شماره دستور العمل

IN-۱۰۱

شرکت مخابرات استان تهران

تجدید نظر

۱۳۸۱

دستور العملهای اجرائی

دستورالعمل آئین نامه وآزمایشات ساختمانی

معاونت توسعه ومهندسی

اداره کل نظارت و آزمایش و تحویل

اداره تهیه مشخصات وبررسیهای فنی

فصل اول

عملیات ساختمانی

آئین نامه و آزمایشات

تکنولوژی بتن
قالب بنـــدی
آرماتوربنـدی
بتـــن ریـزی
آزمایشـــات
متراکم نمودن خاک روی کانالسازی و حوضچه و اطراف آن

****

دستورالعمل اجرائی

بخش ۱
حوضچه‌های پیش‌ساخته

بخش ۲
حوضچه‌های درمحل‌ساز

بخش ۳
کانالسازی

بخش ۴
نصب لوله ، پایه ، صندوق کافو

تکنولوژی بتن

بخش ۱ـ

مقدمه :

تلاش در جهت کنترل خواص بتن برای تطبیق با نیازهای کاری از سال ۱۹۰۰ میلادی شروع شده است . در سال ۱۹۱۸ امکان استفاده از نسبت آب به سیمان بعنوان ابزاری جهت کنترل مقاومت بتن شناخته شد . در اوائل سال ۱۹۴۰اثر مثبت وجود هوا بر دوام بتن کشف گردید .

در راهسازی اولین بار در سال ۱۸۲۸ میلادی بتن بعنوان زیرسازی راه در انگلستان استفاده شده است . اجزای اصلی بتن عبارتند از سیمان ، مصالح سنگی و آب ، اما گذشته از مواد مذکور مقداری هوای حبس شده در بتن وجود دارد و همچنین ممکن است مواد مخصوصی جهت بهبود کیفیت بتن و یا تغییر خواص آن مورد استفاده قرار گیرد . بعلت وجود تفاوت‌هائی در انواع مختلف سیمان و کیفیت شیمیائی شن و ماسه‌های مختلف که غالبا" قابل بررسی دقیق نمیباشند ، بتن همواره محصولی است نامتجانس و دارای خواص متغیر .

خواص کلی بتن:

بتن مهم‌ترین و اقتصادی ترین و پر مصرف ترین مصالح ساختمانی است که در ساختمانها ، پلها ، پی ها ، پایه‌ها ، کانالها ، آبروها ، دیوارها و کف هااز آن استفاده می‌شود .

یکی از خواص ویژه بتن که آنرا در بین سایر مصالح ساختمانی تقریبا" منحصر بفرد می‌سازد شکل پذیری و قابلیت جابجا شدن آن در حالت شلی است .

بعلاوه دوام ساختمانهای بتنی زیاد است و نیاز چندانی به تعمیرات بعدی ندارد بطور کلی می‌توان خواص مطلوب بتن را در هر یک از حالات خمیری و بتن گرفته و سخت شده بشرح زیر ذکر نمود :

الف : بتن خمیری ، بتنی است که هنوز بخوبی نگرفته و قابلیت شکل پذیری دارد ، میزان شلی و سفتی این خمیر به نسبت اجزای مخلوط بتن بستگی دارد و در کیفیت و خصوصیات بتن موثر است .

چنانچه قالب بتنی را که هنوز خود را کاملا" نگرفته و در حالت خمیری است بر دارند بتن خود را ول می‌کند . میزان ول کردن بتن را میتوان ملاکی برای اندازه گیری درجه شلی و سفتی بتن خمیری قرار داد . خواص مطلوب بتن در حالت خمیری عبارتند از :

۱ ـ شکل پذیری workability :

بوسیله این خاصیت بتن میتوان میزان سهولت یا مشکل بودن نسبی ریختن بتن در قالب و متراکم کردن آنرا سنجید .

کارپذیری مناسب و یکنواخت بتن نیز با آزمایش شلی آن اندازه گیری و کنترل میشود تا بدین وسیله شکل‌پذیری مناسب برای شرایط مورد نظر در بتن ریزی حاصل گردد . هر چه بتن سفت تر شود قابلیت شکل پذیری آن کم شده و بهمین جهت ریختن آن در قطعات و عضوهائی که دارای میله گرد زیادی است ، بسیار مشکل میگردد و در چنین حالتی باید از بتن شل‌تر استفاده شود . از بتن سفت می‌توان برای ریختن کف ها و سقف ها و تیرچه هائی که میله فولادی ندارند استفاده نمود .
هنگامی که درصد نسبت آب و سیمان برای حجم معینی از بتن در حالت خمیری مشخص باشد کارپذیری بتن بستگی به نسبت مصالح ریز و درشت دارد .

۲ ـ یکنواختـــی :

یکنواختی بتن بستگی دارد به نسبت اختلاط مصالح در هنگام ساختن بتن که از دو جهت اهمیت دارد یکی از لحاظ صرفه جوئی و دیگری از نظر تامین مقاومت مورد نظر .

۳ ـ یکپارچگی :

جابجا کردن بتن در حالت خمیری مستلزم دقت فراوان میباشد و باید آنرا به گونه‌ای جابجا نمود که مسئله دانه دانه شدن مصالح یعنی وارفتگی بتن به حداقل ممکن برسد و مخلوط بتن همگن باقی بماند و آب آن از مصالح سنگی جدا نگردد . موضوع رعایت ارتفاع مجاز هنگام ریختن بتن تازه که از ۱ تا ۱/۵ متر نباید بیشتر باشد ، یکی از راههای جلوگیری از وارفتن بتن است .

ب : بتن گرفته و سخت شده (Hardened concrete) ، بتن سخت شده به بتنی گفته می‌شود که تقریبا" فعل و انفعالات شیمیائی آن پایان یافته و تبدیل به جسم سختی شده که خصوصیات آن بشرح زیر در کار بتن سازی مورد نظر می‌باشد .

۱ ـ مقاومت (Strength) :

مقاومت از خواص مهم و قابل توجـــه بتن می‌باشـــد این مقـــاومت در مقابل نیـــروهای فشـاری (Compressive Strength) و خمشی (Bending Strength) و برشی (Shear Strength) و کششی (Tensile Strength)است.
مهمترین عاملی که در مقاومت بتن اثر می‌گذارد نسبت آب به سیمان (Water - Cement Ratio) در بتن است .
بطورکلی برای ترکیب شیمیائی با آب (هیدراته شدن) هر کیسه سیمان حدود ۱۰ لیتر آب مصرف می‌شود ولی در عمل بیشتر از این مقدار آب مورد نیاز است به لحاظ اینکه خمیر بتن شل بشود و بتواند بهتر و بیشتر روی دانه‌ها را بپوشاند . مصرف بیش از حد آب مضر است ، زیرا باعث رقیق شدن ملاتی می‌شود که دور دانه‌های شن و ماسه را می‌پوشاند و در نتیجه بتن را ضعیف می‌کند . عملا" بسته به نوع کار با هر کیسه سیمان بتن ۱۷/۵ تا ۳۵ لیتر آب مصرف میشود .

۲ ـ دوام (Durability) :

یکی از خواص مهم دیگر بتن است . بتن باید قادر باشد که در مقابل عواملی چون فعل و انفعالات شیمیائی ، باد ، برف و یخ بندان و سایش مقاومت نماید . مقاومت بتن در مقابل این عوامل بوسیله بالا بردن آب بندی بتن (کاهش نسبت آب به سیمان) و یا وارد کردن ۲ تا ۶ درصد هوا داخل بتن و یا ساختن یک آستر مقاوم روی سطح بتن ، می‌تواند زیاد بشود .

۳ ـ آب بند بودن بتن (Water tihtness) :

از خاصیت مهم دیگر بتن این است که آب بآسانی در آن نفوذ نکند که این خاصیت را میتوان با کم کردن مقدار آب در بتن افزایش داد . آب زیاد در بتن پس از بخار شدن فضاهای خالی در بتن باقی می‌گذارد که آب می‌تواند از این فضاها نفوذ کرده و داخل بتن شود .

با وارد نمودن هوا در داخل بتن می‌توانیم خاصیت آب‌بند بودن آنرا افزایش دهیم ، ضمنا" هر چه شرایط گرفتن بتن مناسب تر و فرصت در جهت انجام کامل فعل و انفعالات شیمیائی آن بیشتر باشد (Curing) آب بندی آن مطمئن‌تر خواهد بود .

۴ ـ

از خواص مطلوب دیگر بتن عمل آوردن سطوح صاف و یا خشن در راهسازی برای مقابله با عبور کامیونها در جاده‌ها و یا در فرودگاهها و همچنین مقاومت زیاد بتن در مقابل آتش و نفوذ آب است .

خواص غیر مطلوب یا محدودیتهای بتن: بتن دارای خواص غیر مطلوب از جمله :

۱ ـ تغییر حجم بتن (Volume Change) :

بتن در اثر تغییرات درجه حرارت و رطوبت منقبض و منبسط می‌گردد . انبساطی که در اثر فعل و انفعالات شیمیائی بین عناصر بتن ایجاد می‌شود باعث می‌گردد که افزایش حجم در اثر جذب رطوبت ایجاد شود و هنگام سفت شدن بتن برعکس انقباض حاصل شود که در نتیجه این انقباض و انبساط ترک در بتن ایجاد می‌شود .

۲ ـ مقاومت کششی کم (Low Tensile Strength) :

مقاومت کششی بتن در مقایسه با مقاومت فشاری آن (Compressive Strength) بسیار کم می‌باشد البته این خاصیت غیر مطلوب را می‌توانیم با مسلح نمودن بتن (Reinforcing) بوسیله میله‌های فولادی و یا شبکه مفتولهای فولادی (Prestressing) برطرف نمائیم .

۳ـ نفوذ پذیری بتن:

حتی بهترین بتن‌ها در مقابل نفوذ رطوبت بطور صد در صد عایق نمیباشد. در داخل بتن موادی وجود دارد که ممکن است تا حدودی توسط جریان آب شسته شده و به خارج هدایت شود. درجه نفوذ پذیری بتن مخصوصا" در بتن مسلح اهمیت دارد. مسئله اصلی در بتن مسلح این است که پوشش بتنی روی میله های فولادی را می‌پوشاند تا از زنگ زدن آن جلوگیری شود. ضمنا" هنگام قرارگرفتن ابنیه بتنی در هوای یخبندان درجه نفوذ ناپذیری بتن اهمیت زیادی دارد.

۴ـ خزش در بتن (Creep) :

تغییر شکل تدریجی بتن زیر بار بمدت طولانی است که در این مدت بتن شروع به تغییر شکل می‌کند ولی بسیار به کندی. این تغییر شکل تقریبا" متناسب است با فشاری که توسط بار وارد می‌شود و همچنین نسبت این تغییر شکل با بالا بردن نسبت آب به سیمان (W / C) بالا میرود ولی با کم کردن رطوبت نسبی میزان تغییر شکل کم می‌شود. چنانچه بار را برداریم قسمتی از خزش بتن بحال اولیه خود برمیگردد.

بخش ۲ـ اجزای تشکیل دهنده بتن (Concrete Constituents) :

الف : سیمان (Cement) :

۱ـ سیمان طبیعی و مواد سیمانی (Cementitious Materials) :

مواد سیمانی موادی غیر آلی و غیر فلزی هستند که هنگام مخلوط شدن با آب ایجاد خمیر چسبنده می‌کنند سپس بصورت جسم سخت بی شکل می‌شوند. مواد سیمانی ساده سنگ آهکی و رسی هستند که با آسیاب کردن و حرارت دادن آنها در کوره سیمان طبیعی بدست می‌آید.

رنگ سیمانهای طبیعی قهوه‌ای یا زرد است و مقاومت کششی و فشاری ملات آن نسبت به ملات سیمان پرتلند کمتر است و بعلت داشتن حالات متغیر و متفاوت مصرف آنها امروزه رواج ندارد.

امروزه از سیمانهای هیدرولیکی (سیمان آبدار **Hydraulic Cement**) با ساختمان پیچیده که در کارخانه تهیه می‌شود استفاده می‌گردد.

کلمه **Hydraulic** (هیدرولیک) از این جهت به سیمان اطلاق می‌گردد که خاصیت و قابلیت ایجاد مقاومت و سفت شدن در معرض آب را دارد.

بتن با سیمان پرتلند مهمترین مصالح ساختمانی است که سیمان را در خدمت خود دارد شناخت عواملی که روی اجزای تشکیل دهنده بتن یعنی سیمان پرتلند و مصالح سنگی اثر می‌گذارند کاملا" لازم و ضروری است زیرا این شناخت ما را قادر می‌سازد که مقدمات تولید و کیفیت بتن را درک کنیم.

۲ ـ سیمان پرتلند (Portland Cement) :

الف : تولید Manufacture - سیمان پرتلند تشکیل میشود از مصالح خام انتخاب شده‌ای که کاملا" آسیاب شده و با نسبت معین با هم مخلوط شده و سپس درکوره در دمای ذوب بین ۲۷۰۰ تا ۲۸۰۰ درجه فارنهایت (حدود ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد) پخته می‌شود . مصالح خام استفاده شده عبارتند از سنگ آهک ، سنگ سیمان ، مارن ، رس ، شیست ، ماسه ، سیلیس ، سنگ آهن ، پوسته آهکی ، حیوانات دریائی ، اکسید آلومینیوم . این مصالح کاملا" پودر شده و به نسبت معینی با هم مخلوط شده (بروش خشک یا تر) سپس مخلوط را درکوره در درجه حرارت اشاره شده بالا وارد می‌کنند که پس از فعل و انفعالات معینی کلوخه‌های سیمان تولید می‌شود که اصطلاحا" بآن کلینکر یا " سرباره " (Clinker) می‌گویند .

سپس کلوخه ها یا کلینکر سرد شده را در آسیاب پودر می‌کنند و بآن کمی گچ (Gypsum) اضافه می‌کنند . اضافه نمودن گچ جهت کنترل و تنظیم مدت زمان لازم برای گرفتن بتن صورت می‌گیرد ، اکنون این پودر سیمان پرتلند می‌باشد و دانه بندی آن طوری است که کل آن از الک ۲۰۰ می‌گذرد .

چنانچه بخواهیم فعل و انفعالات ذکر شده را بصورت فرمول شیمیائی نشان دهیم تقریبا" بصورت زیر خواهد بود .

آهک گازکربنیک سیلیس آلومین اکسید فریک آب

$$CaO + CO_2 + SiO_2 + AL_2O_3 + Fe_2O_3 + H_2O \xrightarrow{\text{حرارت}\ \approx 1500C} \text{سیمان}$$

خاک رس

تری‌کلسیم‌سیلیکات دی‌کلسیم‌سیلیکات تری‌کلسیم‌آلومینات تتراکلسیم‌آلومینوفریت

$$(3CaO.SiO_2) + (2CaO.SiO_2) + (3CaO.AL_2O_3) + (4CaO.AL_2O_3.Fe_2O_3)$$

سیمان

توجه شود که چون سیمان از مواد خام و ناخالص تهیه می‌شود مواد دیگری نیز درکنار مواد اصلی اولیه تولید می‌شود و بطورکلی چون سیمان مخلوطی از مواد مختلف می‌باشد نشان دادن آن با یک فرمول شیمیائی عملا" ممکن نیست . بهر حال چهار ماده اشاره شده در بالا بیش از ۹۰ درصد وزنی سیمان پرتلند را تشکیل می‌دهند و بصورت زیر نشان داده می‌شوند .

۱ ـ تری کلسیم سیلیکات C3S

۲ ـ دی کلسیم سیلیکات C2S

۳ ـ تری کلسیم آلومینات C3A

۴ ـ تتراکلسیم آلومینوفریت C4AF

هر یک از چهار ترکیب فوق درکلوخه‌های سیمان کلینکر شناسائی گردیده‌اند و هر یک از ۴ ماده فوق خواص معینی را به سیمان می‌دهند .

ب : هیدراسیون سیمان Hydration of Cement - هنگامی که آب به سیمان پرتلند اضافه شود کلیه مواد تولید شده بالا بشرح زیر بمواد جدیدی تبدیل شده که فعل و انفعال شیمیائی مذکور را اصطلاحا" هیدراسیون سیمان می‌گویند :

۱) تری کلسیم سیلیکات $C_3S + H_2O$ ← آب + خمیر (ژله) توبرموریت + هیدرواکسید کلسیم

۲) دی کلسیم سیلیکات $C_2S + H_2O$ ← آب + خمیر (ژله) توبرموریت + هیدرواکسید کلسیم

۳) تری کلسیم آلومینات $(C_3A) + H_2O$ ← هیدرواکسید کلسیم + هیدرات تتراکلسیم آلومینات

۴) تری کلسیم آلومینات $(C_3A) + H_2O + Gypsum$ ← گچ + مونو سولفوآلومینات کلسیم

۵) تتراکلسیم آلومینوفریت $(C_4AF) + H_2O$ ← هیدرواکسید کلسیم + هیدرات آلومینوفریت کلسیم

توجه شود که دو نوع کلسیم سیلیکات بالا که حدود ۷۵ درصد وزنی سیمان پرتلند را تشکیل می‌دهد بعد از ترکیب با آب دو ترکیب جدید بوجود می‌آورد که اولی خمیر توبرموریت است که ۵۰ درصد وزنی خمیر آب سیمان جدید را تشکیل می‌دهد و دومی هیدروکسید کلسیم که ۲۵ درصد وزنی آنرا تشکیل می‌دهند .

مهم‌ترین ماده در سیمان پرتلند که نقش اصلی ماده سیمانی را دارد همان خمیر توبرموریت است همانطور که قبلا" گفته شد هر یک از چهار ماده اصلی تشکیل دهنده سیمان خواص خود را به سیمان پرتلند می‌دهند از زمانی که بتن خمیری است تا زمانی که سفت می‌شود .

دانستن اطلاعات در باره نقش هر یک از ۴ مواد در سیمان ضمن هیدراسیون آن ، ما را قادر می‌سازد سیمانی بسازیم که بهترین بازده را داشته باشد از نظر تعیین میزان دقیق وزنی هر یک از مواد چهارگانه :

۱ ـ تری کلسیم سیلیکات Tricalcium Silicate

(C3S) نقش اساسی را در خاصیت زودگیر بودن سیمان پرتلند نوع ۳ داراست که قادر است ظرف چند ساعت این عمل را انجام دهد که ترکیب (C3S) با آب حرارت زیادی را تولید می‌کند که اصطلاحا" این حرارت را حرارت هیدراسیون (Heat of Hydration) می‌نامند . میزان سفت شدن خمیر سیمان مستقیما" با این حرارت هیدراسیون بستگی دارد . (C3S) هیدراته شده بیشترین مقاومت خود را ظرف ۷ روز بدست می‌آورد .

۲ ـ دی کلسیم سیلیکات Dicalcium Silicate

سه فرم مختلف در سیمان وجود دارد آلفا ، بتا و گاما که نوع آلفا در حرارت معمولی بی‌ثبات است و گاما نیز در سفت شدن سیمان هنگام هیدراسیون تاثیری ندارد فقط فاز بتا قابل اهمیت است . بطور کلی C2S بتا باعث می‌شود که مقاومت سیمان عقب افتاده و حرارت کمتر نیز تولید شود (سیمان نوع ۴) . بنابراین C2S بتا بتدریج افزایش مقاومت ایجاد می‌کند تا بعد از ۲۸ روز ، مقاومت نهائی آن برابر C3S می‌باشد .

۳ ـ تری کلسیم آلومینات Tricalcium Aluminate

نقش اساسی را در گرفتن اولیه سیمان پرتلند دارد و حرارت زیادی تولید می‌کند . گچی که به سیمان پرتلند

اضافه می‌شود با C3A ترکیب شده و مدت زمان لازم برای گرفتن بتن را تنظیم می‌کند . C3A بعد از یک روز به مقاومت کمی می‌رسد و چنانچه مقدار C3A را در سیمان پرتلند افزایش دهیم در نتیجه بتن زودگیر می‌شود اما مقاومت نهائی بتن در مقابل حمله سولفاتها کم می‌شود . ضمنا" C3A در مجاورت آب ایجاد گرفتن آنی یا پشت سر هم را دارد .

۴ – تترا کلسیم آلومینوفریت Tetracalcium Aluminoferrite (C4AF)

این ماده نیز مانند C3A خاصیت زودگیری و مقاومت کم را دارد با این فرق که خاصیت زودگیر آنی آن از C3A کمتر است .

در پایان باید بخاطر داشته باشیم عواملی که روی سرعت هیدراسیون اثر می‌گذارند عبارتند از :

۱) مقدار حرارت هیدراسیون ۲) پودرشدن (ریزتر بودن) سیمان

۳) میزان آب اضافه شده ۴) درجه حرارت اجزا تشکیل دهنده بهنگام اختلاط

بنابراین چنانچه بخواهیم سرعت هیدراسیون را بالا ببریم باید سیمان ما ریزدانه تر بوده و حرارت را افزایش داده و بمقدار آب بیافزائیم .

ج : انواع سیمان پرتلند Types of Portland Cement

سیمان پرتلند معمولا" در ۵ نوع ساخته می‌شود که استاندارد آنها باید مطابق با ASTM C-150 باشد . فرق بین انواع ۵ نوع سیمان هم فیزیکی و هم شیمیائی است .

۱ ـ سیمان پرتلند نوع ۱ TYPE I

مخصوص مصارف عمومی است و در ساختمان ابنیه و راه و غیره بکار می‌رود و بطورکلی در همه جا مصرف می‌شود مگر در مواردی که سیمان نوع دیگری توصیه شود و بتن در معرض خطر مجاورت با سولفاتها باشد یا حرارت هیدراسیون باعث افزایش نامطلوب درجه حرارت بتن شود .

۲ ـ سیمان پرتلند نوع ۲ TYPE II

در مواردی بکار می‌رود که بتن در معرض حمله سولفاتهای معتدل باشد و یا حرارت هیدراسیون ملایمتری مورد نیاز باشد . در مقایسه با سیمان نوع ۱ کندتر می‌گیرد و حرارت کمتری تولید می‌کند موارد استعمال آن در زه‌کشی‌های زمینی هنگامی که مشکوک به غلظت سولفاتها در زمین یا در آب زیرزمینی باشیم و همچنین در بتن‌ریزی‌های پر حجم مثل ساختمانها و سکوهای بزرگ ، دیوارهای حائل بزرگ و پایه پلها . این سیمان بعلت تولید حرارت کمتر ، درجه حرارت حجم بتن را پائین نگه می‌دارد و استفاده از آن در هوای گرم نیز درجه حرارت حجم بتن را هنگام گرفتن کاهش می‌دهد . سیمان نوع ۲ را با محدود کردن مقدار C3A و C3S تولید می‌کنند .

۳ـ سیمان پرتلند نوع ۳ TYPE III

سیمان زودگیر است و بتنی که با این سیمان ساخته می‌شود ظرف مدت ۳ روز مقاومتی برابر مقاومت ۲۸ روزه سیمان نوع ۱ و ۲ بدست می‌آورد . علت این خاصیت اضافه نمودن مقدار C3S و C3A در سیمان و پودر کردن بیشتر آن است . در مورد مقدار پودر شدن مشخصات خاصی وجود ندارد ولی عملاً" ذرات سیمان بقدری ریز است که باعث می‌شود حتی کمترین رطوبت به هنگام حمل و نقل و انبارکردن این نوع سیمان ، باعث هیدراته شدن آن بشود .

این سیمان حرارت زیادی ایجاد می‌کند بهمین جهت بهتر است در بتن ریزی با حجم زیاد استفاده نشود . بعلت داشتن ۱۵ درصد C3A در مقابله با سولفاتها ضعیف است البته می‌توان این مقدار را به ۸ تا ۵ درصد کاهش داد تا قدرت مقابله با سولفاتها را هم داشته باشد .

موارد استعمال این سیمان هنگامی است که برداشتن سریع قالبها مورد نظر باشد . همچنین در هوای سرد نیز می‌توان از همین سیمان استفاده کرد بدین جهت که مدت زمان لازم برای محافظت بتن کوتاهتر شود ، البته همین کار را در سرما می‌توان با بکاربردن مقدار بیشتر سیمان نوع ۱ هم انجام داد ولی سیمان نوع ۳ اینکار را به نوعی بهتر و با صرفه تر انجام می‌دهد .

۴ـ سیمان پرتلند نوع ۴ TYPE IV

سیمانی با حرارت کم و دیرگیر می‌باشد و موارد استعمال آن در جائی است که مقدار و شدت حرارت تولید شده اهمیت دارد مانند ساختمانهای پر حجم چون سدهای بتنی ، چنانچه در این نوع ساختمانهای پر حجم از سیمان نوع ۱ استفاده شود بعلت اینکه بتن نخواهد توانست حرارت خود را بوسیله تابش از دست بدهد در نتیجه حرارت بتن بسیار زیاد در حد ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵/۵ درجه سانتیگراد) که خطرناک است و باعث می‌شود بتن افزایش حجم پیدا کرده هنگامی که هنوز خمیری است و بعداً" در اثر سرد شدن دوباره منقبض شود و در نتیجه ترک بخورد . خاصیت حرارت کم در این سیمان با محدودکردن C3S و C3A میسر گردیده و چون مواد فوق باعث زودگیری نیز هستند بنابراین محدودکردنشان در این سیمان باعث می‌گردد که سیمان نوع ۴ کم حرارت و دیرگیر شود .

میزان حرارت هیدراسیون تیپ ۴ معمولاً" ۸۰ درصد تیپ ۲ و ۶۵ درصد تیپ یک و ۵۵ درصد تیپ ۳ در اولین هفته هیدراسیون است اما درصد این حرارت بعد از حدود یکسال از سیمانهای دیگر بیشتر است .

۵ـ سیمان نوع ۵ TYPE V

این سیمان ضد سولفات است و مصرف آن زمانی است که بتن در معرض تماس شدید با سولفاتها باشد . تماس با سولفاتها ممکن است بصورت تماس بتن با خاک سولفات دار یا با آب زیرزمینی سولفات دار و یا آب دریا باشد . سیمان ضد سولفات نوع ۵ دیرتر از سایر انواع سیمانها می‌گیرد و خاصیت ضد سولفات آن بعلت کاهش C3A به کمترین مقدار خود در سیمان پرتلند است .

انواع دیگر سیمانها :

بطورکلی برای تهیه انواع دیگر سیمان هنگام آسیاب نمودن کلینگر (سرباره) بآن مواد دیگری اضافه می‌کنند

۱ ـ سیمان پرتلند هوادار Air - entraining Portland Cement

به هنگام آسیاب کردن سرباره موادی به سیمان اضافه می‌کنند که هنگام ساختن بتن این مواد حبابهای زیاد و ریز هوا ایجاد می‌کند که بصورت همگن در تمام حجم بتن پراکنده‌اند و مهم‌ترین مصرف آن در هوای یخبندان است .

۲ ـ سیمان پرتلند سفید White Portland Cement

استفاده از این سیمان رنگ بتن را بجای خاکستری سفید می‌کند که مصرف آن در نماسازی معماری است . رنگ سفید این سیمان بعلت استفاده از مواد خامی است که اکسید آهن خیلی کم دارد . مشخصات فیزیکی سیمان پرتلند سفید مانند سیمان پرتلند نوع ۱ است .

۳ ـ سیمان پرتلند بلاست ـ فورنیس Blast - Furnace

سیمان جوش ـ ۷۰ درصد سیمان پرتلند + ۳۰ درصد جوش کوره بلند چدن : این سیمان در بریتانیا و به مقدار محدود تهیه می‌شود که نسبت ۲ به ۱ از سیمان پرتلند با سرباره کوره (بلاست فورنیس) مخلوط و بصورت پودر در می‌آید خواص مکانیکی این سیمان مشابه با سیمان پرتلند نوع ۱ ولی خواص فیزیکی آن مشابه سیمان پرتلند نوع ۴ است .

۴ ـ سیمان ضد آب (واتر پروف) Water Repellent

این سیمان را با اضافه نمودن مواد صابونی فلزی که آب‌بند می‌باشد به سرباره (کلینگر) در موقع آسیاب کردن بدست می‌آورند . این مواد باعث می‌گردد که آب باران یا سایر آبها بدون باقی گذاشتن جرم خود بآسانی از سطح بتن عبورکرده و اثرکمی باقی می‌گذارند ، بهمین جهت این نوع سیمان جنبه دکوراسیون نیز به بتن داده و ازکثیف شدن آن جلوگیری می‌کند .

۵ ـ سیمان هیدروفوبیک Hydrophobic

با اضافه نمودن اسید اولئیک یا مواد مشابه واترپروف دیگر به سرباره تولید می‌شود که خاصیت آن مقاومت زیاد و طولانی در برابر رطوبت است . در عمل می‌توان سیمان هیدروفوبیک و ضد آب را مخلوط کرده و از خاصیت هر دو بهره‌مند شد .

۶ ـ سیمان بنائی Masonary Cement

بوسیله اضافه نمودن مواد ژلاتینی (Plasticizers) به سرباره بدست می‌آید . بهتر است از این سیمان جهت آجرچینی و بلوک چینی استفاده کرد زیرا استفاده از سیمان پرتلند معمولی نوع ۱ و ماسه که بسیار قوی است و خشن که ناچارا" باید آهک بدان اضافه کرد امروزه دیگر رواج ندارد .

۷ ـ سیمانهای پرتلند آلومینیم‌دار Aluminous Portland Cements

این نوع سیمان بوسیله حرارت دادن مخلوط سنگ آهک و بوکسیت در کوره الکتریکی یا احتراقی و سپس سرد شدن کلینگر (سرباره) بدست می‌آید . بوکسیت استفاده شده دارای آلومینیم بسیار زیادی است در مقایسه با سنگ رسی که برای تهیه سیمان پرتلند معمولی استفاده می‌شود . این سیمان بسیار زودگیر است و بیشترین مقاومت نهائی خود را ظرف ۲۴ ساعت بدست می‌آورد . چنانچه بتن با این سیمان ساخته شود مقاومت زیادی در مقابل آب دریا و آبهای سولفاته داشته و همچنین مقاومت بسیار زیاد در مقابل حرارت زیاد دارد . مقدار حرارت هیدراسیون آن مساوی سیمان پرتلند معمولی است اما سرعت زیاد ترکیب شیمیائی آن موجب برتری می‌گردد .

۸ ـ از انواع دیگر سیمانها

سیمانهای رنگین (برنگهای سبز و قرمز و آبی و غیره) و سیمانهای مخصوص کارهای دیگر می‌باشد .

بسته بندی و حمل و نگهداری سیمان :

بسته بندی سیمان معمولا" درکیسه‌های ۵۰ کیلوگرمی با حجم تقریبی ۳۰ لیتر صورت می‌گیرد . استفاده از بسته بندی کیسه‌ای برای کارگاههای کوچک مناسب می‌باشد ، لیکن جهت کارگاههای بزرگ ساختمانی سیمان را می‌توان بصورت فله با کامیونهای مخصوص حمل و در سیلوهای مخصوص در کارگاه انبار نمود . در مورد نگهداری بسته بندی بندی پاکتی سیمان باید نکات زیر را رعایت نمود :

۱ ـ سیمان باید در جای کاملا" خشک و دور از رطوبت یعنی یک انبار سرپوشیده و زیر سایه که تماس کمتری با هوا داشته باشد نگهداری شود .

۲ ـ طرز قرارگرفتن کیسه‌ها در انبار طوری باید باشد که کیسه‌ها را رویهم و چسبیده بهم بطوریکه هوا بین کیسه‌ها جریان نداشته باشد و با رعایت فاصله روی یک سطح بالاتر از سطح زمین انبار گردد .

۳ ـ چنانچه سیمانها برای مدت طولانی انبار می‌گردد باید حتما" روی آنرا با نایلون پلاستیکی یا پوشش عایق دیگری بخوبی پوشاند .

۴ ـ در انبار کردن طولانی کیسه‌های سیمان باید مراقبت شود که کیسه‌های سیمان طبقات تحتانی تحت فشار زیاد کیسه‌هائیکه روی آن قرارگرفته‌اند واقع نشوند ، لذا در نقاط خشک قرار دادن کیسه‌ها روی هم نباید از ۱۰ ردیف و در نقاط مرطوب حداکثر از ۴ ردیف بیشتر باشد .

۵ ـ معمولا" کاغذ بسته بندی سیمان عایق و واترپروف هستند اما در مقابل رطوبت مقاومتی ندارند و همچنین

در مقابل نفوذ مواد دیگر ، لذا انواع گوناگون سیمان را باید بطور مجزا از هم انبار کرد بخصوص در مورد سیمان پرتلند آلومینیم دار (پرآلومینیم) و همیشه نیز پوشش روی سیمانها را حفظ کرد .

۶ ـ چنانچه انبار جهت سیمانها در کارگاه وجود نداشته باشد میتوان با ساختن یک سکوی چوبی که بالاتر از سطح زمین باشد به چیدن سیمانها روی آن با رعایت بند (۴) اقدام نمود سپس روی سیمانها را با ورق پلاستیکی طوری بپوشانیم که بهیچ وجه آب باران و غیره به سیمانها و سکوی چوبی زیر آن نفوذ نکند .

چنانچه سیمان داخل سیلوهای مخصوص نگهداری شود برای مدت خیلی طولانی سالم نخواهند ماند البته برای مدت نسبتا" طولانی به جهت اینکه سیلوها در مقابل رطوبت هوا مقاوم‌اند می‌توان سیمان را بدون اینکه به خواصش لطمه بخورد نگهداری کرد . چنانچه در مدت طولانی قطعات هیدراته شده سیمان در سیلو مشاهده شود فورا" باید سیمان را از دریچه پائین سیلو خارج کرد و از بالا به درون سیلو پمپ نمود . این عمل را می‌توان پس از هر بار رطوبی شدن هوا انجام داد اما در صورت مشاهده قطعات بیشتر سیمان هیدراته شده معلوم می‌شود که سیلو مقاومت خود را در مقابل رطوبت از دست داده و باید تعمیر شود .

در مورد بسته‌بندی کیسه‌ای نیز در دو حالت ممکن است سیمان سفت شده و کلوخه‌های سخت در آن ایجاد شود . در حالت اول این پدیده ممکن است بعلت عدم رعایت بند (۴) صورت گرفته باشد و فشار کیسه‌های بالائی موجب سفت شدن سیمان شود که باید کیسه سیمان سفت شده را چند بار روی زمین غلتانده تا نرم شود اما در صورتیکه با غلتاندن سیمان نرم نشد و کلوخه‌های سخت در آن مجددا" مشاهده گردید معلوم می‌شود که حالت دوم اتفاق افتاده و سیمان رطوبت دیده و هیدراته شده و از مقاومت آن کاسته شده در اینصورت چنانچه مقدار اینگونه سیمان در کارگاه زیاد باشد باید قبل از مصرف حتما" آنها را آزمایش نمود .

آزمایشات سیمان :

جهت آزمایش نمودن سیمان محتاج به وسائل دقیق آزمایشگاهی هستیم ، لذا آزمایش سیمان در کارگاه کاری بسیار دشوار است و باید چنانچه آزمایش سیمان ضروری باشد در کارگاه نمونه برداری شود و به آزمایشگاه فرستاده شود .

در مورد طرز نمونه برداری باید نکات زیر را رعایت نمود :

۱ ـ نمونه باید یک نمونه کاملی از کلیه سیمانهای مورد نظر باشد و در زمانی کمتر از یک هفته از تحویل سیمان به کارگاه نمونه برداری شود .

۲ ـ اگر در کارگاه سیمانها در سیلو باشد باید حداقل ۱۲ نمونه از بخشهای مختلف محموله به فواصل مساوی از یکدیگر تهیه و با هم مخلوط نمود و اگر سیمان‌ها در کیسه باشد باید از حداقل ۱۲ کیسه مختلف و به تساوی برداشته شود و مخلوط گردد .

۳ ـ وزن نمونه حداقل باید ۷ کیلوگرم باشد و در ظرف کاملا" عایق گذاشته شده و روی ظرف مشخصات و چگونگی سیمان نمونه یادداشت و به آزمایشگاه فرستاده شود ، آزمایشات باید کمتر از ۴ هفته از زمان تحویل سیمان به کارگاه انجام شود .

همچنین در مورد نمونه برداری از سیمان می‌توان به ASTM C183-76 مراجعه نمود .
بطور کلی سیمان پرتلند مورد مصرف در بتن در ایران باید مطابق ویژگیهای استانداردهای زیر باشد :
۱ ـ سیمان پرتلند ، قسمت اول تعیین ویژگیها ، شماره ۳۸۹ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران .
۲ ـ سیمان پرتلند ، قسمت دوم تعیین نرمی شماره ۳۹۰ ایران .
۳ ـ سیمان پرتلند ، قسمت سوم تعیین انبساط شماره ۳۹۱ ایران .
۴ ـ سیمان پرتلند ، قسمت چهارم تعیین زمان گیرش شماره ۳۹۲ ایران .
۵ ـ سیمان پرتلند ، قسمت پنجم ، تعیین تاب فشاری و تاب کششی شماره ۳۹۳ ایران .
۶ ـ سیمان پرتلند ، قسمت ششم ، تعیین هیدراسیون شماره ۳۹۴ ایران .
درمورد تعیین نرمی همچنین می‌توان به ASTM C115-74 و ASTM C204-75 مراجعه نمود . بطور کلی همانطور که قبلا" گفته شد درجه ریزی سیمان بحدی است که ۱۰۰ درصد آن از الک ۲۰۰ عبور می‌نماید . و اندازه متوسط (قطر متوسط) دانه سیمان حدود ۱۰ میکرون است همچنین درجه نرمی آن در دو آزمایش ASTM اشاره شده بالا بطور متوسط از ۱۶۰۰ تا ۲۸۰۰ سانتیمتر مربع بر گرم (cm /g) داده شده (هر میکرون برابر $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ mm) .
در مورد سالم بودن سیمان (Soundness) به ASTM 151-77 مراجعه شود که ماکزیمم انبساط ۰/۸ درصد ذکر گردیده .

زمان گیرش سیمان که طبق ASTM C266-77 و ASTM 191-77 میباشد زمان گیرش سیمان پرتلند خالص در شرایط متعارفی جوی باید از ۴۵ دقیقه زودتر و گیرش (سفت شدن) نهائی آن از ۱۰ ساعت دیرتر نباشد (شرایط متعارفی صفر درجه سانتیگراد و ۱ آتمسفر فشار) .
در مورد تاب فشاری و کششی سیمان که در C109-77 و ASTM C190-77 میباشد برای مثال نمونه‌ای که یکروز در رطوبت و مدت ۲۷ روز در آب بوده میزان تاب فشاری و کششی آن بشرح زیر است :

نوع سیمان	تاب کششی (Kg/cm)	تاب فشاری (Kg/cm)
۱	۲۴/۶	۲۴۶
۲	۲۲/۸	۲۴۶
۳	-	-
۴	۲۱/۱	۱۴۱
۵	۲۲/۸	۲۱۱

در مورد تعیین وزن مخصوص سیمان باید به ASTM C188-44 مراجعه شود میزان وزن مخصوص بطور کلی ۳/۱۵T/m تعیین گردیده .
در مورد تعیین هیدراسیون بطور کلی به جدول ASTM C150-65 مراجعه شود که برای سیمان نوع ۲ در ۷ روزه ۷۰Cal/g و ۲۸ روزه ماکزیمم ۸۰Cal/g (کالری بر گرم) تعیین گردیده .

در پـــایان در راهســـازی جـــهت مشـــخصات ســیمان مـصرفی از مشـــخصات تـعیین شـــده درآشـــو AASHO استفاده می‌شود. در مورد آزمایش اسلامپ Slump Test سیمان پرتلند به ASTM C143-58 مراجعه شود .

ب : آب بتن

آب در بتن سازی دو کار انجام می‌دهد یکی ترکیب شیمیائی با سیمان و انجام هیدراسیون سیمان و دیگری دادن خاصیت روانی و شکل پذیری به بتن است .

آب مصرفی بتن و همچنین آبی که به منظور نگهداری بتن بکار می‌رود باید صاف و تمیز و عاری از هرگونه مواد روغنی ، اسیدی ، قلیائی ، املاح و مواد قندی و آلی و یا هرگونه مواد دیگری که برای بتن و فولاد مضر است باشد .

بطور کلی آبی که برای نوشیدن مناسب باشد برای بتن سازی مناسب است به غیر از آبهای نوشیدنی که محتوی سولفات زیاد باشند .

حداکثر مقدار مجاز مواد خارجی در آب بشرح زیر است :

۱ ـ حداکثر مواد اسیدی آب باید باندازه‌ای باشد که ۱۰ میلی متر مکعب سود سوزآور دسی نرمال بتواند یک سانتی‌متر مکعب آبرا خنثی کند .

۲ ـ حداکثر مواد قلیائی موجود در آب باید به حدی باشد که ۵۰ میلی متر مکعب اسید کلریدریک بتواند یک سانتی متر مکعب آبرا خنثی کند .

۳ ـ درصد مواد موجود در آب نباید از مقادیر زیر تجاوز کند :

مواد آلی	۰/۲	در هزار
مواد معدنی	۳	" "
مواد قلیائی	۱	" "
مواد سولفاتها	۰/۵	" "

اگر کیفیت آب مصرفی ناشناخته و مورد تردید باشد به شرطی می‌توان آبرا مورد استفاده قرار داد که بتن ساخته شده با این آب مقاومتی برابر حداقل ۹۰ درصد مقاومت فشاری بتن ساخته شده با آب مقطر را داشته باشد .

اثرات نامطلوب آب ناخالص بر بتن عبارتند از افزایش طول مدت گرفتن بتن ، کم کردن مقاومت بتن و تغییر حجم بتن و خوردگی و زنگ زدن فولاد در بتن مسلح .

ج : مصالح سنگی Aggregates

۱ ـ خواص مصالح سنگی :

مصالح سنگی حدود ۷۵ درصد از حجم بتن را تشکیل می‌دهند . کلمه مصالح سنگی عبارت است از شن و ماسه طبیعی و سنگ شکسته که برای ساختن ملاتها و بتن‌ها استفاده می‌شوند و همچنین برای تولید بتن سبک

و سنگین بکار می‌رود . پاکیزگی و سلامت و مقاومت و شکل مصالح سنگی بسیار مهم‌اند . پاکیزگی و تمیزی مصالح سنگی عبارت از این است که مصالح سنگی حاوی رس و لای ، میکا ، مواد ارگانیک (آلی) ، نمکهای شیمیائی و مواد گیاهی نباشند .

همچنین مصالح سنگی زمانی سلامت هستند که شکل و مقاومت خود را در برابر تغییر درجه حرارت و رطوبت حفظ کرده و در مقابل هوا مقاومت نمایند بدون اینکه تجزیه شوند مصالح سنگی باید مقاومتشان به حدی باشد که یک پوشش مقاوم را تشکیل دهند و سخت و خشن باشند . بسته بآنکه شکل مصالح سنگی گرد یا دراز باشد روی کار پذیری بتن اثر گذاشته و در نتیجه لازم می‌شود که آب و سیمان بیشتری مصرف شود با اینکه مصالح سنگی در بتن بعنوان مواد بی اثر قید گردیده اما مصالح سنگی در نسبت اختلاط اجزا و قیمت بتن موثرند برای مثال چنانچه بتن با مصالح تیز گوشه ساخته شود بیش از مصالح گرد گوشه بآب نیاز دارد . بنابراین با مصرف آب بیشتر باید سیمان بیشتری مصرف کرد که این خود بخود قیمت بتن را بالا می‌برد ، لذا مصرف مصالح سنگی تیز گوشه گرانتر از گرد گوشه است . راههای زیادی جهت اصلاح جنس مصالح سنگی که مطابق مشخصات فنی نمی‌باشند وجود دارد . یکی از راهها شستن مصالح سنگی است که باعث می‌شود مواد زائدی که روی دانه‌ها را پوشانده و یا بتن دانه‌ها بصورت ذرات ریز قرار گرفته را خارج سازد و دانه‌بندی مصالح سنگی را تغییر دهد . البته در مورد ماسه چنانچه حاوی مواد آلی باشد نمی‌توان با شستن آنرا بر طرف نمود .

گذشته از شستن روشهای مکانیکی دیگری نیز بکار می‌رود .

۲ ـ طبقه بندی کلی مصالح سنگی :

مصالح سنگی که در بتن سازی مصرف می‌شوند عبارتند از شن و ماسه ، سنگ شکسته و گاهی سرباره (تفاله) کوره بلند ذوب آهن .

همانطور که می‌دانیم از نقطه نظر زمین شناسی سنگها به سه طبقه اصلی آذرین ـ رسوبی و متامورفیک (دگرگونی) تقسیم شده‌اند . و سنگهائی که بیشتر در بتن سازی مصرف می‌شوند از این سه طبقه هستند و عبارتند از خورده سنگ ، ریگ ، ماسه و سنگ شکسته ، گرانیت یا سنگ خارا ، بازالت یا سنگ مرمر سیاه و انواع پر مقاومت سنگهای آهکی و ماسه‌ای .

۳ ـ طبقه بندی سنگها از نظر اندازه و شکل :

همانطور که گفته شد شکل و اندازه و ساخت سطح مصالح سنگی بر خواص بتن تازه و سخت شده موثر است . از مصرف سنگهای به شکل سوزنی یا پولکی باید خودداری شود و یا مقدار آن به حداقل کاهش داده شود . سنگهای گرد و مکعبی شکل به مواد ریز دانه کمتری جهت شکل پذیری بتن نیاز دارند و از این جهت ارجحیت دارند .

۴ ـ آزمایشات مصالح سنگی :

بطورکلی آزمایشات جهت تعیین خصوصیات و تعیین استاندارد مصالح سنگی برای مصرف در بتن بشرح زیر می‌باشد :

۱ ـ دوام در برابر سایش Resistance to Abrasion of Aggregate

ASTM C131-5 & ASTM C131-76

این آزمایش بمنظور سنجش مقاومت مصالح سنگی بکار می‌رود که بر اساس حداکثر کاهش حجم مصالح بدست می‌آید . مثلا" درصد سائیدگی برای سنگ بازالت بطور متوسط ۶/۱ درصد و سنگ آهک ۱۳/۷ درصد و گرانیت ۴/۸ درصد است . این آزمایش اصولا" برای کف های بتنی که زیر ترافیک می‌باشد مهم است .

۲ ـ مقاومت در برابر یخبندان و ذوب شدن Resistance to freezing and thawing

این آزمایش از جهت قرارگرفتن بتن در محیط یخبندان مهم است و بر اساس حداکثر دفعات یخ زدن و باز شدن یخ می‌باشد . بطورکلی مقاومت مصالح سنگی در مقابل یخ زدن بستگی دارد به درجه پوکی و خاصیت جذب آب و نوع خلل و فرج آن .

۳ ـ پایداری شیمیائی Reactivity of Aggregates to Chemicals

بر اساس **586** و **227** و **295** و **ASTM C 289** این آزمایشات به جهت شناسائی مقاومت و پایداری شیمیائی مصالح سنگی در مقابل مواد خارجی دیگری می‌باشند که به بتن وارد می‌شوند . چنانچه مصالح سنگی پایداری شیمیائی لازم را داشته باشند با سیمان و مواد خارجی دیگر در بتن ترکیبات شیمیائی مضر نخواهند داشت . همچنین مصالح سنگی نباید نسبت به مواد قلیائی سیمان واکنش نشان دهند .

۴ ـ شکل مصالح و ساخت سطح آنها

که در کارپذیری و شکل پذیری بتن موثرند حداکثر مصالح پولکی و سوزنی شکل در مصالح سنگی بتن نباید از ۱۵ درصد تجاوز کند .

۵ ـ تعیین اندازه مصالح سنگی Sieve Analysis of Aggregates

بر اساس **ASTM C136** دانه بندی مصالح سنگی در کارپذیری و شکل پذیری و مقدار افت و آب بندی و درجه پوکی بتن تازه موثر است .

آزمایش دانه بندی مصالح سنگی عبارت است از تعیین درصد وزنی دانه‌های یک اندازه در مخلوط مورد آزمایش .

آزمایش بوسیله الکهائی که بترتیب سوراخهای آنها از بالا به پائین کوچکتر می‌شوند انجام می‌شود .

بطورکلی بر اساس ASTM D422 مصالح سنگی که از نظر اندازه‌شان به نسبت عبور از الکها نامگذاری و استاندارد شده اند بشرح زیر است :

نام مصالح سنگی	اندازه دانه	اندازه الک
شن	(۷۶ - ۴/۷۶ میلی‌متر)	(۷۶میلی‌متر)۳اینچ
ماسه درشت	(۴/۷۶ - ۲ میلی‌متر)	(۴/۷۶میلی‌متر)شماره۴
ماسه متوسط	(۲ - ۰/۴۲ میلی‌متر)	(۲میلی‌متر)شماره‌ده
ماسه ریز	(۰/۴۲-۰/۰۷۴میلی‌متر)	(۰/۴۲میلی‌متر)شماره‌چهل

دانه های باندازه ۰/۰۰۵ - ۰/۰۷۴ میلی‌متر را لای یا سیلت (Silt) می‌نامند .
و کوچکتر از ۰/۰۰۵ میلی‌متر را رس (Clay) نامیده .
و بالاخره کوچکتر از ۰/۰۰۱ میلی‌متر مواد کلوئیدی هستند .
دانه های بزرگتر از ۳ اینچ (۷۶ میلی‌متر) را قلوه سنگ (Boulder) نامند .

۶ - آزمایش وزن واحد حجم مصالح سنگی Unit Weight Of Aggregate

بر اساس ASTM C29 این آزمایش از نظر طبقه بندی و تعیین نسبت اختلاط مصالح سنگی اهمیت دارد . وزن واحد حجم که بوزن فضائی هم موسوم است وزن مقدار مصالحی است که ظرفی به حجم یکمتر مکعب را پر نماید . تفاوت آن با وزن مخصوص آن است که هم نشان دهنده مصالح است و هم فضای خالی می‌توان در محاسبات برای تبدیل حجم به وزن مصالح از آن استفاده کرد .

۷ - وزن مخصوص مصالح سنگی Specific gravity of Aggregate

بر اساس 128 و ASTM C127 جهت تعیین نسبت اختلاط مصالح سنگی است ، اصولا" وزن مخصوص وزن واحد حجم بدون فضای خالی است . وزن مخصوص مصالح سنگی حدود ۲/۴۰ تا ۲/۹۰ تن در هر متر مکعب می‌باشد و معمولا" در محاسبات آنرا T/m ۲/۶۵ فرض می‌کنند .

۸ - جذب آب و رطوبت سطحی ASTM C70

دانستن رطوبت و مقدار جذب آب مصالح سنگی جهت تعیین میزان آب مصرفی بتن و تعیین نسبت مصالح و آب و سیمان ضروری است . مثلا" درصد جذب آب سنگ آهک ۱ درصد و گرانیت ۰/۴ درصد و کوارتزیت ۰/۷ درصد است . همچنین می‌توان درجه رطوبت مصالح سنگی را از شرایط محیطی آنان مورد بررسی قرار داد . مثلا" مصالحی که در کوره خشک شده باشند قابلیت شدید جذب آب بتن را دارند ، همچنین مصالح خشک شده در هوا کمی رطوبت داشته اما هنوز قابلیت جذب آب را دارند .

مصالحی که از آب اشباع شده‌باشند بطور کلی خنثی عمل کرده یعنی نه آب به بتون می‌دهند و نه از آن آب می‌گیرند و بالاخره مصالح تریا مرطوب دارای آب فراوان در سطح دانه‌هایشان هستند و در نتیجه آب اضافی خود را به آب بتن می‌دهند .

۹ ـ آزمایش تعیین‌افت وزنی در مقابل عوامل جوی

Soundness of Aggregate by use of Na2So4 (سدیم سولفات)

این آزمایش برای تعیین مقاومت مصالح سنگی در برابر عوامل جوی و سلامت مصالح سنگی بکار می‌رود براساس **ASTM C88** میزان افت وزنی مصالح ریز بعد از ۵ سیکل به میزان ۱۰ درصد و مصالح درشت ۱۲ درصد است .

د : دانه بندی مصالح سنگی Gradation of Aggregate

دانه بندی و ماکزیمم اندازه مصالح سنگی از این جهت اهمیت دارند که روی خصوصیات بتن مثل کار پذیری ، میزان خلل و فرج و انقباض بتن اثر داشته و از لحاظ اقتصادی نیز اهمیت دارند .

اندازه یکنواخت مصالح سنگی بوسیله جداکردن آنها با یک سری الک استاندارد انجام می‌گیرد . اندازه الکهای استاندارد برای مصالح ریز دانه عبارتند از :

الکهای نمره ۴ و ۸ و ۱۶ و ۳۰ و ۵۰ و ۱۰۰ و الکهای ۶ و ۳ و $1\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{4}$ و $\frac{3}{8}$ اینچ و نمره ۴ برای مصالح درشت دانه است .

۱ ـ منحنی دانه بندی :

منحنی است که بر حسب اندازه الک های استاندارد در مقابل درصد وزنی عبور از الک رسم می‌گردد و نشانگر توزیع وزنی اندازه‌های مصالح سنگی است . منحنی دانه بندی حدود دانه بندی مصالح ریزدانه و درشت‌دانه را تعیین می‌کند .

بطورکلی مصالح ریزدانه مصالحی هستند که از الک نمره ۴ گذشته و روی الک شماره ۱۰۰ باقی بمانند و مصالح درشت دانه مصالحی هستند که روی الک نمره ۴ باقی می‌مانند .

۲ ـ ضریب نرمی Fineness Modulus

ضریب نرمی برای اندازه گیری میزان نرمی و زبری مصالح سنگی بکار می‌رود . این ضریب برابر است با جمع درصدهائی از مصالح سنگی ریزدانه که روی تمام الک های درشت‌تر از هر یک از الک‌های استاندارد باقی می‌ماند تقسیم بر عدد ۱۰۰ ، این ضریب نشان دهنده دانه بندی مصالح سنگی نمی‌باشد ، زیرا ممکن است مصالح سنگی با دانه‌بندی بسیار مختلف دارای ضریب نرمی واحدی باشند .

چنانچه ضریب نرمی مصالح ریزدانه‌ای خیلی زیاد یاکم باشد جالب توجه نیست برعکس ماسه با ضریب نرمی

متوسط بیشتر قابل استفاده است ، بعبارت دیگر بتن سازی با استفاده از ماسه بسیار ریز دانه یا درشت دانه مناسب نمی‌باشد بعلت اینکه بتن سازی با ماسه بسیار ریز دانه از لحاظ اقتصادی با صرفه نیست و چنانچه خیلی درشت دانه باشد بتن شکل پذیری خود را از دست داده و سطح بتن زبر می‌شود ، محاسبه ضریب نرمی مصالح ریزدانه باید حتی‌الامکان بر اساس آزمایش باشد .

۳ ـ دانه بندی مصالح سنگی ریز دانه Fine Aggregate

برای انتخاب دانه بندی مصالح ریزدانه بتن ابتدا موارد زیر را باید در نظر بگیریم :

الف : کیفیت و نوع مصرف بتن

ب : مقدار سیمان موجود در بتن

ج : میزان و حداکثر درشتی مصالح درشت دانه بتن

نکات مهم دیگر در انتخاب دانه بندی مصالح ریزدانه بعد از توجه به سه مورد بالا عبارتند از :

۱ ـ در بتن هائی که میزان سیمان آن کم است و یا شن ریز دانه دارد باید جهت حفظ کار پذیری بتن انتخاب دانه بندی مصالح ریز دانه مطابق دانه بندی داده شده از طرف آئین نامه باشد و اختلاف با آن بسیار جزئی باشد .

۲ ـ در بتن هائی که بر عکس میزان سیمان آن زیاد است از لحاظ اقتصادی باید دانه بندی حد بالا را برای مصالح ریز دانه در نظر گرفت .

۳ ـ چنانچه بخواهیم شکل پذیری و صافی سطح و مقدار آب بتن را مورد نظر قرار دهیم بخصوص در تیغه‌ها کفهای بتنی بدون پوشش باید حداقل از ۳ تا ۴ درصد و حداکثر ۱۰ درصد از مصالح ریزدانه انتخابی از الک نمره ۱۰۰ عبور کرده و ۱۵ درصد و بیشتر مصالح ریزدانه از الک ۵۰ عبور نماید .

۴ ـ بطور کلی چنانچه نسبت آب به سیمان (W/C) ثابت باشد و نیز نسبت مصالح ریزدانه به درشت دانه بطور صحیح انتخاب شده باشد ، می‌توان مصالح سنگی با دانه بندی متفاوت بکار برد .

با رعایت دقیق نکات فوق شکل پذیری و چسبندگی بتن بیشتر شده و مسئله روزَدنِ شیره بتن کمتر مشاهده خواهد گردید .

۴ ـ دانه بندی مصالح سنگی درشت دانه

برای انتخاب دانه بندی مصالح درشت دانه بتن لازم است نکات زیر را رعایت کنیم :

۱ ـ چنانچه درصد مصالح ریزدانه بیش از حداقلی باشد که برای شکل پذیری خوب لازم است ، می‌توانیم دانه بندی‌های مختلفی برای مصالح درشت دانه انتخاب کنیم بدون آنکه اثری بر سیمان و آب مصرفی بتن داشته باشد .

۲ ـ در مواقعی که دانه بندی مصالح درشت دانه تغییرات وسیعی داشته باشد می‌توانیم در حین کار نسبت اختلاط مصالح را تغییر دهیم اما صرفه در آن است که با دقت در تهیه و جابجائی مصالح درشت دانه یکنواختی را رعایت کرده تا مجبور به تغییر نسبت اختلاط در حین کار نشویم و شکل پذیری لازم را بتن حفظ کند .

۳ـ در بتن مسلح درشت ترین دانه مصالح درشت دانه نباید از $\frac{۳}{۴}$ فاصله بین میله گردها و از $\frac{۱}{۵}$ کوچکترین بُعد بتن غیر مسلح و از $\frac{۱}{۳}$ ضخامت کف‌ها و سقف های بتن غیر مسلح تجاوز کند .

۴ـ درشتی دانه های مصالح درشت دانه با نسبت آب و سیمان نسبت عکس دارد یعنی هر چه دانه‌های مصالح درشت دانه بزرگتر باشد به آب و سیمان کمتری نیاز است .

اما در بتن های پر سیمان چنانچه نسبت آب به سیمان معین باشد بتنی که مصالح درشت دانه آن دانه بندی ریزتری دارد بر عکس مقاومتش بیشتر است .

۵ـ مصالحی که دانه بندی غیر پیوسته داشته باشد :

چنانچه مصالحی دانه بندی پیوسته نداشته باشد در نتیجه بعضی از دانه‌ها در آن وجود ندارند و همین نبودن بعضی از دانه‌ها باندازه‌های متوالی امکان دارد سبب وارفتن بتن شود . چنانچه ضریب شلی بتن از ۷/۵ سانتی متر بیشتر باشد وارفتن بتن در اثر دانه بندی غیر پیوسته احتمال بیشتری دارد .

(ضریب شلی بتن را در قسمت آزمایشات بتن مطالعه نمائید) . بعلت اینکه ضریب شلی معین یک دانه بندی غیر پیوسته به مقدار آب کمتری نیاز دارد می‌توان به شرط ساختن بتن سفت از مصالح با دانه بندی غیر پیوسته استفاده کرد که مقاومت آن بازای مقدار معین سیمان از مقاومت بتن با مصالح پیوسته بیشتر شود .

شن و ماسه Gravel and Sand

الف : تولید : شن و ماسه بدو صورت تهیه می‌گردد .

۱ـ از سنگ شکسته

۲ـ شن و ماسه طبیعی یا رودخانه‌ای

۱ـ تهیه شن و ماسه از سنگ شکسته

در شن و ماسه تهیه شده از سنگ شکسته شده که بیشتر از : خورده سنگ ریگ ، ماسه و سنگ شکسته ، گرانیت یا سنگ خارا ، بازالت یا سنگ مرمر سیاه و نوع پر مقاومت سنگ آهک و سنگهای ماسه‌ای استفاده می‌شود ، در سنگ شکن خرد می‌شود . شن و ماسه تهیه شده از لحاظ شکل دانه و استحکام و سائیدگی و صیقل شدن و مرغوبیت مورد توجه می‌باشد و این خواص کلا" بستگی دارد به جنس سنگ معدن و نیز نوع سنگ شکنی که در تهیه مصالح شکسته استفاده گردیده . بعد از شکستن مصالح ، آنان را از سرندهای مختلف عبور داده و چنانچه مقدار رس مصالح زیاد باشد آنرا شستشو می‌دهند . در انتها مصالح (شن و ماسه) را بر اساس دانه بندی‌شان کپه می‌کنند .

۲ ـ شن و ماسه طبیعی و رودخانه یا ساحلی :

شن و ماسه ای هستند که از مناطق ساحلی یا رودخانه ای تهیه می‌شوند که معمولاً" مقادیری نمک و عناصر صدفی به همراه دارند که مقدار زیاد آنها برای بتن مضر هستند زیرا وجود مواد اضافی در شن و ماسه باعث بروز ضعف در بتن می‌شود . شن و ماشه رودخانه‌ای را می‌توان بشرط داشتن مقاومت لازم و دوام و تمیزی و دانه بندی تقریباً" پیوسته در بتن‌هائی که از نوع مارک ۳۰۰ و کمتر هستند استفاده کرد .

ب : خصوصیات شن و ماسه : مهمترین خصوصیات شن و ماسه بترتیب زیر می‌باشد :

۱ ـ دوام :

شن و ماسه نباید حاوی عناصری باشند که در مقابل هوا تغییر حجم داده و یا در بتن مسلح اثر نامطلوب بر فولاد داشته باشند و کلاً" باید محکم باشند . فی‌المثل وجود ذغال سنگ و قطعات خاک رس یا پیریت مضر است زیرا ذغال سنگ باد می‌کند و پیریت در مقابل هوا تجزیه شده و تولید اکسید آهن می‌کند که در سطح بتون ظاهر می‌شود و همچنین خاک رس باعث بروز حفره در بتن می‌شود . همچنین وجود مواد آلی و مصالح سنگی ریزتر از الک ۲۰۰ و ذرات نرم و پودر شدنی و مواد دیگر که دقیقاً" در آزمایشهای ASTM ذکر گردیده در شن و ماسه مضرند .

تمیزی :

شن و ماسه باید کاملاً" پاکیزه بوده و فاقد هر نوع مواد آلی و گیاهی باشند و همچنین هیچگونه ذرات سنگ و خاک و گل که مانع اتصال بین سنگ و سیمان در بتن می‌شود نباید در آنها وجود داشته باشد .

وجود ذرات بسیار ریز در ماسه فی‌المثل مانع اتصال کامل بین سنگ و سیمان شده و از مقاومت بتن می‌کاهد برای تمیز کردن شن و ماسه تولید کنندگان آن شن و ماسه را در دستگاههای مخصوص (اسکرابر = ماشین شن شور و سانداسکرو = ماشین ماسه شور) می‌شویند و شسته شده آنرا تحویل می‌دهند . اما شستن فی‌المثل ماسه در کارگاه چنانچه از حد معینی تجاوز کند مضر است ، زیرا در اثر شستن زیاد ذرات ریز مفید ماسه که از الک ۰/۳ میلیمتری عبور می‌کنند با آب خارج شده و ایجاد دو ضرر مهم می‌نماید که یکی ایجاد ضعف در چسبندگی ذرات بتن و دیگری عدم استفاده از پمپاژ بتن خواهد بود ، زیرا این ذرات در صورت استفاده از دستگاه پمپاژ بسیار مفیدند .

۲ ـ دانه بندی و استاندارد شن و ماسه بتن Sieve Analysis

الف : ماسه (Sand): جهت تعیین حدود اندازه ماسه آئین‌نامه‌های مختلف اندازه‌های مختلفی را توصیه نموده‌اند . مثلاً" طبق آئین‌نامه AASHO (آشو) اندازه ماسه از ۰/۷۴ میلیمتر (الک ۲۰۰) تا ۲ میلیمتر (الک شماره ۱۰) می‌باشد که البته از سایز (۴/۷۶ میلیمتر الی ۲ میلیمتر) ماسه درشت یا (Coarse Sand) و از (۲ الی ۰/۴۲

میلیمتر) ماسه متوسط (Medium Sand) و بالاخره از (۰/۴۲ الی ۰/۰۷۴ میلیمتر) ماسه ریز (Fine Sand) می‌باشد .
ـ اما بر اساس آئین نامه CP 110 انگلستان (B.S 882) دانه بندی ماسه از ۰/۰۷۵ میلی‌متر (الک ۲۰۰) تا حدود ۵ میلی‌متر است و کلا" ماسه باید از الک با توری ۵ میلیمتری عبور نماید .
ـ بر اساس آئین‌نامه کشور آلمان (DIN 1045) دانه‌های سنگی ۵ تا ۷ میلیمتر را ماسه می‌نامند و از ۱ تا ۷ میلیمتر را ماسه درشت می‌نامند و از ۰ تا ۱ میلیمتر ماسه بسیار ریز است .
ـ بر اساس استاندارد بین‌المللی اندازه ماسه از ۰/۰۲ الی ۲ میلی متر است .
ـ بر اساس استانداردهای ایران ـ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (استاندارد مصالح سنگی ریزدانه برای بتن و بتن مسلح شماره ۳۰۰ ایران) ماسه‌ایکه برای کارهای بتن مسلح بکار می‌رود ۹۵ درصد آن باید از الک ۴/۷۶ میلی‌متر عبور کند و تمام دانه‌های ماسه باید از سرندی که قطر سوراخهای آن ۹/۵ میلیمتر است عبور نماید .
جدول دانه بندی ماسه جهت کارهای ساختمانی بشرح زیر است :
توجه : باقی مانده مصالح بین هر دو الک متوالی جدول زیر نباید از ۴۵ درصد وزن کل نمونه بیشتر باشد .

اندازه الکهای استاندارد	درصد رد شده از الکهای استاندارد
$\frac{۳}{۸}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر)	۱۰۰
الک شماره ۴ (۴/۷۶ میلیمتر)	۹۵ تا ۱۰۰
الک شماره ۸ (۲/۳۶ میلیمتر)	۸۰ تا ۱۰۰
الک شماره ۱۶ (۱/۱۹ میلیمتر)	۵۰ تا ۸۵
الک شماره ۳۰ (۰/۵۹۵ میلیمتر)	۲۵ تا ۶۰
الک شماره ۵۰ (۰/۲۹۷ میلیمتر)	۱۰ تا ۳۰
الک شماره ۱۰۰(۰/۱۴۹میلیمتر)	۲ تا ۱۰
الک شماره ۲۰۰(۰/۰۷۴میلیمتر)	۰ تا ۳

سایر استانداردهای ایران جهت ماسه عبارتند از :
۱ ـ میزان لای و ذرات ریز در ماسه نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید :
الف : در ماسه طبیعی و یا ماسه بدست آمده از شن طبیعی ۳ درصد حجم
ب : در ماسه تهیه شده از سنگ شکسته ۱۰ درصد حجم
۲ ـ مواردی که نمی‌توان ماسه طبیعی و رودخانه‌ای یا ساحلی بکار برد بشرح زیرند :
الف : هرگاه ماسه طبیعی و غیره طبق مشخصات نبوده و مقاومت لازم را نداشته باشند .
ب : در صورتیکه بتن از نوع مارک ۳۵۰ و یا بالاتر باشد .
ج : هنگامی که دستگاه نظارت استفاده از ماسه شکسته را خواسته باشد .

۳ ـ مقاومت سنگهائی که برای تهیه ماسه شکسته بکار رفته باید حداقل برابر مقاومت فشاری ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع باشد . ضمناً" ماسه تمیز بوده و دانه‌های آن پهن و نازک یا دراز نباشد .
استانداردهای فوق بر اساس آشو می‌باشد که در بتن راهسازی نیز در ایران استفاده می‌شود . ضمناً" ارزش شنی Sand Equivalent باید حداقل ۷۵ درصد باشد .

ب : شن Gravel : شن نیز بر اساس آئین نامه آشو AASHO اندازه آن از ۴/۷۶ میلیمتر الی ۶۳ میلیمتر (از الک شماره ۴ الی $2\frac{1}{2}$ اینچ می‌باشد) . بر اساس آئین‌نامه (BS 882) انگلستان از حدود ۵ میلی‌متر الی ۷۵ میلی‌متر اندازه شن است که کلاً" از الک ۵ میلی‌متری عبور نمی‌نماید .
و طبق آئین‌نامه (DIN 1045) آلمان اندازه شن بزرگتر از ۷ میلی‌متر الی ۳۰ میلی‌متر است .
استاندارد بین‌المللی آن از بیش از ۲ تا ۶۰ میلی‌متر برای اندازه شن است . براساس استاندارد ایران ویژگیهای شن باید برابر شماره ۳۰۲ سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران جهت بتن و بتن مسلح باشد .
کلیه استانداردهای شن نیز مانند آنچه که برای ماسه گفته شد می‌باشد به جز در موارد زیر :

الف : حداکثر لای و ذرات ریز در شن بمیزان ۱۵ درصد وزنی یا ۳ تا ۵ درصد حجمی می‌باشد که شامل مواد آلی و نرم ، ذغال سنگ ، خاک رس ، موادی که از الک ۲۰۰ می‌گذرند ، قطعات نازک یا درازی که طول آنها بزرگتر از ۵ برابر قطرشان باشد .

ب : ابعاد شن مصرفی برای بتن باید طوری باشد که ۹۰ درصد دانه‌های آن برروی الک ۴/۷۶ میلیمتری باقی بماند . اندازه الکها طبق استاندارد شماره ۲۹۵ ایران است .
در راهسازی استاندارد شن بر اساس آشو و استاندارد ایران است . درصد سائیدگی شن‌ها نباید طبق آزمایش AASHO T96 در ۵۰۰ دور دستگاه از ۵۰ تجاوز نماید و افت وزنی آن نباید از ۱۲ درصد تجاوز کند . دو نوع دانه بندی جهت شن موجود است که دانه بندی (I) برابر بتن پیش ساخته و مسلح و (II) برای سایر کارهای بتنی است.

جدول دانه بندی شن	دانه بندی (I)	دانه بندی (II)
شماره الک استاندارد	درصد عبور از الک	درصد عبور از الک
$2\frac{1}{2}$ اینچ (۶۳میلی‌متر)	-	۱۰۰
۲ اینچ (۵۰ میلی‌متر)	-	۹۵ - ۱۰۰
۱ اینچ (۲۵ میلی‌متر)	۱۰۰	۳۵ - ۷۰
$\frac{3}{4}$ اینچ(۱۹/۱میلی‌متر)	۹۵ - ۱۰۰	-
$\frac{1}{2}$ اینچ(۱۲/۷میلی‌متر)	-	۱۰ - ۳۰
$\frac{3}{8}$ اینچ(۹/۵میلی‌متر)	۲۰ - ۵۵	-
نمره ۴ (۴/۷۶ میلی‌متر)	۰ - ۱۰	۰ - ۵

آزمایشات شن و ماسه :

آزمایشات شن و ماسه در آزمایشگاه بمنظور تصمیم گیری و انتخاب منابع جهت تهیه مواد تشکیل دهنده بتن صورت گرفته و مناسب بودن آنرا تائید می‌کند و نیز نسبت مخلوط بتن را جهت طراحی بتن و تهیه آن مشخص می‌سازد .

قسمتی از این آزمایشات نیز در کارگاه جهت تائید و تکمیل آزمایشات آزمایشگاه صورت می‌گیرد انجام آزمایشات در کارگاه معمولا" آسان بوده و به کادر متخصص آزمایشگاهی نیازی ندارد . در اینجا باختصار باین آزمایشات اشاره می‌گردد .

۱ ـ نمونه برداری از شن و ماسه :

اصولا" نمونه برداری یعنی تهیه مقداری از شن و ماسه که تقریبا" دارای کلیه خصوصیات مقادیر اصلی ماسه و شن کارگاه باشد . بهترین زمان برای نمونه برداری از شن و ماسه در کارگاه زمانی است که حجم‌های کمی از شن و ماسه وارد کارگاه شده و قرار است که بزودی ذخیره‌سازی گردد ، زیرا بعد از وارد شدن حجم خیلی زیاد از شن و ماسه و آزمایش از آنها و در صورت رد شدن موجب خسارت زیاد می‌گردد . نمونه برداری یکی از حساس‌ترین و مهم‌ترین قسمت آزمایشات بر روی شن و ماسه است و چنانچه نمونه برداشت شده نماینده توده عظیم شن و ماسه نباشد هر قدر روی آزمایشات دقت شود نتایج بی‌حاصل خواهد بود .

انتخاب نمونه از شن و ماسه بقرار زیر است :

۱ ـ شرایط ایده آل نمونه برداری موقعی است که بخشهای مختلف شن و ماسه با هم تفاوت نداشته باشند .

۲ ـ ابتدا ۱۲ پیش نمونه کوچک از قسمتهای مختلف شن و ماسه تهیه و سپس با هم مخلوط می‌کنیم .

۳ ـ توجه شود که وزن کل نمونه ها برای هر اندازه شن یا ماسه متفاوت خواهد بود برای مثال اگر در کارگاه سه نمونه شن با اندازه‌های ۲۵ میلیمتر وبیشتر ، از ۲۵ میلیمتر کمتر و بزرگتر از ۵ میلی‌متر ، و ۵ میلی‌متر یا کمتر ، وزن این نمونه ها به ترتیب ۵۰ و ۲۵ و ۱۳ کیلوگرم خواهد بود .

۴ ـ حال باید نمونه تهیه شده را با استفاده از یکی از دو روش زیر به حجم کوچکتری کاهش داد .

الف : روش استفاده از جعبه تقسیم یا ریفل باکس

ب : روش چهار قسمتی

استفاده از دو روش فوق برای کاهش دادن وزن نمونه کلی بطرزی است که نمونه کوچک شده با نمونه اولیه مشابه است .

الف : ریفل باکس برای شن‌هائی که سطح خشک دارند مناسبند و طوری طراحی شده‌اند که موقعی که شن‌ها از بالا به درون آن فرو میریزد خود به خود تقریبا" به تساوی تقسیم شده و چنانچه این عمل چند بار تکرار شود نمونه با وزن کمتری بدست خواهد آمد .

ب : روش چهار قسمتی که بیشتر مورد استعمال دارد بدین ترتیب است که ابتدا نمونه شن مرطوب بصورت

کپه‌ای بر روی سطح صاف قرار داده می‌شود و سپس بصورت لایه مسطحی به ضخامت ۷۵ تا ۱۰۰ میلیمتر متراکم می‌گردد ، سپس قطعه فلزی به شکل بعلاوه روی آن قرارگرفته و شن را به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌کند که دو قسمت متقابل کنار گذاشته می‌شود و مابقی مخلوط می‌گردد . این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا نمونه در اندازه متناسب بدست آید .
چنانچه لازم شود نمونه شن و ماسه به آزمایشگاه فرستاده شود باید در بسته بندی آن دقت نمود تا مواد ریز آن خارج نشده و مخلوط نمونه سالم به آزمایشگاه برسد .

۲ ـ آزمایش تمیزی شن و ماسه :

همانطورکه قبلا" اشاره شد وجود ناخالصی‌های نباتی در شن و ماسه باعث کند شدن واکنشهای شیمیائی در سیمان و در نتیجه ضعف در مقاومت بتن می‌شود . آزمایشات دقیقی جهت اندازه‌گیری ناخالصی‌های شن و ماسه مانند پودر سنگ ، خاک رس و غبار وجود دارد که غالبا" بر پایه آزمایشگاه است . اما با آزمایشهای ساده نیز در کارگاه می‌توان بطور تقریبی بمنظور فوق دست یافت :

الف : آزمایش تمیزی ماسه : در یک استوانه شیشه‌ای مدرج به گنجایش ۲۰۰ سانتی‌متر مکعب ابتدا مقدار ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب ماسه ریخته و سپس آب تمیز بآن افزوده بطوریکه مجموع حجم به ۱۵۰ سانتی‌متر مکعب برسد . سپس استوانه شیشه‌ای را به شدت تکان داده و برای سه ساعت بحال خود بی‌حرکت باقی می‌گذاریم پس از سه ساعت ارتفاع ذرات ریزکه بر روی ماسه ته نشین شده و بخوبی از آن متمایز است از روی درجات خوانده می‌شود و بر حسب درصد ارتفاع ماسه در استوانه محاسبه می‌گردد . درصد رس و لای و ذرات ریزکه بدین روش بدست می‌آید نباید از حد مشخص شده در استاندارد ((۳ درصد حجمی ماسه طبیعی و ۱۰ درصد جهت ماسه شکسته)) تجاوز نماید .

ب : آزمایش تعیین مواد آلی در ماسه : در این آزمایش نیز مانند آزمایش قسمت الف عمل نموده با این تفاوت که به آب مقدار ۳ درصد از محلول کوستیک سودا (Caustic Soda) اضافه نموده بعد از ۲۴ ساعت چنانچه رنگ محلول تغییر زیادی نکند ماسه عاری از مواد آلی است اما چنانچه رنگ محلول تغییرکرد معلوم می‌شود مواد آلی در آن وجود دارد ، باید توجه نمود که آزمایشات فوق درکارگاه تقریبی است و بطور تقریبی نشان دهنده کیفیت ماسه است ، یعنی مردود شدن ماسه در این آزمایشات نمی‌تواند بطور قطعی ماسه موجود درکارگاه را رد کند چه در صورت بروز چنین حالتی باید نمونه ماسه را به آزمایشگاه فرستاد .

ج : آزمایش تمیزی شن: انجام آزمایش بند الف در مورد شن بی تاثیر است زیرا اغلب غبار و آلودگی به جدارهای شنی که از سنگ شکسته تهیه می‌شود می‌چسبد که در نتیجه این امر در آزمایش دانه‌بندی درکارگاه نیز تاثیـــر داشته ، لذا بهتر است که اینگونه آزمایشات در آزمایشگاه انجام شود . بخصوص اینکه اغلب شن و

ماسه طبیعی همراه با ناخالصی های نباتی هستند که فقط بر اساس روشهای آزمایشگاهی از قبیل درجه بندی PH در ملاتهای سیمان و شن یا سیمان و ماسه اندازه گیری آنها مقدور است و انجام آن در کارگاه مقدور نیست .

۳ ـ آزمایش تعیین درصد رطوبت در شن و ماسه :

این آزمایش بدین لحاظ صورت می‌گیرد که با اندازه گیری رطوبت شن و ماسه بتوانیم این رطوبت را از وزن آبی که بوسیله نسبت آب به سیمان بدست آمد کم نموده و در نتیجه معلوم شود که اندازه واقعی آب جهت مخلوط چقدر می‌باشد . چنانچه مقدار این رطوبت کم باشد احتیاجی به تغییر وزن شن یا ماسه نیست . روشهای مختلفی جهت این آزمایش وجود دارد که بطور اختصار ذیلا" به آن اشاره می‌گردد .

الف : روش خشک نمودن : اساس روش بر این است که ابتدا نمونه شن یا ماسه را وزن می‌کنند و آنرا یادداشت نموده بعدا" نمونه را حرارت داده و خشک کرده مجددا" وزن می‌نمایند . سپس با فرمول ساده زیر رطوبت را می‌سنجند .

$$\text{٪ رطوبت} = \frac{(\text{وزن شن و ماسه مرطوب}) - (\text{وزن شن و ماسه خشک})}{(\text{وزن شن و ماسه خشک})} \times ۱۰۰$$

میزان وزن نمونه برای شن باید حداقل ۱/۸ تا ۲/۲ کیلوگرم و باری ماسه ۰/۵ کیلوگرم باشد نسبتی که باین ترتیب بدست می‌آید درصد رطوبتی مربوط به سطوح خارجی شن و ماسه است که می‌تواند در محاسبه (W/C) کارگاه مورد استفاده قرار گیرد .
چنانچه به آزمایش دقیقتر یعنی خشک کردن کامل شن و ماسه نیاز باشد باید نمونه را به آزمایشگاه فرستاد .

ب : روش تغییر مکان : در این روش لازم است ابتدا اندازه و نوع شن و ماسه مورد نظر درجه بندی شود . ضرورت اینکار بعلت این است که رطوبت موجود از طریق تعیین اختلاف وزن بین حجم های مساوی از شن و ماسه خشک و مرطوب بدست می‌آید و بر عکس اختلاف حجم بین وزنهای مساوی از مواد خشک و مواد مرطوب نیز می‌تواند تعیین کننده رطوبت باشد .
مزیت این روش در سرعت انجام آن است که پس از درجه بندی شن و ماسه می‌توان آزمایش را ظرف چند دقیقه انجام داد و در نتیجه انجام آزمایش قبل از شروع عملیات بتنی امکان پذیر بوده و می‌توان مقدار آب لازم را در محل مخلوط کن تعیین کرد .

ج : روش دیگر استفاده از رطوبت سنج اسپیدی است که بر اساس کلسیم کاربیت است و مخصوص سنجش رطوبت در ماسه است .
مقداری ماسه نمونه را همراه کمی کلسیم کاربیت بدرون یک فلاسک فلزی بدون منفذ ریخته از ترکیب کاربیت

با آب ماسه گاز استیلن تولید می‌شود و درون فلاسک ایجاد فشار می‌کند که هر قدر آب ماسه بیشتر باشد گاز تولید شده غلیظ تر است در انتهای فلاسک یک گیج (صفحه مدرج) قرار دارد که بر اساس فشار موجود در درون فلاسک درجه رطوبت را در ماسه تعیین می‌کند . مزیت این آزمایش نیز سرعت آن است اما به جهت کوچک بودن نمونه آزمایش باید چند بار آزمایش را تکرار کرد .

۴ ـ آزمایش اندازه گیری وزن مخصوص شن در حالت متراکم و غیر متراکم :

اندازه‌گیری وزن مخصوص بر اساس آزمایش در آزمایشگاه و بر طبق آئین‌نامه صورت می‌گیرد . وزن مخصوص شن بطور کلی ۲/۶۵ تن در هر متر مکعب است .

۵ ـ آزمایش خصوصیات مکانیکی شن:

این آزمایش نیز احتیاج به وسائل دقیق آزمایشگاهی دارد که در آن شن شکسته تحت سائیدگی قرار گرفته و درصد سائیدگی آن تعیین می‌گردد .

د : چاشنی‌های بتن Admixtures

انضمامات یا چاشنی‌های بتن موادی هستند به غیر از سیمان و آب و مصالح سنگی که به خمیر یا ملات و یا دوغاب سیمان و یا درست قبل از مخلوط کردن مصالح بتن به آن افزوده می‌شوند .

بطور کلی این مواد بر سه دسته تقسیم می‌گردند :

۱ ـ مواد سرعت زا **Accelerators**

۲ ـ مواد کند کننده **Retarders**

۳ ـ مواد کاهش‌دهنده آب **Water Repellent**

۱ ـ مواد سرعت زا : بمنظور زود گرفتن و ایجاد مقاومت نهائی بتن و سرعت بخشیدن به آن بکار می‌رود این مواد بنامهای سفت کننده‌ها ، ضد یخ ها و حتی واتر پروف بتن در بازار عرضه می‌گردد که تا اندازه‌ای از حقیقت بدور است .

مضرات مصرف این مواد که بیشتر عبارت است از کلرور کلسیم عبارت است از :

الف : ایجاد خطر زنگ زدگی در آرماتورها و اکسیده شدن فولاد که باید در بتن مسلح مصرف نگردد .

ب : در صورت اضافه کردن به بتنی که سیمان ضد سولفات در آن مصرف شده ، بتن از بین می‌رود .

طرز مصرف : کلرور کلسیم بصورت جامد عرضه می‌شود . شکل ظاهری آن بصورت نمک یا ذرات ریز پوسته‌ای در فرم کریستال است . کلرور کلسیم قبل از مخلوط شدن در بتن باید در آب حل شود . مقدار مصرف باندازه ۲ درصد وزن کل سیمان مصرفی است .

۲ ـ مواد کند کننده : سرعت هیدراته شدن بتن را کاهش داده و فرصت جهت جابجا کردن و شکل دادن به بتن در بتن ریزیهای بزرگ را فراهم می‌کنند (نظیر بتن ریزی سدها) مواد کند کننده از جنس اسیدهای چرب ، شکر و نشاسته‌اند که بنامهای سخت کننده و ترمز کننده عرضه می‌شوند .
میزان مصرف ۲ هزارم وزن سیمان مصرفی است و خاصیت اصلی این مواد این است که سفت شدن اولیه بتن را کاهش می‌دهند و به تاخیر می‌اندازد .
مواد کند کننده نباید با سیمان نوع ۲ استفاده شود و بهترین استفاده از آن با سیمان نوع ۴ است و در مناطق گرم و پر حرارت .

۳ ـ مواد کاهش دهنده آب : مواد شیمیائی هستند که حالت دفع کنندگی بین ذرات سیمان ایجاد کرده و این حالت ایجاد لیزی بین ذرات جنس سیمان می‌کند و آنها را بصورت از هم جدا به حرکت در می‌آورد . در نتیجه این حالت بتن به آب کمتری نیاز پیدا می‌کند .
مواد مذکور عبارتند از مخلوط های شیمیائی از کلسیم و گاهی سدیم از قبیل کلسیم لینگوسولفانات که از تولیدات فرعی صنایع چوب است .
این مواد نیز بنامهای تجارتی سخت و سفت کننده و واتر پروف و پلاستیک کننده در بازار عرضه می‌شوند .

۴ ـ چاشنی های دفع کننده آب (واتر پروف) : از معروف ترین چاشنی‌های واتر پروف استیرات کلسیم است که نوعی صابون فلزی است و بصورت پودر عرضه می‌شود و دارای خاصیت دفع کنندگی آب است و با سیمان در بتن مخلوط می‌شود . عمل این ماده این است که کف حاصله از این ماده در سطح بتن افزایش یافته و مایع سطح بتن ساخته شده بصورت قطبی در می‌آید که این امر باعث توقف حرکت آب در کف حاصله می‌شود.

۵ ـ چاشنی های هوادار : این چاشنی‌ها یا به سیمان هواتپان افزوده می‌گردند و یا با افزودن مواد هوادار به بتن نظیر وینسول به میزان $\frac{۱}{۱۰۰}$ وزنی نسبت به وزن سیمان انجام می‌گیرد . مزیت چاشنی‌های هوادار این است که از یک طرف بطور کلی از نظر مقاومت ، دوام ، شکل پذیری ، آب بندی بهتر از سیمان بدون هوا است و در صورت اضافه شدن به بتن دیگر نیازی به اضافه شدن چاشنی های مثل ضدیخ (کلرور کلسیم) و کند کننده و زودگیر که اغلب برای بتن مضر هستند را ندارد . رنگ وینسول قهوه‌ای ثیره است و در اثر تکان دادن کف زیاد تولید می‌کند .

بخش ۳ ـ چگونگی اختلاط و تعیین نسبت اجرای بتن (طراحی بتن)

جهت تعیین نسبت اختلاط سیمان و آب و شن و ماسه بتن (طراحی بتن) معمولاً" یکی از سه روش محاسبه‌ای ، آزمایشی و حجم مطلق استفاده می‌گردد .

۱ ـ روش محاسبه‌ای

این روش در واقع یک روش تئوری و نظری است که با استفاده از اطلاعات گرفته شده از آئین‌نامه‌ها و مشخصات فنی تائید شده انجام می‌گیرد چون همیشه مصالح سنگی بتن قابل تغییر است ، صحت این روش باید مورد آزمایش قرارگیرد تا در صورت لزوم در آن تجدید نظر گردد .

برای انجام روش محاسبه ای داشتن اطلاعات زیر ضروری است :

الف : شکل و ابعاد اجزای ساختمان

ب : مقاومت نهائی لازم

ج : طرزکار ساختمان

د : نسبت آب به سیمان و خصوصیات مصالح سنگی و مقدار هوای بتن و ضریب شلی آن

۲ ـ روش آزمایشی :

در این روش برای تعیین نسبت اختلاط بتن عملا" آزمایشاتی بر روی مصالح سنگی بعمل می‌آید و میزان رطوبت آن مورد آزمایش قرار می‌گیرد و همچنین آزمایشات لازم بر روی نمونه‌های ساخته شده بتن بدست می‌آورند تا بالاخره نتیجه مطلوب بدست آید و یک فرمول کارگاهی جهت ساخت بتن آماده گردد .

۳ ـ روش حجم مطلق :

در این روش می‌توان با کسب اطلاعات بشرح زیر با استفاده از دو روش قبلی نسبت اختلاط بتن را محاسبه نمود :

۱ ـ نسبت آب به سیمان

۲ ـ قطر بزرگترین دانه شن بر حسب میلی‌متر

۳ ـ مقدار هوای بتن (در صورتیکه سیمان یا بتن هوادار باشد) بر حسب درصد

۴ ـ ضریب شلی بر حسب سانتی‌متر

۵ ـ ضریب نرمی ماسه

۶ ـ وزن مخصوص سیمان ، ماسه ، شن بر حسب تن در متر مکعب

۷ ـ وزن فضائی شن (وزن خشک در هوا) بر حسب کیلوگرم در متر مکعب

پس از بررسی اطلاعات فوق نسبت های اختلاط برای یک متر مکعب بتن محاسبه می‌شود .

در عمل معمولا" جدول نسبت اختلاط بتن توسط طراح در نقشه های اجرائی منعکس می‌گردد چنانچه نقشه‌ها فاقد جدول بتن باشد می‌توان از جداول دیگر که معتبر باشند نظیر جدول بتن مندرج در مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه استفاده نمود .

طرز استفاده از جدول بتن:

برای روشن شدن موضوع به ذکر یک مثال می‌پردازیم :

مثال : چنانچه بخواهیم یک حوضچه را که حجم بتن آن ۱۰ متر مکعب میباشد بتن‌ریزی نمائیم با استفاده از جدول بتن مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی موارد زیر را بدست آورید : عیار بتن مصرفی ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب است .

۱ ـ نسبت اختلاط حجمی و وزنی

۲ ـ میزان آب و آب اضافی و تعداد پیمانه‌های شن و ماسه و تعداد کیسه سیمان

حل : با مراجعه به جدول میزان تقریبی شن و ماسه و سیمان و آب را برای تهیه یک متر مکعب بتن آماده بدست می‌آوریم که در مورد بتن با عیار ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب عبارت است از :

مارک بتن	مقاومت ۲۸ روزه (Kg/cm)	مقدار سیمان (Kg)	مقدار آب مصرفی برای ساختن بتن (لیتر)	ماسه مترمکعب	شن مترمکعب
B۳۰۰	۳۰۰	۳۵۰	۱۷۵	۰/۵۴	۰/۶۶

۱ ـ جهت تبدیل نسبت های حجمی شن و ماسه به وزنی کافی است وزن مخصوص شن و ماسه را داشته باشیم برای مثال چنانچه وزن مخصوص ماسه و شن ما در اینجا به ترتیب ۲/۶۵ و ۲/۶۱ باشد نسبت های وزنی عبارتند از :

۰/۵۴ (مترمکعب) × ۲/۶۵ ($\frac{\text{تن}}{\text{مترمکعب}}$) = ۱/۴۳۱ (تن)

ماسه جهت یکمتر مکعب بتن (کیلوگرم) ۱۴۳۱ = ۱۰۰۰ × (تن) ۱/۴۳۱

۰/۶۶ (مترمکعب) × ۲/۶۱ ($\frac{\text{تن}}{\text{مترمکعب}}$) = ۱/۷۲۳ (تن)

شن جهت یکمتر مکعب بتن (کیلوگرم) ۱۷۲۳ = ۱۰۰۰ × (تن) ۱/۷۲۳

اکنون می‌توان وزن شن و ماسه لازم جهت ۱۰ متر مکعب بتن را بدست آورد :

۱۴۳۱ (کیلوگرم) × ۱۰ = ۱۴۳۱۰ کیلوگرم = ۱۴/۳۱ (تن)

وزن ماسه لازم جهت ۱۰ متر مکعب بتن

(تن) ۱۷/۲۳ = (کیلوگرم) ۱۷۲۳۰ = ۱۰ × ۱۷۲۳

وزن شن لازم جهت ۱۰ متر مکعب بتن

۲ ـ برای محاسبه آب در کارگاه از سطل ها به شکل و اندازه های مختلف می توان استفاده نمود و معمولا" شکل آنها بصورت مخروط ناقص است که می توان حجم آنرا اندازه گرفت ، برای مثال چنانچه از سطلی استفاده کنیم که حجم آن ۲۵ لیتر باشد تعداد سطل آب جهت یک متر مکعب و ۱۰ متر مکعب بتن بترتیب عبارتند از :

تعداد سطل جهت یک متر مکعب بتن ۷ = (لیتر) ۲۵ ÷ (لیتر) ۱۷۵

تعداد سطل جهت ۱۰ متر مکعب بتن ۷۰ = ۱۰ × ۷

آب اضافی جهت مرطوب نمودن شن و ماسه در صورتیکه شن و ماسه خشک باشد به میزان ۲۰ لیتر جهت یک متر مکعب بتن در جدول تعیین گردیده که برای ۱۰ متر مکعب عبارت است از :

آب اضافی جهت ۱۰ متر مکعب بتن (لیتر) ۲۰۰ = ۱۰ × ۲۰

تعداد سطل آب اضافی ۸ = ۲۵ ÷ ۲۰۰

توجه مهم : آب اضافی فقط در موقعی استفاده می‌شود که شن و ماسه موجود در کارگاه کاملا" خشک باشد .

برای بدست آوردن تعداد پیمانه شن و ماسه در کارگاه معمولا" از پیمانه های چوبی باندازه‌های مختلف استفاده می‌شود . برای مثال چنانچه ابعاد پیمانه چوبی مابه طول و عرض یک متر و بارتفاع ۰/۲۵ متر باشد : با استفاده از جدول

حجم پیمانه (متر مکعب) ۰/۲۵ = (متر) ۰/۲۵ × (متر) ۱ × (متر) ۱

حجم ماسه برای ۱۰ متر مکعب بتن (متر مکعب) ۵/۴ = ۱۰ × ۰/۵۴

تعداد پیمانه ماسه جهت ۱۰ متر مکعب بتن ۲۲ = ۰/۲۵ ÷ ۵/۴

حجم شن جهت ۱۰ متر مکعب بتن (متر مکعب) ۶/۶ = ۱۰ × ۰/۶۶

تعداد پیمانه شن برای ۱۰ متر مکعب بتن ۲۶ = ۰/۲۵ ÷ ۶/۶

برای بدست آوردن تعداد کیسه (پاکت) سیمان ، چون کیسه ها ۵۰ کیلوگرمی می‌باشند :

تعداد کیسه سیمان جهت یک متر مکعب بتن ۷ = ۵۰ ÷ ۳۵۰

تعداد کیسه سیمان جهت ۱۰ متر مکعب بتن ۷ = ۱۰ × ۷

وزن کل سیمان مصرفی تن ۳/۵ = (کیلوگرم) ۳۵۰۰ = ۵۰ × ۷۰

بنابراین جهت ده متر مکعب بتن ریزی حوضچه نسبت اختلاط تقریبی عبارت خواهد بود از :

سیمان	ماسه	شن	آب جهت ساختن	آب اضافی چنانچه مصالح خشک باشد
۷۰ کیسه	۲۲ پیمانه	۲۶ پیمانه	۷۰ سطل	۸ سطل

توجه مهم : باید دقت شود که میزان تقریبی مصالح جهت تهیه یک متر مکعب بتن آماده جدول فوق در حالی است که نسبت آب به سیمان (W/C) نباید از ۰/۵۵ تجاوز نماید و نسبت آب بسته به خشک یا مرطوب بودن شن و ماسه تفاوت می‌کند . ضمنا" تست روانی بتن (Slump Test) نیز حتما" باید انجام شود .

تفاوت سه روش تعیین نسبت های اختلاط بتن

نسبت های اختلاط بتن بسته به روشی که برای محاسبه آن بکار می‌رود ، اندکی با یکدیگر اختلاف خواهند داشت و علت آن تعیین تجربی نسبت ها در روشهای فوق‌الذکر است و نمی‌توان بدرستی ادعا نمود که یکی از سه روش فوق بر دیگری ارجحیت دارد .

هر کدام از روشها با تعدادی فرضیات آغاز می‌گردد که با روش دیگر تفاوت داشته و نهایتا" نتیجه آن نیز با روش دیگر تفاوت خواهد داشت . این تفاوت ها کاملا" طبیعی و قابل انتظار است و بهمین سبب انجام آزمایشات مصالح و بتن امری اجتناب ناپذیر است .

بخش ۴ ـ طرز اجرای کارهای بتنی

شناسائی و آماده کردن محل کار :

قبل از شروع هرگونه کار بتنی سه موضوع مهم را باید در نظر داشت و به مشکلاتی که ممکن است این سه نکته ایجاد کنند فکر کرد :

الف : پاک کردن محوطه از خاکهای اضافی یا سنگ و غیره

ب : زه کشی محل کار

ج : حمل و نقل وسائل و مصالح

پیش بینی این مسائل موجب جلوگیری از تاخیر در کار می‌گردد .

الف : پاک کردن محوطه :

پاکسازی محوطه عبارت از کلیه کارهائی است که در طی آن محل کار از بوته ، درخت و چوب و خار و سنگ و آشغال و خاشاک و خاک و دیگر زوائد پاک می‌گردد . کلیه مواد جمع آوری شده باید به خارج از محوطه کارگاه حمل گردد و در محل مناسبی گذاشته شود .

نوع وسائلی که جهت پاک کردن محوطه بکار می‌رود و طرز پاک کردن محوطه کار بستگی دارد به نوع و حجم نباتات و عوارض زمینی و وسعت محوطه و پرسنل موجود و مدت زمانی که جهت پاکسازی باید صرف شود ، ممکن است لازم شود از وسائل مکانیکی مثل بلدوزر و کمپرسور و مواد منفجره استفاده نمود .

ب : زهکشی محل کار :

محوطه کار ممکن است در مناطقی باشد که بارندگی فراوان داشته و یا سطح آب زیر زمینی بالا بوده که در اینصورت باید محوطه کار را با توجه به مقدار بارش و آبهای زیر زمینی زهکشی نمود . آب را می‌توان بوسیله پمپاژ یا ایجاد کانال به خارج از محوطه هدایت کرد .

ج : حمل و نقل وسائل و مصالح :

قبل از شروع کار باید محوطه کار را از نظر موقعیت محلی نسبت به ترافیک و وضع جاده‌ها و پل‌ها و وسائلی که مورد استفاده قرار می‌گیرد سنجید و بهترین راه دسترسی بمحل کار را انتخاب نمود .

از لحاظ اقتصادی بهتر است که از راههای موجود بهترین استفاده را جهت حمل و نقل وسائل و مصالح نمود یا اینکه راه جدیدی بوجود آورد . ضمناً" همیشه باید حداقل دو راه را در نظر گرفت تا در صورت بسته شدن یکی از دیگری استفاده نمود .

علاوه بر سه نکته مهم که ذکر گردید نکات مهم دیگری که باید قبل از انجام کارهای بتنی در نظر گرفت عبارتنداز:

۱ ـ تعیین محل مناسب جهت تامین آب و مصالح :

چون آب استفاده شده در بتن سازی باید دارای کیفیت ویژه‌ای باشد بنابراین انتخاب نزدیک‌ترین منبع تامین آب به محوطه کار امری مهم است و همیشه باید حداقل ۲ منبع آب ذخیره در نظر گرفته شود تا در صورت از دست دادن یک منبع از منبع دیگر استفاده شود و کار متوقف نشود .

محل تامین شن و ماسه و سیمان نیز باید قبلا" مشخص گردد و از معادن محلی جهت شن و ماسه حداکثر استفاده را نمود و قبلا" باید از نظر کیفیت مصالح را معاینه نمود .

۲ ـ ذخیره سازی مصالح :

شن و ماسه و سیمان باید در اطراف دستگاه بتونیر بمقدار کافی ذخیره گردد تا از هرگونه توقف کار جلوگیری گردد و هم اینکه از خشک شدن ماسه جلوگیری شده و نسبت شن و ماسه و سیمان و آب تغییر نکند .

شن و ماسه را معمولا" با ارتفاع کم و در سطح مستطیل شکل انبار می‌کنند تا هم پیوستگی دانه بندی آن حفظ شود و هم برآورد حجم آن آسان باشد .

ذخیره سازی مصالح دیگر نیز از قبیل تخته و چهار تراش و میخ و سیم بخاری جهت قالب بندی و آرماتور و غیره باید از قبل پیش بینی گردد . مقدار ذخیره سازی این مصالح بستگی دارد به نوع کار و قالب بندی و داربست و حجم روزانه و کل کار .

۳ ـ مسائل ایمنی کارگاه :

در همان زمانی که مشغول آماده کردن محل کار می‌باشیم باید تاسیسات ایمنی کارگاه را پیش بینی کنیم از قبیل سرپوش های محافظ و جان پناه برای جلوگیری از سقوط افراد به داخل گودی یا سقوط اشیا بر سر افراد کارگاه و همچنین پیش بینی خطر ریزش و لغزش زمین در هنگام گودبرداری‌ها و جلوگیری از آن با وسائل موجود .

بخش ۵ ـ مخلوط کردن بتن:

قبل از عمل مخلوط کردن بتن لازم است که مصالح بتن یعنی شن و ماسه و سیمان و آب و انضمامات احتمالی بدقت اندازه‌گیری شود . همانطوریکه در بخش ۳ چگونگی اختلاط و تعیین نسبت اجزای بتن شرح داده شد باید یک طریقه پذیرفته شده و کاملا" مشخص جهت اختلاط بتن انتخاب نمود و با آزمایشهای متعدد این طریقه را اثبات و اعمال نمود .

هرگونه بی دقتی که در امر بتن سازی پیش آید چه ناشی از عدم مهارت و کاردانی و چه بعلت سهل انگاری باشد بعدا" قابل اصلاح نمی‌باشد و این بی دقتی مستقیما" در مقاومت و دوام و شکل ظاهری ساختمان بتنی تاثیر می‌گذارد و در نتیجه ضررهای اقتصادی و مشکلات و گرفتاریهائی ایجاد می‌کند .

اندازه گیری مصالح :

الف : سیمان ـ اندازه گیری سیمان باید بطریق وزنی باشد و دقت در اندازه گیری آن باید حدود ۱+ درصد باشد . برای کارهای متوسط و کوچک بتن ریزی از کیسه‌های ۵۰ کیلوگرمی سیمان استفاده می‌شود . در کارگاههائی که تولید بتن آن زیاد است از سیمان فله که در سیلوهای مخصوص انبار می‌شود استفاده می‌گردد که در اینصورت سیمان توسط ترازوئی که در زیر سیلو قرار دارد وزن می‌گردد .

ب : شن و ماسه ـ دقت در اندازه‌گیری شن و ماسه حدود ۲ + درصد می‌باشد . چنانچه بخواهیم کار دقیقی انجام دهیم باید اندازه‌گیری شن و ماسه را نیز بطریق وزنی انجام دهیم . البته در مواقع استفاده از شن و ماسه سبک ممکن است اندازه‌گیری شن و ماسه را نیز بطریق وزنی انجام دهیم . البته در مواقع استفاده از شن و ماسه سبک ممکن است اندازه‌گیری بصورت حجمی باشد اما ایراد اندازه‌گیری حجمی محاسبه اضافه حجم شن و ماسه در اثر رطوبت می‌باشد که غالبا" ایجاد اشکال می‌کند .

در کارگاهها عملا" اندازه‌گیری شن و ماسه بطریق حجمی با پیمانه صورت می‌گیرد که این پیمانه‌ها اندازه‌های مختلفی دارند . هنگامی که مقدار قابل ملاحظه‌ای بتن با یک عیار معین سیمان و یک نوع مصالح ساخته می‌شود می‌توان حجم پیمانه را طوری انتخاب کرد که به ازای هر کیسه سیمان تعداد صحیحی پیمانه شن و ماسه استفاده شود . به مثال در بخش ۳ مراجعه شود .

ج : آب – اندازه گیری آب نیز باید با دقت حدود ۱+ درصد انجام گیرد . هر دفعه که بتن ساخته می‌شود آب آنرا باید اندازه گرفت . اندازه گیری آب را می‌توان بوسیله اندازه گیری حجم سطل انجام داد . دستگاههای بتونیر نیز مجهز به دستگاه سنجش آب هستند .

بهرحال اندازه گیری آب بتن با هر وسیله‌ای که صورت گیرد باید با نهایت دقت و مراقبت انجام گیرد بطور کلی اختلاط بتن بدو طریق صورت می‌گیرد با دست و بوسیله ماشین .

الف : مخلوط کردن با دست

مخلوط کردن اجزای بتن با دست فقط برای کارهای بسیار کم اهمیت مجاز می‌باشد نظیر لکه گیری و کارهای متفرقه جزئی .

نکات مهم دستورالعمل اختلاط بتن با دست بشرح زیر می‌باشد :

۱ ـ همیشه باید ده درصد به مقدار سیمان تعیین شده از قبل بیافزائیم .

۲ ـ ابتدا باید شن و ماسه و سیمان را در روی سطح صاف که قابلیت جذب آبرا نداشته باشد قرار داد و ترتیب قرار گرفتن آن از داخل به خارج عبارت است از شن ، سیمان و ماسه .

۳ ـ قبل از اضافه کردن آب ، مصالح را باید در حالت خشک لااقل سه بار خوب مخلوط نمود و بعد آبرا به آرامی در حالی که عمل مخلوط کردن ادامه دارد اضافه نمود ، بطوریکه عمل اختلاط طی آب دادن حداقل سه بار دیگر تکرار شود .

۴ ـ عمل مخلوط کردن حداقل باید بوسیله دو کارگر که روبروی هم ایستاده باشند صورت گیرد . یک کارگر خوب در ظرف یک ساعت می‌تواند کمتر از یک متر مکعب بتن را مخلوط کند .

۵ ـ بتن بدست آمده باید ظرف نیم ساعت استفاده شود .

ب : اختلاط با ماشین

انواع ماشین‌های ثابت و متحرک برای مخلوط کردن بتن در اندازه‌های گوناگون وجود دارد که عمل مخلوط کردن در آنها حدود ۲/۵ تا سه دقیقه طول می‌کشد و بسته به نوع دستگاه می‌توان در هر ساعت حدود ۱۰ تا ۲۰ بار عمل مخلوط کردن را انجام داد .

از انواع ماشینهای متحرک تراک میکسرها و میکسرها و دستگاههای ثابت بتونیرها و ایستگاههای بتن مرکزی می‌باشند . در اینجا فقط به ذکر کار دستگاه بتونیر می‌پردازیم .

بتونیر : دستگاههای مخلوط کردن بتن هستند که ظرفیت آنها بر حسب لیتر داده می‌شود و ظرفیت آن عبارت است از مقدار بتنی که با بتونیر می‌توان در هر بار مخلوط کردن ، مخلوط نمود . مشخصات هر بتونیر که عبارت است از ابعاد و ظرفیت دیگ و بازده ساعتی (حجم تولید بتن) و قدرت موتور و سوخت مصرفی و غیره آن در کاتالوگ دستگاه بتونیر موجود و توسط فروشنده ارائه می‌گردد و دانستن این اطلاعات در کارگاه ضروری است .

مراحل کار با بتونیر در کارگاه بترتیب عبارتند از :

۱ ـ تعیین محل بتونیر :

باید دستگاه بتونیر را با توجه به محل مصالح و محل بتن ریزی در مناسب‌ترین جا قرار داد بطوریکه در نزدیکی محل اتصال بتن ریزی بوده و فاصله حمل بتن حداقل باشد . همچنین مصالح و آب را باید در نزدیکی بتونیر قرار داد و هیچگاه نباید مصالح را سر راه حمل بتن قرار داد . بتونیر را باید روی یک کف بتنی صاف قرار داد .

۲ ـ تعیین تعداد پرسنل :

قبل از شروع کار با بتونیر باید بدقت تعداد کارگرانی که قرار است با دستگاه کار کنند تعیین و وظائف آنها نیز معین شود . بطور مثال یک بتونیر با ظرفیت ۴۰۰ لیتر به ده نفر کارگر و یک سرکارگر احتیاج دارد که این گروه ۱۱ نفری می‌توانند با کار با بتونیر حدود هفت (۷) متر مکعب بتن در ساعت تهیه کنند . بازده کار با بتونیر بستگی به تجربه کارگران و مدیریت سرکارگر و محل مصالح و سرعت تخلیه بتن از بتونیر دارد .

۳ ـ بار کردن بتونیر :

پر کردن بتونیر از مصالح و آب بوسیله دست و یا خود بتونیرهائی که بارکن مکانیکی دارند انجام می‌شود . ابتدا شن و ماسه و سیمانی را که قبلا" بدقت اندازه گیری شده بداخل بارکن می‌ریزند و بعد بارکن را بداخل دیگ مخلوط کننده خالی می‌کنند .

ترتیب قرار گرفتن مصالح بداخل بارکن باید بطریقی باشد که اول شن و بعد سیمان و سپس ماسه را بداخل آن ریخت بخاطر اینکه سیمان در بطن شن و ماسه قرار گیرد تا هنگام خالی شدن بارکن بداخل دیگر سیمان گرده نشده و تلف نگردد .

آب لازم جهت اختلاط را از داخل مخزن بتونیر که در بالای آن قرار دارد بداخل دیگ می‌ریزند .

۴ ـ تخلیه بتونیر و مدت مخلوط کردن بتن:

مدت زمان اختلاط بتن از لحظه‌ای حساب می‌شود که کلیه مصالح شن و ماسه و سیمان داخل دیگ بوده و آب در حال جاری شدن از مخزن بتونیر بداخل دیگ باشد کلیه آب لازم باید در $\frac{1}{4}$ زمان کل اختلاط وارد مخلوط کن شود . حداقل مدت زمان لازم جهت اختلاط یک متر مکعب بتن یک دقیقه و حداکثر آن بستگی دارد به ظرفیت مخلوط کن و چگونگی نسبت اختلاط و نوع مخلوط کن . بطور کلی می‌توان گفت بازای هر متر مکعب اضافی بتن داخل دیگ باید ۳۰ ثانیه بمدت اختلاط اضافه کرد . رنگ یکنواخت مخلوط نیز گاهی اوقات راهنمای خوبی برای تشخیص مدت زمان اختلاط می‌باشد .

پس از مخلوط شدن بتن دیگ را تخلیه می‌کنند ، چنانچه بتن سفت باشد مقداری از آن به جداره دیگ چسبیده و تخلیه نمی‌شود و همچنین بتن شل نیز در پائین دیگ می‌ماند و تخلیه نمی‌شود . برای جلوگیری از این دو مشکل باید سرعت مناسبی برای تعداد دور مخلوط کن انتخاب نمود مثلا" هنگامی که بتن شل است باید سرعت دوران دیگ را بیشتر و برای بتن سفت سرعت را کمتر نمود .

بخش ۶ ـ جابجا کردن و حمل بتن:

در بررسی حمل و نقل بتن دو نکته را مورد بررسی قرار خواهیم داد .

۱ ـ راههای حمل و نقل بتن

۲ ـ نکاتی که در حمل و نقل بتن باید رعایت گردد

۱ ـ راههای حمل و نقل بتن:

راههای بسیاری جهت حمل و نقل بتن وجود دارد که ساده‌ترین آن چرخهای دستی و نوع پیشرفته آن انواع مختلف پمپ‌ها می‌باشد . در کارهای بسیار جزئی بتن می‌توان از زنبه جهت حمل آن استفاده کرد عملی‌ترین راه حمل بتن جهت پی‌ها و دیوارهای پی و کفهائی که پائین‌تر از سطح زمین قرار دارند فرغان و گاری دستی است . چنانچه محل بتن ریزی بالاتر از سطح زمین باشد تا ارتفاع حدود ۳ متر نیز می‌توان با ایجاد سطح شیبدار فرغان و گاری دستی را عبور داد و به محل بتن ریزی رسانید .

برای بتن ریزی فواصل دورتر می‌توان از دامپر استفاده نمود .

برای کارهای بزرگتر بتن ریزی جهت حمل و نقل بتن می‌توان از تراک میکسر و جرثقیل و جام بتن استفاده نمود .

در مواقعی که محل بتن ریزی تنگ باشد بطوریکه محل کافی جهت استفاده از وسائل معمولی تر نباشد می‌توان از پمپ بتن استفاده کرد . پمپ بتن یک پیستون قوی است که بتن را بداخل لوله‌های ۶ یا ۷ و ۸ اینچی تلمبه می‌کند .

۲ ـ نکاتی که در حمل و نقل بتن باید رعایت گردد :

الف : بطور کلی در حمل و جابجا کردن بتن مهمترین نکته‌ای که باید رعایت گردد حفظ یکپارچگی و همگن بودن بتن است . پس وسائل حمل و نقل و راه عبور باید طوری انتخاب شوند که بهنگام ریختن بتن در محل اصلی ، بتن کیفیت شلی و یا سفتی مورد نظر را داشته و جنس آن پیوسته و یکنواخت باشد .

ب : حمل بتن طوری باشد که در راه حمل اشیا اضافی آشغال یا آب اضافی وارد بتن نگردد .

ج : سرعت حمل باید به حدی باشد که بتن در فاصله بین بتن ساز و محل بتن ریزی ، حالت کار پذیری و خمیری بودن خود را حفظ کند و بعلاوه بتن خشک نشود .

د : حمل بتن باید به نحوی باشد که دانه‌های شن و ماسه و شیره بتن از هم مجزا نشده و یا این مواد از سوراخها و درزهای وسائل جابجائی خارج نگردد .

ر : در کار حمل بتن نباید توقف حاصل شود چه این باعث توقف کار بتن ریزی و ایجاد درز و خط فاصل در سطوح بتن می‌گردد .

بخش ۷ – بتن ریزی :

چنانچه نسبت مصالح بتن را بخوبی تعیین و بتن را بطرز عالی مخلوط و ساخته باشیم حاصل کار ما باز هم چندان قابل قبول نمی‌باشد مگر اینکه اصول و قواعد صحیح بتن ریزی را رعایت نموده و نگهداری و مواظبت بعدی بتن را بنحو احسن انجام دهیم .

هنگامی که شرایط و اصول بتن ریزی کاملا" رعایت شود نتیجه مطلوب آن این است که ملات ماسه سیمان بخوبی دور دانه‌های شن را پوشانده و یک جسم تو پر و بسیار محکم ایجاد شده و بعلاوه در اثر اینکه بتن تمام حجم قالـــب را کاملا" پر می‌کند فضای خالی باقی نمانده و بتنی ساخته می‌شود که دارای استحکام و تراکم و

همگنی قابل قبول است .

مواردی را که باید قبل از بتن ریزی رعایت نمود :

قبل از کار بتن ریزی باید نکات مهم بشرح زیر را رعایت نمود :

۱ ـ آماده کردن قالب ها

۲ ـ آماده کردن آرماتورها و آرماتور بندی

۳ ـ صاف کردن و تنظیم و کوبیدن زمین زیر بتن ریزی و آب دادن آن

۴ ـ پمپاژ یا زهکشی محل بتن ریزی چنانچه در آن آب وجود داشته باشد

۱ ـ آماده کردن قالب ها:

قبل از بتن ریزی قالب ها باید از سه نظر مورد بازرسی قرار گیرند :

الف : پاکیزگی قالب ـ یعنی قالبها باید عاری از هرگونه آشغال ، خاک اره یا قطعات فلزی باشند که می‌توان بوسیله هوای فشرده آنها را از قالب خارج نمود .

ب : استحکام قالب ـ که باید مطمئن گردید در اثر بتن ریزی قالب جابجا نگردد و مهار بندی آن دقیق و کامل باشد .

ج : روغن کاری قالبها – به لحاظ اینکه بتن به سطح قالب نچسبد سطح قالب را با روغن مناسبی چرب می‌کنند که این باعث می‌گردد سطح بتن صاف در آید و علاوه بر این ، این روغن کاری باعث استحکام و دوام بیشتر قالب نیز می‌گردد .

۲ ـ آماده کردن آرماتورها و آرماتوربندی :

این قسمت بطور مشروح در فصل چهارم (بخش ۲) توضیح داده شده . فقط به ذکر دو نکته در اینجا اشاره می‌گردد که قبل از بتن ریزی باید دقت نمود هیچگونه مواد زائد ، رنگ ، روغن و غیره روی آرماتورها نباشد و ضمنا" دقیقا" آرماتوربندی و صحت آن طبق نقشه بازرسی شود .

۳ ـ صاف کردن و تنظیم و کوبیدن زمین زیر بتن ریزی و آب دادن آن :

بسته به نوع زمینی که زیر بتن قرار خواهد گرفت باید قبل از بتن ریزی نکات زیر را رعایت نمائیم .

الف : بتن ریزی روی بتنی که قبلا" ساخته شده :

۱ ـ چنانچه سطح بتن صاف و صیقلی باشد باید سطح آنرا سائید تا قسمتی از مصالح درشت دانه آن بیرون بیاید .

۲ ـ سپس سطح بتن را خوب تمیز کرده و چندین ساعت مرتبا" آنرا آب بدهیم تا خوب مرطوب شود ولی در هنگام بتن ریزی باید دقت کنیم که روی سطح آن آب جمع نشده باشد .

ب : بتن ریزی روی زمین ماسه‌ای یا شنی :

۱ ـ چنانچه زمین زیر بتن شن بوم محکم نباشد و از نوع شنی شل باشد باید پس از آب دادن آن ورق پلاستیکی یا قیری به ضخامت حداقل ۳ سانت در روی آن قرار دهیم .

۲ ـ چنانچه زمین ماسه‌ای غیر متراکم باشد نیز ابتدا باید آنرا از آب اشباع کرده تا آب بتن را نمکد ، سپس روی آنرا با ورق قیری یا پلاستیکی به ضخامت ذکر شده بپوشانیم و بتن ریزی کنیم . ورق ها باید بخوبی بهم دوخته شوند .

ج : بتن ریزی روی زمینهای خاکی (زمینهای رسی و ریزدانه) :

۱ ـ ابتدا باید سطح زیر بتن را خوب تمیز کرده و از هر گونه مواد زائد پاک نمود .

۲ ـ زمین را باید بدفعات آب بدهیم بی آنکه تبدیل به گل و لای شود رطوبت باید حداقل تا عمق ۱۵ سانتی‌متری آن برسد و هر چه رطوبت بیشتر باشد به گرفتن بتن کمک بیشتری می‌کند .

د : بتن ریزی روی زمینهای سنگی :

۱ ـ سطح سنگ باید کاملا" تمیز و غیر صاف بوده و سطح آن بطور عمودی یا افقی کنده شود و ضمنا" شیبدار نیز نباشد .

۲ ـ چنانچه آب روی سطح سنگ باشد باید آنرا جمع کرده سپس روی سنگ را با ملات ماسه سیمان به ضخامت حداقل ۲/۵ سانت پوشاند و نسبت آب و سیمان ملات بهتر است مطابق با نسبت آب و سیمان بتنی باشد که روی آن قرار می‌گیرد . بعد باید با برس سیمی روی ملات را قبل از بتن ریزی زبر نمود .

۴ ـ پمپاژ یا زهکشی محل بتن ریزی

چنانچه آب در محل بتن ریزی وجود داشته باشد باید بهر طریقی که امکان پذیر و عملی باشد آبرا برداشت و محل را کاملا" خشک نمود .

مواردی که باید حین بتن ریزی رعایت نمود :

از نکات مهمی که باید در حین بتن ریزی در نظر گرفت عبارتند از :

۱ ـ ریختن بتن در لایه های منظم :

بتن باید در لایه‌های افقی و بطور منظم و کاملا" در جای خود ریخته شود ، بطورکلی ضخامت هر لایه بسته به نوع کار معمولا" بین ۱۵ تا ۶۰ سانتی متر است اما بر طبق آئین نامه ضخامت لایه های بتن مسلح حداکثر ۳۵ سانتی متر و در بتن ریزی با حجم های زیاد حداکثر ۴۵ سانتی متر باید باشد .

ضخامت هر لایه را بر اساس عرض قالب و وسائل بتن ریزی و مقدار میله گرد انتخاب می‌کنند . باید دقت نمود که هر لایه بخوبی جا افتاده و بعد لایه بعدی ریخته شود . ضمنا" از هل دادن بتن خودداری و مراقبت نمود که مواد بتن از هم جدا نشوند و همچنین دقت شود که اطراف قالب و میله گردها خالی از بتن باقی نماند .

۲ ـ ارتفاع مجاز بتن ریزی :

حداکثر ارتفاع مجاز بتن ریزی ۲ متر می‌باشد . چنانچه بتن را از ارتفاع بیش از این خالی گردد مصالح آن از هم جدا شده و باعث می‌شود که بتن کرمو شود . با گذاشتن لوله و قیف و ناودان و غیره می‌توان از شره شدن بتن از ارتفاع زیاد جلوگیری کرد .

۳ ـ سرعت و پیوستگی بتن ریزی :

برای آنکه هنگام بتن ریزی به قالب ها فشار زیادی وارد نیاید سرعت بتن ریزی باید طوری باشد که در هر ساعت بیش از ۱/۵ متر بتن ریزی نشود مگر بتن ریزی ستونها که می‌توان آنها را سریعتر انجام داد .

بتن ریزی باید تاکامل شدن قطعه مورد نظر و تا رسیدن به محل مجاز توقف بتن ریزی ، بطور مداوم ادامه داشته باشد و از متوقف کردن بتن ریزی باید حتی‌الامکان پرهیز نمود . عمل قطع بتن ریزی باید در نقاطی با حداقل لنگر خمشی صورت گیرد و سطح مقطع بتن در محل قطع بتن ریزی باید حتی الامکان عمود بر سطح بتن ریزی باشد .

۴ ـ ویبره کردن بتن:

اصولا" بتن را باید پس از ریختن جا انداخت و متراکم و توپر نمود و این به جهت رساندن بتن به حداکثر مقاومت خود انجام می‌گردد . ویبره کردن بتن باعث می‌شود که هوای داخل بتن خارج شده و به حداقل خود برسد .

ساده‌ترین وسائلی که جهت متراکم کردن بتن غلیظ استفاده می‌شود وسائل دستی نظیر دیلم و لبه بیل است ، اما بهترین وسیله ویبراتور می‌باشد . معمولی ترین ویبراتورها ، ویبراتورهای لوله‌ای یا پوکر می‌باشد که عبارتند از لوله پلاستیکی انعطاف پذیری که انتهای آن به شدت می‌لرزد . پوکرها اندازه‌های مختلفی دارند که قطرشان بین ۲۵ تا ۷۵ میلیمتر می‌باشد . یک طریق دیگر ویبره کردن ، اتصال دستگاه مرتعش کننده یا ویبراتور به قالب بتن است که با استفاده از میز ویبره انجام می‌گیرد که البته در این حالت قالب باید خیلی محکم باشد .

طرز ویبره کردن :

هنگام ویبره کردن بتن باید نکات زیر را رعایت نمود .

۱ ـ در مورد ویبره کردن بتن مسلح باید ویبره با نهایت دقت صورت گیرد تا حفره‌های هوا کاملا" از بین برود .

۲ ـ ویبراتور پوکر باید بفواصل ۵۰ سانتی‌متری داخل بتن شده و از تماس آن با آرماتور و قالب جلوگیری شود .

۳ ـ ویبراتور باید بصورت کاملا" عمودی در درون بتن فرو رفته و در جای خود ثابت نگه داشته شود و بطور کلی داخل و خارج کردن آن بآرامی صورت گرفته .

۴ ـ ویبراتور باید ۵ تا ۱۵ ثانیه حداکثر در بتن باقی مانده و قبل از اینکه دوغاب سیمان ظاهر گردد از بتن خارج شود .

۵ ـ طول زمان ماندن ویبراتور در بتن بستگی به روانی بتن دارد ، چنانچه تا حدی شل باشد که با بیل جابجا شود احتیاجی به ویبراتور ندارد و باید با وسائل دستی ویبره شود .

بخش ۸ ـ صاف کاری و تمیزکاری روی بتن:

منظور از صافکاری و تمیزکاری روی بتن دادن یک ظاهر مطلوب بآن است که بطرق گوناگون انجام می‌گیرد بطور خلاصه می‌توانیم از راههای زیر نام ببریم :

الف : صافکاری ـ صافکاری بتن ممکن است بطریق زیر انجام گردد :

۱ ـ شمشه کشی :

در موقع بتن ریزی کف و سقف و سواره رو و پیاده رو خیابانها هر چند که با دقت بتن ریخته شود باز هم ارتفاع بتن در همه نقاط سطح یکسان نخواهد بود . برای داشتن بتن اضافی از سطح و ایجاد ارتفاع یکسان از شمشه کشی استفاده می‌شود . باید دقت شود که شمشه کشی بلافاصله بعد از عمل بتن ریزی وبهره کردن انجام گیرد بطوریکه دانه های درشت روی سطح بتن نباشد تا مزاحم کار شمشه کشی بشود . برای اینکار می‌توان از شمشه چوبی یا فلزی استفاده نمود که شمشه فلزی بخاطر جلوگیری از خط افتادگی روی سطح بتن ارجحیت دارد .

۲ ـ تخته ماله :

چنانچه هدف صافی بیشتر سطح بتن باشد باید بعد از عمل شمشه کشی از تخته ماله چوبی استفاده نمود . بین شمشه کشی و استفاده از تخته ماله باید اندکی فاصله در نظر گرفت یعنی به محض اینکه دوغاب روی بتن براق بودن خود را از دست داد و بتن بحدی سفت شد که در صورت گذاشتن پا روی آن اثر مختصری گذاشت ، تخته ماله باید شروع شود . کاری که تخته ماله انجام می‌دهد بردن دانه های روی بتن به عمق بیشتر و توپر کردن اندک بتن و اصلاح ناهمواریهای سطح آن است . باید دقت شود که از کشیدن تخته ماله زیاد روی سطح بتن اجتناب شود .

۳ ـ ماله کشی :

چنانچه باز هم به سطح بتن صاف تری نیاز داشته باشیم باید بعد از استفاده از تخته ماله از ماله فلزی یا چوبی استفاده کنیم . زمان ماله کشی هنگامی است که شیره بتن دیگر صیقلی نبوده و درخشندگی نداشته باشد و بتن به حدی سفت باشد که با کشیدن ماله شیره بتن رو نزند . چنانچه موقع ماله کشی روی بتن آب جمع شود باید کار را تعطیل کرده تا آب خشک شود .

بطور کلی شناخت زمان استفاده از تخته ماله و ماله کشی و چگونگی کاربرد آن بستگی به تجربه دارد چه در اثر استفاده بی جا از وسائل فوق ترکهای موئی پس از گرفتن بتن در سطح آن ایجاد می‌گردد که ناشی از جمع شدن آب و سیمان و ماسه روی سطح است که این ترکها با سرد شدن هوا عریض شده و موجب تخریب سطحی و عمق بتن می‌گردند .

۴ ـ جارو کردن سطح بتن:

چنانچه بخواهند بر عکس موارد فوق سطح بتن زبر شود تا لیز و لغزنده نباشد قبل از اینکه خود را بگیرد و پس از کار تخته ماله کشی آنرا جارو می‌زنند و استفاده از جاروی سیمی جهت ایجاد سطح بسیار زبر است .

۵ ـ سابیدن روی بتن:

برای بدست آوردن سطح بتن یکدست و کاملا" یکنواخت یک طریق دیگر سابیدن سطح بتن بوسیله سنگ ساب است . البته طرق دیگری نیز از جمله استفاده از تخته چند لائی و تخته روکش دار در قالب بندی موجود می‌باشد .

سابیدن روی بتن در دو مرحله انجام می‌شود ساب اول با استفاده از سنگ ساب سیلیسی درشت دانه و بسیار سخت و ساب دوم با سنگ ساب ریزدانه سیلیسی سخت .

تمیز کاری روی بتن:

جهت تمیز کردن سطح بتن و پاک کردن لکه های روغن ، زنگ و غیره از سه روش می‌توان استفاده نمود .

الف : تمیز کردن بوسیله ملات کشی با استفاده از ملات ۲ : ۱

ب : تمیز کردن بوسیله سابیدن با ماسه

ج : پاک کردن بوسیله اسید با استفاده از اسید موریاتیک

توجه مهم : در تمام قسمتهای صافکاری و تمیز کاری بتن آب دادن مرتب آن نباید فراموش گردد زیرا مرطوب بودن آن عملیات فوق را آسانتر می‌سازد .

بخش ۹ ـ گرفتن بتن و کنترل آن و اثرات درجه حرارت هوا در بتن CURING

همانطور که قبلا" در فصل دوم بخش ۲ اشاره گردید ، سیمان و آب در مجاورت یکدیگر در اثر تحولات شیمیائی ترکیب و تبدیل به یک جسم سخت و سنگ مانند و یکپارچه می‌شود که این عمل را هیدراسیون می‌گویند .

از آنجائیکه مقاومت نهائی بتن کاملا" بسته به سرعت و دوام عمل هیدراسیون دارد و این امر در رابطه مستقیم با مراقبت ها و نگهداری است که باید پس از بتن ریزی و در دوره هیدراسیون از بتن باید بعمل آید .

نکاتی که باید در دوره گرفتن بتن در نظر گرفت :

۱ ـ مراقبت هائی که در دوره گرفتن بتن باید بعمل آید بر دو قسمت مهم استوار می‌باشد .

الف : مرطوب نگاه داشتن بتن

ب : ایجاد گرمای مناسب محیط برای اینکه بتن به مقاومت دلخواه برسد .

چون شدت عمل هیدراسیون نزولی می‌باشد یعنی قسمت اصلی آن در ابتدای کار پس از گرفتن بتن انجام‌میگردد و بعد بتدریج تنزل یافته و بعد از خشک شدن بتن بسیار کند و تقریبا" متوقف می‌گردد و پس از توقف هرگز دیگر عمل هیدراسیون برگشت پذیر نمی‌باشد . بنابراین اهمیت انجام ردیفهای الف و ب بخوبی نمایان می‌گردد و علاوه بر این فوائد دیگر مراقبت از بتن گذشته از مقاومت ، بالا رفتن در برابر فرسایش و یخ زدگی و تغییر حجم و افزایش عمر مفید بتن است .

۲ ـ طول دوره گرفتن بتن :

طول زمانی که باید بتن را مورد مراقبت شدید قرار داد تا رطوبت آن خارج نگردد به عوامل زیر بستگی دارد : نسبت اختلاط مصالح بتن ، نوع سیمان مصرفی ، اندازه و شکل قطعه بتنی ، مقاومت خواسته شده ، شرایط هوا و نمای مورد نظر بتن ، بطور کلی می‌توان طول این دوره مراقبت را از چند روز تا یکماه و بیشتر تعیین نمود .
توجه : اصطلاح گرفتن بتن به معنی سخت شدن بتن در اینجا بکار می‌رود .

روشهائی که جهت مراقبت از بتن در طی دوره گرفتن بعمل می‌آید :

همانطور که در بالا اشاره گردید کلیه روشهای مراقبت از بتن بر اساس مرطوب نگاه داشتن آن و حفظ درجه حرارت مناسب جهت بتن می‌باشد . این روشها بر دو دسته تقسیم می‌گردند .
الف : روشهائی که در آن با رساندن آب به بتن آنرا مرطوب نگاه می‌دارند که عبارتند از :

۱ ـ آبپاشـــی :

آبپاشی بتن بطور مداوم روش بسیار خوبی بمنظور گرفتن بتن است بشرط آنکه سطح بتن هیچ وقت در فاصله بین دو آبپاشی خشک نشود که این ممکن است باعث سوختن و از بین رفتن بتن بشود . از لحاظ اقتصادی روش آب پاشی پر هزینه است .

۲ ـ مرطوب نگاه داشتن سطح بتن بوسیله پوشش های مرطوب :

برای مرطوب نگاه داشتن سطح بتن می‌توان از پوششهای مرطوب نظیر گونی و برزنت و کاه و خاک مرطوب استفاده نمود که این پوششها باید در تمام طول گرفتن بتن روی آن بماند و مرطوب نگاه داشته شود .

ب : روشهائی که در آن از تبخیر آب بتن جلوگیری می‌نمایند ، مثالهائی از این روش عبارتند از :

۱ ـ استفاده از کاغذ آب بندی :

کاغذ مخصوصی است که ابتدا سطح بتن را خوب خیس می‌کنند (بوسیله آبپاشی) سپس کاغذها را روی آن قرار می‌دهند تا از تبخیر آب جلوگیری شود .

۲ ـ ورق پلاستیکی :

از ورقهای نازک پلاستیکی نرم نیز می‌توان برای پوشاندن بتن استفاده کرد که مانند کاغذ باید قبلا" بتن را خیس کرده و بعد پلاستیکها را روی بتن قرار داد .

۳ ـ استفاده از مواد شیمیائی آب بندی :

میتوان با مالیدن مواد شیمیائی آب بندی روی سطح بتن از تبخیر آب آن جلوگیری کرد ، البته باید دقت نمود که در کاربرد این روش دستورالعمل استفاده از مواد شیمیائی را بدقت رعایت نمود تا آسیبی به بتن نرسد .

۴ ـ استفاده از قالبها :

چنانچه سطح بتن مرتبا" مرطوب نگاه داشته شود خود قالبهای چوبی از تبخیر آب بتن جلوگیری می‌نمایند . بهتر است قالبهای چوبی را تا هنگامی که باز نکرده‌ایم بخصوص در هوای گرم مرتبا" آبپاشی کنیم .

اثرات درجه حرارت هوا در بتن:

بطور کلی شرایط بتن ریزی و ساخت بتن در هوای گرم و سرد با مسائل خاص و ویژه‌ای روبرو می‌باشد که عدم دقت و توجه باین مسائل موجب کاهش مقاومت و حتی از بین رفتن بتن می‌شود . اکنون بطور خلاصه به ذکر نکات مهم در اینمورد می‌پردازیم .

الف : بتن ریزی و ساختن بتن در هوای گرم :

بطور کلی بالا رفتن درجه حرارت هوا (۳۰ درجه سانتی گراد به بالا) تاثیرات نامطلوبی در ساخت بتن و بتن ریزی خواهد داشت که این تاثیرات ممکن است روی نسبت آب به سیمان و مقاومت فشاری بوده و بصورت ترک خوردگی نیز ظاهر شوند بنابراین رعایت نکات زیر الزامی است .

۱ ـ در صورتیکه درجه حرارت کارگاه در سایه از ۴۳ درجه سانتی‌گراد تجاوز نماید عمل بتن سازی و بتن ریزی باید متوقف گردد .

۲ ـ در صورتیکه درجه حرارت از ۳۲ درجه سانتی گراد بیشتر باشد باید شن و ماسه را با آبپاشی خنک نمود بطوریکه حرارت آن هنگام ساخت بتن از ۳۸ درجه بیشتر نباشد .

۳ ـ توجه شود که مقدار آب اضافی جهت خنک کردن شن و ماسه از مقدار کل آب مصرفی کسر گردد .

۴ ـ حرارت آبی که جهت ساخت بتن بکار می‌رود هنگام ساخت نباید از ۳۸ درجه تجاوز نماید .

۵ ـ در صورتیکه درجه حرارت هوا بالا باشد (۳۲ درجه سانتیگراد به بالا) و بتن ریزی اجباری شود باید اقدامات زیر بعمل آید .

الف : متوقف کردن بتن ریزی در گرمترین ساعات روز

ب : حفاظت مصالح سنگی انبار شده از تابش آفتاب

ج : پوشاندن بتن در حین حمل بتن از تابش آفتاب
د : آبپاشی و مرطوب کردن سطوح خارجی قالبها قبل و بعد از بتن ریزی
ر : انجام عملیات بتن ریزی در کوتاهترین مدت پس از اختلاط
ز : انجام بتن ریزی در شب
ه : سرد و خنک کردن آب بتن و حتی استفاده از یخ در آب آن
ی : کلیه سطوح بتن را حداقل باید بمدت ۷ روز بوسیله حصیر و گونی یا پارچه‌های ضخیم یا ماسه در مقابل آفتاب محافظت کرد و با آبپاشی مداوم همواره مرطوب نگاه داشت .
باید توجه نمود بتنی که در اثر تبخیر آب آن بسوزد دیگر اصلاح پذیر نخواهد بود .

ب : بتن‌ریزی و ساختن‌بتن در هوای سرد :

بطور کلی بعلت اینکه آب در اثر یخ زدن منبسط می‌گردد بروز چنین حالتی در بتنی که قسمتی از آن سفت شده باشد ایجاد مسائل و مشکلاتی می‌نماید . گرفتن بتن و رسیدن به مقاومت مطلوب در درجه حرارت پائین خیلی به کندی صورت می‌گیرد بهمین جهت محافظت از بتن در هوای سرد تا مدتی پس از بتن ریزی کاملا" ضروری است . اکنون به ذکر نکات مهم در اینباره می‌پردازیم :
۱ ـ بتن ریزی یا تهیه و ریختن بتن نباید در حرارت کمتر از ۲ درجه سانتیگراد صورت گیرد .
۲ ـ چنانچه بتن ریزی در هوای سرد و غیر مساعد اجباری باشد باید پیش بینی های احتیاطی بعمل آید .
۳ ـ برای تسریع در سفت شدن بتن می‌توان از سیمانهای زود گیر استفاده نمود .
۴ ـ مصالح یخ زده بهیچ وجه نباید مصرف شوند و بتنی که بعلت یخ زدگی ضایع شده باشد باید تخریب و مخلوط تازه بجای آن ریخته شوند .
۵ ـ مصالح سنگی و آب مصرفی را باید تا ۶۰ درجه سانتیگراد گرم کرد بطوریکه هنگام ساخت بتن حرارتی معادل ۳۸ درجه سانتیگراد داشته باشند .
۶ ـ باید حتی‌المقدور از عیار و سیمان ۳۵۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب استفاده نمود .
۷ ـ از حمل طولانی بتن باید خودداری نمود .
۸ ـ سطوح برهنه بتن را باید بلافاصله پس از ختم بتن ریزی پوشاند تا بتن در حرارت بالاتر از ۲ درجه سانتی گراد خود را بگیرد .
۹ ـ بهر حال چنانچه بتن ریزی در حرارت ۵ ـ درجه سانتی‌گراد ضروری باشد باید تحت شرایط خاص و بوسیله افراد متخصص و کار آزموده انجام گردد .

راههای مراقبت از بتن در دوره یخبندان :

۱ ـ بخار دادن :

یکی از روشهای خوب بخار دادن به بتن در زمان یخبندان است . مزیت این طریق در این است که علاوه بر تولید گرما ، رطوبت بخار نیز از بی آب شدن بتن جلوگیری می‌کند .

۲ ـ عایق های حرارتی :

با استفاده از پلاستیک ، چوب ، برزنت و غیره می‌توان اطراف بتن را کاملا" پوشانید و از تبادل حرارتی جلوگیری کرد .

۳ ـ دیر باز کردن قالبها :

دیر بازکردن قالبها نیز به سبب اینکه خود قالب چوبی حالت یک عایق خوب را دارد یکی از روشهای مراقبت از بتن است . از بکار بردن بخاریهای نفت سوز و گاز سوز باید خودداری کرد ، زیرا اینگونه وسائل گرم کننده با تولید اکسید کربن برای بتن مضر هستند .

فصل سوم

قالب‌بندی FormWork

بخش ۱ - طراحی قالب و اصول ساخت آن :

چون قالب بتن خود یک سازه محسوب می‌گردد باید مانند سایر اعضا ساختمانی در مقابل بارهائی که بآن وارد می‌شود طرح و ساخته شود و کلیه نکات فنی و اقتصادی در باره آن رعایت شود . اصولاً" قالب‌بندی بمنظور تامین شکل قطعات بتنی و حصول اطمینان از تراکم مورد نیاز در بتن بکار می‌رود . انعطاف پذیری چوب و مقاومت و سهولت کار با آن سبب شده است که چوب یک ماده طبیعی و آلی جهت ساخت قالب بتن گردد .

در اینجا ابتدا به ذکر قالب چوبی می‌پردازیم و ابتدا به مقایسه آن با قالب فلزی می‌پردازیم :

الف : قالب چوبی :

در قالب چوبی شکل جسمی که قرار است از بتن تهیه شود از تخته درست شده و چون چوب اصولاً" دارای خاصیت شکل پذیری می‌باشد این حسن را دارد که شکل جسم بهر فرمی که باشد و طول قطعه بهر اندازه را می‌توان بوسیله چوب طراحی و به دنبار هم میخ نمود و بوسیله پشت بند بهم وصل و قالب را بآسانی تهیه کرد . علاوه بر این قالب چوبی چون از قالب فلزی ضخیم تر است و درجه هدایت و خاصیت عایق بودن آن بیشتر بخصوص در فصل سرما و نقاط سرد سیر بمراتب به قالب فلزی ارجحیت دارد . از لحاظ اقتصادی نیز معمولاً" با صرفه تر از قالب فلزی است .

طرح قالب چوبی :

بطور خلاصه در طراحی یک قالب چوبی باید نکات زیر را در نظر گرفت :

۱ ـ میزان و روش بتن ریزی

۲ ـ بارهای وارده که شامل بار مرده و بار زنده و بارهای جانبی و اثرات ضربه هستند

۳ ـ مصالح مورد مصرف و خستگی‌های مربوط به آنها

۴ ـ خیز قالب

۵ ـ باد بندی افقی و مایل شمع ها

۶ ـ وصله کردن شمع ها

۷ ـ فشار رگه های نامنظم مصالح

۸ ـ بار وارد روی زمین یا محلی که برای اینکار آماده شده است

لازم به توضیح است که بار وارد به قالب شامل وزن بتن و بار زنده ساختمان می‌باشد . بار مرده قالب در مقایسه با وزن بتن جزئی بوده و قابل اغماض است .

بار زنده وارد بر قالب شامل وزن کارگران ، پاکت (ظرف) بتن ریزی و سایر بارهای موقت است .
پس از بررسی و محاسبات بارها و فشارهای وارد بر قالب باید به مسئله خیز قالب توجه نمود . خیز اغلب در تخته های قالب ملاحظه می‌گردند ولی پشت بندهای عرضی و طولی قالب بایستی قادر به جلوگیری از انحنا تخته های قالب باشند تا بتن صاف از کار در آید . تاثیر تغییر شکل پایه ها و حائل و تیرها در تغییر فرم قالب بندی ناچیز است .
وقتی یک سمت قالب دیوار بتنی ، سطح خاکی باشد ، بعلت عدم امکان استفاده از مهار بند بتن دو طرف قالب احتمال شکم دادن دیوار وجود دارد . بنابراین لازم است به استحکار مهاربندهای بین اعضا قالب توجه کافی مبذول داریم .
بطورکلی طراح قالب باید علاوه بر محاسبات مهندسی برای طرح قالب بتن کلیه جوانب عملی ساخت قالب را نیز در نظر بگیرد زیرا چنانچه طرح قالب طوری باشد که ساخت و نصب آن مشکل و وقت گیر باشد و یا کارآئی کمی داشته و پر هزینه باشد جالب توجه نخواهد بود . اصل استفاده از قطعات مجزائی که در محل کار بهم سوار شوند یکی از بهترین روشها است .

انواع چوب جهت ساخت قالبهای چوبی :

چوبی که جهت قالب بندی مصرف می‌شود نباید در برابر رطوبت زیاد از خود واکنش نشان دهد ، به عبارت دیگر در اثر جذب آب حساسیت نشان داده و باد کند ، زیرا در غیر اینصورت اگر تخته های قالب زیاد جفت باشند پس از انبساط ، تخته های بهم فشار وارد کرده و سبب پیچیدگی یکدیگر می‌شوند و سطح نامنظمی ایجاد می‌کنند از طرفی چنانچه برای رفع این نقیصه فاصله تخته ها از هم زیاد انتخاب شوند دوغاب سیمان بتن از شکافهای تخته ها خارج شده و در نتیجه بتن کرمو و پوک می‌شود و باعث پائین آمدن مقاومت بتن می‌گردد ، بنابراین در انتخاب نوع چوب جهت قالب بندی باید سعی کافی نمود تا از چوبهای مناسب استفاده شود .
در میان چوبها انواع چوبهای نباتات صمغی (بواسطه وجود مواد صمغ دار) مانند سرو و کاج و صنوبر و یا جنگلی مشابه مناسب می‌باشند .
مصرف چوب سفید فقط برای قالب بندی پی ها مجاز است .
در ایران بیشتر از چوب روسی (از نوع کاج) به ضخامت حداقل ۲/۵ تا ۳ سانت و پهنای ۱۰ و ۱۵ و ۲۵ سانت و طول ۴ متری استفاده می‌شود . چوبهای روسی پس از مصرف کمتر آج پیدا می‌کنند ، لذا می‌توان حداقل سه مرتبه از آنها در قالب بندی استفاده نمود .
چوبهای جنگلی در اثر رطوبت باد می‌کنند و حساسیت نشان می‌دهند و بین آنها ظاهرا" انواع توسکا اندکی بهتر از سایر انواع آنها است ، ولی بطورکلی جهت قالب بندی مناسب نمی‌باشند . تخته های استفاده شده در قالب بندی باید سالم و بدون گره بوده و از مصرف تخته های با الیاف تابدار و پیچ خورده و پیچهای خم شده باید خودداری شود .
چوبهائی که به هنگام مصرف کمی مرطوب هستند به چوبهای خشک ارجحیت دارند زیرا چوب خشک آب بتن را مکیده و بتن را کرمو و پوک می‌سازد .

برای چوب بتنها از جوبهای چهارتراش که معمولا" ۸ × ۸ سانتی متر یا ۱۰ × ۱۰ سانتی متر و چهار طرف آنها در کارخانه تراش داده شده است و یا تخته های ضخیم و یا الوارها و چوبهای گرد با قطر متوسط ۱۰ سانتی متر استفاده می‌شود .

ضخامت تخته یا الوار در قالب بندی

حداقل ضخامت تخته جهت قالب بندی ۲/۵ سانت (باستثنای تخته کف تیرها و دالها که ۳ سانتیمتر می‌باشد) است .

تعیین ضخامت تخته یا الوار در قالب بندی بستگی به فاصله نقاط اتکا یعنی فاصله پایه ها دارد و چون در حقیقت قالب و چوب بستها برای تحمل وزن بتن و فولاد و کارگران و وسائل بتن ریزی از قبیل چرخ دستی و غیره و تحمل ضربات وارده در اثر کوبیدن و یا مرتعش نمودن (ویبره) و فشار مایع بتن بر جدار قالب ساخته می‌شوند . لذا نقاط اتکاء هر چقدر از هم جدا و دورتر باشند باید ضخامت تخته‌ها بیشتر شوند . بهمین جهت ضخامت تخته ها بعضی اوقات به ۴ تا ۵ سانتی متر می‌رسد .

بخش ۲ ـ سوار کردن و بستن قالب :

الف : اتصالات :

اتصال دو قطعه چوب بهم چنانچه بوسیله لوله فلزی انجام گیرد در اینصورت قطر داخلی لوله فلزی باید معادل چوب باضافه یک سانتی متر و بطول ۶۰ سانتی متر بوده و نصف طول لوله روی هر قطعه قرار گیرد .

اتصال دو قطعه چوب با لوله بوسیله چهار پیچ و مهره به قطر حداقل ده میلی متر (۲ پیچ روی هر قطعه) انجام می‌گیرد .

اتصال دو اصله بهم ممکن است بوسیله اتصال برش نیم به نیم بکمک چهار میخ حداقل ۱۰ سانتیمتری بعمل آید . در اینصورت باید روی محل اتصال در پایه‌های با مقطع گرد سه وصله و در پایه های با مقطع چهارگوش چهار وصله بطول ۷۰ سانتی متر با میخ‌های لازم نصب گردد .

وصله نباید در وسط پایه قرار گیرد . پایه ها تا ارتفاع چهار متر حداقل در یک ردیف باید بوسیله تسمه های چوبی بصورت چپ و راست بهم کلاف شوند .

ب : شالوده پایه :

برای انتقال وزن قالب و بتن به زمین ، پایه ها روی تعدادی تخته با ضخامت کافی بنام شالوده نصب می‌گردد.

سطح شالوده باید باندازه‌ای انتخاب شود که فشار وارده بر آن بر اثر بدترین حالت بارگذاری از یک کیلوگرم بر سانتی متر مربع تجاوز ننماید .

شالوده پایه ها نباید در معرض جریان آب و یخبندان قرار گیرد و همچنین قرار دادن پایه ها روی آجر یا سنگ خشکه چین مجاز نمی‌باشد .

ج : تنظیم قالب بندی :

در نصب و سوار کردن قالب بتن به تعداد زیادی گوه نیاز است از گوه بعنوان محکم وردیف کردن قسمتهای قالب و تنظیم نمودن حائل و مهار بندها استفاده می‌شود . برای ساختن گوه ، کافی است که فقط چوبی را از یک گوشه به گوشه دیگر بطور اُریب اره کرد در اینصورت از هر قطعه چوب دو گوه حاصل می‌شود .

بنابراین جهت تنظیم قالب بندی و سهولت در قالب برداری در هر پایه حداکثر یک جفت گوه چوبی از چوب سخت (بلوط یا گردو) قرار داده می‌شود .

بعد از تنظیم قالب هر جفت گوه حداقل باید بوسیله یک عدد میخ ۷/۵ سانتی متری تثبیت شوند . حداکثر شیب گوه یک به چهار بوده و حداقل ضخامت انتهای باریک آن باید یک سانتی متر باشد . عرض گوه حداقل معادل قطر پایه خواهد بود . سطح اتکای پایه ها روی گوه ها باید کاملا" مسطح و عمود بر محور پایه‌ها باشد .

لازم به یادآوری است که پیچها و حائل های قابل تنظیم که امروزه بکار می‌برند کاربرد گوه را در سوار کردن قالب حداقل نموده اند .

د : بستن قالب :

قالب بندی کلیه سطوح ستونها باید بعد از نصب آرماتور ستونها انجام شود و دارای پشت بندهائی از چهار تراش به فواصل حداکثر ۸۰ سانتی متر باشد . پشت بندها باید بوسیله میله مهار و مهره بهم اتصال پیدا کنند .

حداقل ضخامت تخته قالب ستونها ۳۰ میلی‌متر است و باید پای هر ستون سوراخی به ابعاد ۱۰ × ۱۰ سانتی متر برای شستن و تمیز کردن کف آن از چوب و خاشاک تعبیه کرد . دریچه مذکور باید در شروع بتن ریزی مسدود گردد . قالب بندی باید مستقلا" دارای ایستائی کافی باشد . تکیه دادن قالب بندی به ستونهای بتن آرمه مجاز نیست .

در قالب بندی تیرهائیکه دهانه آنها بیش از ۴ متر است در وسط دهانه بازاء هر متر طول دهانه سه میلی متر بطرف بالا خیز داده خواهد شد .از دهانه ۱۰ متر به بالا مقدار خیز طبق نقشه های اجرائی خواهد بود .

در قالب دالها که دارای دهانه بیش از ۶ متر باشد باید در وسط سقف خیز داده شود مقدار خیز ۲ میلیمتر به ازاء هر متر دهانه کوچک دال است .

ر : گرفتن درزها :

اصولا" قالب بتنی باید بدون درز و محکم و مقاوم باشد . اگر بین تخته‌های قالب درز باشد از این درز ملات بتن بیرون رفته و بتن کرمو خواهد شد همچنین ممکن است آب بتن بیرون رفته و بتن دارای رگه‌های ماسه‌ای سست شود .

بنابراین تخته قالب ها باید باندازه کافی بهم پیوسته بوده و درزهای آن با وسائل مناسب مسدود شوند یکی از راههای جلوگیری از این درزها استفاده از فومهای پلاستیکی است . درکارگاهها معمولا" تخته قالبها را از داخل با تخته سه لا با ورق آهنی روکوبی می‌نمایند که بدینوسیله هم درزها مسدود شده و هم سطح بتن صاف و

یکنواخت خواهد شد . استفاده از پلاستیک و کاغذ بعلت اینکه ممکن است هنگام بتن ریزی قسمتهائی از آنها پاره شود مناسب نمی‌باشد .

بخش ۳ ـ انواع قالبهای چوبی ـ فلزی :

انواع قالبهای چوبی شامل قالب دیوار بتنی ، قالب ستون ، تیر بتونی ، قالب فونداسیون و شناژ و بالاخره قالب پله بتنی است .

چون در حوضچه‌ها قالب بندی دیوار و سقف مهم می‌باشد ، در اینجا فقط به ذکر نکاتی در باره این دو قالب می‌پردازیم :

۱ ـ قالب دیوار بتنی :

ساده ترین قالبها ، قالب دیوار است که عبارت است از دو صفحه قائم موازی که از تخته هائی به ابعاد ۲۵ سانتی متر در ۴ متر و ضخامت حداقل ۲/۵ سانت تهیه می‌شود و متناسب با ابعاد دیوار تخته ها را پهلوی هم قرار داده سپس به پشت بندها میخ می‌کنند . اگر طول دیوار زیاد باشد از نظر سهولت فرم قالب دیوار از چندین قطعه تشکیل می‌شود .

پس از ساختن صفحات قائم باید آنها را در جای خود بوسیله داربست ثابت نگاه داشت . اگر دیوار و سقف با هم بتن ریزی شود قالب دیوار را به قالب سقف نیز متصل ساخته و بدینوسیله آنرا قائم نگه می‌دارند . اگر قالب دیوار تنها باشد باید از تمایل آن به سمت عقب و جلو و نزدیک و دور شدن دو جدار نسبت بهم جلوگیری شود. برای جلوگیری از مایل شدن قالب ها ، در پشت آنها زانو یا چوبهای مایل قرار می‌دهند ، برای اینکه فاصله دو جدار بهم نزدیک نشوند بین دو جدار تکه های چوب بنام«اندازه»قرار می‌دهند و وقتی که سطح بتن ریزی به چوبها رسید بتدریج بوسیله سیم آنها را از پائین بر می‌دارند .

اگر ارتفاع دیوار زیاد باشد و نتوان زانو بکار برد ، قالب دو طرف را می‌توان بوسیله مفتولهائی که از وسط دیوار می‌گذرد بهم متصل کرد و در موقع برداشتن قالب انتهای مفتولها را بریده و قالب را آزاد کرد که مفتولها داخل بتن می‌مانند .

۲ ـ قالب سقف بتونی :

قالب سقف بتنی معمولا" از میخ شدن تخته‌ها بر روی چهار تراشها یا الوارها تشکیل می‌گردد . در بیشتر موارد می‌توان آخرین تکیه گاه چهار تراشها را بر روی پشت بند گونه تیرها قرار داد آنگاه در زیر چهار تراشهای ذکر شده خر پاهائی به فواصل معین و منظم نصب نمود .

قالب بندی سقف های بتن آرمه ممکن است بدون دخالت تیرها و یا همراه آنها یکجا بتن ریزی شود . در مورد حوضچه‌ها قالب‌بندی سقف (دال) همراه دیوارها یکجا ساخته و بتن ریزی می‌شود .

برای تراز کردن و تنظیم دقیق قالبها مخصوصا" وقتی که سطح قالب بزرگ باشد می‌توان از دوربین نقشه برداری

استفاده کرد و در مورد قالبهای کوچک از تراز یاب دستی استفاده کرد و ارتفاع چند نقطه را تعیین و بعد ریسمانی بین این نقاط بست و هر جاکه چوب بست پائین تر از ریسمان باشد باکوبیدن گوه‌های چوبی زیر آن قسمت را بالا آورد .

ب : قالب فلزی :

در اغلب موارد بر حسب نوع کار ، برای ساختن قطعات بتنی از قالبهای فلزی استفاده می‌شود . قالبهای فلزی در مجموع گرانتر از قالبهای چوبی می‌باشند و هنگامی مقرون بصرفه هستند که چندین قطعه یا ساختمان مشابه و سری را بخواهند متوالیا" بتن ریزی کرده از یک قالب بدفعات متعدد استفاده نمود و بدین طریق بهای آنرا مستهلک نمایند .

انواع قالبهای فلزی :

بطور کلی دو نوع قالب فلزی در کارگاهها مورد استفاده قرار می‌گیرد :

الف : قالبهای فلزی ثابت ، که برای همیشه در ساختمان باقی می‌ماند ، این نوع قالبها مخصوص سقف ها هستند و از ورقهای نازک آهن تهیه شده‌اند که پس از بتن ریزی در جای خود باقی می‌مانند و جزء آهنهای سقف محسوب شده و زیر آنها که در معرض دید است روکاری می‌گردد .

ب : قالب فلزی متحرک ، این نوع قالبها هر بار پس از بتن ریزی باز می‌شود و در جای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد و از ورقه‌های نازک فلزی تهیه می‌شود . لبه‌های قالبها برگشته‌اند و بوسیله پیچ و مهره یا بست بهم متصل می‌شوند . اندازه این قالبها متفاوت و ممکن است ۳۳ × ۳۳ یا ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر باشند . قطعات این قالبها پس از اتصال به یکدیگر بوسیله نبشی‌های دیگر نگهداری می‌شوند . جنس قالبهای فلزی بطور کلی باید طبق نقشه بوده و بر طبق محاسبات خم شده و فرم لازم را داشته باشند .

پایه‌های فلزی :

برای نگهداری قالب‌های فلزی می‌توان از پایه‌های فلزی که بشکل لوله هستند استفاده نمود . این لوله‌ها معمولا" در هم داخل شده و بدینوسیله می‌توان پایه‌ها را نسبت به ارتفاع مورد نظر تغییر داد .

حفاظت قالبها :

بطور کلی برای حفاظت قالبهای چوبی و فلزی باید آنها را بدقت روغن مالی کرد . برای روغن زدن قالبهای چوبی می‌توان از انواع روغنهای نفتی سبک یا لاک و یا رنگ زدن با رنگهای ضد آب و مخصوص استفاده نمود . قالبهای فلزی را می‌توان بوسیله انواع روغنهای موتورهای دیزلی سنگین یا روغن کرچک مصنوعی روغن کاری کرد .

بخش ۴ ـ برداشتن قالب :

قالب برداری باید جزء به جزء و با کشیدن میخ‌ها انجام شود . ضربه زدن به قالب و برداشتن ناگهانی آن بطوریکه به بتن آسیب برساند مجاز نیست .

بطور کلی قالب را هنگامی باید باز کرد و از بتن جدا نمود که تیرها و سقفهای بتنی بتوانند وزن خود را تحمل کنند و وجود قالب دیگر لزومی نداشته باشد .

فقط بعضی از قسمتهای قالب راکه فقط بمنظور شکل دادن به بتن لازم است و هیچگونه باری را تحمل نمی‌کند بشرط آنکه بتن کاملا" محکم شده باشد می‌توان پس از ۲۴ ساعت برداشت .

مدت نگهداری قالب بستگی به نوع و وضعیت بتن و شرایط آب و هوای محیط دارد ، قالب بندی قسمتهائی که بار تحمل می‌کنند نباید قبل از اینکه بتن به حد کافی محکم شده باشد (حدود ۷۰ درصد تاب فشاری ۲۸ روزه) برداشته شود .

درکارگاهای با حجم بتن ریزی زیاد بهترین روش جهت تعیین مدت برداشتن قالبها ، آزمایش تعیین مقاومت بتن است که بر پایه آزمایش می‌توان دقیقا" موعد باز کردن قالبها را پیش بینی کرد . بطور کلی در حرارت محیط معمولی یعنی حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی گراد :

۱ ـ زمان لازم جهت برداشتن قالب دیوارها و اطراف ستونها ۳ تا ۴ روز بعد از بتن ریزی است .

۲ ـ برای تیرها و دالها و سقفها ده روز تا دو هفته بعد از بتن ریزی است .

۳ ـ در صورتیکه درجه حرارت از ۵ درجه سانتیگراد کمتر باشد در اینگونه موارد باید زمان یخ بندان را به زمانهای فوق اضافه نمود .

توجه شود که اعداد فوق کاملا" نظری است و همانطور که گفته شد روش دقیق فقط بر پایه آزمایش است .

فصـــل چهـــارم

بتن مسلح (بتن آرمه) REINFORCED CONCRETE

بخش ۱ ـ شناسائی اجزای ساختمانی و طرح بتن فولادی

همانطور که قبلا" توضیح داده شد ، بتن در برابر نیروهای فشاری کاملا" مقاوم اما در برابر نیروهای کششی بسیار ضعیف است ، برعکس فولاد در برابر نیروهای کششی فوق‌العاده مقاوم است . پس اگر بتن و فولاد بطرز مناسبی در هم ادغام شوند که در نتیجه چنین مجموعه‌ای را بتن مسلح یا فولادی می‌گویند ، هر یک می‌توانند وظیفه خود را در بتن مسلح بخوبی انجام داده و باعث می‌گردند که بتن مسلح در برابر نیروهای خمشی ، کششی ، برشی و مقاومت پیوستگی استحکام و دوام داشته باشد . علاوه بر این مسلح نمودن بتن توسط فولاد بمنظور بالا بردن مقاومت بتن در برابر افت و تغییرات درجه حرارت محیط است .

اجزای ساختمانی :

هر ساختمان بتن فولادی اعم از اینکه ساختمان خانه یا پل و حوضچه و غیره باشد از اجزای مختلفی مانند پی ، پایه و ستون ، تیر ، سقف و کف تشکیل شده است که همه اینها برویهم تشکیل ساختمان را داده و یکپارچه می‌باشند . هر کدام از اجزای مذکور دارای یک طرح آرماتور بندی (فولادی) مخصوص بخود و انواع آرماتورهای معین و مشخص می‌باشند .

طرح بتن فولادی :

در کارهای معمولی طراح جهت طرح بتن فولادی از روشهائی که حاوی جداول و محاسبات استاندارد می‌باشد و حاصل تجربیات مهندسان و پژوهش گران و اساتید دانشگاهی بین‌المللی می‌باشد استفاده می‌نماید. بمنظور طرح و محاسبه بتن فولادی ، طراح باید دارای تجربه علمی و عملی باشد .

همانطور که گفته شد هر یک از اجزای ساختمانی بتن فولادی دارای طرح مخصوص بخود می‌باشد و بطور خیلی خلاصه در یک طرح بتن فولادی نکات زیر طراحی و محاسبه می‌گردد :

۱ ـ تعیین ابعاد و مصالح اجزای ساختمانی نظیر تیر و ستون و سقف و غیره

۲ ـ محاسبه بارهای وارده

۳ ـ طرز قرارگرفتن و محاسبه فواصل اجزاء از یکدیگر

۴ ـ طرز قرارگرفتن میله گردها و محاسبه تعداد و مقدار و فواصل آنها

۵ ـ در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و صرفه جوئی در مصالح و کاربرد صحیح آن

باید در نظر داشته باشیم که بعد از طرح مسئله اجرای صحیح خواهد بود . زیرا چنانچه در ساخت بتن فولادی بی دقتی و سهل انگاری شود هر قدر که طرح آن نیز بی نقص باشد ، نتیجه مطلوبی بدست نخواهد آمد .

بخش ۲ ـ میله گرد (آرماتور) BARS

۱ ـ انواع آرماتور (میله گرد) :

آرماتورها با قطرهای مختلف که کوچکترین آن معمولا" ۶ میلی متر و بزرگترین آن ۴۰ میلی‌متر می‌باشد . آرماتورهای ۶ و ۸ میلی‌متری بصورت کلاف می‌باشند ولی از نمره ۱۰ تا ۴۰ میلی‌متری معمولا" بصورت شاخه‌های ۱۲ متری هستند که برای سهولت در حمل آنها از وسط خم شده‌اند . اصولا" آرماتورها از نظر ساختمان سطح جانبی بر دو نوع‌اند .

الف : آرماتورهای ساده که سطح جانبی آنها صاف است و هیچگونه فرورفتگی یا برجستگی ندارند .

ب : آرماتورهائیکه سطح جانبی آجدار دارند و بنام آرماتورهای آجدار یا حرارتی معروف‌اند . علت داشتن آج بر روی سطح آرماتور برای درگیری و استحکام بیشتر با بتن است زیرا سطح بیشتری از فولاد یا بتن در تماس خواهد بود .

۲ ـ خواص مکانیکی آرماتور :

آرماتور معمولی باید از فولاد با مقطع دایره و یکنواخت باشد و در هیچ مقطعی بواسطه عواملی از قبیل زدگی تضعیف نشده باشد .

همچنین فولاد آرماتور باید در حرارت معمولی قابلیت تغییر شکل کافی داشته باشد به نحوی که اگر قطعه‌ای از میله گرد را به زاویه ۱۸۰ درجه در حالت سرد خم کنیم هیچگونه ترکی در قسمتهای کششی آن ایجاد نشود .

چنانچه وزن کل آرماتور مصرفی یک کارگاه از ۵۰ تن بیشتر باشد لازم است آزمایش فولاد در مورد آرماتورها بعمل آید .

۳ ـ خواص آرماتور قبل از آرماتور بندی :

آرماتور نباید به گل و لای و یا هرگونه مواد دیگری که تقلیل دهنده و یا از بین برنده چسبندگی بین بتن و میله گرد است آغشته شود . استفاده از میله گردهائی که زنگ زده یا پوسته شده باشد به شرطی مجاز است که اولا" زنگ زدگی و پوسته های آن با برس زدن کاملا" برطرف گردند و ثانیا" ضخامت میله گرد پس از برس زدن و تمیز کردن بیش از ۰/۵ میلی‌متر کاسته نگردد .

در انبار کردن میله گردها باید دقت شود که آنها در مقابل هرگونه آسیبی ، چه عمقی و چه سطحی و هرگونه زنگ زدگی و زیانهای دیگر محافظت گردند .

بهر حال باید قبل از بکار بردن آرماتورها هرگونه کثافات ، زنگ زدگی ، روغن و رنگ و غیره را از روی آنها پاک نمود .

بخش ۳ ـ خم کردن و بستن آرماتورها BENDING

مراحل مختلف خم کردن و بستن آرماتورها بطور خلاصه بشرح زیراند :

الف : در روی کلیه نقشه‌های اجرائی یک جدول آرماتوربندی وجود دارد که در آن کلیه اطلاعات در باره فاصله و سایز و تعداد و شکل خمش ، طول و وزن آرماتور داده شده است .

ب : با توجه به اطلاعات فوق آرماتوربند که باید در کار خود تخصص کافی داشته باشد با استفاده از ابزار مخصوصی در کارگاه ابتدا آرماتورهای مورد نیاز را عینا" طبق جدول مذکور خم کرده و آماده می‌نماید .

ج : آرماتورهائی که عینا" طبق نقشه آماده شده به محل کار حمل می‌شوند .

د : با توجه باینکه محل قرارگرفتن آرماتورها در نقشه دقیقا" تعیین گردیده ، آرماتورها را آرماتوربند بوسیله سیم کلاف که به ضخامت ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر است طبق نقشه بهم متصل کرده و آماده می‌نماید .

نکات مهم در باره بستن آرماتورها :

۱ـ کارهای آرماتورسازی و آرماتوربندی باید توسط آرماتوربندهای خبره و متخصص و تحت نظر استادکاران انجام گیرد .

۲ ـ آرماتورها باید عینا" طبق اندازه‌های صحیح و شکلهای معینه در جداول و نقشه‌های اجرائی آرماتوربندی ، بریده و خم شوند .

۳ ـ آرماتورها باید بدون گرم کردن بوسیله دست یا ماشین با فشار ملایم خم شوند .

۴ ـ کلیه آرماتورها باید عینا" در محل‌هائیکه در نقشه ها نشان داده شده‌اند بطور کاملا" محکم با سیمهای فولادی ۱/۵ تا ۲ میلی‌متری و قابل خم شدن در فواصل داده شده در نقشه‌ها به یکدیگر بسته شوند تا اطمینان حاصل گردد که شبکه بندی میله ها شکل معینه را طبق طرح مربوطه حفظ خواهد کرد .

۵ ـ جهت حفظ فاصله بین آرماتورها و قالب می‌توان از بلوکهای بتنی کوچک که در آنها میله آهنی گذاشته شده استفاده کرد .

۶ ـ مسئله پیوستگی آرماتورها باید رعایت شود و از وصله کردن دو تکه آرماتور بوسیله سیم یا جوش دادن خودداری شود .

۷ ـ محل آرماتورها نباید از نقطه‌ایکه نقشه برای آنها تعیین کرده است بیش از نصف قطرشان و بطور کلی بیش از ۶ میلی‌متر فاصله داشته باشند .

۸ ـ اندازه قوس چنگک یا قلاب چنانچه در نقشه‌ها نباشد حدود ۲/۵ تا ۴ برابر ضخامت میله گرد است و برگشت سر میل گرد بعد از قوس که بصورت مستقیم میباشد و به موازات میله آرماتور قرار می‌گیرد باید در حدود ۱۰ سانتی‌متر باشد .

۹ ـ فاصله خاموت (تنگ) چنانچه در نقشه ذکر نشده باشد حدود ۲۰ سانت است .

۱۰ ـ بطور کلی مجموعه آرماتورهای طولی و عرضی دایره‌ای و مورب در یک شبکه آرماتوربندی باید طوری باشد که در موقع قالب بندی و بتن ریزی خطر جابجا شدن آرماتورها و دور شدن آنها از موقعیت پیش بینی شده در طرح موجود نباشد .

تولرانس قابل قبول در آرماتوربندی :

هر چند که آرماتورها عینا" و دقیقا" طبق فواصل و اندازه‌های داده شده در نقشه ها بسته می‌شوند لیکن عملا" در مرحله اجرائی بعلت ناصافی آرماتورها ، انجام چنین کاری مشکل است و بهمین جهت میزان خطای قابل قبول بشرح زیر در آئین نامه پیش بینی گردیده :

۱ ـ در تیرها و سقف ها باندازه (ln) $\frac{۱}{۴}$ + اینچ از فواصل داده شده در نقشه

۲ ـ در دیوارهای بلند و سقف ها (ln) $\frac{۱}{۲}$ + اینچ از فواصل داده شده در نقشه خطای کوتاه یا بلند بودن آرماتورهای عرضی و طولی تا ۱ + اینچ قابل قبول است

حداقل پوشش بتن روی آرماتورها :

بر طبق آئین نامه میزان پوشش بتن روی آرماتورها بر طبق شرایط اجزای ساختمانی بتن مسلح بشرح زیر داده شده است .

۱ ـ برای بتن مسلح که کف آن روی زمین قرار دارد ۳ اینچ

۲ ـ برای بتن مسلح که در مجاورت زمین قرار دارد ۲ اینچ

۳ ـ برای بتن مسلح که در مجاورت آب دریااست ۴ اینچ

۴ ـ برای بتن های مسلح غیر مجاور زمین مانند تیرو سقف و دیوارها از $\frac{۳}{۴}$ تا $\frac{۱}{۲}$ ۱ اینچ

بخش ۴ ـ بتن پیش ساخته مسلح RE-PRECAST CONCRETE

چنانچه قطعات بتنی مسلح یا غیر مسلح درکارخانه ساخته شود و به محل کار حمل و نصب گردد به چنین بتنی ، بتن پیش ساخته گفته می‌شود . انواع قطعات پیش ساخته بتنی را در اندازه‌ها و اشکال گوناگون می‌توان در کارخانه تهیه کرد .

این قطعات معمولا" یکنواخت و استاندارد می‌باشند نظیر تیرهای حمال پل راهها ، تیرچه ها و شمعها ، تیرهای چراغ برق ، حوضچه‌های پیش ساخته و غیره .

مزایای بتن پیش ساخته مسلح :

بطور کلی مزایای بتن پیش ساخته تولید در مقیاس وسیع است که در نتیجه قیمت ارزانتر می‌گردد . همچنین چون قطعات در محلی غیر از کارگاه ساخته می‌شود از نظر سرعت کار وضعیت بهتری خواهد داشت .

نواقص بتن پیش ساخته :

اولا" تولید بتن پیش ساخته احتیاج به وسائل و تاسیسات و کارگاههای مخصوص دارد که باید با هزینه گزاف تامین شده و علاوه بر این هزینه حمل قطعات به محل کار نیز باضافه هزینه نصب در محل بسیار قابل توجه می‌باشد . از لحاظ فنی نیز نقص بتن های مسلح پیش ساخته که درکارخانه تهیه می‌شوند پائین بودن کیفیت آن

در بسیاری از موارد میباشد زیرا سعی در این است که در کارخانه از لحاظ کمی و پائین بودن قیمت بآن توجه گردد . همچنین اینگونه کارخانجات احتیاج به آزمایشگاههای دقیق و پیشرفته بمنظور گرفتن تست های مختلف از بتن در مراحل گوناگون تولید دارند . و بطور کلی هر چه میزان تولید بتن بیشتر باشد احتمال خطا و اشتباه در اندازه‌گیری نسبت های اختلاط آن بیشتر می‌شود یک اشکال دیگر که اغلب مشاهده می‌گردد عدم میزان و جفت شدن قطعات پیش ساخته و بروز اشکال در جاگذاری و سوار کردن قطعات است .
لذا با توجه به نواقصات فوق می‌توان گفت که برتری بتن مسلح پیش ساخته نسبت به بتن مسلح در محل ساز از بین می‌رود و در بسیاری موارد روش دوم به صلاح و صرفه است .

فصـــــل پنجـــــم

آئین نامه‌ها و آزمایشـــات

بخش ۱ ـ آشنائی کلی با آئین نامه‌های عملیات ساختمانی :

بمنظور هم آهنگ نمودن مشخصات عملیات ساختمانی و بهبود نحوه اجرای پروژه ها و بالا بردن کیفیت کارها و تقلیل در هزینه طرحهای عمرانی در هر کشوری آئین نامه ها و دستورالعمل هـا و مشـخصات فـنی عمومی وجود دارد که اجرای دقیق مفاد آنها که توسط افراد متخصص و کارشناسان فن و اساتید دانشگاهی تهیه گردیده ، موجب یکـنواخت شـدن عـملیات سـاختمانی در سـطح کشـور گـردیده و بـهترین راهـنما جـهت دستگاههای اجرائی در پیشرفت عملیات و انتخاب و مصرف مصالح مرغوب می‌باشد .

بطور اختصار از آئین نامه هائی که در ایران استفاده می‌گردد عبارتند از آئین نامه ACI که آئین نامه ساختمانهای بتن مسلح و غیر مسلح و همچنین آئین نامه روش اجرائی بتن CP110 مربوط به کشور انگلستان و آئـین نـامه ASSHO(آشو) مربوط به عملیات خاکی و راهسازی و بالاخره آئین نامه های کشور آلمـان است . هـمچنین سنجش کلیه آزمایشات و دستورالعمل مربوط به آنان بر اساس استاندارد ASTM می‌باشد .

علاوه بر آئین نامه های بین المللی فوق ، مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی که توسط دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه منتشر می‌گردد و همچنین استانداردهای سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران قانونا" لازم‌الاجرا می‌باشد .

علاوه بر این هر پروژه‌ای دارای یک مشخصات فنی خصوصی است که توسط مهندسین مشاور یا خود کارفرما تهیه و ضمیمه قرار داد می‌گردد و پیمانکار ملزم به اجرای مفاد آن می‌باشد .

بخش ۲ ـ آشنائی کلی با آزمایشات بتن:

بطور کلی می‌توان آزمایشات مربوط به بتن و مواد تشکیل دهنده آنرا به دو گروه تقسیم نمود :

الف : آزمایشاتی که بمنظور اتخاذ تصمیم و انتخاب منابع تهیه مواد تشکیل دهنده بتن انجام مـی‌گیرد و در نتیجه مناسب بودن آنرا تائید و نسبت مخلوط آنها را جهت تهیه بتن مشخص می‌سازد .

اینگونه آزمایشات باید توسط افراد متخصص و در آزمایشگاه انجام شود .

ب : آزمایشاتی که بعدا" در کارگاه انجام می‌شود و منظور از آنها تائید و تکمیل آزمایشات آزمایشگاهی است . البته در مرحله دوم نیز بعضی از آزمایشات توسط مامورین آزمایشگاه مستقر در کارگاه انجام می‌گیرد که ملاک پرداخت صورت وضعیت قرار می‌گیرد .

از جمله آزمایشات که بر روی بتن انجام می‌گیرد :

۱ ـ آزمایش تعیین کارآئی و مقدار هوای موجود در بتن تازه بوسیله اندازه‌گیری رطوبت بتن .

۲ ـ آزمایش اسلامپ (SLUMP TEST) یا افت بتن .

۳ ـ آزمایش فاکتور کوبیدگی بتن (تعیین نسبت وزن بتن نیمه متراکم به وزن بتن کاملا" متراکم) .

۴ ـ آزمایش درجه وب
۵ ـ آزمایش مقاومت فشاری بتن (آزمایش مکعب و استوانه)
در اینجا فقط به ذکر و آزمایش اسلامپ و تعیین مقاومت فشاری که در عملیات ساختمانی شبکه کابل مورد استفاده قرار می‌گیرد اکتفا می‌نمائیم .

آزمایش اسلامپ یا افت بتن

الف : قوانین آزمایش :

آزمایش اسلامپ که برای تعیین روانی بتن انجام می‌گیرد آزمایش ساده‌ای است که می‌توان آنرا در کارگاه انجام داد . نتیجه این آزمایش صد در صد دقیق نیست اما قابل قبول می‌باشد . این آزمایش را نمی‌توان در مورد بتنی که دارای شن درشت‌تر از ۵ سانتی‌متر است بکار برد .

ب : وسائل آزمایش :

۱ ـ قالب آزمایش ، باید از ورق گالوانیزه نمره ۱/۶ میلی‌متر و به شکل قطاعی از مخروطی که قطر قاعده بالا ۱۰۲ میلی‌متر و قطر قاعده پائین ۲۰۳ میلی‌متر و ارتفاع آن ۳۰۵ میلی‌متر باشد . هردو قاعده باید با هم موازی و عمود بر محور مخروط و هر دو قاعده‌باز باشند ضمنا" دو دستگیره کوچک در طرفین نزدیک قاعده بالا تعبیه شود .
۲ ـ یک میله مخصوص میل زدن از جنس فولاد با قطر ۱۶ میلی متر و طول ۶۰۰ میلی متر و سر میله باید بصورت نیم کره‌ای با قطر ۱۶ میلی متر باشد .
۳ ـ یک عدد خط کش مدرج دقیق ۵۰ سانتی
۴ ـ یکعدد صفحه صاف از جنس پلاستیک ـ فلز یا شیشه ۶۰ × ۶۰ سانت یا بیشتر .

ج : طرز نمونه برداری از بتن برای آزمایش :

چنانچه بتن بوسیله بتونیر یا بوسیله تراک میکسر در کارگاه موجود میباشد در هر دو صورت باید با یک بیلچه حداقل ۵ نمونه از دستگاه هنگام تخلیه بتن تهیه نمود بعد بتن تهیه شده را به محل آزمایش برد و چند بار با بیلچه آنرا مجددا" خوب مخلوط نمود تا اینکه بتن کاملا" یکدست و یکنواخت شود .

د : چگونگی آزمایش :

۱ ـ ابتدا قالب را خوب خیسانده و آنرا روی صفحه صاف می‌گذارند .
۲ ـ قالب را از بتنی که نمونه برداری شده در سه لایه مساوی با کمچه پر می‌کنند .
۳ ـ بعد از ریختن هر لایه بوسیله میله ۲۵ بار بصورت یکنواخت و در تمام سطح لایه بآرامی به بتن ضربه می‌زنند .

۴ ـ میل زدن لایه دوم و سوم نیز بهمین طریق انجام می‌شود بطوریکه هر بار میله کمی هم در لایه زیرین فرو برود.

۵ ـ لایه سوم را کمی بیشتر می‌ریزند بطوریکه بتن کمی نسبت به لبه قالب بالاتر باشد .

۶ـ سپس بتن را بوسیله ماله صاف کرده و آنرا هم سطح لبه قالب در می‌آورند .

۷ ـ اکنون بآرامی و بطور کاملا" قائم قالب را بر می‌دارند .

۸ ـ مشاهده می‌کنند که بتونی که بشکل مخروط ناقص در آمده کمی خود را ول کرده و باصطلاح افت پیدا می‌کند .

۹ ـ قالب را پهلوی بتن قرار داده و میله را بطور افقی روی قاعده کوچک نگه می‌دارند ، سپس خط کش مدرج را درکنار بتن قرار داده و اختلاف ارتفاع بین قالب و بتن را بدقت می‌خوانند و یادداشت می‌کنند (بر حسب سانتی متر) .

۱۰ ـ عددی را که بدست می‌آوریم ضریب شلی می‌نامند یعنی :

(ارتفاع نمونه بتن cm) ـ (ارتفاع قالب cm) = (سانتی متر) ضریب شلی

۱۱ ـ اکنون با مراجعه به جدول صحت کار خود را می‌توان آزمایش نمود .

۱۲ ـ علاوه بر بدست آوردن ضریب شلی می‌توان با فرو کردن میله بآرامی به سطح اطراف نمونه بتن میزان چسبندگی و کار پذیری و جا افتادگی بتن را از نظر گذراند ، چنانچه با فرو کردن میله ارتفاع بتن بتدریج و بآرامی کم شود ، میتوان گفت که بتن مذکور کاملا" کار پذیر و جا افتاده است و بر عکس چنانچه یکمرتبه فرو بریزد و از هم پاشیده شود بتن نامناسب است و پیوسته نمی‌باشد .

جدول پیشنهادی ضریب شلی :

در مورد استفاده از جدول باید به سه نکته زیر توجه نمود :

۱ ـ چنانچه از ویبراتور مکانیکی استفاده می‌شود باید $\frac{2}{3}$ مقادیر جدول را در نظر گرفت .

۲ ـ در هیچ حال نباید ضریب شلی بتن از ۱۵ سانتی متر بیشتر شود .

۳ ـ برای افزایش یا کاهش هر سانتی متر ضریب شلی باید مقدار آبرا یک در صد افزایش یا کاهش داد .

نوع ساختمان بتنی	ضریب شلی (سانتی متر)	
	حداقل	حداکثر
پی‌ها و پایه‌ها و شناژهای بتن مسلح	۷/۵	۱۵
پی‌ها و پایه‌ها و شناژهای بتن غیر مسلح	۲/۵	۱۰
دیوارها و تیر و تیرچه و سقف بتن مسلح	۷/۵	۱۵
ستونهای بتن مسلح	۱۰	۱۵
پیاده‌روها و کفهای واقع در روی سطح زمین	۷/۵	۱۵

جدول پیشنهادی ضریب شلی

آزمایش تعیین مقاومت فشاری بتن Compressive Strengh Test

مقاومت فشاری بتن معمولا" یک مقاومت فشاری کلی است و آن مقاومتی است بالاتر یا برابر مقاومت بدست آمده از نتایج آزمایشات ، بعلت متنوع بودن نتایج آزمایش مقاومت فشاری ، طراح بتن معمولا" یک مقاومت فشاری متوسط که بالاتر از مقاومت فشاری کلی است در نظر می‌گیرد . اختلاف بین مقاومت فشاری متوسط و کلی را اصطلاحا" " حـد " می‌گویند .

برای بررسی نتایج آزمایشات مقاومت فشاری بتن ، بخصوص هنگامی که مقاومت فشاری مـلاک پـرداخت قیمت بتن در نظر گرفته شود ، بهترین روش استفاده از روش آماری است و بطور کلی نباید فقط مقاومت فشاری را ملاک قبولی بتن قرار داد .

برای بدست آوردن مقاومت فشاری متوسط بتن می‌توان از آزمایشات زیر استفاده نمود :

۱ – آزمایش مکعب ها

۲ ـ آزمایش استوانه ها

۳ ـ آزمایش چکش ضربه زننده (چکش اسمیت)

۴ ـ آزمایش ماوراء صوت و اشعه گاما

آزمایش مکعب و استوانه اکنون در ایران بسیار رایج میباشد . نتایج آزمایش با چکش اسمیت دقیق نمی‌باشد و اصولا" آن یک وسیله اندازه‌گیری مقاومت فشاری در کارگاه است . آزمایش با ماوراء صوت و اشعه گاما در ایران رایج نمی‌باشد .

بطور خلاصه مراحل مختلف آزمایش تعیین مقاومت فشاری متوسط بتن عبارتند از :

۱ ـ نمونه برداری از بتن طبق دستورالعمل‌ها و آئین‌نامه‌ها که دربخش بعدی ذکر می‌گردد .

۲ ـ تهیه قالب های فلزی مکعب شکل یا استوانه شکل از بتن های نمونه برداری شده .

۳ ـ نگهداری قالبها در شرایط آزمایشگاهی برای بتن یا سیمان عادی بمدت ۲۸ روز و برای بتن با سیمان ضد سولفات بمدت ۴۲ روز

۴ ـ گذاشتن نمونه ها در ماشین بتن شکن (جک) و اندازه‌گیری مقاومت فشاری در آزمایشگاه صلاحیت دار .

۵ ـ صدور برگ آزمایش از طرف آزمایشگاه و اعلام نتایج آزمایش .

۶ ـ بررسی برگ‌های آزمایش از طرف کارشناس صلاحیتدار و اعلام نظریه قبولی یا ردی بتن .

بخش ۳ ـ نمونه برداری از بتن:

نکات مهم استخراج از آئین نامه‌های بتن مسلح در باره نمونه برداری و مقاومت فشاری بتن:

بر طبق آئین نامه ACI 318 هنگامی که مبنای قبولی بتن مقاومت آن باشد ، جهت هر نوع بتن لااقل باید ۵ بار و هر بار دو نمونه یعنی ده نمونه آزمایش انجام داد . تعداد آزمایش برای هر ۱۲۰ متر مکعب بتن حداقل یک آزمایش و جهت هر روز بتن ریزی نیز حداقل باید یک آزمایش انجام داد . دستگاه نظارت می‌تواند در صورت لزوم بر

تعداد آزمایشات بیافزاید . نمونه برداری از بتن بر طبق مقررات ASTM C 31 39 172 و یا آئین نامه BS 1881 یا دستورالعملهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران که تائید کننده آئین نامه های فوق می‌باشد ، باید انجام گیرد .

عمر لازم جهت آزمایش مقاومت بتن ۲۸ روز است مگر آنکه دستگاه نظارت عمرهای کمتری را مشخص نماید.

نمونه هائیکه بر طبق استاندارد تهیه می‌شود باید توسط آزمایشگاهی که صلاحیت آن قبلا" به تائید دستگاه نظارت رسیده باشد از جنبه های مختلف مورد آزمایش قرار گیرد .

حد متوسط مقاومت فشاری حاصله در هر ۳ تا ۵ بار آزمایش (بسته به نوع طراحی بتن) متوالی از نمونه هائی که در آزمایشگاه گرفته و سخت شده‌اند برای هر نوع بتن باید مساوی یا بیشتر از مقاومت مشخص شده در نقشه‌ها بوده و نمونه هائی که مقاومت آن از مقاومت مشخص شده کمتر است از ۱۰ تا ۲۰ درصد تجاوز ننماید .

هنگامی که نمونه‌های گرفته شده توسط آزمایشگاه دارای مقاومت کافی نباشد دستگاه نظارت می‌تواند ایجاد تغییراتی را در بتن برای افزایش مقاومت آن بخواهد و پیمانکار موظف است روش بهتر و مناسب تری جهت نگهداری و حفاظت بتن انتخاب نماید تا مقاومت‌های لازم بدست آید .

از نمونه هائی که توسط پیمانکار در محل کارگاه تهیه می‌شود فقط می‌توان جهت تعیین مدت برداشتن قالب‌ها و پایه‌ها و بارگذاری روی بتن استفاده نمود .

چنانچه بتن دارای مقاومت مشخص شده نباشد و ثابت گردد که این موضوع در اثر عدم حفاظت و گرفتن خوب بتن توسط پیمانکار بوده دستگاه نظارت می‌تواند انجام آزمایشاتی را بر طبق مقررات (ASTM C42) و یا آزمایش بارگذاری بر روی آن قسمت از بتن با مقاومت مشکوک را صادر نماید .

ابعاد قالب نمونه برداری :

قالب نمونه برداری از بتن به شکل مکعب می‌باشند و معمولا" ابعاد آنها نسبت به قطر بزرگترین دانه شن در بتن تغییر می‌نماید .

چنانچه حداکثر قطر شن ۴۰ میلیمتر باشد باید از قالب مکعب به ابعاد ۱۵ × ۱۵ × ۱۵ سانتی‌متر استفاده کرد .

اگر حداکثر قطر دانه‌های شن از ۲۰ تا ۲۵ میلی متر تجاوز نکند می‌توان از قالب مکعب به ابعاد ۱۰ × ۱۰ × ۱۰ سانتی‌متر استفاده نمود .

در صورتیکه حداکثر قطر شن از ۴۰ میلیمتر تجاوز نماید باید از مکعب به ابعاد ۲۰ × ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر استفاده نمود .

هنگامی که نتایج بدست آمده از مکعب های آزمایشی رضایت بخش نباشد می‌توان از استوانه های آزمایشی استفاده نمود که در اینصورت می‌توان از استوانه بابعاد ۳۰ × ۱۵ سانتی‌متر استفاده کرد .

جنس قالب نمونه برداری :

قالب نمونه باید از جنس فلز باشد و معمولا" از قالب‌های فولادی یا چدنی استفاده می‌شود . استفاده از قالبهای

چوبی مجاز نمی‌باشد .
سایرمشخصات قالب عبارتند از :
۱ ـ سطوح داخل قالب ها باید کاملا" موازی با یکدیگر بوده و بطورکامل صیقل داده شده و صاف باشند .
۲ ـ قالبها باید از دو قسمت تشکیل شده باشند . صفحات بدنه و صفحه فلزی زیرین که بوسیله پیچ به یکدیگر متصل می‌شوند . صفحه فلزی زیرین قالبهای فلزی بوسیله فنر هم می‌توانند به بدنه متصل شوند .
۳ ـ صفحه فلزی زیرین باید از فلزکاملا" مقاوم باشد وکاملا" صاف چه در غیر اینصورت شیره بتن به بیرون نفوذ خواهد کرد .
۴ ـ بطورکلی صفحه فلزی زیرین و بدنه‌ها باید طوری بهم متصل شوند که در موقعی که قالب بسته می‌شود تمام زوایای داخلی آنها به همدیگر کاملا" عمود باشند .

سنبه فلزی مخصوص کوبیدن (رامر چهارگوش) :

یک میله فولادی بطول ۳۸ تا ۴۰ سانت با سطح مقطع مربع شکل به ابعاد ۲/۵ سانت (سطح مقطع ۶۲۵ میلی‌متر مربع) و وزن کل ۱/۸ کیلوگرم باید جهت کوبیدن بتن قالب‌ها تهیه شوند .

طرز نمونه برداری :

در موقع نمونه برداری باید نکات مهم زیر حتما" رعایت گردد .
۱ ـ قبل از هر چیز باید اطمینان حاصل نمود که قالبهای فلزی کاملا" تمیز و هیچگونه بتن کهنه یا مواد دیگر به جداره یا کف آن چسبیده نباشد .
۲ ـ قالب ها باید بطورکامل بهم متصل و درزی بین آنها نباشد .
۳ ـ قالب‌ها باید سطح داخلی‌شان کاملا" روغن مالی شوند تا از چسبندگی بتن به جداره جلوگیری شود .
۴ ـ هنگام بستن و باز نمودن قالبها دقت شود که به پیچ‌های صفحات جداره و کف فشار بیش از حد وارد نشده چه این موضوع باعث تغییر شکل قالب خواهد شد .
۵ ـ دقت شود نمونه هائی که برای آزمایش فرستاده می‌شوند از بتنی برداشته شود که درکار مورد استفاده قرار می‌گیرد .
۶ ـ نمونه بتن باید بعد از خروج از دستگاه مخلوط کننده یا از محلی که بتن ریخته می‌شود برداشته شود .
۷ ـ در صورتیکه از دستگاه مخلوط کننده برداشته می‌شود باید اینکار در سه مرحله انجام شود مرحله اول بعد از آنکه یک چهارم و قسمت دوم بعد از نصب و مرحله سوم بعد از آنکه سه چهارم بتن از دستگاه مخلوط کننده خارج شد ، برداشته شود .
۸ ـ زمانیکه نمونه از بتنی که در محل ریخته می‌شود تهیه می‌گردد باید نمونه از پنج نقطه مختلف برداشته شود سپس بوسیله یک بیلچه خوب با هم مخلوط گردد . سپس نمونه نهائی از این مخلوط تهیه و در قالبها ریخته شوند .

۹ ـ برای تهیه مکعب های ۲۰ × ۲۰ × ۲۰ و ۱۵ × ۱۵ × ۱۵ سه لایه بتن بصورت مجزا در قالب ریخته و جهت مکعب ۱۰ × ۱۰ × ۱۰ فقط دو لایه بتن کافی است .

۱۰ ـ هر لایه بتن که ریخته می‌شود باید بوسیله سنبه (میله فولادی رامر) حداقل ۲۵ بار برای مکعب ۱۰×۱۰×۱۰ و حداقل ۳۵ بار برای مکعب ۲۰ × ۲۰ × ۲۰ و ۱۵ × ۱۵ × ۱۵ سانتی‌متر به آن ضربه زد . هنگام ضربه زدن باید قالب روی سطح کاملا" صاف قرارگیرد .

۱۱ ـ ضربات سنبه باید طوری باشد که تمام سطح لایه بتن را بپوشاند و ضربه زدن فقط به یک گوشه یا نقطه خاصی بی نتیجه خواهد بود .

۱۲ ـ در موقع ریختن لایه آخر دقت شود که این لایه کمی بیشتر ریخته شود که بعد از کوبیدن این لایه ، بتن سطح قالب بوسیله ماله کاملا" صاف بطوریکه با سطح قالب کاملا" همطراز شود .

۱۳ ـ نمونه‌های گرفته شده باید در محل مخصوصی دور از تابش حرارت و ارتعاش در دمای ۵ + ۲۰ درجه سانتیگراد بمدت ۱۶ تا ۲۴ ساعت نگهداری شوند و در این مدت بوسیله پارچه ضخیم و مرطوب یا طرق دیگر کاملا" مرطوب نگاهداشته شوند .

۱۴ ـ بلافاصله بعد از ۲۴ ساعت باید روی سطح بتن قالب بوسیله ناظر علامت گذاری شود یعنی شماره حوضچه و محل آن و تاریخ نمونه برداری روی آن با رنگ نوشته و تحویل نزدیک ترین آزمایشگاه صلاحیت‌دار نظیر آزمایشگاه مکانیک خاک وزارت راه و ترابری گردد .

۱۵ ـ توجه شود که نمونه ها حتما" همراه قالب تحویل آزمایشگاه گردد تا بوسیله خود مامور آزمایشگاه از قالب باز و مراحل بعدی آن طی گردد .

۱۶ ـ جهت حمل مکعب ها از محل کارگاه تا محل آزمایشگاه باید آنها را درکیسه های نایلونی کاملا" پیچید تا از خروج رطوبت آنها جلوگیری گردد .

۱۷ ـ چنانچه شرایطی پیش آید رساندن قالب نمونه ها به آزمایشگاه بلافاصله پس از ۲۴ ساعت میسر نباشد باید بعد از ۲۴ ساعت تا هنگامی که به آزمایشگاه تحویل شود قالبها در ظرف آبی تمیز با حرارت ۲ + ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفته و زمانی که به آزمایشگاه تحویل داده می‌شود باید درجه حرارت آب و مدت زمانی که بعد از ۲۴ ساعت قالبها در زیر آب بوده دقیقا" به آزمایشگاه گزارش شود .

نتیجه مطلوب نمونه برداری :

موفقیت کامل در امر نمونه برداری و گرفتن یک نتیجه مطلوب که همانا مقاومت خواسته شده می‌باشد بستگی به دو عامل زیر دارد .

۱ ـ قالبها باید بوسیله فرد کار آزموده و با تجربه تهیه گردد و این فرد باید در سراسر عملیات بتونی عهده‌دار این وظیفه باشد .

۲ ـ رعایت نکات اشاره شده مخصوصا" مرطوب نگاهداشتن قالبها در دمای معین و ویبره نمودن (ضربه زدن) آن بطرز صحیح و تحویل بموقع آن به آزمایشگاه .

فصل ششم

تعمیرات بتن

بخش ۱ - وصله کاری بتن:

پس از اتمام دوره گرفتن بتن و برداشتن قالبها ، باید بدقت بتن را بازرسی نمود و نقاط معیوب آنرا مشخص و یادداشت نمود .

معمولا" نقاط معیوب عبارتند از :

۱ ـ سطح بتن ممکن است متخلخل یا کرمو باشد .

۲ ـ سطح بتن ممکن است پوک و سست باشد .

۳ ـ در محل درزها شکستگی باشد .

۴ ـ در سطح بتن شکم دادگی وجود داشته باشد یا بتن از درزهای قالب بیرون زده باشد .

۵ ـ در اثر برداشتن قالب سطح بتن و گوشه‌های آن کنده شده و آسیب دیده باشد .

۶ ـ جای پیچهای قالب یا میخهای آن و سیمها تنگ مانده و مرمت نشده است .

۷ ـ ترکهای سطحی در بتن وجود داشته باشد .

مهلت تعمیر عیوبات :

تجربه نشان داده است که نقاط معیوب فوق الذکر در بتن باید هر چه زودتر تا زمانی که بتن تازه است تعمیر گردد بدین علت که تا هنگامی که بتن تازه است چسبندگی بین وصله و قسمت اصلی بهتر انجام می‌گیرد و باحتمال زیادتر دوام نقاط تعمیر شده و پیوستگی آنها مانند نقاط دیگر بتن خواهد شد .

بنابراین بهتر است حداکثر تا ۲۴ ساعت پس از برداشتن قالبها تعمیر را انجام داد .

اکنون به ذکر نکاتی در مورد چگونگی تعمیر و وصله کاری بعضی عیوبات می‌پردازیم :

الف : تعمیر بیرون زدگی بتن از درز قالب و شکم دادگی مختصر بتن:

در چنین مواردی که زیاد دیده می‌شوند بهترین روش سابیدن بیرون زدگی‌ها که معمولا" بشکل تکه های اضافی روی سطح بتن هستند ، بوسیله سنگ ساب سیلیسی از جنس سخت و زبر است . باید توجه نمود که شکم دادگی‌های خیلی مختصر را می‌توان به این روش برطرف نمود .

ب : تعمیر و وصله کاری سطوح کرمو ، پوک و متخلخل با ضخامت کم :

در مورد تعمیر اینگونه سطوح باید به نکات زیر توجه نمود :

۱ ـ ابتدا باید سطح معیوب را باندازه تراشید و برداشت تا به بتن محکم و پیوسته و سالم رسید .

۲ ـ شکل هندسی این کنده کاری طوری باید باشد که حتی الامکان دارای لبه‌های راست و گوشه‌های قائم باشد.

۳ ـ حداقل بمدت ۱۲ ساعت باید محل وصله را آبپاشی کرد و کاملا" خیساند .
۴ ـ پس از درست کردن ملات مورد نظر (ملات ماسه سیمان) باید به ملات کمی فرصت داد تا خود را کمی بگیرد و سپس آنرا بکار برد . زیرا در غیر اینصورت چنانچه ملات بلافاصله بکار رود ملات افت کرده و وصله کاری خراب می‌شود .
۵ ـ سطح معیوب را بهیچ وجه نباید یکجا با یک لایه ملات اندود کرد زیرا بتن قدیمی آب ملات را مکیده و در نتیجه ملات طبله می‌کند و می‌ریزد . بهتر است آنرا با چند لایه ملات اندود کرد بطوریکه ضخامت هر لایه اندود از یک سانتی‌متر بیشتر نشود . هر لایه ملات را باید با فشار زیاد روی لایه زیرین مالید تا چسبندگی بین لایه‌ها بخوبی انجام شود .
توجه مهم : باید دقت شود که کرمو و پوک بودن و تخلخل بتن در سطح جزئی و کم و ضخامت اندک قابل قبول است و می‌توان آنرا تعمیر کرد . چنانچه این عیوبات در سطح بسیار وسیع باشد بتن قابل قبول نبوده و باید تخریب گردد .

ج : تعمیر و وصله کاری سطوح معیوب با عمق زیاد :

چنانچه سطوح معیوب عمیق باشد بترتیب زیر باید عمل نمود :
۱ ـ پس از خراب کردن و برداشتن قسمت معیوب باید با استفاده از قالب چوبی قسمت معیوب را قالببندی کرد.
۲ ـ سپس با استفاده از میله گرد قسمت معیوب را آرماتور بندی نمود .
۳ ـ پس از آب دادن و خیساندن قسمت معیوب یک خمیر آب و سیمان باید درست کرد و سطوح اطراف وصله مالید . سپس با دقت تمام بتن ریزی کرد .
۴ ـ بلافاصله بعد از بتن ریزی و در دوره گرفتن بتن باید قسمت بتن وصله را باگونی خیس مرطوب نگاهداشت و مرتب آب داد .

د : تعمیر و وصله کاری سطوح معیوب با سطح زیاد :

چنانچه سطح قسمت معیوب وسیع باشد بشرح زیر عمل می‌نمائیم :
۱ ـ هنگامیکه ضخامت لبه‌های قسمت معیوب نازک و شکننده باشد باید ابتدا ضخامت آنرا بیشتر نمود و حداقل تا عمق ۵ سانتی‌متر آنرا تراشید و لبه‌های آنرا تیز گوشه نمود .
۲ ـ پس از آب دادن باید آنرا بتن ریزی کرد و کمی بتن بیشتری ریخت تا از قسمت لبه بالاتر باشد بخاطر اینکه بعدا" آنرا ماله کشی کرد تا سطح آن هم سطح بتن قدیمی شود .

ر : تعمیر جای خالی پیچ های قالب روی بتن:

برای تعمیر محل خالی پیچ ها باید بترتیب زیر عمل نمود :

۱ ـ ابتدا محل پیچ را خوب پاک کرده و آب می‌دهیم و می‌خیسانیم .
۲ ـ ملات ماسه سیمان غلیظ درست کرده و کم کم در محل ریخته و می‌کوبیم .

بخش ۲ ـ اتصال بتن نو و کهنه و اتصال آهن آلات به بتن:

بتنی راکه مدتها قبل ساخته شده و احتیاج به تعمیر دارد می‌توان با رعایت نکات زیر تعمیر و وصله نمود .
۱ ـ قبل از هر چیز باید بتن را بخوبی بازرسی کرد و نقاط معیوب راکه سست و ضعیف هم هستند علامت گذاری کرد .
۲ ـ سپس حجم بتنی راکه باید کنده شود بطور تقریبی برآورد کرد و شروع به کندن آنها نمود همیشه بهتر است کمی بیشتر از حد لازم کنده کاری کرد .
۳ ـ سطوح کنده شده را ابتدا با هوای فشرده با آب کاملا" تمیز نموده و سپس آنرا خوب خیس می‌کنیم . خیس کردن بتن کهنه کمال اهمیت را دارد چه بدون آن اتصال بین بتن کهنه و نو انجام نخواهد گردید .
۴ ـ چنانچه ابعاد کنده کاری کوچک باشد باید آنها را به شکل مربع و مربع مستطیل با ضخامت حداقل ۳ تا ۵ سانت یا گوشه‌های راست کند .
۵ ـ برای تعمیر سطوح بزرگ و با اهمیت مثل پی و پایه و دیوار سقف ضخامت وصله حداقل باید ۱۵ سانت باشد .
۶ ـ چنانچه بتن مسلح باشد باید اطراف میله گردها را حداقل ۲/۵ سانت لخت کرد .
۷ – بعد از خیس خوردن کامل بتن کهنه باید بتن جدید را لایه لایه ریخت و هر لایه را بخوبی کوبید و بعد مدتی صبر کرد تا بتن آفت خود راکرده تا از افت نهائی آن جلوگیری کرد .
۸ ـ باید توجه داشت که بتن باید شل باشد و وصله کاری ممکن است احتیاج به قالب بندی و آرماتورگذاری مجدد داشته باشد . که اینکارها بستگی به ابتکار و تجربه تعمیرکار دارد .
۹ ـ آب دادن بعدی وصله و نگهداری در درجه حرارت مناسب بسیار با اهمیت در ایجاد یک اتصال خوب می‌باشد .

اتصال آهن آلات به بتن:

برای اتصال ماشین آلات و اسکلت فلزی کوچک یا بزرگ به کف و پی یا دیوار بتنی معمولا" از بولت با انواع گوناگون و صفحه فلزی پایه دار (بیس پلیت) استفاده می‌کنند . انجام صحیح اتصال بستگی به مهارت و تجربه دارد .
بولت هائی که دارای غلاف لوله‌ای هستند ، غلاف لوله‌ای قبلا" در بتن قبل از موقع بتن ریزی دقیقا" جاگذاری شده و پس از بتن ریزی و گرفتن بتن بولت ها را می‌توان در غلاف لوله‌ای کارگذاشت و اطراف بولت را نیز با بتن پر کرد .
انواع دیگر بولتها جهت اتصال بولتهای سرکج است ، همچنین می‌توان بولت را بعد از آنکه بتن سفت شد

بوسیله مته یا تفنگ‌های مخصوص درون بتن کارگذاشت (انواع رول بولت ها) . اما به تجربه کارگذاشتن آنها قبل از بتن ریزی نتیجه بهتری می‌دهد ، زیرا اغلب در هنگام سوراخ کردن بتن ضایعاتی بآن وارد می‌شود که در نتیجه بولت نیز کاملا" در آن محکم نشده و بعد از مدتی سست شده و می‌افتد .
معمولا" برای دقت در کارگذاشتن غلاف لوله ای بولتها در هنگام بتن ریزی از شابلون استفاده می‌کنند ، تا سطح بالای غلاف کاملا" تراز شده و هم سطح رویه نهائی بتن شود ، صفحات فلزی پایه دار را نیز در بتن مسلح قبلا" به آرماتورها بطور محکم اتصال داده و با دقت بتن ریزی می‌کنند تا سطح صفحه نیز کاملا" با سطح بتن تراز شود. اتصالات دیگر ممکن است به صفحات فلزی جوش شوند .
در حوضچه ها اتصال صفحات فلزی گالوانیزه پایه دار به آرماتورهای سقف و کف و اتصال سنتر راکها بوسیله بولت به دیواره و کف و سقف حوضچه را مشاهده خواهیم نمود .

فصـــل هفتـــم

گودبرداری و پی‌کنی ـ عملیات خاکی EXCAVATIONS

بخش ۱ ـ آشنائی کلی با نوع و جنس زمین:

بطور کلی در اکثر عملیات ساختمانی و خاکی و حفاریها باید اطلاعاتی از خاکشناسی و مکانیک خاک داشت مخصوصا" در کارهای مهم و طرحهای عمرانی باید قبل از انجام مسیر یابی یا تهیه نقشه جنس زمین از طرف آزمایشگاه مکانیک خاک از نقطه نظرهای مختلف آزمایش گردد. اطلاعات و نتایج این آزمایشها برای طراحی و مسیر یابی و تهیه نقشه‌های تفضیلی امری ضروری است.

بحث در باره جنس و نوع زمینها و طبقه بندی آن چون بسیار وسیع است از حوصله این جزوه خارج است. در اینجا فقط بطور خلاصه به طبقه بندی زمینهای فلات ایران از نظر جنس و طرزکندن و جابجاکردن اشاره نموده ، دانستن حداقل اطلاعات در اینمورد هنگام حفاری و گود برداری جهت حوضچه‌ها و حفر کانالها و برخورد کابل با موانع طبیعی ضروری است.

طبقه بندی زمین:

۱ ـ زمینهای بیلی :

زمینهائی هستند که تنها با بیل برداشته و جابجا می‌شوند و احتیاج به کندن ندارند. جنس این زمینها از ماسه ، شن ، خاک خشک دان می‌باشد. حجم اینگونه زمینها پس از برداشتن ۱۰ تا ۱۵ درصد زیاد می‌شود و بعبارت دیگر پف می‌کنند و بعد از جابجاکردن و توپرکردن مجددا" خیلی نشست می‌کنند. از انواع دیگر این زمینها ، زمینهای ماسه‌ای نرم کنار دریا هستند. بطور کلی اینگونه زمینها در شرایط معمولی قابل استفاده برای ساختمان نمی‌باشند. ضمنا" زمینهای خاک زراعتی و خاک برگی و خاک دستی نیز از این نوع زمینها هستند.

۲ ـ زمینهای پابیلی :

زمینهائی هستند که بوسیله فشار پا روی بیل جابجا می‌شوند و نیاز به کندن ندارند. چسبندگی دانه هایش به همدیگر بیش از زمین بیلی است. مثال اینگونه زمینها شن و ماسه در هم خاکدار مسیلها و زمینهای باغی ، ماسه بادی نمناک است. این زمینها نیز در موقع خاکبرداری پف کرده و هنگام خاکریزی و متراکم کردن زیاد نشست می‌کنند و برای ساختمان مناسب نمی‌باشند.

۳ ـ زمینهای کلنگی :

این زمینها را باید بوسیله کلنگ کند و جابجا نمود. چسبندگی دانه های آن به همدیگر از زمینهای پابیلی بیشتر است. مثال اینگونه زمینها عبارتند از بیشتر زمینهای خاکی فلات ایران ، زمینهای شن و بوم و ماسه خاکدار توپر.

اینگونه زمینها نیز پس از ریختن و جابجا کردن و توپر کردن نشست می‌کنند و بنابراین زیاد مناسب جهت ساختمان نمی‌باشند .

۴ ـ زمینهای دجی :

اینگونه زمینها باید بوسیله کلنگ با نیروی زیاد و پتک و مته دستی ، مته بادی و برقی (کمپرسور) کنده و جابجا شوند و دانه های آن بسیار خوب و محکم بهم چسبیده و توپر هستند . اینگونه زمینها نیز نشست می‌کنند بمقدارکم و برای ایجاد ساختمان مناسب اند ، مثال اینگونه زمینها ، سنگهای خاک رسی و گل آهکی و زمینهای رسی خشک و سالم اند . زمینهای رسی مرطوب و آبدار که حالت خمیری دارند در شرایط معمولی مناسب نمی‌باشند .

۵ ـ زمینهای سنگی : که عمدتا" بر چهار دسته‌اند .

الف : زمینهای سنگی سست : مانند سنگ گچ و ماسه سنگ سست و سنگ خاک رسی و زمینهای قلوه سنگی بستر مسیلها ، کندن اینگونه سنگها احتیاج به مواد سوزا ، ندارد و باکلنگ و دیلم و مته دستی و کمپرسور کنده می‌شود .

ب : زمینهای سنگی نیمه سخت : مانند سنگهای شیست سیلیسی و سنگ دج که می‌شود آنها را به خوبی بارگذاری نمود و باید بوسیله مواد منفجره آنها راکند .

ج : سنگهای سنگی سخت : مانند بازالت

د : سنگهای سنگی خیلی سخت : که از سنگهای آذری سخت و یکپارچه‌اند ، مانند گرانیت

بخش ۲ ـ آشنائی کلی با اصول گودبرداری و پی کنی ـ عملیات خاکی :

اصولا" گودبرداری و پی کنی و عملیات خاکی یا بوسیله دست و یا بوسیله ماشین صورت می‌گیرد و انتخاب وسیله کاملا" بستگی دارد به اولا" نوع و جنس زمین و ثانیا" ابعاد گودبرداری و پی کنی و عملیات خاکی ، اینگونه عملیات چه با دست و چه با ماشین آلات باید بر طبق نقشه های تفضیلی انجام گیرد .

معمولا" گودبرداری و پی کنی و عملیات خاکی شامل خاکبرداری و خاکریزی و تسطیح و کوبیدن و آبپاشی خاک است .

خاکبرداری :

منظور از خاکبرداری کلیه عملیاتی است که در زمین طبیعی برای برداشتن خاکهای محوطه گودبرداری و پی کنی انجام می‌گیرد . قبل از خاکبرداری باید محل بخوبی بررسی و ۲ کروکی محل خاکبرداری دقیقا" تهیه و سپس با تائید دستگاه نظارت انجام شود .

خاکبرداری باید عیناً" طبق نقشه و تا عمقی که معین شده است صورت گیرد ، چنانچه اشتباهاً" بیش از ابعاد تعیین شده در نقشه‌ها مخصوصاً" در مورد کف پی ، خاکبرداری شود باید حجم اضافی توسط بتن ضعیف و یا مواد دیگری که از طرف دستگاه نظارت تعیین خواهد شد پر گردد .

جدار محل خاکبرداری شده بطور کلی باید قائم باشد . چنانچه جنس زمین اقتضا کند که جدار محل خاکبرداری شده را بطور شیروانی در آورند و یا برای جلوگیری از ریزش چوب بست نمایند . انجام هر یک از دو حالت منوط به اجازه دستگاه نظارت است . بطور کلی بمنظور جلوگیری از ریزش خاک به هنگام گودبرداری بدنه های گود را شیب می‌دهند . زاویه ریزش خاک را به (آلفا) نمایش می‌دهند و این زاویه در زمینهای مختلف به ترتیب زیر می‌باشد :

زمین دج و محکم و خوب	$\alpha = ۹۰$
زمین خاک رس محکم و خشک	$\alpha = ۶۵$
زمین زراعتی	$\alpha = ۵۰$
زمین ماسه‌ای خالص و خشک	$\alpha = ۲۰$
زمین خاک رس مرطوب	$\alpha = ۲۰$

همانطور که مشاهده می‌کنیم زاویه ریزش با استحکام و مرغوبیت زمین نسبت مستقیم دارد و هر چه از زمینهای مناسب به غیر مناسب نزدیک شویم آلفا کمتر می‌شود .

در زمینهائی که ریزش داشته و زمینهای مجاور آن نیز متعلق به سایرین می‌باشد و نتوان سطح شیبدار درست نمود باید بهنگام خاک برداری از چوب بست استفاده نمود . کف محل خاکبرداری شده باید صاف و هموار باشد و در صورت لزوم برای تقسیم فشار طبق نقشه‌های اجرائی قشری از ماسه بضخامت ۵ سانت ریخته و کوبیده و یا تدابیر دیگری که در نقشه قید شده است اتخاذ نمود .

باید دقت شود که محل خاکبرداری باید باندازه کافی وسیع باشد که در موقع ساختن پی جای تکان خوردن افراد و همچنین نصب کانال زهکشی در صورت لزوم باشد .

همانطور که قبلاً" گفته شد خاکبرداری بسته به نوع و جنس زمین و ابعاد محل خاکبرداری ممکن است بصورت دستی یا ماشینی انجام گیرد . اکنون به ذکر نکاتی در مورد خاکبرداری با دست می‌پردازیم .

خاکبرداری با دست :

معمولاً" چنانچه زمین از نوع گل و لای و ماسه یا شن تشکیل شده باشد یعنی زمینهای بیلی و پا بیلی عمل خاکبرداری براحتی با بیل انجام می‌پذیرد . در صورتیکه زمین از نوع خاک رس خوب و خشک و یا دج باشد یعنی زمینهای کلنگی و دجی باشد می‌توان ابتدا بوسیله کلنگ آنرا سست نموده و بعد با بیل خاکبرداری نمود . انجام اینگونه خاکبرداریها با دست (بوسیله کارگر) بستگی به این دارد که ابعاد خاکبرداری کوچک باشد در غیر اینصورت بمنظور جلوگیری از هزینه و اتلاف وقت بهتر است خاکبرداری بوسیله ماشین صورت گیرد ، معمولاً" چنانچه عمق محل گود برداری تا ۲ متر باشد ممکن است خاک سست و یا کلنگی شده و یا بوسیله پتک و مته و

دیلم سست شده چنانچه از نوع دجی سخت باشد ، بوسیله بیل بطور افقی یا قائم جابجا شود . در خاکبرداری افقی فاصله پرتاب حداکثر می تواند ۳ یا ۴ متر باشد یعنی یک کارگر متوسط می تواند با بیل خاک را تا فاصله ۳ یا چهار متری پرتاب کند و در صورتیکه عمل پرتاب در جهت عمودی و ارتفاع صورت گیرد ، حداکثر ارتفاع پرتاب خاک ۲ متر خواهد بود .

اگر محل گودبرداری از ۲ متر عمیق تر باشد عمل خاکبرداری باید با استفاده از طریقه پلکانی یا خرک و چوب بست و یا طریقه شیبدار و با وسائل مکانیکی (بیل مکانیکی و غیره) انجام گیرد .

خاکبرداری در زمینهای سنگی چنانچه از نوع سنگی سست و نیمه سخت (ردیفهای الف و ب بخش گذشته) باشند می توانند بوسیله بلدوزرهای قوی ابتدا سست شده سپس توسط لودر جابجا و توسط کامیون حمل گردند .

خاکبرداری در زمینهای سنگی سخت و خیلی سخت (ردیف‌های ب و ج) ابتدا باید بوسیله مواد منفجره سنگها را منفجر و بعد بوسیله ماشین آلات سنگین خاکبرداری نمود .

خاکریزی :

خاکریزی معمولا" بوسیله همان خاکهائی که خاکبرداری شده‌اند بشرط آنکه خاک مرغوب باشند ، یعنی از نوع خاکهای زراعتی ـ لجنی ـ ماسه بادی و خاک دستی نباشند ، انجام می‌شود البته تشخیص این موضوع با دستگاه نظارت است . چنانچه این خاک مرغوب نباشد باید از خاک قرضه و معادن خوب با تصویب و اجازه دستگاه نظارت ، استفاده نمود .

قشرهای خاکریزی باید در لایه‌های با ضخامت حداکثر ۳۰ سانت طبق مشخصات انجام و هر لایه را بعد از آبپاشی با غلطک یا کمپکتورهای موتوری و دستی بسته به ابعاد و حجم محل خاکریزی ، کوبید و تو پر کرد و بعد لایه بعدی را ریخت .

کوبیدگی خاک بر اساس آئین نامه آشو AASHO انجام و آزمایشهای آن بر اساس ASTM توسط آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شود و ملاک عمل پرداخت هزینه آن در صورت وضعیت پیمانکار می‌باشد .

بخش ۳ ـ آشنائی مختصر با ماشین آلات گودبرداری و پی کنی و عملیات خاکی :

همانطور که گفته شد چنانچه حجم گودبرداری و پی کنی و عملیات خاکی زیاد باشد باید از ماشین آلات سنگین استفاده کرد .

برای گود برداریها می‌توان از بیل مکانیکی و دراگ لاین استفاده کنیم . حجم باکت (بیل) این دستگاهها با حجم‌های مختلف برای کارهای مختلف می‌باشند مثلا" بیل مکانیکی با ظرفیت باکت $\frac{1}{2}$ متر مکعب می‌تواند مثلا" در زمینهای رسی آبدار در هر ساعت ۲۵ متر مکعب خاکبرداری کند .

برای خاکبرداری در زمینهای سخت و سنگی از بلدوزرها با قدرت های متفاوت استفاده می‌کنند . بلدوزرها دارای یک تیغه بزرگ در جلو می‌باشند که بوسیله بازوهائی که دارد می‌تواند این تیغه در تمام جهات حرکت کند

و همچنین (تیغه) یا چنگک هائی در عقب دارد که برای خراش دادن از آن استفاده می‌کند . کار بلدوزر بطور عمده کندن و هل دادن خاک است . بلدوزرها همه چرخ زنجیری هستند .
لودر وسیله دیگری است که چرخ لاستیکی است و در جلوی آن یک جام است با ظرفیتهای مختلف که بصورت افقی و عمودی حرکت می‌کند . کار لودر بطور عمده خاکبرداری و خاکریزی و بارکردن کامیونها است و جابجا نمودن خاکهائی که بوسیله بلدوزر کنده شده . برای حمل خاک از کامیون ها برای فواصل زیاد و دامپر برای فاصله کم و حجم کم خاک استفاده می‌شود .
بطور کلی استفاده از ماشین آلات احتیاج به برنامه ریزی و تجربه دارد و باید با توجه به حجم کار و نوع ابعاد و مدت انجام کار و جنس زمین و عوارض آن و مسائل اقتصادی ، نوع ماشین آلات را تعیین نمود تا بهترین بازده را بدست آورد .

فصـــــل هشتـــــم

حوضچه‌های بتنی Concrete Manhole

حوضچه های بتنی محفظه ای کوچک یا بزرگ بتنی هستند که در تاسیسات شهری مثل آب ، برق ، گاز ، تلفن ، فاضلاب و غیره استفاده می‌شوند ، این محفظه ها معمولا" دارای یک قسمت ورودی و خروجی در پائین و یک یا چند درب چدنی در سطح خیابان هستند . حوضچه ها بسته به نوع کار و استفاده از آنها دارای ابعاد و اشکال مختلف هستند و هر سازمان مربوط به تاسیسات فوق الذکر دارای یک نوع استاندارد درمورد حوضچه‌ها می‌باشند . این حوضچه‌ها در قدیم بصورت بلوکی نیز ساخته می‌شده است . در این قسمت فقط از لحاظ ساختمانی در مورد حوضچه‌ها بحث خواهد گردید .

بخش ۱ ـ حوضچه‌های بلوکی قدیمی :

اینگونه حوضچه معمولا" با دیوارهای بلوکی یک یا دو ردیفه توپر یا تو خالی ساخته شده‌اند که سقف آنها با تیر آهن و دالهای بتنی و یا تیر آهن و طاق ضربی بوده است . ساخت این حوضچه‌ها به لحاظ اشکالات فنی زیاد امروزه مردود شناخته شده است . در اینجا می‌توانیم به بعضی از این نواقص اشاره کنیم :

۱ ـ رعایت استاندارد ساخت و بنائی با بلوکهای سیمانی :

همانطورکه در فصل اول (بخش ۴) در باره بلوکهای سیمانی بحث گردید ، ساخت بلوکها باید طبق استاندارد شماره ۷۰ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران باشد و حداقل مقاومت فشاری بلوکهائی که تحمل بار می‌کنند باید ۶۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد . متاسفانه اغلب بلوکهائی که درکارگاهها تهیه می‌گردد کاملا" غیر استاندارد و غیر مقاوم می‌باشد . و البته فراهم نمودن شرایط استاندارد جهت ساخت بلوکها مستلزم هزینه بیشتری است . بعلاوه بنائی با بلوک سیمانی نیز باید تحت شرایط خاص و دستورالعملهای معینی انجام گیرد . ضمنا" مسئله ایجاد درز انبساط و قفل و بست آن با ستونهای بتنی یا فلزی مجاور و اتصال آهن آلات بآنها خود مشکلات دیگری را ایجاد می‌کند . بنابراین با یک جمع بندی در مورد هزینه و اتلاف وقت و مشکلات در باره استفاده از بلوک به برتری استفاده از بتن مسلح پی خواهیم برد .

۲ ـ تحمل بار وارده :

چون اغلب حوضچه‌ها در ارتفاعی زیر زمین قرار می‌گیرند باید بارهای وارده ناشی از بارهای محوری و بارهای گسترده سطحی و فشارهای جانبی را تحمل نماید که کلیه این بارها در طراحی حوضچه‌های بتن آرمه دقیقا" محاسبه می‌گردند . با یک مقایسه ساده بین بتن آرمه و بلوکی که حتی فاقد آرماتور هستند برتری بتن آرمه کاملا" نمایان می‌گردد . مقایسه سقف حوضچه‌های بلوکی و بتن مسلح نیز دلیل دیگری بر برتری حوضچه‌های بتنی است .

۳ ـ مسئله یکپارچه بودن و عایق بندی :

مسئله یکپارچه گردیدن کف و دیوارها و سقف حوضچه‌های بلوکی نیز خود مشکلاتی در بر دارد در صورتیکه در حوضچه های بتنی مسلح ، این امر خود بخود با آرماتور بندی بصورت کلاف و قالب بندی و بتن ریزی تامین می‌گردد .

نفوذ آبهای سطحی و آب باران و آبهای زیر زمینی در حوضچه‌ها و موضوع عایق بندی حوضچه ها نیز به تجربه نشان داده است که در اینمورد حوضچه های بتن آرمه از کیفیت بسیار بهتر و برتری برخوردار هستند .

۴ ـ تعمیر و نگهداری حوضچه ها :

بر خلاف تصور تعمیر و نگهداری حوضچه های بتن آرمه به مراتب آسانتر و کم هزینه تر از حوضچه های بلوکی است و بعلاوه عمر حوضچه‌های بتن آرمه و بلوکی با یکدیگر قابل مقایسه نمی‌باشند .

بنا به دلائل و نواقص فوق الذکر و دلائل دیگر که ذکر آنها از حوصله این جزوه خارج است به صلاح و صرفه بودن ساخت حوضچه‌ها بصورت بتن آرمه کاملا" روشن می‌گردد .

بخش ۲ ـ حوضچه های بتن آرمه در محل ساز Cast in place Concrete MH

حوضچه های بتنی مسلح یا بصورت در محل ساز و یا بصورت پیش ساخته می‌باشند . ابتدا بطور خلاصه به ذکر مراحل مختلف ساخت حوضچه‌های در محل ساز می‌پردازیم .

۱ ـ طرح حوضچه :

طرح حوضچه یعنی ابعاد و تعداد ترمیناتورهای ورودی و خروجی و سایر مشخصات بصورت نقشه گسترده توسط طراح بر حسب نیازها و استانداردها و آرایش کابل و غیره تهیه می‌گردد . حداقل فضای داخل حوضچه‌ها باید به حدی باشد که علاوه بر فضای مورد نیاز جهت کابلها و سایر وسائل مربوط بآنها ، فضا جهت حداقل یک نفر نیز داشته باشد .

حوضچه های 1K و 3K و حوضچه 10K - 5 و حوضچه های 20K و 30K که مقطع حوضچه های 3K - 1 و 10k-5 بصورت مجموعه یک مستطیل و یک ذوزنقه با یک ضلع مشترک و حوضچه های 20K و 30K نیز دارای مقطعی از یک مجموعه مستطیل و ذوزنقه با یک ضلع مشترک است . حوضچه های 3K - 1 و 10K - 5 بنام حوضچه‌های مادر نیز نامیده می‌شوند .

حوضچه‌های رابط که معمولا" بین حوضچه مادر و اطاق کابل قرار می‌گیرند شکل هندسی مختلط دارند . حوضچه‌های متفرقه دیگر نیز هست که بر حسب نیاز و موقعیت محلی طراحی می‌شوند و دارای ابعاد کوچک و بزرگ و مقاطع به شکل مختلف می‌باشند .

حوضچه‌های رابط که معمولاً" بین حوضچه مادر و اطاق کابل قرار می‌گیرند شکل هندسی مختلط دارند . حوضچه‌های متفرقه دیگر نیز هست که بر حسب نیاز و موقعیت محلی طراحی می‌شوند و دارای ابعاد کوچک و بزرگ و مقاطع به شکل مختلف می‌باشند .

۳ـ بررسی نقشه های حوضچه های بتن آرمه در محل ساز Cast in Place MH

الف : نقشه حوضچه های استاندارد نوع ۱ و ۲ و ۳ و ۴ که سه نوع اول یک درب و نوع چهارم هم یک درب و هم دو درب می‌باشد .

کلیه چهار نوع حوضچه به شکل مکعب مستطیل هستند . در قسمت چپ و بالای نقشه این حوضچه ها ابتدا پلان سقف را مشاهده می‌کنیم که ضخامت دیوارها را باضافه قطر ورودی مفید درب را نشان می‌دهد . بلافاصله در زیر این پلان ، دو پلان آرماتوربندی سقف نشان داده شده است ، اولی پلان لایه بالائی آرماتوربندی سقف و بعدی پلان لایه پائینی آرماتوربندی سقف است .

در پلان لایه بالائی آرماتوربندی سقف **Top SLAB : Top RE** : آرماتورهائی که بصورت یک نقطه کروی کوچک و یک خط متصل بآن مشاهده می‌کنیم آرماتورهای قائم بیرونی (در حوضچه استاندارد نوع ۱) و آرماتورهای گوشه‌ای سقف (اتصال دیوار بیرونی به سقف) در حوضچه های استاندارد ۲ و ۳ و ۴ می‌باشند . آرماتورهائی که مانند آرماتورهای قبلی ولی یک سر آنها قلاب دارد (فقط در حوضچه نوع ۱) همان آرماتورهای قائم بیرونی دیوار هستند و قلاب آنها بمنظور گیرائی و استحکام بیشتر است .

همچنین آرماتورهای عرضی (در عرض حوضچه) مشاهده می‌گردد که آرماتورهای قائم دیوارهای بیرونی بزرگ را بهم اتصال می‌دهند و آرماتورهای طولی (در طول حوضچه) که آرماتورهای قائم دیوارهای بیرونی کوچک را بهم متصل می‌سازند و بالاخره آرماتورهای مورب که در چهار طرف درب حوضچه قرارگرفته که سر آنها رویهم و روی آرماتورهای کمکی و عرضی و طولی تکیه دارد . این آرماتورها بمنظور گرفتن بار درب و استحکام آن است .

در پلان لایه پائینی آرماتوربندی سقف Top SLAB BOTTOM REBARS

علاوه بر آرماتورهای عرضی و طولی در پلان پائینی سقف ، قلابهای دو سره (فقط در حوضچه نوع ۱) مشاهده می‌گردد که جهت گیر دادن آرماتور حلقوی به آرماتورهای طولی تعبیه شده . آرماتور حلقوی که جهت انتقال بار درب و استحکام آن در نظر گرفته شده مشاهده می‌گردد . این آرماتور از هر طرف ۳۰ سانت روی یکدیگر باید جفت شود و قطر آن ۹۳ سانت است . آرماتورهای کمربندی دیوار بیرونی نیز در دوطرف دیوارهای کوچک مشاهده می‌گردد که از هر طرف ۳۰ سانت خم شده‌اند و اتصال دیوارهای بزرگ به کوچک را برقرار می‌سازند .

پلان بعدی ، پلان کف حوضچه است که ضخامت دیوارها (۲۰ سانت در حوضچه های ۱ تا ۳ و ۲۵ سانت در نوع ۴) و ابعاد چاهک کف حوضچه با قطر ۳۰/۲ سانت و شیب ۱/۵ درصد نشان داده است . بلافاصله در زیر این پلان ، دو پلان آرماتوربندی کف که نشان دهنده دو لایه آرماتور کف است وجود دارد .

پلان آرماتور بندی بالائی کف BOTT.SLAB:TOP.RE : شامل آرماتورهای طولی و عرضی و کمر بندی دو دیوار بیرونی کوچک است .
پلان آرماتور بندی پائینی کف BOTT.SLAB:BOTT.RE : شامل آرماتورهای قائم بیرونی دیوارها که بصورت نقطه و خط نشان داده شده است و آرماتورهای عرضی و طولی که آرماتورهای قائم دیوارها را بهم متصل می‌سازند . در قسمت راست نقشه سه مقطع وجود دارد و یک مقطع پی حوضچه در پائین نقشه است .

مقطع عرضی حوضچه SECTION A-A: که در روی پلان سقف نیز بصورت فلش نمایش داده شده عبارت است از یک برش عرضی فرضی از حوضچه که در آن آرماتورهای دیوارهای کوچک و بزرگ نمایان است . آرماتورهای قائم دیوار بیرونی (یکسره فقط در حوضچه نوع ۱) که بصورت دو تکه با آرماتورهای گوشه‌ای سقف نشان داده شده و بمقدار ۳۵ سانت روی یکدیگر دوخت می‌شوند . آرماتورهائی که بصورت نقطه کروی در اطراف مقطع نشان داده شده عبارتند از آرماتورهای کمر بندی بیرونی و داخلی در دیوارهای بزرگ و آرماتورهای طولی لایه بالائی و پائینی سقف و طولی لایه بالائی و پائینی کف .
همچنین آرماتورهای عرضی دو لایه سقف و کف و آرماتورهای قائم (عمودی) دیوارهای داخلی بزرگ دیده می‌شود . مقطعی از چاهک و شیب آن نیز در داخل مقطع عرضی مشاهده می‌گردد .

مقطع طولی حوضچه SECTION B-B: در این مقطع نیز نقاط کروی آرماتورهای عرضی بالائی و پائینی سقف و کف نشان داده شده است . همچنین آرماتورهای طولی دو لایه سقف و کف و آرماتورهای قائم دیوارهای بیرونی و داخلی دیوارهای کوچک نمایان است . همچنین آرماتورهای مورب نیز نشان داده شده که متعلق باطراف دریچه‌اند .

مقطع از مقطع طولی SECTION C-C: یک مقطع نیز از مقطع طولی تهیه شده و بصورت نصف مقطع نشان داده شده زیرا هر دو نصف قرینه یکدیگر می‌باشند ، در این مقطع آرماتورهای قائم دیوارهای بیرونی و داخلی بصورت نقاط کروی است و آرماتورهای کمر بندی بیرونی وداخلی و آرماتورهای طولی نیز دیده می‌شوند .

مقطع پی حوضچه TYPICAL BASE BEDDING: در این مقطع زیر سازی حوضچه که از پائین به بالا عبارتند از سطح زمین طبیعی ، سنگهای قلوه‌ای و ۵ سانت بتن مگر که از هر طرف ۱۰ سانت ادامه داشته و بالاخره کف حوضچه دیده می‌شود .

جدول آرماتوربندی :
در قسمت راست و گوشه بالای نقشه جدول راهنمای آرماتوربندی است . ستونهای این جدول از چپ به راست عبارتند از کد آرماتورها (MARK) هر کدام از این کدها از یک حرف انگلیسی که نماینده اول اسم قطعه

مورد نظر است ، و یک عدد که نماینده ردیف آرماتور است تشکیل شده مثلا" T - 2 که اول اسم TOP SLAB یعنی سقف (دال بالائی) است و شماره ۲ ردیف آرماتور است . ستون بعدی ℄ (فی) است که علامت استاندارد برای سایز آرماتور است این سایز عبارت است از قطر آرماتور به میلی متر . ستون سوم تعداد آرماتور (QTY.)است که تعداد آرماتورهائی که آرماتور چی باید ببرد تعیین می‌کند . ستون چهارم طول (LENGTH.) آرماتور را نشان می‌دهد که این طول ، طول کلی آرماتور با احتساب خمشها و قوسها است .

ستون پنجم محل قرارگرفتن .LOCATION آرماتور است که دقیقا" محل قرارگرفتن هر آرماتور در سیستم شبکه آرماتور بندی معین گردیده .

ستون ششم نوع (TYPE) آرماتور که تعیین کننده شکل آرماتور در ستون خمش است در ستون هفتم وزن (WEIGHT.) هر آرماتور بر حسب کیلوگرم محاسبه و نوشته شده است . در جداول معمولا" یک ستون نیز به فاصله (SPACING) آرماتورها اختصاص داده می‌شود که در این نقشه‌ها فواصل در روی خود مقاطع و پلان ذکرگردیده و با علامت @ نشان داده شده است .

بالاخره ستون هشتم خمش (BENDING) که شکل و طرز خمش و ابعاد آنها دقیقا" در این ستون رسم شده است .

نکات طراحی (محاسباتی) Design Notes : در قسمت راست و گوشه پائین نقشه نکات مهم در مورد طراحی و محاسبه استراکچری Structural Design قید گردیده (روی نقشه اصلی) که معمولا" دانستن این اطلاعات برای مهندسی که طرح را اجرا می‌کند ضروری است . همچنین در این جدول کل حجم بتن مصرفی و وزن آرماتور مصرفی بصورت کلی و به تفکیک و میزان پوشش بتن روی آرماتورها قید گردیده .

لازم به یادآوری است همانطور که در فصل چهارم بخش ۱ اشاره گردید . طراحی حوضچه‌های بتن مسلح بر پایه محاسبات موجود در آئین نامه ها و دستورالعملهای ACI و AASHO و استانداردهای ASTM و احتیاجات و نیازهای شبکه کابل صورت گرفته است .

چون بحث در باره چگونگی طراحی و محاسبات ساختمانی حوضچه‌ها احتیاج به تخصص در مهندسی استراکچر داشته و از برنامه این جزوه خارج است از ذکر آن خودداری می‌گردد .

ب : نقشه حوضچه های 1-3K و 5-10K

اساس نقشه‌های 1-3K و 5-10K نیز مانند نقشه‌های استاندارد نوع ۱ تا ۴ می‌باشد . با این تفاوت که شکل آنها بصورت مجموعه‌ای از یک مستطیل و ذوزنقه است . هر کدام از پلان‌های سقف و کف دارای دو پلان آرماتوربندی پائینی و بالائی است . حوضچه‌ها دو درب با ضخامت دیوار و سقف و کف ۲۵ سانتی هستند . هر کدام از لایه های آرماتور بندی سقف و کف دارای آرماتورهای عرضی و طولی و مورب و قائم (عمودی) دیوارهای بیرونی می‌باشند . در مقاطع طولی و عرضی این حوضچه‌ها ترمیناتورهای عبوری نیز نشان داده شده است و مقطعی نیز از آرماتور بندی ترمیناتورها در نقشه حوضچه 5K مشاهده می‌گردد . همچنین مقطع زیر سازی حوضچه‌ها و یک مقطع اتصال صفحات فلزی (PLATES) بمنظور نصب سنتر راکها نشان داده شده است .

در جدول آرماتوربندی نیز آرماتورهای هر قطعه (سقف ، کف ، دیوارها) به تفکیک داده شده که حاوی کلیه

اطلاعات (قطر ، تعداد ، طول ، محل قرار گرفتن ، تیپ ، وزن ، فاصله) در باره آرماتورها می‌باشد . همچنین قسمت خمش که اندازه و میزان خم آرماتورها دقیقا" با اشل رسم شده است . در قسمت دیگر اطلاعات محاسباتی و جدول اختلاط بتن و جدول دانه بندی شن و ماسه قید گردیده است .
بطور کلی عیار بتن حوضچه‌های استاندارد ۱ تا ۴ در دیوارها و سقف ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب و در کف ۲۵۰ کیلوگرم در متر مکعب است و عیار حوضچه‌های 1-3k و 5-10K و 20K و 30K و حوضچه‌های غیر تیپ به لحاظ بزرگی و اهمیت کلا" ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب می‌باشد . مقاومت فشاری این حوضچه‌ها نیز ۳۰۰ کلیوگرم بر سانتی متر مکعب است .
توجه : واحدهای نقشه‌های مذکور بصورت میلی‌متر یا سانتی‌متر است و اشلهای بکار برده شده نیز غالبا" $\frac{1}{20}$ و $\frac{1}{25}$ و $\frac{1}{50}$ میباشد .

ج : نقشه های حوضچه های 20-30K و حوضچه های رابط و غیر تیپ :

آرماتور بندی اینگونه حوضچه ها نیز با اندکی تفاوت بر اساس همان آرماتور بندی حوضچه های قبلی است و برای آشنائی به جزئیات نقشه ها لازم است نقشه های آنها بدقت مطالعه گردد .

۴ ـ پیاده کردن نقشه در محل :

بعد از اینکه نقشه های اجرائی حوضچه ها بدقت مطالعه گردید و بررسی شد ، بمنظور پیاده کردن محل دقیق حوضچه باید از نقشه های تفضیلی یا بعبارت دیگر (Site Plan.) استفاده کرد . کامل بودن نقشه های تفضیلی بستگی خواهد داشت به تخصص و کاردانی و تجربه افرادی که جهت مسیر یابی اولیه به محل اعزام می‌گردند . چنانچه نقشه تفضیلی موقعیت حوضچه را نسبت به تاسیسات سایر سازمانها (آب ، برق ، گاز ، نفت ، مترو ، فاضلاب ، پی‌های منازل شخصی و اداری و غیره) کاملا" و دقیقا" روشن ننموده باشد ، بهتر است قبل از هر کاری ابتدا کلیه اطلاعات در این مورد را جمع آوری و بعد با توجه به ارتفاع کابلهای ورودی و خروجی از سطح زمین و مسیر اصلی نقشه حوضچه را پیاده کرد . هنگام پیاده کردن حوضچه ها با ابعاد بزرگ و شکلهای نامنظم بهترین راه پیاده کردن نقشه در محل استفاده از روش میخ کوبی و دوربین نقشه برداری است که باعث می‌شود از هرگونه خطا در مورد جابجا شدن حوضچه نسبت به کانال و مسیر اصلی و گونیا نبودن و یا بالا و پائین بودن نسبت به سطح تعیین شده جلوگیری گردد .

۵ ـ گودبرداری جهت ساخت یا نصب حوضچه ها :

مرحله بعد از میخ کوبی و پیاده کردن نقشه حوضچه ، گود برداری جهت ساخت حوضچه در محل ساز یا نصب حوضچه پیش ساخته است . مجددا" قبل از انجام گود برداری باید اطلاعاتی را که در بند ۴ در مورد اطلاع یافتن از عبور کابل یا لوله‌های دیگر نظیر آب ، برق ، گاز ، نفت و غیره بدست آورد و به ترتیب زیر عمل نمود :

الف : چنانچه نتوانستیم اطلاع یابیم که در محل گود برداری چیز دیگری وجود دارد یا خیر و در اینمورد مشکوک بودیم بهتر است با کندن چاله های آزمایشی محل را مورد معاینه قرار دهیم .

ب : همانطور که در فصل هفتم اشاره گردید باید ابتدا جنس خاک گود برداری را شناسائی و با توجه به جنس خاک و حجم گود برداری تصمیم گیری نمود که خاکبرداری با دست یا ماشین انجام گیرد .

ج : شناسائی جنس خاک از لحاظ سست و ریزشی بودن یا بالا بودن سطح آب زیر زمینی قبل از گودبرداری این مزیت را دارد که از غافل گیر شدن بعدی و صرف هزینه و اتلاف وقت و توقف پروژه جلوگیری می‌کند .

د : چنانچه خاک ریزشی باشد و خاکبرداری با کارگر اجباری گردد باید مخصوصا" اگر گودبرداری بیش از ۲ متر صورت می‌گیرد ، دیواره‌ها شیبدار بوده و از چوب بست استفاده نمود . استفاده از بیل مکانیکی در صورت امکان در اینمورد برتری دارد . بهر حال مقداری از خاکبرداری نهائی بمنظور مسطح شدن کف باید وسیله کارگر صورت گیرد .

ر : چنانچه محل گود برداری آبدار باشد باید ابتدا با نصب کانالهای زهکشی آب را به بیرون هدایت نمود . چنانچه سطح آب در محل بالا باشد و آب ایستاده باشد باید از پمپ استفاده کرد و آب را تخلیه نمود . هنگامی که خشک کردن آب با هیچیک از راههای فوق عملی نگردد می‌توان در صورت امکان سه راه را بررسی و انجام داد .

۱ ـ تغییر محل احداث حوضچه

۲ ـ کم کردن ارتفاع حوضچه

۳ ـ بتن ریزی در زیر آب

لازم به تذکر است که بتن ریزی در زیر آب در هر شرایطی امکان پذیر نمی‌باشد و دارای هزینه زیادی است .

ز : برای تعیین ارتفاع گودبرداری باید مجموعه ارتفاعات بشرح زیر را همواره در نظر بگیریم :

۱ ـ ارتفاع گلوئی چنانچه حوضچه دارای گلوئی باشد — Depth of Collar

۲ ـ ضخامت قاب درب حوضچه — Depth of MH. Frame

۳ ـ ضخامت سقف — Roof Thickness

۴ ـ ارتفاع مفید حوضچه — MH. Head Room

۵ ـ ضخامت کف حوضچه و بتن مگر — Floor and lean Conc.Thickness

۶ ـ ارتفاع پی حوضچه (سنگریزی پی) — Foundation Thickness

۷ ـ ارتفاع کانال زهکشی در صورتیکه زیر حوضچه چشمه یا آب روان باشد

۸ ـ چنانچه حوضچه در محلی باشد که پیش بینی جمع شدن آبهای سطحی باشد باید بروشهای گوناگون میزان آب داغ را روی پی ها یا دیوارهای مجاور اندازه گیری کرد و با توجه بآن ارتفاع گلوئی راکمی بیشتر نمود تا درب حوضچه زیر آب قرار نگیرد .

ن : چنانچه لوله های دیگری پس از گود برداری یافت شود مانند بند " ر " یک راه حل عملی تغییر محل احداث حوضچه است مخصوصا" چنانچه موانعی نیز در طرفین گودبرداری باشد که ابعاد حوضچه نتواند در محل به سبب لوله یا کابل خارجی جای گیرد .

و : خاکهای حاصله از خاکبرداری محل حوضچه نباید حتی‌الامکان در کنار محل گودبرداری ریخته شود مخصوصا" اگر این محل پر ترافیک و رفت و آمد باشد . باید خاکها در نزدیکی در محل مناسبی قرار گیرد . چنانچه خاکها نامناسب و غیر قابل استفاده‌اند بهتر است بطور کلی از محل دور شوند . کلیه اقدامات ایمنی از جمله نصب علائم و جان پناه در اطراف محل باید بعمل آید .

ه : چنانچه حوضچه در خیابان آسفالته احداث میگردد باید ابتدا آسفالت را بوسیله کمپرسور کند و دقت نمود که بیش از اندازه لازم از آسفالت کنده نشود وبعد از گودبرداری نیز طوری عمل گردد که به زیر سازی خیابان لطمه وارد نشود .

همچنین از هر گونه گودبرداری در نزدیکی پایه پلها ، پی ساختمانهای چند طبقه ، دکلها بدون کسب اجازه از دستگاه نظارت باید جدا" خودداری نمود .

ی : باید در نظر داشت که ابعاد گودبرداری باید باندازه‌ای باشد که بتوان براحتی در آن آرماتوربندی و قالب بندی نمود (مخصوصا" در مورد حوضچه در محل ساز) و بعد نیز کوبیدن خاک اطراف حوضچه بوسیله کمپکتورهای دستی میسر باشد .

در حوضچه‌های پیش ساخته حداقل ۳۰ سانت باید از هر طرف اضافه حفاری نمود اما این مقدار معمولا" برای یک کوبیدگی خوب کافی نمی‌باشد . خاک مرغوب باید در لایه های حداکثر ۳۰ سانت ریخته و آبپاشی و کوبیده شوند .

۶ـ زیر سازی حوضچه ها :

زیر سازی حوضچه بسته به بزرگی یا کوچکی آن و سست یا ریزشی بودن زمین یا آبدار بودن آن تغییر می‌کند . در زمینهای کلنگی و دجی محکم تنها میتوان ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر قلوه سنگ ریخت . البته باید قبلا" زمین را صاف کرده و آبپاشی نمود و کوبید . در زمینهای سست و آبدار بسته به موقعیت آن می‌توان تا ۵۰ سانت از لاشه سنگ و ملات شفته آهک استفاده نمود تا از هر گونه نشست حوضچه نیز جلوگیری شود . همانطور که اشاره شد چنانچه جریان آب دائم در زیر حوضچه باشد و نتوان آنرا خارج یا منحرف نمود ، باید کانال زهکشی مثلا" بوسیله لوله و پوشش بتنی ساخته شود . بعد از زیر سازی بمقدار ۵ سانت بتن مگر با بتن ۱۵۰ کیلوگرم در متر مکعب ساخته می‌شود این فقط برای ایجاد سطح صاف و تراز جهت آرماتور بندی است .

۷ـ قالب بندی :

قالب بندی حوضچه‌ها باید با توجه به کلیه دستورالعملهای ذکر شده در فصل سوم انجام گیرد . ضخامت قالب دیوارها حداقل ۲/۵ سانت و سقف ۳ سانت می‌باشد . قالبها باید هم جنس باشند یعنی گذاشتن قالبهای فلزی در داخل و چوبی در خارج و یا نگذاشتن قالب دیوار در خارج و استفاده از دیواره خاکی گود برداری بمنظور بتن ریزی مجاز نمی‌باشد . قالبها باید پس از اتمام کار قالب بندی دقیقا" بازرسی و طراز بودن آنها بوسیله ترازیاب دستی در قالبهای کوچک و بوسیله دوربین در قالبهای بزرگ آزمایش گردند . چنانچه تخته ها ضعیف

بوده و بخوبی مهار نشده باشند شکم دادگی دیوارها بطور حتم وجود خواهد داشت . برداشتن قالبها نیز باید بر طبق آنچه که در بخش ۴ فصل سوم ذکر گردید انجام گیرد و اصولا" به طریقی طراحی شوند که بتوان آنها را براحتی و بدون آسیب رسیدن به بتن برداشت .

۸ ـ آرماتور بندی :

آرماتور بندی حوضچه ها باید با توجه به نکات مندرج در فصل چهارم صورت گیرد . آرماتور بندی حوضچه‌ها ابتدا از کف حوضچه شروع می‌شود که ابتدا باید با گذاشتن خرکهائی از جنس آرماتور آرماتورهای لایه پائینی کف حوضچه را بست و بعد لایه بالائی ، در حوضچه هائی که سنتر راک دارند باید صفحات فلزی (بیس پلیت) آنها را در همین زمان دقیقا" طبق نقشه به آرماتورهای کف متصل نمود . سپس قبل از بتن ریزی کف باید آرماتورهای قائم (عمودی) دیوارهای بیرونی و داخلی کوچک و بزرگ متصل شوند . از وصله کردن آرماتورها و استفاده از آرماتور زنگ زده و مخدوش جدا" باید خودداری نمود هنگامی که تعویض سایز آرماتورها و کم و زیاد کردن فاصله آنها حتما" ضروری گردد باید مراتب را به کارشناس مربوطه اطلاع داد و کسب تکلیف نمود . جوشکاری آرماتورها بهیچ وجه مجاز نیست . آرماتورها باید ترجیحا" از نوع آجدار باشند .

۹ ـ بتن ریزی حوضچه ها :

بتن ریزی حوضچه ها باید طبق مشخصات فنی فصل دوم مخصوصا" بخشهای ۴ تا ۹ صورت گیرد . بتن ریزی حوضچه ها باید در دو مرحله صورت گیرد اول بتن ریزی کف و بعد بتن ریزی دیوارها و سقف یکجا انجام گردد. چنانچه در حالت خاصی نتوانند بتن ریزی را در دو مرحله انجام دهند و فاصله ایجاد شود باید مراتب را فورا" به کارشناس مربوطه اعلام تا دستوالعمل خاصی صادر نماید .

چنانچه از بتن آماده استفاده می‌گردد اولا" باید قبلا" از دانه بندی مصالح ، نوع اختلاط و عیار بتن اطلاع کامل داشت و ثانیا" حمل بتن در تراک میکسر بیش از ۳۰ دقیقه (از محل کارخانه تا محل کار) بطول نیانجامد . در مورد آزمایشات و نمونه برداری طبق مفاد مندرج در بخش ۲ و ۳ فصل پنجم عمل گردد .

۱۰ ـ نصب گلوئی و درب حوضچه ها :

نصب گلوئی حوضچه هاکه معمولا" بمنظور تامین ارتفاع دلخواه انجام می‌گیرد بدو صورت پیش ساخته و در محل ساز ممکن است صورت گیرد . بهتر است گلوئی بهر ارتفاع را مسلح نمود بمنظور اینکه اولا" با کل استراکچر حوضچه همگن شود و ثانیا" جهت اتصال آرماتورهای آن به آرماتورهای سقف و تحمل بهتر وزن درب و بارهای محوری وارده بآن و ثالثا" اتصال پله های آهنی نردبان حوضچه به آرماتورهای گلوئی .

چنانچه بتوان گلوئی را قالب بندی و بتن ریزی نمود از نظر اتصال آن به سقف و یکپارچگی روش بهتری است . جهت اتصال گلوئی مسلح پیش ساخته به حوضچه از نظر زمانی بهتر است اینکار ۴۸ ساعت بعد از بتن ریزی حوضچه صورت گیرد ، برای اتصال می توان از ملات ماسه سیمان استفاده نمود . ملات باید بدقت تهیه شود و

ماسه آن عاری از هرگونه سنگ ریزه باشد . قبل از ملات کشی باید محل را خوب خیساند و تمیز کرد . ضخامت ملات می تواند از تقریبا" ۰/۶ تا ۱/۲۵ سانتی متر باشد . چنانچه به ملات سیکا اضافه شود نتیجه بهتری خواهد داشت . باید توجه شود که خود گلوئی را نیز باید قبل از نصب آب داده و بخوبی خیس کرد تا آب ملات را بخود نکشد . البته گلوئی ها علاوه بر ملات با حداقل چهار بولت مثلا" (3/4 × 18 in) اینچ که متصل به بتن سقف حوضچه‌اند و برای نصب قاب درب روی گلوئی می‌باشند نیز محکم می‌شوند ، طول پیچ بستگی به ضخامت (ارتفاع) گلوئی دارد .

قاب درب طبق دستورالعملهائی که در این مورد وجود دارد سوار می‌گردد . بوسیله پیچ هائی که ذکر گردید می‌تواند نصب شود . قبل از نصب قاب ، سطح بالائی آخرین گلوئی را نیز باید بدقت تمیز کرده و خیساند و سپس بهمان ضخامتی که ذکر گردید ملات کشید .

باید دقت شود که بتن ریزی اضافی و ساختن استراکچرهائی شبیه مخروط ناقص و یا گرده ماهی و گلوئی‌های مکعب مستطیل در اطراف گلوئی بهیچ وجه جایز نمی‌باشد . اتصال قاب درب به گلوئی با ایجاد نرو مادگی نیز قابل اجرا است . چون اغلب حوضچه ها در پیاده رو و سواره رو آسفالته می‌باشد باید دقت نمود بخصوص اگر حوضچه بزرگ و ابعاد گود برداری زیاد باشد ، پس از اتمام کار و نصب درب ، روی حوضچه را با خاک مرغوب در لایه های حداکثر ۳۰ سانت آبپاشی و با کمپکتور دستی یا ماشینی بدقت کوبید ، بطوریکه حتی‌الامکان مشابه زیر سازی پیاده رو یا سواره رو مشابه گردد .

میزان آسفالت (ضخامت آسفالت) که روی این زیر سازی خواهد آمد نیز باید اندازه گیری شده و مد نظر باشد تا بعدا" احتیاجی به خاکبرداری و کوبیدگی مجدد نباشد .

چنانچه حوضچه در مناطق کشاورزی باشد باید یک لایه خاک زراعتی را روی خاک کوبیده شده مانند حالت اول ریخت . ارتفاع این خاک زراعتی معمولا" ۳۰ سانت می‌باشد .

در مناطق کشاورزی جهت رعایت زمینهای مزروعی معمولا" ارتفاع کانال و حوضچه را بیش از حد معمول می‌گیرند .

۱۱ ـ صافکاری و وصله کاری و تعمیر حوضچه ها :

بلافاصله بعد از دوره گرفتن بتن حوضچه ، باید از حوضچه بدقت بازدید نمود و چنانچه ضایعات سطحی و جزئی وجود دارد باید طبق دستورالعملهای فصل ششم نسبت به رفع آن اقدام نمود .

۱۲ ـ اتصال سنتر راکها ، ترمیناتورها ، نردبان حوضچه :

باید طبق دستورالعملها و نقشه های مکانیکی موجود در شبکه کابل انجام گردد .

بخش ۳ ـ حوضچه های پیش ساخته بتنی :

همانطور که در فصل ۴ بخش ۴ در مورد بتن پیش ساخته بحث گردید ، با اینکه از نظر کیفیت بتن در محل ساز

اگر بدرستی اختلاط و بتن ریزی و نگهداری شود ، بر بتن پیش ساخته ارجحیت دارد اما مخصوصا" در مورد حوضچه‌های استاندارد شده چنانچه بتوان حوضچه های پیش ساخته مسلح طبق مشخصات فنی و استانداردهای بتن پیش ساخته ساخت ، می‌توان مزایای زیر را در مورد آن در نظر گرفت :

الف : صرف هزینه و وقت در نصب حوضچه در مناطق پر ترافیک

ب : هزینه کمتر از لحاظ مصالح

ج : چنانچه استاندارد شده باشد از لحاظ کنترل و گارانتی استراکچر بهتر از در محل ساز است

د : متعلقات حوضچه در حالت پیش ساخته بهتر و راحتتر نصب می‌گردد

اما در شرایط فعلی اجرای حداقل استانداردها در مورد حوضچه پیش ساخته هزینه آنرا به مراتب از حوضچه در محل ساز بیشتر می‌کند و بعلاوه همانطور که قبلا" گفته شد هزینه حمل آن نیز قابل توجه است . یک مسئله دیگر در مورد حوضچه های پیش ساخته وارد شدن خسارت و ضایعات از قبیل ترک خوردگی و شکستگی در موقع نصب حوضچه است که اغلب اتفاق می‌افتد .

نقشه های حوضچه های پیش ساخته :

حوضچه های پیش ساخته در انواع مختلف و اندازه های گوناگون جهت نیازهای مختلف طراحی گردیده . نقشه های آن بر اساس آئین نامه های ACI و AASHO و استانداردهای ASTM طرح و محاسبه شده است . البته محاسبات حوضچه پیش ساخته اندکی با حوضچه های در محل ساز تفاوت خواهد داشت . حوضچه های پیش ساخته باید در محل تولید تحت نظارت دائم دستگاه نظارت باشد تا منطبق بودن آنها با نقشه و مشخصات پیوسته کنترل گردد .

گود برداری جهت نصب حوضچه پیش ساخته :

گود برداری جهت حوضچه های پیش ساخته مانند آنچه که در فصل هشتم بخش ۲ جهت حوضچه های در محل ساز ذکر گردید باید انجام گیرد . پیاده کردن نقشه نیز عینا" مانند حوضچه در محل ساز باید صورت گیرد . در اینجا نیز باید کف گود برداری کاملا" صاف باشد و بعلاوه چنانچه دیواره گود برداری بصورت شیب نمی‌تواند در بیاید تا از ریزش جلوگیری گردد بهتر است از دار بست یا صفحه گذاری بوسیله چوب یا صفحات فلزی از ریزش خاک جلوگیری بعمل آید . کوبیدگی خاک اطراف نیز مانند حوضچه در محل ساز انجام می‌شود .

گذاشتن حوضچه در محل گود برداری :

گذاشتن حوضچه در داخل گودال توسط جرثقیل باید با مهارت و دقت صورت گیرد و همواره سه موضوع مهم در مد نظر باشد :

۱ ـ حوضچه طوری گذاشته شود که هیچگونه شکستگی یا ضایعات در بدنه ایجاد نگردد .

۲ ـ حوضچه بدرستی در حین کارگذاری تراز گردد .

۳ ـ خطراتی از لحاظ ایمنی حاصل نشود .

چنانچه در محل گود برداری آب باشد و کشیدن و خشک کردن آب بهیچ وجه میسر نباشد می‌توان برای جلوگیری از شناور شدن حوضچه در آن آب ریخت اما باید در نظر گرفت سطح آب داخل حوضچه باید همیشه پائین تر از سطح آب بیرون حوضچه باشد .

اتصال قطعات حوضچه :

حوضچه پیش ساخته ممکن است از دو یا سه یا چند قطعه تشکیل شده باشد که می‌توان این قطعات را بیرون یا داخل حوضچه بهم متصل نمود . اتصالات را می‌توان توسط ماده‌ای بنام رامنک **RAMNEK GASKET** یا مواد مشابه که خاصیت آب‌بندی و چسبندگی داشته باشند انجام داد . قبل از استفاده از ماده مذکور لبه‌های قطعه زیری باید کاملا" تمیز و عاری از هر گونه آشغال و سنگ ریزه باشد . در حرارت محیط کمتر از ۴۰ درجه فارنهایت باید لبه‌های قطعه و رامنک حرارت داده شوند .

اتصال قطعات ممکن است بوسیله ایجاد نر و مادگی حاصل شوند و بعد از بیرون و داخل حوضچه در محل اتصال بوسیله ملات ماسه و سیمان و ماده آب بندی پوشانیده شود . میتوان جهت اتصال از ملات ماسه و سیمان و اضافه نمودن سیکا استفاده کرد و بعد سراسر قسمت اتصال ها در بیرون و داخل حوضچه را بوسیله‌ای قیر اندود نمود .

بخش ۴ ـ حوضچه پای کافو و پایه بتنی کافو :

حوضچه های پای کافو مانند حوضچه های استاندارد نوع ۱ و ۲ هستند با این تفاوت که ترمیناتور خروجی از دیوار بزرگ خارج می‌گردد . این حوضچه‌ها یا بصورت پیش ساخته و یا در محل ساز هستند . حوضچه های پیش ساخته آن بعلت نداشتن سوراخ جهت عبور کابل اغلب در محل با وسائل ابتدائی سوراخ شده و آرماتورهای دیوار بریده می‌شوند که این عمل درستی نبوده و از لحاظ فنی قابل قبول نمی‌باشد . چنین قابها و سوراخهائی باید در محل تولید حوضچه تعبیه شود تا در همانجا محاسبات و پیش بینی های لازم انجام گیرد .

پایه بتنی (سکوی) کافوها که اغلب پیش ساخته و مسلح می‌باشند دارای پلان مستطیل شکل‌اند با ابعاد مختلف ، در محل عبور لوله در پائین سکو حدود ۶۴ میلی‌متر از قلوه سنگ جهت عبور آب و ته نشست مواد لوله پر می‌شود و باید با وسائل دستی کوبیده شود . نقص این سکوها و زیر سازی آنها اولا" نداشتن ریشه کافی در زیر زمین و دوم اتصال صندوق آهنی فقط بوسیله پیچ به سکوی بتنی است که باید در آینده اصلاح گردد .