

مکانیزم عمل و معیارهای انتخاب افزودنی های بتن

تألیف :

علیرضا مهران

سید مهدی موسوی

مهدی ایمانی ورزقانی

انتشارات درخت بلورین

تهران - ۱۳۹۴

سرشناسه	: مهران، علیرضا، ۱۳۶۶-
عنوان و نام پدیدآور	: مکانیزم عمل و معیارهای انتخاب افزودنی‌های بتن
مشخصات نشر	: تهران: درخت بلورین، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۳۱۴ ص. : مصور (رنگی)، جدول.
شابک	: 978-964-9985-08-4 ۱۷۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	: فبیای مختصر
یادداشت	: فهرست نویسی کامل این اثر در نشانی: http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۳۱۴-۳۱۲؛ همچنین به صورت زیر نویس.
شناسه افزوده	: موسوی، مهدی، ۱۳۶۶-
شناسه افزوده	: ایمانی‌ورزقانی، مهدی، ۱۳۶۶-
شماره کتابخانه ملی	: ۳۸۵۸۸۳۵



انتشارات درخت بلورین

مکانیزم عمل و معیارهای انتخاب افزودنی‌های بتن

تألیف: علیرضا مهران، سید مهدی موسوی، مهدی ایمانی ورزقانی

طراحی روی جلد: مهدی ایمانی ورزقانی

ویراستار: سهیل صالحی

چاپ و صحافی: حجم سبز

این کتاب در هزار نسخه به چاپ رسید.

کلیه حقوق و اقتباس از اثر برای ناشر محفوظ است.

قیمت: ۱۷۰۰۰ تومان

چاپ اول: ۱۳۹۴

ISBN : 978-964-9985-08-4

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۹۹۸۵-۰۸-۴

آدرس: تهران میدان انقلاب نیش جمالزاده جنوبی برج ۲۰۱ طبقه اول چاپ حجم سبز

تلفن: ۰۲۱-۶۶۵۷۵۰۷۰

(ستایش خدایی را که قرارداد ستایش را کلید یادش و همه چیز را گویای به ستایش و سپاس آفرید.)

بتن به عنوان یکی از اصلی ترین مصالح ساختمانی دهه های اخیر، دارای نقاط ضعف و قوت مخصوص به خود می باشد که با در نظر گرفتن این نقاط ضعف و قوت می توان سازه هایی با عمر مفید و قابلیت بهره برداری بسیار بالاتر از ساختمانهای معمولی بنا نهاد. یکی از نقاط ضعف عمده سازه های بتنی، تعدد پارامترهای عدم قطعیت بتن می باشد که باعث افت کیفیت بتن می گردد. ساخت بتن مطلوب و با کیفیت مناسب نیازمند شناخت عوامل مؤثر بر کیفیت بتن، انتخاب مصالح مناسب و سازگار با شرایط جوی ساختگاه و نیز ترکیب، اختلاط، عمل آوری و نگهداری بتن ساخته شده با دقت و نظارت مداوم امکانپذیر خواهد بود.

یکی از عوامل مهم در دستیابی به بتنی مقاوم و مقرون به صرفه، استفاده از مواد افزودنی شیمیایی است که در سالهای اخیر مورد استقبال گسترده مهندسان و محققان صنعت ساختمان و بتن قرار گرفته است. به طوری که بسیاری از صاحب نظران این رشته، بتن فاقد افزودنی را بتنی ناقص می دانند. دلیل این امر نیز تأثیر بسیار مطلوب این مواد بر روی خواص بتن تازه و سخت شده می باشد. با استفاده از افزودنی های مناسب، می توان بتنی مقاوم، با دوام و با کیفیت تولید نمود که نتیجه آن افزایش عمر مفید ساختمان خواهد بود.

از سوی دیگر انتخاب درست و هوشمندانه افزودنی های بتن، نیازمند شناخت مکانیزم عمل این افزودنی ها و تأثیر هر کدام از آنها بر روی خواص بتن تازه و سخت شده می باشد. به طوری که در صورت انتخاب نادرست این مواد افزودنی، نه تنها بهبودی در خواص بتن ایجاد نمی گردد بلکه ممکن است آثار نامطلوبی بر روی بتن ساخته شده نیز بر جای گذارد. بنابراین آشنایی مهندسان ساختمان با افزودنی های بتن و روند استفاده مناسب از هر کدام از آنها برای دستیابی به بتنی با کیفیت دلخواه اجتناب ناپذیر می باشد.

این مجموعه در جهت آشنایی دانشجویان و مهندسمین و دیگر مراکز آموزشی با فنی با افزودنی های بتن و اهمیت آن در تکنولوژی بتن، نگاشته شده است. اگر چه شناخت مصالح مورد

مصرف در ساخت بتن و همچنین خواص مختلف بتن کار آسانی نیست اما سعی می شود به خواص عمومی این افزودنی ها پرداخته شود. با منتهای درجه بی بضاعتی علمی و با مساعدت خداوند عز و وجل خود را داخل خوشه چینان بیکران علم قرار داده ایم و در مقام نشر این کتاب بر آمده ایم و اکنون که این خدمت را به پایان رسانده ایم به هیچ وجه مدعی نیستیم که این کتاب از هر حیث کامل و عاری از اشتباه است، لذا از سروران و اساتید بزرگواری که این کتاب را مطالعه می فرمایند استدعا داریم که در صدد رفع نواقص و اصلاح و تکمیل آن بر آمده و ما را نیز آگاهی بخشند.

همچنین از زحمات مسئولین انتشارات حجت سبز بخصوص جناب آقای بیگی که در جهت انتشار این کتاب کمال همکاری را داشته اند تشکر و قدردانی می نمایم.

به گفته شیخ بزرگوار سعدی شیرازی:

دو کس رنج بیهوده بردند و سعی بی فایده کردند

اول آنکه اندوخت و نخورد و دیگر آنکه آموخت و نگفت

علیرضا مهران

سید مهدی موسوی

مهدی ایمانی ورزقانی

۱۳۹۴

مقدمه	۱
فصل اول	۵
کلیاتی در مورد افزودنی‌های بتن	۵
۱-۱ اهمیت	۶
۲-۱ مواد افزودنی معدنی	۷
۳-۱ مواد افزودنی شیمیایی	۷
۴-۱ اهداف استفاده	۸
۵-۱ تاریخچه	۱۰
فصل دوم	۱۳
دسته بندی مواد افزودنی شیمیایی	۱۳
۱-۲ دسته بندی افزودنی‌های بتن بر اساس مکانیزم عمل	۱۴
۲-۲ دسته بندی افزودنی‌های بتن بر اساس عملکرد	۱۶
۳-۲ نامگذاری، مشخصات و طبقه بندی	۲۷
۴-۲ استانداردهای افزودنی‌های شیمیایی	۲۹
فصل سوم	۳۱
نکات مهم در استفاده از افزودنی‌های شیمیایی	۳۱
۱-۳ ملاحظات کاربردی	۳۲

۳-۲	نحوه انتخاب افزودنی‌ها برای هر پروژه	۳۳
۳-۳	پیمانه گیری افزودنی‌ها و ساخت بتن	۳۴
۳-۴	ترتیب اختلاط مواد افزودنی	۳۶
۳-۵	انبار و نگهداری مواد افزودنی	۳۸
۴۰	فصل چهارم	
۴۰	افزودنی‌های کاهنده آب و کندگیر کننده	
۴-۱	مقدمه	۴۱
۴-۲	مقدار مصرف	۴۸
۴-۳	ترکیبات شیمیایی	۵۲
۴-۴	مکانیزم عمل افزودنی‌های روان کننده	۵۳
۴-۵	تأثیر بر بتن در حالت تازه و خمیری	۵۴
۴-۶	تأثیر بر خواص بتن سخت شده	۶۷
۴-۷	نحوه مصرف	۷۳
۷۷	فصل پنجم	
۷۷	مواد افزودنی تندگیر کننده	
۵-۱	مقدمه	۷۸
۵-۲	استفاده از کلرید کلسیم ($CaCl_2$) به منظور تسریع زمان گیرش بتن	۸۰
۵-۳	ساختار شیمیایی	۸۶
۵-۴	عملکرد	۸۹

۵-۵ تأثیر بر بتن تازه در حال سخت شدن.....	۹۰
۵-۶ اثر بر بتن سخت شده.....	۹۲
۵-۷ نحوه استفاده و مقادیر پیشنهادی.....	۹۶
فصل ششم.....	۹۸
افزودنی‌های فوق روان کننده.....	۹۸
۶-۱ مقدمه.....	۹۹
۶-۲ ترکیبات.....	۱۰۳
۶-۳ مکانیزم عمل.....	۱۰۴
۶-۴ تأثیر بر خواص بتن تازه.....	۱۰۷
۶-۵ تأثیر بر خواص بتن سخت شده.....	۱۱۸
۶-۶ کاربردها.....	۱۲۱
فصل هفتم.....	۱۳۰
مواد افزودنی حباب ساز.....	۱۳۰
۷-۱ مقدمه.....	۱۳۱
۷-۲ تاریخچه.....	۱۳۱
۷-۳ انواع حباب هوا در بتن.....	۱۳۲
۷-۴ مزایای استفاده از حباب هوا ساز.....	۱۳۵
۷-۵ انواع افزودنی‌های حباب ساز.....	۱۳۹
۷-۶ مکانیزم تولید هوا توسط افزودنی‌های حباب ساز.....	۱۴۴

۷-۷	خنثی کردن افزودنی‌های حباب ساز	۱۴۵
۷-۸	عملکرد حباب سازها بر دوام بتن	۱۴۵
۷-۹	عوامل مؤثر بر حباب سازی	۱۵۳
۷-۱۰	روشهایی برای اندازه گیری میزان هوا در بتن	۱۶۱
۷-۱۱	مقدار مواد افزودنی حباب ساز مصرفی در بتن حاوی دوده سیلیسی	۱۶۵
	فصل هشتم	۱۶۶
	مواد افزودنی کاهنده جمع شدگی	۱۶۶
۸-۱	مقدمه	۱۶۷
۸-۲	نحوه عملکرد	۱۷۰
۸-۳	کاربرد	۱۷۱
۸-۴	تأثیر مواد افزودنی بر بتن تازه و در حال سخت شدن	۱۷۲
	فصل نهم	۱۷۶
	مواد افزودنی گازساز	۱۷۶
۹-۱	مقدمه	۱۷۶
۹-۲	انواع گاز سازها و ترکیبات شیمیایی آنها	۱۷۹
۹-۳	مکانیزم اثر	۱۸۱
۹-۴	عوامل مؤثر در تولید گاز	۱۸۳
۹-۵	تأثیر گازسازها بر خواص بتن	۱۸۷
۹-۶	نحوه کاربرد	۱۹۱

فصل دهم.....	۱۹۴
افزودنی‌های آب بند و نم بند.....	۱۹۴
۱-۱۰ مقدمه.....	۱۹۵
۲-۱۰ ساختار شیمیایی.....	۱۹۶
۳-۱۰ نحوه عملکرد.....	۱۹۸
۴-۱۰ تأثیر در بتن.....	۱۹۹
فصل یازدهم.....	۲۰۳
افزودنی‌های کاهش دهنده خوردگی.....	۲۰۳
۱-۱۱ مقدمه.....	۲۰۴
۲-۱۱ فرآیند خوردگی.....	۲۰۴
۳-۱۱ کاهنده‌های خوردگی.....	۲۰۵
۴-۱۱ ساختار شیمیایی.....	۲۰۶
۵-۱۱ نحوه عملکرد.....	۲۰۷
۶-۱۱ مکانیزم عمل کاهنده‌های خوردگی رایج.....	۲۰۸
۷-۱۱ تأثیر استفاده از جلوگیری کننده‌های خوردگی بر مشخصات بتن ...	۲۱۲
۸-۱۱ مقادیر پیشنهادی و موارد کاربرد.....	۲۱۶
فصل دوازدهم.....	۲۲۱
مواد افزودنی تسهیل کننده پمپ بتن.....	۲۲۱
۱-۱۲ مقدمه.....	۲۲۲

۲۲۴	۱۲-۲ ترکیبات شیمیایی و نحوه تأثیر
۲۲۵	۱۲-۳ تأثیر بر بتن تازه و سخت شده
۲۲۷	۱۲-۴ نحوه کاربرد و استانداردها
۲۲۹	فصل سیزدهم
۲۲۹	مواد افزودنی عمل آوری بتن
۲۳۰	۱۳-۱ مقدمه
۲۳۱	۱۳-۲ ساختار شیمیایی و نحوه عملکرد
۲۳۳	۱۳-۳ کاربردها
۲۳۵	۱۳-۴ نحوه استفاده
۲۳۷	۱۳-۵ مشکلات ناشی از استفاده
۲۳۸	۱۳-۶ نکات ایمنی
۲۳۹	فصل چهاردهم
۲۳۹	مواد افزودنی قوام آور
۲۴۰	۱۴-۱ مقدمه
۲۴۲	۱۴-۲ ساختار شیمیایی
۲۴۵	۱۴-۳ نحوه عملکرد
۲۴۶	۱۴-۴ اثرات استفاده
۲۴۷	۱۴-۵ سازگاری با سایر افزودنی‌های شیمیایی
۲۴۸	۱۴-۶ تأثیر مواد قوام آور در بتن

۱۴-۷ نحوه استفاده از مواد قوام آور	۲۵۸
۱۴-۸ مقادیر مورد استفاده	۲۵۹
۱۴-۹ نحوه اختلاط	۲۶۰
۱۴-۱۰ مشکلات احتمالی استفاده از مواد قوام آور	۲۶۰
فصل پانزدهم	۲۶۲
افزودنی‌های بتن پاششی	۲۶۲
۱۵-۱ مقدمه	۲۶۳
۱۵-۲ کاربردهای بتن پاششی	۲۶۴
۱۵-۳ انواع روشهای اجرای بتن پاششی	۲۶۵
۱۵-۴ افزودنی‌های مورد استفاده در بتن پاششی	۲۶۶
۱۵-۵ عوامل مؤثر بر واکنشهای انجام شده در بتن پاششی	۲۶۹
۱۵-۶ ترکیبات شیمیایی و نحوه عملکرد	۲۷۰
۱۵-۷ تأثیرات بر مشخصات بتن و ملات در حالت خمیری و سخت شده	۲۷۲
۱۵-۸ کاربردها	۲۷۵
۱۵-۹ نحوه اضافه کردن افزودنی	۲۷۵
۱۵-۱۰ نگهداری	۲۷۶
۱۵-۱۱ نکات ایمنی	۲۷۷
۱۵-۱۲ دستورالعمل‌های اجرایی	۲۷۸
فصل شانزدهم	۲۷۹

۲۷۹	افزودنی‌های معدنی
۲۸۰	۱-۱۶ مقدمه
۲۸۲	۲-۱۶ خواص افزودنی‌های معدنی
۲۹۱	۳-۱۶ اهمیت مواد افزودنی معدنی
۲۹۲	۴-۱۶ طبقه بندی افزودنی‌های معدنی
۳۰۴	۵-۱۶ کاربردها
۳۱۱	۶-۱۶ ملاحظات
۳۱۲	منابع:

بتن که پر مصرف‌ترین مصالح ساختمانی در قرن حاضر است، ماده‌ای مرکب می‌باشد که اساساً از یک ماده چسباننده، که دانه‌ها و ذرات سنگی در آن قرار می‌گیرند، تشکیل می‌شود و در بتن با سیمان هیدرولیکی، چسباننده از اختلاط سیمان هیدرولیکی با آب ساخته می‌شود.

بنا به تعریف، بتن استخوان بندی است از مصالح سنگی، دانه بندی شده با کمترین فضای خالی، که دوغاب سیمان دور دانه‌های سنگی را اندود کرده و فضای خالی استخوان بندی سنگی را پر نموده و دانه‌های سنگی را به همدیگر چسبانده و به یک جسم یکپارچه تبدیل کرده می‌نماید.

بر طبق استاندارد ASTM C 125^۱ و ACI 116^۲ "بتن ماده مرکبی است که اساساً از یک ماده چسباننده که دانه‌ها و ذرات سنگی در آن قرار می‌گیرند، تشکیل می‌شود".

دلایل زیادی وجود دارند که بتن را تبدیل به پر مصرف‌ترین مصالح مهندسی کرده اند. برخی از این دلایل عبارتند از :

- ✓ عمر بسیار طولانی ساختمانهای بتنی. چنانچه در زمان ساخت و عمل آوری بتن^۳، دستورات استاندارد، با توجه به شرایط محیطی در نظر گرفته شوند، بتن قادر است بدون آنکه از مقاومت باربری آن کاسته شود، مدت طولانی دوام داشته باشد.
- ✓ سهولت شکل دادن به بتن بر روی ساخت اجزای مختلف سازه است. علت این امر خاصیت شکل پذیری بتن تازه است که به راحتی به درون قالب‌ها با شکل‌های مختلف ریخته می‌شود.

^۱ American Society for Testing and Materials

^۲ American Concrete Institute

^۳ Curing

✓ فراوانی و در دسترس بودن مصالح. مهمترین ماده تشکیل دهنده بتن را می‌توان شن و ماسه محسوب نمود که در کشور ما و همچنین اغلب نقاط جهان به آسانی در دسترس است. به همین دلیل می‌توان در اغلب موارد، بتن را با قیمت ارزان تهیه نمود.

✓ مقاومت در برابر آتش سوزی. تجارب آتش سوزیهای گذشته نشان داده است که ساختمانهای بتن مسلح با پوشش محافظتی کافی، تا چندین ساعت در برابر آتش سوزی مقاومت می‌نمایند. (حدود یک ساعت طول می‌کشد تا فولادی که دارای پوشش بتنی ۲/۵ سانتیمتری است، حرارتش به ۵۰۰ درجه سانتیگراد برسد)

✓ مقادیر زیادی از مواد زائد صنعتی می‌توانند مجدداً به عنوان مواد سیمانی یا سنگدانه در ساخت بتن مصرف شوند.

در مقابل. یکی از نقاط ضعف عمده بتن، ازدیاد پارترهای عدم قطعیت در مورد بتن می‌باشد. به طوری که چنانچه در مراحل ساخت و عمل آوری، نظارت دقیق، پیوسته و منظم صورت نگیرد، مقاومت و دوام بتن در مقابل بارهای وارده و نیز عوامل جوی در زمان بهره برداری از سازه به شکل چشمگیری مستحوش تغییرات می‌گردند. یکی از پارامترهایی که امروزه در ساخت بتنهای مقاوم و با دوام بالا نقش کلیدی را ایفا می‌نماید، استفاده از مواد افزودنی در ساخت بتن می‌باشد. این مواد با فعل و انفعالات شیمیایی، بر روی خصوصیات بتن تازه و سخت شده تأثیر گذاشته و باعث بهبود کیفیت بتن ساخته شده و برآورده شدن انتظارات مهندسی آن می‌گردند.

درک اینکه خواص بتن، در هر دو حالت تازه و سخت شده، می‌تواند با افزودن مواد خاصی به مخلوطهای بتنی اصلاح شود باعث رشد زیاد صنعت مواد افزودنی بتن در ۴۰ سال گذشته شده است. امروزه صدها محصول در بازار عرضه می‌شوند و در بعضی از کشورها غیر معمول نیست که ۷۰ تا ۸۰ درصد کل بتن تولید شده دارای یک یا چند ماده افزودنی باشند.

مواد افزودنی از نظر ترکیب از ترسازها و نمکها و پلیمرهای قابل حل، تا کانیهای غیر قابل حل، متغیر می‌باشند. اهدافی که مواد افزودنی برای آنها در بتن مورد مصرف قرار می‌گیرند به طور کلی شامل: بهبود کارایی، تسریع یا تعویق زمان گیرش، کنترل افزایش مقاومت و زیاد کردن مقاومت در مقابل: عمل یخ زدگی، ترک خوردگی حرارتی، انبساط قلیایی سنگدانه و محلولهای اسیدی و سولفاتی، می‌شوند.

از اواخر دهه ۷۰ میلادی استفاده از نسل جدیدی از افزودنی‌های شیمیایی^۱ در بخشهای مختلفی از صنعت بتن به طور قابل توجهی افزایش یافته است. این افزودنی‌ها برای افزایش اسلامپ^۲ بتن بدون نیاز به افزایش آب و یا برای کاهش قابل ملاحظه آب اختلاط بدون از دست رفتن اسلامپ استفاده می‌شوند. تحولات وسیعی در تکنولوژی بتن از نیمه دوم قرن بیستم به وقوع پیوست که به واسطه آنها امکان تولید بتنهای خاص با ویژگی‌هایی که پیش از آن قابل تصور نبود، فراهم گردید. این تحولات از حیث مقاومت، دوام^۳ و زیبایی چشمگیر بودند. امروز که چندین دهه از آن تاریخ می‌گذرد با قطعیت می‌توان بیان کرد که رمز و راز دستیابی به این تحولات عمدتاً مرهون کاربرد مواد افزودنی شیمیایی است. ساخت بتنهای توانمند، پر مقاومت، سبک و پایا در شرایط محیطی خورنده یا دوره بهره برداری طولانی و بسیاری از پیشرفتهای انجام شده در حوزه فناوری بتن بدون استفاده از افزودنی‌های شیمیایی شیمیایی بتن غیر ممکن می‌باشد.

افزودنی‌های شیمیایی شیمیایی امروزه یکی از ملزومات ساخت بتن محسوب می‌شود و به طور قطع آشنایی مهندسین با ویژگی‌های این مواد می‌تواند در راستای ارتقا فرهنگ استفاده از افزودنی‌های شیمیایی در بتن مؤثر باشد. یکی از مشکلاتی که در زمینه ساخت بتنهای توانمند

^۱ Chemical Admixtures

^۲ Slump

^۳ Durability

وجود دارد، آشنایی اندک مهندسين با افزودنی‌های شیمیایی بتن جهت به کارگیری مناسب این مواد به منظور دستیابی به نتایج بهینه می‌باشد. لذا، به کارگیری این مواد بدون آشنایی کافی با مکانیزم عمل و نیز خصوصیات هر کدام از آنها نتیجه‌ای جز تحمیل هزینه‌های بیشتر بر پروژه، بدون دستیابی به نتایج مطلوب خواهد شد. بنابراین، در این پروژه سعی گردیده تا ساختار شیمیایی، مکانیزم عمل، خصوصیات و دیگر مشخصه‌های هر کدام از این افزودنی‌ها بیان شده و روش استفاده و مقادیر بهینه جهت به کارگیری آنها ارائه شود. در پایان نیز مواد افزودنی موجود در شرکتهای تولیدی داخل کشور به همراه مشخصات هر یک ارائه شده تا با به کار گیری این مجموعه، سرعت عمل در انتخاب و دستیابی به نتایج مطلوب با استفاده از افزودنی‌های شیمیایی در پروژه‌های ساختمانی میسر گردد.