INSO
12604
1st.Revision
2015

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

استاندارد ملی ایران
۱۲۶۰۴
تجدید نظر اول
۱۳۹۳

بتن- ارزیابی ترک‌خوردگی ناشی از جمع‌شدگی پلاستیک در بتن الیافی گیردار شده (با استفاده از ابزار فولادی جاگذاری شده)- روش آزمون

Concrete – Evaluating plastic shrinkage cracking of restrained fiber reinforced concrete (using a steel form insert) – Test Method

ICS: 91.100.40

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 سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (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 ، کالیبراسیون (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

« بتن- ارزیابی ترک‌خوردگی ناشی از جمع‌شدگی پلاستیک در بتن الیافی گیردار شده (با استفاده از ابزار فولادی جاگذاری شده)- روش آزمون»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
عباسی رزگله، محمد حسین (کارشناس مهندسی مواد)	اداره کل نظارت بر اجرای استانداردهای صنایع غیرفلزی
دبیر:	
ارشد، بهمن (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
امیری، احمد (کارشناس مهندسی عمران)	شرکت بنیاد بتن آذرآبادگان
تقی‌زادیه، نادر (کارشناس ارشد زمین شناسی)	آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک اداره کل راه و شهرسازی آذربایجان شرقی
حیدرپور، هادی (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس
رواء افشین (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی
ظهوری، رضا (کارشناس مهندسی عمران)	بتن‌آماده لطفی
عدالتی، حسین (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	بتن‌آماده آذران
مشاور، عاطف (کارشناس مهندسی عمران)	شرکت تکین ساز آزما
مشک‌آبادی، کامبیز (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

موسوی، محمد
(کارشناس مهندسی عمران)
آزمایشگاه جهاد تحقیقات سهند

مهدی‌پور، مهدی
(کارشناس مهندسی عمران)
شرکت اتحاد بناب

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	اصول آزمون	۲
۴	وسایل	۳
۵	نمونه‌برداری، آزمونه‌ها و واحدهای آزمون	۷
۶	روش انجام آزمون	۸
۷	تعیین میزان ترک‌خوردگی	۹
۸	گزارش آزمون	۱۰
۹	دقت و اریبی	۱۰
پیوست الف (اطلاعاتی) کتابنامه		۱۲

پیش گفتار

استاندارد «بتن- ارزیابی ترک‌خوردگی ناشی از جمع‌شدگی پلاستیک در بتن الیافی گیردار شده (با استفاده از ابزار فولادی جاگذاری شده)- روش آزمون» نخستین بار در سال ۱۳۸۶ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط سازمان ملی استاندارد ایران و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین‌بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در پانصد و هفتاد و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۳/۱۲/۱۲ تصویب شد. اینک این استاندارد 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 می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های 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.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۶۰۴: سال ۱۳۸۶ می‌شود.

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

ASTM C1579:2013, Standard Test Method for Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber Reinforced Concrete (Using a Steel Form Insert)

بتن- ارزیابی ترک‌خوردگی ناشی از جمع‌شدگی پلاستیک در بتن الیافی گیردار شده (با استفاده از ابزار فولادی جاگذاری شده)- روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش آزمون برای مقایسه ترک‌خوردگی سطحی پنل‌های بتنی تقویت شده با الیاف با ترک‌خوردگی سطحی پنل‌های بتنی شاهد است که در معرض شرایط گیرداری و اتلاف رطوبتی معینی هستند به‌طوری که برای ایجاد ترک‌خوردگی قبل از گیرش نهایی بتن کافی باشند.

این استاندارد برای مقایسه رفتار ترک‌خوردگی ناشی از جمع‌شدگی پلاستیک در مخلوط‌های متفاوت بتن الیافی، کاربرد دارد.

این استاندارد برای ارزیابی اثرات تبخیر، نشست و جمع‌شدگی خودزای اولیه در ترک‌خوردگی ناشی از جمع‌شدگی پلاستیک در بتن الیافی در طی زمان گیرش نهایی و چند ساعت بیشتر از آن، کاربرد دارد (به استاندارد ASTM C125 مراجعه کنید).

هشدار ۱- مخلوط‌های تازه حاوی سیمان هیدرولیکی سوزش‌آور است و در صورت تماس طولانی ممکن است باعث سوختگی‌های شیمیایی در پوست و بافت شود.

هشدار ۲- 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 و قبل از استفاده، محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند.

مقادیر به‌دست آمده از این روش آزمون برای مقایسه عملکرد بتن‌هایی با نسبت‌های اختلاط متفاوت، بتن‌های الیافی و غیرالیافی، بتن‌هایی با مقادیر متفاوت از انواع مختلف الیاف و بتن‌هایی با مقادیر متفاوت از انواع مختلف مواد افزودنی کاربرد دارد. برای انجام مقایسه‌های هدف‌دار، شرایط تبخیر در مدت انجام آزمون باید برای ایجاد ترک با میانگین عرض حداقل ۰٫۵mm در آزمونه‌های شاهد کافی باشد (به یادآوری این بند مراجعه کنید) [۲ و ۵][1]. علاوه بر این، نرخ تبخیر از سطح آزاد آب باید در حدود ٪۵± برای هر آزمون باشد.

یادآوری- برای دستیابی به نرخ‌های تبخیری که ترکی با حداقل عرض ۰٫۵ mm در آزمونه‌های شاهد ایجاد کند، ممکن است به نرخ تبخیر بالاتری نسبت به آن‌چه که در یادآوری ۲ اشاره شده است، نیاز باشد.

در این روش برای کمی‌سازی عملکرد نسبی مخلوط بتن تازه سعی شده است، متغیرهای جوی کنترل شود. از آنجا که متغیرهای دیگری نظیر درجه نرمی سیمان، دانه‌بندی سنگدانه، حجم سنگدانه، روش‌های اختلاط، اسلامپ، مقدار هوا، دمای بتن و پرداخت سطحی بر پتانسیل ترک‌خوردگی تأثیرگذارند، باید دقت شود مقادیر این‌ها از مخلوطی به مخلوط دیگر تا حد امکان ثابت بماند.

۱- اعداد داخل کروشه به شماره مراجع ذکر شده در کتابنامه اشاره دارد.

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 می‌شود.

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

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۵۸۱، بتن- ساخت و عمل‌آوری آزمونه‌های بتنی در آزمایشگاه- آیین کار

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴۶، بتن- تعیین زمان گیرش مخلوط‌های بتنی به‌وسیله مقاومت در برابر نفوذ- روش آزمون

2-3 ASTM C125, Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

2-4 ASTMC143/C143M, Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete

2-5 ASTM C670, Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

۳ اصول آزمون

۳-۱ پنل‌های بتنی شاهد و بتن الیافی مطابق با الزامات تعیین شده، ساخته شده و سپس در شرایط کنترل شده، خشک می‌شود. شرایط خشکاندن (به یادآوری این بند مراجعه کنید) طوری در نظر گرفته می‌شود که برای ایجاد ترک‌خوردگی ناشی از جمع‌شدگی پلاستیک در پنل‌های بتنی شاهد کافی باشد. نرخ تبخیر از سطح آزاد آب با استفاده از تشت‌های قرار گرفته در نزدیک پنل‌ها در محفظه محیطی پایش می‌شود.

یادآوری- یک عامل مهم در این استاندارد، اتلاف آب در اثر تبخیر است، که با شرایط جوی اطراف آزمونه‌ها کنترل می‌شود. از آنجا که نرخ تبخیر آب از آزمونه‌های بتنی برابر با نرخ تبخیر آب از یک تشت آب نیست (به دلیل اثرات آب‌انداختگی و تبخیر)، حداقل نرخ تبخیر از تشت آب برای این روش آزمون برابر ۱ $Kg/m^2.h$ می‌باشد[۱]. اتلاف رطوبتی پنل‌های بتنی مورد آزمون را می‌توان پایش و گزارش نمود، ولی نرخ تبخیر از سطح آزاد آب در تشت عاملی است که می‌تواند برای کمی‌سازی محیط خشک کننده به‌کار رود.

۳-۲ آزمون در زمان گیرش نهایی بتن که مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴۶ تعیین می‌شود، پایان می‌یابد. میانگین عرض ترک در مدت ۲۴ h از شروع اختلاط، تعیین می‌شود.

۳-۳ نسبت کاهش ترک‌خوردگی (CRR)[1]، از روی میانگین عرض ترک پنل‌های بتنی تقویت شده با الیاف و میانگین عرض ترک پنل‌های بتنی شاهد محاسبه می‌شود.

1- Cracking reduction ratio

۴ وسایل

۴-۱ قالب‌ها

۴-۱-۱ در صورتی که حداکثر اندازه سنگدانه درشت مساوی یا کمتر از ۱۹mm باشد، از یک قالب مستطیلی به ارتفاع mm(۵ ±۱۰۰)، طول mm(۱۵±۵۶۰) و عرض mm(۱۰± ۳۵۵) استفاده می‌شود (به شکل ۱ مراجعه کنید). جنس قالب ممکن است از فلز، پلاستیک یا تخته چند لا باشد.

یادآوری- در صورت استفاده از تخته چندلا برای ساخت قالب، بهتر است جذب رطوبت آن ناچیز باشد. قالب باید سبک و محکم ساخته شود و تقریباً ۵۰ بار بتوان از آن استفاده کرد.

۴-۱-۲ این روش آزمون برای سنگدانه‌هایی با اندازه مساوی یا کوچکتر از ۱۹mm طراحی شده است. برای سنگدانه درشت با اندازه بزرگتر از ۱۹mm، ارتفاع قالب باید برابر با حداقل ۶۵mm به اضافه دو برابر حداکثر اندازه سنگدانه درشت باشد.

۴-۲ افزاینده تنش و قیدهای داخلی[1]

این وسیله باید از یک قطعه ورق فلزی یا از یک قطعه سخت فولادی مطابق شکل ۱ ساخته شود. ضخامت ورق فلز باید برابر mm(۰٫۰۵ ±۱٫۲) باشد (به شکل ۱ و مرجع [۲] کتابنامه مراجعه کنید). دو قید به ارتفاع mm(۱±۳۲) در فاصله mm(۲ ±۹۰) از هر دو انتهای داخل قالب قرار گرفته است. افزاینده تنش در مرکز به ارتفاع mm(۲ ± ۶۴) بوده و به عنوان نقطه شروع ترک‌خوردگی عمل می‌کند. این ابزارها باید در قسمت پایینی قالب قرار بگیرند.

۴-۲-۱ به‌منظور کاهش چسبندگی بتن، فلز جاگذاری شده و جوانب قالب را با روغن قالب پوشش دهید. سپس، روغن اضافی را با یک پارچه تمیز و خشک بردارید.

۴-۳ بادبزن با سرعت متغیر

از بادبزن‌هایی با قابلیت تولید باد با سرعتی معادل ۴٫۷m/s یا بیشتر بر روی تمام سطح آزمونه استفاده می‌شود.

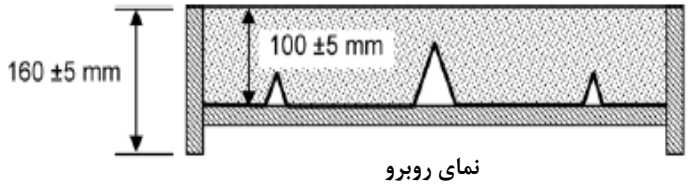
۴-۴ محفظه محیطی

برای تولید جریان هوای یکنواخت روی سطح پنل، از یک بادبزن در داخل محفظه محیطی استفاده شود (به شکل ۲ مراجعه کنید). برای برقراری جریان هوای یکنواخت و امکان مشاهده ترک‌خوردگی، روی پنل‌ها را بپوشانید. روش دیگر برقراری جریان هوای یکنواخت استفاده از یک محفظه محیطی ویژه مطابق شکل ۳ است. برای رسیدن به شرایط محیطی مشخص می‌توان از گرم‌کننده، رطوبت‌ساز و رطوبت‌گیر استفاده کرد. این آزمون، با استفاده از دستگاه نشان داده شده در شکل ۲ یا ۳ با قرار دادن پنل‌ها در معرض بخار با نرخ $Kg/m^2.h$ ۱ انجام می‌شود (به یادآوری بند ۳-۱ مراجعه کنید). برای آزمون استاندارد، دما باید در محدوده $^{\circ}C$(۳ ± ۳۶) و رطوبت

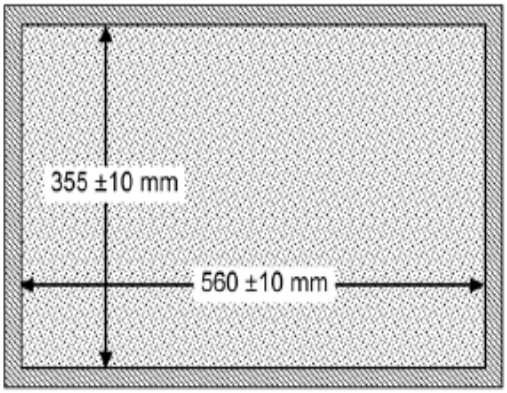
1- Internal Restraints

نسبی نیز باید در محدوده ٪(۱۰±۳۰) حفظ شود، همچنین سرعت باد نیز برای حفظ حداقل نرخ تبخیر در طی مدت زمان انجام آزمون، کافی باشد.

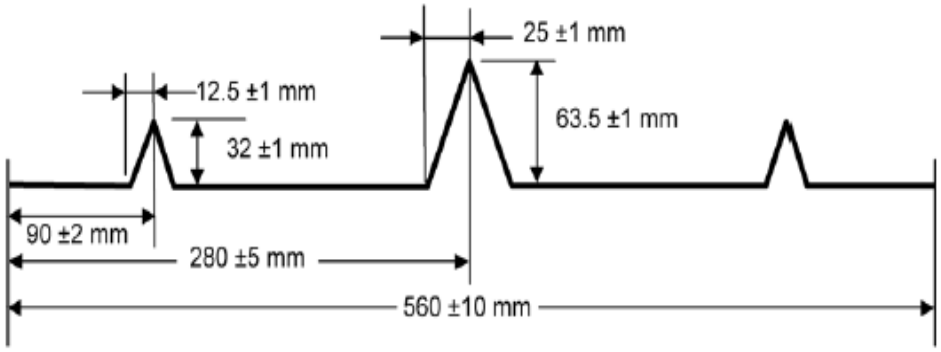
یادآوری- قبل از قالب‌گیری پنل‌های بتنی، بهتر است متغیرهای جوی در محفظه محیطی بررسی شوند، تا شرایط تبخیری لازم به‌دست آید. سرعت باد برابر با ۴٫۷ m/s برای رسیدن به حداقل نرخ تبخیر مشخص شده، کافی است، اما برای دستیابی به میانگین عرض ترک موردنظر ممکن است در برخی از پنل‌های شاهد به سرعت باد بیش از این مقدار نیاز باشد.



نمای روبرو

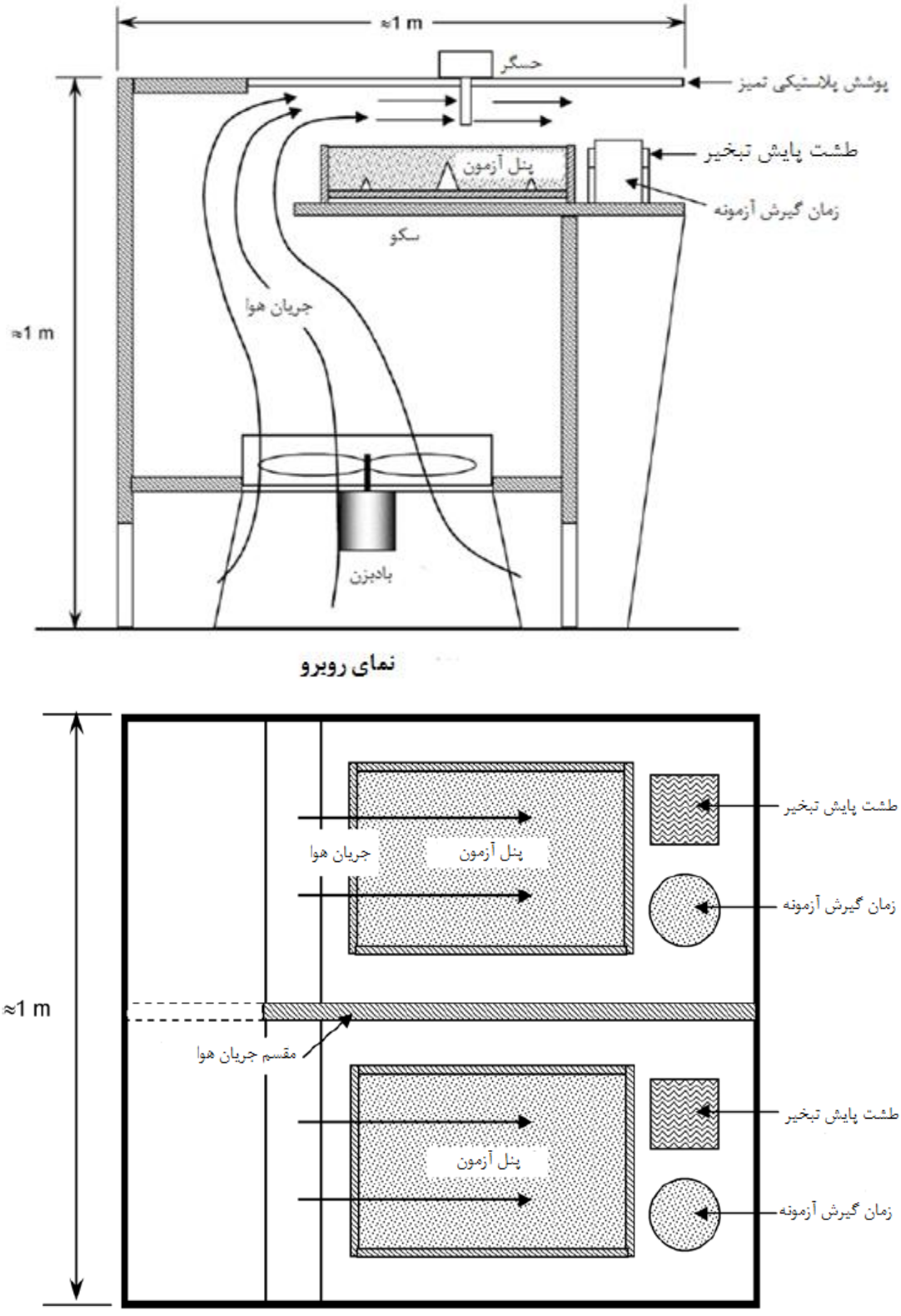


نمای بالا

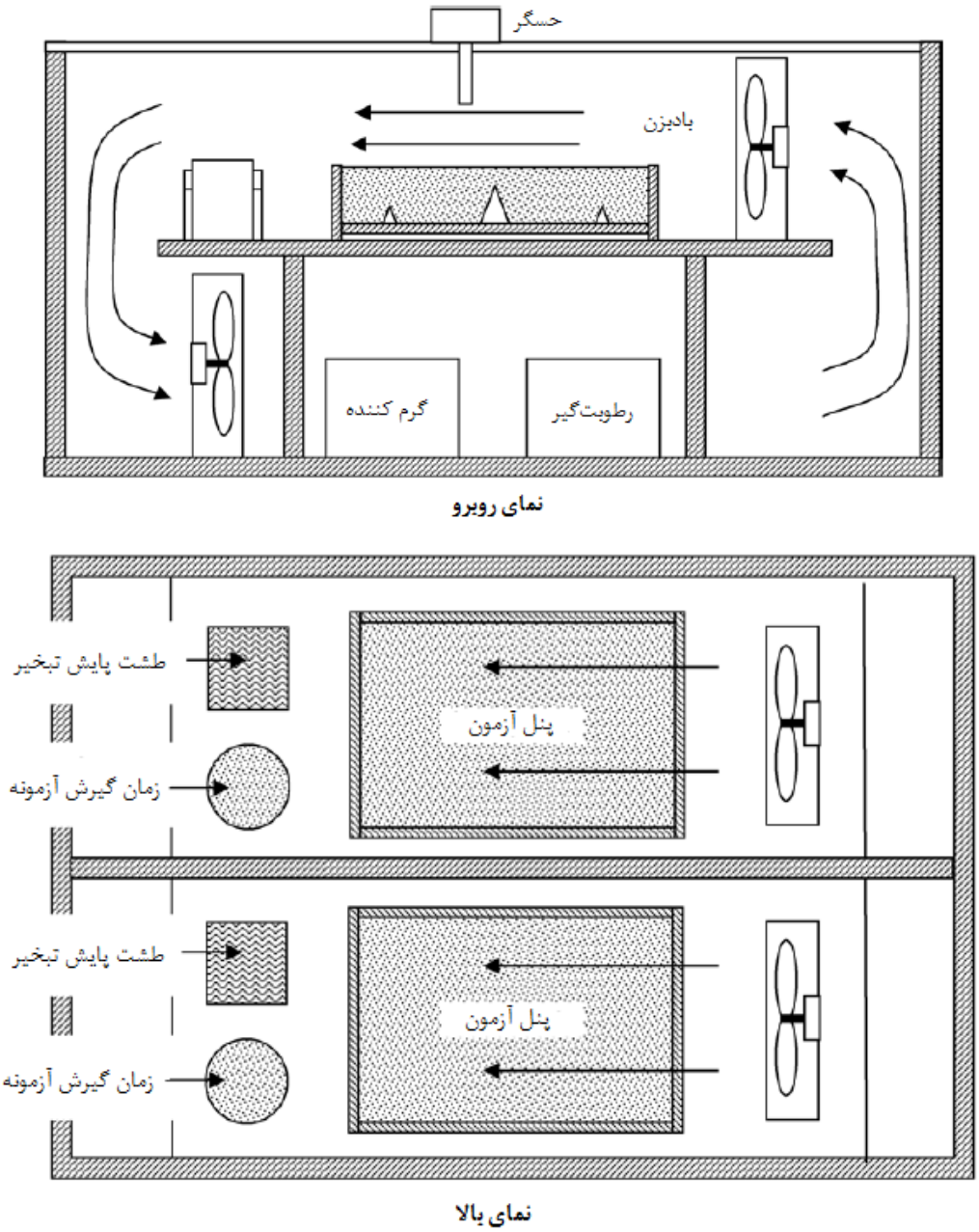


افزاینده تنش

شکل ۱- ابعاد قالب آزمونه و افزاینده تنش



شکل ۲- نمونه‌ای از محفظه دارای بادبزن برای حفظ شرایط محیطی (بدون مقیاس) [۲]



شکل ۳- نمونه‌ای از یک محفظه برای حفظ شرایط محیطی [۴]

۴-۵ حسگرها

برای اندازه‌گیری دما، رطوبت و سرعت باد محیط اطراف و سطح بتن از حسگرهایی با دقت ۰٫۵°C برای دما، ۱٪ برای رطوبت نسبی و ۰٫۱ m/s برای سرعت باد استفاده کنید.

۴-۶ صفحه لرزنده

وسیله‌ای که بتواند پنل آزمون را به‌طور کامل متراکم کند و الزامات حداقل بسامد را مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۵۸۱ برای لرزاننده بیرونی فراهم کند، برای این منظور مناسب است.

۴-۷ وسایل پرداخت بتن

پس از لرزاندن، بتن اضافی را با یک شمشه آهنی بردارید. برای پرداخت سطح آزمونه پس از شمشه‌کشی باید از یک ماله چوبی، فولادی یا منیزمی استفاده شود.

۴-۸ تشت پایش تبخیر

برای هر آزمونه بتنی یک تشت مناسب برای در معرض قرار دادن آب در برابر جریان هوا، موردنیاز است. جوانب تشت باید قائم باشد. اندازه تشت باید به‌حدی باشد که حداقل m^2(۰٫۱±۰٫۰۱) از سطح آب در معرض جریان هوا قرار بگیرد. در شروع آزمون، لبه تشت نباید بیش از ۵mm بالاتر از سطح آب باشد.

یادآوری ۵- پنل‌های آزمون و تشت‌های پایش تبخیر را می‌توان در محفظه محیطی طراحی شده برای این روش آزمون قرار داد (به شکل ۳ مراجعه کنید)، یا تشت‌ها را می‌توان در پایین‌دست پنل‌های آزمون در محفظه بادبزن قرار داد (به شکل ۲ مراجعه کنید).

۴-۹ ترازو

در صورتی که نرخ اتلاف رطوبتی پنل‌های آزمون توسط مسئول تعیین آزمون‌ها درخواست شود، وزن پنل‌های آزمون را با یک ترازو با حداقل ظرفیت ۱۰۰Kg و با دقتی در حدود ٪۰٫۱ وزن آزمونه، تعیین کنید. تشت‌های پایش تبخیر را با ترازویی با حداقل ظرفیت ۳Kg و با دقتی در حدود ۵g وزن کنید.

۴-۱۰ وسیله اندازه‌گیری ترک

برای این منظور می‌توان از یک میکروسکوپ نوری دستی، مقایسه‌گر[1] ترک و یا سامانه آنالیز تصویری استفاده کرد. وسیله مورد استفاده باید قادر به اندازه‌گیری ترک با حداقل دقت ۰٫۰۵mm باشد. در صورت استفاده از سامانه خودکار آنالیز تصویری، قابلیت آن برای اندازه‌گیری دقیق باید اثبات شود. برای نشان دادن دقت اندازه‌گیری، با سامانه موردنظر باید شیاری به عرض ۰٫۵mmرا که بر روی قطعه‌ای از فولاد ماشین‌کاری شده است، اندازه‌گیری کرد و عرض گزارش شده باید در حدود ±۰٫۰۵mm عرض ماشین‌کاری شده، باشد.

۵ نمونه‌برداری، آزمونه‌ها و واحدهای آزمون

۵-۱ پنل‌های آزمون

پنل‌های آزمون باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۵۸۱ و با استفاده از مواد و فرآیندهای آماده‌سازی اختلاط و پرداخت یکسان، قالب‌گیری شوند.

۵-۲ واحد آزمون

یک واحد آزمون از حداقل دو آزمونه شاهد و دو آزمونه بتن الیافی با نسبت‌های اختلاط یکسان، تشکیل شده است. برای تعیین میزان کاهش ترک ناشی از جمع‌شدگی پلاستیک در بتن الیافی، هر بار یک گروه دوتایی از آزمونه‌های شاهد مورد آزمون قرار می‌گیرند.

1- Comparator

۶ روش انجام آزمون

۶-۱ اسلامپ هر مخلوط بتن را مطابق با استاندارد ASTM C143/C143M تعیین کنید.

۶-۲ برای تعیین زمان گیرش، آزمونه‌ها را مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴۶ تهیه کنید. در صورتی که بتن الیافی را نتوان به آسانی به روش تر الک کرد، از آزمونه بتنی شاهد برای اندازه‌گیری زمان گیرش نهایی هر دو مخلوط بتن شاهد و بتن الیافی استفاده کنید. برای تعیین زمان گیرش، آزمونه‌ها را در معرض جریان هوا قرار دهید، طوری که آن‌ها در معرض شرایط محیطی یکسان با شرایط جمع‌شدگی پلاستیک پنل‌ها قرار بگیرند.

۶-۳ کل قالب پنل را در یک لایه پر کنید. با لرزاننده بیرونی، بتن را متراکم کنید تا زمانی که سطح بتن تقریباً برابر با لبه بالایی قالب شود. هر آزمونه را به‌صورت عمود بر افزاینده تنش، سه بار شمشه‌کشی کنید.

۶-۴ پس از شمشه‌کشی، آزمونه‌ها را با تعداد عبور معین، ماله‌کشی کنید. در صورت نیاز به تعیین اتلاف رطوبتی پنل، هر نوع بتن اضافی چسبیده به محیط بیرونی قالب را تمیز کرده و هر پنل را همراه با قالب، وزن کنید.

۶-۵ پنل تهیه شده از مخلوط بتن الیافی و بتن شاهد را در محفظه محیطی و در پایین‌دست بادبزن‌ها قرار دهید (به شکل ۲ و ۳ مراجعه کنید).

۶-۶ بادبزن‌ها را به‌کار بیاندازید و سرعت هوا را طوری تنظیم نمایید که شرایط لازم برای تبخیر به‌دست آید (به یادآوری بند ۴-۴ مراجعه کنید). در این زمان، ارزیابی ترک‌خوردگی را شروع کنید.

۶-۷ در شروع آزمون و در فواصل زمانی ۳۰min مقادیر دمای هوا، رطوبت نسبی و سرعت جریان هوا را در نقطه‌ای به فاصله mm(۵ ±۱۰۰) بالاتر از سطح پنل، ثبت کنید. در صورت الزام مسئول تعیین آزمون‌ها، زمان مشاهده اولین ترک‌خوردگی بر روی سطح را برای هر پنل ثبت کنید. آزمون‌های نفوذ باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴۶ در فواصل زمانی منظم انجام شود. ثبت متغیرهای محیطی را تا زمان گیرش نهایی، ادامه دهید.

۶-۸ نرخ تبخیر را با وزن کردن تشت‌های پر پایش تبخیر در شروع آزمون و نیز در فواصل زمانی ۳۰min بعدی، تعیین کنید [۳]. در هر توزین، کاهش جرم را با دقت ۵g ثبت کنید. برای تعیین نرخ تبخیر در هر فاصله زمانی، کاهش جرم بین دو توزین متوالی را بر مساحت سطح آب در تشت توزین تقسیم کنید (به یادآوری این بند مراجعه کنید). در صورتی که میانگین نرخ تبخیر کمتر از $Kg/m^2.h$ ۱ باشد، آزمون نامعتبر است.

یادآوری- برای حفظ نرخ تبخیر موردنیاز، بهتر است سرعت باد تنظیم شود. بنابراین توصیه می‌شود برای پایش مستمر، تشت‌های پایش تبخیر روی ترازوهایی در مسیر جریان هوا قرار داده شوند تا در طی انجام آزمون به‌طور متناوب برداشته نشوند. در غیر این صورت، بهتر است تشت پایش تبخیر در مدت ۱۵s از مسیر جریان هوا برداشته و توزین شده و سپس در مسیر جریان هوا قرار داده شود.

۶-۹ پس از وقوع گیرش نهایی (از آخرین زمان گیرش اندازه‌گیری شده در دو آزمونه استفاده کنید)، متغیرهای جوی را ثبت کنید، بادبزن‌ها را متوقف کرده و زمان را ثبت کنید و کل میزان کاهش آب از تشت‌های تبخیر را تعیین کنید. در صورت نیاز به تعیین اتلاف رطوبتی پنل‌های آزمون، آن‌ها را همراه با قالب‌هایشان وزن کنید. پنل‌های آزمون را در آزمایشگاه در دمای $^{\circ}C$(۲ ± ۲۳) و زیر ورق‌های پلاستیکی نگهداری کنید تا میزان تبخیر تا زمان اندازه‌گیری عرض ترک به حداقل برسد.

۷ تعیین میزان ترک‌خوردگی

۷-۱ میزان ترک‌خوردگی را h(۲±۲۴) پس از اختلاط، با اندازه‌گیری عرض ترک‌ها در سطح پنل‌ها، تعیین کنید.

یادآوری- مطالعات نشان می‌دهند که اگر پنل‌ها با پلاستیک پوشانده شوند، در مدت زمان h(۶ تا ۲۴) پس از اختلاط، تغییر محسوسی در میانگین عرض ترک رخ نمی‌دهد [۵].

۷-۲ برای جلوگیری از اثرات احتمالی مرزهای پنل روی عرض ترک، از اندازه‌گیری عرض ترک‌ها در فاصله ۲۵mm از مرزهای پنل خودداری کنید.

۷-۳ عرض هر ترک در امتداد مسیر ترک‌خوردگی روی افزاینده تنش را به‌صورت پیش‌رونده از یک طرف پنل تا طرف دیگر آن اندازه‌گیری کنید. در صورت استفاده از روش دستی برای اندازه‌گیری عرض ترک، از یک مقایسه‌گر ترک یا میکروسکوپ برای اندازه‌گیری استفاده کنید. عرض ترک را با دقت ۰٫۱mm و در فواصل mm(۱ ±۱۰) در امتداد طول ترک، اندازه‌گیری کنید. روش فوق را تا اندازه‌گیری تمامی ترک‌ها، تکرار کنید. در صورت استفاده از روش آنالیز تصویری، عرض ترک‌ها را روی فواصل یکسان، اندازه‌گیری و ثبت کنید (به یادآوری ۸ مراجعه کنید). برای اجتناب از تکرار اندازه‌گیری‌ها باید همپوشانی میان تصاویر مجاور حذف شود [۴]. برای محاسبه میانگین عرض ترک، عرض تمامی ترک‌ها را ثبت کنید.

یادآوری- برای نمونه‌برداری عرض ترک‌ها در نقاط تعیین شده می‌توان از یک الگوی شبکه‌ای استفاده کرد [۴].

۷-۴ میانگین عرض ترک را با دقت ۰٫۰۵ mm محاسبه کنید. اگر میانگین عرض ترک در پنل‌های شاهد (میانگین حداقل دو پنل) حداقل ۰٫۵ mm و در هر پنل شاهد مجزا کمتر از ۰٫۴ mm نباشد، آزمون نامعتبر است. برای دستیابی به حداقل میانگین عرض ترک، نرخ تبخیر را افزایش دهید و آزمون را تکرار کنید (به یادآوری ۲ این بند مراجعه کنید).

یادآوری ۱- الزام حداقل عرض ترک در پنل شاهد کمک می‌کند تا از انجام اصلاحات زیاد در مخلوط بتن جلوگیری شود و به‌طور آماری نشان دهنده بهبود قابل توجه در عملکرد آن است. این الزام ممکن است برای کنترل ترک‌خوردگی تحت شرایط کارگاهی کافی نباشد.

یادآوری ۲- برای راهنمایی بیشتر در مورد نحوه تأثیر سرعت باد بر نرخ تبخیر به مرجع شماره [۱] کتابنامه مراجعه کنید.

۸ گزارش آزمون

برای هر مخلوط مورد آزمون اطلاعات زیر را گزارش کنید:

۸-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۸-۲ نسبت‌های اختلاط آب، سیمان (یا مواد سیمانی) و سنگدانه‌ها بر حسب Kg/m^3، نسبت اختلاط مواد افزودنی بر حسب l/m^3، نسبت آب به سیمان (w/c) با دقت ۰٫۰۱ و مقدار اسلامپ بر حسب mm؛

۸-۳ مشخصات الیاف (در صورت کاربرد) از جمله جنس الیاف، طول، سطح مقطع عرضی، شکل الیاف و میزان مصرف آن در مخلوط بر حسب Kg/m^3؛

۸-۴ طول، ارتفاع و عرض پنل‌ها بر حسب mm؛

۸-۵ میزان ترک‌خوردگی هر پنل به‌صورت میانگین عرض ترک با دقت ۰٫۰۵ mm؛

۸-۶ دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و نرخ تبخیر اندازه‌گیری شده در مدت انجام آزمون؛

۸-۷ در صورت نیاز، اتلاف رطوبتی هر پنل بر حسب کیلوگرم آب در هر متر مربع سطح (Kg/m^2)، فواصل زمانی میان توزین‌های پنل را گزارش کنید؛

۸-۸ نسبت کاهش ترک‌خوردگی (CRR) برحسب درصد.

۹ دقت و اریبی[1]

۹-۱ دقت

یک مطالعه چند آزمایشگاهی[2] در مورد دقت انجام شده است. اطلاعات مربوط به تکرارپذیری این روش آزمون از انجام آزمون درون آزمایشگاهی با استفاده از یک کاربر و روی پنل‌های تکراری به‌دست آمده است (به استاندارد ASTM C670 مراجعه کنید) [۵]. تعداد پنل‌های تکراری، میانگین عرض ترک و انحراف معیار میانگین عرض ترک برای پنل‌های شاهد و پنل‌های ساخته شده با مقادیر مختلف الیاف در جدول ۱ ارائه شده است. انحراف معیار ظاهراً ثابت بوده و از آن به عنوان معیار تکرارپذیری استفاده می‌شود. در صورتی که از سه پنل برای تعیین نسبت کاهش ترک‌خوردگی (CRR) استفاده شود، مقدار انحراف معیار یک کاربر برابر ٪۴٫۶ تعیین شده است.

۱۰-۲ اریبی

روش مورد استفاده در این استاندارد برای اندازه‌گیری مقدار ترک‌خوردگی فاقد اریبی بوده، زیرا مقدار ترک‌خوردگی فقط بر اساس این روش آزمون تعیین می‌شود.

1- Bias
2- Multi-laboratory

جدول ۱- تکرارپذیری میانگین عرض ترک توسط یک کاربر (عرض ترک هر پنل ۲۲ بار با روش دستی اندازه‌گیری شده است)

شناسه مخلوط	حجم الیاف	تعداد پنل‌ها	میانگین عرض ترک mm	انحراف معیار میانگین عرض ترک mm
A	۰ ٪	۶	۰٫۶۷	۰٫۰۴
B	۰٫۰۵ ٪	۴	۰٫۴۴	۰٫۰۵
C	۰/۱۰ ٪	۴	۰٫۳۳	۰٫۰۵
D	۰٫۱۵ ٪	۴	۰٫۰۸	۰٫۰۴
E	۰٫۲۰ ٪	۲	۰٫۰۳	۰٫۰۲

یادآوری- نتایج ارائه شده در این جدول مربوط به مخلوطی است که با استفاده از یک نوع الیاف مطابق مرجع شماره [۵] کتابنامه ساخته شده است.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[1] "Hot Weather Concreting," *ACI 305.R-99, ACI Manual of Concrete Practice*, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2004.

[2] Berke, N. S., and Dalliare, M. P., "The Effect of Low Addition Rate of Polypropylene Fibers on Plastic Shrinkage Cracking and Mechanical Properties of Concrete," Fiber Reinforced Concrete: Development and Innovations, ACI SP-142, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1994 , pp.19-41.

[3] Nanni, A., Ludwig, D. A., and Mcgillis, M. T., "Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber-Reinforced Concrete," Transportation Research Record, 1382, 1993, pp. 69-72.

[4] Qi, C., Weiss, J., and Olek, J., "Characterization of Plastic Shrinkage Cracking in Fiber-Reinforced Concrete Using Semi-Automated Image Analysis," RILEM Materials and Structures, Vol 36, No. 260, July 2003, pp. 386-395.

[5] Qi, C., Weiss, J., and Olek, J., "Statistical Significance of the Restrained Slab with a Stress Riser for Quantifying Plastic Cracking in Fiber Reinforced Concrete," ASTM Journal of Testing and Evaluation, July 2005.