



سازمان مهندسی و عمران

شهر تهران

راهنمای کنترل کیفی بتن در پروژه های عمرانی شهری

معاونت مهندسی و برنامه ریزی

آبان ماه 87

اعضای کمیته گرد آوری و تدوین

عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی سینا

عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی سینا

عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

محسن تدین

فریدون رضایی

سید مسعود نصر آزادانی

نشریه EDO210

ویرایش صفر

زمستان 86

پیشگفتار

کنترل کیفی در پروژه های عمرانی از اهمیت زیادی برخوردار است. با این حال علیرغم میل باطنی مهندسين، کنترل کیفی بتن تازه و سخت شده به درستی انجام نمی شود. عدم وجود اطلاعات کافی نزد آزمایشگران و مهندسين موجب می گردد تا در مجموع نتوان کنترل کیفی مناسبی را به اجرا درآورد و یا پس از کسب نتایج مورد نظر نمی توان ارزیابی مناسبی را داشت.

در این نوشته سعی شده است با استفاده از استانداردها و آئین نامه ها و مقررات موجود و رایج در کشور در یک مجموعه، بیشتر اطلاعات مورد نیاز آزمایشگران و مهندسين ناظر و سایر دست اندرکاران اجرای سازه های بتنی گردآوری شود. هم چنین سعی نموده ایم با ارائه توضیحات کافی مانع برداشت های غلط از متن استانداردها و آئین نامه ها شویم.

امید است همه دست اندرکاران اجرای پروژه های بتنی بتوانند با مطالعه این نوشته، به اطلاعات جدید و صحیح در ارتباط با کنترل کیفی بتن دست یابند و ارتقاء کیفیت سازه های بتنی را فراهم نمایند.

احمد دنیا مالی

معاون فنی و عمرانی شهرداری تهران

فهرست مطالب

صفحه

موضوع

فصل اول: اهداف کنترل کیفی و تضمین کیفیت بتن

6 1-1- مقدمه

6 2-1- کنترل کیفی بتن و اهداف آن

فصل دوم: نمونه گیری از بتن تازه

8 1-2- مقدمه

8 2-2- کلیات نمونه برداری

9 1-2-2- نمونه برداری از تراک میکسر یا اتومیکسر

9 2-2-2- نمونه برداری از بتونیر یا مخلوط کن های دیگر بجز بچینگ پلانت

9 3-2-2- نمونه برداری از بتن دیگر بچینگ پلانت

10 4-2-2- نمونه برداری از وسیله حمل روباز (غیر چرخان)، تسمه نقاله و شوت (ناوه)

10 3-2- آماده سازی نمونه

فصل سوم: آزمایش های بتن تازه

11 1-3- آزمایشهای رایج بتن تازه در پروژه های عمرانی

11 2-3- آزمایش اسلامپ

13 4-3- آزمایش تعیین دمای بتن

13 4-3- آزمایش تعیین درصد هوای بتن

13 5-3- آزمایش تعیین وزن مخصوص بتن

فصل چهارم: تهیه نمونه برای کنترل کیفی بتن سخت شده

15 1-4- مقدمه

15 2-4- دستور ساخت نمونه استوانه ای بتن در کارگاه (طبق استاندارد ASTM و با توجه به EN12390-2)

16 3-4- دستور ساخت نمونه مکعبی بتن در کارگاه (طبق استاندارد EN12390-2 و استاندارد ایران)

17 4-4- عمل آوری برای نمونه های آزمایشی یا کنترلی جهت مقایسه و انطباق با رده مورد نظر (مقاومت مشخصه)

18 5-4- عمل آوری برای نمونه های آگاهی یا کنترل کفایت عمل آوری در شرایط واقعی عمل آوری کارگاهی

18 6-4- حمل و نقل و خروج آزمونه ها از قالب

فصل پنجم: تعیین مقاومت فشاری بتن

19 1-5- مقدمه

20 2-5- نحوه آزمایش مقاومت فشاری نمونه استوانه ای طبق استاندارد ASTM C39 و ISIRI 6048

21 3-5- نحوه تعیین مقاومت فشاری (نمونه استوانه ای و مکعبی) طبق استاندارد ISIRI 3206

22 4-5- دستورالعمل کلاhek گذاری آزمونهای استوانه‌ای (ناپیوسته) طبق استاندارد ASTM 617

26 5-5- دستورالعمل کلاhek گذاری آزمونهای استوانه‌ای و مکعبی طبق پیوست 3-EN12390

فصل ششم: دستورالعمل نحوه ارزیابی و پذیرش بتن از نظر انطباق با مقاومت مشخصه فشاری

28 1-6- مقدمه

29 2-6- ضوابط و تواتر نمونه‌برداری برای آزمایش مقاومت جهت انطباق با رده مورد نظر

29 1-2-6- ضوابط نمونه‌برداری

30 2-2-6- تعداد آزمون و زمان آزمایش

31 3-2-6- تواتر نمونه‌برداری

34 3-6- تبدیل مقاومت به مقاومت استوانه‌ای استاندارد

35 4-6- مرتب نمودن نتایج آمايش‌های کنترل مقاومت

36 5-6- ضوابط پذیرش بتن نمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه و در شرایط استاندارد

36 1-5-6- کلیات

36 2-5-6- ضوابط پذیرش ACI

37 3-5-6- ضوابط پذیرش آبا

38 4-5-6- ضوابط پذیرش EN206

فصل هفتم: دستورالعمل بررسی بتن کم مقاومت

40 1-7- مقدمه

41 2-7- روشهای تحلیلی

42 3-7- روشهای مبتنی بر آزمایش

42 1-3-7- روش بررسی نتایج مغزه‌های بتنی

46 2-3-7- آزمایش بارگذاری

51 3-3-7- روشهای ترکیبی و سایر اقدامات مقتضی

52 منابع و مراجع

فصل اول: اهداف کنترل کیفی و تضمین کیفیت بتن

1-1- مقدمه

کنترل کیفی بتن همواره پس از تولید آن انجام می شود و با توجه به اصول حاکم بر آن و تهیه نمونه از یک مجموعه بزرگ نمی تواند اطمینان بخشی کافی را در ارتباط با کیفیت مجموعه تأمین نماید، زیرا همه بتن ها نمی تواند مورد آزمایش های کنترلی قرار گیرد.

امروزه مبحث تضمین کیفیت در همه سطوح تولیدی، صنعتی، عمرانی و حتی خدماتی از پرتنگی خاص و اهمیت زیادی برخوردار می باشد و می تواند هزینه ها و زمان کنترل کیفی و تعداد نوبت های نمونه برداری را نیز تحت تأثیر قرار دهد.

بیشتر مواردی که در آئین نامه ها و استانداردهای مربوط به بتن و اجراء آن، رعایت آنها توصیه یا ضروری دانسته شده است، در مجموعه تضمین کیفیت می گنجد و بخش کوچکی از آئین نامه ها به کنترل کیفی بتن می پردازد. با رعایت این موارد می توان تضمین کافی برای حصول به کیفیت مناسب و مطلوب را بوجود آورد.

ایجاد تضمین کیفیت، متضمن نظارت مستمر و جدی توسط دستگاه نظارت (مشاور) و عوامل سازنده (بیمانکار) خواهد بود که هیچ سطحی از کنترل کیفی نمی تواند جایگزین آن گردد. امروزه نمی توان بسادگی بتن تازه یا سخت شده را تحت کنترل کیفی کامل قرار داد و هنوز راهکارهای مطمئنی برای آن ارائه نشده است. برای مثال نمی توان یک قطعه و یا سازه را از نظر باربری همه انواع بارها و یا از نقطه نظر دوام تحت آزمایشهای کنترلی قرار داد چه رسد به اینکه ضوابط و معیارهای مطمئنی برای قبول آنها ارائه نمود. هم چنین در مورد بتن مصرفی در این قطعات و سازه های بتنی با اطمینان نمی توان از کنترل کیفی سخن گفت بنابراین نظارت مستمر عملاً جایگزینی ندارد و تضمین کیفیت عمدتاً در گرو این امر است.

1-2- کنترل کیفی بتن و اهداف آن

در این نوشته مباحث کنترل کیفی بتن تازه و سخت شده مورد بحث قرار می گیرد. لازم به ذکر است کنترل کیفی اجزاء تشکیل دهنده بتن و یا کنترل کیفی روشهای تولید، حمل، ریختن، تراکم و عمل آوری بتن و حتی انبار کردن اجزاء آن نوعی تضمین کیفیت برای بتن تولیدی و یا بتن ریخته شده موجود در قطعه یا سازه محسوب می گردد.

کنترل کیفی بتن معمولاً در سه مرحله ممکن است انجام شود، کنترل کیفی بتن خمیری (تازه)، کنترل کیفی بتن سخت شده با تهیه قالب هائی از آن، کنترل کیفی بتن سخت شده درون قطعه.

معمول ترین کنترل کیفی بتن خمیری، انجام آزمایش روانی (اسلامپ) و تعیین دمای بتن و گاه وزن مخصوص بتن و درصد هوای آن می باشد که با اهداف خاصی این کنترلها صورت می پذیرد.

معمول ترین کنترل کیفی بتن سخت شده با تهیه قالب بتن (آزمونه بتن) سخت شده همان نمونه های آزمایشی یا کنترلی (نگهداری شده در آزمایشگاه یا شرایط استاندارد) و مقایسه مقاومت فشاری آن با مقاومت فشاری مشخصه بتن پروژه می باشد.

معمول ترین کنترل کیفی بتن سخت شده درون قطعه، با مغزه گیری از بتن و تعیین مقاومت فشاری آن انجام می گردد.

بهرحال علاوه بر کنترل های معمول، می توان کنترل های دیگری را با اهداف مشخص به انجام رسانید که در پروژه های عادی به ندرت مورد استفاده قرار می گیرند.

علاوه بر کنترل کیفی بتن، کنترل کیفی قطعه بتنی یا سازه بتنی نیز ممکن است مد نظر باشد که از طریق تحلیلی یا آزمایشی این کنترل ها صورت می گیرد، اما کاربردهای محدودتری دارند.

هر کار کنترلی شامل چند مرحله است. در ابتدا مرحله نمونه گیری و یا انتخاب نمونه می باشد. سپس مرحله آماده سازی و آزمایش نمونه ها و آزمونه های اخذ شده فرا می رسد و در انتها پس از دستیابی به نتیجه آزمایش، نوبت مقایسه آن با مشخصات فنی و یا ضوابط و معیارهای آئین نامه ای فرا می رسد که گاه مستلزم صرف وقت و عملیات محاسباتی آماری است و منجر به قبول یا عدم قبول آن محصول (بتن یا قطعه بتنی) می شود.

در مورد بتن سخت شده، مرحله دیگری نیز وجود دارد که ممکن است به پذیرش خاصی منجر گردد که مرحله بررسی بتن کم مقاومت می باشد. هم چنین در مورد قطعه یا سازه ممکن است این مراحل منجر به لزوم تقویت آن گردد.

فصل دوم: نمونه گیری از بتن تازه

1-2-1- مقدمه

نمونه گیری از بتن تازه برای انجام آزمایشگاهی بر روی بتن تازه یا بتن سخت شده انجام می شود. بهر حال اولین گام در هر نوع کنترل و برای هر محصول مانند بتن، نمونه گیری یا نمونه برداری از آن می باشد به نحوی که نمونه را بتوان معرف و نماینده مجموعه اصلی دانست و گرنه نمی توان به نتیجه لازم یعنی کنترل آن محصول دست یافت و قضاوتی را در مورد مجموعه به انجام رسانید و ارائه داد. استانداردهای معتبر دنیا، دستورالعمل های مشخصی را برای نمونه برداری از بتن تازه ارائه داده اند. در این بخش صرف نظر از تواتر نمونه برداری (تعداد نوبت های نمونه برداری برای حجم یا میزان معینی از بتن تولیدی) به نحوه نمونه برداری از بتن تازه برای کنترل های کیفی پرداخته می شود. تا حد امکان سعی شده است از دستورهای استاندارد ملی ایران و در غیاب آنها از استانداردهای ASTM و EN استفاده می شود. همچنین با توجه به اینکه در برخی از کارهای عمرانی مشخصات ASTM و ACI حاکم است سعی می شود به این موارد اشاره شود.

2-2- کلیات نمونه برداری

نمونه برداری باید بصورت غیر گزینشی (تصادفی یا اتفاقی Random) صورت گیرد تا بتوان مشت را نمونه خروار دانست. هم چنین باید از روشهای مشخصی در مراحل نمونه برداری و آماده سازی آن جهت آزمایشهای مختلف بهره گرفت و گرنه ممکن است مشکلاتی در این راه پیش آید که نتیجه معتبری از آن حاصل نگردد. بهر حال بتن از درون وسیله اختلاط یا وسیله حمل باید خارج گردد و در حین خروج یا پس از آن نمونه گیری انجام شود. بنابراین با توجه به تغییر وسیله ساخت و حمل و ریختن بتن ممکن است تغییراتی در شیوه کار ایجاد گردد.

معمولاً کنترل کیفی بتن تازه در آخرین مراحل اجرائی و قبل از مصرف (قبل از ریختن در قطعه) باید انجام شود و نمونه گیری یا نمونه برداری نیز در این زمان مرسوم است مگر اینکه کنترل کیفی در زمان دیگری نیز مورد نظر باشد که مسلماً آزمایشگاهی در مراحل دیگر ضرورت پیدا می کند. برای انجام این آزمایش ها، نمونه برداری، یا نمونه گیری در موعد مقرر (برای مثال بلافاصله پس از ساخت بتن) لازم خواهد شد. حداقل حجم نمونه برداری جهت آزمایشهای مقاومتی برای بتن هائی با حداکثر اندازه 25 میلی متر، 25 لیتر می باشد که برای حداکثر اندازه های بزرگتر، افزایش می یابد. برای آزمایشهای بتن تازه، مقدار حجم نمونه می تواند کاهش یابد. حجم بتن نمونه حداقل باید $1/5$ برابر حجم بتن مورد نیاز باشد.

در مراحل نمونه برداری و آماده سازی نمونه یا آزمونه ها، حتی الامکان شرایط محیطی نباید تاثیر چندانی بر نمونه باقی گذارد مگر اینکه قید شود، نتیجه آزمایش در شرایط محیطی موجود و پس از تاثیر این

شرایط بر بتن برای کنترل کننده اهمیت دارد. نمونه ها بلافاصله باید به محل آزمایشگاه یا آزمایش و قالب گیری حمل گردد تا از باد و آفتاب و تبخیر مصون بماند.

گذشت زمان بر خواص بتن اثر گذار است. بنابراین لازم است برای بسیاری از آزمایش، نمونه ها در فاصله زمانی خاص تهیه و یا طی زمان خاصی، آماده سازی نمونه ها انجام گردد تا کار قضاوت در مورد نتیجه ها با سهولت بیشتری به انجام رسد. در این رابطه آزمایشهای اسلامپ، دمای بتن و درصد هوای بتن باید حداکثر 5 دقیقه پس از آخرین بخش نمونه گیری شروع شود. برای قالب گیری بتن جهت آزمایشهای بتن سخت شده، شروع آن حداکثر 15 دقیقه پس از اختلاط بخش های مختلف نمونه برداری خواهد بود.

2-2-1- نمونه برداری از تراک میکسر یا اتومیکسر

از 15 درصد اول و آخر آن نباید نمونه برداری برای آزمایشهای مختلف (بجز کنترل یکنواختی اختلاط) انجام شود. عملیات نمونه برداری باید پس از افزودن آب یا افزودنی لازم به تراک میکسر یا اتومیکسر (در صورتی که مجاز به این کار باشیم) و اختلاط کامل آن صورت پذیرد. حداقل 2 بخش نمونه برداری در فواصل منظم زمانی در هنگام تخلیه بتن از بخش میانی (70 درصد میانی) باید انجام شود. توصیه می شود در هنگام تخلیه پس از حدود تخلیه 20 درصد، 40 درصد، 60 درصد و 80 درصد حجم بتن، چهار بخش نمونه برداشته شود. این بخش های نمونه باید از تمام سطح جریان بتن روی ناوه تراک میکسر اخذ شود و نباید از یکطرف آن نمونه گیری صورت گیرد. بخش های نمونه باید از تمام سطح جریان بتن روی ناوه تراک میکسر اخذ شود و نباید از یکطرف آن نمونه گیری صورت گیرد. بخش های مختلف بلافاصله باید با یکدیگر به خوبی مخلوط شود و سپس مورد آزمایشهای مختلف واقع گردد. فاصله زمانی بین اولین و آخرین بخش نمونه گیری نباید از 15 دقیقه تجاوز کند .

2-2-2- نمونه برداری از بتونیر یا مخلوط کن های دیگر بجز بچینگ پلانت

پس از تخلیه بتونیر حداقل از 5 نقطه دپوی بتن، 5 بخش مساوی بتن برداشته و با یکدیگر مخلوط می شود. سطحی که بتن بروی آن تخلیه می شود نباید جاذب باشد و مواد مضر و گل و لای را به داخل بتن وارد کند. در اختلاط بخش های اخذ شده باید بتن ها در یک طرف بزرگ (مانند طشت یا فرقون) ریخته و بخوبی با بیلچه و سرتاس، مخلوط شود. رعایت حداکثر فاصله زمانی بین بخش اول و آخر نمونه برداری ضروری است.

2-2-3- نمونه برداری از بتن دیگر بچینگ پلانت

از 10 درصد ابتدائی و انتهائی بتن خروجی از دیگ بچینگ نباید نمونه گرفت . از قسمت های میانی در فواصل منظم زمانی در هنگام تخلیه بتن ، دو بخش یا بیشتر نمونه بتن تهیه کنید و سپس آنها را با هم

بخوبی مخلوط نمائید . بتن باید از تمام جریان بتن خروجی اخذ شود. رعایت حداکثر فاصله زمانی 15 دقیقه بین بخش اول و آخر نمونه برداری ضروری است.

2-2-4- نمونه برداری از وسیله حمل روباز (غیر چرخان)، تسمه نقاله و شوت (ناوه)

در صورتی که وسیله حمل و ریختن بجز وسایل فوق باشد نمونه گیری باید به روشی نزدیک باشد که شباهت بیشتری به آن دارد.

رعایت حداکثر فاصله زمانی 15 دقیقه بین بخش اول و آخر یک نمونه برداری ضروری است . درنگارش ضوابط فوق ASTM C172 و استانداردهای 3201 ایران و EN 12350-1 و ISO منظور شده است.

2-3- آماده سازی نمونه

در همه روش های نمونه برداری ، اختلاط بخش های نمونه اخذ شده در یک ظرف بزرگ ضرورت دارد. اینکار با یک بیل یا بیلچه در یک تشت یا فرغون انجام می شود . اینکار باید با سرعت انجام گردد به نحوی که بتوان در موعد مقرر آزمایشهای تعیین اسلامپ، دما و هوای بتن را شروع نمود زیرا نتایج این آزمایشها متأثر از گذشت زمان در شرایط محیطی حاکم بر بتن خواهد بود و مسلماً لازم است در طول این عملیات بتن در معرض باد، تابش مستقیم خورشید و تبخیر شدید و جدی قرار نداشته باشد.

فصل سوم: آزمایش های بتن تازه

3-1- آزمایش های رایج بتن تازه در پروژه های عمرانی

آزمایشهای بتن تازه که معمولاً در پروژه‌های عمرانی می‌تواند کاربرد داشته باشد عبارتند از:

(الف) آزمایشهای کارائی بویژه اسلامپ

(ب) آزمایش تعیین دمای بتن

(ج) آزمایش درصد هوای بتن

(د) آزمایش وزن مخصوص بتن تازه

در زیر به نکات مهمی که در هر یک از آزمایش ها باید مدنظر قرار گیرد پرداخته می‌شود. گاه نیاز به انجام آزمایشهایی مانند زمان گیرش بتن ، آب انداختن، تجزیه بتن تازه وجود دارد که در این نوشته بدانها پرداخته نمی‌شود.

3-2- آزمایش های اسلامپ

پر کاربردترین آزمایش کارائی ، آزمایش روانی (اسلامپ) بتن می‌باشد. در آمریکا آزمایش اسلامپ معمولاً در محدوده 15 تا 230 میلیمتر اعتبار دارد. در اروپا اعتبار اسلامپ از 10 تا 210 میلیمتر است و چنانچه اسلامپ کمتر یا بیشتر وجود داشته باشد لازم است از آزمایش‌های دیگری برای تعیین کارائی استفاده شود. روش‌های ارائه شده برای انجام آزمایش اسلامپ، برای بتن‌هایی با حداکثر اندازه اسمی 38 میلیمتر اعتبار دارد. آزمایش اسلامپ عمدتاً روانی یا شلی و سفتی بتن را به سنجش در می‌آورد و نمی‌تواند همه ابعاد و وجوه کارائی را به تصویر کشد. یک هدف مهم از تعیین کارائی (اسلامپ) می‌تواند کنترل سریع و غیر مستقیم نسبت آب به سیمان برای بتنی باشد که اسلامپ آن در هنگام تهیه طرح مخلوط مشخص شده است. هدف دیگر از تعیین کارائی یا (اسلامپ) ، صرفاً تعیین کارائی برای تشخیص مناسب بودن آن جهت حمل و ریختن و تراکم با وسایل مختلف پمپ ، لوله ترمی ، ناوه و غیره می‌باشد و تناسب بتن با نوع قطعه، درهمی میلگرد و وسایل تراکمی را نشان می‌دهد. هدف دیگر از تعیین اسلامپ، مقایسه نتایج برای تشخیص یکنواختی مخلوط بتن است که کاربرد محدود و اندکی دارد. در ایران و اروپا اسلامپ بتن ها، رده بندی شده است که در زیر مشاهده میشود.

رده روانی (اسلامپ) محدوده نتایج آزمایش روانی (اسلامپ) - میلی متر

S0 *	کمتر از 10 میلیمتر (نیاز به آزمایش وی بی وجود دارد)
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4 *	160-210
S5 *	بیش از 220 میلیمتر (نیاز به آزمایش‌های بتن خود تراکم وجود دارد)

* در استاندارد 3519 ایران این طبقه بندی ها وجود ندارد.

پس از تهیه نمونه، آزمایش اسلامپ باید ظرف حداکثر 5 دقیقه شروع شود. داخل قالب مخروط اسلامپ باید نم دار شود و در محل مسطح غیر جاذب گذاشته و با گذاشتن دو پا روی دسته آن محکم نگهداشته شود. لایه اول تا حدود 67 میلیمتر و لایه دوم تا حدود 155 میلیمتر ریخته می شود (طبق ASTM). پس از ریختن بتن در مخروط ناقص اسلامپ و تراکم آن در سه لایه توسط میله با 25 ضربه، قالب اسلامپ با دقت بصورت قائم و بدون حرکت جانبی و چرخش بالا کشیده می شود و سپس میزان افت (فرونشست) بتن از ارتفاع قالب تا بالاترین نقطه بتن اندازه گیری می شود (طبق استاندارد ایران و EN 12350-2 و ISO). در استاندارد ایران زمان بالا کشیدن قالب 5 تا 10 ثانیه است و هر لایه یک سوم ارتفاع است.

توجه گردد در استاندارد 3203 ایران، اندازه گیری از بالاترین نقطه نمونه و در استاندارد ASTM C143 این اندازه گیری از وسط قسمت فوقانی بتن انجام می شود. حداکثر زمان آزمایش از شروع تا بالا کشیدن قالب 2/5 دقیقه می باشد. در تراکم بتن ضربات با میله 16 میلیمتر بطول 50 تا 60 سانتی متر به تعداد 25 ضربه (نیمی در پیرامون و نیمی دیگر در بخش های میانی) زده می شود و میله در لایه زیرین فرو می رود. نتیجه آزمایش با تقریب 10 میلی متر گزارش میگردد. نتایج کمتر از 10 میلی متر و بیشتر از 220 میلی متر بصورت کمتر از 10 و بیشتر از 220 گزارش می گردد و ذکر ارقام حاصله لازم نیست. در استاندارد ASTM تقریب گزارش 5 میلیمتر می باشد.

لازم است فاصله زمانی آزمایش تا خاتمه عمل اختلاط بتن گزارش شود زیرا روانی بتن تابع گذشت زمان می باشد. بدیهی است در طرح مخلوط بتن نیز فاصله زمانی اختلاط تا آزمایش روانی بتن تابع گذشت زمان می باشد. بدیهی است در طرح مخلوط بتن نیز فاصله زمانی اختلاط تا آزمایش روانی باید شبیه یا نزدیک به آنچه در کارگاه پیش بینی می شود باشد و گرنه امکان مقایسه از بین می رود و نمی تواند منجر به کنترل غیر مستقیم نسبت به آب به سیمان گردد.

در طول آزمایش اسلامپ، بتن باید از تابش آفتاب و وزش باد مستقیم مصون باشد.

در گزارش نتیجه اسلامپ معمولاً بهتر است به شکل نمونه در آزمایش اشاره شود. اسلامپ برشی از جمله این موارد است که یکطرف نمونه فرو می ریزد و تعیین اسلامپ را مشکل می سازد که در ایران به غلط ریزشی گفته می شود.

در کارگاه هایی که فاصله زمانی محل ساخت و مصرف بتن زیاد است می تواند حداکثر اسلامپ مجاز را در دو مرحله پای کار (قبل از ریختن) و بلافاصله پس از ساخت بتن ارائه داد. در این حالت یک کنترل زود هنگام بلافاصله پس از ساخت بتن و کنترل بعدی در پای کار قبل از ریختن بتن در قطعه انجام می شود تا در صورت بروز اشکال، بتوان با تدابیر خاصی بلافاصله پس از تعیین اسلامپ در مرحله ساخت، بتن را اصلاح نمود و گرنه در پای کار و پس از گذشت زمان قابل توجه ممکن است امکان اصلاح بتن میسر نباشد.

در صورتی که اسلامپ برشی بدست آمد لازمست یک نوبت دیگر بلا فاصله آزمایش اسلامپ تکرار شود و در صورت برشی بودن، بتن فاقد ریز کافی و خصوصیات خمیری و چسبندگی مناسب شناخته می شود که اصلاح آن توصیه می گردد.

3-3- آزمایش تعیین دمای بتن

برای مقایسه دمای بتن با حداکثر و حداقل مجاز در آئین نامه و مشخصات فنی پروژه لازم است دمای بتن تازه در هنگام ریختن آن در قطعه مشخص گردد. گاه محدودیتی را در پایان اختلاط ارائه می دهند و لازم است در این مرحله نیز دمای بتن را اندازه گیری نمود.

در استاندارد ASTM C1064 روش تعیین دما ارائه شده است. دماسنج با حداکثر دمای 50 درجه سانتی گراد و با دقت 0/5 درجه لازم است. نوک میله دماسنج باید تا عمق حداقل 75 میلیمتر فرو برده شود و از هر طرف نیز حداقل 75 میلیمتر بتن باید وجود داشته باشد. حداقل فاصله مزبور سه برابر حداکثر اندازه سنگدانه می باشد. دماسنج باید 2 دقیقه در بتن بماند تا به وضعیت ثابتی برسد. خاتمه اندازه گیری بیش از 5 دقیقه پس از نمونه گیری نباشد. دقت گزارش نتیجه 0/5 درجه است.

3-4- آزمایش تعیین درصد هوای بتن

این آزمایش معمولاً در مواردی انجام می شود که از مواد حبابزا برای تولید حباب ریز هوا در بتن (هوای عمدی) استفاده شده است هر چند در سایر موارد نیز می تواند برای تعیین درصد هوای غیر عمدی (ناخواسته) اقدام کرد. گاه این آزمایش برای کنترل یکنواختی بتن انجام می شود.

درصد هوای بتن با سه روش اندازه گیری می شود. روش فشاری، روش حجمی و روش وزنی. در ایران معمولاً از روش فشاری با شیوه A یا B استفاده می شود و استاندارد ASTM C231 یا ISIRI 3520 کاربرد دارد. روش حجمی طبق ASTM C173 یا ISIRI 2823 و روش وزنی با اندازه گیری وزن مخصوص بتن و بازدهی آن طبق ASTM C138 یا ISIRI 3821 انجام می گردد.

3-5- آزمایش تعیین وزن مخصوص بتن

این آزمایش برای کنترل صحت طرح مخلوط و یا کنترل یکنواختی اختلاط بتن انجام می شود که نیاز به پیمانانه مخصوص دارد.

این آزمایش طبق ASTM C138 یا ISIRI 3521 انجام می گردد که با یکدیگر تفاوت هائی دارند. در استاندارد ایران حداقل قطر پیمانانه چهاربرابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه و حداقل 150 میلی متر است و حداقل حجم آن 5 لیتر می باشد. در حالیکه در ASTM، برای حداکثر اندازه اسمی سنگدانه 25 میلی متر، حداقل حجم ظرف حدود 5/5 لیتر و برای حداکثر اندازه اسمی 38 میلی متری حداقل حجم ظرف در حدود 11 لیتر می باشد.

حجم ظرف باید با پر کردن آب مقطر در ظرف و توزین آن با دقت بدست آید. سطح فوقانی باید با گذاشتن شیشه در بالای ظرف (پیمانه) تنظیم شود که خالی نماند یا آب اضافی نداشته باشد. با کنترل دمای آب مقطر و داشتن چگالی آب مقطر در این دما، حجم آب مقطر داخل ظرف بدست می آید. بتن را در قالب های کوچکتر از 14 لیتر باید در سه لایه با ارتفاع تقریباً مساوی ریخت و با میله یا ویراتور متراکم نمود. برای اسلامپ کمتر از 25 میلی متر ویراتور خرطومی یا میز ویره ضرورت دارد امام برای بتن های خشک روش کار متفاوت است و بکارگیری انرژی زیاد به همراه فشار ضروری است. برای اسلامپ 25 تا 75 میلی متر، بکارگیری میله یا ویراتور امکان پذیر است و برای اسلامپ بیشتر از 75 میلی متر، صرفاً از میله به قطر 16 میلی متر و طول 60 سانتی متر استفاده می شود. در هر لایه 25 ضربه زده می شود.

پس از تراکم هر لایه با چکش لاستیکی با وسیله مناسب دیگر 10 تا 15 بار به بدنه قالب حاوی بتن ضربه زده می شود و سپس لایه بعدی متراکم می گردد. هر لایه با زدن میله به نحوی که حدود 25 میلی متر در لایه زیرین فرود رود متراکم می شود.

بتن آخرین لایه باید چنان ریخته شود که پس از تراکم، کمبود بتن وجود نداشته باشد و بتن اضافی با خط کش سرزن برداشته شود و سطح مزبور صاف شود. بتن اضافی نباید از 5 میلی متر تجاوز نماید. وزن مخصوص بتن متراکم تازه طبق استاندارد ایران با دقت 10 کیلوگرم بر متر مکعب گزارش می شود. با توجه به وزن مخصوص و میزان بازدهی بتن و وزن مخصوص بتن بدون هوا می توان درصد هوای تقریبی بتن متراکم را محاسبه نمود.

فصل چهارم: تهیه نمونه برای کنترل کیفی بتن سخت شده

1-4-1- مقدمه

تهیه آزمون‌های بتن و آزمایش بر روی بتن سخت شده این آزمون‌ها با اهداف مختلف و روش‌های متفاوت انجام می‌گردد.

علاوه بر این، آزمایش‌های گوناگونی قابل انجام است که معمولاً تعیین مقاومت فشاری کاربرد بیشتری دارد. هر چند آزمایش‌های دیگری همچون مقاومت‌های کششی، خمشی، ضریب ارتجاعی و ضریب پواسون، نفوذ پذیری و دوام (با دستورهای متفاوت)، سرعت عبور پالس، وزن مخصوص، جذب آب و تخلخل نیز گهگاه به دلایل گوناگون انجام می‌شود.

در ارتباط با تعیین مقاومت فشاری، چهارنوع نمونه یا آزمون (صرفنظر از شکل هندسی و ابعاد آن) تهیه می‌گردد و مورد آزمایش قرار می‌گیرد که اهداف مختلفی برای تهیه آنها وجود دارد که همگی با یک دستور قالب‌گیری می‌شوند اما نحوه و مدت عمل‌آوری آنها متفاوت می‌باشد و هدف خاصی در تهیه و آزمایش آنها وجود دارد.

الف: نمونه‌های عمل‌آمده در آزمایشگاه و در شرایط استاندارد (نمونه‌های آزمایشی یا کنترلی)

برای انطباق بتن با رده موردنظر از دیدگاه مقاومتی در سن موردنظر

ب: نمونه‌های عمل‌آمده در شرایط واقعی کارگاهی برای کنترل کفایت عمل‌آوری در سن 28 روز

ج: نمونه‌های عمل‌آمده در شرایط واقعی کارگاهی بعنوان نمونه آگاهی برای اطلاع از کیفیت مقاومتی بتن جهت قالب‌برداری، حمل و نقل، خاتمه حفاظت یا عمل‌آوری معمولی یا تسریع شده، اعمال پیش‌تنیدگی در سن دلخواه یا اعمال بار بهره‌برداری به آن

د: نمونه‌های عمل‌آمده در شرایط استاندارد آزمایشگاهی برای کنترل یکنواختی اختلاط بتن در سن 7 روزه

در این دستورالعمل به ساخت بتن در آزمایشگاه برای تهیه طرح مخلوط بتن یا کنترل آن پرداخته نمی‌شود بنابراین در همه موارد فوق ساخت بتن در کارگاه یا کارخانه، تحت شرایط اجرایی واقعی مدنظر است اما نحوه نمونه‌گیری و عمل‌آوری می‌تواند برای منظورهای مختلف، متفاوت باشد.

2-4-2- دستور ساخت نمونه استوانه‌ای در کارگاه (طبق ASTM C31 و باتوجه به EN12390-2)

تهیه نمونه باید طبق ASTM C172 انجام شود و آزمایش‌های بتن تازه طبق روش‌های استاندارد صورت گیرد (مگر روش دیگری قید شود).

در این روش صرفاً تهیه قالب استوانه‌ای مدنظر است و برای قالب مکعبی قابل کاربرد نیست.

قالب های نمونه باید روی سطح تراز (شیب کمتر از 2 درصد) و صلب و حتی الامکان نزدیک به محل نگهداری اولیه قرار داده شود.

بتن باید بوسیله سرتاس یا بیلچه یا کمچه بصورت پر به نحوی که بتن هر سرتاس نماینده یا معرف بتن اصلی باشد در قالب ریخته شود. اگر بتن ها دچار جداشدگی است باید به خوبی مجدداً مخلوط شود. با میله تراکم یا وسایل لرزشی می توان بتن درون قالب را متراکم نمود. اگر اسلامپ بتن بیش از 75 میلی متر باشد روش تراکم با میله کفایت می کند. برای اسلامپ 25 تا 75 میلی متر روش تراکم با میله یا لرزش بکار می رود و برای اسلامپ کمتر از 25 میلی متر (به جزء بتن های خشک) از لرزش استفاده می گردد.

میله تراکم برای قالب استوانه ای به قطر 15 سانتی متر، دارای قطر 16 میلی متر و طول 500 تا 600 میلی متر است. برای قالب های استوانه ای با قطر 10 سانتی متر و کمتر، قطر میله 10 میلی متر و طول آن 300 میلی متر می باشد.

اگر از تراکم با میله استفاده شود تعداد لایه های بتن برای استوانه استاندارد 3 عدد (هر کدام حدود 10 سانت) و تعداد ضربات 25 ضربه برای قطر 15 سانتی متر یا کمتر می باشد.

آخرین لایه باید چنان ریخته شود و در حین کار در صورت لزوم بتن به آن اضافه گردد که در انتهای کار کمبود بتن در قالب احساس نگردد و بتن اضافی نیز بسیار کم باشد که لازم است مقدار اضافی برداشته شود و سطح بتن با ماله یا کمچه کاملاً صاف گردد. پس از هر بار تراکم یک لایه، لازمست 10 تا 15 ضربه با یک چکش لاستیکی و با ملایمت به بدنه خارجی قالب زده شود تا هوای مجاور و چسبیده به قسمت درونی قالب خارج شود.

با میز ویبره یا ویبراتور خرطومی نازک (قطر 20 میلی متر) نیز می توان بتن را درون قالب نمونه متراکم نمود که لازم است از دو لایه بتن استفاده شود و باید به دستور استاندارد مراجعه شود. آزمون های بتن باید علامت گذاری شوند به نحوی که کیفیت سطحی بتن را تغییر ندهد و آسیبی به آن نرساند.

بلافاصله پس از تسطیح و پرداخت سطح بتن، آزمون ها را به محل نگهداری و حفاظت اولیه منتقل کنید به نحوی که محل آن تراز باشد و در ساعات اولیه بدون لرزش و دست خوردگی باقی بماند در این مرحله روی سطح بتن را با نایلون بپوشانید اما از گونی خیس که مستقیماً در تماس با بتن تازه باشد پرهیز شود.

3-4- دستور ساخت نمونه مکعبی بتن در کارگاه (طبق استاندارد EN 12390-2 و استاندارد ایران)

ضمن رعایت نکاتی که در بند 2-4 برای ساخت نمونه استوانه ای ذکر شد در صورتیکه تهیه نمونه مکعبی مدنظر باشد لازم است نکات زیر رعایت گردد.

برای قالب مکعبی از کوبه فولادی 25*25 به طول 300 میلی متر استفاده شود و بتن در حداقل 2 لایه و هر لایه حداکثر 100 میلی متر ریخته و متراکم گردد. تعداد ضربات در روش تراکم با میله یا کوبه

به روانی بتن مربوط می شود و حداقل 25 ضربه در هر لایه است و ضربات به بدنه برای خروج هوا نیز ضروری است. برای استوانه میله به قطر 16 میلی متر و طول 600 میلی متر لازم است. بتن حداقل 16 ساعت و حداکثر 3 روز در شرایط استاندارد می تواند داخل قالب باشد و سپس باید آزمون از قالب با احتیاط خارج شود و قبل از قرارگیری در آب، در محیطی با دمای $20 \pm 5 \text{ M C}$ (در هوای گرم $25 \pm 5 \text{ M C}$) قرار داشته باشد. برای عمل آوری استاندارد آزمایشگاهی پس از خروج آزمون ها از قالب باید در اسرع وقت به داخل آب $20 \pm 2 \text{ M C}$ یا اتاق مرطوب با همین دما و حداقل رطوبت 95 درصد منتقل گردد. (در صورت عمل آوری واقعی کارگاهی به بند 4-5 مراجعه شود). در حمل و نقل بتن باید جلوی تبخیر گرفته شود و محیط انعطاف پذیر و نرمی در اطراف آن وجود داشته باشد. (به بند 4-5 مراجعه شود).

4-4- عمل آوری برای نمونه های آزمایشی یا کنترلی جهت مقایسه و انطباق با رده موردنظر (مقاومت مشخصه)

این نوع عمل آوری را عمل آمده در شرایط استاندارد آزمایشگاهی می نامند. آزمون ها پس از قالب گیری باید در دمای 16 تا 27 درجه سانتی گراد (برای بتن با مقاومت بیش از 40 مگاپاسکال در دمای 20 تا 26 درجه سانتی گراد) در محیط مرطوب و بدون تبخیر (زیر گونی خیس پس از گیرش) تا 48 ساعت نگهداری شود و از تابش مستقیم خورشید و سایر پرتوهای تشعشعی وسایل گرمایشی دور نگهداشته شود. اگر پس از 48 ساعت، آزمون ها بدخل مخزن آب منتقل نشود لازم است ظرف مدت 24 ± 8 ساعت از قالب خارج شود و در بیرون قالب تحت شرایط موردنظر تا قرار گیری در محل نهائی عمل آوری نگهداری شود.

پس از خروج بتن از قالب ظرف مدت 30 دقیقه بتن ها (آزمون ها) باید به داخل تانک (مخزن) آب یا اتاق مرطوب منتقل شوند (مدت بیشتری در هوای آزاد قرار نگیرند). در هنگام خروج بتن از قالب و حمل آن نباید به بتن ضربه ای وارد شود. مخزن آب باید دمای $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ داشته باشد و می تواند اتاق مرطوبی با رطوبت بیش از 95 درصد با همین دما باشد اما نباید آب به آن پاشیده و از آن سرازیر گردد.

در استاندارد امریکا، آب مخزن موردنظر باید با آهک هیدراته اشباع شده باشد. در سن موردنظر برای آزمایش، آزمون ها باید از مخزن آب یا اتاق مرطوب خارج شود و قبل از آزمایش به مدت حداکثر 3 ساعت در محیطی با دمای 20 تا 30 درجه سانتی گراد قرار گیرد و سطح آن در هنگام آزمایش باید مرطوب باشد اما آبچکان نباشد. در هنگامی که قرار است سر و ته آزمون ها با ملات گوگرد مذاب و ماسه کلاهدک گذاری شود سر و ته آزمون ها باید خشک گردد اما در سایر موارد سطح مرطوب کاربرد دارد.

5-4- عمل آوری برای نمونه‌های آگاهی یا کنترل کفایت عمل آوری در شرایط واقعی عمل آوری کارگاهی

پس از نگهداری اولیه، از همان روز اول آزمون‌ها باید در روی قطعه یا کنار آن به نحوی گذاشته شود که شرایط مشابه عمل آوری آزمون‌ها و قطعه یکی باشد تا زمان آزمایش فرا رسد (از نظر تابش آفتاب، وزش باد، تبخیر، آبدهی مستقیم یا غیر مستقیم و یا استفاده از مواد عمل آوری) مسلماً بتن‌ها در این حالت شرایط یکسانی را با قطعه از نظر نوع عمل آوری دارند اما شرایط ریختن و تراکم بتن در قطعه با نمونه (آزمون‌ها) یکسان نمی‌باشد.

6-4- حمل و نقل و خروج آزمون‌ها از قالب

در خارج کردن آزمون‌ها از قالب نباید از ضربه استفاده کرد. امروزه از فشار هوا در مورد خروج آزمون‌ها از قالب‌های مخصوص استفاده می‌کنند. بتن نباید در طول حمل یخ بزند یا خشک شود. برای عدم ایجاد ضربه لازم است بتن در محفظه‌هایی ترجیحاً چوبی که از ماسه نرم، گونی یا یونولیت پر شده است و در کنار و زیر آزمون‌ها مواد نرم وجود دارد، حمل گردد و بین آزمون‌ها نیز مواد نرمی گذاشته شود تا لب‌ها نشوند و هم چنین رطوبت و ترجیحاً دمای آنها در طول حمل تغییر چندانی نکند. در مواردی که امکانات آزمایشگاهی و عمل آوری نهایی استاندارد در کارگاه وجود ندارد حمل بتن یک یا دو روزه و یا حمل آزمون‌های چندین روزه به محل آزمایشگاه ضرورت دارد. این مدت حمل نباید از 4 ساعت تجاوز کند.

فصل پنجم : تعیین مقاومت فشاری بتن

1-1-5- مقدمه

1-1-5-1 آزمایش تعیین مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای معمولاً نیاز به کلاهک گذاری (پوشش سطوح انتهائی یا کپینگ) احساس می شود و برای آن دستورالعمل جداگانه ای وجود دارد. عمل کلاهک گذاری همراه با مشکلاتی است که آزمایشگران ترجیح می دهند برای گریز از کلاهک گذاری به سراغ آزمون های مکعبی بروند. هر چند در استاندارد ایران و آئین نامه بتن ایران آزمون های استوانه ای کاربرد دارد، اما معمولاً در ایران از آزمون مکعبی بهره گیری می شود. در تفسیر آیا اجازه داده شده است با استفاده از آزمون مکعبی و تبدیل نتیجه آن به استوانه ای، مشکل موجود را مرتفع نمایم. باید متذکر شد چنانچه آزمون های مکعبی نیز لب پر شوند نیاز به کلاهک گذاری دارند.

1-1-5-2 هنگامی که تعیین مقاومت نمونه آزمایشی یا کنترلی مدنظر است شرایط تهیه و نگهداری نمونه باید با هدف موردنظر انطباق داشته باشد و گرنه نتایج معتبری بدست نمی آید و نمی تواند مبنای قضاوت و تصمیم گیری صحیح باشد. بدیهی است در چنین مواردی درباره پذیرش یا رد بتن اظهارنظر مستندی نمی توان انجام داد.

1-1-5-3 هنگامی که از آزمون استوانه ای استاندارد بهره گیری می کنیم نیاز به دستگاه فشار با ظرفیت کمتری داریم. اگر آزمون مکعبی $15 \times 15 \times 15$ استفاده کنیم بعلت سطح بیشتر این آزمون و بالاتر بودن مقاومت فشاری آن، عملاً دستگاهی با ظرفیت حدود $1/5$ برابر نیاز داریم. ثابت شده است آزمون های استوانه ای بهتر از آزمون های مکعبی هستند هر چند مشکل کلاهک گذاری نیز همواره جدی به نظر می رسد.

با یک دستگاه 120 تنی در صورتیکه از 90 درصد ظرفیت آن یعنی 108 تن استفاده کنیم، میتوان مقاومت فشاری آزمون استوانه ای تا حد 600kg/cm^2 را بدست آورد در حالیکه با همین دستگاه عملاً نمی توان مقاومت مکعبی بیش از 480kg/cm^2 را تعیین نمود.

1-1-5-4 مقاومت مغزه های استوانه ای تهیه شده از بتن سخت شده نیز طبق همین دستور بدست می آید، هر چند معمولاً قطر این مغزه ها ممکن است به مراتب کوچکتر از قطر آزمون استوانه ای استاندارد باشد. این تفاوت باعث می شود برخی تغییرات کوچک در نحوه عمل و یا وسایل کار پیش آید و هم چنین در آماده سازی مغزه ها و ضوابط هندسی آن نیز نکاتی وجود دارد که باید به دستورالعمل مغزه گیری و آماده سازی آن مراجعه نمود.

1-1-5-5 استاندارد ایران دارای دو دستور 6048 و 3206 می باشد که اولی منطبق با ASTM و برای آزمون استوانه ای و دومی منطبق با ISO و تا حدودی EN است و برای آزمون استوانه ای و مکعبی قابل استفاده است.

2-5- نحوه آزمایش مقاومت فشاری نمونه استوانه ای طبق ASTM C39 و ISIRI 6048

2-5-1- دستگاه آزمایش مقاومت فشاری باید منطبق با استاندارد ASTM و کالیبره شده باشد.

ظرفیت دستگاه باید برای تعیین مقاومت نمونه های مورد نظر کافی باشد.

قطر صفحات انتهائی بارگذاری برای نمونه های به قطر 50 و 75 میلی متر، بیش از 50 میلی متر بزرگتر از قطر نمونه نباشد. برای قطر نمونه 100 تا 150 میلی متر این تفاوت بیش از 60 میلی متر نباشد و برای قطر نمونه استاندارد 150 میلی متری قطر صفحه بیش از 100 میلی متر بزرگتر از قطر نمونه نباشد. این اختلاف برای نمونه های 200 میلی متر نباید از 80 میلی متر بیشتر شود. حداقل ضخامت صفحات بارگذاری 25 میلیمتر می باشد که پس از ساییدن نباید از 22/5 میلی متر کمتر شود.

2-5-2- همانطور که در دستورالعمل نگهداری و آماده سازی نمونه ها در شرایط استاندارد

آزمایشگاهی ذکر شد وقتی نمونه ها از مخزن آب یا اتاق مرطوب خارج می شود حداکثر 3 ساعت می تواند قبل از آزمایش در محیطی با دمای 20 تا 30 درجه قرار گیرد ولی سطح آن در هنگام آزمایش باید مرطوب بوده ولی آبچکان نباشد. صرفاً در مواردی که سر و ته نمونه ها با ملات ماسه و گوگرد کلاهدک گذاری می شود سر و ته نمونه باید خشک باشد. بهرحال انحراف از گونیا تا 1/5 درجه پذیرفتنی است.

2-5-3- در مورد تعیین مقاومت نمونه های آگاهی و کنترل کفایت عمل آوری شرایط رطوبتی

بتن متأثر از محیط عمل آوری است اما برای کلاهدک گذاری با ملات ماسه و گوگرد مذاب خشک بودن سر و ته نمونه ها الزامی است.

2-5-4- ناهمواری سطح تا 0/05 میلی متر قابل قبول است و سطوح انتهائی باید بریده یا سائیده

شود و یا طبق دستور استاندارد ASTM C617 و یا ASTM 1231 کلاهدک گذاری گردد.

2-5-5- وقتی نمونه ها در بین صفحات بارگذاری قرار داده می شود هم مرکز کردن نمونه و

صفحات بارگذاری تا حد امکان ضرورت دارد (باروداری ± 5 درصد شعاع کره تکیه گاه فوقانی)

2-5-6- رواداری زمان آزمایش برای سنین مختلف به قرار ذیل است.

90	28	7	3	1	سن آزمایش (روز)
± 48	± 20	± 6	± 2	$\pm 0/5$	رواداری (ساعت)

برای سنین دیگر بصورت درون یابی یا برون یابی عمل شود.

2-5-7- سرعت بارگذاری بر نتیجه آزمایش اثر جزئی دارد و لازم است در محدوده MPa/Sec

0/35 - 0/15 باشد که معادل 9-21 MPa/Min است. بنابراین برای یک نمونه استوانه ای به قطر 150

میلی متر سرعت اعمال بار 6/20KN/ Sec - ، 2/65KN/ Sec یا 160KN/ Min 370 KN/ Min

خواهد بود. مسلماً برای قطرهای کوچکتر سرعت اعمال بار باید کاهش یابد هرچند سرعت اعمال تنش ثابت باشد. برای مثال برای قطر 100 میلی متر سرعت اعمال بار $1/17-2/73 \text{ KN/ Sec}$ یا KN/ Min می باشد. (در نیمه اول بارهای خرابی مورد انتظار، سرعت می تواند بیشتر باشد) 70-165

8-2-5- قطر نمونه از دو محل با دقت $0/25$ میلی متر باید اندازه گیری و میانگین گیری شود (ترجیحاً از وسط ارتفاع آن) اگر اختلاف قطرها از 2 درصد بیشتر باشد آزمون مردود است. طول نمونه با دقت $0/05$ قطر نمونه باید اندازه گیری شود و در محدوده $1/8$ تا $2/2$ برابر قطر باشد.

9-2-5 گزارش نتیجه

حداکثر مقدار بار اعمال شده برای خرد شدن آزمون باید بر سطح بارگذاری شده آزمون تقسیم شود و نتیجه با دقت $0/1 \text{ MPa (1kg/cm}^2)$ برای هر آزمون گزارش گردد. نوع کلاهک گذاری و کیفیت ظاهری آزمون و نحوه شکست آن لازم است گزارش شود. سن آزمون در هنگام آزمایش باید گزارش گردد. روز و ساعت اخذ نمونه، شکل و ابعاد آزمون و ترجیحاً وزن و وزن مخصوص آن ذکر شود. بدیهی است نام پروژه و نام قطعه بتنی و آدرس آن در سازه و شماره آزمون باید گزارش گردد. بهتر است شرایط عمل آوری، نوع سیمان و نسبت آب به سیمان و نوع افزودنی مصرفی نیز ذکر گردد.

3-5- نحوه تعیین مقاومت فشاری (نمونه استوانه ای و مکعبی) طبق استاندارد ISIRI 3206

1-3-5 مقدمه

در این استاندارد و EN و ISO می توان آزمون استوانه ای یا مکعبی بکار برد اما ضرایب تبدیلی برای آن ارائه نشده است. آزمون استوانه ای استاندارد به قطر 150 و ارتفاع 300 میلی متر و آزمون مکعبی استاندارد دارای اضلاع 150 میلی متری است.

بدیهی است عمل کلاهک گذاری در این استاندارد پیش بینی شده است هر چند اجازه بریده سائیدن سر و ته آزمون استوانه ای و مکعبی داده شده است و روش مرجع نیز می باشد. همچنین حتی اجازه بریده شدن سر و ته آزمون وجود دارد. حداکثر ضخامت لایه کلاهک گذاری به 2 درصد بعد یا قطر آزمون محدود شده است و مقاومت مواد کلاهک گذاری نباید کمتر از بتن آزمون باشد. سایر مواردی که در مقدمه روش ASTM گفته شد در اینجا نیز صادق است.

2-3-5 روش آزمایش

دستگاه آزمایش مقاومت فشاری باید منطبق با استاندارد ISO و EN و کالیبره شده باشد.

حداقل ضخامت صفحات بارگذاری 25 میلی متر است و صرفاً باید مساوی یا بزرگتر از آزمون باشد. انحراف مرکز آزمون از مرکز صفحه 1 درصد قطر یا بعد آزمون است. سرعت بارگذاری بصورت ثابت و در محدوده 0/2-1 MPa/ Sec یا 20-60 MPa/Min می باشد و در حین آزمایش رواداری ± 10 درصد در سرعت اعمال بار مجاز است. به سرعت های پائین برای بتن های کم مقاومت و سرعت های بالا برای بتن های پر مقاومت توصیه شده است. وزن نمونه با دقت 0/25 درصد باید کنترل شود و ثبت گردد. اگر ابعاد واقعی آزمون در محدوده ± 1 درصد ابعاد اسمی (مبنا) باشد همان سطح اسمی در محاسبات تعیین مقاومت بکار می رود وگرنه ابعاد واقعی ملاک محاسبات خواهد بود.

3-3-5- گزارش

حداکثر نیروی وارده بر سطح مبنا یا سطح واقعی تقسیم می شود تا مقاومت فشاری آزمون بدست آید. نتیجه مقاومت با دقت 0/5 MPa باید گزارش شود. علاوه بر مشخصات آزمون شامل شماره، محل مصرف بتن، نام پروژه، تاریخ اخذ نمونه، وزن آزمون، شرایط عمل آوری، نوع سیمان، نسبت آب به سیمان نوع افزودنی، مقاومت فشاری لازم، نوع آماده کردن سطح (سائیدن، بریدن، کلاhek گذاری و نوع آن) و نحوه شکست آزمون گزارش می شود.

4-5- دستور العمل کلاhek گذاری آزمون های استوانه ای (نایبوسته) طبق ASTM C617

1-4-5- مقدمه

1-1-4-5- اگر با سائیدن یا بریدن نتوان سطح صاف و همواری را تامین نمود به نحوی که ضوابط ناهمواری تا حد 0/05 میلی متر ارضاء نشود لازم است عمل کلاhek گذاری انجام شود. همچنین با عمل کلاhek گذاری می توان گونیا نبودن را اصلاح کرد (انحراف زاویه ای 0/5 درجه یا حدود 3 میلی متر در 300 میلی متر)

2-1-4-5- برای آزمون های استوانه ای قالب گیری شده و یا مغزه ها میتوان از این دستور استفاده کرد.

3-1-4-5- اگر مقاومت بتن از 50 MPa بیشتر شود کلاhek گذاری خاص دیگری بصورت نایبوسته طبق دستور ASTM C1231 باید بکار رود.

4-1-4-5- در کلاhek گذاری با ملات گوگرد مذاب باید دقت شود تا عمل ذوب مواد در محفظه تهویه دار خاص و یا در محیط روباز انجام شود زیرا در صورت سوختن گوگرد، گاز خفه کننده حاصل می شود. حتی در صورت ذوب گوگرد در حالت عادی نیز بوی زننده ای حاصل می گردد.

5-1-4-5- سه روش کلاهک گذاری پیوسته (چسبیده) وجود دارد.

روش اول: استفاده از خمیر سیمان تازه است که برای آزمون های تازه قالب گیری شده می تواند بکار رود.

روش دوم: استفاده از ملات گچ پر مقاومت زودگیر است که برای بتن های سخت شده کاربرد دارد.

روش سوم: کلاهک گذاری با ملات گوگرد است که برای بتن های سخت شده بکار می رود.

با اینکه دو روش اول، روشهای ساده تری می باشند اما بدلائلی روش سوم در ایران رایج تر است.

2-4-5- کلاهک گذاری با خمیر سیمان تازه

1-2-4-5- بهتر است از سیمان های پرتلند نوع 1 و 2 و 3 استفاده شود هر چند سیمانهای آمیخته با مقاومت اولیه میان مدت کافی نیز قابل مصرف است. خمیر سیمان حاصله باید مقاومتی بیش از مقاومت بتن داشته باشد اما بهر حال مقاومت مکعب 50 میلی متری آن باید بیش از 35 مگاپاسکال در سن 28 روز باشد.

2-2-4-5- متوسط ضخامت خمیر سیمان برای بتن هائی با مقاومت زیر 50 MPa از 6 میلی متر و حداکثر ضخامت آن از 8 میلی متر نباید بیشتر باشد.

3-2-4-5- خمیر سیمان با نسبت آب به سیمان کم باید ساخته شود. خمیر سیمان باید بصورت نیمه سفت و غیر روان باشد و بتواند مقاومت کافی ایجاد کند. از نظر روانی برای سیمان پرتلند نوع 1 و 2 نسبت آب به سیمان 32% تا 36% و برای سیمانهای پرتلند نوع 3 بین 35% تا 39% توصیه می شود. خمیر سیمان را بین 2 تا 4 ساعت قبل از مصرف مخلوط کنید و بگذارید کمی سفت شود و جمع شدگی خود را به انجام رساند و گرنه نتیجه کاربرد آن مطلوب نخواهد بود. اختلاط مجدد خمیر سیمان با آب، مجاز است مشروط بر اینکه از نسبت آب به سیمان مطلوب تجاوز نکند.

4-2-4-5- اجازه دهید بتن قالب گیری شده، تا حدودی خود را بگیرد و نشست خمیری خود را انجام دهد که این امر 2 تا 4 ساعت بطول می انجامد. در واقع وقتی بتن قالب گیری می شود لازمست خمیر سیمان نیز ساخته شود. لایه های ضعیف یا آب روزه سطح قالب را پاک کنید. سپس چانه ای از خمیر سیمان را روی سطح بتن گذاشته و با یک صفحه تخت و هموار (ترجیحاً یک شیشه ضخیم) روغن زده خمیر را فشرده کنید و این صفحه را آنقدر فشار دهید و بچرخانید تا صفحه به لبه قالب استوانه ای برسد و خمیر اضافی بیرون بزند و هوای اضافی خارج و خمیر متراکم شود. صفحه را روی قالب گذاشته و با دو گونی خیس و یک لایه نایلون آنرا بپوشانید تا

خمیر سیمان سخت شود و سپس با ضربه ملایم صفحه را جدا کنید. (پس از 6 تا 12 ساعت بسته به نوع سیمان)

5-2-4-5- اگر بتن اصلی سفت و کم آب و خشک باشد آب خمیر را مکیده و سطح خمیر ممکن است ترک بخورد و به بتن زیرین نچسبد. سطح چنین بتنی باید تا هنگام آزمایش بخوبی مرطوب بماند.

3-4-5- کلاهک گذاری با ملات گچ پر مقاومت و زودگیر (گچ قالب گیری و دندانسازی)

1-3-4-5- ملات گچ پر مقاومت و زودگیر باید بصورت خالص و بدون هرگونه پرکننده باشد و مقاومت لازم را تأمین کند. استفاده از گچ معمولی، گچ قالب گیری کم مقاومت و مخلوط گچ و سیمان برای کلاهک گذاری نامناسب است.

2-3-4-5- مقاومت ملات گچ نمونه مکعبی 50 میلی متر در ظرف 2 ساعت باید بیش از مقاومت بتن یا حداقل 35 مگا پاسکال باشد.

3-3-4-5- زمان کار با ملات گچ را می توان با مصرف کندگیر کننده افزایش داد به نحوی که مشکلی برای کسب مقاومت به وجود نیارد.

4-3-4-5- ملات گچ را روی بتن تازه اعمال کنید و سپس آنرا در محیط مرطوب قرار دهید. بنابراین واضح است که این روش فقط برای کلاهک گذاری بتن سخت شده مناسب است.

5-3-4-5- نسبت آب به گچ باید در حدی باشد که مقاومت لازم را ایجاد کند و 45 دقیقه پس از اعمال آن صفحه کلاهک گذاری را بتوان برداشت.

6-3-4-5- برای عمل کلاهک گذاری از دستگاه مخصوص کلاهک گذاری (کپینگ) استفاده می شود و بهر حال پس از آن باید سطح صاف و گونیا داشته باشیم. مسلماً خمیر گچ نباید خیلی سفت باشد. نسبت آب به گچ بین 0/26 تا 0/3 توصیه می شود.

7-3-4-5- ضخامت متوسط نباید از 6 میلیمتر و حداکثر ضخامت نباید از 8 میلیمتر بیشتر شود (مقاومت بتن کمتر از 50^{mpa})

8-3-4-5- در ظاهر کلاهک نباید نقص مشهود دیده شود و تا هنگام آزمایش باید اجازه داد به مدت حداقل 2 ساعت ملات گچ خود را بگیرد و خشک شود. زود گرفتن گچ موجب می شود گاه در کلاهک گذاری ناموفق باشیم بهر حال تسریع در عملیات توصیه می شود.

4-4-5- کلاهک گذاری با ملات گوگرد مذاب

1-4-4-5- گوگرد مذاب باید حداقل 2 ساعت قبل از آزمایش مقاومت فشاری اعمال گردد و مقاومت آن بر روی مکعب 5 سانتی نباید از 35^{mpa} و یا از مقاومت بتن کمتر باشد. اگر مقاومت بتن بیش از 35^{mpa} باشد تهیه ملات و بکارگیری آن باید 16 ساعت قبل از آزمایش باشد مگر اینکه بتوان نشان داد به مقاومت لازم در زمان کوتاه تری نیز می رسد. در هر حال نمی توان از این نوع کلاهک گذاری برای بتن هائی با مقاومت بیش از 50^{mpa} استفاده نمود.

در استاندارد موجود اشاره ای به نوع ماسه مصرفی و اندازه ذرات آن نشده است. بهرحال در صورت مصرف ماسه، باید سخت و در ریزتر از $0/3$ میلی متر و درشت تر از $0/075$ میلی متر باشد.

5-4-4-2- ملات گوگرد مذاب باید در محفظه مخصوص با دمای 130 تا 145 درجه سانتی گراد ذوب شود و بلافاصله مورد استفاده قرار گیرد اعم از اینکه بخواهیم مقاومت آنرا اندازه بگیریم یا آنرا برای کلاhek گذاری استفاده کنیم.

دستگاه ذوب گوگرد باید مجهز به ترموستات باشد. ملات در داخل دستگاه با میله فلزی باید هم زده شود تا مخلوط گردد.

5-4-4-3- اندازه گیری دمای ملات در حین ذوب توصیه می شود. اینکار با دماسنج های فلزی انجام می گردد و دماسنج در مرکز ملات فرو برده می شود.

5-4-4-4- مواد مانده در دستگاه ذوب ملات کلاhek گذاری نباید بیش از 5 بار مورد استفاده قرار گیرد. بنابر این توصیه می شود پس از 5 بار مصرف، کلیه مواد باقیمانده در دستگاه تراشیده و تمیز شود. بکارگیری مواد مصرفی قبلی نیز مجاز است.

همچنین در صورتیکه مقاومت بیش از 35 MPa بخواهیم استفاده از مواد باقیمانده قبلی ابدأ امکان پذیر نمی باشد. در این حالت استفاده از مواد کلاhek گذاری قبلی حتی برای یکبار دیگر اجازه داده نمی شود.

5-4-4-5- مواد مصرفی ابتدا باید خشک شود. مواد مرطوب ایجاد کف می کند و کلاhek گذاری با مقاومت کافی صورت نخواهد گرفت. به همین دلیل نباید آب به مخلوط مزبور اضافه کرد.

5-4-4-6- دستگاه کلاhek گذاری و صفحات آنرا بهتر است گرم کرد تا در هنگام کلاhek گذاری، وقتی ملات مذاب را درون آن می ریزیم به ناگاه سفت و سرد نشود و فرصت کلاhek گذاری مطلوب را از ما نگیرد. ملات یا زائده های موجود در صفحه باید پاک شود. دمای صفحه بهتر است در حدود 30 درجه باشد.

5-4-4-7- صفحات گرم شده دستگاه را با روغن کمی آغشته کنید و قبل از اینکه دستگاه گرمای خود را از دست دهد سریعاً ملات مذاب لازم را با یک ملاقه فلزی درون بشقاب (صفحه) دستگاه کلاhek گذاری بریزید و آزمون را سریعاً با چسباندن بدنه آن به بدنه دستگاه به پائین هدایت کنید تا در روی صفحه حاوی ملات مستقر شود.

5-4-4-8- سطوح انتهائی آزمون بتنی نباید مرطوب باشد و باید قبلاً با دمیدن هوا یا سشوار خشک شده باشد. اگر این سطوح مرطوب باشد ایجاد گاز یا کف خواهد کرد و ماده مزبور متخلخل خواهد شد که در این حالت باید ملات از روی آزمون برداشته شود.

5-4-4-9- پس از استقرار آزمون در صفحه (بشقاب) دستگاه کپینگ دقیقی منتظر بمانید تا ملات از حالت روان خمیری به حالت جامد تبدیل شود. سپس با ضربه زدن به آزمون بتنی سعی

کنید آنرا از صفحه جدا کنید. صفحه دستگاه کلاهک گذاری باید مقداری بزرگتر از قطر نمونه بتنی باشد. برای نمونه های کوچک باید از دستگاه کوچکتر استفاده نمود.

5-4-4-10- اجازه دهید حداقل 2 ساعت (درموردی تا 16 ساعت) نمونه کلاهک گذاری شده در آزمایشگاه و در محل مرطوب (زیرگونی مرطوب یا نایلون) بماند و سپس آزمایش مقاومت فشاری را انجام دهید. حداکثر ضخامت ملات بر روی نمونه مانند سایر کلاهک گذاریها خواهد بود.

5-4-4-11- پس از خاتمه آزمایش، می توانید با استفاده از یک چکش و قلم، ملات سخت شده را از بتن جدا کنید و در صورت امکان آنرا مجدداً مورد استفاده قرار دهید بشرطی که منعی برای استفاده از آن وجود نداشته باشد.

5-4-4-12- بهر حال استفاده از محفظه تهویه دار یا فضای آزاد برای عمل ذوب گوگرد و تهیه ملات توصیه می شود.

5-5- دستورالعمل کلاهک گذاری نمونه های استوانه ای و مکعبی طبق پیوست EN12390-3

5-5-1- مقدمه

5-5-1-1- در استاندارد اروپا و ISO امکان سائیدن یا بریدن نمونه وجود دارد. در این استانداردها روش سائیدن بصورت روش مرجع توصیه شده است. هر چند این دستور برای نمونه مکعبی نیز برقرار است اما عملاً نیازی به کلاهک گذاری این نمونه ها احساس نمی شود.

5-5-1-2- عمل سایش حداقل 1 ساعت قبل از آزمایش باید انجام شده باشد و دوباره به مدت یک ساعت نمونه مرطوب یا غرقاب می شود. مسلماً ناهمواریها از حد مجاز 0/05 میلی متر و یا انحراف 0/05 درجه از حالت گویا بیشتر شود سائیدن و یا بریدن و کلاهک گذاری ضرورت دارد.

5-5-1-3- روش های کلاهک گذاری با استفاده از سیمان برقی یا مخلوط گوگرد و ماسه برای مقاومت های بتن کمتر از 50 توصیه شده است. روش استفاده از جعبه مخصوص ماسه بصورت نامحدود بکار می رود. سیمان برقی عمدتاً در اوائل قالب گیری بکار می رود هرچند در روش اروپائی محدودیتی برای بکارگیری آن در بتن سخت شده دیده نمی شود.

5-5-2- کلاهک گذاری با ملات سیمان برقی (سیمان پرآلومین، نسوز یا فوندو)

5-5-2-1- محدودیت این روش برای مقاومت های نمونه بتنی بیش از 50MPa می باشد و بهر حال مقاومت ملات مزبور در هنگام آزمایش نباید از مقاومت بتن کمتر باشد.

5-5-2-2- ضخامت ملات نباید از 5 میلی متر بیشتر باشد.

5-5-2-3- برای ساخت ملات سیمان برقی از یک قسمت ماسه ریزتر از 0/25 میلی متر و سه قسمت سیمان برقی (سیمان نسوز) استفاده می شود. نسبت آب به سیمان باید در حدی باشد که مقاومت لازم را تأمین کند.

5-5-2-4- این ملات روی بتن آزمونه (بویژه در حالتی که قالب گیری شده) قرار می گیرد و با صفحه شیشه ضخیم که سطح آن چرب شده، ملات را فشرده می کنیم و سپس با چرخاندن و حرکت صفحه سعی می کنیم سطح را صاف کنیم. در این حالت لبه قالب به ما کمک می کند.

5-5-2-5- بر روی بتن سخت شده یا مغزه نیز می توان از این ملات استفاده کرد. بهرحال باید فرصت کسب مقاومت وجود داشته باشد و از یک حلقه در بالای آزمونه برای اینکار باید استفاده شود.

5-5-3- کلاhek گذاری با ملات گوگرد مذاب و ماسه

محدودیت این روش نیز مانند سیمان برقی است و مقاومت آن نباید در هنگام آزمایش از بتن کمتر باشد.

5-5-3-1- ضخامت ملات در هنگام کلاhek گذاری نباید از 5 میلی متر بیشتر باشد.

5-5-3-2- برای ساخت ملات، از یک ماسه ریز سیسیلی گذشته از الک 0/025 میلی متر و مانده روی الک 0/125 میلی متر استفاده می شود. به مقدار وزنی مساوی از گوگرد و ماسه بهره می گیریم. تا 2 درصد وزن این مواد کربن سیاه (دوده صنعتی) استفاده می شود. این ملات در محفظه مخصوص با دمای 130 تا 145 درجه باید ذوب شود (به توضیحات روش ASTM C617 مراجعه شود)

5-5-3-3- ملات مزبور دست کم باید 30 دقیقه قبل از آزمایش اعمال شده باشد.

5-5-4- کلاhek گذاری با جعبه ماسه

5-5-4-1- این روش محدودیت مقاومتی ندارد و برای آزمونه استوانه ای بکار می رود.

5-5-4-2- ماسه سیسیلی ریزتر از 0/025 میلی متر و مانده روی الک 0/125 میلی متر بکار می رود. جعبه فولادی با مقاومت تسلیم 900MPa بار دارای ابعاد $0/1 \pm$ میلی متر بکار می رود که به یک شیلنگ هوای فشرده متصل است.

5-5-4-3- از یک قاب تعیین موقعیت استفاده می شود و با استفاده از جعبه حاوی ماسه عمل کلاhek گذاری صورت می گیرد.

علاقمندان برای آشنائی بیشتر و استفاده از شکل‌های مورد نظر به دستور مربوطه می توانند مراجعه کنند.

فصل ششم: دستورالعمل نحوه ی ارزیابی و پذیرش بتن از نظر انطباق با

مقاومت مشخصه فشاری

6-1- مقدمه

یکی از مهم ترین ویژگیهای بتن، مقاومت فشاری آن می باشد. مقاومت مشخصه فشاری بتن در نقشه ها و مشخصات فنی خصوصی هر پروژه درج می گردد. علی القاعده طراح پروژه در محاسبات سازه ای از این مقاومت مشخصه بهره گیری نموده است. مقاومت مشخصه بتن یک تعریف آماری دارد که در آئین نامه های مختلف یکسان نیست. این مقاومت مشخصه، دست مایه طراح مخلوط بتن نیز می باشد که با استفاده از آن و با توجه به شرایط حاکم بر مصالح مصرفی و نحوه ساخت و کنترل و نظارت تولید بتن، مقاومت فشاری متوسط لازم برای طرح اختلاط (مقاومت هدف طرح مخلوط) را تعیین می کند و سعی می نماید در آزمایشگاه تقریباً به این مقاومت برسد. از طرفی در هنگام تولید بتن در کارگاه سعی می شود بتنی ساخته شود که انطباق مقاومت آن با مقاومت مشخصه تأیید گردد. بنابراین نیاز به کنترل مقاومتی بتن وجود دارد. سعی می شود تهیه آزمون ها و نگهداری آن در شرایط استاندارد (آزمایشگاهی) صورت گیرد و طبق استاندارد مربوطه، عمل تعیین مقاومت انجام شود.

بدیهی است اگر این موارد بصورت استاندارد انجام نگردد، عمل مقایسه و انطباق با مقاومت مشخصه امری بی معنا خواهد بود. از بتن مورد نظر قبل از ریخته شدن در قطعه، نمونه گیری می شود. بنابراین شرایط ریختن، جایدهی و تراکم، پرداخت و عمل آوری بتن در قطعه به هیچ وجه در نحوه تهیه قالب آزمون بتنی حاکم نیست و نباید حاکم باشد. هدف از تهیه این آزمون ها، کنترل کیفی بتن ساخته شده قبل از ریختن در قطعه اصلی است.

آزمون هائی که مورد بررسی قرار می گیرند ممکن است مکعبی باشند و یا ابعاد غیر استاندارد داشته باشند که باید به آزمون استوانه ای استاندارد تبدیل گردد و سپس مورد ارزیابی و پذیرش قرار گیرد. کار بررسی و ارزیابی و پذیرش بتن طبق آئین نامه و مشخصات فنی و مقررات ملی یک امر حساس و مهم می باشد و صرفاً از عهده مهندسین و تکنسین های ناظر آشنا به این امر بر می آید و از دخالت افراد ناآشنا و غیر مسئول در این مهم باید پرهیز گردد بویژه اینکه سلیقه های فردی نیز بکار گرفته شود و از حدود مندرج در آئین نامه و مشخصات فنی یا مقررات ملی تخطی گردد.

در پایان مرحله ارزیابی و پذیرش بتن، پذیرش یا عدم پذیرش بتن مطرح است. در صورت عدم پذیرش بتن، مرحله بررسی بتن کم مقاومت شروع خواهد شد و عدم پذیرش بتن در صورت عدم انطباق بر رده مورد نظر به معنای غیر قابل قبول بودن کامل بتن و تخریب آن نخواهد بود.

2-6- ضوابط و تواتر نمونه برداری برای آزمایش مقاومت جهت انطباق با رده مورد نظر یا مقاومت

مشخصه

1-2-6- ضوابط نمونه برداری

این ضوابط در دستورالعمل تهیه نمونه بتن تازه و تهیه و نگهداری آزمونه های (قالب) بتن برای تعیین مقاومت فشاری در شرایط عمل آوری استاندارد آزمایشگاهی ارائه شده است و نکات زیر مستقل از نوع آئین نامه و استاندارد حاکم بر پروژه قابل استفاده است.

1-1-2-6- نمونه برداری باید از بتن مورد نظر قبل از ریخته شدن در قطعه اصلی و در محل نهائی

مصرف انجام شود. به هیچ وجه نباید از بتنی که در قطعه اصلی ریخته شده است نمونه گیری نمود، اعم از اینکه متراکم شده یا نشده باشد. اگر آخرین وسیله حمل و ریختن، پمپ و لوله است، نمونه برداری باید از انتهای لوله پمپ و یا بهر حال پس از پمپاژ انجام گردد.

اگر نمونه برداری از انتهای لوله پمپ میسر نباشد فقط به شرطی می توان از بتن ورودی پمپ نمونه برداری کرد که هیچ ماده ای (مانند آب یا افزودنی) جداگانه به درون مخزن پمپ وارد نگردد.

2-1-2-6- نمونه برداری باید بصورت کاملاً تصادفی در طول زمان بتن ریزی انجام شود. مقصود آئین

نامه از توزیع یکنواخت نوبت های نمونه برداری نیز همین امر است که با ادبیات غیر معمول نگاشته شده است. ایجاد هرگونه ضابطه خاص مانند زمان بندی در مورد نمونه برداری، وجود شرایط خاص محیطی و جوی (روز یا شب بودن، آفتابی یا ابری بودن، بارانی یا خشک بودن، وجود گرما یا سرما و ...) شکل و روانی ظاهری بتن (شل بودن یا سفت بودن، ریز یا درشت بودن بافت بتن و ...) کار نمونه برداری تصادفی را مختل می کند و باعث می شود نمونه های ویژه ای حاصل گردد که نمی تواند مبنای قضاوت در مورد انطباق یا عدم انطباق با رده مورد نظر باشد. در واقع گزینشی بودن نمونه برداری باعث مخدوش شدن مبانی آماری حاکم بر نمونه برداری و پذیرش بتن خواهد شد و صحت قضاوت را زیر سؤال خواهد برد.

3-1-2-6- سؤال همیشگی آزمایشگران (نمونه برداران) و ناظرین آنست که اگر مثلاً زود هنگام اقدام به

نمونه برداری از بتن نمایند و یک نوبت نمونه برداری در آن روز نیز کافی باشد، سازنده بتن با خیال آسوده بتن هائی با کیفیت نازل را تولید خواهد نمود و نتایج آن نوبت نمونه برداری در واقع نمایانگر کیفیت بتن مورد نظر در آن روز نخواهد بود و قضاوت های حاصله غیر معتبر می شود. هر چند این نقطه نظر تا حدودی درست است اما باید اذعان نمود وظیفه نظارتی حکم می کند در تمام طول ساخت بتن و بتن ریزی، ناظر باید نظارت مستمر بر تولید، حمل، ریختن و تراکم داشته باشد و اجازه ندهد بتنی با ظاهر ناخوشایند و نامطلوب و روانی بیش از حد مجاز و یا بتنی با نسبت های غیر مطلوب و نامناسب ساخته و ریخته شود. بنابراین نمونه اخذ شده می تواند معرف و نمایانگر (نماینده) بتن های ریخته شده باشد.

بنابراین چاره کار، کمین کردن و نمونه گیری از بتن خیلی شل یا سفت یا نامناسب نیست، زیرا هر نوع گزینش آگاهانه و عمدی، مبانی آماری را درهم می ریزد و از آنجا که اساس ارزیابی و پذیرش بتن و حتی تعریف مقاومت مشخصه بر پایه علم آمار و احتمالات استوار است، هرگونه نتیجه گیری در این حالت قابل استناد نخواهد بود و معتبر تلقی نمی شود.

بهرحال دست اندرکاران می توانند با توجه به اهداف خود نمونه هائی با شرایط ویژه و گزینشی تهیه نمایند. اما نتیجه حاصله را نباید در امر ارزیابی و پذیرش بتن دخالت دهند.

6-2-2- تعداد آزمون و زمان آزمایش

هر نوبت نمونه برداری منجر به تهیه چند آزمون (قالب) بتن خواهد شد. همواره یک نمونه دارای چند آزمون است. آزمایش مورد نظر بر روی هر آزمون انجام می شود. توجه کردن به این اصطلاحات از بروز مشکل بدفهمی و برداشت غلط جلوگیری خواهد نمود.

6-2-2-1- تعداد آزمون

در همه آئین نامه های موجود دنیا، امروزه انجام آزمایش بر روی دو آزمون در سن مقرر مربوط به تعریف مقاومت مشخصه کفایت می کند. در بسیاری از موارد سن مقاومت مشخصه، 28 روزه است. بنابراین دو آزمون در سن 28 روزه مورد آزمایش قرار می گیرد. متوسط نتیجه مقاومت این دو آزمون، نتیجه مقاومتی آن نوبت نمونه برداری (مقاومت نمونه) را بدست می دهد. که این میانگین بعنوان مقاومت بتن در آن نوبت نمونه برداری گزارش می شود، و پس از آن مراجعه به تک تک نتایج آزمون ها کار صحیحی تلقی نمی گردد.

اگر برای تعیین مقاومت بتن در سنین دیگری قبل یا بعد از موعد مقرر قصدی وجود داشته باشد تهیه یک آزمون برای هر سن کافی است اما می توان برای هر سن آزمون های بیشتری را نیز تهیه و آزمایش نمود.

6-2-2-2- سن آزمایش

آزمایشگر حق ندارد زمان انجام آزمایش را به سنی غیر از سن مقاومت مشخصه موکول کند حتی اگر از سیمانهای کندگیر یا زودگیر استفاده نماید. تغییر سن آزمایش بتن (تغییر سن مقاومت مشخصه) صرفاً در محدوده وظایف طراح پروژه یا دستگاه نظارت است و در صورت تصریح طراح یا دستگاه نظارت، آزمایشگر می تواند سن مقرر برای آزمایش بتن را طبق نظر آنان تغییر دهد.

معمولاً در سنین پائین تر از سن مقاومت مشخصه مانند 1، 3 و 7 و 11 و 14 و 21 روزه نیز ممکن است آزمون هائی برای تعیین مقاومت مورد آزمایش قرار گیرد. هدف از این اقدام، حدس مقاومت در سنین بالاتر است مگر اینکه در مشخصات فنی خصوصی، ضابطه خاصی برای مقاومت های

زود هنگام پیش بینی شده باشد. باید دانست بسیاری از این ضوابط یا روابط موجود بین مقاومت سنین پائین و مقاومت مشخصه در سنین 28 یا 42 یا 56 روزه و بالاتر (مانند 91،90 روزه) کاملاً تقریبی است و با توجه به نوع سیمان، نسبت آب به سیمان، عیار سیمان و حتی دمای بتن تازه و سایر شرایط موجود مانند نوع سنگدانه و غیره، این نسبت ها دستخوش تغییرات جدی یا محسوسی می شوند و قابل اعتماد نیستند مگر اینکه این نسبت ها برای یک طرح مخلوط بتن تحت شرایط ثابتی بدست آید که در این حالت می توان به آن تکیه نمود.

6-2-2-3- طبق تفسیر آبا اگر اختلاف مقاومت دو آزمون در سن مقرر کمتر از 5 درصد میانگین آنها باشد، متوسط آنها محاسبه و گزارش می شود. در غیر اینصورت لازم است بلافاصله آزمون سوم مورد آزمایش قرار گیرد و نتیجه سوم تعیین کننده صحت یکی از نتایج قبلی خواهد بود. برای اینکار نتیجه پرت حذف می شود و میانگین دو نتیجه دیگر گزارش می شود. بهر حال ایجاد چنین شرایطی نشانه عدم دقت در نمونه برداری است.

علی القاعده نمی توان از نتیجه یک آزمون صرف نظر نمود مگر اینکه مشخص شود در مراحل نمونه برداری تهیه آزمون و نگهداری و آزمایش آن ایرادی وجود داشته است. لب پدیدگی و سایر عیوب ظاهری مانند کرمو بودن یا شن نما بودن آزمون ها از جمله دلایل رد یا حذف نتیجه یک آزمون خواهد بود.

از آنجا که بدلیل وجود این ایرادات، عملاً مقاومت های بتن کاهش می یابد اعتقاد بر اینست که نتایج خیلی کوچکتر معمولاً نتایج پرتی هستند نه نتایج بزرگتر. لذا این اعتقاد، حذف نتایج کوچک را تجویز می کند.

آزمون سوم به هیچ وجه همان آزمون های به اصطلاح شاهد رایج در آزمایشگاهها نمی باشد. آزمون سوم در همان سن مقرر (برای مثال 28 روزه) مورد آزمایش قرار می گیرد. در حالی که آزمون های شاهد در سنین دیگری آزمایش می شوند و گاه تا سن مزبور در شرایط استاندارد آزمایشگاهی نیز نگهداری نمی شوند.

اصولاً در هیچ آئین نامه یا استانداردی، اخذ و نگهداری آزمون های شاهد پیش بینی نشده است. بنابراین در این آئین نامه ها نحوه برخورد با نتایج آزمون های شاهد درج نگردیده است و مشخص نیست چگونه می توان برای پذیرش بتن از آن استفاده نمود.

6-2-3- تواتر نمونه برداری در آئین نامه های مختلف

در کشورهای مختلف تواتر نمونه برداری یکسان نیست. بنابراین در این قسمت سعی می شود دیدگاه سه آئین نامه مطرح شود زیرا این آئین نامه ها در ایران کاربرد دارند. همانگونه که دیده می شود حداقل تعداد نوبت های نمونه برداری پیش بینی شده است و دلیل آن نیاز به یک حداقل تعداد نتیجه برای مرحله ارزیابی و پذیرش است.

6-2-3-1- تواتر نمونه برداری از دیدگاه ACI

در ACI تواتر نمونه برداری سازه‌ها و پروژه‌های مختلف یکسان نمی باشد. برای مثال ساختمانهای متعارف (Building) با سایر سازه‌ها متفاوت است. هم چنین تواتر نمونه برداری از بتن های حجیم سدها و پروژه‌های دارای قالب لغزنده و از برخی روش های خاص بتن ریزی یکسان نیست. در ACI بجز در موارد استثنائی (وجود کمتر از 38 مترمکعب بتن در یک پروژه از یک نوع) لازم است در هر روز حداقل یک نوبت نمونه برداری انجام شود. تعداد نوبت های نمونه برداری در یک پروژه (برای یک نوع بتن) نباید کمتر از 5 نوبت باشد. برای ساختمانهای متعارف از هر 150 یارد مکعب (115 مترمکعب بتن) یا از هر 5000 فوت مربع (465 مترمربع) سطح دال و دیوار یک نوبت نمونه گیری صورت می گیرد. برای سایر سازه های غیر حجیم مانند پل، اسکله، سیلو، دودکش و ... از هر 75 مترمکعب بتن یک نوبت نمونه برداری ضروری است.

در صورتیکه از روش قالب لغزنده استفاده شود علاوه بر ضوابط فوق یعنی از هر 75 مترمکعب بتن لازم است در هر شیف (8 ساعته) یک نوبت نمونه برداری انجام شود.

برای بتن حجیم معمولاً از هر 200 تا 300 مترمکعب بتن یک نوبت نمونه برداری ضروری است.

6-2-3-2- تواتر نمونه برداری از دیدگاه آبا، مقررات ملی، مشخصات فنی عمومی کارهای

ساختمانی و راه

در آبا (برای ساختمانهای متعارف) تواتر نمونه برداری مورد بحث قرار گرفته است و در تفسیر آبا نکاتی بدان اضافه شده است. در صورتیکه حجم هر اختلاط (نوبت ساخت) بتن بیشتر از یک مترمکعب باشد (مانند بتن تراک میکسر) از هر 30 مترمکعب بتن دال و دیوار یا از هر 150 مترمربع سطح آن یک نوبت نمونه برداری لازم است. هم چنین از هر 100 مترطول تیر و کلافی که جدا از سایر قطعات بتن ریزی می شود یا از هر 50 متر طول ستون یک نوبت نمونه برداری لازم است. بهرحال حداقل یک نوبت نمونه برداری از هر رده بتن در هر روز الزامی است (مگر در موارد استثنائی برای کمتر از 30 مترمکعب بتن در یک پروژه به تشخیص دستگاه نظارت). حداقل 6 نوبت نمونه برداری نیز از یک سازه (برای یک نوع بتن) الزامی است.

در آبا گفته شده است که اگر حجم هر نوبت اختلاط بتن کمتر از یک مترمکعب باشد می توان احجام و سطوح فوق را به همان نسبت تقلیل داد. برای مثال اگر حجم هر نوبت اختلاط بتن در یک بتونیر، یک سوم مترمکعب باشد می توان از هر 10 مترمکعب بتن دال و دیوار یا از هر 50 مترمربع سطح آن و یا از هر 33 متر طول تیر و کلاف و از هر 17 متر طول ستون یک نوبت نمونه برداری نمود.

بدیهی است اگر حجم قطعات مانند شالوده ها زیاد باشد و حجم هر نوبت ساخت بتن نیز بمراتب

بیش از یک مترمکعب باشد می توان احجام و سطوح فوق را افزایش داد.

در تفسیر آبا فعلاً توصیه شده است برای حجم بتن 2 مترمکعب در هر نوبت اختلاط، از هر 60 مترمکعب بتن یک نوبت نمونه گیری شود که در مورد سطح دال و دیوار یا طول تیر و کلاف و ستون نیز می توان اعداد مزبور را دو برابر نمود.

منطقی بنظر میرسد که برای نمونه گیری از بتن وقتی تراک میکسر با حجم بتن 5 مترمکعب بکار می رود از هر 150 مترمکعب بتن (برای ساختمانهای متعارف) یک نوبت نمونه برداری شود. در ایران برای بتن حجیم نیز ضابطه 200 مترمکعب بتن حاکم است که تابع حجم هر نوبت اختلاط نیست. بدیهی است اگر طبق آبا یا نشریه 55 یا 101 و یا مقررات ملی قرار باشد از هر 30 مترمکعب بتن در یک شالوده 200 مترمکعبی که در یک روز بتن ریزی می شود نمونه برداری نمائیم، 7 نوبت نمونه برداری لازم است که امری شاق و غیر منطقی بنظر می رسد بویژه اگر در هر نوبت 5 یا 6 مترمکعب بتن با تراک میکسر حمل و ریخته شود. مسلماً اگر در یک روز دو نوع بتن در یک پروژه ریخته شود نمونه برداری جداگانه از هر یک در هر روز الزامی است و ضوابط فوق برای هر یک کاربرد دارد.

6-2-3-3- تواتر نمونه برداری از دیدگاه EN206

نمونه ها در EN طبق EN12350-1 گرفته می شود نمونه گیری برای هر نوع بتن جداگانه انجام می گردد. از نظر تواتر نمونه برداری ضوابط خاص و دیدگاه های ویژه ای در EN وجود دارد . نمونه گیری پس از افزایش هر گونه آب یا افزودنی صورت می گیرد اما اجازه داده شده است قبل از افزایش افزودنی روان کننده و یا فوق روان کننده نیز نمونه گیری صورت گیرد تا تاثیر افزودنی بر بتن مورد ارزیابی واقع شود . در EN اگر اختلاف نتایج آزمون ها با میانگین آنها بیش از 15 درصد باشد نتایج این نوبت نمونه گیری باید حذف گردد مگر اینکه بررسی ها نشان دهد دلیل قابل قبولی برای حذف یکی از آزمون ها وجود دارد و بدین ترتیب مشکل موجود حل می شود.

حداقل تعداد نمونه برداری برای ارزیابی انطباق بتن بر مقاومت مشخصه یا رده مورد نظر

حداقل میزان نمونه برداری			
ساخت بتن پس از 50 متر مکعب اولیه -		اولین 50 M ³ بتن تولید شده	
ساخت بتن بدون گواهینامه کنترل تولید	ساخت بتن با گواهینامه کنترل تولید		
هر 150 متر مکعب یا حداقل یک نوبت در روز	هر 200 متر مکعب یا در هر هفته دوبار	3 نوبت	تولید اولیه (تا دستیابی به حداقل 35 نتیجه)
	هر 400 متر مکعب یا در هر هفته یکبار	-	تولید مداوم (وقتی حداقل 35 نتیجه در یکسال در دست است)

- نمونه گیری باید به نحو تصادفی در طول ساخت بتن توزیع شود اما بیش از یک نوبت نمونه برداری در طی تولید 25 متر مکعب بتن واقع نشود.

- - وقتی انحراف معیار 15 نوبت آخر از 1/37 S تجاوز کند، تعداد نمونه برداری باید افزایش یابد.

همانگونه که دیده می شود داشتن گواهینامه کنترل (کیفی) تولید در تعداد نوبت های نمونه برداری مقاومتی موثر است. همچنین وقتی 35 نتیجه قابل قبول در دست باشد می توان تواتر را برای بتن های دارای گواهینامه تغییر داد به نحوی که تعداد نوبت های نمونه برداری عملاً نصف شود. در ضوابط قبلی EN از هر 75 متر مکعب یک نوبت نمونه گیری پیش بینی شده بود و اگر چند نوبت جواب مناسب اخذ می شد می توانستیم از هر 200 متر مکعب یک نوبت نمونه گیری نمائیم اما به مجرد اینکه جواب مناسب اخذ نمی گردید مجدداً به روال قبل بر می گشت.

3-6- تبدیل مقاومت به مقاومت استوانه ای استاندارد

در استاندارد ایران و آئین نامه آبا و سایر مشخصات فنی عمومی و مقررات ملی در ایران، آزمون های استوانه ای به قطر 150 میل متر و ارتفاع 300 میلی متر بصورت استاندارد معرفی شده است. اگر آزمون ها از نظر شکل یا اندازه، متفاوت با استاندارد باشد لازم است تبدیل های زیر انجام گیرد و سپس از نتایج حاصله استفاده گردد.

3-6-1- تبدیل مقاومت آزمون های مکعبی 150 میلی متری به مقاومت استوانه ای استاندارد

اگر مقاومت آزمون مکعبی مساوی یا کمتر از 25 مگاپاسکال باشد آنرا در 0/8 ضرب می کنیم. اگر مقاومت آزمون مکعبی مساوی یا بیشتر از 25 مگاپاسکال باشد، مقدار 5 مگاپاسکال از آن کم می کنیم. بدین ترتیب مقاومت استوانه ای استاندارد بدست می آید.

3-6-2- تبدیل مقاومت آزمون های مکعبی به مکعبی 150 میلی متری

در صورتیکه ابعاد آزمون مکعبی برابر 150 میلی متر نباشد طبق جدول زیر این تبدیل انجام می شود و مقاومت مکعبی 150 میلی متر از تقسیم مقاومت مکعبی غیراستاندارد به این ضریب بدست می آید.

300	250	200	150	100	ابعاد آزمون مکعبی (م.م)
0/9	0/95	1/00	1/00	1/05	ضریب

3-6-3- تبدیل مقاومت آزمون های استوانه ای غیر استاندارد

از تقسیم مقاومت آزمون های استوانه ای غیر استاندارد به ضریب مندرج در جدول زیر، مقاومت آزمون استوانه ای استاندارد بدست می آید. نسبت ارتفاع به قطر این آزمون ها برابر 2 می باشد.

450	300	250	200	150	100	75	قطر آزمون استوانه ای (میلی متر)
0/85	0/91	0/95	0/97	1/00	1/02	1/05	ضریب

6-3-4- تبدیل مقاومت آزمون‌های استوانه‌ای با $H/D < 2$ به آزمون‌ها با نسبت $H/D = 2$

در صورتیکه قرار باشد مقاومت چنین استوانه‌هائی به مقاومت استوانه‌های عادی با نسبت ارتفاع به قطر برابر 2 تبدیل شود، ضریب مندرج در جدول زیر در مقاومت موجود ضرب می‌شود. برای نسبت ارتفاع به قطر کمتر از 1 ضریب ارائه نشده است و نمی‌توان تبدیل را انجام داد. اگر نسبت ارتفاع به قطر کمتر از $1/94$ باشد تصحیح لازم است. این ضرائب برای بتن‌هائی با چگالی خشک بیش از 1600 کیلوگرم بر مترمکعب و بتن‌های معمولی قابل کاربرد است. ضمناً مقاومت بتن باید در محدوده 14 تا 42 مگاپاسکال باشد.

برای نسبت ارتفاع به قطر $1/94$ تا $2/10$ تصحیح لازم نیست و ارتفاع مازاد باید بریده شود. بدیهی است این موارد برای مغزه‌های استوانه‌ای حاصله از بتن سخت شده کاربرد دارد. برای سایر نسبت‌های ارتفاع به قطر، ضریب تبدیل با درونیابی بدست می‌آید.

نسبت ارتفاع به قطر	1/75	1/5	1/25	1
ضریب	0/98	0/96	0/93	0/87

6-4- مرتب نمودن نتایج آزمایش‌های کنترل مقاومت

6-4-1- نتایج آزمایش مقاومت نوبت‌های نمونه برداری (میانگین دو آزمون) باید بر اساس تاریخ و ساعت اخذ نمونه مرتب گردد تا در مراحل بعدی بتوان آنها را مورد استفاده قرار داد.

6-4-2- از نتایج هیچیک از نوبت‌های نمونه برداری نمی‌توان صرف‌نظر نمود مگر اینکه دستگاه نظارت مطمئن شود که خطای عمده‌ای در مراحل تهیه نمونه بتن تازه (نمونه برداری)، قالب‌گیری و تراکم آن، نگهداری و عمل‌آوری (محافظت و مراقبت و پروراندن)، حمل، کلاهدک‌گذاری و یا در انجام آزمایش تعیین مقاومت بتن رخ داده باشد.

متأسفانه دلیل نا‌آشنائی آزمایشگران و تهیه‌کنندگان نمونه‌ها و عدم وجود امکانات مورد نیاز برای نگهداری و آزمایش، اشکالات متعددی در این رابطه به چشم می‌خورد. بویژه حفاظت و عمل‌آوری آزمون‌ها در روز اول از نظر رطوبتی و دما دچار مشکلات جدی است همچنین در هنگام حمل یا خروج آزمون‌ها از قالب و یا عمل‌آوری تاسن مورد نظر همواره نقص‌هایی مشاهده می‌شود که اعتبار نتایج را به زیر سوال می‌برد.

در صورتیکه تشخیص داده شود نتیجه یک نمونه (یک نوبت نمونه برداری) به دلایل فوق معتبر نمی‌باشد لازمست آن نتیجه از فهرست نتایج حذف گردد قبل از اینکه بخواهیم قضاوت را در مرحله بعد در دستور کار قرار دهیم.

5-6- ضوابط پذیرش بتن (انطباق با مقاومت مشخصه و رده مورد نظر) آزمون‌های عمل آمده در آزمایشگاه و در شرایط استاندارد

1-5-6- کلیات

در این مرحله با استفاده از نتایج مقاومت فشاری بدست آمده از آزمایش بر روی آزمون‌های عمل آوری شده در شرایط استاندارد آزمایشگاهی و بکارگیری ضوابط ارائه شده جهت پذیرش بتن می‌توان درباره قبول (پذیرش) یا عدم قبول (عدم پذیرش) بتن قضاوت نمود.

در هر آئین نامه ضوابط خاصی بکار گرفته می‌شود که ممکن است تفاوت اساسی و چشمگیری با سایر آئین نامه‌ها داشته باشد. در ذیل به ضوابط سه آئین نامه ACI، آبا و EN اشاره می‌شود. در بحث نهم مقررات ملی و همچنین نشریه 55 و 101 نیز ضوابط آبا حاکم است.

همانگونه که از ضوابط هر سه آئین نامه بر می‌آید انطباق با مقاومت مشخصه یا رده مورد نظر، بصورت انفرادی حاصل نخواهد شد. مجموعه نتایج در این انطباق و پذیرش دخیل خواهد بود اما هر نتیجه ممکن است در پذیرش بتن و انطباق آن با رده مورد نظر اختلال کند و موجب گردد تا نیاز به مرحله بررسی بتن کم مقاومت داشته باشیم.

برخی مهندسين ناظرتصور می‌کنند که اصالت با هر یک از نتایج است و گاه با وجود کاهش اندک نتیجه مقاومتی یک نمونه نسبت به مقاومت مشخصه، رأی به عدم پذیرش بتن و گاه تخریب آن می‌دهند که ابداً کار صحیحی محسوب نمی‌شود. بهر حال با توجه به بحث‌های آماری موجود و کاربرد بتن در یک سازه، آئین نامه‌ها اجازه می‌دهند تا حدودی برخی نتایج از مقاومت مشخصه کمتر باشد اما بهر حال علاوه بر ایجاد محدودیت در این کاهش، لازمست میانگین هر سه نتیجه متوالی از حد معینی کمتر نباشد. مقصود از هر سه نتیجه متوالی مجموعه‌های (f_1, f_2, f_3) و (f_2, f_3, f_4) و (f_3, f_4, f_5) و (f_4, f_5, f_6) و الی آخر می‌باشد.

واضح است که در واقع مجموعه بتن در یک نگاه مورد بررسی قرار می‌گیرد نه تک تک نتیجه‌ها، اما نتایج تک تک نتیجه‌ها نیز می‌تواند موجب عدم پذیرش بتن گردد.

2-5-6- ضوابط پذیرش ACI

با توجه به تعاریف حاکم در آئین نامه ACI برای بتن‌هایی با مقاومت معمولی، هر دو ضابطه زیر باید برآورده شود و گرنه بررسی بتن کم مقاومت ضروری خواهد بود.

الف- میانگین هر سه نتیجه متوالی نباید کمتر از مقاومت مشخصه باشد.

$$\bar{f}_{(1,2,3)} \geq f'_c$$

ب- هیچیک از نتیجه‌ها f_i نباید بیش از $3/5$ مگاپاسکال کمتر از مقاومت مشخصه باشد.

$$f_i \geq f'_c - 3.5$$

همانگونه که مشاهده می شود کاهش مقاومت نسبت به مقاومت مشخصه تا حد $3/5$ مگا پاسکال مانعی ندارد مشروط بر اینکه میانگین هر سه نتیجه متوالی نوبت های نمونه برداری از مقاومت مشخصه کمتر نشود. در این حالت انطباق بتن بر مقاومت مشخصه تأیید می گردد.

3-5-6 - ضوابط پذیرش آبا

1-3-5-6 مشخصات مقاومتی بتن وقتی با رده مورد نظر انطباق دارد و قابل قبول تلقی می شود که یکی از دو شرط زیر برقرار باشد.

الف - هر کدام از نتایج مقاومتی نمونه ها کمتر از مقاومت مشخصه نباشد.

$$f_i \geq f_c$$

ب - اگر شرط (الف) برقرار نبود به سراغ شرط (ب) می رویم که یک شرط دو گانه است و هر دو باید برقرار باشد.

ب-1) میانگین هر سه نتیجه متوالی از مقاومت مشخصه به اضافه $1/5$ مگا پاسکال کمتر باشد.

$$\bar{f}_{(1,2,3)} \geq f_c + 1.5$$

ب-2) هر یک از نتیجه های مقاومتی از مقاومت مشخصه منهای 4 مگا پاسکال کمتر نباشد.

$$f_i \geq f_c - 4.0$$

2-3-5-6 - اگر $\bar{f}_{(1,2,3)} < f_c$ و $f_i < f_c - 4.0$ باشد بتن غیر قابل قبول خواهد بود و نیاز به بررسی بتن کم مقاومت احساس می گردد.

3-3-5-6 - همانگونه که مشاهده می شود اگر مشخصات بتن طبق بند (1-3-5-6) قابل قبول نباشد اما طبق بند (2-3-5-6) غیر قابل قبول هم به حساب نیاید یعنی $f_c + 1.5 < \bar{f}_{(1,2,3)} < f_c$ و $f_i \geq f_c - 4.0$ باشد، آبا اجازه می دهد طراح پروژه به تشخیص خود و بدون بررسی بتن کم مقاومت، بتن را از نظر سازه ای بپذیرد و قابل قبول تلقی نماید. اما اگر طراح پروژه در این مرحله پذیرش بتن را از نظر سازه ای تشخیص ندهد باید وارد مراحل بررسی بتن کم مقاومت شود.

بهرحال بنظرمی رسد چنانچه با چنین شرایط مقاومتی، بررسی بتن کم مقاومت را دنبال کنیم به احتمال قوی در مراحل تحلیلی این بررسی، پذیرش بتن از نظر سازه ای حاصل خواهد شد و آبا اجازه چنین پذیرشی را قبل از بررسی بتن کم مقاومت صادر کرده است. طراح پروژه با توجه به درجه اهمیت مقاومت فشاری بتن در قطعه یا منطقه مورد نظر و نحوه اعمال ضرایب ایمنی در تحلیل و طراحی می تواند چنین تشخیصی را داشته باشد.

6-5-3-4- باید توجه داشت پذیرش بتن از نظر سازه ای به معنای انطباق مشخصات بتن بر رده مورد نظر یا مقاومت مشخصه نمی باشد. در این حالت پیمانکار یا تولید کننده بتن، رعایت مشخصات فنی خصوصی پروژه را ننموده است و مستحق دریافت همه وجوه مندرج در قرارداد نمی باشد.

6-5-4- ضوابط پذیرش طبق EN206

در حالت معمول از نتایج مقاومت 28 روزه استفاده می شود مگر اینکه در طراحی سن دیگری برای ارزیابی و پذیرش در نظر گرفته شده باشد. دو ضابطه در این آئین نامه وجود دارد که باید برآورده شود. ضابطه اول برای n نتیجه متوالی f_{cm} و ضابطه دوم برای هر نتیجه f_{ci} . در واقع در این آئین نامه بجای سه نتیجه متوالی، امکان بکارگیری n نتیجه متوالی وجود دارد که در جدول زیر تا 6 نتیجه ذکر شده است.

انطباق بتن برای تولید اولیه یا در تداوم وقتی تائید می شود که هر دو ضابطه اول و دوم برآورده شود. وقتی انطباق بر روی یک نوع بتن ارزیابی می شود ضابطه اول باید برای بتن مرجع با در نظر گرفتن همه نتایج آزمایشهای قبلی و بعدی آن مجموعه بتن بکار رود و ضابطه دوم باید در مورد نتایج آزمایشهای اصلی اولیه بکار گرفته شود.

برای تأیید هر عضو منفرد متعلق به یک نوع بتن، میانگین همه نتایج آزمایش f_{cm} برای یک عضو باید طبق ضابطه سوم که در جدول زیر ارائه شده است بکار رود. هر بتنی که نتواند این ضابطه را برآورده و ارضاء کند باید از مجموعه خارج شود و ارزیابی بصورت منفرد برای انطباق صورت گیرد. f_{ck} مقاومت مشخصه رده مورد نظر می باشد.

ضوابط و معیارهای انطباق مقاومت بتن با رده مورد نظر

ضابطه دوم	ضابطه اول	تعداد n نتیجه برای مقاومت فشاری در یک گروه	
نتیجه های منفرد f_{ci}	میانگین n نتیجه $(f_{ck}) N / m^2$		
$\geq f_{ck} - 4$	$\geq f_{ck} + 4$	3	اولیه
$\geq f_{ck} - 4$	$\geq f_{ck} + 1.48 S$	15	مداوم

ضابطه تأیید برای اعضاء یک مجموعه

ضابطه سوم	تعداد n نتیجه مقاومتی برای یک بتن
میانگین n نتیجه f_{cm} برای یک عضو مجموعه (N/mm^2)	
$\geq f_{CK} - 1.0$	2
$\geq f_{CK} - 1.0$	3
$\geq f_{CK} - 2.0$	4
$\geq f_{CK} - 2.5$	5
$\geq f_{CK} - 3.0$	6

انحراف معیار باید به کمک حداقل 35 نتیجه متوالی که در محدوده حداکثر 3 ماهه اخذ شده است محاسبه شود و بعنوان انحراف معیار تقریبی S یک مجموعه نتایج در نظر گرفته شود. اگر انحراف معیار 15 نتیجه از آخرین نتایج بیش از 0/63 و کمتر از 1/37 S باشد این نتیجه معتبر و پابرجا می ماند در غیر اینصورت تخمین جدیدی از انحراف معیار با کمک 35 نتیجه آخر زده شود. در این مورد هر چند شباهتهائی با آبا مشاهده می گردد اما بویژه در مورد نتایج میانگین n نتیجه متوالی تفاوت عمده ای دیده می شود.

فصل هفتم : دستور العمل بررسی بتن کم مقاومت

1-7-1- مقدمه

1-7-1-1- در بسیاری موارد ممکن است در یک پروژه، مقاومت بتن بر رده مورد نظر منطبق نباشد و غیر قابل قبول اعلام شود. در این حالت بررسی بتن کم مقاومت باید در دستورکار قرار گیرد. مسلماً در این حالت پیمانکار کماکان مسئول خواهد بود حتی اگر در پایان مرحله بررسی بتن کم مقاومت، بتن مزبور از نظر سازه ای مورد پذیرش قرار گیرد، زیرا انطباق با رده مورد نظر از ابتدا حاصل نشده است.

1-7-1-2- انطباق بتن با رده مورد نظر و پذیرش بتن در مرحله اول و یا پذیرش بتن از نظر سازه ای در مرحله بررسی بتن کم مقاومت به معنای پذیرش بتن از نظر دوام نخواهد بود. پذیرش بتن از نظر دوام وقتی حاصل می شود که مطمئن شویم ضوابط مورد نظر موجود در آئین نامه یا مشخصات فنی پروژه رعایت شده است. امروزه سعی می شود ضوابطی از نظر دوام برای بتن ها تعریف شود و مشابه با ضابطه مقاومت، مورد بررسی قرار گیرد. بهر حال در این دستورالعمل، صرفاً مسئله مقاومت بتن مورد توجه قرار گرفته است.

1-7-1-3- بررسی بتن کم مقاومت دارای دو روش کلی مبتنی بر تحلیل و آزمایش می باشد. همانطور که در ادامه دیده می شود در مراحل اولیه سعی می شود با روش تحلیلی بتوان پذیرش بتن از نظر سازه ای را مورد بررسی قرار داد. در صورت عدم پذیرش، ممکن است بتوان با توجه به اطلاعات حاصله و روشهای ترکیبی تحلیلی و آزمایشی، پذیرش بتن را بررسی نمود.

1-7-1-4- در صورت عدم پذیرش بتن از نظر سازه ای ممکن است اقدامات مقتضی دیگری را مانند کاهش بار مرده و یا بار زنده و یا هر دو را بررسی کرد و یا به تقویت سازه یا قطعه مورد نظر اقدام نمود و آنرا به حد قابل قبول نزدیک نمود.

در صورتیکه بتن از نظر سازه ای (بویژه در مرحله تحلیلی) پذیرفته شود لازم است پیوستگی بتن و میلگرد کنترل شود و کفایت همپوشانی میلگردها با اطلاعات جدید کنترل گردد، زیرا پیوستگی بتن و میلگرد، متناسب با مقاومت فشاری بتن موجود تغییر می کند و می تواند پایداری سازه را به مخاطره اندازد.

1-7-1-5- بهر حال اگر پذیرش بتن از نظر سازه ای در این دستورالعمل امکان پذیر نباشد و راه حلهای تقویت و یا تغییر بارها میسر نباشد، تخریب بتن قطعه بعنوان آخرین راه حل خواهد بود. تخریب یک قطعه یا بخشی از یک سازه می تواند آثار نامطلوبی بر بخش های سالم و قابل قبول بر جا گذارد.

برای پرهیز از ایجاد این آثار نامطلوب لازم است به نحوه تخریب و وسایل مصرفی تخریب توجه شود و حتی الامکان از اعمال ضربه خودداری گردد. عملیات تخریب مانند عملیات ساخت باید زیر نظر دستگاه نظارت و با اخذ مجوز و دستور کار نظارت انجام شود.

7-1-6- با توجه به مشکلات جدی که عمل تخریب می تواند بوجود آورد و هم چنین هدر رفتن سرمایه های ملی، بهتر است تا آنجا که امکان دارد، راه حل تخریب را دنبال نکنیم و به حفظ سازه بپردازیم. بدیهی است حفظ سازه بدون توجه به جمیع جهات نیز می تواند به نوعی موجب هدر رفتن سرمایه های ملی گردد.

7-2- روشهای تحلیلی

دو نوع روش تحلیلی وجود دارد که احتمال پذیرش بتن از نظر سازه ای مسلماً در روش دوم بیشتر است. در مواردی که امکان مغزه گیری یا بارگذاری وجود ندارد روشهای تحلیلی تنها گزینه ممکن می باشد.

7-2-1- روش اول تحلیلی

در صورتی که با استفاده از تحلیل موجود سازه و بازبینی طراحی (صرفاً با دقت در تحلیل مقاطع) بتوان ثابت کرد که ظرفیت باربری سازه به ازای مقاومت موجود بتن (کمتر از مقاومت مشخصه) نیز قابل قبول می باشد، بتن از نظر تامین مقاومت سازه ای، قابل قبول تلقی می شود (پذیرش بتن از نظر سازه ای). مسلماً تیپ سازی مقاطع و بکارگیری میلگردهائی با سطح مقطع بیشتر از حد نیاز به دلیل مصرف تعداد صحیحی از میلگردها و لزوم بکارگیری قطرهای یکسان ممکن است در پاره ای موارد موجب پذیرش بتن از نقطه نظر سازه ای گردد.

در این حالت مقاومت موجود بتن، مقاومتی است که با توجه به نتایج موجود می تواند بعنوان مقاومت مشخصه بتن تلقی گردد که مسلماً کمتر از مقاومت مشخصه طراحی اولیه است.

7-2-2- روش دوم تحلیلی

در صورتیکه مرحله تحلیلی فوق به پذیرش بتن منجر نگردد اما با استفاده از تحلیل و طراحی مجدد بتوان نشان داد که ظرفیت باربری سازه با فرض وجود بتن کم مقاومت در بخش هائی که احتمال مصرف آن قابل قبول می باشد، بتن از نظر سازه ای قابل پذیرش است.

در تحلیل و طراحی مجدد، بارگذاری موجود (جدید) و ابعاد مقاطع موجود بکار گرفته می شود. همچنین وضعیت میلگردهای مصرفی در سازه منظور می شود. تلاش ها و لنگرهای جدید در هر عضو مشکوک در تحلیل مجدد بدست می آید و با توجه به تیپ سازی اعضاء و مقاطع و منظور کردن مقاومت بتن کمتر از حد مورد انتظار فقط در بخش های مورد نظر (حاوی بتن کم مقاومت و مشکوک) احتمال پذیرش بتن از نظر سازه ای را بمراتب بیشتر از حالت قبل نشان می دهد. لازم به ذکر است در حالت قبل بدلیل استفاده از تلاش ها و لنگرهای موجود در بحرانی ترین عضو یک مجموعه مشابه و تیپ سازی شده و استفاده از یک مقاومت بتن در تمام مقاطع و بخش های سازه، احتمال پذیرش بتن بمراتب کمتر از این حالت می باشد.

3-7- روشهای مبتنی بر آزمایش

در صورتیکه در روشهای تحلیلی نتیجه ای در جهت پذیرش بتن حاصل نگردد، استفاده از روشهایی بر پایه آزمایش باید بکار گرفته شود. این آزمایشها بر روی بخش های مشکوک انجام می شود و برای تشخیص مناطق مشکوک استفاده از گزارشهای روزانه و آزمایشهای مقاومت بتن و همچنین آزمایشهای غیرمخرب مانند چکش اشمیت، فراصوتی (اولتراسونیک) و سایر آزمایشهای مشابه توصیه می شود.

3-7-1- روش بررسی نتایج مغزه های بتنی

از قسمت هائی که احتمال می رود بتن کم مقاومت داشته باشیم حداقل سه مغزه باید تهیه و آزمایش شود و با توجه به نتایج حاصله از آزمایش مقاومت فشاری مغزه ها می توان در مورد پذیرش سازه ای بتن اقدام نمود.

3-7-1-1- محل تهیه مغزه

3-7-1-1-1- مسئولیت تشخیص محل مغزه گیری: مسئولیت مشخص کردن و انتخاب محل مغزه گیری بعهده دستگاه نظارت می باشد.

3-7-1-1-2- شناسائی کلی: مشخص است که نتایج ضعیف مقاومتی مربوط به چه نمونه هائی بوده است با توجه به گزارشهای روزانه و اطلاعات ثبت شده روشن است که این نمونه ها از بتن چه اعضائی اخذ شده است و بنابراین منطقه مشکوک شناسائی می شود. هم چنین می توان با استفاده از آزمایشهای غیر مخرب مانند چکش اشمیت و آزمایش فراصوتی و صوتی و غیره، منطقه محدودتری را شناسایی نمود.

3-7-1-1-3- بهتر است سعی شود با دستگاه میلگردیاب محل دقیق میلگردها را شناسائی کرد تا بتوان مغزه های ترجیحاً فاقد میلگرد را اخذ نمود. مغزه های دارای میلگرد معمولاً نتایج ضعیف تر را به نمایش می گذارند و وجود میلگرد در بررسی مقاومتی اختلال ایجاد می کند.

3-7-1-1-4- بهتر است مغزه ها از نقاطی از عضو مشکوک تهیه شود که ضعف جدی در آن عضو مشکوک و احتمالاً ضعیف بوجود نیامورد. برای مثال اگر مغزه گیری از یک شالوده منفرد مد نظر باشد بهتر است از سطح فوقانی و در گوشه ها یا لبه ها، مغزه گیری انجام شود که معمولاً علاوه بر فاقد میلگرد بودن از نظر برشی یا خمشی ضعف اساسی ایجاد نکند. هم چنین در این نوع قطعه می توان از قسمت میانی ضخامت شالوده بصورت افقی در گوشه ها یا محیط شالوده، مغزه هائی تهیه نمود.

3-7-1-1-5- در برخی اعضا، اخذ مغزه توصیه نمی شود زیرا محل مناسبی برای تهیه مغزه وجود ندارد یا امکان تهیه مغزه به دلیل ضخامت محدود عضو وجود ندارد زیرا نسبت ارتفاع مغزه به قطر آن کمتر از 1 می شود. در این موارد استفاده از روشهای تحلیلی و یا آزمایش بارگذاری برای اعضا خمشی توصیه می شود. برای مثال تهیه مغزه از دال سقفهای تیرچه بلوک ممکن نیست مگر اینکه مغزه از شناژهای سقف یا تیرهای اطراف اخذ شود.

7-3-1-2- قطر و ابعاد مغزه

علاوه بر محدودیت نسبت ارتفاع به قطر مغزه، محدودیت در قطر نیز وجود دارد. در شرایط معمولی قطر مغزه باید حداقل سه برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه بتن باشد. در شرایط خاص بویژه در مواردی که حداکثر اندازه رسمی سنگدانه ها بسیار بزرگ است (مانند بتن حجیم سدها) اجازه داده می شود قطر مغزه حداقل دو برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه ها باشد. چنین در استاندارد C ASTM42 حداقل قطر مغزه را 90 میلی متر منظور نموده است در حالیکه در برخی کشورها قطر مغزه کمتر تا حد 70 میلی متر را نیز پذیرفته اند. بهر حال باید بتوان نتایج مغزه با قطر کم را به مقاومت استوانه ای با قطر استاندارد 150 میلی متر تبدیل نمود. برای این کار باید ضریب تبدیلی ارائه شده باشد.

در برخی موارد خاص مغزه هائی با قطر 50 میلی متر یا کمتر نیز اخذ می شود اما تبدیل به نمونه استاندارد وجود ندارد بلکه طراح پروژه باید حداقل مقاومت مغزه هائی با این ابعاد را ارائه دهد. بدیهی است محدودیت نسبت قطر به حداکثر اندازه اسمی سنگدانه باید رعایت شود. مغزه هائی با قطر کمتر از 90 میلی متر، مقاومت هائی با نوسان زیاد را به نمایش می گذارند و اثر ابعاد در آن چشمگیر می شود بنابراین مغزه های با قطر کم توصیه نمی شوند. بتن های معمولی در ایران اکثراً از حداکثر اندازه رسمی 25 میلی متر برخوردارند بنابراین اخذ مغزه هائی با قطر حداقل 90 میلی متر بدون اشکال بنظر می رسد در حالیکه مغزه هائی با قطر 75 میلی متر نیز که از نظر نسبت اندازه قطر به حداکثر اندازه سنگدانه بدون ایراد هستند توصیه نمی شوند. کاهش قطر مغزه این حسن را دارا می باشد که امکان برخورد به میلگرد را کاهش می دهد. ضمناً ارتفاع مغزه نیز می تواند کمتر شود و آسیب وارده به قطعه نیز کاهش می یابد و از همه مهم تر موجب کاهش هزینه و زمان مغزه گیری می شود. بدیهی است اخذ مغزه به قطر 150 میلی متر و ارتفاع 300 میلی متر برای بتن هائی با حداکثر اندازه تا 50 میلی متر ارجح است زیرا هیچگونه تبدیلی برای تعیین مقاومت نمونه استاندارد نیاز ندارد.

7-3-1-3- تعداد مغزه

از هر منطقه مشکوک برای بررسی بتن کم مقاومت از یک نوع، سه مغزه باید اخذ شود. در صورتیکه نسبت به نتیجه مغزه گیری و یا مقاومت حاصله از آنها مشکوک باشیم و یا صرفاً برای افزایش دقت نتایج می توان مغزه گیری را تکرار کرد که در نتیجه تهیه سه مغزه دیگر در دستور کار قرار می گیرد.

7-3-1-4- شرایط مغزه ها و آماده سازی آنها

7-3-1-4-1- سر و ته مغزه هائی که تهیه می شود باید بریده شود. مغزه ها ترجیحاً باید کلاهدک گذاری شوند مگر اینکه سر و ته مغزه ها پس از بریدن بسیار صاف و گونیا باشد و یا با عمل سائیدن پستی و بلندی سطح را به کمتر از 0/05 میلی متر رسانده باشیم و انحراف از گونیا بودن کمتر از 0/5 درجه باشد. گاه احساس می شود سطح نمایان بتن نیازی به بریدن ندارد و صرفاً باید سائیده یا کلاهدک گذاری شود. توصیه می شود قسمت فوقانی مغزه (بخش نمایان) به میزان تقریبی 20 میلی متر بریده شود زیرا گاه

ترکهای جمع شدگی خمیری یا ترکهای حاصل از جمع شدگی ناشی از تبخیر در بتن سخت شده باعث می شود مقاومت‌های بسیار پائینی حاصل گردد.

7-3-1-4-2- مغزه ها از نظر شرایط رطوبتی می تواند در دو حالت مورد آزمایش قرار گیرد. در حالیکه مقاومت آزمونه های آزمایشی یا کنترلی در شرایط اشباع بدست می آید.

طراح پروژه یا دستگاه نظارت باید شرایط رطوبتی مغزه ها را مشخص نماید. در صورتیکه شرایط بهره برداری از ساختمان بصورت مرطوب یا غرقاب باشد مغزه های اشباع شده از آب باید بکار رود. بدین منظور مغزه ها باید به مدت حداقل 40 ساعت در آب غوطه ور شوند و سپس از آب خارج شده و طبق دستورهای موجود در صورت نیاز کلاهدک گذاری شود. اما بهرحال باید در شرایط اشباع غیر آبیچکان مورد آزمایش مقاومت فشاری قرار گیرد.

اگر شرایط بهره برداری از سازه، شرایط خشک باشد باید مغزه ها را به مدت 7 روز در هوای 16 تا 27 درجه سانتی گراد و با رطوبت نسبی کمتر از 60 درصد خشک نمود و سپس مورد آزمایش قرار داد. مسلماً مغزه های خشک (در هنگام تعیین مقاومت) مقاومت های بیشتر از آزمونه های اشباع (در هنگام تعیین مقاومت) به دست می دهند و این افزایش ممکن است به بیش از 20 درصد برسد. در برخی استانداردها لازم است مغزه ها را در آب اشباع شده از آهک غوطه ور نمود.

7-3-1-5- تعیین مقاومت مغزه ها

7-3-1-5-1- مغزه ها طبق دستور استاندارد مقاومت فشاری آزمونه های استوانه ای و با در نظر گرفتن قطر و نسبت ارتفاع به قطر خاص انجام می شود و نتایج آن پس از محاسبه، تصحیح و گزارش می گردد. همچنین لازمست شرایط رطوبتی آن و مشخصات هندسی مغزه گزارش شود.

7-3-1-5-2- تصحیح نتایج مقاومت در بخش تعیین مقاومت فشاری آزمونه های استوانه ارائه شده است.

7-3-1-5-3- در آبا و ACI در صورتیکه در مغزه ها میلگرد وجود داشته باشد اصلاح یا تصحیحی را منظور نکرده اند و اصولاً بحثی را در این زمینه به میان نیاورده اند. در منابع کشور انگلیس، ضوابطی را برای تصحیح نتیجه مغزه دارای میلگرد ارائه کرده اند که در ادامه به آن پرداخته می شود.

بهرحال توصیه می شود مغزه های اخذ شده تا حد امکان فاقد میلگرد باشد.

7-3-1-5-4- تصحیح نتایج مغزه میلگردار

وجود میلگرد در مغزه ها باعث کاهش در مقاومت مغزه می شود. مغزه میلگرد دار ممکنست کاهش قابل توجهی را در مقاومت بوجود آورد در حالیکه ضوابط زیر حداکثر تصحیح 10 درصد را به نمایش می گذارد که چندان منطقی نیست. به همین دلیل توصیه می شود مغزه های بدون میلگرد اخذ گردد. بهرحال آبا و ACI هیچ تصحیحی را پیشنهاد نمی کنند.

تصحیح زیر مربوط به انگلیس می باشد که در مقاومت مغزه ضرب خواهد شد و بزرگتر از 1 می باشد. اگر یک میلگرد عمود بر محور طولی مغزه موجود باشد ضریب تصحیح عبارتست از :

$$\text{ضریب تصحیح مقاومت} = 1 + 1/5 \left(\frac{dr}{d_c} \cdot \frac{h}{L} \right)$$

dc, dr به ترتیب قطر میلگرد و قطر مغزه،

h فاصله محور میلگرد تا نزدیکترین سطح انتهائی مغزه و L طول مغزه می باشد .

اگر چند میلگرد بصورت عمود بر محور طولی وجود داشته باشد ضریب تصحیح عبارتست از :

$$\text{ضریب تصحیح مقاومت} = 1 + 1/5 \frac{\sum_{i=1}^n (dr_i \cdot h_i)}{d_c \cdot L}$$

اگر فاصله دو میلگرد از قطر میلگرد بزرگتر ، کمتر باشد کافی است میلگردی منظور شود که ضریب تصحیح بزرگتری را بدست می دهد .

در مورد میلگردهائی که موازی محور طولی مغزه می باشند هیچگونه اطلاعاتی برای تصحیح نتایج ارائه نشده است و اطلاعات جامعی در مورد کاهش یا افزایش نتایج مقاومتی برای این نوع مغزه ها وجود ندارد.

6-1-3-7- ارزیابی نتایج مغزه ها

مقاومت بتن بخش هائی از سازه که به کمک مغزه گیری مورد ارزیابی و پذیرش سازه ای قرار می گیرند در صورتی پذیرفته می شود که میانگین مقاومت فشاری سه مغزه کمتر از 85% مقاومت مشخصه نباشد و هم چنین مقاومت فشاری هیچیک از مغزه ها کمتر از 75% مقاومت مشخصه نباشد.

در صورتی که شبیه ای در کار باشد برای کنترل نتایج می توان مغزه گیری را تکرار نمود. بهر حال مسئولیت انتخاب محل جدید مغزه گیری بعهدہ دستگاه نظارت می باشد.

در صورتی که طبق این بند نتوان بتن کم مقاومت را از نظر سازه ای پذیرفت لازم است از طریق آزمایش بارگذاری (برای اعضاء خمشی) و یا سایر روشهای شناخته شده اقدام مقتضی را بعمل آورد.

لازم به ذکر است که مقاومت مغزه ها به دلیل شرایط حاکم بر بتن ریزی، تراکم و عمل آوری در کارگاه می تواند کاستی هائی را در مقایسه با آزمونهای ساخته شده و عمل آوری شده در شرایط استاندارد (آزمایشگاهی) داشته باشد که در اینجا 15 درصد کاستی برای میانگین مقاومت مغزه ها و 25 درصد برای یک مغزه مجاز شمرده شده است.

بدیهی است در صورتیکه شرایط این بند برقرار باشد نیازی به انجام محاسبات تحلیلی وجود نخواهد داشت و بتن از نظر تأمین مقاومت سازه ای قابل قبول تلقی می شود و مورد پذیرش قرار می گیرد. اما معنای عدم انطباق با شرایط این بند، عدم پذیرش سازه ای بتن در روشهای دیگر نخواهد بود.

ممکن است منطقی باشد قبل از بکارگیری آزمایش بارگذاری، به سراغ روشهای ترکیبی پذیرش بتن از نظر سازه ای برویم.

7-3-2- آزمایش بارگذاری

در صورتی که در مراحل فوق نتوان بتن کم مقاومت را از نقطه نظر سازه ای پذیرفت و تردید در مورد آن کماکان باقی باشد، ظرفیت باربری قطعه یا سازه را می توان با آزمایش بارگذاری بر روی عضو خمشی مشکوک مورد بررسی قرار داد .

7-3-2-1- انجام این آزمایش بر روی اعضاء غیر خمشی امکان پذیر نمی باشد. حتی ممکن است نتوان برخی اعضاء خمشی را نیز بکمک این آزمایش مورد ارزیابی قرار داد. لازم به ذکر است آزمایش بارگذاری خمشی زیر بارهای قائم و بصورت استاتیکی انجام می شود و نباید انگاشت که انواع بارگذاری های قائم و جانبی بصورت استاتیکی به قطعه یا سازه وارد می شود.

7-3-2-2- آزمایش بارگذاری طبق ضوابط آبا در فصل 2 و 19 انجام می شود . مشروح این آزمایش را می توان در ACI437 مشاهده نمود . به کمک آزمایش بارگذاری می توان مشخص نمود که عضو یا اعضاء مشکوک در زیر بار قائم استاتیکی این آزمایش رفتار قابل قبولی را نشان می دهد یا خیر ؟ این آزمایش نمی تواند نشان دهد که بتن دارای مقاومت مطلوب یا قابل قبولی بوده است یا نه ؟

ظرفیت باربری سازه در زیر بار قائم در آزمایش بارگذاری مورد بررسی قرار می گیرد . در پایان این آزمایش و نتیجه گیری از آن نمی توان به سهولت مشخص نمود که آیا طراحی سازه ای قطعه دچار مشکلاتی بوده است یا کیفیت بتن و اجرا ؟ هم چنین نمی توان براحتی در مورد صحت طراحی و قابل قبول بودن کیفیت بتن و سایر موارد مصرفی و نحوه اجرا اظهار نظر صریحی را ارائه داد .

در واقع در این آزمایش مجموعه موارد فوق بدون تفکیک مورد ارزیابی قرار می گیرد و عملاً بعنوان مرحله ای از بررسی بتن کم مقاومت می باشد و در نهایت می توان بتن کم مقاومت را از نظر تامین مقاومت و باربری قطعه یا سازه پذیرفت یا رد نمود .

7-3-2-3- لازم است بدانیم ممکن است حتی اگر بتن مصرفی منطبق بر رده مورد نظر باشد و مغزه ها نیز حکایت از کیفیت مناسب بتن ریخته شده و سخت شده داشته باشند ، آزمایش بارگذاری ممکن است جواب قابل قبولی را ندهد . برعکس ممکن است بتن مصرفی منطبق بر رده مورد نظر نباشد، و مغزه ها نیز نمایانگر ضعف کیفی بتن باشد اما قطعه یا سازه مشکوک از آزمایش بارگذاری کاملاً سربلند خارج شود . بنابراین مجدداً خاطر نشان می شود که تفکیک صحت طراحی و اجرای صحیح و مصرف مصالح (بتن) منطبق با مشخصات از یکدیگر با بهره گیری از آزمایش بارگذاری به سهولت امکان پذیر نمی باشد . ممکن است بدلیل استفاده از قطعاتی با ابعاد بزرگتر یا مصرف میلگرد بیشتر و یا بکارگیری میلگردهائی با مقاومت بالاتر از مقاومت مشخصه و یا به دلیل تغییر در نحوه قرارگیری میلگردها و ایجاد بازوی لنگر بیشتر در یک قطعه خمشی، علیرغم مصرف بتن کم مقاومت، ظرفیت باربری قابل قبولی را در آزمایش بارگذاری شاهد باشیم.

7-3-2-4- آزمایش بارگذاری اعضاء خمشی یک سازه بر روی اعضاء خمشی مانند تیر و دال به منظور پذیرش بتن و یا ارزیابی ایمنی سازه های اجراء شده و ایمنی آن و هم چنین ارزیابی سازه های آسیب دیده یا ارزیابی عضو با تغییر شرایط بهره برداری انجام می شود.

7-3-2-5- آزمایش بارگذاری باید تحت نظر دستگاه نظارت و با هدایت فرد (مهندس) ذیصلاح و با سابقه در این کار که مورد قبول دستگاه نظارت باشد انجام گردد.

7-3-2-6- آزمایش بارگذاری باید حداقل پس از گذشت 8 هفته از زمان بتن ریزی بر روی قطعه یا سازه مشکوک آغاز شود مگر اینکه کارفرما، طراح (دستگاه نظارت) و پیمانکار همگی با انجام آزمایش در سن کمتر موافقت کنند. مسلماً با گذشت زمان به ویژه با اعمال عمل آوری مناسب، باربری اعضاء سازه بتنی افزایش می یابد و امکان پذیرش سازه ای بتن بیشتر می شود.

7-3-2-7- آزمایش بارگذاری باید به نحوی انجام گیرد که اولاً منجر به خرابی و ریزش سازه یا بخشی از آن نشود ثانیاً در صورت بروز خرابی، امنیت جانی افراد تأمین گردد و تجهیزات موجود سالم باقی بماند. بدیهی است ملاحظات ایمنی (مانند داربست و غیره) نباید بر نتایج آزمایش و خیزها اثر گذارد.

7-3-2-8- اگر هدف از آزمایش بارگذاری، مشخص نمودن ظرفیت باربری قسمتی از سازه باشد، بارگذاری باید به نحوی انجام شود که عامل ضعف به خوبی بررسی گردد. در تیرها و دالهای یکسره بارگذاری در دهانه های مجاور باید به نحوی باشد که حداکثر لنگر و تلاشهای ممکن در عضو تحت آزمایش بوجود آید. تشخیص این حالت بعهده مهندس مسئول آزمایش می باشد که با توجه به اطلاعات حاصله از طراحی موجود تصمیم نهائی اخذ می شود.

7-3-2-9- قبل از اعمال بار اصلی آزمایش بر روی سازه، لازم است بارهای مرده ای که هنوز اعمال نشده است بر سازه وارد شود. این بار (تتمه بار مرده) 48 ساعت قبل از وارد کردن بار اصلی باید اعمال شود. بدین ترتیب بار مرده کامل می شود و تا اتمام آزمایش بارگذاری در محل باقی می ماند. تتمه بار مرده بدون اعمال ضرائب بار، محاسبه و اعمال می گردد.

7-3-2-10- برای محاسبه تتمه بار مرده و کامل کردن بار مرده وارده بر سازه، ابتدا لازم است بار مرده موجود مورد ارزیابی و محاسبه قرار گیرد. بدین منظور باید بار قسمتهای اجراء شده مانند تیر، دال، دیوارها و تیغه ها، کف سازی و غیره با دقت تعیین شود. برداشت ضخامت سقف و مشخص نمودن اجزاء آن، برداشت ابعاد تیرها، دیوارها و دالهای اجراء شده در بخش هائی که آزمایش بارگذاری، اعمال بار را ضروری می داند از اقدامات اولیه است. پس از آن با توجه به وزن واحد مصالح و اجزاء سازه باید بار مرده را محاسبه نمود.

با استفاده از بار مشخصه مرده در طراحی سازه می توان باقیمانده بار مرده واحد سطح را تعیین کرد.

7-3-2-11- بارهائی که در این مرحله یا مراحل اصلی بارگذاری باید اعمال گردد و بر روی عضو خمشی قرار گیرد می تواند با استفاده از مصالح مختلف ساختمانی و یا سایر مصالح وارد گردد.

کیسه های توزین شده مصالح مانند سیمان، گچ، ماسه، خاک و غیره یکی از بهترین گزینه هاست. آجر، بلوک، جدول از جمله مصالح مناسب دیگر تلقی می شود. بدیهی است وزن متوسط واحد مصالح مصرفی در بارگذاری باید تعیین گردد. با استفاده از ماسه یا خاک بصورت فله ای و بدون کیسه نیز می توان بارگذاری را انجام داد اما بهرحال مصالح بارگذاری باید چنان اعمال گردد که اثر قوس زدن (طاق زدن) در آن بوجود نیاید و بتواند بار خود را مستقیماً در همان محل استقرار، وارد نماید. مسلماً مقدار ماسه یا خاک باید با توزین مشخص گردد.

7-3-2-12- با توجه به ابعاد محل بارگذاری (سطح بارگذاری) و مقدار تنمه بار مرده در واحد سطح، باید مقدار کل تنمه بار مرده را بدست آورد و بار لازم (مصالح) را برای بارگذاری تأمین نمود. هم چنین لازم است کل بار لازم برای مراحل اصلی بارگذاری را نیز طبق آنچه در ادامه می آید محاسبه کرد و تأمین آنرا در دستور کار قرارداد. گاه اتفاق می افتد که در اواسط آزمایش بارگذاری، مصالح بارگذاری تمام می شود و در انجام آزمایش وقفه ایجاد می گردد که مطلوب نیست.

7-3-2-13- لازم است مبنائی برای قرائت خیز (مبنای اندازه گیری تغییر شکل ها یا تغییر مکانها) قبل از اعمال بار اصلی آزمایش بارگذاری مشخص شود. برای اینکار، یک تیر مینا (مرجع) باید روی سطح ستون ها یا دیوارهای باربر نصب گردد تا بتوان وسایل اندازه گیری خیز را روی این تیر نصب نمود. انتخاب محل استقرار تیر مرجع بسیار مهم است. خیز بدست آمده از این اندازه گیری باید خیز خالص تیر یا دال مورد نظر باشد و تغییر شکل قائم ستون یا دیوار نباید بر نتیجه حاصله اثر گذارد. تیر مرجع نباید بسیار ضعیف و لرزان باشد اما لازم نیست از اساس مقطع بسیار زیادی برخوردار باشد.

7-3-2-14- برای اندازه گیری خیز از یک تغییر شکل سنج (ساعت اندازه گیری) و یا LVDT می توان استفاده نمود. دقت قرائت (درجه بندی) وسیله مورد نظر می تواند 0/1 میلی متر باشد. استفاده از وسایلی با دقت 0/01 یا 0/02 میلی متر معمولاً مورد استفاده قرار می گیرد که دقت زیادی را بدست می دهد.

7-3-2-15- وسیله اندازه گیری تغییر مکان (تغییر شکل یاخیز) در محلی نصب می شود که بتوان حداکثر خیز قطعه خمشی بارگذاری شده را بدست آورد. بدیهی است تیر مرجع را باید به نحوی نصب نمود که این امکان بوجود آید. در اکثر تیرها و دالها، حداکثر خیز در وسط دهانه اتفاق می افتد. بنابر این اغلب اوقات این وسایل اندازه گیری در وسط دهانه نصب و تنظیم می شود.

7-3-2-16- برای پرهیز از اغتشاش در قرائت ها، بهتر است زیر دال یا تیر در وسط دهانه (محل نصب وسیله تغییر شکل سنج) ساب زده و صاف شود. اگر ناصافی ها زیاد است بهتر است یک صفحه ترجیحاً فلزی را در زیر تیر یا دال در محل مورد نظر چسباند تا مشکل اندازه گیری حل شود و نوک میله وسیله اندازه گیری در تماس با این صفحه باشد.

7-3-2-17- قبل از شروع بارگذاری اصلی آزمایش، لازم است تغییر شکل سنج را قرائت نمود و یا ترجیحاً آنرا صفر کرد و از صحت عملکرد آن مطمئن شد و جهت مثبت و منفی قرائت ها را کنترل کرد.

7-3-2-18- بخشی از سازه که باید مورد آزمایش بارگذاری قرار گیرد باید با توجه به بند 3-2-8 و در نظر گرفتن سطح مورد نیاز جهت بارگذاری، به تدریج در 4 مرحله در زیر بار اصلی آزمایش قرار داده شود. افزایش بار در 4 مرحله باید تقریباً یکسان باشد و ضربه ای به سازه وارد نگردد. در نتیجه بار استاتیکی به تدریج در هر مرحله باید اعمال گردد اما لازم نیست افزایش بار در هر مرحله دقیقاً یکسان باشد.

7-3-2-19- بار اصلی آزمایش بصورت زیر محاسبه می شود. در واقع این بار علاوه بر تئمه بار مرده اعمال شده در 48 ساعت قبل، وارد می شود. جمع بارهای وارده بر عضو بعنوان بار کل آزمایش تلقی می شود.

$$0/95 (1/25 D + 1/5 L)$$
 بار کل آزمایش
D بار مرده و L بار زنده در واحد سطح بر حسب kg/m^2 می باشد و مقدار $(1/25 D + 1/5 L)$ بار طراحی (با ضرائب بار) است.

$$0/95 (1/25 D + 1/5 L) - D = 0/1875 D + 1/425 L$$

اگر D برابر 500 و L برابر 200 باشد بار آزمایش تقریباً $380 kg/m^2$ می باشد که علاوه بر بار مرده 500 اعمال می شود و بار کل آزمایش 880 خواهد بود. در حالیکه جمع بار مرده و زنده سرویس برابر 700 می باشد.

برای مثال اگر از $500 kg/m^2$ بار مرده فقط $350 kg/m^2$ بصورت ساخته شده باشد لازم است مقدار $150 kg/m^2$ را بصورت تئمه بار مرده، 48 ساعت قبل از اعمال بار اصلی آزمایش، بر سازه وارد نمود و سپس $380 kg/m^2$ را پس از 48 ساعت اعمال کرد (جمع بار وارده توسط مصالح بارگذاری 530 می باشد.)

تئمه بار مرده در یک مرحله وارد می شود اما بار اصلی آزمایش لازم است در 4 مرحله (هر مرحله تقریباً $95 kg/m^2$) اعمال گردد. برخی از آزمایشگران مایلند خیز عضو را در زیر بار سرویس بررسی نمایند. در مثال فوق بار سرویس 700 می باشد در حالیکه در مرحله اول بارگذاری اصلی، بار 595، در مرحله دوم 690 و در مرحله سوم 785 را بر روی عضو داریم. اگر قرار باشد زیر بار سرویس خیز را اندازه گیری نمائیم لازم است در دو مرحله ابتدائی $100 kg/m^2$ بار اعمال نمائیم و در دو مرحله انتهائی $90 kg/m^2$ بار وارد کنیم.

این تغییر در بار مراحل مختلف مشکلی را بوجود نمی آورد و ناقص خواسته آئین نامه نیست.

7-3-2-20- در مواردی که آئین نامه بارگذاری اجاره کاهش سربار را می دهد می توان آنرا در آزمایش گذاری نیز کاهش داد (مثل دهانه های بزرگ)

توزیع بار باید بصورت یکنواخت در سطح عضو خمشی دارد گردد و از عملکرد قوسی مصالح بارگذاری باید جلوگیری به عمل آید.

بهرحال بار اصلی آزمایش، بار واحد سطح ضربدر و سطح بارگذاری خواهد بود که معمولاً نیاز به مصالح زیادی برای اعمال بار وجود دارد.

7-3-2-21- در ACI 318 و ACI 437 مقدار بار آزمایش کمی متفاوت است اما چندان اهمیتی ندارد زیرا تفاوت در رقم دوم اعشار ضرائب D و L می باشد.

7-3-2-22- در آبا و ACI 318 نحوه اعمال مراحل اعمال بار مشخص شده است که پس از اعمال بار در هر مرحله باید خیز در فواصل زمانی مساوی اندازه گیری شود و پس از اینکه در روند پیشرفت خیزها کند شد (کمتر 10 درصد تغییر شکل قبلی) اجازه داده می شود بار مرحله بعدی به تدریج وارد شود.

3-2-22- پس از گذشت 24 ساعت از بارگذاری اصلی (4 مرحله) باید خیز موجود را با استفاده از وسیله اندازه گیری قرائت و مشخص نمود. بدین ترتیب خیز متناظر با بارگذاری اصلی طی 4 مرحله بدست می آید. (قرائت اولیه)

7-3-2-23- پس از قرائت خیز در این مرحله باید بار آزمایش برداشته شود. این بار طی 2 مرحله باید برداشته شود (در آبا مرحله بندی وجود ندارد). پس از باربرداری در مرحله اول باربرداری باید اجازه داد تغییر شکلها حالت تقریباً ثابتی را کسب کند و سپس بار مرحله بعدی برداشته شود. در این باربرداری نباید ترمه بار مرده برداشته شود و کماکان تا پایان آزمایش حفظ خواهد شد. در مثال فوق 380 kg/m^2 بار اصلی طی دو مرحله 190 kg/m^2 برداشته می شود.

7-3-2-24- قرائت نهائی تغییر شکل سنج، 24 ساعت پس از باربرداری (حذف بار اصلی آزمایش) انجام می شود و آزمایش خاتمه می پذیرد.

7-3-2-25- در طی آزمایش، عضو خمشی باید از سطح زیرین مورد بررسی قرار گیرد. در واقع در ابتدای آزمایش، عضو مورد نظر باید بازرسی شده باشد و ترکها یا نقایص ثبت شود. در طی بازرسی های حین آزمایش نباید آثار گسیختگی مشاهده شود و آزمایش در صورت شروع گسیختگی باید متوقف شود و نتیجه گیری از آن، عدم تحمل باربری سازه خواهد بود و نباید بر روی این قسمت، آزمایش مجددی انجام شود.

بنابراین بازرسی مستمر در طی آزمایش توسط فرد ذیصلاح ضرورت دارد.

7-3-2-26- اگر آثار گسیختگی یا شکست مشاهده نشود و خواسته های زیر برآورده شوند، ظرفیت باربری عضو مورد نظر قابل قبول خواهد بود (برای بتن مسلح)

الف: حداکثر تغییر مکان (خیز) اندازه گیری شده در عضو خمشی (a) از مقدار $\frac{l_t^2}{20000h}$ کمتر باشد.

ب: در صورت تجاوز خیز از مقدار مجاز، برگشت تغییر مکان (خیز)، پس از حذف بار (باربرداری) از 75 درصد حداکثر خیز اولیه کمتر نباشد (در بتن پیش تنیده حداقل برگشت خیز 80 درصد می باشد) l_t دهانه محاسباتی (فاصله محور تا محور تکیه گاه ها و یا فاصله آزاد بین تکیه گاه بعلاوه ارتفاع عضو خمشی،

هرکدام کوچکتر است می باشد. در تیرها یا دالهای طره ای، طول دهانه محاسباتی دو برابر فاصله تکیه گاه تا انتهای طره می باشد) **h** ارتفاع قطعه یا عضو خمشی است.

در زیر بار سرویس نباید از خیز محاسباتی تجاوز شود و ترکی بوجود آید (اگر ضابطه ای وجود دارد و آزمایش در زیر بار سرویس انجام شده باشد)

7-3-2-27- در اعضاء مسلح (غیر پیش تنیده) می توان پس از گذشت 72 ساعت از پایان بارگذاری، مجدداً آزمایش بارگذاری را انجام داد مشروط بر اینکه ترک حاد و آثار شکست و گسیختگی مشاهده نشده باشد. در این حالت باید حداقل برگشت خیز برای بتن مسلح 80 درصد باشد. در صورت مردود شدن قطعه، انجام آزمایش در نوبت های بعدی امکان پذیر نمی باشد مگر اینکه قطعه تعمیر شود و تقویت لازم صورت گرفته و موجب ارتقاء کیفی شده باشد.

7-3-2-28- در صورتی که قطعه یا سازه در این آزمایش مردود شوند می توان به اقدامات مقتضی دیگری متوسل گردید که در ادامه بیان می شود.

7-3-3-3- روشهای ترکیبی و سایر اقدامات مقتضی:

7-3-3-1- روشهای ترکیبی (تحلیلی و آزمایشی)

در مواردی که از بتن مغزه گیری شده باشد و مقاومت مغزه ها طبق ضوابط موجود در آئین نامه مورد پذیرش سازه ای واقع نشده باشد می توان مجدداً به سراغ روش تحلیلی (ترجیحاً مرحله دوم) رفت. در این حالت با توجه به وجود اطلاعاتی در مورد مقاومت مغزه ها در ناحیه مشکوک می توان به تحلیل مقطع پرداخت. در این حالت می توان در ضریب ایمنی مقاومت بتن تجدید نظر نمود زیرا مقاومت مغزه مورد استفاده قرار می گیرد. در این مورد می توان ضریب ایمنی جزئی مقاومت بتن را بر 0/85 تقسیم نمود و در روابط موجود بکار گرفت.

7-3-3-2- سایر اقدامات مقتضی

ممکن است با سایر اقدامات زیر بتوان بتن را از نظر سازه ای مورد پذیرش قرار داد. بهر حال هزینه این عملیات در صورت تأیید کارفرما و نظارت بعهدہ پیمانکار است.

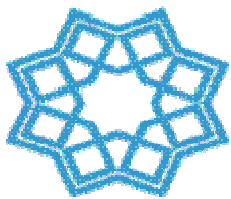
3-3-2-1- در صورتی که کارفرما (مالک) صلاح بداند و قبول نماید، می توان با تغییر بارهای مرده موجود در سازه (بویژه در منطقه مشکوک) از طریق نقشه، تغییر مصالح مصرفی و یا تغییر جزئیات اجرائی، ممکن است بتوان بتن را از نظر سازه ای مورد پذیرش قرار داد. این مورد نیاز به بررسی طراح پروژه و یا دستگاه نظارت خواهد داشت.

3-3-2-2- در صورتی که کارفرما صلاح بداند و قبول نماید، ممکن است با تغییر شرایط بهره برداری و در پی آن با تغییر بار زنده، بتن را از نظر سازه ای پذیرفت. بررسی و محاسبات لازم باید توسط طراح پروژه یا دستگاه نظارت به دقت انجام شود تا این امر میسر گردد.

3-3-2-3- با تقویت عضو مشکوک یا ضعیف ممکن است بتوان بتن را از نظر سازه ای پذیرفت و به حد قابل قبولی رسانید. تقویت سازه به کمک روشهای خاص یا مواد و مصالح مناسب و خاص باید انجام شود و نشان داده شود که مشکل سازه حل شده است.

منابع و مراجع

- 1) آئین نامه بتن ایران (ویرایش دوم)
- 2) استانداردهای ملی ایران در زمینه بتن
- 3) استانداردهای ASTM سال 2006
- 4) استانداردهای EN در زمینه بتن
- 5) استانداردهای ISO در زمینه بتن
- 6) تفسیر آئین نامه بتن ایران (ویرایش دوم - بخش اول)
- 7) آزمایش غیرمخرب بتن نشریه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- 8) ACI Manual Of Concrete Practice ACI 318, ACI 437, EN 206
- 9) آئین ناممه بتن EN 206
- 10) مقررات ملی ایران (مبحث نهم) ویرایش دوم
- 11) مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی - نشریه 55 سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (ویرایش دوم)
- 12) مشخصات فنی عمومی راه - نشریه 101 سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (ویرایش دوم)



Quality Control of Concrete in Civil Engineering Project

EDO210

Tehran
Engineering & Development Organization (EDO)
Website: www.sazeman-mohandesi.com