Archive

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی ،معماری،عمران ومحیط زیست

بتن خود متراکم و خواص آن

نوید شکیبائی[۱]، محمد علی دشتی رحمت آبادی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران مدیریت ساخت، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی عمران، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

Shakibaei_navid@yahoo.com

چکیده

در این مقاله علاوه بر معرفی کلی بتن خود تراکم و خواص آن آزمایشات مربوطه به صورت کامل تشریح گردیده است. یکی از نکات مهم در اجرای صحیح سازه های بتنی تراکم کامل بتن و جا گیری مناسب آن در قالب می باشد . این مسأله در مورد المان هایی همچون دیوار برشی و ستون که در آنها فشردگی آرماتور زیاد و ابعاد مقطع بتن ریزی کوچک می باشد از اهمیت بیشتری برخوردار است. بتن خود تراکم بتنی است که بدون اعمال هیچگونه انرژی خارجی و تحت اثر وزن خود متراکم گردد. این بتن که ماده ای بسیار سیال و روان و مخلوطی همگن است ، بسیاری از مشکلات بتن معمولی نظیر جدا شدگی ، آب انداختن ، جذب آب ، نفوذ پذیری و را رفع نموده و علاوه بر این بدون نیاز به هیچ لرزاننده (ویبره داخلی یا ویبره بدنه قالب تحت اثر وزن خود متراکم می شود. از عواملی که بین بتن سنتی با بتن خود تراکم تفاوت ایجاد می کند، نسبت مواد سیمانی بالاتر نسبت به بتن سنتی و همچنین استفاده از مصالح مکمل سیمانی نظیر دوده سیلیس، روباره، خاکستر بادی و در بتن خود تراکم می باشد و عامل بسیار مهم دیگر در ساخت بتن خود تراکم، استفاده از فوق روان کننده هایی نظیر ژلنیوم (Glenuim) می باشد.

کلمات کلیدی: بتن خود متراکم، کاربرد، مزایا، دوده سیلیس

۱- مقدمه

بتن خود متراکم، بتنی که خودش متراکم می شود و احتیاج به تراکم توسط ویبراتور ندارد.به عنوان راه حلی برای رفع مشکل دوام سازه های بتنی توسط اوکامورا در سال ۱۹۸۶ پیشنهاد گردید و تحقیقات برای گسترش این نوع بتن توسط اوزاوا و ماکاوا در دانشگاه توکیو به انجام رسید. اوکامورا در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که دلیل اصلی کاهش دوام و میزان کارایی بتن در سازه ها، عدم یکپارچگی و عدم همگنی در هنگام بتن ریزی می باشد[۸]. اوزاوا در ادامه تحقیقات خود دریافت که با به کارگیری فوق روان کننده و موادی نظیر سرباره و خاکستر بادی به عنوان جایگزینی بخش از سیمان می توان مقاومت در برابر جداشدگی بتن خود متراکم را کنترل نمود و به میزان جریان پذیری بتن افزود. وی میزان ۱۰ تا ۲۰ درصد خاکستر بادی و ۲۵ تا ۴۵ درصد سرباره به نسبت وزنی سیمان را به عنوان بهینه ترین مقدار برای افزایش جریان پذیری و پیشرفت مقاومت بتن پیشنهاد نمود. [۹]

از آن جهت که امروزه از بتن در پروژه های مهم عمرانی و در حجم وسیع استفاده می شود مطالعه و بررسی پیرامون این بتن به جهت رفع نواقص و مشکلات تولید و کاربرد بتن خود متراکم و پیشبرد نقاط قوت ضرورتی آشکار و هدفی دست یافتنی است. به طور کلی، بتن خود متراکم دارای مؤلفه های اساسی مشابه با بتن معمولی و بتن با کارایی بالا است اگر چه به علت

www.SID.ir

Archive

میزان بالای پرکننده ها نظیر پودر سنگ آهک و خاکستر بادی، ریزساختار آن متفاوت خواهد بود. عموما بتن خود متراکم شامل میزان بالای مواد سیمانی و نسبت آب به سیمان پایین تر از بتن معمولی است و مقاومت بالایی را ایجاد می نماید [۱۱]. اکثر مطالعاتی که تاکنون در مراکز تحقیقاتی در این زمینه صورت گرفته مربوط به بررسی خصوصیات بتن تازه خود متراکم بوده چرا که اصلی ترین تفاوت بین بتن های معمولی و بتن خود متراکم در ویژگی های بتن تازه شناسایی و ارزیابی شده است.

۲- تعریف مساله

بتن خود متراکم (SCC) یک نوع بتن جدید با کارایی بالا (HPC) با مقاومت در برابر جداشدگی و تغییر شکل پذیری بالا است و در طرح اختلاط و ساختارش تفاوت چندانی با بتن معمولی ندارد. البته موادی برای بهبود خواص آن به جهت نیل به خود تراکم شوندگی به آن افزوده می شود. خواص بتن تازه و بتن سخت شونده خود تراکم بستگی زیادی به طرح اختلاط آن دارد. در حالت کلی بتن خود متراکم به سه گروه تقسیم می شود[۱]

۱- نوع پودری: بتن خود متراکم به نحوی است که نیاز خود تراکم بودن را بدون استفاده از مواد اصلاح کننده ویسکوزیته و با بهره گیری از پودر تأمین می کند. با استفاده پودر، مقاومت مناسب در مقابل جداشدگی ذرات در مخلوط بتن ایجاد می شود و با بکار گرفتن مواد افزودنی کاهنده آب و هوازا، تغییر شکل زیاد تأمین می شود.

۲- نوع دارای مواد اصلاح کننده ویسکوزیته: در این گروه بتن خود متراکم از مواد اصلاح کننده ویسکوزیته برای ایجاد مقاومت در برابر جداشدگی ذرات استفاده می شود و مواد افزودنی کاهنده آب و هوازا برای ایجاد تغییر شکل زیاد استفاده می شوند.

۳- نوع ترکیبی: در این گروه از بتن خود متراکم از پودر همزمان با مواد اصلاح کننده ویسکوزیته استفاده می شود و مواد اصلاح کننده ویسکوزیته برای کاهش تغییرات کیفیت بتن تازه استفاده می شود.

۳- بتن خود تراکم، تاریخچه و معرفی

با ابداع بتن خود متراکم در ژاپن توسط آقای اکامورا تحولی شگفت در صنعت ساخت بتن ایجاد شد . این نوع بتن برای حل مشکلاتی همچون عدم تراکم و دوام سازه های بتنی مطرح گردید و در زمینه های مختلفی مورد استفاده قرار گرفت[۱۰] .از بتن خود تراکم در ابتدا بیشتر برای بتن های توانمند H.P.C و کاملا همگن استفاده می شد تا بتوان بتن هایی با تراکم زیاد ایجاد کرد این بتن تراکم و یکنواختی زیاد خود را حتی در جاهایی که تراکم آرماتور بسیار زیاد است یا به خاطر شکل قالب امکان ایجاد تراکم با ویبراسیون وجود ندارد حفظ می کند[۶]بتن خودتراکم مخلوطی یا روانی فوق العاده است که ضمن داشتن قابلیت بسیار مطلوب در شکل پذیریه بدون وجود مشکلاتی نظیر پدیده جداشدگی دانه ها در تولید محصولاتی همگن، با تراکم مناسب و سطوحی یکپارچه مورد استفاده قرار می گیرد. این مخلوط بتنی به خصوص در مواردی که حجم میلگردها مصرفی بسیار بالا باشد با برخوردار بودن از روانی بسیار زیاد در قالب حرکت کرده و ضمن نفوذ در تمامی بخش های آن، موجب حصول تراکمی در حدود ۱۰۰ درصد در قطعه بتنی می گردد [۳] ساختار بتن خود تراکم به لحاظ مصالح مصرفی مشابه بتن عادی بوده و ممکن است در ساخت آن مقادیر قابل توجهی از فوق روان کننده ها و همچنین مصالح لزجت دهنده نیز استفاده شود[۴] پیشنهاد ساخت و بکار گیری بتن خود تراکم برای اولین بار در سال ۲۰۱۱ توسط کارشناس ژاپنی به نام Okariura ارائه گردید. چرا که در آن زمان به دلیل کمبود نیروی انسانی ماهر در صنعت ساخت و ساز و همچنین عدم دستیابی به تراکم متناسب در قطعات بتنی به علت تراکم بیش از حد میلگردهای مصرفی، کیفیت سازه ها در حد مطلوبی قرار نمی گرفتند. روش او باعث شد تا با عبور بتن از میان شبکه های انبوه میلگرد قطعه ای با تراکم و یکپارچه تولید و عملکرد بهتری در رفتار سازه ای بوجود آید [۷]

بتن خود تراکم با نگاه به بتنی اطلاق می شود که به علت داشتن روانی بسیار زیاد بدون نیاز به تراکم (ویبراسیون)به راحتی در هر قالبی و با هر تراکمی از آرماتور قرار گرفته و با پر کردن کامل قالب بتنی با تراکم ایجاد می کند. در واقع بتن خود تراکم

www.SID.ir

Archive

مخلوطی با روانی فوق العاده است که قابلیت شکل پذیری بسیار بالایی دارد و بدون به وجود آمدن جداشدگی دانه ها و مسائلی از این قبیل میتواند محصولی یک دست و کاملا متراکم با سطحی کاملا مناسب به وجود آورد[۴].

۴- آشنایی کلی با بتن خود متراکم

بتن خود تراکم بتنی است که بدون اعمال هیچگونه انرژی خارجی و تحت اثر وزن خود متراکم گردد. این بتن که ماده ای بسیار سیال و روان و مخلوطی همگن است. بسیاری از مشکلات بتن معمولی نظیر جدا شدگی ، آب انداختن ، جذب آب و نفوذپذیری و ... را رفع نموده و علاوه بر این بدون نیاز به هیچ لرزاننده(ویبره)داخلی یا ویبره بدنه قالب تحت اثر وزن خود متراکم می شود .

این بتن به راحتی توانایی پر کردن قالب در محل شبکه های آرماتور فشرده را دارا می باشد و حتی در جاهایی که دسترسی به آنها دشوار است به راحتی عبور می کند.

بتن خود تراکم در طرح اختلاط و ساختارش تفاوت عمده ای با بتن معمولی ندارد . البته مواد خاصی جهت نیل به مشخصات ویژه این بتن در تولید آن مورد مصرف قرار می گیرد. این مواد عمدتا شامل فوق روان کننده ها، مواد مضاف پوزولانی و فیلرها (پودر سنگ با قطر دانه های ریزتر از ۱۲۵میکرون)می باشند.همچنین ملاحظات خاصی در مورد دانه بندی سنگدانه های مورد مصرف در این نوع بتن در نظر گرفته می شود.

بتن خود تراکم روانی بیشتری نسبت به بتن سنتی دارد و نیازی به ویبره کردن و استفاده از نیروی انسانی بیشتری برای بتن ریزی ندارد از عواملی که بین بتن سنتی با بتن خود تراکم تفاوت ایجاد می کند، نسبت مواد سیمانی بالاتر نسبت به بتن سنتی و همچنین استفاده از مصالح مکمل سیمانی نظیر دوده سیلیس رو باره،خاکستر بادی و در بتن خود تراکم می باشد و عامل بسیار مهم دیگر در

ساخت بتن خود تراکم استفاده از فوق روان کننده هایی نظیر ژلنیوم (Glenuim) می باشد. البته نسبت مواد سیمانی بالاتر مشکلاتی در ساخت بتن خود تراکم ایجاد می کند که می توان حرارت هیدراتاسیون بالا و جمع شدگی (Shrinkage)بالا را نام برد. قابل ذکر است که هر پنج تیپ سیمان پرتلند می توانند در بتن خود تراکم استفاده شوند. قابل توجه است که نوع و تیپ سیمان استفاده شده در بتن خود تراکم اثرات غیر قابل اجتنابی در عملکرد افزودنی ها در بتن خود تراکم دارد زیرا آزمایشات نشان داده است که مدول نرمی و همچنین در صد مقادیرC3S, C3A

موجود در سیمان، اثرات بسیار ویژه ای در روانی و خواص رفتاری و مکانیکی بتن خود تراکم دارند.

مشخصات کلی زیر را برای بتن خود تراکم پیشنهاد می کنند

کارآیی : از نظر کارآیی یک بتن خود تراکم مناسب دارای خواص زیر خواهد بود؛ در حالت معمولی دارای جریان اسلامی بیش از ۶۰۰ میلی متر و بدون جداشدگی ، حفظ روانی به مدت حداقل ۹۰ دقیقه،توانایی مقاومت در شیب ۳ ٪ در سطح افقی آزاد ، قابلیت پمپ شدن در لوله ها بطول حداقل ۱۰۰ متر و به مدت ۹۰ دقیقه ، مقاومت فشاری ۲۸ روزه حدود ۶۰۰ - ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع ، مقاومت در مقابل خوردگی تهاجم سولفات ها و کلریدها و انجماد و ذوب مطابق استاندارد ،کاهش خطر ترک های حرارتی در مقایسه با بتن معمولی لرزانده شده

قابلیت روانی: توانایی SCC برای جاری شدن و عبور از بین فضاهای کوچک شبکه آرماتور بدون توقف ویا جداشدگی

قابلیت پر اگندگی: توانایی SCC برای برای جریان و پر کردن تمام فضاهای قالب تحت اثر وزن خود

مقاومت در اثر جداشدگی دانه بندی:توانایی SCC برای یکنواخت و هموژن ماندن در طول حمل ، قالب ریزی و ...

www.SID.ir

Archive

۵- مبانی کیفی بتن خود متراکم

با این که در ابتدا هدف از بتن خودتراکم رسیدن به بتنی با دوام و طول عمر بیشتر نسبت به بتن های عادی و کاهش هزینه های سازه های بتنی بود، توانایی ها و مشخصات فوق العاده این نوع بتن به سرعت آن را به یکی از انواع پر کاربرد بتن تبدیل کرد. علاوه بر کاهش زمان اجرا و هزینه های آن ، تراکم فوق العاده آن و پوشش کامل آرماتورها توسط بتن باعث محافظت بهتر آرماتورها در سازه های بتن مسلح و در نتیجه افزایش طول عمر سازه میگردد. در عین حال در بتن ریزی های سازه های فاقد آرماتور نظیر لاینینگ تونل ها و یا در بتن های پر کننده و در مواردی که دسترسی به محل بتن ریزی دشوار یا غیر ممکن است، بتن خود تراکم اگر تنها گزینه مناسب نباشد، بدون شک یکی از بهترین هاست. با توجه به روانی فوق العاده و مشخصات برتر آن، بتن خودتراکم از گزینه های مناسب برای تولید المان های سازه ای با معماری پیچیده و همچنین قطعات نازک بتنی است. در بتن خودتراکم مانند بتن های عادی میتوان از الیاف های متفاوت مانند الیاف های فولادی و یا الیاف هایی نظیر پلی پروپیلن استفاده کرد و خواص آن را بهبود بخشید. استفاده از این نوع بتن تنها به بتن ریزی های درجا محدود نبوده و برای بتن ریزی المانهای بتنی پیش ساخته نیز میتوان از آن استفاده کرد. کارآیی بتن خودتراکم خیلی بیشتر از بالاترین رده کارایی بتن بیان شده در استاندارد EN ۲۰۶ است و بر اساس سه خصوصیت قابلیت پر کنندگی ، قابلیت عبور و مقاومت در برابر جداشدگی مشخص می شود. یک بتن در صورتی یک بتن خود تراکم محسوب می شود که هر سه ویژگی فوق را دارا باشد[۶]
عواملی که بر بهبود کیفیت این بتن نسبت به بتن معمولی تأثیرگذار است می توان بدین صورت بیان نمود :

- خود متراکمی بسیار عالی این بتن و ایجاد کاور مناسب برای آرماتورها که باعث محافظت هرچه بهتر آرماتور و در نتیجه افزایش طول عمر سازه می گردد.
- آسان تر شدن اجرای بتن ریزی : زیرا تنها دو مرحله ریختن و عمل آوری در اجرای بتن خودمتراکم وجود دارد و مراحل دیگری نظیر تسطیح و تراکم و رفع نواقص که در بتن ریزی عادی انجام می گیرد ، حذف می شود .
- به دلیل استفاده مصالحی مانند خاکستر بادی ، میکروسیلیس و یا پودر سنگ به عنوان جایگزین سیمان ، حرارت هیدراسیون کاهش یافته ، لوله های مویین کمتر شده و با حضور چنین مواد پوزولانی ، دوام بتن افزایش می یابد.
- قابلیت فرم دهی بالای این بتن باعث شده است که در قالب بندی با اشکال هندسی پیچیده مورد استفاده قرار گیرد.
- در بتن خودمتراکم جداشدگی و آب انداختگی وجود نخواهد داشت.
- باتوجه به شرایط عالی کارگاه های بتن پیش ساخته در کنترل طرح اختلاط ، تنوع بسیار کمی در توزین مصالح مصرفی بوجود خواهد آمد. در نتیجه حساسیت این بتن به طور اصولی کمرنگ می شود.
- باتوجه به نفوذ بتن در تمامی شکاف ها ، نقص یا کرمو شدن در بتن پس از قالب برداری مشاهده نمی شود. با توجه به سرعت بالای بتن ریزی تعداد درزهای ساختمانی کاهش یافته ، کیفیت بتن ریخته شده افزایش می یابد [۴]

عواملی نیز می تواند بر مدت زمان پروژه در مقایسه با بتن معمولی تأثیرگذار باشد که برخی از آنها عبارتند از :

- افزایش سرعت تخلیه در حین بتن ریزی با توجه به کارایی بیشتر بتن خود متراکم
- کاهش زمان اجرای پروژه با افزایش ارتفاع مجاز بتن ریزی از ۱,۵ متر به ۵ متر.
- حذف برخی از عملیات اجرایی که از مدت زمان پروژه می کاهد.
- قابلیت قالب برداری اعضا پس از ۸ الی ۱۲ ساعت بعد از بتن ریزی [۴] .

۶- تکنولوژی بتن خودمتراکم و مواد تشکیل دهنده آن

با چشم اندازی به ترکیبات بتن خود تراکم در می یابیم که این بتن از اجزائی مشابه بتن معمولی که با ویبراسیون متراکم می شود نظیر سیمان، سنگدانه، آب به همراه چند ماده ی افزودنی و ترکیبی دیگر تشکیل شده است.
سنگدانه

www.SID.ir

Archive

سنگدانه ها به دو دسته تقسیم می شوند:

۶-۱- ماسه:

تمامی ماسه های متداول در تولید بتن معمولی در این صنعت نیز به کار می رود و هر دو نوع ماسه شکسته و با گرد گوشه اعم از سلیسی و با آهکی می تواند مورد استفاده قرار گیرد . ذرات ریزتر از ۱۲۵میکرون که به عنوان " پودر " تلقی میشوند، بر خواص روانی بتن خود تراکم بسیار مؤثر بوده و به منظور تولید بتن یکنواخت ، رطوبت آن باید دقیقا کنترل شود. حداقل میزان ریزدانه ها (از ماسه تا مواد چسبانده پودری) به منظور جلوگیری از جداشدگی دانه بندی از مقدار شخصی نباید کمتر باشد .

۶-۲- شن (درشت دانه ها) :

تمامی انواع درشت دانه در اینجا به کار می رود، ولی حداکثر اندازه معمولی دانه ها ۱۶تا ۲۰ میلی متر می باشد . به هر حال سنگدانه های تا حدود ۴۰ میلی متر نیز می تواند در بتن خود تراکم به کار رود. استفاده از سنگدانه های شکسته سبب افزایش مقاومت بتن خود تراکم(بدلیل افزایش قفل و بست بین ذرات) می شود در حالیکه سنگدانه های گرد گوشه بدلیل گوشه بدلیل کاهش اصطکاک داخلی روانی آن را بهبود می بخشد.

۶-۳- سیمان :

به طور کلی تمامی انواع سیمان های استاندارد می تواند در بتن خود تراکم به کار رود و انتخاب نوع سیمان بستگی به پارامترهای مورد انتظار بتن مثل مقاومت ، دوام و ... دارد.

دامنه عمومی میزان مصرف سیمان در اینجا ۳۵۰ تا ۴۵۰ کیلوگرم در متر مکعب می باشد و میزان بیشتر از ۵۰۰ می تواند سبب افزایش خطر جمع شدگی شود، میزان کمتر از ۳۵۰ نیز فقط در صورتی قابل قبول می باشد که به همراه مواد پوزولانی و خاکسترهای بادی ، دوده سیلیسی و ... به کار رود.

حضور بیش از ۱۰ میزان در سیمان می تواند سبب کاهش نگهداشت کارایی بتن گردد.

۶-۴- مواد مضاف:

مصالح بسیار ریز غیر آلی هستند که به منظور بهبود و با ایجاد خواص مشخص در بتن به آن افزوده می شوند . این مواد باعث بهبود کارایی ، کاهش حرارت هیدراتاسیون و عملکرد بهتر بتن در دراز مدت می گردند.

مواد مضاف به دو دسته تقسیم می شوند :

مواد مضاف نیمه فعال (نوع ۱) شامل ریزدانه ها و رنگ دانه ها می باشد .

مواد مضاف فعال (نوع ۲)شامل خاکستر بادی و دوده سیلیسی و..

به دلیل خواص ویژه S.C.C استفاده از هر دو نوع ماده مضاف به منظور بهبود کارایی ضروری است و از طرف دیگر استفاده از مواد مضاف باعث کاهش حرارت هیدراتاسیون می شود و مواد مضاف نوع ۲ می تواند عملکرد دراز مدت بتن را بهبود بخشد.

مواد مضاد عمومی مورد استفاده عبارتند از :

۶-۵- پودر سنگ :

ذرات شکسته بسیار ریز (کوچکتر از ۱۲۵ میکرون) سنگ آهک، دولومیت و یا گرانیت است که به منظور افزایش مواد پودری به کار می رود . استفاده از پودرهای دولومیتی، بدلیل واکنش های کربنات قلیایی می تواند دوام بتن را با مشکل مواجه نماید.

۶-۶- خاکستر بادی :

ماده ای است که از سوختن زغال سنگ حاصل می شود و دارای خصوصیات پوزولانی است که در بهبود خواص بتن خیلی مؤثر می باشد.

www.SID.ir

خاکستر بادی (Fhy Ash):خاکستر بادی ماده ای غیر آلی و ریز با خاصیت پوزولانی است که می تواند برای بهبود خواص بتن خود تراکم به مخلوط اضافه شود . به هر حال ثبات اندازه ای (ابعادی)ممکن است تحت تأثیر قرار گیرد و باید کنترل شود.

۶-۷- خاکستر بادی (Fly Ash) :

استفاده از خاکستر بادی به طور کلی کار پذیری بتن خود تراکم را بهبود داده و آب انداختگی و جدا شدگی را کاهش می دهد و پایداری و دوام بتن خود تراکم را افزایش می دهد. بعنوان مثال استفاده از خاکستر بادی تنش تسلیم و ویسکوزیته ی پلاستیک بتن خود تراکم را کاهش می دهد.(Sonebi، ۲۰۰۴)

خاکستر بادی به مقدار کمی تنش تسلیم را کاهش می دهد ولی ویسکوزیته ی پلاستیک خمیر فوق روان کننده را افزایش می دهد.(Park, Noh, Park،۲۰۰۵) همچنین خاکستر بادی می تواند آب انداختگی را کاهش و پایداری را افزایش دهند.اثرات خاکستر بادی بستگی زیادی به جایگزینی سیمان با خاکستر بادی در حجم با وزن مشابه دارد در مقایسه ای بین رده C خاکستر بادی و رده ۴ خاکستر بادی، رده ۴ خاکستر بادی کسب مقاومت اولیه را در محدوده ی بسیار زیادی کاهش می دهد اما برای دوام بتن بهتر است. رده C خاکستر بادی زمان گیرش را نسبت به رده ۴ خاکستر بادی بیشتر به تاخیر می اندازد.همچنین کاهش در مقاومت اولیه برای بتن های خود تراکم با خاکستر بادی می تواند با استفاده از یک تند گیر کننده جبران شود.(در سال ۲۰۰۲ Somerville و Shadle) قابل ذکر است که خاکستر بادی آسیاب شده برای بتن خود تراکم استفاده می شود.دریافته شده است که خاکستر بادی بسیار آسیاب شده(Ultra-pulverized fly ash "UPFA) اثرش روی کار پذیری بتن خود تراکم شبیه یک ویسکوزیته ی معادل می باشد که در آن روانی بدون کاهش ویسکوزیته افزایش پیدا می کند. استفاده از خاکستر بادی آسیاب شده خواص مکانیکی بتن خود تراکم را افزایش داده و جمع شدگی خشک بتن را کاهش می دهد. صورت دیگر استفاده از خاکستر بادی ، استفاده بصورت خاکستر بادی رده بندی شده می باشد که شامل ذرات ریز خاکستر بادی گرفته شده از یک منبع کلی تر(بزرگ تر) خاکستر بادی می باشد. این اندازه کوچک ذرات، واکنش پذیری را افزایش داده و بتن را به سمت افزایش مقاومت فشاری و افزایش دوام بتن هدایت می کند. بر خلاف ذرات کوچکتر دیگر، استفاده از خاکستر بادی رده بندی شده آب لازم و جمع شدگی خشک و همگن بتن را کاهش می دهد.

۶-۸- میکرو سیلیس

میکرو سیلیس در بتن خود تراکم باعث سیالیت بالای بتن شده و دوام بتن را افزایش می دهد و نقش مهمی در چسبندگی و پرکنندگی بتن با عملکرد بالا دارد. میکروسیلیس دارای حدود ۹۰ درصد دی اکسید سیلیس می باشد.

ذکر این نکته ضروری می نماید که استفاده از پرکننده در هر کشوری با توجه به ذخائر همان کشور تعیین می شود، برای مثال در کشورهای اروپایی که هنوز از زغال سنگ به عنوان سوخت کربنی استفاده می شود به کار بردن خاکستر بادی امری بهینه و مفید است، در کشورهایی که به لحاظ صنعت ذوب آهن در مرحله صنعتی قرار دارند ، میتوان از سرباره کارخانجات ذوب آهن استفاده نمود در کشور ما نیز با توجه به در دسترس بودن و همچنین کارآیی آن پرکننده، باید به دنبال ماده ای مناسب و مقرون به صرفه برای جایگزینی فیلرهای مرسوم در صنعت بتن خود تراکم اروپایی باشیم.

دوده سیلیسی (Silica Fume): دوده سیلیسی خواص رئولوژیکی و مکانیکی و شیمائی را بشدت بهبود می بخشد ، هم دوام بتن را بالا میبرد (بویژه در برابر خوردگی میلگرد ها)

نانو سیلیس: محلول نانو سیلیس دی اکسید سیلیس (sio2) است که اندازه ذرات آن در ابعاد نانو متری می باشد. محلول نانو سیلیس متشکل از ذراتی است گلوله ای شکل با قطر کمتر از nm100 یا به صورت ذرات پودر خشک یا به صورت معلق در مایع محلول قابل انتشار می باشد.

نانو سیلیس معلق کاربردهای چند منظوره از خود نشان می دهد مانند:خاصیت ضد سایش،خاصیت ضد لغزش،ضد حریق سرباره آسیاب شده: سرباره ریز آسیاب شده غالباً یک ماده چسباننده هیدرولیکی تلقی می شود که همچنین میتواند خواص رئولوژیکی بتن خودتراکم را بهبود بخشد.

www.SID.ir

Archive

پودر شیشه آسیاب شده : این ماده بعنوان پر کنندهاند آسیاب کردن شیشه های بازیافتی بدست می آید، و ذرات این پودر باید کمتر از ۱/۰ میلیمتر و سطح ویژه آن باید بیش از Cm2/gr۲۵۰۰ باشد.
ذرات بزرگتر ممکن است موجب بروز واکنش قلیانی سیلیسی گردد.
رنگدانه ها : رنگدانه باید برای مصرف در بتن خود تراکم طبق مشخصات EN12878 باشد.

۶-۹- الیاف :

الیاف باید طبق استاندارد و EN باشد. معمولا الیاف مصرفی از نوع فولادی با پلیمری می باشد . الیاف برای افزایش کیفیت بتن بکار می رود . الیاف فولادی معمولا برای بهبود خواص مکانیکی بتن مانند مقاومت خمشی و طاقت یا چقریگی (Toughness) بکار می رود.الیاف پلیمرمکنست برای کاهش جداشدگی و جمع شدگی و جمع شدگی خمیری با افزایش مقاومت در برابر آتش سوزی بکار میرود ، سهولت اختلاط و جایدشی طبق روش مورد نظر باید با آزمایش کارگاهی مورد بررسی و تأئید نظارت قرار گیرد زیرا ممکن است در این رابطه مشکلاتی را بوجود آورد (بویژه درمورد الیاف فولادی این امر از اهمیت برخوردار میباشد).

۶-۱۰- مواد افزودنی :

موادی هستند که به منظور ایجاد و یا بهبود خواص مشخصی به بتن تازه و یا سخت شده در حین ساخت بتن به آن افزوده می‌شوند. استفاده از فوق روان کننده ها برای تولید بتن خود تراکم به منظور ایجاد کارآیی مناسب، ضروری می باشد. از انواع دیگر مواد افزودنی میتوان به عامل اصلاح لزجت (V.M.A) به منظور اصلاح لزجت، مواد افزودنی حباب زا(A.E.A) به منظور بهبود مقاومت در برابر یخ زدگی و آب شدن، کندگیر کننده ها به منظور کنترل گیرش و ... اشاره نمود.
استفاده از VMA در حضور پودرها امکان جدا شدگی دانه بندی را کاهش داده و مخلوط را یکنواخت تر می کند ولی در استفاده از آن باید به اثرات آنها بر روی عملکرد بلند مدت بتن توجه داشت.
استفاده از فوق روان کننده ها می تواند تا حدود۲۰٪ مصرف آب را کاهش دهند.
افزودنیهای مصرفی باید منطبق بر EN934 -۲:۲۰۰۰ شامل پیوست A باشد . فوق روان کننده ها(روان کننده های ممتاز) جزو ضروری بتن خود تراکم است تا کار آرائی لازم ایجاد گردد . انواع دیگر افزودنی ممکن است بکار رود مثلا مانند مواد اصلاح کننده لزجت (Viscosity modifying Agent(vma برای ایجاد پایداری و عدم جداشدگی یا ماده حبابزا (Air Entraining Agent (AEAبرای بهبود مقاومت در برابر یخبندان و آبشدگی و کندگیر کننده برای ایجاد تأخیر در گیرش و غیره .
VMAدر EN934 دارای مشخصات نیست اما باید منطبق بر الزامات کی مندرج در جدول ۱ این استاندار باشد عملکرد این ماده باید توسط تولید کننده و یا فروشنده مشخص گردد و منطبق بر آن باشد.

۶-۱۱- آب مخلوط:

مطابق استاندارد بتن های معمولی به کار می رود.

۷- محدوده کاربرد :

بتن خود تراکم می تواند در قطعات پیش ساخته یا در جا بکار رود. این بتن میتواند بصورت بتنآماده یا ساخته شده در کارگاه باشد و بتن آماده بوسیله تراک میکسر در کارگاه تحویل میگردد.این بتن میتواند به کمک پمپ یا وسیله دیگر در سازههای افقی و قائم بکار رود. در طراحی مخلوط ،اندازه و شکل سازه ، اندازه و تراکم و انبوهی میلگردها و پوشش بتنی روی آن باید در نظر گرفته شود. همه اینها برروی طرح اختلاط بتن خود تراکم و مشخصات خاص آن اثر میگذارد . بخاطر

www.SID.ir

Archive

خصوصیات روانی و جریان بتن خود تراکم نمیتوان آنرا با سقوط آزاد در قالب ریخت مگر اینکه از طریق یک لوله ریخته شود . بتن خود تراکم این امکان را فراهم نموده است تا سازههای بتنی را با کیفیتی ایجاد نمائیم که امکان تولید آن با بتن معمولی وجود نداشته است.

۸- مزایا و معایب بتن خود متراکم

از مهمترین مزایای بتن خود متراکم عبارتند از:

- کاهش نیروی انسانی
- افزایش سرعت ساخت سازه ها
- قابلیت جاری شدن از میان میلگردها و اطمینان از تراکم مناسب و کامل
- قرار گرفتن راحت تر در قالب
- سطح تمام شده بهتر بخصوص در بتن های نمایان
- اجرای سریع تر بخصوص در ستون ها و دیوارها
- آزادی عمل بیشتر در طراحی مقاطع سازهای
- کاهش آلودگی صوتی در کارگاه به دلیل عدم استفاده از ویبراتور[۹]
- در کنار مزایای گفته شده، بتن خود متراکم دارای محدودیت ها و ضعف های مشخصی است که از جمله آنها می توان به موارد زیر اشاره کرد:
- افزایش ریسک و عدم قطعیت به دلیل تغییر ماهیت مواد جدید مانند نسل جدید فوق روان کننده، ماده
- اصلاح کننده ویسکوزیته و پودر سنگ و احتمال تغییرات عمده در خواص بتن تازه و سخت شده به دلیل
- تغییرات جزئی در نوع و مقدار مواد مصرفی
- نیاز به منابع انسانی ماهر و متخصص در هنگام انتخاب مصالح، طرح اختلاط و انجام دادن آزمایش ها
- افزایش هزینه قالب به دلیل افزایش احتمالی فشار بر روی قالب و نیاز به درزبندی مناسب تر
- کاهش مقاومت در برابر آتش سوزی: بتن خود متراکم به دلیل استفاده از مقدار بیشتر مواد پرکننده نسبت به بتن سنتی، مقاومت کمتری در برابر موارد آتش سوزی از خود نشان می دهد [۵]
- مقاومت کمتر در مقابل سولفات ها: بتن خود متراکم در صورت استفاده از مقدار پودر سنگ به عنوان پر کننده، مقاومت کمتری نسبت به بتن های معمولی در برابر سولفاتها از خود نشان خواهد داد [۲]
- مشکلات ساخت بتن خود متراکم: ساخت بتن خود تراکم در مقایسه با بتن معمولی نیاز به دقت و مهارت بیشتری دارد. لذا در صورت عدم نظارت دقیق در ساخت این بتن، مشکلاتی را به همراه خواهد داشت و بتن به کیفیت مطلوب نخواهد رسید.

۹- نتیجه گیری

چنانچه به طرح اختلاطی معقول و متد های مناسب آزمایش پذیرش در محل کارگاه ها دست یافتیم و هر دو به وسعت زیاد برای بتن خود تراکم برپا گردند، موانع اصلی مطرح شده برای گسترش مصرف بتن خود تراکم برداشته می شود. تلاش اصلی ، برای ورود بتن خود تراکم به فناوری بتن آماده و بتن پیش ساخته است. هرچند سهم بتن خود تراکم نسبت به این فناوری بسیار کم میباشد.(برای مثال ۱ درصد از کل بتن آماده و بتن پیش ساخته در ژاپن ، ۳ درصد در سوئد در سال ۲۰۰۰و ۶ درصد در سال ۲۰۰۱ در همین کشور و ۶ درصد در آلمان و هلند) اما با توجه به علاقه صنعتگران ساختمان و تولید کنندگان

www.SID.ir

Archive

به این بتن ، نرخ تقاضا برای آن در سالهای آینده افزایش چشمگیری خواهد داشت. با توجه به وجود منابع مناسب و در دسترس در ایران بهتر آن است که با بهره گیری از نتایج آزمایشات انجام شده روی این بتن ذخایر داخلی را نظیر پودر سنگ ، تفاله کارخانه جات آهن گدازی (سرباره آهن) و خاکستر پوسته برنج ، به ورطه آزمایش کشانده و در جهت پیشبرد فناوری مصالح ساختمانی و صنعت سازه ای کشور همگام با فناوری روز دنیا به بهره گیری و ساخت بتن خود تراکم در داخل کشور بپردازیم. آنگاه که بتن خود تراکم به گستردگی بتن نرمال و به عنوان یک بتن استاندارد مورد استفاده قرار میگیرد ، ما موفق به خلق بتنی پایدار و قابل اطمینان شده ایم.

مراجع

۱. احمدی راد، میر احمد، دانشگاه گیلان، بررسی و مقایسه پتانسیل خوردگی آرماتورهای مدفون در بتن های خود تراکم حاوی پودر سنگ آهک، خاکستر پوسته شلتوک برنج و دوده سیلیس، ۱۳۸۵.

۲. رمضانیانپور، ع.، س.، فراز، ، م.، رئیس الواعظین، ، و ج.، وفا، ۱۳۸۸. "کاربرد بتن خودمتراکم در برج نمادین میلاد". " دومین کارگاه تخصصی بتن خودمتراکم، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

۳. فلاح, جواد, موسی نجفی اناری, محمود اللهیاری, محمد کرمی مقدم, و محمد حسین خزعلی، ۱۳۹۲. کاربرد بتن خود تراکم در پروژه بزرگراه طبقاتی شهید صدر و بررسی روشهای کنترل کیفیت و دوام." پنجمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران – تهران.

۴. مجموعه استانداردها و آیین نامه های ساختمانی ایران، دستورالعمل و مشخصات فنی بتن خود متراکم، نشریه ص۷۰۶، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳.

۵. مهدوی عادلی, مهدی و علی موسوی رحیمی، ۱۳۹۴. "بررسی اجرا ، عملکرد و توجیه اقتصادی سازه های بتن خودمتراکم در مقایسه با بتن معمولی. " چهارمین کنفرانس ملی مصالح و سازه های نوین در مهندسی عمران، یاسوج ، ایران .

۶. مؤذن، احمدرضا، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، بررسی رفتار برشی تیرهای خود تحکیم حاوی الیاف فولادی، ۱۳۸۴.

7. Nagataki,, S.,, T., Kawai,, and H., Fujiwara, . 2010. ""State of the Art Report on SCC in Japan",." 6th International RILEM Symposium on self Compacting Concrete, Montreal, Canada.
8. Okamura , H,, and M Ouchi. 1999. "Self-compacting concrete Development, present use and future,." First International RILEM symposium on self-compacting concrete, Rilem Publications, Stockholm, 3-14.,
9. Okamura H, et al, Mix design for self-compacting concrete, concrete library of JSCE,25, 1995,107-1205.Okamura H, et al, Self-compacting concrete. Journal of advanceconcrete technology, 28,2006,197-208.
10. Okamura H, Self-compacting concrete high-performance concrete, concrete International, 1997.
11. Yadegaran I, et al. Effect of polypropylene fibers on shrinkage of self- compacting concrete,conference:Scc,Ghent, 2007.

www.SID.ir