

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

# طرح و کنترل مخلوط های بتن

تالیف

قاسم صفری

سرشناسه	: صفری، قاسم، ۱۳۵۵ -
عنوان و نام پدیدآور	: طرح و کنترل مخلوط‌های بتن / تالیف قاسم صفری.
مشخصات نشر	: تهران: فدک ایساتیس، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۱۹۲ ص: مصور، جدول، نمودار
شابک	: ۶۰۰۰۰ ریال : ۶-۰۵۸-۱۶۰-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: بتن-- مخلوط کردن
موضوع	: بتن-- افزوده‌ها
موضوع	: بتن-- آزمایشها
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۰ ط ۶۷ / ص ۴۳۹ TA
رده‌بندی دیویی	: ۶۶۶/۸۹۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۶۳۰۹۹۶

## طرح و کنترل مخلوط‌های بتن

تالیف	: قاسم صفری
مدیر تولید	: رضا کریمی‌شاهنده
حروفچینی و صفحه‌آرایی	: واحد تولید انتشارات فدک ایساتیس
ویراستار ادبی	: صفیه فیروزی‌مهر
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۱
تیراژ	: ۱۰۰۰
چاپ و صحافی	: گنج‌شایگان
قیمت	: ۶۰۰۰۰ ریال
شابک	: ۶-۰۵۸-۱۶۰-۶۰۰-۹۷۸

دفتر انتشارات :	تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌لیافی‌نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
تلفن :	۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
نماینده گی تهران :	خیابان انقلاب - نبش ۱۲ فروردین - پلاک ۱۳۱۲ - انتشارات صانعی
تلفن :	۶۶۴۰۹۹۲۴ - ۶۶۴۰۵۳۸۵
فروشگاه یزد :	میدان آزادی (باغ ملی) - ابتدای خیابان فرخی - جنب مجتمع ستاره
تلفن :	۶۲۲۷۴۷۵ - ۶۲۲۶۷۷۱ - ۶۲۲۶۷۷۲

ایمیل و وبسایت: [info@fadakbook.ir](mailto:info@fadakbook.ir) - [www.fadakbook.ir](http://www.fadakbook.ir)

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات فدک ایساتیس می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات فدک ایساتیس ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی  
انتشارات فدک ایساتیس

انسان غارنشین از ابتدا برای حفاظت از خویش به دنبال سرپناهی امن بود از آن رو با تکه‌ای گل پخته در اجاق فکر ساختن سفال افتاد و بعد از آن به پختن خشته‌های گلی و درآوردن آنها به صورت آجر پرداخت. به تدریج و با پیشرفت تمدن و تشکیل اجتماعات انسانی، به داشتن شهر نیاز پیدا کرد و بدین سان اولین اجتماعات شهری بعد از کشف آتش و سفال ایجاد گردید. مردمان گذشته، از مخلوط آهک پخته و یا خرده سنگ به همراه آب به عنوان چسبی که آجرها و خشته‌ها را کنار یکدیگر قرار می‌داد، استفاده می‌کردند.

عظیم‌ترین و باشکوه‌ترین یادگاری که از دوران کهن باقی مانده و نمایانگر استفاده پیشینیان از ملات‌ها می‌باشد اهرام مصر است. بعد از آن رومی‌ها نیز استفاده‌ی زیادی از ملات‌ها کردند که بنای یادبود آنها کولیزیوم هنوز در رم ایتالیا باقی مانده است. بزرگترین انقلاب در صنعت ساختمان با کشف سیمان پرتلند توسط جوزف آسپیدین آغاز شد. بعد از آن پسرش ویلیام کار پدر را ادامه داد و شاید به جرأت بتوان گفت که صنعت سیمان را پایه‌گذاری کرد.

با کشف خواص سیمان، انسان به فکر ساختن بتن افتاد و این سنگ مصنوعی، توسط انسان اختراع شد. بشر باز به پیشرفت ادامه داد و این بار در سال ۱۸۴۹ یک مهندس فرانسوی به نام ژوزف مونیه برای ساخت چند گلدان تگاری بتنی از میلگردها و مفتول‌های فولادی استفاده کرد و ایده‌ی ساخت بتن مسلح رواج پیدا کرد. بتن از مقاومت فشاری خوبی برخوردار می‌باشد ولی درمقابل تنش‌های کششی، ضعیف عمل می‌نماید. مقاومت کششی بتن بین  $\frac{1}{10}$  تا  $\frac{1}{13}$  مقاومت فشاری آن است. برای جبران این نقیصه، در داخل عضو بتن مسلح میلگردهای فولادی کار گذاشته می‌شود که از مقاومت کششی خوبی برخوردار است.

امروزه بتن از کاربردی‌ترین مواد ساختمانی رایج در دنیا شده است، زیرا بتن بسیار تطبیق‌پذیر و اصطلاحاً ماده‌ی همه‌کاره است. خصوصیات ممتاز بتن بر هیچ‌کس پوشیده نیست. سهولت در دسترسی، مقاومت مناسب در برابر آتش‌سوزی، عمل‌آوری آسان، نگهداری کم، استحکام مطلوب، عدم فروپاشی، مقاومت در برابر بارندگی شدید و ... بتن را در زمره‌ی بنیادی‌ترین مصالح ساختمانی و اساس صنعت ساختمان معرفی کرده است.



# فهرست مطالب

## فصل ۱ تعریف بتن، اهمیت آن، تفاوت با مصالح مختلف به ویژه فولاد ۱

تعریف بتن ۲	۱.۱
اجزای بتن ۳	۲.۱
رده‌بندی مخلوط‌های بتن ۴	۳.۱
روش‌های تعیین نسبت‌های اختلاط ۴	۱.۳.۱
تعریف ساده بتن مسلح ۵	۴.۱
مقایسه بتن و فولاد ۶	۵.۱
شرایط و ویژگی‌های بتن خوب ۷	۶.۱

## فصل ۲ سیمان و انواع آن، شیمی سیمان، خلاصه‌ای از روش تولید، خواص

فیزیکی و شیمیایی و مکانیکی سیمان، آزمایش‌های سیمان،

### خواص و کاربرد انواع سیمان‌ها ۱۱

سیمان ۱۲	۱.۲
ترکیب شیمیایی ۱۲	۲.۲
فازهای اصلی تشکیل‌دهنده‌ی سیمان پرتلند ۱۳	۳.۲
خواص ترکیبات اصلی سیمان ۱۳	۴.۲
هیدراسیون سیمان ۱۳	۵.۲
اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی سیمان پرتلند ۱۴	۶.۲
افزودنی‌ها (که بعد از تولید کلینکر سیمان به آن اضافه می‌شود) ۱۹	۷.۲
انواع سیمان ۲۰	۸.۲
سیمان پرتلند مصنوعی ۲۰	۱.۸.۲

سیمان پرتلند - آهکی ۲۲	۲.۸.۲
سیمان پرتلند - پوزولانی ۲۲	۳.۸.۲
سیمان سرباره ای ضد سولفات ۲۲	۴.۸.۲
سیمان نسوز ۲۲	۵.۸.۲
سیمان پرتلند ضد آب ۲۲	۶.۸.۲
سیمان‌های چاه نفت ۲۲	۷.۸.۲
سیمان‌های باگیرش تنظیم شده ۲۲	۸.۸.۲
سیمان سفید ۲۳	۹.۸.۲
سیمان‌های رنگی ۲۳	۱۰.۸.۲
سیمان‌های طبیعی ۲۳	۱۱.۸.۲
سیمان‌های آمیخته ۲۴	۱۲.۸.۲
سیمان پرتلند پوزولانی ۲۴	۱۳.۸.۲
سیمان پرتلند روباره آهن‌گذاری ۲۴	۱۴.۸.۲
سیمان بنایی ۲۴	۱۵.۸.۲
انطباق با مشخصات و استانداردها ۲۵	۹.۲
آزمایش‌ها ۲۶	۱۰.۲
تحویل و انبار کردن سیمان ۲۶	۱۱.۲
نگهداری سیمان ۲۷	۱۲.۲
حمل و نقل و نگهداری ۲۷	۱.۱۲.۲
ایمنی ۳۰	۱۳.۲

## فصل ۳ آب اختلاط بتن، خواص آب مناسب برای ساخت و عمل‌آوری

### بتن، اثر کمی و کیفی آب بر خواص بتن ۳۱

نسبت آب به سیمان ۳۴	۱.۳
انطباق با مشخصات و استانداردها ۳۴	۲.۳
ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول ۳۴	۳.۳
جابه‌جا کردن و نگهداری آب ۳۵	۴.۳
مقدار آب مصرفی ۳۶	۵.۳

## فصل ۴

سنگ‌دانه‌ها: طبقه‌بندی کلی، خواص فیزیکی و مکانیکی نظیر وزن مخصوص، جذب آب، تخلخل، شکل و بافت و ابعاد و دانه‌بندی و مقاومت، ناخالصی‌ها در سنگ‌دانه و اثرات آن ۳۷

اندازه‌ی دانه‌های سنگی ۳۸	۱.۴
کانی‌های مهم ۳۹	۲.۴
طبقه‌بندی بر اساس شکل ظاهری ۳۹	۳.۴

## فصل ۵

مواد افزودنی: خواص و کاربرد مواد افزودنی تسریع‌کننده‌ی گیرش، کندگیر کننده، کاهش‌دهنده‌های آب (روان‌کننده) ۵۳

انواع مواد افزودنی ۵۴	۱.۵
افزودنی‌های شیمیایی ۵۴	۱.۱.۵
افزودنی‌های معدنی ۵۹	۲.۱.۵
انطباق با مشخصات و استانداردها ۶۱	۲.۵
سیر تکاملی افزودنی‌های بتن ۶۲	۳.۵

## فصل ۶

تعریف کارایی، آزمایش‌های تعیین کارایی، نقش مواد بتن در کارایی، آب‌انداختن، جدایی مواد از یکدیگر ۶۳

کارایی بتن ۶۴	۱.۶
آزمایش‌هایی برای اندازه‌گیری کارایی بتن ۶۴	۲.۶
اسلامپ ۶۴	۱.۲.۶
آزمایش نفوذ تویی ۶۶	۲.۲.۶
آزمایش آب‌انداختن ۶۶	۳.۲.۶
مصالح مصرفی ۶۸	۳.۶
مواد افزودنی ۶۸	۴.۶
درجه حرارت ۶۸	۵.۶
نسبت آب به سیمان ۶۸	۶.۶
حداقل مقدار سیمان ۶۹	۷.۶

پایایی بتن	۶۹	۸.۶
عوامل کاهنده‌ی پایایی	۶۹	۱.۸.۶
ضوابط ویژه برای افزایش پایایی در شرایط محیطی مختلف	۷۱	۲.۸.۶

## فصل ۷ روش‌های ساخت بتن، حمل و ریختن و تراکم بتن ۷۵

نیروی انسانی	۷۶	۱.۷
تجهیزات و وسایل	۷۶	۲.۷
آماده‌سازی محل بتن‌ریزی	۷۷	۳.۷
اختلاط بتن	۷۷	۴.۷
انتقال بتن	۷۸	۵.۷
تدارکات پیش از بتن‌ریزی	۷۸	۶.۷
بتن‌ریزی	۷۹	۷.۷
تراکم و تحکیم بتن	۷۹	۸.۷
متراکم کردن با دست	۸۰	۱.۸.۷
متراکم کردن با وسایل مکانیکی	۸۰	۲.۸.۷
ارتعاش بیرونی	۸۱	۳.۸.۷
اندازه‌گیری مصالح متشکله بتن	۸۳	۹.۷
سیمان	۸۳	۱.۹.۷
مصالح سنگی	۸۳	۲.۹.۷
آب و مواد افزودنی	۸۴	۳.۹.۷
اندازه‌گیری و رواداریها	۸۴	۴.۹.۷
اختلاط مصالح	۸۴	۱۰.۷
مخلوط‌کن‌های ثابت	۸۵	۱.۱۰.۷
بتن آماده	۸۷	۲.۱۰.۷
اختلاط با دست	۸۸	۳.۱۰.۷
حمل بتن	۸۸	۱۱.۷
وسایل و روشهای مختلف اختلاط	۸۹	۱۲.۷
بتن‌ریزی و متراکم ساختن بتن	۹۱	۱۳.۷
توقف و شروع مجدد بتن‌ریزی	۹۸	۱۴.۷



## طرح اختلاط بتن، طرح اختلاط بتن با روش‌های مختلف کارگاهی

## و آزمایشگاهی ۱۰۱

طبقه‌بندی سنگ‌دانه‌ها ۱۰۲	۱.۸
روش طرح اختلاط ۱۰۲	۲.۸
روش گام به گام طرح اختلاط بتن ۱۰۳	۳.۸
افزودنیهای بتن ۱۰۷	۴.۸

## عمل آوری بتن، شیوه‌های مختلف عمل آوری و نقش آن در

## خواص بتن، روش‌ها و مراقبت‌های لازم در شرایط بتن‌ریزی در

## هوای گرم و سرد ۱۱۳

عوامل مؤثر در مراقبت از بتن ۱۱۴	۱.۹
روش‌های عمل‌آوردن ۱۱۴	۲.۹
عمل‌آوردن به وسیله آب ۱۱۶	۱.۲.۹
عمل‌آوردن با ایجاد سطوح عایق ۱۱۶	۲.۲.۹
استفاده از بخار ۱۱۸	۳.۲.۹
بتن‌ریزی در شرایط ویژه ۱۲۰	۳.۹
درجه حرارت مخلوط بتن ۱۲۳	۴.۹
بتن‌ریزی در مناطق ساحلی خلیج فارس و دریای عمان ۱۲۴	۱.۴.۹
بتن‌ریزی در هوای سرد ۱۲۵	۲.۴.۹
عمل‌آوردن بتن تازه در هوای سرد ۱۲۸	۵.۹

## خواص بتن سخت شده، آزمایش‌های بتن سخت شده،

## مقاومت‌های فشاری، کششی و خمشی بتن، چسبندگی بتن و

## آرماتور، ضریب الاستیسیتهی بتن، انقباض بتن، خزش بتن و نقش

## عوامل مختلف در آن ۱۲۹

رده‌بندی بتن ۱۳۰	۱.۱۰
------------------	------

مقاومت بتن	۱۳۱	۲.۱۰
نسبت آب به سیمان	۱۳۲	۱.۲.۱۰
نوع سیمان	۱۳۲	۲.۲.۱۰
نوع و حداکثر قطر مصالح سنگی	۱۳۲	۳.۲.۱۰
مواد افزودنی	۱۳۲	۴.۲.۱۰
نفوذناپذیری بتن	۱۳۳	۳.۱۰
نسبت آب به سیمان	۱۳۳	۱.۳.۱۰
نسبتهای اختلاط	۱۳۳	۲.۳.۱۰
ریختن، عمل آوردن و مراقبت	۱۳۳	۳.۳.۱۰
ویژگیهای بتن	۱۳۳	۴.۱۰
عمر بتن	۱۳۳	۱.۴.۱۰
مقاومت فشاری و خمش و کشش و ضریب برجهندگی بتن	۱۳۵	۲.۴.۱۰
مقاومت کششی لایه‌ای	۱۳۵	۳.۴.۱۰
ساییده شدن بتن	۱۳۶	۴.۴.۱۰
یخ‌زدن بتن	۱۳۶	۵.۴.۱۰
نسبت آب به سیمان	۱۳۶	۶.۴.۱۰
مواد افزودنی کاهنده آب	۱۳۶	۷.۴.۱۰

## فصل ۱۱ خرابی‌ها و دوام بتن، مختصری از خرابی‌های شیمیایی و فیزیکی در

### بتن، روش‌های پیشگیری و شیوه‌های مختلف افزایش دوام بتن ۱۳۹

عوامل کاهنده‌ی پایایی	۱۴۰	۱.۱۱
ضوابط ویژه برای افزایش پایایی در شرایط محیطی مختلف	۱۴۱	۲.۱۱
ساییده شدن بتن	۱۴۲	۳.۱۱
یخ‌زدن بتن	۱۴۴	۴.۱۱
بتن‌ریزی در هوای گرم	۱۴۴	۵.۱۱
بتن در خاکهای سولفات‌دار	۱۴۴	۶.۱۱
بتن مقاوم در برابر حملات شیمیایی	۱۴۵	۷.۱۱
لکه‌گیری، پاک‌کردن، و پرداختن سطوح قالب‌گیری شده	۱۴۶	۸.۱۱

## بتن با مقاومت بالا، بتن پلیمری، بتن الیافی، بتن فروسیمانی ۱۴۷

۱۴۸	روشهای ویژه کاربرد بتن	۱.۱۲
۱۴۸	بتن سبک ساختمانی	۱.۱.۱۲
۱۴۹	بتن سبک عایق‌بندی	۲.۱.۱۲
۱۴۹	بتن سنگین	۳.۱.۱۲
۱۵۱	روش اجرای بتن سنگین	۲.۱۲
۱۵۳	روش بتن‌ریزی	۳.۱۲
۱۵۴	بتن پاشیده	۱.۳.۱۲
۱۵۵	بتن ریزی در زیر آب	۲.۳.۱۲
۱۵۷	بتن مکیده	۳.۳.۱۲
۱۵۸	بتن‌های ویژه	۴.۱۲
۱۵۸	بتن کم‌مایه (لاغر)	۵.۱۲
۱۵۸	بتن پیش‌ساخته	۶.۱۲
۱۵۹	بتن با حباب هوا	۷.۱۲
۱۶۰	بتن ساخته شده از سیمان با مقاومت زودرس	۸.۱۲
۱۶۰	بتن پیش‌تنیده	۹.۱۲
۱۶۱	بتن عبور دهنده نور	۱۰.۱۲

## پیوست الف

۱۶۴	یک روز در کارگاه	۱.الف
۱۶۴	تهیه و آماده‌سازی بتن و انجام عملیات بتن‌ریزی	۲.الف
۱۶۴	دپوی مصالح تشکیل شده از: صفحات چوبی جداکننده و باکت زنجیری	۳.الف
۱۶۵	تمهیدات لازم قبل از انجام بتن‌ریزی	۴.الف
۱۶۵	شرح جزئیات لازم	۵.الف
۱۶۶	وسایل لازم برای ریختن بتن در قالب	۶.الف
۱۶۶	قبل از بتن‌ریزی داخل قالبها باید	۷.الف

۸.ف انواع ویراتورهای خرطومی ۱۶۷

۹.ف نحوه‌ی استفاده از ویراتورها ۱۶۷

**پیوست ب**

۱.ب تعریف شرایط محیطی ۱۷۳

**پیوست ج**

۱.ج نمونه‌ای از طرح اختلاط با استفاده از روش ملی طرح مخلوط بتن ۱۷۴

**پیوست د**

۱.د نحوه‌ی بازرسی و کنترل کیفیت مصالح بتن ۱۷۹

**فهرست الفبایی ۱۸۳**

تعريف بتن، اهميت آن، تفاوت با مصالح  
مختلف به ویژه فولاد

