

عنوان اختراع :

دستگاه نفوذ گوی به داخل نمونه های تازه بتن خودتراکم

زمینه فنی :

بخش ه : ساختمان ها و بناهای ثابت زیر بخش ساختمان

مخترع :

مصطفی خانزادی

سید رضا باقری

محمد رضا نبی زاده شهر بابک

توصیف اختراع

مشکل فنی و اهداف

بتن خود تراکم یا بتن خود تحکیم به بتن با کارایی زیاد گفته می شود که تحت اثر وزن خود جاری شده و با حفظ همگنی از میان اعضای سازه ای پرازدحام و قالب های کوچک عبور کرده بدون هیچ گونه جداسدگی یا آب انداختگی ، فضای خالی قالب را پر می کند. این نوع بتن علاوه بر روانی بالا می بایست از قابلیت عبور مناسب و توانایی لازم برای حفظ همگنی برخوردار باشد. با توجه به این که روانی و مقاومت جداسدگی دو امر متضاد با یکدیگرند یکی از مهمترین امور در طراحی این نوع بتن حفظ تعادل در میزان روانی و مقاومت جداسدگی آن می باشد. مقاومت جداسدگی یکی از مهمترین مسائل در بتن خود متراکم می باشد زیرا ویسکوزیته و تنش تسلیم کم این نوع بتن شرایط را برای وقوع چنین اتفاقی مهیا می سازد. مقاومت جداسدگی کم باعث کاهش توانایی جریان بتن ، افزایش میل به انسداد در مقاطع دارای میلگرد ، افزایش جمع شدگی ناشی از گیرش بتن و همچنین ایجاد مقاومت فشاری غیر یکنواخت در بتن سخت شده می گردد. مزایای قابل توجه بتن خودتراکم نظیر اجرای سریعتر ، کاهش نیروی انسانی ، پرداخت بهتر سطوح بتنی ، جابدهی آسانتر ، آزادی عمل بیشتر در طراحی مناطق پرازدحام ، کاهش سر و صدا ، دوام بیشتر و امکان استفاده از از مقاطع نازک تر منجر به توسعه روز افزون استفاده از این بتن گردیده است.

مهمترین ویژگی بتن خود تراکم ، کارایی بالا ، روانی ، قابلیت جریان و حفظ همگنی می باشد. روانی فوق العاده این بتن به قدری است که کارایی آن با معیارهای کارایی در بتن معمولی ، قابل اندازه گیری نمی باشند. بنابراین لازم است کارایی در این بتن توسط ابزار و تجهیزات خاصی ارزیابی شود. لذا قسمتی از تحقیقات محققین به ابداع و یا معرفی این روش ها و تجهیزات اختصاص یافته است.

مفهوم پایداری بتن تازه و اهمیت آن

منظور از پایداری بتن تازه ، توانایی حفظ همگنی بتن و مقاومت در برابر جداسدن هر یک از اجزای متشکله آن ، در تمام زمان جاری شدن و گیرش بتن می باشد. بنابراین در صورتی یک بتن تازه پایدار نامیده می شود که کلیه اجزا تشکیل دهنده آن توزیع یکنواخت داشته باشند. به طور کلی پایداری بتن به دو دسته پایداری دینامیکی و پایداری استاتیکی تقسیم می شود. پایداری دینامیکی به معنای مقاومت بتن در برابر جداسدن اجزای تشکیل دهنده آن در حین اختلاط ، حمل و نقل ، بتن ریزی و پر کردن قالب می باشد. بتن خود تراکم علاوه بر حفظ همگنی در حالت دینامیکی باید پس از اتمام بتن ریزی و زمانی که بتن در حالت سکون قرار دارد نیز همگنی خود را حفظ کند به این نوع پایداری ، پایداری استاتیکی گفته می شود که شامل مقاومت در برابر آب انداختگی ، جداسدگی و ته نشینی زمانی که بتن ریزی و قالب گیری بتن تمام شده است و بتن هنوز در حالت خمیری قرار دارد می باشد.

جداشدگی

مقاومت جداشدگی یکی از مهمترین مسائل در بتن خود متراکم می باشد زیرا ویسکوزیته و تنش تسلیم کم این نوع بتن شرایط را برای وقوع چنین اتفاقی مهیا می سازد. مقاومت جداشدگی کم باعث کاهش توانایی جریان بتن ، افزایش میل به انسداد در مقاطع دارای میلگرد ، افزایش جمع شدگی ناشی از گیرش بتن و همچنین ایجاد مقاومت فشاری غیر یکنواخت در بتن سخت شده می گردد. جداشدگی به تفکیک و جداشدن سنگدانه های درشت از ماتریس در طول حمل و نقل ، بتن ریزی و یا در زمان گیرش بتن تازه گفته می شود. جداشدگی عموماً در اثر تفاوت در وزن مخصوص مصالح تشکیل دهنده بتن و لزجت نسبتاً کم ملات اتفاق می افتد و احتمال وقوع آن در بتن خود تراکم به دلیل روانی زیاد این نوع بتن بسیار زیاد است.

به طور کلی جداشدگی به دو دسته جداشدگی استاتیکی و دینامیکی تقسیم می شود. جداشدگی دینامیکی به حالتی گفته می شود که سنگدانه ها در حین حرکت جدا می شوند. این نوع جداشدگی عموماً به صورت یک لایه خمیر یا ملات در مسیر جریان مشاهده می شود. نمونه دیگری از جداشدگی ، جداشدگی استاتیکی می باشد که عبارت است از جداشدن سنگدانه های درشت ، تحت اثر نیروی وزن خود ، هنگامی که بتن در حالت سکون قرار دارد. در اثر این نوع جداشدگی ، سنگدانه های درشت در پایین قالب جمع می شود و لایه ای از ملات در بالای آن قرار می گیرد.

در برخی از مراجع جداشدگی دینامیکی ، جداشدگی در راستای افقی و جداشدگی استاتیکی ، جداشدگی در راستای قائم نامیده شده است. البته با توجه به اینکه جداشدگی در حین حرکت قائم بتن نیز ممکن است اتفاق بیفتد ، استفاده از تعبیر جداشدگی استاتیکی و دینامیکی مناسبتر از جداشدگی افقی و قائم می باشد.

مکانیزم جداشدگی استاتیکی و دینامیکی بسیار متفاوت است. در برخی از موارد جداشدگی استاتیک و دینامیک در یک بتن همزمان رخ نمی دهد لذا آزمایش های جداشدگی استاتیک نمی تواند برای تعیین جداشدگی دینامیک به کار رود. به هر حال هر دو نوع جداشدگی باعث ناهمگنی توزیع درشت دانه ها در اسکلت بتن ، کرمو شدن بتن سخت شده و غیر یکنواختی مشخصات مکانیکی و دوام عضو بتنی می شود. همچنین افزایش خمیر یا ملات در لایه فوقانی می تواند منجر به افزایش جمع شدگی ، کاهش مقاومت و کم بودن اصطکاک در درزها شود. بنابراین کنترل جداشدگی از اهمیت زیادی برخوردار است، این امر به خصوص در المان های سازه ای عمیق مانند شاه تیر های بتن پیش تنیده ، دیوار ها و ستون ها اهمیت بیشتری دارد. البته اهمیت کنترل جداشدگی فقط به المان های بلند محدود نمی شود و حتی در دال های نازک نیز جداشدگی می تواند منجر به نقائص سطحی مانند ترک خوردگی و تشکیل یک لایه ضعیف سطحی شود. همچنین هنگامی که ارتفاع بتن ریزی زیاد باشد جداشدگی دینامیکی اهمیت زیادی دارد. برای کنترل جداشدگی ، کاهش نسبت آب به مواد سیمانی ، کاهش مقدار درشت دانه ها و حداکثر اندازه سنگدانه ها و استفاده از افزودنی های قوام آور توصیه شده است.

و به طور کلی رسیدن به استاندارد برای تعیین حد مطلوب روانی بتن ها خود تراکم به عنوان یک سوال مطرح شده که در بحث های بعدی راه حلی نیز برای آن ارائه خواهد شد.

وضعیت دانش پیشین

آزمایش های تعیین جداسدگی

در این بخش روش های آزمایشگاهی متداول برای اندازه گیری جداسدگی بتن خود تراکم معرفی می شوند. با توجه به جدید بودن بحث جداسدگی بتن خود تراکم ، تعداد محدودی از این روش ها به صورت استاندارد تدوین شده اند و در مورد ابعاد دستگاه ها و جزئیات روش انجام برخی از آزمایش ها تفاوت هایی وجود دارد.

به طور کلی مکانیزم آزمایش هایی که برای مقاومت در برابر جداسدگی وجود طراحی می شوند این گونه است که ابتدا نمونه تازه بتن را در ستونی یا ظرفی می ریزند و در طی مدت زمان مشخصی قرار می دهند که نمونه در حال استراحت باشد و بعد از آن به بررسی ملات سطح رویی نمونه می پردازند.

آزمایش نفوذ (Penetration Test)

این آزمایش برای تعیین جداسدگی در بتن خودتراکم در حالت استاتیک در سال ۲۰۰۲ طراحی شده است و با استفاده از آن می توان ضخامت ملات یا دوغاب جمع شده روی سطح فوقانی بتن خود تراکم را به دست آورد. روش آزمایش بسیار ساده و سریع بوده و دستگاه آزمایش از یک قاب و هد نفوذتشکیل شده است. بتن در ظرف ریخته می شود و به مدت ۲ دقیقه استراحت می کند و هد بر روی سطح بتن قرار می گیرد و به آن اجازه داده می شود تا به آرامی در بتن نفوذ کند و پس از ۴۵ ثانیه مقدار نفوذ اندازه گیری می شود و این عمل را در سه نقطه مختلف بتن انجام می دهند. مقاومت جداسدگی به صورت نفوذ هد تعیین می شود. هرچقدر عمق نفوذ بیشتر باشد جداسدگی بتن بیشتر است و به طور استاندارد اگر نفوذ بیش از ۸ میلی متر باشد بتن از لحاظ مقاومت در برابر جداسدگی مورد قبول نیست.

معایب :

یکی از نکته های بسیار حائز اهمیت در اجرای آزمایش های بتن های خود تراکم رعایت دستورالعمل های زمانی به نحوه دقیق است، و دلیل این امر این گونه توجیه می شود که، ویژگی های رئولوژیکی بتن های خودتراکم بعد از گذشت مدت زمان اندکی تحت تاثیر عوامل مختلف تغییر می کند. پس باید در انجام این دسته از آزمایش ها دقت کافی را به عمل آورد. از بزرگترین معایب این روش زمان بر بودن آن است که در نتیجه آن از دست دادن خواص تازه نمونه بتنی در حین آزمایش است.

از طرفی وضعیت سطح نمونه بتن در هنگام انجام آزمایش بسیار مهم و شرایط تعیین کننده در پیش بینی خواص این نوع بتن ویژه می باشد. هنگامی که ما روش این آزمایش را اجرا کنیم ۳ بار وضعیت سطح نمونه را به هم می زنیم و گوی را به داخل نمونه برده و خارج می کنیم. این حرکت باعث کاهش درخور توجه دقت آزمایش می شود زیرا وضعیت ملات روی سطح بتن به خوبی تعیین نمی شود. در نهایت در این آزمایش با هر بار تکرار نفوذ گوی به داخل نمونه وضعیت نمونه از حال اولیه دور می شود و دقت آزمایش پایین می آید.

ارائه راه حل به همراه شرح دقیق اختراع

برای حل معایب مطرح شده در روش قبل باید دستگاهی طرح شود که هم مشکل به هم خوردن ملات سطح بالایی بتن را در حین آزمایش برطرف کند هم از زمان بر بودن آزمایش که عاملی برای بیشتر کردن خطا آزمایش است جلوگیری کند. آزمایش طراحی شده و وسیله ساخته شده "دستگاه نفوذ ۵ گوی همزمان" نام دارد. این آزمایش برای تعیین مقاومت جداسدگی بتن خود تراکم طراحی گردیده است. در این روش برای شبیه سازی حرکت سنگدانه ها پس از ریختن بتن در قالب از پنج گوی فلزی با قطر ۲۰ میلیمتر استفاده شد. روش انجام آزمایش بسیار ساده و سریع است و ساختار دستگاه آزمایش به گونه ای طراحی گردید که به راحتی در کارگاه قابل ساخت و استفاده می باشد. شکل شماره ۱ نمونه ای از این دستگاه در حین آزمایش است.



شکل شماره ۱

بلافاصله پس از ساخت مخلوط حدود ۶ لیتر بتن در داخل سطل آزمایش ریخته شده ، دستگاه را بر روی سطل قرار داده و به گوی ها اجازه داده می شود تا در بتن نفوذ کنند. پس از توقف کامل گوی ها مقدار نفوذ قرائت و ثبت می گردد و متوسط نفوذ از رابطه زیر محاسبه می گردد :

$$Pave = (P1 + P2 + P3 + P4 + P5) / 5$$

مقاومت جدادشدگی بتن خود تراکم بر اساس متوسط نفوذ پنج گوی سنجیده می شود. به دلیل استفاده از پنج گوی در نقاط مختلف قالب آزمایش احتمال خطای ناشی از شرایط متفاوت ریختن بتن در قالب برای مخلوط های مختلف به حداقل می رسد. هرچه بتن مقاومت بیشتری در مقابل جدادشدگی داشته باشد توانایی آن در حفظ سنگدانه ها در وضعیت اولیه بیشتر بوده و میزان نفوذ کمتر خواهد بود و با کاهش مقاومت جدادشدگی بتن مقدار نفوذ ثبت شده بیشتر می گردد.

لذا می توان برای این روش معیار زیر را برای سنجش مقاومت در برابر جدادشدگی مطرح کرد:

$SP < 2 \text{ cm}$	♦ بتن با چسبندگی زیاد
$2 \text{ cm} < SP < 9 \text{ cm}$	♦ بتن با مقاومت مطلوب در برابر جدادشدگی
$SP > 9 \text{ cm}$	♦ بتن دچار جدادشدگی

شکل ها و اندازه های دستگاه :

در شکل های آمده شده در نقشه ها شکل ها متفاوتی با ذکر ابعاد آنها نشان داده شده اند. در ضمن قابل ذکر است که جرم هر یک از گوی ها ۵۴ گرم است و جنس آنها از آهن و قطر آنها ۲۰ میلیمتر است. دلیل انتخاب قطر ۲۰ میلی متر آن است که بیشترین اندازه سنگدانه در دانه بندی بتن خود تراکم ۱۹ میلی متر می باشد. پس با بیشینه در نظر گرفتن اندازه هر کدام از گوی ها امکان شبیه سازی نفوذ یک سنگدانه به داخل نمونه فراهم می شود.