بسم الله الرحمن الرحيم

۱۱۳۵۰۹

دانشگاه بین المللی امام خمینی
IMAM KHOMEINI INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده فنی و مهندسی

مطالعه تأثیر نوع استوانه فلزی، دما و شرایط عمل آوری بر نتایج بدست آمده از روش پیچش برای تعیین مقاومت بتن

تهیه و تنظیم: **حسین فولادی محمود آباد**

استاد راهنما: **آقای دکترمحمود نادری**

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران- سازه

۱۳۸۸/۳/۳۱

واحد اطلاعات و مدارک علمی جواز
شعبه مدارک

اسفند ۱۳۸۷

۱۱۳۵۰۹

بسمه تعالی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

صورت جلسه دفاع از پایان‌نامه

جلسه دفاع از پایان‌نامه آقای حسین فولادی محمودآباد دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه در روز ۱۰/ ۱۲ /۱۳۸۷ در محل آمفی تئاتر دانشکده معماری دانشگاه امام خمینی(ره) برگزار گردید و این پایان‌نامه مورد تایید نهایی هیئت داوران قرار گرفت.

۱- استاد راهنما : **آقای دکتر محمود نادری**

عضو هیئت علمی دانشگاه امام خمینی (ره)

۲- داور خارجی : **آقای دکتر حسن صادقی**

عضو هیئت علمی دانشگاه امام حسین (ع)

۸۸/۲/۵

۳- داور داخلی : **خانم دکتر فرزانه حامدی**

عضو هیئت علمی دانشگاه امام خمینی (ره)

۴- نماینده تحصیلات تکمیلی : **آقای مهندس محمد حسین پروین نیا**

عضو هیئت علمی دانشگاه امام خمینی (ره)

اداره تحصیلات تکمیلی حوزه آموزشی دانشگاه بین المللی امام خمینی

بسمه تعالی

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

معاونت آموزشی دانشگاه- مدیریت تحصیلات تکمیلی

(فرم شماره ۲۶)

تعهد نامه اصالت پایان نامه

اینجانب حسین غلامی دانشجوی رشته عمران سازه مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد بدین وسیله اصالت کلیه مطالب موجود در مباحث مطروحه در پایان نامه / تز تحصیلی خود، با عنوان مطالعه تأثیر سیستم های مختلف مهاری بر پاسخ لرزه ای سازه های بتنی را تأیید کرده، اعلام می نمایم که تمامی محتوی آن حاصل مطالعه ، پژوهش و تدوین خودم بوده و به هیچ وجه رونویسی از پایان نامه و یا هیچ اثر یا منبع دیگری، اعم از داخلی، خارجی و یا بین المللی ، نبوده و تعهد می نمایم در صورت اثبات عدم اصالت آن و یا احراز عدم صحت مفاد و یا لوازم این تعهد نامه در هر مرحله از مراحل منتهی به فارغ التحصیلی و یا پس از آن و یا تحصیل در مقاطع دیگر و یا اشتغال و ... دانشگاه حق دارد ضمن رد پایان نامه نسبت به لغو و ابطال مدرک تحصیلی مربوطه اقدام نماید. مضافاً اینکه کلیه مسئولیت ها و پیامدهای قانونی و یا خسارت وارده از هر حیث متوجه اینجانب می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضاء و تاریخ

حسین غلامی

تقدیم به

پدر و مادر دلسوزم

و همسر مهربانم

چکیده

در چند دهه اخیر، هزینه تعمیر ونگهداری سازه های بتنی حتی در طول عمر مفیدشان بسیار بالا بوده و درصد بالایی از بودجه ساختمانی کشورها را به خود اختصاص داده است. برای نگهداری، تعمیر و ساخت سازه های بتنی، تعیین مقاومت در جای بتن ضروری است. گرچه روشهای آزمایشگاهی استانداردی برای آزمون بتن وجود دارد، ولی کاربرد اکثر روشهای تعیین مقاومت در جای بتن، یا پر هزینه و وقت گیر است و یا بسیار محدود است و دقت زیادی ندارد.

روش"پیچش[1]" یک روش دقیق با کاربردی وسیع در تعیین مقاومت بتن هم در آزمایشگاه هم در محل می باشد و به عنوان روشی سریع، دقیق و کم هزینه باخرابی جزئی در قلمرو آزمونهای نیمه مخرب محسوب می شود. جذابیت این روش در دقت، سرعت، سادگی،خرابی جزئی، قابلیت تکرار و هزینه اندک انجام آن می باشد بطوریکه آن را در مقایسه با سایر آزمونهای در جا ممتاز ساخته است.

هدف از تدوین این پایان نامه مطالعه تاثیر نوع عمل آوری، دما و جنس استوانه بر مقاومت بدست آمده از روش پیچش می باشد . مطالعه این آزمون ها نشان می دهد که یک همبستگی شدید خطی میان مقاومت فشاری و نتایج حاصل از انجام آزمون "انتقال پیچش" برقرار است.

کلمات کلیدی: بتن، مقاومت درجا، پیچش، دما، عمل آوری، جنس استوانه

[1] Twist of method

تقدیر و تشکر

خداوند بزرگ را سپاسگذار هستم که محبت او شامل این حقیر گردید تا تدوین این تحقیق به پایان رسید

بر خود لازم می دانم از حمایت های استاد راهنمای گرامی آقای دکتر نادری، که با دقت نظر و تجربیات ارزشمند خود مرا برای رسیدن به اهداف این پایان نامه یاری فرمودند تشکر می نمایم.

همچنین از زحمات اساتید دوره کارشناسی ارشد م آقای دکتر نادری و خانم دکتر حامدی، که راهنمایی های ارزشمندشان در طول این دوره، همواره مرا یاری داده است، تشکر و قدردانی نمایم.

از مساعدت های پدر و مادرم و همسرم و تمام دوستان و همکلاسی هایم به خصوص مهندس شفیع پور که با دلگرمی هایشان مرا ترغیب و تشویق کردند نیز کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه ۱

فصل اول: بتن و عناصر تشکیل دهنده آن ۵

۱-۱ بتن چیست؟ ۶

۱-۲ تاریخچه ۶

۱-۳ ترکیبات بتن ۸

۱-۳-۱ سیمان ۸

۱-۳-۲ آب ۸

۱-۳-۳ سنگدانه ۹

۱-۳-۳-۱ طبقه بندی کلی سنگدانه‌ها ۱۰

۱-۳-۳-۲ مقاومت سنگدانه ها ۱۲

۱-۳-۳-۳ دانه بندی ۱۳

۱-۳-۳-۴ شکل و بافت سنگدانه ها ۱۶

۱-۳-۳-۵ بزرگ ترین اندازه سنگدانه ۱۸

۱-۳-۴ آرماتور ۱۹

۱-۳-۵ مخلوط های شیمیای ۱۹

۱-۳-۶ ترکیبات معدنی در سیمان های ترکیبی ۲۰

۱-۴ تولید بتن ۲۱

۱-۴-۱ اختلاط بتن ۲۱

۱-۴-۲ روانی ۲۲

۱-۴-۳ عمل آوری ۲۳

۱-۴-۳-۱ روش های عمل آوری ۲۷

۱-۵ حالت های آسیب دیدگی ۳۵

۱-۵-۱ آتش ۳۵

۱-۵-۲ انبساط سنگدانه ۳۶
۱-۵-۳ تاثیر آب دریا ۳۷

فصل دوم: روش های تعیین مقاومت بتن در آزمایشگاه ۳۸

۲-۱ اهمیت ۳۹
۲-۲ آزمایش های مقاومت فشاری استاندارد ۳۹
۲-۲-۱ خلاصه آزمایش نمونه استوانه ای ۳۹
۲-۲-۲ خلاصه آزمایش نمونه مکعبی ۴۱
۲-۲-۳ خلاصه آزمایش نمونه منشور ۴۱
۲-۲-۴ مکانیزم شکست نمونه های فشاری ۴۲
۲-۲-۵ عوامل موثر بر آزمایش مقاومت فشاری ۴۴
۲-۲-۵-۱ پارامتر های نمونه ۴۴
۲-۲-۵-۲ پارامتر های بارگذاری ۴۸
۲-۳ آزمایش های مقاومت کششی استاندارد ۵۳
۲-۳-۱ آزمایش کشش مستقیم ۵۴
۲-۳-۲ آزمایش کشش دو نیمه شدن (ترکاندن) ۵۴
۲-۳-۳ آزمایش خمش ۵۵

فصل پنجم: روش های تعیین مقاومت درجای بتن ۵۹

۳-۱ کلیات ۶۰
۳-۲ آزمون‌های غیرمخرب ۶۱
۳-۲-۱ آزمایش سرعت امواج اولتراسونیک ۶۱
۳-۲-۲ روش امواج کوتاه رادار ۶۴
۳-۲-۳ روش پتانسیل الکتریکی Half-Cell ۶۷
۳-۲-۴ روش تکامل یافتگی بتن ۷۰
۳-۲-۵ آزمایش چکش اشمیت ۷۲
۳-۳ آزمون‌های نیمه‌مخرب ۷۶
۳-۳-۱ آزمایش کشیدن از سطح ۷۶
۳-۳-۲ روش قطع کردن ۷۹

۳-۳-۳ آزمایش بیرون کشیدن ۸۲
۳-۳-۴ مقاومت در برابر نفوذ میله ۸۵
۳-۳-۵ روش پیچش ۸۹
۳-۳-۶ روش انتقال اصطکاک ۹۲
۳-۴ آزمونهای مخرب ۹۴
۳-۴-۱ روش مغزه گیری ۹۴
فصل چهارم: برنامه ریزی برای تحقیق و آزمایش ۹۸
۴-۱ برنامه ریزی جهت انجام آزمایش ۹۹
۴-۲ تهیه مصالح ۱۰۱
۴-۳ آزمایش مصالح ۱۰۵
۴-۳ طرح اختلاط نمونه های مکعبی ۱۰۶
۴-۵ آماده سازی نمونه های مکعبی ۱۰۷
فصل پنجم: انجام آزمایش ها ۱۰۹
۵-۱ تعیین مقاومت فشاری نمونه های مکعبی ۱۰ سانتیمتری ۱۱۰
۵-۲ تعیین مقاومت نهایی پیچشی نیم با استفاده از آزمایش پیچش ۱۱۱
فصل ششم: نتایج و تحلیل آنها ۱۱۴
۶-۱ کلیات ۱۱۵
۶-۲ تاثیر تغییرات دما بر مقاومت فشاری بتن ۱۱۵
۶-۳ تاثیر تغییرات دما بر نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی بر روی نمونه های مکعبی ۱۲۴
۶-۳-۱ نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی بر روی نمونه های مکعب در دمای ۲۰- ۱۲۶
۶-۳-۲ نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی بر روی نمونه های مکعب در دمای ۶ ..... ۱۳۱
۶-۳-۳ نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی بر روی نمونه های مکعب در دمای ۲۳ ..... ۱۳۶
۶-۳-۴ نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی بر روی نمونه های مکعب در دمای ۴۵ ..... ۱۴۱
۶-۳-۵ نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی بر روی نمونه های مکعب در دمای ۵۵ ..... ۱۴۶
۶-۳-۶ نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی بر روی نمونه های مکعب در دمای ۶۵ ..... ۱۵۱
۶-۳-۷ نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی بر روی نمونه های مکعب در دمای ۷۵ ..... ۱۵۶

۶-۳-۸ تحلیل نتایج مربوط به تغییرات دما ۱۶۱
۶-۴ تاثیر شرایط عمل آوری بر مقاومت فشاری نمونه های مکعبی ۱۶۳
۶-۵ تاثیر شرایط عمل آوری بر نتایج آزمون پیچش با استوانه فولادی بر روی نمونه های مکعبی ۱۷۱
۶-۵-۱ نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی در شرایط عمل آوری در آب ۱۷۲
۶-۵-۲ نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی در شرایط عمل آوری با گونی و پلاستیک ۱۷۷
۶-۵-۳ نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی در شرایط عمل آوری با گونی ۱۸۲
۶-۵-۴ نتایج آزمایش پیچش با استوانه فولادی در شرایط عمل آوری در هوای آزاد ۱۸۷
۶-۵-۵ جمع بندی و تحلیل نتایج ۱۹۳
۶-۶ نتایج آزمون پیچش با استوانه آلومینیومی بر روی نمونه های مکعبی ۱۹۴
۶-۷ مدلسازی و تحلیل غیر خطی آزمایش پیچش با استوانه آلومینیومی با استفاده از نرم افزار اجزا محدود ۲۰۲
فصل هفتم: نتیجه گیری ۲۱۵
توصیه و پیشنهاد برای ادامه کار ۲۲۰
فهرست منابع و مأخذ ۲۲۱

مقدمه

روشهای آزمایشگاهی آزمونهای مقاومت بتن سابقه ای طولانی دارند. از سال ۱۹۶۰ به بعد روشهای آزمون درجای بتن سخت شده نیز مورد توجه قرار گرفته اند و پس از ۱۹۸۲پیشرفتهای قابل توجهی در روش ها و دستگاه های مورد استفاده در این روشها صورت گرفته است. ضرورت پیدایش و توسعه این روش ها از افزایش تعداد سازه های بتنی و ایجاد خرابی غیر منتظره در تعدادی از سازه های جدید ناشی میشود.

این روشها، تنها کیفیت مصالح مورد استفاده در تهیه بتن را کنترل می نماید و ارزیابی مناسبی از روند کسب مقاومت بتن در سازه و کنترل استانداردهای پس از ساخت ارائه نمی نمایند. بنابر این ضرورت نیاز به انجام آزمونهای تعیین مقاومت بتن در محل سرویس دهی سازه (آزمونهای درجا) به همراه کنترل کیفیت مصالح مصرفی اجتناب ناپذیر است. روش های متعددی جهت آزمودن بتنی در سازه ابداع گردیده است که به طور کلی به سه گروه مخرب، نیمه مخرب و غیر مخرب تقسیم بندی می شود.

روش مخرب قابل اطمینان ترین روش جهت تعیین مقاومت بتن در سازه می باشد. از معایب این روش، خسارت قابل توجه وارد به سازه، هزینه بالا، نیروی متخصص و قابلیت تکرار محدود آن می باشد. روش غیر مخرب، مانند آزمون سرعت عبور امواج مافوق صوت، آزمون رادار، چکش اشمیت و ... می توانند بدون ایجاد خرابی، برخی از ویژگی های بتن مانند تغییر در خواص مصالح را نسبت به زمان با تکرار آزمایش بر روی نمونه ای معیین اندازه گیری نمایند. روش های نیمه مخرب مانند انتقال اصطکاک، بیرون کشیدن از سطح، پیچش و ... می توانند باوجود ایجاد خرابی کم نتایج با ارزشی از مقاومت فشاری بتن و با استفاده از منحنی کالیبراسیون ارائه نماید. آسیب حاصل از انجام این آزمونها کم و به سادگی قابل ترمیم می باشد.

روش پیچش که در قلمرو آزمون های نیمه مخرب محسوب می گردد روشی سریع، دقیق، کم هزینه و با کاربردی وسیع در تعیین مقاومت بتن می باشد. با نتیجه به آزمایش های وسیعی که در خصوص این روش صورت گرفته نشان می دهد، از این روش می توان در زمینه تعیین مقاومت، تعیین روند کسب

مقاومت، ارزیابی مقاومت بتن سازه های موجود و ... استفاده کرد. خسارت حاصل از این روش جزیی می باشد و نسبت به سایر آزمون ها دارای دقت و سرعت بالاتری می باشد. لذا مطالب این پایان نامه با هدف ارائه تأثیر پارامتر های دما، جنس استوانه فلزی و شرایط عمل آوری بر روش پیچش می باشد.

تأثیر تغییرات دمایی (کاهش یا افزایش) بر مقاومت سطحی می‌تواند بیانگر تأثیر آن بر دوام بتن باشد. از آنجاییکه مقاومت بتن در دماهای مختلف چندان مورد بررسی قرار نگرفته و همچنین در زمان بهره برداری قسمت سطحی بتن است که تحت تأثیر دماهای مختلف قرار می‌گیرد، دانستن مقاومت این قسمت از بتن نه تنها می تواند در اطلاع از تأثیر دما بر مقاومت بتن مفید باشد، بلکه در انتخاب مواد و روش‌های تعمیر آن نیز موثر است. همچنین طبق مطالعات گذشته انجام شده در این خصوص می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

افزایش دما باعث بالا رفتن ضریب گیرایش بتن می‌گردد، به شرط آنکه بتن در محیط مرطوب عمل آوری شود[۱]. در دمای بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی گراد خصوصیات شکنندگی بتن با مقاومت بالا افزایش می‌یابد و شکل پذیری آن در دمای بالای ۶۰۰ درجه سانتی گراد دستخوش تغییر می‌شود. شکل پذیری بتن با الیاف فولادی در دمای بالای ۴۰۰ درجه سانتی گراد زیاد می‌شود.

مقاومت فشاری بتن با مقاومت بالا در دمای ۱۰۰ تا ۴۰۰ سانتی گراد به حدود مقاومت آن در دمای محیط کاهش می‌یابد.همچنین مقاومت با افزایش دما بازهم کاهش می‌یابد تا جایی که در دمای ۸۰۰ سانتی گراد به حدود مقاومت اولیه آن می‌رسد. کرنش در بیشترین حالت بارگذاری با افزایش دما، افزایش می‌یابد و از ۰/۰۰۳ در دمای محیط به ۰/۰۲ در دمای ۸۰۰ درجه سانتی گراد می‌رسد[۲].

دمای گیرایش اولیه می‌تواند اثر مهمی روی مقاومت فشاری اندازه گیری شده بتن در ابتدای عمل آوری بتن داشته باشد و اثر کمتری روی مقاومت بتن با سن بالا داشته باشد[۳].

افزایش دما باعث کاهش مقاومت فشاری و مقاومت ضعیف در برابر حمله سولفات منگنز می گردد. کاهش مقاومت فشاری تا دمای ۷۵ درجه سانتی گراد در نمونه ۲۸ روزه حدود ۲ درصد است و به نظر می‌رسد یک رابطه خطی بین دمای گیرش حداکثر و کاهش مقاومت فشاری وجود داشته باشد. پایین آوردن

دمای بتن تازه در کاهش دمای گیرایش حداکثر موثر می‌باشد ، وقتی مقاومت بهینه و کیفیت مهم باشد ، مدیریت دقیق دمای داخلی بتن ضروری می‌باشد[۴].

با توجه به مطالب بالا در پروژه ای که بخشی از نتایجش در این تحقیق آورده شده است تأثیر تغییرات در دما از ۲۰- درجه سانتی گراد تا ۷۵ درجه سانتی گراد بر مقاومت سطحی بتن مورد مطالعه قرار گرفته است. برای مطالعه تأثیر دما بر مقاومت سطحی بتن دامنه مقاومت‌ها بین ۶۰ Mpa- ۵ در نظر گرفته شده است. برای تعیین مقاومت از جک بتن شکن و برای اعمال تغییرات دما از یخچال و کوره الکتریکی (Oven) استفاده شده است. نمونه ها در سنین ۲۸ روزه تحت دماهای مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. ۴ روش عمل آوری (عمل آوری درآب، عمل آوری با گونی و پلاستیک، عمل آوری با گونی و عمل آوری در محیط آزاد) جهت بررسی شرایط عمل آوری بر مقاومت فشاری نمونه های مکعبی *انتخاب شد*.

همچنین دو نوع استوانه فولادی و آلومینیمی برای بررسی تأثیر جنس استوانه، مورد آزمایش قرار گرفت.

لازم به توضیح است که برای ارائه نمودارهای کالیبراسیون مربوطه، مشخصه های مقاومت فشاری در مقابل نتایج بدست آمده از روش پیچش در نمودارهایی ترسیم شده اند. در جدول زیر پروسه کلی آزمایشات انجام شده برای این پایان نامه آمده است. مطالعه این آزمون ها نشان می دهد که یک همبستگی شدید خطی میان مقاومت فشاری بتن با نتایج حاصل از انجام آزمون پیچش برقرار است.

پروسه کلی آزمایشات انجام شده در این پایان نامه

آزمایشات	شرایط آزمایش	تعداد طرح اختلاط	تعداد نمونه آزمون فشار	تعداد نمونه آزمون پیچش	مجموع
تأثیر دما	۷ دمای مختلف	۸	۳×۸×۷ = ۱۶۸	۱×۸×۷ = ۵۶	۱۶۸ + ۵۶ = ۲۲۴
تأثیر عمل آوری	۴ نوع عمل آوری	۷	۳×۷×۴ = ۸۴	۱×۷×۴ = ۲۸	۸۴ + ۲۸ = ۱۱۲
تأثیر جنس استوانه	۲ نوع استوانه	۸	۳×۸×۲ = ۴۸	۱×۸×۲ = ۱۶	۴۸ + ۱۶ = ۶۴
					مجموع = ۴۰۰

مطالعات انجام شده در قالب هفت فصل ارائه شده است.

فصل اول مقدمه ای بر بتن می باشد که به بررسی خواص عناصرتشکیل دهنده بتن و رفتار آنها در ارتباط با رفتار پیچیده بتن اختصاص یافته است. این خصوصیات در طراحی مصالح، آزمایش و پیش بینی رفتار بتن تحت بارگذاری و بررسی نتایج یک تحقیق از اهمییت خاصی برخوردار است. در فصل دوم و سوم روش های آزمایشگاهی و روشهای درجای تعیین مقاومت بتن مورد بررسی قرار گرفته است. در این زمینه آشنایی با هر یک از روش ها و تأثیر شرایطی که آزمون تحت آن شرایط آزمایش می شود، در تعیین مقاومت اندازه گیری شده، به ویژه در پژوهش ها ضروری می باشد. در فصل چهارم برنامه ریزی جهت انجام آزمون ها بیان شده است. انجام آزمون ها، ارائه و بررسی نتایج حاصل از انجام آزمون ها و تحلیل غیر خطی آزمون پیچش با نرم افزار المان محدود در قالب فصول پنجم و ششم آورده شده است. و در نهایت نتیجه گیری و پیشنهاد برای ادامه کار در فصل هفتم تدوین شده است .

فصل ۱

بتن و عناصر تشکیل دهنده آن

۱-۱ بتن چیست؟

بتن نوعی مصالح ساختمانی است که از سیمان به طور متداول (سیمان پرتلند) و دیگر مصالح سیمانی مثل خاکستر بادی، سیمان روباره‌ای و مخلوط شن و ماسه، آب و مخلوط های شیمیایی تشکیل می شود. بتن یک کلمه فرانسوی است که معادل concrete در زبان انگلیسی است و ریشه آن یک کلمه لاتین است که معادل concreteus و به معنای سخت کننده یا سخت است.

بتن پس از مخلوط شدن با آب و قرار گرفتن در محل اجرا با توجه به یک فرایند شیمیایی که هیدراسیون نامیده می‌شود به صورت جامد در آمده و سخت می‌شود. آب با سیمان وارد واکنش شده که دیگر مواد را با هم پیوند می زند و حاصل آن درنهایت ماده‌ای می‌شود که مثل سنگ سفت و محکم می‌گردد. بتن در ساخت پیاده روها، سازه های بتنی، فونداسیون، پل اتوبان‌ها و جاده‌ها، پارکینگ‌ها و دیوارهای برشی، پاشنه دریچه‌های سدها و اجرای شمع‌های بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بتن ماده‌ای است که بیش از هر نوع مصالح دست ساز انسان که در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد[۵]. از سال ۲۰۰۶ حدود ۷ کیلومتر مکعب بتن هر ساله ساخته می‌شود که این مقدار بیش از یک متر مکعب برای هر انسان در روی زمین است[۶].

بتن یک صنعت ۳۵ میلیارد دلاری است که بیش از ۲ میلیون نفر در ایالات متحده به تنهایی در این صنعت کار می‌کنند. بیش از ۸۹ کیلومتر از اتوبان‌های آمریکا با این مصالح سنگفرش می‌شود. جمهوری خلق چین در حال حاضر ۴۰ درصد محصول بتن و سیمان دنیا را مصرف می‌نماید.

۱-۲ تاریخچه

بسیاری از تمدن‌های باستانی از بتن استفاده می کردند که مخلوطی از گل خشک ، کاه و دیگر مصالح ساختمانی بود. در طول امپراتوری روم باستان ، بتنی از آهک ، خاکستر پوزولانی و مواد پوزولان و سنگدانه پومیس ساخته می‌شد که خیلی شبیه بتن ساخته شده با سیمان پرتلند جدید بود. استفاده گسترده از بتن در بسیاری از سازه‌های رومیان باستان ثابت کرده است که بسیاری از سازه‌ها دوام زیادی

داشته‌اند که تاکنون باقی مانده‌اند. حمام کارکالا در روم یکی از مثال‌های این سازه‌ها بتنی باقی مانده است که به رومیان باستان اجازه داد سازه‌های مشابهی از این نوع را در طول امپراتوری خود بسازند. کانال آب روم دارای پوشش مصالح بنایی و هسته بتنی است. تکنیکی که در سازه‌هایی چون معبد روم مورد استفاده قرار گرفته است که گنبد داخلی آن از بتن ساخته شده است. راز بتن تقریباً برای ۱۵ قرن تا سال ۱۷۵۶ محرمانه بود تا زمانی که یک مهندس انگلیسی بنام جان اسمیتون از آهک آبی و ریگ به عنوان سنگدانه استفاده نمود. سیمان پرتلند در بتن برای اولین بار در اوایل ۱۹۴۰ استفاده شد.

اخیراً استفاده از مواد بازیافت به عنوان اجزاء بتن به دلایل زیست محیطی محبوبیت خاصی پیدا نموده است. بیشترین حجم این بتن را خاکستر بادی و محصولات جانبی کوره ذوب فلزات زغال سنگی تشکیل می‌دهند که تأثیر زیادی روی کاهش فضای مورد نیاز برای حفاری و دفن آشغال‌ها داشته و نیز خود به عنوان جایگزینی برای سیمان عمل می‌نماید که از مقدار سیمان مصرفی برای ساخت بتن نیز می‌کاهد. از آنجا که تولید سیمان با تولید مقدار زیادی دی اکسید کربن همراه است. فناوری جایگزین نمودن سیمان‌هایی از این نوع می‌تواند نقش مهمی در تلاش‌های بعدی برای قطع نشر دی اکسید کربن به هوا بازی نماید.

افزودنیهای بتن از زمان روم باستان مورد استفاده قرار می‌گرفتند، وقتی که کشف شد افزودن خاکستر آتش فشانی به مخلوطی اجازه می‌دهد تا این مخلوط در زیر آب خودش را بگیرد. رومیان باستان می دانستند که افزودن موی اسب به بتن باعث کاهش ترک خوردن آن در هنگام سخت شدن (گیرش) می‌شود و افزودن خون به آن باعث می‌شود در مقابل یخ زدن مقاومت نماید[۳]. در سال‌های اخیر محققان افزودنی‌های دیگری را مورد بررسی قرار دادند تا خصوصیات بتن از جمله مقاومت بالا یا رسانایی الکتریکی آنرا بهبود بخشند.

۱-۳ ترکیبات بتن

انواع مختلفی از بتن وجود دارند که با نسبتهای مختلف از اجزای تشکیل دهنده آن ساخته می‌شوند. طرح اختلاط بستگی به نوع سازه، نحوه مخلوط شدن بتن در هنگام حمل و نیز محلی بستگی دارد که این سازه در آن ساخته می‌شود.

۱-۳-۱ سیمان

سیمان پرتلند متداولترین نوع سیمان است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماده جزء اصلی بتن، ملات و اندود سیمانی می‌باشد. مهندس انگلیسی بنام جوزف آسپدین حق امتیاز ساخت سیمان پرتلند را در ۱۸۲۴ بنام خود ثبت نمود.

نام سیمان پرتلند به این دلیل به آن داده شد که رنگ آن بسیار شبیه به رنگ سنگ آهک جزیره پرتلند انگلیس و معدنی بود که از آن استخراج می‌گردید و این نوع سنگ آهک به صورت گسترده در معماری لندن مورد استفاده قرار می‌گرفت. این سیمان از مخلوط اکسید کلسیم، سیلیس، آلومینیم تشکیل می‌شود. سیمان پرتلند و مواد مشابه با حرارت دادن سنگ آهک به عنوان منبع کلسیم با خاک در کوره ساخته می‌شود که حاصل آن دانه‌هایی به نام کلینگر است که با منبعی از سولفات (که همان گچ طبیعی است) در آسیاب مخلوط می‌شوند و حاصل آن سیمان پرتلند معمولی است.

۱-۳-۲ آب

ترکیب آب با مواد سیمانی با فرایندی بنام هیدراسیون، خمیر سیمان را شکل می‌دهد، خمیر سیمان سنگدانه‌ها را به هم می‌چسباند و حفره‌های بین آنها را پر می‌کند و اجازه می‌دهد که بتن روان شود. آب کمتر در خمیر سیمان باعث می‌شود که بتن سفت‌تر و شکننده‌تر شود. آب بیشتر باعث روانی بیشتر بتن و اسلامپ بالاتر می‌شود. اگر از آب ناخالص در ساخت بتن استفاده شود. این امر می‌تواند باعث ایجاد مشکلاتی شود که این مسائل ممکن است در هنگام گیرایش بتن بوجود آید یا می‌تواند باعث یک نقص

دائمی در سازه شود. علاوه بر این، برای اطمینان از اینکه ناخالصی‌های آب اختلاط، زمان گیرش را به نحو زیان باری کاهش یا افزایش نمی‌دهند، لازم است که آزمایش‌های ASTM C191 نیز انجام شوند. معیارهای پذیرش آب برای استفاده در بتن در ASTM C94 و AASHTO T26 آورده شده‌اند[۷و۸].

۱-۳-۳ سنگدانه

سنگدانه‌های ریز و درشت حجم مخلوط را تشکیل می‌دهند. ماسه، شن طبیعی و قلوه سنگ شکسته عمدتاً برای این امر مورد استفاده قرار می‌گیرند. سنگدانه‌های بازیافتی (حاصل از نخاله‌های ساختمانی در حین ساخت یا تخریب و گود برداری) بطور گسترده به عنوان جایگزینی برای سنگدانه های طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حالی که در یکسری از سنگدانه‌ها حاصل از سرباره‌های کوره‌های ذوب آهن و مواد باقیمانده از ذوب می‌باشند. سنگدانه‌های زینتی مثل کوارتزیت، سنگهای رودخانه ای کوچک یا شکسته گاهی اوقان برای زیبا شدن و پرداخت سطح بتن به آن اضافه می‌شوند که این امر بسیار مورد توجه مهندسینی است که روی نماسازی و محوطه سازی کار می‌کنند.

سنگدانه ها از سیمان ارزانتر بوده و بنابراین اقتصادی است که مقدار سنگدانه‌ها در مخلوط را در حداکثر مقدار ممکن و مقدار سیمان آن را در حداقل ممکن تعیین نمود. ولی اقتصاد تنها دلیل به کار بردن سنگدانه‌ها در بتن نمی باشد بلکه کاربرد آن‌ها امتیازات فنی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می نماید و به بتن ثبات حجمی و دوام بیشتری از خمیر سیمان خالص می‌دهد[۹].

مقاومت فشاری بتن نمی تواند به طور قابل ملاحظه ای از مقاومت سنگدانه ها بیشتر گردد. ارتباط بین مقاومت سنگدانه و بتن سخت شده خطی نمی باشد. برای بتن های با عملکرد مناسب هم مقاومت سنگدانه ها و اتصال سنگدانه باید مورد توجه قرار گیرد به طوریکه هر چه بتوان شرایط چسبندگی خوب به خمیر سیمان را فراهم نموده و همچنین در انتخاب مصالح مدول الاستیسیته و مقاومت سنگدانه را