





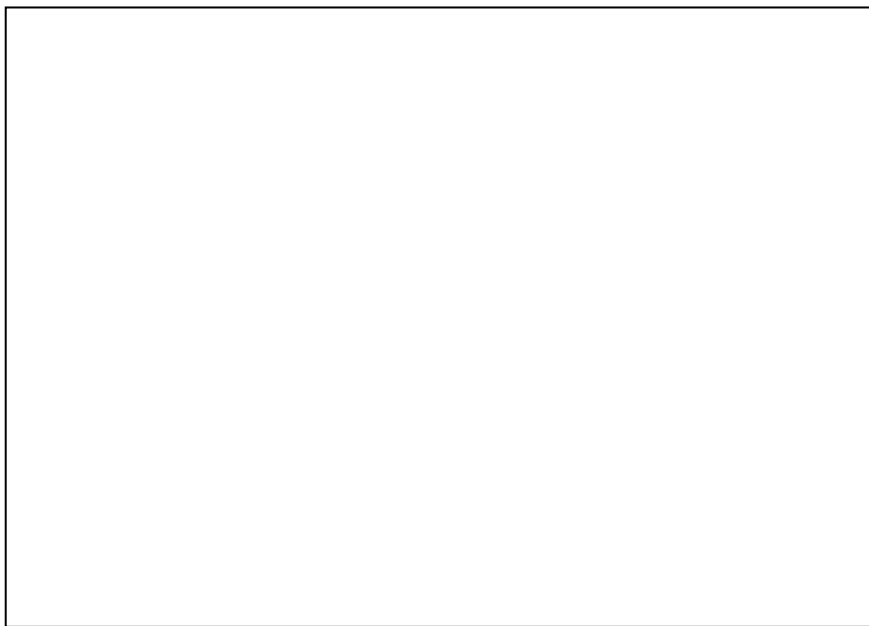
جمهوری اسلامی ایران

# دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه

نشریه شماره ۳۲۷

وزارت مسکن و شهرسازی  
مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن  
<http://www.bhrc.ac.ir>

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور  
معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی، تدوین معیارها  
و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله  
<http://tec.mporg.ir>





ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

بسمه تعالی

رئیس سازمان

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| شماره : ۱۰۰/۶۴۱۹۷                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان |
| تاریخ : ۱۳۸۵/۴/۲۰                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | مشاور و پیمانکاران            |
| موضوع : دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |
| <p>به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور مصوبه شماره ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران، مورخ ۱۴۸۹۸/ت/۲۴۵۲۵ به پیوست نشریه شماره ۳۲۷ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه» از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌شود.</p> <p>دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.</p> <p>عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها و یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، ارسال دارند.</p> |                               |
| <p>فرهاد رهبر<br/>معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                               |

:

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، **از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:**

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
  - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
  - ۳- در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
  - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.
- کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.
- پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

**نشانی برای مکاتبه:** تهران، خیابان شیخ بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴  
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

<http://tec.mporg.ir>

صندوق پستی ۴۵۴۸۱-۱۹۹۱۷



## بسمه تعالی

### پیشگفتار

استفاده از ضوابط و معیارها در مراحل تهیه (مطالعات امکان‌سنجی)، مطالعه، طراحی و اجرای طرحهای تملک‌داری سرمایه‌ای به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها و ارتقای کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) از اهمیت ویژه برخوردار است. از این‌رو نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوبه شماره ۱۴۸۹۸/ت/۲۴۵۲۵ هـ مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت وزیران) به‌کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح را مورد تأکید قرار داده است.

بنابر مفاد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و معیارهای مورد نیاز طرحهای عمرانی می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرحهای عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین این‌گونه مدارک علمی از مراکز تحقیقات دستگاههای اجرایی ذی‌ربط استفاده شود. در این راستا مقرر شده است مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن وزارت مسکن و شهرسازی در تدوین ضوابط و معیارهای فنی بخش ساختمان و مسکن، ضمن هماهنگی با دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، عهده‌دار این مهم باشد.

در سال ۱۳۸۳، به منظور هدایت، راهبری و برنامه‌ریزی امور مرتبط با تدوین ضوابط و معیارهای فنی بخش ساختمان و مسکن، کمیته راهبری متشکل از نمایندگان سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور عمران شهری و روستایی و دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله) و مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن تشکیل گردید. این کمیته با تشکیل جلسات منظم نسبت به هدایت و راهبری پروژه‌های جدید و جاری، در مراحل مختلف تعریف و تصویب پروژه‌ها، انجام، نظارت و



آماده‌سازی نهایی و ابلاغ آنها، اقدامهای لازم را انجام داده است. یکی از پروژه‌های حاصل از این فرآیند نشریه حاضر می‌باشد.

این نشریه با عنوان «دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه» شامل هفده است. «انبار کردن مصالح در کارگاه»، «توزین و پیمانه کردن اجزای مخلوط»، «اختلاط بتن»، «بررسی وضعیت ظاهری و اندازه‌گیری»، «انتقال بتن»، «کنترلها و آماده‌سازی قبل از بتن‌ریزی»، «عملیات بتن‌ریزی»، «متراکم کردن بتن»، «پرداخت سطح بتن»، «درز انقباض (جمع‌شدگی)»، «درز ساخت (اجرایی)»، «عمل‌آوری بتن»، «بتن‌ریزی در هوای سرد»، «بتن‌ریزی در هوای گرم»، «قالب‌بندی»، «میلگردگذاری» و «کنترل کیفی بتن تازه و سخت‌شده»، فصلهای مختلف نشریه را تشکیل می‌دهند.

در پایان از تلاش و جدیت مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و کارشناسان مشروح زیر که در تهیه و تدوین این مجموعه همکاری داشته و زحمات فراوانی کشیده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نماید.

|                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| دکتر طیبہ پرهیزکار      | مهندس امیرمازیار رئیس‌قاسمی |
| مهندس بهناز پورسید      | مهندس میرمحمود ظفیری        |
| مهندس علی تبار          | دکتر هرمز فامیلی            |
| دکتر محسن تدین          | دکتر پرویز قدوسی            |
| مهندس شاهرخ رامزی       | مهندس محمدرضا ماجدی         |
| مهندس علی‌اکبر رمضانپور |                             |

امید است در آینده شاهد توفیق روزافزون این کارشناسان، در خدمت به جامعه فنی مهندسی کشور باشیم.

**حبیب امین‌فر**  
**معاون امور فنی**  
**۱۳۸۵**

## فهرست تفصیلی مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول : انبار کردن مصالح در کارگاه

- ۱-۱ انبار کردن سیمان ..... ۳
- ۲-۱ کنترل سنگدانه‌ها قبل از انبار کردن ..... ۷
- ۳-۱ انبار کردن سنگدانه‌ها ..... ۱۰
- ۴-۱ انبار کردن میلگردها ..... ۱۳

فصل دوم : توزین و پیمانه کردن اجزای مخلوط

- ۱-۲ تجهیزات مورد نیاز برای روش حجمی ..... ۱۷
- ۲-۲ اثر رطوبت سنگدانه‌ها در وزن آب مخلوط ..... ۱۸
- ۳-۲ اثر رطوبت سنگدانه در حجم آن ..... ۲۱
- ۴-۲ دستورالعمل برای پیمانه کردن حجمی مصالح ..... ۲۲

فصل سوم : اختلاط بتن

- ۱-۳ اختلاط دستی ..... ۳۱
- ۲-۳ مخلوط‌کن‌های مکانیکی ..... ۳۲
- ۳-۳ کامیون مخلوط‌کن (تراک میکسر) ..... ۳۵
- ۴-۳ مدت مخلوط کردن ..... ۳۵
- ۵-۳ اصول به کارگیری مخلوط‌کن‌ها ..... ۳۶

فصل چهارم : بررسی وضعیت ظاهری و اندازه‌گیری

- ۱-۴ اصول نمونه‌برداری ..... ۴۱
- ۲-۴ کارایی بتن تازه ..... ۴۲

۳-۴ آزمون اسلامپ..... ۴۳

۴-۴ طبقه‌بندی روانی و میزان اسلامپ..... ۴۷

#### فصل پنجم : انتقال بتن

۱-۵ استانبولی و زنبه..... ۵۱

۲-۵ چرخ‌دستی با فرغون..... ۵۱

۳-۵ دامپر (فرغون موتوری)..... ۵۲

۴-۵ دلو یا جام..... ۵۳

۵-۵ ناوه (سطح شیب‌دار یا شوت)..... ۵۴

۶-۵ شوت سقوطی..... ۵۶

۷-۵ کامیون مخلوط‌کن (تراک میکسر)..... ۵۶

#### فصل ششم : کنترل‌ها و آماده‌سازی قبل از بتن‌ریزی

کنترل‌ها و آماده‌سازی قبل از بتن‌ریزی..... ۶۱

#### فصل هفتم : عملیات بتن‌ریزی

۱-۷ تمهیدات کلی در بتن‌ریزی..... ۶۷

۲-۷ بتن‌ریزی دال‌ها..... ۶۸

۳-۷ بتن‌ریزی ستون‌ها و دیوارها..... ۷۰

#### فصل هشتم : متراکم کردن بتن

۱-۸ تراکم دستی..... ۷۶

۲-۸ تراکم مکانیکی (لرزاننده‌ها)..... ۷۷

۳-۸ تراکم مجدد..... ۸۲

#### فصل نهم : پرداخت سطح بتن

۱-۹ شمشه با تراز کردن..... ۸۷

۲-۹ تخته ماله‌کشی یا تخته ماله دسته بلند و کوتاه..... ۸۹

۳-۹ ماله‌کشی..... ۹۰

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| ۹۱  | ۴-۹ پرداخت نهایی                   |
| ۹۳  | ۵-۹ توقف در عملیات پرداخت          |
|     | فصل دهم : درز انقباض (جمع شدگی)    |
| ۹۷  | درز انقباض (جمع شدگی)              |
|     | فصل یازدهم : درز ساخت (اجرایی)     |
| ۱۰۵ | ۱-۱۱ آماده سازی درز ساخت           |
| ۱۰۶ | ۲-۱۱ موقعیت درز ساخت               |
| ۱۰۶ | ۳-۱۱ ظاهر درز ساخت                 |
|     | فصل دوازدهم : عمل آوری بتن         |
| ۱۱۳ | ۱-۱۲ عمل آوری با آب                |
| ۱۱۵ | ۲-۱۲ عمل آوری عایقی                |
| ۱۱۷ | ۳-۱۲ ترکیبات عمل آوری              |
| ۱۲۰ | ۴-۱۲ عمل آوردن بتن به وسیله قالبها |
| ۱۲۱ | ۵-۱۲ عمل آوری حفاظتی (محافظت)      |
| ۱۲۲ | ۶-۱۲ عمل آوری حرارتی (پروراندن)    |
| ۱۲۳ | ۷-۱۲ مدت زمان مراقبت (عمل آوری)    |
|     | فصل سیزدهم : بتن ریزی در هوای سرد  |
| ۱۲۷ | ۱-۱۳ دمای بتن در هوای سرد          |
| ۱۲۸ | ۲-۱۳ اجزای مخلوط بتن و شرایط آن    |
| ۱۲۹ | ۳-۱۳ تعیین دمای بتن                |
| ۱۳۰ | ۴-۱۳ ماده افزودنی حباب ساز         |
| ۱۳۱ | ۵-۱۳ ماده افزودنی زودگیر کننده     |
| ۱۳۲ | ۶-۱۳ مخلوط کردن و انتقال بتن       |
| ۱۳۲ | ۷-۱۳ بتن ریزی                      |

۱۳-۸ وسایل کار..... ۱۳۲

۱۳-۹ محافظت پس از بتن ریزی..... ۱۳۲

فصل چهاردهم : بتن ریزی در هوای گرم

۱۴-۱ عوامل موثر در تشدید خسارات ناشی از هوای گرم..... ۱۳۸

۱۴-۲ جمع شدگی خمیری..... ۱۳۹

۱۴-۳ مصالح مصرفی..... ۱۴۱

۱۴-۴ ساخت بتن..... ۱۴۱

۱۴-۵ تخمین دمای بتن..... ۱۴۳

۱۴-۶ حمل و نقل (انتقال) بتن..... ۱۴۵

۱۴-۷ کنترل دمای بتن پس از بتن ریزی..... ۱۴۵

فصل پانزدهم : قالب بندی

۱۵-۱ شرایط قالب بندی..... ۱۵۱

۱۵-۲ مصالح مورد استفاده در ساخت قالب..... ۱۵۲

۱۵-۳ قالب برداری..... ۱۵۳

۱۵-۴ زمان قالب برداری..... ۱۵۳

۱۵-۵ پاشنه (رامکا)..... ۱۵۴

فصل شانزدهم : میلگرد گذاری

۱۶-۱ نوع و مشخصات میلگردهای مصرفی در بتن..... ۱۵۹

۱۶-۲ حمل و انبار کردن میلگردها..... ۱۵۹

۱۶-۳ بریدن و خم کردن میلگردها..... ۱۶۰

۱۶-۴ جاگذاری و بستن میلگردها..... ۱۶۲

۱۶-۵ وصله کردن میلگرد..... ۱۶۳

فصل هفدهم : کنترل کیفی بتن تازه و سخت شده

۱۷-۱ کنترل کیفی بتن تازه و ضوابط پذیرش آن..... ۱۶۷

- ۱۶۹ ..... ۲-۱۷ کنترل کیفی بتن سخت شده و ضوابط پذیرش آن
- ۱۶۹ ..... ۳-۱۷ ضوابط نمونه برداری
- ۱۷۰ ..... ۴-۱۷ تعداد آزمون‌ها
- ۱۷۰ ..... ۵-۱۷ تواتر نمونه برداری (دفعات نمونه برداری)
- ۱۷۱ ..... ۶-۱۷ ضوابط پذیرش بتن نمونه‌های آزمایشی (عمل آمده در آزمایشگاه)

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

### فصل اول

- شکل ۱ نحوه انتقال سیمان، (سمت راست) از سیلو به بونکر، (سمت چپ) ..... ۳
- شکل ۲ شکل هندسی سیلوی سیمان ..... ۴
- شکل ۳ نحوه صحیح نگهداری پاکت‌های سیمان ..... ۶
- شکل ۴ آزمایش مقدار مواد ریزدانه زیان‌آور ..... ۹
- شکل ۵ انواع روشهای انبار کردن سنگدانه ..... ۱۱
- شکل ۶ استفاده از دیوار جدا کننده در نگهداری سنگدانه‌ها ..... ۱۲
- شکل ۷ نحوه صحیح نگهداری میلگردها ..... ۱۳

### فصل دوم

- شکل ۱ ظرف مخصوص اندازه‌گیری حجمی مصالح ..... ۱۸
- شکل ۲ اثر رطوبت ماسه در حجم آن (به عنوان مثال) ..... ۲۲

### فصل سوم

- شکل ۱ روش اختلاط بتن با دست ..... ۳۳
- شکل ۲ انواع مخلوط‌کن‌های کج‌شونده ..... ۳۳
- شکل ۳ یک نمونه مخلوط‌کن غیر کج‌شونده ..... ۳۳
- شکل ۴ مخلوط‌کن عمودی ..... ۳۴

### فصل چهارم

- شکل ۱ روش نمونه‌گیری از بتن تازه ..... ۴۲
- شکل ۲ مخروط آزمایش اسلامپ ..... ۴۴

- شکل ۳ محکم نگه داشتن قالب اسلامپ در محل خود، ریختن و متراکم کردن در ۳ لایه برابر..... ۴۵
- شکل ۴ صاف کردن سطح بتن و تمیز نمودن اطراف مخروط اسلامپ..... ۴۶
- شکل ۵ بالا آوردن قالب اسلامپ با دست..... ۴۷
- شکل ۶ انواع رفتار بتن در آزمایش اسلامپ..... ۴۷

#### فصل پنجم

- شکل ۱ استفاده از چرخ دستی برای انتقال بتن (هموار کردن مسیر و روش انتقال)..... ۵۲
- شکل ۲ انتقال بتن با استفاده از فرغون موتوری..... ۵۳
- شکل ۳ انتقال بتن با جام و روش تخلیه آن (توجه شود که بتن در نزدیکترین نقطه نسبت به بتن ریزی قبلی باید تخلیه می شود)..... ۵۴
- شکل ۴ انتقال بتن با استفاده از سطح شیبدار..... ۵۶
- شکل ۵ شوت قوطی، سمت راست انتقال بتن با استفاده از شوت سقوطی، سمت چپ ترکیب ناوه و شوت سقوطی..... ۵۶
- شکل ۶ کامیون مخلوط کن..... ۵۷

#### فصل هفتم

- شکل ۱ محل قراردادن مصالح و ریختن بتن در دالها و یا کفهای مسلح..... ۶۸
- شکل ۲ ریختن بتن در نزدیکی محل مورد نیاز..... ۶۹
- شکل ۳ روش صحیح ریختن بتن..... ۶۹
- شکل ۴ روشهای صحیح و ناصحیح بتن ریزی در سطح شیبدار..... ۷۰
- شکل ۵ تخلیه بتن در ستون و یا دیوار با استفاده از چرخ دستی، یا جام..... ۷۲
- شکل ۶ استفاده از یک دریچه در بتن ریزی در ارتفاع و یا در مواردی که تراکم میلگرد زیاد است..... ۷۲

#### فصل هشتم

- شکل ۱ اثر تراکم در حذف یا کاهش منافذ..... ۷۵
- شکل ۲ استفاده از یک وسیله میله ای و یا بیل مانند برای تراکم بتن..... ۷۷
- شکل ۳ جزئیات لرزاننده خرطومی..... ۷۸



- شکل ۴ همپوشانی، شعاع عمل ویراتور و انجام شدن ویرره به صورت عمودی (تعیین فواصل نفوذ ویراتور)..... ۷۹
- شکل ۵ استفاده از ویراتور برای متراکم نمودن بتن..... ۸۰
- شکل ۶ نفوذ ویراتور به لایه قبلی..... ۸۰
- شکل ۷ نحوه صحیح جابجایی بتن با ویراتور..... ۸۱
- شکل ۸ نمونه‌ای از نحوه نامناسب تراکم بتن..... ۸۳

#### فصل نهم

- شکل ۱ استفاده از شمشه برای تراز کردن سطح یک دال..... ۸۸
- شکل ۲ استفاده از شمشه‌های دارای ویرره برای تراز کردن و متراکم نمودن سطح به صورت همزمان..... ۸۸
- شکل ۳ تخته ماله‌کشی یا تخته ماله دسته بلند..... ۸۹
- شکل ۴ مرحله ماله‌کشی..... ۹۱
- شکل ۵ پرداخت نهایی با ابزار دستی..... ۹۲
- شکل ۶ پرداخت نهایی با ابزار مکانیکی..... ۹۲

#### فصل دهم

- شکل ۱ استفاده از دستگاه برش برای ایجاد درز..... ۹۷
- شکل ۲ درز ایجاد شده به وسیله برش و پرکردن آن با نوارهایی از جنس پلاستیک..... ۹۸
- شکل ۳ درز انقباض با استفاده از میلگرد..... ۱۰۰
- شکل ۴ روش بتن‌ریزی دال و ایجاد درز انقباض..... ۱۰۱

#### فصل یازدهم

- شکل ۱ ابعاد درز ساخت، روش بتن‌ریزی و شکل ظاهری درز ساخت..... ۱۰۷
- شکل ۲ نمای دیوار..... ۱۰۸

#### فصل دوازدهم

- شکل ۱ عمل‌آوری با پارچه چتایی و خیس کردن متوالی آن..... ۱۱۶

- شکل ۲ عمل‌آوری با پلاستیک ..... ۱۱۸
- شکل ۳ عمل‌آوری عایقی (پوشش‌های مرکب) ..... ۱۱۸
- شکل ۴ روش عمل‌آوری با ماده شیمیایی غشایی ..... ۱۲۰
- شکل ۵ استفاده از قالب‌های چند لایه برای عمل‌آوری در هوای سرد ..... ۱۲۱
- شکل ۶ یک نمونه از دستگاه‌های ایجاد حرارت برای عمل‌آوری حرارتی بتن ..... ۱۲۳

#### فصل چهاردهم

- شکل ۱ نمودار تخمین مقدار تبخیر آب از سطح بتن ..... ۱۴۰
- شکل ۲ آب‌پاشی روی سطح زمین قبل از بتن‌ریزی در هوای گرم برای کاهش دما ..... ۱۴۶

#### فصل شانزدهم

- شکل ۱ تجهیزات خم کردن میلگرد ..... ۱۶۱

## فهرست جداول

صفحه

عنوان

### فصل دوم

جدول ۱ تغییرات در وزن مصالح و آب با توجه به تغییرات در رطوبت سنگدانه‌ها نسبت به حالت اشباع با

سطح خشک ..... ۲۰

جدول ۲ تعیین نسبت‌های مخلوط (یک نمونه مثال حل شده)..... ۲۶

جدول ۳ تعیین نسبت‌های مخلوط ..... ۲۷

### فصل سوم

جدول ۱ مدت مخلوط کردن..... ۳۶

### فصل چهارم

جدول ۱ طبقه‌بندی روانی بتن براساس آزمایش اسلامپ ..... ۴۸

### فصل هشتم

جدول ۱ اطلاعات مربوط به بازده و کاربرد انواع لرزاننده‌های داخلی ..... ۸۲

### فصل دهم

جدول ۱ حداکثر فاصله درزهای انقباضی ..... ۹۹

جدول ۲ فواصل میلگردها در درزها..... ۹۹

### فصل یازدهم

جدول ۱ مشخصات و فواصل میلگرد اتصال (داول) در درز ساخت ..... ۱۰۹

### فصل دوازدهم

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| جدول ۱ حداقل زمان عمل‌آوری بتن .....                                                   | ۱۲۴ |
| <b>فصل سیزدهم</b>                                                                      |     |
| جدول ۱ دمای توصیه شده بتن در مراحل مختلف ساخت، بتن‌ریزی و نگهداری .....                | ۱۲۸ |
| <b>فصل پانزدهم</b>                                                                     |     |
| جدول ۱ راهنمای زمان قالب‌برداری .....                                                  | ۱۵۴ |
| <b>فصل شانزدهم</b>                                                                     |     |
| جدول ۱ حداقل قطر خم برای میلگردهای مختلف .....                                         | ۱۶۱ |
| <b>فصل هفدهم</b>                                                                       |     |
| جدول ۱ الزامات مربوط به یکنواختی بتن .....                                             | ۱۶۹ |
| جدول ۲ تبدیل مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای استاندارد به نمونه مکعبی ۱۵۰ میلی‌متر ..... | ۱۷۳ |

۱

---

انبار کردن مصالح در کارگاه



روش انبار کردن مصالح، در بهبود کیفیت عملکرد سازه بتن مسلح تأثیر بسزایی می‌گذارد. حتی اگر تمام مراحل اجرا در حد مطلوب انجام گیرد، در صورتی که مصالح در شرایط نامناسب انبار گردد مقاومت و دوام بتن مورد نظر حاصل نمی‌شود. در این بخش، نحوه صحیح انبار کردن مصالح برای ساخت بتن ارائه شده است.

## ۱-۱ انبار کردن سیمان

معمولاً سیمان به دو صورت فله‌ای و پاکتی از طرف کارخانه سازنده به کارگاه تحویل داده می‌شود.

### ۱-۱-۱ - سیمان فله‌ای: در این حالت، سیمان بدون بسته‌بندی توسط کامیون‌های مخصوص

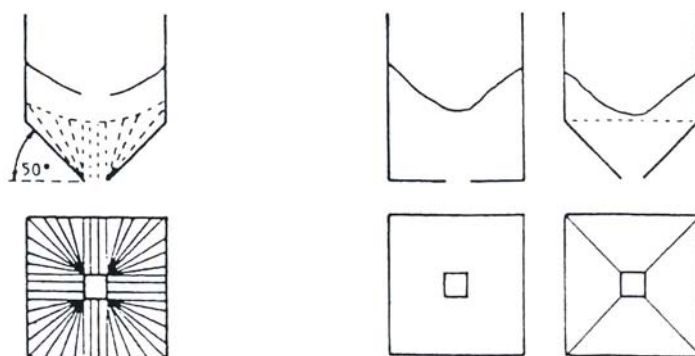
حمل سیمان که به بونکر موسوم است از کارخانه سیمان به کارگاه منتقل می‌گردد. برای تخلیه سیمان از بونکر، از یک پمپ باد که بر روی بونکر نصب شده است، استفاده می‌شود. پس از توقف بونکر در نزدیک سیلو، لوله مخصوص تخلیه به لوله بارگیری سیلو متصل می‌گردد و سپس سیمان با فشار از طریق لوله بالای سیلو به درون آن می‌ریزد. سیلو، مخزن فلزی است که مقطع آن دایره است و قسمت پایین مخزن به شکل مخروط است. شکل ۱، نحوه انتقال سیمان فله را نشان می‌دهد.



شکل ۱ نحوه انتقال سیمان، (سمت راست) از سیلو به بونکر، (سمت چپ) تخلیه سیمان به داخل سیلو

برای انبار کردن سیمان فله‌ای موارد زیر توصیه می‌شوند:

الف - سطح داخلی سیلو باید کاملاً صاف باشد تا تخلیه ذرات سیمان به راحتی انجام گردد. شیب قسمت مخروطی سیلو باید حداقل ۵۰ درجه باشد. به مرور زمان ذرات سیمان به دیواره اطراف سیلو می‌چسبند که بهتر است هر چند وقت یکبار با فشار ملایم باد، سیلو را پاک و تمیز کرد. شکل ۲، شکل هندسی سیلو را به صورت غلط و صحیح نشان می‌دهد.



غلط

چنانچه قسمت پایین سیلو مسطح و یا چهار طرف شیب سیلو در قسمت پایین ۵۰ درجه است تا خروج آن صاف باشد سیمان بصورت مخلوط و یکنواخت خارج نمی‌شود.

شکل ۲ شکل هندسی سیلوی سیمان

ب - سیمان فله را باید در سیلوهای فلزی استاندارد انبار کرد. لازم است از انبار کردن سیمان فله‌ای در انبارهای غیر استاندارد و ساخته شده با مصالح بنایی خودداری شود.

پ - انتهای قیف باید حدود ۱/۵ متر از زمین فاصله داشته باشد و قطر آن حدود ۲۰ سانتیمتر باشد.

ت - ارتفاع کل سیلو از سطح زمین باید به ۱۵ متر محدود شود تا بتوان با وسایل موجود آن را پر نمود و فشار وارده بر سیمان‌های زیرین افزایش نیابد.

ث - در بالای سیلو باید یک هواکش کلاهدک دار تعبیه شود تا هوای سیلو در هنگام بارگیری تخلیه گردد.



ج - حداقل ضخامت ورق فولادی سیلو در پایین ۵ میلیمتر بوده و می‌توان بتدریج آن را در بالا به ۳ میلیمتر کاهش داد.

چ - برای کنترل ارتفاع سیمان و همچنین سرویس هواکش، سیلو باید دارای نردبان فلزی باشد.

ح - توصیه می‌شود، سیستم هوادهی برای ایجاد تلاطم در توده تحتانی سیمان جهت جلوگیری از کلوخه شدن زود هنگام آن به کار گرفته شود.

خ - سیمان‌های مختلف و حتی سیمان‌هایی که از یک نوع هستند و از دو کارخانه مختلف تهیه شده‌اند، نباید در یک سیلو نگهداری شوند و برای هر نوع سیمان باید سیلوی مجزا در نظر گرفته شود.

د - توصیه می‌شود از انباشتن سیمان‌های داغ در سیلو خودداری شود، زیرا باعث کاهش کیفیت آن می‌گردد.

ذ - در کارگاه‌هایی که امکان استفاده از سیلوهای فلزی وجود ندارد، در صورت رعایت کلیه موارد فنی و اجرایی می‌توان از سیلوهای دیگر استفاده نمود. در این گونه موارد، توجه به نکات زیر الزامی است:

- ارتفاع کف سیلو باید از تراز زمین‌های مجاور خود بیشتر باشد، تا آب به داخل سیلو وارد نشود.

- کلیه سطوح داخلی سیلو باید در مقابل نفوذ رطوبت عایق گردد.

- سیلو باید به گونه‌ای ساخته شود که امکان باقی ماندن سیمان در گوشه و یا زوایای آن وجود نداشته باشد.

- دریچه‌های ورودی و خروجی سیمان باید به گونه‌ای طراحی شوند، که هنگام برداشت سیمان، همیشه، ابتدا سیمان‌های قدیمی‌تر خارج گردد.

- در قسمت فوقانی سیلو باید یک دریچه برای خروج رطوبت و عدم تعریق تعبیه گردد. این دریچه، هر چند یک بار باید کنترل شود و از عملکرد صحیح آن اطمینان گردد.

### ۱-۲- سیمان پاکتی (کیسه‌ای): سیمان پاکتی همان طور که از نامش پیداست، توسط

کارخانه در پاکت با وزن معین بسته‌بندی و عرضه می‌شود. سیمان پرتلند نباید در تماس با رطوبت انبار گردد، بلکه باید به صورت خشک نگهداری شود تا از خرابی آن جلوگیری به عمل آید. سیمان پرتلند به رطوبت حساس است، اما اگر به صورت خشک نگهداری شود، کیفیت خود را برای مدت طولانی‌تر حفظ می‌کند. زمان

گیرش سیمان پرتلند که در تماس با رطوبت انبار شود، نسبت به سیمانی که خشک نگهداری شود، طولانی‌تر بوده و مقاومت کمتری را نشان می‌دهد.

در هنگام استفاده از سیمان‌های پاکتی موارد زیر باید رعایت شود:

الف - در صورت امکان، پاکت‌ها باید در انبار سرپوشیده و یا زیر سایبان نگهداری شوند و در صورت خشک نبودن کف سایبان، باید پاکت‌ها را بر روی تخته چوبی قرار داد. در کارگاه‌های کوچک که ساخت انبار یا سایبان مقدور نیست، پاکت‌ها را باید همیشه بر روی سکوهایی چوبی قرار داد و روکشهای ضد آب



شکل ۳ نحوه صحیح نگهداری پاکت‌های سیمان

باید تا روی لبه سکوها ادامه یابد تا از نفوذ باران به سیمان و سکو جلوگیری شود. در شکل ۳، نحوه صحیح نگهداری پاکت‌های سیمان نشان داده شده است.

ب - کف انبار باید بین ۸۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر از سطح زمین بالاتر باشد تا از ورود آب، نشت برف انبار شده در پشت دیوارها و حرکت نم رو به بالا، حتی‌الامکان محافظت گردد. در این گونه انبارها، تخلیه پاکت‌های سیمانی از تریلی حامل آن به راحتی انجام می‌گیرد.

پ - سقف و دیوارها باید حتی‌الامکان آب‌بندی و نم‌بندی باشد. کف انبار باید با بلوک‌ها یا عایق مناسب نم‌بندی گردد.

ت - انبار باید دارای حداقل تعداد در و پنجره

باشد و ارتفاع آن حتی‌الامکان کم و به ۲/۴۰ متر محدود شود.

ث - پاکت‌های سیمان باید با فاصله از دیوار چیده شود تا رطوبت دیوار را جذب نکنند. فاصله حدود ۲۰ سانتیمتر مناسب است.

ج - فاصله بین پاکت‌ها بستگی به رطوبت هوا دارد. اگر سیمان در نواحی خشک انبار می‌شود می‌توان بین پاکت‌ها چند سانتیمتر فاصله گذاشت تا جریان هوا بین پاکت‌ها باعث خشک شدن شود. در مناطق مرطوب، باید پاکت‌ها را بهم چسباند تا رطوبت کمتری به آنها برسد.

چ - ارتفاع و تعداد پاکت‌هایی که روی هم چیده می‌شود، عملاً تابع شرایط محیطی، نوع سیمان و مدت انبار کردن است. فشار وارده به پاکت‌های سیمان یکی از عواملی است که در کلوخه شدن سیمان موثر است. توصیه می‌شود که در مناطق خشک، حداکثر ۱۲ پاکت روی هم چیده شود و در مناطق مرطوب تعداد پاکت‌های روی هم چیده شده، حداکثر به ۸ ردیف محدود گردد.

### ۱-۱-۳- شرایط سیمان قبل از مصرف: سیمانی که به مدت طولانی انبار شود ممکن است

به صورت کلوخه‌های فشرده درآید. این گونه کلوخه‌های سیمان را می‌توان با غلتاندن پاکت‌ها روی کف انبار خرد کرد. به هر حال، سیمان باید در زمان مصرف به صورت پودر فاقد کلوخه باشد. در صورتی که کلوخه‌ها به سهولت خرد نشود، باید سیمان را قبل از مصرف مورد آزمایش‌های استاندارد قرار داد. قابل ذکر است، خرد کردن کلوخه‌ها باعث رفع فساد سیمان نمی‌گردد و تنها موجب بهبود نسبی کیفیت بتن ساخته شده می‌شود. به هر صورت، هر گاه کیفیت سیمان مشکوک باشد باید نسبت به آزمایش مقاومت فشاری ملات ماسه سیمان استاندارد یا آزمایش افت وزنی ناشی از سرخ شدن مبادرت نمود. به طور کلی انبار کردن سیمان به مدت طولانی در کاهش مقاومت و دوام بتن نقش بسزایی دارد.

## ۱-۲ کنترل سنگدانه‌ها قبل از انبار کردن

به دلیل این که احتمال دارد کیفیت سنگدانه‌های خریداری شده در مدت زمان اجرای یک پروژه تغییراتی داشته باشد، باید قبل از انبار کردن سنگدانه به نکات زیر توجه شود:

- مواد ریزدانه در بسیاری از معادن شن و ماسه مشاهده می‌شود. آلودگی سنگدانه‌ها به این عناصر سبب کاهش کارایی، افزایش جمع شدگی و کاهش مقاومت بتن می‌گردد. در بعضی از موارد که مقدار رس زیاد است، امکان تخریب بتن وجود دارد، زیرا بر اثر تر و خشک شدن بتن، رس دچار تورم و

جمع‌شدگی می‌شود. چنانچه رس و شیل به سنگدانه‌ها چسبیده باشد، خطر بیشتری برای بتن وجود دارد، زیرا از چسبندگی سنگدانه‌ها به خمیر سیمان نیز جلوگیری می‌کند.

اگر مصالح سنگی از نوع شکسته باشد، مقداری پودر سنگ در مصالح وجود خواهد داشت که در صورت کم بودن مقدار آن، چندان مشکل ساز نخواهد بود. حداکثر وزن مجاز مواد ریزدانه طبق آیین‌نامه بتن ایران (آبا) و استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۲، در ماسه بتن تحت سایش، ۳ درصد و برای سایر بتن‌ها ۵ درصد است. در مورد ماسه شکسته اگر سنگدانه فقط حاوی پودر سنگ است می‌توان مقادیر مجاز را به ترتیب برای بتن تحت سایش و سایر بتن‌ها، ۵ و ۷ درصد در نظر گرفت. برای تعیین مقدار مواد ریزدانه می‌توان از دو روش آزمایشگاهی و کارگاهی استفاده نمود.

### ۱-۲-۱ تعیین مقدار مواد ریزدانه زیان‌آور

۱-۱-۲-۱- روش آزمایشگاهی: در روش آزمایشگاهی که به ذرات زیر الک نمره ۲۰۰ (۷۵ میکرومتر) موسوم است، سنگدانه بر روی الک نمره ۲۰۰ شستشو می‌شود و مقدار ذرات عبور کرده از الک اندازه‌گیری می‌شود، این ذرات که از الک عبور کرده، نشان دهنده مقدار مواد ریزدانه زیان‌آور است، بنابراین:

$$A = \frac{B-C}{B} = 100$$

که در آن:

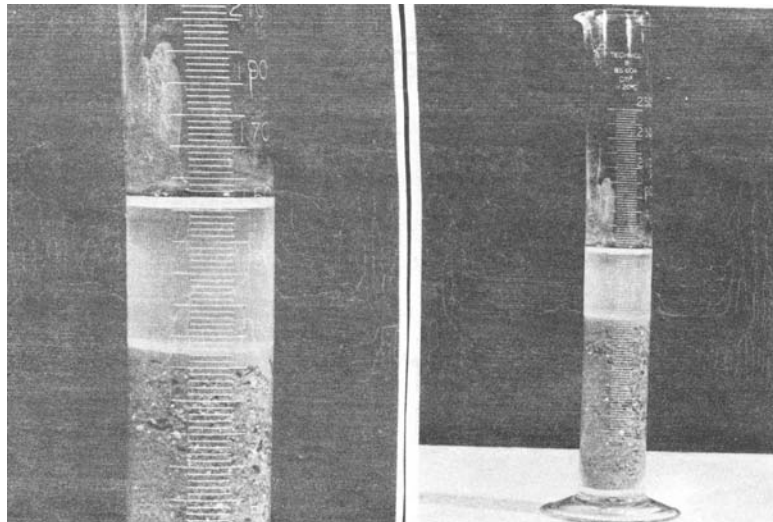
A = درصد مواد عبور کرده از الک نمره ۲۰۰

B = وزن اولیه نمونه خشک شده به گرم

C = وزن خشک نمونه، پس از شستشو به گرم

۱-۲-۱-۲- روش کارگاهی: این روش کاملاً تقریبی است، اما آن را می‌توان به آسانی در کارگاه انجام داد. برای انجام دادن آزمایش، ابتدا محلول آب نمک ۱ درصد (۲ قاشق چایخوری نمک در یک لیتر آب) به مقدار ۵۰ میلی لیتر در ظرف استوانه‌ای شیشه‌ای به ظرفیت ۲۵۰ میلی لیتر ریخته می‌شود. بتدریج مقداری ماسه در داخل ظرف ریخته شود تا حجم ماسه به ۱۰۰ میلی لیتر برسد. سپس مقدار

بیشتری از محلول نمک به داخل ظرف ریخته شود تا حجم کل مواد به ۱۵۰ میلی لیتر برسد. ظرف را باید تکان داد تا ذرات رس چسبیده به سنگدانه‌ها جدا شوند. سپس ظرف را بر روی یک سطح صاف قرار داده و به طور ملایم، بر روی سطح ضربه زده شود تا سطح تراز گردد. بعد از حدود ۳ ساعت، ارتفاع مواد ریزدانه بر روی سطح ماسه اندازه‌گیری می‌شود و مقدار مواد ریزدانه بر حسب درصد ارتفاع مواد ریزدانه بر روی سطح ماسه به ارتفاع کل ماسه محاسبه می‌گردد. اگر مقدار مواد ریزدانه کمتر از ۱۰ درصد حجمی باشد، استفاده از آن بلامانع است، اما در غیر این صورت باید آزمایش به روش آزمایشگاهی انجام شود. باید توجه کرد که روش کارگاهی، مقدار مواد ریزدانه زیان‌آور را بر حسب حجم تعیین می‌کند و تبدیل آن به وزن مشکل است. اما به عنوان راهنمای کلی و تقریبی برای تبدیل حجم به مقدار وزنی، باید نسبت حجمی را در مورد ماسه گردگوشه به چهار و در مورد ماسه شکسته، به دو تقسیم نمود. شکل ۴، آزمایش تعیین مواد ریزدانه زیان‌آور کارگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۴ آزمایش مقدار مواد ریزدانه زیان‌آور

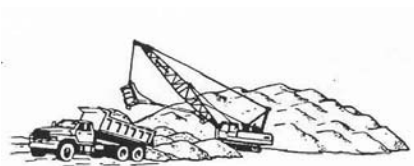
- آلودگی سنگدانه‌ها به کلرید سبب خوردگی میلگرد، و آلودگی به سولفات سبب ترک خوردگی و انبساط بتن می‌گردد. بنابراین باید قبل از مصرف سنگدانه‌ها، آزمایشهای مربوط بر روی آنها انجام شود و با مقادیر مجاز ذکر شده در آیین نامه بتن ایران (آبا) مقایسه گردند.

• بعضی از انواع سنگدانه‌ها با قلیایی موجود در سیمان واکنش شیمیایی انجام می‌دهند و در نتیجه بتن، منبسط شده و تخریب می‌گردد. تشخیص فعال بودن سنگدانه‌ها فقط با تعیین نوع سنگدانه و یا با مشاهده ظاهری سنگدانه امکان پذیر نیست، بلکه باید آزمایش‌هایی بر روی سنگدانه‌ها انجام گردد. در صورت عدم دسترسی به وسایل آزمایش، بهترین روش، استفاده از سنگدانه‌هایی است که قبلاً مورد استفاده و یا آزمایش قرار گرفته‌اند. نتایج به دست آمده از این روش نشان می‌دهد که سنگدانه‌های معدن مذکور واکنش را نیست، اما به هر حال باید از سیمان با قلیایی کم استفاده نمود.

### ۳-۱ انبار کردن سنگدانه‌ها

از آنجاکه سه چهارم حجم بتن را مصالح سنگی تشکیل می‌دهد، روش انبار کردن و نگهداری مصالح سنگی اهمیت زیادی دارد، یکی از مشکلاتی که در هنگام انباشتن سنگدانه‌ها در کارگاه مشاهده می‌شود، جدا شدن ذرات دانه‌های سنگی است. مصالح سنگی دانه‌بندی شده ممکن است در هنگام عملیات انباشتن دچار عارضه جداشدگی دانه‌ها شود. برای کنترل جداشدگی ذرات مصالح سنگی و به طور کلی در هنگام انبار کردن صحیح سنگدانه‌ها موارد زیر باید رعایت گردد، همچنین شکل ۵، روش‌های صحیح و نادرست انبار کردن را نشان می‌دهد.

الف - برای اجتناب از جدا شدن ذرات نباید انباشته سنگدانه‌ها دارای ارتفاع زیاد باشد، زیرا دانه‌های بزرگتر جدا شده و به پایین انتقال می‌یابند. بهترین روش برای انباشتن سنگدانه استفاده از کامیون است، به نحوی که تخلیه مصالح در کنار یکدیگر انجام پذیرد، تا بدین وسیله، انباشته‌های کوچک در مجاور هم قرار گردد. روش دیگر انباشتن سنگدانه، استفاده از کلامش (چنگک) است که سنگدانه‌ها را در طبقات با لایه‌های مختلف انبار می‌کند.



صحيح  
با استفاده از کلا مثل، مصالح در واحدهای کوچک انبار می‌شوند و در نتیجه سنگدانه‌ها بر روی شیب و لبه‌های انبار سقوط نمی‌کنند.



صحيح  
استفاده از مانع برای جلوگیری از حرکت سنگدانه‌های درشت



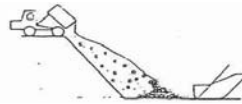
صحيح  
استفاده از تسمه نقاله و لوله شوت، تسمه نقاله باید تا حد امکان در ارتفاع کم قرار گیرد تا از جابجایی ذرات ریز به وسیله باد جلوگیری شود.



غلط  
کامیون بر روی مصالح عبور می‌کند و سبب شکسته و الوده شدن آنها می‌گردد، سنگدانه‌ها نیز به پائین شیب سقوط می‌کند، که سبب جداشدگی دانه‌ها می‌شود.



غلط  
استفاده از کلا مثل با ظرفیت زیاد و انبار کردن مصالح به صورت یک واحد، منجر به جداشدن دانه‌ها می‌گردد.



غلط  
روشی که اجازه می‌دهد، سنگدانه‌ها بر روی سرایشی انبار حرکت کنند.



غلط  
سقوط آزاد مصالح باعث جداشدگی سنگدانه‌ها می‌گردد.



غلط  
انبار کردن به وسیله تسمه نقاله و تنظیم لایه‌های افقی به وسیله لودر



غلط  
انبار شیبدار با استفاده از لودر یا بلدوزر

## شکل ۵ انواع روشهای انبار کردن سنگدانه

ب - عبور کامیون از بالای انباشته و تخلیه سنگدانه‌ها در انتهای آن مجاز نیست، زیرا سبب جدا شدن دانه‌ها می‌گردد. بهتر است لودر از کنار انباشته سنگدانه‌ها و از قسمت بالا به پایین، سنگدانه‌ها را بردارد به گونه‌ای که تمام لایه‌های افقی به طور همزمان مورد استفاده قرار گیرند. به طور کلی کامیونها

و لودرها نباید بر روی انباشته رفت و آمد نمایند، زیرا نه تنها باعث شکستن سنگدانه‌ها می‌شوند، بلکه مواد مضر و آلوده را نیز به آن منتقل می‌کنند.

پ - سنگدانه‌ها باید روی سطح زمین سخت و خشک انبار شود. اگر چنین مکانی در کارگاه وجود ندارد، بهتر است که سنگدانه‌ها بر روی سکوی بتنی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر انباشته شود.

ت - بهترین روش برای اجتناب از تغییرات دانه‌بندی و جدا شدن دانه‌ها، انبار کردن سنگدانه‌ها در اندازه‌های مختلف به طور جداگانه می‌باشد. برای آنکه از مخلوط شدن اندازه‌های متفاوت سنگدانه‌ها جلوگیری شود، بهتر است در بین آنها دیوار جدا کننده قرار داد. شکل ۶ نحوه صحیح نگهداری سنگدانه‌ها با دانه‌بندی مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۶ استفاده از دیوار جدا کننده در نگهداری سنگدانه‌ها

ث - در کارگاه‌ها باید پس از انباشتن سنگدانه‌ها به طور مستمر از آنها نمونه‌برداری شود و آزمایش دانه‌بندی انجام پذیرد تا از انطباق آنها با دانه‌بندی مورد نظر اطمینان حاصل گردد. در صورتی که دانه‌بندی سنگدانه‌ها با دانه‌بندی مورد نظر منطبق نباشد باید نسبت به اصلاح آن اقدام شود.

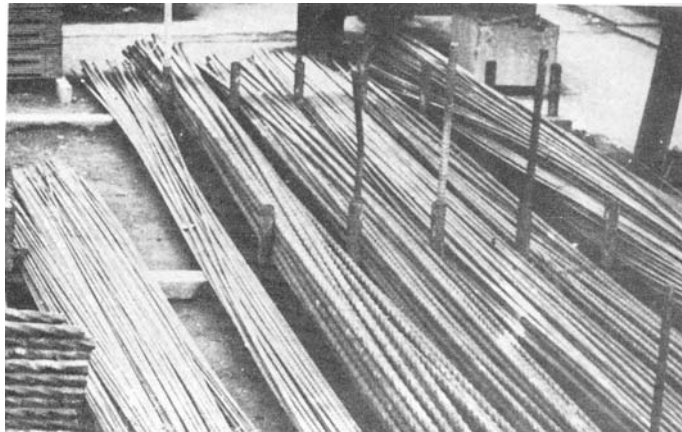


ج - تغییر در مقدار رطوبت سنگدانه‌ها سبب تغییر مقدار کارایی در پیمان‌های مختلف بتن می‌گردد. مقدار رطوبت سنگدانه‌ها باید به طور مستمر مورد آزمایش و اندازه‌گیری قرار بگیرد و در صورت لزوم نسبت به تغییر مقدار آب مخلوط و همچنین طرح اختلاط اقدام گردد.

#### ۴-۱ انبار کردن میلگردها

در هنگام انبار کردن میلگردها باید موارد زیر رعایت گردد:

الف - میلگردها را باید بر حسب نوع و قطر آنها تفکیک و در کارگاه انبار کرد. در صورت وجود میلگردهای هم قطر، اما با مقاومت و مشخصات متفاوت باید آنها را در محل‌های جداگانه انبار کرد و سطح مقطع آنها با رنگ علامتگذاری شود (شکل ۷).



شکل ۷ نحوه صحیح نگهداری میلگردها

ب - در صورت تردید در نوع و مقاومت میلگردها باید آزمایش کششی بر روی آنها انجام گردد. محل انبار میلگردها باید تمیز باشد و میلگردها نباید با خاک یا سایر مصالح در تماس باشد، زیرا وجود رطوبت در خاک سبب زنگ زدگی میلگردها می‌شود و یا میلگردها آلوده به خاک شده و از پیوستگی آنها با بتن کاسته می‌شود.

پ - از میلگردهایی که شدیداً خوردگی دارند و یا خوردگی آنها از نوع حفره‌ای است نباید استفاده گردد. خوردگی یکنواخت به مقدار بسیار کم بدون مانع است، زیرا مقدار کم زنگ سبب افزایش مقاومت چسبندگی شده و امکان تبدیل لایه نازک به لایه محافظ یا انفعالی وجود دارد. برای توضیحات بیشتر به فصل کنترل و آماده سازی قبل از بتن‌ریزی (فصل ششم) مراجعه شود.

۲

---

توزین و پیمانه کردن اجزای مخلوط



به طور کلی برای ساخت بتن، در کارگاه‌ها باید از روش وزنی استفاده شود. به عبارت دیگر برای پیمانه کردن اجزای مخلوط باید توسط ترازوی مناسب و یا توسط مخلوط‌کن‌های مجهز به دستگاه توزین، مقادیر اجزای بتن وزن شوند.

اما تحت شرایط خاص می‌توان از روش حجمی برای اندازه‌گیری اجزای بتن نیز استفاده نمود. منظور از شرایط خاص، عدم دسترس به تجهیزات مورد نیاز برای توزین مصالح، حجم کم بتن مورد نیاز و اهمیت کم سازه است. استفاده از روش حجمی وقتی مجاز است که نکات زیر رعایت گردد:

برای بتن‌هایی که مقاومت مشخصه آنها مساوی و یا کمتر از ۲۵ MPa (C25) است.

کنترل کیفیت بتن تازه، بر اساس اندازه‌گیری اسلامپ انجام شود.

کنترل کیفیت بتن سخت شده بر اساس اندازه‌گیری مقاومت فشاری نمونه‌های استاندارد اعمال می‌گردد.

تمام دستورالعمل‌های ارائه شده در این فصل رعایت شود.

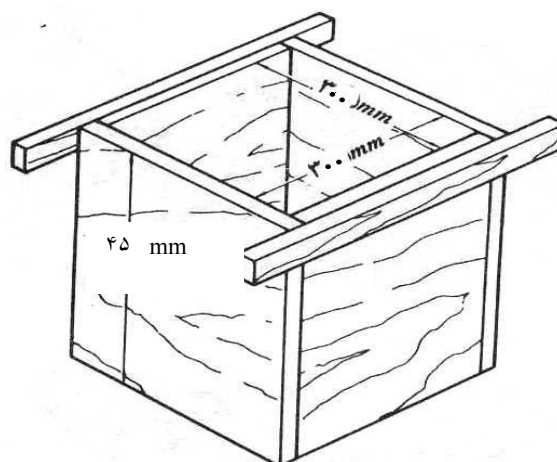
قبل از ارائه دستورالعمل برای پیمانه کردن حجمی مصالح، ابتدا توضیح چند مورد به شرح زیر ضروری است.

## ۲-۱ تجهیزات مورد نیاز برای روش حجمی

برای تبدیل نسبت‌های وزنی به حجمی باید از یک پیمانه با اندازه مشخص استفاده شود. در انتخاب پیمانه و استفاده از آن باید نکات زیر رعایت گردد :

الف - انتخاب ابعاد این پیمانه اختیاری است، ولی با توجه به حجم یک پاکت سیمان ۵۰ کیلوگرمی که حدوداً ۳۸ تا ۴۲ لیتر است توصیه می‌شود از یک ظرف با ابعاد ۳۰×۳۰ سانتیمتر و ۴۵ سانتیمتر ارتفاع استفاده گردد (شکل ۱). ظرف پیمانه می‌تواند دارای کف و یا بدون کف باشد.

ب - جنس ظرف پیمانه باید از موادی باشد که اولاً آب زیادی جذب نکند و به مرور زمان دچار زنگ زدگی یا پوسیدگی نشود، ثانیاً ابعاد آن بر اثر استفاده تغییر نکند. به هر حال، استفاده از ظرف پیمانه چوبی با رعایت نکات فوق بلامانع است.



شکل ۱ ظرف مخصوص اندازه‌گیری حجمی مصالح

پ - نحوه پر کردن مصالح داخل ظرف پیمانه در هر نوبت یکسان باشد. به طور مثال می‌توان همه پیمانه‌های مصالح را با استفاده از بیل داخل ظرف ریخت، به گونه‌ای که بدون اعمال هیچگونه ضربه یا لرزش (تراکم)، مصالح در داخل ظرف پر گردد و سطح آن نیز صاف و با لبه‌های ظرف تراز شود.

## ۲-۲ اثر رطوبت سنگدانه‌ها در وزن آب مخلوط

معمولاً در هنگام طرح مخلوط بتن، شرایط رطوبت سنگدانه‌ها به صورت اشباع با سطح خشک<sup>۱</sup> (SSD) در نظر گرفته می‌شود و آب به صورت آب موثر یا آب آزاد در محاسبات منظور می‌گردد. بنابراین در کارگاه، ابتدا باید وضعیت سنگدانه‌ها از نظر مقدار رطوبت مشخص گردد. به طور کلی شرایط رطوبت سنگدانه‌ها به دو حالت زیر است:

الف) مقدار رطوبت موجود سنگدانه کمتر از مقدار SSD است. در این صورت باید به مقدار تفاوت رطوبت SSD سنگدانه از رطوبت موجود آن، به مقدار آب آزاد مخلوط اضافه شود و همین مقدار از وزن

---

1. Saturated Surface Dry

سنگدانه کسر گردد. باید توجه نمود که مقدار رطوبت مورد نیاز برای رسیدن به SSD (جذب آب سنگدانه) قبلاً توسط آزمایشگاه باید اعلام شده باشد.

ب) مقدار رطوبت موجود سنگدانه بیشتر از مقدار SSD است. در این حالت باید به مقدار تفاوت رطوبت SSD سنگدانه از رطوبت موجود آن، از مقدار آب آزاد مخلوط کسر و همین مقدار به وزن سنگدانه اضافه گردد.

با در نظر گرفتن مطالب فوق می‌توان برای تعیین مقدار اصلاح آب آزاد مخلوط بتن و سنگدانه، از روابط زیر استفاده نمود:

$$\begin{aligned} & (\text{وزن سنگدانه‌ها در حالت موجود} - \text{وزن سنگدانه‌ها در حالت SSD}) + \text{آب آزاد} = \text{آب مصرفی} \\ & (\text{درصد تغییرات رطوبت} + 1) \times \text{وزن سنگدانه در حالت SSD} = \text{وزن سنگدانه در حالت موجود} \end{aligned}$$

در رابطه فوق باید دقت نمود در صورتی که سنگدانه‌های موجود دارای رطوبت کمتری نسبت به حالت SSD باشد، درصد تغییرات رطوبت عددی منفی و در غیر این صورت مثبت است.

در موارد عدم دسترسی به تجهیزات لازم، و یا امکان کنترل رطوبت واقعی در کارگاه می‌توان با استفاده از جدول ۱، به عنوان یک راهنمای تقریبی نسبت به اصلاح مقدار آب و سنگدانه استفاده نمود.

جدول ۱ تغییرات در وزن مصالح و آب با توجه به تغییرات در رطوبت  
سنگدانه‌ها نسبت به حالت اشباع با سطح خشک

| نوع مصالح | تغییرات رطوبتی مصالح<br>نسبت به وضعیت SSD                               | تغییرات آب<br>(درصد) | تغییرات وزن سنگدانه<br>(درصد) |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| ماسه      | خیس (سطح سنگدانه‌ها کاملاً خیس بوده و بین ذرات نیز آب وجود دارد)        | - (۱۰-۲۰)            | + (۲-۴)                       |
|           | مرطوب (سطح نمونه‌ها مرطوب است، اما از سطح آنها آب چکه نمی‌کند)          | - (۰-۱۱)             | + (۰-۲/۵)                     |
|           | اشباع با سطح خشک (مغز دانه‌ها از آب اشباع است ولی سطح آنها خشک است)     | .                    | .                             |
|           | خشک شده در محیط (داخل دانه‌ها کمی آب وجود دارد، ولی در هوا خشک شده‌اند) | + (۰-۱۳)             | - (۰-۲/۵)                     |
|           | خشک آونی (دانه‌ها کاملاً خشک بوده و هیچگونه رطوبتی ندارند)              | + (۱۳-۲۰)            | - (۲-۵)                       |
| شن        | خیس (سطح سنگدانه‌ها کاملاً خیس بوده و بین ذرات نیز آب وجود دارد)        | - (۵-۱۰)             | + (۲-۵)                       |
|           | مرطوب (سطح نمونه‌ها مرطوب است، اما از سطح آنها آب چکه نمی‌کند)          | - (۰-۶)              | + (۰-۲/۵)                     |
|           | اشباع با سطح خشک (مغز دانه‌ها از آب اشباع است، ولی سطح آنها خشک است)    | .                    | .                             |
|           | خشک شده در محیط (داخل دانه‌ها کمی آب وجود دارد ولی در هوا خشک شده‌اند)  | + (۰-۶)              | - (۰-۲)                       |
|           | خشک آونی (دانه‌ها کاملاً خشک بوده و هیچگونه رطوبتی ندارند)              | + (۵-۱۰)             | - (۲-۳)                       |

علامت - به معنی کاهش وزن آب یا سنگدانه است.

علامت + به معنی افزایش وزن آب یا سنگدانه است.

\* در انتخاب حد بالایی و یا پایینی محدوده‌های پیشنهادی، میزان درصد جذب آب سنگدانه‌ها موثر می‌باشد به گونه‌ای که هر چه جذب آب کمتر باشد، از اعداد کوچکتر ارائه شده در هر محدوده استفاده می‌شود و بالعکس.



در کارگاه، برای آنکه مشخص شود که آیا رطوبت سنگدانه کمتر یا بیشتر از SSD است می‌توان با آزمایش ساده زیر وضعیت رطوبتی سنگدانه را تخمین زد.

مقداری از ماسه را برداشته و در مشت فشرده کنید. حال اگر ماسه از هم جدا شود و به دست نچسبد و به شکل گلوله نیز درنیاید، نشان می‌دهد که رطوبت موجود کمتر از ظرفیت جذب آب بوده و احتمالاً رطوبت نسبی کم، و حدوداً ۱-۲ درصد است. در صورتی که ماسه پس از فشردن در مشت از هم جدا نشود و خیلی کم به دست بچسبد رطوبت آن در حدود ظرفیت جذب آب بوده و بین ۲-۴ درصد تخمین زده می‌شود. اگر ماسه حالت برق زدن و درخشش داشته و دست را خیس کند رطوبت آن زیاد بوده و می‌تواند بیش از ۴ درصد باشد.

### ۳-۲ اثر رطوبت سنگدانه در حجم آن

معمولاً با تغییر رطوبت سنگدانه، حجم آن نیز تغییر می‌کند. هر چه اندازه سنگدانه ریزتر باشد این پدیده شدیدتر است. به عبارت دیگر، تغییر رطوبت ماسه اثر قابل توجهی روی حجم آن خواهد گذاشت. برای مثال، مقدار رطوبت ۲ تا ۵ درصد می‌تواند حجم ماسه را بین ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش دهد. چنانچه ماسه ریزتر باشد، افزایش حجم تا ۳۰ درصد نیز ممکن است مشاهده گردد.

برای مشخص نمودن میزان افزایش حجم یک ماسه می‌توان از آزمایش ساده ای در محل استفاده نمود.

در این آزمایش، یک لوله آزمایش مدرج شیشه‌ای به ظرفیت حدود ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌لیتر انتخاب می‌شود. سپس ماسه خشک آونی به داخل آن ریخته شده و سطح نهایی ماسه تعیین و ارتفاع ماسه از کف لوله اندازه‌گیری می‌شود (a) که بهتر است از دو سوم ارتفاع نهایی درجه‌بندی شده تجاوز نکند. سپس ماسه خشک را تخلیه نموده و یک درصد وزنی رطوبت به آن افزوده و خوب مخلوط می‌کنیم، این ماسه را مجدداً در لوله مدرج گفته شده ریخته و ارتفاع مربوط را ثبت می‌نماییم (bi). این عمل را برای درصد رطوبت‌های مختلف انجام می‌دهیم و می‌توانیم رابطه رطوبت و افزایش حجم را برای ماسه‌های مورد نظر به دست آوریم.

$$\text{درصد افزایش حجم} = \frac{b_i - a}{a} \times 100$$

a: ارتفاع اولیه

b<sub>i</sub>: ارتفاع در رطوبت i

چنانچه وضعیت رطوبت ماسه در کارگاه در طول اجرای پروژه تغییر می‌کند، باید با استفاده از آزمایش فوق، رابطه بین تغییرات رطوبت ماسه و افزایش حجم آن رسم گردد. برای مثال، به شکل شماره ۲ توجه گردد.



شکل ۲ اثر رطوبت ماسه در حجم آن (به عنوان مثال)

## ۲-۴ دستورالعمل برای پیمانه کردن حجمی مصالح

برای پیمانه کردن مصالح بر حسب حجم باید مراحل زیر اجرا گردد:

الف) به منظور اصلاح مقدار سنگدانه‌ها و همچنین آب مصرفی بر اساس تغییرات رطوبت سنگدانه‌ها نسبت به فرضیات طراحی (حالت SSD و یا حالت خشک)، باید مقدار رطوبت آنها حداقل یک بار در روز و قبل از شروع به ساخت بتن و یا در صورت تغییرات قابل توجه طی مدت ساخت بتن (مانند ریزش باران، برف و ...)، تعیین شود. چنانچه امکان آزمایش تعیین مقدار رطوبت در کارگاه موجود نباشد، می‌توان از توضیحات ارائه شده در بند "اثر رطوبت سنگدانه‌ها در وزن آب مخلوط" استفاده نمود.

ب) ابتدا باید وزن مخصوص انبوهی (وزن حجمی) اجزا محاسبه گردد. بنابراین با استفاده از رابطه زیر، وزن مخصوص انبوهی محاسبه می‌شود:

$$D = \frac{B - A}{V}$$

که در آن:

$D$  = وزن حجمی انبوهی

$A$  = وزن ظرف پیمانه

$B$  = وزن مصالح و پیمانه

$V$  = حجم پیمانه

منظور از پیمانه همان ظرفی است که در بند "تجهیزات مورد نیاز" شرح داده شده است. از آنجا که وزن حجمی مصالح با تغییر در ابعاد و شکل پیمانه تغییر می‌کند، باید در تمام طول اجرای پروژه (ساخت بتن)، از یک پیمانه معین استفاده نمود.

باید وزن حجمی هر یک از مصالح، حداقل ۲ بار برای هر پروژه اندازه‌گیری گردد. چنانچه تغییرات محسوسی در رطوبت سنگدانه‌ها مشاهده شود و یا در نوع مصالح حاصل گردد، اندازه‌گیری وزن حجمی باید انجام گیرد و اصلاحات لازم اعمال گردد.

پ) در این مرحله باید حجم مصالح برای ساخت یک متر مکعب بتن به دست آید. برای این منظور با استفاده از رابطه زیر، حجم هر یک از مصالح (شن، ماسه و سیمان) محاسبه می‌گردد:

$$V = \frac{W}{D}$$

که در آن:

$V$  = حجم هر یک از مصالح در حالت موجود

$W$  = وزن اصلاح شده مصالح (طبق بند ۱)

$D$  = وزن حجمی مصالح (طبق بند ۲)

در صورتی که تعیین وزن حجمی مصالح در کارگاه امکان نداشته باشد، باید اثر رطوبت ماسه در حجم آن طبق بند “ اثر رطوبت سنگدانه در حجم آن “ تعیین گردد.

با استفاده از منحنی رابطه تغییرات رطوبت در برابر حجم می‌توان مقدار حجم ماسه را در رطوبت‌های مختلف تخمین زد. در مورد دیگر مصالح (شن و سیمان)، حجم آنها بدون تغییر فرض می‌شود.

ت) پس از تعیین حجم هر یک از مصالح طبق بند ۳، بر اساس حجم مفید مخلوط‌کن، باید حجم مخلوط بتن و سپس تعداد پیمانانه مورد نیاز، برای هر یک از مصالح تعیین گردد.

### مثال:

مطلوب است با فرض داشتن طرح اختلاط (بر اساس وزن مصالح در حالت SSD)، محاسبه حجم مصالح در یک متر مکعب بتن با مشخصات زیر:

مشخصات طرح اختلاط (برای یک متر مکعب)

| (kg/m <sup>3</sup> ) | SSD<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | SSD<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | (kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|
|                      |                             |                             |                      |

مشخصات مصالح

| آب<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | ماسه در حالت<br>SSD<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | شن در حالت<br>SSD<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | مشخصات                                                      |
|----------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| –                          | ۴/۲                                         | ۲/۵                                       | ظرفیت جذب آب (%)                                            |
| –                          | ۲/۷                                         | ۱/۵                                       | رطوبت موجود در کارگاه (%)                                   |
| ۱/۲۲                       | ۱/۶۷                                        | ۱/۶۲                                      | وزن مخصوص انبوهی مصالح در حالت<br>SSD (Lit/m <sup>3</sup> ) |

### راه حل:

ابتدا با توجه به اینکه رطوبت مصالح سنگی در کارگاه کمتر از ظرفیت جذب آب حالت SSD می‌باشد (بر اساس داده‌های مسئله) وزن مصالح بر اساس حالت موجود اصلاح می‌گردد:

$$900 \times (1 + \frac{2.7-4.2}{100}) = 886.5 \text{ kg/m}^3 = \text{وزن ماسه در حالت موجود}$$

$$924 \times (1 + \frac{1.5-2.5}{100}) = 914.8 \text{ kg/m}^3 = \text{وزن شن در حالت موجود}$$

$$175 + (900 - 886.5) + (924 - 914.8) = 197.7 \text{ kg/m}^3 = \text{آب مصرفی}$$

به منظور تبدیل وزن مصالح به حجم، در ساخت یک متر مکعب بتن، باید وزن مخصوص انبوهی شن و ماسه در وضعیت رطوبت موجود مجدداً محاسبه شود و یا با توجه به روابط به دست آمده اصلاح گردد.

جهت سهولت و با در نظر گرفتن تغییرات بسیار جزئی در وزن مخصوص انبوهی شن (بر اساس تغییرات رطوبت)، تنها وزن مخصوص انبوهی ماسه مجدداً محاسبه می‌گردد. با فرض وزن مخصوص انبوهی ماسه در رطوبت موجود در کارگاه برابر با ۱/۷۱، ادامه مسئله به شکل زیر قابل حل است:

$$\text{لیتر } 287 \approx 286.9 = \frac{350}{1.22} = \text{حجم سیمان}$$

$$\text{لیتر } 565 \approx 564.8 = \frac{915}{1.62} = \text{حجم شن}$$

$$\text{لیتر } 519 \approx 518.7 = \frac{887}{1.71} = \text{حجم ماسه}$$

$$\text{لیتر } 198 = \frac{198}{1} = \text{حجم آب}$$

مراحل فوق به صورت خلاصه و گام به گام در جدول ۲ ارائه شده است.

همچنین یک نمونه جدول خام تعیین نسبت‌های مخلوط نیز در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۲ تعیین نسبت‌های مخلوط (یک نمونه مثال حل شده)

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | : | : |
|  | : | : |
|  | : | : |

$$\frac{1}{\text{kg}} \times \frac{1}{\text{m}^3} \times \frac{1}{\text{kg}} \times \frac{1}{\text{m}^3}$$

| گام | ویژگی                                      | شن درشت | شن ریز | ماسه | سیمان | آب | مواد افزودنی |
|-----|--------------------------------------------|---------|--------|------|-------|----|--------------|
| -   | ظرفیت جذب آب ( )                           | ۲/۵     | -      | ۴/۲  |       |    |              |
| ۱   | رطوبت موجود کارگاهی ( )                    | ۱/۵     | -      | ۲/۷  |       |    |              |
| ۲   | وزن مخصوص انبوهی SSD (Lit/m <sup>3</sup> ) | ۱/۶۲    | -      | ۱/۶۷ |       |    | -            |
| ۲   | وزن مخصوص انبوهی خشک (Lit/m <sup>3</sup> ) | -       | -      | -    | ۱/۲۲  | ۱  | -            |
| -   | دما (°C)                                   |         |        |      |       |    |              |

مقادیر وزنی اجزای بتن برای یک متر مکعب

| گام | مقادیر وزنی                                      | شن درشت | شن ریز | ماسه | سیمان | آب         | مواد افزودنی |
|-----|--------------------------------------------------|---------|--------|------|-------|------------|--------------|
| -   | وزن در حالت SSD (Kg/m <sup>3</sup> )             | ۹۳۴     | -      | ۹۰۰  | ۳۵۰   | آزاد: ۱۷۵  | -            |
| -   | وزن در حالت خشک (Kg/m <sup>3</sup> )             | -       | -      | -    |       | کل: -      |              |
| ۳   | وزن در حالت موجود در کارگاه (Kg/m <sup>3</sup> ) | ۹۱۵     | -      | ۸۸۷  |       | مصرفی: ۱۹۸ |              |

مقادیر حجمی اجزای بتن برای یک متر مکعب

| گام | مقادیر حجمی                       | شن درشت | شن ریز | ماسه | سیمان | آب         | مواد افزودنی |
|-----|-----------------------------------|---------|--------|------|-------|------------|--------------|
| ۴   | حجم در حالت SSD (Lit)             |         |        |      | ۲۸۷   | آزاد:      | -            |
| ۴   | حجم در حالت خشک (Lit)             |         |        |      |       | کل:        |              |
| ۵   | حجم در حالت موجود در کارگاه (Lit) | ۵۶۵     | -      | ۵۱۹  |       | مصرفی: ۱۹۸ |              |

تعداد پیمانان اجزای بتن برای حجم مورد نیاز (حجم مفید مخلوط‌کن)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

مشخصات بتن تازه (ساخته شده)

|                                        |                                                             |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| مقدار اسلامپ (پس از ..... دقیقه):      | مشاهدات ظاهری: (جداشدگی / آب انداختگی / بافت دانه بندی بتن) |
| نوع اسلامپ:<br>(ریزشی / برشی / معمولی) | وزن مخصوص بتن:                                              |
|                                        | دما:                                                        |

جدول ۳ تعیین نسبت‌های مخلوط

|   |   |
|---|---|
|   |   |
| : | : |
| : | : |
| : | : |

داده‌های اجزای بتن

| گام | ویژگی                                      | شن درشت | شن ریز | ماسه | سیمان | آب | مواد افزودنی |
|-----|--------------------------------------------|---------|--------|------|-------|----|--------------|
| -   | ظرفیت جذب آب ( )                           |         |        |      |       |    |              |
| ۱   | رطوبت موجود کارگاهی ( )                    |         |        |      |       |    |              |
| ۲   | وزن مخصوص انبوهی SSD (Lit/m <sup>3</sup> ) |         |        |      |       |    |              |
| ۲   | وزن مخصوص انبوهی خشک (Lit/m <sup>3</sup> ) |         |        |      |       |    |              |
| -   | دما (°C)                                   |         |        |      |       |    |              |

مقادیر وزنی اجزای بتن برای یک متر مکعب

|   |                          |  |  |  |  |   |  |
|---|--------------------------|--|--|--|--|---|--|
|   |                          |  |  |  |  |   |  |
| - | SSD (Kg/m <sup>3</sup> ) |  |  |  |  | : |  |
| - | (Kg/m <sup>3</sup> )     |  |  |  |  | : |  |
|   | (Kg/m <sup>3</sup> )     |  |  |  |  | : |  |

مقادیر حجمی اجزای بتن برای یک متر مکعب

|  |           |  |  |  |  |   |  |
|--|-----------|--|--|--|--|---|--|
|  |           |  |  |  |  |   |  |
|  | SSD (Lit) |  |  |  |  | : |  |
|  | (Lit)     |  |  |  |  | : |  |
|  | (Lit)     |  |  |  |  | : |  |

تعداد پیمانه اجزای بتن برای حجم مورد نیاز (حجم مفید مخلوط‌کن)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

مشخصات بتن تازه (ساخته شده)

|                                 |                                                             |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| مقدار اسلامپ (پس از.....دقیقه): | مشاهدات ظاهری: (جداشدگی / آب انداختگی / بافت دانه بندی بتن) |
| نوع اسلامپ: (ریزشی/برشی/معمولی) | وزن مخصوص بتن:                                              |
|                                 | دما:                                                        |

۳

---

اختلاط بتن



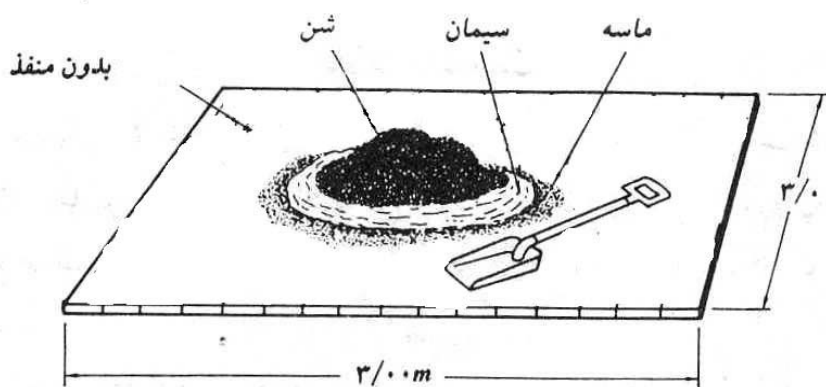


بتن باید به نحوی مخلوط شود، تا ظاهری یکنواخت داشته باشد و کلیه مواد تشکیل دهنده آن به صورت همگن در مخلوط کن پخش شود. پس از مخلوط کردن بتن، تمام قسمت‌های مخلوط باید دارای وزن مخصوص، درصد هوا، اسلامپ، سنگدانه و خمیر سیمان یکسان بوده و مخلوط به دست آمده همگن و یکنواخت باشد. مخلوط کردن بتن، معمولاً با وسایل مکانیکی انجام می‌شود، اما بعضی از مواقع امکان دارد در کارهای کم اهمیت و کوچک، مخلوط کردن بتن به صورت دستی انجام گردد.

### ۳-۱ اختلاط دستی

هدف از مخلوط نمودن، پوشاندن سطح کلیه ذرات سنگدانه‌ها با خمیر سیمان همگن است. در مخلوط کردن، ترکیب کلیه مواد متشکل باید به نحوی باشد که مخلوط حاصل یکنواخت گردد. در مواردی که امکان ساخت بتن با دستگاه مخلوط کن فراهم نیست و بتن باید با دست مخلوط شود، به منظور اطمینان از تولید بتن یکنواخت باید دقت بیشتری گردد. حداکثر حجم بتن برای هر بار ساخت با دست، ۳۰۰ لیتر است. برای مخلوط کردن دستی باید موارد زیر رعایت گردد و به شکل ۱ نیز مراجعه شود.

- عملیات مخلوط کردن باید بر روی سطح صاف و تمیز که آب را جذب نمی‌کند، انجام شود. توصیه می‌شود از یک ورق گالوانیزه استفاده شود.
- برای ساخت بتن با دست، باید سنگدانه‌ها را به صورت لایه یکنواختی بر روی سطح پهن کرد. سپس سیمان را روی سنگدانه‌ها پخش کرد و مواد خشک از یک طرف سطح به طرف دیگر آن زیر و رو گردد تا اینکه مخلوط یکنواخت حاصل شود. این عمل باید حداقل سه مرتبه تکرار شود. آنگاه آب با استفاده از یک آبفشان تدریجاً اضافه گردد به طوری که آب یا دوغاب سیمان به طرف خارج مخلوط جریان نیابد. مخلوط باید سه بار دیگر زیرورو گردد و نوک بیل به صورت مکرر داخل مخلوط شود تا از لحاظ رنگ و روانی یکنواخت گردد. در حین مخلوط کردن نباید اجازه داد خاک و یا دیگر مواد خارجی در بتن مخلوط گردد.



شکل ۱ روش اختلاط بتن با دست

- از آب‌خوره کردن مصالح اکیداً خودداری شود. توصیه می‌شود برای جبران برخی از کاستی‌ها در اختلاط دستی، حدود ۵ تا ۱۰ درصد به مقدار سیمان افزوده گردد.

### ۲-۳ مخلوط‌کن‌های مکانیکی

امروزه، مخلوط‌کن‌های متنوعی وجود دارد، اما به طور کلی می‌توان آنها را به دو گروه تقسیم کرد:

- مخلوط‌کن‌های استوانه‌ای
- مخلوط‌کن‌های عمودی یا تغاری

۳-۲-۱- مخلوط‌کن استوانه‌ای: مخلوط‌کن‌های با دیگ استوانه‌ای در ظرفیت‌های از ۱۴۰ تا ۲۸۰۰ لیتر ساخته می‌شود و تولید آنها بین ۴ تا ۹۰ متر مکعب در ساعت است. سرعت دوران دیگ حدود ۱۰ تا ۳۵ دور در دقیقه است. ترتیب ریختن مصالح به داخل این نوع مخلوط‌کن‌ها بستگی به نوع مخلوط دارد، ولی معمولاً ترتیب ریختن عبارت است از: شن، سیمان، ماسه و آب که بهتر است ابتدا قسمتی از آب مخلوط به مخلوط‌کن ریخته شود و سپس در حین اختلاط مصالح، بقیه آب بتدریج به مخلوط افزوده شود. مخلوط‌کن‌های دارای دیگ استوانه‌ای به دو نوع دیگ کج شونده و دیگ غیر کج شونده تقسیم می‌شود.

در مخلوط‌کن‌های کج شونده (شکل ۲)، بتن بعد از اتمام اختلاط با کج شدن دیگ تخلیه می‌شود. تخلیه بتن در مخلوط‌کن کج شونده بسیار سریع بوده و در نتیجه امکان جدا شدن دانه‌ها وجود ندارد، این نوع مخلوط‌کن برای بتن با کارایی کم و یا برای بتن با مصالح سنگی درشت، مناسب است.



شکل ۲ انواع مخلوط‌کن‌های کج شونده

در مخلوط‌کن‌های غیر کج شونده (شکل ۳)، محور دیگ همیشه به صورت افقی است و تخلیه با معکوس کردن حرکت دیگ انجام می‌پذیرد. به دلیل آنکه تخلیه با سرعت کم انجام می‌گیرد، امکان جدا شدن سنگدانه‌ها وجود دارد. بنابراین اگر مخلوط بتن مستعد جداسازی ذرات می‌باشد، نباید از این نوع مخلوط‌کن استفاده شود.



شکل ۳ یک نمونه مخلوط‌کن غیر کج شونده

۳-۲-۲- مخلوط‌کن عمودی: این نوع مخلوط‌کن از یک ظرف استوانه‌ای تشکیل شده، که درمحور آن، تیغه‌ها نصب شده است. در بعضی از انواع آن، تیغه‌ها و ظرف در جهت عکس یکدیگر می‌چرخند و در بعضی دیگر، فقط تیغه‌ها چرخش دارند. چرخش تیغه‌ها سبب می‌گردد تا اختلاط به نحو مطلوب انجام گیرد و از چسبیدن ملات بر روی دیواره ظرف جلوگیری شود. در هنگام اختلاط، کیفیت مخلوط قابل مشاهده بوده و چنانچه نیاز به تنظیم مخلوط باشد، امکان آن وجود خواهد داشت.

این نوع مخلوط‌کن‌ها، به خصوص برای بتن‌هایی با چسبندگی زیاد و کارایی کم و همچنین ساخت مقدار کم بتن مناسب است، به همین دلیل معمولاً در آزمایشگاه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۴).



شکل ۴ مخلوط‌کن عمودی

### ۳-۳ کامیون مخلوط کن (تراک میکسر)

در برخی از کارخانه‌های تولید بتن، از تراک میکسر هم برای اختلاط بتن و هم برای حمل آن استفاده می‌شود. در این مورد، در فصل پنجم (انتقال بتن) توضیحات بیشتر ارائه شده است.

### ۳-۴ مدت مخلوط کردن

مدت بهینه مخلوط کردن بستگی به عوامل زیر دارد:

- نوع مخلوط کن
  - شرایط و وضعیت مخلوط کن (از نظر وضعیت فنی و ظاهری)
  - سرعت دوران مخلوط کن
  - مقدار یا حجم بتن
  - نوع مخلوط بتن
  - ترتیب و نحوه ریختن مصالح در داخل دیگ مخلوط کن
- با در نظر گرفتن تعداد عوامل موثر، بهترین روش برای تعیین مدت مطلوب مخلوط کردن، انجام دادن آزمایش با مخلوط کن و بتن مورد نظر است. معمولاً مخلوط‌های خشک (اسلامپ کم) نیاز به مدت اختلاط طولانی‌تری دارند. در مواردی که بتن حاوی سنگدانه‌های شکسته است نیاز به مدت بیشتری نسبت به سنگدانه‌های طبیعی (گرد) برای مخلوط کردن دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که تعداد چرخش مخلوط کن با سرعت ارائه شده توسط سازنده، مهمتر از زمان مخلوط کردن است و به طور کلی بیش از ۲۰ چرخش برای مخلوط شدن مطلوب بتن، لازم نمی‌باشد. برای انواع مخلوط کن تا  $1 \text{ m}^3$  ظرفیت، که با سرعت صحیح کار کنند، زمان مورد نیاز برای مخلوط کردن کمی بیش از ۱ دقیقه است. معمولاً زمان مناسب مخلوط کردن بین ۱ تا ۱/۵ دقیقه است. برای مخلوط‌کن‌هایی که با سرعت زیاد کار می‌کنند، زمان ۳۰ ثانیه کفایت می‌کند. به طور کلی می‌توان از جدول ۱، به عنوان راهنمای زمان مخلوط کردن

استفاده نمود. زمانهای ارائه شده در جدول ۱، پس از آنکه مصالح به غیر از آب در مخلوط کن قرار داده شد، شروع می گردد.

جدول ۱ مدت مخلوط کردن

| ظرفیت مخلوط کن (m <sup>3</sup> ) | زمان مخلوط کردن (دقیقه) |
|----------------------------------|-------------------------|
| ۲ یا کمتر                        | ۱/۵                     |
| ۲/۵                              | ۲                       |
| ۳/۰                              | ۲/۵                     |
| ۵/۰                              | ۳                       |

به عنوان راهنمایی می توان به خاطر سپرد که برای هر متر مکعب اضافی، به مدت مخلوط کردن یک چهارم دقیقه افزوده می شود. برای بتن با مقاومت زیاد توصیه می شود که مدت مخلوط کردن افزایش یابد. هر چند افزایش مدت، سبب کاهش کارایی مخلوط و گاه ظرفیت تولید بتن می گردد.

### ۳-۵ اصول به کارگیری مخلوط کن ها

- برای آنکه اختلاط بتن تازه به نحو مناسب انجام شود، رعایت نکات زیر ضروری است:
- الف - در مخلوط کن های عمودی، بهتر است که تمام مصالح همزمان در مخلوط کن ریخته شود (قبل از آنکه مخلوط کن شروع به چرخش کند) و از ریختن مصالح پشت سر هم در حین چرخش مخلوط کن اجتناب گردد. ریختن مصالح به طور همزمان موجب می شود که مخلوط بتن یکنواخت باشد.
  - ب - عمل مخلوط کردن باید تا رسیدن به رنگ، ظاهر و روانی یکنواخت مخلوط بتن، ادامه یابد.
  - پ - نباید مخلوط کن را بیش از ظرفیت بارگیری کرد. مقدار مصالح بیش از حد، سبب می شود تا مخلوط بتن نامناسب گردد و امکان آسیب رساندن به مخلوط کن نیز وجود دارد.
  - ت - احتمال دارد سنگدانه های درشت که در بتن مخلوط شده، به طور یکنواخت پخش نگردد. بنابراین به جای آنکه مخلوط بتن به صورت بخش های کوچک از مخلوط کن تخلیه شود، بهتر است تمام مخلوط بتن یکجا در داخل یک ظرف تخلیه گردد.
  - ث - سرعت مخلوط کن باید بر اساس توصیه کارخانه سازنده تنظیم شود.

ج - ممکن است در اولین پیمانه مخلوط بتن، مقداری ملات سیمان در مخلوط‌کن باقی بماند. بنابراین بهتر است حدود ۵ درصد سیمان، آب و ماسه در اولین پیمانه، بیشتر از پیمانه‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

چ - در صورت فرسوده شدن و خراب شدن تیغه‌های مخلوط‌کن، باید تیغه‌ها تعمیر یا جایگزین شوند.

ح - پس از اتمام عملیات مخلوط کردن، دیگ مخلوط‌کن باید کاملاً شسته و تمیز شود.



۴

---

---

بررسی وضعیت ظاهری و اندازه‌گیری روانی



در این فصل، روش نمونه‌برداری برای تعیین کارایی بتن و همچنین نمونه‌گیری از بتن تازه ارائه شده است.

### ű ĺ ģ Dž Ĥ-ħ

منظور از بتن تازه، بتنی است که عمل اختلاط اجزای آن انجام شده ولی گیرش اولیه آن آغاز نشده است. در نمونه‌برداری از بتن تازه باید به موارد زیر توجه نمود :

للف) جهت نمونه‌برداری از مخلوط‌کن‌ها، باید ظرف نمونه‌برداری یا فرغون را به گونه‌ای جلو قسمت خروجی مخلوط کن قرار داد که بتن به راحتی وارد ظرف شده و قسمتی از بتن یا دانه‌های آن به خارج ریخته نشود.

ب) نمونه‌برداری از ماشین‌های حمل (تراک میکسر) باید طی ۴ مرحله متناوب انجام پذیرد، به گونه‌ای که طی هر مرحله، تقریباً به میزان مساوی نمونه برداشته شود (شکل ۱).

پ) در نمونه‌برداری از کامیون‌های کمپرسی و به طور کلی ماشین‌ها و وسایلی که قمست بالای آنها باز است باید بر حسب یکی از روشهای ذکر شده دربندهای فوق عمل گردد.

ت) حجم نمونه بتنی تهیه شده باید حداقل پنج برابر حجم مورد نیاز برای آزمونه‌ها باشد، اما در هر صورت نباید از ۲۵ لیتر (حدوداً نصف یک فرغون) کمتر باشد.

ث) در صورتی که هدف از نمونه‌برداری تنها آزمون اسلامپ، تعیین درصد هوای بتن و یا تعیین وزن مخصوص بتن می‌باشد می‌توان نمونه‌برداری را در یک مرحله و به میزان کمتر از ۲۵ لیتر انجام داد.

ج) نمونه تهیه شده قبل از انجام شدن هر آزمونی باید روی سطحی که آب جذب نمی‌کند مجدداً مخلوط شده و سپس مورد آزمون قرار گیرد.

چ) مدت زمان نمونه‌برداری تا زمان قالب‌گیری نباید بیش از ۱۵ دقیقه باشد، و در تمام این مدت باید بتن در مقابل از دست دادن آب، یا اضافه شدن آب، جداشدگی، وزش باد و یا تابش مستقیم آفتاب و همچنین گرما و سرما محافظت شود.



به طور کلی، کارایی مخلوط بتن را می توان میزان سهولت در مخلوط کردن، جابجایی، ریختن و تراکم بتن در محل نهایی خود، بدون جداسازی و ایجاد غیر یکنواختی بتن دانست. کارایی بتن به عوامل متعددی ارتباط دارد. اما از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در کارایی بتن را می توان میزان سیمان، دانه بندی و مقدار ماسه و همچنین مقدار آب مخلوط دانست. به طور معمول افزایش مقدار سیمان، ماسه و آب باعث افزایش کارایی می گردد. در حالی که ممکن است در بعضی از موارد، بتن سفت تر شود. باید توجه داشت که افزایش مصالح مورد اشاره باعث غیر اقتصادی شدن و در برخی موارد، کاهش دوام و

عمر مفید بتن می‌شود. لذا در یک طرح مناسب باید ضمن حصول کارایی مناسب، پارامترهای مقاومت فشاری، دوام و اقتصاد را نیز تأمین نمود.

جهت اندازه‌گیری و تعیین همه ابعاد کارایی بتن، تاکنون هیچ روش آزمون مشخصی ابداع نشده است. اما از آنجا که مهمترین شاخص‌های کارایی بتن، روانی (شلی و سفتی)، تراکم پذیری و خوشکاری بتن است می‌توان با آزمونهای اسلامپ و ماله‌کشی به وسیله ماله فلزی روی سطح بتن، کارایی انواع بتن‌ها را ارزیابی نمود.

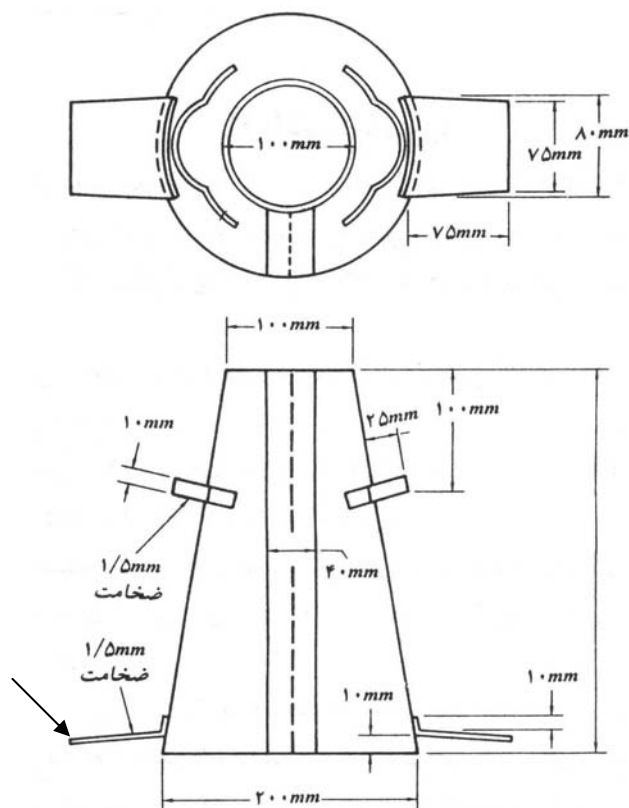
### ۳-۴ آزمون اسلامپ

این روش آزمون علی‌رغم محدودیت‌ها و خطاهای ذاتی که دارد، به علت سهولت در اجرا، کم هزینه بودن، سرعت در انجام دادن آزمون، در بسیاری از کارگاه‌های ساختمانی دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج این آزمون نشان دهنده میزان روانی و تغییرات یکنواختی در مخلوط‌های بتنی است که با یک نسبت مشخص از مصالح تهیه می‌شود.

در این آزمون، از یک مخروط ناقص از جنس فلز ضد زنگ به ارتفاع ۳۰۰ میلی‌متر و با قطر پایین ۲۰۰ و قطر بالای ۱۰۰ میلی‌متر، یک میله فولادی به قطر ۱۶ میلی‌متر و ارتفاع ۶۰۰ میلی‌متر که انتهای یک سر آن گرد شده و همچنین یک صفحه فلزی به ابعاد تقریبی ۵۰۰×۵۰۰ میلی‌متر استفاده می‌شود (شکل ۲).

مراحل آزمایش اسلامپ به شرح زیر است:

الف - قالب اسلامپ (مخروط ناقص) باید کاملاً تمیز و مرطوب شده باشد، اما نباید خیس باشد.

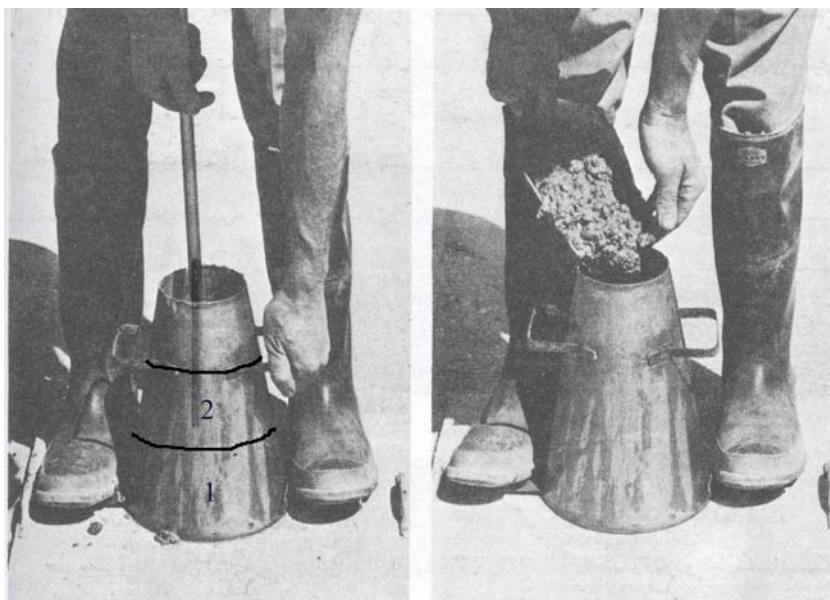


### شکل ۲ مخروط آزمایش اسامپ

ب - قالب اسلامپ باید بر روی یک سطح صاف، افقی، غیر جاذب آب قرار داده شود، اگر چنین سطحی موجود نیست باید قالب را روی یک ورق فولادی قرار داد.

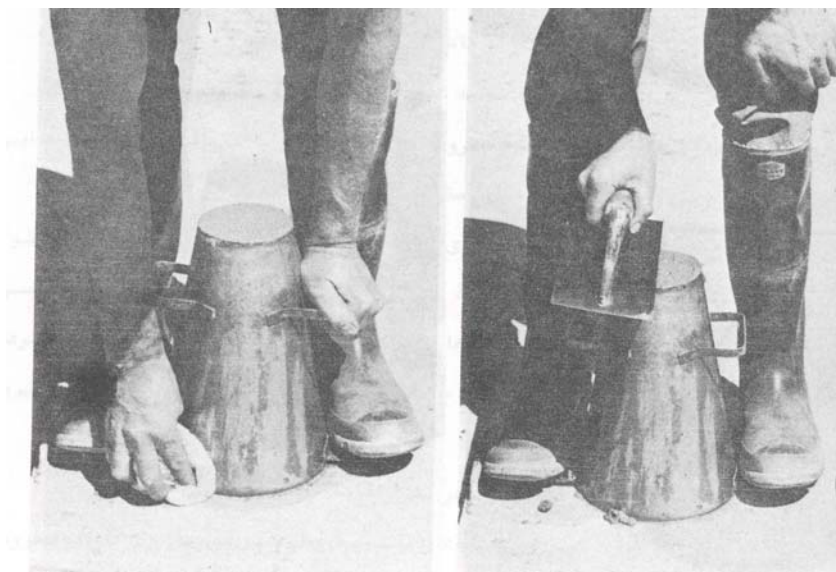
پ - با گذاشتن دو پا بر روی دو گیره قالب اسلامپ، باید قالب محکم در محل خود نگه داشته شود (شکل ۳).

در فاصله زمانی مورد نظر، بعد از پایان اختلاط باید بتن در سه لایه داخل مخروط ریخته شود به گونه‌ای که ارتفاع هر لایه پس از تراکم تقریباً مساوی یک سوم ارتفاع مخروط باشد. هر لایه با استفاده از ۲۵ ضربه میله تراکم، متراکم می‌شود. در لایه‌های بعدی باید میله تراکم، اندکی در لایه قبلی نفوذ نماید.



شکل ۳ محکم نگه داشتن قالب اسلامپ در محل خود، ریختن و متراکم کردن در ۳ لایه برابر

چنانچه پس از متراکم ساختن لایه فوقانی، بتن پایین‌تر از لبه مخروط بود، مجدداً باید مقداری بتن روی آن ریخته و سطح آن را با حرکت اره‌ای و یا غلتکی میله تراکم و یا ماله صاف نمود (شکل ۴).  
ت - سپس در حالی که مخروط با استفاده از دستگیره‌های موجود، کاملاً با دست نگه داشته شده است، (پس از برداشتن پاها از پاگیره‌ها) و پس از تمیز نمودن اطراف مخروط از اضافه بتن ریخته شده روی سطح، مخروط را به آرامی و بدون هیچ حرکت جانبی، چرخشی و یا ضربه‌ای، به طور عمودی به سمت بالا بکشید. این عمل باید طی مدت ۵ تا ۱۰ ثانیه انجام شود (شکل ۵).

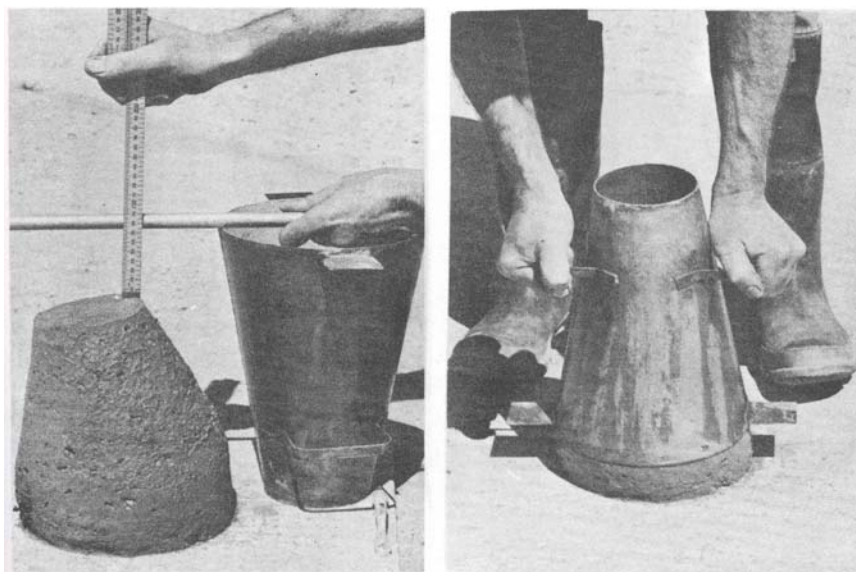


شکل ۴ صاف کردن سطح بتن و تمیز نمودن اطراف مخروط اسلامپ

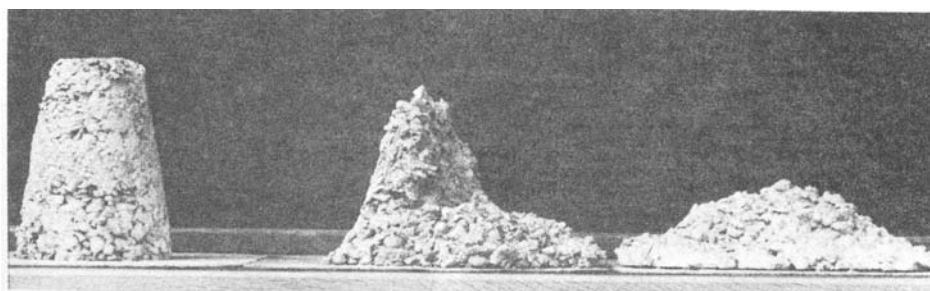
ث - پس از بیرون کشیدن قالب می‌توان آن را به صورت بر عکس بر روی سطح صاف و کنار مخلوط بتن قرار داد (شکل ۵). سپس باید میله تراکم بر روی قالب قرار داده شود و ارتفاع بین زیر میله و بالاترین نقطه مخروط بتن اندازه‌گیری شود.

ج - چنانچه بلافاصله پس از برداشتن مخروط، بتن در هم فرو ریخته شود (نوع ریزشی) و یا از یک طرف بریزد (نوع برشی) (شکل ۶) باید آزمون را یکبار دیگر تکرار نمود، و در صورتی که دوباره همان نتیجه حاصل شود می‌توان نتیجه گرفت که بتن دارای حالت خمیری نبوده و یا دارای چسبندگی لازم نیست و باید یا از روش دیگری برای اندازه‌گیری کارایی استفاده نمود و یا در طرح اختلاط و یا در ساخت بتن تجدید نظر نمود.





شکل ۵ بالا آوردن قالب اسلامپ با دست



شکل ۶ انواع رفتار بتن در آزمایش اسلامپ

#### ۴-۴ طبقه‌بندی روانی و میزان اسلامپ

طبقه‌بندی روانی بتن بر اساس آزمون اسلامپ (بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۳۵۱۹)، مطابق جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱ طبقه‌بندی روانی بتن بر اساس آزمایش اسلامپ

| میزان اسلامپ (mm) | طبقه‌بندی روانی |
|-------------------|-----------------|
| ۴۰ تا ۱۰          | $S_1$           |
| ۹۰ تا ۵۰          | $S_2$           |
| ۱۵۰ تا ۱۰۰        | $S_3$           |
| بیشتر از ۱۶۰      | $S_4$           |

پس از اتمام آزمایش اسلامپ باید اطلاعات زیر ثبت گردد:

- زمان آزمایش در طول روز
- فاصله زمانی اختلاط بتن تا آزمایش
- مقدار اسلامپ به میلیمتر
- نوع اسلامپ (معمولی یا واقعی - برشی - ریزشی)
- محل بتن ریزی و موقعیت قطعه



انتقال بتن



انتقال بتن، مرحله مهمی در روند اجرای کارهای بتنی محسوب می‌گردد. انتقال بتن از مخلوط کن تا محل نهایی بتن‌ریزی، باید به نحوی انجام شود که از جدا شدن اجزای بتن جلوگیری گردد. از طرف دیگر، سرعت انتقال باید تا حدی باشد که بتن‌ریزی به صورت متوالی انجام شود و از گرفتن بتن لایه قبلی اجتناب شود، حتی لایه زیرین نباید به مرز گیرش اولیه نزدیک شده باشد. عدم آلودگی به مواد مضر در طول حمل و عدم تبادل شدید حرارتی در این مدت، از اصول مهم مرحله انتقال بتن است. انتخاب روش یا وسیله انتقال بتن تابع شرایط کارگاه و زمین، حجم کار، ارتفاع به کارگیری و تخلیه و فاصله انتقال می‌باشد. در این فصل، چند وسیله ساده انتقال بتن شرح داده شده است.

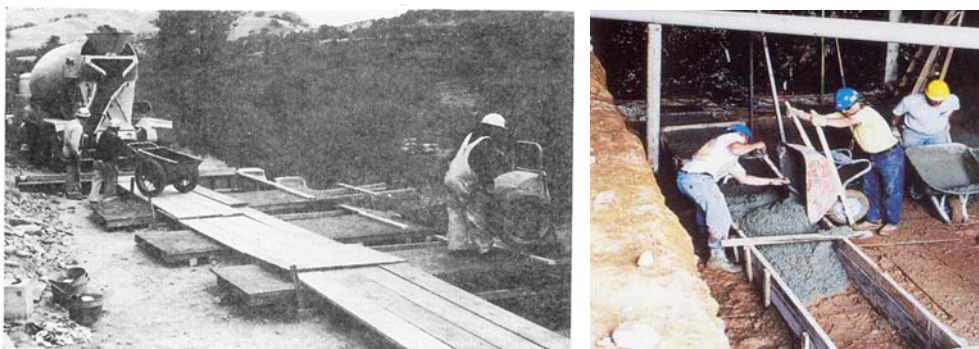
### ۵-۱ استانبولی و زنبه

برای انتقال بتن، در حجم‌ها و مسافت‌های خیلی کم و یا مکان‌هایی که امکان استفاده از فرغون وجود ندارد می‌توان از استانبولی و یا زنبه استفاده کرد. از استانبولی برای انتقال حدود ۲۵ کیلوگرم (۱۰ لیتر) بتن استفاده می‌شود، مسافت بهینه ۱۰ متر و حداکثر مسافت قابل حمل، ۲۵ متر توصیه می‌شود. حداکثر ظرفیت توصیه شده برای حمل بتن با زنبه ۶۰ کیلوگرم (۲۵ لیتر)، طول حمل نیز ۲۵ تا ۳۰ متر است.

### ۵-۲ چرخ دستی یا فرغون

توصیه می‌شود، در کارگاه‌های کوچک که حجم ساخت بتن از ۴۵۰ لیتر در هر نوبت تجاوز نمی‌کند، از فرغون استفاده شود. در هنگام استفاده از فرغون باید موارد زیر را رعایت کرد: الف) حجم جابجایی با فرغون حدود ۵۰ تا ۶۰ لیتر بتن است که حدود ۱۲۵ تا ۱۵۰ کیلوگرم وزن دارد. ب) حداکثر مسافت مجاز برای انتقال بتن به وسیله فرغون ۱۰۰ متر است. ولی توصیه می‌شود مسافت حمل به ۵۰ تا ۶۰ متر محدود گردد.

پ) معمولاً در هنگام حرکت فرغون، اجزای مخلوط بتن تمایل به جدا شدن دارند، بنابراین سطح عبور فرغون باید کاملاً مسطح و هموار باشد (شکل ۱). به کارگیری از تخته‌الوار و یا بویژه نیمرخ‌های ناودانی فولادی برای این منظور توصیه می‌شود، که می‌تواند به افزایش سرعت نیز منجر گردد.



شکل ۱ استفاده از چرخ دستی برای انتقال بتن (هموار کردن مسیر و روش انتقال)

ت) در پیمانۀ اول، بخشی از سیمان، آب و ماسه بر کف و دیواره‌های فرغون می‌چسبند، بنابراین در پیمانۀ اول، باید حدود ۵ درصد به سیمان، آب و ماسه اضافه گردد.

ث) نباید از مخلوط کن، به طور مستقیم بخشی از مخلوط به فرغون منتقل شود، زیرا این عمل باعث جداشدگی در مخلوط بتن می‌شود. بنابراین ابتدا باید تمام مخلوط از مخلوط‌کن خارج گردد و در یک ظرف و یا بر روی سکوی تمیز تخلیه گردد. سپس از آن ظرف، مقدار مورد نیاز از مخلوط را با فرغون حمل کرد.

ج) قبل از استفاده از فرغون باید آن را کاملاً تمیز نمود. همچنین در پایان کار روزانه تمیز کردن فرغون ضروری است.

### ۳-۵ دامپر (فرغون موتوری)

در کارگاه‌هایی با وسعت نسبتاً وسیع و دارای سطح هموار می‌توان از دامپر استفاده نمود (شکل ۲). حداکثر طول حمل با این وسیله ۳۰۰ متر و طول حمل بهینه ۱۰۰ متر است. با استفاده از دامپر می‌توان

در حدود ۲۵۰ تا ۷۵۰ کیلوگرم (حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰ لیتر) بتن را حمل کرد. باید توجه نمود، مسیر حمل باید کاملاً هموار بوده و در هنگام انتقال باید با حداقل سرعت حرکت نمود، در غیر این صورت امکان جاشدگی وجود دارد.

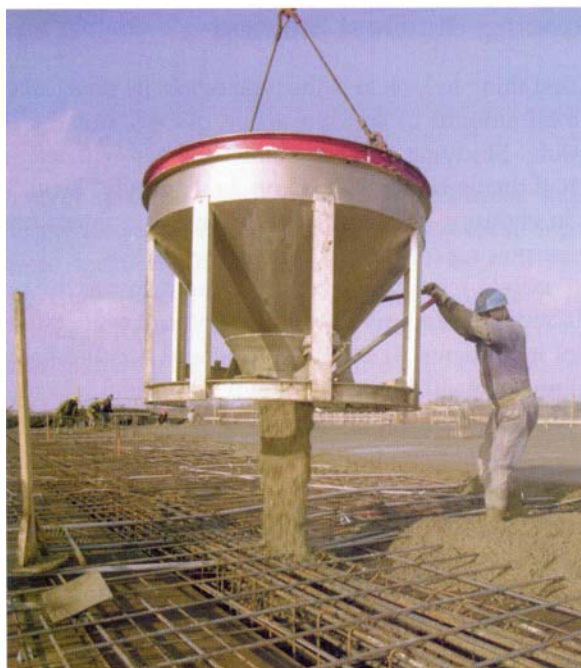
#### ۴-۵ دلو یا جام

برای انتقال بتن به وسیله دلو یا جام نیاز به بالا برنده و یا جرثقیل است. معمولاً دلوها دارای ظرفیت بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ لیتر است، اما حجم جام‌ها بیشتر است که برای پروژه‌های بزرگ استفاده می‌شود. در هنگام استفاده از دلو یا جام تمهیدات زیر باید رعایت گردد:



شکل ۲ انتقال بتن با استفاده از فرغون موتوری

الف - دریچه بازشو دلو و جام باید به نحوی طراحی شده باشد که به راحتی اجازه خروج مخلوط بتن را بدهد. همچنین باید شیب ظرف در حد زیاد باشد تا امکان باقی ماندن بتن در ظرف وجود نداشته باشد (شکل ۳). دریچه بازشو باید دارای ضامن باشد تا در طول انتقال بر اثر برخورد با موانع، ناگهان باز نشود.



### شکل ۳ انتقال بتن با جام و روش تخلیه آن

(توجه شود که بتن، در نزدیکترین نقطه نسبت به بتن ریزی قبلی باید تخلیه می شود.)

- ب - در پیمانۀ اول، بخشی از سیمان، آب و ماسه بر سطح دلو یا جام می چسبند. بنابراین در پیمانۀ اول، باید حدود ۵ درصد به سیمان، آب و ماسه اضافه گردد.
- پ - بعد از اتمام کار، جام و دلو، باید کاملاً شسته و تمیز شود.

### ۵-۵ ناوه (سطح شیبدار یا شوت)

ناوه یا ناودانی وسیله‌ای ساده، ارزان و سریع برای انتقال بتن به نقاط پایین‌تر و در ارتفاع کمتر می باشد (شکل ۴). توجه به موارد زیر در هنگام استفاده از ناوه ضروری است:

- الف - ناوه طولانی باعث جداشدگی اجزا و خشک شدن مخلوط بتن می گردد، بنابراین باید از ناوه کوتاه استفاده کرد. به عنوان راهنمایی، در صورت استفاده از یک ناوه، چنانچه بتن دچار جداشدگی گردید باید در نوع وسیله و یا طول آن تجدید نظر نمود.



- ب - شکل مقطع ناوه ترجیحاً دایره‌ای و یا نیم دایره باشد و از به کار بردن مقاطع مستطیل با گوشه‌های تیز (به علت باقی ماندن بتن و افزایش اصطکاک - اثر جدار-) خودداری گردد.
- پ - قطر ناوه باید حداقل ۸ برابر حداکثر اندازه سنگدانه باشد.
- ت - شیب ناوه باید حداکثر به ۲ به ۳ و یا حداقل ۳ به ۲ محدود شود.
- ث - برای آنکه مخلوط درون ناوه مجدداً مخلوط گردد، بهتر است که در انتهای ناوه، یک ناودانی و یا قیف هادی به کار برده شود. این عمل همچنین باعث می‌شود که از جداسازی اجزای بتن جلوگیری شود، بویژه اگر سرعت بتن روی ناوه زیاد باشد.
- ج - مخلوط بتن باید دارای کارایی کافی و چسبنده باشد تا به راحتی درون ناوه حرکت کند. به عنوان راهنمایی باید از بتن‌هایی با اسلامپ ۵ تا ۱۰ سانتیمتر استفاده نمود، به هر حال سایر عوامل، مانند عیار سیمان، دانه‌بندی، شکل و بافت سنگدانه‌ها و نسبت آب به سیمان در این مسئله موثرند.



شکل ۴ انتقال بتن با استفاده از سطح شیبدار

## ۵-۶ شوت سقوطی

شوت سقوطی دارای سطح مقطع دایره‌ای است و قطر آن در بالا حداقل ۸ برابر حداکثر اندازه سنگدانه و در پایین حداقل ۶ برابر حداکثر اندازه سنگدانه است (شکل ۵). شوت سقوطی می‌تواند از نوع صلب یا انعطاف‌پذیر باشد. بهتر است از لوله‌های پارچه‌ای یا پلاستیکی باز شونده استفاده گردد.

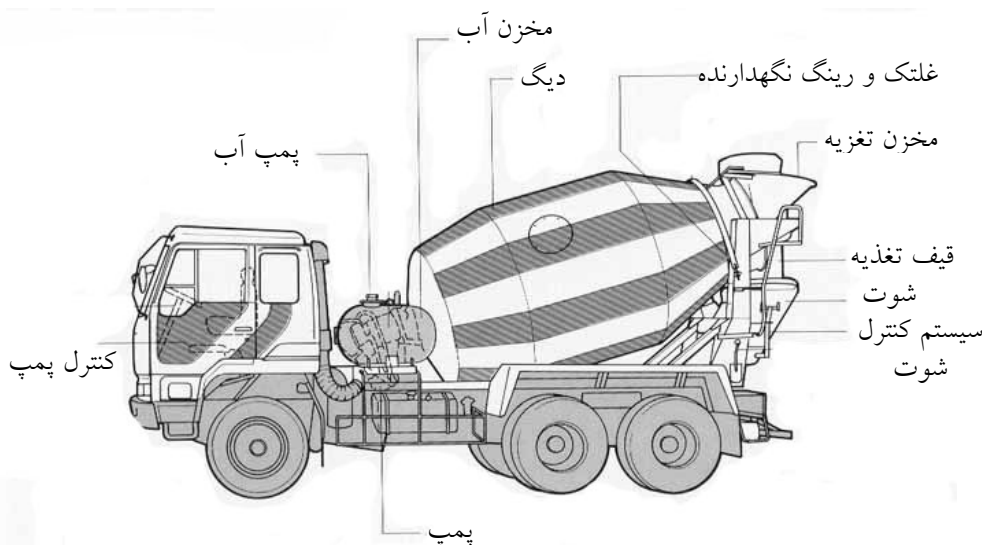


شکل ۵ - شوت قوطی، سمت راست انتقال بتن با استفاده از شوت سقوطی، سمت چپ ترکیب ناوه و شوت سقوطی

### ۵-۷ کامیون مخلوط‌کن (تراک میکسر)

تراک میکسر وسیله‌ای برای حمل بتن آماده است. کارخانه‌های بتن آماده معمولاً به دو گروه تقسیم می‌شوند. برخی کارخانه‌ها فقط عملیات پیمانه کردن را انجام می‌دهند، و برخی دیگر از کارخانه‌ها غیر از عملیات پیمانه کردن، عمل مخلوط کردن را نیز انجام می‌دهند. به عبارت دیگر، در کارخانه، مصالح پیمانه شده و مقادیر معین مصالح بتن به درون کامیون مخلوط‌کن ریخته می‌شود، اما عمل اختلاط در حین حمل، قبل از تخلیه بتن در دیگ کامیون مخلوط‌کن صورت می‌گیرد و آب مخلوط در حین حمل و یا در محل کارگاه به مخلوط خشک اضافه می‌گردد. بر همین اساس به این روش، پیمانه خشک نیز گفته می‌شود. اما در گروه دوم کارخانه‌ها، بتن آماده شده، به درون دیگ کامیون مخلوط‌کن ریخته می‌شود. شکل ۶، جزئیات کامیون مخلوط‌کن را نشان می‌دهد.

دیگ کامیون مخلوط‌کن دارای دو سرعت دوران کند و تند می‌باشد. دور کند یا سرعت به هم زدن ۲ تا ۵ دور در دقیقه و دور تند یا سرعت اختلاط ۷ تا ۱۳ دور در دقیقه است. در هنگام استفاده از کامیون مخلوط‌کن، موارد زیر باید رعایت گردد:



شکل ۶ کامیون مخلوط‌کن

الف - از زمانی که آب به مخلوط خشک بتن افزوده می‌شود، تعداد دوران ۷۰ تا ۱۰۰ دور با سرعت تند برای اختلاط اولیه کافی است. اگر بتن آماده در داخل دیگ حمل شود و بخواهیم در هنگام تخلیه همگنی را مجدداً به دست آوریم، کافی است ۳۰ تا ۴۰ دور با سرعت کند بتن را به هم بزنیم. حداکثر تعداد دوران دیگ به ۳۰۰ دور (شامل دور کند و تند)، محدود می‌گردد، به این ترتیب، مدت حمل در شرایط عادی (به غیر از بتن ریزی در هوای گرم و سرد) از زمان بارگیری تا تخلیه، به ۱ تا ۱/۵ ساعت محدود می‌شود. اما از ۳۰۰ دور چرخش دیگ فقط حداکثر ۱۰۰ دور باید سرعت مخلوط کردن و بقیه باید با سرعت به هم زدن باشد، زیرا زمان طولانی حمل و یا تعداد چرخش زیاد دیگ باعث کاهش اسلامپ، سایش سنگدانه‌ها و بدنه دیگ و همچنین کاهش مقاومت و دوام بتن می‌گردد.

ب - درموردی که مدت انتقال بتن طولانی است و یا احتمال وجود ترافیک سنگین وجود دارد، بهتر است از روش مخلوط خشک استفاده شود و آب مخلوط در کارگاه به سایر مصالح اضافه گردد. هر چند در این حالت، کنترل دقیق مقدار آب با اشکال رو به رو می‌گردد و نیاز به نظارت دقیق است تا آب مخلوط به مقدار تعیین شده افزوده شود.

پ - استفاده از کامیون مخلوط کن برای بتن‌های زیر توصیه نمی‌شود:

بتن با اسلامپ کمتر از ۴۰ میلیمتر

بتن با حداکثر اندازه سنگدانه بیش از ۵۰ میلیمتر

بتن با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴ (بدون استفاده از مواد افزودنی روان کننده و یا فوق‌روان کننده)

در روش پیمان خشک نباید از میکروسیلیس به صورت پودر استفاده گردد، زیرا توزیع ذرات میکروسیلیس در مخلوط به صورت یکنواخت انجام نمی‌شود.

ت - اگر از کامیون مخلوط کن برای اختلاط اولیه (پیمان خشک) استفاده شود، حجم بتن ساخته شده در آن باید به دو سوم ظرفیت اسمی دیگ محدود گردد. به عنوان مثال، با کامیون مخلوط کن با ظرفیت اسمی ۶ متر مکعب می‌توان ۴ متر مکعب بتن به روش پیمان خشک را، مخلوط کرد.

۶

---

---

کنترل‌ها و آماده‌سازی قبل از بتن‌ریزی



قبل از آنکه عملیات بتن‌ریزی انجام شود، باید محل بتن‌ریزی کنترل گردد. مواردی که در زیر شرح داده شده، ضوابط کنترل و آماده‌سازی است که قبل از عملیات بتن‌ریزی باید مورد توجه مهندس ناظر قرار بگیرد. به عبارت دیگر، چنانچه مهندس ناظر اشکالی در هر یک از موارد زیر مشاهده کند، باید از ریختن بتن جلوگیری نماید تا نسبت به رفع مشکل مربوط اقدام گردد:

الف - اگر بتن‌ریزی بر روی زمین انجام می‌شود، سطح زمین باید عاری از هر گونه مواد زاید، تمیز و متراکم باشد. باید بسته به شرایط رطوبت محیط و زمین، از ساعتها قبل بر روی زمین آب پاشی شود تا رطوبت زمین در حالت اشباع با سطح خشک بوده، ولی عاری از آب اضافی باشد.

ب - ابعاد قالب‌ها باید مطابق با نقشه‌های اجرایی باشد و اندازه داخلی قالب‌ها در حد رواداریهای مجاز باشد.

پ - قالب‌ها باید در محل خود کاملاً محکم نصب شده باشند. بنابراین با اعمال ضربه و نیرو به قالب‌ها هیچگونه لغزشی نباید در قالب‌ها مشاهده گردد. به عبارت دیگر، از مهاربودن قالب‌ها اطمینان حاصل شود.

ت - داخل قالب‌ها باید کاملاً تمیز و عاری از هر گونه مواد زاید باشد. وجود مواد زاید، مانند خرده چوب، آب، برف، یخ، گل و لای و شاخه و برگ درختان سبب کیفیت نامطلوب بتن می‌گردد. بنابراین قبل از بتن‌ریزی در صورت وجود هر نوع ذرات و مواد زیان‌آور در قالب، باید به روش دستی و یا با استفاده از هوای فشرده، درون قالب‌ها تمیز گردد. لازم است قالب ستون، دیوار و حتی تیرها دارای دریچه نظافت (تخلیه) باشد تا عمل تمیز کردن قالب به راحتی انجام گردد.

ث - برای آنکه از چسبندگی بتن به قالب جلوگیری گردد و همچنین آب بتن توسط قالب چوبی جذب نگردد، باید سطوح قالب روغنکاری شود. روغن مصرفی باید از نوع مناسب باشد. مقدار روغنکاری باید در حدی باشد که از چکه کردن آن جلوگیری شود و نه آنقدر مقدار روغن کم باشد که تمام سطوح قالب به طور یکنواخت آغشته نشود.

ج - قبل از بتن‌ریزی، وضعیت میلگرد از نظر خوردگی باید بررسی شود. اگر بر سطح میلگرد زنگ کم مشاهده گردد (زنگ با ناخن و یا گونی زبر از بین برود) و آج آن صدمه ندیده باشد، استفاده از آن

میلگرد بدون مانع است. حتی این مقدار زنگ باعث افزایش مقاومت پیوستگی می‌شود. اما اگر مقدار زنگ روی میلگردها زیاد است، باید با ابزار مناسب نسبت به زدودن زنگ اقدام شود. روش مناسب زدودن زنگ، ماسه پاشی است، اما فرچه یا سنباده و یا برس مناسب نیست، زیرا فقط سبب صیقلی شدن زنگ می‌گردد. مقدار زیاد زنگ نه تنها فرآیند خوردگی را تشدید می‌کند، بلکه سبب کاهش مقاومت پیوستگی بین میلگرد و بتن می‌گردد. در صورتی که خوردگی سبب آسیب دیدگی آج میلگرد و یا سبب ایجاد حفره در میلگرد شده باشد، باید از به کار بردن آن میلگرد اجتناب گردد.

چ - ممکن است روی سطح میلگرد، قشری از ملات حاصل از بتن ریزی قبلی مشاهده شود. چنانچه فاصله زمانی بتن‌ریزی قبلی و بعدی فقط چند ساعت باشد، نیاز به پاک کردن ملات از سطح میلگردها نیست، در غیر این صورت باید آن قشر ملات پاک شود.

ح - میلگردها باید توسط فاصله‌دهنده‌های پلاستیکی (لقمه) در موقعیت خود تثبیت شده باشند تا هنگام بتن‌ریزی، میلگردها حرکت نکنند. در صورتی که امکان دسترسی به فاصله‌دهنده‌های پلاستیکی وجود ندارد می‌توان از قطعات پیش ساخته ملات یا بتن با ضخامت مورد نظر، استفاده گردد. موقعیت و فواصل میلگردها باید مطابق با نقشه‌های اجرایی و در حد رواداریهای مجاز باشد. همچنین، ضخامت پوشش بتنی بر روی میلگردها باید کنترل گردد، زیرا رعایت نکردن ضخامت مورد نظر و یا کم بودن ضخامت پوشش، سبب کاهش دوام سازه می‌شود.

خ - لقمه‌های ساخته شده از ملات و یا بتن باید دارای ضوابط زیر باشد:

نسبت آب به سیمان آن مساوی و یا کمتر از بتن اصلی باشد.

حداکثر اندازه سنگدانه کوچکتر یا مساوی یک سوم ضخامت لقمه (پوشش بتنی روی میلگرد) باشد.

بتن یا ملات مورد نظر باید همچون بتن‌های معمول به خوبی مخلوط، ریخته، متراکم و عمل‌آوری

شود، زیرا باید عملکردی مشابه بتن اصلی (بویژه از نظر دوام) داشته باشد.

در صورتی که در لقمه‌ها از مفتول‌های فولادی میلگردگذاری استفاده می‌شود باید ضوابط حداقل

پوشش بتنی روی میلگردها رعایت گردد.



د - در صورتی که فاصله زمانی بین بتن‌ریزی جدید و لایه قبلی طولانی باشد، برای اجتناب از بروز درز سرد باید به چند مورد توجه شود. درز سرد به معنی این است که پیوستگی مطلوب بین لایه قبلی بتن و لایه جدید بتن وجود نداشته باشد.

به منظور جلوگیری از بروز درز سرد باید از ضخامت لایه‌های بتن ریزی کاسته شود، از سیمان‌های کندگیر و یا مواد دیرگیر کننده استفاده شود. همچنین می‌توان با خنک کردن بتن، زمان گیرش را افزایش داد تا احتمال ایجاد درز سرد کم شود. یکی از راه‌های ایجاد درز سرد بویژه در شالوده‌ها یا دیوارها، کاهش فاصله درزهای اجرایی (ساخت) است. این کاهش باید با تأیید طراح و دستگاه نظارت انجام گیرد که مستلزم رعایت ضوابط مربوط است.

در صورت بروز درز سرد باید سطح لایه قبلی بتن، با ابزار مناسبی زبر گردد. اگر آخرین لایه بتن‌ریزی با توجه و آگاهی توقف بتن‌ریزی در روز انجام می‌شود، عملیات زبر کردن سطح بسیار آسان خواهد بود، زیرا به راحتی می‌توان روی سطح بتن تازه، ایجاد شیار کرد. اما اگر بتن سخت شده باشد، باید زبر کردن سطح بتن توسط ابزاری، مانند تیشه انجام شود. از طرف دیگر باید شرایط رطوبت لایه قبلی در حالت اشباع با سطح خشک باشد. برای رساندن شرایط رطوبت به این حالت، باید بسته به شرایط رطوبت محیط و شرایط رطوبت بتن قدیم، از چند ساعت قبل از بتن‌ریزی، نسبت به آب پاشی بتن قبلی اقدام کرد. اما در زمان بتن‌ریزی لایه جدید، سطح بتن قدیم باید عاری از آب اضافی باشد. همچنین روی سطح بتن قدیم باید کاملاً تمیز و پاک باشد. چنانچه سنگدانه‌هایی سست بر روی سطح بتن قدیم مشاهده می‌شود باید از بتن قدیم جدا شود.

همچنین توصیه می‌شود، به منظور ایجاد پیوستگی بیشتر بین بتن قدیم و جدید، اولین پیمانه بتن جدید که روی بتن قدیم قرار می‌گیرد، حتی‌الامکان ریزدانه‌تر، دارای عیار سیمان و اسلامپ بیشتری باشد ولی نباید تغییر زیادی در مشخصات بتن از نظر مقاومت و دوام ایجاد شود.

ذ - در هوای سرد، سطح زمین و یا سطح بتن قدیم و یا قالبی که قرار است روی آن بتن‌ریزی شود، نباید یخ زده باشد. در صورت مشاهده یخ، باید ابتدا نسبت به برطرف کردن یخ زدگی با وسایل مناسب اقدام گردد.

ر - تمام وسایل و ابزار بتن‌ریزی، مانند فرغون و ویبره (لرزاننده) به صورت تمیز و آماده به کار در محل مستقر شده باشد.



---

عملیات بتن ریزی



در این فصل، مراحل بتن‌ریزی به ترتیب ارائه شده است. باید توجه داشت که این مراحل نقش مهمی در کسب مقاومت بتن دارد. در صورتی که مصالح مناسب و استاندارد انتخاب شود، و مراحل اجرایی به طور مطلوب انجام نگیرد، خواص و دوام مورد نظر حاصل نمی‌گردد.

## ۷-۱ تمهیدات کلی در بتن‌ریزی

عمل بتن‌ریزی و تراکم بتن، معمولاً توأم و وابسته بوده و اغلب همزمان انجام می‌شود. اجرای صحیح این عملیات برای حصول اطمینان از مقاومت و دوام سازه بسیار حایز اهمیت است. در هنگام بتن‌ریزی، رعایت موارد کلی زیر ضروری است:

الف - بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی مورد نظر ریخته شود و نباید به مقدار زیاد در یک نقطه انباشته گردد و سپس به نقاط دیگر منتقل شود. در غیر اینصورت امکان جداشدگی در اجزای بتن قابل پیش‌بینی است و کیفیت مطلوب حاصل نمی‌گردد. رعایت اصول و نکات کلی انتقال بتن نیز الزامی است.

ب - بتن باید در لایه‌های افقی با ضخامت‌های مساوی ریخته شود و هر لایه باید به طور مطلوب متراکم گردد و سپس لایه بعدی ریخته شود. تا آنجا که عملی باشد، هر لایه باید به صورت کامل و بدون وقفه اجرا گردد. ضخامت لایه‌ها تابع اندازه و شکل قالب، روانی بتن، فاصله میلگردها و روش تراکم می‌باشد. هر چند، حداکثر ضخامت لایه بتن به  $0/6$  متر و حداقل آن به  $0/15$  متر و یا سه برابر حداکثر اندازه سگدانه (هر کدام بزرگتر باشد) محدود می‌گردد، معمولاً در اعضای بتن مسلح، ضخامت  $0/2$  تا  $0/4$  متر پیشنهاد می‌گردد.

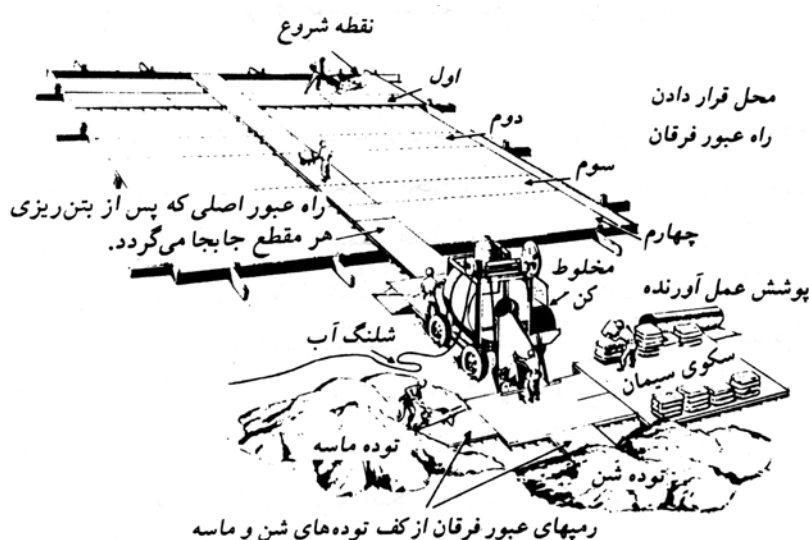
پ - بتن‌ریزی باید به طور مستمر انجام شود و لایه جدید قبل از سخت شدن لایه قبلی ریخته شود تا پیوستگی بین لایه‌ها تأمین شود و از بروز صفحات ضعیف که درز سرد نامیده می‌شود، اجتناب گردد (برای اطلاعات بیشتر به فصل ششم مراجعه شود).

ت - بتن باید تمام زوایای قالب و اطراف میلگردها را کاملاً پر کند.

## ۲-۷ بتن ریزی دالها

بتن ریزی دالها نیاز به تمهیدات خاص به شرح زیر دارد:

الف - در صورتی که سطح دال وسیع باشد، ابتدا باید راه‌های هموار برای عبور فرغون یا وسایل حمل بتن و افراد را ایجاد نمود. بدین منظور می‌توان با استفاده از تخته‌های محکم مسیر عبور را برقرار کرد. شکل ۱، روش انتقال بتن با استفاده از راه‌های قابل دسترس را نشان می‌دهد.



شکل ۱ محل قرار دادن مصالح و ریختن بتن در دالها و یا کف‌های مسلح

ب - بتن باید در نزدیکترین محل نهایی خود ریخته شود، زیرا جابجایی بتن در قالب باعث جداشدگی ذرات می‌شود (شکل ۲). در صورت نیاز به جابجایی، باید توده بتن به صورت یکجا حرکت داده شود. برای این کار می‌توان از یک وسیله پارویی شکل استفاده نمود و بتن را به صورت توده‌ای حرکت داد. از پرتاب کردن بتن با وسایلی مانند بیل از نقطه‌ای به نقطه دیگر اکیداً خودداری گردد.



شکل ۲ ریختن بتن در نزدیکی محل مورد نیاز

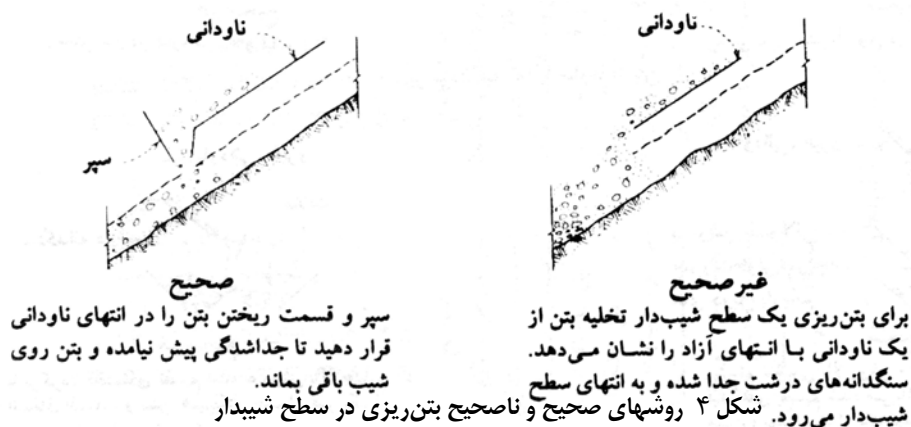
همچنین باید سعی شود در ریختن بتن با جام، تا حد امکان آن را به قالب و یا سطح بتن‌ریزی نزدیک کرد تا موجب جداسدگی نشود، و از اعمال ضربه به قالب و میلگردها جلوگیری گردد (شکل ۳ در فصل پنجم).

پ - بتن‌ریزی باید در جلو لایه قبلی بتن انجام شود و نباید در انتهای لایه قبلی بتن‌ریزی شود. روش صحیح عملیات در شکل ۳ نشان داده شده است. در روش صحیح، بتن درون فرغون در جلو بتن قبلی ریخته می‌شود، اما در روش ناصحیح با گذاشتن یک سکو بر روی بتن قبلی، بتن جدید ریخته می‌شود. این عمل باعث جداسدگی اجزای بتن می‌گردد.



شکل ۳ روش صحیح ریختن بتن

ت - بتن‌ریزی روی سطوح شیبدار، از پایین شیب شروع می‌شود و به تدریج به سمت بالا رفته و خاتمه می‌یابد. لازم است برای این نوع بتن‌ریزی، از بتنی با روانی یا اسلامپ کم (حدود ۵۰ میلیمتر) استفاده گردد. همچنین کاهش سرعت بتن‌ریزی نیز می‌تواند در این خصوص موثر باشد. در شکل ۴، این عملیات به صورت صحیح و ناصحیح نشان داده شده است.



### ۳-۷ بتن‌ریزی ستونها و دیوارها

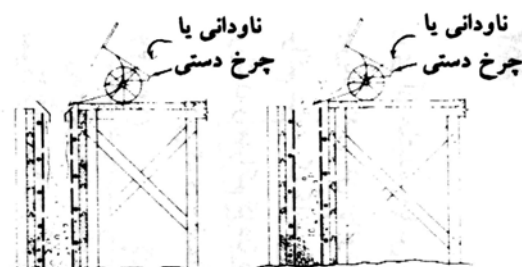
تجربه نشان می‌دهد که در هنگام بتن‌ریزی از ارتفاع بیش از ۲ متر، چنانچه تمهیدات خاص اعمال نگردد، کیفیت بتن نامطلوب خواهد بود. هر چند، آیین‌نامه‌های معتبر محدودیت خاصی را برای این منظور ارائه ننموده‌اند. بتن‌ریزی در ارتفاع زیاد سبب می‌شود که بتن با قالب و میلگردها برخورد کند و دچار ضربه ناگهانی شود و در نتیجه جداسازی اجزا در بتن رخ می‌دهد. معمولاً در کشور ما آثار جداسازی در قسمت پایین ستونها و دیوارها (حدود ۰/۵ تا ۱ متری) مشاهده می‌گردد که تصور اکثر دست‌اندرکاران آن است که، به علت عدم تراکم کافی بتن کرم و فاقد ریزدانه و ملات بوده است، در حالی که عمده‌تاً جداسازی و تراکم بیش از حد موجب بروز این عارضه (پدیده) می‌شود. بنابراین اجرای موارد زیر در بتن‌ریزی از ارتفاع ضروری است:



الف - درموردی که تراکم میلگرد در ستون و یا دیوار درحد کم باشد و سطح مقطع قالب فضای کافی را ایجاد کند می‌توان از لوله‌های آویز، ناودان و یا قیف هادی برای بتن‌ریزی استفاده کرد. ناودان شامل یک لوله و یک قیف در بالای آن است. لوله ناودان درداخل قالب گذاشته می‌شود و بتن‌ریزی به صورت تدریجی اما پیوسته انجام می‌گردد. با ریختن بتن، بتدریج لوله ناودان به طرف بالا هدایت می‌شود. این عمل باعث می‌شود که از عارضه جداشدگی ذرات بتن جلوگیری گردد.

ب - قطر لوله باید حداقل ۸ برابر اندازه بزرگترین سنگدانه باشد، اما در قسمت پایین (بعد از ۲ یا ۳ متر ارتفاع) قطر لوله را می‌توان کاهش داد و ۶ برابر اندازه بزرگترین سنگدانه در نظر گرفت. لوله‌ها می‌توانند به صورت پلاستیکی و یا پارچه‌ای باشند که در صورت وجود بتن، قطر مورد نظر را می‌توان به دست آورد. این لوله‌ها نسبت به لوله‌های صلب (انعطاف ناپذیر) ارجحیت دارند. عملیات صحیح و ناصحیح بتن‌ریزی در ارتفاع، در شکل ۵ نشان داده شده است.

پ - در مواردی که ستون یا دیوار دارای میلگرد در حد زیاد و متراکم است، امکان دارد که استفاده از لوله‌های ناودان برای ریختن بتن عملی نباشد. بنابراین می‌توان با تعبیه دریچه یا باز شو در قالب، بتن‌ریزی را انجام داد. می‌توان فواصل دریچه‌ها را حدود ۱/۵ متر تا ۲ متر در نظر گرفت. از طرف دیگر، به کارگیری دریچه، امکان رؤیت بتن در قالب را فراهم می‌کند و کنترل لرزاننده دستی نیز بهتر انجام می‌شود. در شکل ۶، روش ایجاد دریچه را نشان می‌دهد. در این روش، بتن‌ریزی تا تراز پایین دریچه تحتانی، متراکم می‌شود، سپس این دریچه بسته و از دریچه تراز بالایی بتن‌ریزی ادامه می‌یابد.



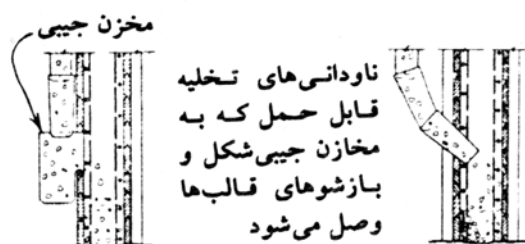
صحیح

ریختن بتن به داخل قیق‌های سبک و از آنجا تغذیه ناودانی‌های تخلیه سبک و با انعطاف باعث می‌شود که در بتن جدایی پیش نیاید. قالب‌ها و میلگردها تا قبل از اینکه بتن آنها را فراگیرد، تمیز باقی می‌مانند.

غیر صحیح

با اجازه دادن اینکه بتن در تخلیه از ناودانی یا چرخ دستی با برخورد با دیواره قالب‌ها و نیز میلگردها جدایی در بتن پیش آورده و بتنی کرم و متخلخل در پایین ایجاد کند.

شکل ۵ تخلیه بتن در ستون و یا دیوار، با استفاده از چرخ دستی، یا جام



صحیح

ریختن بتن به‌طور قائم در مخازن جیب مانند بیرونی قالب‌ها در نقاط مختلف باعث می‌شود بتن به آرامی به داخل قالب بدون جداشدگی داخل شود.

غیر صحیح

برای ریختن سریع بتن به داخل قالب‌ها از سیستم زاویه‌دار نسبت به قائم استفاده شده است. این حالت منجر به جداشدگی می‌شود.

شکل ۶ استفاده از یک دریچه در بتن‌ریزی در ارتفاع و یا در مواردی که تراکم میلگرد زیاد است.



متراکم کردن بتن



پس از جاگذاری بتن، باید حبابهای هوای ناخواسته با عمل تراکم حذف و یا کم گردد تا حداکثر چگالی در بتن حاصل شود. مقدار هوای محبوس بستگی به کارایی بتن دارد. بتن با کارایی کم، هوای حبس شده بیشتری دارد، به همین دلیل برای بتن با اسلامپ کم، نیاز به تراکم بیشتری احساس می شود. وجود حبابهای هوا باعث کاهش مقاومت بتن، افزایش نفوذپذیری بتن و کاهش مقاومت پیوستگی بین میلگرد و بتن می شود (شکل ۱).



شکل ۱ اثر تراکم در حذف یا کاهش منافذ

برای تراکم بتن می توان از دو روش زیر استفاده نمود:

- تراکم دستی
- تراکم مکانیکی

موثرترین روش تراکم بتن با کارایی متوسط (اسلامپ رده های S2 , S3) استفاده از لرزاننده یا ویبراتور است، زیرا بتن های خیلی سفت به فشار و بتن های شل به لرزش حساس هستند. عمل لرزاننده باعث کاهش اصطکاک داخلی بین سنگدانه ها می شود تا آنها به یکدیگر نزدیک شده و حبابهای هوا به سطح برسند. در ابتدای عمل تراکم، سنگدانه های درشت از لرزاننده دور می شوند، زیرا جرم سنگدانه های

درشت بیشتر از سنگدانه‌های ریز است. پس از برخورد سنگدانه‌های درشت، ملات شروع به جاری شدن بین سنگدانه‌ها می‌کند.

## ۸-۱ تراکم دستی

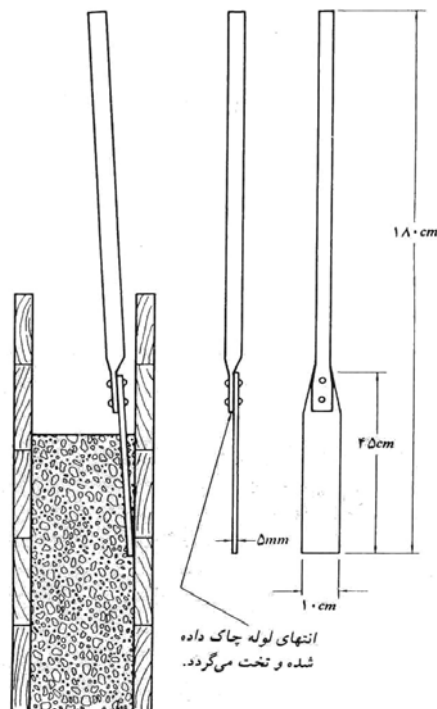
در کارهای کوچک و محدود که امکان استفاده از لرزاننده‌ها و وسایل مکانیکی وجود ندارد می‌توان برای تراکم بتن از وسایل دستی به شرح زیر استفاده کرد:

الف - در مخلوط‌های خمیری و روان (با اسلامپ بیش از ۵۰ میلی‌متر، رده S2 به بالا)، می‌توان با اجازه دستگاه نظارت از میله فولادی (تخماق، کوبه) یا وسایل مشابه برای تراکم بتن استفاده نمود. میله بایستی به اندازه کافی وارد بتن شود تا بتواند به راحتی به انتهای قالب یا انتهای لایه مربوط به همان بتن‌ریزی برسد، ضخامت میله بایستی چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میلگردها عبور نماید.

ب - با عملیاتی شبیه بیل‌زنی می‌توان ظاهر سطوح بتنی قالب‌گیری شده را بهتر کرد (شکل ۲). یک وسیله بیل مانند باید مکرراً به درون بتن و در مجاورت قالب فرو برده و بیرون آورده شود. این عمل، درشت دانه‌های بزرگتر را وادار می‌سازد تا از قالب رانده شود و حبابهای هوای محبوس بتواند بالا بیاید. در این خصوص باید دقت کرد تا به وضعیت میلگردها و قالبها آسیبی نرسد. در این حالت، ضخامت بتن حدود ۰/۳ متر توصیه می‌شود.

پ - در مخلوط‌های سفت (اسلامپ کمتر از ۵۰ میلیمتر، رده S1) می‌توان از تخمق سر پهن با مقطع دایره و یا مربع استفاده نمود. در این حالت، ضخامت هر لایه به ۰/۱۵ تا ۰/۲ متر محدود می‌شود.

ت - برای تراکم بتن دالهایی با ضخامت کمتر از ۰/۱۵ متر می‌توان از ماله چوبی و اعمال ضربه به سطح بتن استفاده نمود.



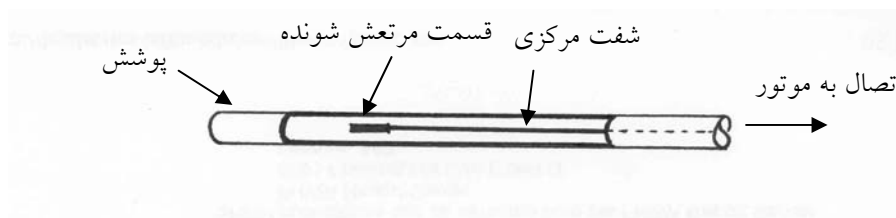
شکل ۲ استفاده از یک وسیله میله‌ای و یا بیل مانند برای تراکم بتن

## ۲-۸ تراکم مکانیکی (لرزاننده‌ها)

متراکم کردن بتن، با وسایل مکانیکی مناسب‌ترین روش برای تراکم بتن است. معمولترین نوع وسایل مکانیکی، ویبراتور یا لرزاننده داخلی (خرطومی) است. هر چند، در مواردی که تراکم میلگرد زیاد است می‌توان از لرزاننده‌های قالب نیز استفاده نمود.

لرزاننده خرطومی از یک محرک انعطاف پذیر (در درون پوشش) که سبب چرخش میله مرکزی می‌شود، تشکیل شده است (شکل ۳). بر اثر چرخش میله مرکزی، یک قطعه فلزی که به میله متصل است به پوشش فلزی ضربه می‌زند که سبب لرزاندن آن می‌گردد. لرزاننده‌ها بر اساس قطر آن،

طبقه‌بندی می‌شوند، لرزاننده‌هایی با قطر ۱۵ سانتیمتر موجود است، اما معمولاً در کارگاه‌های ساختمانی، قطر ۲/۵ تا ۷/۵ سانتیمتر به کار گرفته می‌شود.



سحل ۱ جریب برزاسده خرطومی

در هنگام استفاده از لرزاننده خرطومی باید موارد زیر رعایت گردد:

الف - برای اجتناب از حبس هوا، لایه بتن باید دارای ضخامت کم و نازک باشد، ولی در هر صورت لایه نباید کمتر از ۱۵۰ میلیمتر یا سه برابر حداکثر اندازه سنگدانه بتن باشد. معمولاً حداکثر ضخامت لایه ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر است.

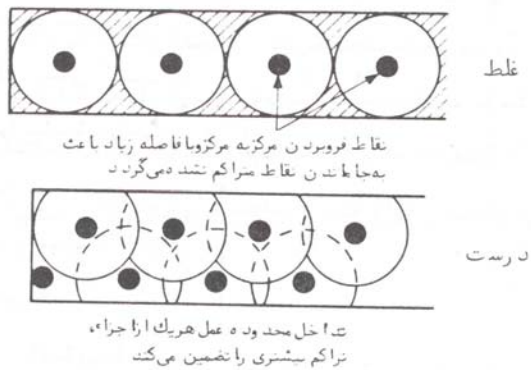
ب - معمولاً زمان کافی برای اعمال لرزش با لرزاننده خرطومی بین ۵ تا ۱۵ ثانیه است. اما مدت زمان دقیق باید بر اساس ظاهر شدن شیره بتن بر سطح و تغییر صدای لرزاننده تعیین شود. اگر زمان لرزاندن کم باشد، سنگدانه‌ها حرکت می‌کنند، اما ملات فرصت کافی برای جاری شدن ندارد و بتن متخلخل می‌شود. اگر زمان لرزاندن زیاد باشد، مقدار زیادی شیره بتن به سطح آمده که باعث جداشدگی در بتن و ایجاد ترک و کاهش مقاومت سطح بتن و کرم شدن قسمت‌های زیرین بتن می‌شود.

پ - برای حذف مؤثر هوا، ویبراتور باید سریعاً به داخل بتن وارد گردد و با حرکت ملایم بالا-پایین، ویبراتور به آهستگی خارج شود. نفوذ سریع ویبراتور سبب می‌شود تا بتن به طرف بالا و خارج از قالب حرکت کرده و هوا خارج می‌گردد. در زمانی که ویبراتور به آهستگی خارج می‌شود، هوای بالای ویبراتور به طرف بالا رانده می‌شود و از طرف دیگر، باعث جاری شدن ملات به صورت یکنواخت می‌شود. ضمناً در بتن‌های سفت جای میله ویبراتور به این ترتیب پر می‌شود.

ت - لرزاننده باید به صورت عمودی و در فواصل یکنواخت به داخل بتن فرو برده شود و از خواباندن لرزاننده به صورت کاملاً مایل یا افقی پرهیز گردد، مگر برای دال‌ها با ضخامت بیش از ۰/۱ متر و قطر



خرطومی مناسب. فواصل مورد نظر بر اساس شعاع عمل لرزاننده تعیین می‌شود. از طرف دیگر، شعاع‌های عمل باید تا چند سانتیمتر یکدیگر را پوشش دهند. معمولاً این فاصله  $1/5$  برابر شعاع عمل لرزاننده توصیه می‌شود. این فاصله برای لرزاننده‌های تا قطر ۷۵ میلیمتر بین ۱۵۰ تا ۵۰۰ میلیمتر است و به قطر لرزاننده و نوع بتن مورد استفاده بستگی دارد (شکل ۴ و ۵). محدوده شعاع عمل لرزاننده در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

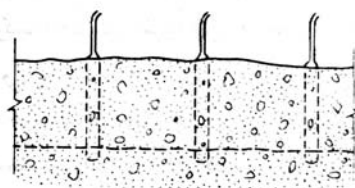


( الف )



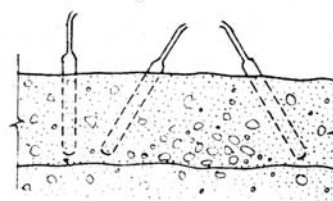
( ب )

شکل ۴ همپوشانی، شعاع عمل ویبراتور و انجام شدن ویبره به صورت عمودی (تعیین فواصل نفوذ ویبراتور)

**صحیح**

نفوذ به طور قائم لرزاننده در بتن و یک چند سانتی متری به داخل لایه قبلی که هنوز سخت نشده است و نیز رعایت فاصله منظم بین محل فرو بردن لرزاننده سبب تحکیم و تراکم کامل بتن می شود.

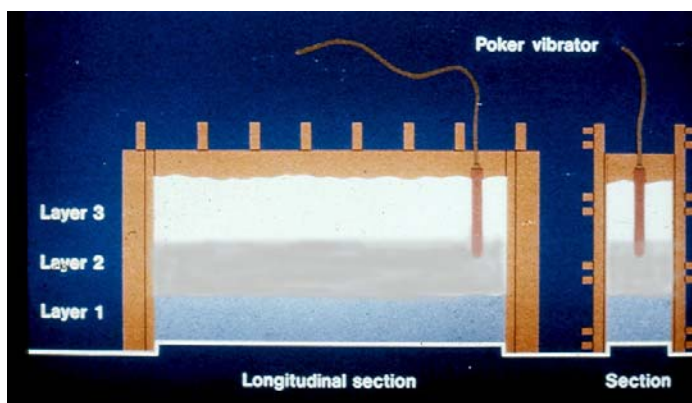
لرزاندن منظم هر لایه جدید بتن ریزی

**غیر صحیح**

وارد کردن لرزاننده به داخل بتن تحت زوایای مختلف و به صورت تصادفی و نامنظم و در فواصل متفاوت و عدم عمق کافی برای فرو رفتن در لایه قبلی که باعث عدم یکپارچگی دو لایه می گردد.

شکل ۵ استفاده از ویبراتور برای متراکم نمودن بتن

ث - هنگامی که لایه قبلی بتن، حالت خمیری دارد و هنوز به مرز گیرش اولیه آن نزدیک نشده است، لرزاننده باید به مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر به داخل لایه قبلی نفوذ کند (شکل ۵ و ۶).

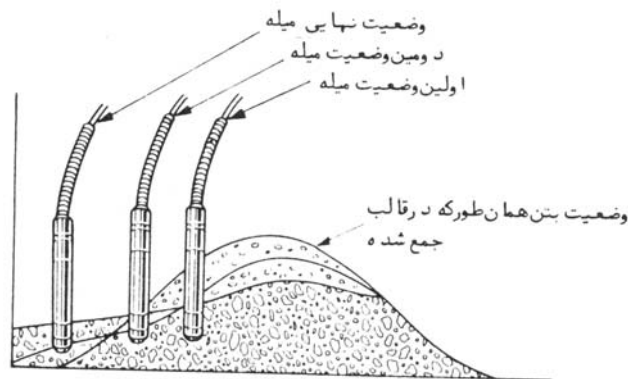


شکل ۶ نفوذ ویبراتور به لایه قبلی

ج - لرزاننده نباید با سطح قالب و میلگرد تماس داشته باشد، زیرا ممکن است باعث صدمه زدن به سطح قالب شود و یا سبب لرزش میلگردها در بتن قبلی که در حال گیرش می باشند، گردیده و موجب

کاهش پیوستگی بتن و میلگرد شود. همچنین لرزش قالب در قسمتهایی که بتن آن در حال گیرش است می تواند به نمای قسمت سطحی آسیب برساند.

چ - لرزاننده نباید برای حرکت جانبی و هل دادن بتن استفاده گردد، زیرا سبب جداشدگی اجزای مخلوط بتن می شود. برای صاف و تراز کردن سطح بتن می توان لرزاننده را به وسط توده بتن داخل کرده تا بتن هموار گردد و از هر گونه حرکت جانبی اجتناب شود. در صورتی که ضروری باشد تا با ویبراتور جابجایی انجام شود، در شکل ۷ نحوه صحیح نشان داده شده است.



شکل ۷ نحوه صحیح جابجایی بتن با ویبراتور

ح - به عنوان یک قانون کلی، هر چه سنگدانه ها بزرگتر باشند و کارایی (اسلامپ) کمتر باشد، نیاز به ویبراتوری با قطر بزرگ احساس می شود. معمولاً قطر ۲/۵ سانتیمتر برای مقاطع پر میلگرد و کوچک استفاده می شود. در چنین مواردی، دامنه نوسان ویبراتور کم بوده و قدرت تراکم نسبتاً کاهش می یابد. در جدول ۱، اطلاعات کلی مربوط به بازده و کاربرد انواع لرزاننده های داخلی داده شده است. مقادیر جدول تقریبی است. لازم است قطر و قدرت لرزاننده با توجه به کارایی بتن، حداکثر اندازه سنگدانه ها و ابعاد قالب و حجم بتنی که در هر نوبت ریخته می شود، انتخاب گردد.

جدول ۱ اطلاعات مربوط به بازده و کاربرد انواع لرزاننده‌های داخلی

| گروه | قطر<br>لرزاننده<br>(سانتیمتر) | بسامد<br>(دور در<br>دقیقه) | دامنه<br>نوسان<br>(سانتیمتر) | شعاع<br>عمل<br>(سانتیمتر) | حجم<br>بتن ریزی<br>به ازای هر<br>لرزاننده | کاربرد                                                                                                         |
|------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱    | ۲-۴                           | ۹۰۰۰<br>تا<br>۱۵۰۰۰        | ۰/۴-۰/۰۸                     | ۸-۱۵                      | ۰/۸-۴                                     | برای بتن‌های خمیری و روان و در اعضای نازک و اعضای پیش‌تنیده و نمونه‌های آزمایشگاهی                             |
| ۲    | ۳-۶                           | ۸۵۰۰<br>تا<br>۱۲۵۰۰        | ۰/۰۵-۰/۱۰                    | ۱۳-۲۵                     | ۲/۳-۸                                     | بتن خمیری برای دیوارهای نازک، تیرها، شمع‌های پیش‌ساخته، ستونها و دالهای نازک                                   |
| ۳    | ۵-۹                           | ۸۰۰۰<br>تا<br>۱۲۰۰۰        | ۰/۰۶-۰/۱۳                    | ۱۸-۳۶                     | ۴/۶-۱۵                                    | برای بتن نسبتاً خمیری (کمتر از ۸ سانت اسلامپ)، در اعضای عمودی، مانند دیوارها، ستون، تیرها و دالهای ضخیم        |
| ۴    | ۸-۱۵                          | ۷۰۰۰<br>تا<br>۱۰۵۰۰        | ۰/۰۸-۰/۱۵                    | ۳۰-۵۱                     | ۱۱-۳۱                                     | برای بتن ریزی حجیم و اعضای سازه‌ای با اسلامپ ۰ تا ۵ سانتیمتر که کمتر از ۳ متر مکعب بتن در هر نوبت ریخته می‌شود |
| ۵    | ۱۳-۱۸                         | ۵۵۰۰<br>تا<br>۸۵۰۰         | ۰/۱۰-۰/۲۰                    | ۴۰-۶۱                     | ۱۹-۳۸                                     | برای بتن ریزی حجیم، مانند سدها، دیوارهای ضخیم و ستون‌های پلها که در هر نوبت بیش از ۳ متر مکعب ریخته می‌شود     |

## ۳-۸ تراکم مجدد

معمولاً تراکم مجدد ۱ تا ۲ ساعت پس از تراکم اولیه و قبل از اینکه بتن به مرز گیرش اولیه نزدیک شود، انجام می‌گردد. این عمل برای بهبود تراکم، پیوستگی بتن و میلگرد، کاهش ترک‌خوردگی و منافذ ناشی از جمع‌شدگی و آب‌آوری بویژه در مورد بتن‌هایی با اسلامپ بیش از ۷۵ میلیمتر مفید است. بنابراین، تراکم مجدد برای تولید بتن با کیفیت بهتر، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما اگر با تأخیر زیاد و در حین گیرش اولیه انجام شود، سبب صدمه زدن به بتن و کاهش مقاومت می‌شود. به هر حال تأخیر در