بتن فوق توانمند چیست

عملکرد استثنایی بتن فوق توانمند ریشه در مصالح تشکیل‌دهنده آن و نسبت‌های اختلاط آن‌ها دارد. مصالح بتن فوق توانمند نه‌تنها به دلیل مشخصات واکنش‌پذیری‌شان بلکه به دلیل قابلیت چسبندگی و ایجاد یک خمیر چگال تر نسبت به بتن معمولی انتخاب می‌شوند. مصالحی که معمولاً در بتن فوق توانمند استفاده می‌ش عبارت‌اند از: سیمان، سیلیکا فوم و یک مصالح پودری دیگر با اندازه بین این دو مانند سرباره، خاکست آتش‌فشانی یا سیلیکا فوم. ماسه ریز – اغلب ریزتر از ماسه بتن معمولی – بقیه خمیر را پر کرده و سنگ‌دانه درشت استفاده نمی‌شود. یک افزودنی کاهنده آب قوی (HighRangeWaterReducer) که معمولاً بر پایه فناوری پلی کربوکسیلات است، باعث ایجاد ویژگی خودتراکمی شده و امکان جاری بودن مخلوط حتی در نسبت‌های آب به مواد سیمانی کمتر از 0.20 را فراهم می‌کند. در نهایت الیاف فولادی پر مقاومت با مقدار 1 تا 3 درصد حجم بتن اضافه می‌شود که تا مقاومت کششی بیشتر و شکل‌پذیری بعد از ترک خوردن بتن فوق توانمند فراهم شود.



تاریخچه بتن فوق توانمند

بتن فوق توانمند اولین بار در ارتش آمریکا در اواخر دهه هشتاد استفاده شد و در آمریکا تا سال 2000 در دسترس قرار گرفت . اولین استفاده آن برای پایه های پلی در آمریکای شمالی بود که به سال 1997 بر می گردد. به دنبال آن 34 پروژه تحقیقی در چندین انیستتو آغاز شد که هدف آنها ایجاد امکانی برای بیشتر در دسترس قرار گرفتن این بتن و در عین حال قابل اعتماد بودن و اقتصادی کردن آن با استفاده از مصالح کاربردی بود . کشورهای دیگری که تا بحال ازین بتن استفاده کرده اند شامل آلمان ، استرالیا ، ایتالیا ، ژاپن ، مالزی ، سوییس ، کره جنوبی و .... می باشد . علت این استفاده گسترده در این کشورها از بتن فوق توانمند به متریال آن بر می گردد که امکان ساخت یک پروژه مقاوم با دوام انعطاف پذیر ی بالا و با عمر صد ساله را ایجاد می کند.



چرا بتن فوق توانمند استفاده کنیم؟

بتن فوق توانمنددر گستره زیادی از کاربردها قابل استفاده می باشد که از آن جمله به چند مورد می توان اشاره کرد :

• امکان طراحی سطح مقطع‌های کوچک‌تر

• پیش تنیدگی بیشتر و کاهش آرماتورهای تقویتی معمول

• امکان تولید اعضا با دهانه‌های بیشتر و تکیه‌گاه‌های میانی کمتر و در نتیجه فضای قابل‌استفاده بیشتر بین پایه‌های پل‌ها و ستون‌های ساختمان‌ها

• تسریع فرآیند ساخت‌وساز

• استفاده درشاه تیرهای پیش تنیده

• پانل های وافل پیش تنیده مورد استفاده در عرشه پل ها

• بازسازی قطعات تخریب شده پل ها

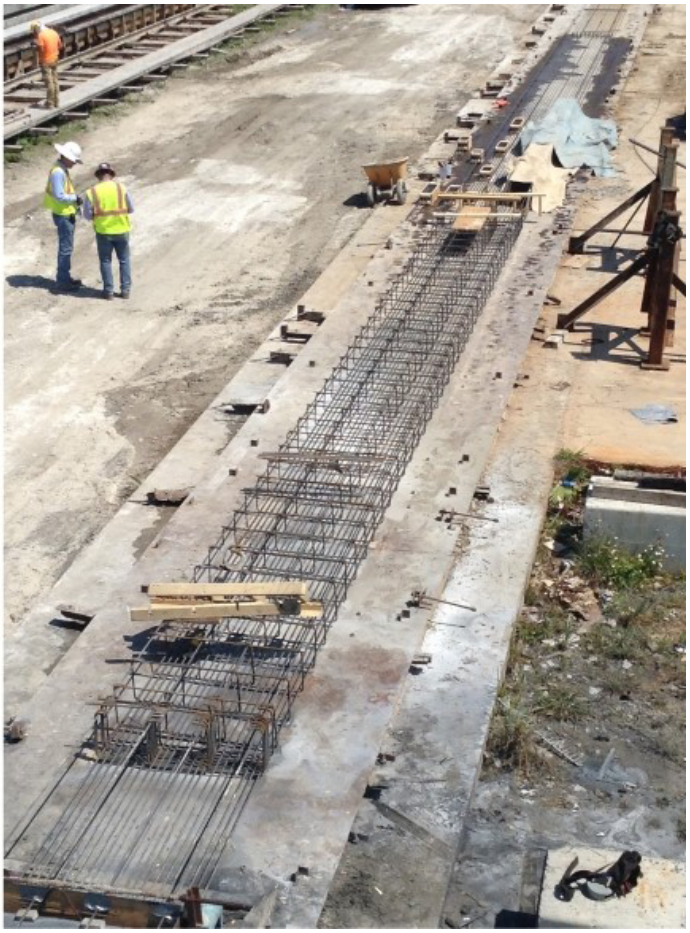
• شمع های پیش ساخته بتنی

• بهسازی لرزه ای پل ها

• پوشش و کاور قطعات کم ضخامت پل ها

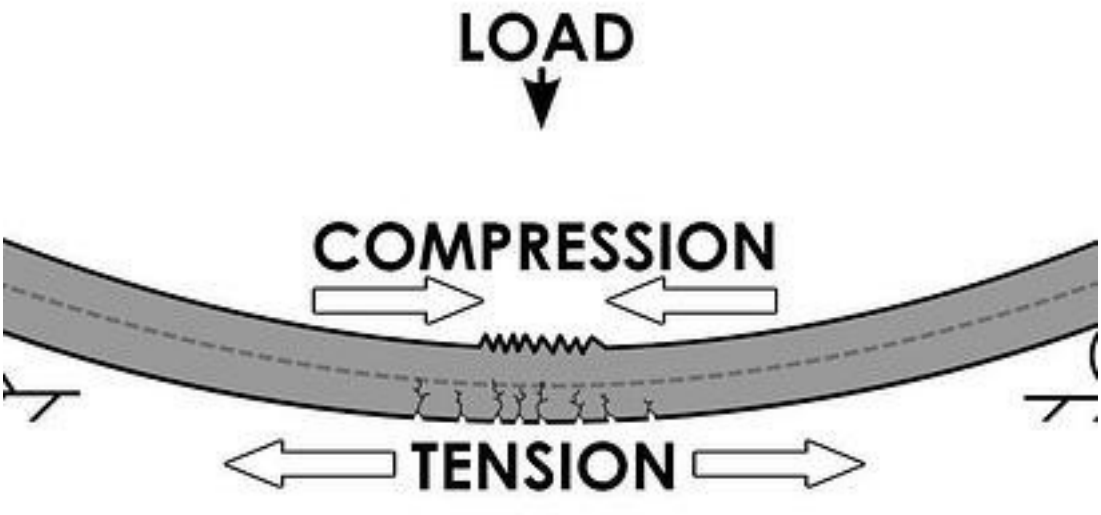
• ابزار های کاهنده خطرات انفجار و افزایش ایمنی





مقاومت بتن فوق توانمند

مقاومت فشاری بتن فوق توانمند ده برابر بیشتر از بتن سنتی معمولی می تواند باشد . مقاومت فشاری به تحمل یک مصالح تحت یک بار فشاری یا خمشی گفته می شود . بتن های معمولی مورد استفاده در پل ها مقاومتی بین 3000 تا 5000 psi دارند و در حالیکه بتن فوق توانمند مقاومت فشاری بین 18000 35000psi می تواند داشته باشد . نوع دیگر مقاومت ، مقاومت کششی است که به معنای آن است که یک مصالح چه قدر در کشش قابلیت تحمل دارد .بتن معمولی مقاومت کششی بین 400 تا 700 psi دارد در حالیکه بتن فوق توانمند مقاومت کششی ای در حدود 1400 psi می تواند داشته باشد .



مقایسه انواع بتن از لحاظ مقاومت فشاری

Normal Concrete	**بتن معمولی**	کمتر از 50 مگا پاسکال
High Performance Concrete	**بتن توانمند**	بین 50 تا 150 مگا پاسکال
Ultra High Performance Concrete	**بتن فوق توانمند**	بالاتر از 150 مگا پاسکال

دوام بتن فوق توانمند

به غیر از مقاومت چشمگیر بتن فوق توانمند دوامی که این بتن ایجاد می کند نیز بسیار قابل ملاحظه است. دوام به معنای این است که یک مصالح در شرایط غیر عادی چگونه عمل می کند که شامل سه نوع رفتار در چرخه های ذوب و یخ ، مقاومت در برابر کلرید (مثل نمک جاده) و مقاومت سایشی بالا در تمام طول مدت استفاده می باشد. بتن فوق توانمند ویژگی هایی شبیه یک سنگ سخت دارد. برای دوام بیشتر بتن فوق توانمند ، سیمان اغلب بطور کامل یا جزئی با مقدار زیادی از مواد سیمانی تکمیلی (SCM) جایگزین می شود. به منظور سرعت بخشیدن به واکنش شیمیایی با سیمان درجه حرارت بالا یا تراش فشار (پخت اتوکلاو) ، که به طور قابل توجهی باعث بهبود خواص بتن فوق توانمند می شود. این خصوصیات شامل کاهش تخلخل ، استحکام افزایش یافته ، ماتریس بهبود یافته و باند کل / فیبر است.

نفوذ کلراید

نفوذ پذیری کلراید با اندازه گیری تاثیر محلول سدیم کلراید 3 درصد بر روی بتن 90 روزه اندازه گیری می شود . بعد از 90 روز ، سطح نفوذ یون کلراید در بتن اندازه گیری می شود . بتن فوق توانمند نفوذپذیری بسیارکمی

در برابر نفوذ یون کلراید نشان می دهد که کمتر از 10 درصد نسبت به بتن معمولی می باشد .

مقاومت سایشی

با اندازه گیری مقدار تحمل سایش بتن بوسیله یک غلطک در زمان مشخصی سنجیده می شود. بتن فوق توانمند مقاومت سایشی بسیار بالایی نزدیک به 2 برابر بتن معمولی نشان می دهد .



مواد مورد استفاده در اختلاط سه جزیی بتن فوق توانمند

مواد مورد استفاده در اختلاط سه جزیی بتن فوق توانمند شامل پودر ها ، فوق پلاستیک کننده ها ، و فیبر ارگانیک است . مواد تشکیل دهنده این بتن می تواند شامل سیمان پرتلند ، سیلیکا فوم ، فلور کوارتز ، ماسه سیلیسی ریز دانه ، فوق کاهش دهنده های آب ، آب ، فولاد یا فیبر های ارگانیک باشد .
استاندارد ساخت و تولید و آزمایشات بتن فوق توانمند در استاندارد ASTM آمریکا با شماره 17-C1856M ثبت گردیده است .





تولید پیش‌ساخته بتن فوق توانمند

تولید پیش‌ساخته بتن فوق توانمندرا می‌توان با استفاده از تجهیزاتی که برای تولید المان‌های پیش‌ساخته معمولی استفاده می‌شود انجام داد. تقریباً هر نوع میکسری اگر به آن زمان اختلاط کافی داده شود می تواند بتن فوق توانمند را تولید نماید .برخلاف بتن معمولی که در آن همزمان مواد مخلوط می گردند بتن فوق توانمند ابتدا مصالح پودری و ماسه اضافه می گردد و سپس بتدریج آب اضافه شده تا مخلوط روانی بدست آید. این زمان بنوع میکسر مورد استفاده و طرح اختلاط بتن فوق توانمند بستگی دارد که معمولا بین 5 تا 15 دقیقه است.سپس الیاف به‌تدریج اضافه می‌شوند تا روانی مورد نظر بدست آید با این کار الیاف ها انباشته نشده و بتن روانی حاصل می گردد.



روش های بتن ریزی و عمل آوری بتن فوق توانمند

روش‌های مورد استفاده برای ریختن بتن فوق توانمند در قالب عموماً مشابه روش‌های مورد استفاده برای بتن خودتراکم هستند. بااین‌حال باید به اثر فرآیند بتن‌ریزی بر جهت‌گیری الیاف که تأثیر زیادی بر عملکرد مکانیکی دارد توجه کرد. ریختن بتن فوق توانمند باید به‌گونه‌ای باشد که از تشکیل درزهای سرد جلوگیری شود. در صورت امکان بتن فوق توانمند باید در یک مرحله و از یک محل به‌صورت پیوسته ریخته شده و از لرزش داخلی برای پرهیز از کاهش احتمال جدا شدن الیاف اجتناب شود. نقطه‌ضعف بتن فوق توانمند خشک شدن در روزهای ابتدایی و ترک ناشی از جمع شدگی پلاستیک است؛ بنابراین سطح عضو باید بلافاصله بعد از بتن‌ریزی پرداخت و پوشانده شود. درحالی‌که می‌توان از گرما برای تسریع هیدراسیون اولیه استفاده کرد، ممکن است از یک روش عمل‌آوری حرارتی (مانند بخار داغ) هم برای مقاومت اولیه بالاتر یا برای جبران تغییرات حجمی به دلیل جمع شدگی و خزش عضو استفاده شود.

برتری های بتن فوق توانمند نسبت به بتن معمولی

- آسان کردن تکنیک های ساخت

- بهبود دوام
- کاهش هزینه های نگهداری نسبت به بتن معمولی
- سرعت ساخت
- تخریب کمتر
- کاهش اندازه ها و
- افزایش عمر استفاده
- بهبود رسانایی

همچنین تفاوت های دیگری مابین بتن فوق توانمند با بتن‌های متعارف معمولی وجود دارد که از بسیاری جهات آن را متمایز می کند و قابلیت استفاده در پروژه های خاص با ویژگی های منحصر به فرد در دوام و با مقاومت های بالاتر از حد معمول را فراهم می آورد.

1. ساختار ریزدانه و بسیار متراکم (سنگدانه با حداکثر اندازه ۰٫۶ میلیمتر)
2. مقاومت فشاری بسیار بالا (حداقل ۴ برابر بتن‌های معمولی رده (C25)
3. افت تقریباً صفر پس از ۳۰۰ چرخه ذوب یخبندان
4. انقباض و خزش بسیار کمتر
5. نفوذپذیری بسیار کم (کمتر از یک سوم بتن‌های معمولی)
6. عمق ناچیز کربناسیون پس از ۶۰ سال (کمتر از ۶ میلیمتر)