

ارزیابی مقاومت بتن خود تراکم و بتن معمولی در پی‌های عمیق به روش مغزه‌گیری

جمشید اسماعیلی، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
نوبخت بختیاری*، مربی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، مراغه، ایران
مهدی امری، مربی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، مراغه، ایران

*nobakht.bakhtyari@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۲/۲۱

چکیده:

شمع‌های بتنی درجا، نوع پرکاربرد از پی‌های عمیق محسوب می‌گردد که اجرای آن‌ها به خصوص در پروژه‌های راهسازی و راه آهن روز به روز در حال افزایش است. تجربیات نشان می‌دهد که مشکلات فنی اجرایی اجتناب‌ناپذیر در بکاربردن بتن معمولی با اسلامپ بسیار بالا در این نوع شمع‌ها وجود دارد، مقاومت فشاری ضعیف و کم دوام و نفوذپذیری بالا در محیط زیر سطح زمین، از عوارض این نوع بتن‌ریزی‌هاست، از سوی دیگر مقاومت بسیار عالی، اطمینان از تراکم مناسب نفوذپذیری، سهولت بتن‌ریزی و افزایش سرعت اجرا، از مزایای چشمگیر بتن خود متراکم به شمار می‌رود.

مزایای فوق به خصوص در بتن‌ریزی شمع‌های بتنی درجا، بیشتر متجلی می‌گردد در این مقاله با مقایسه مقاومت‌های درجا که توسط نمونه‌های مغزه‌گیری شده از دو نوع شمع اجراء شده بتن‌ریزی معمولی و بتن خود متراکم نتایج مهمی اخذ شده است این مغزه‌ها که در ترازهای مختلف تا عمق ۱۴ متری از سطح زمین نمونه‌برداری و مورد آزمایش قرار گرفته است. نشان می‌دهند که بکارگیری بتن خود متراکم علاوه بر مزایای فنی، اجرایی قابل توجه، باعث یکنواختی نسبی بیشتر در مقاومت‌های کسب شده واقع در قسمت‌های بالاتر از طول شمع می‌گردد که این محدوده از شمع‌ها تحت اثر بیشترین تنش‌های قائم و جانبی قرار دارند بنابراین استفاده از بتن خود متراکم، یا بتن نسل جدید می‌تواند به طور گسترده در پی‌های عمیق پروژه‌های راهسازی و راه آهن، جایگزین روش سنتی گردد.

کلید واژگان: پی عمیق، شمع بتنی درجا، بتن خود متراکم، بتن معمولی - مغزه‌گیری

۱- مقدمه

شمع‌های اجراء شده وقتی آشکار می‌گردد که بدانیم سهم عمده از تامین پایداری ثقلی و جانبی سازه‌ها و ایمنی سازه‌های مهم، متوجه پی آنها است. در کنار مزایای قابل توجه برای شمع‌های بتنی درجا از نظر باربری، عمدتاً عیب مربوط به بتن‌ریزی آنها است. بعد از حفاری، موضوع کوچک شدن قطر و معیوب شدن مقطع قابل انتظار است و یا

بکارگیری پی‌های عمیق پیوسته در حال افزایش است بخصوص اینکه کاربرد این نوع پی‌ها در پروژه‌های مانند پایه پلها، ساختمان‌های بلند، سازه‌های دریائی و سازه‌های سنگین صنعتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و حتی در مواقعی، تنها گزینه مناسب برای پی‌سازی این نوع سازه‌ها می‌باشد. اهمیت انتقال مناسب بارهای سنگین توسط

تسهیلاتی که این نوع بتن، به خصوص در بتن‌ریزی شمع‌های بتنی درجا و یا سایر ابنیه مشابه (مثل بتن‌ریزی پوسته تونل‌ها)، ایجاد می‌کند لازم است که مزایای فنی کاربرد این نوع بتن‌ها در بتن‌ریزی شمع‌ها نیز مورد بررسی قرار گیرد. [۱۰ و ۱۱].

می‌توان گفت تحقیقات خاص در مورد کاربری بتن خود متراکم در پی‌های عمیق از سال ۲۰۰۱ صورت گرفت در این سال، استفاده از بتن خود متراکم در پی و دیوار سازه‌ای، در ژاپن با استفاده از دستورالعمل مربوطه، گزارش شده است [۱۲ و ۲۴].

P.L. Domone شصت و هشت مورد از موارد استفاده از بتن خود متراکم (SCC) از سال ۱۹۹۳ تا سال ۲۰۰۳ را در یک سازه واقعی مورد بررسی قرار داد و طی دو مقاله [۱۳ و ۱۴] نتایج مربوطه منتشر نمود.

در سال ۲۰۰۶ دو گروه شمع ۶ تایی با قطر ۲۵۰ میلی‌متر و طول ۴ متر، ساخته شده از بتن SCC و بتن معمولی با شرایط محیطی مشابه، اجرا شد و سپس خود شمع‌ها تست شده و بعد از ارزیابی کرنش‌ها و نشست شمع‌ها با روش پالس فراصوتی، یکپارچگی بتن‌ها نیز ارزیابی گردید. نمونه‌های اخذ شده برای آزمایش از بتن شمع‌ها دارای ۷۵ میلی‌متر قطر و ۱۵۰ میلی‌متر ارتفاع بودند (همانند نمونه‌های استاندارد مغزه‌گیری) مطالعه تجربی به وضوح نشان داد که عملکرد SCC در شمع بتنی درجا، در همه شرایط بهتر از بتن معمولی می‌باشد [۱۵]. در سال ۲۰۰۷ عملکرد خوردگی شمع‌های بتنی درجا و میزان نفوذ یون کلرید در طول ۴۰ سال عمر شمع، در پایه‌های پل‌ها بررسی گردید [۱۶] و نشان داده شد که مقاومت بالا در مقابل خوردگی بتن شمع، ناشی از نسبت کم آب به سیمان و خوب متراکم شدن و مقاومت بالای بتن می‌باشد که خواص مذکور، مشابه خواص ذاتی بتن خود متراکم می‌باشند.

۳- طرح موضوع

بدلیل عدم دسترسی به چاه حفاری شده شمع‌ها و مجهول بودن، وضعیت حفاری، وضعیت جداره و حتی مجهول بودن عمق واقعی حفاری و عمق بتن‌ریزی، عدم قطعیت‌های فراوانی در مراحل مختلف ساخت این نوع شمع‌ها می‌تواند وجود داشته باشد که مهمترین این مجهولات، در مرحله بتن‌ریزی است که باید با دقت و سرعت و پیوسته انجام گردد. در نقشه‌های اجرائی اسلامپ بتن‌های مصرفی برای شمع‌های بتنی درجا در حدود ۱۵۰ الی ۲۰۰ میلی‌متر درج می‌گردد. دامنه وسیع تغییرات برای اسلامپ و شل بودن در بتن معمولی، بنا به نیازهای اجرائی است این نیازها عبارتند از: عدم امکان ویریه زدن برای این نوع بتن‌ریزی‌ها، تسهیل در بتن‌ریزی با لوله ترمی، اطمینان از نفوذ بتن به خلل و فرج بدنه حفاری شده.

برای رسیدن به اسلامپ فوق، نسبت آب به سیمان بالاتری به کار می‌رود به طوریکه برای کسب حداقل مقاومت سازه‌ای که ۲۰۰

به دلیل اسلامپ متفاوت بتن و وضعیت لوله ترمی، ممکن است بتن‌ریزی در شرایط مطلوب انجام نگردد عیب مهم‌تر اینکه کیفیت بتن به دلیل قابل روئیت نبودن و عدم امکان ویریه، تقریباً قابل بررسی و کنترل نیست. عدم امکان ویریه زنی و متراکم نمودن یکنواخت بتن، از مشکلات اساسی ضعف بتن می‌باشد که در بتن‌ریزی معمولی برای مقاطع پرآرمه وجود دارد به غیر از تراکم زیاد میلگردها، که تغییر آن خارج از اختیارات اجرائی است کمبود نسبی کارگر ماهر، راحت طلبی و سهل‌انگاری و صعوبت‌های جسمی نیز، به مشکلات متراکم نمودن بتن اضافه می‌شود. در بتن‌ریزی شمع‌های بتنی درجا، صرفنظر از مشکلات فوق، به دلیل ماهیت المان سازه‌ای، امکان تراکم واقعاً وجود ندارد بنابراین لازم است بکارگیری بتن خود متراکم SCC ۲ در کنار بتن معمولی، در این نوع سازه‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

۲- مروری بر تحقیقات

اولین کارهای تحقیقاتی که نگاهی به اصول مورد نیاز SCC در ژاپن داشتند، در حدود سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۱ منتشر شدند. این مطالعات تحت عنوان "بتن با عملکرد بالا و بتن فوق کارا"، بر خواص بتن تازه، مانند ظرفیت پرشدگی، جاری شدن و مقاومت در مقابل جداسازی متمرکز بودند [۲ و ۱]. سوئد اولین کشور اروپایی بود که توسعه SCC را آغاز کرد در سال ۱۹۹۳، تحقیقات گسترده‌ای تحت عنوان پروژه Brite-Euam با همکاری کشورهای اروپایی آغاز شد که بتن آنها بر اساس ترکیب سیمان پرتلند با پودر سنگ آهک روی پروژه‌های عمرانی و خانه‌سازی به عنوان پروژه‌های تجربی انجام شد [۳] در این سیمان‌های ترکیبی، از دستورالعمل کمیته اروپایی بتن استفاده گردید [۴]. همچنین این تحقیقات براساس کمیته ACI 237R [۵] و دستورالعمل PCI [۶] آغاز شد. گزارش کمیته ACI 237R در سال ۲۰۰۷ منتشر شد در ایران نیز از سال ۱۳۸۵ تحقیقات مورد نظر به صورت جدی آغاز شده است.

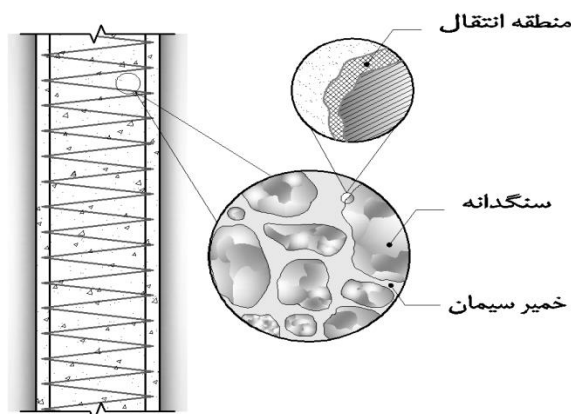
در مورد بتن‌ریزی شمع‌های بتنی درجا، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است. کامپ و براون (Camp, Brown) در سال ۲۰۰۲ در خصوص روش‌های بتن‌ریزی و تهیه بتن که منجر به بروز مشکلات اجرائی در بتن‌ریزی شمع‌های بتنی درجا نگردد را مورد بررسی قرار داد در این تحقیق از بتن‌های با ترکیب‌های مختلف و با مقاومت بالا در شمع‌های بتنی درجا استفاده شده است [۷]. در سال ۲۰۰۴ براون (Brown) در طی تحقیقات خویش نقش تفکر و هنر در اجرای بتن‌ریزی مطلوب شمع‌های بتنی را بیان نمود [۸] همچنین دیز و مولینز (Dees, Mullins) در سال ۲۰۰۵ به بررسی اثرات پارامترهای مختلف در رفتارشناسی بتن‌های مخصوص شمع‌های درجا، بحث نموده و نشان داد که سهولت اجرای بتن خود متراکم با پارامترهایی نظیر قابلیت جریان، پایداری، قابلیت پرداخت، قوام و قابلیت پمپاژ مربوط است [۹] لذا با توجه به فراگیر شدن بتن خود متراکم، و مزایا و

استناد کرد تا به مقاومت اتکائی و سازه‌ای آنها، و این موضوع نوعی نقص فنی و محاسباتی را در پی خواهد داشت.

از اجزاء مهم بتن خود تراکم، استفاده از پودر سنگ می باشد که ریز ساختار و منطقه انتقالی بتن را تحت تأثیر قرار می دهد. [۷]Tragardh وضعیت ریز ساختار بتن های حاوی پودر سنگ آهک بررسی نموده اند و اثر پرکننده سنگ آهک بر توزیع اندازه منافذ خمیر سیمان را تحقیق نموده است و چنین نتیجه گیری شد که ساختار منفذ بتن های خود تراکم در مقایسه با بتن معمولی ریزتر است این پژوهشگر تفاوت ریز ساختار بتن معمولی و بتن خودتراکم حاوی پودر سنگ را عمدتاً "تفاوت در منطقه انتقالی دو نوع بتن می داند. به دلیل حجم خمیر بیشتر در SCC، فاصله بین سنگدانه ها بیشتر است از طرف دیگر تراکم منطقه انتقالی در بتن خودتراکم، بهتر از بتن معمولی است .

کیلوگرم بر سانتیمتر مربع تعیین می شود سیمانی بیشتر از ۴۰۰ کیلو گرم در هر متر مکعب مصرف می شود بنابر این علاوه بر کاهش وزن مخصوص بتن، با روندی که در تولید بتن با اسلامپ بالا برای شمع‌ها حاکم است بهره و مقاومت بهینه لازم از سیمانی که به سادگی حاصل نمی‌شود، برده نشده و یک روند غیرفنی در کارگاههای شمع ریزی جاری بوده و هست.

کاهش وزن مخصوص بتن به دلیل افزایش نسبت آب به سیمان، نفوذ پذیری و آب انداختگی بتن را افزایش داده و تخلخل منطقه انتقالی در بتن را افزایش می‌دهد درحقیقت بسیاری از رفتارهای بتن، با در نظر گرفتن اثر فصل مشترک دانه‌ها و خمیر سیمان (منطقه انتقالی) مشخص می‌گردد. این ناحیه به صورت یک پوسته نازک به ضخامت حدود ۰/۰۰۵ میلی‌متر به دور دانه‌های درشت قرار می‌گیرند و حلقه ضعیف در اتصال اجزاء بتن را تشکیل می‌دهد (شکل ۱) بنابر این در بتن ریزی متعارف شمع‌ها که نسبت آب به سیمان در آنها زیاد است به دلیل ضعف و ناهمگنی شدید در منطقه انتقالی بتن‌هائی با مقاومت بسیار پائین، حاصل می‌شود و بیشتر می‌توان به مقاومت اصطکاکی این نوع شمع‌ها



شکل ۱ - منطقه انتقالی ضعیف در بتن ریزی معمولی شمع‌های بتنی در جا

طرح مخلوط بتن خود تراکم، با همان مصالح موجود مصرفی در ساخت بتن معمولی اقدام شود.

۴- اشکالات بتن ریزی معمولی

علاوه بر اشکالات فنی مذکور، اشکالات اجرایی عدیده‌ای نیز در مصرف بتن معمولی در شمع‌ها بوجود می‌آید اشکالات فوق از این نظر اهمیت دارند که ممکن است منجر به بروز یک ایمنی تقلیل یافته شوند که در این صورت می‌توانند خطاهای پرخطر سازه‌ای را موجب گردند. در کارهای اجرایی و بخصوص در پی‌سازی با شمع‌های بتنی در جا، اشکالات ممکن است از سرویس دهی نامطلوب تا وقوع یک فروپاشی کلی سازه‌ای را در پی داشته باشد.

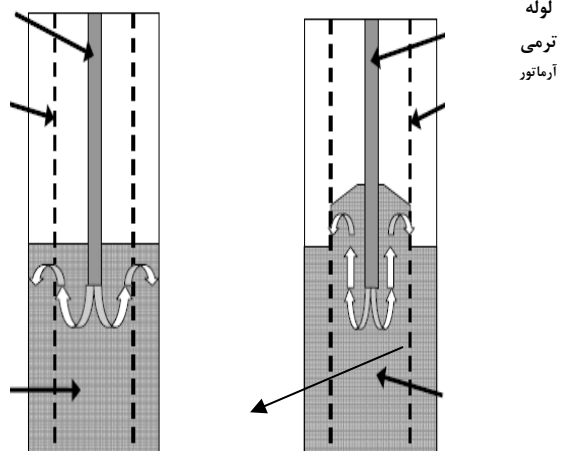
مشکلات حاصل از مصرف غیرفنی و غیر اقتصادی سیمان و هزینه تهیه آن از یک سو و مشکلات اجرایی حاصل از بکارگیری بتن های معمولی در شمع های درجا از سوی دیگر، موجب طرح این سؤال است که آیا تهیه بتن با اسلامپ بسیار بالا و به دلیل عدم امکان و بهره زنی، توجیهی مناسب برای استفاده غیرفنی و غیر اقتصادی از سیمان است؟ و یا آیا نمی‌توان راه حلی پیدا کرد که با استفاده بهینه از سیمان، ضمن رسیدن به مقاومت بالاتر، از بروز مشکلات اجرایی نیز جلوگیری شود؟

با تفکر جایگزینی بتن خود تراکم با بتن معمولی، جواب سئوالات فوق، منفی است بنابر این برنامه تهیه پودر سنگ و فوق روان کننده در دستور کار کارگاهی قرار گرفت تا نسبت به ارائه و آزمایش

شمع، فشار ناشی از ستون بتنی داخل لوله ترمی (که می خواهد از لوله خارج شود) برای غلبه بر فشار بتن و بتونیت خارج از لوله، ناکافی شده و بتن به راحتی از لوله ترمی خارج نمی شود در نتیجه به دلیل پدیده انسداد ناشی از وجود میلگرد های حلقوی شمع، عملیات بتن ریزی مختل می گردد (شکل ۲) در این مواقع با افزایش نسبت آب به سیمان (در بچینگ پلانت) و افزایش آب به مخلوط (در داخل ترک میکسر) سعی در رقیق کردن بتن می شود با این کار، لزجت بتن که از مشخصات بنیادی رئولوژیکی بتن می باشد کاسته شده و با جدایش بیشتر دانه ها، بتن ضعیف تر می گردد.



شکل ۲- پدیده انسداد ناشی از وجود میلگردهای حلقوی در بتن معمولی و جایگزینی آن با بتن خود متراکم



لوله
ترمی
آرماتور

۵- تهیه و بکارگیری طرح مخلوط بتن خود متراکم

جزئی، حدود ۸ درصد از سنگدانه های درشت با سنگدانه های ریز جایگزین شد سپس برای رسیدن به بتن خود متراکم، از افزایش های ۱۰ درصدی (نسبت به وزن سنگدانه ها) برای جایگزینی پودر سنگ به جای سنگدانه درشت استفاده گردید و آزمایشات جریان اسلامپ و جعبه L به عمل آمد و نهایتاً نسبت اختلاط مطابق جدول ۱ بدست آمد که طرح اختلاط حاصل، نتایج آزمایشات را در حد قابل قبولی ارائه می داد استاندارد این آزمایش ها مطابق با ASTM C 1611 است [۱۹] (جدول ۲)

با استفاده از مصالح سنگدانه ای رودخانه زرینه رود (آذر بایجان غربی) و سیمان تیپ یک صوفیان تبریز، پودر سنگ آهک آذرشهر و فوق روان کننده از شرکت وند شیمی، با ترکیبات مختلف بتن های مختلفی با امکانات کارگاهی ساخته شد. در ارائه طرح مخلوط از روش ونگالا (Vengala) استفاده شد [۱۸] در این روش ابتدا طرح اختلاط بتن معمولی به روش ACI و با اسلامپ ۱۰۰ میلی متر تهیه شد و سپس با افزودن فوق روان کننده به طرح اختلاط، اسلامپ ۲۰۰ میلی متر بدست آمد و با مشاهده آب انداختگی ظاهری و جدا شدگی

جدول ۱- طرح اختلاط آزمایش شده بتن معمولی و بتن خود متراکم برای یک متر مکعب بتن

نوع بتن	شن (kg)	ماسه (kg)	پودر سنگ (kg)	سیمان (kg)	فوق روان کننده (lit)	آب (lit)
بتن معمولی	۱۱۰۰	۸۸۰	-	۴۰۰	-	۲۴۰
بتن خود متراکم	۷۳۷	۸۸۰	۲۸۰	۳۴۰	۸/۵	۱۵۰

جدول ۲- نتایج آزمایش برای بتن خود متراکم شمع‌ها بتنی درجا

وزن مخصوص T0n/m ³	Slump Flow test		V-Funnel test		L-Box test	آزمایش
	جدا شدگی	روانی	قابلیت عبوری		قابلیت عبوری	ویژگی
۲۳۹۵	T 50 cm	D	T10 sec	T5 min	۰/۹۲	نتایج طرح اختلاط
	sec۵	cm۶۹	sec۱۲	sec۶		

در بحث دوام، در محیط زیر خاک و در معرض آب‌های زیر زمینی انتظار بر این بود که بتن خود متراکم با خواص مناسب به دلیل نفوذپذیری کم و یکنواختی نسبتاً بالا، ضعف کمتری داشته باشد که این خاصیت در ارتباط با مقدار مصرف پودر سنگ متغیر است بنا بر این در ارائه طرح مخلوط به این موضوع نیز توجه گردید که علیرغم قطعیت نیافتن اثرات منفی استفاده از مقادیر بالای پودر سنگ آهک در این نوع بتن‌ها مقدار آن محدود شده و مصرف سیمان عمداً افزایش یافت (علیرغم افزایش مقدار سیمان در بتن خود متراکم، این مقدار همچنان حدود ۱۵ درصد پائین‌تر از مصرف سیمان در بتن معمولی بوده است). البته در این پروژه، نتایج آزمایشگاه ژئوتکنیک و مکانیک خاک، مقدار سولفات و کلراید در آب‌های زیر زمینی را زیر حد مجاز، گزارش نموده [۲۱] به طوری که استفاده از سیمان تیپ یک را مجاز شمرده است. برای نفوذ یون کلراید نیز به طریق مشابه پیش‌بینی‌های لازم به عمل آمد در این ارتباط، از نتایج آزمایشات انجام شده توسط رضانیانپور و Obla [۲۲و۲۳] استفاده شد که نشان داده اند با افزایش مقاومت فشاری بتن، نفوذ پذیری یون کلراید به صورت تقریباً خطی کاهش می‌یابد.

۶-دستگاه آزمایش و روش مغزه گیری

دستگاهی که این آزمایش به وسیله آن انجام شد یک مغزه گیر از سری EL-35-501 می‌باشد که حداکثر قطر قابل حفاری آن mm ۱۵۰ می‌باشد مته‌های دستگاه به صورت استوانه ای و دارای سر الماسه می‌باشد که برای خنک کردن آن از آب با دبی ۳ لیتر بر ثانیه استفاده شده است هر چند به صورت تجربی می‌توان مقدار آب لازم را تنظیم کرد در این آزمایش با توجه به صعوبت نقل و انتقال دستگاه به عمق مورد نظر، از تمهیدات کمکی نظیر حفاری رمپ و نیروی کمکی زیاد استفاده شد.

مغزه گیری از بدنه تمیز شده شمع بتنی در جا و با تنظیمات دقیق دستگاه مغزه گیر انجام شد جهت مغزه با توجه به ماهیت سازه، عمود بر جهت بتن ریزی صوت گرفت مغزه‌ها با تعبیه سکوهای موقت، در ارتفاع‌های مختلف انجام گرفت با توجه به امکانات مغزه‌گیری (کرگیری) موجود در کارگاه، مقرر شد با خاکی برداری اطراف شمع‌ها در ترازهای مختلف از عمق شمع، مغزه گیری انجام گیرد این نمونه‌ها طبق استاندارد ASTM - C42 مغزه‌گیری و طبق استاندارد ASTM - C39 عمل‌آوری و مورد آزمایش مقاومت فشاری قرار گرفتند.

لازم به توضیح است که براساس کمیته ACI 237R [۵] و دستورالعمل PCI [۶]، مواد پودری که اندازه ذرات آنها کوچکتر از الک نمبر ۱۰۰ (۰/۱۲۵ میلی متر) است، به عنوان پودر در بتن خود تراکم محسوب می‌شوند. این مواد به دو گروه پودر تقریباً خنثی و پودر پوزولانی با خصوصیات هیدرولیکی پنهان مانند سرپاره تقسیم می‌شوند. براساس این تعریف، پودر فقط شامل پودر سنگ نیست و بقیه مواد پودری را نیز شامل می‌شود. البته در این تحقیق از پودر سنگ آهک که به وفور و ارزان در دسترس است استفاده شده است. در بتن‌ریزی شمع‌ها به دلیل نبود قالببندی و عدم امکان اجرای ویریه از یکسو و ثابت بودن مسیر انتقال در ریختن بتن که با کیف و لوله ترمی به طول نسبتاً زیاد و به قطر نسبتاً کم صورت می‌گیرد و عواملی مانند غیرقابل رویت بودن امتداد حفاری، امتداد نسبتاً مجهول شبکه آرماتورگذاری، نامعلوم بودن ضخامت پوششی بتنی و همچنین عدم آگاهی از نحوه پخش و گسترش بتن، موجب می‌شود که مقبولیت بتن‌ریزی شمع‌ها همواره با حدس و گمان همراه باشد و عدم قطعیت‌هایی در این مورد وجود داشته باشد. این عدم قطعیت‌ها با بکار بردن بتن خود متراکم به شدت کاسته می‌شود.

از آنجائیکه گسترش و یکنواختی بتن در داخل شمع‌ها به پارامترهایی از قبیل سطح مقطع حفاری، اسلامپ و روانی بتن، سرعت بتن‌ریزی و ناپایداری خاک جداره شمع بستگی دارد بنابراین با بکار بردن بتن خود متراکم، مهمترین ویژگی مطلوب بتن یعنی جاری شدن تحت اثر وزن خویش و نیاز نداشتن به هر گونه ویریه مهیا می‌شود ضمن اینکه قابلیت خود ترازای این نوع بتن بدون کاهش در روانی، مقاومت و جدا نشدگی اجزاء، از مزایای منحصر به فرد این نوع بتن محسوب می‌گردد که دقیقاً مناسب بتن‌ریزی این قطعات سازه‌ای هستند.

با افزایش مقاومت فشاری بتن و با استفاده از روابط متعارف بتن مسلح، می‌توان از مقدار درصد آرماتور در مقطع کاست در بررسی رفتار بتن مسلح مقاومت فشاری بتن خود تراکم را می‌توان همانند بتن معمولی در نظر گرفت. مقصودی و همکاران [۲۰] در بررسی شکل پذیری در حالت نهائی محل اتصال در اعضای ساخته شده از بتن خود متراکم، نشان دادند که رفتار بتن خود متراکم در سازه‌های بتن مسلح همانند بتن معمولی بوده و می‌توان کرنش نهائی فشاری بتن را در حدود ۰/۰۳۵ در نظر گرفت بنابراین، با توجه به روابط معمول بتن آرمه، در محاسبات سازه‌ای شمع‌ها، می‌توان مقدار صرفه جوئی در مصرف فولاد را محاسبه نمود این مقدار، متناسب با افزایش مقاومت مشخصه بتن خواهد بود.

معلوم و شناخته شده‌ای بر خوردار نیست. به منظور بررسی مقاومت واقعی بتن های سخت شده شمع ها، با فرصت استثنائی که در جریان کار های اجرائی پیش آمد این موضوع بررسی شد. به دلیل تغییر در پلان پروفیل قسمتی از مسیر راه آهن در یکی از پروژه های ملی در غرب کشور، دو عدد از شمع های بتنی اجرا شده (به عنوان پی پایه پل) خارج از مسیر قرار گرفتند که یکی از آنها با بتن معمولی و دیگری با بتن خود متراکم اجرا شده بودند. عمر بتن ریزی ها بین ۱۰۰ و ۱۱۰ روز بوده است

با توجه به امکانات مغزه گیری (کرگیری) موجود در کارگاه، مقرر شد با خاکبرداری اطراف شمع ها در تراز های مختلف از عمق شمع، مغزه گیری انجام گیرد این نمونه ها طبق استاندارد ASTM - C42 مغزه گیری و طبق استاندارد ASTM - C3 عمل آوری و مورد آزمایش مقاومت فشاری قرار گرفتند.

آزمایشات کر گیری به تناسب عمق خاکبرداری از عمق های ۲ متری شروع و سپس در اعماق ۴ و ۶ و ۸ و ۱۰ متری ادامه یافت در هر دو شمع آزمایش شده، در موقع اجراء از غلاف فولادی (Cassing) به طول ۶ متر در ابتدای دهانه شمع استفاده شده بود. در شکل ۳ مراحل مختلف خاکبرداری اطراف شمع و استقرار دستگاه، مغزه گیری و نمونه ها نشان داده شده است.

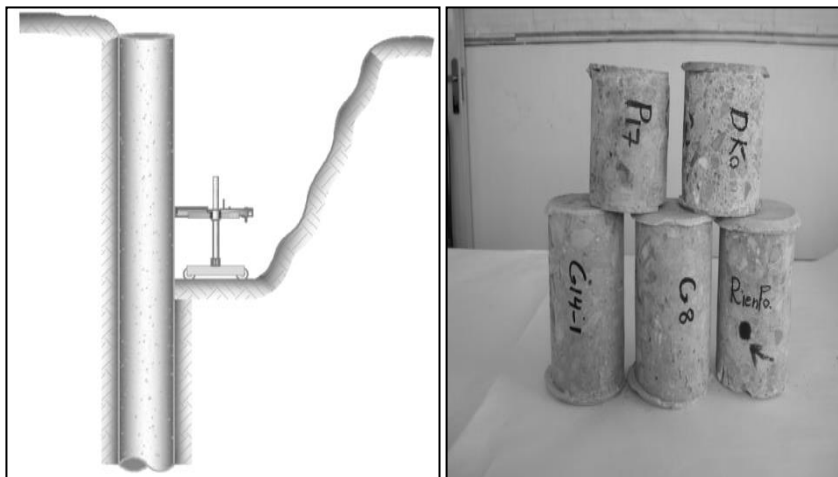
آزمایشات کرگیری به تناسب عمق خاکبرداری از عمق های ۲ متری شروع و سپس در اعماق ۴ و ۶ و ۸ و ۱۰ متری ادامه یافت در هر دو شمع آزمایش شده، در موقع اجراء از غلاف فولادی (Cassing) به طول ۶ متر در ابتدای دهانه شمع استفاده شده بود. در شکل ۳ مراحل مختلف خاکبرداری اطراف شمع و استقرار دستگاه، مغزه گیری و نمونه ها نشان داده شده است.

با توجه به اینکه احتمال بالا آمدن تراز آب زیر زمینی در پروژه بالا بود، مغزه های بتنی به مدت حداقل ۴۰ ساعت در آب غوطه ور شدند و سپس بصورت مرطوب آزمایش گردیدند. در اکثر استانداردها توصیه شده است مغزه گیری به نحوی انجام شود که آرماتور در داخل مغزه وجود نداشته باشد و یا در صورت وجود آرماتور در مغزه اولیه، سعی می شود هنگام بریدن مغزه قطعه ای از آن را که دارای آرماتور نیست تهیه کرده و آزمایش را بر روی آن انجام دهند.

اما در این تحقیق و در شمع های بتنی در جا به دلیل فشردگی آرماتوربندی امکان تهیه مغزه بدون آرماتور مشکل بود که با تلاش مضاعف انجام شد با توجه به اینکه محل اتصال آرماتور و بتن جزء ضعیف ترین قسمت های مغزه محسوب می شود و شکست مغزه ها عمدتاً در این قسمت اتفاق می افتد اصلاحات لازم، مطابق ضوابط برای تعداد اندک نمونه ها به عمل آمد.

۷- نتایج آزمایش ها و بحث در باره آنها

علیرغم تلاش هایی که در اجرای بتن همگن به عمل می آید وضعیت توزیع مقاومت فشاری واقعی بتن در طول شمع ها، از وضعیت





شکل ۳- خاکبرداری اطراف شمع، استقرار دستگاه مغزه گیر و نمونه برداری از بتن سخت شده

بخش اول آئین نامه بتن ایران استفاده گردیده و نتیجه نهائی به همراه مقایسه و در صد کسب شده مقاومت در جدول ۳ درج گردید.

بعد از آزمایش نمونه‌های مغزه‌گیری شده، جهت تبدیل نتایج به مقاومت آزمونه‌های مکعبی، از ضرایب جدول ۶-۵-۱-۱-الف تعبیر

جدول ۳- نتایج آزمایشات مغزه‌گیری از عمق‌های مختلف در دو نوع شمع، با بتن معمولی و بتن خود متراکم

مقاومت مشخصه	مقاومت متوسط آزمایشگاهی	۱۰	۸	۶	۴	۲	عمق شمع (متر)
	۲۰۰	۱۵۴	۱۴۲	۱۳۶	۱۲۸	۱۲۴	مقاومت مغزه در بتن معمولی (Kg/cm ²)
	۲۳۰	۷۷	۷۱	۶۸	۶۴	۶۲	نسبت مقاومت مغزه به مقاومت مشخصه (%)
	۳۰۰	۲۶۴	۲۵۸	۲۵۵	۲۴۹	۲۲۸	مقاومت مغزه در بتن خود متراکم (Kg/cm ²)
	۳۱۸	۸۸	۸۶	۸۵	۸۳	۷۶	نسبت مقاومت مغزه به مقاومت مشخصه (%)

در نتیجه تاثیر آب انداختن بتن و جداسازی و همچنین آثار هیدرواستاتیک بتن در ارتفاع شمع می‌باشد. همچنین در بررسی اثر موقعیت مغزه‌ها در یک تراز مشخص و ثابت، مقاومت بتن، در کناره‌های دیواره شمع یا جداره شمع کمتر از نواحی مرکزی آن می‌باشد که شدت تغییرات مذکور در بتن خود متراکم کمتر از بتن معمولی بوده است این موضوع شاید به دلیل مجاورت بتن با لایه‌هایی از خاک جداره و یا مخلوط چسبیده آب و بنتونیت به جداره شمع باشد که قبل از بتن‌ریزی در داخل چاه شمع وجود داشته است.

در بتن‌های معمولی اجراء شده عملاً تغییرات حاصل از نسبت آب به سیمان‌های متغییر (که بر حسب شدت گرمای محیط تغییر می‌کند) در وضعیت بتن‌ها، مشاهده می‌گردد بنابراین همخوانی و معادل فرض کردن مقاومت بتن بکار رفته در شمع‌ها، با مقاومت بتن نمونه‌های عمل‌آوری شده یک فرض خوش بینانه بوده و این تفاوت علناً و عملاً در مقایسه مقاومت مغزه‌ها با مقاومت‌های آزمایشگاهی مشهود است با توجه به آزمایشات انجام شده در خصوص توزیع مقاومت بتن در طول شمع‌های بتنی درجا می‌توان گفت که در شمع‌ها با بتن‌ریزی معمولی و بتن خود متراکم مقاومت بتن در امتداد طول شمع از پائین به بالا (از عمق ۱۲ متری به بالا)، کاهش می‌یابد این پدیده احتمالاً

Association of Foundation Drilling Dallas/Ft. Worth, TX, pp. 144-155.

[10] Brown, D., Bailey, J., and Schindler, A. (2005). "The Use of Self-Consolidating Concrete for Drilled Shaft Construction: preliminary Observations from the Lumber River Bridge Field Trials," Proc, Geo Construction, TX, PP.437-448.

[۱۱] شاهیدخت، غ. و جبروتی، م.ر. اسفند (۱۳۸۵)، "طرح اختلاط بتن خود تراکم پروژه تونل بزرگراه رسالت". شکرچی زاده، م، لیبر، ن. (تدوین کنندگان)، مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی بتن خود تراکم، ص ۲۹۵-۳۰۴.

[12] Inoue H, Takeichi Y, Ohtomo T. (2001). Construction of rigid foundation of underground diaphragm wall with highly congested reinforcing by using self-compacting concrete. In: Proc of 2nd Int Symp. on self-compacting concrete, Tokyo, Japan October, COMS Engineering, Japan. p. 643-50

[13] P.L. Domone / Cement & Concrete Composites 28 (2006). 197-208 Investigations on the Static Behavior of Self-Compacting Concrete Under-Reamed Piles

[14] P.L. Domone., (2005). Self-compacting concrete: An analysis of 11 years of case study, Department of Civil and Environmental Engineering, University College London, London, UK

[15] J. Annie Peter; N. Lakshmanan; and P. Devadas Manoharan,(2006). Investigations on the Static Behavior of Self-Compacting Concrete Under-Reamed Piles. JOURNAL OF MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING, ASCE.

[16] K. Lau, A.A. Sagüés, L. Yao, and R.G. Powers, (2007). Corrosion Performance of Concrete Cylinder Piles. Journal of CORROSION—Vol. 63, No. 4 366.

[17] Tragardh, J., (1999). Microstructural Features and Related Properties of Self-compacting Concrete, Proceedings, First International Symposium on Self-compacting Concrete, Sweden, pp. 175-186

[18] Vengala, J., Sudharshhan M. S., Ranganath R. V.(2003). Experimental study for obtaining self-compacting concrete. Indian Concrete J., 77(8), pp. 1261 - 6.

[19] ASTM C 1611/c 1611M-05. "Standard Test Method for Slump-Flow of Self-Consolidating Concrete.

[۲۰] مقصودی، ع.ا. و همکاران (۱۳۸۵)، "شکل پذیری در حالت نهائی محل اتصال در اعضای ساخته شده از بتن خود تراکم". مجله اساس، فصل نامه انجمن مهندسين عمران ايران، سال نهم، شماره ۲۰، ص ۱۵ - ۲۱.

۸- نتیجه گیری

۱- مناسب ترین نوع بتن ریزی از نظر فنی و اجرایی برای شمع های بتنی درجا، بتن خود تراکم است به شرطی که تعادلی مناسب بین جریان پذیری و لزجت بتن برقرار گردد.

۲- به دلیل افزایش مقاومت فشاری حاصل از بکارگیری بتن خود تراکم، با فرض ثابت بودن مقطع و طول شمع، از درصد آرماتور مصرفی در مقطع کاسته می شود.

۳- به دلیل مقاومت فشاری نسبتاً زیاد در بتن های خود تراکم نسبت به بتن های معمولی با اسلامپ بسیار بالا، دوام و نفوذ ناپذیری بتن شمع نیز افزایش می یابد.

۴- در شمع ها برای بتن معمولی شدت تغییرات نسبی مقاومت واقعی بتن در ترازهای بالا، بیشتر از ترازهای پائین می باشد ولی این تغییرات برای بتن خود تراکم کمتر است و این ویژگی بسیار مثبتی تلقی می گردد چون شمع ها معمولاً در یک سوم تراز فوقانی خویش تحت تاثیر تنش های قائم و جانبی حداکثر قرار می گیرند.

۵- با بکاربردن بتن خود تراکم از عدم قطعیت های موجود در بکارگیری بتن معمول در شمع ها، به شدت کاسته می شود.

۹- مراجع

[1] Tanigawa, Y., Mori, H., Yonezawa, T., Izumi, I., and Mitsui, K. (1989/1990) Evaluation of the Flow ability of high Strength Concrete by L-Flow Test, Proceedings of the Annual Conference of the Architectural institute of japan,

[2] Ozawa, k., Maekawa, K., and Olamura, H. (1990) High Performance Concrete with High Filling Ability, Proceedings of the RILEM Symposium, Admixtures for Concrete, Barcelona,

[3] Billberg, P., (1990) Self-compacting Concrete for Civil Engineering Structure. The Swedish Experience, Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, CBI Report,

[4] European Committee for Standardization, Cement: Composition, Specifications and Conformity Criteria,(2000). part 1 : Common Cements, EN 197-1, EN/TC51/WG 6 Rev.,

[5] ACI, (2007). Committee 237, Self-consolidating Concrete, American Concrete Institute,

[6] PCI, TR-6-03, (2003). Interim Guidelines for the Use of Self-consolidating Concrete, Precast/Prestressed Concrete Institute,

[7] Camp, W., Brown, D., and Mayne, P. (2002). "Construction Method Effects on Axial Drilled Shaft Performance, Deep Foundations, ASCE, GSP 116, pp 193-208.

[8] Brown, D., (2004). Zen and the Art of Drilled Shaft Construction, Geo support 2004, ASCE, GSP 124, pp.19-33.

[9] Deese, G., and Mullins, G. (2005). Factors Affecting Concrete Flow in Drilled Shaft Construction, "Proceedings, The International

[۲۱] آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و شهرسازی استان اذربایجان غربی، (۱۳۸۸) " گزارش ژئوتکنیک و تجزیه شیمیایی آب و خاک " ، شماره ۲۳۴ پروژه راه آهن مراغه - ارومیه .

[۲۲] رضایانپور، ع. و بختیاری، ی. (اسفند ۱۳۸۵)، "برسی تاثیر افزودن موادریز دانه خنثی بر خواص مکانیکی و دوام بتن خود تراز " . شکرچی زاده، م.، لیبر، ن. (تدوین کنندگان)، مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی بتن خود تراکم، ص ۱۲۴-۱۳۷

[23] Obla, K. H., Hill, R.L., Thomas, M. D. A., . Shashiprakash, S.G., Perebatova, (2003). Properties of concrete containing ultra – fine fly ash. ACI Materials Journal, Vol. 100, No.5, pp 426-433

[24] Japanese Society of Civil Engineering. (1998). Guide to Construction of High Flowing.

Comparison of self-compacting concrete and ordinary concrete, by core method, in deep foundations

J.ismaily*

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Tabriz University, Tabriz Iran

N.Bakhtiari

Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Maraghrh Branch, Maragheh, Iran

M. Amri

Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Maraghrh Branch, Maragheh, Iran

ABSTRACT:

Situ concrete piles, the most widely used type of deep foundation. In Iran experience shows, that technical problems and economic performance by avoiding the use of ordinary concrete with a slump an extremely high in these types of candles. Poor and low compress resistance, durability and high penetrate the subsurface environment, the effects of this type of concrete planning. The excellent strength, permeability to ensure proper compaction, concrete ease and speed up the planning run, the significant advantages of self-compacting concrete. These benefits are especially situ concrete pile planning, most appear to be. In This paper compares core strength situ by taking samples from two typical arrangement of pile ordinary and self-compacting concrete and important results have been obtained. The core samples, to a depth of 14 m in which different levels of ground benchmark are tested. Show that the use of self-compacting concrete technical advantages, economic and administrative notable and lead to greater uniformity in resistance acquisition, located in the upper part of the pile is. This section, the maximum stresses due to vertical and lateral loads. Therefore, the use of self-compacting concrete in deep foundations, can widely replace traditional methods.

Keywords: deep foundation pile, in-situ concrete, self-compacting concrete,