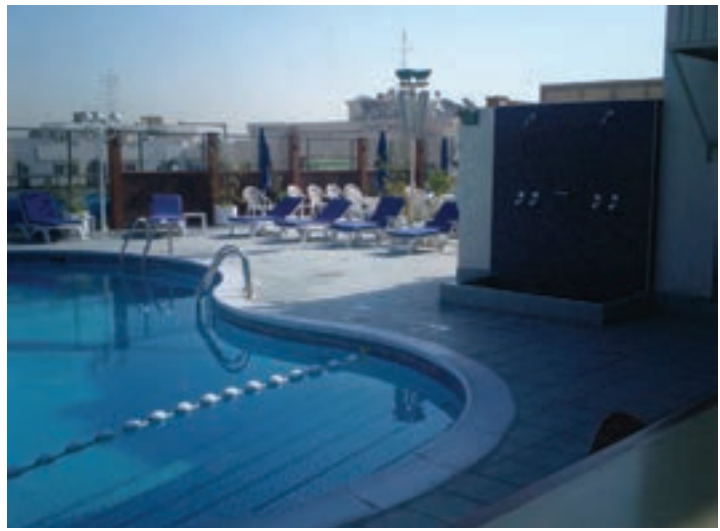


۱ــ جام شیشه‌ای پشت پیدا با گنجایش $800\ cm^3$
۲ــ توری برنجی با سوراخ‌هایی به دهانه ۱/۷ م م.
۳ــ درپوش نگاه‌دارنده‌ی گرماسنج
۴ــ گرماسنج
۵ ــ نگاه‌دارنده‌ی گلوله و حلقه پر شده از قیر
۶ ــ نگاه‌دارنده‌ی گلوله پس از فروافتادن
۷ــ حلقه‌ی برنجی یا فولاد زنگ نزن، پر شده از قیر
۸ ــ گلوله‌های فولادی زنگ نزن
۹ــ میله تنظیم‌کننده محل قرارگیری گلوله فولادی

آزمایش تعیین درجه‌ی نرمی

۴ــ۱۳ــ کاربرد قیر در ساختمان

مصرف قیر در ساختمان به صورت قیروگونی، پوشش‌های پیش‌ساخته عایق‌کاری و یا مشمع‌های قیراندود برای عایق‌کاری پشت بام، روی پی‌ها یا مکان‌هایی مانند حمام و آشپزخانه است که دائماً درمعرض شست‌وشو و رطوبت قرار دارند. (شکل ۲ــ۱۳)



شکل ۲ــ۱۳ــ عایق‌کاری مناسب امکان ساخت استخر درپشت‌بام را میسر ساخته است.

گونی‌هایی که برای عایق‌کاری در ساختمان مصرف می‌شوند برحسب نوع بافت و وزن، یک متر مربع از آن‌ها به سه درجه تقسیم می‌شوند. (جدول ۱ــ۱۳)

جدول ۱ــ۱۳ــ ویژگی‌های گونی کنفی برای عایق‌کاری رطوبتی

ردیف	شرح ویژگی	حدود قابل قبول	روش آزمایش
۱	وزن یک مترمربع به گرم (حداقل)	۳۱۰	استاندارد ایران به شماره‌ی ۱۱۴۸
۲	تعداد تار در یک دسی‌متر	۴۳+۳	استاندارد ایران به شماره‌ی ۶۸۲
۳	تعداد پود در یک دسی‌متر	۴۳+۳	استاندارد ایران به شماره‌ی ۶۸۳
۴	مقاومت در جهت تار به نیوتن (حداقل)	۶۸۶	استاندارد ایران به شماره‌ی ۱۱۴۷
۵	مقاومت در جهت پود به نیوتن (حداقل)	۷۸۴	استاندارد ایران به شماره‌ی ۱۱۴۸
۶	چربی نخ درصد وزنی (حداکثر)	۲	استاندارد ایران به شماره‌ی ۳۰
۷	اندازه‌ی چشمه در جهت تار و پود به میلی‌متر	حداقل ۲/۲ حداکثر ۲/۵	
۸	یک‌نواختی	درظاهر دارای بافت یکنواخت است.	چشمی

۵ــ۱۳ــ مزایای قیر

مزایای قیر غیرقابل نفوذبودن در برابر رطوبت و آب، قابلیت شکل‌پذیری و ارتجاعی، خاصیت چسبندگی و چسباندن دانه‌های سنگی به یک‌دیگر، پایداری نسبتاً خوب در مواجهه با اسیدها، بازها و نمک‌ها و هم‌چنین عایق‌بودن در برابر الکتریسیته است.

۶ــ۱۳ــ معایب قیر

قیر در هوای گرم روان می‌شود، در گرمای بالا یا در مواجهه با حرارت تجزیه می‌شود و می‌سوزد، مقاومت فشاری و کششی کمی دارد به‌طوری که تغییر شکل می‌دهد و در روغن‌های معدنی و برخی حلّال‌های دیگر مانند سولفورکربن حل می‌شود.