

بنام آنکه جان را فکرت آموخت

مشخصات و راهنمای بتن خودتراکم (خودتراز)

**Self-Compacting Concrete
February 2002**

EFNARC, Association House , 99 West Street, Farnham, Surrey GU9 7EN, UK
Tel: +44 (0)1252 739147 fax: +44 (0)1252739140 www.efnarce.org

ترجمه و تدوین : دکتر محسن تدین

مشخصات و راهنمایی بتن خود تراکم (خود تراز)
Self Compacting or Self - Leveling Concrete
ترجمه و تدوین : محسن تدین
SCC or SLC

١ - مقدمه :

مهمترین توسعه انقلابی در ساخت و اجرای بتن در چند دهه اخیر ، استفاده از بتن های خود تراکم (خود تراز) SCC میباشد. در ابتدا عمداً به عدم نیاز به مهارت نیروی انسانی و مزایای اقتصادی آن توجه میگردید که میتوان این مزایا را بصورت زیر فهرست نمود.

- اجرای سریعتر
 - کاهش نیروی انسانی لازم
 - پرداخت بهتر سطوح بتنی
 - جایده‌ی آسانتر
 - محیط کار ایمنتر
 - کاهش سر و صدا در غیاب لرزش
 - آزادی عمل بیشتر در طراحی
 - امکان بکارگیری مقاطع نازکتر
 - دوام بیشتر

این بتن ابتدا در ژاپن معمول شد و سپس در اروپا بکار گرفته شد . ساخت بتن خود تراکم با بکارگیری فوق روان کننده در بتن امکان پذیر گردید . این بتنها هم در کارگاه و هم در ساخت قطعات پیش ساخته بکار رفت. بکارگیری این بتن در کارهای اجرائی با تحقیقات بیشتر در زمینه ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی همراه شد که در نتیجه آن محدوده وسیعی از دانش در این زمینه ایجاد گردید که نتایج آن در این راهنمای آمده است این متن در سال ۲۰۰۲ تهیه شده است این مشخصات و راهنمای بتن خود تراکم محصول کار EFNARC میباشد که در سال ۱۹۸۹ پایه گذاری شده و در واقع یک تشکیلات اروپائی است که در بریتانیا واقع میباشد و زیر نظر کمیته اروپائی بتن FTP (سابق CEB FIB) به فعالیت میپردازد و نتایج کار آن در آینده زمینه ساز استانداردها و آئین نامه های اروپائی است .

European Federation & National Trade Associations ...

این مؤسسه در زمینه بتن پاشی ، کار در تونلهای دارای خاک نرم و بتن خود تراکم و همچنین تعمیر و حفاظت بتن و ساخت کفهای بتُنی و مصنوعی فعالیت نموده است و آدرس‌های پستی و پستی الکترونیک و اینترنتی مؤسسه در ذیل آمده است .

EFNARCT , Association , House , qq west street , farnham , surrey Guq TEN
Tel : 00441252739147 fax : 00441252739140 v.k

(پست الکترونیکی مربوط به دبیر مؤسسه میباشد)
در زمینه SCC این مؤسسه از کارهای انجام شده دانشگاه paisley استفاده نموده است.

۲- محدوده دامنه کاربرد :

مشخصات این مؤسسه ، نیازهای خاص بتن خود تراکم را در زمینه مصالح ، نسبت ها و طرح اختلاط و کاربرد آن ارائه و تعریف میکند . پیوستهای موجود ، اطلاعات ارزشمندی را برای طراحان ، سازندگان و بکارگیرندگان آن و همچنین موسسات کارفرمائی و کنترل و آزمایش فراهم مینماید .

۳- استانداردهای مرجع :

| | |
|---|---|
| سیمان و ترکیبات ، ویژگیها ، معیارهای قبول و یکنواختی بتن ، مشخصات ، عملکرد ، تولید و یکنواختی خاکستر بادی بتن ، تعاریف ، الزامات و کنترل کیفی افزودنیهای بتن ، تعاریف و الزامات آب اختلاط بتن | EN197 - 1 EN206 - 1 EN450 EN934 - 2 EN1008 |
| الزامات سیستمهای مدیریت کیفیت آزمایش بتن تازه – نمونه گیری آزمایش بتن تازه – آزمایش اسلامپ سنگدانه های بتن | EN1509001 EN12350 - 1 EN12350 - 2 EN12620 EN12878 |
| رنگدانه برای مصالح ساختمانی حاوی سیمان دوده سیلیسی بتن – تعاریف و الزامات | EN13263 |

- تعاریف :

در این نوشته ، تعاریف زیر بکار گرفته شده است .

۴- مواد کمکی اضافی (Addition) :

مواد ریز دانه غیر آلی (معدنی) است که در بتن برای بهبود خواص آن و دستیابی به خواص ویژه بکار میروند و چسبانندگی از خود بروز میدهد . این مواد به دو دسته تقسیم میشود

- مواد نسبتاً خنثی و کم اثر (نوع ۱)
- مواد پوزولانی و هیدرولیکی (نوع ۲)

۴-۲- افزودنی (Admixture) :

موادی که بهنگام اختلاط به مقدار کم به بتن یا اجزاء آن افزوده میشود تا خواص بتن تازه یا سخت شده را تغییر دهد و اصلاح کند . این مواد معمولاً درصد کمی از وزن سیمان است.

۴-۳- مواد چسباننده (Binder) :

ترکیب سیمان پرتلند و مواد کمک سیمانی هیدرولیکی یا پوزولانی را مواد چسباننده مینامند .

۴-۴- قابلیت روانی محدود شده :
همان مفهوم قابلیت عبور را دارد Confined Flowability Passing Ability

۴-۵- قابلیت پر کردن (قابلیت روانی محدود نشده) :
نشانه قابلیت بتن برای جریان یافتن و پر کردن کامل همه فضای موجود در قالب را تحت وزن خود ، قابلیت پر کردن مینامند . Filling Ability

۴-۶- مواد ریز دانه (Fines) :
معمولًا همان پودر سنگ میباشد .

۴-۷- ملات (Mortar) :
بخشی از بتن که شامل خمیر (دو غاب) مواد چسباننده و مواد ریز دانه سنگدانه های ریزتر از ۴ میلیمتر میباشد .

۴-۸- خمیر (Paste) :
بخشی از بتن شامل پودر (مواد ریز دانه) ، آب و هوا میباشد .

۴-۹- قابلیت عبور (قابلیت روانی محدود شده) : passing ability
قدرت عبور (جریان) بتن خود تراکم از یک سوراخ مانند فضای بین میلگردها بدون جدا شدگی و انسداد را قابلیت عبور یا قابلیت روانی محدود شده مینامند .

۴-۱۰- پودر (مواد ریزدانه) : powder or fines
مواد ریزتر از ۱۲۵ میلیمتر را مواد پودری یا ریز دانه گویند این مواد میتوانند شامل بخشی از ماسه های ریز نیز باشد .

۴-۱۱- بتن خود تراکم (SCC) :
بتنی که قادر است تحت وزنش روان شده و جریان یابد و قالب را کاملاً پر نماید ، حتی اگر میلگرد متراکم و انبوهی وجود داشته باشد و تیاز به لرزش ندارد و در این رابطه همگنی خود را حفظ میکند .

۴-۱۲- مقاومت در برابر جدا شدگی (پایداری):
Segregation Resistarce (stability)
قابلیت بتن خود تراکم برای اینکه در هنگام حمل و ریختن ، مخلوط همگن خود را از دست ندهد .

۱۳-۴- پایداری (stability) :

همان مقاومت در برابر جدا شدگی است .

۱۴-۴- قابلیت جریان غیر محدود :

همان قابلیت پر کردن میباشد .

۱۵-۴- کارآرائی (Workability) :

معیاری برای سهولت ریختن و تراکم بتن تازه است این یک ترکیب پیچیده از مفاهیم سیالیت ، چسبندگی ، قابلیت حمل ، قابلیت تراکم (تراکم پذیری) و چسبناکی میباشد . (چسبندگی امری درونی و چسبناکی موضوعی خارجی یا برونی است . (چسبندگی همان Cohesiveness و چسبناکی همان Sticness است).

۵- الزامات و نیازمندیهای اجزاء متشكله بتن خود تراکم

۱-۵- کلیات :

الزامات اجزاء متشكله بتن خود تراکم بطور کلی مانند الزامات بتن معمولی مندرج در EN206 است . مواد باید برای مصرف در بتن مناسب بوده و دارای مواد مضره بیش از حد مجاز نباشد تا کیفیت و یا دوام بتن آسیب نبیند و باعث خوردگی میلگردها نگردد .

۲-۵- سیمان :

بطور کلی سیمان مناسب منطبق بر مشخصات ۱-EN197 میباشد

۳-۵- سنگدانه ها :

سنگدانه ها باید منطبق بر EN12620 باشد . حداکثر اندازه سنگدانه به کاربرد مورد نظر بستگی دارد و معمولاً به ۲۰ میلیمتر محدود میشود .

ذرات ریزتر از ۱۲۵ / ۰ میلیمتر جزو مقدار پودر (مواد ریز دانه) محسوب میگردد . رطوبت سنگدانه باید دقیقاً اندازه گیری و محاسبه شود و در ساخت بتن منظور گردد تا بتن خود تراکم از کیفیت و نسبت آب به سیمان ثابت برخوردار شود (به بخش ۸ تولید و ریختن مراجعه نمایید .)

۴-۵- آب اختلاط :

آب اختلاط باید مناسب و قابل شرب باشد و برای آبهای تصفیه شده از پسابها باید طبق عمل EN1008 نمود .

۵-۵- افزودنیها :

افزودنیهای مصرفی باید منطبق بر EN934:2000 شامل پیوست A باشد . فوق روان کننده ها (روان کننده های ممتاز) جزو ضروری بتن خود تراکم است تا کارآرائی لازم ایجاد گردد . انواع دیگر افزودنی ممکنست بکار رود مثلاً مانند مواد اصلاح کننده لزحت Viscosity modifying Agent (vma) برای ایجاد پایداری و عدم جداشدنی یا ماده حبابزا Air Entraining Agent (AEA) برای بهبود مقاومت در برابر یخ‌بندان و آبشدگی و کندگیر کننده برای ایجاد تأخیر در گیرش و غیره . VMA در EN934 دارای مشخصات نیست اما باید منطبق بر الزامات کلی مندرج در جدول ۱ این استاندار باشد عملکرد این ماده باید توسط تولید کننده و یا فروشنده مشخص گردد و منطبق بر آن باشد .

۶-۵- مواد کمکی اضافی (شامل پر کننده‌های معدنی و رنگدانه ها)

مناسب بودن مواد نوع ۱ (نیمه خنثی) طبق EN12620 برای مواد سنگدانه پرکننده و EN12878 برای رنگدانه ها مشخص میگردد . مناسب بودن مواد نوع ۲ (پوزلانی یا هیدرولیکی) باید طبق EN450 برای خاکستر بادی و EN13263 qr برای دوده سیلیسی و BS6699 برای سرباره آسیاب شده ذوب آهن کنترل شود . بخاطر نیازهای رئولوژیکی خاص بتن خود تراکم ، مواد کمکی اضافی خنثی یا فعال معمولاً برای بهبود و حفظ کارآرائی بکار میروند همچنین عیار سیمان باید با این مواد تنظیم گردد تا گرمایش بتن کاهش یابد . مواد کمکی اضافی نوع ۲ (فعال) بطور مؤثر برای بهبود عملکرد دراز مدت بتن نیز بکار میروند .

انواع مواد کمکی اضافی عبارتند از :

پودرسنگ : پودر سنگ آهک ، دولومیت یا گرانیت میتواند برای افزایش مقادیر پودر بکار رود بخش ریزتر از ۰/۱۲۵ میلیمتر میتواند مفیدتر باشد . دقت شود تادولومیت ها از خاصیت واکنش زائی با قلیائیها برخوردار نباشد زیرا واکنش قلیائی - کربناتی میتواند مضر باشد .

خاکستر بادی (Fly Ash) : خاکستر بادی ماده ای غیرآلی و ریز با خاصیت پوزولانی است که میتواند برای بهبود خواص بتن خود تراکم به مخلوط اضافه شود . بهر حال ثبات اندازه ای (ابعادی) ممکنست تحت تأثیر قرار گیرد و باید کنترل شود .

دوده سیلیسی (میکرو سیلیس) Silica Fume : دوده سیلیسی خواص رئولوژیکی و مکانیکی و شیمیایی را بشدت بهبود میبخشد . هم دوام بتن را بالا میبرد (بویژه در برابر خوردگی میلگرد ها)

سرباره آسیاب شده : سرباره ریز آسیاب شده غالباً یک ماده چسباننده هیدرولیکی تلقی میشود که همچنین میتواند خواص رئولوژیکی بتن خودتراکم را بهبود بخشد .

پودر شیشه آسیاب شده : این ماده بعنوان پر کننده‌hand آسیاب کردن شیشه های بازیافتی بدست می‌آید . و ذرات این پودر باید کمتر از ۱/۰ میلیمتر و سطح ویژه آن باید بیش از $2500 \text{ cm}^2/\text{gr}$ باشد. ذرات بزرگتر ممکنست موجب بروز واکنش قلیائی سیلیسی گردد .

رنگدانه ها : رنگدانه باید برای مصرف در بتن خود تراکم طبق مشخصات EN12878 باشد .

۷-۵-الیاف :

الیاف باید طبق استاندارد (در حال تهیه) EN باشد . معمولاً الیاف مصرفی از نوع فولادی یا پلیمری میباشد . الیاف برای افزایش کیفیت بتن بکار میروند . الیاف فولادی معمولاً برای بهبود خواص مکانیکی بتن مانند مقاومت خمشی و طاقت یا چقریگی (Toughness) بکار میروند الیاف پلیمر ممکنست برای کاهش جداشده‌گی و جمع شده‌گی و جمع شده‌گی خمیری یا افزایش مقاومت در برابر آتش سوزی بکار میروند . سهولت اختلاط و جایدهی طبق روش مورد نظر باید با آزمایش کارگاهی مورد بررسی و تأیید نظارت قرار گیرد زیرا ممکنست در این رابطه مشکلاتی را بوجود آورد (بویژه در مورد الیاف فولادی این امر از اهمیت برخوردار میباشد)

۶-الزمات و نیازمندیهای بتن خودتراکم :

۶-۱- محدوده کاربرد :

بتن خود تراکم میتواند در قطعات پیش ساخته یا در جا بکار رود . این بتن میتواند بصورت بتن آماده یا ساخته شده در کارگاه باشد و بتن آماده بوسیله تراک میکیسر در کارگاه تحويل 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 میگردها 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 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.

۲- الزامات و نیازمندیها :

بتن خود تراکم باید به نحوی طراحی شود تا الزامات EN206 را برآورده سازد . این الزامات شامل وزن مخصوص ، رشد مقاومت ، مقاومت نهائی و دوام میباشد . بدلیل مصرف پودر زیاد ، بتن خود تراکم خواص جمع شدگی خمیری را خزشی بیش از بتن معمول را از خود نشان میدهد . این موارد باید در هنگام طراحی و تعیین مشخصات بتن خود تراکم در نظر گرفته شود . دانش امروزی در مورد این خواص محدود است و نیاز به تحقیقات بیشتری در این رابطه احساس میگردد . در شروع نگهداری و عمل آوری از بتن خود تراکم باید دقیق بیشتری را ملاحظه داشت و عملیات را سریعتر آغاز نمود . کار آئی بتن خود تراکم از بیشترین کارآئی مندرج در EN206 بیشتر و بالاتر است و میتوانند با خواص زیر مشخص گردد .

قابلیت پر کردن (قابلیت جریان روانی غیر محدود)

قابلیت عبور (قابلیت جریان یا روانی محدود شده)

مقاومت در برابر جداشده (پایداری)

بتنی را میتوان خود تراکم تلقی نمود که الزامات مربوط به این سه خاصیت را برآورده سازد .

۳- روش‌های آزمایش کارآئی :

آزمایشهای مختلف متعددی ابداع شده تا خصوصیات روانی بتن خودتراکم را مشخص نماید . تا کنون هیچ آزمایش واحد یا ترکیبی نتوانسته است مورد تأیید گسترده جهانی قرار گیرد و هر یک هواداران خاص خود را دارا هستند . همچنین هیچ آزمایشی ابداع نشده که بتواند همه ابعاد و مفاهیم کارآئی را به نمایش گذارد و معمولاً اینکار با بیش از یک آزمایش انجام میگردد .

روش‌های آزمایش برای مشخص نمودن ابعاد مختلف کارآئی در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است
شرح آزمایش در پیوست وجود دارد .

جدول ۱- فهرست آزمایشهای خواص کارآئی بتن خودتراکم دینامیک آزمایش کارآئی

| ردیف | نام آزمایش کارآئی | خاصیت و ویژگی مورد آزمایش |
|------|---------------------------|---------------------------|
| ۱ | اسلامپ فلو با مخروط آبرام | قابلیت پر کردن |
| ۲ | اسلامپ فلو T50cm | قابلیت پر کردن |
| ۳ | حلقه J | قابلیت عبور |
| ۴ | V | قابلیت پر کردن |
| ۵ | قیف V در T_5 MIN | پایداری در برابر جداشده |
| ۶ | L جعبه | قابلیت عبور |
| ۷ | U جعبه | قابلیت عبور |
| ۸ | جعبه پر کردن | قابلیت عبور |
| ۹ | GTM پایداری شبکه | پایداری در برابر جداشده |
| ۱۰ | روزنہ سنجی Orimet | قابلیت پر کردن |

برای طرح اختلاط اولیه بتن خود تراکم هر سه نوع جنبه کارآئی باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا مطمئن شویم که همه اهداف مورد نظر بر آورده شده اند . یک آزمایش بزرگ مقیاس (واقعی) باید انجام گیرد تا مشخصات بتن خودتراکم طرح منتخب برای کاربرد خاص تأیید گردد.

برای کنترل کیفی کارگاهی ، دو نوع آزمایش معمولاً برای کنترل تولید کافی است . ترکیب های معمول عبارتند از آزمایشهای اسلامپ فلو (جریان اسلامپ) و قیف ۷ یا جریان اسلامپ و حلقه J . حتی اگر فرد مجربی این آزمایشهای را انجام دهد ، یک آزمایش نیز میتواند کافی باشد .

جدول ۲- خواص کارآئی بتن خودتراکم و روش آزمایش مورد نظر

| اصلاح آزمایش با توجه به حداکثر اندازه سنگدانه | روش آزمایش کارگاهی (کنترل کیفی) | روش آزمایش آزمایشگاهی (طرح مخلوط) | خاصیت |
|--|--|--|------------------|
| نیاز ندارد حداکثر ۲۰ میلیمتر | جریان اسلامپ T5O جریان اسلامپ قیف V سنجهش روزنه Orimet | ۱- جریان اسلامپ ۲- جریان اسلامپ T5oc ۳- قیف V ۴- سنجهش روزنه orimet | قابلیت پر کردن |
| سوراخهای مختلف در جعبه L و جعبه U و حلقه J | حلقه J | ۵- جعبه L ۶- جعبه U ۷- جعبه پر کردن | قابلیت عبور |
| نیاز ندارد | GTM پایداری شبکه T5min قیف V در | ۸- پایداری شبکه GTM ۹- قیف V در T5min | پایداری جدا شدگی |

۴-۶- معیار کارآئی برای بتن تازه خود تراکم :

الزمات مربوط به این نوع بتن باید در زمان جایدهی بر آورده شوند . بنابراین تغییرات محتمل در کارآرائی به هنگام حمل باید در زمان تولید مد نظر قرار گیرد . ملاکها و معیارهای قبول بتن خودتراکم از نظر کارآئی در جدول ۳ آماده است و برای حداکثر اندازه سنگدانه کمتر از ۲۰ میلیمتر معتبر میباشد .

جدول ۳ - معیارهای قبول بتن خودتراکم از نظر کارآئی

| ردیف | روش آزمایش | واحد | حداکثر | حداقل |
|------|------------------------------|-----------|--------|-------|
| ۱ | جريان اسلامپ با مخروط آبرام | میلیمتر | ۶۰۰ | ۶۵۰ |
| ۲ | جريان اسلامپ T50cm | ثانیه | ۵ | ۲ |
| ۳ | حلقه J | میلیمتر | ۱۰ | ۰ |
| ۴ | V قیف | ثانیه | ۱۲ | ۶ |
| ۵ | افزایش زمان ، قیف V در T5min | ثانیه | +۳ | ۰ |
| ۶ | جعبه L | h2/h1 | ۱/۰ | ۰/۸ |
| ۷ | جعبه U | (h2-h1)mm | ۳۰ | ۰ |
| ۸ | جعبه پر کردن | درصد | ۱۰۰ | ۹۰ |
| ۹ | پایداری شبکه GTM | درصد | ۱۵ | ۰ |
| ۱۰ | سنجهش روزنه Orimet | ثانیه | ۵ | ۰ |

ملاکها و نیازمندیهای فوق برای هر آزمایش بر اساس دانش موجود و تجربیات فعلی ارائه شده است با توجه به پیشرفتهایی که در آینده حاصل میشود ممکنست به الزامات متفاوت منجر گردد . مقادیری خارج این محدوده ها نیز ممکنست مورد قبول قبول واقع شود در صورتیکه تولید کننده بتواند در شرایط خاص مانند فضای زیاد و کافی بتن میلگردها یا ضخامت لایه کمتر از ۵۰۰ میلیمتر و یا فاصله کوتاه جریان از محل تخلیه تا استقرار یا طرح ساده قالب و موانع ناچیز و کم ثابت کند که این بتن بخوبی عمل مینماید . دقت زیادی باید معمول گردد تا مطمئن شویم هیچ نوع جداشدگی در مخلوط بوجود نمی آید . در حال حاضر آزمایش ساده و معتبری برای ارائه اطلاعات در مورد پایداری و جدا شدگی بتن خود تراکم در وضعیت های مختلف اجرائی وجود ندارد . اطلاعات بیشتر برای مناسب بودن روشهای آزمایش در پیوست ارائه شده است .

۷- ترکیب مخلوط بتن خود تراکم :

۱-۷- کلیات :

ترکیب مخلوط باید همه معیارهای عملکردی بتن تازه و سخت شده را ارضاء نماید . برای بتن تازه با الزامات در بخش ۶ تشریح شد . نیازهای بتن سخت شده در EN206 آمده است .

۲-۷- ترکیب مخلوط اولیه :

در طرح مخلوط ، مفیدتر آنست که نسبت های اجزاء حجمی بجای وزنی مد نظر قرار گیرد . محدوده نسبتهای نوعی برای دستیابی به بتن خود تراکم در زیر آمده است . اصلاحات بیشتر برای حصول به مقاومت و سایر نیازهای اجرائی ضروری میباشد .

- نسبت حجمی آب به پودر (مواد ریز) بین ۱/۱۰ تا ۸/۱ میباشد .

- عیار کل مواد پودری در هر متر مکعب ۱۶۰ تا ۲۴۰ لیتر (حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ کیلو گرم) است .

- عیار سنگدانه درشت معمولاً ۲۵ تا ۳۵ درصد حجمی مخلوط میباشد .

- نسبت آب به سیمان با توجه به En206 انتخاب میشود . بطور کلی مقدار آب از ۲۰۰ لیتر در متر مکعب تجاوز نمیکند .

- عیار ماسه با توجه به سایر اجزاء بدست می آید . مقدار ماسه معمولاً بیش از ۳۸ درصد حجمی ملات است (در انگلیس مقدار ماسه کمتر از ۵۰ درصد حجم ملات و بیش از ۵۰ درصد کل سنگدانه میباشد . خمیر باید بیش از ۴۰ درصد حجم مخلوط باشد . در ایتالیا ماسه باید ۴۵ تا ۵۰ درصد حجم ملات باشد .)

- بطور کلی توصیه میشود طراحی مخلوط بصورت محافظه کارانه انجام شود تا خواص بتن تازه علیرغم تغییرات کیفی مواد متشکله حفظ شود . برخی تغییرات در رطوبت سنگدانه باید مدنظر قرار گیرد . معمولاً افزودنیهای اصلاح کننده لزجت (VMA) ابزار مفیدی برای تنظیم نوسانات ناشی از تغییرات دانه بندی ماسه و رطوبت سنگدانه میباشد .

۲-۸- تعدیل مخلوط :

مخلوط آزمون های آزمایشگاهی برای تأیید خواص مخلوط اولیه باید بکار رود . در صورت لزوم تعدیل مخلوط پس از ساخت مخلوط آزمون انجام میگردد . اگر همه نیازها برآورده شود باید مخلوط را در مقیاس واقعی در کارخانه بتن آمان یا در کارگاه ساخت و مورد آزمایش قرار داد .

اگر بتن حاصله رضایت بخش نباشد باید در طرح مخلوط تجدید نظر نمود . بسته به مشکل موجود ، روند تعدیل مقتضی بصورت زیر است :

- استفاده از پرکننده اضافی یا انواع دیگر پرکننده (در صورت امکان)

- اصلاح نسبت های ماسه یا سنگدانه درشت (شن)

- استفاده از ماده اصلاح کننده لزجت (در صورتیکه قبلًا در طرح مخلوط نباشد)

- تعديل میزان مصرف فوق روان کننده و یا اصلاح کننده لزجت

- استفاده از افزودنیهای دیگر (فوق روان کننده یا VMA) به نحوی که با مواد موجود سازگارتر باشد .

- تعديل میزان مصرف افزودنی در ارتباط با تعديل مقدار آب و در نتیجه نسبت آب پودر

۸- تولید و ریختن بتن :

۱-۸- کلیات :

تولید بتن خودتراکم در کارگاههای صورت میگیرد که وسایل و تجهیزات بتن سازی مناسب داشته باشد و بتوان بخوبی آنرا کنترل نمود . کارگاه یا کارخانه مزبور باید دارای ISO 9000 مدیریت کیفیت باشد و آنرا سامان دهد و یا روش مشابه یا منطبق با این استاندارد را مورد توجه قرار دهد . توصیه میشود مدیریت تولید برای اینکار تربیت شده باشد و همچنین تجربه ساخت این نوع بتن را داشته باشد .

۲-۸- تولید بتن :

۱-۲-۸- انبار کردن اجزاء بتن :

در صورت امکان سطح سنگدانه باید پوشیده شود تا نوسانات رطوبتی سنگدانه به حداقل برسد . لازمست محل لازم برای انبار کردن سنگدانه و مواد کمکی اضافی (در صورت مصرف) با کیفیت خوب فراهم شود . انبار کردن افزودنیها باید مشابه بتن معمولی انجام گردد و توصیه های فروشنده یا تولید کننده باید در نظر گرفته شود .

۲-۲-۸- اختلاط بتن :

نیازی به مخلوط کن خاص وجود ندارد مخلوط کن دارای پره چرخان (Forced Action) شامل مخلوط کن های نوع paddle . مخلوط کن های ریزشی آزاد (Free Fall) شامل تراک میکیرها و سایر انواع مخلوط کن میتواند بکار رود . مدت اختلاط در آزمایشهاى عملی کارگاهی باید مشخص شود . بطور کلی زمان اختلاط طولانی تر از بتنهای معمولی و سنتی است .

زمان افزودن افزودنیها از اهمیت بخوردار است و با هماهنگی تولید کننده افزودنی روش کار باید مشخص شود . اگر بخواهیم روانی بتن را پس از اختلاط اولیه اصلاح کنیم ، میتوان از افزودنیها استفاده نمود .

۳-۸- کنترل تولید :

۱-۳-۸- سنگدانه ها :

به هنگام تولید بتن خودتراکم ، آزمایشهاى دانه بندی و رطوبت سنجی باید بصورت مرتب و به دفعات بیشتر نسبت به بتن معمولی انجام گیرد زیرا این بتن نسبت به تغییرات حساس تر از بتنی معمولی است .

۲-۳-۸- نحوه اختلاط :

در شروع یک اجزاء بتنی و بدون هر گونه تجربه قبلی در زمینه طرح مخلوط خاص ، از منابع دیگر برای تولید اولیه این بتن باید استفاده نمود .

از آنجا که کیفیت بتن تازه در شروع تولید ممکنست دچار نوسان باشد ، توصیه میشود آزمایش‌های کارآئی تولید کننده برای هر محموله انجام گردد تا به روانی و کارآئی مورد نظر دست یابیم و از اینکار تجربه لازم زا بدست آوریم . سپس در ادامه کار میتوان هر محموله تحویلی را با چشم و نگاه قبل از حمل به کارگاه کنترل نمود و در نتیجه تواتر آزمایشها را مطابق EN206 در نظر گرفت .

در عمل معمولاً باید با توجه به نتایج رطوبت سنجی سنگدانه ، نسبت های مخلوط بویژه مقدار آب را تعديل و اصلاح نمود .

۴-۸- تحویل و حمل بتن :

با توجه به اندازه سازه بتنی که بتن خودتراکم در آن ریخته میشود ، حجم و ظرفیت تولید ، زمان حمل و توان را باید تنظیم نمود . توقف های غیرمنتظره تولید بتن میتواند موجب تغییرات روانی گردد و بر روی نتایج کیفی بتن اثر گذارد .

بتن خودتراکم باید طوری طراحی شود که کارآئی آن الزامات موجود در قرارداد را برآورده نماید . اگر از پمپ بتن استفاده شود ، بتن ریزی سریعتر میگردد ، اما لازمست مطمئن شویم تحويل و ریختن بتن در زمانی کامل گردد که بتن مذبور کارآئی مورد نظر خود را از دست نداده باشد . (در زمان حفظ کارآئی Workability Retention Time)

۵-۸- ریختن بتن :

۱-۵-۸- کلیات :

قبل از ریختن بتن خودتراکم باید قالب و میلگردها طبق نقشه و مشخصات کنترل شده باشد . قالب باید دارای شرایط خوب و مطلوبی باشد اما ضوابط خاص برای جلوگیری از هدر رفتمن شیره بتن ضروری نیست مقاطعه کاران (پیمانکاران) ممکنست بخواهند مزایای ممکن پمپاژ بتن از کف قالب را مورد توجه قرار دهند . اگر بتن با باکتهای مخصوص (Skip) ریخته شود باید دقیقت لازم را در بسته بودن دریچه آن رعایت نمود برای قالبهای با ارتفاع بیش از ۳ متر ، بتن را باید بصورت مایع در نظر گرفت و فشار هیدروستاتیکی کامل را برروی قالب اعمال و طراحی مذبور را تصحیح نمود .

۲-۵-۸- فاصله (مسافت) ریختن :

هر چند ریختن بتن خودتراکم ساده تر از بتن معمولی است ، موارد زیر برای کاهش جدا شدگی در بتن توصیه میشود .

سقوط آزاد بتن را به ۵ متر محدود کنید .
فاصله مجاز جریان افقی از نقطه تخلیه را به ۱۰ متر محدود کنید .

(در چاپ قبلی این نشریه ارتفاع لایه بتن ریزی به ۵۰ سانتی متر محدود شده بود که حذف شده است) مقادیر فوق بصورت محافظه کارانه توصیه شده است و ممکنست پیمانکار نشان دهد که در یک کار معین ، تخطی از این مواد امکان پذیر بوده و مشکلاتی را پیش نمی آورد .
به بخش ۶ مراجعه شود .

۳-۵-۸- درز سرد :

هر چند بتن خود تراکم با بتنهای قبلاً ریخته شده پیوند خوبی برقرار نمیکند اما نمیتوان از خسارات ناشی از ایجاد درز سرد بوسیله لرزش جلوگیری نمود و از این نظر شبیه بتن معمولی است .

۴-۵-۸- پرداخت سطح :

سطح بتن خود تراکم باید کاملاً صاف شود تا به ابعاد و خواسته مورد نظر در مشخصات پروژه دست یابیم . عمل پرداخت باید در زمان مقتضی و مناسب و قبل از سفت شدن بتن صورت گیرد . ممکنست مشکلاتی در راه پرداخت سطح بتن با روشهای معمول در سطح افقی و بوسیله ماله کشی مکرر با ماله یا کمچه فولادی بوجود آید که در این حالت استفاده از روشهای دیگر یا استفاده از وسایل متفاوت ضروری است .

۶-۸- عمل آوری (نگهداری) بتن :

بتن خود تراکم سریعتر از بتن معمولی خشک میشود زیرا پدیده آب انداختن در سطح آن مشاهده نمیشود . بنابراین عمل آوری اولیه باید هر چه زودتر پس از ریختن بتن آغاز شود تا خطر ترک خورده‌گی ناشی از جمع شدگی خمیری به حداقل برسد .

۹- کنترل کیفی :

۹-۱- کنترل کیفی تولید :

بتن های خود تراکم باید تحت کنترل تولید قرار گیرند و این عمل طبق بند ۹ دستورالعمل استاندارد EN206 انجام میشود

۲-۹- قبول بتن در کارگاه :

فروشنده و خریدار بتن خود تراکم باید ظوابط قبول و ادعاهای مورد نظر را در هنگام عقد قرارداد مطرح نموده و مورد توافق قرار دهند . این مواد میتوانند شامل ضوابط حقوقی و قانونی در صورت عدم قبول بتن باشد . علاوه بر کنترلهای معمول بتن در هنگام تحويل ، یک کنترل بصری نیز باید انجام شود . کنترل کیفی کارگاهی باید توصیه های بند ۳-۶ را در نظر داشته باشد .

خریدار باید مطمئن باشد که تمام آزمایشها مربوط به قبول بتن در کارگاه توسط افراد م梗ب و آموزش دیده و در شرایط محیطی مناسب (بدور از باران و باد و با وسایل و تجهیزات مناسب و کالیبره شده و برروی سطح تراز و محکم) انجام شده است .

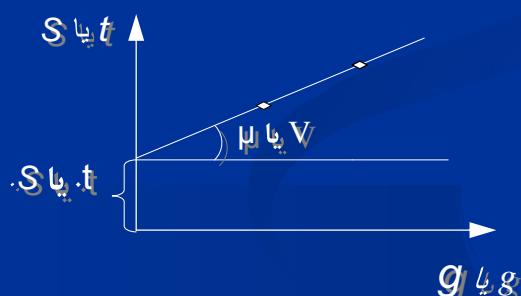
آزمایش‌های کارآئی بتن خودتراکم (SCC) یا خودتراز (SLC) ترجمه و تدوین : محسن تدین

آزمایش‌های کارآئی معمول مانند اسلامپ ، اسلامپ تستر K () ، درجه تراکم پذیری ، ضریب تراکم و گلوله کلی ، پهن شدگی آلمانی و معمولاً در تعیین کارآئی بتهای خودتراکم کاربردی ندارند و در محدوده اعتبار آنها نیست . تنها آزمایش مناسب از بین اینها آزمایش دو نقطه ای است که بر اساس رئولوژی سیالات غیر نیوتونی پایه ریزی شده و از رابطه و مدل Bing ham تبعیت مینماید . ادعا شده است که آزمایش‌های مانند اسلامپ تستر k برای بتهای روان نیز کاربرد دارد .

آزمایش دو نقطه ای : Two points

آقای Tatter sall نسبت به انجام آزمایش‌های کارآئی که در آن فقط یک عامل مورد سنجش قرار میگیرد معتبر بود ایشان معتقد بود که بتن تازه را باید یک سیال غیر نیوتونی فرض کرد و با توجه به مدل بنیگهام دو پارامتر را در آن بدست آورد .

$$t \equiv t_0 + g \cdot \mu \\ S \equiv S_0 + g \cdot \nu$$



t یا S برشی ، t_0 یا S_0 تنش برشی تسلیم (عرض محل قطع خط با محور عمودی) ، μ یا V لزجت و یا ویسکوزیته خمیری (پلاستیک) و g یا g شیب خط سیال غیر نیوتونی (بتن) در این آزمایش میباشد هدف این آزمایش تعیین دو پارامتر (t_0 و μ) یا (V, S_0) بصورت همزمان میباشد . لذا نام آنرا دو نقطه ای (دو پارامتری) نهاده‌اند . S_0 یا t_0 تنش برشی تسلیم در واقع تنش لازم برای شروع سیلان (جریان) سیال مورد نظر (بتن) میباشد که رابطه نزدیکی با اسلامپ دارد . لزجت خمیری نمایانگر افزایش تنش برشی در ازاء افزایش در روند برش میباشد . آقای تاترسال ، با استفاده از یک مخلوط کن روشنی را برای سنجش لنگر (گشتاور) پیچشی (torque) ابلاغ نمود . این مخلوط کن شبیه مخلوط کنهای Forced Action یا مخلوط کنهای خمیرگیری قنادی است .

وی با حداقل دو سرعت مختلف ، دو لنگر پیچشی را برای بتن بدست آورد که در نهایت موجب رسم یک خط مایل و تعیین S_0 و t_0 یا μ میگردد . افراد دیگری نیز کار وی را دنبال و دستگاه را اصلاح کردند و توانسته معیارهای کمی برای پتانسیل (استعداد) جدا شدگی بتن را به نمایش گذارند .

این آزمایش صرفاً آزمایشگاهی است و انجام آن به افراد متخصص برای نتیجه گیری و تفسیر نیاز دارد . امروزه در کارگاه بروی بتن ریخته شده با کمک دستگاههای کوچک روبات شکل آزمایش را انجام میدهند و تنש نقطه تسلیم S_0 یا t_0 لزجت خمیری ۷ و μ را بدست می آورند و میتوان اثر زمان و دما را نیز بروی این دو پارامتر بدست آورد . افرادی تنش برشی تسلیم را به اسلامپ مربوط نموده اند و روابطی را ارائه کرده اند که هنوز د .) صحت آنها ثابت نشده است . (این آزمایش در متن اصلی نبوده است و توسط مترجم بدان افزوده) آزمایش Slump Flow و آزمایش T50cm (پهن شدگی اسلامپ – زمان ۵۰ سانتی متری)

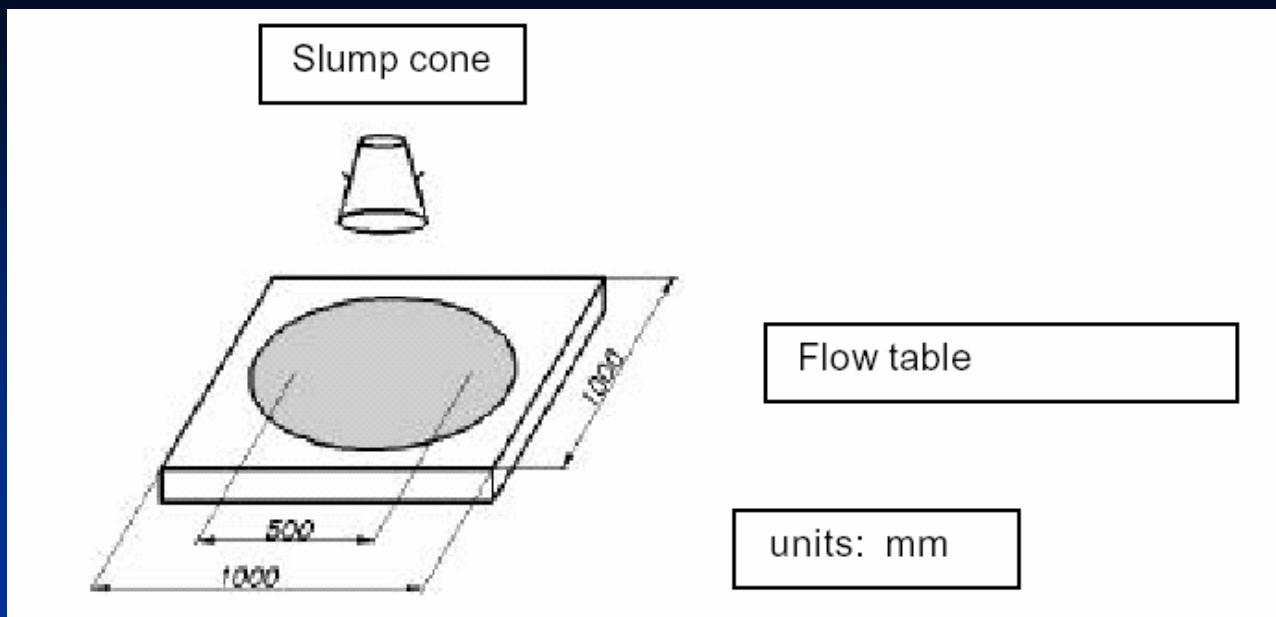
۱-۱- مقدمه :

در آزمایش اسلامپ فلو (پهن شدگی اسلامپ) ، میزان پهن شدگی بتن در سطح افقی مشخص میشود و برای بتن های SCC مناسب است . در ابتدا این آزمایش در ژاپن و برای ارزیابی بتن های Tremie که در بتن ریزی زیر آب مورد استفاده قرار میگیرد بکار رفت . نحوه انجام آزمایش مانند آزمایش اسلامپ است اما بجای اندازه گیری افت و فرو نشستن مخروط بتن ، قطر متوسط بتن پهن شده در سطح زمین اندازه گیری میشود و قابلیت پر کردن (قابلیت سیلان و جریان) را نشان میدهد .

۲-۱- روش آزمایش :

۲-۲- وسایل کار :

در این آزمایش از یک مخروط ناقص اسلامپ به قطر تحتانی ۲۰۰ میلیمتر و قطر فوقانی ۱۰۰ میلیمتر و ارتفاع ۳۰۰ میلیمتر استفاده میشود . یک صفحه فلزی و غیر جاذب به حداقل ابعاد ۷۰۰ میلیمتر (ترجیحاً ۸۰۰ میلیمتر) نیاز است که صلب و غیر جاذب باشد و روی این صفحه دواير متحدم را به قطر ۲۰۰ میلیمتر تا ۸۰۰ میلیمتر (هر ۵۰ میلیمتر) رسم شده باشد و بویژه دایره های به قطر ۵۰۰ میلیمتر بصورت بارز و روشنی مشخص گردد . ماله ، سرتاس ، خط کش (متر) و کرونومتر (درصورت انجام آزمایش T50cm) لازم است .



۳-۲- تفسیر و ارزیابی نتایج آزمایش :

هر چه اسلامپ (SF) بزرگتر باشد معرف قابلیت بیشتر پر کردن قالب و روان شدگی بتن تحت وزن خود میباشد. حداقل نتیجه ۶۰۰ میلیمتر برای بتن خودتراکم مورد نیاز است و توصیه شده است. معمولاً اختلاف نتیجه ± 50 میلیمتر در آزمایشهای مختلف برای یک بتن قابل توجیه است.

این آزمایش سریع و ساده است و نیاز به یک تا دو نفر (بویژه برای آزمایش T50cm) دارد و میتواند در کارگاه و در آزمایشگاه بکار گرفته شود. کاربرد آن در دنیا وسعت زیادی پیدا نموده است. هر چند "بخوی قابلیت پر کردن" را نشان میدهد اما قابلیت عبور از بین میلگردها بدون انسداد را نمیتواند به نمایش گذارد. این آزمایش تا حدود زیادی مقاومت به جدا شدگی را نشان میدهد. برای تکمیل این آزمایش سعی کردند که محدودیتهای را در اطراف آن با قفس میلگرد و وسایل مشابه ایجاد نمایند و قابلیت عبور را نیز بسنجدند. همزمان با این آزمایش میتوان آزمایش T50cm را با همان وسایل و امکانات (بجز کرونوتر) بدست آورد. زمان کمتر نشانه قابلیت روانی و سیلان بیشتر است. مؤسسه تحقیقاتی نروژی Brite Eu Ram مقادیر ۳ تا ۷ ثانیه را بعنوان حدود قابل قبول در کاربردهای مهندسی عمران و ۵-۲ ثانیه را برای کاربردهای پیشنهاد نموده است.

در جدا شدگی شدید بیشتر سنگدانه های درشت در مرکز توده بتن و ملات و ضمیر سیمان در پیرامون توده به چشم میخورد. در جدا شدگی جزئی یک ملات به عرض کم بدون درشت دانه در لبه اطراف توده بتن مشاهده میشود اگر هیچیک از این پدیدهها مشاهده نگردید باید با اطمینان گفت که هیچ جدا شدگی وجود ندارد.



۳-آزمایش حلقه J (J Ring)

۱-۳- مقدمه :

این آزمایش نیز احتمالاً ژاپنی است اما ابداع کننده آن ناشناس میباشد . آزمایش حلقه J در دانشگاه Paisley توسعه یافته است . این آزمایش برای تعیین قابلیت عبور بتن بکار گرفته میشود در واقع این وسیله بهمراه یکی از دو آزمایش (وسیله) اسلامپ فلو و Orimet نمیتواند بکار رود .

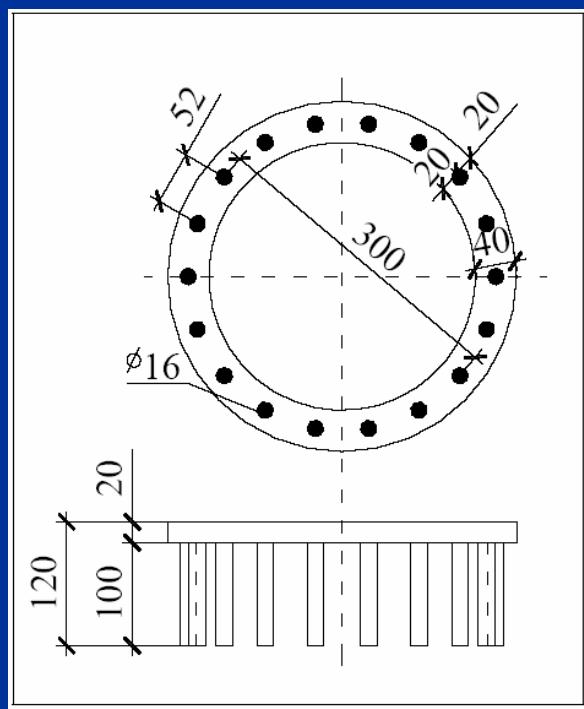
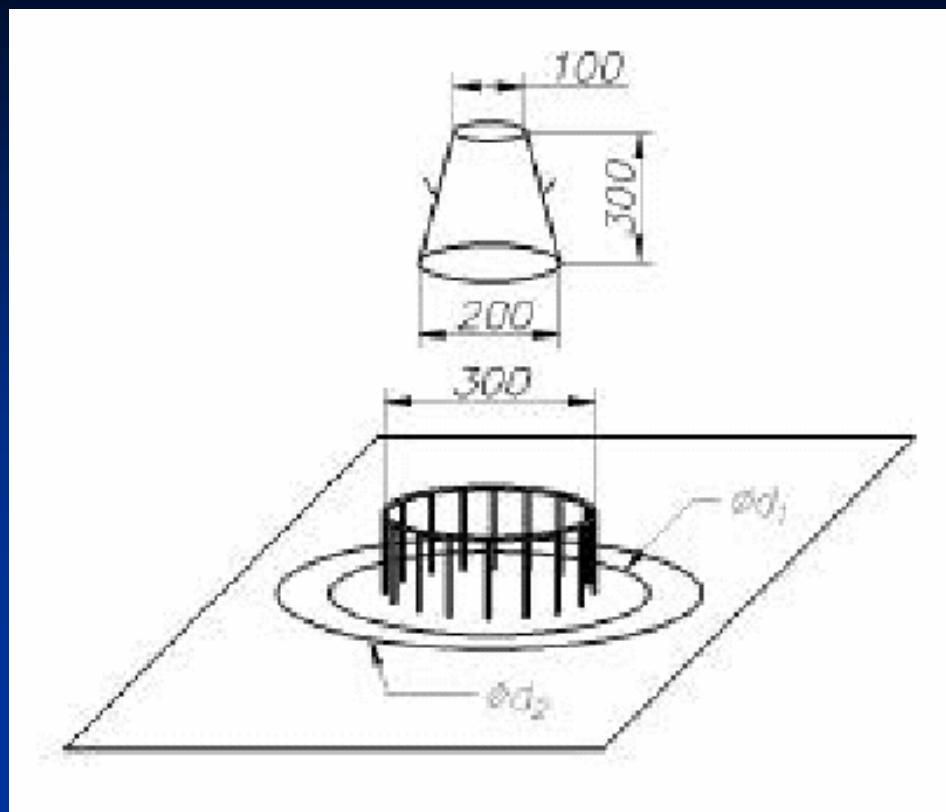
به این حلقه میلگردهای وصل میشود که قفسی را میسازد که با امکان عبور بتن از میان میلگردها میتوان قابلیت عبور را تعیین نمود .

۲-۳- روش آزمایش :

۱-۲-۳- وسائل آزمایش :

(الف) اگر بخواهیم از وسیله مخروط ناقص اسلامپ فلو استفاده نماییم : یک مخروط ناقص اسلامپ بکار میرود که پاگیره های آن باید حذف شود . صفحه مربعی را به ابعاد حداقل ۷۰۰ میلیمتر بصورت محکم و غیر جاذب با دوایر متحدم مرکز به قطرهای ۲۰۰ تا ۷۰۰ میلیمتر و دایره مشخص ۵۰۰ میلیمتر کمچه یا ماله ، سرتاس ، خط کش و نهایتاً حلقه J شامل یک حلقه فولادی باز به مقطع 30×25 mm که سوراخهای عمودی روی آن ایجاد شده است و در این سوراخها میلگردهایی به طول ۱۰۰ mm و قطر ۱۰ میلیمتر و فاصله ± 2 ۴۸ میلیمتر نصب گردیده است (میلگردها معمولاً بصورت رزو شده درون سوراخ حدیده شده قرار میگیرد و پیچ میشود) قطر حلقه در محل میلگردها ۳۰۰ میلیمتر و ارتفاع آن از زمین (با قرار گیری میلگردها) ۱۰۰ میلیمتر است .

(ب) اگر بخواهیم از وسیله Orimet استفاده نماییم . دستگاه Orimet که توضیح آن بعداً داده خواهد شد و در بخش ۹ آمده است لازم میباشد کمچه یا ماله ، سرتاس ، کرونومتر ، خط کش و حلقه J با توضیحات فوق بکار میرود . لازم به ذکر است که آزمایشگر میتواند میلگردهایی با قطر دلخواه و فواصل مورد نیاز را نیز بکار برد اما فاصله آزاد میلگردها خوبست از ۳ برابر حداکثر اندازه سنگدانه ها کوچکتر نباشد . این موارد باید در نتیجه آزمایش ذکر شود .



۲-۲-۳- نحوه آزمایش :

الف) با استفاده از مخروط ناقص اسلامپ فلو : حدود ۶ لیتر بتن نمونه گیری شده تحت شرایط استاندارد مورد نیاز است . صفحه و داخل قیف را مرطوب نمائید و صفحه را روی سطح محکم و تراز قرار دهید . حلقه J را در وسط صفحه قرارداده و مخروط ناقص اسلامپ را در داخل آن بگذارید به نحوی که در مرکز صفحه قرار گیرد و آنرا محکم نگهدارید . با سرتاس مخروط ناقص را پر کنید (بدون لرزش و ضربه) و همچنین بتن اضافی مخروط ناقص را بکمک ماله یا کمچه صاف کنید و در این رابطه ضربه ای اعمال ننمائید . بتن اضافی ریخته شده در پای قالب اسلامپ را بردارید . قالب را بصورت قائم بالا بکشید و اجازه دهید بتن به سمت خارج روان گردد . در این حالت نیز قطر نهائی متوسط را با اندازه گیری دو قطر عمود برهم بتن پهن شده و بدست آورید و بر حسب میلیمتر با دقت ۲۵ میلیمتر گزارش کنید . اختلاف ارتفاع بتن در داخل و خارج حلقه J (قفس) در مجاورت میلگردهای عمودی را در چهار نقطه تعیین کنید و متوسط آنرا بر حسب میلیمتر (با دقت ۱ میلیمتر) گزارش نمائید . مشاهدات خود را در مورد کیفیت اطراف و پیرامون توده بتن و جداسدگی احتمالی قید نمائید . وجود ملات یا خمیر سیمان فاقد سنگدانه درشت را مشخص کنید .

ب) با استفاده از دستگاه Orimet : حدود ۸ لیتر بتن تازه که طبق استاندارد نمونه گیری شده است در این آزمایش بکار میروند . دستگاه Orimet را روی زمین محکمی قرار دهید سطوح داخل لوله بتن ریزی و سوراخ خروجی (روزنہ) را مرطوب نمائید و اجازه دهید آب اضافی از دریچه روزنه زیرین بیرون بریزد . دریچه تحتانی را ببندید و زیر آن یک سطل (ظرف خاص مانند استانبولی یا مشابه آن) قرار دهید . (این کار در این آزمایش ، یعنی با حلقه J لازم نیست و بجای آن حلقه قرار میگیرد) دستگاه را کاملاً با بتن بدون اعمال تراکم و ضربه پر کنید و بتن اضافی را به آرامی با ماله یا کمچه از سطح آن پاک کنید . دریچه تحتانی را پاک کنید و اجازه دهید بتن تحت وزن خود بیرون بریزد . همزمان با باز کردن دریچه تحتانی کرنومتر را روشن کرده و زمان خروج کامل بتن را به عنوان "زمان جريان" مشخص و ثبت نمائید . زمان خروج کامل بتن وقتی است که اگر از بالا به داخل دستگاه نگاه کنید نور دیده شود . کل آزمایش باید ظرف ۵ دقیقه انجام شود . با وجود حلقه J باید قطر متوسط بتن پهن شده بدست آید . (دو قطر عمود برهم) و بر حسب میلیمتر گزارش شود ضمناً باید اختلاف ارتفاع متوسط سطح بتن داخل و خارج قفس (در مجاورت میله های قائم) در چهار نقطه بدست آورد و گزارش گردد . همچنین باید وضعیت جداسدگی به ویژه در محیط اطراف توده بتن مورد بررسی قرار گیرد و گزارش شود .

۳-۳- تفسیر و ارزیابی نتایج آزمایش :

ترکیب آزمایش حلقه J با اسلامپ فلو و یا Orimet معمولاً از نظر قابلیت عبور حائز اهمیت است هر چند قابلیت پر کردن و روانی را نیز به نمایش میگذارد . مثلاً میتوان نتیجه این آزمایش توأم با اسلامپ فلو (آزمایش مقید) را با آزمایش اسلامپ فلو (غیر مقید) مقایسه نمود و مشاهده کرد چه تفاوتی حاصل شده است .

همچنین میتوان آزمایش Orimet محدود نشده را با آزمایش محدود شده توسط حلقه J مقایسه نمود. آزمایش Orimet یک آزمایش دینامیکی است و وضعیت بتن ریزی مداوم در عمل را تداعی میکند . بهرحال در این آزمایشهای توأم غالباً به دو نفر آزمایشگر نیاز است . نتایج آزمایش از نظر قابلیت روانی و عبور از یکدیگر مجزا و مستقل نیستند ، مگر اینکه با آزمایش غیر مقید و محدود مقایسه شود . قابلیت انسداد کمتر تحت تاثیر ویژگیهای روانی است و بوضوح میتوان گفت ، اختلاف بیشتر در اختلاف ارتفاع ها نشانه قابلیت عبور کم بتن میباشد . قابلیت انسداد (بلوکه شدن) و یا جداسدگی را میتوانید آشکارا دید که غالباً این مشاهده به ذکر نتایج کمی و محاسبات ارجح است .

۴-آزمایش قیف V و آزمایش قیف V در ۵ دقیقه (T5min)

۱- مقدمه :

این آزمایش در کشور ژاپن و توسط Ozawa و همکاران وی ابداع و توسعه یافته است . در واقع از یک قیف V شکل برای این آزمایش استفاده میشود و با تعیین زمان خروج بتن پر شده در آن قابلیت پر کردن (روانی) بدست می آید . حجم قیف ۱۲ لیتر و این وسیله برای با بتن هائی حداکثر اندازه سنگدانه ۲۰ میلیمتر کاربرد دارد . گاه در ژاپن و سایر کشورها از قیفی با مقطع دایرهای استفاده شده است که قیف O نام دارد .

در نوع دیگری از این آزمایش ، پس از پر کردن قیف اجاره میدهیم ۵ دقیقه در قیف بماند سپس زمان خروج بدست می آید که در این حالت زمان خروج جداسدگی را با توجه به افزایش قابل ملاحظه خود نشان میدهد .

۳-۳- تفسیر و ارزیابی نتایج آزمایش :

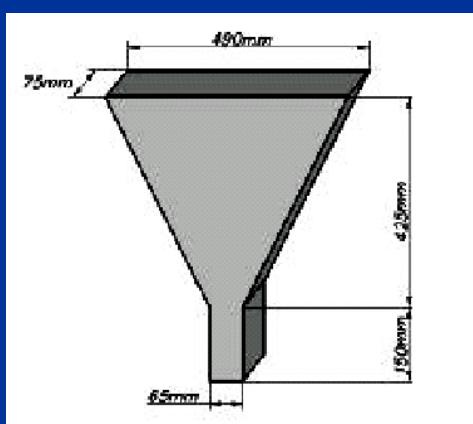
ترکیب آزمایش حلقه J با اسلامپ فلو و یا Orimet معمولاً از نظر قابلیت عبور حائز اهمیت است هر چند قابلیت پر کردن و روانی را نیز به نمایش میگذارد . مثلاً میتوان نتیجه این آزمایش توأم با اسلامپ فلو (آزمایش مقید) را با آزمایش اسلامپ فلو (غیر مقید) مقایسه نمود و مشاهده کرد چه تفاوتی حاصل شده است .

همچنین میتوان آزمایش Orimet محدود نشده را با آزمایش محدود شده توسط حلقه J مقایسه نمود . آزمایش Orimet یک آزمایش دینامیکی است و وضعیت بتن ریزی مدام در عمل را تداعی میکند . بهر حال در این آزمایشهای توأم غالباً به دو نفر آزمایشگر نیاز است . نتایج آزمایش از نظر قابلیت روانی و عبور از یکدیگر مجزا و مستقل نیستند ، مگر اینکه با آزمایش غیر مقید و محدود مقایسه شود . قابلیت انسداد کمتر تحت تاثیر ویژگیهای روانی است و بوضوح میتوان گفت ، اختلاف بیشتر در اختلاف ارتفاع ها نشانه قابلیت عبور کم بتن میباشد . قابلیت انسداد (بلوکه شدن) و یا جداشده‌گی را میتوانید آشکارا دید که غالباً این مشاهده به ذکر نتایج کمی و محاسبات ارجح است .

۴- آزمایش قیف V و آزمایش قیف V در ۵ دقیقه (T5min)

۱- مقدمه :

این آزمایش در کشور ژاپن و توسط Ozawa و همکاران وی ابداع و توسعه یافته است . در واقع از یک قیف V شکل برای این آزمایش استفاده میشود و با تعیین زمان خروج بتن پر شده در آن قابلیت پر کردن (روانی) بدست می آید . حجم قیف ۱۲ لیتر و این وسیله برای با بتن هائی حداکثر اندازه سنگدانه ۲۰ میلیمتر کاربرد دارد . گاه در ژاپن و سایر کشورها از قیفی با مقطع دایره‌ای استفاده شده است که قیف O نام دارد . در نوع دیگری از این آزمایش ، پس از پر کردن قیف اجازه میدهیم ۵ دقیقه در قیف بماند سپس زمان خروج بدست می آید که در این حالت زمان خروج جداشده‌گی را با توجه به افزایش قابل ملاحظه خود نشان میدهد .



۲- روش آزمایش :

۱- وسایل آزمایش :

قیف V مانند شکل ۴ ، سطل یا ظرف ۱۲ لیتری ، ماله (کمچه) ، سرتاس ، کرونومتر در این آزمایش بکار میروند .

شکل ۴ - قیف V

۴-۲-۲- نحوه انجام آزمایش :

در حدود ۱۲ لیتر بتن برای انجام آزمایش لازم است که باید طبق دستور استاندارد معمول نمونه گیری شده باشد و قیف V را روی جای محکمی قرار دهید . سطوح داخلی آنرا مرطوب نمایید . دریچه تحتانی را باز نگهدارید تا آب اضافی تخلیه شود . سپس دریچه را ببندید و یک سطل را زیر آن بگذارید . قیف را کاملًا با بتن بدون اعمال تراکم یا ضربه پر نمایید و بتن اضافی آنرا با ماله یا کمچه برداشته و سطح آنرا به آرامی صاف کنید . ۱۰ ثانیه پس از پر کردن قیف ، دریچه تحتانی را باز کنید و زمان خروج تمام بتن را ثبت و بعنوان زمان جریان قیف V یادداشت و گزارش نمایید . وقتی میتوان گفت که بتن خارج شده که اگر از بالا به داخل قیف نگاه کنیم نور را از زیر (بعلت خروج بتن) ببینیم . کل آزمایش باید ظرف ۵ دقیقه انجام شده باشد .

برای انجام آزمایش قیف V در T5min (زمان ۵ دقیقه) نباید سطوح داخلی قیف را پس از انجام آزمایش فوق پاک کنید یا مرطوب نمایید بلکه باید دریچه تحتانی را ببندید و مجددًا قیف را با سرعت و فوراً (پس از اندازگیری زمان جریان) پر نمایید . سطل را زیر آن بگذارید و با روشی که در فوق به آن اشاره شد باید قیف پر شده و سطح آن صاف گردد . ۵ دقیقه پس از اینکه قیف پر شد دریچه تحتانی را باز کنید و اجازه دهید بتن در اثر وزن خود خارج شود و زمان جریان را با روش فوق الذکر بدست آورید . در مراحل قبلی وقتی دریچه باز میشود باید بطور همزمان کرونومتر را بکار انداخت و پس از خروج بتن و مشاهده نور ، کرنومتر را از کار انداخت و زمان را قرائت نمود . در این مرحله زمان جریان را "زمان جریان در زمان ۵ دقیقه" مینامند .



۴-۳-تفسیر و ارزیابی نتایج آزمایش :

گرچه آزمایش قابلیت جریان را اندازه گیری مینماید نتیجه تحت تاثیر سایر خواص بتن نیز واقع میشود . بطور مثال اگر سنگدانه درشت زیادی در بتن موجود باشد موجب میشود بدلیل شکل قیف بخوبی جریان نیابد و انسداد صورت گیرد همچنین اگر بدلیل لزجت زیاد خمیر و یا اصطکاک زیاد بین ذرات ، بتن مانند خمیر سفت میشود و زمان جریان افزایش میباید وسیله آزمایش دارای شکل ساده ای است و اثر زاویه قیف و اثر جدار بر جریان روش نیست . نتیجه کمتر نشانه قابلیت روانی بیشتر است .

برای بتن SCC ، زمان جریان 2 ± 10 ثانیه مناسب در نظر گرفته شده است . شکل قیف (مخروط وارونه) جریان را مقید میکند و زمان جریان طولانی تر برخی مشخصه های مخلوط را در رابطه با انسداد بدست میدهد .

وقتی پس از ۵ دقیقه تأخیر و ماندن بتن در قیف زمان جریان را اندازه میگیریم ، جداشدگی ناشی از ته نشینی سنگدانه های بتن باعث افزایش جریان میشود . افزایش بیش از ۳ ثانیه ابدآ مناسب نیست و مسلماً کاهش زمان را نیز شاهد نخواهیم بود .

۵-آزمایش جعبه L (L Box test Method)

۵-۱-مقدمه :

این آزمایش بر اساس یک طرح ژاپنی برای بتن زیر آب (ترمی) بنا نهاده شده است و توسط Petersson مورد استفاده قرار گرفته و تشریح شده است . این آزمایش روانی بتن را مورد ارزیابی قرار میدهد و همچنین تا حدی قابلیت انسداد بتن را در برابر میلگردها نشان میدهد . دستگاه مربوطه در شکل ۵ نشان داده شده است . وسیله مورد نظر شامل یک جعبه با مقطع مستطیل و به شکل یک L میباشد و دارای یک بخش افقی و یک قسمت قائم است که توسط یک دریچه متحرک از یکدیگر جدا شده اند . در جلوی دریچه میلگردهائی بصورت قائم قرار دارد که پس از باز شدن دریچه بتن بخش قائم میتواند از دریچه و میلگردها عبور کرده و به بخش افقی وارد شود . با توقف جریان ارتفاع بتن در انتهای بخش افقی و بتن باقیمانده بخش قائم بدست میآید و از تقسیم ایندو برهم ، شبیب بتن در حالت سکون را نشان میدهد و قابلیت عبور از میله ها را به نمایش میگذارد . بخش افقی میتواند در فواصل ۲۰۰ و ۴۰۰ میلیمتری دریچه علامت گذاری شود و زمانهای رسیدن بتن به این نقاط اندازه گیری گردد . این زمانها بعنوان زمان T40,T20 شناخته میشود و مشخصه ای برای قابلیت پر کردن (روانی) است .

قطر میلگردها و فاصله آنها میتواند با آنچه در شکل آمده است متفاوت باشد و طبق شرایط واقعی پروژه تغییر یابد . معمولاً سه برابر حداکثر اندازه سنگدانه میتواند فاصله مناسب تلقی شود با این حال برای مشخص کردن قابلیت عبور بتن میتوان فواصل دیگری (کمتر یا بیشتر) را مد نظر قرار داد .

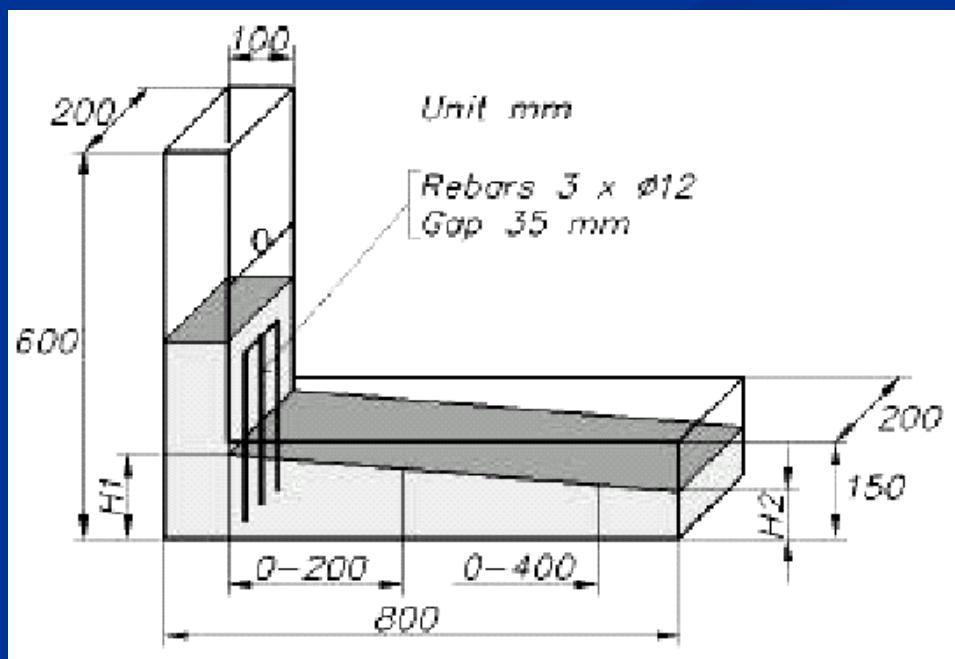
۲-۵- روشه آزمایش :

۱-۲-۵- وسایل آزمایش :

دستگاه جعبه L که با ماده محکم و غیر جاذب ساخته شده است و ترجیح دارد طلقی و از جنس Perspex , plaxiglass (مطابق شکل ۵) ماله یا کمچه ، سرتاس ، کرونومتر ، خط کش

۲-۲- نحوه انجام آزمایش :

حدود ۱۴ لیتر بتن مورد نیاز را که طبق استاندارد نمونه گیری شده است باید مورد استفاده قرار داد . ابتدا وسیله را روی سطح محکم و تراز (افقی) قرار دهید . مطمئن شوید که دریچه کشوئی بخوبی کار میکند و براحتی بالا و پائین میرود و دریچه را ببندید . داخل قسمت قائم را آب بریزید و دریچه را باز کنید تا آب خارج شود و بخش افقی نیز مرطوب گردد . بهر حال آب را از دستگاه خارج کنید . دریچه را بسته و بخش قائم را با بتن پر کنید . اجازه دهید بمدت یک دقیقه بتن در این قسمت باقی بماند . سپس دریچه را باز کنید تا بتن به بخش افقی وارد شود . همزمان باید کرونومتر را بکار اندازیم و زمان رسیدن بتن به علامت ۲۰۰ و ۴۰۰ میلیمتری اندازه گیری نمائیم وقتی بتن از حرکت باز ماند ارتفاع ارتفاع H₁,H₂ (در ابتدا و انتهای بتن) را اندازه گیری نمایید . نسبت H_1/H_2 را محاسبه کنید ، این نسبت را ضریب انسداد یا نسبت بلوکه شدن مینامند . تمام آزمایش باید ظرف ۵ دقیقه انجام شود .



شکل ۵- دستگاه موسوم به جعبه L با میلگرد های جلوی دریچه

۳-۵- تفسیر و ارزیابی نتایج آزمایش :

اگر بتن همچون آب جریان یابد $H_2/H_1 = 1$ میگردد . هر چه بتن نتواند بخوبی جریان یابد و از میلگردها رد شود نسبت مزبور از ۱ میشود و از یک فاصله میگیرد . گروه تحقیقات EU حداقل نسبت انسداد را $8/0$ پیشنهاد داده است این نسبت مشخصه ای برای سهولت جریان را نشان میدهد اما بطور کلی توافقی در مورد مقدار این نسبت وجود ندارد . درصورتیکه سنگدانه های درشت انسداد آشکاری را در پشت میلگردها بوجود آورد میتوان آنرا از طریق مشاهده مشخص نمود .

آزمایش جعبه L بصورت گستردۀ ای میتواند در آزمایشگاه مورد استفاده قرار گیرد و شاید بتوان در کارگاه نیز از آن بهره گرفت نتیجه آزمایش قابلیت پر کردن و عبور را نشان میدهد و مورد ارزیابی قرار میگیرد . همچنین فقدان پایداری جدی (جداشده) را میتوان با چشم مشاهده نمود . درصورتیکه جعبه از نوع طلقی و قابل مشاهده نباشد باید آنرا برید و داخل آنرا دید .

متاسفانه فعلاً در مورد جنس ، ابعاد و میلگردهای دستگاه توافقی وجود ندارد . بنابراین مقایسه نتایج موجود در تحقیقات ، مشکل بنظر میرسد روش نیست که اثر جداره دستگاه بر روانی بتن چگونه است ؟ اما قطر و فاصله میلگردها تا حدی باید مشابه وضعیت معمول در کارگاه باشد .

برای آزمایش دو نفر آزمایشگر (بویژه برای اندازه گیری زمان) لازم است . خطا تا حدی در این آزمایش از جانب آزمایشگر غیر قابل اجتناب است .

۶- آزمایش جعبه U (U Box Test Method)

۶-۱- مقدمه :

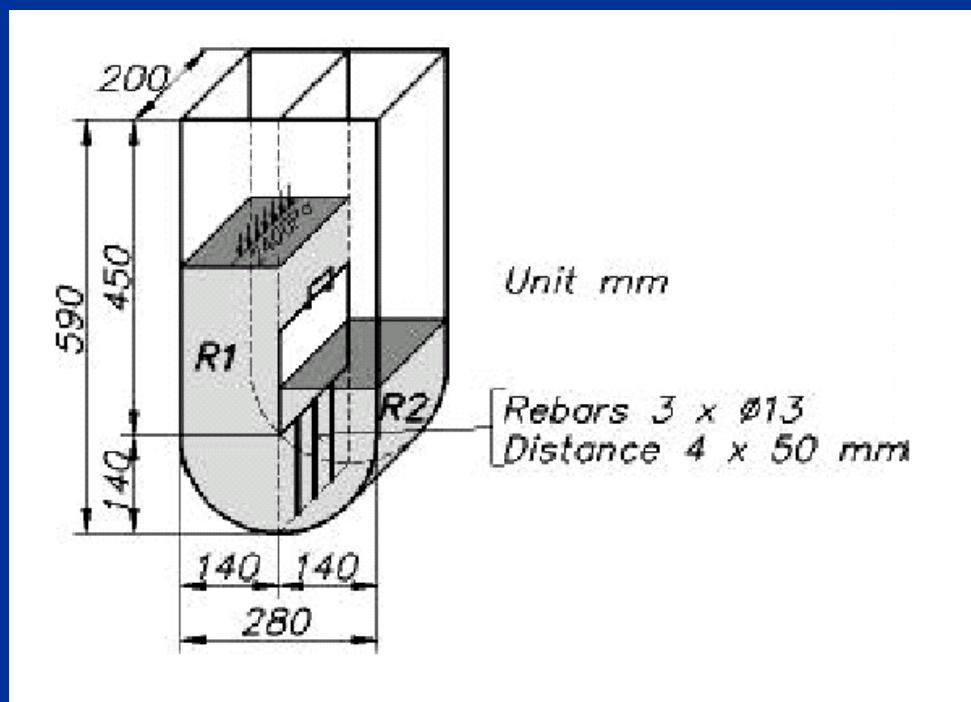
این آزمایش در مرکز تحقیقات تکنولوژی شرکت Taisei ژاپن ابداع و توسعه یافته است گاه این وسیله به شکل جعبه بوده و نام آن آزمایش جعبه شکل (Box- Shared Test) می باشد . این آزمایش برای اندازه گیری قابلیت پر کردن (روانی) بتن خودتراکم بکار میرود . وسیله مورد نظر شامل یک ظرفی است که بكمک یک دیواره میانی به دو بخش R2,R1 مانند شکل ۶ تقسیم شده است . دریچه کشوئی متحرکی بین دو قسمت تعییه شده است . میلیگردهای با قطر اسمی ۱۳ میلی متر در پشت دریچه قرار میگیرد که فاصله مرکز تا مرکز میلگردها ۵۰ میلیمتر (فاصله آزاد حدود ۳۵ میلیمتر) میباشد . بخش سمت چپ با حدود ۲ لیتر بتن پر میگردد و سپس دریچه بالا کشیده میشود و بتن به قسمت دیگر وارد میشود و به سمت بالا جریان میابد . سپس ارتفاع بتن در این قسمت اندازه گیری میشود . طرح دیگری از این جعبه با اصول مشابه ، توسط انجمن مهندسین عمران ژاپن (JSCE) بکار رفته و توصیه شده است .

۶-۲- روش آزمایش : ۶-۲-۱- وسایل آزمایش :

جعبه U شکل از جنس مواد غیر جاذب و سخت و محکم مانند شکل ۶ ، ماله یا کمچه ، سرتاس کرونومتر

۶-۲-۲- نحوه انجام آزمایش :

در حدود ۲۰ لیتر بتن برای انجام آزمایش لازم است که باید بطور معمول از نمونه گیری استاندارد بدست آید . دستگاه را روی سطح محکمی قرار دهید و مطئن شوید دریچه کشوئی به خوبی کار میکند و سپس دریچه را ببندید . سطح داخلی وسیله را مرطوب کرده و آب اضافی را تخلیه نمائید . یک قسمت از وسیله را با نمونه بتن پر کنید و اجازه دهید به مدت حدود یک دقیقه در این حالت باقی بماند . سپس دریچه را بالا کشیده و اجازه دهید بتن به بخش دیگر وارد شود . وقتی بتن از حرکت باز ایستاد ، ارتفاع H₂,H₁ را در هر دو قسمت دستگاه اندازه گیری نمائید . و سپس اختلاف ایندو یعنی (H₂-H₁) را بنام اختلاف ارتفاع پر کردن محاسبه نمائید . تمام آزمایش باید ظرف مدت ۵ دقیقه انجام گیرد .



شکل شماره ۶- جعبه U شکل



شکل شماره ۱



شکل شماره ۲



شکل شماره ۳



شکل شماره ۴



۶-۳- تفسیر و ارزیابی نتایج آزمایش :

اگر بتن مانند آب باشد $H1=H2=0$ میشود بنابراین اعداد نزدیک به صفر، روانی بهتری را به شما نمایش میگذارد . این آزمایش بسیار ساده است اما ساخت وسیله ممکنست کمی مشکل باشد . در این آزمایش ارزیابی خوبی از قابلیت پر کردن بدست میآید . در صورتیکه از میلگرد و در پشت دریچه (جلو دریچه) استفاده گردد و به نوعی قابلیت عبور نیز نشان داده میشود . فاصله ۳۵ میلیمتری بین میلگردها ممکنست کم بنظر برسد . در مورد اینکه آیا ارتفاع پر شده $H2$ به میزان کمتر از ۳۰ سانتیمتر میتواند برای این بتنها قابل قبول تلقی شود یا خیر هنوز شک وجود دارد .

۷- آزمایش جعبه پر کردن (Fill Box Test Method)

۷-۱- مقدمه :

این آزمایش بنام آزمایش Kajima نیز شناخته میشود . هدف آزمایش تعیین قابلیت پر کردن متن خود تراکم با حداکثر اندازه سنگدانه ۲۰ میلی متری است . وسیله آزمایش شامل یک ظرف شفاف (معمولًاً شیشه‌ای یا از نوع پلاکسی گلاس) با سطح صاف و تخت میباشد درون ظرف ۳۵ میله یا لوله بصورت مانع از جنس pvc با قطر ۲۰ میلیمتر و فاصله مرکز تا مرکز ۵۰ میلیمتر تعبیه شده است . در قسمت فوقانی یک لوله جهت پر کردن به قطر ۱۰۰ میلی متر و ارتفاع ۵۰۰ میلیمتر بهمراه قیفی به ارتفاع ۱۰۰ میلی متر تعبیه شده است ظرف مذبور پایین ریخته شده توسط لوله و قیف پر میگردد و اختلاف ارتفاع بین دو طرف ظرف بعنوان قابلیت پر کردن بدست میآید .

۷-۲- روش آزمایش :

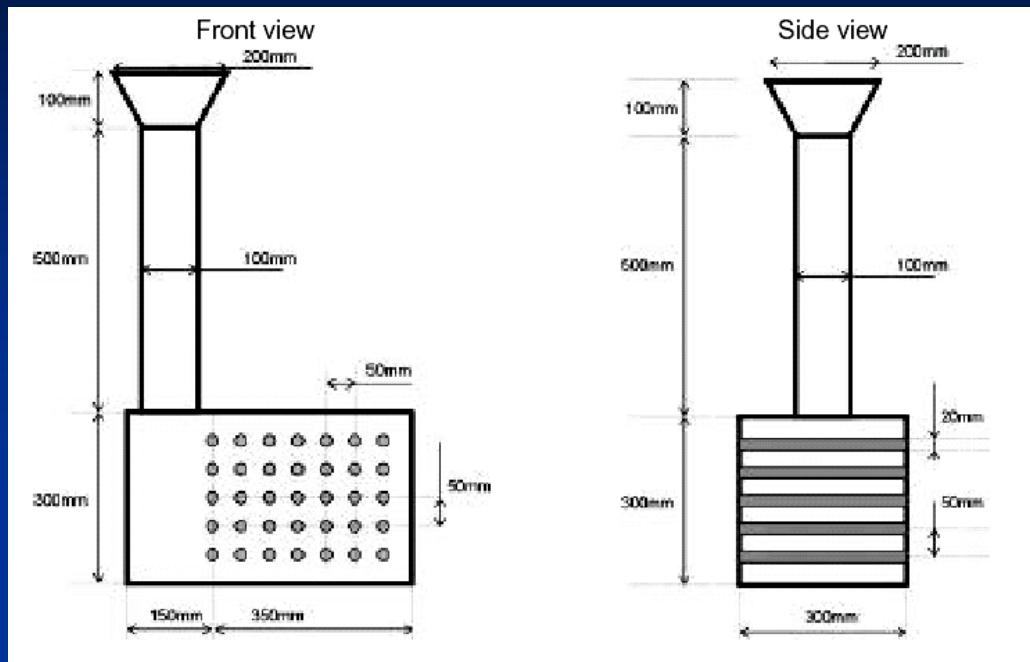
۷-۲-۱- وسایل آزمایش :

جعبه پر کردن از جنس طلقی یا شیشه ای شفاف و محکم و غیر جاذب طبق سرتاس به حجم ۱/۵ تا ۲ لیتر ، خطکش ، کرونومتر

۷-۲-۲- نحوه انجام آزمایش :

حدود ۴۵ لیتر بتن که طبق استاندارد نمونه گیری شده است برای این آزمایش لازم میباشد دستگاه را بصورت تراز روی زمین محکمی قرار دهید . سطوح داخلی وسیله را مرطوب کرده و آب اضافی را تخلیه نمایید با ریختن هر سرتاس بتن ۱/۵ تا ۲ لیتری در هر ۵ ثانیه از طریق قیف و لوله ، ظرف را تا رسیدن بتن به اولین سطح بالائی میله های مانع پر نمایید . پس از اینکه بتن به حالت سکون در آمد، ارتفاع بین در هر طرف ظرف را در دو محل اندازه گیری نمایید و میانگین هر کدام را بدست آورید . بدین ترتیب $h1, h2$ در دو سمت بدست میآید درصد متوسط پر کردن F از رابطه زیر بدست میآید
کل آزمایش باید در مدت ۸ دقیقه انجام گردد.
$$F = \{(h1+h2) / 2 * h1\} * 100\%$$

$$F = \{(h_1 + h_2) / 2 * h_1\} * 100\%$$



شکل ۷- نمای قائم و جانبی وسیله آزمایش جعبه پرکردن (Kajima)



۳-۷- تفسیر و ارزیابی نتایج آزمایش :

اگر بتن مانند آب فرض شود نتیجه درصد متوسط پر کردن برابر ۱۰۰ درصد بدست می آید بنابراین نزدیکی به ۱۰۰ درصد مطلوبتر است . انجام آزمایش در کارگاه بدليل پیچیدگی ساختمان دستگاه و وزن زیاد بتن مورد استفاده مشکل میباشد . این آزمایش نشان میدهد حتی اگر بتنی قابلیت پر کردن و روانی خوبی را داشته باشد اما قابلیت عبور و مقاومت به جداشده‌گی ضعیفی را دارا باشد نتیجه خوب نخواهد بود .

۸- آزمایش پایداری شبکه (الک) GTM :

۱-۸- مقدمه :

این آزمایش توسط یک پیمانکار فرانسوی بنام GTM برای ارزیابی مقاومت در برابر ارزیابی مقاومت در برابر جداشده‌گی (پایداری) بتن خودتراکم ابداع شده و توسعه یافته است . در این آزمایش نمونه ۱۰ لیتری بتن در حالت سکون قرار میگیرد تا جداشده‌گی داخلی احتمالی آن صورت گیرد . سپس با ریختن نیمی از آن روی الک به قطر ۳۵۰ میلیمتر و اندازه چشمeh ۵ میلیمتر اجازه میدهم از آن عبور کرده و به درون زیر الکی بریزد . پس از ۲ دقیقه ملات عبوری از الک وزن میشود و بصورت درصدی از وزن نمونه اولیه بتن روی الک گزارش میگردد .

۲-۸- روش آزمایش :

۲-۸-۱- وسایل آزمایش :

یک ظرف یا سطل در دار به حجم ۱۰ لیتر ، الک به قطر ۳۵۰ میلیمتر و چشمeh ۵ میلیمتر ، زیر الکی ، ترازو به ظرفیت ۲۰ کیلو گرم و دقت حداقل ۲۰ گرم ، کرونومتر و ...

۲-۸-۲- نحوه انجام آزمایش :

حدود ۱۰ لیتر نمونه بتن لازم است تا آزمایش انجام گردد . ابتدا بتن را در یک ظرف در دار (برای جلوگیری از تبخیر) به مدت ۱۵ دقیقه نگهداری کنید . سپس سطح بتن را بررسی کنید و مسئله آب انداختن را مورد توجه قرار دهید و گزارش کنید وزن زیر الکی خالی در این مدت بدست آورید . حدوداً ۲ لیتر از بتن فوقانی داخل سطل در دار به وزن $4/8 \pm 0.2$ کیلو گرم را از طریق خالی کردن سطل در یک ظرف یا سرتاس بزرگ بریزید و وزن بتن ریخته شده و ظرف را بدست آورید . سپس این بتن را به آرامی از ارتفاع ۵۰۰ میلیمتر و بطور پیوسته روی الک بریزید در حالیکه زیر الکی را در زیر الک قرار داده اید . جرم بتن ریخته شده روی الک را با کسر وزن ظرف خالی از وزن ظرف بتن مشخص نمایید (Ma) اجازه دهید به مدت ۲ دقیقه ملات بتن از الک به داخل زیر الکی سرازیر شود . سپس با توزین زیر الکی و ملات ، وزن ملات داخل آنرا بدست آورید (Mb) . درصد وزن ملات به بتن را بعنوان ضریب یا نسبت جداشده‌گی محاسبه و گزارش نمایید .

$$(\text{Mb/Ma}) = \text{ضریب یا نسبت جدا شده} \times 100$$

۳-۸- تفسیر و ارزیابی نتایج آزمایش :

مشاهدات تجربی حاکی از آنست که اگر درصد ملات عبوری از الک بین ۵ تا ۱۵ درصد وزن نمونه باشد ، پایداری در برابر جداشده‌گی رضایت بخش است . نتایج زیر ۵ درصد نشانه پایداری و مقاومت شدید در برابر جداشده‌گی است و بنظر میرسد بر ظاهر بتن در امر پرداخت سطح اثر بد بگذارد . نتایج بیش از ۱۵ درصد و بویژه بالای ۳۰ درصد نماینگر جداشده‌گی شدید است .

مهندسييني که اين آزمایش را بکار گرفته‌اند ميگويند اين آزمایش راه بسیار مؤثری در ارزیابی پایداری بتن خود تراکم در برابر جداشده‌گی است . بهر حال علیرغم سادگی آزمایش ، سرعت آن مناسب نیست و آزمایش کندی محسوب ميشود و نياز به توزيع و دقت در آن دارد و لذا بعنوان آزمایش کارگاهی چندان مناسب نمیباشد . قابلیت تکرار نتایج آزمایش نیز تأمل بر انگیز است .

۹- آزمایش روزنه (Orimet Test یا Meter Orifice Rheometer) :

۹-۱- مقدمه :

این آزمایش در دانشگاه Paisley تعمیم یافته است و روشی برای ارزیابی کارآئی زیاد مخلوطهای بتن روان مصرفی در کارگاههای اجرائی است . این وسیله در شکل ۹ مشاهده میشود .

آزمایش بر این اصل استوار است که بتن از یک روزنه فرو میریزد و سنجش رئومتری روزنه ای انجام میگردد . دستگاه شامل یک لوله قائم برای ریختن بتن میباشد که به یک روزنه مخروطی شکل وارونه قابل تعویض مجهز است که در پائین لوله قرار دارد و دارای دریچه ای است که میتوان آنرا سریع باز یا بسته نمود . روزنه معمولاً قطر داخلی ۸۰ میلیمتر را دارا است که برای آزمایش مخلوطهای با حداقل اندازه سنگدانه کمتر از ۲۰ میلیمتر مناسب میباشد . روزنه‌های دیگر که معمولاً بین ۷۰ تا ۹۰ میلیمتر قطر دارند میتوانند بجای روزنه معمولی بکار روند .

با ریختن بتن درون لوله و پر کردن آن و باز کردن دریچه تحتانی لوله میتوان بسادگی زمان تخلیه آنرا اندازه گیری نمود .

۲-۹- روشن آزمایش :

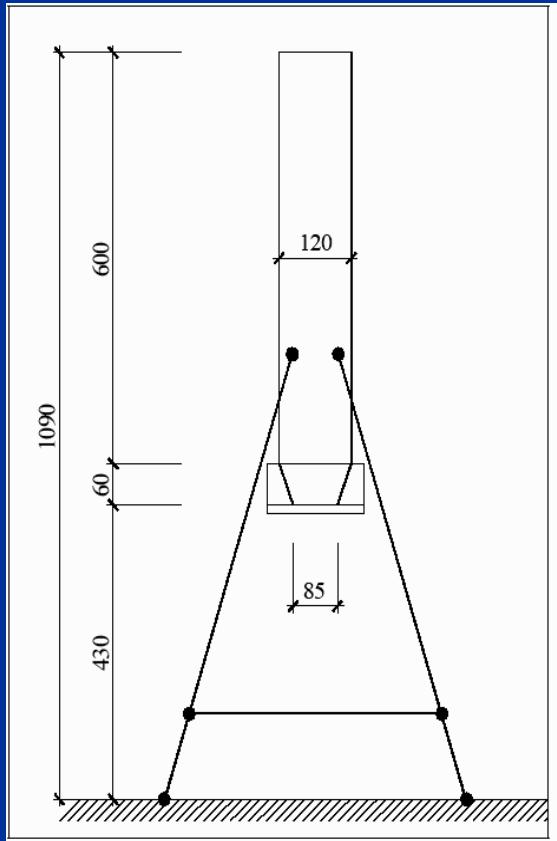
۲-۹-۱- وسایل آزمایش :

وسیله Orimet که از مصالح سخت و محکم و غیر جاذب ساخته شده است طبق شکل روبرو سطل با ظرفیت حدود ۱۰ لیتر ، سرتاس ، کرونومتر ، ماله یا کمچه



۲-۹-۲- نحوه انجام آزمایش :

حدود ۸ لیتر بتن نمونه گیری شده طبق دستور استاندارد برای انجام آزمایش ضروری است . دستگاه را روی سطح محکم قرار دهید و سطوح داخلی آنرا مرطوب نمایید و آب اضافی را تخلیه کنید . دریچه تحتانی را ببندید و سطل را زیر لوله و دریچه قرار دهید . سپس وسیله را بتن بودن هرگونه ضربه یا لرزش پر کنید و بتن اضافی را با ماله یا کمچه بدون ضربه به آرامی بردارید و سطح آنرا صاف و تراز کنید .



شکل ۹- وسیله آزمایش روزنه

دریچه را باز کرده و اجازه دهید تحت وزن خود ، بتن جریان یابد . زمان تخلیه را با کرونومتر اندازه بگیرید و بعنوان زمان جریان گزارش نمایید . لازم به ذکر است دریچه باید ۱۰ ثانیه پس از پر کردن و صاف کردن سطح بتن لوله باز شود و کل آزمایش باید در طی مدت ۵ دقیقه انجام گردد .

۳-۹- تفسیر و ارزیابی نتایج آزمایش :

این آزمایش معیاری برای سهولت روانی و جریان بتن است . زمانهای کمتر نشانه قابلیت روانی بیشتر میباشد . برای بتن های خودتراکم زمانهای کمتر از ۵ ثانیه مناسب است . قیف وارونه جریان را مقید و محدود میکند و زمان را طولانی تر مینماید و میتواند مشخصه و معیاری برای قابلیت مسدود شدن یا جدا شدگی به حساب آید .

این آزمایش میتواند شبیه به ریختن بتن بصورت واقعی در کارگاه باشد و روانی بتن را مورد ارزیابی قرار دهد . این آزمایش سریع میباشد و دارای وسیله ساده ای است که براحتی در محل مستقر میشود. این آزمایش ویژگیهای مفیدی را در رابطه با تمایز بتن های کارا و مخلوطهای روان از غیر روان دارد و میتواند در کارگاه بصورت متوالی بعنوان کنترل بکار رود . اندازه گیری زمان معمولاً حاوی خطاست و مانند سایر آزمایشهای که در آن به اندازه گیری زمان نیاز است بهترین حالت استفاده از دو نفر آزمایشگر میباشد .

تهیه و تنظیم : دکتر محسن تدین

پیوست B) نکات مهم راهنمای بتن خودتراکم

ترجمه و تنظیم : محسن تدین

۱- دامنه کاربرد :

دامنه کاربرد نکات راهنمای شامل توصیه های عملی در ارتباط با نکاتی است که در مشخصات ذکر نشده است . دستورالعملهای ملی گاه بدليل دسترسی به سیمانها و مواد کمکی ، خواص سنگدانه ها یا شرایط اقلیمی دارای تفاوت هایی هستند .

شبکه اروپائی EFNARC در زمینه اجرای حرفة ای نکاتی را در ارتباط با مفاهیم مفید تجربی در طراحی ، تولید و ریختن بتن خودتراکم بدین ترتیب ارائه می دهد .

۲- الزامات و نیازمندی های مواد متشکله :

۲-۱- سیمان :

همه انواع سیمان که منطبق بر EN197 باشند مناسب هستند . انتخاب نوع سیمان به خواسته های بتن ارتباط دارند که به مقاومت و دوام و غیره بستگی دارد .

C3A سیمان بالاتر از ۱۰ درصد موجب حفظ کارآئی ضعیف میگردد و با افت کارآئی زود هنگام مواجه میشویم . عیار سیمان معمولاً بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ کیلو گرم در متر مکعب میباشد . عیار سیمان بالاتر از ۵۰۰ kg/m³ خطرناک میتواند تلقی شود و موجب افزایش جمع شدگی گردد . عیار سیمان کمتر از ۳۵۰ kg/m³ فقط وقتی میتواند مناسب باشد که سایر مواد زیر پرکننده مانند خاکستر بادی و پوزولان و غیره در بتن موجود باشد .

۲-۲- سنگدانه ها :

۲-۲-۱- ماسه (سنگدانه ریز) :

همه ماسه هایی که برای بتن معمولی بکار میروند برای بتن خودتراکم نیز مناسب است ماسه های شکسته و گرد گوشه میتواند مصرف شود . ماسه های سیسیلی و کربناتی آهکی نیز قابل مصرف است . مقدار مواد ریزتر از ۰/۱۲۵ میلیمتر بعنوان پودر تلقی میشود و از نظر رئولوژیکی برای بتن خودتراکم خیلی مهم است . حداقل مقدار مواد ریزدانه (پودر که از مواد چسباننده و ماسه تشکیل میشود) باید تأمین گردد تا از جدادشگی پرهیز و اجتناب نشود .

۲-۲-۲- سنگدانه درشت (شن) :

همه انواع سنگدانه درشت بتن معمول مناسبند . حداکثر اندازه سنگدانه بطور کلی ۱۶ تا ۲۰ میلیمتر میباشند هر چند سنگدانه هایی به درشتی ۴۰ میلیمتر یا بیشتر نیز در بتن خودتراکم بکار رفته است . پیوستگی و انسجام دانه بندی سنگدانه از اهمیت حیاتی برخوردار میباشد .

با توجه به خصوصیات انواع مختلف سنگدانه ، سنگدانه های شکسته موجب بهبد خصوصیات مقاومتی میشود زیرا قفل و بست و درگیری ذرات تیز گوشه بهتر است ، در حالیکه سنگدانه های گرد گوشه ، جریان و روانی را بدليل اصطکاک داخلی کمتر بهبد می بخشد . سنگدانه هائی با دانه بندی ناقص (نایپوسته) غالباً بهتر از پیوسته هستند که اصطکاک داخلی بیشتری را ایجاد و روانی را کاهش میدهند.

۲-۳- افزودنیها :

بهترین افزودنیها ، فوق روان کننده ها یا کاهندهای قوى آب می باشند (Spor HRWRA) که بیش از ۲۰ درصد کاهش آب را بوجود می آورند . مصرف توأم روان کننده معمولی و فوق روان کننده توصیه شده است . استفاده از اصلاح کننده های لزجت (VMA) امکان بیشتری را برای کنترل جداشده بیشتر هنگامی که میزان پودر محدود است بوجود می آورد . این نوع افزودنی به ایجاد همگنی بسیار خوب و کاهش تمایل به جداشده بیشتر کمک میکند .

۴- مواد کمکی (اضافی) :

مواد کمکی معمولاً برای بتن خودتراکم بدليل نیاز به مواد ریز اضافی بکار میروند همه مواد کمکی منطبق بر استانداردهای اروپا برای این کار مناسبند . بخار نیاز به خواص رئولوژیکی خاص در این نوع بتن ، مواد کمکی خنثی یا فعال برای بهبد و حفظ کارآئی بکار میروند تا ضمن تنظیم و کاهش عیار سیمان ، گرمایشی کاهش یابد . مواد کمکی نوع ۲ (II) میتواند بطور قابل توجهی عملکرد دراز مدت بتن را بهبد بخشد . میزان مواد کمکی (پرکننده) به مواد چسباننده در حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد توصیه میشود .

۵- الیاف :

الیاف مصنوعی بسیار ریز ممکنست از جریان و روانی بتن جلوگیری نماید بطور کلی عیار آن نباید از ۱ کیلوگرم بر متر مکعب تجاوز نماید (مانند الیاف پروپیلنی که از پلمرهای کم ضخامت و ریز و با طولهای متفاوت و دلخواه تشکیل شده اند و در ایران نیز تولید میشود - مترجم)

۳- نیازهای بتن خودتراکم :

بتن خودتراکم از نظر خواص بتن تازه و بواسطه سهولت ریختن از بتن معمولی و سنتی متفاوت تلقی میشود . مفاهیم و ابعاد مختلف کارآئی که با قابلیت پر کردن ، قابلیت عبور و مقاومت در برابر جداشده بیشتر میشود نیاز به کنترل دقیق دارد تا بتوان بتن را از نظر قابلیت ریختن قابل قبول تلقی نمود .

۱-۳- کارآئی :

سطح سیالیت بتن خودتراکم عمدتاً به میزان مصرف فوق روان کننده بستگی دارد ، هر چند مصرف بیش از حد این مواد میتواند منجر به جداشدگی و انسداد گردد . بنابراین برای تأمین خصوصیات بتن خودتراکم نیاز به کنترل دقیق کارآئی با استفاده از حداقل ۲ نوع آزمایش متفاوت داریم.

۲-۳- پایداری در برابر جداشدگی :

بدلیل روانی و سیالیت زیاد بتن خودتراکم خطر جداشدگی و انسداد بسیار زیاد است . بنابراین جلوگیری از جداشدگی از اهمیت زیاد برخوردار است تمایل به جداشدگی میتواند با استفاده از مقادیر کافی ریز دانه (ریزتر از ۱۲۵/۰ میلیمتر) یا بکارگیری (VMA) کاهش یابد .

۳-۳- زمان کاری (Open Time) :

زمانی که بتوان با بتن خودتراکم و با خواص رئولوژیکی مطلوب کار کرد تا نتایج خوبی را در امر جایدهی بدست آوریم از اهمیت برخوردار است . این زمان را میتوان با انتخاب نوع مناسب فوق روان کننده یا ترکیب این مواد با روان کننده ها و دیرگیر کننده ها بدست آورد و تأمین نمود افزودنیهای مختلف خواص متفاوتی را بر زمان کاری دارند و بسته به نوع سیمان در زمان حمل و ریختن بکار میروند .

۴- طرح مخلوط :

۴-۱- کلیات :

انتخاب و تعدیل طرح مخلوط میتواند طبق روش زیر به انجام رسد .
در طرح مخلوط بسیار مفید خواهد بود که از نسبت های حجمی بجای وزنی استفاده نمائیم . در صورتیکه عملکرد رضایت بخش حاصل نگردد ، توجه به طراحی مجدد اصولی مخلوط باید مد نظر قرار گیرد . بسته به نوع شکل ، اقدامات زیر میتواند به صورت مقتضی به انجام رسد .

- استفاده از انواع مختلف پر کننده (درصورت امکان) و مصرف مقادیر اضافی پر کننده
- اصلاح نسبت ها و سهم ماسه و شن
- استفاده از ماده اصلاح کننده لزجت (درصورتیکه) در مخلوط مصرف نشده باشد
- تنظیم و تعدیل میزان مصرف فوق روان کننده و یا اصلاح کننده لزجت
- استفاده از انواع دیگر فوق روان کننده و یا اصلاح کننده لزجت بنحوی که با مواد موجود سازگارتر باشد
- تغییر میزان نسبت آب به مواد با اصلاح مقدار آب به کمک تغییر مصرف افزودنی

۴-۲-۴- روش طرح اختلاط :

مثالی از روش طراحی مخلوطهای بتن خودتراکم در زیر ارائه میشود . این روش بر اساس تعمیم کار Okamura بنا نهاده شده است . باید بدانیم نتیجه این روش ممکنست با آنچه در بخش ۷-۲-۷- ارائه شده است متفاوت باشد . ترتیب کار به شرح زیر میباشد .

الف) مشخص نمودن مقدار درصد هوای مطلوب (غالباً ۲ درصد)

ب) تعیین حجم سنگدانه درشت (شن)

ج) تعیین مقدار ماسه (سنگدانه ریز)

د) طرح مخلوط خمیر بتن

ه) تعیین نسبت بهینه آب به پودر و میزان مصرف فوق روان کننده در ملات

و) ارزیابی خواص بتن به کمک آزمایشهای استاندارد

مشخص نمودن درصد هوای مطلوب : بطور کلی ۲ درصد هوا در بتن منظور میشود و ممکنست مقدار هوا برای ایجاد دوام در برابر یخ بندان و آبشدگی به میزان بالاتری در نظر گرفته شود .

۴-۲-۴- مشخص نمودن درصد هوای مطلوب :

بطور کلی ۲ درصد هوا در بتن منظور میشود و ممکنست مقدار هوا برای ایجاد دوام در برابر یخ بندان و آبشدگی به میزان بالاتری در نظر گرفته شود.

۴-۲-۴- تعیین حجم سنگدانه درشت (شن) :

حجم شن با توجه به دانسته حجمی آن مشخص میشود . بطور کلی حجم سنگدانه درشت ($D>4\text{mm}$) بایستی بین ۵۰ تا ۶۰ درصد باشد .

وقتی حجم سنگدانه درشت در بتن از حد معینی تجاوز کند ، فرصت برای اصطکاک و تماس بین ذرات شن سریعاً افزایش می یابد و خطر مسدود شدن در حین عبور بتن از فضای بین میلگردها زیاد میشود و قابلیت عبور کم میشود . مقدار بهینه سنگدانه درشت به عوامل زیر بستگی دارد .

- حداکثر اندازه سنگدانه ، با کاهش حداکثر اندازه ، سهم سنگدانه درشت بالاتر میرود .

- گردگوشه گی و تیز گوشگی سنگدانه های گردگوشه ، سهم سنگدانه درشت میتواند بیشتر از سنگدانه شکسته باشد .

۴-۳-۲- تعیین مقدار ماسه :

در این ، ماسه به سنگدانه های بزرگتر از $125/0$ میلیمتر و کوچکتر از ۴ میلیمتر اطلاق میگردد . مقدار ماسه به کمک دانسته حجمی آن مشخص میشود . درصد حجمی بهینه ماسه در ملات بین ۴۰ تا ۵۰ درصد بسته به خواص خمیر تغییر میکند .

۴-۲-۴ طرح مخلوط خمیری:

در ابتدا نسبت آب به پودر برای روانی صفر (β_p) در خمیر بکمک انتخاب نسبت های سیمان و مواد کمکی (اضافی) تعیین میشود. آزمایشهای مخروط روانی با نسبتهای حجمی آب به پودر مختلف مانند $1/1$ ، $1/2$ ، $1/3$ ، $1/4$ انجام میشود که در آن از ترکیب های انتخابی پودر استفاده میگردد. نمونه مثالی از اینکار در شکل ۱ دیده میشود . نقطه تقاطع خط ترسیمی با محور قائم مقدار β_p (برای روانی صفر) را بدست میدهد . این مقدار β_p عمدتاً برای کنترل کیفی آب مورد نیاز برای مقادیر جدید سیمان و پرکننده بکار میرود .

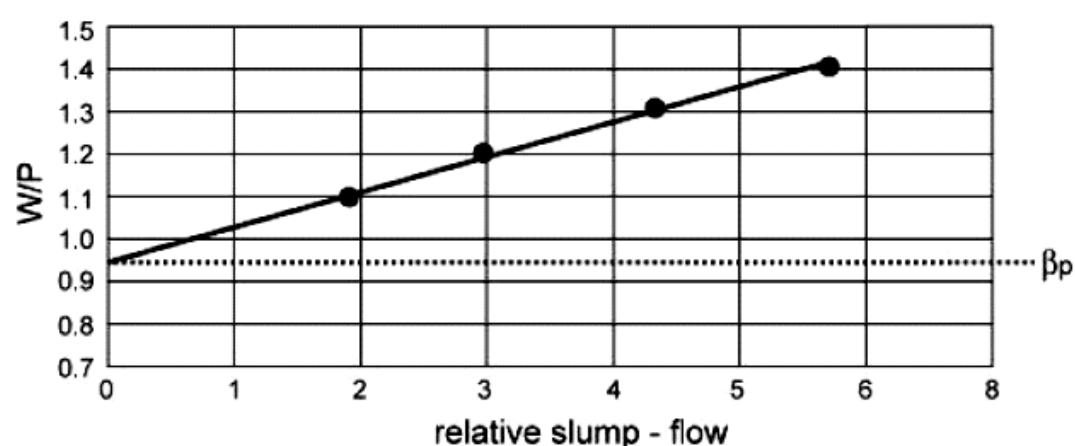
۴-۵-۲-۴- تعیین نسبت حجمی آب به پودر و فوق روان کننده در ملات :

آزمایشهای با مخروط روانی و قیف V برای ملات با نسبتهای مختلف آب به پودر و در محدوده β_p بین $0/8$ تا $0/9$ و مقادیر مختلف فوق روان کننده انجام میشود . فوق روان کننده به منظور تعدیل خواص رئولوژیکی خمیر بکار گرفته میشود .

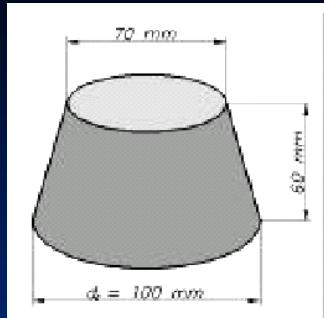
حجم ماسه در ملات همان مقدار تعیین شده در بندهای قبلی (۳-۲-۴) باقی میماند . مقدار مطلوب اسلامپ فلو (برای ملات) 24 تا 26 سانتی متر است در حالیکه در آزمایش قیف V زمان مطلوب 7 تا 10 ثانیه (برای ملات) میباشد .

در اسلامپ فلو 24 تا 26 سانتیمتر هنگامیکه زمان قیف V کمتر از 7 ثانیه است نسبت آب به پودر را کاهش دهید . در اسلامپ فلو هدف (24 تا 26 سانتی متر) وقتی قیف V نتیجه بیش از 11 ثانیه را میدهد باید نسبت آب به پودر افزایش یابد اگر این معیارها و ضابطه ها بر آورده نشود ، این نسبتها و ترکیب مصالح خاص ناکافی بنظر میرسد . آزمایش دیگر با فوق روان کننده متفاوت ارجحیت دارد . راه حل دوم استفاده از ماده کمکی جدید و در نهایت سیمان جدید میباشد .

Figure A.1 Determination of water powder ratio β_p



شکل ۱ - تعیین β_p

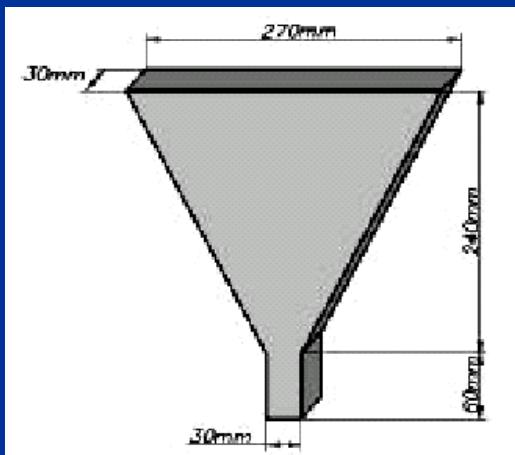


Definition of $\Gamma_{p/m}$:

$$\Gamma_{p/m} = (d/d_0)^2 - 1$$

where:
 $d = \frac{1}{2}(d_1 + d_2)$

شکل ۲- مخروط روانی برای تعیین اسلامپ فلو نسبی RSF ملات افزودنی فوق روان کننده



شکل ۳- قیف ۷ برای تعیین زمان جریان ملات

۴-۲-۶- آزمایش‌های بتن:

وقتی ترکیب بتن پس از تعیین مخلوط ملات مشخص شد مقدار بر اساس آزمایش‌های روانی (کارآئی) بتن دقیقاً انتخاب می‌شود.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.