

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

همایش آموزشی:



S19

مصالح و فناوری های نوین ساخت III

مدرس: مهندس علی افراسیابی



آشنایی با انواع افزودنی های بتن

محورها: آشنایی با انواع گاهنده های آب (روان کننده ها) / مکانیزم عملکرد گاهنده های آب

تأثیر گاهنده های آب بر ویژگی های بتن تازه

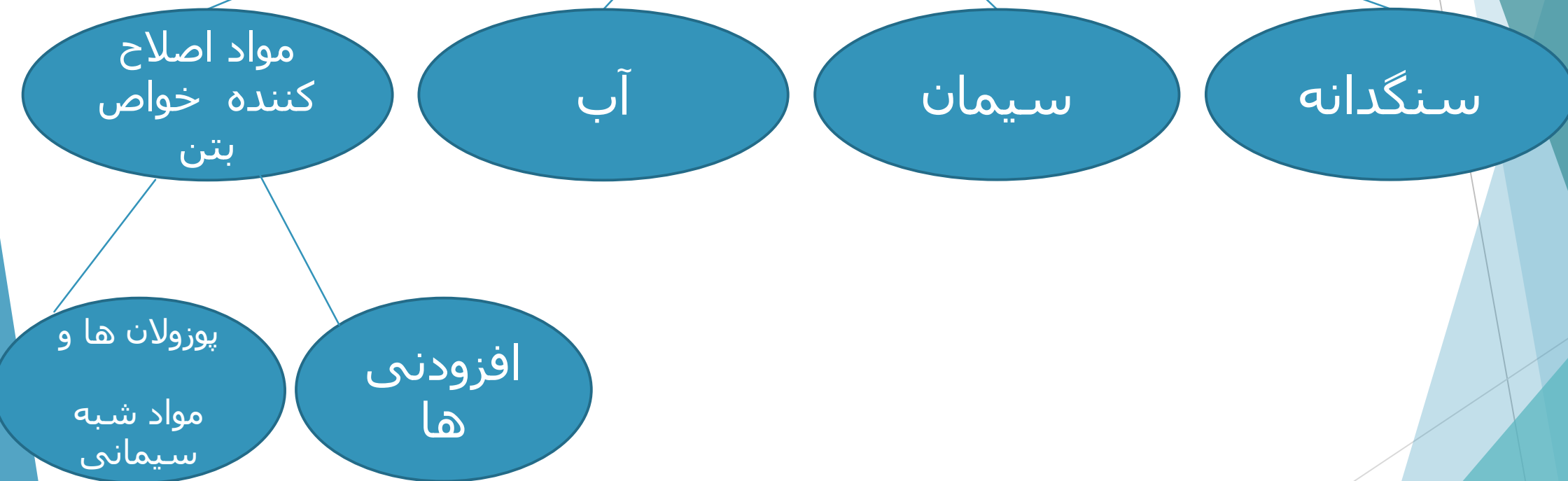
علی افراسیابی



سوابق آموزشی: مولف 7 عنوان کتاب های تخصصی عمران
/ مدرس دوره های نظام مهندسی عمران و کارشناس رسمی دادگستری
/ مدرس دروس تخصصی رشته عمران

سوابق اجرایی: دارای پروانه اشتغال به کار مهندسی پایه ارشد
/ مدیر عامل **شرکت افراخاک**
/ رییس سابق انجمن صنفی شرکت های خدمات آزمایشگاهی
/ معاون عمرانی اسبق دانشگاه آزاد اسلامی همدان

اجزای بتن



- ▶ رشد زیاد تولید مواد افزودنی بتن در 40 سال گذشته در جهان و عرضه ی صد ها محصول به بازار
- ▶ در برخی از کشور ها حدود **80% کل بتن تولید شده** دارای یک یا چند ماده ی افزودنی است
- ▶ مهندسان عمران باید با مواد افزودنی متعارف کاربردها و محدودیت های آن ها آشنا شوند

الزامات کاربردی مهم بتن

▶ کارایی یا **اسلامپ** مناسب

▶ **مقاومت** فشاری زیاد

▶ **پایایی** یا دوام

▶ قابلیت **پرداخت**

▶ **توان آب بندی**

▶ نکته: این خواص را میتوان با انتخاب مصالح مناسب و نسبت های صحیح اختلاط بدون کاربرد مواد افزودنی به دست آورد ولی برای تسهیل کار و تامین بعضی خواص ویژه استفاده از مواد افزودنی اجتناب ناپذیر است .

خواص مواد افزودنی بتن

- ▶ - **تسریع** در روند کسب مقاومت اولیه
- ▶ - کنترل واکنش های **قلیایی های سیمان** با سنگدانه ها
- ▶ - طولانی کردن **زمان گیرش**
- ▶ - **افزایش کارایی** بدون نسبت آب به سیمان
- ▶ - تهیه بتن پر مقاومت، بتن **مقاوم** در برابر یخ زدن و آب شدن مکرر
- ▶ **کاهش** حرارت هیدراتاسیون

لزوم آزمایش هر نوع ماده‌ی افزودنی قبل از مصرف و بررسی سازگاری آن

▶ مصرف مواد افزودنی معین که برخی از **خواص بتن** را بهبود می‌بخشد **تاثیر سو** بر سایر خواص آن داشته باشد.

▶ ممکن است ادعاهای تولید کنندگان یا وارد کنندگان مواد افزودنی در مورد **ویژگی** های آن‌ها کاملاً **صحیح نباشد**.

انواع مواد افزودنی به سیمان و بتن

▶ **مواد مضاف یا مکمل سیمان:** برای کسب خواصی ویژه یا کمک به امر تولید، با سیمان پرتلند و یا کلینکر آن در کارخانه مخلوط می شود. (نظیر پوزولان ها یا روباره ها در سیمان آمیخته)

▶ **مواد افزودنی:** به مقدار کم در زمان اختلاط بتن با مصالح و اجزاء متشکله آن مخلوط می گردد. (در تعیین نسبت های اختلاط به حساب نمی آیند)

▶ **مواد افزونه:** موادی همچون میکروسیلیس که برای اصلاح خواص بتن در کارگاه هنگام اختلاط به مواد متشکله بتن اضافه می شود. (در تعیین نسبت های اختلاط به حساب می آیند)

مواد افزودنی بتن

- ▶ نام دیگر مواد افزودنی بتن **چاشنی بتن**
- ▶ **در حین** اختلاط به بتن یا ملات افزوده می شوند .
- ▶ مقدار افزودنیها کم ها است و در تعیین نسبت‌های اختلاط به حساب **نمی آیند**.
- ▶ مواد افزودنی معمولا به صورت **گرد یا مایع** هستند
- ▶ یک یا چند ویژگی بتن تازه سخت شده را تغییرمی دهند.
- ▶ هدف از کاربرد آنها اصلاح برخی از این ویژگی ها است .
- ▶ ممکن است موجب اختلال و بروز عیب در پاره ای از ویژگی های مطلوب بتن شوند، که این امر نباید خارج از محدوده مجاز استاندارد باشد.

مواد افزودنی بتن

مواد افزودنی تک منظوره : بر روی یکی از خواص بتن (تازه یا سخت شده) تاثیر بگذارد.

مواد افزودنی چند منظوره: بر روی تعدادی از خواص بتن (تازه یا سخت شده) تاثیر بگذارد.

مواد افزودنی چند منظوره دارای یک عملکرد اصلی و یک یا چند عملکرد جنبی

هستند که بسته به مصرف مورد ممکن است عملکرد آنها تغییر کند .

میزان مصرف

- ▶ حداکثر میزان مصرف افزودنی 5 درصد وزنی سیمان
- ▶ استفاده از کلرید کلسیم فقط در بتن بدون فولاد مجاز (حداکثر مقدار مصرفی 2 درصد وزنی سیمان)
- ▶ در هر حال مواد افزودنی نباید بیشتر از مقداری که تولید کننده مشخص کرده است مصرف شود.

انواع مواد افزودنی تک منظوره

- ▶ (1) ماده افزودنی کندگیرکننده
- ▶ (2) ماده افزودنی تندگیرکننده
- ▶ (3) ماده افزودنی زود سخت کننده
- ▶ (4) افزودنی حباب هواساز ماده
- ▶ (5) ماده افزودنی نگهدارنده آب
- ▶ (6) ماده افزودنی کاهشنده جذب آب

انواع مواد افزودنی چند منظوره

- ▶ (1) مواد افزودنی کاهنده آب / روان کننده
- ▶ (2) ماده افزودنی کاهنده آب قوی / روان کننده قوی / فوق روان کننده
- ▶ (3) ماده کندگیرکننده / کاهنده آب / روان کننده
- ▶ (4) ماده افزودنی تندگیرکننده / کاهنده آب / روان کننده
- ▶ (5) ماده افزودنی کندگیرکننده / کاهنده آب قوی / روان کننده قوی / کندگیرکننده / فوق کاهنده آب / فوق روان کننده

استاندارد ها و ساخت مخلوط های آزمایشی

▶ ساخت مخلوط های آزمایشی
با استفاده از مواد افزودنی مورد
نظر و مصالح موجود در کارگاه و نیز
رعایت شرایط مورد انتظار در کارگاه

نکته : دقت در اندازه گیری مقدار مواد
افزودنی اهمیتی خاص دارد (روا داری 3%)

▶ انطباق استفاده از مواد
افزودنی با استاندارد های
ملی

(در صورت عدم کفایت استفاده از
استاندارد های معتبر بین المللی)

کاربرد مواد افزودنی کندگیر کننده

- ▶ - تاخیر انداختن زمان گیرش بتن
- ▶ - به کار گیری در دمای بتن بیش از 30 درجه و جبران اثر گرمای هوا
- ▶ - تعویق گیرش اولیه بتن در شرایط دشوار بتن ریزی (جلوگیری از اتصال سرد)
- ▶ - حمل بتن در مسافت های طولانی
- ▶ - استفاده از این مواد می تواند روند گیرش بتن را حداقل 1.5 و حداکثر 3 ساعت به تاخیر بیندازد.

انواع کندگیر کننده های بتن

▶ 1- کندگیر کننده های معمولی که خاصیت کاهندگی آب ندارند.

▶ 2- کندگیر کننده های کاهنده آب با حداقل 5% کاهش آب

▶ 3- کندگیر کننده های کاهنده ی قوی آب با حداقل 12% کاهش آب

▶ بطور کلی کندگیر کننده های ردیف اول با کاهش مقاومت فشاری و خمشی

بتن به میزان 10% نسبت به بتن شاهد در سنین 1 روز تا یک سال را دارد.

▶ کندگیر کننده های ردیف 2 و 3 ممکن است افزایش مقاومت تا میزان 10% را نسبت به بتن شاهد داشته باشد.

مواد افزودنی تسریع کننده

- ▶ ماده افزودنی تسریع کننده به منظور تسریع در گیرش بتن
- ▶ - تسریع در کسب مقاومت بتن در سن کمتر
- ▶ - موارد مصرف آن با رعایت ضوابط بتن ریزی در هوای سرد می باشد.
- ▶ - زمان حفاظت موقت را حداقل یک و حداکثر 3.5 ساعت کاهش می دهد.
- ▶ - مقاومت سه روزه حداقل 25% بیشتر از بتن شاهد
- ▶ - مصرف مواد تسریع کننده غالباً باعث افزایش جمع شدگی خشک شدن ، جمع شدگی حرارتی و نیز افزایش ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی خمیری می شود.

مواد افزودنی حباب زا

- ▶ این مواد در بتن حباب **بسیار ریز غیر مرتبط** هوا ایجاد می کنند .
(قطر حباب ها کمتر از 0.05 میلیمتر)
- ▶ این حبابها پایایی بتن را در برابر رطوبت و یخ زدن ها و آب شدنهای مکرر و مواد شیمیایی یخ زا بهبود میبخشند.
- ▶ کارایی بتن تازه و نفوذ ناپذیری بتن سخت شده به میزان قابل توجهی بیشتر می شود .

مواد افزودنی حباب زا

- ▶ بهبود کارایی و کاهش جداشدگی دانه ها و آب انداختن بتن تازه
- ▶ افزایش مقاومت بتن در برابر پوسته شدن
- ▶ بهبود مقاومت بتن در برابر سولفاتها
(نسبت آب به سیمان کم ، مقدار کافی سیمان مناسب، افزودنی حباب هوا)
بهترین مقاومت را در برابر حمله آبهای سولفات دار را دارند.

مواد افزودنی کاهنده آب (روان کننده ها و فوق روان کننده ها)

- ▶ - افزایش روانی بتن در شرایط یکسان میزان آب مصرفی
- ▶ - کاهش مقدار آب اختلاط به ازای کارایی ثابت بتن (موجب افزایش مقاومت فشاری، کاهش جمع شدگی و نفوذپذیری)
- ▶ - کاهنده های معمولی حداقل 5% و کاهنده های قوی حداقل 12% کاهش آب اختلاط بتن
- ▶ - ایجاد حباب هوا در بتن (حداکثر حباب هوای مجاز قابل قبول 7% بتن حباب دار و 3% بتن معمولی)

دلایل استفاده از مواد روان کننده

- ▶ افزایش کارایی بتن های دارای اسلامپ پایین (ناشی از اختلاط نادرست ، دانه بندی و شکل نامناسب سنگ دانه)
- ▶ بتن ریزی اعضای با تراکم زیاد آرماتور
- ▶ بتن ریزی با پمپ یا قیف و لوله
- ▶ پرداخت بتن با ماله آهنی

فوق روان کننده ها

▶ مکانیزم کلی عملکرد روان کننده و فوق روان کننده های بر پایه **لیگنو سولفونات و نفتالین فرمالدهید**، جدایش و پراکندن دانه های سیمان از یکدیگر به کمک نیروهای دافعه ناشی از **بارهای الکتروستاتیکی** است . این مواد در زمان اختلاط، جذب سطح دانه های سیمان می شوند و به آنها بار منفی می دهند که منجر به ایجاد نیروی دافعه بین ذرات سیمان و پراکندن آنها می شوند. مکانیزم پخش کنندگی الکتروستاتیکی علاوه بر پخش کردن دانه های سیمان، آب محبوس در لخته های سیمانی را نیز آزاد و صرف بهبود روانی مخلوط بتن می کند.

روان کننده ی برپایه ی نفتالین ایجاد حباب زایی در بتن نمیکند.

فوق روان کننده ها

▶ فوق روان کننده های بر پایه پلی کربوکسیلات به علت قدرت فوق العاده در میزان کاهش آب ملات سیمان و همچنین افزایش در مقاومت بتن ، از گستردگی بیشتری در موارد استفاده برخوردار شده اند. پلیمرهای پلی کربوکسیلیک به دلیل داشتن شاخه های فرعی آب دوست ، علاوه بر نیروی الکترواستاتیک ، نیروی دفع استریک نیز ایجاد می نمایند که باعث افزایش قدرت دافعه بین ذرات شده و روانی ملات سیمان را در مدت زمان بیشتری نسبت به روان کننده های دیگر حفظ می نماید. با کاهش نسبت آب به مواد سیمانی و به دنبال آن کاهش منافذ موئینه بتن، جذب آب و نفوذپذیری بتن را کاهش و استحکام مکانیکی آن را افزایش می دهد. این ویژگی ها افزایش دوام و عمر مفید سازه های بتنی را به ارمغان می آورد.

روش تشخیص مرغوبیت محصول رنگ قهوه ای روشن آن و روانی شبیه روغن می باشد.

افزودنی های معدنی بتن

1 - افزودنی های معدنی خنثی و رنگدانه ها ▶

2 - پوزولان ها ▶

3 - افزودنی های شبه سیمانی ▶

1- افزودنی های معدنی خنثی و رنگدانه ها

- ▶ - این مواد معمولا موجب افزایش مقاومت بتن نمی شوند.
- ▶ - موجب بهبود کارایی و چسبندگی بتن های می شوند که کمبود ریزدانه دارند.
- ▶ - به عنوان سنگدانه در بتن مصرف می شوند.
- ▶ - رنگدانه ها برای تولید بتن رنگی شامل ترکیبات معدنی:
 - ▶ - اکسید آهن : رنگهای قرمز، سیاه و زرد
 - ▶ - اکسید کرم : رنگ سبز
 - ▶ - اکسید آبی کبالت : رنگ آبی
 - ▶ - اکسید تیتان : رنگ سفید
 - ▶ - کربن سیاه : رنگ سیاه
 - ▶ - اکسید منگنز: رنگهای سیاه و قهوای

2- پوزولانها

▶ عبارتند از مواد سیلیسی یا سیلیسی آلومینی که خود به تنهایی ارزش چسبانندگی نداشته یا کم است . اما به شکل ذرات بسیار ریز در مجاورت رطوبت طی واکنش شیمیائی با آهک آزاد شده از هیدراتاسیون سیمان در دمای معمولی ترکیباتی با خاصیت سیمانی بوجود می آورند.

▶ این مواد به منظور کاهش آهنگ بروز آبرگیری سیمان و از بین بردن قابلیت انبساط ناشی از واکنش قلیایی سنگدانه ها بکار می روند

موارد مصرف پوزولانها

- ▶ - کاهش سرعت و میزان حرارت حاصل از فرایند آبگیری سیمان
- ▶ - کاهش میزان سیمان
- ▶ - بهبود کارایی بتن
- ▶ - افزایش مقاومت بتن
- ▶ - افزایش پایای بتن از طریق کاهش نفوذپذیری
- ▶ - عملکرد پوزولانها برای هریک از خواص فوق باید قبل از مصرف مورد آزمایش قرار گیرد

انواع پوزولانها

- ▶ - پوزولانهای طبیعی خام و یا تکلیس شده که بطور عمده شامل خاکسترهای آتشفشانی است.
- ▶ - پوزولانهای صنعتی که بطور عمده شامل خاکستر بادی (محصول فرعی نیروگاههای با سوخت ذغال سنگ) و دوده سیلیسی یا میکروسیلیس
- (محصول فرعی کوره های قوس الکتریکی در جریان تولید فلز سیلیسیم و آلیاژ فروسیلیس) است.
- ▶ میکرو سیلیس (دوده سیلیسی)
- ▶ - محصول فرعی کوره های قوس الکتریکی در جریان تولید فلز سیلیسیم و آلیاژ های سیلیسیم به ویژه فروسیلیس می باشد.
- ▶ - ذرات بسیار ریز و غیر بلوری 1/0 تا 2/0 میکرون و یک ماده بشدت فعال پوزولانی است.
- ▶ - در تهیه بتن با مقاومت زیاد
- ▶ - افزایش پایداری بتن از طریق کاهش نفوذپذیری
- ▶ - جایگزینی با سیمان بشرط وجود توجیه اقتصادی

خواص میکروسیلیس

▶ - مقاومت زیاد ، نفوذپذیری کم ، مقاومت زیاد در برابر عوامل شیمیایی
(با مصرف 25% وزنی سیمان)

▶ - بتن تازه از چسبندگی بیشتر و گرایش کمتر به جداشدگی و نیز کاهش آب انداختن و افزایش قابلیت پمپ شدن (با مصرف 10% وزنی سیمان)

▶ - بروز ترکهای ناشی از نشست خمیری و خشک شدن سطح را تشدید می کند.
(مراقبت و عمل آوری بلافاصله بعد از بتن ریزی لازم است)

خواص میکروسیلیس

- ▶ - بروز پدیده واکنش قلیایی را تا حد نزدیک به صفر کاهش می دهد.
- ▶ - مقاومت بتن را در مقابل تهاجم یون های سولفات افزایش می دهد.
- ▶ - کاهش نفوذپذیری بتن به میزان حداکثر 20 برابر نسبت به بتن معمولی
- ▶ - در تهیه بتن با میکروسیلیس استفاده از یک کاهنده قوی آب لازم و ضروری می باشد.

3- افزودنی های شبه سیمانی

- ▶ این مواد خاصیت پنهان هیدرولیکی دارند و وقتی که بنحوه مناسبی فعال می شوند خواص سیمانی پیدا می کنند.
- ▶ متداول ترین آنها روباره آهن گدازی محصول فرعی کارخانه ذوب آهن می باشد.
- ▶ تاثیرات افزودنی های شبه سیمان بر روی بتن تازه و سخت شده:
- ▶ افزایش کارایی
- ▶ تاخیرزمان گیرش
- ▶ تقلیل آب انداختگی بتن تازه

3- افزودنی های شبه سیمانی

- کاهش سرعت آبگیری و دمای حاصل از آن
- مقاومت کم در سنین پائین و مقاومت بیشتر در سنین بالا نسبت به نمونه شاهد
- کاهش نفوذپذیری
- کاهش واکنش قلیایی سنگدانه ها (مصرف 40 تا 60 % وزنی سیمان)
- افزایش مقاومت در مقابل سولفاتها (مصرف 50% وزنی سیمان)
- کاهش خوردگی میلگردها در اثر نفوذ یون کلر به بتن

جدول ۱- الزامات عملکردی برای انواع اختصاصی افزودنی‌ها

بند اصطلاحات و تعاریف	نام افزودنی	الزامات عملکردی
۲-۲-۳	ماده افزودنی کاهنده آب/ روان کننده	جدول ۲
۳-۲-۳	ماده افزودنی فوق کاهنده آب/ فوق روان کننده	جداول ۱-۳ و ۲-۳
۴-۲-۳	ماده افزودنی نگه‌دارنده آب	جدول ۴
۵-۲-۳	ماده افزودنی حباب هواساز	جدول ۵
۶-۲-۳	ماده افزودنی زودگیرکننده	جدول ۶
۷-۲-۳	ماده افزودنی زودسخت کننده (تسریع کننده زمان سخت شدگی)	جدول ۷
۸-۲-۳	ماده افزودنی دیرگیرکننده	جدول ۸
۹-۲-۳	ماده افزودنی کاهنده میزان جذب آب	جدول ۹
۱۰-۲-۳	ماده افزودنی کاهنده آب/ روان کننده/ دیرگیرکننده	جدول ۱۰
۱۱-۲-۳	ماده افزودنی فوق کاهنده آب/ فوق روان کننده/ دیرگیرکننده	جدول ۱-۱۱ و ۲-۱۱
۱۲-۲-۳	ماده افزودنی کاهنده آب/ روان کننده/ زودگیرکننده	جدول ۱۲
۱۳-۲-۳	ماده افزودنی اصلاح کننده‌ی گرانبروی	جدول ۱۳

جدول ۲- الزامات اختصاصی مواد افزودنی کاهنده آب / روان کننده (با روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	کاهش آب	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	اسلامپ: استاندارد ملی ۲-۳۲۰۳ یا جریان: EN12350-5	میزان کاهش آب مخلوط آزمایشی نباید کم‌تر از پنج درصد در مقایسه با آب مخلوط کنترل باشد.
۲	مقاومت فشاری	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۷ روزه و ۲۸ روزه مخلوط آزمایشی نباید کم‌تر از ۱۱۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۳	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می‌تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن‌که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

جدول ۳-۱- الزامات اختصاصی مواد افزودنی فوق کاهنده آب / فوق روان کننده (با روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	کاهش آب	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	اسلامپ: استاندارد ملی ۲-۳۲۰۳ یا جریان: استاندارد EN12350-5	میزان کاهش آب مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۱۲ درصد در مقایسه با آب مخلوط کنترل باشد.
۲	مقاومت فشاری	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری یکروزه‌ی مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۱۴۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد. مقاومت فشاری ۲۸روزه‌ی مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۱۱۵ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۳	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می‌تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن‌که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

جدول ۳-۲- الزامات اختصاصی مواد افزودنی فوق کاهنده آب / فوق روان کننده (در نسبت آب به سیمان برابر) ^{الف}

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	افزایش روانی	بتن شاهد IV استاندارد ملی ۸۱۱۷	اسلامپ: استاندارد ملی ۳۲۰۳-۲ یا جریان: استاندارد EN12350-5	افزایش نسبت به اسلامپ اولیه بیشتر از ۱۲۰ mm (اسلامپ اولیه (30 ± 10) mm) افزایش نسبت به جریان اولیه بیشتر از ۱۶۰ mm (جریان اولیه (350 ± 20) mm)
۲	روانی تاخیری	بتن شاهد IV استاندارد ملی ۸۱۱۷	اسلامپ: استاندارد ملی ۲-۳۲۰۳ استاندارد EN12350-5	۳۰ دقیقه پس از اختلاط، روانی مخلوط آزمایشی نباید کمتر از روانی اولیه مخلوط کنترل باشد.
۳	مقاومت فشاری	بتن شاهد IV استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۲۸ روزهی مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۹۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۴	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد IV استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می‌تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.
الف- مقدار مصرف منطبق برای افزودنی‌های مورد استفاده به منظور انطباق با جدول ۳-۲ الزاما نباید با مقدار به کار رفته برای انطباق با جدول ۳-۱ یکسان باشد.				

جدول ۴- الزامات اختصاصی برای مواد افزودنی نگهدارنده آب (با روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	آب انداختگی	بتن شاهد II استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۸۱۱۷-۴	آب انداختگی مخلوط آزمایشی نباید بیش تر از ۵۰ درصد آب انداختگی مخلوط کنترل باشد.
۲	مقاومت فشاری	بتن شاهد II استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۲۸ روزه مخلوط آزمایشی نباید کم تر از ۸۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۳	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد II استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

جدول ۵- الزامات اختصاصی مواد افزودنی حباب هواساز (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات الف
۱	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد III استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی باید حداقل ۲/۵ درصد حجمی بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل کل باشد. مقدار کل هوا: ۴٪ تا ۶٪ حجمی
۲	تخلخل (میزان هوای) خواسته در بتن سخت شده	بتن شاهد III استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد EN 480-11 ^ب	ضریب فاصله در بتن آزمایشی نباید بیش تر از میلی‌متر ۰/۲۰۰ باشد. ^پ
۳	مقاومت فشاری	بتن شاهد III استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۲۸ روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۷۵ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.

الف- تمامی الزامات به مخلوط آزمایشی مشابه اعمال می‌شود.

ب- استاندارد EN 480-11 روش مرجع است. روش‌های دیگر تعیین کننده‌ی ضریب فاصله (برای مثال: روش شمارش نقطه‌ای اصلاح شده) ممکن است به کار برده شود در صورتی که بتواند نتایجی مشابه با روش استاندارد EN 480-11 را بدهد.

پ- آزمون یخ‌زدن و آب‌شدن طبق استاندارد ASTM C666 نیز می‌تواند به کار برده شود.

جدول ۶- الزامات اختصاصی مواد افزودنی زودگیرکننده (با روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	زمان گیرش اولیه	ملات استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۸۱۱۷-۲	زمان گیرش اولیه‌ی مخلوط آزمایشی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس نباید کم‌تر از ۳۰ دقیقه باشد. زمان گیرش اولیه‌ی مخلوط آزمایشی در دمای پنج درجه سلسیوس نباید بیش‌تر از ۶۰ درصد زمان گیرش اولیه‌ی مخلوط کنترل باشد.
۲	مقاومت فشاری	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۲۸ روزه‌ی مخلوط آزمایشی نباید کم‌تر از ۸۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد. مقاومت فشاری ۹۰ روزه‌ی مخلوط آزمایشی نباید کم‌تر از مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۳	میزان هوای بتن تازه	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می‌تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن‌که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

جدول ۷- الزامات اختصاصی مواد افزودنی زود سخت کننده (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	مقاومت فشاری	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	در ۲۰°C و ۲۴ ساعت: مقاومت فشاری مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۱۲۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد. در ۲۰°C و ۲۸ روز: مقاومت فشاری مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۹۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد. در ۵°C و ۴۸ ساعت: مقاومت فشاری مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۱۳۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۲	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می‌تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن‌که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

جدول ۸- الزامات اختصاصی مواد افزودنی دیرگیرکننده (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	زمان گیرش	ملات شاهد استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۸۱۱۷-۲	زمان گیرش اولیه: مخلوط آزمایشی باید حداقل ۹۰ دقیقه بیش تر از زمان گیرش اولیه مخلوط کنترل باشد. زمان گیرش نهایی: مخلوط آزمایشی باید حداکثر ۳۶۰ دقیقه بیش تر از زمان گیرش نهایی مخلوط کنترل باشد.
۲	مقاومت فشاری	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۷ روزه: مخلوط آزمایشی نباید کم تر از ۸۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد. مقاومت فشاری ۲۸ روزه: مخلوط آزمایشی نباید کم تر از ۹۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۳	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

جدول ۹- الزامات اختصاصی مواد افزودنی کاهنده میزان جذب آب (با روانی یا نسبت آب به سیمان برابر) الف

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	جذب مویینه	ملات شاهد استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۵-۸۱۱۷	آزمون بعد از ۷ روز عمل‌آوری و برای مدت ۷ روز انجام شود: جذب مویینه مخلوط آزمایشی نباید بیش‌تر از ۵۰ درصد وزنی جذب مویینه مخلوط کنترل باشد. آزمون بعد از ۹۰ روز عمل‌آوری و برای مدت ۲۸ روز انجام شود: جذب مویینه مخلوط آزمایشی نباید بیش‌تر از ۶۰ درصد وزنی جذب مویینه مخلوط کنترل باشد.
۲	مقاومت فشاری	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۲۸ روزه مخلوط آزمایشی نباید کم‌تر از ۸۵ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۳	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر پنج درصد حجمی می‌تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن‌که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

جدول ۱۰- الزامات اختصاصی ماده افزودنی کاهنده آب / روان کننده / دیرگیرکننده (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	مقاومت فشاری	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۲۸ روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۱۰۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۲	زمان گیرش	ملات استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۸۱۱۷-۲	زمان گیرش اولیه: مخلوط آزمایشی باید حداقل ۹۰ دقیقه پیشتر از زمان گیرش اولیه مخلوط کنترل باشد. زمان گیرش نهایی: مخلوط آزمایشی باید حداکثر ۳۶۰ دقیقه پیشتر از زمان گیرش نهایی مخلوط کنترل باشد.
۳	کاهش آب	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	اسلامپ: استاندارد ملی ۳۲۰۳-۲ یا جریان: استاندارد EN12350-5	میزان کاهش آب مخلوط آزمایشی نباید کمتر از پنج درصد در مقایسه با آب مخلوط کنترل باشد.
۴	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می‌تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن‌که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

جدول ۱۱-۱- الزامات اختصاصی مواد افزودنی فوق کاهنده آب / فوق روان کننده / دیرگیرکننده (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	مقاومت فشاری	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۷ روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۱۰۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد. مقاومت فشاری ۲۸ روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۱۱۵ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۲	زمان گیرش	ملات استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۸۱۱۷-۲	زمان گیرش اولیه: مخلوط آزمایشی باید حداقل ۹۰ دقیقه پیش‌تر از زمان گیرش اولیه مخلوط کنترل باشد. زمان گیرش نهایی: مخلوط آزمایشی باید حداکثر ۳۶۰ دقیقه پیش‌تر از زمان گیرش نهایی مخلوط کنترل باشد.
۳	کاهش آب	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	اسلامپ: استاندارد ملی ۳۲۰۳-۲ یا جریان: استاندارد EN12350-5	میزان کاهش آب مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۱۲ درصد در مقایسه با آب مخلوط کنترل باشد.
۴	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می‌تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن‌که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

جدول ۱۱-۲- الزامات اختصاصی مواد افزودنی فوق کاهنده آب / فوق روان کننده / دیرگیر کننده
(در نسبت آب به سیمان برابر)^{الف}

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	روانی تاخیری	بتن شاهد IV استاندارد ملی ۸۱۱۷	اسلامپ: استاندارد ملی ۲-۳۲۰۳ یا جریان: استاندارد EN12350-5	۶۰ دقیقه پس از اختلاط، روانی مخلوط آزمایشی نباید کمتر از روانی اولیه مخلوط کنترل باشد.
۲	مقاومت فشاری	بتن شاهد IV استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۲۸ روزهی مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۹۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۳	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد IV استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می‌تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن‌که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.
الف- مقدار مصرف منطبق برای افزودنی‌های مورد استفاده به منظور انطباق با جدول ۱۱-۲ الزاما نباید با مقدار به کار رفته برای انطباق با جدول ۱۱-۱ یکسان باشد.				

جدول ۱۲ - الزامات اختصاصی مواد افزودنی کاهنده آب / روان کننده / زودگیرکننده (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	مقاومت فشاری	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۲۸ روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۱۰۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۲	زمان گیرش اولیه	ملات استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۸۱۱۷-۲	در ۲۰ درجه سلسیوس: زمان گیرش اولیه ی مخلوط آزمایشی باید حداقل ۳۰ دقیقه باشد. در ۵ درجه سلسیوس: زمان گیرش اولیه ی مخلوط آزمایشی باید حداکثر ۶۰ درصد مخلوط کنترل باشد.
۳	کاهش آب	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	اسلامپ: استاندارد ملی ۳۲۰۳-۲ یا جریان: استاندارد EN12350-5	میزان کاهش آب مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۵ درصد در مقایسه با آب مخلوط کنترل باشد.
۴	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد I استاندارد ملی ۸۱۱۷	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

جدول ۱۳- الزامات اختصاصی مواد افزودنی اصلاح‌کننده‌ی گرانروی

ردیف	خواص	بتن شاهد	روش آزمون	الزامات
۱	جدایش جزیی (SR) ^۱	استاندارد prEN480-15	استاندارد ملی ۳۲۰۳-۱۱	SR مخلوط کنترل حداقل ۱۵ درصد و حداکثر ۳۰ درصد باشد. SR مخلوط آزمایشی حداکثر ۷۰ درصد مقدار به دست آمده از مخلوط کنترل باشد.
۲	مقاومت فشاری	استاندارد prEN480-15	استاندارد ملی ۳۲۰۶	مقاومت فشاری ۲۸ روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۸۰ درصد مقاومت فشاری مخلوط کنترل باشد.
۳	مقدار هوای بتن تازه	استاندارد prEN480-15	استاندارد ملی ۳۵۲۰	مقدار هوای مخلوط آزمایشی حداکثر دو درصد حجمی می‌تواند بیش از مقدار هوای مخلوط کنترل باشد، مگر آن‌که تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

▶ با تشکر از شما

▶ پیشنهادات آتی :

- ▶ آشنایی با روش ها و مکانیزم های ترمیم بتن
- ▶ آشنایی با درز بند های بتن
- ▶ آشنایی با بتن های ویژه و توانمند