لزوم بکارگیری افزودنی ها در حاشیه خلیج فارس

ایمان غلامی نیگچه
کارشناس ارشد مهندسی عمران محیط زیست از دانشگاه امیرکبیر
مدیر فنی مجموعه کلینیک فنی و تخصصی بتن ایران
تلفن: ۸۸۸۹۶۴۱- ۰۹۱۲، نمابر: ۴۴۶۱۸۴۶۲-۴۴۶۱۸۳۷۹- ۰۲۱، وب سایت
www.clinicbeton.com:

عناوین مطالب مطروحه

- مقدمه
- ویژگی های بتن مطلوب در حاشیه خلیج فارس
- نیاز مبرم به تغییر کیفیت بتن آماده معمولی در حاشیه خلیج فارس
- نقش مواد افزودنی در بتن های حاشیه خلیج فارس
- نقش مواد روان کننده و آشنایی گسترده تر با آن ها در بتن های حاشیه خلیج فارس
- نقش مواد دیرگیرکننده در بتن های حاشیه خلیج فارس
- نقش مواد پودری معدنی (پوزولان ها و روباره ها) در بتن حاشیه خلیج فارس
- نقش مواد بازدارنده خوردگی در بتن های حاشیه خلیج فارس
- نقش مواد آب بندکننده و یا دافع آب در بتن های حاشیه خلیج فارس
- نقش مواد حفاظت کننده سطحی در سازه های بتنی حاشیه خلیج فارس

مقدمه

- لزوم مصرف افزودنی برای بهبود کیفیت بتن و بالا بردن مقاومت، دوام و نفوذپذیری
- نیاز به بتن با دوام و نفوذناپذیر در حاشیه خلیج فارس بویژه در مورد بتن مسلح
- وجود مشکل خوردگی میلگردهای بتن در حاشیه خلیج فارس
- عدم امکان ساخت بتن مطلوب بدون مصرف افزودنی های مختلف و ضروری
- وجود مشکلات اجرایی منجمله گرمی هوا
- عدم امکان رفع مشکلات اجرایی بدون مصرف افزودنی های لازم
- امکان افزایش عمر مفید سازه های بتنی با افزودنی ها
- گستردگی استفاده از بتن آماده و مشکلات آن

ویژگی های بتن مطلوب در حاشیه خلیج فارس

ویژگی های بتن مطلوب می تواند مربوط به موارد زیر باشد:

الف: ویژگی های ضابطه ای بتن مسلح (قسمت روی میلگرد)

- کیفیت مصالح سنگی از نظر مکانیکی و وجود مواد زیان آور بویژه یون کلرید
- ویژگی های هندسی و شکلی مصالح سنگی مانند محدودیت حداکثر اندازه اسمی ۲۰ میلیمتر و شکستگی درشت دانه ها
- دانه بندی مصالح سنگی: بافت دانه بندی متوسط تا نسبتا ریز
- کیفیت سیمان: مصرف سیمان هایی با C_3A بیشتر از ۵ و کمتر از ۸ درصد
- کیفیت آب: محدودیت مواد زیان آور بویژه یون کلرید
- نسبت های اختلاط: محدودیت حداکثر نسبت آب به سیمان (۰/۴۵ و ۰/۴)، محدودیت حداقل و حداکثر عیار سیمان (حداقل ۳۵۰ طبق آبا و ۳۲۵ تا ۳۷۵ طبق آیین نامه پایایی)
- کارآیی: نیاز به روانی ۷۵ تا ۱۵۰ میلیمتر در غالب موارد بجز بتن ترمی یا برخی قطعات پیش ساخته
- نوع و نحوه ریختن و تراکم: بتن ریزی بدون جداشدگی و تراکم مناسب
- نحوه عمل آوری: عمل آوری مناسب و ترجیحا با رطوبت رسانی به مدت کافی
- دما در هنگام ریختن: حداکثر ۳۰ یا ۳۲ درجه

ب: ویژگی های عملکردی بتن مسلح (قسمت روی میلگرد)

www.clinicbeton.com | کلینیک فنی و تخصصی بتن ایران

- مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن: حداقل رده *C35* طبق آبا یا حداقل رده *C30* تا *C40* در آیین نامه پایایی
- جذب آب نیم ساعته بتن ۲۸ روزه (*BS 1881:Part 122*): حداکثر ۲ تا ۳ درصد
- عمق نفوذ آب تحت فشار بتن ۲۸ روزه (*EN 12390: Part 8*): حداکثر ۱۰ تا ۳۰ میلیمتر
- شاخص عبور جریان الکتریکی در بتن ۲۸ روزه (*ASTM C1202*): حداکثر ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ کولمب
- مقاومت ویژه الکتریکی ۲۸ روزه: حداقل ۵۰ تا ۱۰۰ اهم متر
- ضریب جذب آب مویینه (روش *Rilem*): حداکثر ۰/۷ تا ۰/۹ میلیمتر بر جذر زمان برحسب ساعت
- جذب آب سطحی اولیه (*ISAT*) (*BS 1881:Part 208*):
حداکثر ۰/۲۵ تا ۰/۵ میلیمتر بر مترمربع در ثانیه (در ۱۰ دقیقه اول)
حداکثر ۰/۱۵ تا ۰/۳ میلیمتر بر مترمربع در ثانیه (در ۳۰ دقیقه)
حداکثر ۰/۱ تا ۰/۲ میلیمتر بر مترمربع در ثانیه (در یک ساعت)
حداکثر ۰/۰۷۵ تا ۰/۱۵ میلیمتر بر مترمربع در ثانیه (در ۲ ساعت)
- ضریب نفوذ گاز اکسیژن (روش *Cembureau*): حداکثر 10^{-17} تا 5×10^{-17} مترمربع
- ضریب انتشار یون کلرید در بتن: حداکثر ۳۰ تا ۱۵۰ میلیمتر مربع در سال
- جذب آب نهایی (*ASTM C642*): حداکثر ۴ تا ۶ درصد

نیاز مبرم به تغییر کیفیت بتن های آماده معمولی در حاشیه خلیج فارس

با توجه به ویژگی های بتن مطلوب نمی توان از بتن های آماده معمولی در حاشیه خلیج فارس استفاده کرد.

وضعیت فعلی و مطلوب را می توان بصورت زیر مقایسه کرد:

<u>وضعیت فعلی بتن های آماده</u>

- فروش بتن براساس عیار سیمان
- فروش بتن براساس مقاومت های ۲۸ روزه استوانه ای در حد ۲۰ و ۲۵ مگاپاسکال (۲۵ و ۳۰ مکعبی)
- استفاده از سنگدانه با حداکثر اندازه اسمی ۲۵ میلیمتر و دانه بندی متوسط تا درشت
- عدم محدویت نسبت آب به سیمان و نامشخص بودن آن
- عدم توجه به روانی مطلوب و افزودن آب در پای کار به علت کارآیی کم
- حمل در فواصل طولانی در هوای گرم بدون توجه به زمان گیرش اولیه
- عدم وجود محدودیت برای دمای بتن در هنگام ریختن
- عدم کنترل جدی میزان یون کلرید بتن
- عدم توجه به نوع سیمان مصرفی
- عدم توجه به محدودیت های عیار سیمان
- عدم بکارگیری افزودنی های فوق روان کننده، کندگیرکننده و میکروسیلیس و غیره

<u>وضعیت مطلوب بتن های آماده</u>

- فروش بتن براساس رده های مقاومتی ۲۸ روزه استوانه ای ۳۰ تا ۴۰ مگاپاسکال (۳۵ تا ۴۵ مکعبی)
- رعایت حداکثر اندازه اسمی ۲۰ میلیمتر و دانه بندی متوسط تا نسبتا ریز
- استفاده از شن نیمه شکسته یا شکسته و ترجیحا ماسه گردگوشه
- رعایت نسبت آب به سیمان ۰/۴ یا ۰/۴۵
- درنظر گرفتن روانی مطلوب با توجه به نوع قطعه و وسیله بتن ریزی
- رعایت محدودیت های عیار سیمان بویژه حداکثر عیار سیمان
- توجه به فاصله زمانی حمل و استفاده از کندگیرکننده بویژه در هوای گرم

www.clinicbeton.com | کلینیک فنی و تحقیقاتی بتن ایران

- توجه به حداکثر دمای مجاز در هنگام ریختن بتن و مسلما ساخت بتن خنک در کارخانه
- کنترل مقدار یون کلرید موجود در بتن مسلح
- استفاده از سیمان های مناسب و مجاز برای بتن مسلح
- بکارگیری روان کننده یا فوق روان کننده
- استفاده از دوده سیلیسی و فوق روان کننده
نقش مواد افزودنی در بتن های حاشیه خلیج فارس
- برای دستیابی به بتن مطلوب و اجرای مناسب نیاز به افزودنی های مختلفی احساس می شود.
- برای تامین روانی با وجود کاهش نسبت آب به سیمان نیاز به روان کننده یا فوق روان کننده وجود دارد.
- امروزه مواد روان کننده یا فوق روان کننده معمولا به افزایش مقاومت و دوام بتن منجر می شود.
- برای اجرای بهتر و دیرگرفتن بتن نیاز به مواد کندگیرکننده وجود دارد.
- گاه برای کاهش نفوذ یون کلرید و رطوبت در بتن نیاز به مصرف پوزولان های طبیعی و مصنوعی مناسب یا سرباره ها وجود دارد.
- دوده سیلیسی می تواند به شدت از نفوذ یون کلرید و خوردگی میلگردها بکاهد.
- بکارگیری دوده سیلیسی نیازمند بکارگیری فوق روان کننده بیشتری می باشد.
- امروزه در برخی پروژه ها از مواد بازدارنده خورندگی در بتن استفاده می شود.
- نقش برخی مواد آب بندکننده و یا دافع آب در بتن در کاهش خوردگی میلگردها روشن نیست اما بنظر می رسد کاهش نفوذ رطوبت و یون کلرید در بتن در اکثر موارد مثبت باشد.
- برخی مواد هرچند افزودنی محسوب نمی شود اما کمک مهمی را به انجام می رسانند مانند موادی که برای پوشش روی میلگردها و یا پوشش سطحی بتن بکار می روند.
نقش مواد روان کننده در بتن های حاشیه خلیج فارس و آشنایی گسترده تر با آنها
- مواد روان کننده معمولا پیوند اجزای بتن با یکدیگر و سایر اجزا را در بتن تازه کاهش می دهند.
- مواد روان کننده به توزیع سیمان و مواد پودری ریز در بتن کمک می کنند.
- مواد روان کننده موجب روان تر شدن بتن می گردند.
- مواد روان کننده می تواند به کاهش آب بتن منجر شود بدون اینکه روانی افزایش یابد.
- مواد روان کننده می تواند به کاهش نسبت آب به سیمان بتن منجر شود بدون اینکه روانی و عیار سیمان افزایش یابد.
- مواد روان کننده می تواند به افزایش مقاومت و دوام و نفوذناپذیری بتن منجر شود حتی اگر نسبت آب به سیمان کاهش نیابد.
- مواد روان کننده می تواند موجب کاهش مصرف سیمان با حفظ روانی بتن گردد.
- مواد روان کننده می تواند به کاهش جمع شدگی و افزایش مقاومت و دوام و نفوذناپذیری بتن بدلیل کاهش مصرف سیمان با وجود ثابت بودن نسبت آب به سیمان منجر شود.
- مواد روان کننده می تواند در یک زمان به کاهش نسبت آب به سیمان، کاهش عیار سیمان و افزایش روانی منجر گردد و موجب افزایش مقاومت، دوام، نفوذناپذیری و کاهش جمع شدگی شود.
<u>مثال هایی از طرح مخلوط بتن در حاشیه خلیج فارس</u>
مثال۱: بکارگیری بتن در یک سازه بسیار نزدیک به ساحل یا در منطقه جزر و مد و یا بالای سطح آب بدون میکروسیلیس
مثال۲: بکارگیری بتن در یک سازه بسیار نزدیک به ساحل یا در منطقه جزر و مد و یا بالای سطح آب با میکروسیلیس
مثال۳: بکارگیری بتن در یک سازه با فاصله متوسط از ساحل بیرون خاک و یا درون خاک در نزدیکی ساحل و یا درون آب دریا
- در این مثال ها که نسبتا واقعی هستند نشان داده می شود که چگونه نیاز به مصرف مواد افزودنی روان کننده یا فوق روان کننده وجود دارد.
- در این مثال ها سعی شده از آنچه در آیین نامه پایایی بتن ایران آمده است کاملا تبعیت شود.
آشنایی گسترده تر با روان کننده ها

www.clinicbetom.com

روان کننده های معمولی *Placticizers (P) or Water Reducing Agents (WRA)*

- روان‌کننده‌های معمولی بیش از نیم قرن سابقه دارند. این مواد معمولاً به صورت لیگنوسولفونات ها در بازار ایران وجود دارد.
- روان‌کننده‌های معمولی باید حداقل ۵ درصد از آب بتن را با حداقل میزان مصرف پیشنهادی کاهش دهند.
- روان‌کننده‌های معمولی حداکثر می توانند ۱۲درصد از آب بتن را با حداکثر میزان مصرف پیشنهادی کاهش دهند.
- روان‌کننده‌های معمولی غالبا نقش کندگیرکننده را نیز دارا می باشند.
- روان‌کننده‌های معمولی ممکن است تا حدودی حبابزایی داشته باشند.
- میزان مصرف پیشنهادی روان‌کننده‌های لیگنوسولفوناتی بین ۰/۲ تا ۱درصد وزنی سیمان است.
- غلظت مواد پودری روان‌کننده‌های معمولی باید در حدود ۳۸ تا ۴۲ درصد وزن مایع باشد و در این حالت چگالی آن ۱/۱۷ تا ۱/۲۰ کیلوگرم بر لیتر است.
- ماده لیگنوسولفوناتی دارای رنگ قهوه ای تیره با بوی تند زننده الکلی می باشد.
- مواد روان‌کننده معمولی غالبا دارای افت اسلامپ کمی هستند و برای مدت بیشتری می توانند حفظ روانی نمایند.
- قیمت روان‌کننده معمولی مایع با غلظت معمول امروزه در محدوده ۵۵۰ تا ۶۵۰ تومان به ازای هر کیلو می باشد.
- با افزودن برخی افزونه ها به مواد روان‌کننده معمولی می توان بر حبابزایی، گیرش و حفظ روانی آن تاثیر گذارد.

روان‌کننده‌های قوی یا فوق‌روان‌کننده‌ها

Super Placticizers (SP), High Range Water Reducing Agents (HRWRA)

- فوق روان‌کننده‌ها باید دست کم ۱۲ درصد از آب بتن را با حداقل میزان مصرف پیشنهادی کاهش دهند.
- روان‌کننده‌های قوی دارای دسته بندی های مختلفی از نظر نوع مواد متشکله هستند. سابقه برخی از این مواد بیش از روان‌کننده‌های معمولی و سابقه بعضی از آنها کمتر از دو دهه است.
- فرم آلدئید نفتالین سولفوناته فشرده از جمله فوق روان‌کننده‌های قدیمی است که معمولا به نام مواد نفتالینی شناخته می شود.
- فرم آلدئید نفتالین سولفوناته فشرده دارای رنگ قهوه ای تیره است و ذاتا کندگیر می باشد.
- غلظت فرم آلدئید نفتالین سولفوناته فشرده پودری در حدود ۳۳ تا ۳۷ درصد وزن مایع می باشد و در این حالت چگالی آن بین ۱/۱۶ تا ۱/۱۸ کیلوگرم بر لیتر است.
- میزان مصرف پیشنهادی فوق روان‌کننده نفتالینی بسته به غلظت آن بین ۰/۳ تا ۱/۵ درصد وزن سیمان است.
- حداکثر کاهش آب فوق روان‌کننده نفتالینی در حدود ۲۲درصد به ازای حداکثر میزان مصرف پیشنهادی می باشد.
- افت روانی فوق روان‌کننده نفتالینی متوسط می باشد و بهرحال باید مدنظر قرار گیرد.
- قیمت فوق روان‌کننده نفتالینی با غلظت متعارف و بسته به میزان کندگیری یا حفظ روانی بین ۹۵۰ تا ۱۱۵۰ تومان به ازای هر کیلو می باشد.
- با افزودن برخی مواد به فوق روان‌کننده نفتالینی می توان بر زمان گیرش و حفظ روانی آن تاثیر گذاشت.
- فرم آلدئید ملامین سولفوناته فشرده از جمله فوق روان کننده های نسبتا قدیمی هستند که معمولا به نام ملامینی شناخته می شود.
- فرم آلدئید ملامین سولفوناته فشرده پودری دارای رنگ سفید و مایع آن بیرنگ متمایل به شکری است.
- فرم آلدئید ملامین سولفوناته فشرده ذاتا از زودگیری برخوردار است و افت اسلامپ آن زیاد می باشد.

www.clinicbeton.com

- غلظت مواد پودری ملامینی بین ۲۰ تا ۳۵ درصد وزنی مایع آن می باشد و چگالی آن بین۱/۰۸ تا ۱/۱۲ می باشد.
- با افزودن مواد کندگیرکننده و برخی افزونه های دیگر می توان زمان گیرش را زیادتر و افت اسلامپ آن را کمتر نمود.
- در مواردی که فاصله زمانی ساخت با حمل بتن زیاد است بهتر است این مواد را مصرف ننمود.
- حداقل درصد کاهش آب این مواد به ازای حداقل میزان مصرف پیشنهادی نباید کمتر از ۱۲درصد باشد.
- حداکثر درصد کاهش آب مواد ملامینی ممکن است به بیش از ۲۵ درصد بالغ شود.
- مواد پودری ملامینی در ایران ساخته می شود و بدین دلیل قیمت واحد آن عملا در حد روان کننده های معمولی است.
- قیمت مواد ملامینی مایع ایرانی بسته به غلظت آن بین ۶۵۰ تا ۸۰۰ تومان به ازای هر کیلو می باشد. قیمت نوع خارجی آن در حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد بالاتر است.
- میزان مصرف مواد ملامینی مایع بسته به غلظت آن بین ۰/۵ تا ۳/۵ درصد می باشد.
- پلی‌کربوکسیلات‌ها یا مواد پلی کربوکسیلیک اتری از جمله فوق روان کننده های جدیدتر می باشند.
- مواد پلی‌کربوکسیلاتی بصورت مایع و به رنگهای طوسی یا زرد کدر به بازار عرضه می شود.
- مواد پلی‌کربوکسیلاتی معمولا بصورت خنثی می باشند و می توان آنرا زودگیر یا کندگیرتر نمود.
- مواد پلی‌کربوکسیلاتی معمولا از افت اسلامپ متوسطی برخوردار است که می توان مدت حفظ اسلامپ را افزایش داد.
- حداقل درصد کاهش آب این مواد به ازای حداقل میزان مصرف پیشنهادی نباید کمتر از ۱۲ درصد باشد.
- حداکثر درصد کاهش آب این مواد به ازای حداکثر میزان مصرف پیشنهادی به حدود ۳۵ درصد می رسد.
- میزان مصرف این مواد بین ۰/۳ تا ۱/۵ درصد پیشنهاد می شود.
- قیمت پلی کربوکسیلات ها بسته به نوع و غلظت آن بین ۲۵۰۰ تا ۳۲۰۰ تومان به ازای هرکیلو می باشد.
- چگالی پلی کربوکسیلات ها بین ۱/۰۵ تا ۱/۱ کیلوگرم بر لیتر می باشد.
- آکریلات ها از جمله فوق روان کننده های جدید هستند که کمتر در ایران مصرف می شود.
- آکریلات ها بصورت مایع شیری رنگ هستند.

نقش مواد دیرگیرکننده (**Retarders**) در بتن های حاشیه خلیج فارس
- این مواد مجازند زمان گیرش بتن را به میزان حداکثر ۴ساعت به تاخیر اندازند.
- این مواد می توانند موجب حفظ اسلامپ در طول حمل و عملیات بتن ریزی شوند.
- این مواد می توانند سرعت هیدراسیون را در ابتدای کار کاهش و سرعت گرمازایی را کم کنند و به بتن ریزی های حجیم تا حدی کمک نمایند تا دمای مغز بتن آرام تر بالا رود و فرصت تبادل بیشتری بوجود آید و تنش های حرارتی کمتر گردد.
- وقتی فاصله زمانی حمل و مدت بتن ریزی یک محموله بطول می‌انجامد بهتر است از مواد دیرگیرکننده استفاده کرد.
- در صورتی که در مناطق گرم و خشک، بتن ریخته شده با تاخیر در گیرش مواجه شود احتمال ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی خمیری بدلیل تبخیر افزایش می یابد.
- مواد دیرگیرکننده موجود در بازار ایران عمدتا از نوع لیگنوسولفونات ها یا گلوکونات ها و یا فسفات کلسیم می باشد که گلوکونات ها عملکرد بهتری دارند.

نقش مواد پودری معدنی (پوزولان ها و روباره ها) در بتن حاشیه خلیج فارس

<u>پوزولان ها</u>
- پوزولان ها با آهک هیدراته (هیدروکسید کلسیم) ترکیب می شوند و ماده پرکننده و چسباننده بوجود می آورند که نفوذپذیری را کم کرده و pH خمیر سیمان را نیز کاهش می دهند. اغلب پوزولان ها دوام در برابر سولفات ها را بهبود می بخشند.
- پوزولان ها به صورت های طبیعی (خام یا کلسینه) و یا مصنوعی هستند.

www.clinicbeton.com | کلینیک فنی و تخصصی بتن ایران

- پوزولان های طبیعی ایران عمدتا بصورت توف ها یا خاکسترهای آتشفشانی در تولید سیمان بکار می روند و کمتر بصورت افزودنی در بتن استفاده می شود. سیمان های پرتلند پوزولانی ایران حاوی حداکثر ۱۵ درصد از این نوع پوزولان ها می باشند.
- وجود حداکثر ۱۵ درصد پوزولان طبیعی در سیمان آمیخته، تاثیر کمی بر کیفیت مقاومتی و دوامی بتن در دراز مدت دارد.
- مصرف پوزولان های طبیعی می تواند مصرف آب بتن را بیشتر کند که تاثیر منفی بر مقاومت و دوام را می تواند به همراه داشته باشد.
- مصرف پوزولان های طبیعی می تواند افت اسلامپ بیشتری را بوجود آورد که مثبت تلقی نمی شود.
- افزایش پوزولان طبیعی (بیش از ۱۵ درصد) بر مقاومت های کوتاه مدت و میان مدت تاثیر منفی می گذارد اما ممکن است برای دراز مدت مطلوب باشد.
- مصرف پوزولان طبیعی بیش از ۳۰ یا ۳۵ درصد ممکن است مفید نباشد و آهکی برای ترکیب یافت نشود و مقاومت های دراز مدت نیز افت کند.
- مهمترین پوزولان های مصنوعی مصرفی در ایران، دوده سیلیسی و خاکستر بادی هستند.
- دوده سیلیسی در سه کارخانه در ایران تولید می شود اما خاکستر بادی مصرفی از خارج وارد می گردد و بیشترین مصرف آنها در حاشیه خلیج فارس می باشد.
- دوده سیلیسی عمدتا مربوط به غبار کارخانه های فروآلیاژ یا فروسیلیس است که ذرات بسیار ریز تقریبا کروی شکل دارد و از نوع سیلیس آمورف (غیر بلوری) است.
- درصورت پودر کردن سنگ های سیلیسی بصورت خیلی ریز و میکرونیزه، میکروسیلیس حاصل نمی شود و فروش این مواد بعنوان میکروسیلیس یک نوع کلاهبرداری رایج تلقی می شود.
- ذرات میکروسیلیس معمولا در محدوده ۰/۰۵ تا ۰/۲ میکرون می باشد و سطح ویژه آن بین ۱۳ تا ۳۰ مترمربع در هر گرم می باشد (ریزی سیمان ۰/۳ مترمربع در هر گرم).
- واکنش دوده سیلیسی با آهک خمیر سیمان سریع تر از سایر پوزولان های طبیعی و مصنوعی است. بنابراین دیرگیری در بتن حاوی دوده سیلیسی عملا دیده نمی شود.
- بتن حاوی دوده سیلیسی چسبنده تر، چسبناک تر و آب انداختن و جداشدگی کمتر می گردد.
- امکان ترک خوردگی ناشی از تبخیر در بتن میکروسیلیس دار بیشتر می شود و نیاز به حفاظت رطوبتی بیشتری دارد.
- مقاومت های کوتاه مدت و میان مدت بتن میکروسیلیس دار بیشتر می شود اما تاثیر آن در دراز مدت روشن نیست.
- نفوذپذیری بتن میکروسیلیس دار کمتر می شود و مقاومت الکتریکی ویژه بتن بیشتر می گردد و یون کلرید کمتر نفوذ می کند.
- دوام بتن میکروسیلیس دار در برابر برخی سولفات ها محل تامل و اختلاف است.
- وجود میکروسیلیس، مصرف آب بتن را بشدت بالا می برد.
- امکان بکارگیری میکروسیلیس بدون فوق روان کننده امکان پذیر نیست.
- مصرف میکروسیلیس پودری در اختلاط بتن در بسیاری از موارد نتیجه مثبتی را ببار نمی آورد.
- بهتر است دوغاب یا ژل میکروسیلیس را در ساخت بتن بکار برد.
- بکارگیری ۶ تا ۸ درصد دوده سیلیسی (جایگزین سیمان) در بتن توصیه می شود.
- مصرف کمتر از ۵ درصد دوده سیلیسی نتیجه مثبتی ببار نمی آورد و مصرف بیش از ۱۰درصد از نظر فنی و اقتصادی توصیه نمی گردد.
- میکروسیلیس برای جلوگیری یا کنترل انبساط ناشی از واکنش قلیایی با سنگدانه های واکنش زا مفید است.
- میکروسیلیسی که بخوبی در بتن پخش نشده و بصورت کلوخه در آید می تواند در اثر واکنش با قلیایی‌ها انبساط مخرب بوجود آورد.
- میکروسیلیس کار پمپاژ را مشکل می کند و موجب سایش وسائل و تجهیزات می گردد.
- برخی معتقدند که غبار میکروسیلیس در کارگاه می تواند بر سلامتی افراد تاثیر منفی گذارد.
- قیمت هر کیلو میکروسیلیس در ایران حدود ۳۰۰ تومان می باشد (بدون هزینه بسته بندی و حمل)

www.clinicbeton.com

- خاکستر بادی، خاکستر سیلیسی آمورف کوره ذغال سنگ است که کروی شکل بنظر می رسد و از دهانه دودکش کوره خارج می شود.
- اندازه ذرات خاکستر بادی بین ۱۰ تا ۴۰ میکرون است که انواع ریزتر نیز دارد.
- سطح ویژه خاکستر بادی معمولی بین ۰/۴ تا ۰/۷ مترمربع در هر گرم است که در انواع ریز ممکنست به شدت افزایش یابد.
- در سایر کشورهایی که نیروگاه زغال سنگی دارند، خاکستر بادی قابل توجهی حاصل می گردد و در ساخت سیمان آمیخته و یا بصورت افزودنی بکار می رود.
- مصرف خاکستر بادی موجب دیرگیری بتن، کاهش مقاومت اولیه، کاهش سرعت گرمازایی، کاهش نفوذپذیری و افزایش دوام در محیط های سولفاتی و حاوی کلرید می گردد و انبساط مخرب مربوط به واکنش سنگدانه و قلیایی ها را کنترل می کند و مقاومت دراز مدت را بالا می برد.
- مصرف ۱۵ تا ۲۵ درصد خاکستر بادی جایگزین سیمان در بتن در حاشیه خلیج فارس توصیه می شود اما مصرف بیشتر از ۳۰ درصد نمی تواند کمکی به بالا بردن هرچه بیشتر کیفیت بتن نماید.
- مصرف خاکستر بادی ممکن است به کاهش آب مصرفی بتن نیز منجر گردد.
- پمپ کردن بتن حاوی خاکستر بادی بخوبی انجام می شود و سایش وسائل و تجهیزات مشاهده نشده است.
- قیمت هر کیلو خاکستر بادی معمولی در مبدا ۳۰ تا ۶۰ تومان و در حاشیه خلیج فارس ۸۰ تا ۱۲۰ تومان می باشد. خاکستر بادی خیلی ریز کیلویی ۱۰۰ تا ۱۲۰ تومان در مبدا و در جنوب ایران ۲۰۰ تا ۲۵۰ تومان تمام می شود.

<u>روباره ها (سرباره ها)</u>

- سرباره های اغلب کوره های ذوب فلزات می تواند به عنوان ماده سیمانی جایگزین سیمان بکار رود. معمول ترین سرباره مصرفی، سرباره کوره بلند ذوب آهن است که در ایران نیز تولید می شود.
- در ایران از سرباره برای ساخت سیمان آمیخته سرباره ای استفاده می شود و کمتر به عنوان افزودنی بکار می رود.
- روباره ها به عنوان ماده سیمانی در محیط قلیایی (آهک دار) مانند سیمان با آب ترکیب می شود و ماده پرکننده و چسباننده ایجاد می کند ولی آهک را مصرف نمی کند.
- روباره ها بر خلاف پوزولان ها، *PH* و قلیائیت محیط را پایین نمی آورد. به هر حال سرباره باید آمورف باشد و زود سرد شود.
- بهتر است مصرف روباره ها به عنوان افزودنی جایگزین سیمان بیش تر از ۲۵ درصد وزن مواد چسبناننده باشد و می تواند بیش از ۵۰ درصد نیز بکار رود.
- ایجاد کندگیری در بتن، کاهش جزیی مقاومت های اولیه و بهبود مقاومت های دراز مدت، کاهش گرمازایی و سرعت گرمازایی، کاهش نفوذپذیری و افزایش دوام در محیط های سولفاتی و کلریدی و کاهش انبساط مخرب مربوط به واکنش سنگدانه و قلیایی از جمله خواص سرباره در بتن است.
- سرباره با ریزی ۰/۴ تا ۰/۷ مترمربع در هر گرم بکار می رود و اندازه ذرات آن تا حدودی ریز تر از سیمان است.
- در محیط خلیج فارس وجود سرباره ها در بتن مفید بوده است و خوردگی میلگردها را کم کرده است.
- مصرف آب در بتن حاوی سرباره چندان دستخوش تغییر نمی گردد.
- بکارگیری سرباره ها به همراه پوزولان ها نیز تاثیر مثبتی را در این مناطق نشان داده است.

نقش مواد بازدارنده خوردگی میلگردها در بتن های حاشیه خلیج فارس

Corrosion Inhibitators, Anti-Corrosion Agents

- در طول ۳۰ سال اخیر سعی شده است از مواد افزودنی در بتن به عنوان بازدارنده خوردگی میلگردها استفاده شود.
- مواد بازدارنده خوردگی به صورت های مختلف عمل می کند. انواع مهم آن بر دو قسم است. نوع آندی و همچنین نوع آندی – کاتدی.

www.iranbeton.com انجمن بتن ایران

- مواد آندی عمدتاً به صورت نیتریت کلسیم است که در بسیاری از نقاط دنیا بکار گرفته شده است و نشان داده اند که تاثیر مثبتی را در جلوگیری از خوردگی داشته اند.
- تحقیقاتی که در محیط خلیج فارس انجام شده، نشان داده است نیتریت کلسیم تاثیر چندان مثبتی را نداشته است.
- محلول نیتریت کلسیم با چگالی ۱/۲۴ کیلوگرم در لیتر به میزان ۱۰ – ۱۵ کیلوگرم در مترمکعب بتن بکار می رود (۳ تا ۳/۵ درصد وزن سیمان).
- نیتریت کلسیم خاصیت زودگیری دارد و افت اسلامپ را به شدت زیاد می کند و باید به این نکته توجه داشت.
- ممکن است مصرف نیتریت کلسیم به همراه مواد پودری معدنی از خواص مثبت آن بکاهد.
- مواد بازدارنده آندی – کاتدی در حدود ۱۵ سال سابقه مصرف دارد و جدید تلقی می شود.
- مواد بازدارنده آندی – کاتدی موجود در ایران بر پایه مشتقات آمین (استرآمین ها) می باشد.
- هنوز از تاثیر دراز مدت این مواد اطلاع کافی در دست نیست و تحقیقات خاصی در ایران در این باره انجام نشده است.
- برخی مواد بازدارنده خوردگی ممکن است نفوذپذیری را کاهش دهند اما سازوکار عملکرد آن ها بر پایه کاهش نفوذپذیری استوار نیست و الکتروشیمیایی است.

نقش حفاظت سطحی بتن در حاشیه خلیج فارس

- کیفیت سطحی بتن در مسائل دوام به ویژه در مورد نفوذ یون کلرید و رطوبت و اکسیژن و در نتیجه خوردگی اهمیت زیادی دارد.
- انواع حفاظت سطحی از دیدگاه های مختلف وجود دارد. از یک دیدگاه می توان آن را به چهار نوع تقسیم کرد.

- اندودهای سطحی Renderings
- پوشش ها و درزگیرها Coating and Sealers
- پرکننده های منافذ Pore Blockers
- نفوذگرها Penetrants

- انتخاب نوع حفاظت و پوشش سطح بتن به عوامل متعددی بستگی دارد که در زیر می آید.

- پایداری در برابر نفوذ آب، دی اکسید کربن، یون کلرید، بخار آب و پرتو ماوراء بنفش
- پایداری در برابر عوامل شیمیایی، سایش و اتصال به بتن
- سهولت اجرا، ظاهر مناسب و قابلیت پل زدن روی ترک ها

- در موفقیت هر نوع حفاظت و پوشش عوامل زیر دخیل هستند.

- انتخاب صحیح نوع حفاظت با توجه شرایط محیطی حاکم و دوام مورد نظر
- شرایط بتن پایه (سن، رطوبت، دما و کیفیت سطح و کیفیت بتن)
- دقت در اجرا و شرایط لازم در اعمال هر نوع پوشش
- دما و رطوبت و شرایط هوا در هنگام اعمال پوشش

- اندودهای سطحی به صورت یک لایه نسبتاً ضخیم ملات سیمانی اعمال می شود و روی سطح بتن پایه معمولاً به کمک ماله مناسب کشیده می شود.ملات سیمانی ممکن است فاقد مواد پلیمری باشد اما در اکثر موارد با یک ماده پلیمری (لاتکس) اصلاح می گردد.
- وجود مواد پلیمری در اندودهای سیمانی برای اتصال بهتر به بتن پایه و هم چنین کاهش نفوذپذیری آن می باشد.
- سطح زیرین برای اندودکاری باید تمیز و زبر و اشباع گردد و سپس اندود اصلی اجرا شود. به هر حال این نوع حفاظت، افزایش ضخامت پوشش بتنی هم به حساب می آید.اتصال و پیوستگی اندود با سطح زیرین با آزمایش Pull-off قابل کنترل است و مقدار مجاز آن را مشخصات فنی مشخص می کند.
- پوشش ها و درزگیرها شامل موادی برای پر کردن حفرات سطحی و نفوذ در آن ها و آماده سازی سطح کار می باشد و سپس پوشش نازک سطحی اعمال می گردد.
- سطح کار باید تمیز و عاری از چربی باشد. در اکثر موارد بتن پایه به صورت خشک بوده یا رطوبت آن از حد معینی کمتر باشد.

www.clinicbeton.com

- شرایط محیطی مناسب یعنی رطوبت کمتر از ۹۰ درصد و دمای ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد است.
- لایه پوشش اصلی دو یا چند دست اعمال می شود و ممکن است نفوذ کمی هم داشته باشد.
- ضخامت پوشش نهایی معمولاً بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میکرون است.
- پوشش اصلی همانند یک رنگ عمل می کند و جلوی نفوذ را می گیرد (Barriers). اکثر اوقات این مواد عمدتاً از چسب ها تهیه می شود.
- انواع معروف پوشش های سطحی عبارتند از

- اپوکسی ها (محلول در آب یا غیر محلول در آب)
- پلی استرها
- اکریلیک ها
- پلی اورتان ها
- بوتادین ها
- قیر و قطران

- اپوکسی ها به صورت تک جزئی و دو جزئی هستند. چسبندگی خوبی با بتن دارند. مقاومت سایشی خوبی دارند و نفوذ را مهار می کنند. اختلاف ضریب انبساط با بتن و پایایی کم در برابر نور ماوراء بنفش خورشید از جمله مشکلات آن ها است. سطح زیر کار نیز باید به خوبی تمیز و خشک شده باشد و گرد و خاک نداشته باشد.
- مواد اکریلیکی به صورت لاتکس به همراه رنگدانه ها بکار می روند و در مقابل نفوذ مواد پایداری خوبی را دارند (به ویژه دی اکسید کربن).
- پلی استرها غالباً پیوستگی خوبی دارند و در برابر اسیدها پایداری بیشتری از خود نشان می دهند.
- پلی اورتان ها معمولاً به صورت دو جزئی هستند. در برابر اسیدها و سایش بهتر از اپوکسی ها می باشند اما در برابر محیط قلیایی ضعیف تر از اپوکسی ها هستند. بنابر این باید بین این پوشش و بتن یک پوشش مقاومت در برابر قلیایی ها اعمال گردد. پایایی آن ها در برابر نور ماوراء بنفش کم است و به خوبی به سطح بتن نمی چسبد و به واسطه نیاز دارد.
- قیرهای نفتی و قطران زغال سنگ از پست ترین پوشش ها هستند. در برابر نور ماوراء بنفش و تابش آفتاب پایایی ندارند و ترک می خورند و اجازه نشت می دهند. قطران در برابر نفوذ آب بهتر از قیر عمل می کند. این مواد ظاهر نامناسبی دارند و در زیر سطح زمین استفاده می شود.
- پرکننده های منافذ، موادی است که بر سطح بتن اعمال می شود و به داخل منافذ و حفرات ریز بتن و خمیر سیمان نفوذ می کند و آن را پر می نماید و یا در این مرحله با اجزاء خمیر سیمان (مانند آهک) واکنش می دهد و ماده غیر محلول و چسبنده و پرکننده تولید می کند. این مواد در یک یا دو دست اعمال می شود و لازم نیست سطح بتن خشک شود و شاید مرطوب بودن آن ارجح باشد. موادی همچون سیلیکات سدیم یا سیلیکو فلوریت به صورت یک شیره محلول در آب گرم به سطح پاشیده یا مالیده می شود. به هر حال سطح باید تمیز و عاری از چربی و گرد و خاک باشد.
- نفوذگرها موادی هستند که به صورت مایع با لزجت کم به سطح بتن پاشیده یا مالیده می شوند و به درون منافذ و حفرات ریز نفوذ می نمایند اما آن را پر نمی کنند بلکه با تعویض جهت کشش سطحی حفرات موئینه، رطوبت را از درون به بیرون رانده و رطوبت و گازهای زیان آور نمی تواند به درون راه یابد (مانند شیر یک طرفه). این مواد را مواد قابل تنفس (Breathable) می نامند. از معروف ترین این مواد سیلان ها و سیلوکسان ها هستند.
- نفوذگرهای قابل تنفس را پس از یک ماه و سپری شدن دوران عمل آوری روی سطح بتن اعمال می کنند.
- نفوذگرها برای مقابله مداوم در برابر آب چندان مناسب نیستند بنابر این بهتر است آن ها را بر روی سطوحی اعمال کرد که مرتباً در برابر آب قرار نداشته باشند اما اگر گهگاه رویارو با بارندگی یا پاشش آب یا نم باشد، مشکلی ندارد.
- مواد سیلان و سیلوکسان معمولاً به صورت آستر و با رویه اکریلیک یا رویه پلی اورتان عملکرد بسیار مناسبی را در برابر نفوذ یون کلرید نشان داده است.

- در صورتی که بتن پایه دارای نسبت آب به سیمان زیاد باشد، تجربیات نشان داده است که پوشش ها و نفوذگرها و سایر حفاظت ها تأثیر کمتری را از خود به جا می گذارند.

www.clinicbeton.com | کلینیک فنی و تخصصی بتن ایران