

بتن خود تراکم

SCC



گردآوری و تنظیم:

- یاشار خبازنوری

- سید احمد رضا آذین

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه

دانشگاه آزاد واحد تهران مرکز



- مشخصه های اصلی که بتن باید داشته باشد عبارتند از :

- الف- وقتی که بتن تازه تهیه شده و خمیری است: کارایی خوب داشته باشد، رامت ریخته و جا داده شود بدون اینکه سنگدانه های ریز و درشت از هم و از دوغاب سیمان جدا شوند، گوشه و زوایای قالب را پر کند و میلگردهای آرماتور را (در صورت وجود) احاطه نماید.

- ب- پس از گرفتن و سخت شدن: مقاومت لازم را داشته باشد، جمع شدگی آن کم باشد، بسته به مورد و نیاز قابلیت نفوذ آن کم یا بسیار زیاد باشد و ..

- ج- مشخصه های خود را در طول عمر مفید پیش بینی شده، در حد مطلوب حفظ نماید.

• مشخصه های اصلی که بتن باید داشته باشد عبارتند از :

- هر بتنی که یکی یا تعدادی از این مشخصه ها را داشته باشد " بتن توانمند " یا " بتن با عملکرد ممتاز " یا اگر این مشخصه ها در سطح بسیار عالی باشند، " ابر بتن " نامیده می شود.

- " بتن خود تراکم " یکی از انواع بسیار جالب بتن های توانمند است که در بدو امر برای کاربرد در قطعات بتن آرمه پر آرماتور ابداع و ساخته شد ولی امروزه کاربرد این نوع بتن یکی از مشکلات عمده اجرای کارهای بتنی در محیط های شهری را حل می کند که عبارت از آلودگی صوتی ناشی از کاربرد ویبراتور برای لرزاندن و جادادن بتن است. این آلودگی صوتی، کاربرد شبانه بتن در محیط های شهری را غیر عملی می سازد ولی با کاربرد بتن خود تراکم، دیگر نیازی به لرزاندن بتن نیست و می توان کارهای اجرایی را در مدت شب نیز ادامه داد. امروزه در برخی از کشورها به منظور برجسته کردن این مشخصه بتن خود تراکم، به آن نام " **بتن بی صدا** " داده اند.

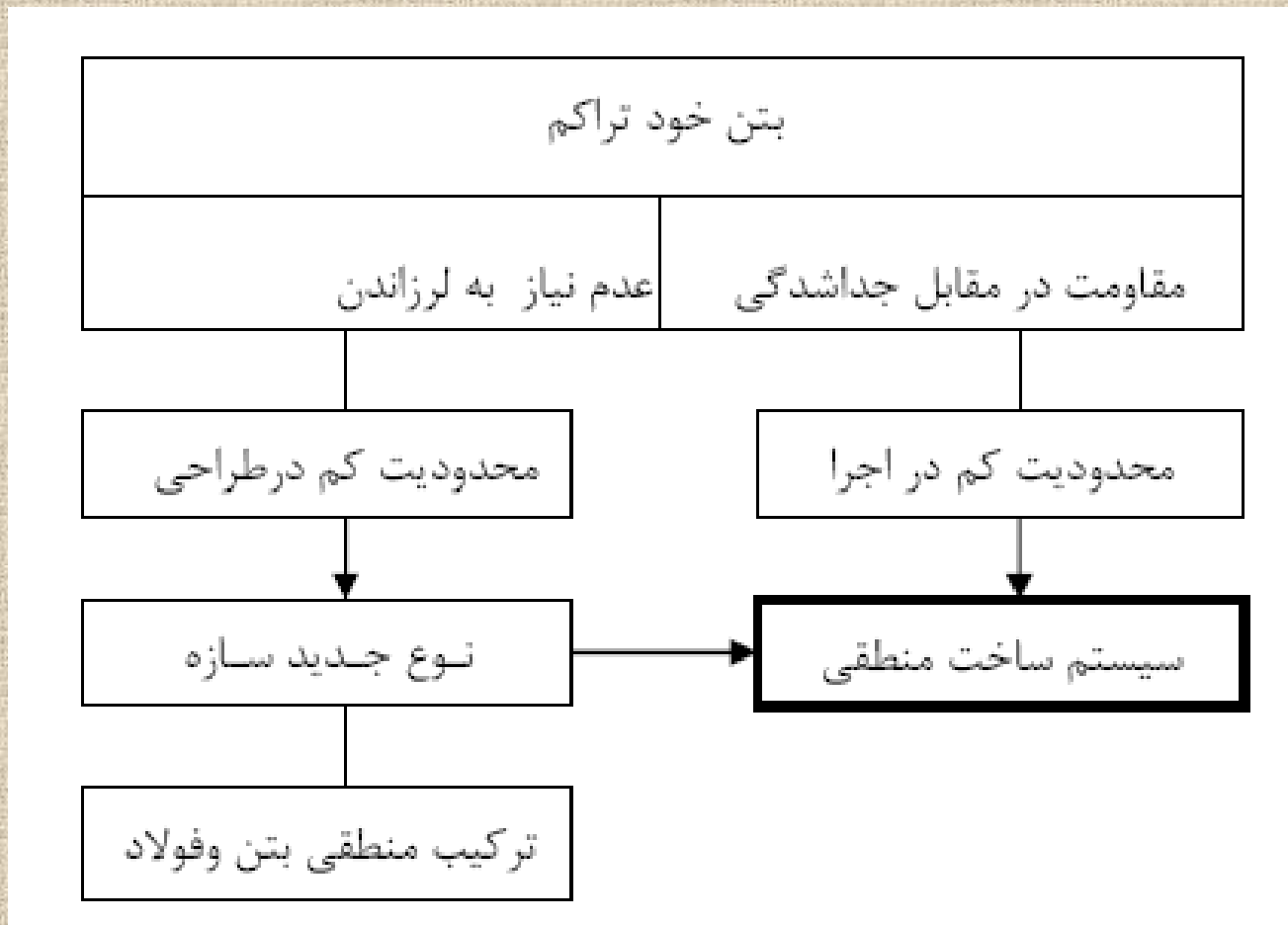
- استفاده از بتن خود تراکم از اواخر دهه ۸۰ میلادی در کشور ژاپن آغاز شد و سپس در کشورهای دیگر گسترش یافت. امروزه در کشورهای پیشرفته بتن خود تراکم در زمره بتن های متداول و رایج محسوب می شود. وجود هوای تصادفی ناشی از عدم تراکم کافی موجب ضعیف مشخصات مکانیکی بتن می شود به طوری که هر یک درصد هوا تقریباً پنج درصد افت مقاومت فشاری را به همراه دارد. استفاده از بتن خود تراکم اجازه می دهد در محل هایی که امکان تراکم کافی به دلیل آرماتور زیاد وجود ندارد یا دسترسی به محل بتن ریزی مشکل است بتن ریز بدون نیاز به تراکم انجام پذیرد و مقدار هوای تصادفی در بتن به حداقل برسد.

- در حال حاضر فرهنگ متعارف مهندسی بتن در کشور، استفاده از بتن با اسلامپ زیاد را قابل قبول نمی داند و دلیل این است که معمولاً چنانچه روانی بتن زیاد باشد، این افزایش به دلیل استفاده از آب زیاد (بیش از آنچه در طرح اختلاط پیش بینی شده است) و یا استفاده از افزودنی ها با درصد زیاد ایجاد شده است، که در هر دو صورت، بتن از میث مقاومت و رئولوژی بتن تازه با مشکل روبرو است. بتن خود تراکم که برای حل مشکلات ناشی از تراکم در بتن ریزی توسعه یافته است، در عین کارایی و روانی زیاد، دارای مقاومت کافی در برابر جداسدگی و آب انداختگی است و مشخصات مکانیکی آن نیز در حالت حداقل برابر بتن سنتی می باشد.

- با توسعه روز افزون سازه های بتنی و با تأکید بر مقاومت و دوام آن از یک سو و کمبود یا نبود کارگران ماهر از سویی دیگر و گسترش صنایع پیش ساخته بتنی در دنیا موجب گردید که بتنی طراحی شود که برای تراکم و تمکیم خود نیازی به عمل لرزاندن در جریان بتن ریزی نداشته باشد. ساخت این نوع بتن با استفاده از افزودنی های شیمیایی (فوق روان ساز های نسل جدید) و معدنی امکان پذیر شده است.

- بتن خود تراکم نخست در سال ۱۹۸۶ توسط H.Okamura در ژاپن پیشنهاد گردید و در سال ۱۹۸۸ این نوع بتن در کارگاه ساخته شد و نتایج قابل قبولی را از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی بتن ارائه داد. مقاله ای در مورد این نوع بتن توسط K.Ozawa و همکارانش در سال ۱۹۸۹ منتشر گردید.
- تعریف P.Bartos : بتن خود تراکم بتنی است که تمت وزن خود جاری شده و بدون نیاز به هر نوع لرزاندنی به طور کامل قالب ها را پر کرده (متی با وجود میلگردهای متراکم) و حالت همگن بودن خود را حفظ نماید.
- تعریف K.Ozawa : بتن خود تراکم تازه باید خواص زیر را داشته باشد :
- الف- توانائی پر کنندگی : جاری شدن بتن خود تراکم در تمام فضاهای قالب ها تمت وزن خود.
- ب- توانایی عبور : امکان عبور از فواصل تنگ میلگردها و قالب ها تمت وزن خود.
- ج- مقاوم در مقابل جدا شدگی : بتن خود تراکم ضمن دارا بودن خواص (الف) و (ب) باید شکل و ترکیب یکنواخت خود را در جریان حمل و بتن ریزی حفظ نماید.

- K.Ozawa : مدل پیشنهادی شکل (۱) را برای سیستم سافت منطقی بتن خود تراکم ارائه می دهد



- **H.Okamura** : خاصیت ویژه خود تراکمی این نوع بتن را به مشخصات مصالح و نسبت اختلاط وابسته می داند و در تحقیقات خود در سال ۱۹۸۶ با ثابت نگه داشتن مقدار سنگدانه های درشت در حد ۵۰ درصد حجم مواد جامد و سنگدانه های ریز در حد ۴۰ درصد حجم ملات و با تنظیم نسبت آب به سیمان و با افزودن مقداری فوق روان ساز توانست به خاصیت خود تراکمی بتن دست یابد.

• مشخصات بتن خود تراکم

- الف- کارائی (Workability) : از نظر کارائی یک بتن خود تراکم مناسب دارای خواص زیر خواهد بود:
- در حالت معمولی دارای جریان اسلامپی بیش از ۶۰۰ میلی متر و بدون جدا شدگی.
- حفظ روانی به مدت حداقل ۹۰ دقیقه (در صورت نیاز).
- توانائی مقاومت در شیب ۳٪ در سطح افقی آزاد (در صورت نیاز).
- قابلیت پمپ شدن در لوله ها به طول حداقل ۱۰۰ متر و به مدت حداقل ۹۰ دقیقه (در صورت نیاز).

- مشخصات مکانیکی (Mechanical Characteristics) : از نظر مقاومت فشاری دو محدوده زیر برای بتن خود تراکم منظور می گردد:
- مقاومت فشاری ۲۸ روزه مدود ۶۰۰-۲۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع.
- مقاومت فشاری اولیه برای بتن های مصرفی در خانه سازی مدود ۲۰۰-۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در ۱۵-۱۲ ساعت اولیه در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد.

- چ- دوام (Durability) : از نظر دوام برای بتن خود تراکم سخت شده نکات زیر قابل ذکر است :
- مقاومت در مقابل خوردگی، تهاجم سولفات ها- کلریدها و دیگر عوامل شیمیایی.
- مقاومت در مقابل انجماد- ذوب مطابق استانداردها.
- کاهش خطر تری های حرارتی در مقایسه با بتن معمولی لرزانده شده.

• دلایل گسترش بتن خود تراکم در دنیا

- توسعه سازه های بتنی در دنیا و نیاز به بتن های با خواص ویژه
- کمبود کارگران ماهر بتن ریزی به ویژه کارگران ویریه زن
- افزایش سرعت اجرای سازه های بتنی در سهولت بتن ریزی
- امکان بهبود کیفیت مکانیکی بتن
- امکان اجرای سازه های بتنی ظریف و سنگین و انتخاب مقاطع کوچک با میلگردهای فشرده (آزادی عمل بیشتر در طراحی)
- توسعه صنایع پیش ساخته بتنی
- صرفه جوئی اقتصادی با توجه به کاهش نیروی انسانی لازم و زمان ساخت
- اجرای سازه های بتنی ویژه مانند بتن ریزی در زیر آب
- توجه به سطح تمام شده زیبا و مرغوب سازه های بتنی
- کاهش سر و صدا و آلودگی صوتی محیط کار به ویژه در صنایع پیش ساخته بتنی

• کاربردهای اجرائی ویژه با بتن خود تراکم

- سازه های بتنی معماری- هنری که نیاز به ظرافت خاصی با میلگرد گذاری فشرده دارند.
- پل های با دهانه های بزرگ که به دلیل طولانی بودن خط انتقال بتن اجزای آن ها با بتن معمولی امکان پذیر نمی باشد و در ضمن استفاده از بتن معمولی موجب قهقورتر شدن اندازه پایه ها و نازیبایی سازه می گردد.
- تونل های شهری و آبی که در آنها مسافت طولانی انتقال بتن معمولی و حفظ کیفیت و تراکم آن از مشکلات مهم اجرایی است.
- ساختمان های بلند و برج ها
- ستون ها و دیوارهای بلند با میلگردهای متراکم
- ستون های بتن ریزی شده با پمپ
- بتن ریزی بلوک های بتنی

جدول ۱- مقایسه هزینه مصالح بتن خود تراکم و بتن معمولی (با مقاومت حدود ۴۰MPa)

تفاوت هزینه (روپیه)	قیمت / تن (روپیه)	بتن	بتن	مصالح
		خود تراکم	معمولی	
		مقدار	مقدار	
-۲۸۵	۳۰۰۰	۳۰۰	۳۹۵	سیمان (kg)
+۶۰	۱۵۰۰	۱۷۰	۱۳۰	خاکستر بادی (kg)
+۷۵/۱۱	۳۷۰	۸۴۲	۶۳۹	سنگدانه (۲۰mm) (kg)
-۱۷۰/۹۴	۳۷۰	۰	۴۶۲	سنگدانه (۱۰mm) (kg)
+۱۹۹/۷۵	۸۵۰	۲۳۵	۰	ماسه شکسته (kg)
+۷۶/۵	۹۰۰	۷۴۵	۶۶۰	ماسه معمولی (kg)
+۵۹۲/۲	۱۴۰	۴/۲۳	-	ماده افزودنی (PCE) (lit)
+۵۶/۴	۴۰	۱/۴۱	-	ماده افزودنی (VMA) (lit)
-۱۷۳/۲۵	۳۳	-	۵/۲۵	ماده افزودنی (SNF) (lit)
+۴۳۰/۷۷				کل تفاوت قیمت
٪۱۶/۸				در صد افزایش هزینه

جدول ۲- مقایسه هزینه تولید و اجرای بتن خود تراکم و بتن معمولی

بتن خود تراکم		بتن معمولی		هزینه (مترمکعب)
هزینه (پوند)	تعداد کارگر	هزینه (پوند)	تعداد کارگر	
۳۸/۵۳		۳۶/۹۰		بتن
۸/۳۸		۳/۵۳		مواد افزودنی
۵/۰۴	۲	۵/۰۴	۲	قالب و مونتاز
۳/۰۳	۱	۸/۴۰	۴	قالب گیری و تراکم
۵/۰۴	۲	۷/۵۶	۲	قالب برداری
۰/۰۰	-	۱۸/۴۸	۴	پرداخت
۰/۰۰		۱/۰۰		تعمیر و نگهداری ویبره ها
۶۰/۰۲		۸۰/۹۱		قیمت کل
٪ ۳۴/۸				درصد کاهش هزینه

جدول ۱ - مقایسه تولید بتن

نرخ تولید	۴ یارد در ساعت
بارگیری در روز	۶
روز در هفته	۵
حجم هر بارگیری	۹/۵ یارد
تخلیه بتن عادی	۲۰ دقیقه
تخلیه بتن SCC	۲ دقیقه
سود در دقیقه	۶۷ سنت
زمان صرفه جویی شده	۱۸ دقیقه
سود در هر بارگیری	۱۲/۰۰ دلار
سود معادل هر یارد	۱/۲۶ دلار

جدول ۲ - مقایسه اجرای بتن

قیمت فروش	۴ دلار در هر فوت مربع
مساحت بتن ریزی	۵۰۰۰ فوت مربع
حجم بتن مورد نیاز	۱۶۰ یارد

جدول ۳ - هزینه پرسنل

اپراتور ماشین	۱۲/۵۰ دلار در ساعت
پرداخت کار	۱۰/۵۰ دلار در ساعت
کمک پرداخت کار	۹/۰۰ دلار در ساعت
کارگر	۷/۵۰ دلار در ساعت

جدول ۵: پرسنل لازم برای بتن SCC

الف - ریختن بتن

تعداد	ساعت	
۱	۴	اپراتور ماشین
۱	۴	پرداخت کار
۱	۴	کمک پرداخت کار
۲	۴	کارگر

ب - تسطیح بتن

تعداد	ساعت	
۲	۲	اپراتور ماشین
۱	۲	پرداخت کار
۱	۲	کمک پرداخت کار
۲	۲	کارگر

جدول ۶: پرسنل لازم برای بتن عادی

الف - ریختن بتن

تعداد	ساعت	
۲	۶	اپراتور ماشین
۴	۶	پرداخت کار
۱	۶	کمک پرداخت کار
۶	۶	کارگر

ب - تسطیح بتن

تعداد	ساعت	
۲	۶	اپراتور ماشین
۳	۶	پرداخت کار
۱	۶	کمک پرداخت کار
۲	۶	کارگر

جدول ۸ - محاسبه هزینه و سود نهایی (دلار)

بتن عادی	بتن SCC	
۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	قیمت فروش
۸۹۶	۹۵۱۳	هزینه بتن
۱۰۹۰	۸۲۰	هزینه پمپ
۱۲۰۹	۳۰۷	ریختن و تسطیح
۷۵۰۰	۸۰۰۰	مصالح و سایر عوامل
۱۲۴۱	۱۳۶۰	سود ناخالص
سود ناخالص بتن عادی ۱۲۴۱ دلار		
سود ناخالص بتن SCC ۱۳۶۰ دلار		
اختلاف سود ۱۱۹ دلار		

جدول ۳- طرح اختلاط SCC

مقدار	واحد	
۳۰/۵	درصد	نسبت آب به مصالح سیمانی
۲۰/۰	درصد	نسبت Fly Ash به مصالح سیمانی
۱۷۵	کیلو گرم در متر مکعب	آب
۴۵۷	کیلو گرم در متر مکعب	سیمان
۱۱۸	کیلو گرم در متر مکعب	Fly Ash
۸۴۰	کیلو گرم در متر مکعب	ماسه
۷۴۴	کیلو گرم در متر مکعب	شن
۱/۰	درصد	روان کننده