



مقاومت بتن درجا (در محل)

مقاومت بتن درجا (در محل) چیست؟

سازه‌های بتنی برای تحمل بارهای مرده و زنده در طول ساخت و در حین بهره‌برداری طراحی شده‌اند. نمونه‌هایی از بتن در حین ساخت برداشت شده و روش‌های استاندارد ASTM برای اندازه‌گیری مقاومت بالقوه بتن مذکور به‌کار گرفته می‌شود. نمونه‌های استوانه‌ای، قالب‌گیری شده، در دمای ۱۷ الی ۲۷ درجه سلسیوس به مدت یک روز عمل‌آوری شده و سپس در آزمایشگاه تا زمان شکست فشاری (معمولاً سنین ۷ و ۲۸ روز یا سن مشخص‌شده‌ی دیگر)، تحت فرآیند عمل‌آوری مرطوب قرار می‌گیرند. مقاومت در محل بتن، معادل مقاومت اندازه‌گیری‌شده روی استوانه‌های استاندارد نبوده و عموماً کم‌تر بدست می‌آید. روش‌های اجرایی در کارگاه برای حمل، بتن‌ریزی، مترآکمه‌سازی و عمل‌آوری بتن در سازه به‌گونه‌ای به کار گرفته می‌شوند که میزان مناسبی از مقاومت بالقوه (که روی استوانه‌ها اندازه‌گیری می‌شود) در سازه تأمین گردد. اصول طراحی سازه، این موضوع را مدنظر قرار داده و در آیین‌نامه‌ی ACI 318، فرآیندی برای اطمینان از ایمنی سازه‌ای در حین ساخت پیش‌بینی شده است. در شرایط آب‌وهوای سرد، انتظار می‌رود نرخ افزایش مقاومت در محل بتن، کندتر باشد.

روش‌های اندازه‌گیری، برآورد یا مقایسه‌ی مقاومت بتن در محل شامل موارد زیر هستند:

چکش برجهندگی (چکش اش‌میت)، نفوذ میله (میله ویندزور)، بیرون‌کشیدگی، بلوغ‌سنجی، استوانه‌های بتن‌ریزی‌شده در محل، آزمایش‌های مغزه‌های حفاری‌شده و آزمایش بارگذاری عضو یا سیستم سازه‌ای.

مغزه‌های حفاری‌شده از سازه، یکی از روش‌های ارزیابی کفایت ظرفیت سازه‌ای اعضای بتنی است. مقاومت مغزه‌های حفاری‌شده عموماً کمتر از استوانه‌های عمل‌آوری‌شده به روش استاندارد به‌دست می‌آید. آیین‌نامه‌ی ACI 318 تصریح می‌کند یک سازه‌ی بتنی، هنگامی از نظر سازه‌ای قابل قبول در نظر گرفته می‌شود که میانگین نتیجه‌ی آزمون سه مغزه از ناحیه‌ای که مقاومت بتن آن نامنطبق با مشخصات بوده، برابر یا بیش‌تر از ۸۵ درصد مقاومت مشخصه f'_c باشد و همچنین، هیچ مغزه‌ای کمتر از ۷۵ درصد f'_c نباشد (در ایران، باید باید به بند ۳-۵-۸ آیین‌نامه بتن ایران مراجعه نمود که البته همین شروط را بیان می‌کند).

در راهنمای شماره ۱۱ فناوری در اجرا (TIP 11)، به بحث آزمون مغزه‌ها برای پذیرش بتن پرداخته شده است. ACI 214.4R، راهنمایی‌های مبسوطی در خصوص آزمون مغزه‌ها،

ارزیابی ظرفیت سازه‌ای موجود با استفاده از مقاومت‌های درجا و تعیین مقدار معادل مقاومت مشخصه برای ارزیابی مقاومت سازه‌ای یک سازه موجود ارائه داده است. فرآیند اخیر، نباید برای تعیین پذیرش بتن یک پروژه مورد استفاده قرار گیرد.

چرا مقاومت درجا (در محل) بتن اندازه‌گیری می‌شود؟

آزمایش‌های در محل بتن زمانی ممکن است لازم باشد که مقاومت استوانه‌های استاندارد، پایین بوده و با معیارهای پذیرش مقاومت مندرج در آیین‌نامه ACI 318 (در ایران، معیارهای آیین‌نامه بتن ایران) مطابقت نداشته باشد. با این حال، نباید به بررسی مقاومت در محل اقدام کرد؛ مگر آن‌که ابتدا اطمینان حاصل شود مقاومت‌های بتن واقعاً نتوانسته باشند الزامات مدنظر را برآورده کنند. مقاومت‌های پایین ناشی از روش‌های معیوب و دارای ایراد آزمایش نبوده و یا این که مقاومت مشخصه واقعاً موردنیاز بوده است یا خیر. برای کسب اطلاعات بیش‌تر، به راهنماهای شماره ۹ بتن در اجرا (CIP 9) و شماره ۱۱ فن‌آوری در اجرا (TIP 11) مراجعه شود. در بسیاری از موارد، بتن بدون انجام آزمایش مقاومت در محل، می‌تواند برای کاربرد موردنظر پذیرفته شود.

موقعیت‌های دیگری نیز وجود دارند که ممکن است نیاز به بررسی مقاومت در جای بتن وجود داشته باشد. این موارد شامل برداشتن شمع و قالب، اعمال پس‌تنیدگی یا بارگذاری زود هنگام، بررسی آسیب ناشی از یخ‌زدگی، آتش‌سوزی یا شرایط نامطلوب عمل‌آوری، ارزیابی سازه‌های قدیمی و زمانی که به اشتباه، بتن با مقاومت پایین‌تر در عضوی ریخته شده باشد، خواهد بود.

وقتی مغزه‌ها یا سایر آزمون‌های در محل نتوانند کفایت سازه‌ای را تأیید کنند، عمل‌آوری بیش‌تر سازه ممکن است مقاومت لازم را فراهم نماید. این امر، به‌ویژه در بتن‌های حاوی خاکستر بادی، سرباره یا برخی سیمان‌های آمیخته امکان‌پذیر است.

چگونه مقاومت درجا (در محل) بتن بررسی شود؟

اگر تنها یک سری از استوانه‌ها دارای مقاومت پایین باشد، مسئله اغلب می‌تواند با مقایسه نتایج چکش

۲۹ (هـ) یک منحنی واسنجی (کالیبراسیون) مقاومت برای مصالح و شرایط تحت بررسی، تدوین گردد.

(و) وضعیت سطح، شرایط رطوبتی و ویژگی‌های سنگدانه نیز می‌توانند بر نتایج تاثیر گذارند.

چکش برجهندگی (چکش اشمیت)، ASTM C805 (استاندارد ملی ایران شماره ۷-۳۲۰۱) - این روش نیز برای ارزیابی مقاومت نسبی بتن در محل با شرایط زیر استفاده می‌شود: (الف) همگی سطوح باید به‌مدت چند ساعت یا یک شبانه‌روز خیس نگه داشته شوند؛ زیرا خشک شدن بر عدد برجهندگی اثر می‌گذارد.

(ب) قرائت‌ها نباید بین بتن‌های ریخته‌شده در قالب‌های مختلف، بتن با میزان رطوبت متفاوت، قرائت‌ها از جهات ضربه مختلف، اعضای با جرم متفاوت یا نتایج حاصل از چکش‌های مختلف مقایسه شوند.

(ج) سطح نباید ساییده شده باشد؛ مگر در مواردی که نرم، پرداخت‌شده یا دارای بافت باشد.

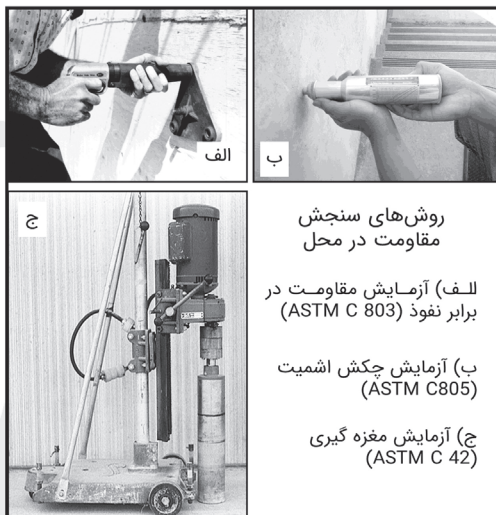
(د) دال‌های سازه‌ای از سمت پایین آزمایش شوند.

(ه) بتن یخ‌زده تحت آزمون قرار نگیرد.

(و) وضعیت سطح، شرایط رطوبتی و ویژگی‌های سنگدانه می‌توانند بر نتایج اثر گذارند.

روش بلوغ‌سنجی بتن، ASTM C1074 - اگر از روش بلوغ‌سنجی بتن برای برآورد مقاومت درجا (در محل) استفاده می‌شود، به راهنمای شماره ۳۹ بتن در اجرا (CIP 39) مراجعه شود.

برنامهریزی پیشرفته - وقتی از پیش مشخص باشد که آزمایش در محل لازم خواهد بود (مانند برداشتن شمع‌بندی و قالب)، می‌توان سایر روش‌ها را نیز مدنظر قرار داد، مانند: استوانه‌های رانشی ریخته‌شده در محل و روش‌های اندازه‌گیری مقاومت بیرون‌کشیدگی که توسط استانداردهای ASTM C873 و ASTM C900 پوشش داده می‌شوند.



برجهندگی (چکش اشمیت) یا نفوذ میله روی بتن در نواحی‌ای که نتایج استوانه‌هایشان قابل قبول بوده است، حل شود.

وقتی احتمال پایین بودن مقاومت به‌گونه‌ای است که بخش‌های وسیعی باید مورد بررسی قرار گیرند، یک مطالعه سازمان‌یافته لازم خواهد بود. باید یک شبکه ایجاد شده و قرائت‌های نظام‌مند از نواحی سالم و مشکوک صورت گیرد. قرائت‌های چکش یا میله به‌صورت جدولی ثبت گردد. اگر ناحیه‌ای ضعیف به‌منظر رسید، از هر دو ناحیه ضعیف و قوی مغزه‌گیری انجام شود. اگر مغزه‌ها نتایج چکش یا میله را تأیید کنند، نیاز به انجام گسترده‌ی آزمون‌های مغزه به میزان زیادی کاهش می‌یابد.

مقاومت مغزه، ASTM C42 (استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۲۳۰۶) - اگر مغزه‌گیری لازم باشد، موارد زیر باید رعایت شوند:

(الف) حداقل سه مغزه برای هر محل در سازه که نتایج آزمایش‌های مقاومت آن پایین بدست آمده، آزمایش شود. (ب) مغزه‌ها باید با حداقل قطر ۸۵ میلی‌متر یا حداقل دو برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌ها برداشت شوند. مغزه‌های با قطر کمتر در صورتی مجاز خواهند بود که به‌دست آوردن اندازه موردنیاز امکان‌پذیر نباشد.

(ج) نسبت طول به قطر (L/D) باید حدود ۲ باشد، اما تلاش شود مغزه‌هایی با نسبت طول به قطر حداقل ۱/۵ به‌دست آید.

(د) از مغزه‌گیری از لایه‌های بالایی ستون‌ها، دال‌ها، دیوارها یا پی‌ها اجتناب شود؛ زیرا این مغزه‌ها ۱۰ تا ۲۰ درصد ضعیف‌تر از مغزه‌های برداشت‌شده از قسمت میانی یا پایینی خواهند بود.

(ه) مغزه‌ها را در کیسه‌ها یا ظروف آب‌بندی‌شده و غیرقابل نفوذ ذخیره شده و به آزمایشگاه انتقال یابد. مغزه مطابق ASTM C42 (استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۲۳۰۶) آزمایش شوند. انتهای مغزه‌ها ظرف ۲ روز پس از مغزه‌گیری، اره شده یا ساییده شوند. مغزه‌ها حداقل به‌مدت ۵ روز پس از آخرین نوبت مرطوب‌شدن، در شرایط آب‌بندی‌شده نگهداری شوند. الزامات مربوط به آماده‌سازی مغزه‌ها در نسخه‌های جاری ASTM و ACI 318 (در ایران به ترتیب آئین‌نامه بتن ایران و استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۲۳۰۶) مطالعه شود.

مقاومت به نفوذ میله، ASTM C803 - میله‌ها یا پین‌هایی که در بتن رانده می‌شوند، می‌توانند برای بررسی مقاومت نسبی بتن در محل، به شرح زیر استفاده شوند:

(الف) برای اختلاف‌های زیاد در مقاومت یا چگالی بتن، ممکن است نیاز به استفاده از میله‌ها یا پین‌های با اندازه‌های مختلف یا تغییر در نیروی رانش باشد.

(ب) اندازه‌گیری دقیق طول بیرون‌مانده میله، الزامی است. (ج) فاصله میله‌ها باید حداقل ۱۷/۵ سانتی‌متر بوده و نزدیک لبه‌ی بتن قرار نگیرند.

(د) میله‌ای که به‌طور محکم در بتن جای‌گذاری نشده باشد، باید مردود گردد.