استاندارد ملی ایران
۷ ۳۲۰۱
چاپ اول

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran

ISIRI
3201-7
1st.edition

بتن تازه قسمت ۷:
آزمون‌های غیر مخرب بر روی بتن سخت شده – روش آزمون

Fresh Concrete- part7:
– Non-destructive tests on hardened concrete – Test method

ICS:91.100.30

به‌نام خدا

آشنایی با مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه* صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی(رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره‌گیری می‌شود.

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشو ر و / یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سا زمانها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، مؤسسهٔ استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند .ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این مؤسسه است.

---

* موسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

1- International organization for Standardization
2 - International Electro technical Commission
3 - International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

" بتن تازه قسمت ۷:آزمون‌های غیر مخرب بر روی بتن سخت شده – روش آزمون "

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
خطیبی طالقانی ، جاوید (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	انجمن بتن ایران
دبیر:	
مجتبوی ، سید علیرضا (کارشناس مهندسی مواد- سرامیک)	موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ایروانی ، آزاده (کارشناس مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان اصفهان
بیک ، عباس (کارشناس مهندسی عمران)	بنیاد بتن جنوب شرق
حسنی مقدم ، علیرضا (کارشناس ارشد مهندسی معدن)	شرکت البرز بتن
رحمتی ، علیرضا (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	شرکت پاکدشت بتن
سامانیان ، حمید (کارشناس مهندسی مواد- سرامیک)	پژوهشگاه استاندارد گروه پژوهشی ساختمانی و معدنی
عباسی رزگله ،محمد حسین (کارشناس مهندسی مواد – سرامیک)	سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
گلبخش منشادی، محمد حسین (کارشناس مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان یزد
مرشدی ،عبدالرضا (کارشناس شیمی)	پژوهشگاه استاندارد گروه پژوهشی ساختمانی و معدنی

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان استاندارد ج
کمیسیون فنی تدوین استاندارد د
پیش‌گفتار و
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ اصطلاحات و تعاریف ۱
۳ تعیین نمره برجهش ۳
۴ تعیین سرعت پالس فراصوت ۷
۵ تعیین نیروی بیرون کشیدن ۱۱
پیوست الف (اطلاعاتی) روش بدست آوردن رابطه بین مقاومت و نمره برجهش ۱۷
پیوست ب (اطلاعاتی) عوامل موثر بر برجهش یک سطح بتنی ۱۹
پیوست پ(اطلاعاتی) نمونه یک گزارش آزمون از نمره برجهش بتن سخت شده ۲۳
پیوست ت (اطلاعاتی) تعیین سرعت پالس انتقال غیر مستقیم ۲۴
پیوست ث (اطلاعاتی) عوامل موثر بر اندازه‌گیری سرعت پالس ۲۶
پیوست ج (اطلاعاتی) رابطه سرعت پالس و مقاومت ۳۰
پیوست چ (اطلاعاتی) نمونه یک گزارش آزمون سرعت پالس فرا صوت بتن سخت شده ۳۳
پیوست ح (اطلاعاتی) رابطه بین نیروی بیرون کشیدن و مقاومت بتن ۳۴
پیوست خ (اطلاعاتی) نمونه گزارش آزمون نیروی بیرون کشیدن بتن سخت شده ۳۶
کتابنامه ۳۷

پیش گفتار

استاندارد "بتن تازه قسمت ۷:آزمون‌های غیر مخرب بر روی بتن سخت شده روش آزمون" که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و دردویست و هفتاد و پنجمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۸۸/۱۲/۱۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفتهای ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منابع و مآخذی که برای تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ISO 1920-7: 2004, C90-08, Testing of concrete – part 7 : Non-destructive tests on hardened concrete

بتن تازه قسمت ۷:آزمون‌های غیر مخرب بر روی بتن سخت شده – روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش‌های آزمون غیرمخرب برای بتن سخت شده می‌باشد. این روش‌ها عبارتند از:

الف. تعیین نمره برجهندگی،

ب. تعیین سرعت پالس فرا صوت ،و

ج. تعیین نیروی بیرون کشیدن.

یادآوری این نوع روش‌های آزمون به منظور جایگزینی روش‌های آزمون تعیین مقاومت فشاری بتن نیستند، بلکه با اعمال ضریب تصحیح مناسب، می توان از آنها، برای تخمین مقاومت مورد نیاز استفاده کرد.

۲ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

۱ ۲

نمره برجهندگی

(آزمون نمره برجهش) از روی چکش جهش خوانده می شود، این عدد عبارتست از میزان انرژی بازگشتی به چکش بعد از ضربه زدن به سطح بتن

۲ ۲

منطقه آزمون

(آزمون نمره برجهش) آن قسمت از بتن که ارزیابی می شود و قسمتی که برای اهداف عملی با یک کیفیت یکنواخت در نظر گرفته می شود

۳ ۲

حدفاصل

(آزمون نمره برجهش) ارزش میانه تعدادی از اعداد که بر اساس ترتیب عددی مرتب شده‌اند.

۴ ۲

زمان گذر
(آزمون سرعت پالس فرا صوت) زمان لازم برای عبور یک پالس فرا صوت از میان بتن، از مبدل فرستنده به مبدل گیرنده

۲ ۵
آغازه پالس
(آزمون سرعت پالس فرا صوت) زودترین قسمت پالس که توسط مبدل گیرنده دریافت می‌شود.

۲ ۶
زمان خیزش
(آزمون سرعت پالس فرا صوت) زمان مورد نیاز برای این‌که رشد دامنه زودترین پالس، از ۱۰ درصد به ۹۰ درصد برسد.

۳ تعیین نمره برجهش

۳ ۱ اصول

جرمی که توسط ضربه فنر به جلو رانده می شود به شناور متصل به سطح برخورد می کند. نتیجه آزمون بر حسب، فاصله جهش از جرم بیان می شود.

یادآوری پیوست الف روش کسب رابطه موجود بین مقاومت و نمره برجهش را شرح می دهد.

۳ ۲ وسایل

۳ ۲ ۱ چکش بر جهندگی، این چکش عبارت است از یک چکش استیل فنری که بعد از رها شدن با یک شناور استیل متصل به سطح بتن برخورد می کند.
چکش فنری باید با یک سرعت ثابت و قابل تکرار، حرکت کند. فاصله جهش چکش استیل از شناور استیل باید بر اساس یک مقیاس خطی متصل به قاب دستگاه، اندازه‌گیری شود.
چکش برجهش باید حداقل سالی دوبار، واسنجی شود. همچنین هر گاه که صحت کارکرد آن مشکوک ارزیابی شد باید دوباره آن را واسنجی کرد.

یادآوری چکش‌های برجهندگی در انواع و اندازه‌های مختلف برای آزمون مقاومت‌ها و انواع مختلف بتن‌ها در بازار وجود دارند. هر نوع و سایز از این چکش باید فقط و فقط در مورد بتنی که این چکش برایش طراحی شده است مورد استفاده قرار گیرد. برای آزمون بتن‌های دارای مقاومت کم، مانند بتن سبک، یک چکش جهش پاندولی شکل، با انرژی کم مناسب است.

۳ ۲ ۲ سندان فولادی مرجع ، برای تایید چکش، که حداقل سختی آن، ۵۲ راکول و وزن آن (۱±۱۶) کیلوگرم می باشد. قطری معادل ۱۵۰ میلی متر دارد، مگر آن‌که دراستاندارد جرم متفاوتی برای آن تعریف شده باشد.

یادآوری تایید شدن در یک سندان مرجع، به منزله تضمین این نیست که چکش‌های مختلف همان نتایج در دیگر نقاط مقیاس برجهش ارائه خواهند داد.

۳ ۲ ۳ سنگ سایش، سنگ کربید سیلیکونی با بافت متوسط یا یک جنس مشابه

۳ ۳ منطقه آزمون

۳ ۳ ۱ انتخاب

اگر بتن‌هایی که آزمون می‌شوند، کمتر از ۱۰۰ میلی متر ضخامت داشته باشند و یا در یک ساختار تثبیت شده قرار نگرفته باشند، باید در طول آزمون محکم نگه داشته شوند. از انجام آزمون درمحدوده های که دارای بافت‌های کرمو،پوست پوست شده، یا بسیار متخلخل، باید اجتناب کرد.
در انتخاب یک منطقه برای آزمون، عوامل شرح داده شده در پیوست ب را باید در نظر گرفت.
یک منطقه آزمون باید حداقل ابعادی حدود ۳۰۰ میلی‌متر در ۳۰۰ میلی‌متر‌داشته باشد.

یادآوری- بهتر است خواندن‌ها، محدود به یک منطقه آزمون باشند و از خواندن‌های تصادفی در کل ساختار، حتی الامکان پرهیز نمود.

۳ ۳ ۲ آماده سازی

سطوح با بافت زبر(درشت) و سطوح دارای ملات سست، باید با استفاده از سنگ سایش، ساییده شوند.
سطوح هموار یا ماله کشیده شده، ممکن است بدون ساییدن،آزمون شوند.
هر گونه آب روی سطح بتن، تمیز شود.

۳ ۴ روش انجام

۳ ۴ ۱ مقدمات

از چکش بر جهنده طبق دستورالعمل سازنده‌اش، استفاده کنید. آن‌را حداقل سه بار قبل از هر گونه خواندنی امتحان کنید تا مطمئن شوید که به درستی کار می‌کند.
قبل از انجام یک سری آزمون روی سطوح بتن، با استفاده از سندان استیلی مرجع، فرآیند خواندن را انجام داده و ثبت کنید تا مطمئن شوید که دامنه پیشنهاد شده توسط سازنده، بدست می آید. اگر چنین نشد، چکش را تمیز و یا تنظیم نمایید.
از چکش باید معمولاً در دمای بین ۱۰ درجه سلیسیوس تا ۳۵ درجه سلیسیوس استفاده نمود.

۳ ۴ ۲ تعیین

چکش را محکم در موقعیتی نگه دارید که شناور بتواند بصورت عمود بر سطحی که قرار است آزمون شود فرود آید. به تدریج فشار روی شناور را افزایش دهید تا چکش با آن تماس حاصل نماید.
بعد از تماس چکش با سطح، نمره برجهش را ثبت کنید.

یادآوری در بازار چکش‌هایی با تجهیزات نوشتاری خودکار وجود دارند، در این موارد، نمره برجهش بصورت خودکار ثبت می گردد.

از حداقل ۹ خواندن برای کسب یک تخمین قابل اعتماد در مورد نمره برجهش برای منطقه آزمون استفاده نمایید. موقعیت و جهت هر دسته از خواندن‌ها را ثبت نمایید.
هیچ دو نقطه تماسی نباید نزدیکتر از ۲۵ میلی‌متر باشند و هیچکدام نباید از یک لبه ۵۰ میلی‌متر فاصله داشته باشد.
بعد از برخورد هرگونه عوارضی را در سطح کنترل کنید. اگر تماس از طریق یک ترک نزدیک به سطح مختل گردد، نتیجه باید تخفیف داده شود.

یادآوری ترسیم یک شبکه منظم از خطوط با فاصله ۲۵ تا ۵۰ میلی متر از یکدیگر و تصور محل برخورد این خطوط به عنوان نقاط آزمون ترجیح داده می شود.

۳ ۴ ۳ بررسی مرجع

بعد از آزمون بتن، با استفاده از سندان استیل اقدام به خواندن نمایید (بند ۳ ۲ ۲). سپس ارقام بدست آماده را ثبت نموده و بعد آنها را با مواردی که پیش ازآزمون بدست آمده اند مقایسه نمایید(بند۳ ۴ ۱). اگر نتایج با همدیگر فرق داشته باشند، چکش را تمیز و یا تنظیم کرده و آزمون را تکرار نمایید.

۳ ۵ نتایج آزمون

نتیجه منطقه آزمون، باید به عنوان میانگین و حد واسط تمام خواندن‌ها در نظر گرفته شود، در صورت لزوم جهت چکش را طبق دستورالعمل سازنده تنظیم نمایید و بصورت یک رقم کلی بیان کنید.
اگر از بیش از یک چکش استفاده می گردد، تعداد مناسبی از آزمون‌ها باید روی سطوح مشابه بتن صورت گیرند تا بزرگی تفاوت‌های مورد نیاز تعیین گردد.
اگر بیش از ۲۰ درصد از تمام خواندن‌ها با مقدار میانگین، بیش از ۱۰ واحد اختلاف داشته باشند، کل مجموعه خواندن‌ها باید باطل شوند.

یادآوری ۱ یک روش برای بدست آوردن رابطه بین مقاومت و نمره برجهش در پیوست الف آمده است.
یادآوری ۲- برای کسب اطلاعات در باره عوامل موثر بر نمره برجهش به پیوست ب مراجعه کنید.

۳ ۶ گزارش آزمون

یک مثال از گزارش آزمون در پیوست ث ارائه شده است.

علاوه بر جزئیات مورد نیاز بند ۶، این گزارش باید مشتمل بر موارد ذیل نیز باشد:

۳ ۶ ۱معرفی چکش ؛

۳ ۶ ۲خواندن‌های سندان مرجع قبل و بعد از انجام آزمون‌ها؛

۳ ۶ ۳ نتیجه آزمون (مقدار میانگین) و جهت چکش برای هر منطقه آزمون؛

۳ ۶ ۴ هر یک از ارقام حاصل از چکش (در صورت نیاز)؛

۳ ۶ ۵ نتایج تنظیم شده آزمون برای تعیین جهت چکش (اگر مناسب باشد).

۴ تعیین سرعت پالس فرا صوت

۴ ۱ اصول

یک پالس از ارتعاشات افقی توسط یک مبدل الکترو آکوستیک مماس با یک سطح از بتن تحت آزمون، تولید می شود. بعد از طی یک مسیر مشخص در بتن، این پالس از ارتعاشات توسط یک مبدل ثانویه به یک سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود و زمان سنج‌های الکترونیکی، زمان عبور پالس را اندازه گیری می‌کنند.

۴ ۲ وسایل

این دستگاه از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

۴ ۲ ۱ تولید کننده[1] پالس الکتریکی

سرعت پالس دستگاه باید توسط میله مخصوص مرجع، برسنجی گردد که عموماً توسط سازنده دستگاه، پشتیبانی می شود.

۴ ۲ ۲ جفت مبدل‌ها

فرکانس طبیعی مبدل‌ها باید در محدوده ۲۰ کیلوهرتز تا ۱۵۰ کیلوهرتز باشد.

یادآوری- ممکن است بعضی اوقات از فرکانس‌های ۱۰ و ۲۰۰ کیلوهرتزی نیز استفاده شود. پالس‌های دارای فرکانس زیاد شروع خوبی دارند اما در حین عبور از بتن، بیشتر از پالس‌های دارای فرکانس کمتر، ضعیف می‌شوند. بنابراین، استفاده از مبدل‌های فرکانس قوی (۶۰ تا ۲۰۰ کیلو هرتز) برای مسیرهای کوتاه (زیر ۵۰۰ میلی‌متر) و مبدل‌های فرکانس ضعیف (۱۰ تا ۴۰ کیلو هر تز) برای مسیرهای ط.لانی (تا حداکثر ۱۵ متر) ترجیح داده می شوند. مبدل‌های دارای فرکانس ۴۰ تا ۶۰ کیلوهرتزی برای بیشتر کاربردها مفید هستند.

۴ ۲ ۳ تقویت کننده[1]

1- generator

۴ ۲ ۴ وسیله زمانبندی الکترونیکی، برای اندازه گیری فاصله زمانی بین شروع یک پالس ایجاد شده در مبدل فرستنده و رسیدن آن به مبدل گیرنده.

دو نوع دستگاه زمانبندی الکترونیکی وجود دارند:

- یک نوسان سنج[۲] که نخستین جبهه از پالس‌ها با توجه به بازه زمانی مناسب نمایش داده می شوند
- یک زمان سنج با یک صفحه نمایشگر دیجیتالی.

یادآوری یک نوسان سنج امکان آزمایش شکل موج را فراهم می‌نماید که می‌تواند در شرایط پیچیده مفید باشد.

۴ ۲ ۵ دستگاه تعیین زمان رسیدن پالس

این دستگاه باید قادر به تشخیص زمان رسیدن نخستین جبهه از پالس درکسری از میکروثانیه باشد، اگر چه این می تواند وسعت کمی در مقایسه با وسعت نخستین نیم موج این پالس داشته باشد.

۴ ۳ نیازمندی‌های اجرایی دستگاه

این دستگاه باید منطبق با نیازمندی‌های اجرایی زیر باشد:

الف) باید قادر به اندازه گیری زمان‌های گذر در میله مرجع با دقت ۰٫۱ ± میکرو ثانیه باشد؛

ب) پالس تحریک الکترونیکی بکار رفته در مبدل فرستنده نباید زمان صعودش بیش از یک چهارم زمان طبیعی اش باشد؛ این به منظور مطمئن شدن از پالس شروع سریع می باشد؛

ج) فرکانس تکرار پالس باید به حد کافی پایین باشد تا اطمینان دهد که شروع سیگنال دریافتی عاری از دخالت پژواک‌ها می باشد؛

د) از این دستگاه باید در شرایط تعریف شده توسط سازنده استفاده شود؛

ه) دستگاه باید در هنگام آزمون واسنجی شده باشد.

۴ ۴ روش انجام آزمون

۴ ۴ ۱ عوامل موثر بر اندازه گیری سرعت پالس

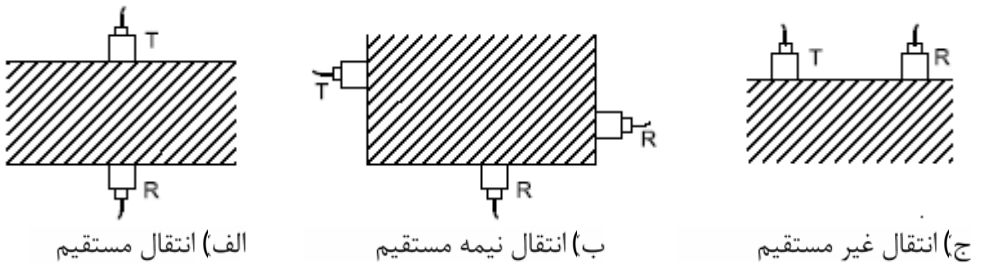
در هنگام اندازه گیری سرعت پالس که قابل تکرار است، در نظر گرفتن عوامل مختلفی که روی این اندازه گیری‌ها تاثیر می‌گذارند اهمیت زیادی دارد. این عوامل در پیوست ث آمده است.

۴ ۴ ۲ تنظیم مبدل‌ها

دو مبدل را در مقابل هم (انتقال مستقیم)، یا در کنار هم (انتقال نیمه مستقیم) یا در یک جهت (انتقال غیر مستقیم یا سطحی) قرار دهید (شکل الف ۱). گرچه جهتی که در آن حداکثر انرژی انتقال می یابد در زوایای روبروی مبدل فرستنده قرار دارد، اما تعیین پالس‌هایی که از طریق بتن به جهات دیگر رفته اند نیز ممکن است.

1- Amplifier
2- oscilloscope

شاید قراردادن مبدل‌ها روبروی هم لازم باشد اما باید به یاد داشت که نباید آنها را مستقیماً مقابل هم قرارداد. چنین مواردی باید با انتقال نیمه مستقیم رفع و رجوع شوند. (شکل ۱- ب)
چیدمان انتقال غیر مستقیم از کمترین حساسیت برخوردار است و باید زمانی مورد استفاده قرار گیرد که تنها یک ضلع از بتن در دسترس است، یاز مانی که کیفیت سطح بتن متناسب با کیفیت کلی می باشد.
برای کسب اطلاعات پیرامون روش تعیین سرعت پالس فرا صوت طی انتقال غیر مستقیم به پیوست پ مراجعه نمایید.
چیدمان انتقال نیمه مستقیم در میان سایر چیدمان‌ها از حساسیت متوسط برخوردار است و تنها باید زمانی مورد استفاده قرار گیرد که امکان استفاده از چیدمان مستقیم وجود نداشته باشد.



راهنما:
T فرستنده
R گیرنده

شکل ۱- موقعیت مبدل‌ها

۴ ۵ بیان نتایج

در مورد انتقال‌های مستقیم و نیمه مستقیم سرعت پالس باید از فرمول زیر محاسبه شود:

$$V = \frac{L}{T}$$

که در آن:
V سرعت پالس بر حسب کیلومتر بر ثانیه؛
L طول مسیر، بر حسب میلی متر؛
T مدت زمانی که طول می کشد تا پالس مسیر را طی نماید، بر حسب میکرو ثانیه.

در مورد انتقال غیر مستقیم، سرعت پالس باید مطابق پیوست ت محاسبه گردد.
تعیین سرعت پالس باید با دقت ۰٫۰۱ کیلومتر بر ثانیه یا به صورت سه رقم اصلی بیان شود.
یادآوری در مورد روش تعیین رابطه بین سرعت پالس و استحکام به پیوست ج مراجعه نمایید.

۴ ۶ گزارش آزمون

یک نمونه از گزارش آزمون در پیوست چ ارائه شده است.

علاوه بر جزئیات مورد نیاز طبق بند ۶، این گزارش باید شامل موارد زیر نیز باشد:

۴ ۶ ۱ نوع و ساخت دستگاه مورد استفاده، شامل: ابعاد مساحت تماس مبدل‌ها، فرکانس طبیعی پالس مبدل‌ها، و مشخصات ویژه؛

۴ ۶ ۲ چیدمانهای مبدل‌ها و روش انتقال (شامل یک طرح در صورت نیاز)؛

۴ ۶ ۳ جزئیات فولاد تقویت شده یا کانال‌های مجاور مناطق آزمون (در صورت مشخص بودن)؛

۴ ۶ ۴ شرایط سطحی و آماده سازی در مناطق آزمون؛

۴ ۶ ۵ مقادیر اندازه گیری شده طول مسیر (برای انتقال مستقیم و نیمه مستقیم)، شامل روش اندازه گیری و صحت اندازه گیری؛

۴ ۶ ۶ سرعت پالس.

۵ تعیین نیروی بیرون کشیدن

۵ ۱ اصول

مقداری نیروی لازم برای بیرون کشیدن یک دیسک قرار داده شده در یک فاصله ثابت، زیر سطح بتن محاسبه می شود.

۵ ۲ وسایل

این دستگاه باید مطابق زیر باشد (شکل ۲ ج را ببینید)

۵ ۲ ۱ قطعه ساخته شده از فلزی که لزوماً به بتن تازه آسیب نمی زند، با ضخامت و استحکام کافی برای اجتناب از تغییرشکل در طول آزمون.

قطر سر آن باید(۰٫۱ ± ۲۵) میلی‌متر باشد. اطراف آن باید هموار باشند.

دسته دستگاه که ممکن است قابل برداشتن باشد باید قطری کمتر از ۰٫۶ قطر سر، داشته باشد و طولش باید به گونه‌ای باشد که سطح خارجی سر در عمقی مشابه سطح زیرین بتن قرار گیرد.

این قطعه ممکن است در داخل بتن کار گذاشته شود یا روی بتن سخت شده در یک شکاف قرار بگیرد.

قطعات مخصوص ریخته‌گری باید دارای یک سر مدور و یک دسته به تدریج نازک شده باشند تا اصطکاک جانبی در طول آزمون به حداقل برسد. (شکلهای ۲ الف و ب).

قطعات ممکن است با یک ماده لغزنده اندود شده باشند تا از اتصال با بتن جلوگیری شود و همچنین ممکن است به منظور جلوگیری از چرخیدن در بتن در آنها شکاف ایجاد شده باشد.

قطعات مخصوص استفاده در سوراخ‌های حفاری شده باید بتوانند تا(۰٫۱ ± ۲۵)میلی‌متر باز شوند.

۵ ۲ ۲ تجهیزات حفاری و نقب زنی

وقتی‌که قطعه در داخل بتن کار گذاشته نمی شود، از تجهیزات مخصوصی باید برای حفاری و سپس افزایش قاعده حفره استفاده شود.

۵ ۲ ۳ حلقه تکیه‌گاه

آن‌را می توان به صورت قرینه روی سطح بتن و اطراف محور قطعه قرار دارد. قطـر داخلـی اش (۰٫۱ ± ۵۵) میلی‌متر و قطر خارجی اش(۰٫۱ ± ۷۰) میلی‌متر می باشد.

۵ ۲ ۴ سامانه بارگذاری

قادر به اِعمال یک نیروی کششی روی قطعه می باشد.

سامانه بارگذاری باید اطمینان دهد که حلقه تکیه‌گاه متمرکز بر دسته قطعه می باشد و این‌کـه بـار بصـورت عمودی بر صفحه قطعه اعمال می گردد.

سامانه بارگذاری باید مجهز به ابزار نمایشگر حداکثر نیروی بکار رفته با دقت ۲درصد دامنه کاری قابل پـیش بینی باشد. مقیاس یا صفحه نمایش باید دارای وسیله‌ای برای ثبت حداکثر نیروی بکار رفته باشند.

سامانه بارگذاری باید دو بار در سال و هرگاه که عملکرد آن مورد تردید باشد، واسنجی شود.

۵ ۳ منطقه آزمون

۵ ۳ ۱ موقعیت نمونه

مراکز موقعیت‌های آزمون باید حداقل ۲۰۰ میلی متر از هم فاصله داشته باشند.

این مراکز باید حداقل ۱۰۰ میلی متر از لبه بتن دور باشند.

قطعات باید طوری قرار داده شوند که کل تقویت در خارج از سطح ناقص مخروطی قرار گیرد به اندازه حداقل یک قطر یا حداکثر اندازه سنگدانه, هر کدام که بیشتر است.

حداقل ضخامت بتنی که باید آزمون شود باید ۱۰۰ میلی متر باشد.

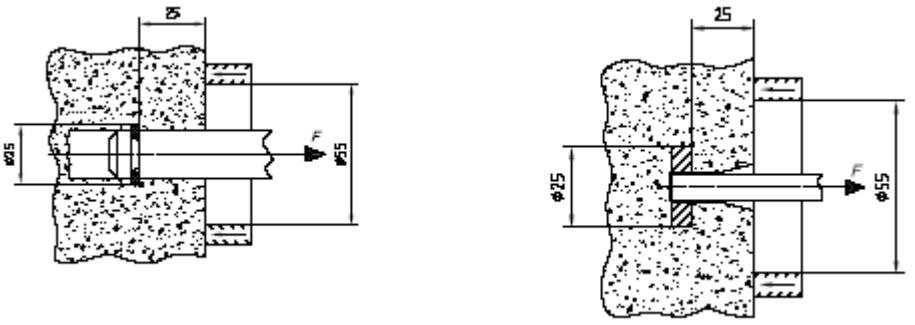
۵ ۳ ۲ تعداد آزمون‌ها

تعداد آزمون‌ها باید یک محوطه یا بخشی از یک ساختار را نشان دهند که به موارد زیر بستگی خواهد داشت:

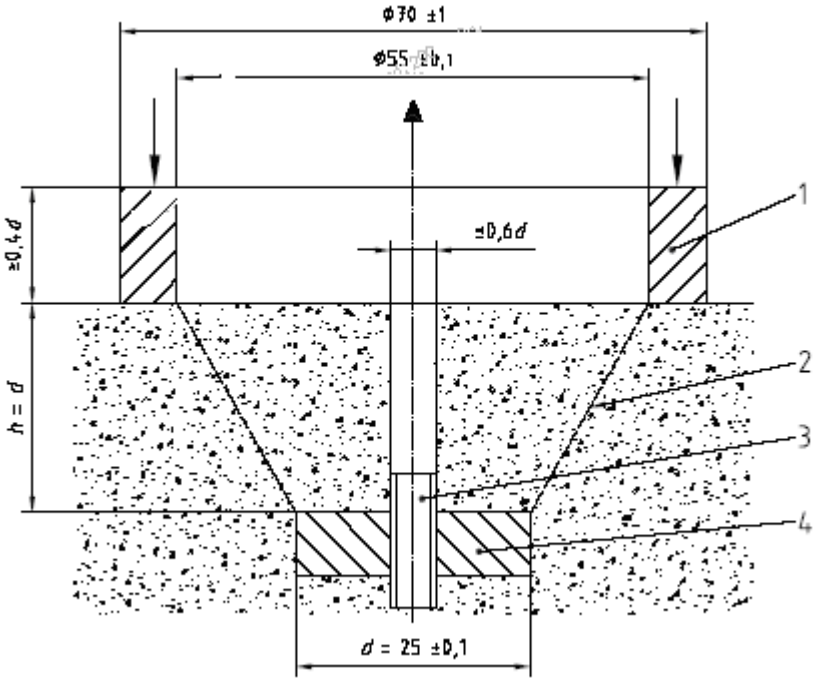
۱) تنوع بتن، و

۲) هدف آزمون و دقت مورد نیاز

برای جلوگیری از میانگین گرفتن هر یک از نتایج باید دقت زیادی نمود چنانچه اختلافـات بـین آنهـا نشـان دهنده اختلافات واقعی در مقاومت ناشی از عواملی مانند تنوع در شرایط عمل‌آوری و یـا پیمانـه‌هـای بتنـی باشد.



ب) قطعه نصب شده بعد از ریخته‌گری الف) قطعه نصب شده قبل از ریخته‌گری



ج) تجهیزات

راهنما:

۱ حلقه تکیه گاه

۲ شکستگی مخروطی

۳ دسته قطعه (محور قابل برداشتن)

۴ سر قطعه

F نیروی بیرون کشیدن

d قطر سر قطعه

h فاصله سر قطعه تا سطح بتن

شکل ۲ – نمایشی از ترتیب آزمون بیرون کشیدگی

۵ ۴ روش انجام آزمون

۵ ۴ ۱ نصب قطعه

قطعات پیش ساخته را در قالب نصب کنید، یا این وسیله را در محل آزمون مورد نظر قرار دهید. برای سایر انواع قطعه حفره ایجاد کنید و آنها را طبق دستورالعمل سازنده نصب کنید.

یادآوری- یک پانل کوچک قابل برداشت ممکن است در این قالب وجود داشته باشد البته وقتی‌که قرار است از این آزمون برای تعیین زمان استفاده از قالب بندی استفاده نماییم. مطمئن شدن از این مطلب مهم است که دسته ها از قالب قبل از برداشته شدن، جدا شده اند.

۵ ۴ ۲ بارگذاری

از انجام این آزمون در بتن یخ زده خودداری کنید.

ابتدا میله دارای دسته نازک را از روی قطعه جدا می کنیم و سپس آنرا به سامانه بارگذاری قطعه مطابق دستورالعمل سازنده وصل می کنیم.

نیرو را اعمال کنید و با سرعت یکنواخت ۰٫۵ کیلو نیوتن بر ثانیه و بدون شوک، افزایش دهید، تا بتن بشکند و یا نیرو به میزان مورد نظر افزایش یابد.

حداکثر نیروی نمایش داده شده را ثبت کنید.

۵ ۵ بیان نتایج

حداکثر نیروی بدست آمده باید با دقت ۰٫۰۵ کیلو نیوتن یا سه رقم اصلی بیان شود.

اگر به تعیین نیروی بیرون کشیدن نیاز باشد، به روش ذکر شده، در پیوست چ مراجعه کنید.

۵ ۶ گزارش آزمون

یک نمونه از گزارش آزمون در پیوست ح ارائه شده است.

علاوه بر جزئیات مورد نیاز بند ۶، این گزارش باید مشتمل بر موارد زیر باشد:

۵ ۶ ۱ نوع دستگاه (قرارداده شده یا حفره‌ای)؛

۵ ۶ ۲ این‌که بتن تحت نیروی اعمال شده گسیخته شد یا نیرو را تحمل کرد؛

۵ ۶ ۳ اندازه گیری نیروی منفرد

۶ نیازمندی‌های عمومی برای گزارش‌های آزمون

گزارش‌های آزمون باید شامل موارد زیر باشند:

۱) شناسایی ساختار/عوامل بتن

۲) عایق بندی منطقه آزمون

۳) تاریخ آزمون

۴) توصیف بتن آزمون شده، شامل، طرح اختلاط ، سن بتن، جزئیات تعمیر بتن، دمای بتن در زمان آزمون، شرایط رطوبت سطح بتن در زمان آزمون ، توصیف آماده سازی منطقه آزمون

۵) هرگونه انحراف از مجموعه روش‌های این استاندارد

۶) توضیح مسئول فنی آزمون، مبنی بر اینکه آزمون کاملاً مطابق این استاندارد انجام شده است، به استثنا مورد ۵.

پیوست الف
(اطلاعاتی)
روش بدست آوردن رابطه بین مقاومت و نمره برجهش

الف- ۱ متداولترین روش ایجاد یک ارتباط بین مقاومت و نمره برجهش از طریق آزمون‌هایی صورت می گیرد که بوسیله آنها هردو مورد فوق در نمونه های قالب ریزی شده اندازه‌گیری می‌شوند. اگرچه، حصول اطمینان از اینکه نمونه های قالبی از هر نظر منطبق بر اصول بتن‌های ایده‌آل هستند ، دشوار میباشد. نتایج قابل اعتمادتری را می توان بدست آورد، چه با استفاده از مغزه‌های گرفته شده از همان بتن و ارتباط دادن نتایج مقاومت آن با مقاومت نمونه‌های قالبگیری و نمره برجهش، یا با استفاده از اطلاعات بدست آمده از آزمونهای ضربه و مقاومت مغزه‌ها و ارتباط آنها با نمونه‌های واسنجی شده. در این حالت، آزمون‌های مربوط به نمره برجهش‌ها روی بتن در شرایط موجود در مناطق پیشنهادی برای مغزه‌گیری باید انجام شود و سپس بتن برای مغزه‌گیری بریده، آزمون مقاومت انجام شود.

یادآوری- چنانچه بتن آسیب دیده باشد، ارتباط موجود بین نمره برجهش و مقاومت فشاری بعید است که قابل استفاده باشند برای مثال در اثر فرایند انجماد و ذوب شدن ، حریق یا هجوم سولفات‌ها دچار آسیب شده باشد.

الف- ۲ برای راحتی کار و اطمینان از کار، نمونه های قالبی را می توان در دستگاه تعیین مقاومت فشاری، در نیرویی متناظر با حدود ۲ مگا پاسکال قرار داد به این ترتیب می توان نتایج چکش را مطالعه نمود.

الف- ۳ .برای بدست آوردن ارتباط بین نمره برجهش ومقاومت، آزمون تعدادی از نمونه های پیرامونی لازم است. قابل اعتماد بودن این رابطه با افزایش تعداد نمونه ها, افزایش می یابد. اگر هدف از این کار نظارت بر ایجاد مقاومت در یک ساختمان باشد، پس آزمون نمونه های مرتبط در سنین مختلف می تواند مناسب باشد. اگر کنترل کیفیت بتن در یک ساختمان توصیه شود، تغییر نسبت مخلوط بتن می تواند مناسب باشد.

الف- ۴ نمونه های مرتبط باید ساختاری که قرار است آزمون شود را تا حد امکان از نزدیک نشان دهند؛ تمام عوامل موجودر پیوست ب باید در نظر گرفته شوند.

الف- ۵ یک منحنی ارتباط را می توان از روی نمره برجهش و نتایج آزمون مقاومت ترسیم نمود .میزان دقت این ارتباط را می توان ا توسط یک ضریب رابطه از این اطلاعات محاسبه کرد.

پیوست ب
(اطلاعاتی)
عوامل موثر بر برجهش یک سطح بتنی

ب ۱ عمومی

رابطه تجربی بین مقاومت بتن و نمره برجهش که در پیوست الف شرح داده شد تحت تاثیرعوامل مندرج در ب ۲ تا ب ۹ قرار دارد.

ب ۲ مقاومت بتن

نوع سیمان: سیمان‌های مختلف ممکن است ارتباط کاملاً متفاوتی را بین نمره برجهش و مقاومت ایجاد نمایند.

مقدار سیمان: بتن حاوی مقادیر سیمان زیاد، برجهش‌های کمتری در مقایسه با بتنی با همان درجه مقاومت اما مقادیر سیمان کمتر نشان می‌دهد. با این وجود، خطا در تخمین مقاومت حاصل از یک تغییر در مقادیر سیمان بعید است که از ۱۰درصد تجاوز کند.

نوع سنگدانه: اگرچه بیشتر سنگدانه‌های با وزن طبیعی ارتباط مشابهی را بین مقاومت بتن و میزان سختی ایجاد می کنند ، اما این‌ها نباید در نظر گرفته شوند مگر اینکه شواهد آزمون پشتیبان در دسترس باشد. سنگدانه‌های سبک و یا دارای مشخصات غیرطبیعی مستلزم برسنجی ویژه‌ای هستند.

نوع عمل‌آوری و سن بتن: رابطه بین سختی و مقاومت بصورت تابعی از زمان تغییر می‌کند. تغییرات در مقدار اولیه سختی، عمل‌آوری بعدی و شرایط رویارویی نیز، روی این رابطه تاثیر می گذارند. منحنی‌های مجزای برسنجی برای رژیم‌های مختلف عمل‌آوری لازمند اما از تاثیر سن می‌تواند کلاً برای بتن بین سه روزه و سه ماهه صرفه نظر کرد .

تراکم: چکش‌های برجهش برای تعیین تغییرات مقاومت ناشی از درجات مختلف تراکم نامناسبند. اگر بتن کاملاً فشرده نشده باشد، این روش جواب نمی دهد.

ب ۳ نوع سطح

تنها سطوح هموار باید آزمون شوند. سطوح ناهموار ناشی از قالب‌گیری در قسمت‌های مختلف سطح قالب پاسخ‌های متفاوتی به آزمون نمره برجهش می‌دهند. سطوح ماله کشی شده معمولاً سخت تر از سطوح قالب گیری شده در قالب می باشند و ممکن است همچنین نتایج متنوعتری را نیز ارائه دهند.

آزمون‌های انجام شده در سطوح قالب‌گیری شده معمولاً به عنوان مرجع در نظر گرفته می شوند. نبود شواهد کمّی درباره نحوه رفتار سطوح مختلف تحت یک آزمون تعداد جهش واحد را می‌توان به خطاهای قابل توجه تعمیم داد . در چنین مواردی، واسنجی‌های مجزا لازمند.

ب ۴ نوع بتن

روش‌های آزمون نمره برجهش برای بتن دارای دانه بندی بسته مناسب است. این آزمون‌ها بـرای بـتن دارای دانه بندی باز که در بلوک‌های بنایی رایج است ، و همچنین برای بتن شانه عسلی و بتن دانه درشت مناسب نیستند.

ب ۵ شرایط رطوبت سطح

یک سطح مرطوب خواندن‌های کمتری را در چکش جهش نسبت به یک سطح خشک ارائـه مـی دهـد. ایـن تاثیر می تواند قابل‌توجه باشد و منجربه کاهش ۲۰ درصدی نمره برجهش رایـج بـرای بـتن سـازه‌ای گـردد، اگرچه برخی از انواع بتن‌ها می توانند تفاوت‌های چشمگیرتری را سبب شوند.

ب ۶ کربناته شدن

تاثیر کربناتاسیون عبارت است از افزایش سختی بتن. مقادیر نرمـال کربناتاسـیون تـاثیر چنـدانی روی نمـره برجهش محاسبه شده ندارند البته وقتی‌که بتن کمتر از سه ماه داشته باشد. در برخـی شـرایط دمـای بـالا و غلظت بـالای دی اکسـید کـربن، کربناتاسـیون ممکـن اسـت تـاثیر زیـادی در سـنین اولیـه داشـته باشـد. کربناتاسیون روی لایه سطحی تاثیر می گذارد . در صورت لزوم لایه کربناتاسیون ممکن است توسط ساییدن زدوده شود.

ب ۷ جابجایی بتن تحت آزمون

تماس چکش جهش نباید منجر به لرزش زیاد یا جابه جایی بتن مورد آزمون شود. در نتیجه، نمونـه آزمـون های کوچک بتن باید به محکم بسته شوند . در مورد برخی از اعضای سازه‌ای، باریـک بـودن یـا وزن ممکـن است به گونه ای باشد که این معیار نتواند به خوبی از عهده آن بربیاید و در برخی موارد، پیش بینی مقاومت دشوار می‌شود، گرچه مقایسه بین یا داخل هر یک از اعضا ممکن است از طریق هـدایت آزمـون‌هـا در نقـاط مشابه صورت گیرد.

ب ۸ جهت آزمون

جهت آزمون روی اندازه‌گیری نمره برجهش تاثیر خواهد گذاشت. جهت‌های معمول آزمون هم افقی‌اند و هم عمودی، اما از هرجهت تنها به این شرط استفاده می‌شود که متناسب و طبیعی برای سطح باشـد. اصـلاحات برای یک سطح مشخص معمولاً توسط آزمون سختی اعمال می شوند. بهتر اسـت کـه بـه صـورت آزمایشـی بازرسی شوند.

ب ۹ عوامل دیگر

عوامل دیگری که روی خواندن‌های چکش تاثیر می گذارند عبارتند از نزدیکی محدوده آزمون ، شرایط تنش دمای بتن و سختی آن. به شرط‌آنکه نقاط تماس حداقل ۲۵ میلی متر از هر لبه فاصله داشته باشند این اثرات احتمالاً در شرایط طبیعی کم خواهند بود. اندازه‌های طبیعی و پوشش فولاد آرمه در بتن نمی توانند تاثیر چندانی روی خواندن‌های چکش در زمان آزمون استاندارد داشته باشند.

چکش آزمون‌های مختلف با طراحی اسمی مشابه ممکن است اعداد مختلفی را بروز دهند ، چنانچه بخواهیم نتایج را با هم مقایسه کنیم باید تمام آزمون‌ها با ابزار مشابهی انجام شوند. اگر استفاده از بیش از یک چکش اجتناب ناپذیر باشد، باید تعداد کافی آزمون در سطوح معمول بتن با تمام آن چکش‌ها انجام داد تا بتوانیم بزرگی اختلافات مورد انتظار بین آنها را تعیین کنیم. نمره برجهش بدست آمده در اثر استفاده از هر نوع چکشی باید به مقادیر مقاومت با استفاده از ارتباط عملی بر آن وسیله تبدیل شود.

پیوست پ

(اطلاعاتی)

نمونه یک گزارش آزمون از نمره برجهش بتن سخت شده

مشتری: **سازمان آزمون کننده:**

موقعیت نمونه‌برداری: **شرایط آب و هوایی:**

نوع چکش :

بتن/سازه

مشخصات:

مناطق آزمون:

جزئیات آماده سازی مناطق آزمون:

جزئیات بتن و شرایط آن:

--

مقدمات آزمون

تعداد دفعات استفاده شده از چکش قبل از خواندن:

خواندن اولیه سندان مرجع:

زمان و تاریخ آزمون:

نتایج آزمون

منطقه آزمون	جهت چکش	میانگین نمره برجهش و خواندهای چکش جهش (درصورت نیاز)	تعداد تعدیل شده جهشها (در صورت نیاز)

بازرسی مرجع خواندن اولیه سندان مرجع:

هر گونه انحراف از این استاندارد:

مسئول فنی

نام و نام خانوادگی: سمت:

امضاء:

مشخصات گزارش آزمون

شماره گزارش آزمون: تاریخ صدور:

پیوست ت

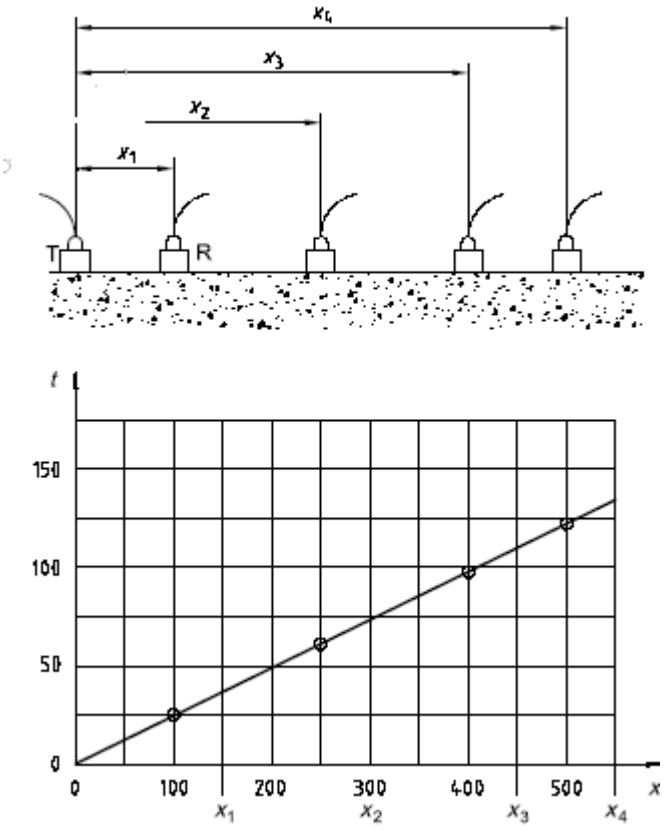
(اطلاعاتی)

تعیین سرعت پالس انتقال غیر مستقیم

ت ۱ در مورد انتقال غیر مستقیم، موارد مشکوکی درباره طول دقیق مسیر انتقال وجود دارد و این به خاطر اندازه قطعی مساحت‌های تماس بین مبدل‌ها و بتن می باشد. بنابراین انجام یک سری محاسبات در مورد مبدل‌ها در فواصل مختلف برای از بین بردن این عدم اطمینان ترجیح داده می شود.

ت ۲ برای انجام اینکار، مبدل فرستنده باید در تماس با سطح بتن در یک موقعیت ثابتx قرار داده شود و مبدل گیرنده باید در در نقطه xn در راستای یک خط انتخابی روی سطح نهاده شود. زمان‌های ثبت شده انتقال باید بصورت نقاطی روی یک منحنی ثبت شوند تا رابطه خود با فاصله جدا کننده مبدل‌ها را نشان دهند. یک نمونه از این طرح در شکل ت ۳ دیده می شود.

ت ۳ شیب مستقیم ترین خط کشیده شده باید محاسبه شود و به عنوان میانگین سرعت پالس در خط انتخابی ثبت گردد. در حالی‌که نقطه اندازه‌گیری شده و ثبت شده در این مسیر یک عدم توالی را نشان میدهد ، که احتمال دارد به علت یک ترک سطحی یا لایه سطحی نامرغوب باشدکه در این صورت، سرعت محاسبه شده، مورد قابل اعتماد نیست.



راهنما

x فاصله بر حسب میلی‌متر

t زمان انتقال بر حسب میکرو ثانیه

T فرستنده

R گیرنده

یادآوری نتایج حاصل از بتن یکنواخت (بند ت ۲ رابببینید)

شکل ت ۱ – تعیین پالس فرا صوتی توسط مشخص کننده سطحی

پیوست ث
(اطلاعاتی)
عوامل موثر بر اندازه‌گیری سرعت پالس

ث ۱ عمومی

برای اندازه گیری سرعت پالس که قابل تکرار است وابستگی زیادی به خصوصیات تحت آزمون دارد، به همین علت باید عوامل مختلفی که روی سرعت پالس تاثیر می گذارند و ارتباط با خصوصیات فیزیکی مختلف بتن را در نظر گرفت.

ث ۲ تماس بین مبدل و بتن

تماس ضعیف روی خواندن تاثیر خواهد گذاشت. استفاده از روغن گریس برای افزایش سطح تماس بین مبدل و بتن، طبق دستورالعمل سازنده لازم است.

ث ۳ میزان رطوبت

میزان رطوبت شیمیایی و فیزیکی روی سرعت پالس تاثیر دارد، این اثرات در ایجاد ارتباط برای برآورد مقاومت بتن مهمند. بین یک نمونه مکعبی یا استوانه‌ای استاندارد عمل‌آوری شده و یک عضو سازه‌ای ساخته شده از همان جنس بتن ، ممکن است اختلاف سرعت فاحشی وجود داشته باشد. غالب این تفاوت ناشی از تاثیر شرایط مختلف روی هیدراسیون سیمان می باشد، در حالیکه مقداری از این اختلاف به دلیل وجود آب آزاد در حفرات می باشد. در نظر گرفتن این اثرات در هنگام برآورد مقاومت بسیار مهم است.

ث ۴ دمای بتن

تغییرات دمای بتن بین ۱۰ درجه سلیسیوس تا ۳۰ درجه سلیسیوس منجر به بروز تغییرات فاحش در مقاومت یا خاصیت کشسانی بتن نشده اند.اصلاحات اندازه گیری سرعت پالس در جدول زیر باید برای دمای خارج از این دامنه اعمال شوند

جدول ث ۱ – تاثیر دما روی انتقال پالس

دما	اصلاح سرعت پالس اندازه گیری شده	
درجه سلیسیوس	بتن خشک شده در هوا	بتن اشباع شده با آب
۶۰	+۵	+۴
۴۰	+۵	+۱/۷
۳۰ ۱۰	۰	۰
۰	-۰/۵	۱
۴	۱/۵	۷/۵

ث ۵ طول مسیر

طول مسیری که روی آن سرعت پالس محاسبه می شود باید به حد کافی طولانی باشد تا بـه راحتـی تحـت تاثیر غیر یکنواختی بتن قرار نگیرد. توصیه می شود که به استثنا شرایط مذکور در بنـد ۴ ۲ حـداقل طـول مسیر باید ۱۰۰ میلی‌متر برای بتنی باشد که در آن حداکثر اندازه اسمی سنگدانه ۲۰ میلی‌متر و ۴۰ میلی‌ متر می باشند. سرعت پالس عموماً تحت تاثیر تغییرات طول مسیر قرار نمی‌گیرد اگرچه دسـتگاه زمانبنـدی الکترونیکی ممکن است یک گرایش به کاهش سرعت همراه با افزایش مسیر نشان دهد. این بدان خاطر است که اجزای پُرفرکانس پالس بیش از اجزای کم فرکانس تضعیف می شوند. و شـکل شـروع پـالس بـا افـزایش مسیر طی شده گردتر می شود بنابراین، کاهش ظاهری در سرعت پالس از ابتدای پالس افزایش می یابد و با این روش خاص بکار رفته برای این تعریف بستگی دارد. این کاهش ظاهری در سرعت معمولاً کم اسـت و در آستانه تحمل دقت اندازه‌گیری زمان قرار دارد اما در زمان انتقال پالس در مسافت‌هـای طـولانی بایـد دقـت زیادی کرد.

ث ۶ شکل و اندازه نمونه

سرعت پالس‌های کوتاه مستقل از اندازه و شکل نمونه‌ای می باشد که در آن، حرکـت مـی کننـد، مگراینکـه حداقل بُعد جانبی آن کمتر از یک مقدار حداقلی مشخص باشد. کمتر از این مقـدار، سـرعت پـالس ممکـن است به شدت کاهش یابد. وسعت این کاهش به نسبت طول موج ارتعاشات پـالس بـه کمتـرین بعـد جـانبی نمونه بستگی دارد اما اگر این نسبت از مقدار مذکور کمتر باشد اهمیت چندانی نخواهد داشت. جـدول **ث ۲** رابطه بین سرعت پالس در بتن ، فرکانس مبدل و حداقل بعد جانبی مجاز نمونه را نشان می دهد.

اگر حداقل بعد جانبی کمتر از طول موج باشد یا اگر از چیدمان انتقـال غیرمسـتقیم اسـتفاده شـود، شـرایط انتشار فرق می کندو بنابراین، سرعت اندازه گیری شده متفاوت خواهد بود. این امر بویژه در مواردی اهمیت خواهد داشت که عوامل بتن اندازه‌های متفاوتی دارند.

جدول ث ۲- حداقل ابعاد نمونه

فرکانس مبدل برحسب کیلو هرتز	سرعت پالس در بتن بر حسب کیلومتر بر ثانیه		
	۳/۵	۴/۰۰	۴/۵۰
	حداقل بعد جانبی مجاز نمونه بر حسب میلی متر		
۲۴	۱۴۶	۱۶۷	۱۸۸
۵۴	۶۵	۷۴	۸۳
۸۲	۴۳	۴۹	۵۵
۱۵۰	۲۳	۲۷	۳۰

ث ۷ تاثیر تیرهای تقویتی

در صورت امکان، باید از اندازه‌گیری در فاصله نزدیک ستون‌های تقویت فولادی، موازی با جهت انتشار پالس، اجتناب کرد.

ث ۸ ترک‌ها و حفرات

وقتی‌که یک پالس فرا صوت در حال عبور از بتن به محل برخورد هوا بتن می رسد، مقدار ناچیزی انرژی در عرض از بین می رود. بنابراین، هر گونه ترک یا شکاف پر شده از هوا بین دو مبدل امواج فرا صوت مستقیم را از بین می برد البته هنگامی‌که این حفره بیشتر از عرض مبدل‌ها و طول موج صدای بکارر فته باشد.وقتی‌که این اتفاق افتاد، نخستین پالس به مبدل گیرنده می رسد و در اطراف محل آسیب دیده منحرف می شود و زمان انتقال بیشتر از همان بتن منتها بدون آسیب خواهد شد.

استفاده از این اثر برای موقعیت یابی کانال‌ها، حفرات و سایر حفرات بزرگتر از حدود ۱۰۰ میلی‌متر در قطر یا عمق ممکن است. حفرات نسبتاً کوچک تاثیر اندکی روی زمان‌های انتقال دارند اما در عین حال از تاثیر مهندسی نسبتاً بالایی برخوردارند.

در اعضای ترک خورده یعنی جاییکه اتصالات شکسته اعضا در تماس نزدیک با نیروهای تراکمی قرار دارد، انرژی پالس ممکن است از روی ترک عبور کند. به عنوان مثال، این ممکن است در ستون‌های حمال عمودی ترک خورده روی دهد. اگر این ترک با مایعی پر شود که از انرژی فراصوت عبور می کند ، این ترک دیگر از طریق استفاده از تجهیزات خواندن دیجیتالی، قابل شناسایی نخواهد بود.

روی عضو بتن باید یک شبکه با نقاط برخوردش ترسیم شود . بررسی شدید اندازه گیری‌ها در نقاط شبکه باعث بررسی حفره بزرگی می گردد .

اندازه چنین حفراتی ممکن است از طریق تصور اینکه پالس‌ها از کوتاهترین مسیر بین مبدل‌ها و اطراف حفره عبور خواهند کرد تخمین زده می شود. این تخمین‌ها تنها زمانی ارزشمندند که بتن اطراف حفره ناهموار باشد و سرعت پالس را بتوان در آن بتن اندازه گیری نمود.

پیوست ج
(اطلاعاتی)
رابطه سرعت پالس و مقاومت

ج ۱ عمومی

از خصوصیات مهم فیزیکی مواد که بر روی سرعت پالس تاثیر می‌گذارند، مدول الاستسیته و چگالی می‌باشد. در بتن این خصوصیات با نوع سنگدانه، نسبت آنها در مخلوط، خصوصیات فیزیکی آنها،خصوصیات فیزیکی خمیر سیمان، که بطور اساسی نسبت اولیه آب به سیمان و سن بتن بستگی داد. از طرفی مقاومت بتن بیشتر به نسبت آب به سیمان بستگی دارد تا به نوع سنگدانه و نسبت سنگدانه ب خمیر سیمان.بدین ترتیب ارتباط بین سرعت پالس و مقاومت بتن، بطور فیزیکی غیر مستقیم می‌باشد و ثابت شده که به ویژگی مخلوط بتن بستگی دارد . برای یک بتن ناشناخته، برآورد مقاومت براساس سرعت پالس فرا صوت به تنهایی قابل اطمینان نیست.

ج ۲ کاربرد ارتباط نمونه‌های قالب‌گیری شده

روش استفاده شده برای مقاومت مختلف نمونه‌ها روی ارتباط تاثیر می‌گذارد. بدین ترتیب برآورد، که فقط یک روش اختلاف مقاومت استفاده شده و برای یک ارتباط مخصوص، به هنگام لزوم کاربرد، روش‌های مختلف، اختصاص داد. ارتباط سرعت پالس با مقاومت، با افزایش مقاومت کمتر قابل اطمینان است. ارتباط بدست امده در سنین مختلفع هنگامی که رشد مقاومت بتن، تحت پایش باشد مناسب است، اما یرای کنترل کیفیت ارتباط بدست آمده توسط نسبت آب به سیمان، ارجح‌تر است.

آزمونه‌های مناسب باید مطابق با الزامات شرح داده شده در استاندارد ملی ۵۸۵ [۱] باشد. حداقل ۳ نمونه باید از هر پیمانه قالب‌گیری شود. سرعت پالسگذری از وجوه بتن قالب‌گیری شده، اندازه‌گیری شود. در مورد تیرها، ترجیح داده می‌شودسرعت پالس در امتداد طولشان اندازهگیری شود، که از دقت بیشتری برخوردار است.برای هر نمونه باید، حداقل ۳ اندازه‌گیری بین فضای بالا و پایین انجام شود. تغییرات بین زمان‌ها انتقال اندازه‌گیری شده بر روی آزمونه‌های منفرد باید حدود ۱± درصد میانگین چهار ااندازه‌گیری باشد، در غیر این صورت مردود و غیر طبیعی شناخته می‌شوند. نمونه‌ها پس از آزمون، باید طبق روش استاندارد ملی ۳۲۰۶ [۲] تعیین مقاومت شوند.

میانگین سرعت پالس و میانگین مقاومت بدست آمده از هر دسته سه‌تایی آزمونه‌های یکسان برای رسم منحنی ارتباطی تهیه شود. یک منحنی ارتباطی درست شده به این طریق، شرح داده شده برای نمونه‌های که به طریق مشابه ساخته و عمل‌آوری شده؛ تفاوت منحنی‌های ارتباطی باید برای مخلوط‌های یکسان عمل آوری شده در هوا، برای نمونه‌های عمل‌آوری شده در آب نیز، باید بدست آید.

ج ۳ ارتباط توسط آزمون روی مغزه‌ها

هنگامی که ایجاد یک رابطه از آزمون روی مغزه‌ها، معمولاً به علت تفاوت مقاومت بتن ، امکان پذیر نیست.سرعت پالس باید، به این دلیل در مناطق با کیفیت متفاوت آزمون شود، و مغزه‌های گرفته شده از این مناطق یک دامنه‌ای از مقاومت‌ها را می‌دهد.تعیین سرعت پالس عبوری از میان بتن مغزه‌گیری شده، باید برای تهیه رابطه استفاده شود. سرعت‌های پالس گرفته شده از مغزه‌ها بعد از برش و غرقاب، معمولاً بیشتر از از آنهایی که در سازه هستند، می‌باشد و توصیه می‌شود، برای ارتباط مستقیم استفاده کرد.
مغزه‌ها باید مطابق روش شرح داده شده در استاندارد Iso 1920-6 [۳] برای آزمون مقاومت بریده و آماده شوند.
شکل ارتباط برای هر بتن داده شده بدون توجه به شرایط عمل‌آوری، بطور وضوح یکسان است. بدین ترتیب این امکان هست که با برون‌یابی از منحنی‌های مشتق شده از نمونه‌های مرجع حدود دامنه نمونه‌های مغزه را بدست آورد.

ج ۴ ارتباط با مقاومت قطعات پیش ساخته

هنگامی که برای قطعات پیش‌ساخته نیاز به تایید الزامات مقاومت هست، امکان برقراری ارتباط بین سرعت پالس فرا صوت و انواع ویژه مقاومت آزمون شده، می‌باشد. برای این مورد باید سرعت پالس در نواحی مناسب قطعات، در جایی که انتظار می‌رود بتن تحت شرایط بار آزمون، معیوب شود، انجام گیرد.
به منظور مطابقت، باید بین سرعت پالس خوانده شده و مقاومت یک ضریب اطمینان بکار برد(حدود ۹۰ درصد اطمینان).
روش کسب منحنی ارتباطی در چنین حالت‌هایی، باید مطابق آنچه در بند ج ۲ شرح داده شده، باشد.

پیوست چ

(اطلاعاتی)

نمونه یک گزارش آزمون سرعت پالس فرا صوت بتن سخت شده

مشتری: **سازمان آزمون کننده:**

موقعیت نمونه‌برداری: **شرایط آب و هوایی:**

مشخصات تجهیزات سرعت پالس فرا صوت :

بتن/سازه

مشخصات:

موقعیت مناطق آزمون:

جزئیات آماده سازی مناطق آزمون:

جزئیات فولاد تسلیح کننده یا کانال‌ها در مجاورت منطقه آزمون:

جزئیات بتن و شرایط آن:

مقدمات آزمون

چیمان مبدل‌ها و روش انتقال:

نتایج آزمون

محدوده آزمون	نقاط آزمون	طول مسیر انتقال برحسب میلی‌متر	زمان انتقال بر حسب میکروثانیه

سرعت پالس برحسب کیلومتر بر ثانیه:

هر گونه انحراف از این استاندارد:

مسئول فنی

نام و نام خانوادگی: **سمت:**

امضاء:

مشخصات گزارش آزمون

شماره گزارش آزمون: **تاریخ صدور:**

پیوست ح
(اطلاعاتی)
رابطه بین نیروی بیرون کشیدن و مقاومت بتن

ح ۱ نیروی بیرون کشیدن ممکن است به لحاظ تجربی ارتباط با مقاومت فشاری بتن که طبق روش استاندارد ملی ۳۲۰۶ [۲] بدست می‌آید، دارد.

ح ۲ رابطه بین مقاومت و نیروی بیرون کشیدن برای دستگاهی که قرار است بکار رود باید بصورت آزمایشی تعیین شود.

ح ۳ اثبات شده است که برای یک نوع خاص از دستگاه، رابطه بین نیروی بیرون کشیدن و مقاومت فشاری مشابه طیف وسیعی از مخلوط‌های بتنی می باشد و اینکه می توان از یک وابستگی عمومی با دقت منطقی استفاده کرد. با اینحال، درستی بیشتر را می توان بدست آورد البته اگر یک ارتباط خاص برای این نوع از بتن تحت تحقیق بدست آید.

ح ۴ به رابطه خاصی برای بتن‌های سبک وزن یا سایر بتن‌ها با موارد کمتر مشترک نیاز است.

ح ۵ هنگامی‌که از یک رابطه عمومی استفاده می شود، برآورد مقاومت فشاری، با دقت ۹۵ درصد غیر محتمل است و بهتر است حدود ۲۰ ± درصد میانگین چهار نتیجه معتبر را در نظر گرفت. هنگامی که آماده سازی ویژه انجام شود ارتباط برای نوع بتن مناسب است و می‌توان نتایج را با حدود ۱۰ ± درصد برآورد کرد..

چ ۶ مقاومت بیرون کشیدن ممکن است از طریق فرمول زیر محاسبه شود:

$$f_p = \frac{F}{A}$$

که در آن:

f_p نیروی بیرون کشیدن بر حسب مگاپاسکال؛

F نیروی کششی برحسب نیوتن؛

A مساحت سطح شکستگی برحسب میلی مترکه براساس فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$A = \tfrac{1}{4}\pi(d_3 + d_2)\,[4h^2 + (d_3 - d_2)^2]$$

که در آن:

$d2$ قطر داخلی، برحسب میلی‌متر، سر قطعه کششی (۲۵ میلی‌متر) ؛

$d3$: قطر داخلی برحسب میلی متر، از حلقه تکیه‌گاه (۵۵ میلی‌متر) ؛

h: فاصله از سر قطعه کششی به سطح بتن.

پیوست خ

(اطلاعاتی)

نمونه گزارش آزمون نیروی بیرون کشیدن بتن سخت شده

مشتری: **سازمان آزمون کننده:**

موقعیت نمونه‌برداری: **شرایط آب و هوایی:**

نوع تجهیزات :

بتن/سازه

مشخصات:

موقعیت مناطق آزمون:

جزئیات بتن و شرایط آن:

مقدمات آزمون

بتن تحت بار شکست یا تحمل کرد:

نتایج آزمون

نقاط آزمون	نیرو اندازه گیری شده برحسب کیلو نیوتن

هر گونه انحراف از این استاندارد:

مسئول فنی

نام و نام خانوادگی: **سمت:**

امضاء:

مشخصات گزارش آزمون

شماره گزارش آزمون: **تاریخ صدور:**

کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۵۸۱ :سال ۱۳۸۳ ، بتن – ساخت و عمل‌آوری آزمونه‌های بتن در آزمایشگاه آیین‌کار

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۰۶ : سال ۱۳۷۱، بتن – تعیین مقاومت فشاری آزمونه‌های بتن

[3] ISO 1920-6, testing of concret- part 6: Sampling, preparing and testing concrete cores