دانشکده فنی و حرفه ای میرزاکوچک صومعه سرا

درس فناوری بتن
مدرس:سید مرتضی عسکری رانکوه
جلسه اول

منابع جزوه:

مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

تکنولوژی و طرح اختلاط بتن/ دکتر داوود مستوفی نژاد

تکنولوژی بتن/ دکتر علی اکبر رمضانیانپور دکتر محمدرضا شاه نظری

دستنامه بتن/ وادل و دوبرووولسکی ترجمه علی اکبر رمضانیانپور ، شاپور طاحونی و منصور پیدایش

روش ملی طرح مخلوط بتن/ سازمان تحقیقات ساختمان و مسکن

۱-مقدمه:

امروزه بتن در کنار فولاد یکی از مهمترین مصالح در پروژه‌های عمرانی می‌باشد.با توجه به کاربرد گسترده بتن در اکثر پروژه‌های عمرانی مثل راه، پل، ابنیه، سد و سایر تاسیسات زیر بنایی، بتن را می‌توان پر مصرف ترین ماده ساختمانی نامید. در آمریکا مصرف بتن ۵ برابر مصرف فولاد براورد شده است. در بعضی کشور ها مصرف بتن تا ۱۵ برابر مصرف فولاد است.

درحالت کلی بتن ماده مرکبی است که از یک ماده چسباننده که ماده سیمانی نیز نامیده میشود ویک یا چند بخش سخت تشکیل شده است. به عنوان مثال ماده سیمانی مخلوط آسفالت قیر و ماده سیمانی بتن گوگردی گوگرد می باشد. در بتن های مرسوم که که نوعی سنگ مصنوعی هستند ماده چسباننده که به دلیل نیاز به ترکیب با آب بتن هیدرولیکی نیز نامیده می‌شود از سیمان های پرتلند ویا ترکیب از سیمان های مختلف و پوزولان ها تشکیل شده است. اجزای اصلی این بتن ها عبارتند از سیمان ، آب ، سنگدانه و هوا که با توجه به کاربرد بتن می توان از مواد افزودنی نیز در ترکیب بتن استفاده کرد.

سیمان که حدود ۷ الی ۱۵ در صد حجم بتن را تشکیل میدهد جزء اصلی چسباننده اجزای بتن است.

نقش آب که ۱۴ الی ۲۱ درصد حجم بتن را تشکیل میدهد انجام واکنش هیدراسیون با سیمان و نیز ایجاد روانی در بتن برای حرکت در قالب است.

سنگدانه ها که نقش اصلی را در مقاومت فشاری بتن ایجاد می کنند حدود۶۰ الی ۷۵ درصد حجم بتن را تشکیل میدهند. سنگدانه ها به دو بخش شن(درشت دانه) و ماسه (ریز دانه) تقسیم میشوند.به سنگ دانه های بین ۷۵ میکرون تا ۴.۷۵ میلیمتر ماسه و به سنگدانه های بیش از ۴.۷۵ شن میگویند.

هوا حدود ۱.۵ تا ۳ درصد حجم بتن را تشکیل میدهد. معمولا در طی فرایند ساخت بتن مقداری هوای ناخواسته وارد بتن میشود که برای جلوگیری از آسیب و تضعیف بتن با عمل ویبراسیون این هوا از بتن خارج میشود. در بعضی موارد برای افزایش روانی و یا سبک سازی بتن با استفاده از مواد مخصوص افزودنی حباب هایی در بتن ایجاد میشود.

مهمترین مزایای بتن عبارتند از:

- عمر طولانی سازه های بتنی
- مقاومت در برابر آتشسوزی
- در دسترس بودن مصالح
- فرم پذیری
- مقاوت فشاری مناسب
- نیاز به نیروی متخصص کمتر و در دسترس تر

مهمترین معایب بتن عبارتند از:

- کنترل کیفیت دشوارتر نسبت به مصالحی همچون فولاد به دلیل عوامل متعدد تاثیر گذار
- سنگین بودن سازه های بتنی در قیاس با سازه های فولادی
- ابعاد بزرگ اعضای سازه های بتنی در مقابل سازه های فولادی
- سرعت پایین اجرا
- محدودیت های اجرایی به علت شرایط آب و هوایی
- مقاومت کششی کم

سیمان

۲-سیمان

سیمان ترجمه فارسی لغت سمنت (Cement) است که این کلمه از کلمه رومی سمنتوم نشات گرفته شده است.

به طور کلی به هر ماده ای که دارای خاصیت چسبندگی باشد و بتواند مواد مختلف را به هم بچسباند سیمان گفته می‌شود.

چسباننده ها را در صنعت ساختمان می توان به ۴ گروه اصلی تقسیم کرد:

۱- چسباننده های بر پایه کلسیم مثل گچ ، آهک و سیمان پرتلند
۲- چسباننده های هیدروکربنی مثل قیر
۳- چسباننده‌های گیاهی و حیوانی مثل سریش
۴- چسباننده های بر پایه مواد معدنی مثل گوگرد

چسباننده ها از نظر شرایط محیطی برای گیرش به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- چسباننده های هوایی که فقط در برابر هوا سخت می شوند مثل گچ
۲- چسباننده های آبی- هوایی که هم در مجاورت هوا و هم در مجاورت آب و حتی درزیر آب سخت می شوند مثل سیمان

تاریخچه سیمان:

قرن ها قبل ایرانیان ، مصریان و یونانیان باستان با استفاده از آهک و خاکستر و مواد دیگر ، ماده ای به نام ساروج را برای استفاده‌های ساختمانی ساختند که خواصی مشابه سیمان امروزی داشت.
از حدود ۳۰۰ سال قبل از میلاد رومی ها از نوعی سیمان هیدرولیکی استفاده می کردند که بقایای آن در بناهای کلوسیم و پانتنون موجود است.

در قرن های ۱۷ و ۱۸ میلادی افرادی مثل جان اسمیتن وجیمز پارکر ترکیباتی مشابه سیمان های امروزی را ابداع کردند. در سال ۱۸۲۴ جوزف اسپیدین با حرارت دادن ترکیبی از خاک رس و سنگ آهک سیمانی تهیه کرد که به دلیل شباهت رنگ این سیمان با سنگهای جزایر پرتلند این ماده به عنوان سیمان پرتلند نامیده شد که امروزه نیز این پسوند برای سیمان ها استفاده می شود. در سال ۱۸۴۵ ایساک جانسون با افزایش حرارت فرایند تولید سیمان توانست سیمان امروزی را تولید کند. در سال ۱۳۱۲ شمسی اولین کارخانه سیمان ایران باظرفیت ۱۰۰ تن در روز به بهره برداری رسید.

مواد اولیه سیمان

مواد اولیه برای تولید سیمان عبارتند از آهک، سیلیس، اکسید های آلومینیوم و آهن که از سنگ آهک و رس به دست می‌آیند و نیز سنگ گچ.این مواد در ترکیب با یکدیگر و طی فرایند تولید سیمان ترکیبات جدیدی را ایجاد می نمایند که خواص سیمان به دلیل خواص این مواد جدید است.

ماده اولیه	منشا	نام شیمیایی	درصد تقریبی	مرحله ترکیب
آهک	سنگ آهک	CaO	۶۳	قبل از کوره دوار
سیلیس	خاک رس	SiO_2	۲۰	قبل از کوره دوار
آلومین	خاک رس	Al_2O_3	۶	قبل از کوره دوار
اکسید آهن	خاک رس	Fe_2O_3	۳	قبل از کوره دوار
اکسید منیزیم	خاک رس	MgO	۱.۵	قبل از کوره دوار
سولفات کلسیم	سنگ گچ	$CaSO_4$	۳	بعد از کلینکر

روش تولید سیمان

سیمان را می توان به ۴ روش تولید کرد:

۱- روش تر

۲- روش نیمه تر

۳- روش خشک

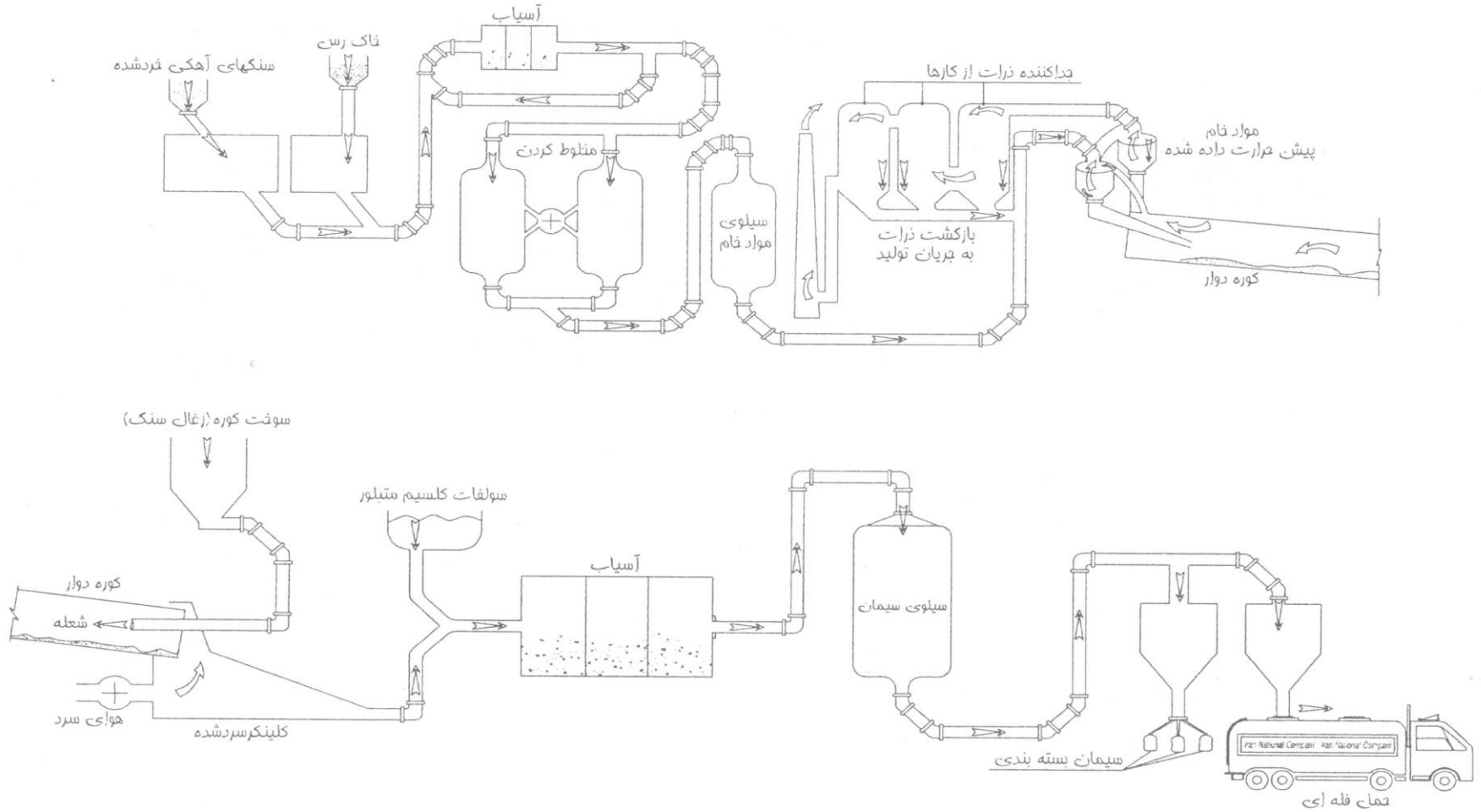
۴- روش نیمه خشک

ولی عمدتا سیمان به دروش خشک و تر تولید می شود.

روش تر

در این روش ابتدا سنگ آهک و خاک رس را با هم ترکیب می‌کنند و سپس خرد می کنند و پس از جدا نمودن مواد خارجی و گیاهی ، آب را به ترکیب اضافه می‌کنند تا مخلوطی لجن شکل تولید شود و پس از آن درصد مواد شیمیایی ترکیب را کنترل ودر صورت نیاز آن را اصلاح می‌نمایند.

در مرحله بعدی مخلوط را به کوره های دوار مخصوص با طول حدود ۴۰ متر وارد می‌کنند. در این کوره ها که شیب ملایمی دارد حرارت به صورت تدریجی تا حدود ۱۱۰۰-۱۳۰۰ درجه سانتیگراد طی مدت حدود ۳ ساعت به مخلوط اعمال می شود. در مرحله بعد محصول خروجی که به صورت گلوله هایی با رنگ سبز تیره هستند و کلینکر نام دارد را با حدود ۳ درصد سنگ گچ ترکیب وآسیاب می کنند تا محصول نهایی بدست آید و به سیلو ها انتقال داده شود.

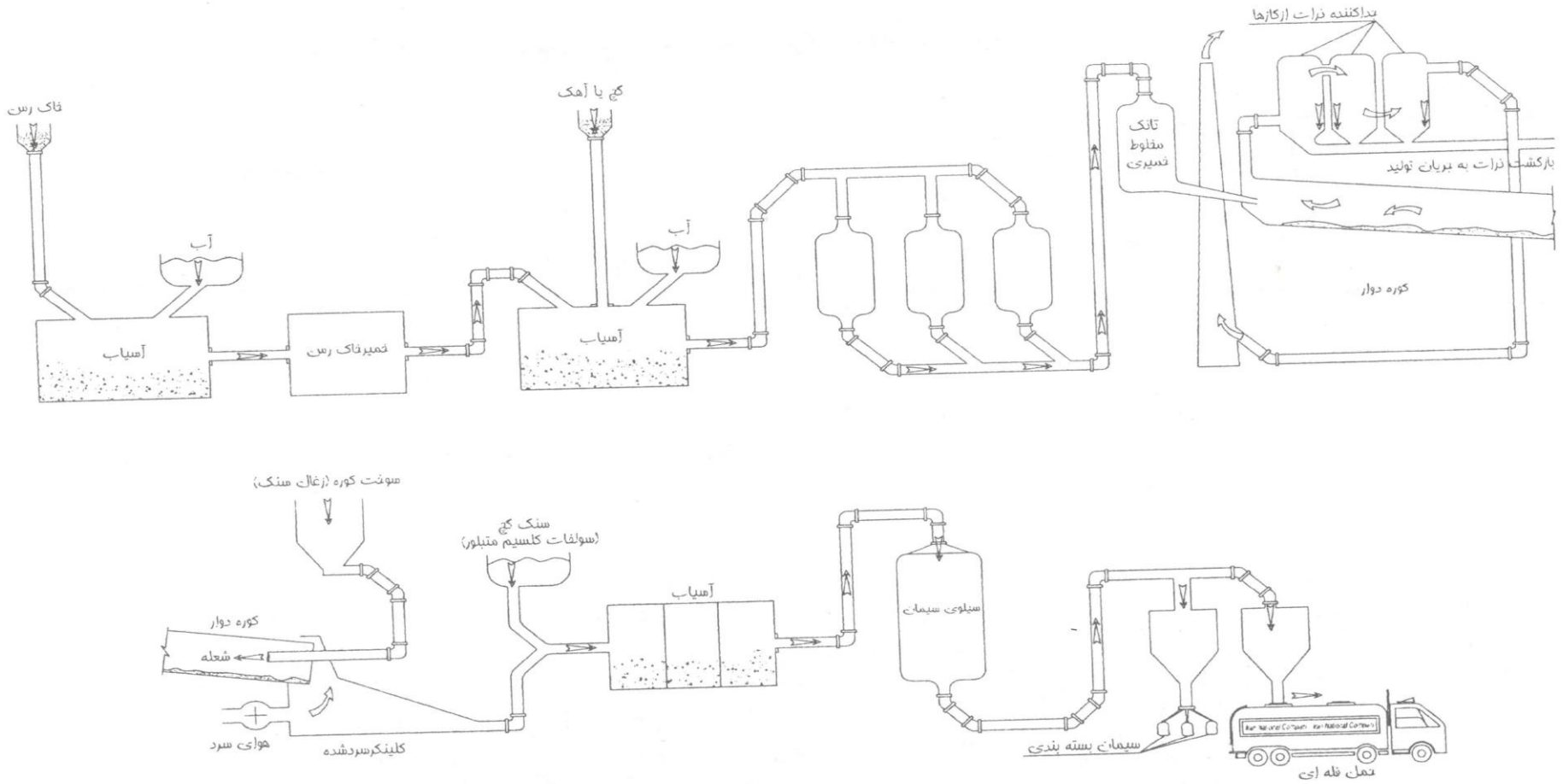


روند تولید سیمان به روش خشک

روش خشک

در این روش ابتدا مواد اولیه شامل خاک رس و سنگ آهک را پودر و مخلوط می کنند. در مرحله بعد درصد آهک زنده، آلومین، فریت، سیلیس، منیزیت و دیگر مواد تنظیم میشود و قبل از ورود به کوره مقداری آب برای جلوگیری از برخاستن غبار به مخلوط اضافه می کنند و آن را به سمت کوره دوار هدایت کرده و پس از تولید کلیکرآن را با حدود ۳ در صد گچ پودر آسیاب می کنند تا محصول نهایی بدست آید.

توضیح: گچ به این منظور اضافه می شود تا از گیرش زودهنگام سیمان جلوگیری شود و اجازه پرداخت سیمان داده شود



روند تولید سیمان به روش تر

اجزای شیمیایی سیمان (پس از خارج شدن از کوره)

۱- C3S (3CaO, SiO2) تری کلسیم سیلیکات

- ✓ سریع گیرش پیدا می کند (در مقاومت تا ۴ هفته اول موثر است)
- ✓دارای مقاومت اولیه خوبی است
- ✓میزان انرژی تولید شده حاصل از واکنش با آب ۱۲۰کالری بر گرم
- ✓مقاومت سیمان یا بتن را در برابر سولفات ها کم میکند

۲- C2S (2CaO, SiO2) دی کلسیم سیلیکات

- ✓ دیر وارد واکنش هیدراسیون می شود (در مقاومت بعد هفته ۴ام موثر است)
- ✓دیر گیر است
- ✓مقاومت اولیه آن بعد ۲ تا ۳ روز ایجاد می شود
- ✓میزان انرژی تولید شده حاصل از واکنش با آب ۶۲کالری بر گرم

۳- C3A (3CaO, Al2O3) تری کلسیم آلومینات

مشابه C3S

- ✓ سریع گیرش پیدا می کند
- ✓تاثیر ناچیزی در مقاومت فشاری بتن دارد
- ✓میزان انرژی تولید شده حاصل از واکنش با آب ۲۱۰کالری بر گرم (MAX)
- ✓مقاومت سیمان یا بتن را در برابر سولفات ها کم میکند (تولید اترینگایت و گچ)

حضورش در سیمان خیلی سودمند نیست ← بهتر است مقادیر آن کم شود

تنها سودش در جلوگیری از افت گیرش یا shrinkage است

۲- C4AF (4CaO, Al2O3, Fe2O3) تترا کلسیم آلومینو فریت

- ✓ گیرش متوسط
- ✓میزان انرژی تولید شده حاصل از واکنش با آب ۱۰۰کالری بر گرم
- ✓باعث تسریع هیدراتاسیون سیلیکاتها می شود

هیدراتاسیون یا آبگیری سیمان

هیدراتاسیون (هیدراسیون) = ترکیب شیمیایی سیمان با آب

❖ **C2S** و **C3S** مهمترین مولفه های سیمان هستند که در مقاومت نقش عمده دارند

ناخالص ↓ بلیت **(Belite)**

ناخالص ↓ الیت **(Alite)**

$$2C_3S + 6H_2O \rightarrow C_3S_2H_3 + 3Ca(OH)_2$$

$$2C_2S + 4H_2O \rightarrow C_3S_2H_3 + Ca(OH)_2$$

میکرو سیلیکات هیدراته= ژل سیلیکاتی= ژل توبر موریت

C-S-H

$$C_3A + 6H_2O \rightarrow C_3AH_6$$ ⟶ ژل آلومینیاتی

انواع سیمان پرتلند

تیپ I:

- همان سیمان معمولی است.
- زمانی مصرف می شود که حمله سولفاتها و ازدیاد دما مطرح نباشد.
- از آن می توان در مناطقی با آب و هوای معتدل و خشک استفاده نمود.
- در کارهای معمولی مانند جاده ها، پیاده روها، ساختمانهای بتن آرمه، پلها، سازه های راه آهن، منابع، آبروها، لوله های آب و سازه های بنایی استفاده می شود.

انواع سیمان پرتلند

تیپ II:

- از نظر خواص سیمانی متوسط است.
- تا حدودی دیرگیر بخاطر (C2S) بیشتر و (C3S) و (C3A) کمتر
- تا حدودی در برابر سولفات ها مقاوم
- در مناطقی که غلظت سولفات زیاد نباشد مجاز است

انواع سیمان پرتلند

تیپ III:

بخاطر ریزتر آسیاب شدن نسبت به سیمان تیپ I

- سیمان زودگیری است در مدت یک هفته یا کمتر مقاومت بالای کسب میکند
- از نظر شیمیایی مشابه سیمان تیپ اول
- مناسب برای جاهایی که قالب باید سریع باز شود و یا هوا سرد است
- در بتن ریزی حجیم مجاز نمی باشد حرارت هیدراسیون بالا ایجاد تنش های حرارتی ترک خوردگی

انواع سیمان پرتلند

تیپ IV:

- سیمان دیرگیری است نسبت به سایر سیمان ها دیرتر مقاومت کسب می کند
- حرارت هیدراسیون پایین
- مناسب برای بتن ریزی های حجیم و یا جاهایی که هوا گرم (۴۰ تا ۵۰ درجه) است

"WITH" CALTITE @ 40 YEARS
انواع سیمان پرتلند

پایان