

تاریخچه سیمان در جهان

سیده مهسا حسینی^۱

حداقل از ۱۲ میلیون سال پیش سیمان وجود داشته است. وقتی زمین دستخوش تغییرات شدید زمین‌شناسی شد، سیمان طبیعی ایجاد شد. این سیمان طبیعی بود که بشر برای اولین بار از آن استفاده کرد و سرانجام دریافت که چگونه سیمان را از مواد دیگر تهیه کند.

سیمان در طول تاریخ همواره مورد استفاده قرار گرفته و تغییرات اولیه این ماده توسط یونانیان باستان، رومی‌ها و مصریان، با اولین کشف باستان‌شناسی در ترکیه مورد استفاده قرار گرفته است. رومی‌ها از مخلوطی از آهک (اکسید کلسیم) و پوزولان - خاکستر آتش‌فشانی خرد شده - برای ایجاد سیمان‌های هیدرولیکی که می‌توانست زیر آب قرار گیرد، استفاده می‌کردند. در سایر سیمان‌ها از آجر خرد شده، کاشی و سفال سرامیکی استفاده می‌شد. ساختمان‌های مشهور تاریخی ساخته شده از بتن که هنوز هم در حال حاضر پابرجا هستند، کولوسئوم^۲ و پانتئون^۳ در روم و ایا صوفیه^۴ در استانبول هستند.

ملات‌ها و بتن‌های رومی ۲۰۰۰ سال پیش و همچنین کارهای ساختمانی بعدی در غرب اروپا با استفاده از سیمان‌های هیدرولیک ساخته شده است. خاکستر آتش‌فشانی در نزدیکی شهر پوزولی^۵، در ایتالیا، وجود داشت، این شهر به‌ویژه در مواد معدنی مهم آلومینوسیلیکات غنی بوده و این مواد باعث ایجاد سیمان پوزولان کلاسیک در دوران روم شده است.

تا به امروز اصطلاح پوزولانا یا پوزولان به خود سیمان یا هر نوع آلومینوسیلیکات ریز که با آهک موجود در آب واکنش نشان می‌دهد اطلاق می‌شود. (در ضمن، اصطلاح سیمان از واژه لاتین *caementum* نشأت گرفته است که به معنای خرد کردن سنگ از قبیل ملات رومی بوده است - نه خود ماده چسباننده^۶).

سیمان پرتلند جانشین آهک هیدرولیکی است که نخستین بار توسط جان اسمیتون^۷ در سال ۱۷۵۶، هنگام دعوت وی برای ساختن فانوس دریایی ادیستون^۸ در سواحل پلیموت^۹، در دوون^{۱۰}، انگلیس توسعه یافت. توسعه بعدی که در حدود سال ۱۸۰۰ در انگلیس و فرانسه اتفاق افتاد، ماده‌ای بود که با پخت کلوخ‌های سنگ‌آهک رس به دست آمد. پس از مدت کوتاهی در ایالات متحده، با پخت یک

^۱ دانشجوی دکتری مدیریت بازرگانی، دانشگاه علامه طباطبائی تهران

^۲ Colosseum and

^۳ Pantheon

^۴ Hagia Sophia

^۵ Pozzuoli

^۶ binding

^۷ John Smeaton

^۸ Eddystone Lighthouse

^۹ Plymouth

^{۱۰} Devon

ماده طبیعی به نام «سنگ سیمان» ماده مشابه دیگری به دست آمد. این مواد متعلق به طبقه‌ای است که به سیمان طبیعی معروف بوده و به سیمان پرتلند وابسته است اما سبک‌تر سوخته و از ترکیب کنترل‌شده‌ای برخوردار نبوده و پخت کمتری دارد.

اگرچه کشف‌شده است که ماسون‌ها^{۱۱} از سیمان‌های هیدرولیکی برای ساخت سازه‌هایی مانند قلعه‌ها و کانال‌ها استفاده کرده‌اند، اما قرون وسطی دوران آرامی در تاریخ سیمان بود و هرگونه اکتشافاتی که در این دوره انجام شده است، ناشناخته است.

انقلاب صنعتی اروپا در اواخر قرن ۱۸ میلادی شاهد تحولات جدیدی در سیمان و بتن بود، خصوصاً با کمک‌های مهم جان اسمیتون که کشف کرد هیدرولیز بودن آهک به‌طور مستقیم با محتوای رس سنگ‌آهک مرتبط است. اختراع سیمان پرتلند معمولاً به جوزف آسپیدن^{۱۲} از لیدز، یورک‌شر، انگلستان^{۱۳} منتسب می‌شود که در سال ۱۸۲۴ ماده‌ای از مخلوط مصنوعی سنگ‌آهک و خاک رس را تولید کرد. او این محصول را «سیمان پرتلند» خواند زیرا این مواد با سنگ پرتلند و سنگ‌آهک مورد استفاده در ساختمان دورست^{۱۴} انگلستان، شباهت ظاهری دارد. پسرش ویلیام آسپیدن^{۱۵} اولین سیمان حاوی آلایت^{۱۶} (نوع ناخالص تری کلسیم سیلیکات^{۱۷}) را ساخت. در سال ۱۸۴۵، اسحاق جانسون مخلوط گچ‌و‌خاک رس را در دمای بسیار بالاتر از آسپیدن، حدود ۱۴۰۰-۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، پخت که منجر به تولید کلینکر شد و آنچه را که اساساً سیمان مدرن امروزی است، تولید کرد.

تولید سیمان پرتلند به سرعت در کشورهای دیگر اروپایی و آمریکای شمالی گسترش یافت. در طول قرن بیستم، تولید سیمان در سراسر جهان گسترش یافت. تا اوایل قرن بیست و یکم، چین و هند به‌عنوان رهبر جهان در تولید سیمان بودند و پس‌از آن ایالات‌متحده، برزیل، ترکیه و ایران قرار داشتند.

از دهه ۱۹۰۰ میلادی، کوره‌های دوار جایگزین کوره‌های استوانه‌ای عمودی شدند، زیرا از انتقال تابش گرما استفاده می‌کنند و در دماهای بالاتر کارآمدتر هستند. تولید کلینکر با دمای یکنواخت، باعث افزایش مقاومت سیمان می‌گردد. گچ نیز به مخلوط به‌دست‌آمده اضافه می‌شود تا گیرش را کنترل کرده و از آسیاب‌های گلوله‌ای^{۱۸} برای خرد کردن کلینکر استفاده می‌شود.

تحولات دیگر در قرن گذشته شامل سیمان‌های آلومینات کلسیم برای مقاومت بهتر در برابر سولفات، مخلوط کردن روسندل^{۱۹} (یک سیمان هیدرولیک طبیعی تولیدشده در نیویورک) و سیمان‌های پرتلند برای ساخت سیمانی بادوام و زودگیر در آمریکا و افزایش استفاده از مواد سیمانی برای ذخیره ضایعات هسته‌ای، می‌باشد.

فن‌آوری‌ها و نوآوری‌های جدید به‌طور مداوم در حال ظهور هستند تا پایداری، استحکام و کاربردهای سیمان و بتن را بهبود بخشند.

مراحل شکل‌گیری سیمان

¹¹ masons

¹² Joseph Aspdin

¹³ Leeds, Yorkshire, England

¹⁴ Dorset

¹⁵ William Aspdin

¹⁶ alite

¹⁷ tricalcium silicate

¹⁸ Ball mill

¹⁹ Rosendale

رویداد	سال
به‌طور طبیعی واکنش‌هایی بین سنگ‌آهک و سنگ‌های نفتی در جریان احتراق، در اسرائیل رخ داد تا یک رسوب طبیعی ترکیبات سیمانی را تشکیل دهد. این رسوبات توسط زمین‌شناسان اسرائیلی در دهه ۱۹۶۰ و ۷۰ شناسایی شد.	۱۲،۰۰۰،۰۰۰ سال قبل از میلاد
گل‌های مخلوط شده با کاه، برای چسباندن آجرهای خشک. همچنین در اهرام از ملات گچ و آهک استفاده می‌کردند.	۳۰۰۰ سال قبل از میلاد - مصریان
از مواد سیمانی برای نگه‌داشتن بامبوها در کنار هم در قایق‌های خود و در دیوارهای بزرگ استفاده می‌شد.	چینی‌ها
از ملات‌های آهکی که بسیار سخت تر از ملات‌های رومی بودند، استفاده می‌شد.	۸۰۰ سال قبل از میلاد - یونان، کرت و کیپروس ^{۲۰}
از قیر طبیعی برای چسباندن سنگ‌ها و آجرها استفاده می‌شد.	۳۰۰ سال قبل از میلاد - شهر بابل قدیم و سوریه
از سیمان پوزولانی شهر پوزولی ^{۲۱} در نزدیکی کوه وزوویوس ^{۲۲} در ایتالیا برای ساختن جاده آپیان ^{۲۳} ، حمام‌های رومی، کولوسئوم و پانتئون در رم و قنات پون دو گار ^{۲۴} در جنوب فرانسه، استفاده می‌شد. آن‌ها از آهک به‌عنوان ماده سیمانی استفاده می‌کردند. از چربی، شیر و خون حیوانات به‌عنوان مواد افزودنی استفاده می‌شد (موادی که برای افزایش خواص به سیمان اضافه می‌شوند). این ساختارها هنوز هم وجود دارند!	۳۰۰ سال قبل از میلاد - ۴۷۶ میلادی رومیان
کیفیت مواد سیمانی رو به کاهش رفت. استفاده از آهک و پوزولان پخته‌شده (ترکیبی) از بین رفت اما دوباره در دهه ۱۳۰۰ معرفی شد.	۱۲۰۰ - ۱۵۰۰ قرون وسطی
جوزف مکسون ^{۲۵} در مورد گرمای هیدراتاسیون در آهک گرم شده نوشت که با افزودن آب ایجاد می‌شود.	۱۶۷۸
به بری هیگینز ^{۲۶} حق ثبت اختراع سیمان هیدرولیک (گچ) برای استفاده در گچ کاری خارجی داده شد.	۱۷۷۹
بری هیگینز «آزمایش‌ها و مشاهدات انجام‌شده باهدف بهبود هنر ساخت و استفاده از سیمان‌های سنگین و آماده‌سازی آهک خام» را منتشر کرد.	۱۷۸۰

²⁰ Crete & Cyprus

²¹ Pozzuoli

²² Vesuvius

²³ Appian Way

²⁴ Pont du Gard

²⁵ Joseph Moxon

²⁶ Bry Higgins

۱۷۹۳	جان اسمیتون دریافت که عمل آهکی کردن سنگ‌آهک، شامل خاک رس و آهکی که زیر آب، سخت شده است (آهک هیدرولیک) می‌باشد. برای بازسازی فانوس دریایی ادیستون ^{۲۷} در کورن‌وال ^{۲۸} ، انگلستان که در سال ۱۷۵۶ مأمور ساخت مجدد آن بود، استفاده کرد، اما ابتدا باید موادی را اختراع می‌کرد که تحت تأثیر آب قرار نگیرد. او کتابی درباره کار خود نوشت.
۱۷۹۶	جیمز پارکر ^{۲۹} از انگلیس با آهکی کردن ^{۳۰} کلوخه‌های سنگ‌آهک ناخالص حاوی خاک رس، به نام سیمان پارکر یا سیمان رومی، سیمان هیدرولیکی طبیعی را به ثبت رساند.
۱۸۰۲	در فرانسه از یک فرآیند سیمان رومی مشابه استفاده شد.
۱۸۱۰	ادگار دابس ^{۳۱} برای ملاتهای هیدرولیک و گچ ثبت اختراع کرد، اگرچه به دلیل عدم مراقبت از کوره از کیفیت پایین برخوردار بودند.
۱۸۱۳-۱۸۱۲	لوئیس ویکات ^{۳۲} از فرانسه با آهکی ساختن مخلوط مصنوعی سنگ‌آهک و خاک رس، آهک هیدرولیک مصنوعی را تهیه کرد.
۱۸۱۸	به موریس اس تی لجر ^{۳۳} حق ثبت اختراعات مربوط به سیمان هیدرولیک داده شد. سیمان طبیعی در ایالات‌متحده آمریکا تولید شد. سیمان طبیعی سنگ‌آهک است که به‌طور طبیعی مقادیر مناسبی از خاک رس را برای ساختن همان نوع بتن که جان اسمیتون کشف کرده است را دارد.
۱۸۲۱-۱۸۲۰	به جان تیکل ^{۳۴} و ابراهام چمبرز ^{۳۵} حق ثبت اختراعات بیشتری برای سیمان هیدرولیک داده شد.
۱۸۲۲	جیمز فراست ^{۳۶} از انگلیس آهک هیدرولیک مصنوعی مانند ویکت ^{۳۷} را تهیه کرد و آن را سیمان بریتانیایی نامید.
۱۸۲۴	جوزف آسپدین از انگلیس، سیمان پرتلند را با پخت گچ‌های ریز خردشده با خاک رس ریز خردشده در کوره آهک، اختراع کرد. او این محصول را که در پرتلند ^{۳۸} انگلستان استفاده می‌شد، سیمان پرتلند ^{۳۹} نامید.
۱۸۲۸	آی. کی. بروئل ^{۴۰} با اولین کاربرد مهندسی سیمان پرتلند که برای پر کردن شکاف در تونل تیمز ^{۴۱} مورد استفاده قرار گرفته است، اعتبار یافت.
۱۸۳۰	اولین تولید سیمان آهک و هیدرولیک در کانادا انجام گرفت.
۱۸۳۶	اولین آزمایشات سیستماتیک استحکام کششی و فشاری در آلمان انجام شد.

²⁷ Eddystone Lighthouse

²⁸ Cornwall

²⁹ James Parker

³⁰ calcining

³¹ Edgar Dobbs

³² Louis Vicat

³³ Maurice St. Leger

³⁴ John Tickell

³⁵ Abraham Chambers

³⁶ James Frost

³⁷ Vicat

³⁸ Portland

³⁹ Portland cement

⁴⁰ I. K. Brunel

⁴¹ Thames

۱۸۴۳	به جی. ام. مودر، سون و کو ^{۴۲} ، مجوز تولید سیمان پرتلند داده شد.
۱۸۴۵	اسحاق جانسون ادعا می‌کند مواد خام سیمان پرتلند را تا دمای ایجاد کلینکر پخته است.
۱۸۴۹	پتنکوفر و فاجس ^{۴۳} اولین آنالیز شیمیایی دقیق سیمان پرتلند را انجام دادند.
۱۸۶۰	آغاز عصر سیمان پرتلند با ترکیب مدرن.
۱۸۶۲	بلیک استون برکر ^{۴۴} دستگاهی را برای خرد کردن کلینکرها معرفی کرد.
۱۸۷۱	اولین حق اختراع سیمان پرتلند در آمریکا به دیوید سیلور ^{۴۵} داده شد. او اهمیت کلینکر واقعی را نشان داد.
۱۸۸۰	جی گرانت ^{۴۶} از انگلیس اهمیت استفاده از سخت‌ترین و متراکم‌ترین قسمت‌های کلینکر را نشان داد که مواد تشکیل‌دهنده اصلی در حال تجزیه و تحلیل شیمیایی بودند.
۱۸۸۶	اولین کوره دوار در انگلیس جایگزین کوره‌های استوانه‌ای عمودی شد.
۱۸۸۷	هنری لی چاتلیر ^{۴۷} از فرانسه برای تهیه مقدار مناسب آهک برای تولید سیمان پرتلند، نسبت‌های اکسید ایجاد کرد. وی پیشنهاد کرد که سخت شدن، ناشی از تشکیل محصولات کریستالی واکنش بین سیمان و آب است.
۱۸۸۹	اولین پل مستحکم بتنی ساخته شد.
۱۸۹۰	طی تحقیقات صورت گرفته در ایالات متحده آمریکا مشخص گردید جهت تنظیم گیرش سریع بتن هنگام خرد شدن کلینکر، باید گچ اضافه شود. کوره‌های دوار، جایگزین کوره‌های استوانه‌ای عمودی شدند و از آسیاب‌های گلوله‌ای برای خرد کردن سیمان استفاده شد.
۱۸۹۱	جورج بارتولومو ^{۴۸} اولین خیابان بتنی در ایالات متحده را در بلفونتاین ^{۴۹} ساخت که هنوز هم وجود دارد!
۱۸۹۳	ویلیام مایکلایز ^{۵۰} ادعا کرد که متاسیلیکات‌های ^{۵۱} هیدراته یک توده ژلاتینی (ژل) را تشکیل می‌دهند که به مرور زمان سخت می‌شود.
۱۹۰۰	آزمایشات اولیه سیمان، استاندارد شد.
۱۹۰۳	اولین آسمان خراش بتنی در سینسیناتی ^{۵۲} ، واقع در اوهایو ^{۵۳} ساخته شد.

⁴² J. M. Mauder, Son & Co

⁴³ Pettenkofer & Fuchs

⁴⁴ Blake Stonebreaker

⁴⁵ David Saylor

⁴⁶ J. Grant

⁴⁷ Henri Le Chatelier

⁴⁸ George Bartholomew

⁴⁹ Bellefontaine

⁵⁰ William Michaelis

⁵¹ metasilicates

⁵² Cincinnati

⁵³ Ohio

توماس ادیسون ^{۵۴} خانه‌های بتونی ارزان و دنج را در آنیون ^{۵۵} ، ان جی ^{۵۶} ساخت. آن‌ها هنوز هم وجود دارند!	۱۹۰۸
توماس ادیسون حق ثبت اختراع کوره‌های دوار را دریافت کرد.	۱۹۰۹
دکتر لینوس پائولینگ ^{۵۷} از ایالات متحده آمریکا مجموعه‌ای از اصول را برای ساختارهای سیلیکات‌های پیچیده تدوین کرد.	۱۹۲۹
برای افزایش مقاومت بتن در برابر آسیب یخ‌زدگی / ذوب، عوامل گیرنده هوا معرفی شدند.	۱۹۳۰
اولین سدهای بزرگ بتنی، سد هوور و سد گراند کولی ^{۵۸} ساخته شدند. آن‌ها هنوز هم وجود دارند!	۱۹۳۶
کنگره ایالات متحده ایجاد بزرگراه بین ایالتی فدرال با استفاده از بتن را تصویب کرد.	۱۹۵۶
اولین ساختمان ورزشی گنبدی بتنی، سالن اجتماعات، در دانشگاه ایلینوی ^{۵۹} ، در اربانا شمپین ^{۶۰} ساخته شد.	۱۹۶۷
تقویت فیبر در بتن معرفی شد.	۱۹۷۰
برج CN در تورنتو ^{۶۱} ، کانادا، بلندترین ساختمان کشویی شکل، ساخته شد. محل برج آبی ^{۶۲} در شیکاگو ^{۶۳} ، ایلینوی ^{۶۴} ، بلندترین ساختمان ساخته شد.	۱۹۷۵
ابر پلاستیک‌ها به عنوان مواد افزودنی معرفی شدند.	۱۹۸۰
دود سیلیس به عنوان یک افزودنی پوزولانی معرفی شد. بتن «بالاترین استحکام» در ساخت آنین پلازا ^{۶۵} ساخته شده در سیاتل ^{۶۶} ، واشنگتن استفاده شد.	۱۹۸۵
بلندترین ساختمان بتونی مستحکم جهان در ۳۱۱ اس.واکر دی آر، شیکاگو، ایلینوی ^{۶۷} ، ساخته شد.	۱۹۹۲

منابع

- Encyclopædia Britannica
- World Cement Association
- CEMEX

⁵⁴ Thomas Edison

⁵⁵ Union

⁵⁶ NJ

⁵⁷ Linus Pauling

⁵⁸ Hoover Dam and Grand Coulee Dam

⁵⁹ Illinois

⁶⁰ Urbana-Champaign

⁶¹ Toronto

⁶² Water Tower Place

⁶³ Chicago

⁶⁴ Illinois

⁶⁵ Union Plaza

⁶⁶ Seattle

⁶⁷ ۳۱۱ S. Wacker Dr, Chicago, Illinois