معرفی بتن خود متراکم در صنعت سبک سازی

دکتر حمید رضا وثوقی فر

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

مهندس رضا عبدالهی

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

دکتر محمد رضا عدل پرور

عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران ورئیس دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه قم

دکتر آرش رزم خواه

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

چکیده:

بتن خود متراکم یکی از آخرین دستاوردهای تکنولوژی بتن است.مهمترین ویژگی این بتن آن است که نیاز به تراکم نداشته و تحت وزن خود و در قالب قرار می گیرد .واضح است که این ویژگی مهم کاربرد های فراوانی رابرای این بتن ممکن می سازدکه تاکنون برای بسیاری ازمهندسان ناشناخته ودست نیافتنی می سازد.یکی از مهم ترین مشکلاتی که در استفاده عملی از بتن خود متراکم وجود دارد آن است که به دلیل جدید بودن این تکنولوژی،هنوز شناخت دقیقی ازآن وجود ندارد و استانداردهای آن در حال تکوین می باشند.از بتن خود متراکم می توان در صنعت سبک سازی ساختمان- که به نوبه خود جزو صنایع جدید ساخت و ساز در کشور ما محسوب می شود – استفاده نمود . از این رو در این مقاله کلیه آزمایش های بتن خود متراکم جمع آوری ومورد بررسی قرار گرفته است.

مقدمه:

امروزه بتن به عنوان یک مصالح ساختمانی شناخته شده در سطح جهان کاربرد بسیاری در پروژه‌های عمرانی دارد.بتن دارای تنوع و دامنه خواص وسیعی است . به این معناکه با یک طرح اختلاط مناسب می‌توان بتن هایی با مقاومت از kg/cm2100 تا بیش از kg/cm2 2000 را اجرا نمود.وزن مخصوص بتن رامی‌توان از حدود kg/cm3 500 تا بیش ازkg/cm3 2500تغییرداد.به همین ترتیب سایرخواص بتن دارای دامنه تغییرات وسیعی هستندکه کاربرد بتن رادرهر پروژه و تحت هرشرایط فیزیکی و شیمیایی امکان پذیر می‌سازد. این مسئله باعث می‌گرددکه بتن کاربردی روزافزون درانواع سازه‌ها و روشهای گوناگون اجراداشته باشد. امروزه ابداع مواد افزودنی جدیدواصلاح مواد افزودنی قدیمی باعث شده است که این تنوع درخواص روزبه روز افزایش یابد،نقاط قوت بتن افزایش ونقاط ضعف آن کاهش یابند.یکی ازنقاط ضعف بتن های عادی آن است که این بتن ها دارای سیالیت زیاد نیستند.کمبود سیالیت باعث می‌شود که بتن درمناطق محدود و مناطقی که دارای تراکم آرماتور باشند به خوبی نفوذ نکرده و بتن پوک یا کرمو اجرا شود. در حدود سال 1988 در ژاپن برای اولین بار بتنی بوجود آمد که این نقیصه به طور کلی درآن از بین رفته است [4].این بتن که دارای سیالیت فوق‌العاده بالا است را بتن خود متراکم شونده(SCC) یاSelf Compacting Concrete نامیدند .نسل اول این بتن دارای طرح اختلاطی مشابه بتنهای عادی است با این تفاوت که در آن مواد افزودنی مخصوص برای روان کردن بتن استفاده می‌شود [1]. بنابراین طرح اختلاط این بتن شامل

سیمان،سنگدانه،آب،موادافزودنی ومومادمضاف است.از این بتن در ابتدا برای مرمت سازه‌های بتنی و بتن‌ریزی در مناطق محدود استفاده می‌شد.از آنجایی که هزینه زیاد استفاده از مواد افزودنی باعث گران شدن این بتن می‌شود در نسل دوم بتنهای خود متراکم سعی شده است که با اعمال اصلاحات و جایگزین نمودن برخی مصالح هزینه ساخت بتن خودمتراکم شونده درحدامکان کاهش یابد تااستفاده از آن برای طیف وسیع‌تری از سازه‌ها امکان پذیر گردد . در سال 1997 بتن خود متراکم شونده تنها 0/1در صد تولید کشور ژاپن را تشکیل می‌داد.این رقم با سرعت زیاد در حال افزایش است [4] . از SCC تا کنون در صنعت پیش ساخته ، کاربردهای تجاری وبرخی سازه‌های خاص استفاده شده است،ولی هزینه بالا هنوز روند استفاده وسیع ازآن را بخصوص در سازه‌های مسکونی کند می‌کند . قیمت زیاد این بتن بدلیل نیازآن به موادافزودنی HRWR (High Range Water Reducing) ، VEA(Admixture Viscosity - Enhancing) یا (VMA Viscosity – Modifying Admixture)است [3]. از SCC در کارهای مربوط به مرمت ، که انتظار می‌رود بتن نواحی به شدت محدود را پر کند نیز استفاده می‌شود . در این حالت برای تسهیل در عبور بتن از فضاهای بسته بدون آنکه این فضاها مسدود شوند و اطمینان از پر شدن قالب بدون به وجود آمدن تحکیم ،از مواد چسباننده استفاده میشود. مقدار مواد چسباننده لازم برای مرمت حدود 525 kg/m3 تا 450 است [1]. چنین بتنی نیاز به سنگدانه زیاد ندارد علاوه بر این استفاده از مقادیر زیاد مصالح پودری بسیار ریز در بهبود چسبندگی و افزایش حجم خمیر در ساخت موفق SCC که مخصوص مرمت تولید می‌شود لازم است .

روشهای آزمایش بتن خود متراکم (SCC)

آزمایشهای بتن خود متراکم شونده با آزمایشهای بتن عادی متفاوت می باشند. تفاوت عمده این آرمایشها مربوط به حالت تر بتن است . برای تعیین ویژگیهای بتن خود متراکم شونده آزمایشهای زیر ارائه شده‌اند .

- آزمایش جریان اسلامپ (Slump Flow Test)

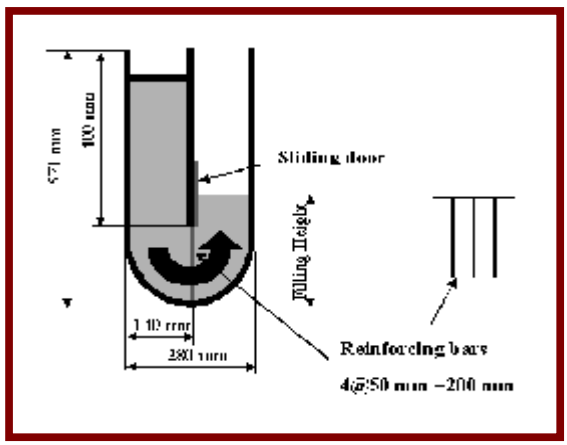
این آزمایش توسط انجمن مهندسان عمران ژاپن(JSCE) پیشنهاد [4] و توسط آیین نامه ASTM C143-90 نیز مورد تاکید قرار گرفته است .این آزمایش برای سنجش میزان تغییر شکل پذیری بتن تحت اثر وزن خود و میزان غلبه بر اصطکاک داخلی بکار می‌رود.این آزمایش تحت عنوان آزمایش ” تغییر شکل پذیری” یا " Deformability "نیز شناخته میشود.برای انجام این آزمایش از همان مخروط اسلامپ که برای بتن معمولی کاربرد دارد،استفاده می‌شود. با این تفاوت که بعد از برداشتن مخروط،مقداراسلامپ برابر است بامتوسط قطربتن پخش شده درطی دوبار تکرار آزمایش (شکل 1و2).جمعی از محققان معتقدند که برای سنجش بهتر اسلامپ در بتن خود متراکم باید مطابق شکل(1)از تعدادی میله در اطراف مخروط اسلامپ استفاده شود.

شکل1- وسایل آزمایش جریان اسلامپ

شکل 2- بتن پس از برداشتن مخروط در آزمایش

- آزمایش تعیین قابلیت خود متراکم شوندگی (Self Compactability)

برای انجام این آزمایش ازیک لوله U شکل مطابق شکل (3)استفاده می‌شود.ابتدابتن دریک لولهU شکل که در وسط آن یک دریچه واقع شده است ریخته می‌شود. پس از آنکه ارتفاع بتن در لوله به 680 میلی متر رسید ، دریچه باز می‌شود و بتن درطرف دیگرلوله U شکل بالا می‌رود . اگر ارتفاع بتن در طرف دوم لوله بیش از 300 میلی متراباشد ، بتن خود متراکم شونده محسوب می‌گردد . از این آزمایش برای سنجش میزان خود متراکم شوندگی استفاده می‌شود.این آزمایش توسط گروه مهندسان تایسای(Taisei)پیشنهاد شده است [4]و به آن آزمایش" لولهU شکل" نیز اطلاق می شود.



شکل 3- شمای دستگاه تعیین قابلیت خود متراکم شوندگی

- آزمایش لزجت (Viscosity)

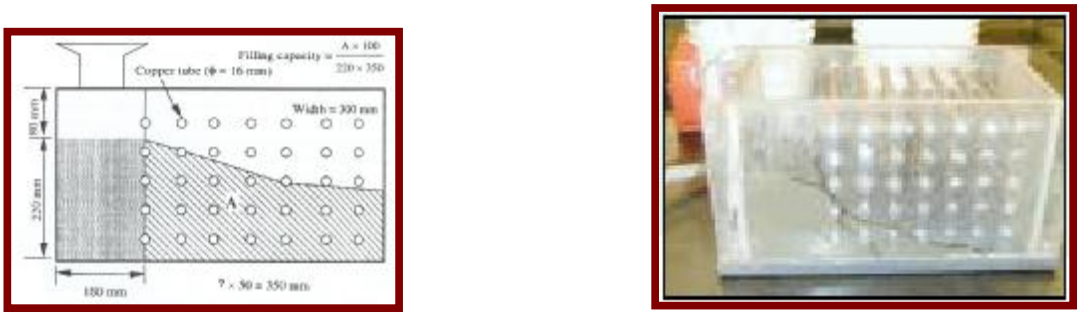
از این آزمایش برای تعیین لزجت بتن ،سنجش توانایی تغییرمسیردرذرات سنگدانه وملات وهمچنین توانایی پخش شدن آنها در مناطق محدود بدون جداشدگی سنگدانه ها،استفاده می‌شود.درشکل (4) ابزار و نحوه انجام آزمایش نمایش داده شه است. همانطور که در شکل مشخص است،در این آزمایش از یک قیف Vشکل که بسیار شبیه قیف مارشال است ،استفاده می شود. پس از پر نمودن قیف از بتن ، در یچه زیر قیف باز می‌شود. در پایان زمان لازم برای خروج بتن اندازه‌گیری می‌شود .

شکل 4- ابزار آزمایش لزجت (V- funnel)

- آزمایش ظرفیت پرکنندگی (Filling Capacity)

دراین آزمایش ازیک جعبه شفاف به ابعاد300×500×300میلی تراستفاده می‌شود.درون این جعبه تعدادی میله مسی به قطر 16 میلی متربه فاصله 50 میلی مترمطابق شکل (5) تعبیه شده است .بتن از طریق قیف در جعبه ریخته می‌شود تا ارتفاع بتن به 220میلی متر برسد.هنگامی که جریان بتن ازورودی قطع شود،مساحت ناحیه‌ای که بتن درداخل میله‌هاعبورنموده است(A)،اندازه‌گیری می‌شود.سپس بااستفاده ازرابطه(1)،مقدارظرفیت پرکنندگی محاسبه می‌گردد.این آزمایش به نام آزمایش قابلیت پرکنندگی(Filling Ability) نیزخوانده می شود .

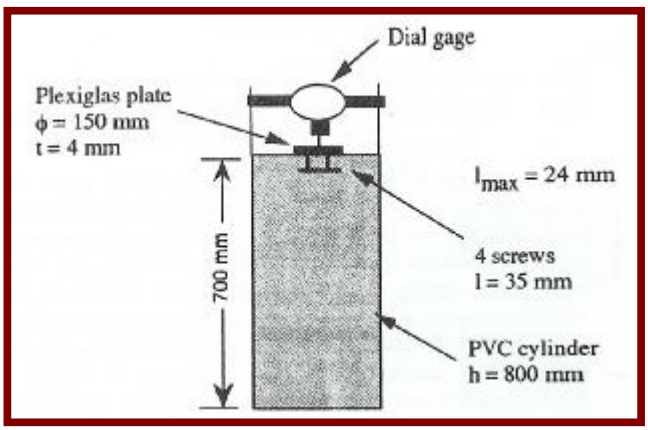
$$\text{ظرفیت پرکنندگی} = 350 \times 100/220 \times A \qquad (1)$$



شکل 5 – ابزار اندازه‌گیری ظرفیت پرکنندگی

- آزمایش نشست سطحی (Surface Settlement)

برای انجام این آزمایش مطابق شکل (6) ازیک لوله به قطر 200 میلی متروارتفاع 800 میلی متراستفاده می‌شود [8و9].لوله تاارتفاع 700 میلی متربدون هرگونه تراکم پرمی‌شود.سپس یک صفحه پلکسی گلاس به ضخامت 3 وقطر 150میلی متر که سه پیچ به طول 75 میلی متردر قسمت زیر آن قراردارد،روی بتن قرار می‌گیرد[2].سپس یک ابزارسنجش تغییر مکان روی صفحه قرارمی‌گیردونشست بتن را تازمان سخت شدن به طور خود کار ثبت می‌کند.برای آنکه دقت آزمایش به حداکثر برسد باید ازنشت آب ازطریق اتصالات لوله جلوگیری گردد.این آزمایش برای تعیین مقدار نشست بتن ترتازمان خشک شدن استفاده می‌شود.



شکل 6- ابزار سنجش نشست سطحی بتن

- آزمایش جدایش سنگدانه و ملات (Segregation Test)

برای تعیین میزان جدایش سنگدانه و ملات در بتن خود متراکم آزمایشی توسط فوجیوارا (Fujiwara) ارائه شده است [5] . در این آزمایش 2 لیتر بتن تازه به آرامی بر روی یک شبکه 5*5 lمیلی متری قرار می‌گیرد.بعداز 5 دقیقه بدون هیچگونه لرزشی،جرم ملاتی که از روزنه‌های شبکه می‌گذرد اندازه‌گیری می‌شود.اندیس جدایش SI (Segregation Index) به صورت درصد ملاتی که از شبکه عبور کرده به کل ملات تعریف می‌شود.اگرمقداراین پارامتر کمتر از 5در صد باشد،بتن درمقابل جدایش مقاوم است و درغیر این صورت، بتن در برابر جدایش مقاوم نخواهد بود .

- آزمایش مقاومت فشاری (Compressive Strength)

برای تعیین مقاومت فشاری بتن SCC توصیه می شودکه ازهر نمونه بتن 12 قالب استوانه ای تهیه و بر اساس ASTMC192-90a(Standard Practice for Making &Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory) دررطوبت عمل آورده شود .برای پرکردن قالب ها هیچگونه ویبراسیون یا کوبیدن توسط میله برروی آن انجام نمی پذیرد [2] . براساس این توصیه ابعاد این نمونه ها 200*100 میلیمتر می باشد. برای بدست آوردن مقاومت فشاری در هر یک از عمرهای 1،7 , 28 و 90 روز از متوسط مقا ومت سه نمونه متشابه که بر اساس استاندارد (ASTMC39-86(Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens استفاده گردد.

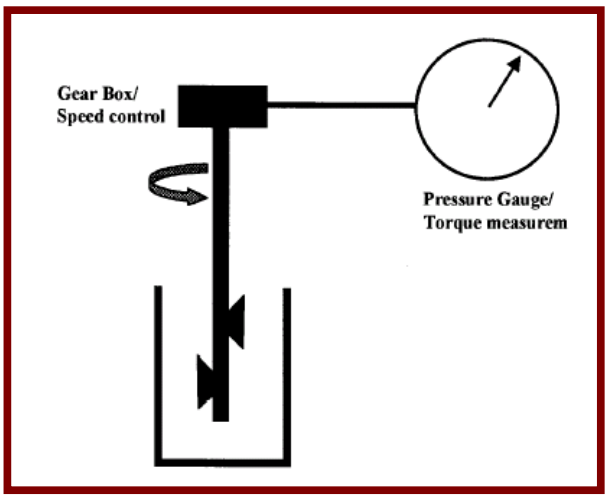
- آزمایش جعبه L شکل (L- Box Test)

ابزاراین آزمایش مطابق شکل(7)، یک جعبه L شکل شامل دو قطعه یکی افقی به ابعاد 150×200×700 میلی متر و دیگری عمودی به ابعاد 100×200×600 میلی متر است که به وسیله یک دریچه و چهار میله فلزی به قطر 12 میلیمتر از هم جدا می‌شوند.فاصله بین مرکز تا مرکز میله‌های فلزی 40 میلیمتر است . ابتدا12/7لیتر بتن تازه بدون متراکم یا ویبره کردن در جعبه عمودی ریخته می‌شود. بعد از 1 دقیقه استراحت دریچه بین قسمت افقی و عمودی باز می‌شود و زمان های لازم برای عبور400 میلی متر (T40) و200میلی متر(T20) بتن از قسمت قائم به افقی از میان میله‌های فلزی اندازه‌گیری می‌شود.بعدازآنکه بتن به حالت متعادل برسدوهیچ حرکتی درآن مشاهده نشود ارتفاع بتن در انتهای قطعه افقی (h2) و متوسط ارتفاع بتن در قطعه عمودی (h1) اندازه‌گیری می‌شود . اگر نسبت h2/h1 بیش از 0/8 باشد بتن خود متراکم محسوب می‌شود . اگر احتمال جدایش وجود داشته باشد،معمولاً شاهد bleeding بتن از میان دریچه در پایان 1 دقیقه استراحت خواهد بود .

شکل 7- شمای جعبه L شکل

- آزمایش کارایی دو نقطه‌ای (Two - Point Workability)

پارامترهای رئولوژیک بتن خود متراکم را می‌توان به کمک رئومتر کارایی دو نقطه‌ای که توسط تاترسال(Tattersall)ارائه شده است، تعیین نمود[12،11].این دستگاه در دانشگاه UCL ساخته شده و بارئومتر دانشگاه Nante فرانسه مقایسه گردیده است .این دستگاه مختص SCC نیست ولی تلاشهایی در جهت اصلاح آن برای SCC انجام شده است.ازاین دستگاه هم برای ملات و هم برای بتن استفاده می‌شود با این تفاوت که اندازه‌های آن برای ملات و بتن متفاوت است (شکل 8) . بتن یا ملات در ظرف مخصوص ریخته می‌شود و سپس یک میله حلزونی شکل داخل ظرف می‌شود سپس میله توسط دستگاه مخصوص حول محور خود می‌چرخد و سرعت آن به تدریج زیاد می‌گردد تا به سرعت حداکثر(0/7rps) برسد در همین حال سرعت و گشتاور لازم برای چرخش میله ثبت می‌گردد . سپس سرعت میله کاهش می‌یابد.مراحل افزایش و کاهش سرعت به صورت پله‌ای انجام می‌شود.درهرمرحله15ثانیه پس از تثبیت سرعت،گشتاور قرائت می‌گردد.اگر رابطه بین سرعت و گشتاور یک رابطه خطی باشد بتن دارای خواص سیال بینگهام (Bingham)است .شیب خط و گشتاور لازم در برش صفر به ترتیب لزجت گشتاور پلاستیک (h) و تنش تسلیم ظاهری (g)خواهد بود.



شکل 8- ابعاد رئومتر کارائی دو نقطه ای

- آزمایش تعیین ثبات سیستم حفره‌های هوا (Stability Of the Air – Void System)

این آزمایش توسط (K.H.Khayat – J. Assad)برای ارزیابی ثبات سیستم حفره‌های هوا نسبت به حرکت، لرزش و مخروط کردن بتن ارائه گردید[3].در این آزمایش نمونه‌ها 95 و 50 دقیقه بعداز تماس سیمان و آب برداشته شدند.برای مدل کردن حرکت ولرزشها بتن پس از 3 دقیقه مخلوط شدن 7 دقیقه استراحت می‌کند برای جلوگیری از تبخیر در طی استراحت سطح بتن با یک پارچه مرطوب پوشیده می‌شود این روش مشابه روشی است که (Pigeon – Saucier – Plante) برای ارزیابی هوای از دست رفته در حین مخروط کردن و یا حمل و نقل استفاده کردند[3].مقدار هوای آزاد در بتن براساس ASTMC 231 تعیین می‌گردد.برای تعیین سیستم حفره‌های هوای آزاد در بتن سخت نمونه های استوانه‌ای به ابعاد 25×200× 100 میلی متراز بتن برداشته می‌شود و پس از آنکه 24 ساعت در آب آهک اشباع و در دمای 20 درجه سانتی گراد نگهداری شدند . توسط اره در امتداد طول بریده می‌شوند [13] . سطح نمونه‌ها پولیش شده و براساس استاندارد (Modified Point – Count Method) ASTMC 457 به صورت میکروسکوپیک مورد بررسی قرار می‌گیرند [4] .

- آزمایش خود متراکم شوندگی در سایت

از آنجایی که در بتن SCC ضعف در خود متراکم شوندگی اصلاح پذیر نیست در هنگام اجرا روشهای نمونه برداری کاربرد زیادی ندارد و باید تمام حجم بتن مورد آزمایش قرار گیرد با چنین استدلالی Ouchi [4] پیشنهاد می‌کند که دستگاه شامل قیف و مفتولهای فلزی (به عنوان مانع) بین کامیون میکسر و پمپ در سایت قرار گیرد . اگر بتن به سهولت از داخل این ابزار عبور کند مناسب است و در غیر این صورت باید قبل از ریخته شدن در قالب یا مردود شمرده شود .

بحث و تجزیه و تحلیل

از بتن خود متراکم می توان در پروژه های حساس مانند آبندی سدهای بتنی و بتن غلتکی، اجرای سکوهای دریائی و یا بطور خلاصه در هر محلی که امکان متراکم نمودن و ویبرهٔ بتن وجود نداشته باشد، استفاده می گردد. مزایای ذیل در صورت استفاده از بتن خود متراکم حاصل می گردد.

- با توجه به روانی زیاد این بتن قابلیت پرکنندگی آن بسیار بالا است و بنابراین SCC نیاز به وسایل لرزاننده ندارد . حذف ویبراسیون در اجرای بتن باعث کم شدن سر و صدا و فشارهای اضافی وارد بر قالب می‌گردد.این مسئله به خصوص در کارخانجات تولید قطعات بتنی حائز اهمیت است . علاوه براین حذف ویبراسیون باعث کم شدن هزینه های مربوط به وسایل و کارگر متخصص نیز می‌گردد .
- تراکم پذیری بالای این بتن باعث کارایی بهتر در بتن مرطوب و بهبود خواص بتن سخت شده از جمله افزایش مقاومت در برابر سایش و فرسایش ، کاهش جذب آب و .... می‌باشد .
- از آنجایی که سرعت اجرای قطعات بتنی با استفاده از بتن خود متراکم شونده بیشتر است ، زمان ساخت سازه‌های بتنی کاهش می‌یابد .
- با استفاده از SCC نیاز به صرف زمان، ابزار و کارگر برای finishing وجود ندارد . همچنین سطح فینیش در این بتن بسیار صاف ترو هموارتر از بتن عادی است .
- با استفاده از SCC اطمینان از تراکم بتن ، بخصوص در مناطقی که محدودیت فضای وجود دارد و یا تراکم آرماتور زیاد است ، به شدت افزایش می‌یابد .
- هزینه تولید بتن SCC نسبت به بتن‌های عادی بیشتر است . از این رو استفاده از آن فقط در پروژه‌های با ارزش افزوده بالا توجیه اقتصادی دارد ولی گاهی صرفه جویی در مسائلی مثل زمان ، هزینه وسایل و دستگاهها ، دستمزد کارگران و غیره می‌تواند باعث شود که استفاده از SCC در برخی پروژها دارای توجیه اقتصادی باشد . علاوه بر این با توجه به تلاشهای روز افزون در جهت ارائه راهکارهای تولید اقتصادی SCC ، ممکن است این نقیصه بزودی برطرف شود . در هر حال آنچه مهم است این است که اقتصادی یا غیر اقتصادی بودن SCC مطلق نیست و گاهی اوقات سرعت اجرا ، صرفه جویی‌ها و تهسیلاتی که با استفاده از این بتن امکان پذیر می‌گردد ، باعث می‌شود که استفاده از آن در برخی پروژها دارای توجیه اقتصادی گردد .
- حذف ویبراسیون در SCC باعث کم شدن سر و صدا در کارگاه‌ها شده و باعث می‌گردد که کارگران بهتر بتوانند صدای یکدیگر را بشنوند . از طرف دیگر حذف ویبراسیون باعث می‌شود که کارگران مجبور به جابجایی و حرکت از روی قالبها و شبکه آرماتورها نباشد . این مطلب باعث ایمنی بیشتر کارگاه است .
- با توجه به جوان بودن SCC در صنعت ساختمان هنوز استانداردهای مدرن و جامعی برای این بتن تدوین نشده است . مشکلاتی که بر سر راه استاندارد سازی SCC وجود داشته است عبارتند از : ابداع روشهای نوین آزمایش بتن – بخصوص در حالت تر – که بتوانند ویژگی‌های SCC را اندازه‌گیری کنند و تغییر روشهای اجرای سازه ها و تایید این نوع بتن در سایت . علاوه بر این برای آنکه بتوان از مشخصات خاص SCC استفاده کرد، می‌بایست روشهای اجرا نیز تغییر کنند .

نتیجه گیری

میتوان ابراز نظر نمود که با ابداع SCC دریچه جدیدی به سوی صنعت ساختمان گشوده شده است، که از طریق آن می‌توان به روشهای اجرای نوین سازه‌های بتنی دست یافت وسازه هایی را به کمک بتن اجرا کرد که تا کنون امکان آن وجود نداشته است . تحقق این امر به استانداردهای جدید، به خصوص در زمینه شکل و ابعاد قالب و فواصل آرماتور و محدودیتهای فضا نیاز مند است. استفاده از صنعت نوپای بتن و به طور خاص بتن های خود متراکم در صنعت نوین سبک سازی می تواند تحول عظیمی در ساخت و ساز کشور به وجود آورد به همین دلیل معرفی بتن خودمتراکم که جزو آخرین دستاوردهای صنعت بتن در جهان است به متخصصان سبک سازی و همچنین معرفی دانش سبک سازی به پیشگامان صنعت بتن یک ضرورت جدی خواهد بود .

منابع

[1]. A. Ghezal & Kamal H. Khayat," Optimizing Self – Consolidating Concrete With Limestone Filler By Using Statistical Factorial Design Methods", ACI Materials journal / may – June 2002 , pp 264 – 272

[2]. M. NEHDF, H. EL – CH ABIB, H. EL – NAGGAK" Cost-Effective SCC for Deep Foundations", Concrete International / March 2003, PP 95 – 103

[3]. Kamal H. Khayat & Joseph Assuad ,"Air Void Stability In Self – Consolidating Concrete" , ACI Material Journal / July – Auyust 2002 , pp 405 – 418

[4]. Masahiro Ouchi, "Self Compacting Concrete Development, Applications Investigations",www.itn.is/ncr/Publications/ doc – 23 – 3, P;df "

[5]. Fujiwara, H. "Fundamental Study - on The Self –Compacting Property Of High – Fluidity Concrete" Proceedings, Japan Concrete Institute. V. 14, No .1, 1992, pp27 – 32

[6]. Otawa , K . , Sakata, N. Okamura, H." Evaluation of Self – Compactibity of Fresh Concrete Using The Funnel Test". Proceedings Japan Society Of Con Civil Engineering 25 , June 1995 , pp. 59 – 75

[7]. Yurugi, M., Sakata, N., Iwai, M. , And Sakai, G. , "Mix Proportion Of Highly Workable Concrete ". Proceedings, Concrete 2000, Dundee, Scot lamd , 1993 , pp. 579 – 589

[8]. Manai , K., Etude de l'Effet d'Ajouts Chimiques et Mineraux sur la Maniabilite, la Stabilite, et let Performances des Betons Autonivelants, Memoire de Maltrise, Universite de Sherbrooke, Quebec, 1995, 182 pp .

[9]. Trudel, A., Maniabilite, Uniformite et Comportement Structural du Beton Autonivelant a Haute Performance, Memoire de Maltrise, Universite de Sherbrooke, Quebec, 1996, 198 pp .

[10]. Mitsui, K. Yonezawa, T. , Kinoshita, M. , & Shimono , T. , "Application Of New Super plasticizer To Ultra Strength Concrete" Fourth CANMET / ACI International Conference On Super Plasticizers & Chemical Admixture l In Concrete , Sp – 148 , Ameri Cah Concrete Institude , Forming Hills , Ml , 1994 , pp. 27 – 45

[11]. Jin , J . & Domone P. L. , Relationships Between the fresh Properties of SCC and Its Mortar Component", Proceedings of the First North American Conference on the Design & Use of SCC, November 2002, pp. 33 – 38

[12]. Beaupre D., "The Rheology Of High Performance Shot Crete "Doctoral Thesis, University Of British Columbia, Feb. 1994, pp. 250

[13]. Pigeon, M., Plante, P. & Plante, M.," Air–Void Stability, Part I. Influence of Silica fume and Other Parameters", ACI Materials Journal, V. 86. No. 5, Sept Oct. 1989, pp. 482 – 420

[14]. "Concrete Mineral Aggregates" Annual Book Of ASTM Standards, V.04.02, ASTM, West Conshohocken, Pa., 986.