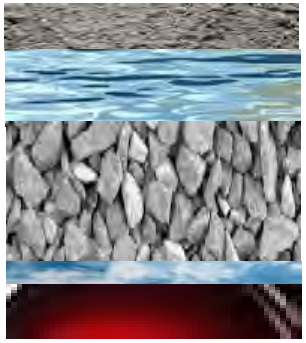
خواص بتن

بتن در مفهوم بسیار وسیع به هر ماده یا محصولی که از یک ماده چسبنده با خاصیت سیمانی شدن تشکیل شده باشد گفته می شود.

حاصل فعل و انفعال سیمان های هیدرولیکی و آب می باشد.

در نحوه ی ساخت آن ممکن است از حرارت، بخار آب، اتو کلاو، خلاء، فشارهای هیدرولیکی و متراکم کننده های مختلف استفاده شود.



بتن

۱- سیمان: ۷ الی ۱۵ ٪

۲- آب: ۱۴ الی ۲۱٪

۳- سنگدانه : ۶۰ الی ۷۵ ٪

۴- هوا : ۱/۵ الی ۳ ٪

۵- مواد افزودنی: درصدی از وزن سیمان

خصوصیات بتن تازه خوب:

- روانی و غلظت بتن تازه طوری باشد که با وسایل موجود در کارگاه بتوان آن را متراکم کرد
- چسبندگی مخلوط باید بحدی باشد که در ضمن حمل و ریختن بتن موجود مواد از یکدیگر جدا نشوند
- مهمترین خصوصیات یک بتن تازه کارایی و تراکم بتن می باشد.

خصوصیات بتن سخت شده خوب :

- دارای مقاومت فشاری متناسب با انتظارات باشد
- دارای خصوصیات مکانیکی مطابق با انتظارات باشد. مانند مقاومت خمشی قابل قبول، مقاومت کششی قابل قبول، شکل پذیری مناسب
- دارای خصوصیات دوام خوب بر حسب مورد استفاده باشد. مانند نفوذپذیری پایین، مقاومت در برابر سایش، مقاومت در برابر ضربه و مقاوم در برابر حملات شیمیایی

میزان آب در خمیر سیمان

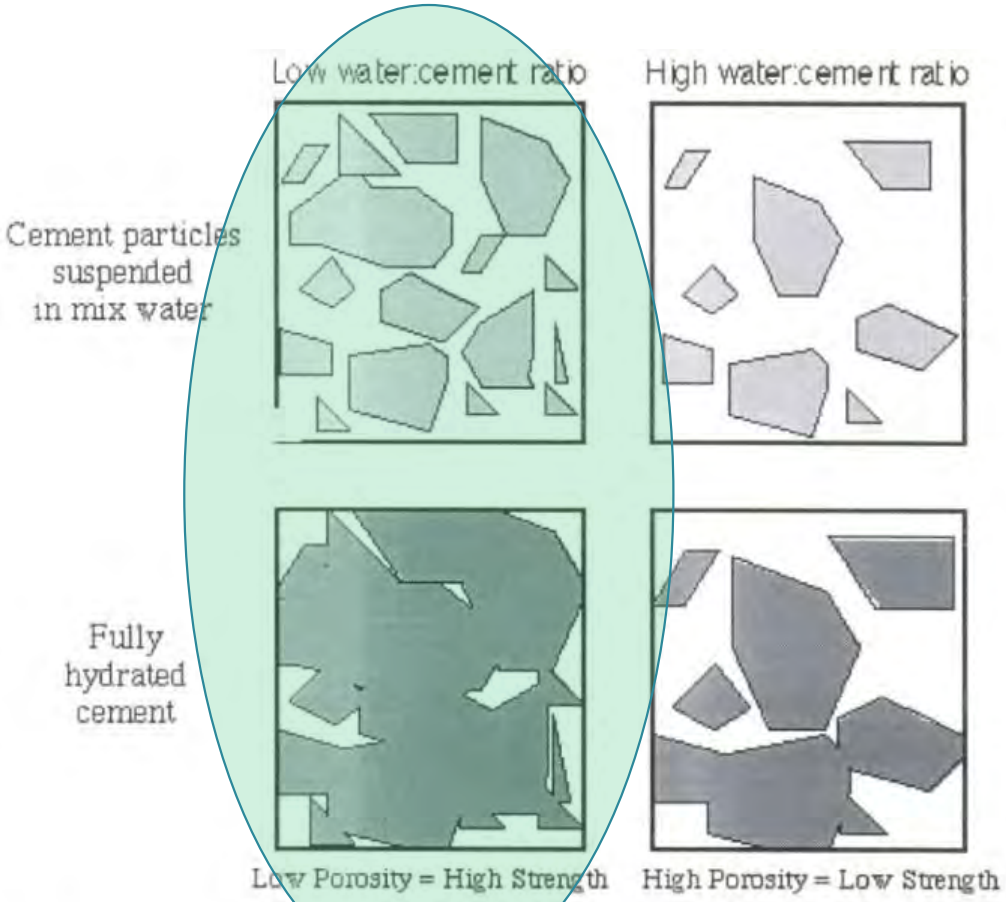
- ✓ آب عامل اصلی شروع فرآیند هیداراتاسیون سیمان است.
- ✓ میزان آب با نسبت وزنی آب به سیمان (W/C) نشان داده می شود
- ✓ به صورت یک اصل W/C باید حتی المقدور کم انتخاب شود
- ✓ میزان W/C=0.2-0.25 جهت انجام فرآیند هیدراسیون کافی است
- ✓ عملا کار با W/C=0.2 -0.25 عملا مشکل است و جهت سهولت میزان W/C را تا 0.4 الی 0.6 بالا می برند

چرا W/C را بهتر است کم انتخاب کنیم ؟

زیرا آب مازاد، فضایی از بتن را اشغال کرده که در هیدراسیون نقشی ندارد و پس از تبخیر در بتن فضاهای خالی به وجود می اورد که منجر به کاهش مقاومت می شود.

مزایای W/C کم:

۱- افزایش مقاومت فشاری و کشش
۲- افزایش خاصیت آب بندی (به دلیل کاهش نفوذپذیری)
۳- کاهش جذب آب (به دلیل کاهش فضای خالی)
۴- پیوستگی بهتر بین لایه های متوالی در بتن ریزی
۵- افزایش چسبندگی بین میلگرد و بتن (به دلیل افزایش سطح تماس بتن و میلگرد)
۶- افزایش مقاومت در مقابل تر و خشک شدن متوالی و سرد و گرم شدن متوالی
۷- کاهش میزان افت
۸- کاهش میزان خزش
۹- کاهش امکان آب انداختن بتن
۱۰- کاهش امکان جدا شدن دانه ها



Schematic drawings to demonstrate the relationship between the water/cement ratio and porosity.

محاسن W/C زیاد:

- روانی و کارآیی بالاتر

تعریف کارآیی:

کارآیی عبارتست از درجه سهولت ریختن و کارکردن با بتن

کارآیی بالا تر ⬆ کارکردن با بتن راحت تر ⬆

سنجش کارآیی بتن معمولی با آزمایش اسلامپ : یک مخروط ناقص با ارتفاع ۳۰ سانتیمتر و قاعده ۲۰ سانتیمتر

عوامل موثر در کارآیی :

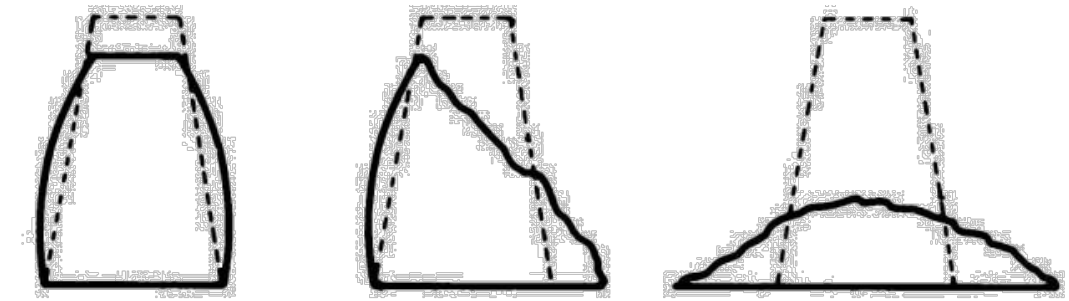
- هرچه میزان آب در بتن بیشتر باشد میزان کارایی بیشتر است
- بتن با سنگدانه های گرد گوشه کارایی بیشتری نسبت به بتن با سنگدانه های تیز گوشه دارد
- بتن با ریز دانه بیشتر کارایی بالاتری دارد
- هرچه جذب آب سنگدانه ها کمتر باشد کارایی بتن بیشتر است
- بتن تازه تر کارایی بالاتری دارد
- هرچه چگالی سنگدانه بیشتر باشد کارایی بتن بیشتر است
- با افزایش سیمان به علت افزایش آب کارایی افزایش می یابد
- هر چه دمای بتن افزایش یابد کارایی کاهش می یابد
- استفاده از روان کننده ها و فوق روان کننده ها باعث افزایش کارایی بتن میشود

آزمایش اسلامپ

- برای تعیین روانی بتن های معمولی انجام می شود
- بتن در سه مرحله درون مخروطی ناقص که بر روی یک صفحه قرار دارد ریخته و با ۲۵ ضربه متراکم می شودسپس با برداشت مخروط میزان افت ارتفاع سطح بتن اندازه گیری میشود. عدد به دست آمده در این آزمایش که به آن اسلامپ بتن میگویند نشان دهنده میزان روانی بتن است
- اسلامپ بتن کارهای معمولی بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر است.
- این آزمایش برای مخلوط های خیلی خشک و یا مخلوط های خیلی روان استفاده نمی شود.

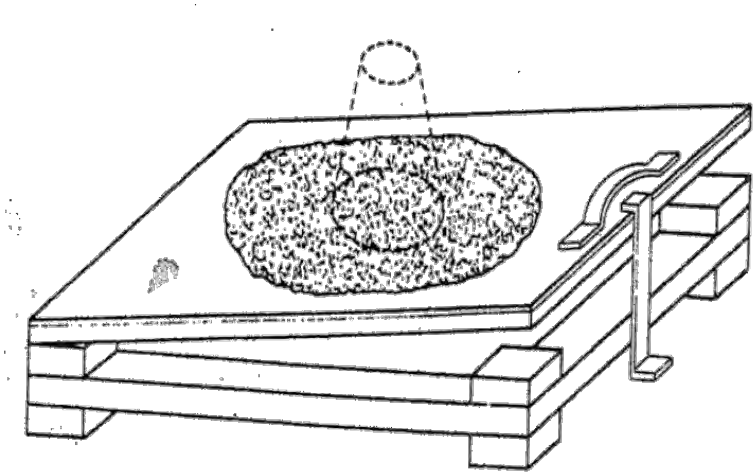
Description of Workability and Magnitude of Slump

Description of workability	*Slump*	
	mm	*in.*
No slump	0	0
Very low	5–10	$\frac{1}{4}$–$\frac{1}{2}$
Low	15–30	$\frac{3}{4}$–$1\frac{1}{4}$
Medium	35–75	$1\frac{1}{2}$–3
High	80–155	$3\frac{1}{4}$–6
Very high	160 to collapse	$6\frac{1}{4}$ to collapse



آزمایش میز سیلان

- برای بتن های روان که با فوق روان کننده ها ساخته میشوند کاربرد فراوان دارد
- بتن را در مخروطی ناقص که روی یک صفحه مفصل دار قرار گرفته است ریخته و متراکم میکنندسپس مخروط را برداشته ویک طرف صفحه را ۲۰ بار تا ارتفاع ۴۰ میلیمتر بالا آورده و رها میکنند و دو بعد بتن پخش شده را اندازه گیری میکنند. میانگین این دو عدد میزان روانی بتن را مشخص میکند.
- مقدار کارایی متوسط در این روش معادل ۴۰۰ میلیمتر است.
- بتن های آزمایش شده با این روش باید همگن و چسبنده باشند.



تراکم

تراکم یعنی به حرکت در آوردن ذرات بتن به منظور کم کردن اصطکاک بین آنها و نهایتا خروج حباب های محبوس هوا از بتن

مقاومت بتن با افزایش تخلخل آن کاهش می یابد

ساخت بتن با چگالی و تراکم بالا اهمیت فراوانی دارد

زیرابه ازای هر یک درصد هوای محبوس شده در بتن، در حدود ۵ تا ۶ درصد از مقاومت آن کاسته می شود.

همچنین حباب های هوا، موجب کاهش چسبندگی بین میلگرد و بتن می شود

مهمترین عوامل افزایش تراکم در بتن تازه عبارتند از : اصلاح درصد آب به سیمان، اصلاح دانه بندی، کاهش درصد هوا، ویبره مناسب

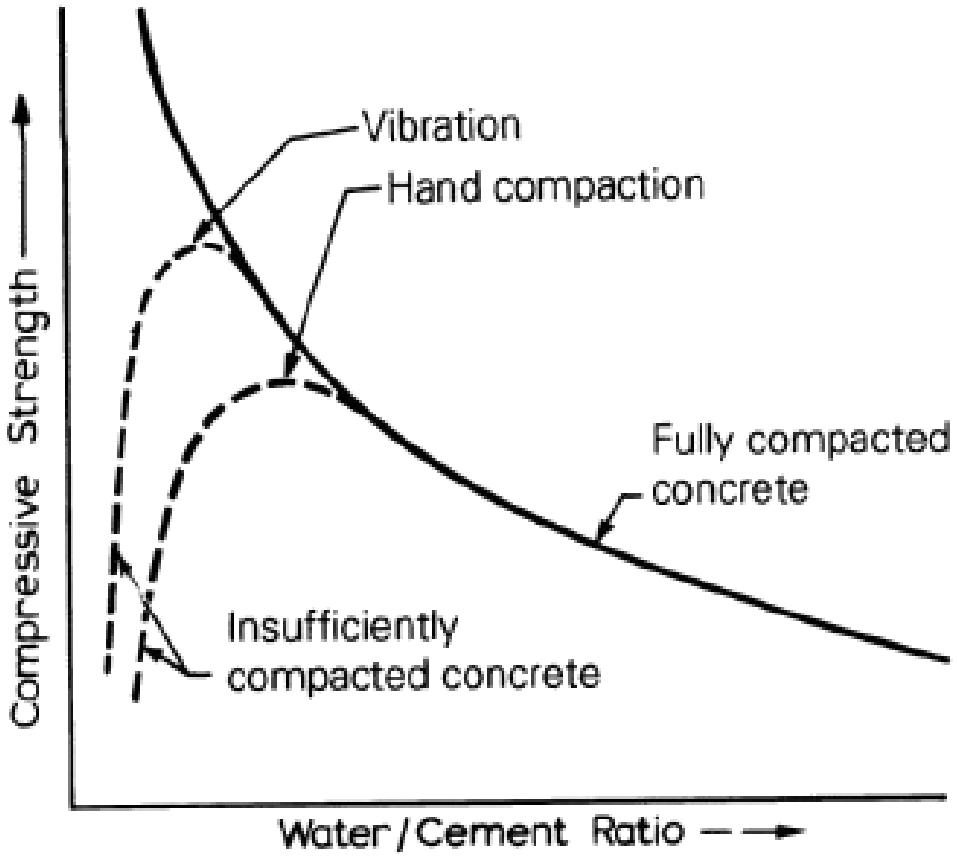


Fig. 6.1 The relation between strength and water/cement ratio of concrete

روش تراکم باید به گونه ای اتخاذ و اجرا شود که از جداشدگی اجزا به هر صورت جلوگیری شود. بویژه آنکه عموماً جداشدگی اجزا قابل رؤیت نیست و لذا باید روشهای صحیح و غلط را دقیقاً شناخت و در اجرا از این شناخت استفاده کرد.

انواع روش های تراکم دستی

۱) میله کوبی

۲) بیل زنی

۳) وزنه کوبی بر روی بتن

انواع روش های تراکم ماشینی (مکانیکی)

۱) دستگاههای لرزاننده یا ویبراتورها
الف) ویبراتورهای درونی
ب) ویبراتورهای بیرونی

- **ویبره های قالب**
- **ویبراتورهای سطحی**
- **میزهای لرزان**

۲) میزهای سقوط کننده
۳) دستگاههای با کوبنده موتوری
۴) دستگاههای مبتنی بر نیروی گریز از مرکز

ویبراتور

در هر نوع ، با تولید ارتعاش موجب آن می شوند که اصطکاک داخلی بین سنگدانه ها موقتاً از بین برود و بتن مانند یک مایع رفتار کند. در نتیجه بتن تحت تأثیر ثقل در قالب فرو می نشیند و حبابهای بزرگ هوای محبوس با سهولت بیشتری به سوی سطح بتن صعود می کنند.بلافاصله پس از اتمام ارتعاش، اصطکاک داخلی بتن مجدداً برقرار می شود.

دو پارامتر و مشخصه عمده ویبراتورها عبارتند از فرکانس (بسامد) ارتعاش، که برحسب تعداد ارتعاشات در دقیقه VPM مشخص می شود، و دامنه ارتعاش، یعنی انحراف از نقطه ساکن، که بر حسب mmمشخص می شود.

۱) متداول ترین روش تراکم ماشینی است

۲) ویبراتور در داخل بتن باید به طور منظم و فواصل مشخص به نحوی فرو برده شود که دو قسمت لرزانیده شده با هم همپوشانی داشته باشند. قسمتی از ویبراتور باید در لایه زیرین که هنوز حالت خمیری دارد فرو رود.

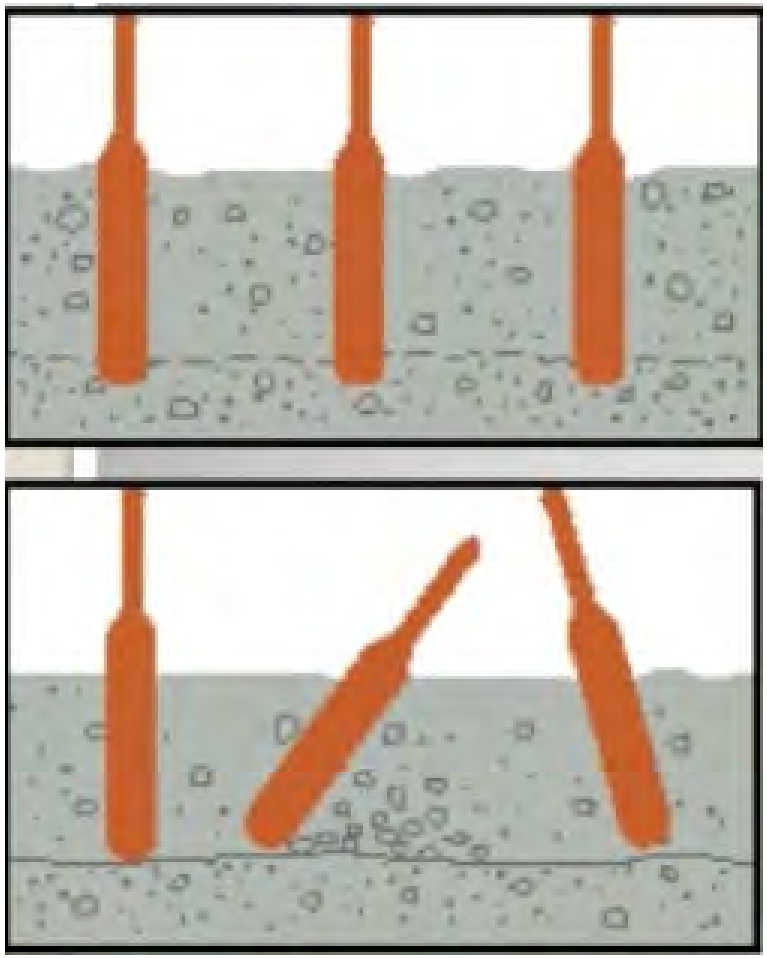
۳) ویبراتور باید تا حد امکان به صورت قائم وارد بتن گردد و به آرامی بیرون کشیده شود تا حباب هوا در داخل بتن باقی نماند.

میله کوبی

۱) برای مخلوط های کارآ و روان مناسب است.

۲) بتن از طریق فرو کردن پی در پی یک میله فولادی یا یک ابزار مناسب دیگر به داخل آن متراکم می شود.

۳) طول میله باید به اندازه کافی زیاد باشد، و نیز قطر آن به اندازه کافی کم باشد که امکان تراکم مطلوب فراهم آید و به راحتی از میان قالبها عبور کرده و تا ته قالب برسد.



روش صحیح

روش غلط

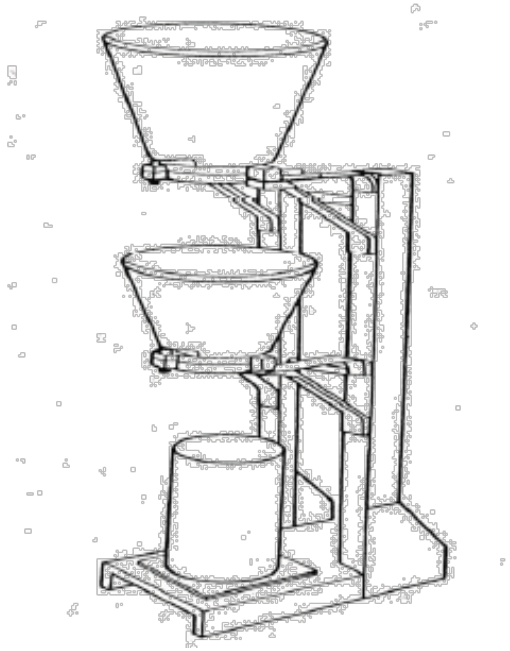
عوامل مؤثر بر انتخاب روش تراکم :

۱) نوع بتن
۲) روانی بتن
۳) حجم بتن ریزی
۴) میزان آرماتورها، فاصله بین آنها تراکم
۵) نوع روش انتقال و جای دادن بتن (نظیر استفاده از پمپ بتن)
۶) پیچیدگی قالب بندی و شکل هندسی عضو یا اعضا
۷) امکانات موجود

مخلوط های با کارآیی بیشتر به فرکانس بیشتری نیاز دارند.

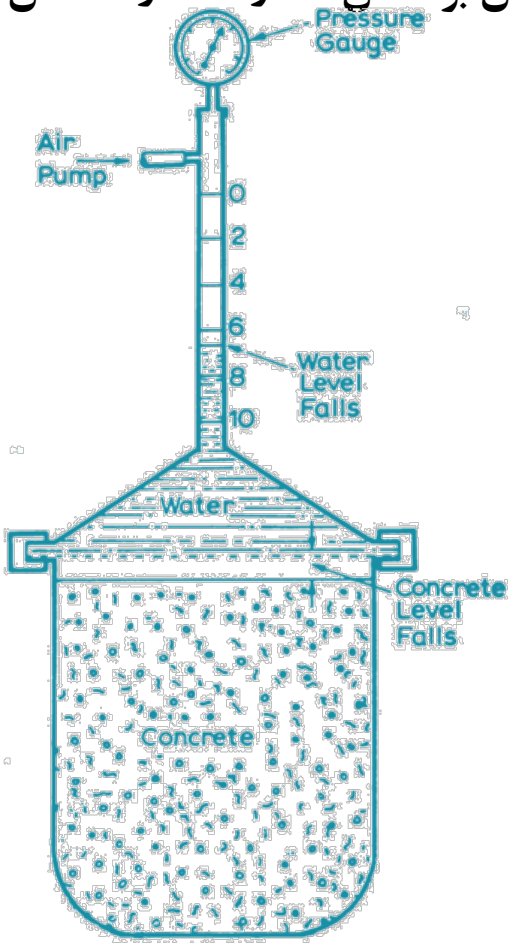
آزمایش فاکتور تراکم

- برای تعیین میزان تراکم مخلوط با اعمال کار مشخص استفاده می شود .
- ضریب تراکم بتن به وسیله نسبت چگالی واقعی به چگالی بتن که کاملا متراکم شده به دست می آید . این آزمایش برای بتن های با حداکثر اندازه سنگدانه ای تا ۴۰ میلیمتر و در جاده سازی و تهیه بتن پیش ساخته استفاده می شود.
- دستگاه از دو ظرف تخلیه که به شکل مخروط ناقص می باشند و همچنین یک ظرف استوانه ای تشکیل شده است .قیف ها دارای دریچه ای با عملکرد سریع برای ریزش بتن به قیف قسمت پایینی دستگاه می باشند. (مطابق با استاندارد BS 1881:103)
- هرچه این عدد به ۱ نزدیکتر باشد کارایی مخلوط بیشتر است.



آزمایش درصد هوا

- میزان هوای موجود در بتن از زوایای مختلفی مثل مقاومت در برابر سیکل های متناوب انجماد و ذوب دارای اهمیت است.
- روش های متفاوتی برای اندازی گیری درصد هوا وجود دارد که یکی از معتبرترین آنها روش فشار است . در این روش ابتدا در ظرف مخصوصی در چند مرحله بتن ریخته و متراکم می شود سپس درب ظرف را گذاشته و مقدار معینی آب به داخل ظرف ریخته می شود سپس با اعمال فشار مشخص و سپس برداشتن فشار مقدار کاهش سطح آب که معادل حجم هوای موجود در مخلوط است بو دست می آید



مسائل بتن تازه:

۱- آب انداختن بتن :

✓ در حقیقت نوعی جدایی در بتن می باشد که در آن قسمتی از آب مخلوط به بالا و سطح بتن آمده و از دانه ها جدا می شود

✓ علت آن عدم توانایی ذرات جامد در نگه داشتن همه ی آب مخلوط بین خود و جلوگیری از ته نشین شدن آن ها می باشد

اثرات نامطلوب آب انداختن بتن:

❖ در اثر آب انداختن بتن لایه بالای بتن بسیار پر آب شده و با ریختن لایه بعدی بتن بر روی آن و محبوس شدن این آب اضافی، لایه ای بسیار ضعیف و متخلخل و کم دوام از بتن بین هر دو لایه ایجاد می شود.

❖ علاوه بر جمع شدن آب در سطح بتن مقداری از آب بالا آمده در زیر سنگدانه های درشت و یا زیر آرماتورها محبوس شده و ناحیه ای با چسبندگی بسیار ضعیف را ایجاد می کند.

❖ در صورت مخلوط کردن مجدد این آب اضافی سطحی به هنگام پرداخت بتن لایه سطحی کم مقاومت در مقایش سایش ایجاد می شود.

❖ اگر سرعت تبخیر آب سطحی بتن بیش از سرعت آب انداختن آن باشد، ترک های جمع شدگی پلاستیک به وجود خواهد آمد.

❖ در لایه های نازک و روسازی ها خطر یخبندان بتن را تشدید می کند

- **آب انداختن بتن همواره زیانبار نخواهد بود. بلکه اگر این عمل دست نخورده بماند و آب بخار شود باعث افزایش مقدار سیمان به آب و در نتیجه افزایش مقاومت بتن می شود ولی اگر آب بالا آمده به همراه خود مقدار قابل توجهی ذرات ریز سیمان را به بالا و سطح بتن بیاورد که اصطلاحاً به آن شیره بتن گویند که این شیره (لایه) در بالای سطح، سطحی کاملاً متخلخل و کم مقاومت در مقابل سایش ایجاد می کند و چسبندگی را با لایه روی خودش کم می کند به همین دلیل همواره باید شیره ی فوق با برس زدن و شستن از سطح بتن پاک شود.**

- **مهمترین دلایل آب افتادگی بتن عبارتند از اسلامپ بیش از حد بتن ، ویبره بیش از حد و نیز دانه بندی نا مناسب**

- **هر چه سیمان ریزتر شود آب انداختن کاهش می یابد**

- **افزایش مواد هوازا، مواد پوزولانی و پودر آلومینیوم این خطر را کاهش می دهد.**

۲- جدایی دانه ها :

جدایی عبارتست از برهم خوردن یکنواختی پخش ذرات که سبب جدا شدن اجزاء یک مخلوط ناهمگن می شود در بتن این امر در اثر اختلاف دانه بندی و اندازه ی دانه ها ایجاد می شود که ۲ نوع جدایی مشاهده می شود :
الف) در نوع اول : دانه های درشت تر به علت حرکت سریع تر در شیب ها نسبت به ریز دانه تمایل به جدایی از سایر دانه ها دارند. (مخلوط های خیلی خشک)
ب) در نوع دوم : جدایی که معمولاً در مخلوط های آب دار اتفاق می افتد (جدا شدن دوغاب سیمان و آب از سایر اجزاء مخلوط) (مخلوط بسیار تر و آبدار)

عوامل جدایی دانه ها :

۱)پرتاپ بتن از یک فاصله قابل ملاحظه به داخل قالب.
۲)عبور از ناودانی های طولانی که گاه با تغییر جهت همراه است.
۳)تخلیه بتن بر عکس یک مانع موجود.
۴)حمل بتن به مسافت های طولانی.
۵)استفاده ناصحیح از ویبراتور.

اجرای بتن

مخلوط کن ها :

هدف از مخلوط کردن مصالح بتن که با هم زدن یا دوران دادن مصالح تامین می شود پوشانیدن سطح دانه های سنگی با دوغاب سیمان و تولید یک مخلوط همگن و یکنواخت می باشد که همواره در حین اختلاط و تخلیه بتن از مخلوط کن باید همگنی آن از بین نرود.

نحوه ی تغذیه مخلوط کن :

در صورت امکان بهتر است کمی از آب اختلاط ابتدا داخل مخلوط کن ریخته شود تا بعد از ریختن مصالح درشت دانه از خیس شدن و مرطوب شدن سطح سنگدانه ها اطمینان حاصل شود. چون اگر سیمان و آب خیلی سریع و خیلی گرم با هم ترکیب شوند خطر گلوله شدن سیمان حتی تا قطر۷۵ میلیمتر وجودخواهد داشت.

اگر زمان اختلاط طولانی شود آب از بتن تبخیر می شود که این تبخیر مقاومت و کارایی را کاهش می دهد و اثر دوم طولانی شدن زمان اختلاط به خصوص در شن و ماسه نرم سبب سایش آن ها شده و باعث ریزتر شدن دانه بندی و کاهش کارایی می شود و در اثر اصطکاک مصالح روی هم درجه حرارت افزایش می یابد.

اجرای بتن

حمل و نقل بتن

انواع روشها و وسایل انتقال بتن

- فرغون (چرخ دستی)
- دامپر
- شوت (سرسرهٔ بتن یا ناوهٔ شیبدار)
- شوت سقوطی یا خرطوم فیلی
- باکت (جام) و تاورکرین
- نوار نقاله
- کامیون مخلوط کن (truck mixer)
- کامیون همزن (agitating truck)
- کامیون ناهمزن (nonagitating truck)
- بتن پاشی
- تلمبه یا پمپ بتن
- پخش کننده های با محور حلزونی
- قیف و لوله (ترِمی)

عوامل مؤثر بر انتخاب روش انتقال

1) شرایط پروژه
2) مشخصات مصالح
3) میزان و حجم بتن
4) مسافت و زمان حمل
5) شرایط آب و هوایی محل ساخت
6) شرایط اقتصادی (هزینهٔ اولیه، هزینهٔ مستمر)
7) ماشین آلات موجود
8) نیروی انسانی

نتایج انتقال صحیح

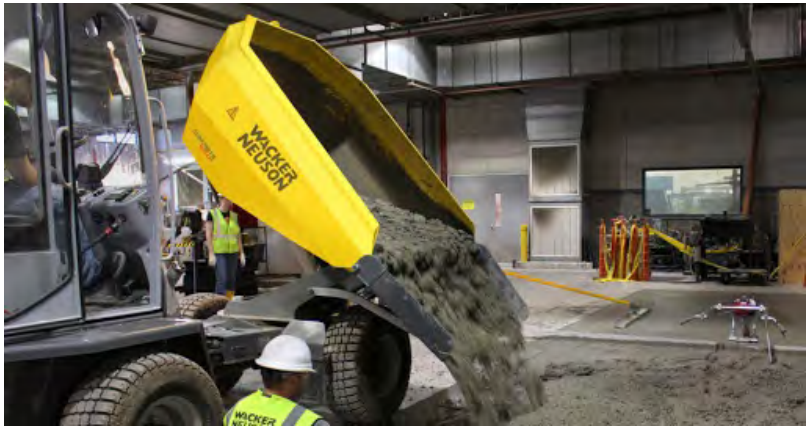
1) عدم تغییر زیاد نسبت آب به سیمان
2) عدم تغییر زیاد اسلامپ
3) عدم تغییر زیاد میزان هوای بتن
4) عدم تغییر یکنواختی بتن
5) جدا نشدن اجزاء از یکدیگر (بسیار مهم و تعیین کننده)
6) آب نینداختن (حالت خاصی از بند ۵ فوق)
7) وارد نشدن مواد خارجی به داخل بتن
8) عدم تأخیر در اجرای مراحل مختلف
9) عدم ایجاد درز سرد در کار
10) حمل یکنواخت و ممتد بتن به محل اجرا

حمل دستی بتن (فرغون، دامپر)

1) مسیر دامپرها می باید هموار باشد، وگرنه جداشدگی اجزاء بتن صورت می گیرد.
2) استفاده از فرغون و دامپر فقط برای بتن های ردهٔ کمتر از C20 مجاز است.
3) استفاده از فرغون و دامپر فقط برای بتن های با حجم کمتر از ۳۰۰ لیتر در هر نوبت مجاز است.
4) تخلیهٔ بتن از دامپر به داخل قالب نباید به یکباره صورت گیرد زیرا ممکن است موجب جابجایی میلگردها بشود.
5) فاصلهٔ حمل بتن با دامپرها نباید از ۱۲۰ متر بیشتر باشد.
6) فاصلهٔ حمل بتن با فرغون نباید از ۶۰ متر بیشتر باشد.
7) فرغون یا دامپر می باید حتماً دارای چرخ لاستیکی باشند.
8) اجرای کار در این روش کند است.
9) اجرای کار به کارگر فراوان نیاز دارد.
10) برای بتن ریزی در نقاط داخلی، متفرق، و یا احجام کم بتن ریزی در هر روز مناسب است.

فاصله حمل بتن در فرغون و
چرخ دستی حداکثر ۶۰ متر

فاصله حمل بتن در دامپر
حداکثر ۱۲۰ متر



شوتها

1) باید دارای سطح مقطع نیمدایره یا نزدیک به آن باشد.
2) باید دارای روکش فلزی باشد.
3) باید کاملاً آب بند باشد.
4) شیب آن ترجیحاً باید ثابت باشد.
5) شیب آن باید به گونه ای باشد که هم انتقال بتن امکان پذیر باشد (لذا: رعایت یک شیب حداقل)، و هم اجزای بتن از هم جدا نشوند (لذا: رعایت یک شیب حداکثر).
6) شیب شوتها در حدود ۱ قائم به ۲ افقی تا ۱ قائم به ۳ افقی است.
7) شوتها باید به نحو مناسبی در محل کار تثبیت شوند.
8) در انتهای شوت باید قیف قائم برای تخلیهٔ مستقیم بتن به داخل قالب پیش بینی شود.
9) برای انتقال بتن به سطوح پایین تر بسیار مناسب است.
10) اجرای آن کم هزینه است و به کارگر زیادی نیاز ندارد.

شوتهای سقوطی یا خرطوم فیلی

1) اساساً به منظور جلوگیری از جدا شدن دانه ها بر اثر سقوط از ارتفاع زیاد و یا برخورد به آرماتوربندی و سایر موانع به کار
می رود.

2) متشکل از یک لولهٔ تحتانی و یک قیف فوقانی است.

3) لولهٔ تحتانی را می توان از لوله های لاستیکی و نظایر آن ساخت.

4) قیف فوقانی و سطح مقطع بالای آن باید به اندازهٔ کافی بزرگ باشد که بتن بتواند بدون پاشیدگی به داخل آن ریخته شود.

5) شکل و مساحت مقطع لولهٔ تحتانی باید نحوی انتخاب شود که به راحتی در داخل قالب جای گیرد و به آرماتورها برخورد نکند.

6) ازجملهٔ مزایای دیگر این روش، پوشیده نشدن قالبها و آرماتورها از بتن است.

باکت و تاورکرین (جرثقیل برجی)

1) گسترهٔ عمل آن، چه از نظر شعاع و چه از نظر ارتفاع، زیاد است.
2) ظرفیت باکت متناسب با اندازهٔ پیمانهٔ بتن و ظرفیت وسایل بتن ریزی انتخاب شود.
3) تخلیه از باکت می باید قابل کنترل باشد.
4) باکت ها را می توان با جرثقیلهای ماشینی، خطوط کابلی هوایی نیز حمل کرد.
5) در بتن ریزی ساختمانهای بلند استفاده از تاورکرین و در سدسازی از خطوط کابلی هوایی مرسوم است.
6) هیچ قسمت از جرثقیل نباید در فاصلهٔ نزدیکتر از ۳متری یک جریان فشار قوی (۵۰کیلوولت یا کمتر) قرار گیرد.

مزایای عمدهٔ استفاده از باکت و تاورکرین

1) حمل مستقیم بتن از محل ساخت آن به محل تخلیهٔ نهایی.
2) عدم بروز مشکلاتی نظیر جداشدگی اجزاء.
3) ظرفیت بسیار زیاد
4) سرعت بسیار زیاد
5) ریخت و پاش بسیار کم
6) تمیزی نسبی کار
7) ایمنی نسبی کار
8) استفاده از جرثقیل برجی برای حمل سایر مصالح

نوار نقاله یا تسمه نقاله

1) برای حمل بتن به صورت افقی و نیز به ترازهای بالاتر و پایین تر به کار می رود.

2) قدرت حمل بتن به مسافتهای طولانی را دارد.

3) به منظور جلوگیری از جداشدگی اجزاء لازم است که ارتفاع ریزش در محل تخلیه از یک تسمه به تسمهٔ دیگر یا از تسمه به داخل قالب بلند نباشد یا از شوت سقوطی و نظایر آن استفاده شود.

4) هزینهٔ نصب و راه اندازی این روش معمولاً زیادتر از روشهای دیگر است و زمان بیشتری را می طلبد.

5) به جای نسبتاً زیاد و بدون مانعی نیاز دارد.

6) برای پروژه های با شعاع گسترده، با زمان اجرای طولانی، و با احجام کار زیاد مناسب تر است.

7) با تسمه نقاله می توان به هر محلی به سرعت دست یافت.

8) حرکت به جلو و عقب، و به صورت دوطرفهٔ موضعی، با این روش میسر است.

9) می توان با آن حجم زیادی از بتن را در زمانی کوتاه منتقل کرد.

10) در صورت باد، طوفان، هوای گرم و نظایر آن باید روی تسمه به نحو مناسبی پوشانیده شود. (که این امر همواره به راحتی میسر نیست لذا ممکن است در این گونه مواقع مناسب آن باشد که کار انجام نشود.)

11) طول تسمه ها قابل تنظیم است.

12) انحراف مسیر به راحتی میسر و قابل اجرا است.

13) سرعت رفت و برگشت قابل تنظیم است.

کامیونهای مخلوط کُن و همزن

۱) ارتفاع ریزش می باید کم باشد و یا از شوت سقوطی، ناوهٔ شیبدار و نظایر آن استفاده شود.

۲) برنامهٔ زمان بندی تحویل بتن باید با تشکیلات کار هماهنگ باشد.

۳) می توان بتن آماده را در محل کارگاه با پمپ از کامیون به محل تخلیهٔ نهایی آن منتقل نمود. در این صورت می باید مشخصات لازم بتن بویژه اسلامپ و حداکثر اندازهٔ سنگدانه را قبلاً تعیین نموده و به کارخانهٔ ساخت بتن اعلام کرد.

۴) وسایل بتن ریزی و افراد لازم را قبلاً می باید پیش بینی کرده و به موقع در محل کارگاه حاضر نگه داشت.

۵) ظرفیت متداول آنها در حدود ۶ تا ۸ متر مکعب است.

کامیون ناهمزن

۱) برای حمل بتن در مسافتهای کوتاه و در جاده های صاف به کار می رود.

۲) هزینهٔ سرمایه گذاری اولیهٔ آن از تراک میکسرها کمتر است.

۳) از آنجا که در این روش امکان جداشدگی اجزای بتن بیشتر است لذا باید اسلامپ آن را کمتر درنظر گرفت.

۴) ارتفاع تخلیهٔ کامیون در محل کارگاه را می باید از قبل در نظر گرفته و تمهیدات لازم را برای آن پیش بینی و اجرا نمود.

۵) از این کامیونها نباید در جاده های ناصاف استفاده کرد، زیرا امکان جداشدگی اجزای بتن بسیار زیاد خواهد بود.

بتن پاشی

1) بتن پاشی یا شاتکریت به معنای پاشیدن بتن با فشار و سرعت زیاد بر روی یک سطح است.
2) در مکانهایی که بتن ریزی دشوار یا محل بتن ریزی غیر قابل دسترس است و یا دسترسی به آن محدود و مشکل است مناسب می باشد.
3) برای مقاطع نازک و سطوح وسیع نیز بسیار مناسب است.
4) برای تعمیر و تقویت سازه ها، اجرای روکش های حفاظتی و آسترهای نازک بسیار مطلوب است.
5) نیاز به قالب ندارد.
6) کیفیت کار به میزان زیادی به مهارت افراد بستگی دارد.
7) در صورت پاشیدن بتن، به آن gunite و در صورت پاشیدن ملات، به آن shotcrete می گویند. البته در حالت کلی این روش به شاتکریت موسوم است.
8) دو روش اجرا: شاتکریت خشک، شاتکریت تر.

- شاتکریت خشک: قسمت اعظم آب مورد نیاز در دهانهٔ لوله خروجی به بتن اضافه می شود.
- شاتکریت تر یا مرطوب: ابتدا تمامی اجزای تشکیل دهندهٔ بتن (ازجمله آب) با هم مخلوط می شوند و سپس وارد لولهٔ بتن پاشی می شوند.

مزایای بتن پاشی

1) مقاومت زیاد به دلیل میزان w/c کم
2) نفوذپذیری کم به دلیل میزان w/c کم
3) تراکم زیاد به دلیل پاشیده شدن با سرعت و w/c کم
4) چسبندگی زیاد اجزای بتن به یکدیگر
5) چسبیده شدن مطلوب به زیرِ کار؛ لذا: مطلوبیت زیاد برای کارهای تعمیراتی
6) کاربرد سادهٔ وسایل مورد استفاده
7) اشغال کمِ جا توسط وسایل به کار برده شده.
8) عدم نیاز به قالب
9) امکان پذیر بودن اجرای بتن مقاطع نازک
10) مقاومت زیاد بتن پاشیده شده در برابر سایش
11) دوام خوب در برابر خرابیهای شیمیایی

تفاوت و ویژگیهای شاتکریت تر و خشک

ردی ف	ویژگی	شاتکریت تر	مقایسه یا روش دیگر	شاتکریت خشک	مقای سه یا روش دیگر
۱	مقاومت بتن (N/mm^2)	۲۰-۳۰	–	۴۰-۵۰	+
۲	میزان برگشت مصالح (٪)	۲۰	–	۴۰	+
۳	میزان تولید گرد و غبار در حین اجرا	کمتر	+	بیشتر	–
۴	امکان کنترل مقدار آب مخلوط	کنترل بیشتر	+	کنترل کمتر	–
۵	امکان تناوب در پاشیدن	بدون توقف	–	توقف امکان پذیر است	+
۶	وسعت کار	فقط در وسعت زیاد	–	بدون محدودیت	+
۷	ویژگی طرح اختلاط	محدود به بتنهای ویژهٔ پمپاژ	–	بدون محدودیت	+
۸	آزمایش مخلوط	هم آزمایش پانل و هم آزمایش نمونه های استاندارد امکان پذیر است.	+	فقط آزمایش پانل امکان پذیر است.	–
۹	یکنواختی بتن	یکنواخت	+	ناهمگن	–
۱۰	ضخامت بتن	کمتر	+	بیشتر	–
۱۱	هزینهٔ دستگاه	بیشتر	–	کمتر	+
۱۲	امتداد پاشیدن	محدودیت در امتداد	–	هم به صورت سربالایی و هم در سایر امتدادها	+
۱۳	امکان استفاده از مادهٔ حباب هواساز	امکان پذیر	+	امکان ناپذیر	–

تلمبه یا پمپ بتن

۱) مکانیسم آن بیشتر به تلمبه شبیه است تا پمپ.

۲) برای انتقال مستقیم بتن از محل تخلیهٔ مرکزی به قالبها، یا به محل تخلیهٔ ثانوی به کار می رود.

مزایای پمپاژ بتن

1) اشغال کمِ فضا توسط خطوط لولهٔ پمپ.
2) سهولت افزایش طول لوله ها.
3) تحویل بتن به صورت پیوسته.
4) امکان انتقال همزمان بتن هم در امتدادهای افقی و هم در امتدادهای قائم.
5) امکان پذیر بودن جابجایی پمپ های متحرک در نقاط مختلف کارگاه.

ویژگی های بتن مصرفی برای پمپاژ

1) روانی متوسط یا زیاد
2) عدم تمایل بتن به جداشدگی اجزاء

نکاتی که باید در پمپاژ بتن مدنظر قرار گیرند

1) خط لوله می باید در خاتمهٔ هر عملیات تمیز شود.

2) وجود پیچ و خم در مسیر لوله ها تأثیر بسیار زیادی بر روی حداکثر مسافت قابل پمپاژ دارد.

3) قبل از شروع تلمبه کردن بتن، برای لغزنده کردن جدار لوله و تسهیل تلمبهٔ بتن، مقداری ملات ماسه و سیمان (به نسبت ۱ سیمان و ۱ یا ۲ ماسه) تلمبه شود.

4) تلمبه کردن بتن هم به بالا و هم به پایین امکان پذیر است.

5) در صورت پمپاژ بتن به ارتفاع پایین تر، امکان جداشدگی اجزای بتن وجود دارد. در این صورت یا در انتهای لوله یک دریچه برای محدود کردن جریان قرار داده می شود و یا اینکه چند متر آخر لوله را با شیب رو به بالا قرار می دهند.

6) در صورت عبور لوله از بالای یک مانع و پایین آمدن مجدد آن به منظور جلوگیری از جمع شدن هوا، باید در این قسمت یک دریچهٔ تخلیهٔ هوا گذاشته شود.

7) پس از پایان کار تلمبه کردن، یک توپ به درون لوله وارد می کنند و سپس با وارد کردن فشار آب یا هوا در پشت آن، بتن باقیمانده در لوله را کاملاً تخلیه می کنند.

8) در هنگام پاک کردن لوله با توپ می باید با ضربه زدن بر روی لوله، محل توپ را به صورت مداوم کنترل کرد.

9) حداکثر اندازهٔ سنگدانه ها در بتن مصرفی در تلمبه ها:
   - در سنگدانه های گردگوشه: ۴۰/۰ برابر قطر لوله پمپاژ
   - در سنگدانه های تیزگوشه: ۳۳/۰ برابر قطر لولهٔ پمپاژ

قیف و لوله (ترمی)

1) برای بتن ریزی در زیر آب به کار می رود.
2) به طور کلی، حتی المقدور باید از بتن ریزی در زیر آب اجتناب شود.
3) باید تدابیر احتیاطی به کار گرفته شود تا اطمینان حاصل شود که انتهای لوله همواره در داخل بتن باقی می ماند.
4) قطر لوله در حدود ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلیمتر است. معمولاً در این حالت نیازی به اعمال فشار نیست.
5) در صورت استفاده از لوله های با قطر کمتر از ۲۵۰ میلیمتر، معمولاً می باید برای راندن بتن از فشار استفاده کرد.
6) در اینگونه بتن ریزی، بتن مرتعش نمی شود. همچنین امکان ضعیف شدن بتن بر اثر تماس با آب وجود دارد.

ویژگی بتن مصرفی در قیف و لوله (ترمی):

1) حدود سیمان مصرفی: ۳۶۰ تا ۴۵۰ کیلوگرم در متر مکعب بتن
2) حدود اسلامپ: ۱۵۰ تا ۲۳۰ میلیمتر
3) حداکثر اندازهٔ سنگدانه: ۴۰ تا ۵۰ میلیمتر
4) نسبت وزنی ماسه به کل سنگدانه: حدود ۴۵ درصد یا بیشتر

- استفاده از مواد روان کننده، پوزولانها، سنگ گردگوشه به جای سنگ شکسته موجب افزایش کارآیی می شوند و توصیه می شود.

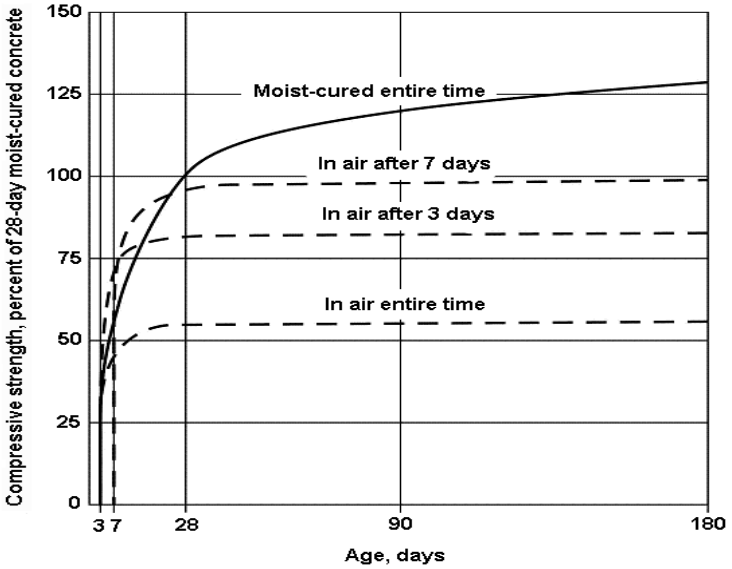
عمل آوری بتن Concrete Curing

عمل آوری مراقبتی است که در ۷ الی ۱۰روز اول بتن انجام می شود.

عمل آوری بتن در دمای معمولی آن است که بتن در حالت اشباع و یا تا حد امکان نزدیک به اشباع نگهداری شده و این نگهداری تا آن جا ادامه یابد که فضاهای موجود در خمیر سیمان تازه که از همان ابتدا مملو آب گردیده اند به مقدار کافی توسط فرآورده های ناشی از فعل و انفعالات هیدراتاسیون سیمان اشغال گردیده و پر شوند. وقتی رطوبت نسبی در بتن کمتر از ۸۰ درصد گردد، هیدراتاسیون سیمان بسیار کند و تقریباً متوقف می‌شود و کسب مقاومت ادامه نمی‌یابد. لذا عمل‌آوری بتن به منظور رسیدن به ویژگیهای مورد نظر بتن سخت شده بسیار مؤثر است

هدف نهایی از عمل آوری : انجام فرآیند هیدراتاسیون و تشکیل ژل سیلیکات کلسیم هیدراته و در نتیجه افزایش مقاومت بتن

بتنی که از لحظه تخلیه ، در هوای آزاد قرار بگیرد تنها به ۵۰ درصد مقاومت نمونه ای ۲۸ روزه (که در آزمایشگاه در دما و رطوبت ایده آل قرار دارد) می رسد. اگر این مراقبت ۳ روز پیاپی صورت پذیرت مقاومت بتن اجرا شده به بیش از ۷۵ درصد شرایط ایده آل میرسد. عمل آوری ۷ روزه تضمین کننده رسیدن به صد در صد مقاومت شرایط ایده آل می باشد



بطور کلی ، عمل آوردن به اقداماتی گفته می شود که برای تکمیل و پیشرفت هیوراتاسیون سیمان و افزایش مقاومت بتن مورد استفاده قرار می گیرد ، که عمل آوردن بتن در دو زمینه حفظ رطوبت و دمای مناسب است.

دمای مناسب بتن ۱۳ درجه سانتی گراد و درصد رطوبت مناسب حدود ۸۰ درصد است.

عمل آوری باید حداقل به مدت هفت روز برای رسیدن به ۷۰٪ مقاومت نهایی انجام شود.

- **عمل آوری مناسب باعث افزایش مقاومت فشاری ، کششی و خمشی می شود.**
- **عمل آوری مناسب منجر به کاهش نفوذپذیری و در نتیجه افزایش دوام و پایایی بتن می شود**
- **عمل آوری مناسب باعث افزایش مقاومت در برابر یخبندان و یخ و ذوب متوالی و تر و خشک شدن متوالی می شود**
- **عمل آوری مناسب از افت آب بتن و دمای آن جلوگیری می کند.**
- **عمل آوری مناسب از خزش بیش از حد بتن جلوگیری می کند**

بایستی توجه داشت که عمل آوری مهمترین عامل جلوگیرنده از بروز ترک بعد از بتن ریزی می باشد.

در مراقبت از بتن باید دو مسئله زیر مورد توجه قرار گیرد:

۱- جلوگیری از کاهش رطوبت یا تامین رطوبت از دست رفته
۲- حفظ دمای بتن در حدی مطلوب به مدت زمانی معین

کنترل دما در هوای معمولی چندان ضرورتی ندارد ولی در هوای بسیار گرم و بسیار سرد (کمتر از ۴ درجه سانتی گراد) باید تدابیر ویژه ای اتخاذ شود.

روش های مراقبت از بتن را می توان در چند دسته اساسی برشمرد:
الف: روش هایی که با حضور آب در کنار بتن انجام می شوندکه خود به ۶ دسته اصلی تقسیم می شوند:

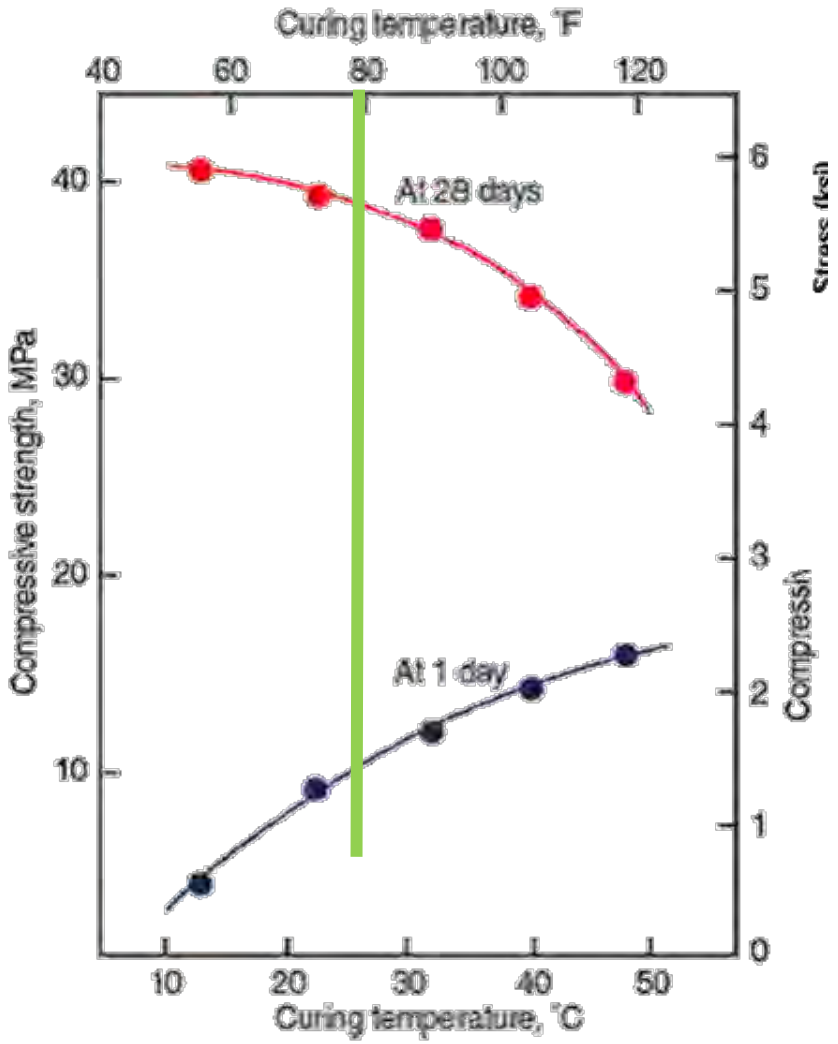
۱- ایجاد برکه آب
۲- ایجاد مه (آب پاشی)
۳- پوشش خیس
۴-پوشش نایلونی
۵- مواد محافظ
۶- قالب های درجا نگه داشته شده

ب) روش هایی که با ایجاد حرارت زیاد همراه با رطوبت کافی، گیرش بتن را تسریع میکند.

۱) استفاده از جریان بخار آب: در این روش جریانی از بخار آب دمای بتن را به دمای ۸۰ الی ۱۰۰ درجه سانتیگراد می رساند و با تسریع گیرش مراقبت ۷ روزه به ۴۸ ساعت تقلیل می یابد. استفاده از این روش برای بتن پیش ساخته مناسب است و برای بتن درجا کاربرد ندارد.

۲) استفاده از بخار آب همراه با فشار: دمای حدود ۱۵۰ درجه با بخار آب به همراه فشار به قطعه که در یک محفظه قرار دارد تزریق می شود. در کارگاه ها و کارخانه پیش ساخته و پیش تنیده از این روش برای مراقبت از قطعات پیش ساخته استفاده می شود.

بایستی توجه داشت که حرارت در دو روش پیشین به همراه با بخار و رطوبت به بتن اعمال می شود. و از این منظر ضرری برای بتن ایجاد نمی کند.



دمای بهینه برای عمل آوری بتن ساخته شده با سیمان تیپ I و II حدود ۱۳ درجه سانتیگراد می باشد.

دمای بهینه برای عمل آوری بتن ساخته شده با سیمان تیپ III کمتر از مقدار مورد نیاز برای سیمان های تیپ اول و دوم می باشد

ایجاد بر که آب:

به این صورت که شرایط مناسب به گونه ای فراهم می شود که در طول دوره مراقبت همواره یک لایه آب به ضخامت حداقل ۵ الی ۱۰ سانتیمتر روی سطح بتن قرار گیرد. استفاده از این روش تنها برای سطوح تخت قابل اجرا بوده و برای مکانی مناسب است آب کافی در دسترس بوده و اختلاف دمای آب و بتن بیش از ده درجه نباشد.

ایجاد مه (آب باشی):

ایجاد مه به این معنی است که آب به صورت قطرات ریز و پودری بر روی سطح بتن ریزی پاشیده می شود. و برای مکان هایی مناسب است که دما نسبتا بالا باشد.

پوشش خیس:

پوشش نظیر گونی، کرباس و موکت اگر به صورت خیس شده روی بتن قرار گیرند، در مراقبت از سطوح بتنی بسیار مفید خواهند بود. مزایای این روش نسبت به روش قبل در این می باشد که تبخیر آب از این پوشش ها بسیار طولانی مدت تر می باشد. اما عیب این روش لکه کردن احتمالی سطح بتن است.

خاک اره مرطوب و یا شن مرطوب نیز می تواند به عنوان پوشش مرطوب مورد استفاده قرار گیرد

استفاده از پوشش نایلونی:

روش مناسبی برای جلوگیری از تبخیر آب محسوب می شود. پوشش نایلونی معمولا در مقابل آفتاب خشک شده و پاره می شود.

استفاده از مواد محافظ:

موادی هستند از جنس موم یا چسب که معمولا با دستگاهی نظیر دستگاه رنگ پاش روی سطح بتن پاشیده می شوند. این غشا اگر دارای سوراخ شدگی و یا آسیب دیدگی نباشد به نحو موثری تبخیر آب از بتن را متوقف می سازد. مناسب برای کارهای است که در ارتفاع اجرا شده و از نظر وسعت و حجم کوچک باشد علت این امر به این دلیل است که گران بودن این مواد برای استفاده در پروژه های بزرگ صرفه اقتصادی ندارد.

غشاء نفوذ ناپذیر هم مزیت دارد هم عیب . مزیت آن جلوگیری از تبخیر آب است اما عیب آن این است که همانطور که از خروج آب از درون بتن جلوگیری می کند.امکان ورود آن را هم از بین می برد بدین طریق جبران آب در اثر خود خشکیدن بتن از بین میرود

قالب های درجا نگه داشته شده:

قالب های فلزی از این نظر مناسبند که آب بتن را محبوس نموده و به هیچ وجه اجازه نمی دهند که آب از بتن تبخیر شود. در مورد قالب های چوبی بایستی توجه کرد که این قالب ها تا حدودی آب بتن را جذب کرده پس بایستی مراقبت ویژه ای در باره قالب چوبی لحاظ شود. در عمل برای جلوگیری از جذب آب توسط قالب از پوشش های نایلونی استفاده می شود و یا قالب های چوبی را با روغن اشباع می سازند.

بتن ریزی در هوای گرم:

هوای گرم هنگام بتن ریزی باعث پایین آمدن کیفیت بتن تازه و سخت شده می گردد در این حالت آب بتن به سرعت تبخیر می گردد و سرعت آبگیری و گیرش سیمان بالارفته و کار آیی بتن تازه پایین آمده و در نهایت مقاومت نهایی بتن پایین می آید

چون در دمای بالا هم هیدراتاسیون با سرعت و شدت فوق العاده ای انجام می شود که منجر به شکل گیری نا همگن و غیریکنواخت ژل سیمان می شود هم از طرفی دیگر،در شروع فعل و انفعالات ، فرصت کافی برای ترکیبات و فرآورده های ناشی از هیدراتاسیون وجود ندارد ، تا به شکل یکنواخت از سطح دانه های سیمان به اطراف گسترش یافته و در حفرات و منافذ خمیر سیمان جای گرفته و آنها را پر سازند

اقدامات مناسب برای بتن ریزی در هوای گرم:

۱)حتی الامکان از سیمانهای با حرارت زائی کم استفاده شود (تیپ ۴)

۲)دمای سنگدانه ها با نگهداشتن آنها در سایه و آبپاشی پایین نگه داشته شود.

۳)با استفاده از سایبان ، بادگیر و آبپاشی سطح بتن ، بتن تازه در برابر تابش آفتاب و وزش باد و تبخیرآن نگهداری شود. مدت عمل آوری بتن نباید کمتر از ۷ روز باشد.

۴)ازقالب های دارای مواد عایق استفاده شود.

۵)کلیه سطوح منجمله سطوح بالای بتن عایق شوند.

۶)استفاده از مواد افزودنی تقلیل دهنده آب

بتن ریزی در هوای سرد :

مشکلات بتن ریزی در هوای سرد به مسئله یخ زدن بتن مربوط می شود هوای سرد به هوایی گفته می شود که متوسط دمای هوا در ۳ روز متوالی کمتر از ۵ درجه سانتی گراد باشد

در دمای کمتر از ۱۰ – درجه بتن ریزی متوقف می شود

زمانیکه آب موجود در بتن یخ می بندد عمل هیدراتاسیون متوقف می گردد. بنابراین خمیر سیمان تشکیل نمی شود و به همین سبب بتن تشکیل شده پوک خواهد بود.

همچنین آب موجود در بتن پس از یخ زدن منبسط می شود و مجدداً بعد از گرم شدن فضای خالی بسیاری را در بتن به جای می گذارد.

با توجه به نکات ذکر شده مقاومت فشاری بتن کاهش یافته و بتن نفوذ ناپذیری خود را از دست می دهد.

اقدامات مناسب برای بتن ریزی در هوای سرد:

1) حتی الامکان از سیمان با حرارت زائی بالا استفاده شود (تیپ ۳)

۲) از آب گرم جهت اختلاط استفاده شود در این حالت باید از تماس مستقیم آب و سیمان جلوگیری شود زیرا باعث گیرش سریع سیمان و گلوله شدن سیمان می شود. این موضوع باید در نحوه و ترتیب ریختن مصالح در مخلوط کن رعایت شود.

۳) سنگدانه ها ، آرماتورها و قالب ها نباید آغشته به یخ و برف باشند و باید از یخ و برف پاک شوند.

۴) می توان سنگدانه ها را تا در دمای ۵۰ درجه گرم نمود

۵) از مواد مضاف زود گیر کننده ،ضد یخ ویا مواد حباب زا استفاده کرد .

۶) نسبت آب به سیمان باید کمتر از ۰/۵ باشد تا میزان آب قابل یخ زدن کاهش یابد

۷) دمای بتن نباید از ۵ درجه کمتر باشد.

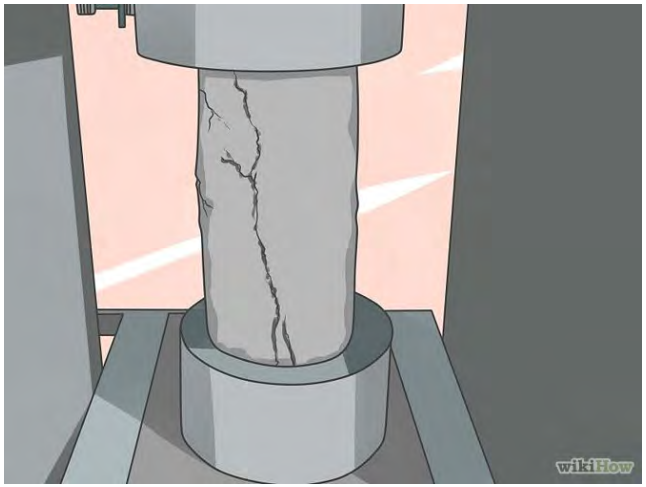
۸)بعد از بتن ریزی ، بتن باید تا رسیدن به مقاومت ۵ مگا پاسکال مورد مراقبت قرار گیرد. این امر می تواند با استفاده از پوشش های عایق و گرم کردن بتن و محیط اطراف انجام شود.

خواص مقاومتی بتن

مقاومت فشاری:

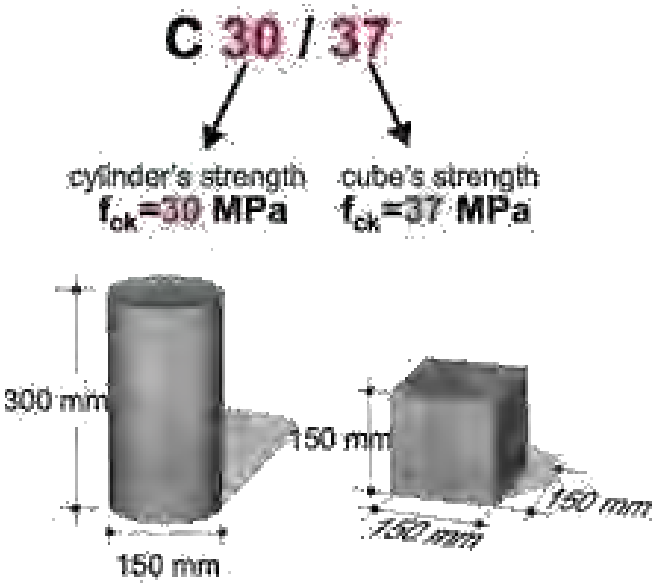
عبارت است از ظرفیت تحمل یک جسم، مصالح ساختمانی یا سازه در مقابل نیروهای فشاری محوری مستقیم.

یکی از پارامتر های مهم در طراحی سازه‌های مختلف، مقاومت فشاری می‌باشد. حتی گفته می‌شود سایر خصوصیات مکانیکی بتن مانند مقاومت کششی، نفوذپذیری، مقاومت سایشی و ... نیز رابطه مستقیمی با مقاومت فشاری دارند. بنابراین اندازه گیری مقاومت فشاری بسیار مهم می‌باشد.



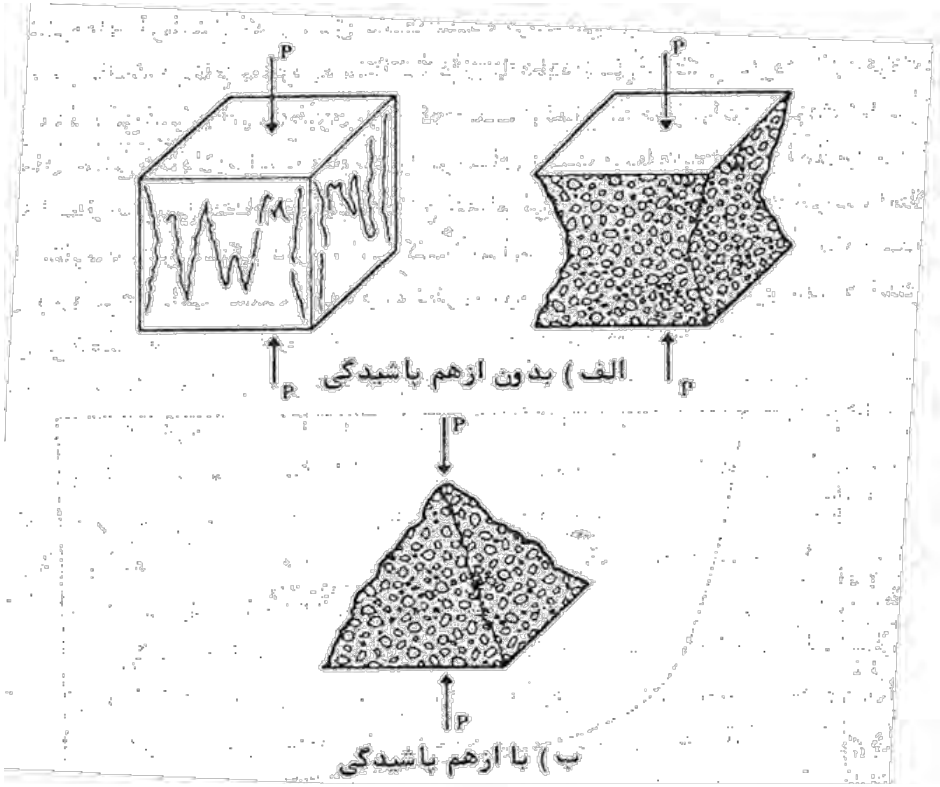
عوامل اصلی مؤثر بر مقاومت که در عمل اندازه گیری می‌شوند شامل نسبت آب به سیمان، درجه تراکم، سن بتن و درجه حرارت می‌باشد. عوامل ثانویه‌ای هم وجود دارند که بر مقاومت تأثیرگذار هستند و عبارتند از: نسبت سنگدانه به سیمان، کیفیت سنگدانه (دانه بندی، بافت سطحی، شکل، مقاومت و سختی)، حداکثر اندازه سنگدانه، سرعت بارگذاری، رطوبت محیط، اندازه نمونه، شرایط نگهداری بتن و ماشین آزمایش

آزمایش مقاومت فشاری در استاندارد ASTM C 39بر روی نمونه‌های استوانه‌ای با ابعاد ۱۲×۶ اینچ (۳۰۰×۱۵۰ میلی‌متر) و در استاندارد BS 1881این آزمایش بر روی نمونه‌های مکعبی ۶ اینچی (۱۵۰ میلی‌متری) انجام می‌شود.



استاندارد BS توصیه می‌کند که نمونه طوری زیر دستگاه قرار گیرد که جهت بار عمود بر جهت بتن ریزی نمونه در قالب اعمال شود. بار به صورت تنشی ثابت با سرعت ۲/۰ تا ۴/۰ مگاپاسکال در ثانیه اعمال می‌شود و مقاومت نمونه بدست می‌آید. شکل‌های گسیختگی به غیر از آنچه در شکل بعد دیده می‌شود رضایت‌بخش نخواهد بود و نشان دهنده آن است که خطایی احتمالی در ماشین آزمایش وجود دارد

مقاومت فشاری حاصل شده از نمونه استوانه استاندارد تقریبا 0.8 برابر مقاومت حاصل شده از نمونه مکعبی استاندارد می باشد



شکل‌های گسیختگی رضایت‌بخش نمونه‌های استوانه‌ای آزمایش مقاومت فشاری طبق ASTM C 39

مقدار مقاومت فشاری :

$$F = P/A$$

سطحی از نمونه که تحت اثر بار قرار دارد

عدد نیروی قرائت شده از روی دستگاه

۱- برای انجام آزمایش مقاومت فشاری با استفاده از نمونه استوانه ای لازم است سطح بالایی آن کپینگ شود تا سطحی کاملا صاف بوجود آید و نیرو به سنگدانه های برجسته از سطح وارد نشود (نتایج غیر واقعی به دست نیاید)

۲- نتایج آزمایش مقاومت فشاری با نمونه استوانه ای به واقعیت نزدیکتر است

۳- نتیجه ای قابل اعتماد تر است که سطح شکست حداقل از ۲۵٪ سطح سنگدانه ها عبور کرده باشد

۴- مقاومت فشاری مشخصه بتن در سن ۲۸ روزگی انجام می گردد مگر آنکه در نقشه های اجرایی یا دفترچه مشخصات فنی پروژه سنی دیگر برای مقاومت فشاری مشخصه اجرایی مقرر شود.

۵- مقاومت بتن معمولاً در عمر های ۳ ، ۷ ، ۲۸ و ۹۰ روزه تعیین می شود.
مبنای پذیرش بتن، آزمایش مقاومت در عمر ۲۸ روزه و در دمای است مقاومت در عمر های دیگر(مثلاً ۷ روزه) تنها برای به دست آوردن تخمینی از مقاومت ۲۸ روزه به کار می رود و نمی تواند مبنای رد یا قبول بتن باشد.

۶- مقاومت ۷ روزه تقریباً ۰/۷ تا ۰/۸ مقاومت ۲۸ روزه است.

۷- مقاومت ۲۸ روزه بتنهای معمولی تقریبا ۹۰ تا ۹۵ درصد مقاومت نهایی بتن می باشد

آزمایش مقاومت کششی

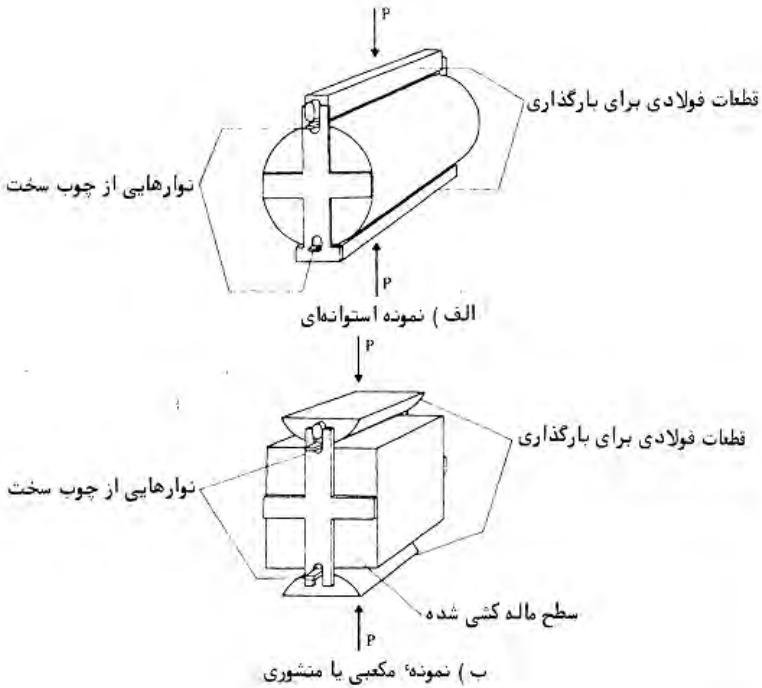
مقاومت کششی بتن در مقایسه با مقاومت فشاری آن ناچیز است. مقاومت کششی در حدود 0.1 تا 0.15 مقاومت فشاری آن می باشد

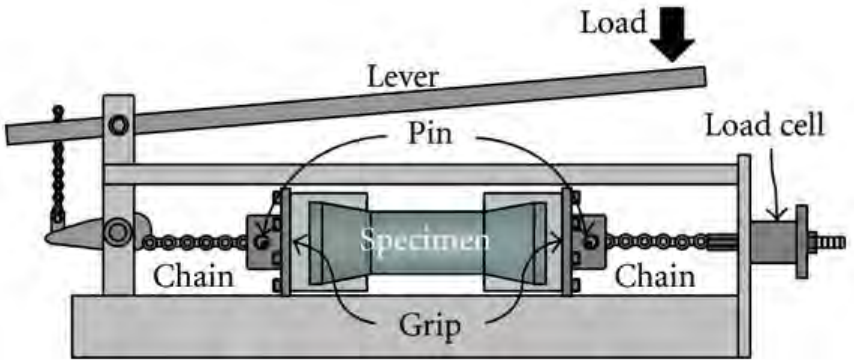
روش‌های مستقیم و غیر مستقیمی برای مشخص نمودن مقاومت کششی بتن وجود دارد

انجام آزمایش مقاومت کششی مستقیم به دلیل تمرکز تنش‌های محلی بسیار مشکل است که حذف این تمرکز تنش تنها با در نظر گرفتن تدابیر ویژه‌ای امکان‌پذیر است

مقاومت کششی بتن با روش‌های غیر مستقیم یعنی آزمایش‌های خمشی و آزمایش شکافت (دو نیم شدن) تعیین می‌شود (تست برزیلی)

آزمایش دو نیم کردن یک روش ساده و راحت است که اغلب از این روش برای سنجش میزان مقاومت کششی بتن استفاده می‌شود. در این آزمایش یک استوانه بتنی یا به ندرت یک نمونه مکعبی از نوعی که برای آزمایش مقاومت فشاری معرفی شدند، طوری بین صفحات دستگاه آزمایش قرار می‌گیرد که محور آن، افقی باشد. سپس بار افزایش می‌یابد تا شکستگی به صورت دو نیم شدن در صفحه شامل قطر قائم نمونه بوجود بیاید.





دستگاه آزمایش کشش مستقیم

مقدار مقاومت کششی با آزمایش دو نیم شدن (برزیلی) :

عدد نیروی قرائت شده از روی دستگاه

$$F_{st} = \frac{2P}{\pi L D}$$

ارتفاع نمونه

قطر نمونه

آزمایش مقاومت خمشی:

برای انجام این آزمایش یک نمونه منشوری تحت اثر دو بار متمرکز به فاصله معین قرار می گیرد و مدول گسیختگی که طبق رابطه زیر محاسبه می شود به عنوان مقاومت خمشی شناخته می شود

سطح نمونه ای که تحت آزمایش قرار می‌گیرد باید کاملاً صاف باشد و در صورت نیاز باید یا با سایش جزیی و یا با کپینگ سطح نمونه به این الزام رسید.

$$R = PL/bd^2$$

R: مدول گسیختگی (MPa)
P: ماکزیمم بار اعمال شده به نمونه (N)
L: طول دهانه (mm)
b: متوسط عرض نمونه در محل گسیختگی (mm)
d: متوسط ارتفاع نمونه در محل گسیختگی (mm)

HFRC-6-1

سایر آزمایش مقاومت بتن:

مقاومت سایش: برای مکانهایی که تحت سایش قرار میگیرند استفاده می شود. مثل بزرگراهها، پل ها، کف های صنعتی

مقاومت فرسایش: برای مکنهایی که در خطر شستن توسط اب قرار دارند انجام می شود . مثل تونل های انتقال آب

مقاومت ضربه ای: مقاومت ضربه ای در فرو کردن شمع های بتنی، در پی ماشین هایی که بارهای ضربه ای اعمال می کنند یا در ضربه های تصادفی مثل حمل و نقل قطعات پیش ساخته بتنی مطرح است.

مقاومت خستگی : بررسی این مقاومت به دو نوع زیر تقسیم می شود

۱)**خزش:**گسیختگی تحت اثر یک بار دائمی (یا بار افزایش یابنده ی تدریجی
۲)**خستگی:** در اثر سیکل های بارگذاری و باربرداری های تکرار شونده است.