



روش صحیح ساخت بتن و راهکارهای کاهش مصرف سیمان

مؤلفین به ترتیب حروف الفبا:

محسن تدین

عضو هیأت علمی دانشگاه بوعلی سینا

فریدون رضایی

عضو هیأت علمی دانشگاه بوعلی سینا

محمد شکرچی زاده

عضو هیأت علمی دانشگاه تهران

سید مسعود نصر آزادانی

عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

عنوان و نام پدیدآور	روش صحیح ساخت بتن و راهکارهای کاهش مصرف سیمان/
مشخصات نشر	مؤلفین محسن تدین... [و دیگران].
مشخصات ظاهری	تهران: یاد عارف، ۱۳۹۳.
شابک	۱۶۴ ص.
وضعیت فهرست نویسی	978-600-7284-20-9
یادداشت	فیبا
یادداشت	مؤلفین محسن تدین، فریدون رضایی، محمد شکرچی زاده،
یادداشت	سیدمسعود نصر آزادانی.
موضوع	چاپ دوم.
موضوع	چاپ قبلی: بهاران، ۱۳۸۹.
موضوع	بتن
موضوع	بتن -- افزودن ها
موضوع	سیمان
شناسه افزوده	تدین، محسن، ۱۳۳۵ -
رده بندی کنگره	۱۲۹۳۴۳۹TA / ۹۳
رده بندی دیویی	۱۴۶/۶۲۰
شماره کتابشناسی ملی	۳۴۴۲۲۵۴

عنوان کتاب	روش صحیح ساخت بتن و راهکارهای کاهش مصرف سیمان
مؤلفین به ترتیب	محسن تدین، فریدون رضایی، محمد شکرچی زاده، سید مسعود نصر آزادانی
حروف الفبا	
ناشر	یاد عارف
سال و نوبت چاپ:اول	۱۳۹۴ /
تیراژ	۱۱۰۰ نسخه
قیمت	۹۰۰۰۰ ریال
شابک	978-600-7284-20-9
مرکز پخش	تلفن: ۶۶۴۰۵۰۷۳ - ۰۹۱۲۴۳۴۲۷۴۱

فهرست مطالب

۱۱	 پیش‌گفتار
۱۳	 فصل اول: مقدمه
۱۹	 فصل دوم: تأثیر اجزای تشکیل‌دهنده بتن بر کیفیت بتن
۲۰	 (۱-۲) کلیات
۲۰	 (۲-۲) سیمان
۲۴	 (۱-۲-۲) خواص سیمان پرتلند
۲۴	 (۱-۱-۲-۲) نرمی سیمان
۲۵	 (۲-۱-۲-۲) گیرش
۲۵	 (۳-۱-۲-۲) گرمای هیدراسیون سیمان
۲۶	 (۴-۱-۲-۲) مقاومت فشاری سیمان
۲۶	 (۵-۱-۲-۲) اثر درجه حرارت روی مقاومت سیمان
۲۶	 (۲-۲-۲) سیمان‌های آمیخته
۲۷	 (۱-۲-۲-۲) سیمان پرتلند آهکی
۲۷	 (۲-۲-۲-۲) سیمان آمیخته روباره آهن‌گدازی (نوع IS در ASTM C595)
۲۸	 (۳-۲-۲-۲) سیمان‌های آمیخته پوزولانی (نوع IP در ASTM C595)
۳۰	 (۳-۲-۲) کاربرد و ویژگی‌های سیمان‌های آمیخته
۳۱	 (۳-۲) سنگدانه
۳۱	 (۱-۳-۲) دانه‌بندی
۳۵	 (۲-۳-۲) شکل و بافت سطحی سنگدانه‌ها
۳۶	 (۳-۳-۲) رطوبت سنگدانه‌ها
۳۷	 (۴-۳-۲) اثر سنگدانه بر خواص بتن تازه
۳۸	 (۱-۴-۳-۲) کارایی
۳۸	 (۲-۴-۳-۲) آب‌انداختگی
۳۹	 (۳-۴-۳-۲) پمپ‌پذیری
۳۹	 (۵-۳-۲) اثر سنگدانه بر خواص بتن سخت‌شده
۳۹	 (۱-۵-۳-۲) مقاومت در برابر ذوب و انجماد، تر و خشک شدن و اسید
۴۰	 (۲-۵-۳-۲) واکنش‌زایی سنگدانه‌ها
۴۱	 (۳-۵-۳-۲) مقاومت مکانیکی
۴۲	 (۴-۵-۳-۲) جمع‌شدگی

۴۳	۲-۳-۶) مواد بالقوه زیان بخش
۴۳	۲-۴) آب
۴۴	۲-۴-۱) نقش آب در بتن
۴۵	۲-۴-۲) خصوصیات منابع آب
۴۶	۲-۴-۳) اثرات مواد موجود در آب اختلاط بر کیفیت بتن
۴۶	۲-۴-۳-۱) اثر کربنات‌ها و بی‌کربنات‌های قلیایی
۴۶	۲-۴-۳-۲) اثر کلریدهای موجود در آب اختلاط
۴۷	۲-۴-۳-۳) اثر سولفات‌ها
۴۷	۲-۴-۳-۴) نمک‌های غیر آلی متفرقه
۴۸	۲-۴-۳-۵) مواد قلیایی
۴۸	۲-۴-۳-۶) سایر نمک‌های متعارف
۴۸	۲-۴-۳-۷) اثر ناخالصی‌های آلی بر کیفیت بتن
۴۸	۲-۴-۳-۸) قند
۴۹	۲-۴-۳-۹) لای یا ذرات معلق
۴۹	۲-۴-۳-۱۰) چربی‌ها
۴۹	۲-۴-۳-۱۱) خزه‌ها و جلبک‌ها
۴۹	۲-۴-۴) ضوابط آیین نامدهای آب ساخت و عمل‌آوری بتن
۵۰	۲-۵) پوزولان‌ها
۵۰	۲-۵-۱) پوزولان‌های طبیعی
۵۱	۲-۵-۲) پوزولان‌های مصنوعی
۵۲	۲-۵-۱) دوده سیلیس
۵۳	۲-۵-۲) خاکستر بادی
۵۴	۲-۵-۳) متاکائولن
۵۴	۲-۵-۴) سایر پوزولان‌های مصنوعی
۵۴	۲-۵-۳) نسبت‌های اختلاط بتن‌های حاوی مواد پوزولانی
۵۵	۲-۵-۴) اثرات پوزولان‌ها بر کیفیت بتن و کاهش مصرف سیمان
۵۶	۲-۵-۴-۱) کاهش میزان مصرف سیمان پرتلند
۵۷	۲-۵-۴-۲) بهبود خواص بتن تازه
۵۹	۲-۵-۴-۳) کاهش سرعت هیدراسیون و کاهش میزان حرارت حاصل از فرآیند آگیری سیمان
۵۹	۲-۵-۴-۴) بهبود خواص بتن سخت‌شده
۵۹	۲-۵-۴-۵) افزایش مقاومت بتن

فهرست مطالب

۶۰	افزایش پایداری بتن (۶-۴-۵-۲)
۶۱	افزودنی‌های شیمیایی (۶-۲)
۶۲	انواع مختلف افزودنی‌ها (۱-۶-۲)
۶۳	افزودنی‌های روان‌کننده و کاهنده آب (۲-۶-۲)
۶۵	کاربردها (۱-۲-۶-۲)
۶۵	تأثیر بر روی بتن تازه (۲-۲-۶-۲)
۶۷	تأثیرات بر روی بتن سخت‌شده (۳-۲-۶-۲)
۶۸	تأثیر بر روی کاهش مصرف سیمان و قیمت تمام شده بتن (۴-۲-۶-۲)
۷۰	افزودنی‌های کنترل‌کننده گش (۳-۶-۲)
۷۰	کندگیرکننده‌ها (۱-۳-۶-۲)
۷۰	زودگیرکننده‌ها (۲-۳-۶-۲)
۷۱	مواد حباب‌ساز (۴-۶-۲)
۷۲	سایر افزودنی‌ها (۵-۶-۲)
۷۲	افزودنی‌های کاهنده جمع‌شدگی (۱-۵-۶-۲)
۷۲	افزودنی لزجت‌زا (Viscosity Modifying Admixture) (۲-۵-۶-۲)
۷۳	ضد یخ‌ها (Anti Freezing) (۳-۵-۶-۲)
۷۴	افزودنی انبساط‌زا (۴-۵-۶-۲)
۷۴	بازدارنده خوردگی (۵-۵-۶-۲)
۷۴	افزودنی جلوگیری‌کننده واکنش‌های قلیایی-سنگدانه‌ها (۶-۵-۶-۲)
۷۵	افزودنی‌های بهسازی پمپاژ (۷-۵-۶-۲)
۷۵	افزودنی‌های اتصال‌زا (۸-۵-۶-۲)
۷۶	افزودنی‌های کاهنده نفوذپذیری (۹-۵-۶-۲)
۷۸	رنگدانه‌ها (۱۰-۵-۶-۲)
۷۹	فصل سوم: تأثیر روند ساخت و حمل بتن تازه بر مشخصات بتن
۸۰	کلیات (۱-۳)
۸۱	انبار کردن و نگهداری مصالح در کارگاه (۲-۳)
۸۱	انبار کردن سیمان (۱-۲-۳)
۸۳	نگهداری فیلتر سیلو سیمان (۱-۱-۲-۳)
۸۴	نکات لازم در نگهداری سیمان (۲-۱-۲-۳)

۸۵	 نگهداری سیستم توزین سیمان (۳-۱-۲-۲)
۸۵	 انبار کردن پوزولان ها (۲-۲-۳)
۸۵	 انبار کردن سنگدانه ها (۳-۲-۳)
۸۷	 نگهداری آب (۴-۲-۳)
۸۸	 انبار افزودنی های شیمیایی (۵-۲-۳)
۸۹	 انبار کردن قالب ها (۶-۲-۳)
۹۰	 اختلاط بتن (۳-۳-۳)
۹۰	 توزین و پیمانه کردن اجزای بتن (۱-۳-۳)
۹۰	 اختلاط دستی (۲-۳-۳)
۹۱	 اختلاط با استفاده از ابزار مکانیکی (۳-۳-۳)
۹۱	 مخلوط کن استوانه ای (پره متصل به دیگ) یا مخلوط کن های گرانشی (۱-۳-۳-۳)
۹۳	 مخلوط کن عمودی (پره جدا از دیگ) یا اجباری (۲-۳-۳-۳)
۹۴	 بتن آماده (۳-۳-۳-۳)
۹۴	 ترتیب اختلاط (۴-۳-۳)
۹۵	 مدت مخلوط کردن (۵-۳-۳)
۹۷	 اختلاط دو مرحله ای (۱-۵-۳-۳)
۹۷	 اختلاط کامل با تراک میکسر (۲-۵-۳-۳)
۹۸	 اصول به کارگیری مخلوط کن ها (۶-۳-۳)
۹۹	 حمل بتن (۴-۳-۳)
۱۰۰	 وسایل و روش های مختلف حمل (۱-۴-۳)
۱۰۰	 استانبولی و زنبه (۱-۱-۴-۳)
۱۰۰	 چرخ دستی یا فرغون (۲-۱-۴-۳)
۱۰۱	 دامپر (فرغون موتوری) (۳-۱-۴-۳)
۱۰۲	 دلو یا جام (باکت) (۴-۱-۴-۳)
۱۰۳	 ناوه (سطح شیب دار یا شوت) (۵-۱-۴-۳)
۱۰۴	 شوت سقوطی (۶-۱-۴-۳)
۱۰۵	 کامیون مخلوط کن (تراک میکسر) (۷-۱-۴-۳)
۱۰۶	 پمپ کردن بتن (۸-۱-۴-۳)
۱۰۷	 نکات قابل توجه در مرحله انتقال بتن (۲-۴-۳)

فهرست مطالب

۱۰۹	فصل چهارم: تأثیر نحوه‌ی اجرا و ریختن بتن تازه بر مشخصات بتن
۱۱۰	۱-۴) کلیات
۱۱۰	۲-۴) کنترل و آماده‌سازی قبل بتن‌ریزی
۱۱۳	۳-۴) قالب‌بندی
۱۱۳	۱-۳-۴) شرایط قالب‌بندی
۱۱۴	۲-۳-۴) قالب‌برداری
۱۱۵	۳-۳-۴) زمان قالب‌برداری
۱۱۷	۴-۴) بتن‌ریزی
۱۱۷	۱-۴-۴) تمهیدات کلی در بتن‌ریزی
۱۱۸	۲-۴-۴) بتن‌ریزی اجزای مختلف سازه
۱۱۸	۱-۲-۴-۴) شالوده
۱۱۹	۲-۲-۴-۴) بتن‌ریزی دال‌ها
۱۲۰	۳-۲-۴-۴) بتن‌ریزی ستون و دیوار و تیرهای اصلی
۱۲۱	۴-۲-۴-۴) بتن‌ریزی سطوح شیب‌دار
۱۲۱	۳-۴-۴) توقف و شروع مجدد بتن‌ریزی
۱۲۲	۵-۴) متراکم کردن بتن
۱۲۳	۱-۵-۴) تراکم دستی
۱۲۴	۲-۵-۴) تراکم مکانیکی لرزشی
۱۲۴	۱-۲-۵-۴) ارتعاش درونی (غوطه‌ور)
۱۲۶	۲-۲-۵-۴) لرزاننده‌های بیرونی
۱۲۸	۳-۵-۴) تراکم مجدد
۱۲۸	۶-۴) پرداخت سطح بتن
۱۲۸	۱-۶-۴) مراحل پرداخت سطح
۱۲۹	۱-۱-۶-۴) شمشه‌کشی یا تراز کردن
۱۲۹	۲-۱-۶-۴) تخته ماله‌کشی با تخته ماله دسته بلند و کوتاه
۱۳۰	۳-۱-۶-۴) ماله‌کشی
۱۳۱	۴-۱-۶-۴) پرداخت نهایی
۱۳۲	۲-۶-۴) توقف در عملیات پرداخت

۱۳۳	۷-۴) اجرای درز انقباض (جمع شدگی)
۱۳۳	۷-۴) (۱) انواع ترک‌ها در بتن تازه
۱۳۴	۷-۴) (۲) ایجاد درزهای انقباض
۱۳۸	۸-۴) بتن‌ریزی در شرایط ویژه
۱۳۸	۸-۴) (۱) بتن‌ریزی در هوای گرم
۱۴۰	۸-۴) (۱-۱) انجام اقدامات پیشگیرانه در هوای گرم
۱۴۳	۸-۴) (۱-۲) اثر شرایط هوای گرم روی خواص بتن
۱۴۴	۸-۴) (۱-۳) راهکارهای کاهش دمای بتن
۱۴۷	۸-۴) (۱-۴) راهکارهای کاهش شدت تبخیر از سطح بتن
۱۴۷	۸-۴) (۱-۵) افزودنی شیمیایی
۱۴۸	۸-۴) (۱-۶) تدارکات بتن‌ریزی
۱۴۹	۸-۴) (۱-۷) ریختن و پرداخت بتن
۱۴۹	۸-۴) (۲) بتن‌ریزی در هوای سرد
۱۵۱	۸-۴) (۱-۲) تأثیر یخ‌زدگی بر مشخصات بتن تازه
۱۵۲	۸-۴) (۲-۲) حداقل دمای بتن در هنگام ریختن و عمل‌آوری (نگهداری و حفاظت)
۱۵۲	۸-۴) (۳-۲) گرمای هیدراسیون
۱۵۲	۸-۴) (۴-۲) مخلوط‌های ویژه بتن
۱۵۴	۸-۴) (۵-۲) دمای بتن در زمان مخلوط شدن
۱۵۴	۸-۴) (۶-۲) گرمایش سنگدانه
۱۵۵	۸-۴) (۷-۲) گرمایش آب اختلاط
۱۵۶	۸-۴) (۸-۲) بتن‌ریزی روی زمین
۱۵۷	۸-۴) (۹-۲) بتن‌ریزی در بالای سطح زمین
۱۵۹	فصل پنجم: تأثیر شرایط عمل‌آوری بر مشخصات بتن سخت‌شده
۱۶۰	۵-۱) کلیات
۱۶۱	۵-۲) روش‌های عمل‌آوری
۱۶۱	۵-۲) (۱) غرقاب کردن و غوطه‌ور کردن
۱۶۲	۵-۲) (۲) مه‌سازی و آب‌پاشی
۱۶۳	۵-۲) (۳) پوشش‌های مرطوب
۱۶۴	۵-۲) (۴) کاغذ نفوذ ناپذیر
۱۶۴	۵-۲) (۵) ورق‌های پلاستیکی

فهرست مطالب

۱۶۵	مواد شیمیایی عمل آوری غشاساز
۱۶۵	باقی گذاشتن قالب‌ها در جای خود
۱۶۶	عمل آوری با بخار
۱۶۶	عمل آوردن با بخار در فشار اتمسفر
۱۶۷	عمل آوردن در اتوکلاو
۱۶۷	پوشش عایق حرارت
۱۶۷	مدت و دمای عمل آوری
۱۷۰	عمل آوری در شرایط خاص
۱۷۰	عمل آوری بتن دارای مواد پیمانی مکمل
۱۷۱	عمل آوری بتن‌های توانمند
۱۷۱	عمل آوری و حفاظت بتن در هوای گرم
۱۷۴	عمل آوری و حفاظت بتن در هوای سرد
۱۷۴	دوربند
۱۷۵	مواد عایق بندی
۱۷۵	بخاری‌ها
۱۸۰	عمل آوری رطوبتی در هوای سرد
۱۸۱	فصل ششم: راهکارهای کاهش مصرف سیمان
۱۸۲	۱-۶ کلیات
۱۸۳	۲-۶ نحوه‌ی تأثیر انحراف معیار در طرح اختلاط بتن و کاهش مصرف سیمان
۱۸۳	۱-۲-۶ تأثیر انحراف معیار در مقاومت هدف طرح مخلوط بتن
۱۸۶	۲-۲-۶ انحراف معیار یا حاشیه اطمینان زیاد و تأثیر آن بر روی مصرف سیمان
۱۸۶	۳-۲-۶ راهکارهای کاهش حاشیه اطمینان
۱۸۷	۱-۳-۲-۶ کنترل کیفیت مصالح مصرفی و محدود کردن تغییرات کیفی آنها
۱۸۸	۲-۳-۲-۶ نظارت بر ساخت و اجرا
۱۸۸	۳-۳-۲-۶ کنترل رطوبت سنگدانه
۱۸۸	۴-۳-۲-۶ دقت و مداومت و پی‌گیری در کنترل کیفی بتن
۱۸۹	۵-۳-۲-۶ استفاده از تجهیزات مدرن و دقیق در ساخت بتن
۱۸۹	۳-۶ دقت در انبار کردن صحیح و کوتاه مدت سیمان و اتلاف کمتر
۱۹۰	۴-۶ جلوگیری از بکارگیری بتن‌هایی با روانی زیاد (تا حد امکان)

۱۹۰	۵-۶) تهیه بتن آماده با کیفیت از نزدیک ترین محل
۱۹۱	۶-۶) استفاده از دانه بندی و حداکثر اندازه درشت تر (تا حد امکان)
۱۹۱	۷-۶) استفاده از سنگدانه هایی با شکل مناسب
۱۹۲	۸-۶) محدود کردن میزان مواد ریزدانه در شن و ماسه و استفاده از ماسه ریز کافی در بتن
۱۹۳	۹-۶) بکارگیری سیمان هایی با رده مقاومتی بالاتر
۱۹۳	۱۰-۶) استفاده از سیمان های آمیخته و افزایش سن مقاومت مشخصه
۱۹۴	۱۱-۶) استفاده از بتن های پرمقاومت تر
۱۹۴	۱۲-۶) بکارگیری افزودنی های مختلف به ویژه روان کننده ها (کاهنده های آب)
۱۹۵	۱۳-۶) تولید و مصرف سیمان بنایی، تولید و مصرف ملاتهای خشک آماده
۱۹۵	۱۴-۶) راهکار پایه ای (آموزش نیروهای متخصص)
۱۹۷	فصل هفتم: چکیده ای از راهکارهای کاهش مصرف سیمان
۱۹۸	۱-۷) دلایل کاهش مصرف سیمان و راهکارها
۱۹۸	۲-۷) نقش سیمان در کاهش مصرف سیمان
۱۹۹	۳-۷) نقش سنگدانه در کاهش مصرف سیمان
۲۰۰	۴-۷) نقش مقدار آب در کاهش مصرف سیمان
۲۰۱	۵-۷) نقش پوزولان ها در کاهش مصرف سیمان
۲۰۱	۶-۷) نقش افزودنی های شیمیایی در کاهش مصرف سیمان
۲۰۲	۷-۷) نقش ساخت صحیح بتن در کاهش مصرف سیمان
۲۰۳	۸-۷) نقش نحوه ای اجرا و ریختن صحیح بتن تازه در کاهش مصرف سیمان
۲۰۴	۹-۷) نقش عمل آوری صحیح در کاهش مصرف سیمان
۲۰۵	۱۰-۷) تأثیر سایر عوامل بر کاهش مصرف سیمان
۲۰۷	پیوست ها
۲۰۸	پیوست ۱: مشخصات استاندارد سیمان های مصرفی
۲۱۴	پیوست ۲: مشخصات استاندارد سنگدانه های مصرفی
۲۱۸	پیوست ۳: ضوابط آئین نامه ای در مورد مصرف آب
۲۲۲	پیوست ۴: مشخصات استاندارد برخی از افزودنی های شیمیایی مصرفی در بتن جداول
۲۳۳	فهرست منابع و مآخذ

پیش‌گفتار

پیشرفت کند رشد کیفی اجرای بتن در کشور ما در سال‌های پس از جنگ جهانی دوم، هر مهندسی را به تفکر، وا می‌دارد. در جازدن در بکار گیری بتن‌هایی با مقاومت ۲۰ تا ۲۵ مگاپاسکال و عدم دستیابی به چنین مقاومت‌هایی در کارگاه، نیاز به آسیب شناسی و راه حل‌های برون رفت از این مشکل را گوشزد می‌کند.

در این کتاب سعی بر آن بوده است تا تأثیر پارامترها و عوامل مؤثر در تأمین مشخصات بتن تازه و سخت‌شده که در مصرف سیمان و کارآمدی آن در طرح اختلاط بتن به طور مستقیم و غیرمستقیم مؤثرند، جمع‌آوری شود. همچنین تلاش شده است تأثیر روند ساخت، اجرا، حمل بتن و ریختن و تراکم آن و شرایط عمل‌آوری بر مشخصات بتن به نحوی که باعث بهبود کیفیت بتن و بهره‌برداری بیشینه از ظرفیت مصالح و اجزای بتن شود، بررسی گردد و به طور مفصل آورده شود.

راهکارهای کاهش مصرف سیمان در پی آشنایی با این عوامل مؤثر در کیفیت بتن و اجرای آن می‌تواند طرح گردد. امید است با طرح این راهکارها و ذکر مزایای پرهیز از مصرف سیمان زیاده از حد و عیوب آن بتوان انگیزه‌ای برای کاهش مصرف سیمان در کشور به وجود آورد.

مؤلفین

بهار ۱۳۸۹