INSO
18389
1st.Edition
2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۸۳۸۹
چاپ اول
۱۳۹۳

آزمون بی‌نقصی پی‌های عمیق بتنی به‌روش فراصوتی چاه‌به‌چاه- روش آزمون

Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing - Test method

ICS:91.080.40

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد 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.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، 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 ذی صلاح 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 شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد 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 پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد 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 کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید.

سازمان 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 سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سامانه های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز واسنجی (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران 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 آن ها نظارت می کند .

ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، واسنجی (واسنجی) وسایل سنجش ، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است .

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

" آزمون بی‌نقصی پی‌های عمیق بتنی به شیوه فراصوتی چاه‌به‌چاه – روش آزمون "

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
حسام ، دهقان‌خلیلی (دکترای مهندسی خاک و پی)	دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران و مدیرفنی شرکت عمران ایستا
دبیر:	
مصطفی‌زاده ، سیدحجت (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	مدیر موسسه تحقیقات و پژوهش‌های علمی بنیادین پایدار سازه آریا
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ترابی‌زاده ، محمدرضا (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس آزمایشگاهی مصالح ساختمانی اداره کل استاندارد هرمزگان
ذاکری ، ایمان (دکترای مهندسی عمران)	مدیرعامل شرکت آزمونگاهی خاک بتن آزمای پارسه خلیج فارس
رهبر رنجی، احمد (دکترای مهندسی کشتی‌سازی)	دانشیار دانشگاه پلی تکنیک تهران، کارشناس حقیقی تدوین استانداردهای ملی ایران
شایان‌مهر ، مریم (کارشناس ارشد زمین‌شناسی)	کارشناس فنی موسسه تحقیقات و پژوهش- های علمی بنیادین پایدار سازه آریا
طیبی ، سعیده (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	کارشناس بخش سازه موسسه تحقیقات و پژوهش‌های علمی بنیادین پایدار سازه آریا
ظهرابی ، مصطفی (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	کارشناس سازه حوزه معاونت فنی و عمرانی شهرداری شیراز

عذباشی ، فرهاد (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	هیئت علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس
غلامی ، آرش (دانشجوی دکترای مهندسی خاک و پی)	هیئت علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس
مجتبوی ، سید علیرضا (کارشناس مهندسی مواد)	کارشناس اداره کل نظارت بر صنایع غیر فلزی سازمان ملی استاندارد ایران
مصفا ، مسعود (کارشناس ارشد مهندسی خاک و پی)	عضو اصلی هییت‌مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان هرمزگان
مصطفی زاده ، سیدمحسن (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس فنی شرکت آزمونگاهی آزما سازه کاوان
هاشمی ، پویان (کارشناس مهندسی عمران)	مدیر فنی شرکت فرآیند ساخت پارسه
نوحه‌گوشهواری ، عاطفه (دانشجوی دکترای مهندسی خاک و پی)	هیئت علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش گفتار		ه
مقدمه		و
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۳	اصطلاحات و تعاریف	۳
۴	اصول کلی روش آزمون	۴
۵	وسایل	۶
۶	روش انجام آزمون	۹
۷	گزارش آزمون	۱۶
۸	دقت و اریبی	۱۷
	پیوست الف (اطلاعاتی) کتابنامه	۱۸

پیش گفتار

استاندارد " آزمون بی‌نقصی پی‌های عمیق بتنی به‌شیوه فراصوتی چاه‌به‌چاه – روش آزمون " که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط موسسه تحقیقات و پژوهش‌های علمی بنیادین پایدار سازه آریا تهیه و تدوین شده است و در پانصد و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فراورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۲/۰۹ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه 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 پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع ، علوم و خدمات ، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود ، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد .

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ASTM D6760:2008, Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing

آزمون بی‌نقصی پی‌های عمیق بتنی به‌روش فراصوتی چاه‌به‌چاه- روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، ارائه روش‌های بررسی همگنی و بی‌نقصی بتن در پی‌های عمیق از قبیل شمع‌های مدفون، چاه‌های میله‌ای حفاری شده، شمع‌های درجای بتنی است. همچنین، این استاندارد را می‌توان به دیواره‌های پرده‌ای، سدها و غیره تعمیم داد. در این استاندارد، تمام موارد بالا تحت عنوان عناصر پی عمیق، در نظر گرفته خواهند شد. اندازه‌گیری‌های آزمون زمان انتشار و انرژی نسبی یک پالس[1] فراصوتی بین کانال‌های دسترسی موازی[2] (چاه‌به‌چاه [3]) یا در یک لوله منفرد (چاه تکی)[4] در اجزاء پی عمیق، بارگذاری می‌شود. بیشترین قابلیت اجرایی این روش، زمانی است که در لوله‌هایی که در طی ساخت و ساز قرار داده می‌شوند، انجام شود.

۱-۲ روش‌های مشابه با منابع القا متفاوتی وجود دارند، اما این تکنیک‌ها خارج از محدوده این استاندارد، هستند.

۱-۳ همه مقادیر مشاهده شده و محاسبه شده، باید با راهبردهایی که برای گردکردن و ارقام معنی‌داری که در استاندارد بند ۲-۵ تعیین شده است، مطابقت داشته باشند.

۱-۴ روش استفاده شده برای تعیین چگونگی جمع‌آوری، محاسبه یا ثبت داده‌ها در این استاندارد، مستقیما به صحت و درستی اطلاعاتی که می‌تواند در طراحی یا استفاده‌های دیگر و یا هردو، بکار روند، وابسته نیست. چگونگی کاربرد نتایج بدست آمده با استفاده از این استاندارد، فراتر از محدوده بررسی این استاندارد است..

۱-۵ این استاندارد، حداقل الزامات را برای آزمون چاه‌به‌چاه یا چاه تکی اجزاء پی عمیق بتنی فراهم می‌کند. نقشه‌ها، مشخصات، وسایل لازم یا مجموعه‌های وابسته به آن که به وسیله یک مهندس کارآزموده آماده و به وسیله تقاضادهنده این آزمون، تایید شده است، ممکن است در هنگام نیاز، بسته به اهداف یک برنامه آزمونی خاص، به عنوان الزامات و فرایندهای اضافی ارائه شوند.

۱-۶ محدودیت‌ها

نصب صحیح لوله‌های هادی برای آزمون و تفسیر موثر نتایج ضروری است. این روش، دقیقا خطا یا نقص را مشخص نمی‌کند (به‌طور مثال، میانبار[5] ، ترک لانه‌زنبوری[6] بتن ناشی از خش‌شدگی بتن، فقدان ذرات سیمان و غیره). اما تنها به طور نسبی می‌تواند مشخص کند که نقصی وجود دارد یا نه. این روش در ابتدا به آزمون بتن بین لوله‌های هادی، محدود می‌شد. بنابراین اطلاعات مختصری را در مورد رویه بتنی شبکه تقویتی را در اختیار

1- Pulse
2- Parallel access ducts
3- Crosshole
4- Single tube
5- Inclusion
6- Honeycombing

می‌گذاشت که کدام لوله‌های هادی متصل شده‌اند در زمانی که لوله‌ها بـه درون شبکه تقویتی آرماتور وصل مـی-شوند.

۱-۷ این استاندارد از اطلاعات روبشگر فراصوتی که درون لوله‌های هادی موازی یا در یک لوله هادی تکی (یک-طرفه) دراجزاء پی عمیق پایین برده می‌شوند، برای ارزیابی همگنی و یکپارچگی بتن بین روبشگر، استفاده مـی-کند. از این داده‌ها برای اینکه کافی بودن کیفیت بتن را تایید کنند یا محل‌های بـا کیفیـت پـایین را شناسـایی کنند، استفاده می‌شود. اگر نقص‌ها شناسایی شدند، بررسی‌های بعدی بهتر است از طریق حفـاری و مغـزه‌گیـری بتن یا با سایر آزمون‌ها از قبیل استاندرد بندهای ۲-۱ و ۲-۲ یا ۲-۴ به دست آید و اگر نقصی شناسایی و تاییـد شد، اقداماتی جهت اصلاح سازه انجام شود..

یادآوری- کیفیت نتایج بدست‌آمده در این استاندارد، به شایستگی و صلاحیت عملکرد پرسنل و تناسب تجهیزات و تسهیلات استفاده شده، بستگی دارد. شرکت‌هایی که مطابق با استاندارد بند۲-۲ عمل می‌کنند، عموما قابلیت کارامد و مدنظر آزمون،بازرسی را ملاحظه می‌کنند. کاربران این روش آزمون متوجه هستند که مطلوبیت این استاندارد بند۲-۲ به تنهایی ضامن اعتبار آزمون نیست. آزمون معتبر بستگی به چندین فاکتور دارد؛ استاندارد بند۲-۲، ارزیابی متوسطی از برخی از این فاکتورها را فراهم کرده است.

هشدار- این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند، بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص کند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است . بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود .

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است ، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن‌ها مورد نظر است .

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است :

2-1 ASTM D 1143, Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load
2-2 ASTM D 3740, Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in the Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction
3-2 ASTM D 4945, Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles
4-2 ASTM D 5882, Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations
5-2 ASTM D 6026, Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data

۳ تعاریف و اصطلاحات

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

۱-۳

لوله‌های هادی

لوله‌های فولادی از قبل کارگذاشته‌شده، لوله‌های پلاستیکی (به طور مثال PVC یا معادل آن) یا گمانه‌های حفاری‌شده در بتن، بدین منظور که به روبشگر[1] اجازه ورود به داخل برای اندازه‌گیری پالس‌های ارسالی در بتن را بین روبشگر بدهد.

۲-۳

غیرمتعارفی

بی‌نظمی یا مجموعه‌ای از بی نظمی‌های مشاهده شده در یک نیمرخ فراصوتی، که حاکی از نقص (ترک) احتمالی است.

۳-۳

نقص

بی‌نظمی و ایراد که به دلیل اندازه یا موقعیت مکانی است، و ممکن است از ظرفیت یا دوام اجزاء، کم کند.

۴-۳

فاصله عمقی[2]

بیشینه فاصله افزایشی در طول میله شمع، بین پالس‌های فراصوتی

۵-۳

ایراد

هر انحراف از شکل یا مواد (یا هر دو) اجزاء طراحی‌شده.

۶-۳

ارزیابی بی‌نقصی

ارزیابی کیفی یا کمی پیو پیوستگی و یکنواختی بتن بین لوله‌های هادی یا گمانه‌ها.

۷-۳

تصریح کننده[3]

تیمی که متقاضی انجام آزمون است، به طور مثال مهندس یا مشتری.

۸-۳

نیمرخ فراصوتی

یک خروجی گرافیکی ترکیب شده از مجموعه پالس‌های فراصوتی که در عمق، اندازه‌گیری یا انجام شده‌اند.

1- Probes
2- Depth interval
3- Specifier

۹-۳

پالس فراصوتی

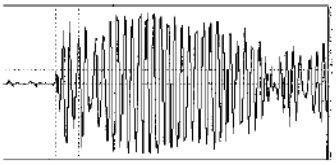
اطلاعات یک مدت زمان کوتاه از عمق مشخصی که به وسیله یک روبشگر فرستنده تولید شده و به‌وسیله یک روبشگر دریافت‌کننده، دریافت می‌شود.

۴ اصول آزمون

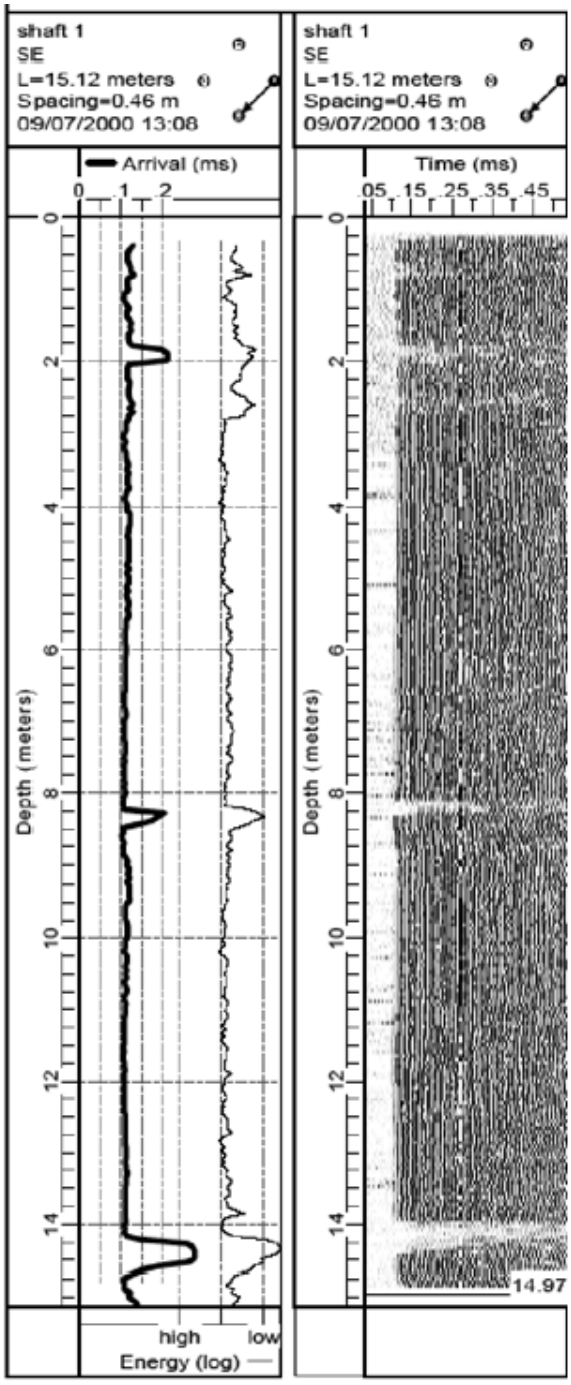
۴-۱ سرعت واقعی انتشار موج صوتی در بتن به خصوصیات مواد بتن، هندسه اجزاء و طول موج امواج صوت، وابسته است. وقتی که فرکانس‌های فراصوتی (به طور مثال Hz ۲۰۰۰۰<) تولید می‌شوند، امواج فشاری (P) و امواج برشی (S) از میان بتن عبور می‌کنند. به دلیل اینکه امواج (S) نسبتا کند هستند، در این روش چندان مورد استفاده نیستند. در بتن با کیفیت خوب، سرعت امواج (P) به طور معمول بین ۳۶۰۰متر بر ثانیه تا ۴۴۰۰متر بر ثانیه است و بتن با کیفیت پایین‌تر که نقص‌هایی دارد (به طور مثال، انکلوزیون خاک، شن، آب، گل حفاری، بنتونیت، حفره، بتن آلوده یا ذرات همراه اضافی) سرعت موج (P) کمتری را در مقایسه با آن دارد. به-وسیله اندازه‌گیری زمان عبور یک سیگنال فراصوتی موج (P) بین یک فرستنده و دریافت‌کننده فراصوتی در دو لوله هادی موازی پر از آب، که در هنگام ساختن بتن، درون بتن و در یک فاصله مشخص جدا از هم قرار گرفته‌اند، ممکن است بعضی از بی‌کیفیتی‌ها شناسایی شوند. معمولا فرستنده و دریافت‌کننده، همان‌طورکه درلوله‌های هادی بالا و پایین می‌روند، در ارتفاع‌های مساوی نگه داشته می‌شوند. در بعضی از موارد و بعضی از فرایندهای خاص، ممکن است انحراف تعمدی روبشگر در ارتفاع نسبی و استفاده از چندین دریافت‌کننده در همان لوله هادی یا در لوله‌های هادی چندگانه اجازه داده شود.همچنین آزمون بتن در محدوده لوله می‌تواند با هر دو روبشگریی که در یک لوله هادی یک‌طرفه نصب شده‌اند، ایجاد شود. اصول و محدودیت‌های آزمون و تفسیر نتایج در بخش منابع توصیف شده‌اند.

۴-۲ دو روبشگر فراصوتی، یکی فرستنده و دیگری دریافت‌کننده، معمولا در هماهنگی با لوله‌های هادی پر از آب برای هریک، پایین یا بالا برده می‌شوند تا طول شفت را به طور کامل از بالا تا پایین آزمون کنند. در هنگامی که روبشگر نرخ انتقال را کنترل می‌کنند. روبشگر انتقال‌دهنده، در فواصل تکرارشونده و منظم، پالس‌های فراصوتی را تولید می‌کند. عمق روبشگر و خروجی روبشگر دریافت‌کننده (زمان وابسته به تولید پالس فراصوتی روبشگر فرستنده) برای هر پالس ضبط می‌شود. سیگنال‌های خروجی دریافت‌کننده، به عنوان نوسان در برابر زمان برای هر عمق آزمونه‌برداری شده، ثبت می‌شوند (شکل ۱ را ببینید). سپس این سیگنال‌ها محفوظ می‌مانند تا یک دیاگرام آبشاری[1] تولید شود (بخش راست شکل ۲ را ببینید).

1- Waterfall



شکل ۱- مدت یک هزارم ثانیه پالس فراصوتی از دریافت کننده



شکل ۲- نمونه نیمرخ فراصوتی

۳-۴ داده‌ها مجدداً جمع‌آوری و ارائه شده است تا اولین ورودی پالس فراصوتی و انرژی نسبی سیگنال برای کمک به تفسیر، نشان دهد. داده‌هایی که بررسی شده‌اند، در برابرعمق، ترسیم می‌شوند که در واقع به عنوان یک نمایش گرافیکی به صورت نیمرخ فراصوتی در سازه آزمونی‌شده، است. در جایی که روبشگر با هم بالا نمی‌روند، روش‌های آزمون مخصوص برای بررسی بیشتر بی‌کیفیتی‌ها، استفاده می‌شود. در بخش منابع، دیگر اطلاعات درباره این تکنیک‌های آزمون مخصوص، فهرست‌بندی شده‌اند.

۵ وسایل

۵-۱ تجهیزات برای اجازه بازرسی داخلی (لوله‌های هادی)

از لوله‌های هادی که می‌توانند لوله‌هایی باشند که ترجیحا در زمان اجرای عناصر پی عمیق، نصب شده‌اند، برای فراهم کردن دسترسی برای روبشگر، استفاده می‌شود. لوله‌هایی که برای آزمون چاه به چاه مناسب هستند، باید از فولاد نرمه باشند و لوله‌هایی که برای آزمون چاه تکی، مناسبند باید از PVC یا معادل آن باشند. لوله‌های پلاستیکی که برای آزمون سوراخ عرضی ارجحیت ندارند، اگر به‌وسیله تصریح‌کننده بهبود داده شوند، می‌توانند درموقعیت‌های خاصی استفاده شوند. اما لازم است که اتصالات بیشتری را به شبکه تقویتی داشته باشند تا هم-تراز، باقی بمانند. ماده پلاستیکی نباید در دماهای بالا که بتن در حال سفت‌شدن است تغییر شکل پیدا کند. اگر هیچ لوله‌ای در طی ساخت بتن، نصب نشود، گمانه‌هایی به درون شمع یا ساختار آن، حفر می‌شوند که این کار می‌تواند پس از نصب انجام شود. قطر داخلی لوله‌های هادی باید اجازه عبور آسان روبشگری فراصوتی را در سراسر طول لوله‌های هادی، فراهم کند. اگر قطر لوله هادی خیلی زیاد باشد، دقت اندازه‌گیری زمان رسیدن موج و سرعت موج محاسبه‌شده در بتن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. معمولا قطر داخلی لوله هادی از ۳۸میلی‌متر تا ۵۰میلی‌متر است.

۵-۲ وسایل برای تعیین پارامترهای فیزیکی آزمون

۵-۲-۱ نوار اندازه‌گیری سنگین[1]

یک شاقولی که متصل به نوار اندازه‌گیری است باید به عنوان یک روبشگر اضافه، استفاده شود تا مسیرهای آزاد و طول‌های غیر مسدود هرکدام از لوله‌های هادی را تا حد نزدیک به ۱۰۰میلی‌متر شناسایی کند. شاقول باید قطری مشابه قطر روبشگر داشته باشد.

۵-۲-۲ قطب‌نمای مغناطیسی[2]

یک قطب نمای مغناطیسی با دقت ۱۰ درجه باید برای مستندسازی طراحی‌های لوله هادی در مقایسه با طرح اولیه نقشه کارگاه ساختمانی، استفاده شود. متناوبا، لوله‌های هادی نیز باید بر اساس نقشه کارگاه ساختمانی،

1- Weighted Measuring Tape
2- Magnetic Compass

جهت سازه یا روش‌های دیگر برچسب زده شوند تا به طراحی‌های لوله هادی که برای گزارش نتایج آزمون استفاده و تعیین شدند، مستند شوند.

۵-۲-۳ تجهیزات برای به دست آوردن اندازه‌ها

۵-۲-۳-۱ روبشگر

روبشگر باید یک پالس تولید یا شناسایی شده در ۱۲۵میلی‌متر انتهای لوله هادی را اجازه دهند. وزن هر روبشگر در تمام موارد باید کافی باشد تا به آن اجازه دهد تحت وزن خودش در لوله‌های هادی فرو رود. قسمت ساکن دستگاه روبشگر باید حداقل تا ۱٫۵ برابر بیشینه عمق انجام آزمون، ضد آب باشد.

۵-۲-۳-۲ روبشگر فرستنده

روبشگر فرستنده باید یک پالس فراصوتی را با یک فرکانس بین ۳۰۰۰۰هرتز و ۱۰۰۰۰۰هرتز تولید کند.

۵-۲-۳-۳ روبشگر دریافت‌کننده

روبشگر دریافت‌کننده باید در اندازه مشابه و طراحی سازگار با روبشگر فرستنده باشد و برای شناسایی پالس فراصوتی تولیدشده به وسیله روبشگر فرستنده استفاده می‌شود.

۵-۲-۳-۴ متمرکزکننده روبشگر[1]

اگر روبشگری دریافت‌کننده یا فرستنده یا هر دو کمتر از نصف قطر لوله هادی باشند، هر روبشگر باید با متمرکزکننده با قطر موثر هم‌ارز با حداقل ۵۰درصد قطر لوله هادی متناسب شود. باید طوری طراحی شود تا هرگونه مانع یا بی‌نظمی احتمالی در داخل جداره لوله هادی را کاهش دهد.

۵-۲-۳-۵ کابل‌های انتقال‌دهنده سیگنال

کابل‌های سیگنال برای آرایش‌دادن به روبشگر و انتقال داده از روبشگر استفاده می‌شوند، بنابراین کابل‌ها باید کاملا قدرت داشته باشند تا وزن روبشگر را تحمل کنند. کابل باید مقاومت در برابر سایش داشته باشد تا اجازه دهد در محدوده دماهای مورد انتظار، انعطاف‌پذیری داشته باشد و حفظ شوند. تمام متصل‌کننده‌ها یا اگر اتصالات با جوش در کابل‌ها باشد، باید ضد آب باشد. جایی که کابل‌های انتقال‌دهنده سیگنال از لوله هادی، راهنماهای کابل، قرقره یا ضربه‌گیر خارج می‌شوند مواد باید متناسب با درون لوله‌های هادی باشند تا سایش را به حداقل برسانند و معمولا به حرکت نرم روبشگر کمک می‌کند.

۵-۲-۳-۶ وسایل اندازه‌گیری عمق

کابل‌های سیگنال باید با یک وسایلی که عمق را ثبت می‌کند از یک قرقره عبورکنند، تا موقعیت روبشگر فرستنده و انتقال‌دهنده در درون لوله‌های هادی از طریق این آزمون مشخص شود. طراحی وسایل اندازه‌گیری

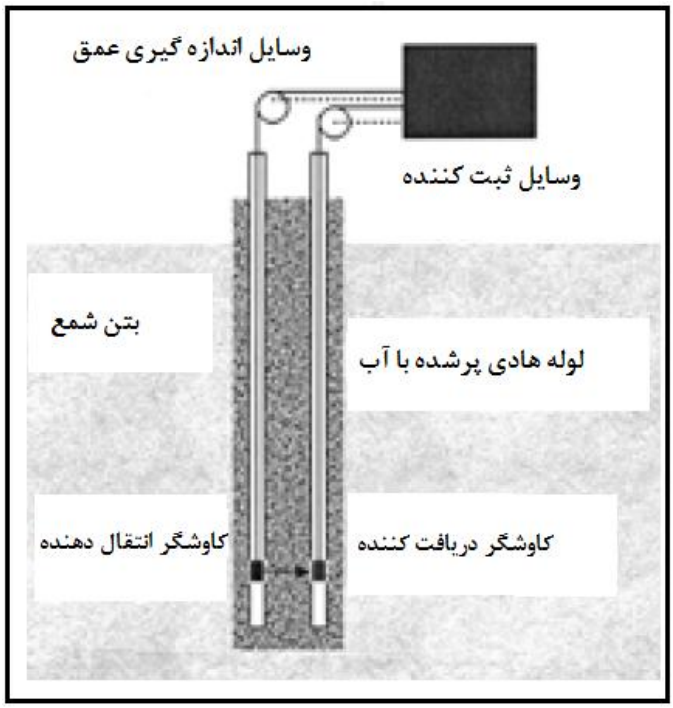
1- Probe centralizer

عمق باید طوری باشد که لغزش کابل اتفاق نیفتد. ترجیحا یک وسایل اندازه‌گیری عمق به صورت جداگانه بر هر کدام از روبشگر نظارت می‌کند تا عمق دقیق هر کدام از روبشگر در تمام زمان‌ها مشخص شود. (متناوبا یک قرقره منفرد می‌تواند متصل شود به یک رمزگذار عمق الکترونیکی، اما روبشگر باید در اختلاف ارتفاع نسبی مشخص در همه آزمون باقی بمانند). وسایل اندازه گیری عمق باید درست مطابق ۱درصد طول لوله هادی یا ۰٫۲۵متر، هر کدام که بزرگتر است، باشد.

۵-۳ تجهیزات برای ثبت، پردازش و نمایش داده

۵-۳-۱ کلیات

سیگنال‌های روبشگری فرستنده و دریافت‌کننده و وسایل اندازه‌گیری عمق باید به منظورثبت کردن، پردازش و نمایش داده به شکل یک نیمرخ فراصوتی، به یک وسیله محاسبه کننده قوی کارگاهی، انتقال یابند. نحوه قرارگیری تجهیزات آزمون برای نمونه به صورت شماتیک در شکل ۳ توضیح داده شده است. تجهیزات، باید پالس‌هایی را از روبشگر فرستنده در فواصل عمقی ثابت یا در فواصل زمانی ثابت تولیدکنند. در مورد آخر، عمق برای هر پالسی که به وسیله تجهیزات ثبت می‌شود و برای هر لحظه‌ای که پالس تولید می‌شود، باید ثبت وعلامت‌گذاری شود. نرخ تولید پالس بوسیله هر یک از دو روش که باید حداقل یک پالس فراصوتی برای هر فاصله عمقی مورد نیاز تولیدکند، معمولا ۵۰ میلی‌متر یا کمتر است. تجهیزات برای بهینه‌سازی نقص‌های پالس انتقال یافته بوسیله روبشگر دریافت‌کننده برای بتن تحت آزمون باید قابل تطبیق باشند.



شکل ۳- طرح آزمون

۵-۳-۲ دستگاه ثبت‌کننده

هر پالس فراصوتی انتقال‌یافته، برای روبشگر دریافت‌کننده، باید سریع شروع به دریافت اطلاعات کند. سیگنال‌های آنالوگ یک پالس فراصوتی اندازه‌گیری شده بوسیله روبشگر دریافت‌کننده باید به وسیله یک تبدیل‌کننده از آنالوگ به دیجیتال رقومی شوند با حداقل دامنه وضوح[1] ۱۲ bits و حداقل فرکانس ۲۵۰هرتز. دستگاه باید وسایل اندازه‌گیری عمق را دریافت و یک عمق را برای هر پالس فراصوتی رقومی شده، علامت‌گذاری کند. دستگاه باید این پالس‌های فراصوتی رقومی خام و داده‌های پردازش‌شده از هر نیمرخ فراصوتی را برای هر جفت لوله هادی ذخیره کند. تمام داده‌های ذخیره شده باید اطلاعات شناسایی شده‌ای داشته باشند که با توصیف مکان آزمون آن‌ها، شناسایی‌کننده نیمرخ، تاریخ ثبت داده و تمام اطلاعات مربوط به آزمون، همراه است.

۵-۳-۳ دستگاه برای پردازش داده

دستگاه برای پردازش داده باید یک رایانه دیجیتال یا ریزپردازنده با قابلیت آنالیز تمام داده‌ها برای شناسایی حداقل اولین زمان عبور و انرژی پالس فراصوتی انتقال یافته در روبشگر دریافت‌کننده برای هر فاصله عمقی، باشد. سپس، داده‌ها باید در یک نیمرخ فراصوتی منفرد برای هر جفت لوله هادی گردآوری شوند.

۵-۳-۴ دستگاه برای نمایش داده اندازه‌گیری‌شده

دستگاه باید قابلیت نمایش پالس‌های فراصوتی خام دریافت‌کننده را داشته باشد تا کیفیت داده را در طول به دست آوردن آن تایید کند. پس از کسب داده، دستگاه باید قابلیت نمایش داده‌های خام هر پالس فراصوتی را در کل طول شمع داشته باشد. همچنین، دستگاه باید نیمرخ فراصوتی پردازش‌شده را نشان دهد. دستگاه، ممکن است به صورت اختیاری شامل چاپگری، برای استخراج سریع نتایج باشد.

۶ روش انجام آزمون

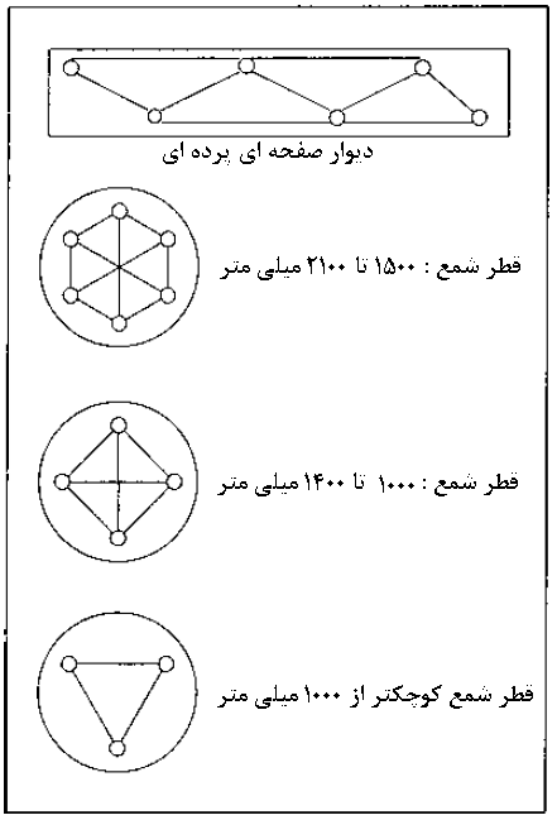
۶-۱ نصب لوله‌های هادی اجراشده

۶-۱-۱ کلیات

لوله‌های هادی باید در هنگام ساخته شدن به وسیله یا با همکاری پیمانکار اجرایی اجزاء پی عمیق، فراهم و نصب شوند تا بتوانند آزمون شوند. تعداد کلی لوله‌های هادی نصب شده در عناصر پی عمیق، بهتر است که پایدار و مستحکم انتخاب شوند و پوشش خوب مقطع عرضی داشته باشند. به عنوان راهنما، تعداد لوله‌های هادی که اغلب انتخاب شده‌اند، به‌صورت یک لوله هادی برای هر ۰٫۲۵متر تا ۰٫۳۰متر قطر عناصر پی عمیق است که به طور مساوی، پیرامون محیط دایره‌ای شکل قرار گرفته اند. حداقل، سه لوله هادی برای آزمون چاه به چاه نیاز است. لوله‌های هادی یک‌طرفه از جنس PVC یا معادل آن یا سایر مواد دیگر با سرعت پایین موج، برای آزمون

1- Amplitude resolution

چاه تکی عناصر پی عمیق با قطر کوچک، قابل‌قبول هستند. نمونه جانمایی لوله هادی برای عناصر با ساختارهای مختلف در شکل ۴، آمده است.



شکل ۴- نمونه جانمایی لوله هادی

۶-۱-۲ آماده‌سازی لوله هادی اجرایی

لوله‌های هادی باید مستقیم و عاری از موانع داخلی باشند. سطح خارجی لوله نیز باید عاری از آلودگی باشد (به طور مثال، نفت، خاک، زنگ، رسوب و غیره) و برای لوله‌های پلاستیکی، سطح آن‌ها باید قبل از نصب کاملا زبرشود تا مطمئن شویم که اتصال خوبی بین بتن اطراف و سطح لوله وجود دارد. قسمت‌های انتهایی لوله‌ها نباید خراب شده باشند و آماده باشند تا پوشش انتهایی روی آن‌ها قرار بگیرد و سامانه اتصال نصب شود. لوله‌های هادی باید در قسمت پایینی کاملا بسته باشند و قسمت بالایی آنها درپوش‌های باقابلیت جداشدن وجود داشته باشد تا از ورود بتن یا اشیاء خارجی که می‌توانند قبل از انجام آزمون باعث مسدود شدن لوله شوند، جلوگیری شود.

۶-۱-۳ کشش لوله هادی عملکردی

اگر کشش لوله‌های هادی برای افزایش طول لوله، ضروری باشد. جفت کردن یا پیوستن لوله‌های هادی باید زمانی که نیاز است از ورود دوغاب در زمان ساختن جلوگیری شود، استفاده شود. جوش دادن برای چسباندن لوله‌های فولادی، مجاز نیست. برای به‌هم پیوستن لوله‌های فولادی باید آن‌ها را به هم پیچ کرد یا چسب زد. پوشاندن درزها با نوار چسب یا چیزهای دیگر، اکیدا ممنوع است.

۶-۲ نصب لوله هادی عملکردی

لوله‌های هادی باید طوری نصب شوند که انتهای آن‌ها تا جایی که ممکن است، به انتهای اجزاء پی عمیق بتنی نزدیک باشد، که بتوان آزمون را در آن ناحیه انجام داد. لوله‌های هادی باید حداقلی از پوشش بتنی در حد قطر یک لوله را داشته باشند. لوله‌های هادی باید در امتداد طول‌شان به درون آرماتور محوری اصلی قفسه فولادی در فواصل منظم و تکرار شونده، محکم شوند تا تراز بودن لوله در طی بالا و پایین آوردن قفسه و بتن ریزی بعدی اجزاء پی عمیق، حفظ شود. در طول نصب لوله بهتر است مطمئن شوید تمام لوله‌ها تا حد امکان با هم موازی هستند. پس از نصب شبکه آرماتور به درون اجزاء پی عمیق، پوشش‌های انتهایی بالا باید به طور موقت برداشته شوند و لوله‌ها باید دقیقا بررسی شوند تا مشخص شود که عاری از موانع هستند. لوله‌های هادی باید قبل از سفت‌شدن بتن و یا تا ظرف مدت یک ساعت، با آب پر شوند، تا مطمئن شوید که بتن و لوله، پس از سردشدن، اتصالات خوبی دارند.

۶-۲-۱ گزارش‌های نصب لوله‌های هادی اجرایی

طول هر کدام از لوله‌های هادی، تفکیک و جداشدگی لوله‌ها در بالا و پایین و ترجیحا در قسمت میانی تا تقریب ۱۰ میلی‌متر باید ثبت شود. جزئیات اتصال و موقعیت ظاهری آن‌ها نیز باید ثبت شود. جزئیات نصب لوله‌های هادی نیز باید به وسیله سازمان نصب‌کننده لوله‌ها ثبت و نگهداری شود.

۶-۳ نصب لوله‌های هادی (گمانه‌ها)

در مواردی که سازه‌هایی که باید آزمون شوند هیچ لوله هادی از قبل آماده شده‌ای ندارند، ممکن است ازگمانه‌های حفاری شده به جای آن‌ها استفاده کرد. روش کار معمولی برای حفر بتن یا مغزه‌گیری یا هردو را می‌توان برای ساختن لوله های هادی استفاده کرد ، قطر گمانه‌ای را انتخاب کنید که با روبشگر مطابقت داشته باشد و تجهیزات حفاری را انتخاب کنید که قابلیت حفاری یک گمانه مستقیم را داشته باشند. در موارد حساس، تراز هر گمانه باید بوسیله وسایلهای مستقل بررسی شود. مغزه‌های گمانه نیز باید با دقت بیشتری آزمون شوند.

۶-۴ روش‌های کلی آزمون

۶-۴ قبل از انتقال تجهیزات به کارگاه ساختمانی، بررسی کنید که تجهیزات به درستی کار می‌کنند.

۶-۴-۲ تاریخ آزمون

بسته به مقاومت بتن و قطر میله، آزمون‌ها نباید زودتر از ۳روز تا ۷روز بعد از قالب‌گیری، انجام شوند (میله‌های با قطر بزرگتر ممکن است تا نزدیک ۷روز طول بکشد) مگر اینکه با توافق مهندس باشد. در مواردی که لوله‌های هادی پلاستیکی هستند، آزمون باید تا جایی که ممکن است، زود کامل شود تا از اتلاف داده‌ها در نتیجه جداشدن بتن از لوله جلوگیری شود.

۶-۴-۳ آماده‌سازی لوله‌های هادی برای آزمون

پوشش لوله‌های هادی باید باز شود و درب پوش‌های حفاظتی نیز، باید برداشته شوند. برای اندازه‌گیری و ثبت طول هر لوله هادی تا تقریب ۱۰میلی‌متر، ترجیحا از یک نوار اندازه‌گیری سنگین‌شده استفاده کنید. اگر لوله هادی مسدودشده است عمق انسداد را از سمت بالای لوله هادی، اندازه‌گیری و ثبت کنید. لوله‌های هادی تا بالا باید از آب تمیز، پر شده باشند.

۶-۴-۴ مستندسازی لوله هادی

یک برچسب اصولی مرجع را به هرلوله هادی اختصاص دهید و یک طرح مرجع از آرایش لوله هادی با استفاده از قطب‌نمای مغناطیسی یا نمودار طرح کارگاهی را آماده کنید. جزئیات ساخت آرایش لوله‌های هادی شامل اندازه‌گیری‌های جدایی مرکز به مرکز لوله‌های هادی که پوشش آنها باز شده است را تا تقریب۱۰میلی‌متر با استفاده از یک نوار اندازه‌گیری، برداشت کنید و اندازه‌گیری طول لوله هادی که در بالای بتن نمایان شده است را تا تقریب ۱۰۰میلی‌متر، اندازه‌گیری کنید.

۶-۴-۵ آماده‌سازی روبشگر

برای اینکه اتصال صوتی خوبی بین روبشگر و آب موجود در لوله‌های هادی فراهم شود، روبشگر باید تمیز و عاری از همه آلودگی‌ها باشند.

۶-۴-۶ کارایی تجهیزات باید براساس دستورالعمل‌های تولیدکننده آن، بررسی شود. قبل از آزمون اصلی توسط بررسی پالس‌های فراصوتی که به وسیله تجهیزات ثبت‌کننده، دریافت می‌شوند، از درستی کارکرد روبشگر و تجهیزات آزمونی، مطمئن شوید.

۶-۵ کسب اندازه‌گیری‌ها با دستگاه چاه‌به‌چاه

۶-۵-۱ به ایمنی و هر نوع دستورالعمل‌های خاص یا فرایندها و روش‌های تولیدکننده آن، که به دستگاه خاصی وابسته است، توجه کنید.

۶-۵-۲ جفت لوله‌های هادی مورد آزمون را مستندسازی دهید. کابل‌های روبشگر را روی قرقره درون لوله‌های هادی قرار دهید. روبشگری فرستنده و دریافت کننده را درون لوله‌های هادی قرار دهید و مطمئن شوید که

کابل‌ها در بالای لوله هادی روی قرقره کاملا خوب جای گرفته‌اند. اگر بالای لوله‌های هادی تراز نیستند، روبشگر را بالای لوله‌های هادی نگه دارید.

۶-۵-۳ اگر لازم بود به وسیله تجهیزات ثبت‌کننده، وسایل اندازه‌گیری عمق را روی صفر تنظیم کنید.

۶-۵-۴ با دقت روبشگر را تا کف لوله‌های هادی، پایین ببرید. همیشه آن‌ها را تقریبا در یک تراز نگه دارید تا وقتیکه یکی از روبشگر به ته لوله برسد یا با یک مانع برخورد کند (به طور مثال ممکن است یک لوله کوتاه‌تر باشد یا خمیدگی پیدا کرده باشد یا مانعی در آن وجود داشته باشد). اگر لازم باشد عمق محل را تا انتهای لوله‌ها قرار دهید. روبشگر را از انتهای لوله تا بخشی از اجزاء پی عمیق با بتن با کیفیت خوب، بالا آورده شود. اگر لازم بود به وسیله سازنده سامانه آزمون، مطمئن شوید که فاصله بین روبشگر حداقل است، و سطح روبشگر باید متعادل شده باشد تا زمان رسیدن اولین سیگنال، کاهش یابد. کابل‌های ایمنی را متناوبا با همان کابل‌هایی که در امتداد مساوی باقی مانده‌اند، تراز کنید.

۶-۵-۵ وسایل آزمون را تنظیم کنید، درصورت نیاز، انتخاب تنظیم‌کننده قدرت انتقال‌دهنده ودریافت‌کننده موردنیازاست برای تفکیک فاصله بین لوله‌های هادی و ویژگی‌های بتن که مواجه است با پالس‌های فراصوتی با دامنه خوب که می‌تواند در آن بخشی از اجزاء پی عمیق که کیفیت خوبی دارد، به دست آید. روبشگر را به انتهای لوله هادی برگردانید.

یادآوری - بالا و پایین اجزاء پی عمیق نسبت به قسمت‌های میانی تمایل بیشتری به گرفتن آلودگی‌ها دارند. تنظیم سیگنال‌ها باید در قسمت میانی طول لوله انجام شود. تنظیمات ممکن است به صورت دستی یا اتوماتیک انجام شود (همانطور که هر سامانه دستگاهی درحال استفاده شدن است) تا بین جفت لوله‌های هادی آزمون در قسمت‌های مختلف تنظیم شود، به این منظور که مقاومت سیگنال حفظ شود.

۶-۵-۶ ثبت پالس‌های فراصوتی را همانطور که روبشگر بالا می‌روند، شروع کنید. روبشگر را به وسیله کابل‌های قرقره با یک سرعتی که به اندازه کافی کم باشد که پالس‌های فراصوتی را برای هر فاصله عمقی ثبت کند، بالا بکشید. اگر یک پالس فراصوتی برای هر عمق به دست نیاید، روبشگر باید دوباره تا آن عمق پایین بروند و آزمون دوباره تکرار شود تا پالس‌های فراصوتی تمام فواصل عمقی ارزیابی شوند.

یادآوری۱- جمع‌آوری داده‌ها در برخی سامانه‌ها ممکن است از بالا تا پایین پیش رود یا در طول هر دو بار پایین رفتن یا بالا رفتن روبشگر انجام شود.

یادآوری۲- در بعضی موارد بهتر است که روبشگر را در سطوح مختلفی قرار دهید. تفاوت‌ها می‌تواند وابسته به کاربرد در تثبیت-سازی در فواصل مختلف باشد.

۶-۶ بدست آوردن اندازه‌گیری‌ها با دستگاه تک‌چاهی

۶-۶-۱ به ایمنی و دستورالعمل‌های خاص تولیدکننده که به دستگاه خاصی وابسته است توجه کنید.

۶-۶-۲ روبشگری فرستنده و دریافت‌کننده باید نسبت به هم در یک جدایش عمودی از پیش تنظیم شده ثابت شوند (به طور مثال عموما ۶۰۰میلی‌متر). جداسازی عمودی ممکن است افزایش یابد برای بررسی محدوده بیشتری در اطراف لوله هادی. این می‌تواند طول نیمرخ اندازه‌گیری و تفکیک‌پذیری شناسایی را کم کند.کابل‌های روبشگر راروی قرقره درون لوله‌هادی منفرد (PVC یا بنا به ضرورت، هم ارز آن) قراردهید.روبشگری فرستنده ودریافت کننده رادرون لوله‌هادی قراردهید ومطمئن شویدکه کابل‌ها دربالای لوله هادی روی قرقره کاملاخوب جای گرفته‌اند.

۶-۶-۳ وسایل اندازه‌گیری عمق را روی صفر تنظیم کنید اگرموردنیازبودبه وسیله تجهیزات ثبت‌کننده.

۶-۶-۴ مواظب قسمت‌های پایینی روبشگر باشید تا قسمت انتهای روبشگر به انتهای لوله یا به یک مانعی برسد. عمق محل را به سمت پایین لوله‌ها تنظیم کنید. روبشگر را از انتهای لوله به قسمتی از اجزاء پی عمیق با کیفیت خوب بتن بالا ببرید. متناوبا ایمنی کابل‌ها را در آن سطح بررسی کنید.

۶-۶-۵ تجهیزات آزمون را تنظیم کنید، درصورت ضرورت، انتخاب تنظیم‌کننده قدرت انتقال‌دهنده و دریافت‌کننده مورد نیاز است برای ویژگی‌های بتن که مواجه است باپالس‌های فراصوتی با نوسان خوب که می‌تواندرآن بخشی از اجزاء پی عمیق که کیفیت خوبی دارد، به دست آید. از آنجا که سیگنال‌های عبوری از بتن که سریعتر هستند نوسان کمتری از سیگنال‌های عبوری از لوله پرشده با آب با سرعت کمتر دارند، توجه و مراقبت خاصی لازم است. روبشگر را به انتهای لوله هادی برگردانید.

۶-۶-۶ همانطور که روبشگر درحال بالا رفتن هستند، شروع به ثبت پالس‌های فراصوتی کنید. روبشگر را، به-وسیله کابل‌های قرقره با یک سرعتی که به اندازه کافی کم باشد که پالس‌های فراصوتی را برای هر فاصله عمقی ثبت کند، بالا بکشید اگر یک پالس فراصوتی برای هر عمق به دست نیاید، روبشگر باید دوباره تا آن عمق پایین بروند و آزمون دوباره تکرار شود تا پالس‌های فراصوتی تمام فواصل عمقی، ارزیابی شوند.

۶-۷ بررسی کیفیت داده‌ها

۶-۷-۱ پس از کامل‌شدن کسب داده، نیمرخ فراصوتی به دست آمده را ببینید. کیفیت نیمرخ فراصوتی را بررسی کنید. گرافیک‌های آبشاری (شکل ۲) باید وضوح خوبی داشته باشند.

۶-۷-۲ طول اندازه‌گیری‌شده نیمرخ فراصوتی را با طول اندازه‌گیری‌شده لوله هادی مقایسه کنید. در مقایسه این اندازه ها باید تصحیحی انجام شود تا طول بین انتهای نصب روبشگر و نقطه دقیق فرستنده و دریافت کننده روی روبشگر محاسبه شود. تفاوت بین اندازه‌گیری‌های تصحیح شده نباید بیش از ۱درصد طول اندازه‌گیری‌شده یا ۰٫۲۵متر، هر کدام که بیشتر است، باشد.

۶-۷-۳ مطمئن شوید داده‌هایی که ثبت شده‌اند، با اجزاء پی عمیق شناسایی شده، شناسایی دو لوله هادی برای مجموعه داده‌ها، تاریخ آزمون، شناسایی انجام‌دهنده آزمون و اطلاعات ضروری دیگر آزمون از قبیل جزئیات محل

آزمون که مورد درخواست مهندس است، با صراحت آمده باشد. باید این داده و اطلاعات به صورت ایمن ذخیره شود.

۶-۸ کامل‌کردن آزمون

۶-۸-۱ اگر نیمرخ فراصوتی بر یک بی‌کیفیتی دلالت می‌کند، باید به بی‌کیفیتی دقت کرد و پی‌گیری‌های دیگری به‌وسیله آزمون‌های خاص دیگر از قبیل آزمون‌های[1] ، آزمون‌هایی با روبشگریی که در فاصله ثابتی بالا آورد می‌شوند یا سایر آزمون‌های پرتونگاری [۲، ۳] را انجام داد. روبشگر باید در عمقی حداقل ۱متر زیر بی‌کیفیتی، پایین آورده شوند و در عمقی حداقل ۱ متر بالای بی‌کیفیتی، بالا آورده شوند.

۶-۸-۲ بند ۶-۳ تا ۶-۵-۳ را برای جفت‌های باقیمانده لوله‌های هادی تکرار کنید.

یادآوری - اگر نیاز شود، ممکن است لوله‌های هادی پس از تکمیل آزمون از دوغاب سیمان پر شوند.

۶-۹ آنالیز اندازه‌گیری‌ها

۶-۹-۱ یک نیمرخ فراصوتی باید به طور واضح نمایش داده و تفسیر شود. نیمرخ‌های فراصوتی باید به صورت جداگانه برای هر آزمون اجزاء پی عمیق مرتب شوند. به عنوان حداقل، نیمرخ باید شامل انرژی نسبی محاسبه شده و زمان رسیدن یا آشکارسازی سرعت موج رسیده از لوله باشد. در کناره سمت چپ دیاگرام سنتی آبشاری اولین زمان رسیدن نوشته شده است. شکل ۲، هر دو این دیاگرام‌های سنتی آبشاری را در سمت راست و سیگنال‌های پردازش‌شده را در سمت چپ نشان می‌دهد. این داده‌ها یک میله آزمونی خاص را با بی‌کیفیتی در عمق‌های ۱٫۸متر، ۸٫۲متر و ۱۴٫۲متر در زیر قسمت بالایی لوله‌های هادی نشان می‌دهند و زمان رسیدن با تاخیر هر دو و کاهش مقاومت سیگنال در محل هر بی‌کیفیتی را نشان می‌دهند.

یادآوری - توصیه می‌شود که دیاگرام آبشاری (که نمایش تودرتویی از پالسهای فراصوتی در یک نیمرخ فراصوتی است) شامل ارائه داده‌ها باشد. اگر دیاگرام آبشاری در گزارش ذکر نشود، داده‌های اصلی باید به صورت دائمی حفظ شوند تا اگر در بررسی‌های آینده نیاز به ساختن دیاگرام آبشاری باشد، قابل دسترس باشند.

۶-۹-۲ نتایج آزمون‌ها باید شامل زمان رسیدن اولین پالس‌های فراصوتی (یا سرعت موج محاسبه شده) باشد و انرژی نسبی یا نوسانات نسبت به عمق اجزاء پی عمیق، ترسیم شود تا اندازه و موقعیت هر آنومالی ظاهرشده. مشخص شود. انرژی یا نوسانات روی یک مقیاس لگاریتمی نمایش داده می‌شود و کاهش قدرت نسبی سیگنال از آن مقیاس لگاریتمی ارزیابی یا در (dB) نمایش داده می‌شود. هر تفسیر دیگری از نظرکیفی و احتمال به مواد اجزاء پی عمیق، ویژگیهای ساخت ساختارهای آزمون و تجهیزات استفاده شده بستگی دارد. تفسیرها باید شامل قضاوت‌ها و تجارب مهندسی باشند. هر ارزیابی دیگر باید به وسیله مهندس باتجربه در این زمینه انجام شود و این فراتر از محدوده بررسی این روش است.

1- Fan shaped

۶-۹-۳ فیلترکردن نتایج پردازش شده باید در یک حداقل مطلق نگه داشته شود زیرا فیلترهای اضافی، نقص‌ها را می‌پوشاند، بنابراین به سمت تفسیرهای غلط از نتایج می‌رود. بنابراین اگر هرگونه فیلترشدن و پردازش داده‌ای که قبلا برای نتایج انجام شده است، باید نشان داده شود و دیاگرام آبشاری هم باید در گزارش باشد.

۷ گزارش آزمون

گزارش آزمون حداقل باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۷-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۷-۲ تعیین هویت آزمایشگاه آزمون‌کننده؛

۷-۳ شناسایی پروژه و مشتری؛

۷-۴ تاریخ آزمون؛

۷-۵ توصیف واحد دستگاهی آزمون و روبشگر؛

۷-۶ تعیین هویت همکاران آزمون و اشخاص مسئول برای اعتبار بخشیدن به گزارش آزمون؛

۷-۷ اجزاء پی عمیق آزمون؛

۷-۸ شناسایی و موقعیت اجزاء پی عمیق؛

۷-۹ هندسه ساخت اجزاء پی عمیق شامل قطر و طول واقعی یا ظاهری (یا هر دو) ؛

۷-۱۰ با هر مشاهده نصب خاص، تاریخ و روش نصب اجزاء پی عمیق را آزمون کنید؛

۷-۱۱ ترتیب قرارگیری و شناسایی لوله‌های هادی، جدایش نسبی لوله‌ها و شناسایی سندیت طراحی‌ها؛

۷-۱۲ هرگونه نقص در روبشگری که به عمق لوله‌های هادی می‌روند باید گزارش شود؛

۷-۱۳ ارتفاع زمین اجزاء پی عمیق و ارتفاع بالای لوله هادی یا ارتفاع بالای هر لوله هادی یا طول لوله هادی در بالای بتن در زمان آزمون؛

۷-۱۴ هر نوع مشاهدات خاص دیگر یا اطلاعات مربوط به اجزاء پی عمیق آزمونی (به طور مثال، گودبرداری، سوراخ کردن خاک، ساختن شمع، سایر آزمون‌های یکپارچگی و غیره) که وابسته به اجزاء پی عمیق مورد آزمون است، باید گزارش شود.

۷-۱۵ نیمرخ‌های فراصوتی

۷-۱۵-۱ نیمرخ‌های فراصوتی باید به صورت منطقی و واضح برای هر سازه مورد آزمون، نمایش داده شوند و اطلاعات وابسته، باید همراه با نیمرخ باشند، یا بطور واضح باید توسط ارجاع متقابل، شامل لوله‌های هادی برای هر نیمرخ با زمان و عمق و مقیاس‌هایی که تفسیر خوبی از داده می‌دهند، با نیمرخ‌ها همراه باشند.

۷-۱۶ گزارش آزمون باید حاوی تفسیرهایی از یکپارچگی اجزاء پی عمیق مورد آزمون شامل محل‌های مورد انتظار بی‌کیفیتی‌ها و اگر مناسب باشد تاثیر روش‌های ساخت‌وساز روی نتایج باشد.

۷-۱۷ تفسیر اطلاعات برای گمانه‌ها (که برای لوله‌های هادی حفاری شده) یا مغزه‌گیری (برای تایید بی‌کیفیتی)، اگر موجود باشد.

۸ دقت و اریبی

۸- ۱ دقت، داده کافی برای بیان دقت وجود ندارد.

۸-۲ اریبی، داده کافی برای بیان اریبی وجود ندارد.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[**1**] CIRIA Report No 144, “Integrity Testing in Piling Practice,” CIRIA, London, 1997.
[**2**] Likins, G. E., Rausche, F., Webster, K., Klesney, A.. “Defect Analysis for CSL Testing,” *Geo-Denver 2007 New Peaks in Geotechnics*,GeoInstitute, Denver, February 2007
[**3**] Likins, G., Rausche, F., and Peterman, D., “Hardware Solutions for Quality Control of Deep Foundations—Overview,” Proceedings International Conference on Design and Construction of Deep Foundations,FHWA, Orlando, 1994.
[**4**] Chernauskas, L.R. and Paikowsky, S.G., “Deep Foundations Integrity Testing: Techniques and Case Histories,” Civil Engineering Practice, Journal of the Boston Society of Civil Engineers/ASCE, Spring/Summer 1999.
[**5**] Likins, G. E., Webster, O., Saavedra, M., “Evaluations of Defects and Tomography for CSL,” *Proc. of the Seventh Intl. Conf. on the Application of Stresswave Theory to Piles 2004*: Kuala Lumpur, Malaysia, August, 2004.
[**6**] Amir, J.M., “Single-Tube Ultrasonic Testing of Pile Integrity,” *ASCE Deep Foundation Congress*, Vol. 1 pp.. 836–850, Orlando, 2002
[**7**] Amir, J.M., Amir, E.I. and Felice, C.W, “Acceptance Criteria For Bored Piles By Ultrasonic Testing,” *Proc. Of the Seventh Intl. Conf. on Application of Stress Wave Theory to Piling*, Kuala Lumpur, Malaysia, August, 2004.