INSO
18389
1st Revision
2021

Modification of
ASTM D6760:
2016

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

استاندارد ملی ایران
۱۸۳۸۹
تجدیدنظر اول
۱۳۹۹

دارای محتوای رنگی

آزمون یکپارچگی پی‌های عمیق بتنی به‌روش فراصوتی چاه‌به‌چاه- روش آزمون

Integrity testing of concrete deep foundations by ultrasonic crosshole testing — Test method

ICS: 91.080.40

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وب‌گاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی‌ماه ۱۳۹۶، وظیفهٔ تعیین، تدوین، به‌روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی 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 واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«آزمون یکپارچگی پی‌های عمیق بتنی به‌روش فراصوتی چاه‌به‌چاه- روش آزمون»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
کولیوند، فرشاد (دکتری مهندسی مکانیک سنگ)	عضو هیات علمی- دانشگاه لرستان
دبیر:	
مینایی، رضا (دکتری مهندسی عمران)	مشاور- شرکت پایش کیفیت ماهان پیشگام
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
افضلی، مصطفی (کارشناسی مهندسی عمران)	مدیر کنترل کیفیت- شرکت بتن سازان استان کرمان
انجم‌شعاع، محمد حسین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	مدیر عامل- شرکت بتن سازان استان کرمان
ایلاقی حسینی، حمید (کارشناسی مهندسی عمران)	شهردار اختیارآباد- شهرداری کرمان
برخورداری، سجاد (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	عضو- سازمان نظام مهندسی ساختمان کرمان
جوزی، سبحان (کارشناسی ارشد مهندسی معماری)	مدیر واحد طراحی- شرکت پارتاسازه کرمان
حسنی، حمید (کارشناسی مهندسی مواد)	مدیر کنترل کیفیت- کارخانه سیمان ماهان
حسنوند، ارسلان (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	مدیر کنترل کیفیت- شرکت ایمن صنعت کرمان
حیدری، ابوذر (کارشناسی مهندسی عمران)	کارشناس اجرا- آتی‌سازان درنیکا
داعی‌اله، میلاد (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	مدیر گروه فنی- اداره کل نوسازی و تجهیز مدارس استان کرمان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
رستمی، فهیمه (کارشناسی شیمی)	کارشناس آزمایشگاه- شرکت بتن‌آزمای شرق
شریفی، حمید رضا (کارشناسی مهندسی عمران)	رئیس گروه- دفتر فنی استانداری استان کرمان
شهسواری، رسول (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	کارشناس- اداره کل راه و شهرسازی استان کرمان
غلامحسین‌پور، محسن (کارشناسی ارشد مهندسی معماری)	کارشناس- بنیاد مسکن استان کرمان
فرج‌الهی، عبدالمجید (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	کارشناس نظارت بر اجرا- شرکت نیمرخ
کرمی شاهرخی، مینو (شیمی فیزیک)	کارشناس شیمی فیزیک- اداره کل آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک
گله‌دار، احمد (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	کارشناس آزمایشگاه- شرکت زمین‌کاوان نوین
نقی‌پور صوری، رسول (کارشناسی ارشد مهندسی معدن)	کارشناس معدن- شرکت سیمان تهران
نیکخواه، مرتضی (کارشناسی مهندسی شیمی- کارشناسی ارشد MBA)	مدیر کنترل کیفیت- کارخانه سیمان ممتازان

ویراستار:

کولیوند، فرشاد (دکتری مهندسی مکانیک سنگ)	عضو هیات علمی- دانشگاه لرستان

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ح
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۲
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ اصول روش آزمون ۴
۵ اهمیت و کاربرد ۵
۵-۱ کلیات ۵
۵-۲ محدودیت‌ها ۶
۶ دستگاه‌ها ۷
۶-۱ دستگاه برای اجازه بازرسی داخلی (لوله‌های هادی) ۷
۶-۲ دستگاه برای تعیین پارامترهای فیزیکی آزمون ۷
۶-۲-۱ نوار اندازه‌گیری سنگین ۷
۶-۲-۲ قطب‌نمای مغناطیسی ۷
۶-۳ دستگاه برای به‌دست آوردن اندازه‌گیری‌ها ۸
۶-۳-۱ کاوندها ۸
۶-۳-۲ کاوند فرستنده ۸
۶-۳-۳ کاوند گیرنده ۸
۶-۳-۴ هم‌مرکزکننده کاوند ۸
۶-۳-۵ کابل‌های فرستنده سیگنال ۸
۶-۴ دستگاه برای ثبت، پردازش و نمایش داده‌ها ۹
۶-۴-۱ کلیات ۹
۶-۴-۲ دستگاه ثبت‌کننده ۱۰
۶-۴-۳ دستگاه برای پردازش داده ۱۰
۶-۴-۴ دستگاه برای نمایش داده‌های اندازه‌گیری شده ۱۰
۷ روش اجرا ۱۰
۷-۱ نصب لوله‌های هادی اجراشده ۱۰
۷-۱-۱ کلیات ۱۰
۷-۱-۲ آماده‌سازی لوله هادی اجراشده ۱۱
۷-۱-۳ کشش لوله هادی عملکردی ۱۲
۷-۲ نصب لوله هادی اجراشده ۱۲

عنوان **صفحه**

۷-۲-۱ گزارش‌های نصب لوله‌های هادی اجراشده ۱۲
۷-۳ نصب لوله‌های هادی حفاری‌شده (گمانه‌ها) ۱۲
۷-۴ روش‌های اجرایی کلی آزمون ۱۳
۷-۴-۱ کلیات ۱۳
۷-۴-۲ تاریخ آزمون ۱۳
۷-۴-۳ آماده‌سازی لوله‌های هادی برای آزمون ۱۳
۷-۴-۴ مستندسازی لوله هادی ۱۳
۷-۴-۵ آماده‌سازی کاوند ۱۳
۷-۴-۶ کارایی تجهیزات ۱۴
۷-۵ به‌دست آوردن اندازه‌گیری‌ها با دستگاه (چاه‌به‌چاه) ۱۴
۷-۶ به‌دست آوردن اندازه‌گیری‌ها با دستگاه (چاه تکی) ۱۵
۷-۷ بررسی کیفیت داده‌ها ۱۶
۷-۸ تکمیل آزمون ۱۶
۷-۹ آنالیز اندازه‌گیری‌ها ۱۶
۸ گزارش: برگ‌داده(های) / فرم(های) آزمون ۱۷
۹ دقت و اریبی ۱۸
۹-۱ دقت ۱۸
۹-۲ اریبی ۱۸
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) تغییرات اعمال شده در این استاندارد ملی در مقایسه با استاندارد منبع ۱۹

پیش‌گفتار

استاندارد «آزمون یکپارچگی پی‌های عمیق بتنی به‌روش فراصوتی چاه‌به‌چاه- روش آزمون» که نخستین‌بار در سال ۱۳۹۳ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد پ، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ برای نخستین‌بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در نهصد و دوازدهمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۹/۱۱/۲۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی‌ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۸۳۸۹: سال ۱۳۹۳ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد زیر به روش «ترجمهٔ تغییر یافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

ASTM D6760:2016, Standard test method for integrity testing of concrete deep foundations by ultrasonic crosshole testing

آزمون یکپارچگی پی‌های عمیق بتنی به‌روش فراصوتی چاه‌به‌چاه- روش آزمون

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. درصورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن بر عهدهٔ کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد[۱]

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، ارائه روش‌های اجرایی بررسی همگنی و بی‌نقصی بتن در پی‌های عمیق از قبیل شمع‌های مدفون، چاه‌های میله‌ای حفاری شده، شمع‌های بتنی یا شمع‌های درجای بتنی است. همچنین، این استاندارد برای دیواره‌های پرده‌ای[۲]، موانع، سدها و غیره نیز کاربرد داد. در این استاندارد، تمام موارد بالا تحت عنوان «اجزاء پی عمیق»، در نظر گرفته خواهند شد. اندازه‌گیری‌های آزمون زمان انتشار و انرژی نسبی یک پالس[۳] فراصوتی بین کانال‌های دسترسی موازی[۴] (چاه‌به‌چاه)[۵] یا در یک لوله منفرد (چاه تکی)[۶] در اجزاء پی عمیق، بارگذاری می‌شود. بیشترین قابلیت اجرایی این روش برای زمانی است که بر روی لوله‌هایی قرار داده شده در طی ساخت، انجام شود.

۱-۲ فنون مشابه دارای منابع القاء متفاوت وجود دارند، اما این فنون خارج از دامنه کاربرد این استاندارد، هستند.

۱-۳ کلیه مقادیر مشاهده شده یا محاسبه شده باید مطابق با راهنمای ارقام معنی‌دار و گرد شده مطابق با استاندارد ASTM D6026 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 به‌دست آمده با استفاده از این استاندارد، فراتر از محدوده بررسی این استاندارد است.

۱-۵ این استاندارد، حداقل الزامات برای آزمون چاه‌به‌چاه یا چاه تکی اجزاء پی عمیق بتنی را فراهم می‌کند. طرح‌ها، ویژگی‌ها، تمهیدات یا مجموعه‌های وابسته به آن که توسط یک مهندس باتجربه آماده می‌شوند و توسط تقاضادهنده این آزمون تایید می‌شوند، ممکن است در صورت نیاز و بسته به اهداف یک برنامه آزمون خاص، به‌عنوان الزامات و فرایندهای تکمیلی ارائه شوند.

---

۱ - توضیحات تکمیلی در خصوص دامنه کاربرد این استاندارد، در بند اهمیت و کاربرد (به بند ۵ مراجعه شود) ارائه شده است.

2- Diaphragm walls
3- Pulse
4- Parallel access ducts
5- Crosshole
6- Single tube

۱-۶ در متن این استاندارد به یادآوری‌ها و پانویس‌هایی که ارائه‌دهنده مطالب توضیحی است، ارجاع داده می‌شود. این نکات و پانویس‌ها (به‌غیر از موارد مندرج در جدول‌ها و شکل‌ها) نباید به‌عنوان الزامات این استاندارد در نظر گرفته شوند.

۱-۷ محدودیت‌ها، نصب صحیح لوله‌های هادی برای آزمون و تفسیر موثر نتایج ضروری است. این روش، نوع دقیق ایراد یا خطا (برای مثال، آخال[1]، ترک لانه‌زنبوری[2]، افت ذرات سیمان و غیره) را مشخص نمی‌کند. اما به‌طور نسبی فقط می‌تواند وجود ایراد را تعیین می‌کند.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ASTM D653, Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

2-2 ASTM D1143, Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load

2-3 ASTM D3740, Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۴۷۶: سال ۱۳۹۵، حداقل الزامات موسسات درگیر در کار آزمون و یا بازرسی خاک و سنگ مورد استفاده در مهندسی طراحی و ساخت- آیین‌کار، با استفاده از استاندارد ASTM D3740:2012 تدوین شده است.

2-4 ASTM D4945, Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations

2-5 ASTM D5882, Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations

2-6 ASTM D6026, Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data

۳ اصطلاحات و تعاریف

۳-۱ تعاریف و اصطلاحات مختص این استاندارد

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

1- Inclusion
2- Honeycombing

۳-۱-۱

لوله‌های هادی

access ducts

لوله‌های فولادی از قبل کارگذاشته شده، لوله‌های پلاستیکی (مانند پلی‌وینیل کلراید[1] (PVC) یا معادل آن) یا گمانه‌های حفاری‌شده در بتن مدفون شده‌اند، با این هدف که به کاوند[2] اجازه دهد به داخل جفت‌ها وارد شود تا بتواند پالس‌های ارسالی در بتن بین کاوندها را اندازه‌گیری کند.

۳-۱-۲

بی‌هنجاری

anomaly

بی‌نظمی یا مجموعه‌ای از بی‌نظمی‌های مشاهده‌شده در نیم‌رخ فراصوتی، که حاکی از یک ایراد احتمالی است.

۳-۱-۳

نقص

defect

ایرادی که به‌دلیل اندازه یا موقعیت مکانی است و می‌تواند از ظرفیت یا دوام اجزاء را به‌طور قابل توجهی کم کند.

۳-۱-۴

فاصله عمقی

depth interval

حداکثر فاصله‌گذاری افزایشی در امتداد میله شمع، بین پالس‌های فراصوتی است.

۳-۱-۵

ایراد

flaw

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

۳-۱-۶

ارزیابی بی‌نقصی

integrity evaluation

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

1- Polyvinyl Chloride (PVC)
2- Probes

۳-۱-۷

نیم‌رخ فراصوتی

ultrasonic profile

یک خروجی گرافیکی ترکیب‌شده از مجموعه پالس‌های فراصوتی است که در عمق اندازه‌گیری یا انجام شده‌اند.

۳-۱-۸

پالس فراصوتی

ultrasonic pulse

داده‌های یک دوره زمانی کوتاه از یک عمق مشخص است که به‌وسیله یک کاوند فرستنده تولید می‌شود و به‌وسیله یک کاوند گیرنده، دریافت می‌شود.

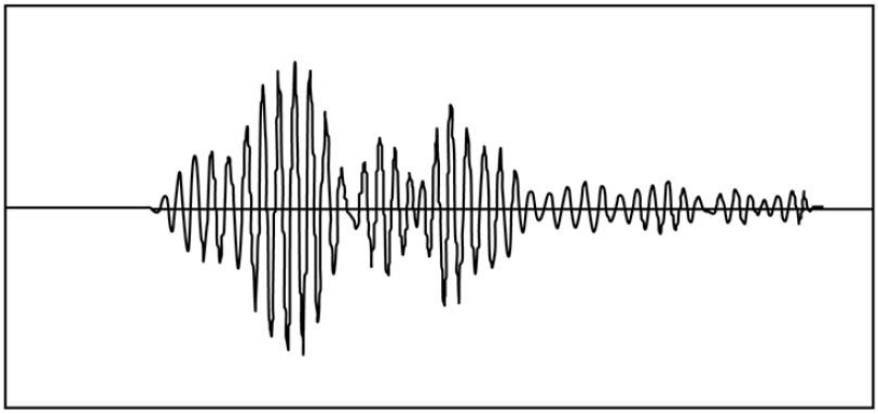
۴ اصول روش آزمون

۴-۱ سرعت واقعی انتشار موج صوتی در بتن، به ویژگی‌های مصالح بتن، هندسه اجزاء و طول موج امواج صوت وابسته است. وقتی بسامدهای فراصوتی (برای مثال Hz بیشتر از ۲۰۰۰۰) تولید می‌شوند، امواج فشاری (P) و امواج برشی (S) از میان بتن عبور می‌کنند. به‌دلیل این‌که امواج (S) نسبتا کند هستند، در این روش چندان مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. در بتن با کیفیت خوب، سرعت امواج (P) به‌طور معمول در گستره بین m/s ۳۶۰۰ تا m/s ۴۴۰۰ است. بتن با کیفیت پایین‌تر که نقص‌هایی دارد (برای مثال، ادخال خاک[1]، شن، آب، گل حفاری[2]، بنتونیت، حفره‌ها، بتن آلوده یا جداشدگی بیش از حد ذرات تشکیل‌دهنده) سرعت موج (P) کمتری در مقایسه با آن دارد. با اندازه‌گیری زمان عبور یک سیگنال فراصوتی موج (P) بین یک فرستنده و گیرنده فراصوتی در دو لوله هادی موازی پر از آب، که در هنگام ساختن بتن درون بتن و با فاصله مشخص جدا از هم قرار گرفته‌اند، ممکن است بعضی بی‌هنجاری‌ها شناسایی شوند. معمولاً فرستنده و گیرنده، همان‌طور که در لوله‌های هادی بالا و پایین می‌روند، در ترازهای مساوی نگه داشته می‌شوند. در بعضی موارد و بعضی از فرایندهای خاص، ممکن است انحراف تعمدی کاوند در تراز نسبی و استفاده از چندین گیرنده در همان لوله هادی یا در لوله‌های هادی چندگانه اجازه داده شود. همچنین آزمون بتن در نزدیکی لوله هادی می‌تواند با هر دو کاوند نصب‌شده در یک لوله هادی یک‌طرفه، انجام شود.

۴-۲ دو کاوند فراصوتی یکی فرستنده و دیگری گیرنده، معمولاً در هماهنگی با لوله(های) هادی پر از آب برای هر یک، پایین یا بالا برده می‌شوند تا طول میله چاه را به‌طور کامل از بالا تا پایین آزمون کنند. هنگامی‌که کاوند نرخ انتقال را کنترل می‌کنند کاوند فرستنده، در فواصل تکرارشونده و منظم پالس‌های فراصوتی را تولید می‌کند. عمق کاوند و خروجی کاوند گیرنده (نسبت به تولید پالس فراصوتی کاوند

1- Soil inclusion
2- Drilling mud

فرستنده زمان‌بندی شده است) برای هر پالس ضبط می‌شود. سیگنال‌های خروجی گیرنده نمونه‌برداری می‌شوند و به‌صورت ولتاژ به ازای زمان برای هر عمق نمونه‌برداری شده، ثبت می‌شوند (به شکل ۱ مراجعه شود). سپس این سیگنال‌ها محفوظ می‌مانند تا یک نمودار «آبشاری»[1] تولید شود (به قسمت راست شکل ۲ مراجعه شود).



شکل ۱- یک پالس فراصوتی از گیرنده

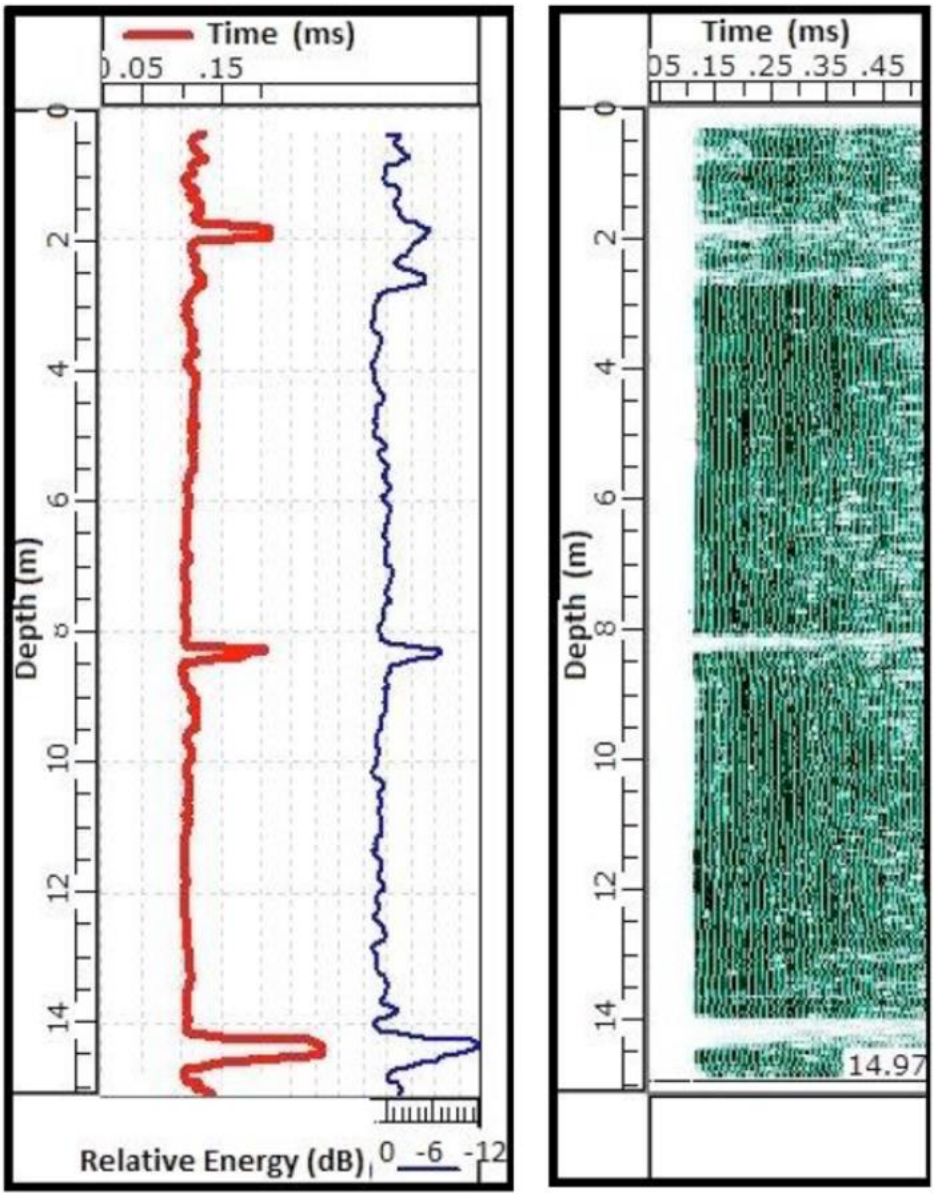
۳-۴ داده‌ها دوباره جمع‌آوری و ارائه شده است تا اولین ورودی پالس فراصوتی (FAT)[2] و انرژی نسبی سیگنال (RE)[3] برای کمک به تفسیر، را نشان دهد. داده‌های پردازش شده، به ازای عمق ترسیم می‌شوند که در واقع به‌صورت یک نمایش گرافیکی به‌صورت نیم‌رخ فراصوتی در سازه آزمون‌شده است. جایی‌که کاوندها با هم بالا نمی‌آیند، روش‌های آزمون ویژه‌ای برای بررسی بیشتر بی‌هنجاری‌ها به‌کار برده می‌شود.

۵ اهمیت و کاربرد

۵-۱ کلیات

این استاندارد از داده‌های کاوندهای فراصوتی که درون لوله‌های هادی موازی یا در یک لوله هادی تکی (یک‌طرفه) در اجزاء پی عمیق پایین برده می‌شوند، برای ارزیابی همگنی و بی‌نقصی بتن بین کاوندها استفاده می‌کند. از این داده‌ها برای تایید کیفیت مناسب بتن یا شناسایی محل‌های با کیفیت پایین در بتن استفاده می‌شود. اگر نقص‌ها شناسایی شدند، بهتر است بررسی‌های بعدی از طریق حفاری و مغزه‌گیری از بتن یا با سایر روش‌های آزمون مانند روش‌های آزمون استاندرد ASTM D1143، استاندارد ASTM D4945 یا استاندارد ASTM D5882 به‌دست آید و اگر نقصی شناسایی و تایید شد، اقداماتی جهت اصلاح سازه انجام شود.

1- Waterfall
2- First Arrival Time (FAT)
3- Relative Energy (RE)



شکل ۲- نمونه نیم‌رخ فراصوتی

۲-۵ محدودیت‌ها

برای آزمون‌های چاه‌به‌چاه، بهتر است لوله‌های هادی ترجیحاً از فولاد ساخته شوند تا از گسیختگی لوله هادی از بتن در نتیج یک بی‌ناهنجاری جلوگیری شود. این آزمون می‌تواند بی‌نقصی بتن را به‌طور عمده در ناحیه محدودشده توسط لوله‌های هادی ارزیابی کند، که به‌طور معمول در درون شبکه تقویت‌کننده میلگرد است.

برای آزمون‌های چاه تکی، لوله‌های هادی باید از جنس لوله‌های پلاستیکی باشند. بنابراین بهتر است به‌منظور جلوگیری از مشکلات گسیختگی، آزمون در اسرع وقت انجام شود. از آنجا که امواج تولیدشده، از طریق بتن از پیرامون لوله هادی عبور می‌کند ممکن است با این روش تشخیص داده نشود، مگر این‌که یک ایراد به اندازه کافی بزرگ و بسیار نزدیک به لوله هادی باشد.

یادآوری ۱- کیفیت نتایج به‌دست آمده از این استاندارد، به صلاحیت کارکنانی که آزمون را انجام می‌دهند و مناسب بودن تجهیزات و امکانات به‌کاررفته بستگی دارد. نمایندگی‌هایی که معیارهای استاندارد ASTM D3740 را برآورده می‌کنند، به‌طور معمول قابلیت شایستگی و توانایی اجرای آزمون/ نمونه‌برداری/ بازرسی را دارند. به کاربران این استاندارد، تذکر داده می‌شود که مطابقت با استاندارد ASTM D3740، به خودی خود اطمینان از نتایج قابل قبول را تضمین نمی‌کند. نتایج قابل قبول، به عوامل مختلفی بستگی دارد؛ روش ارزیابی برخی از این عوامل در استاندارد ASTM D3740 فراهم شده است.

۶ دستگاه‌ها

۶-۱ دستگاه برای اجازه بازرسی داخلی (لوله‌های هادی)

برای فراهم کردن دسترسی برای کاوند، لوله‌های هادی می‌توانند به‌صورت لوله‌هایی اجرا شوند که ترجیحاً در طی نصب تاسیسات اجزاء پی عمیق نصب شوند. لوله‌های مناسب برای آزمون چاه‌به‌چاه باید ترجیحاً از فولاد نرمه باشند و لوله‌های مناسب برای آزمون چاه تکی باید ترجیحاً از جنس PVC یا معادل آن باشند. لوله‌های پلاستیکی که برای آزمون چاه‌به‌چاه ارجحیت ندارند، اگر به‌وسیله تصریح‌کننده بهبود داده شوند می‌توانند در موقعیت‌های خاصی استفاده شوند، اما لازم است که اتصالات بیشتری به شبکه تقویتی داشته باشند تا هم‌تراز باقی بمانند. ماده پلاستیکی نباید در دماهای بالای عمل‌آوری بتن دچار تغییرشکل شود. اگر هیچ لوله‌ای در طی ساخت بتن نصب نشود، پس از نصب می‌توان گمانه‌هایی درون شمع یا ساختار آن حفر کرد. قطر داخلی لوله‌های هادی باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا اجازه عبور آسان کاوندهای فراصوتی در سراسر طول لوله‌های هادی را فراهم کند. اگر قطر لوله هادی خیلی بزرگ باشد، دقت اندازه‌گیری زمان رسیدن موج و سرعت موج محاسبه‌شده در بتن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. معمولاً قطر داخلی لوله هادی از ۳۸ mm تا ۵۰ mm است.

۶-۲ دستگاه برای تعیین پارامترهای فیزیکی آزمون

۶-۲-۱ نوار اندازه‌گیری سنگین[1]

یک شاقول متصل به نوار اندازه‌گیری، باید به‌عنوان یک کاوند ساختگی استفاده شود تا مسیرهای آزاد و طول‌های غیرمسدود هرکدام از لوله‌های هادی را با تقریب ۱۰۰ mm را بررسی و شناسایی کند. شاقول باید قطری مشابه قطر کاوندها داشته باشد.

۶-۲-۲ قطب‌نمای مغناطیسی[2]

یک قطب‌نمای مغناطیسی با درستی °۱۰ باید برای مستندسازی طراحی‌های لوله هادی در مقایسه با طرح اولیه نقشه کارگاه ساختمانی، استفاده شود. به‌طور متناوب، لوله‌های هادی نیز می‌توانند بر اساس نقشه کارگاه ساختمانی، جهت‌یابی سازه یا سایر روش‌ها برچسب‌گذاری شوند تا طراحی‌های لوله هادی مستندسازی شوند و برای گزارش نتایج آزمون استفاده شوند.

1- Weighted Measuring Tape
2- Magnetic Compass

۶-۳ دستگاه برای به‌دست آوردن اندازه‌گیری‌ها

۶-۳-۱ کاوندها

کاوندها باید یک پالس تولیدشده یا شناسایی‌شده در فاصله ۱۲۵ mm انتهای لوله هادی را اجازه دهند. وزن هر کاوند در تمام موارد باید کافی باشد تا به آن اجازه دهد تحت وزن خودش در لوله‌های هادی به سمت پایین حرکت کند. محفظه کاوند (قسمت ساکن کاوند) باید دست‌کم تا ۱٫۵ برابر حداکثر عمق انجام آزمون، ضد آب باشد.

۶-۳-۲ کاوند فرستنده

کاوند فرستنده باید یک پالس فراصوتی را با یک بسامد بین ۳۰۰۰۰ Hz و ۶۰۰۰۰ Hz تولید کند.

۶-۳-۳ کاوند گیرنده

کاوند گیرنده باید در اندازه مشابه و دارای طراحی سازگار با کاوند فرستنده باشد و برای شناسایی پالس فراصوتی تولیدشده به‌وسیله کاوند فرستنده استفاده می‌شود.

۶-۳-۴ هم‌مرکزکننده کاوند[1]

اگر کاوندهای گیرنده یا فرستنده یا هر دو کمتر از نصف قطر لوله هادی باشند، هر کاوند باید به یک هم‌مرکزکننده دارای قطر موثر معادل با دست‌کم ٪ ۵۰ قطر لوله هادی تجهیز شود. این هم‌مرکزکننده باید طوری طراحی شود تا هرگونه مانع یا بی‌نظمی احتمالی در داخل جداره لوله هادی را به حداقل برساند.

۶-۳-۵ کابل‌های فرستنده سیگنال

کابل‌های سیگنال مورد استفاده برای استقرار کاوندها و انتقال داده از کاوندهای باید به‌اندازه کافی قوی باشند تا وزن کاوندها را تحمل کنند. کابل باید مقاومت در برابر سایش کافی داشته باشد تا در کاربرد میدانی تکرارشونده، در گستره دماهای مورد انتظار انعطاف‌پذیری خود را حفظ کند. تمام متصل‌کننده‌های کابل یا اگر اتصالات جوشی در کابل‌ها باشد، باید آب‌بندی شده باشد. جایی که کابل‌های فرستنده سیگنال از لوله هادی، راهنماهای کابل مناسب، قرقره یا مواد ضربه‌گیر خارج می‌شوند، مواد باید متناسب با مواد درونی لوله‌های هادی باشند تا سایش را به حداقل رسانده و به حرکت نرم کاوندها کمک می‌کند.

۶-۳-۵-۱ وسیله اندازه‌گیری عمق کاوند

کابل‌های سیگنال باید با استفاده از یک وسیله کدبندی عمق، از بالا یا از درون یک قرقره عبور کنند، تا موقعیت فرستنده و گیرنده کاوند در درون لوله‌های هادی از طریق این آزمون را تعیین کند. طراحی وسیله اندازه‌گیری عمق باید طوری باشد که لغزش کابل اتفاق نیفتد. ترجیحاً یک وسیله اندازه‌گیری عمق به‌صورت

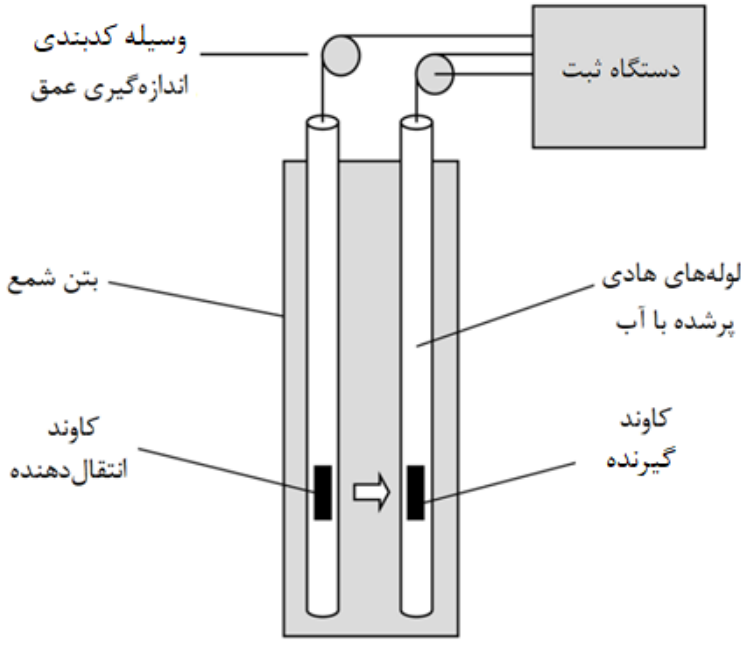
1- Probe centralizer

جداگانه هر کدام از کاوندها را پایش می‌کند تا عمق دقیق هر کدام در تمام زمان‌ها تعیین شود. (به‌طور جایگزین، یک قرقره منفرد می‌تواند به یک کدبند عمق الکترونیکی متصل شود، اما کاوندها باید در اختلاف تراز نسبی مشخص، در سراسر آزمون باقی بمانند). وسیله اندازه‌گیری عمق باید درستی ٪ ۱ طول لوله هادی یا ۰٫۲۵ m، هر کدام که بزرگ‌تر است، داشته باشد.

۶-۴ دستگاه برای ثبت، پردازش و نمایش داده‌ها

۶-۴-۱ کلیات

سیگنال‌های کاوندهای فرستنده و گیرنده و وسیله اندازه‌گیری عمق باید به‌منظور ثبت پردازش و نمایش داده به شکل یک نیم‌رخ فراصوتی، به یک دستگاه محاسبه‌کننده قوی کارگاهی، انتقال یابند. نحوه قرارگیری نوعی دستگاه آزمون به‌صورت شماتیک در شکل ۳ نشان داده شده است. دستگاه باید در فواصل عمقی ثابت یا در فواصل زمانی ثابت، پالس‌هایی را از کاوند فرستنده تولید کند. در مورد آخر، عمق باید ثبت شود و به هر پالس ثبت‌شده توسط دستگاه و به‌جای تولید پالس، اختصاص داده شود. نرخ تولید پالس به‌وسیله هر یک از دو روشی که باید دست‌کم یک پالس فراصوتی برای هر فاصله عمق مورد نیاز تولید کند، معمولاً ۵۰ mm یا کمتر است. دستگاه باید برای بهینه‌سازی نقص‌های پالس انتقالی به‌وسیله کاوند گیرنده برای بتن تحت آزمون، قابل تطبیق و تنظیم باشند.



شکل ۳- پیکربندی آزمون

۶-۴-۲ دستگاه ثبت‌کننده

هر پالس فراصوتی انتقال یافته، باید فوری شروع به دریافت اطلاعات برای کاوند گیرنده کند. سیگنال‌های قیاسی[1] یک پالس فراصوتی اندازه‌گیری‌شده به‌وسیله کاوند گیرنده باید به‌وسیله یک تبدیل-کننده از قیاسی به رقومی[2]، با حداقل دامنه وضوح[3] ۱۲ bits و حداقل بسامد نمونه‌برداری ۲۵۰ Hz رقومی شوند. دستگاه باید وسیله اندازه‌گیری عمق را خوانش کرده و یک عمق را به هر پالس فراصوتی رقومی شده، اختصاص دهد. دستگاه باید این پالس‌های فراصوتی رقومی خام و داده‌های پردازش شده از هر نیم‌رخ فراصوتی را برای هر جفت لوله هادی ذخیره کند. تمام داده‌های ذخیره شده باید اطلاعات شناسایی متصل به آن داشته باشند که مکان آزمون آن‌ها، اجزاء پی عمیق، شناسایی‌کننده نیم‌رخ فراصوتی، تاریخ ثبت داده و تمام اطلاعات مربوط به آزمون، را توصیف کند.

۶-۴-۳ دستگاه برای پردازش داده

دستگاه برای پردازش داده باید یک رایانه رقومی دارای قابلیت آنالیز تمام داده‌ها باشد تا برای شناسایی دست‌کم اولین زمان عبور و انرژی پالس فراصوتی انتقال‌یافته در کاوند گیرنده برای هر فاصله عمقی کاربرد داشته باشد. سپس داده‌ها باید درون یک نیم‌رخ فراصوتی منفرد برای هر جفت لوله هادی گردآوری شوند.

۶-۴-۴ دستگاه برای نمایش داده‌های اندازه‌گیری شده

دستگاه باید قابلیت نمایش پالس‌های فراصوتی خام گیرنده را داشته باشد تا در طی به‌دست آوردن داده‌ها، کیفیت آن‌ها را تایید کند. پس از کسب داده، دستگاه باید قابلیت نمایش داده‌های خام هر پالس فراصوتی در کل طول شمع را داشته باشد. همچنین، دستگاه باید نیم‌رخ فراصوتی پردازش‌شده را نشان دهد.

۷ روش اجرا

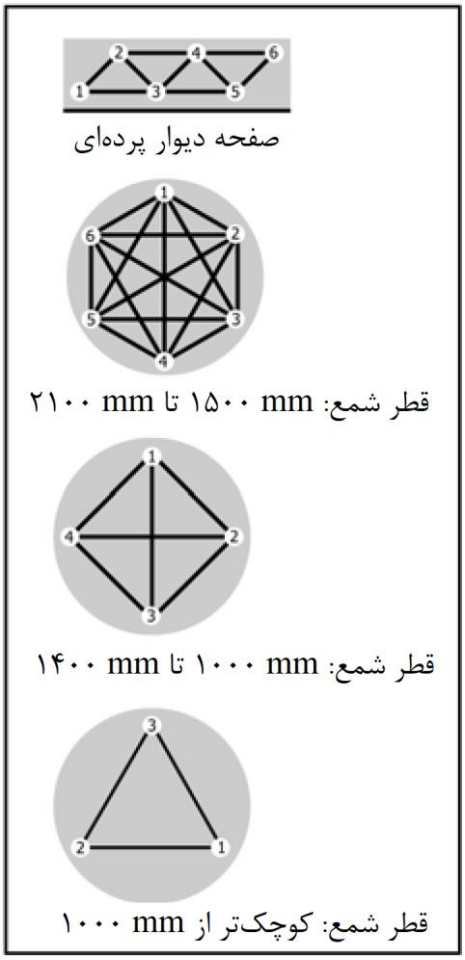
۷-۱ نصب لوله‌های هادی اجراشده

۷-۱-۱ کلیات

لوله‌های هادی باید در هنگام ساخت و به‌وسیله یا با همکاری پیمانکار اجرایی اجزاء پی عمیق، تهیه و نصب شوند تا مورد آزمون قرار گیرند. تعداد کل لوله‌های هادی نصب شده در اجزاء پی عمیق، بهتر است که متناسب با پوشش خوب مقطع عرضی انتخاب شوند. به‌عنوان راهنماهای عمیق دایره‌ای، تعداد لوله‌های هادی که اغلب به‌صورت یک لوله هادی برای هر ۰٫۲۵ m تا ۰٫۳۰ m قطر اجزاء پی عمیق انتخاب می‌شود، حداقل سه لوله و حداکثر هشت لوله هادی است که به‌طور مساوی پیرامون محیط دایره‌ای‌شکل قرار

1- Analog
2- Digital
3- Amplitude resolution

می‌گیرند. هرچند لوله‌های هادی یک‌طرفه ساخته‌شده از جنس PVC که سرعت موج کمتر از اجزاء پی عمیق دارند، برای آزمون چاه تکی اجزاء پی عمیق با قطر ۰٫۵ m یا کمتر نیاز هستند. برای دیوارها و شمع‌های مستطیل (بارت‌ها)[1]، فاصله بین لوله‌های هادی معمولاً بین ۱ m تا ۱٫۵ m است. مثالی از پیکربندی جانمایی لوله هادی برای اجزاء سازه‌ای مختلف در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۴- مثالی از جانمایی لوله هادی

۷-۱-۲ آماده‌سازی لوله هادی اجراشده

لوله‌های هادی باید مستقیم و عاری از موانع داخلی باشند. سطح خارجی لوله نیز باید عاری از آلودگی (برای مثال، نفت، خاک، زنگار، رسوب و غیره) باشد و برای لوله‌های پلاستیکی، سطح آن‌ها باید قبل از نصب کاملا ساییده شود تا از اتصال خوب بین سطح لوله و بتن اطراف اطمینان حاصل شود. قسمت‌های انتهایی لوله‌های هادی نباید آسیب دیده باشند و آماده باشند تا پوشش انتهایی روی آن‌ها قرار بگیرد و سامانه اتصال نصب شود. لوله‌های هادی باید در قسمت پایین کاملا بسته باشند و در قسمت بالایی آن‌ها

1- Barrettes

درپوش‌های با قابلیت جداشدن وجود داشته باشد تا از ورود بتن یا اشیاء خارجی که ممکن است قبل از انجام آزمون باعث مسدود شدن لوله شوند، جلوگیری شود.

۷-۱-۳ کشش لوله هادی عملکردی

اگر افزایش طول لوله‌های هادی به‌دلیل طول زیاد مسیر ضروری باشد، باید از جفت‌گردان‌های (کوپلینگ‌های)[1] لوله‌های هادی استفاده شود تا در طی ساخت، از ورود دوغاب و روان‌ملات جلوگیری شود، استفاده شود. جوش دادن جفت‌گردان‌های لوله‌های فولادی، مجاز نیست. برای جفت کردن لوله‌های فولادی باید آن‌ها را به هم پیچ کرد یا در مورد لوله‌های پلاستیکی آن‌ها را بهم چسب زد. پوشاندن درزها با نوارچسب یا سایر ترکیبات، اکیداً ممنوع است.

۷-۲ نصب لوله هادی اجراشده

لوله‌های هادی باید طوری نصب شوند که انتهای آن‌ها تا حد ممکن به انتهای اجزاء پی عمیق بتنی نزدیک باشد، به‌گونه‌ای که بتوان آزمون را در آن ناحیه انجام داد. لوله‌های هادی باید دارای حداقل پوشش بتنی به‌اندازه قطر یک لوله باشند. لوله‌های هادی باید در امتداد طولشان، به درون تقویت‌کننده محوری اصلی شبکه فولادی و در فواصل منظم و تکرارشونده محکم شوند تا در طی بالا و پایین آوردن شبکه و به‌دنبال آن بتن‌ریزی اجزاء پی عمیق، تراز بودن لوله حفظ شود. در طی نصب لوله بهتر است دقت شوید تمام لوله‌ها تا حد امکان با هم موازی باشند. پس از نصب شبکه تقویت‌کننده درون اجزاء پی عمیق، درپوش‌های انتهایی بالا باید به‌طور موقت برداشته شوند و لوله‌ها باید دقیقاً بررسی شوند تا مشخص شود که عاری از موانع هستند. لوله‌های هادی ترجیحاً باید قبل از (یا یک ساعت قبل از) بتن‌ریزی، با آب پر شوند تا اطمینان حاصل شوند که بتن و لوله، پس از سردشدن بتن اتصالات خوبی دارند.

۷-۲-۱ گزارش‌های نصب لوله‌های هادی اجراشده

طول هر یک از لوله‌های هادی و جداشدگی لوله‌های هادی در بالا و پایین و ترجیحاً در قسمت میانی طول لوله باید با تقریب ۱۰ mm ثبت شود. جزییات اتصال و موقعیت ظاهری آن‌ها نیز باید ثبت شود. جزئیات نصب لوله‌های هادی نیز باید به‌وسیله سازمان نصب‌کننده لوله‌های هادی ثبت و نگهداری شود.

۷-۳ نصب لوله‌های هادی حفاری‌شده (گمانه‌ها)

در مواردی که سازه‌های مورد آزمون، هیچ لوله هادی از قبل اجراشده‌ای ندارند می‌توان از گمانه‌های حفاری شده به‌عنوان لوله هادی استفاده کرد. روش اجرایی معمولی برای حفاری بتن یا مغزه‌گیری یا هر دو را می‌توان برای ساختن لوله‌های هادی استفاده کرد، قطر گمانه‌ای را انتخاب کنید که با کاوندها مطابقت داشته باشد و تجهیزات حفاری را انتخاب کنید که قابلیت حفاری یک گمانه کاملاً مستقیم را داشته باشند.

1- Couplings

در موارد حساس، ترازبندی هر گمانه باید با استفاده از ابزاری مستقل بررسی شود. مغزه‌های گمانه نیز باید با دقت بیشتری بازرسی شوند.

۷-۴ روش‌های اجرایی کلی آزمون

۷-۴-۱ کلیات

قبل از انتقال دستگاه به کارگاه ساختمانی، بررسی کنید که به درستی کار می‌کند.

۷-۴-۲ تاریخ آزمون

بسته به مقاومت بتن و قطر میله چاه، آزمون‌ها نباید زودتر از سه روز تا هفت روز بعد از بتن‌ریزی انجام شوند (برای میله‌های چاه با قطر بزرگ‌تر ممکن است تا نزدیک هفت روز طول بکشد) مگر این‌که با توافق مهندس ناظر باشد. در مواردی که لوله‌های هادی پلاستیکی هستند، بهتر است آزمون باید تا هر چه سریع‌تر کامل شود تا از اتلاف داده‌ها ناشی از جداشدن بتن از لوله جلوگیری شود.

۷-۴-۳ آماده‌سازی لوله‌های هادی برای آزمون

لوله‌های هادی باید در معرض دید باشند و درپوش‌های حفاظتی بالایی نیز برداشته شوند. برای اندازه‌گیری و ثبت طول هر لوله هادی با تقریب ۱۰ mm، ترجیحاً از یک نوار اندازه‌گیری سنگین استفاده کنید. اگر لوله هادی مسدودشده است، عمق انسداد از بالای لوله هادی را اندازه‌گیری و ثبت کنید. لوله‌های هادی باید تا قسمت بالای آن با آب تمیز پر شده باشند.

۷-۴-۴ مستندسازی لوله هادی

یک برچسب مرجع نظام‌مند را به هر لوله هادی اختصاص دهید و با استفاده از قطب‌نمای مغناطیسی یا نمودار طرح کارگاه، یک طرح مرجع از چیدمان لوله هادی تهیه کنید. جزئیات پس از ساخت چیدمان لوله‌های هادی باید شامل اندازه‌گیری مرکز به مرکز فاصله‌داری لوله‌های هادی در معرض دید، با تقریب ۱۰ mm و با استفاده از یک نوار اندازه‌گیری باشد و اندازه‌گیری طول لوله هادی که در بالای بتن نمایان شده است با تقریب ۱۰۰ mm، اندازه‌گیری شود.

۷-۴-۵ آماده‌سازی کاوند[1]

برای این‌که جفت‌شدگی صوتی خوبی بین کاوندها و آب موجود در لوله‌های هادی فراهم شود، کاوندها باید تمیز و عاری از هرگونه آلودگی باشند.

1 - Probe

۷-۴-۶ کارایی تجهیزات

بهتر است کارایی تجهیزات براساس دستورالعمل‌های تولیدکننده آن بررسی شود. قبل از آزمون واقعی، با اعتبارسنجی پالس‌های فراصوتی که توسط دستگاه ثبت‌کننده دریافت می‌شوند، از درستی کارکرد کاوندها و تجهیزات آزمون مطمئن شوید.

۷-۵ به‌دست آوردن اندازه‌گیری‌ها با دستگاه (چاه‌به‌چاه)

۷-۵-۱ به ایمنی و هر دستورالعمل‌های خاص یا روش‌های اجرایی تولیدکننده مربوط به دستگاه خاصی که به‌کار برده می‌شود، توجه ویژه داشته باشید.

۷-۵-۲ جفت لوله‌های هادی مورد آزمون را مستندسازی دهید. کابل کاوند را به لوله‌های هادی متصل کنید. کاوندهای فرستنده و گیرنده را درون لوله‌های هادی به‌گونه‌ای قرار دهید که اطمینان حاصل شود کابل‌ها در بالای لوله هادی روی قرقره به‌خوبی جای گرفته‌اند. اگر بالای لوله‌های هادی تراز نیستند، سپس کاوندها را در تراز پایین‌تر از قسمت بالایی لوله‌های هادی نگه دارید.

۷-۵-۳ با دقت کاوندها را تا کف لوله‌های هادی تا جایی پایین ببرید که یکی از کاوندها به ته لوله برسد یا با یک مانع برخورد کند (برای مثال ممکن است یک لوله کوتاه تر باشد یا خمیدگی پیدا کرده باشد یا مانعی در آن وجود داشته باشد) و همیشه آن‌ها را در یک تراز نگه دارید. اگر لازم باشد عمق محل را تا انتهای لوله‌های هادی قرار دهید. کاوندها را از انتهای لوله‌های هادی تا قسمتی از اجزاء پی عمیق دارای بتن با کیفیت خوب، بالا آورید. اگر توسط سازنده سامانه آزمون الزام شده باشد، اطمینان حاصل کنید که فاصله بین کاوندها حداقل است و بهتر است تراز نسبی کاوندها به‌گونه‌ای تنظیم شود که تا زمان رسیدن اولین سیگنال، کاهش یابد. به‌طو موقت، کابل‌ها را در ترازی ایمن و محکم کنید که کشش کابل حفظ شود.

۷-۵-۴ درصورت نیاز، دستگاه آزمون را با انتخاب تنظیم قدرت فرستنده و گیرنده برای تفکیک فاصله بین لوله‌های هادی و مشخصات بتنی که با آن مواجه است، به‌گونه‌ای تنظیم کنید که پالس‌های فراصوتی با دامنه خوب بتواند در بخشی از اجزاء پی عمیق که کیفیت خوبی دارد، به‌دست آید. کاوندها را به انتهای لوله هادی برگردانید.

یادآوری ۲- بالا و پایین اجزاء پی عمیق نسبت به قسمت‌های میانی تمایل بیشتری به آلوده شدن دارند. تنظیم شرایط سیگنال‌ها بهتر است در قسمت میانی طول لوله انجام شود. تنظیمات ممکن است به‌صورت دستی یا خودکار انجام شود (همانطور که هر سامانه دستگاه استفاده می‌شود) تا با فاصله‌داری‌های مختلف بین جفت لوله‌های هادی آزمون منطبق شود، به این منظور که مقاومت سیگنال حفظ شود.

۷-۵-۵ درحالی‌که کاوندها بالا می‌روند ثبت پالس‌های فراصوتی را شروع کنید. کاوندها را با کشش پیوسته کابل‌های قرقره به‌طور همزمان و با سرعتی که به اندازه کافی کم باشد تا بتواند پالس‌های فراصوتی را برای هر فاصله عمقی ثبت کند، بالا بکشید. اگر برای هر فاصله عمقی یک پالس فراصوتی به‌دست نیاید، کاوندها باید دوباره تا آن عمق پایین بروند و آزمون دوباره تکرار شود تا پالس‌های فراصوتی برای تمام فواصل عمقی ارزیابی شوند.

یادآوری ۱- جمع‌آوری داده‌ها در برخی سامانه‌ها ممکن است از بالا تا پایین پیش رود یا در طول هر دو بار پایین رفتن یا بالا رفتن کاوند انجام شود.

یادآوری ۳- در بعضی موارد مفید است که کاوندها را در ترازهای متفاوتی قرار دهید. این ترازهای متفاوت بسته به کاربرد، می‌توانند در فواصل ثابت یا متغیر باشند.

۷-۶ به‌دست آوردن اندازه‌گیری‌ها با دستگاه (چاه تکی)

۷-۶-۱ به ایمنی و هر دستورالعمل‌های خاص یا روش‌های اجرایی تولیدکننده مربوط به دستگاه خاصی که به‌کار برده می‌شود، توجه ویژه داشته باشید.

۷-۶-۲ کاوندهای فرستنده و گیرنده باید نسبت به هم در یک فاصله جدایش عمودی از پیش تنظیم‌شده (برای مثال عموماً ۶۰۰ mm) ثابت شوند. فاصله جدایش عمودی می‌تواند برای بررسی محدوده بزرگ‌تری در اطراف لوله هادی، افزایش یابد. با این حال، این فاصله می‌تواند طول نیم‌رخ اندازه‌گیری‌شده و تفکیک‌پذیری آشکارساز را کم کند.کابل‌های کاوند را روی قرقره لوله هادی منفرد (PVC یا بنا به ضرورت، مواد معادل آن) قراردهید. کاوندهای فرستنده و گیرنده را درون لوله هادی قراردهید و مطمئن شوید که کابل‌ها در بالای کابل راهنمای محکم شده در بالای لوله هادی روی قرقره به‌خوب جای گرفته‌اند.

۷-۶-۳ با دقت کاوندها را تا کف لوله‌های هادی تا جایی پایین ببرید که یکی از کاوندها به ته لوله برسد یا با یک مانع برخورد کند. عمق محل را تا انتهای لوله‌های هادی قرار دهید. کاوندها را از انتهای لوله‌های هادی تا قسمتی از اجزاء پی عمیق دارای بتن با کیفیت خوب، بالا ببرید. به‌طو موقت، کابل‌ها را در همان تراز ایمن کنید.

۷-۶-۴ درصورت نیاز، دستگاه آزمون را با انتخاب تنظیم قدرت فرستنده و گیرنده برای تفکیک فاصله بین لوله‌های هادی و مشخصات بتنی که با آن مواجه است، را به‌گونه‌ای تنظیم کنید که پالس‌های فراصوتی با دامنه خوب بتواند در بخشی از اجزاء پی عمیق که کیفیت خوبی دارد، به‌دست آید. از آنجا که سیگنال‌های عبوری از بتن که سریعتر هستند نسبت به سیگنال‌های عبوری از لوله پر از آب که دارای سرعت کمتر هستند، دامنه نوسان خیلی کمتری دارند، توجه و مراقبت خاصی لازم است. کاوندها را به انتهای لوله هادی برگردانید.

۷-۶-۵ درحالی‌که کاوندها بالا می‌روند ثبت پالس‌های فراصوتی را شروع کنید. کاوندها را با کشش پیوسته کابل‌های قرقره به‌طور همزمان و با سرعتی که به اندازه کافی کم باشد تا بتواند پالس‌های فراصوتی را برای هر فاصله عمقی ثبت کند، بالا بکشید. اگر برای هر فاصله عمقی یک پالس فراصوتی به‌دست نیاید، کاوندها باید دوباره تا آن عمق پایین بروند و آزمون دوباره تکرار شود تا پالس‌های فراصوتی برای تمام فواصل عمقی ارزیابی شوند.

۷-۷ بررسی کیفیت داده‌ها

۷-۷-۱ پس از تکمیل کسب داده، نیم‌رخ فراصوتی به‌دست آمده را ببینید. کیفیت نیم‌رخ فراصوتی را بررسی کنید. نمودارهای آبشاری (به زیربند ۴-۲ و شکل ۲ مراجعه شود) باید وضوح خوبی داشته باشند.

۷-۷-۲ طول نیم‌رخ فراصوتی اندازه‌گیری شده را با طول لوله هادی اندازه‌گیری‌شده مقایسه کنید. در مقایسه این اندازه‌گیری‌ها باید تصحیح انجام شود تا طول هم‌گذاری کاوند محاسبه شود. تفاوت بین اندازه-گیری‌های تصحیح شده نباید بیش از ٪ ۱ طول اندازه‌گیری‌شده یا ۰٫۲۵ m (هر کدام که بیشتر است) باشد.

۷-۷-۳ مطمئن شوید داده‌های ثبت‌شده، شامل اطلاعات شناسایی اجزاء پی عمیق، شناسایی دو لوله هادی برای مجموعه داده‌ها، تاریخ آزمون، شناسایی انجام‌دهنده آزمون و سایر اطلاعات ضروری پروژه از قبیل جزییات محل و جزئیات موقعیت آزمونُ همان‌گونه که مورد درخواست مهندس ناظر است)، اشد. این اطلاعات به‌صورت ایمن ذخیره شود.

۷-۸ تکمیل آزمون

۷-۸-۱ اگر نیم‌رخ فراصوتی یک بی‌هنجاری را نشان می‌دهد، در این صورت می‌توان ناحیه بی‌هنجاری مورد نظر را با استفاده از روش‌های آزمون خاص مانند آزمون‌های پروانه‌ای‌شکل[1]، آزمون‌های با کاوندهایی که تا فاصله ثابتی بالا آمده‌اند یا سایر روش‌های پرتونگاری مقطعی (توموگرافی)[2] مورد بررسی قرار گیرد. کاوندها باید تا عمق حداقل ۱ m پایین‌تر از بی‌هنجاری پایین آورده شوند و تا عمق حداقل ۱ m باتر ازی بی‌هنجاری بالا آورده شوند.

۷-۸-۲ زیربندهای بند ۷-۵ تا ۷-۸ را برای جفت‌های باقیمانده لوله‌های هادی تکرار کنید.

یادآوری ۴- در صورت لزوم، می‌توان پس از تکمیل آزمون لوله‌های هادی را از دوغاب سیمان پر کرد.

۷-۹ آنالیز اندازه‌گیری‌ها

۷-۹-۱ نتایج آنالیزها باید شامل زمان رسیدن اولین پالس‌های فراصوتی (FAT) باشد و انرژی نسبی (RE) نسبت به عمق اجزاء پی عمیق، ترسیم شود. به‌دلیل تعداد زیاد پالس‌ها در یک نیم‌رخ فراصوتی منفرد، زمان رسیدن اولین پالس معمولاً توسط یک الگوریتم مناسب تعیین می شود. مقادیر FAT توسط الگوریتم که به اشتباه تعیین شده‌اند، مانند مقادیری که در اثر جهش نوفه برای یک نقطه داده ایجاد شده است، باید به‌صورت دستی اصلاح شوند. انرژی E یک پالس ارائه‌شده، با جمع کردن مقادیر مطلق دامنه‌های نوسان پالس (شکل ۱) برای دست‌کم پنج چرخه از FAT محاسبه می‌شود. انرژی نسبی (RE) یک پالس ارائه‌شده، با استفاده از معادله (۱) محاسبه می‌شود:

1- Fan shaped
2- Tomography

$$RE_{(dB)} = 20 \log (E / E_0) \quad (۱)$$

که در آن:

E_0 انرژی مرجع است.

انرژی نسبی بر روی یک مقیاس dB نمایش داده می‌شود. در شکل ۲، دیاگرام‌های سنتی آبشاری را در سمت راست و سیگنال‌های پردازش‌شده را در سمت چپ نشان داده شده است. این داده‌ها یک میله چاه آزمون خاص دارای بی‌هنجاری‌های عمدی نصب‌شده در عمق‌های ۱٫۸ m، ۸٫۲ m و ۱۴٫۲ m زیر قسمت بالایی لوله‌های هادی را نشان می‌دهند، که نشان‌دهنده هر دو مورد افزایش زمان رسیدن اولین پالس و کاهش انرژی نسبی در هر محل بی‌هنجاری است.

۷-۹-۲ فیلترکردن و مرتب‌سازی نتایج پردازش‌شده باید در یک حداقل مطلق نگه داشته شود زیرا فیلتر کردن‌های اضافی ممکن است ایرادها را بپوشاند و منجر به تفسیر غیرصحیح نتایج شود. بنابراین اگر برای نتایج پردازش‌شده، هرگونه فیلتر کردن و مرتب‌سازی پردازشی انجام شده است، میزان فیلتر کردن و مرتب‌سازی باید نشان داده شود و نمودار آبشاری هم باید در گزارش وجود داشته باشد.

۷-۹-۳ داده‌های فیلترنشده اصلی باید به‌صورت دائمی نگه داشته شوند و در صورت درخواست، برای بررسی احتمالی در آینده، در دسترس باشند.

یادآوری ۵- توصیه می‌شود نمودار آبشاری (که نمایش تودرتویی از پالس‌های فراصوتی در یک نیم‌رخ فراصوتی است) شامل ارائه داده‌ها باشد.

۷-۹-۴ هر تفسیر بیشتری کیفی است و احتمالاً مربوط به مواد اجزاء پی عمیق خاص، مشخصات ساخت سازه مورد آزمون و دستگاه استفاده‌شده است. بنابراین تفسیر باید حاول قضاوت و تجربه مهندسی باشند. هر ارزیابی از بی‌نقصی باید به‌وسیله مهندس باتجربه در این زمینه انجام شود، و این موضوع خارج از دامنه کاربرد این روش آزمون است.

۸ گزارش: برگ‌داده(های) / فرم(های) آزمون

۸-۱ روش‌شناسی استفاده شده برای تعیین چگونگی ثبت داده‌ها در برگ‌داده(ها)/ فرم(های) آزمون، به همان صورتی که در بند ۷ پوشش داده شده‌اند، در ادامه ارائه شده است.

۸-۲ حداقل اطلاعات (داده‌های) کلی زیر، در صورت امکان و در دسترس بودن، را ثبت کنید:

۸-۲-۱ تعیین هویت آزمایشگاه آزمون‌کننده.

۸-۲-۲ شناسایی پروژه و مشتری.

۸-۲-۳ تاریخ آزمون.

۸-۲-۴ توصیف دستگاه آزمون و کاوندها.

۸-۲-۵ تعیین هویت همکاران آزمون و اشخاص مسئول برای اعتبارسنجی گزارش‌های آزمون.

۸-۳ حداقل داده‌های زیر در مورد پی عمیق آزمون، در صورت امکان و در دسترس بودن، را ثبت کنید:

۸-۳-۱ شناسایی و موقعیت اجزاء پی عمیق.

۸-۳-۲ هندسه پس از ساخت اجزاء پی عمیق شامل قطر و طول اسمی یا واقعی (یا هر دو) با تقریب ۱۰۰ mm.

۸-۳-۳ با هر مشاهده نصب خاص، تاریخ و روش نصب اجزاء پی عمیق را آزمون کنید.

۸-۳-۴ پیکربندی و شناسایی لوله‌های هادی، جدایش نسبی لوله‌ها با تقریب ۱۰ mm و شناسایی مستندسازی طراحی‌ها؛

۸-۳-۵ جنس مواد و قطر لوله‌های هادی.

۸-۳-۶ هرگونه گسیختگی در کاوندهای که به عمق لوله‌های هادی می‌روند باید با تقریب ۱۰۰ mm گزارش شود؛

۸-۳-۷ برش و تراز زمین اجزاء پی عمیق با تقریب ۱۰۰ mm.

۸-۳-۸ تراز بالای هر لوله هادی یا طول لوله هادی در بالای بتن در زمان آزمون، با تقریب ۱۰۰ mm.

۸-۴ برای هر نیم‌رخ‌های فراصوتی دست‌کم داده‌های زیر را ثبت کنید:

۸-۴-۱ لوله‌های هادی برای هر نیم‌رخ فراصوتی؛

۸-۴-۲ زمان رسیدن اولین پالس‌های فراصوتی و انرژی نسبی به ازای عمق.

۸-۴-۳ نمودار آبشاری.

۹ دقت و اریبی

۹-۱ دقت

به علت ماهیت این روش آزمون، دقت داده‌های آزمون ارائه نشده است. در حال حاضر امکان حضور ده آزمایشگاه مشارکت‌کننده یا بیشتر در برنامه آزمون میدانی در یک محل تعیین‌شده، یا امکان‌پذیر نیست و یا بسیار پر هزینه است.

۹-۲ اریبی

هیچ مقدار مرجع پذیرفته شده‌ای برای این روش آزمون وجود ندارد، بنابراین امکان تعیین اریبی وجود ندارد.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

تغییرات اعمال شده در این استاندارد ملی در مقایسه با استاندارد منبع

الف-۱ بخش‌های حذف شده

- در بند ۹، زیربند ۹-۱-۱ حذف شده است.

الف-۲ بخش‌های اضافه شده

- در شروع استاندارد، هشدار اضافه شده است.
- در بند ۵، عنوان زیربند ۵-۱ اضافه شده است.
- در بند ۷، عنوان زیربند ۷-۴-۱ اضافه شده است.
- در بند ۷، عنوان زیربند ۷-۴-۶ اضافه شده است.