

بتن خود تراکم و ویژگی های آن

محسن علی حمزه (دانشجوی کارشناسی عمران دانشگاه امام حسین (ع))¹
مصطفی شمشیری (دانشجوی کارشناسی عمران دانشگاه امام حسین (ع))²

۱- چکیده

بتن خود متراکم (SCC) بتنی است با روانی و کارایی بسیار بالا که تحت اثر وزن خود و بدون صرف هیچ گونه انرژی تراکم می شود. این بتن به راحتی در اعضای سازه ای جای گرفته و در مواردی که وایبره کردن در آن محل کار دشواری است با استفاده از این بتن در کار بسیار تسهیل حاصل می شود. علیرغم چندین سال استفاده از این نوع بتن در کشورهای بسیار پیشرفته لیکن در ایران کاربرد چندانی ندارد و کمتر به آن توجه شده است. در این مقاله در ابتدا به معرفی بتن خودتراکم پرداخته و مزایای استفاده از این نوع بتن و بکارگیری روان کننده ها در بتن خودتراکم و طرح مخلوط این بتن مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان به ذکر مشکلات موجود در بکارگیری از بتن خودتراکم در ایران پرداخته شده است.

کلید واژگان: بتن خود متراکم (SCC)، افزودنی، فوق روان کننده، روانی، سنگدانه، پرکننده

۲- مقدمه

بتن خود متراکم بتنی است که به خودی خود و بدون صرف هیچگونه انرژی خارجی و تحت اثر وزن خود متراکم می شود. این بتن با روانی و کارایی بسیار بالا به راحتی در لایه لای سازه قرار می گیرد در واقع نیازی به وایبره کردن ندارد. از مزایای این بتن حداقل تفاوت بین بتن آزمایشگاهی و کارگاهی را می توان ذکر کرد. لازم به ذکر است بتن خود تراکم (SCC) با بتنهایی که در گذشت با روانی بالا کاربرد داشتند تفاوت اساسی دارد چرا که در گذشته با بالا بردن نسبت آب به سیمان این امر میسر می شده که مضرات زیادی برای بتن دارد که در ادامه اشاره می گردد لیکن در طرح مخلوط بتن خود تراکم میزان آب به سیمان حذف گردیده و با استفاده از مواد افزودنی دیگر به بتن با روانی بالا رسیده ایم.

۳- آشنایی با بتن خود تراکم

همانطور که به اختصار در مقدمه ذکر شده بتن خود تراکم، بتنی است که با حفظ نسبت آب به سیمان و اضافه کردن افزودنی هایی مانند میکروسیلیس، خاکستر بادی، انواع فوق روان کننده ها و تغییراتی در دانه بندی به این بتن دست می یابیم.

1 M_a_hamzeh@yahoo.com

2 Msh_civil@yahoo.com

لازم به ذکر است که نسبت آب به سیمان در مقاومت و دوام بتن رابطه معکوس دارد هرچه، نسبت آب به سیمان کمتر باشد مقاومت و دوام بتن بیشتر خواهد شد. این بتن به راحتی توانایی پرکردن شبکه‌هایی با آرماتوربندی پیچیده را داراست و حتی در جاهایی که دسترسی به آنها دشوار است به راحتی عبور می‌کند.

۴- مزایای استفاده از بتن خودمتراکم

مهمترین مزایای بتن SCC عبارتند از:

- ۱- کاهش دوره ساخت سازه بتن.
- ۲- اطمینان از تراکم بخصوص در مقاطعی که کاربرد لرزاننده دشوار است.
- دیگر مزایای استفاده از بتن SCC عبارتند از:
 - ۱- پوشش سطحی بتن بهتر
 - ۲- جایگیری راحت
 - ۳- دوام بهتر
 - ۴- قدرت آزادی بیشتر در طراحی سازمان
 - ۵- ساخت بخش‌های نازک‌تر به وسیله بتن
 - ۶- کاهش الودگی صدا ناشی از ویبره
 - ۷- صرف انرژی کمتر
 - ۸- محیط کار امن‌تر
 - ۹- کاهش نیروی انسانی در نتیجه کاهش هزینه

طبق تحقیقات انجام شده در سوئد حدود ۵۰ درصد هزینه بتن‌ریزی به صورت معمولی، هزینه مربوط به نیروی انسانی است، لذا با استفاده از بتن SCC علیرغم این که به کاربردن هزینه مصالح جهت ساخت بتن افزایش می‌یابد اما در هزینه‌های نیروی انسانی کاهش بسزایی را داریم. در واقع از نیروی انسانی متخصص کارآمد ولی در میزان کمتر در این نحوه بتن‌ریزی نیاز می‌باشد صرفه‌جویی در هزینه نیروی انسانی بیشتر از هزینه‌های خرید مصالح می‌باشد.

۵- خصوصیات بتن SCC

- قابلیت پراکندگی (filling ability): یکی از ویژگیهای بتن SCC پرکردن و جای گرفتن آسان در لابه لای آرماتوربندی سازه به وسیله وزن خود است.
- قابلیت گذردهی (passing ability): یکی از ویژگیهای بتن SCC قابلیت گذردهی است یعنی؛ در بین تنگناها مانند فضای بین در آرماتور بدون جداسازی و گرفتگی به راحتی عبور می‌کند.
- پایداری (stability): خاصیت پایداری و حفظ همگن در طول حمل و نقل و بتن‌ریزی را گویند.
- کارایی (workability): منظور جایگیری به طور آسان در مکان مورد نظر و متراکم شدن تحت وزن خود

۶- مواد تشکیل دهنده بتن خودمتراکم

۱-۶- افزودنی‌ها

پتانسیل کاهش هزینه‌های سیمان و به طور کلی کاهش هزینه‌های نیروی انسانی و انرژی جهت تولید بتن عامل اصلی حمایت در تولید و توسعه افزودنی‌هاست.

۲-۶- فوق روانکننده ها

در تولید بتن بدون انرژي ترکیبی از افزودنی‌های فوق‌روان‌کننده که دارای خاصیت جانبی افزایش مقاومت زودرس و افزایش دوام می‌باشد. مصرف افزودنی‌های شیمیایی فوق‌روان‌کننده بر پایه پلی‌کربوکسیلیک اتو (PCE) و افزودنی اصلاح‌کننده قوام (نوبت، VWA) جهت تولید بتن خودمتراکم به کار می‌رود. از آنجایی که ساخت افزودنی‌های شیمیایی بر مبنای PCE جهت کاربردهای خاص و مختلف بسیار مناسب می‌باشد، توسعه افزودنی نوین با خاصیت مقاومدهی زودرس برای مخلوطهای بتن خودمتراکم را امکان‌پذیر نموده است.

فوق‌روان‌کننده‌های VMA (میزان درجه ویسکوزیته) در همگن و عدم جداسازی نقش مهمی ایفا می‌کند.

فوق‌روان‌کننده‌های هوازا (AEA) برای بهبود در مقابل سیلک‌های ذوب یخ و کارایی دیرگیرکننده و برای کنترل گیرندگی و ...

فوق‌روان‌کننده‌های MRWR (روان‌کننده‌هایی که کاهش آب در میزان متوسط را دارا هستند).

و قابلیت‌هایی جانبی به بتن می‌دهند نظیر:

۱- قابلیت پرداخت افزایش می‌دهد (Flatwork)

۲- قابلیت پمپاژ

۳- استقرار بدون ویبره

ویژگیهای افزودنیهای MRWR ویژگیهای گیرایی کنترل شده، کارایی عالی، کارپذیری، قابلیت پمپاژ، پرداخت افزایش یافته، مقاوم‌دهی لولیه و نهایی افزایش یافته، حفظ یکپارچگی و ... می‌باشد.

لازم به ذکر است نقش روانکننده‌ها در طرح اختلاط آن است که باعث جدایی دانه‌های سیمان از یکدیگر می‌شوند که سبب می‌شود دانه‌های سیمان به صورت گسترده در بتن در حال میکس پخش شوند و روان‌کننده‌ها از این طریق باعث کم کردن نسبت آب به سیمان شده نه آن که اصطکاک بین سنگ دانه‌ها با هم می‌شوند، فوق‌روانکننده‌ها اگر از میزان ماکسیمم بیشتر استفاده شوند باعث می‌شود چسبندگی در بتن از بین برود و باعث عدم گیرایی می‌شوند.

۳-۶ پودرسنگ

پودرسنگ آهک، دولمیت، گرانیت خردشده ریز که میزان اندازه آنها ریزتر از اندازه ماسه‌ها $D < 0.125$ می‌باشد و در قسمت پراکنده‌ها قرار گرفته و فواید زیادی از جمله پرکردن منافذ خالی و در دوام و مقاومت ایفا می‌شود در بتن خود متراکم نقش اساسی ایفا می‌کنند.

پودرسنگ دولومیت دوام بتن را در مقابل واکنش‌های قلیایی کربنات‌ها افزایش می‌دهد.

۴-۶ خاکستر بادی

ماده‌ای است غیرآلی با خصوصیات پوزولانی که تأثیر زیادی در بهبود خواص بتن همانند پایداری را داراست.

۵-۶ میکروسیلیس

میکروسیلیس در بتن SCC باعث سیالیت بالای بتن شده و دوام بتن را نیز افزایش می‌دهد و نقش‌های مهمی در چسبندگی و پراکندگی در توسعه بتن با عملکرد بالا دارد میکروسیلیس دارای حدود ۹۰ درصد دی‌اکسید سیلیس می‌باشد.

۶-۶ نانوسیلیس

محلول نانوسیلیس دی‌اکسید سیلیس (SiO_2) است که اندازه ذرات آن در ابعاد نانومتری می‌باشد.

محلول نانوسیلیس متشکل از ذراتی است گلوله‌ای متشکل که با قطر کمتر از 100nm یا به صورت ذرات خشک پودر یا به صورت معلق در مایع محلول قابل انتشار می‌باشد.

محصول نانوسیلیس یکی از محصولات شیمیایی جدید می‌باشد. نانو سیلیس معلق کاربردهایی چندمنظوره از خود نشان میدهد. مانند: خاصیت ضد سایش، خاصیت ضد لغزش، ضد حریق، ضد انعکاس سطوح اجزاء شکل.

آزمایشاتی در زمینه تفاوت میکروسیلیس و نانوسیلیس صورت گرفته است. که واکنش محلول سیلیس با هیدروکسید کلسیم در مقایسه با میکروسیلیکا بسیار سریع‌تر انجام گرفته و مقدار بسیار کم این مواد همان تأثیر پوزولانی مقدار بسیاری میکروسیلیکا را در سنین اولیه دارا می‌باشد. این خاصیت ماده به دلیل ریز بودن ذرات محلول نانوسیلیس معلق می‌باشد.

گروت نانوسیلیکا در مقایسه با میکروسیلیکا هیچ جداشدگی و آب اندازی از خود نشان نمی‌دهد.

۷_ سنگدانه‌ها

ماسه تمامی ماسه‌هایی که در بتن معمولی استفاده می‌شود در بتن خود متراکم هم کاربرد دارد. کمترین اندازه سنگدانه ها $0/125\text{mm}$ می‌باشد و ریزتر از این مقدار را به عنوان پودر استفاده می‌شود که در روانی بتن خود متراکم بسیار مهم است و کاربرد فراوانی دارد.

اندازه ماکزیمم معمول سنگدانه‌ها در بتن SCC بین $20-16\text{mm}$ می‌باشد. اگرچه اجزایی که تا 40mm نیز می‌باشد در بتن SCC استفاده شده‌اند (میزان درجه غلظت در این قسمت بسیار مهم است) درباره خصوصیت انواع سنگدانه‌ها، سنگدانه‌های گوشه‌دار باعث بهبود مقاومت می‌شوند، زیرا قسمت‌های گوشه‌دار با هم اتصال برقرار می‌کنند.

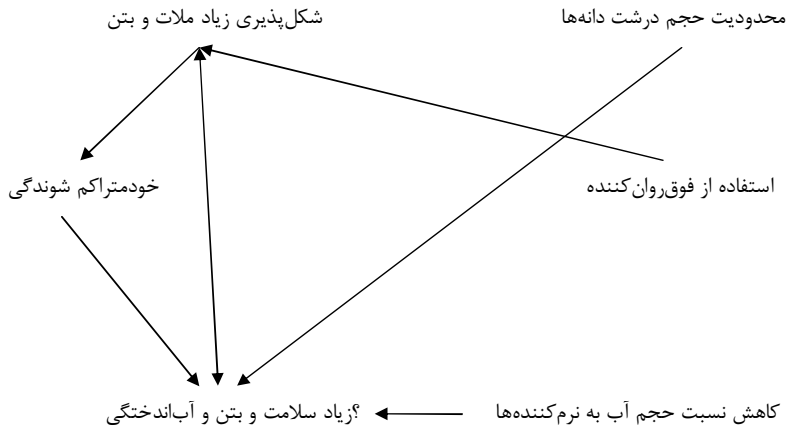
سنگدانه‌های گرد گوشه روانی بتن را بهبود می‌بخشد زیرا اصطکاک درونی کاهش می‌یابد، فاصله درجه‌بندی بین سنگدانه‌ها غالباً بهتر از درجه‌بندی پیوسته در سنگدانه‌ها است. زیرا تجربه نشان داده است که این عمل باعث افزایش اصطکاک درونی و تقلیل افتادگی می‌شود.

معمولاً قطر سنگدانه‌های درشت ($D > 4\text{mm}$) می‌شود وقتی درصد حجم سنگدانه‌های درشت، زیادتر از حد می‌شود برخورد بین سنگدانه‌ها و اجزای تشکیل دهنده بیشتر می‌شود و ریسک در بلوکه شدن بیشتر می‌شود در واقع هنگامی که بین فضاها عبور می‌کند.

باید ماکزیمم اندازه سنگدانه کاهش داده، افزایش نسبت سنگدانه‌های درشت میزان سنگدانه‌های گرد گوشه را نسبت به سنگدانه‌های گوشه‌دار بیشتر استفاده کرد. ماسه بین $0/162\text{mm}$ تا 4mm می‌باشد.

۸_ نکاتی در مورد طرح اختلاط بتن خودمتراکم

از آنجایی که خصوصیات بتن‌های دارای فوق روان‌کننده‌ها بستگی زیادی نسبت به آب و سیمان دارد و طرح اختلاط دارد طرح اختلاط این بتن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. باید در استفاده از فوق روان‌کننده‌ها و نسبت استفاده آنها دقت زیادی نمود این مواد می‌توانند تأثیر زیادی روی چسبندگی مخلوط داشته باشد و به خصوص در مواردی که از روان‌کننده‌ها هم تعداد زیادی استفاده می‌شود. طرح اختلاط بتن خودمتراکم از همان طرح اختلاط بتن معمولی خبر داده است که شامل سیمان سنگدانه‌ها، آب، مواد افزودنی و مواد مضاف می‌باشد. البته مقدار زیادی فوق روان‌کننده برای کاهش ضریب مایع بتن (Liquid Limit) و کارایی بهتر آن، مقدار زیادی پرکننده (Filler) به عنوان عامل روغن کاری برای درشت‌دانه‌ها و استفاده از عامل نرم‌کننده (VMA) برای زیاد کردن فرصت بتن را نیز باید به حساب آورد خواص بتن تازه و سخت شده بتن خودمتراکم بستگی زیادی به طرح اختلاط آن دارد. شکل ۱ اصولی را که بتن خودمتراکم به آن استوار است را نشان می‌دهد.



در صورتی که یک طرح اختلاط معمولی استفاده می‌کنیم باید تعداد ماسه را به میزان ۵ درصد اضافه کنیم. اگر در کل مخلوط ماسه کم باشد، روش زیر توصیه می‌شود:

در صورتی که حداکثر اندازه سنگدانه‌ها ۲۰ میلیمتر و کمتر باشد، ۴۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب مواد نرم و سیمان و ماسه ریزتر از تک شماره ۳۰۰ لازم است.

- برای مخلوطی با عیار ۲۷۰ سیمان و یا بیشتر از ۲۴ تا ۳۵ درصد ماسه درشت‌تر از الک شماره ۱۵ میلیمتر است به کل سنگدانه‌ها استفاده شود.

- برای مخلوطی با عیار کمتر از ۲۷۰ کیلوگرم سیمان، باید درصد ماسه رد شده از الک ۱،۱۸ میلیمتر بیش از ۳۵ درصد باشد چنانچه منظور ماسه بهینه نباشد، جدا شدن سنگدانه‌ها و یا آب افتادگی اتفاق می‌افتد.

در مناطقی که ماسه تمیز (عاری از ذرات ریز) وجود دارد جایگزین کردن تعدادی پوزلانا و پرکننده‌ها می‌تواند خصوصیات روانی بتن را بهبود بخشد.

۸-۱_ طرح اختلاط پیشنهادی اکامورا

روال طرح اختلاط اکامورا بر روی سه موضوع تکیه می‌کند:

- کاهش محتوی سنگدانه درشت به جهت کاهش اصطکاک، زیادی چسبندگی بین آنها، افزایش سیالیت کلی بتن.
- ترتیب دادن ویسکوزیته خمیر به ترتیبی که موجب کاهش ریسک بلوکه شدن سنگدانه در هنگام ریختن بتن در میان موانع گردد.
- به دلیل این که بتن معمولی با استفاده از انرژی خارجی ریخته می‌شود. احتیاجی به خواص روانه‌شناسی خاصی نمی‌باشد در حقیقت شدت انرژی به کار رفته در بتن خود متراکم تراکم مطابق با جریان نمودن خاصیت پلاستیک و بیره کردن می‌باشد.

۹- مشکلات استفاده از بتن خود متراکم

۱- بروز نبودن دانش عمرانی کشور که باعث استفاده نشدن این بتن در پروژه های کلان کشور شده است.

۲- در دسترس نبودن افزودنی های خاص بتن SCC که باعث شده قیمت این نوع افزودنی ها بالا رفته و پیمان کاران به علت مسائل اقتصادی به طرف این نوع بتن نمی روند.
امید است اساتید دانشگاهی ما با اهمیت دادن به این موضوع و انتقال این علم به دانشجویان که همان مهندسين فردای جامعه می باشند سنگ بزرگ نا آشنایی با این صحت را از میان بردارند.

۱۰- نتیجه گیری

با توجه به مزایای استفاده از بتن خود متراکم و صرفه جویی در وقت و هزینه ها امید میرود استفاده از این نوع بتن در ایران فراگیر شود.

۱۱- منابع و ماخذ:

- ۱- کاکاوند، الاهی، بتن خود تراز
 - ۲- احمدوند، مجتبی، تازه های افزودنی بتن
 - ۳- کوچکعلی، امیر عباس، بتن خود متراکم
 - ۴- کوچکعلی _صدارت، بتن خود متراکم و کاربرد نانو ذرات سیلیس
- 5-brian poulson , EFNARC Specification and guidelines for Self-compactong Concrete