

آیا می‌دانستید با عضویت در سایت جزوه بان می‌توانید به صورت رایگان جزوات و نمونه

سوالات دانشگاهی را دانلود کنید؟؟

فقط کافیست روی لینک زیر ضربه بزنید



ورود به سایت جزوه بان

Jozveban.ir

telegram.me/jozveban

sapp.ir/sopnuu

جزوات و نمونه سوالات پیام نور



@sopnuu
jozveban.ir

طرح و کنترل مخلوطهاي بتن



طرح و کنترل مخلوطهاي بتن

Design and Control of Concrete Mixtures



تأليف: سيامك عليزاد

ترجمه ابراهيم طسوجي

۱	مباني بتن	۳
۲	سيمانهاي پرتلند	۶
۳	آب اختلاط بتن	۹
۴	دانه هاي بتن	۱۰
۵	بتن با حباب هوا	۱۳
۶	مواد افزودني بتن	۲۰
۷	تعيين نسبت مخلوطهاي بتن معمولي	۲۳
۸	پيمانه کردن ، اختلاط ، و انتقال بتن	۳۰
۹	بتن ريزي و پرداخت	۳۱
۱۰	عمل آوردن بتن	۴۳
۱۱	بتن ريزي در هواي گرم	۴۶
۱۲	بتن ريزي در هواي سرد	۵۱
۱۳	تغييرات حجمي بتن	۵۸
۱۴	آزمایشهاي کنترل کیفیت بتن	۶۰
۱۵	انواع ویژه بتن	۶۴

فصل اول

- بتن از دو قسمت تشکیل یافته }
مبانی بتن } دانه های سنگی
خمیر سیمان (سیمان پرتلند و هوای محبوس) ۴۰~۲۵% کل حجم بتن

تقسیم بندی دانه سنگی: ریز و درشت
دانه های ریز: ماسه طبیعی کارخانه ای- اندازه تا ۶ mm (۱/۴ in) ۸۰~۱۰ درصد حجم بتن
دانه های درشت: مانده روی الک شماره ۱۶ (۱,۱۸mm)

مزایای ناشی از کاهش مقدار آب:

افزایش مقاومت فشاری و مقاومت خمشی
افزایش قابلیت آب بندی
کاهش جذب آب
افزایش مقاومت نسبت به عوامل جوی
پیوستگی بهتر بین لایه های متوالی
چسبندگی بهتر میان میلگرد و بتن
کاهش تغییرات حجمی در اثر تر و خشک شدن

اختلاط:

عوامل مهم در اختلاط بتن:

- ۱) اندازه هر پیمانه نسبت به اندازه دیگر مخلوط کن
- ۲) زمان میان پی‌مانه کردن و اختلاط
- ۳) طراحی و شکل بندی دیگ و تیغه های مخلوط کن
- ۴) زمان افزودن آب
- ۵) تعداد دور کل دیگ مخلوط کن و سرعت دوران آن

بتن تازه:

بتنی که تازه مخلوط می شود باید حالت پلاستیک یا نیمه پلاستیک یا نیمه مایع داشته باشد یعنی قابلیت خمیری داشته و شکل پذیری آن مانند خمیر خاک رس درمرد لسانی است.
بتنی که حالت خمیری دارد تکه تکه نمی شود، بلکه به آرامی جریان یافته به گونه ای که جدایی دانه پدید نمی آید.

کارایی: سهولت در ریختن و متراکم کردن مخلوط تازه بتن را کارایی می نامند.

تراکم: ارتعاش ذرات بتن تازه را به حرکت در می آورد و اصطکاک بین آنها را کم می کند، و به مخلوط کیفیت تحرک یک مایع غلیظ را می دهد. ارتعاش مکانیکی استفاده از یک مخلوط سفت را ممکن می سازد و بنابراین می توان از نسبت بیشتری درشت دانه و نیز نسبت کمتری ریز دانه استفاده کرد. لذا آب کمتر و خمیر سیمان کمتری مورد نیاز خواهد بود.

نتیجه اینکه تنها زمانی که مخلوطهای سفت تر و خشن تر استفاده می شود، می توان به گونه ای از ارتعاش بتن سود برد.

عمل آوردن مرطوب:

مادامی که سیمان هیدراته نشده همچنان موجود باشد، افزایش مقاومت نسبت به زمان ادامه می یابد به شرطی که بتن مرطوب باقی بماند، یا رطوبت نسبی داخل بتن بالاتر از حدود ۸۰% باشد. در کمتر از این مقدار، هیدراسیون و کسب مقاومت بتن عملاً متوقف می شود.

- بهتر است عمل آوردن مرطوب بتن را به صورت مداوم از زمانیکه بتن در قالبها ریخته می شود تا زمانیکه به کیفیت مطلوب می رسد، ادامه داد زیرا مرطوب نمودن مجدد بتن مشکل است.

مقاومت:

در طراحی دالهای روی زمین عموماً مقاومت خمشی بتن استفاده می شود. مقاومت فشاری را می توان به عنوان شاخصی از مقاومت خمشی بکار برد.

Design and Control of Concrete Mixtures

در سیستم اینچ- پوند:

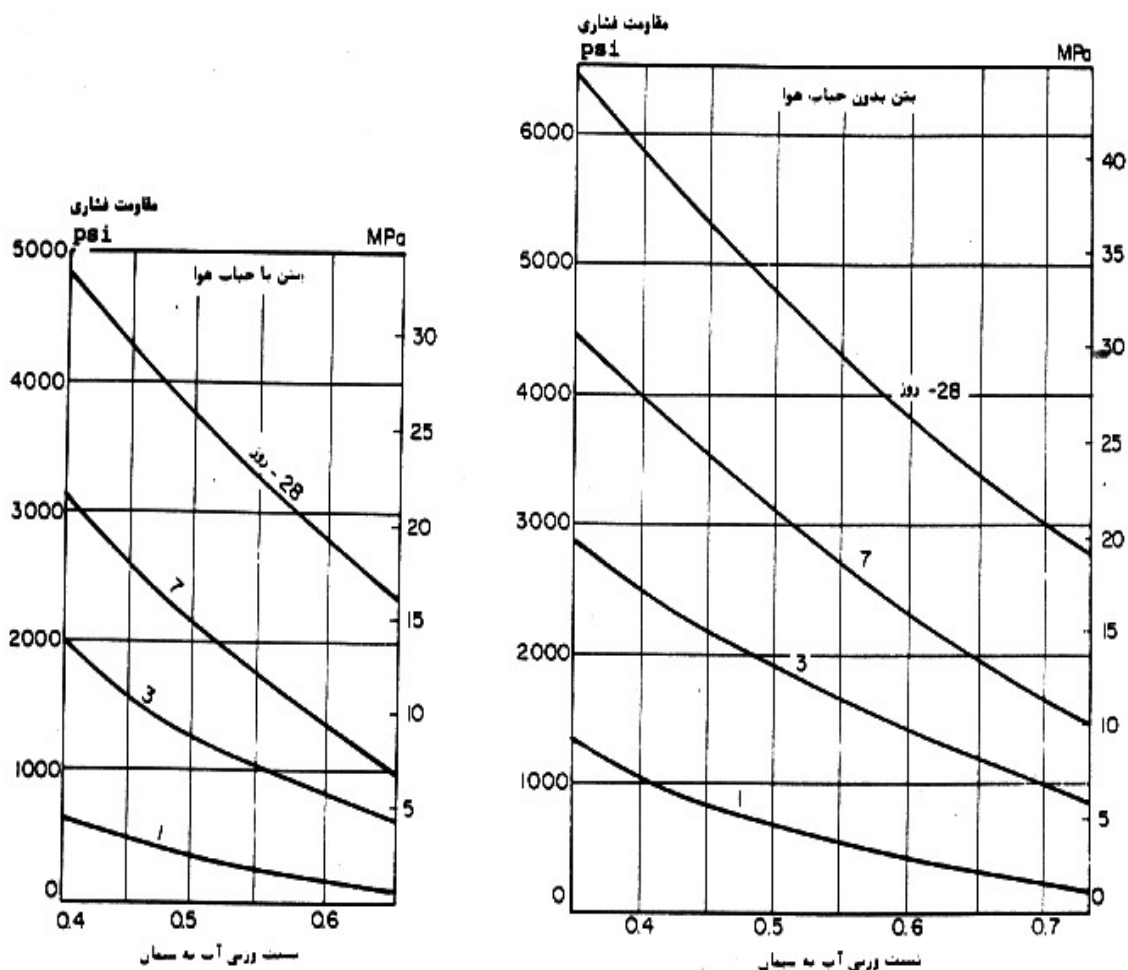
مقاومت فشاری $\sqrt{10 \sim 8}$ = مقاومت خمشی یا مدول گسیختگی بتن معمولی

$^{0.79}$ (مقاومت فشاری) = مقاومت خمشی یا مدول گسیختگی بتن معمولی

عوامل موثر و اصلی روی مقاومت بتن:

نسبت آب به سیمان:

سن بتن یا محدوده زمانی که عمل هیدراسیون در حال پیشرفت بوده است.
روابط بین مقاومت و سن بتن در شکل ۷-۱ برای بتنهای با حباب هوا و بدون حباب هوا نشان داده شده است.



شکل ۷-۱: رابطه نوعی مقاومت و سن بتن براساس آزمایشهای فشاری استوانه‌ها با استفاده از سیمان پرتلند

نوع ۱ و عمل آوردن مرطوب در ۷۰ درجه فارنهایت (۲۱ درجه سلسیوس) *

وزن مخصوص:

- در طراحی سازه‌ها، عموماً وزن مخصوص بتن ارمه معمولی 2400 kg/m^3 فرض می‌شود.

- مقادیر وزن مخصوص بتن تازه در جدول ۱-۱:

جدول ۱-۱ : وزن متوسط مشاهده شده بتن تازه

سیستم متریک								
حداکثر اندازه دانه، میلیمتر	مقدار هوا، درصد	آب، کیلوگرم بر متر مکعب	سیمان، کیلوگرم بر متر مکعب	وزن مخصوص، کیلوگرم بر متر مکعب**				
				چگالی دانه ها				
				۲,۵۵	۲,۶۰	۲,۶۵	۲,۷۰	۲,۷۵
۱۹	۶,۰	۱۶۸	۳۳۶	۲۱۹۴	۲۲۲۷	۲۲۵۹	۲۲۹۱	۲۳۲۳
۳۸	۴,۵	۱۴۵	۲۹۱	۲۲۵۹	۲۲۹۱	۲۳۳۹	۲۳۷۱	۲۴۰۳
۷۶	۳,۵	۱۲۱	۲۴۲	۲۳۰۷	۲۳۵۵	۲۳۸۷	۲۴۳۵	۲۴۶۷
۱۵۲	۳,۰	۹۷	۱۶۷	۲۳۵۵	۲۳۸۷	۲۴۳۵	۲۴۶۷	۲۵۱۵

** بتن با حباب هوا با مقدار هوای مشخص شده

مقاومت در برابر یخ زدن واب شدن :

حبابهای هوا مقاومت بتن را در برابر یخ زدن واب شدن به مقدار زیادی بهبود می بخشد.

اب بندی :

- برای اب بند بودن بتن ، خمیر سیمان ، خود باید اب بند باشد .
- از آنجا که حبابهای هوا، نسبت اب به سیمان را کاهش می دهند، قابلیت اب بندی بتن را بهبود می بخشد.

مقاومت در برابر سایش :

- مقاومت در برابر سایش، با مقاومت فشاری بتن ، رابطه نزدیکی دارد.
- نوع دانه های مصرف شده نیز اثر قابل توجهی بر مقاومت در برابر سایش دارد .
- برای مقاومت در برابر سایش نسبت اب به سیمان کم و عمل آوردن کافی ضروری است .

ثبات حجم :

- حجم بتن سخت شده بر اثر تغییرات دما ، مقدار رطوبت و تنشهای متحمل شده به مقدار کمی تغییر می کند.(حدود ۰,۰۱% تا ۰,۰۸%)
- تغییرات حجمی بتن سخت شده در اثر گرما برابر فولاد است.
- بتنی که همواره مرطوب نگهداری می شود کمی ازدیاد حجم می یابد . هنگامی که به بتن اجازه خشک شدن داده می شود اب می رود .

آبرفتگی بتن به چندین عامل بستگی دارد:

- (۱) مقدار اب اختلاط و دانه
- (۲) ویژگیهای دانه
- (۳) اندازه نمونه
- (۴) رطوبت نسبی
- (۵) درجه حرارت محیط
- (۶) شیوه عمل آوردن
- (۷) میزان هیدراسیون وزمان

- بتن در اثر تنش تغییر شکل الاستیکی می دهد.

فصل دوم

سیمانهای پرتلند

- تولید سیمان پرتلند : از اسباب نمودن کلینکر که بیشتر شامل سیلیکاتهای کلسیم هیدرولیکی است تولید می شود .
- منابع مصالح خام که در تولید سیمان پرتلند مصرف می شود: اهک ، آهن ، سیلیس ، الومین ، گچ و منیزی
 - گچ برای تنظیم گیرش سیمان استفاده می شود (حدود ۵٪)

انواع سیمان پرتلند :

نوع ۱، معمولی (حرارت هیدراسیون در خلال ۷ روز ۱۰۰٪)

نوع ۱A، معمولی حبابزا

نوع ۲، متوسط : جایی که احتیاطات علیه حمله متوسط سولفاتها مهم باشد ، گرمای کمتری را با سرعت کمتری نسبت به نوع ۱ دارد . کاربرد در سازه های نسبتا حجیم مانند پایه پلهای بزرگ ، دیوارهای حائل سنگین . (حرارت هیدراسیون ۸۵~۸۰٪ در خلال ۷ روز)

نوع ۲A، متوسط حبابزا

نوع ۳، با مقاومت زود رس : کسب مقاومت در کمتر از یک هفته ، استفاده در هوای سرد . (حرارت هیدراسیون ۱۰۰٪)

نوع ۳A، با مقاومت زودرس حبابزا

نوع ۴، کم حرارت – روند کسب مقاومت نسبت به نوع یک آهسته تر است ، کاربرد در سدهای ثقیل بزرگ (حرارت هیدراسیون ۶۰~۴۰٪)

نوع ۵، ضد سولفات (حرارت هیدراسیون ۷۵~۶۰٪)

سیمانهای پرتلند حبابزا (نوع ۱A، ۲A، ۳A): تولید بتنی که در برابر یخ زدن و آب شدن و نیز پوسته شدگی حاصل از اثرات مواد شیمیائی برای از بین بردن یخ و برف جاده ها ، مقاومت بهبود یافته ای دارند .

- سیمان پرتلند سفید : مواد اولیه آن فاقد اکسید آهن و منگنز است .

سیمانهای هیدرولیکی مخلوط شده :

۱) سیمانهای پرتلند روباره انگدازی : مخلوطی از سیمان پرتلند و روباره (۶۵~۲۵٪ وزن سیمان) انگدازی دانه دانه (دو نوع : ۱s و ۱sa)

۲) سیمانهای پرتلند پوزولانی: مخلوطی از سیمان پرتلند با یک ماده پوزولانی مناسب (۱۵ تا ۴۰٪ سیمان) (چهار نوع ۱p، ۱p-a، ۱p-p و ۱p-a)

سیمان پرتلند	}+	اهک هیدراته	}	
سیمان پوزولانی پرتلند		سنگ اهک		
سیمان روباره ای یا اهک هیدرولیکی		سنگ اهک نرم		
		تالک	روباره	رس

سیمانهای ویژه:

سیمان چاه نفت: برای نفوذ ناپذیر کردن چاه های نفت ، دارای گیرش کند ، در برابر درجات حرارت و فشارهای زیاد مقاوم

سیمان پرتلند ضد آب: کلینکر سیمان + استیرات

سیمانهای خمیری : سیمانهای نوع ۱ و ۲ + مواد روان ساز تا مقدار ۱۲٪ حجم کل، برای ساختن پلاستر و پوششهای سیمانی نما .

سیمان انبساطی : پس از گیرش منبسط می شود .

سیمان با گیرش تنظیم شده : یک سیمان هیدرولیکی با زمان گیرش کنترل شده از ۱ تا ۲ دقیقه (حتی ۶۰ دقیقه) و بهمان ترتیب دارای مقاومت زود رس .

خواص سیمان پرتلند :

Design and Control of Concrete Mixtures

- (۱) ریزی : ریزی سیمان بر میزان هیدراسیون اثر می کند . سیمان ریز دانه تر ، میزان هیدراسیون سیمان را افزایش و روند کسب مقاومت تسریع می شود .
- (۲) سلامت: به ثبات حجم بتن خمیر سیمان سخت شده بعد از گیرش اطلاق می شود.
- (۳) روانی: به تحرک نسبی مخلوط تازه ، یا قابلیت جریان یافتن آن گفته می شود .
* روانی عادی خمیر سیمان ، نفوذ 1 ± 10 میلیمتر میله و پلکات بیان می شود .
* روانی بتن را با آزمایش اسلامپ اندازه گیری می کنند .
- (۴) زمان گیرش : آزمایش زمان گیرش با استفاده از دستگاه ویلکات ویا سوزن گیلور برای تعیین میزان گرفتن و سخت شدن خمیر سیمان در طول چند ساعت اول انجام می گیرد .
- (۵) گیرش کاذب: در مدت زمان کوتاهی پس از اختلاط بتن ، گیرش کاذب همراه با افت قابل ملاحظه حالت خمیری مخلوط ، بدون اینکه حرارت زیادی آزاد گردد ، مشاهده می شود .
- (۶) مقاومت فشاری : آزمایش بر روی مکعبهای ۵۰ mm با روش مشخص و استفاده از ماسه استاندارد .
- از عوامل موثر در مقاومت فشاری : نوع سیمان و ریزی دانه های سیمان .
- مقررات مقاومت فشاری نسبی بر حسب انواع سیمان در **جدول ۲-۴** آمده است (آز ASTM)

جدول ۲-۴ : مقررات مقاومت فشاری نسبی بر حسب نوع سیمان

نوع سیمان پرتلند	حداقل مقاومت فشاری ، بر حسب درصد مقاومت سیمان نوع ۱ در ۷ روز			
	۱روز	۳روز	۷روز	۲۸روز
I	-	۶۴	۱۰۰	۱۴۳
IA	-	۵۲	۸۰	۱۱۴
II	-	۵۴	۸۹	۱۴۳
IIA	-	۴۳	۷۱	۱۱۴
III	۶۴	۱۲۵	-	-
IIIA	۵۲	۱۰۰	-	-
IV	-	-	۳۶	۸۹
V	-	۴۳	۷۹	۱۰۷
IS	-	۶۴	۱۰۰	۱۲۵
IS-A	-	۵۲	۸۰	۱۰۰
IS(MS)	-	۳۶	۶۴	۱۲۵
IS-A(MS)	-	۲۷	۵۰	۱۰۰
IP	-	۶۴	۱۰۰	۱۲۵
IP-A	-	۵۲	۸۰	۱۰۰
P	-	-	۵۴	۱۰۷
P-A	-	-	۴۵	۸۹

- (۷) حرارت هیدراسیون : واکنش شیمیایی بین سیمان و آب .
- میزان تولید گرما تحت تاثیر ترکیبات شیمیایی وریزی سیمان ونیز دمای عمل آوردن بتن قرار دارد .
- حرارت و گرمای ایجاد شده برای برخی سازه های حجیم نامطلوب و از سوی دیگر در هوای سرد سودمند است
- (۸) افت ناشی از حرارت دادن: با حرارت دادن جرم معینی از یک نمونه سیمان در دمای ۹۰۰ الي ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد تا رسیدن به جرم ثابت به دست می آید .
- (۹) چگالی : برای سیمان پرتلند حدود ۳,۱۵
برای سیمان های روباره آهن گذاری و پرتلند پوزولانی حدود ۲,۹
- چگالی سیمان نشانگر کیفیت سیمان نیست .
- (۱۰) وزن سیمان : اکثر سیمانهای پرتلند به صورت فله و به صورت بادی بار گیری و تخلیه می شود (بر حسب تن)
- وزن مخصوص سیمان های فله متغیر و بستگی به نوع حمل و بار گیری دارد لذا اجرای خوب حکم می کند که سیمان فله برای هر بار بتن سازی توزین شود
- وزن کیسه های سیمانی در ایران ۵۰ kg حجم آنها $0.033 m^3$ است .

انبار کردن سیمان :

- سیمانی که در تماس با رطوبت باشد مقاومت کمتری نسبت به سیمانی که به صورت خشک نگهداری شده دارد
- کیسه های سیمان باید روی تخته های چوبی گذاشته شوند و نزدیک به یکدیگر قرار گیرند.
- سیمان فله باید در سیلو های فلزی یا بتنی انبار شوند .

آب اختلاط بتن

- تقریباً هر آب طبیعی که قابل اشامیدن بوده و مزه و بوی مشخصی نداشته باشد می تواند به عنوان آب اختلاط برای ساختن بتن به کار برود.
 - آب مورد تردید برای ساختن بتن را به شرطی که مکعب ملات سیمان ساخته شده با آن آب دارای مقاومت هفت روزه و بیست و هشت روزه ای برابر با حد اقل ۹۰٪ نمونه های مشابه ساخته شده با آب قابل شرب باشد می توان مصرف کرد همچنین با ید زمان گیرش سیمان با سوزن و یکات آزمایش کرد.
 - نتیجه مهم اینکه ناخالصی ها در آب عمدتاً روی مقاومت و گیرش اثر می گذارند.
- آب دریا :
- هنگامی که آب شیرین مناسب در دسترس نباشد آب دریا را می توان برای ساختن بتن آرمه بکار گرفت.
 - استفاده از آب دریا ممکن است خطر خوردگی را افزایش دهد اما اگر میلگرد ها به مقدار پوشش داشته باشند و بتن آب بند باشد و مقدار کافی حباب های هوا در بر گیرد این خطر کاهش می یابد.
 - سازه های بتن آرمه ای که با آب دریا ساخته می شوند و در مجاورت محیط های دریایی قرار میگیرند باید نسبت $w/c < 0.45$ و حد اقل پوشش میلگرد ها ۷۵ mm باشد.
 - آب دریا را برای ساختن بتن پیش تنیده ای که فولاد های پیش تنیده آن در تماس با بتن است نباید مصرف کرد.

دانه های بتن

- برای بهترین استفاده مهندسی ، مصالح سنگی بر طبق استانداردهای زیر می باشد :
- (۱) تمیز (۲) سخت (۳) مقاومت (۴) با دوام (۵) عاری از مواد شیمیایی جذب شده و پوششهای رسی و ریز باشد .
- دانه های متداول در تولید بتن معمولی ($\gamma = 2150 \sim 2550 \text{ kg/m}^3$) : ماسه ، شن ، سنگ شکسته ، روبار اهنگدازی خنک شده در هوا .
- دانه های متداول در تولید بتن سبک : ($\gamma = 1350 \sim 1850 \text{ kg/m}^3$) : شیل منبسط شده ، رس ، اسلیت ، روبار
- دانه های سبک متداول در تولید بتن عایق بندی : ($\gamma = 1450 \sim 250 \text{ kg/m}^3$) : پومیس ، اسکوریا ، پرلیت ، ورمیکولیت و یا ترمیت
- مصالح سنگین در تولید بتن سنگین : باریت ، لیمونیت ، ایلمنیت ، هماتیت ، آهن و تکه های فولادی .

خواص دانه های سنگی و آزمایش های آنها :

- (۱) مقاومت در برابر سایش و سر خوردن : اهمیت : شاخص کیفیت دانه ها ، مقاومت در برابر سایش کنها و رویه ها .
عمومی ترین آزمایش ، آزمایش سایش لو آنجلس ← تعیین درصد سایش مصالح ← حد اکثر درصد افت وزن برای ایجاد مقاومت خوب در برابر سر خوردن روی جاده ها ، مقدار دانه های سیلیسی مصالح ریز باید حد اقل ۲۵% باشد .
- (۲) مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن : اهمیت : پوسته شدن سطح ، زبری ، از بین رفتن مقطع و نمای بد این مقاومت بستگی به تخلخل ، جذب آب ، نفوذ پذیری و ساختمان حفره دانه ها آزمایشی برای پیش بینی این خاصیت در دسترس نیست .
- (۳) شکل و بافت سطحی دانه : اهمیت ، کارایی بتن تازه
- دانه های زبر ، گوشه ای و سوزنی در مقایسه با دانه های صاف ، گرد و متراکم آب بیشتری را برای تولید بتن کار آ نیاز دارند .
- مصالح سنگی باید نسبتاً عاری از دانه های سوزنی و پولکی باشند . (تاثیر گذار روی مقاومت بتن ، بویژه در خمش)
- (۴) دانه بندی : اهمیت : کارایی بتن تازه ، جنبه های اقتصادی بودن در صورت یکنواختی منحنی دانه بندی
- دانه بندی ، عبارتست از توزیع دانه ها در اندازه های گوناگون که معمولاً بر حسب مجموع در صد بزرگتر یا کوچکتر از هر یک از اندازه های الک یا در صد ما بین برخی از اندازه های الک بیان می شود .
- اندازه دانه ها به وسیله الکهای سیمی با سوراخهای مربعی معین می شود .
- دانه های ریز با الکهای مقابل دانه بندی می شود ($3/8\text{in}, \text{No}4, \text{No}8, \text{No}16, \text{No}30, \text{No}50, \text{No}100$)
- (۵) دانه بندی مصالح سنگی ریز دانه :
- دانه بندی مطلوب برای مصالح ریز دانه بستگی به : (۱) نوع کار (۲) پر مایه بودن مخلوط (۳) اندازه حد اکثر درشت دانه
- مقادیر دانه های ریزی که از دو الک آخر پایینی رد می شوند اثرگذار در : کارایی ، چگونگی سطح ، آب انداختن بتن
- اکثر مشخصات ، مقدار دانه های رد شده از الک شماره ۵۰ را بین ۱۰ الی ۳۰ درصد مجاز می دانند .
- در مواردی که سطح صاف مورد نظر باشد دانه های ریز مورد استفاده باید حد اقل ۱۵% از الک شماره ۵۰ و ۳۰% یا بیشتر از الک شماره ۱۰۰ رد شوند
- مقررات $\text{AstmC}33$ عبارتند از :
- (۱) نباید بیشتر از ۴۵% دانه های ریز ، بین الک استاندارد متوالی باقی بماند .

$$\sum_{i=1}^n \frac{w_i}{100} \leq 2,3 \quad (2) \quad \text{مدرول نرمی} = \frac{\sum (*)}{100}$$

(۳، ۲) (بیانگر ریزی دانه ها) $\leq 2,3$

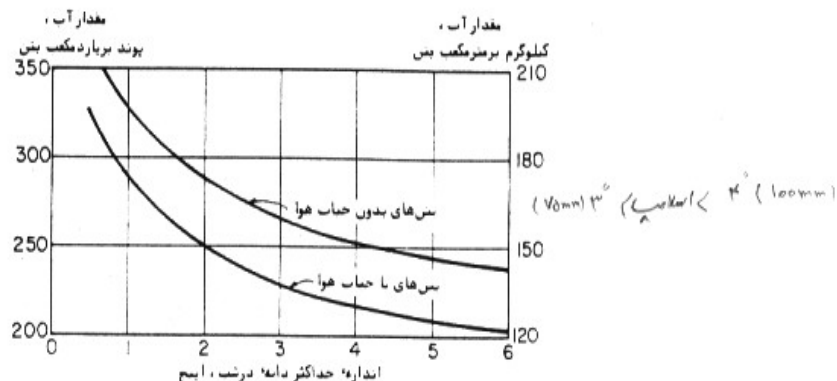
(۴) (درصد باقیمانده وزنی)

* هر اندازه مدرول نرمی ، بیشتر باشد : دانه ها درشت تر خواهند بود .

- کنترل کیفیت و خواص دانه های ریز با آزمایش جریان از قیف صورت می گیرد .

(۶) دانه بندی مصالح درشت دانه :

- دانه بندی مصالح سنگی درشت دانه ، با حد اکثر اندازه داده شده می تواند در محدوده نسبتا وسیعی تغییر کند .
- برای دانه های کوچکتر ، آب بیشتری نسبت به دانه های بزرگتر ، مورد نیاز است . (مطابق شکل ۴-۶)



شکل ۴-۶: آب مورد نیاز برای بتن با روانی معین با افزایش اندازه حداکثر دانه ، کاهش می یابد .

- مقدار سیمان مورد نیاز ، با افزایش اندازه حد اکثر دانه های درشت ، کاهش می یابد .
- * - حد اکثر اندازه های دانه که می توان به کار برد ، عموما به اندازه و شکل اعضای بتنی و مقدار و توزیع میلگرد ها ی فولادی بستگی دارد .
- لذا اندازه حداکثر دانه ها نباید از مقادیر زیر تجاوز کند :

- (۱) یک پنجم کوچکترین بعد اعضاء
- (۲) $\frac{3}{4}$ فاصله از اد میان میلگردها
- (۳) $\frac{1}{3}$ عمق دالها

(۷) مصالح سنگی با دانه بندی گسسته:

- برای بتن در جا ، مصالح با دانه بندی گسسته ، شامل فقط یک اندازه از دانه درشت و تمامی اندازه های دانه های ماسه می باشد .

برای دانه های با اندازه حد اکثر (۱۹mm) $\frac{3}{4}$ ← حذف دانه های شماره ۴ تا (۹,۵mm~۴,۷۵) $\frac{3}{8}$

برای دانه های با اندازه حد اکثر (۳۸,۱mm) $1\frac{1}{2}$ ← حذف دانه های شماره ۴ تا (۹,۵mm~۴,۷۵) $\frac{3}{4}$

- ماسه معمولا ۳۵٪ تا ۲۵ حجم کل دانه ها را تشکیل می دهد . درصد کمتر ، برای دانه های گرد ، و

درصد بیشتر ، برای مصالح شکسته .

- نظر به اینکه مخلوطهای با اسلامپ کم و دانه بندی گسسته ، در صد ماسه کمتری را مصرف کرده و

مخلوطهای خنثی تولید می کنند ، معمولا به حبابهای هوا برای ایجاد کارایی ، نیاز دارند

(۸) وزن مخصوص ظاهری : عبارتست از وزن دانه لازم برای پر کردن ظرفی با حجم واحد .

- واژه ظاهری به این علت بکار می رود که حجم مورد نظر ، هم با دانه و هم با فضای های خالی ، اشغال می شود

- دانسیته ظاهری دانه هایی که عموما در بتن معمولی مصرف می شوند ، حدود ($1750 \sim 1200 \text{ Kg/m}^3$) است .

- سه روش برای تعیین دانسیته ظاهری دانه ها : میله زدن ، لرزاندن ، بیلچه زدن (در حالت متراکم)

(۹) چگالی : (دانسیته نسبی) ($2,9 < p < 4$) → اکثر دانه ها → وزن هم حجم دانه / وزن دانه = چگالی دانه

- کار بردی در برخی محاسبات طرح مخلوط و کنترل (مانند حجم مطلق اشغالی توسط دانه ها)

- چگالی برای اندازه گیری کیفیت دانه بکار نمی رود

- عموما در محاسبات بتن ، چگالی ظاهری دانه های اشباع با سطح خشک استفاده می شود .

جذب آب و رطوبت سطحی دانه ها :

- شرایط رطوبت دانه ها :

- (۱) خشک شده در کوره – کاملاً آب جذب میکند
 - (۲) خشک شده در هوا – سطح دانه خشک بوده ، اما حاوی مقداری رطوبت داخلی است . لذا تا حدودی آب جذب می کند.
 - (۳) اشباع با سطح خشک – آبی از مخلوط بتن جذب نمی کند و آبی نیز بدان پس نمی دهد . (متداول برای مصرف در آزمایشگاه)
 - (۴) خیس یا تر – شامل مقداری رطوبت اضافی روی سطح است .
- اهمیت موضوع در کنترل کیفیت بتن موثر است .

مصالح زیان آورو واکنش قلیایی :

- مصالح مضر و اثرات آنها روی بتن به طور خلاصه در **جدول ۴-۳** آمده است .

جدول ۴-۳ : مصالح مضر

عناصر	اثر روی بتن
ناخالصیهای آلی	روی گیرش و سخت شدن اثر میگذارند . ممکن است سبب خرابی شوند .
مصالح ریزتر از الك شماره ۲۰۰ (۸۰ میکرومتر)	روی چسبندگی اثر میگذارند ، آب مورد لزوم را افزایش میدهند .
زغال سنگ ، لیگنیت ، یا سایر مصالح سبک	روی دوام اثر دارند ، ممکن است سبب لکه دار شدن یا بیرون پریدگی قسمتهایی از بتن شوند .
ذرات نرم	روی دوام اثر دارند .
کلوخه های رسی و ذرات شکننده	روی کارایی و دوام اثر دارند ، ممکن است سبب بیرون پریدگی قسمتهایی از بتن شوند .
چرت با چگالی کمتر از ۲,۴	روی دوام اثر دارند ، ممکن است سبب بیرون پریدگی قسمتهایی از بتن شوند .
دانه ها با واکنش قلیایی	انبساط غیر عادی ، ترکهای ریز سطحی ، بیرون پریدگی قسمتهایی از بتن .

- افزودن برخی مواد پوزولانی در بتنی که تحت تاثیر واکنش قلیایی دانه ها ست ، سودمند خواهد بود

اصلاح دانه ها :

تهیه دانه ها شامل مراحل :

- (۱) خرد کردن ، سرند کردن ، شستن و طبقه بندی کردن با آب برای حصول دانه بندی صحیح و تمیز
- (۲) بالا بردن کیفیت دانه ها شامل – جدا کردن در محیط غلیظ ، لرزاندن ، طبقه بندی با جریان بالا رونده و خرد نمودن که همه مراحل بر مبنای چگالی دانه ها استوار است .

فصل ۵

بتن با حباب هوا

- ایجاد حباب های هوا در بتن به منظور بهبود مقاومت بتن در برابر یخ و آب شدن انجام می گیرد .
- بتن با حباب هوا با استفاده از یک سیمان حباب زا یا اضافه کردن یک ماده افزودنی حباب زا در حین اختلاط ، تولید می شود .
- بر خلاف حفره های هوای محبوس که در تماس بتن ها پدید می آیند و به مقدار زیادی تابعی از صفات مشخصه دانه می باشد ، حبابهای هوای عمدی ، از نظر اندازه ، بسیار کوچکند و حبابها با یکدیگر مر تبط نیستند ، بلکه در سر تا سر خمیر به خوبی توزیع شده اند .
- قطر ۹۰٪ حبابها برابر یا کوچکتر از ۱۰۰ mm و ۶۰٪ آنها قطری کمتر از ۲۰mm دارند .
- فاصله و اندازه حفره های هوا عوامل مهمی است که بر موثر بودن حبابها ی هوا در بتن کمک می کند .

خواص بتن با حباب هوا :

(۱) کارایی :

- حباب هوا کارایی بتن را بهبود می بخشد . (بویژه در مخلوطهای کم مایه (مقدار سیمان کم)) .
- مقدار آب و ماسه به طور قابل توجهی کاهش می یابد .
- جدایی و آب انداختگی در بتن تازه مخلوط شده کاهش می یابد .

(۲) مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن :

- با استفاده از حبابهای هوای عمدی ، حتی هنگامیکه یخ زده های گو ناگون مورد مصرف قرار گیرد ، مقاومت بتن سخت شده در برابر یخ زدن و آب شدن ، به گونه ای چشمگیر بهبود می یابد .
- همچنان که آب در بتن یخ می زند ، منبسط شده و فشاری ایجاد می کند که می تواند بتن را گسیخته سازد حبابها ی هوا همانند مخازن عمل می کنند که آب اضافی ، به درون آنها با فشار راه پیدا میکند و بنابراین فشار ، آزاد گشته و مانع خرابی بتن می شود .
- حفره ها باید به اندازه کافی به هم نزدیک باشند تا فشار ایجاد شده از مقاومت کششی بتن تجاوز نکند .

(۳) مقاومت در برابر یخزدها :

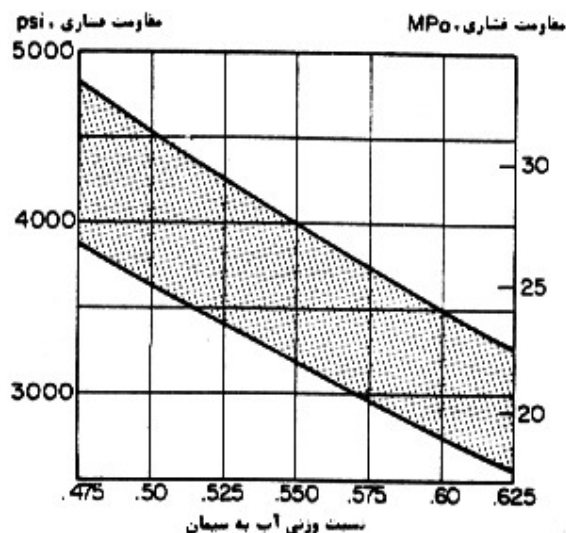
- مواد شیمیایی یخزدها که برای از بین بردن یخ و برف به کار می روند ، می توانند باعث پوسته شدگی سطح شوند (مانند کلرورکلسیم)
- خرابی عمدتا یک عمل فیزیکی است و متاثر از واکنشهای شیمیایی یا فشارهای کریستالی نیست و گمان می رود که به علت تشکیل فشارهای اسمزی متقابلی است که علاوه بر فشارهای هیدرولیکی معمولی در هنگام یخ زدن آب در بتن تولید می شود .
- ایجاد حبابهای هوا در بتن ، باعث جلوگیری از پوسته شدن سطح بتن می شود
- اگر پوسته شدن سطح در اولین فصل یخبندان گسترش یابد ، برای محافظت بتن در مقابل خرابی بیشتر ، می توان سطوح را ترمیم کرد . این راه علاج ، شامل پوششی است که معمولا با روغن بزرک یا روغن نفت خنثی انجام می گیرد .

(۴) مقاومت در برابر سولفات :

- مقاومت بتن در برابر سولفات با ایجاد حبابهای هوا در آن بهبود می یابد .

(۵) مقاومت :

- زمانیکه مقدار هوا ثابت نگهداشته شود ، مقاومت بطور معکوس با نسبت w/c تغییر می کند **شکل ۵-۵** (رابطه بین مقاومت فشاری ۲۸ روزه و نسبت w/c روی بتن با حباب هوا با سیمان نوع ۱)



شکل ۵-۵: نموداری از رابطه بین مقاومت فشاری ۲۸ روزه و نسبت آب به سیمان نوع ۱. به سیمان روی بتن با حباب هوا با استفاده از سیمان نوع ۱.

(۶) مقاومت در برابر سایش :

- مقاومت سایشی بتن با حباب هوا ، مقاومت سایشی بتن بدون حباب هوا با همان مقاومت فشاری ، تقریباً برابر است.
- مقاومت فشاری مهمترین عامل تعیین کننده مقاومت سایشی بتن است . یعنی با افزایش مقاومت فشاری با مقاومت در برابر سایش نیز زیاد می شود .

(۷) آب بندی :

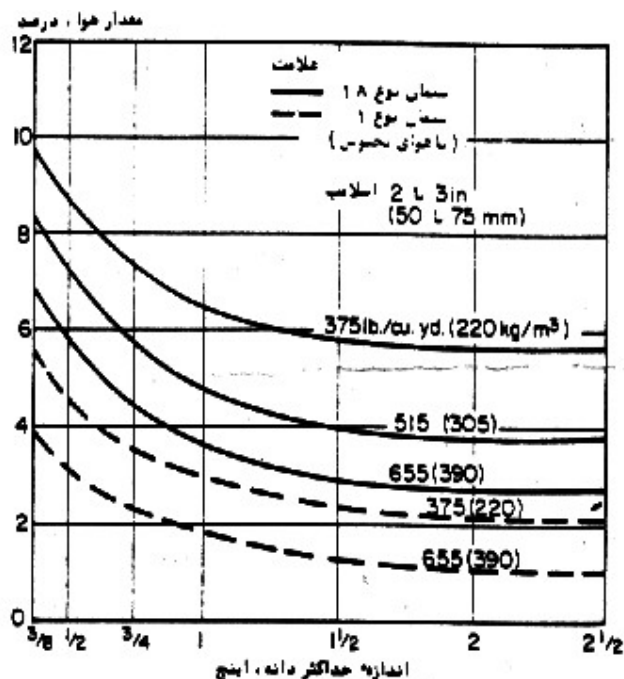
- برای مقدار سیمان معین ، بتن با حباب هوا عموماً نسبت w/c کمتری دارد و بنابراین غیر قابل نفوذ تر است .

مصلح حباب را :

- استفاده از سیمان حباب را : این سیمانها امکان اشتباه دستی یا مکانیکی را که با اضافه کردن یک ماده افزودنی حین ساختن بتن رخ می دهد از بین خواهند برد
- وقتی که حبابهای هوا بیش از اندازه باشند ، با استفاده از یکی از چند ماده حباب را میتوان آنها را کاهش داد .

عوامل موثر در مقدار هوا :

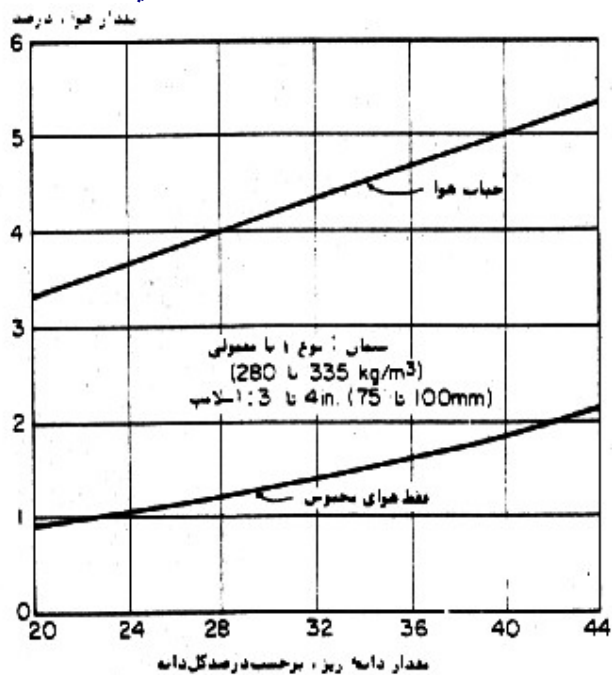
(۱) دانه درشت مطابق شکل ۶-۵ : رابطه بین اندازه دانه، مقدار سیمان، و مقدار هوای بتن



شکل ۵-۶: رابطه بین اندازه دانه، مقدار سیمان، و مقدار هوای بتن.

الف) افزایش مقدار هوا < اگر اندازه حد اکثر دانه ها از $1\frac{1}{2}$ < تغییرات کم در مقدار هوا
 ب) با افزایش مقدار سیمان از مقدار هوا کاسته می شود

۲) دانه ریز مطابق شکل ۵-۷: رابطه بین درصد دانه ریز و مقدار هوای بتن

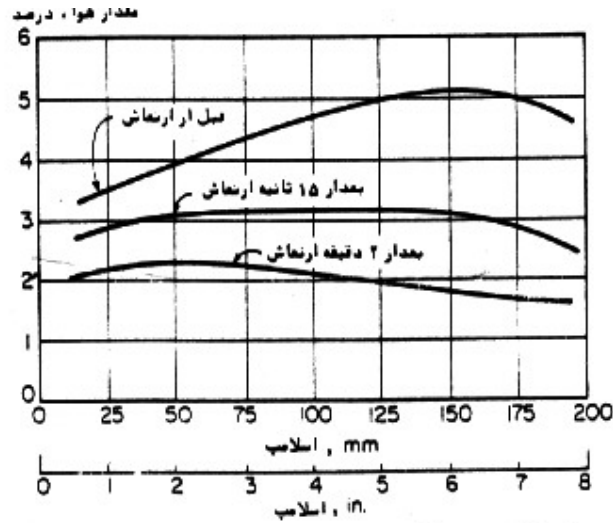


شکل ۵-۷: رابطه بین درصد دانه ریز و مقدار هوای بتن.

Design and Control of Concrete Mixtures

- افزایش مقدار دانه ریز موجب می شود که برای مقدار معینی سیمان یا ماده افزودنی حباب دار مقدار بیشتری حباب هوا ایجاد شود .
- همچنین در بتن بدون حباب هوا ، هوای محبوس بیشتر است .
- دانه های ریزی که از الک های شماره ۱۰۰ تا ۳۰ می گذرند ، نسبت به دانه های خیلی ریز یا خیلی درشت حبابهای هوای بیشتری را ایجاد می کند .

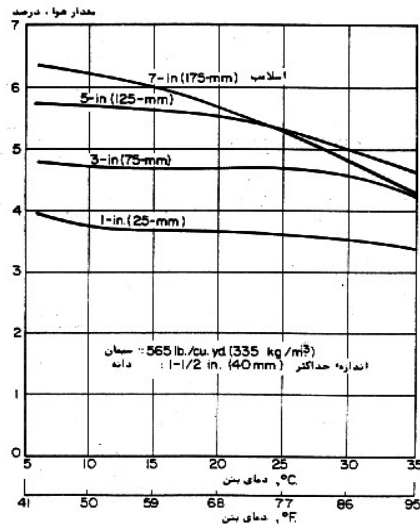
(۳) اسلامپ و ارتعاش مطابق شکل ۸-۵ : رابطه بین اسلامپ ، مدت زمان ارتعاش ، و مقدار هوای بتن



شکل ۸-۵ : رابطه بین اسلامپ ، مدت زمان ارتعاش ، و مقدار هوای بتن .

- مقدار هوا با افزایش اسلامپ تا حدود ۱۵۰ mm ازبید می یابد و با افزایش بیشتر اسلامپ کاهش می یابد
- در تمامی اسلامپ ها حتی ارتعاش به مدت ۱۵ sec ، موجب کاهش قابل ملاحظه ای در مقدار هوا خواهد شد
- از ارتعاش بتن به مدت طولانی باید اجتناب کرد .
- برای اکثر بتن ها ، تراکم مورد نظر با ۵ ~ ۵ sec ارتعاش به دست خواهد آمد

(۴) دمای بتن مطابق شکل ۹-۵ : رابطه بین دما ، اسلامپ ، و مقدار هوای بتن



شکل ۹-۵ : رابطه بین دما ، اسلامپ ، و مقدار هوای بتن .

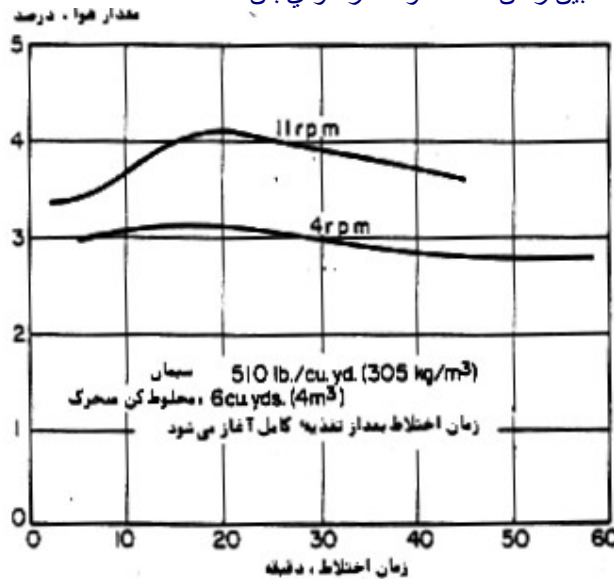
Design and Control of Concrete Mixtures

- زمانیکه دمای بتن افزایش می یابد ، حبابهای هوای کمتری ایجاد می شود
- با افزایش اسلامپ ، اثر دما ملموس تر می شود .
- در بتن ریزی در هوای سرد ، ماده افزودنی حباب زا مقداری از تاثیر خود را به دلیل استفاده از آب گرم از دست می دهند برای جبران این افت ، مواد فوق باید وقتی ریخته شوند که دمای مصالح ، فرصت رسیدن به تعادل را داشته باشد .

۵- عمل اختلاط

- مهمترین عامل تولید حبابهای هوا در بتن عمل اختلاط می باشد .
- در تولید بتن آماده ، حفظ اختلاط کافی در تمام مدت ، از اهمیت ویژه ای برخوردار است .
- اگر مخلوط کنها کمتر از ظرفیت اسمی خود پر شوند ، ممکن است افزایش در مقدار هوا ، و اگر بیشتر پر شود کاهش در مقدار هوا رخ دهد .

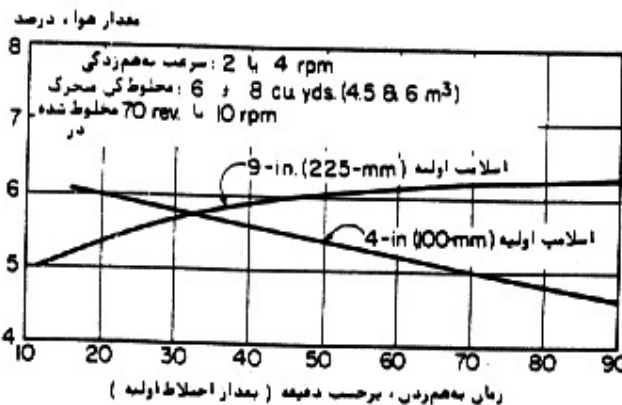
مطابق شکل ۵-۱۰ رابطه بین زمان اختلاط و مقدار هوای بتن



شکل ۵-۱۰: رابطه بین زمان اختلاط و مقدار هوای بتن .

- با افزایش سرعت اختلاط ، حباب هوای بیشتری در بتن ایجاد می شود .
- مقدار هوا حین اختلاط به حد بالایی می رسد و با طولانی کردن زمان اختلاط ، کاهش تدریجی در مقدار هوا به وقوع می پیوندد .

مطابق شکل ۵-۱۱



شکل ۵-۱۱: رابطه بین زمان به هم زدن ، مقدار هوا ، و اسلامپ بتن .

Design and Control of Concrete Mixtures

- تغییرات در مقدار هوا با طولانی کردن زمان به هم زدن می تواند با رابطه بین اسلامپ و مقدار هوا بیان شود
- برای بتن های با اسلامپ زیاد ، مقدار هوا با ادامه بهم زدگی افزایش می یابد .
- به هم زدن به مدت طولانی ، اسلامپ را کاهش بیشتری می دهد و مقدار هوا نیز کاهش می یابد . و برای باز گرداندن اسلامپ اولیه اگر هم آب اضافه شود ، مقدار هوا به مقدار قبلی خود باز نمی گردد.

(۶) مواد افزودنی و مواد رنگی :

- خاکستر بادی ، دوده کربن ، برای مقدار معینی از یک ماده افزودنی ، معمولاً مقدار حبابهای هوا را کاهش می دهند .
- مواد افزودنی کاهنده آب و مواد افزودنی کند گیر کننده کار آمد مواد افزودنی حباب را ۵۰ ~ ۱۰۰ درصد افزایش می دهند لذا مقادیر کمتری مواد افزودنی حباب را معمولاً مقدار هوای مورد نظر را تامین می کند
- زمان اضافه کردن این مواد افزودنی به داخل مخلوط ، در ظرفیت حباب زایی آنها تاثیر دارد .
- مقدار کمی کلرورکلسیم گاهی برای تسریع در سخت شدن بتن در هوای سرد استفاده می شود اگر این ماده به شکل محلول جدا گانه به مخلوط اضافه شود می تواند به گونه ای موفقیت آمیز ، با مواد افزودنی حباب را استفاده شود .

(۷) پرداخت قبل از موقع : باعث آب انداختن در سطح بالای بتن ← افزایش نسبت w/c در سطح ← افت حبابهای هوا ← بتن پوسته می زند .

آزمایشهای مقدار هوا :

- سه روش :
- روش فشاری
- روش حجمی
- روش وزنی
- روش بسیار ساده برای کنترل تقریبی مقدار هوای بتن تازه مخلوط شده ، بوسیله هوا سنج جیبی است .
- مقداری ملات با الکل داخل ظرف ریخته و تکان می دهیم تا هوا از ملات جدا شود ، مقدار تقریبی هوا با مقایسه پایین آمدن الکل ، توسط نمودار های کالیبره شده تعیین می شود .
- مقادیر هوای توصیه شده :

- مقدار هوایی که در بتن با حباب هوا باید مصرف شود بستگی دارد به :

(۱) نوع سازه

(۲) شرایط آب هوایی

(۳) تعداد سیکل های یخ زدن و آب شدن

(۴) مدت زمان مجاورت با یخزدها و خاکها یا آبهای مهاجم

(۵) تا حدودی به مقاومت مقرر بتن

- بتنی که در معرض دماهای یخبندان بوده و ما دامیکه بعد از عمل آوردن ، مرطوب باشد ، حبابهای هوای آن باید در حدود مقادیر **جدول ۱-۵** باشد زمانیکه حبابهای هوا در برابر یخزدن و آب شدن یا یخزدها مورد نیاز باشند ، مقادیر هوای داده شده در **جدول ۱-۵** می تواند حدود ۱/۳ کاهش یابد .

جدول ۱-۵ : مقادیر هوای توصیه شده

اندازه حداکثر اسمی دانه درشت		کل مقدار هوا، بر حسب درصد حجم بتن
In.	mm	
۳/۸	۱۰	۶ ~ ۱۰
۱/۲	۱۲,۵	۵ ~ ۹
۳/۴	۱۹	۴ ~ ۸
۱	۲۵	۳ ۱/۲ ~ ۶ ۱/۲
۱ ۱/۲	۳۷,۵	۳ ~ ۶
۲	۵۰	۲ ۱/۲ ~ ۵ ۱/۲
۳	۷۵	۱ ۱/۲ ~ ۴ ۱/۲

Design and Control of Concrete Mixtures

* لازم به ذکر است که ۹۵ - ۳۱۸ ACI **جدول ۴-۲-۱** برای شرایط محیطی شدید و معتدل ، مقادیر مختلفی را برای حبابهای هوا تولید می کند .

جدول ۴-۲-۱ مقدار کل هوا برای بتن مقاوم در برابر یخ زدگی

درصد هوا		بزرگترین اندازه اسمی دانه ها (cm)
محیط با شرایط معتدل	محیط با شرایط سخت	
۶	۷,۵	۰,۹۵
۵,۵	۷,۰	۱,۲۵
۵,۰	۶,۰	۱,۹۰
۴,۵	۶,۰	۲,۵۰
۴,۵	۵,۵	۳,۸۰
۴,۰	۵,۰	۵,۰۰
۳,۵	۴,۵	۷,۵۰

مواد افزودنی بتن

مواد افزودنی بتن موادی هستند به غیر از سیمان پرتلند ، آب و دانه ها که به مخلوط بتن اندکی قبل از اختلاط یا حین اختلاط افزوده می شود و عبارتند از :

- (۱) مواد افزودنی حباب زا
- (۲) مواد افزودنی کاهنده آب
- (۳) مواد افزودنی کند گیر کننده
- (۴) مواد افزودنی تسریع کننده
- (۵) پوزولانها
- (۶) مواد کارایی ساز ، شامل روان سازهای اعلا
- (۷) مواد متفرقه مانند پیوند ساز ، ضد رطوبت ، کاهنده نفوذ پذیری ، دوغاب ساز و گاز ساز

جدول ۶-۱: رده بندی پوزولانها

پوزولانهای طبیعی خام یا کلسینه شده شامل: خاکهای دیاتمه چرت های اپالین و شیل ها توف ها و خاکسترهای آتشفشانی یا پومیسیت ها بعضی شیلها و رسهای کلسینه شده	پوزولان، رده N
خاکستر بادی ، با منشأ زغال سنگ قیری*	پوزولان، رده F
خاکستر بادی ، خاکستر لیگنیت، با منشأ زغال سنگ قیری	پوزولان، رده C
هر نوع مواد دیگر شامل: پومیسیت های پروسه شده بعضی دیاتومیت ها، رسها، و شیلهای کلسینه شده و آسیاب شده	پوزولان، رده S

*. زغال سنگ قیری: نوعی زغال سنگ که در اثر حرارت مقدار قابل توجهی مواد قیری فرار تولید میکند و زغال سنگ نرم نیز نامیده میشود.

Design and Control of Concrete Mixtures

مواد افزودنی به طور خلاصه در **جدول ۶-۲** همراه با تاثیرات خود و مصالح کاربردی آورده شده است

جدول ۶-۲: دسته بندی مواد افزودنی

تاثیر مورد نظر	نوع ماده افزودنی	مصالح
بهبود دوام بتن در معرض رطوبت و یخ زدن و آب شدنهای مکرر، پوسته شدن سطح، بهبود کارایی، کاهش جدا شدن دانه ها و آب انداختن بتن	حباب ز ا قبل یا حین اختلاط مستقیماً به بتن اضافه میشود.	نمکهای صمغ های چوب بعضی پاک کننده های مصنوعی نمکهای لیگنین سولفوناته نمکهای مواد پروتئینی اسیدهای چرب و صمغی و نمکهای آنها سولفاتهای آلکین بنزین-ماده فعال اصلی سیمان حباب ز ا
کاهش آب لازم برای روانی معین یا افزایش اسلامپ بتن	کاهنده آب	لیگنو سولفونات ها اسید های کربوسیل هیدروکسیلی (همچنین تمایل به تعویق گیرش دارند لذا تسریع کننده اضافه میشود)
تعویق زمان گیرش جهت جبران اثر تسریع کنندگی هوای گرم کاهش مقاومت در سنین اولیه (۱ تا ۳ روز)	کندگیر کننده- در بعضی شرایط موجب افزایش آبرفتگی حین خشک شدن بتن میشوند	لیگنین براکس شکر ها اسید تارتاریک و نمکها
تسریع درگیرش و کسب مقاومت اولیه	تسریع کننده	کلرورکلسیم- بصورت محلول به عنوان جزئی از آب اختلاط $> 2\%$ درصد وزن سیمان تری اتانولامین سیمان نوع ۳ ، افزایش سیمان برای کاهش w/c و عمل آوری بتن در درجات حرارت بالاتر
کاهش آب و تعویق گیرش	کاهنده آب و کند گیر کننده	(به کاهنده آب، نوع A ، در بالا مراجعه شود)
کاهش آب و تسریع گیرش	کاهنده آب و تسریع کننده	(به کاهنده آب، نوع A ، در بالا مراجعه شود تسریع کننده بیشتری اضافه شود)
بهبود کارایی و خمیری کمک در کاهش درجات حرارت داخلی بتن کاهش مقاومت ۲۸ روزه	پوزولان	پوزولان طبیعی (رده N) خاکستر بادی (رده F و g) سایر مواد (رده s) * رده بندی پوزولانها در جدول ۶-۱
ایجاد انبساط حین گیرش	گاز ساز	پودر آلومینیوم صابون رزین و چسبهای نباتی یا حیوانی، ساپونین، پروتئین هیدرولیز شده
کاهش نفوذپذیری	مواد ضد رطوبت و ضد آب	استرات کلسیم، آلومینیوم، آمونیم، یا بوتیل- روغنها یا گریسهای نفتی کلرورهای محلول
بهبود قابلیت پمپاژ کاهش مقدار هوا	آسان کننده پمپاژ کاهنده هوا	پوزولانها، پلیمرهای آلی، فسفات تری بوتیل
روانی زیاد	روان سازهای اعلا	تغلیظ شده های ملامین فرمالدئید سولفوناته ، تغلیظ شده های نفتالین فرمالدئید سولفوناته

*. کلرورکلسیم که به عنوان تسریع کننده استفاده می شود ، یک ماده ضد یخ نیست .

- کلرورکلسیم باید به مخلوط بتن بصورت محلول ، به عنوان جزئی از آب اختلاط ، اضافه شود .
 - مقدار کلرورکلسیم نباید از ۲ درصد وزنی سیمان تجاوز کند .
 - مصرف کلرورکلسیم به مقدار زیاد ، می تواند باعث سخت شدن سریع افزایش ابرفتگی حین خشک شدن خوردگی میلگردها و باعث افت مقاومت در سنین بعدی شود .
 - استفاده از کلرورکلسیم یا مواد افزودنی که شامل کلرورهای محلول باشند تحت شرایط زیر توصیه نمی شود :
- (۱) در بتن پیشتنیده به علت امکان خطرات خوردگی
 - (۲) در بتنی که الومینیم در آن کار گذاشته شده است (مانند ابگذر)
 - (۳) در بتنی که مواجه با واکنش قلایایی دانه قرار دارد یا در معرض خاک یا آب حاوی سولفاتها باشد
 - (۴) در بتن محافظ تاسیسات اتمی
 - (۵) در دالهای کف که پرداخت فلزی دارند
 - (۶) بطور کلی در هوای گرم

تعیین نسبت مخلوطهای بتن معمولی

- درک اصول اساسی طرح مخلوطها مهمتر از کار محاسباتی ان به شمار می آید .
- کیفیت بتن در حلقه نخست به مقدار w/c بستگی دارد.
- برای حصول نتایج اقتصادی نسبت مخلوط باید به گونه ای تعیین شود که بدون قربانی شدن کیفیت بتن مقدار سیمان لازم به حد اقل رسد برای کاهش مقدار سیمان مورد لزوم مقدار آب باید در حداقل نگهداشته شود .

- سه گام اساسی برای حداقل رساندن مقادیر مورد لزوم سیمان و آب عبارتند از :

- (۱) سفت ترین مخلوط ممکن
- (۲) بزرگترین اندازه حد اکثر دانه ممکن
- (۳) بهترین نسبت دانه های ریز و درشت

- سه روش برای طرح مخلوط بتن :

- (۱) روش نسبت w/c
- (۲) روش وزنی
- (۳) روش حجم مطلق

نسبت آب به سیمان و مقاومت :

- جامع ترین معیار مورد استفاده برای سنجش کیفیت بتن مقاومت فشاری بتن می باشد .
- در محدوده معمولی مقاومت های اجرای بتن مقاومت فشاری با نسبت w/c به طور معکوس رابطه دارد .
- مقاومت در هر سن خاصی بستگی زیاد به نسبت w/c ظاهری یا اولیه نداشته بلکه تابعی از شدت سیمان هیدراته شده خواهد بود .

انتخاب نسبت آب به سیمان :

- نسبت آب به سیمان نسبت وزنی این دوماه است .
- برای شرایط محیطی شدید بهتر است که حداقل مقدار سیمان 330 kg/m^3 مقرر شود .
- برای انتخاب نسبت w/c برای شرایط گوناگون به **جدول ۷-۱** رجوع شود .

جدول ۷-۱: نسبت های حداقل آب به سیمان برای شرایط محیطی گوناگون

شرایط محیطی	بتن معمولی، نسبت مطلق وزنی آب به سیمان
بتنی که از یخ زدن و آب شدن یا اعمال مواد شیمیایی یخزدا محافظت شده است.	نسبت w/c بر اساس نیاز های مقاومت، کارایی، و پرداخت انتخاب میشود.
بتن آب بند*	۰,۵ ۰,۴۵
در آب شیرین در آب دریا	
بتن مقاوم در برابر یخبندان* مقاطع نازک، مقاطع با کمتر از ۲ اینچ (۵۰mm) پوشش روی میلگردها و بتن های در معرض نمکهای یخزدا کلیه سازه های دیگر	۰,۴۵ ۰,۵
مجاورت با سولفاتها*	متوسط شدید
۰,۵ ۰,۴۵	
بتن ریزی در زیر آب	کمتر از 386 kg/m^3 نباشد.
کف های روی زمین	نسبت w/c برای مقاومت و نیز برای حداقل سیمان مقرر انتخاب شود، به جدول ۷-۵ مراجعه شود.

* دارای حباب هوا در محدوده مقادیر **جدول ۷-۲** میباشد.

Design and Control of Concrete Mixtures

جدول ۷-۲: مقدار هوای بتن برای اندازه های گوناگون دانه درشت

مقدار هوای کل، درصد حجمی	حداکثر اندازه اسمی دانه درشت، میلیمتر
۱۰~۶	۹,۵
۹~۵	۱۲,۵
۸~۴	۱۹,۰
۳,۵~۶,۵	۲۵,۰
۶~۳	۳۷,۵
۵,۵~۲,۵	۵۰,۰
۴,۵~۱,۵	۷۵,۰

- به منظور تعیین رابطه بین نسبت آب به سیمان و مقاومت به **جدول ۷-۳** رجوع شود.

جدول ۷-۳: حداکثر نسبت w/c مجاز برای بتن هنگامیکه اطلاعات مربوط به مقاومت از پیمانه های آزمایشی یا تجربیات کارگاهی در دسترس نباشد.

مقاومت فشاری مقرر f'_c مگاپاسکال*	حداکثر مجاز نسبت مطلق وزنی w/c	
	بتن بدون حباب هوا	بتن با حباب هوا
۱۷,۵	۰,۶۷	۰,۵۴
۲۱,۰	۰,۵۸	۰,۴۶
۲۴,۵	۰,۵۱	۰,۴۰
۲۸,۰	۰,۴۴	۰,۳۵
۳۱,۵	۰,۳۸	-
۳۵,۰	-	-

* برای مقاومت ۲۸ روزه با اکثر مصالح نسبت های w/c نشان داده شده، مقاومت های میانگین بزرگتر از مقدار لازم را فراهم میسازند.

** برای مقاومت های بالاتر از ۳۱,۵ مگاپاسکال (بتن بدون حباب هوا) و ۲۸ مگاپاسکال (بتن با حباب هوا) تعیین نسبتها باید بر اساس روش پیمانه آزمایشی استوار باشد.

- بتنی که در معرض غلظتهای متوسط یا شدید سولفات قرار دارد برای تعیین حداکثر نسبت وزنی w/c به **جدول ۷-۴** رجوع شود.

جدول ۷-۴: مقررات بتن با دانه های معمولی در شرایط سولفاتی

شرایط سولفاتی	SO ₄ ، شرایط سولفاتی		حداکثر تری کلسیم آلومینات در سیمان*، درصد	حداکثر نسبت وزنی آب به سیمان
	در محلول، قسمت در میلیون	در خاک، درصد وزنی		
متوسط	۱۵۰ تا ۱۵۰۰	۰,۱ تا ۰,۲	۸	۰,۵
شدید	بیشتر ۱۵۰۰	بیشتر ۰,۲	۵	۰,۴۵

* حداکثر مقدار تری کلسیم آلومینات سیمان برای بتن در آب دریا ۸ درصد است.

- در صورتیکه به جای مقاومت فشاری مقاومت خمشی اساس طرح باشد (مثلاً در رویه ها و کفهای روی زمین) از رابطه تقریبی بین مقاومت فشاری و خمشی استفاده می شود ($MR = k\sqrt{f'_c}$)

(MR) = مقاومت خمشی (مدول گسیختگی) بر حسب MPa، بار گذاری در نقاط یک سوم

$K =$ یک مقدار ثابت معمولاً $0,7 < K < 0,8$

f'_c = مقاومت فشاری، بر حسب MPa

Design and Control of Concrete Mixtures

حداقل مواد سیمان :

- در مواردی که نظارت کار گاهی ، بازرسی و آزمایش پایین باشند مقرر نمودن یک مقدار حداقل سیمان توصیه می شود مطابق جدول ۵-۷

جدول ۵-۷ : مقررات حداقل سیمان برای بتن مصرفی در سطوح تخت

سیمان، kg/m^3	حداکثر اندازه دانه، mm
۲۸۰	۳۷,۵
۳۱۰	۲۵,۰
۳۲۰	۱۹,۰
۳۵۰	۱۲,۵
۳۶۰	۹,۵

دانه ها :

- دانه بندی از نظر توزیع اندازه دانه ها با استفاده از آنالیز الک تعیین می شود.
- عموماً اندازه دانه درشت نباید از مقادیر زیر تجاوز کند :
 - (۱) ۱/۵ کوچکترین بعد اعضاء
 - (۲) ۳/۴ فاصله ازاد میان میلگردها
 - (۳) ۱/۳ عمق دالها (برای دالهای ارمه نشده)
- هر چقدر اندازه حد اکثر دانه ها بزرگتر باشد مقدار آب لازم کمتر است بنابراین توصیه می شود که دانه درشت با بزرگترین اندازه حد اکثر عمل استفاده شود . این امر آب مورد لزوم را به حداقل رسانید ه و باعث می شود که مقدار سیمان نیز کاهش یابد .
- برای بتن با مقاومت فشاری بالاتر و اسلامپ 100 mm و مقدار سیمان متجاوز از 356 kg/m^3 بهترین اندازه حداکثر در حدود $3/4"$ (19 mm) است .
- مطلوبترین دانه بندی ماسه به نوع کار پر سیمان بودن مخلوط و اندازه دانه درشت بستگی دارد . برای مخلوطهای کم سیمان تر دانه بندی ریز (یعنی مدول نرمی کمتر) برای کارایی مطلوب است . برای مخلوطهای پر سیمان تر دانه بندی درشت (مدول نرمی بیشتر) از نقطه نظر اقتصادی بیشتر مصرف می شود .

حباب هوا :

- یک سیستم مناسب از هوا باید در تمامی بتن هایی که در معرض یخ زدن و آب شدن و نیز در معرض اثرات مواد شیمیایی یخ زدا قرار دارند مصرف می شود .
- حباب هوا برای همه رویه ها ی بتنی توصیه می شود .
- ایجاد حبابهای هوا با استفاده از سیمان پرتلند حباب زا یا مواد افزودنی حباب زا میسر می شود توصیه تولید کننده ماده افزودنی در بسیاری حالات مقدار حباب هوای مطلوب را ایجاد خواهد کرد .
- مقادیر کل حباب هوای توصیه شده برای بتن ها ی با حباب هوا در جدول ۶-۷ آمده است که بستگی به اندازه حداکثر دانه و شدت شرایط محیطی دارد .

جدول ۶-۷ : میانگین مقدار کل هوای توصیه شده ، درصد بر حسب شرایط محیطی

شرایط محیطی	اندازه حداکثر اسمی دانه ها					
	(۹,۵mm)	(۱۲,۵mm)	(۱۹mm)	(۲۵mm)	(۳۷,۵mm)	(۵۰mm)
ملایم	۴,۵	۴,۰	۳,۵	۳,۰	۲,۵	۲,۰
متوسط	۶,۰	۵,۵	۵,۰	۴,۵	۴,۰	۳,۵
شدید	۷,۵	۶,۰	۵,۵	۴,۵	۴,۰	۳,۵

- زمانیکه آب اختلاط ثابت نگهداشته شود ایجاد حبابهای هوا اسلامپ را افزایش می دهد.

Design and Control of Concrete Mixtures

- در بتن های کم سیمان اگر مقدار سیمان و اسلامپ ثابت نگهداشته شود ایجاد حباب هوا بدین معنی است که اب اختلاط کمتری مورد نیاز است. لذا مقاومت بتن مساوی یا تقریباً مساوی با مقاومت بتن بدون حباب هوا است و در صورت افزایش سیمان این حبابها باعث کاهش در مقاومت می شود.
- اسلامپ :

- سه ویژگی برای توصیف بتن تازه : کارایی ، روانی ، خمیری
- کارایی : میزان سهولت با دشواری بتن ریزی تراکم و پرداخت بتن در قالب است بدون اینکه جدایی زبان اور ناشی از عوامل : اندازه و شکل عضو ، اندازه و فاصله میلگردها ، حضور وسایل کار گذاشته شده ، ویبراتور .
- روانی : به قابلیت جاری شدن بتن تازه گفته می شود که برای اندازه گیری آن روش معمول اسلامپ بتن است .
- خمیری : خاصیتی از بتن تازه که سهولت در قالب ریزی را بیان می کند .
- معمولاً اسلامپ در مشخصات بتن ذکر می شود در غیر این صورت از مقادیر تقریبی جدول ۷-۷ استفاده می شود .

جدول ۷-۷: اسلامپ های توصیه شده برای انواع گوناگون سازه (برای ترکم بتن با ارتعاش مکانیکی)

سازه بتنی	اسلامپ، mm	
	حداقل	حداکثر *
شالوده ها و دیوار های آرمه شده پی	۳۰	۸۰
شالوده های آرمه نشده، شمعها، و دیوار های زیر سازه	۳۰	۸۰
تیر ها و دیوار های آرمه شده	۳۰	۱۰۰
ستونهای ساختمان	۳۰	۱۰۰
رویه ها و دالها	۳۰	۸۰
بتن حجیم	۳۰	۵۰

*. ارقام ممکن است برای تراکم با روشهای دستی از قبیل میله کوبی و بیلچه زنی به اندازه ۲۰ mm افزایش یابد.

تعیین نسبت به وسیله مخلوطهای آزمایشی :

- موارد زیر باید در ابتدا انتخاب شوند :
- (۱) مقاومت
- (۲) حداقل مقدار سیمان یا حداکثر نسبت w/c
- (۳) اندازه حداکثر دانه
- (۴) مقدار هوا
- (۵) اسلامپ مطلوب
- (۶) پیمانته های آزمایشی با تغییر مقادیر نسبی دانه های ریز و درشت ساخته می شوند .

اندازه گیر ها و محاسبات :

- وزن مخصوص : تعیین وزن مخصوص بتن تازه مطابق با روش استاندارد آزمایش برای وزن مخصوص بازدهی و مقدار هوا (اندازه گیری وزنی) برای بتن انجام می شود .
 - حجم مطلق : حجم مطلق بتن تازه برابر است با مجموع حجم مطلق سیمان ، حجم مطلق دانه های اشباع با سطح خشک حجم اب (منهای آنچه که در دانه است) و حجم هوا (عمدی و محبوس)
- (چگالی ماده × وزن مخصوص اب)/وزن ماده حجم مطلق یک ماده
- تذکر: چگالی دانه هایی که در محاسبات بکار می رود ، چگالی ظاهری دانه اشباع با سطح خشک است.

$3.15 = \text{چگالی سیمان پرتلند}$

$2.4 \sim 2.9 = \text{چگالی دانه های معمولی}$

$962.4 \text{ Lb/ft}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3 = \text{وزن مخصوص اب}$

$\text{مقدار هوا} \% \times \text{حجم واحد} = \text{حجم هوای بتن}$

تعیین حجم مطلق بتن در پیمانہ : دو روش :

(۱) اگر چگالی دانه ها و سی‌مان معلوم برای محاسبه حجم بتن کافی است .

(۲) اگر چگالی مجهول یا متغیر باشند .

وزن مخصوص بتن / کل وزن مصالح در مخلوط کل = حجم بتن

توجه : در بعضی حالات به هر دو روش محاسبات انجام می شود که یکی به عنوان کنترل دیگری به کار می رود

- رابطه میان حد اقل مقاومت فشاری مقرر در ۲۸ روز و میانگین مقاومت مورد نیاز را می توان با استفاده از اندازه گیری اماری تغییرات مقاومت در آزمایشهای متوالی استوانه های آزمایشی موسوم به انحراف معیار (۵) مقاومت فشاری حدس زد که به صورت MPa بیان می شود.

مقررات ایین نامه ساختمانهای بتن ارمه ACI بیان می دارد وقتیکه تولید کننده بتن آماده انحراف معیار را بر اساس حد اقل ۳۰ آزمایش متوالی مقاومت تعیین کرده باشد ، نسبتهای اختلاط بتن انتخابی باید مقاومت میانگینی مطابق جدول ۷-۸ تولید نماید .

جدول ۷-۸: مقاومت میانگین مورد نیاز

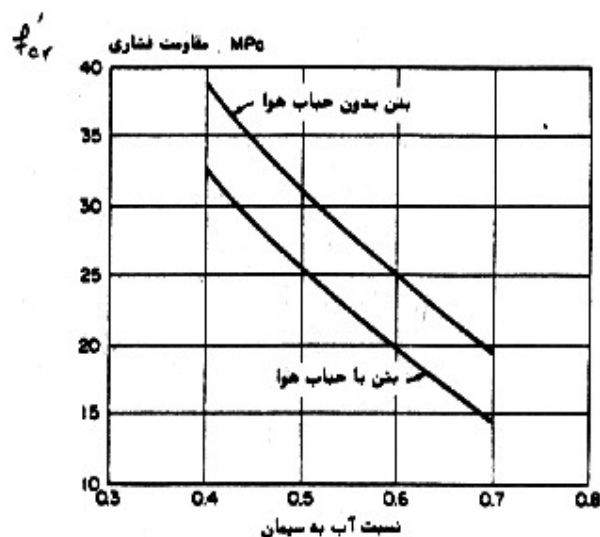
مقاومت میانگین مورد نیاز	انحراف معیار
$f'_c + 3 \text{ Mpa}$	کمتر از ۲ Mpa
$f'_c + 4 \text{ Mpa}$	۲-۳
$f'_c + 5 \text{ Mpa}$	۳-۳,۵
$f'_c + 6 \text{ Mpa}$	۳,۵-۴
$f'_c + 8 \text{ Mpa}$	بیشتر از ۴
$f'_c + 8 \text{ Mpa}$	مجهول

مثال:

دیوار حائل به ضخامت حداقل ۲۵۰ میلیمتر و پوشش بتن روی میلگردها ۵۰ میلیمتر در معرض آب شیرین قرار دارد (سیمان نوع ۱)
 $F'_c = 20 \text{ MPa}$

از جدول ۷-۱ (مقررات محیطی) $\frac{w}{c} = 0.5$

از شکل ۷-۲ منحنی رسم شده از تجارب $\frac{w}{c} = 0.52 \rightarrow f'_{cr} = f'_c + 4 = 24 \text{ MPa}$ جدول ۷-۸



شکل ۷-۲: نمونه‌ای از منحنی‌های مقاومت مخلوط آزمایشی

(لذا مقررات محیطی حاکم است) متناقض با $\frac{w}{c} = 0.5$

$$\frac{w}{c} = 0.5$$

۲.۶۸ = چگالی $\rightarrow$ حداقل اندازه دانه‌ها با سطح خشک در دسترس = ۳۷.۵ mm

از جدول ۷-۶ ۵.۵٪ = میانگین مقدار هوای توصیه شده

Min=30 اسلامپ

از جدول ۷-۷ Max=80

روش وزنی

$$W = 160 \text{ kg/m}^3 \text{ تقریبی}$$

$$C = 160 / 0.5 = 320 \text{ Kg/m}^3$$

از جدول ۷-۱۱

$$0.71 * 1600 = 1136 \text{ Kg} = \text{مقدار دانه درشت خشک} \rightarrow 2.8 = \text{با فرض مدول نرمی ماسه}$$

$$1600 \text{ Kg/m}^3 = \text{وزن خشک میله خورده دانه درشت}$$

$$2350 \text{ Kg/m}^3 = \text{اولین تخمین وزن بتن تازه}$$

از جدول ۷-۱۲

$$2350 - (160 + 320 + 1136) = 734 \text{ Kg} = \text{وزن تخمینی ماسه (خشک)}$$

در نهایت:

$$\text{آب} = 160 \text{ Kg}$$

Design and Control of Concrete Mixtures

سیمان $C=320\text{Kg}$

وزن بتن $\approx 48\% = 1136\text{Kg}$ = دانه درشت (خشک)

وزن بتن $\approx 31\% = 734\text{Kg}$ = دانه ریز (خشک)

در عمل دانه ها مقداری رطوبت دارند لذا وزن پیمانها ها ی خشک دانه ها باید افزایش واب اختلاط اضافه شده به پیمانها باید کاهش یابد .

از مایشها نشان می دهند که مقدار رطوبت دانه درشت 2% و دانه ریز 6% می باشد .

$G = 1136 \times 1.02 = 1156\text{Kg}$ دانه درشت (با 2% رطوبت)

$S = 734 \times 1.06 = 778\text{Kg}$ دانه ریز (با 6% رطوبت)

اب جذب شده به عنوان بخشی از اب اختلاط محسوب نمی شود و باید از محاسبات مربوط به تنظیم اب ، اب

اختلاط حذف شود (جذب اب توسط دانه درشت $5,0\%$ و جذب اب توسط دانه ریز $7,0\%$)

$1.5\% = 2\% - 0.5\%$ = رطوبت سطحی دانه درشت

$5.3\% = 6\% - 0.7\%$ = رطوبت سطحی دانه ریز

$W = 160 - 1136 \times 0.015 - 734 \times 0.053 = 104\text{Kg}$ اب لازم

$C = 320\text{Kg}$

فصل ۸

بیمانه کردن، اختلاط، و انتقال بتن

بیمانه کردن :

- بطور کلی مشخصات لازم می دارند که مصالح در بیمانه های جداگانه با درصد دقتهای زیر اندازه گیری شوند :
- سیمان ۱% ، دانه ها ۲% ، آب ۱% ، مواد افزودنی ۲%
- مواد افزودنی حباب زا کلرور کلسیم و سایر مواد افزودنی شیمیایی باید به صورت مایع به مخلوط تغذیه شوند و این مایع باید به عنوان بخشی از آب اختلاط در نظر گرفته شود .

اختلاط بتن :

- اختلاط ساکن این مخلوط کنها : در اندازه های ۰,۰۶ تا ۹ متر مکعب موجودند و ممکن است از نوع کج شونده یا غیر کج شونده بوده یا از نوع تیغ دار گردنده روباز یا پره دار باشند . بسیاری از آنها دارای دستگاههای زمان سنج اند .
- معمولاً مشخصات برای مخلوط کنهای ساکن تا ظرفیت $1m^3$ حداقل ۱ دقیقه اختلاط را لازم می دارند و برای هر متر مکعب اضافه ظرفیت و یا خردهای از آن این زمان را ۱۵ ثانیه افزایش می دهند .
- مدت زمان اختلاط باید از زمانی اندازه گیری شود که تمام سیمان و دانه ها در دیگ مخلوط کن قرار داده می شوند . به شرطی که تمام آب قبل از پایان ۱/۴ مدت زمان اختلاط اضافه شود .
- در شرایط معمولی تا حدود ۱۰% آب اختلاط باید پیش از افزودن مصالح جامد در دیگ مخلوط کن ریخته شود سپس آب باید بطور یکنواخت همراه با مصالح جامد اضافه شود بطوریکه حدوداً ۱۰% آب نگهداشته شود که پس از قرار گرفتن تمامی مصالح جامد در دیگ مخلوط کن بعداً بدان افزوده شود .
- در هوای سرد هنگامی که از آب گرم شده استفاده می شود برای جلوگیری از سفت شدن احتمالی افزودن سیمان باید تا زمانی که بیشتر دانه ها و آب در دیگ مخلوط کن به هم آمیخته شوند به تعویق افتد .
- اگر ماده افزودنی کند گیر کننده به کار رود همیشه باید با ترتیب و توالی یکسان در سیکل تغذیه مواد اضافه شود . افزودن ماده کند گیر کننده قبل از پایان ۱ دقیقه پس از اتمام اضافه کردن آب به سیمان یا پیش از شروع ۳/۴ پایانی سیکل اختلاط هر کدام زودتر رخ دهد باید انجام پذیرد

بتن آماده:

- به یکی از روشهای زیر اختلاط می شود :

- (۱) اختلاط بطور کامل در یک مخلوط کن ساکن بعد حمل توسط تراک میکسر یا یک کامیون غیر به هم زننده
- (۲) اختلاط به صورت نیمه یعنی تا حدودی در مخلوط کن ساکن مخلوط شده و در یک کامیون مخلوط کامل می شود
- (۳) اختلاط بطور کامل در یک کامیون مخلوط کن ← در فاصله ۱,۵ ساعت (قبل از ۳۰۰ بار دوران) تحویل و تخلیه باید صورت گیرد . سرعت به هم زندگی معمولاً حدود ۲ تا ۶ دور در دقیقه بوده در حالیکه سرعت اختلاط عموماً ۶ تا ۸ دور در دقیقه است .
- (۴) مخلوط کنها با بیمانه سنج متحرک

اختلاط مجدد بتن :

- بتن تازه که در حال بهم زدن در دیگ مخلوط کن باقی بماند پیش از آنکه سیمان در مرحله گیرش اولیه خود هیدراته شود تمایل به سفت شدن دارد با یک نظارت دقیق ممکن است مقدار کمی آب برای اختلاط مجدد بتن به مخلوط اضافه شود به شرطی که :

- (۱) w/c از حد اکثر مجاز تجاوز نکند .
- (۲) اسلایپ از حداکثر مجاز تجاوز نکند .
- (۳) مدت زمان اختلاط از حداکثر مجاز تجاوز نکند .
- (۴) بتن اقلای مدت نصف حداقل زمان اختلاط لازم یا به اندازه نصف تعداد دوره ها دوباره مخلوط شود

- بتنی که مجاور یا روی بتن دوباره مخلوط شده ریخته شود ممکن است به اتصال سرد انجامد .

بتن ریزی و پرداخت

- تدارکات پیش از بتن ریزی :
 - (۱) متراکم کردن
 - (۲) درست شکل دادن
 - (۳) مرطوب نمودن سطح زمین
 - (۴) بستن قالبها و قرار دادن آرماتورها
 - مرطوب نمودن سطح زمین بویژه در هوای گرم حائز اهمیت است زیرا سطح زمین خشک آب بتن را جذب می کند .
 - در هوای سرد سطح زمین نباید یخ زده باشد .
 - در جاهایی که بتن روی سطح سنگی ریخته می شود سطح باید از تمام مواد شل پاک سازی شود و سطوح بریده شده باید تقریباً عمودی یا افقی باشند و نه شیبدار .
 - قالبهای چوبی باید قبل از بتن ریزی مرطوب شوند در غیر اینصورت آب را جذب نموده و متورم می شوند .
 - برای سهولت در برداشتن قالبها باید آنها را با یک ماده رها ساز مانند روغن یا لاک یا نوعی محلول چربی استیرات آغشته کرد تا از لکه دار شدن سطح نیز جلوگیری به عمل آید .
- ریختن بتن :
- بتن نباید در انباشته های جدا از هم ریخته شود و سپس با هم تراز شوند همچنین نباید در انباشته های بزرگ ریخته شود و سپس به طور افقی به محل نهایی انتقال یابد چون موجب جدایی ملات از مصالح درشت دانه می شود .
 - عموماً بتن باید در لایه های افقی با ضخامت یکنواخت ریخته شود و هر لایه باید قبل ریختن لایه بعدی به طور کامل تراکم یابد .
 - برای اعضای آرمه شده ضخامت لایه ها باید ۱۵ تا ۵۰ سانتی مترو برای کارهای حجیم ۴۰ تا ۵۰ سانتی متر باشد .
 - در بتن ریزی دیوارهای جناحی شیبدار یا در زیر باز شوهای دیوار لازم است که بتن به طور افقی در درون قالبها حرکت داده شود اما این مسافت افقی باید در یک مقدار حداقل نگهداشته شود تا بتنی مرغوب و یکنواخت بدست آید .
 - در اجرای دالها بتن ریزی باید در امتداد پیرامون در یک انتهای دال آغاز شود و هر پیمانه روی بتن ریخته شده قبلی تخلیه شود .
 - پیمانه های نخستین در هر مرحله بتن ریزی در دیوارها ، تیرها ، وتیرهای اصلی باید در دو انتهای عضو ریخته شوند و سپس بتن ریزیهای بعدی به سوی قسمت مرکزی پیش روند .
 - در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتهاها در گوشه ها و در امتداد صور قالبها جلوگیری شود .
 - ارتفاع سقوط آزاد بتن ریزی نیازی به محدود شدن ندارد مگر این که جدایی درشت دانه ها رخ دهد که در آن صورت ممکن است حدی از ۰٫۹ تا ۱٫۲ متر کافی باشد .
 - هنگامیکه بتن در قالبهای بلند با میزانی نسبتاً تند ریخته می شود بویژه اگر از بتن بدون حباب هوا استفاده شود احتمال دارد که مقداری آب انداختن در سطح فوقانی صورت گیرد با استفاده بتن با روانی سفت تر و با بتن ریزی آهسته تر می توان آب انداختن را کاهش داد در صورت امکان بتن باید تا تراز تقریباً برابر ۳۰ cm پایین تر از بالای قالبهای بلند ریخته شود و سپس حدود یک ساعت وقت داده شود تا بتن خود را بگیرد . و قبل از سخت شدن سطح بتن بتن ریزی از سر گرفته شود تا از ایجاد اتصالات سرد جلوگیری به عمل آید .
 - طریقه دیگر برای کنترل مقدار آب انداختن اینست که عملیات ریختن بتن به بالای لایه مر بوط به همان مرحله بتن ریزی نزدیک می شود مقدار درشت دانه در مخلوط افزایش یابد .
 - به منظور جلوگیری از ترکهای ناشی از نشست برای بتن ستونها و دیوارها باید اجازه داد تا قبل از آنکه بتن ریزی تیرها ، تیرهای اصلی یا دال هایی که به آنها متصل می شوند انجام پذیرد . به مدت حداقل ۲ ساعت و ترجیحاً یک شب مکث شود .
- ماهچه ها و سر ستونها به عنوان قسمتی از کف یا بام محسوب می شوند و باید به طور یکپارچه با آنها ریخته شوند .

متراکم کردن بتن:

- متراکم کردن عبارتست از فرایند نزدیک ساختن ذرات جامد در بتن تازه و نیز هوای محبوس اتفاقی بتن از بین برود.
- تراکم به دو روش صورت می پذیرد: دستی یا مکانیکی
- روش دستی: بوسیله کوبیدن بتن با یک میله فولادی- مناسب برای مخلوطهای خمیری و روان
- روش مکانیکی: ارتعاش دهندها (ویبراتورها) کوبندهای موتوری که برای متراکم کردن مخلوطهای خیلی سفت در واحدهای پیش ساخته بکار میروند گریز از مرکزی که برای متراکم کردن بتن های با اسلامپ متوسط یا زیاد در ساخت لوله ها و دیرک ها و شمعها بکار میروند.
- میزهای سقوط یا شوک که برای متراکم کردن بتن با اسلامپ پایین در تولید واحدهای پیش ساخته نما بکار می روند.
- با عملیاتی شبیه بیل زنی می توان ظاهر سطوح بتنی قالب گیری شده را بهتر کرد یک وسیله بیل مانند سطوح باید مکرر به درون بتن و در مجاورت قالب فرو رفته و بیرون آورده شود این عمل درشت دانه های بزرگتر را وادار می سازد تا قالب رانده و حبابهای هوای محبوس را در حرکت خود به سطح بالایی یاری دهد.

ارتعاش داخلی:

- ویبراتور های داخلی یا غوطه وری که غالباً ویبراتوری های بیلچه ای یا میله ای نامیده می شوند به طور متداول در متراکم کردن بتن در دیوارها، ستونها، تیرها و دالها مورد استفاده قرار می گیرد ویبراتور های با بدنه انعطاف پذیر از یک سر مرتعش کننده که به یک موتور محرک توسط یک میله انعطاف پذیر اتصال دارد تشکیل شده اند.
- در مواقعی که ممکن باشد ویبراتور باید به طور عمودی به درون بتن در فواصل منظم پایین آورده شود و به ویبراتور اجازه داد تا تحت تاثیر وزن خود نزول کند.
- در دالهای نازک در صورت لزوم ویبراتور باید در یک زاویه یا به طور افقی فرود شود تا سر آن کاملاً در درون بتن قرار گیرد.
- فاصله بین نقاطی که ویبراتور در بتن فرود می رود باید حدوداً $1\frac{1}{2}$ برابر شعاع عمل باشد به طور یک سطحی که به طور نمایان تحت تاثیر ویبراتور قرار می گیرد با سطح مجاور مرتعش شده قبلی به اندازه چندین میلی متر مشترک باشد.
- ویبراتور باید به مدت $10 \sim 5$ sec ساکن نگه داشته شود تا تراکم کافی به دست آید سپس به طور آرام خارج شود.
- بتن باید به طرف سوراخی که توسط ویبراتور بر جای مانده است حرکت کرده و آن را پر سازد. چنانچه سوراخ پر نشود فرو کردن مجدد ویبراتور در نقطه های نزدیک به آن مسئله را حل کرد.
- کفایت ارتعاش داخلی از روی تجربه و از روی تغییراتی که در ظاهر سطح هر لایه پدید می آید مورد قضاوت قرار می گیرد تغییراتی که باید بر آنها توجه داشت عبارتند از:
 - به درون فرو رفتن دانه های درشت، تراز شدن سطح فوقانی، ظاهر شدن غشاء نازکی از خمیر درخشان، متوقف شدن فرار حبابهای بزرگ هوای محبوس به سوی سطح
- مدت زمانی که یک ویبراتور در بتن می تواند نگه داشته شود بستگی به اسلامپ بتن، قدرت ویبراتور و ماهیت مقطع مورد تراکم دارد.
- ویبراتورها نباید برای حرکت دادن افقی بتن بکار گرفته شود زیرا این کار سبب جدایی می شود.
- ارتعاش مجدد بتن قبلاً متراکم شده می تواند به طور عمدی یا غیر عمدی هنگامی رخ دهد که لایه پایین مقداری سخت شده است. ارتعاش مجدد برای بهبود چسبندگی میان بتن و آرماتورها، آزاد کردن آب محبوس در زیر میلگردهای افقی، و از بین بردن مقدار بیشتر هوای محبوس مورد استفاده قرار می گیرد. به طور کلی اگر بتن با ارتعاش مجدد به حالت خمیری در آید این حالت نه تنها مضر نخواهد بود بلکه ممکن است سودمند واقع شود.

ارتعاش خارجی:

- ویبراتورهای خارجی به صورتهای زیر می باشد:

- (۱) ویبراتورهای قالب
- (۲) میزهای ویبره
- (۳) ویبراتورهای سطحی مانند شمشیرهای ارتعاش دهنده

- ۴) ویبراتور های صفحه ای
- ۵) شمشه های غلتان ارتعاشی
- ۶) ماله آهنی یا تخته ماله ارتعاشی

ویبراتور های قالب :

- ویبراتور های قالب به طور محکم به بیرون قالبها وصل می شوند و در موارد زیر مفید واقع می شوند :
- ۱) برای متر اکم ساختن بتن در اعضایی که بسیار نازک هستند یا ازدحام آرماتور در آنها زیاد است .
- ۲) به عنوان مکمل ویبراتور های داخلی مورد استفاده قرار می گیرند .
- ۳) برای مخلوطهای سفت که امکان استفاده از ویبراتور های داخلی در آنها میسر نیست .
- اتصال مستقیم یک ویبراتور قالب ، بر قالب عموماً رضایت بخش نیست بلکه باید به یک صفحه فولادی وصل شود که خود نیز متصل به تیر های فولادی I یا ناودانی باشد که اینها هم بطور پیوسته در فواصل معین از میان بست های قالب عبور کند .
- زمان ارتعاش برای ویبراتور های خارجی به طور قابل ملاحظه ای طولانی تر از زمان لازم برای ویبراتور های داخلی بوده عموماً بین ۱ تا ۲ دقیقه است .
- ویبراتور های قالب نباید بیش از ۷۵۰ میلیمتر بالای قالبها ی عمودی اعمال شوند .
- در مقاطع پر آرمه ای که نتوان ویبراتور داخلی را در آنها فرو برد گاهی اوقات اتصال یک ویبراتور قالب به قسمتهای خارج شده میلگرد از بتن ، و در نتیجه مرتعش ساختن آرماتور ها عمل تراکم را یاری می دهد .

میز های ویبره :

- میز های ویبره بیشتر در کار گاهای پیش ساخته مورد استفاده قرار می گیرند، آنها باید مجهز به دستگاههای کنترل باشند افزایش فرکانس و کاهش دامنه همچنان که عمل ارتعاش پیشرفت می کند سبب بهبود تراکم می شود .

ویبراتور های سطحی :

- ویبراتور های سطحی مانند شمشه های ارتعاش دهنده برای تراکم بتن در کفها و سایر کار های بتنی تخت مورد استفاده قرار می گیرد .
- شمشه های ارتعاش دهنده کنترل مثبتي را در عملیات تر از کردن سطح بتن در قالب ارائه می دهند .
- این وسیله نباید برای بتن های با اسلامپ بیش از ۷۵ میلیمتر بکار رود .
- ارتعاش سطحی دالهای بتنی کمترین تاثیرات را در امتداد کناره های دال بر جای می نهد لذا باید از یک ویبراتور میله ای در امتداد قالبهای کناری اندکی پیش از اعمال شمشه ارتعاش دهنده استفاده شود .

شمشه های غلتان ارتعاشی :

- برای متر اکم ساختن دالهای به ضخامت تا ۱۵۰ میلیمتر توصیه میشود به شرطی که این گونه دالها آرمه نشده باشند یا به مقدار کمی آرمه شده باشند .

* دالهای آرمه نشده به ضخامت ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلیمتر را می توان به وسیله ویبراتور های داخلی یا شمشه های ارتعاش دهنده متر اکم ساخت . ارتعاش داخلی برای تمامی دالهای به ضخامت بیش از ۲۰۰ میلیمتر و هر دالی با ضخامت کمتر که دارای آرماتور ، لوله توصیه می شود .

درز های اجرایی :

- درز های اجرایی هنگامی ایجاد می شوند که بتن خمیری تازه در مجاورت با بتن سخت شده موجود قرار می گیرد و چسبندگی و آب بندی بسیار خوبی بین دو بتن ریزی مورد نیاز است .
- کیفیت یک درز بستگی به دو عامل دارد :

۱) کیفیت بتن

۲) آماده سازی سطح سخت شده

* در حالت کلی غالباً بتن نزدیک به سطح بالایی دارای کیفیت پایینی نسبت به بتن زیرین دارد (علت نشست ذرات و آب انداختن)

آماده سازی بتن سخت شده :

- هنگامیکه بتن تازه بر روی بتن سخت شده ریخته می شود برای بدست آوردن یک درز آب بند و با چسبندگی خوب باید احتیاطات خاصی مبذول شود . بتن سخت شده باید : تمیز ، مرطوب ، نسبتاً هم تراز ، و تا حدودی زیر بوده و مقداری از مصالح درشت دانه پدیدار باشد . برای زیر کردن سطح می توان از قلم چکش ، فوران آب یا ماسه پاشی استفاده کرد . (و یا استفاده از برس های سفت صورت کم بودن سن بتن)
- در اجرای برخی از سازه ها مانند سد ، سطح بتن باید جریان سریع هوا و آب بریده شود تا پیش از آنکه گیرش نهایی در بتن رخ دهد ، سطح تمیزی از یک بتن خوب پدید آید .
- بعد از تمیز کردن کامل سطح بالایی دال زیرین روکشی از دو غاب و در فاصله کمی پیشاپیش لایه بالایی ، به طور محکم به سطح دال مالیده می شود .
- مضرس کردن سطح با ابزار بادی یا سایر تجهیزات مکانیکی ، روشهای رضایت بخشی برای عرضه یک بتن خوب بشمار می آید .
- در اجرای دیوار های بتنی ، با استفاده از پر کردن قالبها به اندازه ۲۵ تا ۵۰ mm بیش از مقدار معین و با برداشتن بتن اضافی درست پیش از عمل گیرش ، نتایج خوبی برای درز های اجرایی افقی عاید می شود .

پیوند بتن تازه به بتن سخت شده :

- در مقاطع دیوار ها که بتن ریزی روی بتن سخت شده انجام می پذیرد ، توصیه می شود لایه ای از ملات روی سطح سخت شده ریخته شود تا با لشتکی را فراهم آورد که بتن جدید بتواند روی آن قرار گیرد ملات باید دارای اسلامپی کمتر از ۱۵۰ mm بوده و از همان مصالح بتن مورد نظر ساخته شود (اما فاقد درشت دانه) ضخامت ملات حدود ۱۲ mm باید باشد .

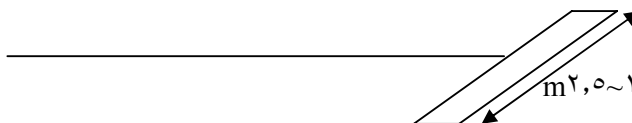
بتن ریزی در زیر آب :

- اسلامپ نباید کمتر از ۱۲۵ mm باشد
 - مقدار سیمان $\leq 350 \text{ kg/m}^3$ و مقدار سیمان مصرفی باید حدود ۱۵٪ ~ ۱۰٪ بیش از مقدار لازم برای مخلوط مشابه ریخته شده در هوای خشک باشد .
 - روشهای مورد استفاده شامل موارد زیرند :
- (۱) نرمی ← لوله مستقیم صاف که طول آن به کافی بلند است
 - (۲) پمپ بتن
 - (۳) باکت های تخلیه شونده از پایین
 - (۴) تزریق دو غاب به فضاهای خالی بین دانه های از پیش چیده شده ← برای بتن ریزی در آب جاری
 - (۵) کیسه های زود گشا ← به شکل سوسیس اند که با بتن پر شده اند
 - (۶) کیسه های شن که تا نصف پر از بتن خمیری اند ← برای کارهای موقتی و کوچک

پرداخت دالهای بتنی :

- بتن پیش از عملیات تراز کردن نباید در سطح خیلی وسیعی پخش و پهن شود و نیز پیش از عملیات T کشی یا شمشه کشی نباید سطح وسیعی از بتن تراز شود .
 - سطح زمینی که بر روی آن دال ریخته می شود باید به خوبی زهکشی شده باشد ، دارای ظرفیت باربری یکنواختی بوده و عاری از یخ زدگی باشد .
 - پیش از بتن ریزی سطح مورد نظر باید با آب مرطوب شود اما هنگامی که بتن ریزی آغاز می شود باید عاری از نقاط تر ، نرم یا گل آلوده باشد .
- (۱) تراز کردن (شمشه کشیدن) : عبارتند از عمل زودودن بتن اضافی از سطح روئین جهت رسیدن به تراز مناسب

- وسیله ای که در روش دستی مورد استفاده قرار می گیرد . یک قطعه چوب یا فلز صلب است که لبه پایینی آن بسته به نوع سطح مقرر ممکن است به صورت یا دارای انحنا باشد .
 - شمشه های لبه صاف مجهز به ویراتور عملیات تراز کردن را کاهش داده و بتن را متراکم می کنند
- (۲) T کشی یا شمشه کشی : برای از بین بردن نقاط پست و بلند سطحی و نیز برای فرو کردن دانه های درشت به درون بتن ، باید از T یا شمشه ، بلافاصله پس از عملیات تراز کردن ، بهره جست .



- T کشی در مراحل اولیه عملیات سطح بتن ، پیش از تخته مالی و عملیات پرداخت نهایی سطح مورد استفاده قرار می گیرد .
- برای بتن معمولی ، این ابزار ترجیحا باید از چوب ساخته شوند .
- برای با حباب هوا ، ابزار مزبور ممکن است آلیاژهای آلومینیم یا منیزیم باشند .
- عملیات T کشی پیش از آنکه هر گونه آب اضافی ناشی از آب انداختن روی سطح جمع شود باید پایان پذیرد .
- نباید بیش از اندازه با بتن کار کرد چرا که سطوح کم دوامی را به وجود می آورد .
- پس از T ، یک یا چند عدد از عملیات زیر انجام می گیرد: لبه کشی ، درز کشی ، تخته مالی ، ماله کش و جارو کشی پیش از آغاز هر یک از عملیات مزبور ، بتن باید به مقدار کمی سخت شده باشد.(درخشندگی ناشی از آب انداختن از میان برود)

- (۳) لبه کشی و درز کشی : لبه کشی در امتداد تمامی درزهای جدا کننده و اجرایی در کفها و دال های بیرونی ، مانند پیاده روها ، ماشین روها ، ایوانها مورد نیاز است
- لبه کشی ، دال بتنی مجاور قالب را متراکم می سازد که موجب دوام بیشتر شده و آسیب پذیری آن از نظر پوسته شدگی و خرد شدگی کمتر می شود .
 - در عملیات لبه کشی ، بتن باید به گودی ۲۵ mm باید ماله بنایی سه گوش باید ماله بند کشی از قالبها بریده شود . سپس یک لبه کش باید به طور تخت روی سطح قرار داده شود ، در حالیکه انتهای جلویی ، برای جلوگیری از فرو رفتن به سطح ، قدری بالا نگهداشته شده حرکت داده شود .
 - دال ، درست پس از یا در حین عملیات لبه کشی ، باید درز کشی شود .
 - روشهای اجرایی درز کشی مناسب می تواند باعث از بین بردن ترک های تصادفی بد منظره شود.
 - درزهای کنترل با استفاده از یک شیار کش دستی ، اره برقی ، یا با کار گذاری نوارهایی از پلاستیک ، چوب ، فلز یا درزگیرهای پیش ساخته در درون بتن خمیری ساخته می شوند.

(۴) تخته مالی :

- پس از عملیات لبه کشی و درز کشی ، سطح بتن باید یا به روش دستی با استفاده از ماله های تخته ای یا فلزی ، یا به روش ماشینی با استفاده از ماله های برقی صاف شود .
- اهداف چهار گانه تخته مالی به شرح زیر است :

- ۱) فرو کردن دانه های اندکی بر سطح بتن
- ۲) از بین بردن تخلخل سطحی ، بر جستگیها و عیوب و نواقص جزئی
- ۳) متراکم کردن ملات در سطح برای مهیا سازی عملیات پرداخت بعدی
- ۴) باز نگهداشتن سطح جهت امکان خروج رطوبت اضافی

(۵) ماله کشی :

- هنگامیکه یک سطح صاف ، سخت و متراکم مورد نظر باشد ، پس از تخته مالی باید از ماله کشی فلزی استفاده شود .
- تخته مالی و ماله کشی زود هنگام می تواند موجب پوسته شدگی موضعی ، ترک خوردگی سطحی ، یا پودر شدگی مصالح سطحی شود و نیز سطحی را ارائه می دهد که مقاومت سایشی آن کاهش یافته است .
- پخش کردن سیمان خشک بر روی یک سطح جهت جذب آب اضافی روش اجرایی بدی است و می تواند موجب ترک خوردگی سطحی شود در صورت امکان بوسیله تنظیم دانه بندی مصالح سنگی ، نسبتهای مخلوط و روانی باید از ایجاد اینگونه مناطق تر جلوگیری به عمل آورد . بااین حال اگر مناطق که بوجود آیند ، عملیات پرداخت باید به تعویق افتد تا در نهایت آب تبخیر شده یا توسط یک پا روی لبه لاستیکی برداشته شود .
- بین ماله کشیهای متوالی باید مدتی بگذرد تا بتن بتواند سخت تر شود .

(۶) جارو کشی

- پیش از آنکه بتن کاملاً سخت شود ، یک سطح مقاوم در برابر لغزش را می توان از طریق جارو کشی تولید کرد . (پس از عملیات تخته مالی)
- خطوط درشت زمخت را با استفاده از ابزارهای زیر می توان به دست آورد :
- (۱) شن کش (۲) جاروی سیمی (۳) جاروی پلاستیکی با رشته های سفت و درشت
- دال ها معمولاً در جهت عمود بر محور اصلی عبور مرور جارو کشی می شوند .

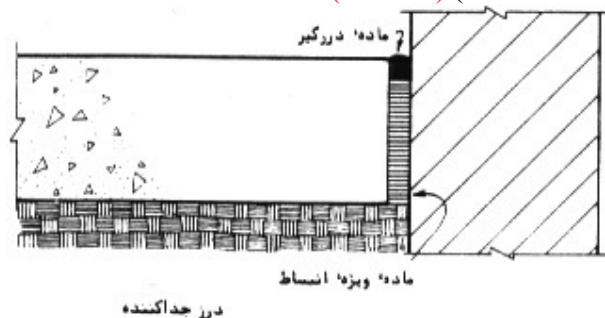
(۷) نقشها و بافتهای سطحی (تولید پرداختهای تزئینی)

- نقشها را درست پیش از سخت شدن بتن می توان با استفاده از ابزارهای زیر ایجاد کرد :
- (۱) نوارهای تقسیم کننده (۲) بریدگی (۳) مهر زنی سطح
- بافتهای سطحی را با کوشش و هزینه کمی می توان توسط تخته ماله ، ماله ، جارو تولید کرد .
- بافتهای پر کارتر را توسط روشهای ویژه با استفاده از اندود ماسه و سیمان یا پودر سنگ می توان بدست آورد .
- پرداخت بتن با دانه های نما نمایان ، سطح نا هموار جالب توجهی را پدید می آورد . دانه های دست چین شده ، معمولاً دارای اندازه های یکنواخت مثلاً " ۳/۸ تا ۱/۲ " (۱۰ ~ ۱۲ میلیمتر) یا بزرگتر ، بلافاصله پس از T کشی یا شمشه کشی دال باید بطور یکنواخت روی سطح پخش شوند . از دانه های پولکی یا دراز نباید استفاده کرد زیرا هنگام نما سازی ممکن است از جای خود کنده شوند .

درز سازی در کفها و دیوارها :

- سه نوع درز متداول :

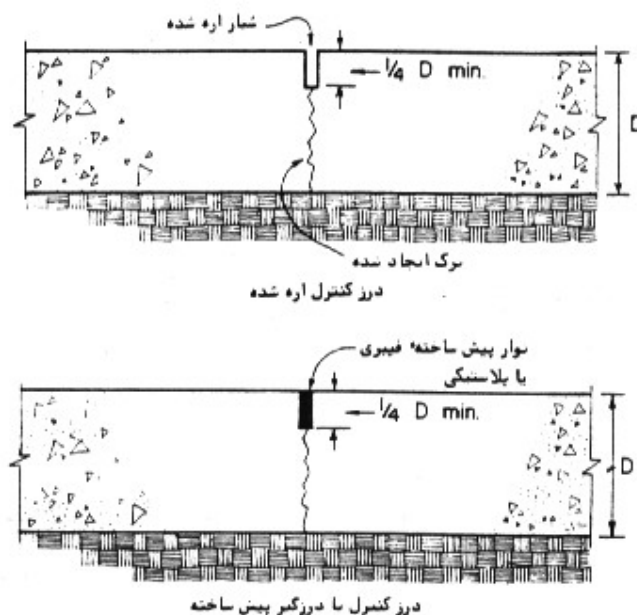
(۱) درزهای جدا کننده (درزهای انبساط) (شکل ۹-۹)



شکل ۹-۹: درزهای جداکننده حرکتی افقی و قائم میان صورتهای انتهایی دال و قسمتهای ثابت ساختمان را میسازد.

حرکتیهای افقی و قائم میان صورتهای انتهایی دال و قسمتهای ثابت ساختمان را میسر می سازد .

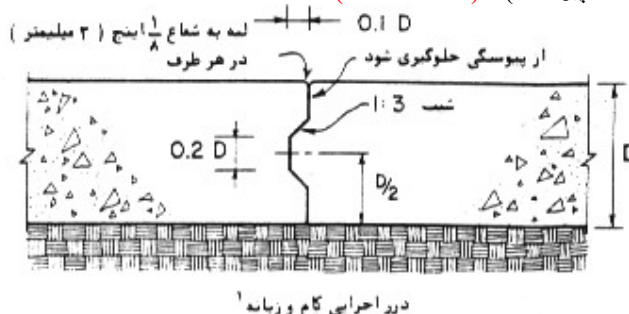
(۲) درزهای کنترل (درزهای انقباض یا شیار دار) : (شکل ۹-۱۰)



شکل ۹-۱۰: درزهای کنترل حرکت افقی یک دال یا دیوار را در صفحه خود امکان پذیر می سازند و موجب پدید آمدن ترکهای آبرفتگی ناشی از خشک شدن در محل های از پیش تعیین شده می شوند.

حرکت نسبی یک دال یا دیوار را در صفحه خود امکان پذیر می سازد و موجب پدید آمدن ترک های آبرفتگی ناشی از خشک شدن در محل های از پیش تعیین شده می شوند. در صورت عدم استفاده از این درزها ترکهای تصادفی بوجود خواهند آمد.

(۳) درزهای اجرایی (درزهای پیوندی) : (شکل ۹-۱۱)



شکل ۹-۱۱: درزهای اجرایی نقاط پایانی در مراحل ساخت به شمار می آیند.

- صرفا نقاط پایانی در مراحل ساخت بشمار می آیند.
- یک درز اجرایی خوب باید بتن جدید را به بتن موجود بچسباند و از حرکت افقی یا عمودی جلوگیری بکند.
- در بیشتر سازه ها، درزهایی مورد نظرند که از زیبایی ظاهری نكاهند.
- در دیوارها، درزهای اجرایی افقی مستقیم را با میخ زدن یک قطعه نوار چوبی ۱ اینچی (۲۵ mm) به سطح درونی قالب، نزدیک به بالای آن، می توان ساخت. سپس بتن باید به تراز ۱/۲ حدود (۱۳ mm) بالاتر از سطح پائینی نوار چوبی ریخته شود. بعد از استقرار بتن و قبل از سخت شدن آن، هر گونه شیره سیمانی که روی سطح بالایی جمع شده است، باید پاک شود.

Design and Control of Concrete Mixtures

نوار چوبی را سپس می توان برداشت و نامنظمیهای درز را هموار ساخت . قالبها برداشته می شوند و سپس برای بتن ریزی مرحله بعدی در بالای درز اجرایی بار دیگر بسته می شوند روش دیگر ، استفاده از یک نوار شیار ساز است که برای ایجاد شیار در بتن به دلایل معماری می توان بکار برد . نوارهای شیار ساز ممکن است ۷ شکل ، مستطیلی ، یا کمی مورب باشند .

- فواصل درزهای کنترل در کفهای روی زمین بستگی دارد به :

- (۱) ضخامت دال
- (۲) استعداد آب گرفتگی بتن
- (۳) شرایط محیط عمل آوردن

- فواصل پیشنهادی برای درزهای کنترل در جدول ۹-۱ مشاهده می شود .

جدول ۹-۱: فواصل پیشنهادی برای درزهای کنترل*

ضخامت دال mm	اسلامپ ۱۰۰ mm یا بیشتر		اسلامپ کمتر از ۱۰۰ mm فاصله بر حسب متر
	دانه کوچکتر از ۱۹ mm :	دانه بزرگتر یا مساوی ۱۹ mm :	
۱۰۰	۲,۴	۳,۰	۳,۶
۱۲۵	۳,۰	۳,۸	۴,۵
۱۵۰	۳,۶	۴,۵	۵,۴
۱۷۵	۴,۲	۵,۳	۶,۳
۲۰۰	۴,۸	۶,۰	۷,۲
۲۲۵	۵,۴	۶,۸	۸,۱
۲۵۰	۶,۰	۷,۵	۹,۰

*. فواصل داده شده شامل فاصله درزهای جداکننده افقی با درزهای اجرایی افقی از درزهای کنترل نیز میشود.

- پانلهای به دست آمده باید تقریباً مربعی باشند . پانلهایی که نسبت طول به عرض آنها زیاد باشد (بیشتر از $1\frac{1}{2}$ به ۱) ، احتمالاً ترک بر می دارند .
- ایجاد یک بریدگی ممتد در بالای دال به کمک یک اهر برقی ، یکی از اقتصادی ترین روشها برای اجرای درزهای کنترل به شمار می آید . اهر کردن دال باید بلافاصله پس از سخت شدن بتن ، به اندازه ای که از کنده شدن دانه ها به وسیله اهر جلوگیری کند ، باید آغاز و پیش از آنکه تنشهای آبرفتگی حین خشک شدن به اندازه ای زیاد شود که ایجاد ترک کند ، باید پایان پذیرد .
- درزهای کنترل را می توان با استفاده از شیار کشهای دستی را با قرار دادن نوارهایی از چوب ، فلز یا درز گیرهای پیش ساخته در محل درز ، درون بتن تازه ایجاد کرد لبه بالایی نوارها باید با سطح بتن هم تراز باشد .
- حد اقل عمق درزهای کنترل $1/4$ ضخامت دال می باشد
- در دیوارهای کم آرمه نیمی از میلگردهای فولادی باید در محل درز به طور یک در میان قطع شوند.
- درز های کنترل در دیوارها نباید بیشتر از ۶ m از یکدیگر فاصله داشته باشند .
- در مناطقی که تغییر ناگهانی در ضخامت یا ارتفاع رخ می دهد و یا در صورت امکان در نزدیکی گوشه ها ، درزهای کنترل باید قرار گیرند که فاصله آنها می تواند به ۱,۵ m نیز برسد .

برداشتن قالبها (باز کردن قالبها) :

- قالبها مادامی که بتن به اندازه کافی مقاومت پیدا نکرده تا بتواند بطور رضایت بخشی تنشهای ناشی از بار مرده و نیز هر گونه بار اجرایی وارده را تحمل کند نباید برداشته شوند .
- **جدول ۹-۲** سنهای لازم برای کسب مقاومتهای معینی را تحت شرایط متوسط نشان می دهد این سنها برای بتن با حباب هوا است که دارای نسبت $w/c=0,53$ می باشد (رابطه سن – مقاومت) .

جدول ۹-۲: رابطه سن- مقاومت برای بتن با حباب هوا

مقاومت Psi(Mpa)	سن	
	نوع ۱ یا سیمان معمولی	نوع ۳ یا سیمان با مقاومت زودرس
۵۰۰ (۳,۵)	۲۴ ساعت	۱۲ ساعت
۷۵۰ (۵,۲۵)	۱/۲ روز	۱۸ ساعت
۱۰۰۰ (۱۰,۵)	۱/۲ روز	۱/۲ روز
۲۰۰۰ (۱۴)	۱/۲ روز	۲/۲ روز

- یادآوری این نکته ضروری است که مقاومتها تحت تاثیر مصالح بکار رفته ، دما و سایر شرایط نیز قرار دارد .
- جهت شل کردن قالبها ، تمام بر جستگیها و خطوط نشست و پیش آمدگیهای کوچک باید بوسیله قلم زنی یا دیگر ابزار فلزی دیگر استفاده شود و در صورت نیاز باید از گوه های چوبی استفاده کرد .

- لکه گیری ، پاک کردن ، و پرداخت سطوح قالب گیری شده :
- پس از برداشتن قالبها ، تمام بر جستگیها و خطوط نشست و پیش آمدگیهای کوچک باید بوسیله قلم زنی یا دیگر ابزار از بین برده شوند . سطح بتن سپس باید سابیده یا مالیده شود . هر گونه سوراخ میله ای بست ، باید پر شود .
- سطوح کرمو باید مرمت شده و تمام لکه ها پاک شوند و این کار باید زودتر و بلافاصله پس از برداشتن قالبها انجام شود .

(۱) سوراخها و نقصها :

- سوراخ پیچها ، سوراخ میله های بست و سایر حفره هایی که دارای سطح کوچک اما نسبتا گود اند ، باید با ملات بسیار سفت و متراکم پر شوند .
- نسبتهای مخلوط به ان شرح است :
- ۱ قسمت سیمان پر تلند
- ۱/۲ قسمت ماسه که از الک شماره ۱۶ رد می شود.
- آب به اندازه های که ملات حاصل را با دست بتوان به صورت گلوله در آورد

- ملات در لایه ای به ضخامت ۱/۲ (۱۳ mm) باید با فشار به درون حفره کوبیده شود و هر لایه به صورت مفرس پرداخت شود تا پیوند لایه ها بهتر باشد .
- قبل از مرمت بتن (به هر دلیلی نظیر کرمو بودن و...) باید قسمتهای معیوب کرمو کنده تا به مرور زمان عوامل جوی موجب کنده شدن بتن مرمت شده شود .
- پیش از اعمال بتن لکه گیری ، بتن اطراف باید برای چندین ساعت خیس نگهداشته شود . تمام سطوحی که بتن جدید به آنها پیوند داده می شود ، باید بوسیله برس دو غاب زده شوند . این دو غاب دارای نسبتهای زیر است : ۱ قسمت سیمان پر تلند ، ۱ قسمت ماسه ریز که از الک شماره ۳۰ (۶۰۰mm) رد می شود و آب اختلاط به اندازه کافی برای کسب یک روانی چرب . هنگام دو غاب ریزی ، سطح باید مرطوب بوده ، اما خیس نباشد .

(۲) عمل آوردن تکه های لکه گیری شده :

- عمل آوردن خوب برای لکه گیری موفقیت آمیز یک امر ضروری است . تکه لکه گیری شده های که دیده می شود با نایلون پوشیده شده و به خوبی ایزوله شده است تا برای هیدراسیون و کسب مقاومت سریع ، رطوبت و حرارت آن حفظ شود . کرباستر ، ماسه خیس ، نایلون ، یا که کرباس ضد آب را می توان به کار برد .

(۳) پاک کردن سطوح بتنی جدید : (از ماده رها ساز ، لکه های ملات ناشی از نشست ، لکه های زنگ زدگی)

برای پاک کردن سطوح بتنی ، سه روش وجود دارد :

آبی ، شیمیایی ، و مکانیکی (سایشی)

* آب ← لکه های کثیف را حل می کند و آنها را از سطح می شوید .

**** شیمیایی** ← پاک کننده های شیمیایی ، که معمولاً با آب مخلوط می شوند ، با ذرات چرک ، واکنش انجام داده و آنها را از سطح جدا می سازند

***** مکانیکی** ← ماسه پاشی متداولترین آنهاست .

* روشهای پاک کردن با آب شامل موارد زیر است :

(۱) شستشو با فشار کم (۲) آب پاشی با فشار متوسط تا زیاد (۳) بخار

- مسائل مربوط به روش آبی :

(۱) آسیب در اثر دمای یخ زدگی

(۲) آوردن نمکهای محلول به سطح بتن

(۳) شوره زدگی

**** پاک کننده های شیمیایی معمولاً به صورت محلول برای مصالح مشخصی مانند آجر ، سنگ و بتن تنظیم می شوند .**

یکی از ترکیبات آلی که ماده فعال سطحی نامیده می شود اسید کلریدریک می باشد .

***** روشهای پاک کردن مکانیکی شامل عملیات سایشی (ماسه پاشی) و قلم زنی و سمباده برقی است**

پاک کردن مکانیکی ، شیره سیمان ، پوسته شدگی سطحی ، چرکها را از بین برده و بتنی تمیز ، خوب ، و مقاوم نمایان می سازد .

(۴) پرداخت سطوح قالب گیری شده :

- سطوح قالب گیری شده به دو دسته عمومی تقسیم می شوند :

(۱) سطوح صاف

(۲) سطوح بافت دار یا نقش دار

- سطوح صاف با استفاده از قالبهای زیر تولید می شوند :

قالبهای با پوشش پلاستیکی

قالبهای فولادی

قالبهای پلاستیکی آرمه شده با شیشه الیافی

قالبهای پلاستیکی چند لا

قالبهای فیبری آب داده

- سطوح بافت دار یا نقش دار را با گونه های زیر می توان بدست آورد :

الوارزبراره شده

انواع ویژه تخته چند لا

پوششهای درون قالبی

شکستن پیش آمدگیهای سطوح شیار دار

- پرداخت صافی که با سابیدن سطح بتن تازه سخت شده بدست می آید ، نباید دیرتر از يك روز بعد از قالب برداری انجام گیرد. پس از خیس شدن سطح مورد نظر ، با يك آجر سمباده اي یا با سابنده دیگری مالیده می شود تا بافت و رنگ یکنواخت رضایت بخشی پدید آید.

- پرداخت با دوغاب برای به دست آوردن رنگی یکنواخت و ظاهری صاف ، میتواند مورد استفاده قرار گیرد.

- دوغابی که دارای ۱ قسمت سیمان پرتلند و ۱/۲ تا ۲ قسمت ماسه ریز است ، با استفاده از يك برس ، یا يك ماله پلاستر سیمانکاری و یا يك ماله لاستیکی باید بطور یکنواختی اعمال شود تا حفره ها و حباب های هوا را کاملاً پر کند.

- تمام یا قسمتی از سیمان مصرفی در دوغاب ممکن است از سیمان پرتلند سفید تشکیل یابد تا با رنگ بتن موجود هماهنگ باشد.

- بلافاصله پس از اعمال دوغاب ، سطح باید به خوبی با يك تخته ماله ، ماله لاستیکی اسفنجی ، یا ماله چوب پنبه اي صاف شود تا حفره های ریز هوا را که باقی مانده پر کرده و نیز دوغاب اضافی را تا اندازه اي بزداید. با يك حرکت رفت و برگشتی ماله ، دوغاب از حفره ها بیرون کشیده نمی شود.

عمل آوردن و حفاظت:

- عمل آوردن به دلیل زیر ضروری است:
نگهداری بتن تحت دمایی نسبتاً ثابت و جلوگیری از افت رطوبت برای مدت زمانی که برای هیدراسیون مطلوب سیمان و برای کسب مقاومت بتن مورد نیاز است.
- عمل آوردن باید تا حد امکان بلافاصله پس از پایان کار بتنی آغاز شود.

پرداختهای سطحی ویژه:

- روشهای نمایاندن دانه ها در بتن درجا:
 - (۱) استفاده از کندگیرکننده ها و سابیدن
 - (۲) سایش ماشینی
 - (۳) چکش کاری
 - (۴) شستن و برس زنی
 - (۵) سمباده زنی
- * در روش استفاده از کندگیرکننده ها ، بطور کلی باید از نوع نامحلول در آب استفاده کرد. با استفاده از یک برس و آب پاشی ملایم، کندگیر کننده سفت مالش داده شده و پاک میشود. هنگامیکه بتن آنقدر سخت شود که با سابیدن عادی پرداخت مطلوب ممکن نباشد ، از اسید کلریدریک رقیق میتوان استفاده کرد.
- ** سایش ماشینی برای بتن های با دانه بندی گسسته مناسبتر است. افشاندن دستگاه باید عمود بر سطح نگهداشته شود و سطح حداکثر به مقدار تقریباً $1/3$ اندازه درشت دانه ، برداشته شود. بتنها یکبار سایش ماشینی ، میتواند سطحی زبر و یکنواخت تولید کند.
- *** با استفاده از چکش دندانه دار یا ابزارهای دیگر ، لایه ای از بتن سخت شده برداشته میشود و دانه های سطحی شکسته میشوند. سطح بدست آمده میتواند از یک تراشیدگی ضعیف تا یک کنده شدگی شدید تغییر کند.
- **** در شستن و برس زنی ، با استفاده از آب پاشی ملایم ، لایه سطحی ملات باید به دقت شسته شده و پاک شود، و تا رسیدن به نمایی مطلوب عمل برس زدن ادامه یابد. (مناسب برای دال های افقی)
- ***** سمباده زنی سطوح بتنی باید در چندین گام متوالی صورت گیرد. به طوریکه گرانول ماسه سنگ در هر گام باید ریزتر از گرانول قبلی باشد. سپس با اعمال یک ماده صیقل دهنده میتوان سطح پرداخت شده صافی را بدست آورد.

رنگها و روکشهای روشن:

- برخی از رنگهای عمده مورد استفاده عبارتند از:
 - (۱) رنگهای آستری سیمان پرتلند
 - (۲) سیمان پرتلند اصلاح شده با لیتکس
 - (۳) رنگهای لیتکس (استات پلی وینیل و اکریلیک)
- (۱) رنگهای آستری سیمان پرتلند را میتوان هم برای نماهای داخلی و هم خارجی بکاربرد. سطح بتن باید در هنگام اعمال آن مرطوب باشد، و هر لایه باید تا حد امکان بلافاصله مرطوب شود بدون آنکه آشفته گی در رنگ پدید آید. رنگ کردن اعضای بتنی که دارای بافت سطحی باز اند باید با برس هایی که رشته های سفت دارند انجام گیرد. برای بتنی که دارای سطحی صاف یا ماسه ای است ، استفاده از برس های اعمال دوغاب سفید یا برس های کلسیمین نوع هلندی بهترین روش بشمار می آید.
- (۲) ترکیبات لیتکس که در رنگهای سیمان پرتلند اصلاح شده با لیتکس بکار میروند ، سبب کند شدن تبخیر آب شده و بنابر این آب مورد نیاز برای هیدراسیون سیمان پرتلند را ننگ میدارند. عمل آوردن مرطوب برای رنگهای اصلاح شده با لیتکس غیر ضروری است.
- (۳) رنگهای لیتکس در برابر فلیایی ها مقاومند، و می توانند پس از ۱۰ روز در هوایی که دارای شرایط مساعدی از نظر خشک شدن است ، اعمال شوند. رنگها باید روی سطوح مرطوب اعمال شوند، نه روی سطوح خیس.

- روکش های روشن غالباً" به دلایل زیر روی سطوح بتنی مورد استفاده قرار میگیرند:
 - (۱) برای جلوگیری از کثیف شدن یا تغییر رنگ بتن در اثر آلودگی
 - (۲) برای آسانی در تمیز کردن سطح در صورت چرک شدن
 - (۳) جهت روشن نمودن رنگ دانه ها
 - (۴) برای ارائه يك سطح دافع آب كه از تغییرات رنگی ناشی از جذب آب جلوگیری میکند

- روکشهای بهتر، غالباً" متشکل از نوعی ترکیبات رزین اکریلیک موسوم به متیل متا کریلات است .
روکشهای حاوی متیل متا کریلات هنگامیکه روی بتن صاف بکار میرود ، باید دارای اجسام جامد بیشتر و غلظت بالاتر باشد، زیرا نگهداری نمایی اصلی بتن صاف مشکلتر از نگهداری نمایی اصلی بتن یا دانه های نمایان است.

عمل آوردن بتن

هدف هاي عمل آوردن بتن:

- (۱) جلوگیری از کاهش رطوبت در روزهاي نخست پس از بتن ريزي (يا فراهم ساختن مجدد آن)
- (۲) كنترل دمائي بتن براي يك مدت معلوم

مصالح و روشهاي عمل آوردن: (در شرايط مرطوب)

- (۱) روشهايي كه حضور آب اختلاط در بتن را در دوره سخت شدن اوليه حفظ مي كنند: (سودمند در هواي گرم)

- (۱) ايجاد بركه يا غوطه وري
- (۲) آب پاشي و ايجاد مه
- (۳) پوشش هاي خيس اشباع شده
- (۲) روشهايي كه از کاهش آب اختلاط بوسيله اندود كردن سطح جلوگیری ميكنند:
- (۱) پوشاندن با كاغذهاي نفوذ نا پذير يا نايلون
- (۲) اعمال مواد محافظ غشا ساز
- (۳) روشهايي كه كسب مقاومت را با ايجاد گرما و رطوبت به بتن تسريع مي كنند:

- (۱) بخار زنده
- (۲) سيم بيچ هاي گرمازا
- (۳) بالشتكها
- (۴) قالب هايي كه بطور الكتريكي گرم ميشوند

ايجاد بركه يا غوطه وري:

- عمل آوردن سطوح تخت مانند جاده ها ، پياده رو ها ، و كف ها با ايجاد بركه (ديواره هايي از ماسه يا خاك نفوذ نا پذير در پيرامون بتن) صورت ميگيرد
- آب عمل آوردن ، نبايد بيش از حدود 11°C خنك تر از بتن باشد تا از تنش هاي حرارتي جلوگیری شود.
- كاملترين روش عمل آوردن با آب از طريق غوطه وري كامل عضو بتن انجام ميگيرد (نمونه هاي آزمايشي)

آب پاشي يا ايجاد مه:

- هنگاميكه دمائي محيط به اندازه كافي بالاتر از حد يخ زدگي باشد اين روش براي عمل آوردن مناسب است.
- شلنگ هاي آب با جريان مداوم براي سطوح قائم يا تقريباً قائم سودمند است.
- معايب روش فوق: هزينه آب پاشي-- فرسايش سطح -- ايجاد تركهائي سطحي ناشي از آب رفتگي به دليل سيكل هاي متناوب تر و خشك شدن

پوشش هاي خيس:

- كرباس خيس، سفره هاي كتاني ضخيم، موكت خيس، لايه اي خيس از خاك، ماسه يا خاك اره به ضخامت حدود 5cm كاه يا علف خيس در لايه اي به ضخامت 15cm
- يكي از نقاط ضعف اصلي در استفاده از پوشش هاي خيس خاك ، ماسه، خاك اره، علف و كاه امكان تغيير رنگ بتن است.

كاغذ نفوذ ناپذير: تركيبي از دو لايه كاغذ كرافت كه بوسيله ماده قيري به يكدیگر چسبانده شده و مجهز به رشته هاي نازك تقويتي است.

- با اين روش، مرطوب كردن مرتب ، مورد نياز نيست.
- روش موثر براي عمل آوردن سطح افقي بشمار ميرود.

پوششهای نایلونی:

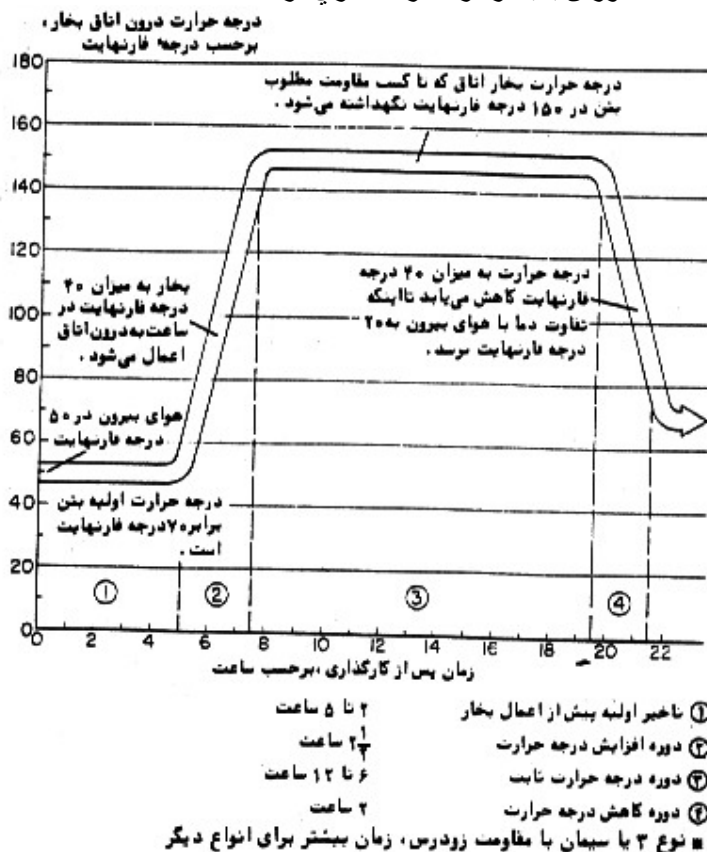
- پوشش های نایلونی مانند ورق پلی اتیلن مصالح ضد رطوبت موثری هستند که برای اشکال پیچیده و ساده مورد استفاده قرار میگیرند.
- ورق های پلی اتیلن باید ضخامتی برابر ۴ میل (۰.۱ mm) (هر ۱ Mil = ۱/۱۰۰۰ inch) داشته باشند.
- مواد محافظ غشا ساز:
- ترکیبات غشا ساز مایع: موم، رزین، لاستیک کلرینه شده، و حلالهای بسیار فرار
- مواد محافظ غشا ساز از دو نوع کلی تشکیل یافته اند: (۱) روشن یا نیم شفاف (۲) سفید رنگ
- مواد محافظ باید بلا فاصله پس از پرداخت نهایی بتن با دستگاه های اسپری دستی یا برقی اعمال شوند تا به گونه ای صاف و یکنواخت تمامی سطح را بپوشانند.

قالب های درجا نگاه داشته شده:

- قالب های نفوذ ناپذیر، حفاظ رضایت بخشی بشمار میروند.
- قالب های چوبی که درجا نگاه داشته میشوند، با استفاده از آب پاشی بای مرطوب نگهداشته شوند، بویژه هنگامیکه هوا گرم و خشک است.

عمل آوردن با بخار:

- این روش هنگامی سودمند است که کسب مقاومت اولیه بتن حائز اهمیت بوده یا موقعی که به گرمای بیشتری از نظر هیدراسیون، مثلاً در هوای سرد، نیاز باشد.
- دو روش عمل آوردن با بخار جهت کسب مقاومت اولیه بتن:
- (۱) عمل آوردن با بخار زنده در فشار اتمسفری (برای سازه های بتنی درجا که در محیط بسته ((کرباس ضد آب)) قرار داده شده اند و واحدهای پیش ساخته)
- (۲) عمل آوردن با اتوکلاو در بخار با فشار بالا (برای واحد های تولیدی کوچک)
- نمونه ای از سیکل عمل آوردن با بخار در فشار اتمسفری در شکل ۱۰-۶



شکل ۱۰-۶: نمونه ای از سیکل عمل آوردن با بخار در فشار اتمسفری (به طور ایده آل)

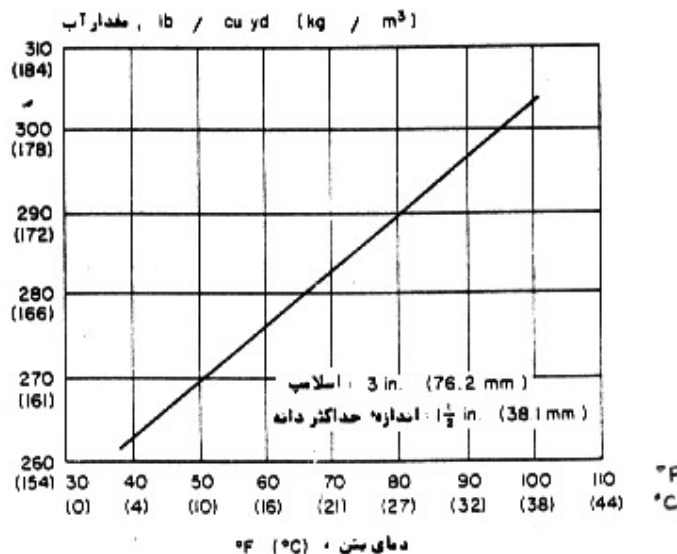
پوششها یا پتوهای عایق:

- هنگامیکه دما به پایین تر از 32°F (0°C) میرسد، لایه هایی از مواد خشك خلل و فرج دار مانند کاه یا علف ممکن است برای عایق ساختن بتن در برابر یخ زدن بکار روند.
 - پوششها شامل: پشم شیشه، لاستیک اسفنجی، الیاف سلولز، پشم معدنی، کف وینیل، و کف پلی اورتال غیر زنجیره ای
 - با محفظه های قاب بندی شده ای از کرباس، ورقه های پلی اتیلن تقویت شده، یا سایر مصالح میتوان دورتادور سازه را پوشانید و بوسیله بخاری های بزرگ یا بخار گرم کرد.
- مدت عمل آوردن:

- مدت عمل آوردن بستگی به عوامل زیر دارد:
- (۱) نوع سیمان
- (۲) مقاومت لازم
- (۳) نسبت سطح نمایان بتن به حجم آن
- (۴) هوا
- برای بتن هایی کم سیمان با ماده پوزولانی (که در سازه های حجیم مانند سدها بکار میرود)، مدت مزبور ممکن است ۳ هفته یا بیشتر باشد.
- برای مخلوط های پر سیمان، بویژه اگر سیمان نوع ۳ مصرف شود، این دوره ممکن است فقط چند روز باشد.
- دوره های عمل آوردن با بخار معمولاً "بسیار کوتاهترند".
- چون همه خواص مطلوب بتن با عمل آوردن بهبود می یابد، بر این اساس دوره عمل آوردن در همه شرایط باید تا آنجا که امکان دارد طولانی باشد.
- برای دالهای بتنی روی زمین (مانند کف ها، رویه ها، ایوانها، پارکینگ ها، ماشین روها، پیاده روها) و برای بتن های سازه ای درجا (مانند دیوارها، ستون ها، دالها، تیرها، شالوده های کوچک، پایه های پل، دیوارهای حائل، کف پلها)، مدت زمان عمل آوردن در دمای محیطی بالاتر از 4°C حداقل ۷ روز یا مقدار زمان لازم برای کسب ۷۰٪ مقاومت خمشی یا فشاری مقرر است.
- برای بتن های حجیم که مصالح سیمان آنها فاقد پوزولان است، عمل آوردن مقاطع آرمه نشده باید حداقل بمدت ۲ هفته بطول انجامد. اگر بتن حجیم دارای پوزولان باشد، حداقل زمان عمل آوردن برای مقاطع آرمه نشده باید به ۳ هفته برسد.
- مقاطع بتنی حجیم پر آرمه باید به مدت حداقل ۷ روز عمل آورده شوند.
- در هوای سرد، برای حفظ درجات حرارت 10°C تا 20°C جهت عمل آوردن بتن، گرمای بیشتری مورد نیاز است. این گرما با استفاده از بخاری های نفتی یا گازی با هواکش، سیم پیچ های گرمازا، یا بخار زنده فراهم میشود.
- برای تسریع زمان گیرش و کسب مقاومت در هوای سرد، می توان از بتن با مقاومت زودرس استفاده کرد. استفاده از آن میتواند دوره عمل آوردن را از ۷ روز به ۳ روز کاهش دهد. اما درجه حرارت برابر با 10°C برای هر ۳ روز باید در بتن حفظ شود.
- برای اینکه بتن در برابر مواد شیمیایی یخ زدا مقاومت کافی از نظر پوسته شدگی داشته باشد، حداقل دوره عمل آوردن عموماً "باید معادل زمان لازم برای کسب مقاومت طراحی بتن باشد".

بتن ریزی در هوای گرم

- هوای گرم اشکالات زیر را در بتن تازه ایجاد می نماید:
 - (۱) افزایش نیاز به آب
 - (۲) افت سریعتر و شدیدتر اسلامپ
 - (۳) افزایش سرعت گیرش (زمان گیرش کاهش می یابد)
 - (۴) افزایش امکان ترکهای پلاستیک
 - (۵) اشکالات در کنترل مقدار حباب های هوا (افزایش مواد حباب زا)
 - (۶) نیاز شدید به عمل آوردن سری
- تاثیر افزایش آب در کارگاه:
 - (۱) کاهش مقاومت
 - (۲) کاهش دوام و آب بندی
 - (۳) ظاهر سطح غیر یکنواخت
 - (۴) افزایش تمایل به آبرفتگی در حین خشک شدن و ترک خوردگی ناشی از اختلاف دما
- دمای مطلوب بتن ۱۰~۱۶°C است، لیکن همیشه مقدور نیست. بسیاری از مشخصات فقط مقرر میدارند هنگامیکه بتن ریخته میشود باید دمایی کمتر از ۲۹~۳۲°C داشته باشد.
- اثرات دمایی بالایی بتن:
 - با افزایش دمای بتن، افتی در اسلامپ بوجود می آید که برای ثابت نگهداشتن اسلامپ مقدار آب بیشتری مورد نیاز خواهد بود. افزودن آب بدون افزودن سیمان، نسبت w/c بیشتری را ارائه میدهد. که در نتیجه مقاومت در سنین بعدی پایین آمده و روی سایر خواص مطلوب بتن سخت شده بطور معکوس اثر میگذارد.
 - آب مورد نیاز یک مخلوط بتن با افزایش دما، مطابق شکل ۱-۱۱ از دیاد میابد.



شکل ۱-۱۱: آب مورد نیاز یک مخلوط بتن با افزایش دما، از دیاد می یابد.

- خنک کردن مصالح بتن:
- دمای بتن تازه به دمای اجزای متشکله آن بستگی دارد.
- دمای بتن عمدتاً به دمای دانه ها بستگی دارد، لیکن دمای بتن ممکن است بطور موثری با آب اختلاط خنک پایین آورده شود.
- دمای تقریبی بتن را میتوان از دمای اجزای متشکله آن بوسیله فرمول (۱) محاسبه کرد. و در صورت استفاده از یخ به عنوان قسمتی از آب اختلاط از فرمول (۲) استفاده میشود.

فرمول (۱)

$$T = (0.22(TaWa + TcWc) + TwWw + TwaWwa) / (0.22(Wa + Wc) + Ww + Wwa)$$

فرمول (۲)

$$T = (0.22(TaWa + TcWc) + TwWw + TwaWwa - 112Wt) / (0.22(Wa + Wc) + Ww + Wwa + Wt)$$

- مثال محاسباتی برای دمای اولیه بتن در جدول ۱-۱۱ نشان داده شده است (متریک)

جدول ۱-۱۱:

الف- اثر دمای مصالح روی دمای اولیه بتن

مصالح	وزن M Kg/m ^۳	گرماي ویژه Kj/kg.k	ژول برای تغییر درجه سلسیوس دما	دمای اولیه مصالح T °C	کل ژول در مصالح
	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
سیمان	۳۵۰(Mc)	۰,۹۲	ستون ۱ × ستون ۲ ۳۰۸	۶۶(Tc)	ستون ۳ × ستون ۴ ۲۰,۳۲۸
آب	۱۶۷(Mw)	۴,۱۸۴	۶۹۹	۲۷(Tw)	۱۸,۸۷۳
کل دانه	۱۸۳۹(Ma)	۰,۹۲	۱۶۹۲	۲۷(Ta)	۴۵,۶۸۴
			۲۶۹۹		۸۴,۸۸۵

$$\text{دمای اولیه بتن} = 84.885/2699 = 31.4^{\circ}\text{C}$$

برای رسیدن به ۱ درجه سلسیوس کاهش در دمای اولیه بتن:

دمای سیمان باید به مقدار $2699/308 = 8.8^{\circ}\text{C}$ کاهش یابد

یا دمای آب به مقدار $2699/699 = 3.9^{\circ}\text{C}$ نزول کند

یا دمای دانه به مقدار $2699/1692 = 1.6^{\circ}\text{C}$ خنک شود

ب- اثر یخ (۳۴kg) روی دمای بتن

	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
سیمان	۳۳۵(Mc)	۰,۹۲	۳۰۸	۶۶(Tc)	۲۰,۳۲۸
آب	۱۲۳(Mw)	۴,۱۸۴	۵۱۵	۲۷(Tw)	۱۳,۹۰۵
دانه	۱۸۳۹(Ma)	۰,۹۲	۱۶۹۲	۲۷(Ta)	۴۵,۶۸۴
یخ	۴۴(Mt)	۴,۱۸۴	۱۸۴	۰(Tt)	۰
منهای	۴۴(Mt)*	گرماي ذوب	$335 \text{ kJ/kg} = 2699$		-۱۴,۷۴۰
					۶۵,۱۷۷

$$\text{دمای بتن} = 65.177/2699 = 24.1^{\circ}\text{C}$$

- از میان مصالح موجود در بتن ، آب آسانتر از بقیه خنک میشود برای رسیدن به این هدف آب باید در منابعی ذخیره شود که در معرض اشعه مستقیم خورشید قرار ندارند.
- آب بوسیله یخچال ، نیتروژن مایع ، یا یخ خردشده ممکن است خنک شود.
- دانه ها اثر قابل توجهی روی دمای بتن تازه دارند زیرا آنها نمایانگر ۸۰٪~۶۰ کل وزن بتن اند.(برای رسیدن به این منظور مصالح باید در سایه دپو و آب پاشی شوند)
- دمای سیمان اثر کمی روی دمای مخلوط بتن تازه دارد زیرا گرماي ویژه سیمان پایین است.

تدارکات پیش از بتن ریزی به منظور حفظ یا کاهش دمای بتن در هوای گرم:

- مخلوط کنها ، شوت ها ، تسمه ها ، قیفها، خطوط پمپاژ و سایر وسایل حمل بتن به منظور کاهش گرماي خورشید باید در سایه قرار گیرند، سفید رنگ شوند، یا با کرباس مرطوب پوشیده شوند.
- قالبها، میلگردها، و کف زمین باید درست قبل از ریختن بتن با اب خنک نمناک شوند.

Design and Control of Concrete Mixtures

- براي دال هاي روي زمين ، خيس كردن كف زمين عصر روز قبل از بتن ريزي ، روبه خوبي است.
- بايد دقت كرد تا آب راكد يا گودال آب در هنگام ريختن بتن روي كف زمين وجود نداشته باشد.
- در روز هاي داغ ، بويژه در آب و هواي خشك ، با محدود كردن بتن ريزي در صبح زود ، عصر ، يا شب هنگام ، نتايج بهتري عايد ميشود. اين عمل آب رفتگي حرارتي و ترك هاي كمتر را در دالها و روبه هاي ضخيم نتيجه داده است.

حمل، بتن ريزي ، پرداخت:

- حمل و ريختن بتن در هواي گرم بايد تا حد امکان، سريعتر انجام گيرد.
- مشخصات بتن آماده مقرر ميدارند كه تخليه بتن در خلال $1\frac{1}{2}$ ساعت يا قبل از پايان ۳۰۰ دور مخلوط كن ، هر كدام كه اول رخ دهد، بايد پايان يابد. در هواي گرم ، اين محدوديت در زمان را ميتوان بطور معقولي به ۱ ساعت يا حتي ۴۵ دقيقه کاهش داد.
- ماله كشي و پرداخت بتن بايد بلافاصله پس از ناپديد شدن درخشندگي ناشي از آب انداختن انجام گيرد يا پس از هنگاميكه بتن بتواند وزن يك انسان را تحمل كند.

ترك هاي پلاستيك:

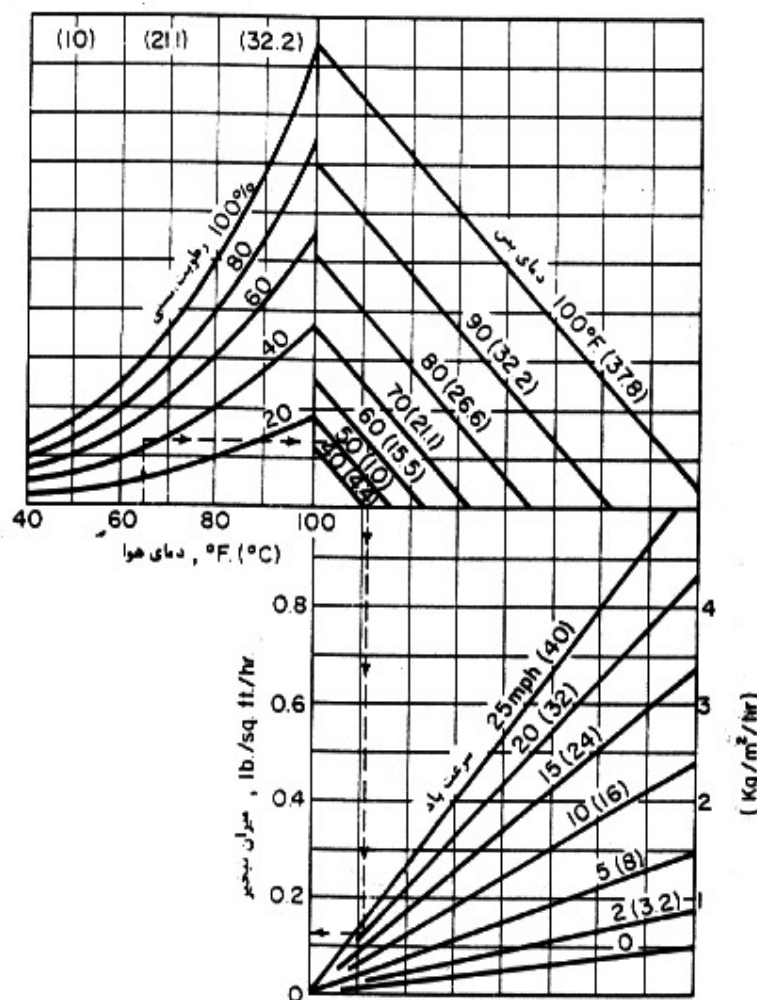
- شرايط زير بصورت تنها يا با هم ، تبخير رطوبت سطح را افزايش داده و امكان ترك هاي پلاستيك را زياد ميكنند:

(۱) دماي بالاي بتن

(۲) رطوبت كم

(۳) باد زياد

- **شكل ۶-۱۱** به منظور تعيين زمانيكه تدابير احتياطي بايد اتخاذ شود ، مفيد است.



شکل ۱۱-۶: اثر دماهای بتن و هوا، رطوبت نسبی، و سرعت باد روی میزان تبخیر رطوبت سطحی از بتن.

وقتیکه میزان تبخیر از $1 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ تجاوز کند، تدابیر احتیاطی تقریباً اجباری است. چنانکه میزان تبخیر از $0.5 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ تجاوز کند، امکان ترک وجود دارد.

تدابیر احتیاطی برای به حداقل رساندن ترکهای پلاستیک:

- (۱) کف زمین و قالب ها مرطوب شوند.
- (۲) دانه های خشک و جاذب آب خیس شوند.
- (۳) به منظور کاهش سرعت باد روی سطح بتن، باد شکن های موقتی برپا شوند.
- (۴) به منظور کاهش دمای سطح سایندهای موقتی برپا شوند.
- (۵) با خنک کردن دانه ها و آب اختلاط، دمای بتن تازه پایین نگهداشته شود.
- (۶) در هنگام بروز وقفه قابل ملاحظه بین عملیات بتن ریزی و پرداخت، بتن با پوشش های موقتی مانند نایلون محافظت شود.
- (۷) با از بین بردن وقفه های حین اجرا، زمان بین بتن ریزی و آغاز عمل آوردن کاهش یابد.
- (۸) اعمال رطوبت به سطح توسط آب پاش جهت جلوگیری از تبخیر بتن بلافاصله پس از پرداخت.

عمل آوردن و محافظت نمودن در هوای گرم:

- قالبهای محافظ درجا نمیتوانند به عنوان جایگزین مناسبی برای عمل آوردن در هوای گرم در نظر گرفته شوند. این قالبها باید تا حد امکان هر چه سریعتر بدون اینکه خسارتی به بتن وارد آید، شل شوند. سپس آب باید در سطوح نمایان بالایی بتن اعمال شود و اجازه داده شود تا از درون قالبها به پایین ریخته شود.

Design and Control of Concrete Mixtures

- براي بتن سخت شده و بويژه سطوح بتني هم كف ، آب عمل آوردن نبايد بيش از اندازه خنك تر از بتن باشد . اين امر ترك خوردگي به علت تنشهاي ناشي از تغييرات دما بين بتن و آب عمل آوردن را به حداقل خواهد رسانيد.
 - به منظور جلوگیری از خشك شدن سطوح بتن نمايان ، عمل آوردن مرطوب بايد بلافاصله پس از پرداخت سطوح آغاز شود و حداقل ۲۴ ساعت ادامه يابد.
 - چنانچه عمل آوردن مرطوب بعد از ۲۴ ساعت ادامه نيايد ، سطوح بتن بايد از جريان آزاد هواي خشك توسط كاغذ محافظ ، ورقه هاي پلاستيكي منعكس كننده گرما ، يا مواد محافظ غشا ساز ، ماداميكه سطوح هنوز نم دارند ، محافظت شوند.
- مواد افزودني:
- براي موارد غير عادي در هواي گرم و در مواقعيكه نظارت دقيق حكم فرماست ، يك ماده افزودني كندگير كننده ممكن است به عقب انداختن زمان گيرش كمك كند ، در حاليكه قدرتي افزايش در ميزان افت اسلامپ پديد آورد.

بتن ریزی در هوای سرد

- بتن در دماهای پایین مقاومت بسیار کمی کسب میکند
- بتنی را که فقط یکبار در سنین اولیه یخ زده است ، با فراهم ساختن شرایط عمل آوردن مطلوبی می توان تقریباً به مقاومت معمولی برگردانید. لیکن در مقایسه با بتنی که یخ زده باشد، در برابر شرایط جوی ، به همان اندازه مقاوم نبوده و به همان میزان نیز آب بند نیست.
- استعداد آسیب پذیری بتن با حباب هوا در برابر یخ زدگی اولیه ، نسبت به بتن بدون هوا کمتر است.

کسب مقاومت بتن در دمای پایین:

- دما روی شدت هیدراسیون سیمان اثر دارد: دمای پایین هیدراسیون را به تعویق انداخته و بنابراین سخت شدن و کسب مقاومت بتن به تأخیر می افتد.
- در دمای پایین تر از ۱۰- درجه سلسیوس ($^{\circ}\text{F}$ ۱۴) ، هیدراسیون سیمان با مقاومت بتن متوقف میشود.
- با استفاده از سیمان نوع ۳ یا با مقاومت زودرس ، مقاومت های اولیه بالا تری را میتوان بدست آورد. (در کمتر از ۷ روز)

حرارت هیدراسیون:

- تولید حرارت و افزایش آن تحت تاثیر موارد زیر قرار دارد:

- (۱) ابعاد بتن
- (۲) دمای هوای محیط
- (۳) نسبت W/C
- (۴) ریزی و ترکیبات سیمان
- (۵) مقدار سیمان
- (۶) مواد افزودنی

- حرارت هیدراسیون برای بتن ریزی در زمستان مفید است، لذا به منظور حفظ حرارت هیدراسیون پوشاندن بتن پس از بتن ریزی با برزنت لازم به نظر میرسد و با استفاده از یک دماسنج میتوان به کافی بودن پوشش پی برد.

مخلوطهای بتنی ویژه:

- مقاومت زودرس را با استفاده از یک یا ترکیبی از موارد زیر می توان بدست آورد:

- (۱) سیمان با مقاومت زودرس : نوع ۳ یا نوع ۳A
- (۲) سیمان پرتلند اضافی
- (۳) تسریع کننده های شیمیایی (کلرو کلسیم به میزان حداکثر ۲٪ وزن سیمان پرتلند) : خطر خوردگی برای بتن پیش تنیده و یا اقلام کار گذاشته شده آلومینیومی یا گالوانیزه

- برای کاهش نقطه انجماد بتن ، از ترکیبات به اصطلاح ضد یخ یا مصالح دیگر نباید استفاده شود که متأسفانه در ایران این مساله به خوبی درک نشده است. چون روی مقاومت و خواص دیگر بتن به شدت تاثیر می گذارد.
- بتن با اسلامپ کم بویژه برای انجام سطوح بتنی تخت در هوای سرد مطلوب است.

بتن با حباب هوا:

- ایجاد حباب های هوا بویژه در هر کار بتنی که در هوای یخبندان انجام میگیرد ، مطلوب است.

Design and Control of Concrete Mixtures

- ایجاد حباب های هوا باعث می شود که ظرفیتی برای بتن در برابر جذب نیروهای ناشی از انقباض یخهای تشکیل شده در درون بتن فراهم شود.

دمای بتن:

(۱) دمای بتن در حین اختلاط:

- دمای بتن تازه در حین نباید کمتر از مقادیر نشان داده شده در ردیف های ۱، ۲ یا ۳ از جدول ۱-۱۲ باشد.

جدول ۱-۱۲: دمای توصیه شده بتن معمولی برای کارهای اجرایی در هوای سرد - بتن با حباب هوا

ردیف	شرایط		مقاطع با ضخامت کمتر از ۱۲ اینچ (۳۰۰mm)		مقاطع با ضخامت ۱۲ تا ۳۶ اینچ (۳۶mm~۰,۹m)		مقاطع با ضخامت ۳۶ تا ۷۲ اینچ (۰,۹m~۱,۸m)		مقاطع با ضخامت بیشتر از ۷۲ اینچ (۱,۸m)	
			°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C
۱	حداقل دمای بتن تازه در حین اختلاط در هوای مشخص شده، °F(°C)	بالتر از ۳۰°F(-۱°C)	۶۰	۱۶	۵۵	۱۳	۵۰	۱۰	۴۵	۷
۲		۰°F~۳۰°F (-۱۸°C~۱°C)	۶۵	۱۸	۶۰	۱۶	۵۵	۱۳	۵۰	۱۰
۳		پایینتر از ۰°F(-۱۸°C)	۷۰	۲۱	۶۵	۱۸	۶۰	۱۶	۵۵	۱۳
۴	حداقل دمای بتن تازه در هنگام بتن ریزی و دوره نگهداری		۵۵	۱۳	۵۰	۱۰	۴۵	۷	۴۰	۵
۵	حداکثر کاهش تدریجی مجاز دما در ۲۴ ساعت اول بعد از خاتمه حفاظت		۵۰	۲۸	۴۰	۲۲	۳۰	۱۷	۲۰	۱۱

- کمتر لازم میشود تا بتن تازه با دمایی بسیار بالاتر از ۷۰°F (۲۱°C) تهیه شود.
- دماهای بالاتر بتن را مطلوبند زیرا:

- (۱) آنها آبرفتگی حرارتی را افزایش میدهند.
- (۲) برای اسلامپ یکسان آب اختلاط بیشتری را لازم میدارند.
- (۳) در ایجاد ترک خوردگی آبرفتگی پلاستیک مشارکت میکنند. (زیرا افت رطوبت از طریق تبخیر بیشتر است)

(۲) دمای دانه:

- دمای دانه بر حسب هوا و نوع انبار کردن تغییر میکند.
- هنگامیکه دما زیر نقطه انجماد است، دانه های یخزده باید باز شوند. (اغلب دانه های ریز نیاز به گرم شدن دارند)
- در دماهای بالاتر از دمای انجماد، نیاز کمی به گرم کردن دانه ها پیدا میشود.
- اگر دمای دانه ها بالاتر از دمای انجماد باشد، با گرم کردن آب اختلاط به تنهایی معمولاً میتوان به دمای مطلوب بتن رسید.

- روش های گرم کردن دانه ها:

- (۱) جریان دادن بخار از میان لوله هایی که در بالاي آنها دانه ها دپو شده اند.
- (۲) دپو کردن دانه ها روي لوله هاي فلز ابرو که درون آنها آتش روشن است.

(۳) دمای آب اختلاط:

- آب اختلاط آسان ترین و عملي ترین ماده برای گرم کردن بشمار مي آید.
- وزن دانه ها و سیمان بسیار بیشتر از آب است، ولي با این وجود ، مقدار گرمایی که آب در مقایسه با مقدار هم وزنی از سیمان و مصالح سنگي مي تواند در خود حفظ کند ، حدود پنج برابر بیشتر است.

* گرمای ویژه یعنی مقدار گرمای لازم برای بالا بردن دمای يك کیلوگرم از مصالح به اندازه 1°C .

$921 \text{ J/Kg. }^{\circ}\text{C}$ = متوسط گرمای ویژه برای سیمان و دانه های سنگي

$4187 \text{ J/Kg. }^{\circ}\text{C}$ = متوسط گرمای ویژه برای آب

(۴) فرمول دمای بتن: (در سیستم متریک)

$$T = (0.22(T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_{wa} W_{wa}) / (0.22(W_a + W_c) + W_w + W_{wa})$$

T: دمای بتن تازه بر حسب درجه سلسیوس

T_a, T_w, T_c, T_{wa} : به ترتیب ، دمای دانه ها، سیمان ، آب اختلاط، و رطوبت آزاد روي دانه هابر حسب درجه

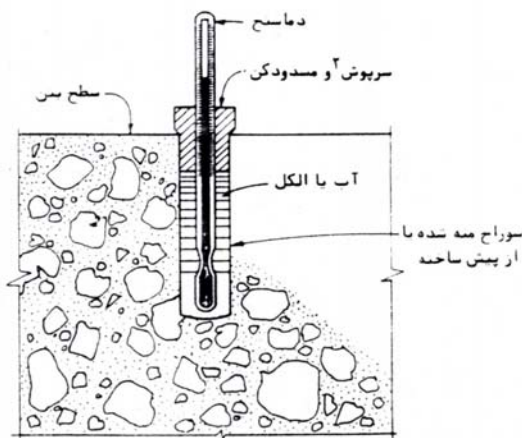
سلسیوس؛ عموماً " $T_a = T_w$ "

W_a, W_w, W_c, W_{wa} : به ترتیب ، وزن دانه ها، سیمان ، آب اختلاط، و رطوبت آزاد روي دانه ها بر حسب کیلوگرم

* دمای نهایی دانه ها و آب اختلاط باید در نهایت بیشتر از 38°C نباشد.

آزمایش های کنترل:

- يك روش ساده برای کنترل دمای زیر سطح بتن در شکل ۱۲-۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲-۱۲: روشی برای اندازه گیری دمای بتن در زیر سطح با یک دماسنج شیشه ای.

بتن ریزی روی زمین:

- اجرای زمستانی در روی زمین شامل مراحل متفاوتی نسبت به اجرا در طبقات بالاتر است:
 - (۱) یخ زمین باید آب شده باشد.
 - (۲) هیدراسیون سیمان بسیاری از گرما را فراهم می کند.
 - (۳) استقرار و اجرای پوششها بسیار ساده تر است.
 - (۴) برای اجرای یک دال روی زمین استفاده از یک بخاری با دودکش الزامی است.
- بتن ریزی هرگز نباید روی یک زمین یخ زده انجام گیرد زیرا وقتی زمین باز میشود، نشست غیر یکنواخت ممکن است رخ دهد که منجر به ترک خوردگی شود. همچنین روی یک زمین یخ زده، گرما از پایین بتن از دست میرود و روند سخت شدن به تعویق می افتد.
- اگر زمین فقط به عمق تقریبی ۷۵mm یخ زده باشد، یخ زدگی سطح را میتوان با روش های زیر از بین برد:
 - (۱) بخار دادن
 - (۲) پخش کردن لایه ای گرم از ماسه، شن یا سایر مصالح دانه ای، در جایی که تراز زمین اجازه میدهد.
 - (۳) سوزاندن کاه یا علف های خشک
 - (۴) پوشاندن با عایق برای چند روز

بتن ریزی در بالاتر از سطح زمین:

- (۱) جهت تولید گرمای بیشتر، مخلوط بتن الزاما نباید تغییر کند، زیرا برای ایجاد گرما، بخاری های قابل حمل را می توان در زیر سقف ها و بام ها بکار برد. با وجود این، تهیه مخلوطی که مقاومت بالایی را در سنن اولیه تولید می کند، دارای مزیت است چرا که گرما دهی مصنوعی را میتوان زودتر خاتمه داد. **(به جدول ۲-۱۲ مراجعه شود)**
 - (۲) برای حفظ گرما در زیر سقف ها و بامها، پوششهایی باید ساخته شود.
 - (۳) بخاری قابل حمل که قسمتهای زیرین بتن را گرم میکند، می تواند از نوع بخاری با شعله مستقیم باشد. (بدون دودکش)
- * پیش از بتن ریزی، بخاری هایی را که در زیر یک سقف قالب بندی شده قرار دارند باید روشن کرد تا قالب ها قبلا گرم شده و هرگونه یخ و برفی که در بالایی قالبها باقیمانده است، ذوب شوند.
- * ستونها و دیوارها نباید روی پی های یخزده ریخته شوند، زیرا سرمازدگی پایین ستون یا دیوار بتن ضعیفی را موجب خواهد شد.

جدول ۲-۱۲

الف: مدت زمان توصیه شده برای دمای توصیه شده بتن در هوای سرد-بتن با حباب هوا

از نقطه نظر حصول مقاومت کافی برای باز کردن قالب ها	از نقطه نظر دوام		بتن عادی*، تعداد روز ها	بتن با مقاومت زود رس**، تعداد روز ها	رتبه بهره برداری دائمی
	بتن عادی*، تعداد روز ها	بتن با مقاومت زود رس**، تعداد روز ها			
۱	۲	۱	۲	۱	بتن تحت تنشهای کمی است، در معرض شرایط محیطی نیست، عمل آوردن با رطوبت نحو مطلوبی انجام می گیرد.
۲	۳	۲	۳	۲	تحت تنش های کم، در معرض شرایط محیطی+، اما بعداً" تحت عمل آوردن مرطوب مناسبی قرار میگیرد.
۴	۶	۲	۳	۲	تحت تنشهای متوسط، در معرض شرایط محیطی+.
به قسمت ب مراجعه شود.	۲	۳	۳	۲	کاملاً" تحت تنش، در معرض شرایط محیطی+.

ب: مدت زمان توصیه شده برای دمای توصیه شده بتن برای بتن کاملاً" تحت تنش، در معرض شرایط محیطی، با حباب هوا

درصد مقاومت طراحی مقرر، f'c	تعداد روز ها در دمای ۵۰°F (۱۰°C)			تعداد روز ها در دمای ۷۰°F (۲۱°C)		
	نوع سیمان پرتلند			نوع سیمان پرتلند		
	I	II	III	I	II	III
۵۰	۶	۹	۳	۴	۶	۳
۶۵	۱۱	۱۴	۵	۸	۱۰	۴
۸۵	۲۱	۲۸	۱۶	۱۶	۱۸	۱۲
۹۵	۲۹	۳۵	۲۶	۲۳	۲۴	۲۰

ماخوذ از " بتن ریزی در هوای سرد"، موسسه بتن آمریکا، هوای سرد طبق تعریف هوایی است که در آن دمای میانگین روزانه کمتر از ۴۰ درجه فارنهایت (۵ درجه سلسیوس) باشد مگر اینکه حداقل به مدت ۱۲ ساعت در هر روز دما بالاتر از ۵۰ درجه فارنهایت (۱۰ درجه سلسیوس) باشد، که در این صورت عملیات بتن دیگر زمستانی محسوب نمیشود و روشهای اجرایی عمل آوردن عادی باید اعمال شود. برای دماهای توصیه شده بتن به جدول ۱۲-۱ مراجعه شود.

قسمت ب: مقادیر نشان داده شده تقریبی بوده و بر حسب ضخامت بتن، نسبتهای مخلوط، و غیره تغییر خواهند کرد. این مقادیر بیان کننده سنی هستند که قالبهای نگهدارنده میتوانند برداشته شوند. برای دماهای توصیه شده بتن به جدول ۱۲-۱ مراجعه شود.

توجه: برای بتن بدون حباب هوا، جهت حفاظت از نقطه نظر دوام تعداد روز ها باید حداقل دو برابر مقادیر ذکر شده باشد.

*. ساخته شده با سیمان پرتلند نوع ۲/۱

** ساخته شده با سیمان پرتلند نوع ۳، با یک تسریع کننده، یا به مقدار ۲۰ درصد سیمان اضافی

+ در معرض شرایط محیطی بودن به معنی " قرار گرفتن در معرض یخ زدن و آب شدن" است.

پوششها:

انواع پوششها: (۱) چوب (۲) کرباس ضدآب (۳) ورقه های پلی اتیلن (۴) پوششهای پیش ساخته از مواد پلاستیکی صلب (۵) نوع متداول: پوششهای نایلونی که نور را از خود عبور میدهند.

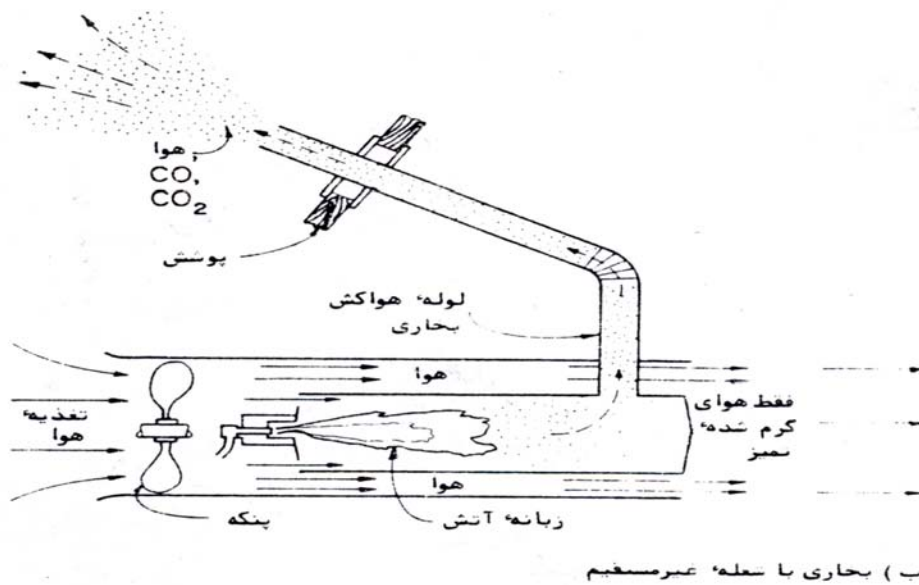
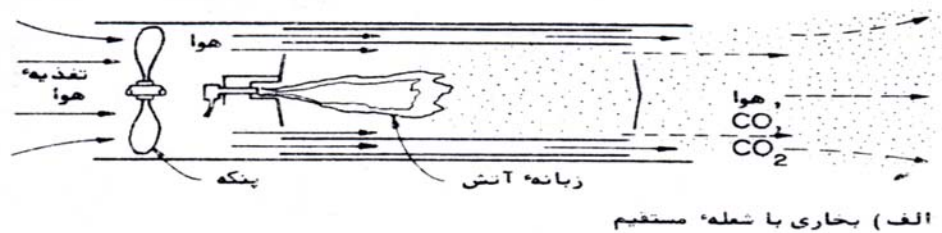
مصالح عایقبندي:

- با استفاده از پتوهای عایقبندي تجارتي یا پوشینه های عایق کاري ، گرما را میتوان در بتن محفوظ نگاهداشت و برای کارآيي بیشتر ، مصالح فوق باید خشك و در تماس نزدیک با بتن یا قالب قرار گیرند.
- درجه تاثیر این عایقها را میتوان با قراردادن دماسنج در زیر پوشش که در تماس با بتن باشد، تعیین کرد.
- گوشه ها و لبه های بتن ، مستعدتر محل برای یخ زدن است که باید دماي آنها کنترل شود.
- برای عایق بندي ، رویه های بتني را با پخش ۳۰ cm یا بیشتر از کاه یا علف خشك بر روی آنها میتوان در برابر هوای سرد محافظت کرد و برای اینکه عایقکاري فوق موثر تر بوده و باد آنها را نبرد میتوان از انواع پوشش ها نیز استفاده کرد.

بخاري ها:

مطابق شکل ۱۲-۲۰ دو نوع :

- (۱) بخاري با شعله مستقيم : مورد استفاده در محفظه های پوشش دار زیر سقف یا دال بام
- (۲) بخاري با شعله غير مستقيم : دارای هواکش : در مواردی که گرما باید به بالای بتن تازه برسد.



شکل ۱۲-۲۰: دو نوع عمده از بخاريها .

* برای گرمسازي هوا هنگام بتن ريزي نبايد از بخاري هاي با شعله مستقيم استفاده كرد مگر آنكه حداقل ۲۴ ساعت از زمان بتن ريزي سپري شود. زیرا CO₂ با هيدرواكسيد كلسيم موجود در روي سطح بتن تازه تركيب و لايه ضعيفي را از كربنات كلسيم به وجود مي آورند كه مزاحم هيدراسيون سيمان ميشود. در نتيجه يك سطح نرم سفيد ك زدهاي پديد مي آيد كه در اثر عبور و مرور پودر مي شود.

- از الكتريسيته نيز مي توان براي عمل آوردن بتن در زمستان استفاده كرد. (پتوهاي برقي بزرگ و مجهز به دما پاي)
- سيمهاي مقاومت الكتريري كه در داخل بتن كار گذاشته ميشوند ، شيوه ديگري است. ولتاژ برق کمتر از ۵۰V است كه برحسب شرايط گوناگون ، از ۱,۵ تا ۵ كيلو وات ساعت برق در يارد مكعب بتن (۷۰۰۰) الي (۲۴۰۰۰ KJ/m^۳) مصرف ميشود.
- بخار منبع ديگر ايجاد گرما براي بتن ريزي زمستاني است.

دوره گرمسازي :

- دوره هاي توصيه شده گرمادهي در **جدول ۱۲-۲** داده شده است. در ستون هايي كه با عنوان " از نقطه نظر دوام " مشخص شده اند ، طول مدت براي فراهم سازي دوام كافي در برابر يخ زدن و آب شدن ذكر شده است.
- در ستونهايي كه با عنوان " از نقطه نظر حصول مقاومت كافي براي باز كردن قاب ها " مشخص شده اند ، سني كه قالب هاي پاييني يا شمع هاي مجدد ميتوانند برداشته شوند ، آورده شده است. اين جدول بر اين فرض استوار است كه بارهاي اجرائي از بارهاي طراحي کمتر است و نيز ، تحت شرايط عادي عمل آوردن ، بتن خواهد توانست كه به مقاومت كامل طراحي خود قبل از زمان بهره برداري برسد.

عمل آوردن مرطوب:

- در فصل زمستان از محفظه هاي گرم شده استفاده ميشود ، براي جبران خشك شدگي ، بخار زنده اي به محفظه اطراف بتن بايد تخليه نمود. (روش عالي براي عمل آوردن)
- مواد غشاساز مايع براي عمل آوردن زود هنگام سطوح بتني در محفظه هاي گرم شده مي توانند بكار آيند. اين مواد براي كاهش كربناسيون سطحي ناشي از بخاري هاي بدون هواكش مفيداند.

اختتام دوره گرمادهي :

- از خنك سازي سريع بتن در انتهاي دوره گرمادهي بايد اجتناب ورزید. چرا كه منجر به ترك خوردگي بتن ميشود. حداكثر افت يكنواخت دما در سرتاسر ۲۴ ساعت اوليه نبايد بيشتر از مقدار داده شده در سطر ۵ از **جدول ۱۲-۱** باشد.

باز كردن قالبها و شمع زدن مجدد:

- براي طول مدت زماني كه نگهدارنده عمودي قالبها بايد در محل باقي بماند . **جدول ۱۲-۲(الف)** مي تواند مورد استفاده قرار گيرد.
- **جدول ۱۲-۲(ب)** طول مدت زمان گرما دهی و شمع گذاري نخست يا مجدد اعضاي كاملا تحت تنش را ذكر ميكند.

تغییرات حجمی بتن

- تغییرات حجمی بتن عموماً به انبساط و انقباض ناشی از سیکل های دما و رطوبت مربوط میشود، تغییرات حجمی، از آبرفتگی کربناتی و انبساط مخرب ناشی از واکنش های قلیایی دانه نیز حاصل میشود.
- مطالب مربوط به تغییرات حجمی بتن معمولاً شامل مبحث خزش نیز هست. خزش عبارت از تغییر شکلی است که از تنش یا بار مداوم ناشی میشود.
- برای راحتی، مقدار تغییرات حجمی عموماً بر حسب واحدهای طولی بیان میشود، نه بر حسب واحدهای حجمی. تغییرات طولی اغلب به صورت ضریبی از طول بر حسب قسمت در میلیون یا بطور ساده تر بر حسب میلیونیم بیان میشود.

- **مثال:** یک میلیونیم به معنی ۰,۰۰۰۰۰۱

۶۰۰ میلیونیم به معنی ۰,۰۰۰۶۰۰

۰,۰۶ درصد همان ۰,۰۰۰۶۰۰ : ۶mm در ۱۰m

تغییرات دما:

- مقدار میانگین ضریب انبساط بتن حدود ۱۰ میلیونیم بر درجه سیلسیوس است. این مقدار معادل تغییر طولی به اندازه ۵mm برای مقطعی به طول ۱۰m تحت تاثیر افزایش یا کاهش ۵۰°C است.
- انبساط و انقباض حرارتی بتن با عواملی مانند نوع دانه، پر مایه بودن مخلوط، نسبت W/C، محدوده دما، سن بتن و رطوبت نسبی تغییر میکند. از میان عوامل فوق نوع دانه بیشترین اثر را دارد.
- ضریب انبساط حرارتی فولاد حدود ۱۲ میلیونیم بر درجه سیلسیوس است که با مقدار ضریب انبساط حرارتی بتن قابل مقایسه است.
- ضریب انبساط بتن آرمه را میتوان ۱۱ میلیونیم بر درجه سیلسیوس فرض کرد.

آبرفتگی حین خشک شدن:

- بتن با کسب رطوبت منبسط و با افت رطوبت منقبض میشود.
- مهمترین عامل قابل کنترل که روی آبرفتگی تاثیر میگذارد، مقدار آب در واحد حجم بتن است.
- آبرفتگی را با نگهداشتن مقدار آب بتن در پایین ترین حد ممکن میتوان به حداقل رسانید. این امر با نگهداشتن مقدار کل دانه های بتن در بالاترین حد ممکن بدست می آید بنابراین استفاده از اسلامپ های پایین و روشهای بتن ریزی که مقادیر آب مورد نیاز را به حداقل میرسانند، عوامل اصلی در کنترل آبرفتگی به شمار می آیند.
- بطور کلی عوامل موثر برای کاهش میزان آبرفتگی در بتن عبارتند از:
 - (۱) استفاده از اسلامپ پایین.
 - (۲) دمای پایین بتن تازه.
 - (۳) افزایش دانه درشت و استفاده از دانه های سخت تر.
 - (۴) ممانعت از ورود دانه ای حاوی مقادیر بیش اندازه رس.
 - (۵) عمل آوردن بتن با بخار
- میزان و مقدار نهایی آبرفتگی برای توده های بزرگ کمتر از توده های کوچک است، اگرچه آبرفتگی برای توده های بزرگ بیشتر ادامه می یابد.
- آبرفتگی بتن آرمه شده از بتن آرمه نشده کمتر است که این اختلاف بستگی به مقدار میلگرد دارد. (در سازه های بتن آرمه، آبرفتگی حین خشک شدن به طور متعارف ۲۰۰~۳۰۰ میلیونیم فرض میشود، ولی برای نمونه های بتن آرمه نشده کوچک در حدود ۴۰۰~۸۰۰ میلیونیم است)
- بسیاری از مواد افزودنی لازم میدارند که مقدار واحد آب بتن افزایش یابد، و بدین دلیل میتوان از آنها انتظار داشت که آبرفتگی را افزایش دهند. تسریع کننده هایی مانند کلرور کلسیم و تری اتانولامین باعث افزایش آبرفتگی حین خشک شدن بتن میشوند. برخی مواد افزودنی شیمیایی از نوع کاهنده آب، علیرغم کاهش در مقدار آب، ممکن است به مقدار زیادی آبرفتگی حین خشک شدن را افزایش دهند.

تغییر شکل الاستیکی:

- با نسبتهای وزنی $w/c = 0,5$ یا کمتر تا تغییر طول نسبی ۱۵۰۰ میلیونیم ، تغییر طول نسبی تقریباً "متناسب با فشار یا تنش می باشد یعنی تقریباً" الاستیک.

خزش:

- هنگامیکه بتن بارگذاری می شود ، تغییر شکل ایجاد شده توسط بار ممکن است به دو قسمت تقسیم شود:
 - (۱) تغییر شکلی که بلافاصله رخ میدهد (مانند تغییر طول نسبی الاستیکی)
 - (۲) تغییر شکل وابسته به زمان که بیدرنگ آغاز میشود. (خزش)
- مقدار خزش بستگی دارد به :
 - (۱) اندازه تنش.
 - (۲) سن و مقاومت بتن در هنگام اعمال تنش.
 - (۳) طول مدت زمانیکه بتن تحت تنش است.
 - (۴) کیفیت بتن و شرایط محیطی از نظر رطوبت و دما و عمل آوردن
- در محدوده تنش های معمولی ، خزش متناسب با تنش است. در بتن تازه ریخته شده ، تغییرات حجمی یا طولی ناشی از خزش بیشتر برگشت ناپذیر است اما خزش در بتن کهنه یا خشک بیشتر برگشت پذیر است.
- با کاهش مقاومت بتن ، خزش افزایش میابد.
- برای بتنی که در بخار با فشار زیاد (اتوکلاو) عمل آورده میشود ، خزش بسیار کمی رخ میدهد.

آزمایشهای کنترل کیفیت بتن

رده بندی آزمایشها:

- آزمایش سیمانهای پرتلند ، به منظور جلوگیری از رفتار غیر عادی مانند سخت شدن زود هنگام ، گیرش دیر هنگام ، یا مقاومتهای پایین بتن .
- آزمایش دانه ها دو منظور اصلی دارد:

دسته اول : آزمایشهایی است که به منظور تعیین مناسب بودن خود مصالح برای استفاده در بتن مورد استفاده قرار میگیرند که شامل آزمایش های سایش ، سلامت ، چگالی، آنالیز شیمیایی و سنگ شناسی است.

دسته دوم : آزمایشهایی است که برای اطمینان از یکنواختی مانند آزمایشهای کنترل رطوبت و دانه بندی مصالح سنگی بکار میرود.

- آزمایشهای بتن :

اول آزمایشهایی است که به منظور ارزیابی رفتار مصالح در دسترس و به منظور تعیین نسبت مخلوط بکار میروند. شامل آزمایشهای وزن مخصوص ، مقاومت و کارایی.

دوم آزمایشهایی که عموماً" برای کنترل بکار مروند. شامل آزمایشهای اسلامپ ، مقدار هوا ، وزن مخصوص ، و مقاومت.

تکرار آزمایشها:

- آزمایش رطوبت : يك يا دو بار در صبح
- آزمایشهای اسلامپ در کارگاه : روی نمونه های مخلوطی انجام میگیرد
- آزمایشهای مقدار هوا : در صورت تغییر دما و دانه بندی مصالح سنگی
- تعداد آزمایشهای مقاومت (طبق ACI) : نباید کمتر از یکبار در روز برای هر بتنی که در هر روز ریخته میشود ، نباید کمتر از یکبار برای هر $120 m^3$ بتن و یا نباید کمتر از یکبار برای هر $460 m^2$ سطح بتن ریزی دالها یا دیوارها باشد. برای هر آزمایش مقاومت میانگین دو استوانه مورد نیاز است.

دانه ها:

* نمونه گیری از دانه ها:

- برای دانه های درشت ، کاهش نمونه های بزرگ به مقادیر کوچک با روش $\frac{1}{4}$ کردن انجام میگیرد: نمونه کاملاً" مخلوط میشود، و روی تکه ای کرباس در يك لایه 75 تا $100 mm$ پخش میشود. نمونه به ۴ قسمت متساوی تقسیم میشود. دو قسمت مقابل سپس دور ریخته میشوند. این عمل تا زمانیکه اندازه مطلوب نمونه باقی بماند ، تکرار میشود.
- برای دانه های ریز و خشك از يك دستگاه دو نیم کننده میتوان استفاده نمود ، و یا روش $\frac{1}{4}$ کردن.

* آزمایشهای تعیین ناخالصی های آلي :

- نمونه ای از ماسه در محلول هیدرواکسید سدیم ریخته شده و تکان داده میشود. روز بعد رنگ محلول با رنگ محلول استاندارد مقایسه میشود. در صورتیکه رنگ تیره تر از رنگ استاندارد باشد، ماسه نباید بدون تحقیق و بررسی بیشتر برای کارهای مهم مصرف شود.

* آزمایشهای تعیین مصالح ریز نا مطلوب :

- مقادیر زیاد رس و لای در دانه های سنگی میتواند روی دوام اثر گذاشته ، آبرفتگی را افزایش داده و به جدا شدن از دانه های دیگر تمایل داشته باشند. مشخصات معمولاً" مقدار مصالح رد شده از الك شماره ۲۰۰ ($75 \mu m$) را در ماسه به ۲ یا ۳ درصد در دانه درشت به کمتر از ۱٪ محدود میسازند.

* آزمایشهای دانه بندی : (آزمایش آنالیز الک)

- نتایج آزمایش الک در سه مورد بکار میوند:
- (۱) برای تعیین تطابق مصالح با مشخصات
- (۲) برای انتخاب مناسبترین مصالح در صورتیکه چندین دانه در دسترس باشند
- (۳) برای تشخیص تغییرات در دانه بندی به منظور از آگاهی از خطر آمیختن اندازه های انتخابی یا تصحیح نسبتهای مخلوط بتن.
- از بکار بردن مصالحی که حاوی مقادیر بسیار زیاد یا کم اندازه ای هستند، اجتناب کرد.
- اگر میانگین مدول نرمی دانه های ریز بیشتر از ۰,۲ تغییر کند ، نسبتهای اختلاط باید تصحیح شوند.
- اگر مقدار باقیمانده روی هر دو الک متوالی بیشتر از ۱۰٪ وزن کل نمونه ماسه تغییر کند، تصحیح نسبتهای اختلاط باید انجام بگیرد.
- مقدار کل ذرات ماسه ریز تمیز که از الک شماره ۱۰۰ گذشته ، اما روی الک شماره ۲۰۰ باقی بماند ، برای کارآیی بهتر است (۱۰٪).

* آزمایشهای تعیین رطوبت سطحی دانه ها:

- مقدار مقدار مشخصی از نمونه مرطوب، در اجاق یا روی یک ورق داغ یا آتش خشک میشود. با دانستن وزنه های دانه قبل و بعد از خشک شدن ، درصد رطوبت را میتوان محاسبه کرد. روش دیگر ، تبخیر رطوبت بوسیله سوزاندن الک است.
- وقتی روشهای خشک برای تعیین مقدار رطوبت آزاد مورد استفاده قرار میگیرد ، برای مقدار آب جذبی توسط دانه ها باید تصحیحاتی را انجام داد. مثالی از تصحیح وزن پیمانه بعلت رطوبت دانه ها در **جدول ۱-۱۴** آورده شده است.

جدول ۱-۱۴: مثالی از تصحیح وزن پیمانه بعلت رطوبت دانه ها

وزن تصحیح شده پیمانه	تصحیح به علت رطوبت دانه ها	مقدار رطوبت دانه ها، بر حسب درصد بالایی	وزن پیمانه (دانه ها در شرایط ssd)*	مواد متشکله بتن
kg	kg	ssd	kg	
۳۵۰	-	-	۳۵۰	سیمان
۷۴۲	+۴۲	۶	۷۰۰	دانه ریز
۱۱۱۱	+۱۱	۱	۱۱۰۰	دانه درشت
۱۲۲	-۵۳	-	۱۷۵	آب
۲۳۲۵			۲۳۲۵	مقدار کل

* دانه در شرایط اشباع با سطح خشک (ssd) دانه ای است که حفره های نفوذ پذیر آن از آب پر شده و آبی در سطح آن موجود نباشد.

بتن تازه:

* نمونه گیری از بتن تازه :

- حجم نمونه حداقل باید $0.03m^3$ باشد. از آن گذشته ، نمونه باید در مدت ۱۵ دقیقه پس از زمان برداشتن از پیمانه مورد استفاده قرار گیرد و باید از تابش آفتاب ، باد محافظت شود.

* آزمایشهای تعیین روانی : (آزمایش اسلامپ و آزمایش نفوذ وزنه)

- مخروط اسلامپ باید در سه لایه با حجم تقریباً مساوی پر شود ، این کار با پر کردن مخروط تا عمقی در حدود ۶۵mm (بعد از میل کوبیدن) برای اولین لایه و حدود نصف ارتفاع مخروط برای لایه دوم انجام میشود.
- در آزمایش نفوذ وزنه عمقی که یک نیمکره با وزن ۱۳,۶Kg و با قطر ۱۵ cm به داخل بتن تازه که در ظرفی به ابعاد عرضی حداقل حدود ۴۵ cm و عمق ۲۰cm فرو خواهد رفت اندازه گیری میشود.

* اندازه گیری دما:

- استفاده از دماسنجهای حفاظ دار که دارای دقتی برابر $1^{\circ}C \pm$ است.

* آزمایشهای تعیین وزن مخصوص:

- این آزمایش میتواند بیانگر مقدار هوا نیز باشد.
- استفاده از دستگاه توزین یا ترازویی که تا 0.005Kg دقت دارد.

* آزمایشهای تعیین مقدار هوا:

- استاندارد ASTM روشهای زیر را در بر میگیرد:
- (۱) روش فشاری (۲) روش حجمی (۳) روش وزنی

- (۱) روش فشاری: بر اساس قانون بویل استوار است که فشار را به حجم مرتبط میسازد. نامناسب برای بتن های ساخته شده از دانه های سبک و متخلخل.
- (۲) روش حجمی: از حجم معلومی از بتن بوسیله بهم زدن بتن در مقدار اضافه ای از آب، هوا خارج شود. مناسب برای هر نوع دانه.
- (۳) روش وزنی: از همان روش اندازه گیری وزن مخصوص بتن استفاده میشود وزن مخصوص اندازه گیری، از وزن مخصوص نظری محاسبه شده، که از حجمهای مطلق مواد متشکله بدون احتساب هوای موجود بدست می آید، کم میشود. این اختلاف که بصورت درصدی از وزن مخصوص نظری بیان میشود، همان مقدار هواست.

* آزمایشهای تعیین مقدار سیمان:

- برای تعیین مقدار سیمان، آزمایش ویلیس-هایم (Willis-Hime) میتواند روی بتن تازه انجام گیرد و مقدار سیمان را مستقیماً اندازه گیری کند.
- برای آنالیز سریع بتن تازه، آزمایش کلی-ویل (Kelly-Vail) مقدار آب و سیمان بتن تازه را در مدت ۱۵ دقیقه تعیین میکنند.

* آزمایش تعیین مقاومت:

- نمونه آزمایشی استاندارد برای مقاومت فشاری بتن با اندازه حداکثر دانه 50mm یا کوچکتر، استوانه ای به قطر 150mm و به ارتفاع 20cm است. برای دانه های بزرگتر، قطر استوانه باید حداقل ۳ برابر اندازه حداکثر دانه بوده و ارتفاع استوانه باید دو برابر آن باشد.
- برای دانه های تا 50mm ، سطح مقطع تیر های آزمایش مقاومت خمشی باید $15 \times 15\text{cm}$ باشد.
- برای دانه های بزرگتر، حداقل بعد مقطع نباید کمتر از ۳ برابر اندازه حداکثر دانه باشد. طول دهانه باید ۳ برابر ارتفاع تیر یا 45cm باشد. و نمونه باید حداقل 50mm بلند تر بوده یعنی برای تیر $150 \times 150 \times 150\text{mm}$ طول کل آن کمتر از 50cm نباشد.
- استوانه های آزمایشی که میله کوبی میشوند باید در سه لایه تقریباً متساوی پر شوند. نمونه های تیر و استوانه های آزمایشی که ویریه میشوند ممکن است در دو لایه پر شوند. بتن باید یا با میله کوبی یا با ارتعاش متر اکم شود: بتن با اسلامپ بیشتر از 70mm باید میله کوبی شود، بتن با اسلامپ کمتر از 20mm باید ویریه شود.
- بلافاصله بعد از قالب ریزی، باید روی نمونه ها را با یک صفحه فلزی یا شیشه روغن مالی شده، یا دو لایه کرباس مرطوب که در تماس با بتن نباشد، پوشانید.

بتن سخت شده:

* آزمایشهای مقاومت بتن سخت شده:

- آزمایشهای مقاومت بتن سخت شده را میتوان روی نمونه های قالب گیری شده از نمونه بتن که مورد استفاده قرار گرفته است روی نمونه های اره شده بتن سخت شده انجام داد.
- انتها های استوانه ها و نمونه های بریده شده باید صاف شده و کلاهی گذاری شوند.

* آزمایش بتن سخت شده با روشهای غیر تخریبی : (به منظور ارزیابی مقاومت و دوام بتن سخت شده)

(۱) روش بازگشتی : چکش بازگشتی اشمیت اساساً يك وسیله آزمایشی سختی سطوح است. این وسیله فاصله بازگشت يك میله ضربه زن را پس از برخورد به يك سطح صاف بتنی اندازه میگیرد. قرائت نتایج را میتوان به مقاومت فشاری بتن مرتبط ساخت.

(۲) روش نفوذ: میله نازک وین زر ژ، مانند چکش بازگشتی اساساً يك وسیله آزمایشی سختی است که به گونه سریعی میتواند مقاومت نسبی بتن را معین سازد. این وسیله شامل يك تپانچه است، که با استفاده از نیروی باروت، يك میله نازک (سوزن) با آلیاژ سخت را به داخل بتن شلیک می کند. طول قسمت فرو نهفته این میله توسط يك عمق سنج اندازه گیری و توسط يك جدول کالیبره شده به مقاومت فشاری بتن ربط پیدا میکند.

(۳) آزمایش در آوردن: (توسط دستگاه Lok-Test) شامل قرار دادن انتهای بزرگ شده يك میله فولادی در بتن مورد آزمایش بوده و سپس اندازه گیری نیروی لازم برای کشیدن این میله فولادی می باشد. آزمایش مزبور مقاومت نسبی بتن را اندازه میگیرد. مقاومت اندازه گیری شده در واقع همان آزمایش مستقیم مقاومت برشی بتن است.

(۴) آزمایشهای دینامیکی یا ارتعاشی: بر این اصل استوار است که سرعت صوت در يك جسم جامد را میتوان با روشهای زیر اندازه گیری کرد:

(۱) تعیین فرکانس تشدید يك نمونه

(۲) ثبت زمان حرکت پالسهای ارتعاشی کوتاه از درون يك نمونه

سرعت های بسیار بالا بیانگر يك بت بسیار خوب و سرعت های بسیار کم بیانگر يك بتن ضعیف است. روشهای میکرو زلزله (Micro Seismic) با استفاده از انرژی مکانیکی در فرکانس های پایین برای شناسایی، تعیین محل، و ثبت به طریق عکسبرداری از ناپیوستگیهای مکانیکی و فیزیکی درون جامدات بکار میرود. در این آزمایشها میتوان مقاومت و مدول بتن و نیز وجود و جهت ترکهای سطحی و داخلی بتن را معین کرد.

(۵) آزمایشهای دیگر:

(۱) اشعه X : برای آزمایش خواص بتن

(۲) دستگاه پرتو نگاری گاما: برای تعیین محل میلگرد ها، دانسیته و احتمالاً کرمو بودن بتن در سازه ها

(۳) روش هسته ای : برای اندازه گیری بعضی خواص بتن (تعیین رطوبت و مقدار سیمان بتن)

(۴) دستگاههای شناسایی مغناطیسی (پاوکومتر Pachometer): برای اندازه گیری ضخامت پوشش بتنی میلگردها و شناسایی محل میلگردها

(۵) روش جذب میکرو ویو : تعیین مقدار رطوبت مصالح ساختمانی متخلخل مانند بتن

(۶) روش انتشار امواج صوتی: مطالعه مقدار بار در سازه ها و نیز تعیین منشأ ترك خوردگی

* ارزیابی نتایج آزمایشهای فشاری:

ACI - در صورتی مقاومت فشاری بتن را قابل قبول میدانند که میانگین تمامی مجموعه های سه آزمایش متوالی مقاومت برابر یا بیشتر از مقاومت ۲۸ روزه مقرر بوده و هیچیک از آزمایشهای مقاومت (میانگین دو استوانه) بیشتر از ۳،۵MPa پایین تر از مقاومت مقرر نباشد.

انواع ویژه بتن

۹۵ نوع بتن در جدول زیر که با سیمان پرتلند ساخته شده ، ارائه شده است:

انواع بتن ساخته شده با سیمان پرتلند	
Fair face concrete	بتن با نمای خوب
Fat concrete	بتن پر مایه
Fiber-reinforced concrete	بتن آرمه شده با الیاف
Fibrous concrete	بتن الیاف دار
Field concrete	بتن کارگاهی
Foamed concrete	بتن کفی
Gap-graded concrete	بتن با دانه بندی گسسته
Gas concrete	بتن گازی
Granolithic concrete	بتن با دانه های گرانیتی
Green concrete	بتن تازه گرفته
Grout	دو غاب
Shrink-mixed concrete	بتن نیمه آماده
Spun concrete	بتن متراکم شده با نیروی گریز از مرکز
Structural concrete	بتن سازه ای، بتن ساختمانی
Structural lightweight concrete	بتن سازه های سبک، بتن ساختمانی سبک
Sulfate-resistant concrete	بتن ضد سولفات
Sulfur-impregnated concrete	بتن گوگرد دار
Terrazzo concrete/terrazzo	بتن موزائیکی
Transit-mixed concrete	بتن در کامیون مخلوط شده
Translucent concrete	بتن شیشه دار
Tremie concrete	بتن زیر آب
Truck-mixed concrete	بتن در کامیون مخلوط شده
Vacuum concrete	بتن واکیمی
Vermiculite concrete	بتن با دانه های ورمیکولیتی
Vibrated concrete	بتن مرتعش شده
Visual concrete	بتن نما
Watertight concrete	بتن آب بند
White concrete	بتن سفید
Zero-slump concrete	بتن با اسلامپ صفر
Polymer-impregnated concrete	بتن با پلیمر
Popcorn concrete	بتن متخلخل
Porous concrete	بتن خلل فرج دار
Portland cement concrete	بتن با سیمان پرتلند
Precast concrete	بتن پیش ساخته
Grouted-aggregate concrete	بتن با دو غاب تزریق شده
Hardened concrete	بتن سخت شده
Heat-resistant concrete	بتن ضد حرارت
Heavy concrete	بتن سنگین
Heavy-duty floor topping concrete	بتن رویه برای کفهای پر تردد
Heavyweight concrete	بتن سنگین
High-density concrete	بتن با دانسیته بالا
High-early-strength concrete	بتن با مقاومت زود رس
Hot-weather concrete	بتن هوای گرم
In-situ concrete	بتن درجا
Insulating concrete	بتن عایق بندی
Insulating lightweight concrete	بتن سبک عایق بندی
Internally sealed concrete	بتن بدون درز
Latex concrete	بتن لاتکس
Lean concrete	بتن کم سیمان، بتن مگر
Light colloidal concrete	بتن کلوئیدی سبک
Lightweight concrete	بتن سبک
Low-density concrete	بتن با دانسیته پایین
Mass concrete	بتن حجیم
Monolithic concrete	بتن یکپارچه
Mortar	مالات
Nailable concrete	بتن قابل میخکوبی
No-fines concrete	بتن بدون ریزدانه
No-slump concrete	بتن بدون اسلامپ
Normal-weight concrete	بتن معمولی
Packaged concrete	بتن بسته بندی شده
Plain concrete	بتن ساده
Plaster	پلاستر
Plastic concrete	بتن خمیری
Aerated concrete	بتن اسفنجی
Air-entrained concrete	بتن با حباب هوا
Architectural concrete	بتن معماری
Backfill concrete	بتن پرکننده
Born-loaded concrete	بتن سنگین برن دار

Design and Control of Concrete Mixtures

Cast-in-place concrete	بتن درجا	بتن با دانه هاي از پيش چيده شده Preplaced aggregate concrete
Cast-in-situ concrete	بتن درج	بتن با دانه هاي از پيش چيده شده Prepacked concrete
Cellular concrete	بتن متخلخل	بتن نیمه آماده ، بتن با ابرفتگی پایین Preshrunk concrete
Centrally mixed concrete	بتن آماده	بتن پیش تنیده Prestressed concrete
Centrifugally cast concrete	بتن متر اکم شده با نیروی گریز از مرکز	بتن پمپاژ Pumped concrete
Cold-weather concrete	بتن هوای سرد	بتن آماده Ready mixed concrete
Colloidal concrete	بتن کلونیدی	بتن آرمه Reinforced concrete
Colored concrete	بتن رنگی	بتن پر سیمان Rich concrete
Confined concrete	بتن محبوس	بتن متر اکم شده با غلظت Roller-compacted concrete
Cyclopean concrete	بتن با سنگهای بزرگ	بتن لاشه سنگی Rubble concrete
Dense concrete	بتن توپر	بتن خاک اره ای Sawdust concrete
Dry-packed concrete	بتن سفت	بتن حفاظی Shielding concrete
Exposed concrete	بتن نما	بتن پاشیده Shotcrete
Exposed aggregate conc.	بتن با دانه هاي نمایان	

انواع بتن فاقد سیمان پرتلند

Refractory insulating concrete	بتن عایقبندي نسوز	بتن آسفالتی Asphalt concrete
Resin concrete	بتن رزین دار	بتن بطور شیمیایی پیش تنیده-Chemically prestressed concrete
Self-stressing concrete	بتن خود تنیده	بتن اپوکسی Epoxy concrete
Shrinkage-compensated concrete	بتن جبران کننده ابرفتگی-	بتن پلیمری Polymer concrete
Sulfur concrete	بتن گوگردی	بتن پلیمری با سیمان Polymer-cement concrete
Aluminate concrete	بتن با سیمان آلومیناتی	بتن نسوز Refractory concrete

بتن سبك ساختمانی:

- بتنی است متشکل از دانه های سبك كه دانسیته آن در محدوده $1440 \sim 1850 \text{ Kg/m}^3$ بوده و مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن متجاوز از ۱۷,۵Mp است.
- دانه های سبك به روشهای گوناگونی تولید میشوند: شیل ، رس ، اسلیت در يك كوره دوار یا روی شبکه های آهنی تحت گرما منبسط می شود، توده به هم چسبیده خاکستر بادی با گلوله کردن و پختن آن روی شبکه های آهنی تولید می شود.
- حدود تغییرات دانسیته دانه ها بین $560 \sim 1120 \text{ Kg/m}^3$ است. این نوع دانه ها ممکن است ۵-۲۰٪ وزنی مصالح خشك آب جذب کنند.
- بتن سبك دارای اسلامپ کمتری است، چون دانسیته دانه ها پایین تر است.
- ایجاد حباب های هوا در تمامی بتن های سبك توصیه می شود.
- عملیات صاف کردن و ماله کشی باید حداقل بوده و با ابزار آلومینیومی یا منیزی استفاده شود.

بتن سبك عایقبندي:

- مورد استفاده در : بامها، دیوارهای آتشبند، پر کردن كف ها، پوشش حرارتی آبگذرهای زیرزمینی.
- حدود تغییرات دانسیته این بتن در شرایط خشك در كوره : $240 \sim 1440 \text{ Kg/m}^3$. و ممکن است مطابق زیر گروه بندي شود:

- گروه ۱:** بتن با دانه های متشکل از مصالح منبسط شده مانند پرلیت، ورمیکولیت، یا پوکه های منبسط شده پلی استرین. وزن مخصوص آنها در حالت خشک شده در کوره عموماً بین $800 \sim 240 \text{ Kg/m}^3$ است.
- گروه ۲:** بتن ساخته شده با دانه هایی که بوسیله انبساط، تکلیس، یا پختن مصالحی مانند روباره آهنگدازی، رس، دیاتومیت، خاکستر بادی، شیل یا اسلیت تولید شده اند. یا با انجام فرایند هایی روی مصالح طبیعی مانند پومیس، اسکوریا، یا توف.
- وزن مخصوص آنها در حالت خشک شده در کوره عموماً بین $800 \sim 1440 \text{ Kg/m}^3$ است.
- گروه ۳:** بتن است که با ایجاد یک ساختمان متخلخل یکنواخت از حفره های هوا در خمیر سیمان یا ملات ماسه سیمان با استفاده از کف پیش ساخته یا درجا ساخته میشود.
- وزن مخصوص آنها در حالت خشک شده در کوره عموماً بین $240 \sim 1440 \text{ Kg/m}^3$ است.
- روش دیگر طبقه بندی بتن بر اساس دانسیته و مقاومت است:
 - * بتن با دانسیته پایین وزن مخصوص کمتر از 800 Kg/m^3 دارد که مطابق با گروه ۱ است.
 - ** بتن با مقاومت متوسط وزن مخصوصی بین $800 \sim 1440 \text{ Kg/m}^3$ دارد که با گروه ۲ مطابقت دارد.
 - *** وزن مخصوص بتن ساختمانی از $1440 \sim 2560 \text{ Kg/m}^3$ است. گروه ۳ شامل بتن های با دانسیته پایین و مقاومت متوسط است.
- نسبتهای اختلاط:
- مثال هایی از نسبتهای اختلاط برای گروه ۱ و ۳ در جدول ۱-۱۵ نشان داده شده است.

جدول ۱-۱۵: مثالهایی از مخلوط های بتن عایق بندی سبک

نوع بتن	نسبت حجمی سیمان پرتلند به دانه	دانسیته در حالت خشک شده در کوره pcf	سیمان پرتلند نوع ۱ pcf	نسبت وزنی w/c	مقاومت فشاری ۲۸ روزه استوانه های 6×12 اینچ، psi
متخلخل (سیمان خالص)	-	۳۹	۸۸۴	۰٫۵۷	۳۵۰
	-	۳۴	۷۹۰	۰٫۵۶	۲۱۰
	-	۲۸	۶۶۸	۰٫۵۷	۱۳۰
	-	۲۳	۵۳۵	۰٫۶۵	۵۰
متخلخل (ماسه دار) ++	۱:۱	۵۸	۷۲۴	۰٫۴۰	۴۶۰
	۱:۲	۷۸	۶۳۰	۰٫۴۱	۸۲۰
	۱:۳	۱۰۰	۶۰۲	۰٫۵۱	۲۱۹۰
پرلیت	۱:۴	۳۰ to ۳۸	۶۱۰	۰٫۹۴	۴۰۰
	۱:۵	۲۶ to ۳۶	۵۱۶	۱٫۱۲	۳۲۵
	۱:۶	۲۲ to ۳۴	۴۱۴	۱٫۲۴	۲۲۰
	۱:۸	۲۰ to ۳۲	۳۹۵	۱٫۷۲	۲۰۰
ورمیکولیت	۱:۴	۳۱ to ۳۷	۶۴۰	۰٫۹۸	۳۰۰
	۱:۵	۲۸ to ۳۱	۴۹۸	۱٫۳۰	۱۷۰
	۱:۶	۲۳ to ۲۹	۴۱۴	۱٫۶۰	۱۳۰
	۱:۸	۲۰ to ۲۱	۳۰۰	۲٫۰۸	۸۰
پلی استرین + ۰ پوند ماسه	۱:۳٫۴	۳۴+++	۷۵۰	۰٫۴	۳۲۵
۱۲۴ پوند ماسه در یارد مکعب	۱:۳٫۱	۳۹+++	۷۵۰	۰٫۴	۴۰۰
۲۶۱ پوند ماسه در یارد مکعب	۱:۲٫۹	۴۴+++	۷۵۰	۰٫۴	۴۷۵
۳۳۸ پوند ماسه در یارد مکعب	۱:۲٫۵	۴۸+++	۸۰۰	۰٫۴	۵۵۰

+ مخلوط همچنین شامل حباب هوا و یک ماده کاهنده آب بود.

++ وزن مخصوص ماسه خشک میله خورده ۱۰۰ پوند بر فوت مکعب است.

+++ دانسیته در حالت خشک شده در هوا در ۲۸ روز، ۵۰ درصد رطوبت نسبی.

در گروه ۱ مقادیر هوا ممکن است حتی ۳۰٪ تا ۲۵٪ باشد.

Design and Control of Concrete Mixtures

- در مواردی که فولاد گالوانیزه در تماس دائمی بتن خواهد ماند، نباید از تسریع کننده های حاوی کلرورکلسیم استفاده شود. (بدلیل مسائل خوردگی)

کار آیی:

- بتن های عایق بندی با وزن مخصوص کمتر از 800 Kg/m^3 ، بعلاوه دارا بودن مقدار هوای زیاد، عموماً از کار آیی عالی برخوردارند.
- اسلامپ های تا 25 cm معمولاً برای گروه های ۱ و ۳ رضایت بخش است.

اختلاط بتن ریزی:

- ارجح آن است که نخست مقدار آب مورد نیاز به داخل مخلوط کن ریخته شود، سپس سیمان، مواد حبابزا یا کفزا، دانه ها، کف پیش ساخته و دیگر افزودنی ها اضافه شود.
- از جابجایی و اختلاط زیادی بتن باید اجتناب کرد زیرا به شکسته شدن دانه های مصالح سنگی کمک کرده و دانسیته و روانی را تغییر میدهد.
- بعلاوه مقادیر نسبتاً زیاد حبابهای هوا، جدایی معمولاً مساله آفرین نیست.
- عملیات پرداخت باید در حداقل نگهداشته شود، صاف کردن با شمشه معمولاً کافی است.

هدایت حرارتی:

- قابلیت هدایت حرارتی بتن تحت تاثیر مقدار رطوبت آن قرار دارد. برای بتن های عایق بندی، برای ۱٪ افزایش دانسیته در اثر رطوبت آزاد، قابلیت هدایت حرارتی حدوداً ۵٪ افزایش می یابد.

مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن:

- بتن عایق بندی سبک عموماً مقرر نمی شود که در برابر یخ زدن و آب شدن در شرایط اشباع مقاومت کند.

آبرفتگی در حین خشک شدن:

- بتن های متخلخل اتوکلاو شده آبرفتگی بسیار اندکی دارند.
- بتن های عایق بندی که با دانه های پرلیتی و پومیزی ساخته شده اند، ممکن است در مدت ۶ ماه تحت رطوبت نسبی ۵۰٪ به مقدار ۰٫۳٪~۰٫۱٪ آبرفتگی داشته باشند.
- بتن های ورمیکولیتی در ظرف ۶ ماه به مقدار ۰٫۴٪~۰٫۲٪ آبرفتگی دارند.
- بتن های عایق بندی که با روباره منبسط شده یا شیل منبسط شده ساخته شده باشند، در مدت ۶ ماه تقریباً در محدوده ۰٫۱۱٪~۰٫۰۶٪ قرار دارد.

درز های انبساط برای عایق کاری بام:

- ایجاد درز انبساط 25 mm اغلب در محل های جان پناه و پیشامدگی های بام مقرر میشود. (برای انبساط ناشی از گرمای خورشید)
- برای انبساط حرارتی به مقدار 25 mm در هر 30 m پیمایش خطی، درز های انبساط عرضی باید در هر جهت به فواصل حداکثر 30 m ایجاد شوند.

بتن سنگین:

- بتن های سنگین با دانه های سنگین ویژه ای تولید میشوند و دانسیته آنها حدوداً 2400 Kg/m^3 میرسد.
- اساساً برای حفاظت در برابر تشعشعات بکار میرود. (اشعه x، گاما، نوترونی)
- اگر فضا محدود باشد، از بتن سنگین باید برای حفاظت در برابر اشعه استفاده کرد در غیر این صورت با بتن معمولی میتوان همان حفاظ را با ضخامتی بیشتر استفاده کرد.

Design and Control of Concrete Mixtures

- نوع و شدت تشعشع معمولاً "تعیین کننده مقدار آب و دانسیته مقرر بتن است.

(۱) دانه های سنگین :

- خواص فیزیکی نمونه هایی از بتن و دانه های سنگین در **جدول ۲-۱۵** آورده شده است.

جدول ۲-۱۵: خواص فیزیکی نمونه هایی از بتن و دانه های سنگین

نوع دانه	آب ثابت* بر حسب درصد وزنی	چگالی دانه	دانسیته ظاهری دانه		دانسیته بتن	
			pcf	Kg/m ^۳	pcf	Kg/m ^۳
گوئیت	۱۰-۱۱	۳,۴-۳,۷	۱۳۰-۱۴۰	۲۰۸۰-۲۲۴۰	۱۸۰-۲۰۰	۲۸۸۰-۳۲۰۰
لیمونیت	۸-۹	۳,۴-۴,۰	۱۳۰-۱۵۰	۲۰۸۰-۲۴۰۰	۱۸۰-۲۱۰	۲۸۸۰-۳۳۶۰
باریت	۰	۴,۰-۴,۶	۱۴۵-۱۶۰	۲۳۲۰-۲۵۶۰	۲۱۰-۲۳۰	۳۳۶۰-۳۶۸۰
ایلمنیت	-	۴,۳-۴,۸	۱۶۰-۱۷۰	۲۵۶۰-۲۷۰۰	۲۲۰-۲۴۰	۳۵۲۰-۳۸۵۰
هماتیت	-	۴,۹-۵,۳	۱۸۰-۲۰۰	۲۸۸۰-۳۲۰۰	۲۴۰-۲۶۰	۳۸۵۰-۴۱۷۰
مانیتیت	-	۴,۲-۵,۲	۱۵۰-۱۹۰	۲۴۰۰-۳۰۴۰	۲۱۰-۲۶۰	۳۳۶۰-۴۱۷۰
فروفسفر	۰	۵,۸-۶,۸	۲۰۰-۲۶۰	۳۲۰۰-۴۱۶۰	۲۵۵-۳۳۰	۴۰۸۰-۵۲۹۰
گلوله ها و تکه های فولادی	۰	۶,۲-۷,۸	۲۳۰-۲۹۰	۳۶۸۰-۴۶۵۰	۲۹۰-۳۸۰	۴۶۵۰-۶۰۹۰

* آب نگهداشته شده یا بطور شیمیایی پیوند شده در دانه ها.

در مواردی که مقدار آب ثابت بالایی مورد نظر باشد ، از سرپنتین یا بوکسیت میتوان استفاده کرد.

(۲) مواد اضافی:

- برای بهبود خواص حفاظت نوترونی از مواد اضافی حاوی برن (Born) مانند کلیمیت ، مواد تکلیم شده برن دار و بروکلسیت استفاده میشود. این مواد روی گیرش و مقاومت اولیه تأثیر معکوس دارند.

(۳) خواص بتن سنگین:

- خواص فیزیکی بتن سنگین عموماً "در همه موارد به استثنای دانسیته ، مشابه با بتن معمولی است.

(۴) اختلاط و بتن ریزی:

- متداولترین روشهای اختلاط و بتن ریزی بتن سنگین:

(۱) روشهای معمول و متداول غالباً "برای اختلاط و بتن ریزی بکار میروند. از پر کردن بیش از اندازه مخلوط کن، بویژه با دانه های بسیار باید اجتناب کرد. پیمانها باید تا حدود ۵۰٪ ظرفیت اسمی مخلوط کن کاهش یابند. از اختلاط زیاد به منظور جلوگیری از شکسته شدن دانه ها که منجر به اثرات زیان بخشی روی کارایی و آب انداختن میشود، باید اجتناب ورزید.

(۲) روشهای از پیش چیده شده: دانه های درشت یا ترکیبی از چندین نوع دانه ، از پیش در قالب ها چیده میشوند. سپس دوغاب تهیه شده از سیمان ، ماسه ، و آب از درون لوله ها با فشار جریان می یابد تا حفره های میان دانه ها پر شود.

(۳) روش پمپاژ برای بتن سنگین با خطوط لوله در محل هایی که فضا محدود است ، میتواند سودمند باشد.

(۴) روش غوطه وری روشی است که بیشتر از ۵۰ mm ملات در قالب ها ریخته میشود و سپس با لایه ای از دانه های مربوطه پوشیده می شود. و در اثر کوبیدن با میله یا ارتعاش داخلی، دانه ها بدرون ملات هدایت می شوند.

بتن های سفید و رنگی:

(۱) بتن سفید:

- سیمان پرتلند سفید برای تولید بتن سفید بکار میرود.

- از مصرف مصالح لازم برای عمل آوردن که ممکن است منجر به لکه دار شدن بتن بشود ، باید اجتناب ورزید.

- دال ها بايد با كاغذ ضد آب كه نتواند بتن را لكه دار سازد عمل آورده شوند.

(۲) بتن رنگي:

- بتن رنگي را ميتوان با استفاده از دانه هاي رنگي يا با افزودن مواد رنگي ، يا هر دو ، توليد كرد.
- دانه هاي رنگي ممكن است از دانه هاي طبيعي مانند كوارتز ، مرمر ، گرانيت بوده ، يا ممكن است از مصالح سراميكي باشند.
- مقدار مواد رنگي كه به يك مخلوط اضافه مي شود نبايد بيشتر از ۱۰٪ وزن سيمان باشد.
- سيمان پرتلند سفيد ، رنگهاي تميزتر و شفاف تري را توليد ميكند.
- سيمان خشك و ماده رنگي پيش از آنكه به مخلوط اضافه شوند ، بايد با هم كاملاً در آميزند تا از رگه هاي رنگي غير يكنواخت جلوگیری به عمل آيد. به منظور حصول اطمینان از يكنواختي ، بايد زمان اختلاط ، طولاني تر از معمول باشد.
- رنگين كردن دال ها يا پانل هاي پيش ساخته اي را كه بطور افقي ريخته ميشوند ، ميتوان با روش رنگ پاشي انجام داد.

مصالح رنگي خشك متشكل از: الف) مواد اكسيدي معدني

ب) سيمان پرتلند سفيد

پ) ماسه سيليسي با دانه بندي ويژه يا ريز دانه هاي ديگر

پس از تخته مالي دال ، ۲/۳ مصالح رنگي خشك بايد بطور يكنواخت با دست روي سطح پاشيده شود. پس از آنكه اين ماده ، آب بتن تازه را جذب كرد ، با استفاده از تخته مالي ، بايد آنرا به سطح بتن تلفيح كرد. بلافاصله بعد از آن ، بقيه مصالح بايد بدقت روي سطح بصورت عمود بر جهت اعمال رنگ اوليه پاشيده شود به گونه اي كه رنگ يكنواختي بدست آيد.

بتن بدون اسلامپ:

- رواني اين نوع بتن معادل ۲۵mm اسلامپ يا كمتر مي باشد.
- کاربرد اين نوع بتن در صنعت پيش ساخته مي باشد. نظير:

(۱) لوله ها

(۲) دالهاي توخالي

(۳) بستههاي راه آهن

(۴) بلوك بتني

(۵) آجر بتني

- اندازه گيري رواني بتن بدون اسلامپ با بتن خميري تفاوت دارد زيرا مخروط اسلامپ براي رواني خشك تر غير عملي است.

- سه وسيله براي اندازه گيري بتن بدون اسلامپ: (۱) دستگاه وي. بي

(۲) دستگاه ضريب تراكم

(۳) ميز سقوط تالو

- در مواردی كه دوام مورد نیاز است ، حباب هاي هواي عمدي توصيه ميشوند.

مقدار ماده حبابزاي مورد نیاز در واحد سيمان براي تأمين مقدار هواي مطلوب در مخلوط خميري همان مقداري است كه بايد در مخلوط فاقد خميري مصرف شود. به عنوان راهي ديگر ، ميتوان از سيمان حباب زاي استفاده كرد.

مقدار سیمان در انواع ملاتها:

- ملات باتارد و ملات ماسه سیمان جزو ملات هاي دير گیر به حساب مي آیند.
- جدول زیر مقدار سیمان مورد استفاده در انواع ملات ها را مشخص مینماید.

جدول مقدار سیمان در ملات ها بر حسب کیلوگرم در متر مکعب ملات

شرح	ملات ماسه سیمان ۱:۶	ملات ماسه سیمان ۱:۵	ملات ماسه سیمان ۱:۴	ملات ماسه سیمان ۱:۳
مقدار سیمان	۲۰۰	۲۲۵	۲۸۵	۳۶۰
شرح	ملات ماسه بادي و سیمان ۱:۴	ملات ماسه بادي و سیمان ۱:۳	ملات باتارد ۱:۲:۸	ملات باتارد ۱:۲:۱۰
مقدار سیمان	۲۸۵	۳۶۰	۱۳۰	۱۱۰
شرح	ملات سیمان پودر سنگ خاك سنگ ۱:۱:۳	دو غاب سیمان سفید پودر سنگ ۱:۴ براي بند كشي سنگ پلاك و كاشي سراميك	دو غاب سیمان سفید پودر سنگ ۱:۶ براي بند كشي موزاييك فرنگي	ملات موزاييك ۱:۲,۵:۲,۵
مقدار سیمان	۳۰۰	۴۰۰	۲۲۵	۳۵۰
شرح	ملات موزاييك ۱:۱,۵:۲	دو غاب سیمان معمولي		
مقدار سیمان	۴۵۰	۴۳۰		

مراجع:

- (۱) طرح و کنترل مخلوطهاي بتن " ابراهيم طسوجي "
- (۲) فهرست بهاي واحد پايه رشته ابنیه رسته ساختمان سال ۱۳۸۳ " سازمان مدیریت و برنامه ريزي کشور "
- (۳) ايین نامه سازه هاي بتني " مهندس مجید رضانقيه "

مؤلف: مهندس سیامک علیزاد

تهیه و تنظیم از: مهندس سیامک علیزاد و مهندس بابک نوبهار

سال: اسفند ۱۳۸۳

آدرس: ALIZAD_SIAMAK@YAHOO.COM

همه حقوق براي مؤلف محفوظ است.