

فهرست مطالب

۱	پیشگفتار
۳	مقدمه
۷	فصل اول: سیمان
۹-۱-۱	هدف
۹-۲-۱	مقدمه
۱۰-۳-۱	ترکیبات سیمان
۱۱-۱-۳-۱	ترکیبات اصلی سیمان
۱۲-۱-۳-۱	تری کلسیم سیلیکات: $(3CaO.SiO_2)$ با علامت اختصاری (C_3S)
۱۲-۲-۱-۳-۱	دی کلسیم سیلیکات $(2CaO.SiO_2)$ با علامت اختصاری (C_2S)
۱۲-۳-۱-۳-۱	تری کلسیم آلومینات: $(3CaO.Al_2O_3)$ با علامت اختصاری (C_3A)
۱۲-۴-۱-۳-۱	تتراکلسیم آلومینوفریت: $(4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3)$ با علامت اختصاری (C_4AF)
۱۳-۲-۳-۱	ترکیبات فرعی سیمان
۱۳-۱-۲-۳-۱	قلیایی‌های سیمان
۱۳-۲-۲-۳-۱	سنگ گچ
۱۴-۳-۲-۳-۱	اکسید منیزیم و آهک آزاد
۱۴-۴-۲-۳-۱	سایر مواد
۱۴-۴-۱	انواع سیمان
۱۵-۱-۴-۱	سیمان غیر هیدرولیکی
۱۵-۲-۴-۱	سیمان هیدرولیکی
۱۵-۱-۲-۴-۱	سیمان پرتلند معمولی یا تیپ ۱

۱۶	..... ۲-۲-۴-۱- سیمان اصلاح شده یا تیپ ۲
۱۶	..... ۳-۲-۴-۱- سیمان زودگیر یا تیپ ۳
۱۷	..... ۴-۲-۴-۱- سیمان کم حرارت یا تیپ ۴
۱۷	..... ۵-۲-۴-۱- سیمان ضد سولفات یا تیپ ۵
۱۹	..... ۶-۲-۴-۱- سیمان پوزولانی
۲۰	..... ۷-۲-۴-۱- سیمان سفید
۲۰	..... ۸-۲-۴-۱- سیمان‌های رنگی
۲۱	..... ۹-۲-۴-۱- انواع دیگر سیمان
۲۱	..... ۵-۱- هیدراتاسیون سیمان
۲۳	..... ۶-۱- حرارت هیدراتاسیون
۲۴	..... ۷-۱- نرمی
۲۵	..... ۸-۱- زمان گیرش سیمان
۲۶	..... ۹-۱- مقاومت سیمان
۲۶	..... ۱-۹-۱- مقاومت فشاری
۲۷	..... ۲-۹-۱- مقاومت کششی
۲۷	..... ۳-۹-۱- مقاومت خمشی
۲۸	..... ۱۰-۱- سلامت سیمان
۲۹	..... ۱۱-۱- خمیر سیمان
۳۰	..... خودآزمایی
۳۱	..... منابع

۳۵ فصل دوم: سنگدانه‌ها

۳۷	..... ۱-۲- هدف
۳۷	..... ۲-۲- مقدمه
۳۹	..... ۳-۲- ضوابط سنگدانه‌ها
۴۰	..... ۴-۲- ویژگی سنگدانه‌ها
۴۱	..... ۵-۲- شکل ظاهری
۴۱	..... ۱-۵-۲- دانه‌های گرد
۴۱	..... ۲-۵-۲- دانه‌های نامنظم
۴۲	..... ۳-۵-۲- دانه‌های گوشه‌دار
۴۲	..... ۴-۵-۲- دانه‌های پولکی یا پهن
۴۲	..... ۵-۵-۲- دانه‌های دراز یا سوزنی

۴۲	..... ۲-۵-۶- دانه‌های پولکی و دراز
۴۲	..... ۲-۶- بافت سطحی
۴۳	..... ۲-۶-۱- بافت شیشه‌ای
۴۳	..... ۲-۶-۲- بافت صاف و نرم
۴۳	..... ۲-۶-۳- بافت دانه ای
۴۳	..... ۲-۶-۴- بافت ناهموار و خشن
۴۳	..... ۲-۶-۵- بافت بلوری
۴۴	..... ۲-۶-۶- بافت حفره‌دار
۴۴	..... ۲-۷-۷- رطوبت سطحی
۴۴	..... ۲-۷-۱- کاملاً خشک (OD)
۴۴	..... ۲-۷-۲- خشک شده در هوا (AD)
۴۴	..... ۲-۷-۳- اشباع با سطح خشک (SSD)
۴۴	..... ۲-۷-۴- مرطوب یا خیس
۴۵	..... ۲-۸- ویژگی ماسه مناسب
۴۶	..... ۲-۹- چسبندگی سنگدانه‌ها
۴۷	..... ۲-۱۰- مقاومت سنگدانه‌ها
۴۸	..... ۲-۱۱- سلامت سنگدانه‌ها
۴۹	..... خودآزمایی
۵۰	..... منابع

فصل سوم: آب ۵۳

۵۵	..... ۳-۱- هدف
۵۵	..... ۳-۲- مقدمه
۵۶	..... ۳-۳- ساختار آب
۵۷	..... ۳-۴- ساختار یخ
۵۸	..... ۳-۵- آب و نفوذپذیری
۶۰	..... ۳-۶- نفوذپذیری هوا و بخار آب
۶۰	..... ۳-۷- معایب آب نامناسب
۶۱	..... ۳-۸- ناخالصی‌های آب
۶۱	..... ۳-۸-۱- مواد غیر محلول و معلق
۶۲	..... ۳-۸-۲- مواد جامد محلول
۶۳	..... ۳-۸-۳- گازها

۶۳	..... ۹-۳- خواص آب
۶۳	..... ۱-۹-۳- خواص فیزیکی آب
۶۳	..... ۱-۱-۹-۳- رنگ
۶۳	..... ۲-۱-۹-۳- کدورت
۶۳	..... ۳-۱-۹-۳- بو و مزه
۶۴	..... ۲-۹-۳- خواص شیمیایی آب
۶۵	..... خودآزمایی
۶۶	..... منابع

۶۷..... فصل چهارم: مواد افزودنی

۶۹	..... ۴-۱- هدف
۶۹	..... ۴-۲- مقدمه
۷۰	..... ۴-۳- ضوابط پذیرش مواد افزودنی
۷۲	..... ۴-۳-۱- مواد افزودنی تک منظوره
۷۲	..... ۴-۳-۲- مواد افزودنی چند منظوره
۷۲	..... ۴-۳-۳- مواد افزودنی روان کننده بتن
۷۲	..... ۴-۴- تأثیر افزودنی‌ها
۷۳	..... ۴-۴-۱- اصلاح خواص بتن، ملات، دوغاب تازه
۷۳	..... ۴-۴-۲- اصلاح خواص بتن، ملات یا دوغاب سخت شده
۷۳	..... ۴-۵- افزودنی‌های شیمیایی
۷۴	..... ۴-۵-۱- افزودنی‌های حباب‌زا
۷۵	..... ۴-۵-۲- افزودنی‌های کندگیر
۷۶	..... ۴-۵-۳- افزودنی‌های تندگیر
۷۷	..... ۴-۵-۴- سایر افزودنی‌های شیمیایی
۷۸	..... ۴-۵-۵- ملاحظات کاربردی
۷۹	..... ۴-۶- افزودنی‌های معدنی
۸۰	..... ۴-۶-۱- کاربرد افزودنی‌های معدنی
۸۱	..... ۴-۶-۲- انواع افزودنی‌های معدنی
۸۲	..... خودآزمایی
۸۳	..... منابع

۸۵..... فصل پنجم: بتن

۸۷ ۵-۱- هدف
----	----------------

۸۸	۲-۵- مقدمه
۸۹	۳-۵- مواد تشکیل دهنده بتن
۸۹	۴-۵- انواع بتن
۹۰	۵-۵- بتن سخت شده
۹۰	۶-۵- بتن تازه
۹۱	۱-۶-۵- کارایی بتن
۹۱	۲-۶-۵- لزوم کار آبی
۹۲	۳-۶-۵- میزان کار آبی
۹۲	۱-۳-۶-۵- آزمایش اسلامپ
۹۴	۴-۶-۵- عوامل مؤثر بر کار آبی
۹۴	۱-۴-۶-۵- مقدار آب
۹۴	۲-۴-۶-۵- مقدار و مشخصات سیمان
۹۵	۳-۴-۶-۵- خصوصیات مصالح سنگی
۹۵	۴-۴-۶-۵- افزودنی‌ها
۹۶	۵-۶-۵- افت اسلامپ
۹۷	۶-۶-۵- لزجت
۹۸	۷-۶-۵- رئولوژی
۹۸	۸-۶-۵- جدایش
۹۹	۹-۶-۵- آب انداختگی
۱۰۱	۷-۵- تراکم بتن
۱۰۵	۸-۵- پرداخت بتن
۱۰۶	۱-۸-۵- توقف عملیات پرداخت
۱۰۷	۹-۵- عمل آوری بتن
۱۰۷	۱-۹-۵- روش‌های عمل آوری بتن
۱۰۷	۱-۱-۹-۵- عمل آوری با آب
۱۰۸	۲-۱-۹-۵- عمل آوری عایقی
۱۰۸	۳-۱-۹-۵- عمل آوری به وسیله قالب‌ها
۱۰۸	۴-۱-۹-۵- عمل آوری حفاظتی (محافظت)
۱۰۸	۵-۱-۹-۵- عمل آوری حرارتی (پروراندن)
۱۰۹	۶-۱-۹-۵- مدت زمان عمل آوری
۱۱۰	۱۰-۵- ناحیه لایه مرزی

۱۱۲..... خودآزمایی

۱۱۳..... منابع

۱۱۵..... فصل ششم: رفتار فیزیکی بتن

۱۱۷..... ۱-۶- هدف

۱۱۷..... ۲-۶- مقدمه

۱۱۸..... ۳-۶- تغییر شکل کشسان و ناکشسان

۱۱۸..... ۱-۳-۶- کرنش فشاری

۱۱۹..... ۲-۳-۶- کرنش برشی

۱۱۹..... ۳-۳-۶- کرنش پیچشی

۱۲۰..... ۴-۶- جمع‌شدگی

۱۲۱..... ۵-۶- خزش در بتن

۱۲۲..... ۱-۵-۶- عوامل مؤثر در خزش

۱۲۲..... ۱-۱-۵-۶- نسبت آب به سیمان

۱۲۳..... ۲-۱-۵-۶- اثر سنگدانه

۱۲۴..... ۳-۱-۵-۶- هندسه آزمون

۱۲۴..... ۴-۱-۵-۶- دیگر عوامل

۱۲۵..... خودآزمایی

۱۲۶..... منابع

۱۲۹..... فصل هفتم: مقاومت

۱۳۱..... ۱-۷- هدف

۱۳۱..... ۲-۷- مقدمه

۱۳۲..... ۳-۷- عوامل تأثیرگذار بر مقاومت

۱۳۲..... ۱-۳-۷- نسبت آب به سیمان

۱۳۴..... ۲-۳-۷- نوع سیمان

۱۳۶..... ۳-۳-۷- سنگدانه

۱۳۸..... ۴-۳-۷- افزودنی‌های بتن

۱۴۰..... ۵-۳-۷- آب اختلاط

۱۴۰..... ۴-۷- مقاومت فشاری

۱۴۲..... ۵-۷- مقاومت کششی

۱۴۳..... ۶-۷- مقاومت خمشی

۱۴۴	۷-۷- مقاومت پیچشی
۱۴۴	۷-۸- مقاومت خستگی
۱۴۵	۷-۹- مقاومت ضربه‌ای
۱۴۵	۷-۱۰- رفتار ارتجاعی
۱۴۶	۷-۱۱- ضریب پواسون
۱۴۷	۷-۱۲- نرخ بارگذاری
۱۴۸	خودآزمایی
۱۴۹	منابع

فصل هشتم: دوام ۱۵۱

۱۵۳	۸-۱- هدف
۱۵۴	۸-۲- مقدمه
۱۵۵	۸-۳- مشاهدات کلی
۱۵۵	۸-۴- آب و تخریب
۱۵۶	۸-۵- نفوذپذیری
۱۵۷	۸-۵-۱- نفوذپذیری خمیر سیمان
۱۵۹	۸-۵-۲- نفوذپذیری سنگدانه‌ها
۱۶۰	۸-۵-۳- نفوذپذیری بتن
۱۶۲	۸-۶- تخریب فیزیکی بتن
۱۶۲	۸-۶-۱- فرسودگی سطحی
۱۶۳	۸-۶-۱-۱- سایش
۱۶۴	۸-۶-۱-۱-۱- سنگدانه‌های مقاوم سایش
۱۶۴	۸-۶-۱-۲- فرسایش
۱۶۵	۸-۶-۱-۳- خلأزایی
۱۶۶	۸-۶-۲- تبلور نمک‌ها
۱۶۷	۸-۶-۳- یخ زدن و آب شدن
۱۶۸	۸-۶-۳-۱- یخ‌زدگی خمیر سیمان
۱۶۸	۸-۶-۳-۲- یخ زدن سنگدانه‌ها
۱۶۹	۸-۶-۳-۳- یخ‌زدگی بتن تازه
۱۷۰	۸-۶-۳-۴- یخ‌زدگی بتن سخت شده
۱۷۱	۸-۶-۳-۴-۱- ترک خوردگی خط D

۱۷۲.....	۲-۴-۳-۶-۸- پوستانه شدن
۱۷۲.....	۳-۴-۳-۶-۸- بیرون پریدگی
۱۷۲.....	۵-۳-۶-۸- کنترل یخزدگی
۱۷۳.....	۱-۵-۳-۶-۸- میزان حباب هوا
۱۷۵.....	۲-۵-۳-۶-۸- نسبت آب به سیمان و عمل آوری
۱۷۶.....	۳-۵-۳-۶-۸- درجه اشباع
۱۷۶.....	۴-۵-۳-۶-۸- مقاومت
۱۷۶.....	۴-۶-۸- پوستانه شدن با نمک
۱۷۷.....	۵-۶-۸- تأثیر آتش بر بتن
۱۷۹.....	۱-۵-۶-۸- تأثیر آتش بر خمیر سیمان
۱۸۰.....	۲-۵-۶-۸- تأثیر آتش بر سنگدانه
۱۸۰.....	۷-۸- تخریب شیمیایی
۱۸۱.....	۱-۷-۸- انتقال شیمیایی
۱۸۲.....	۲-۷-۸- شوره زنی در بتن
۱۸۳.....	۳-۷-۸- تهاجم سولفاتی
۱۸۴.....	۱-۳-۷-۸- مکانیزم تهاجم سولفاتی
۱۸۵.....	۲-۳-۷-۸- کنترل حمله سولفات
۱۸۷.....	۴-۷-۸- واکنش شیمیایی در سنگدانه ها
۱۸۸.....	۱-۴-۷-۸- واکنش قلیا- سیلیسی (ASR)
۱۸۹.....	۱-۱-۴-۷-۸- عوامل تأثیر گذار انبساط
۱۹۲.....	۲-۴-۷-۸- واکنش قلیا- کربناتی (ACR)
۱۹۳.....	۵-۷-۸- تهاجم اسیدها و بازها
۱۹۵.....	۶-۷-۸- خوردگی فولاد در بتن
۱۹۵.....	۱-۶-۷-۸- مکانیزم خوردگی فولاد
۱۹۷.....	۲-۶-۷-۸- خوردگی بتن
۱۹۹.....	۳-۶-۷-۸- نقش پوشش بتنی
۲۰۰.....	۷-۷-۸- تأثیر یون های کلرید
۲۰۲.....	۸-۷-۸- کربناسیون و اثرات آن
۲۰۴.....	خودآزمایی
۲۰۵.....	منابع

پیشگفتار

بتن به عنوان پرمصرف‌ترین ماده پس از آب و شایع‌ترین مصالح ساختمانی دنیا شناخته می‌شود. بتن را می‌توان یک موجود زنده تشبیه کرد که متولد می‌شود و به بلوغ می‌رسد. ذات بتن هرگز به سکون نمی‌رسد و همواره دست خوش تغییر و تحول است. این تغییر و تحول ممکن است در مسیر رشد و تعالی بتن باشد؛ یا در مسیر تخریب و تنزل بتن حرکت کند.

فروپاشی ساختمان‌ها ناشی از تأثیر عوامل خاص خورنده در هنگامی که هم‌زمان با عوامل خورنده اقلیم همراه باشد، سریع‌تر و شدیدتر است. چنانچه در این موارد به هنگام طراحی و نیز در مرحله اجرا، مواظبت‌های ضروری از بتن به عمل نیاید، سرعت خوردگی بسیار بارزتر خواهد بود. بر اساس برآورد منابع آگاه، سالیانه حدود ۱/۲۵ درصد از درآمد ملی کشورها در نتیجه فروپاشی بتن و بتن مسلح هدر می‌رود؛ این میزان نه فقط شامل هزینه مصالح مورد نیاز برای ترمیم و بازسازی، بلکه ناشی از زیان‌های تولید به سبب آسیب عناصر سازه‌های خورده شده، گسستگی و قطع تولید عادی است که جملگی به شکل ناشی از خوردگی، تخریب و از کار افتادن عناصر ساختمان‌اند و یا در مواردی که سبب توقف تولید یا خدمات شده‌اند.

مجموعه این شرایط با بالا رفتن هزینه تعمیر و اصلاح می‌انجامد که در شرایط معمولی مستلزم حضور نیروی انسانی و مصالح زیاد است. به همین سبب، رعایت استانداردهای ویژه برای حفاظت در مقابل خوردگی و تخریب از اهمیت خاص برخوردار است و باید به آن توجه کافی مبذول شود. یکی از اهداف کلی بالابردن

استانداردها، بهره‌گیری از استانداردهایی برای کاهش زیان‌های ناشی از فروپاشی بتن در صنعت ساختمان از طریق بالا بردن دوام این ابنیه در مقابل عوامل مختلف تخریب و جلوگیری از بازسازی ساختمان هاست.

در کشور ما نیز با توجه به گستردگی و تنوع سازه‌های بتنی در پروژه‌های عظیم ملی و شریان‌های حیاتی از یک سو و تنوع اقلیمی و شرایط آب و هوایی از سوی دیگر، جای دارد که موضوع دوام بتن، کاربردها و شرایط محیطی مختلف که شاید تاکنون کمتر به طور جدی و کاربردی به آن پرداخته شده باشد، به طور گسترده‌تر و دقیق‌تری مورد توجه عملی قرار گیرد. با بررسی منابع و کتاب‌های موجود در زمینه دوام بتن و ترکیبات سیمانی در کشور می‌توان دریافت که کتابها در این زمینه محدود می‌باشد. لذا به نظر می‌رسد که چنین کتابی می‌تواند در ارتقای دانش مربوط به دوام بتن در سطوح مختلف بسیار مفید و مؤثر باشد و امید است که این کتاب گامی هر چند کوچک در جهت ارتقای دانش فناوری بتن و کارهای بتنی برای کلیه دست‌اندرکاران صنعت بتن محسوب گردد.