



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۸۷۱۷-۳

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

18717-3

1st. Edition

2014

بتن پاششی - قسمت ۳: تعیین مقاومت‌های  
خمشی (مقاومت حداکثر اولیه، نهایی و  
پس‌ماند) آزمون‌های تیر تقویت شده الیافی -  
روش آزمون

**Sprayed Concrete –Part 3: Determination of  
Flexural strengths (First peak, Ultimate and  
Residual) of Fibre Reinforced Beam  
Specimens- Test method**

ICS: 91.100.30

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه 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 حوزهای مختلف در کمیسیونهای فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و موسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمانهای دولتی و غیردولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیونهای فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته 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 موسسات و سازمانهای علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت 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 شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

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 تضمین کیفیت فرآورده ها و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای فرآورده های تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای فرآورده های کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و موسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاهها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمانها و موسسات را بر اساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تایید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گران بها 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 پاششی - قسمت ۳: تعیین مقاومت‌های خمشی (مقاومت حداکثر اولیه، نهایی و پس‌ماند)

آزمونه‌های تیر تقویت شده الیافی - روش آزمون»

### رئیس: سمت و/ یا نمایندگی

دانشگاه لرستان

### رئیس:

کولیوند، فرشاد

(دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک سنگ)

### دبیر:

زکریایی، احسان

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

اداره کل استاندارد استان کرمان

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

امیرشکاری، سیامک

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

گروه صنایع سیمان کرمان

جوادی، محمد

(دانشجوی دکتری مهندسی معدن)

شرکت ایمن‌سازان

خورشیدزاده، محمد مهدی

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد استان کرمان

سلطانمرادی، حسن

(کارشناسی مهندسی عمران)

سازمان نظام مهندسی ساختمان

سهرج زاده، مریم

(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

اداره کل استاندارد استان کرمان

غریب حسینی، سعید

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

شرکت سیمان ممتازان کرمان

فرجون، محمد

(کارشناسی مهندسی عمران)

شرکت ساختمانی ارسا

اداره کل استاندارد استان کرمان

کیانفر، مریم  
(کارشناسی ارشد شیمی)

گروه صنایع سیمان کرمان

مهرابی، رضا  
(کارشناسی شیمی)

شرکت ساختمانی پرلایت

ناظمی، حمید  
(کارشناسی مهندسی عمران)

شرکت زمین حفاران کاسیت

ندری، کیانوش  
(کارشناسی مهندسی عمران)

اداره استاندارد شهرستان سیرجان

نورمندی، فرهاد  
(کارشناسی مهندسی عمران)

اداره استاندارد شهرستان سیرجان

یزدی میرمخلصونی، سید محمد  
(کارشناسی فیزیک)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
د	پیش‌گفتار
و	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ وسایل
۴	۵ آزمون
۵	۶ روش انجام آزمون
۶	۷ بیان نتایج
۸	۸ گزارش آزمون
۹	۹ دقت
۱۰	پیوست الف (اطلاعاتی) کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد «بتن پاششی - قسمت ۳: تعیین مقاومت‌های خمشی (مقاومت حداکثر اولیه، نهایی و پس‌ماند) نمونه‌های تیر تقویت شده الیافی - روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در پانصد و چهل و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۹/۲۵ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه 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 تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارایه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

BS EN 14488-3: 2006, Testing sprayed concrete. Flexural strengths (first peak, ultimate and residual) of fibre reinforced beam specimens

## مقدمه

این استاندارد یکی از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۸۷۱۷ است.

بتن پاششی - قسمت ۳: تعیین مقاومت‌های خمشی (مقاومت حداکثر اولیه، نهایی و

پس‌ماند) آزمون‌های تیر تقویت شده الیافی - روش آزمون

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روشی برای اندازه‌گیری مقاومت خمشی (مقاومت حداکثر اولیه، نهایی و پس‌ماند) آزمون‌های بتن پاششی سخت شده است.

## 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 می‌شوند.

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 آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۸۷۱۷، بتن پاششی - قسمت ۱: نمونه برداری از بتن پاششی تازه و سخت شده

2-2 EN 12390-4: 2000, Testing hardened concrete- Part 4: Compressive strength - Specification for testing machines

2-3 EN 14487-1, Sprayed concrete - Part 1: Definitions, specifications and conformity

2-4 EN 12390-1:2000, Testing hardened concrete- Part 1: Shape, dimensions and other requirements for specimens and moulds

## ۳ اصول آزمون

آزمون‌های تیر منشوری با اعمال بار از طریق غلطک‌هایی در بالا و پایین تیر، در معرض گشتاور خمشی قرار داده می‌شوند. بارهای اولیه نهایی، حداکثر و پس‌ماند تحمل شده توسط آزمون ثبت شده و مقاومت‌های خمشی متناظر با آن‌ها محاسبه می‌شود. به منظور به‌دست آوردن پاسخ بار/ تغییرشکل خمشی<sup>۱</sup> (بدون در نظر گرفتن تغییرشکل‌های غیرخمشی بعدی)، یک آزمون تقویت شده با الیاف (که مطابق با استاندارد بند

---

1 - Load-Deflection Response



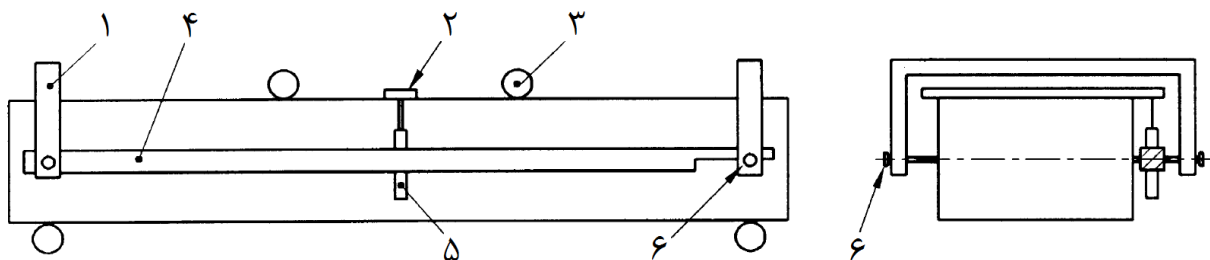
۱-۲ از پانل آزمون بریده شده است) را با اعمال بار توسط غلطک‌هایی در بالا و پایین تیر، تحت شرایط کنترل تغییرشکل خمشی، در معرض گشتاور خمشی قرار می‌دهند. مقاومت‌های خمشی حداکثر اولیه، نهایی و پس‌ماند با استفاده از منحنی بار/ تغییرشکل خمشی تعیین می‌شوند.

## ۴ وسایل

### ۱-۴ دستگاه آزمون<sup>۱</sup>

آزمون باید با استفاده از دستگاه آزمون، مطابق با استاندارد بند ۲-۲، بخش‌های ۲-۴ و ۳-۴ انجام شود. صلبیت و سامانه کنترل دستگاه آزمون باید به‌گونه‌ای باشد که بتواند تغییرشکل خمشی را کنترل کند. صلبیت سامانه بارگذاری (شامل قاب، سلول بار، بلوک بارگذاری و قاب تکیه‌گاه) باید حداقل  $200 \text{ kN/mm}$  باشد.

یک پشت‌بند فولادی یا آلومینیومی (شکل ۱ را ببینید)، یک مبدل<sup>۲</sup> الکتریکی واسنجی شده دارای قابلیت تفکیک‌پذیری<sup>۳</sup> حداقل  $0.2 \text{ mm}$ ، یک داده‌نگار<sup>۴</sup> الکترونیکی<sup>۵</sup> یا رسام<sup>۶</sup> (پلاتر) XY نیاز است.



راهنما

- ۱ پیچ دستی (چنگک)
- ۲ میله مرجع (گیردار شده یا چسبانده شده)
- ۳ غلطک بارگذاری
- ۴ پشت‌بند قالب
- ۵ مبدل
- ۶ پیچ تنظیم موقعیت

یادآوری - ممکن است یک پشت‌بند/ مبدل به جای این که فقط در یک طرف تیر نصب شود، به‌گونه‌ای که در شکل مقطع عرضی تیر نشان داده شده است، در هر دو طرف تیر قرار داده شود.

### شکل ۱- چیدمان پشت‌بند قالب برای اندازه‌گیری تغییرشکل خمشی

- 1 - Testing Machine
- 2 - Transducer
- 3 - Resolution
- 4 - Data Logger
- 5 - Data Logger
- 6 - Plotter

#### ۲-۴ اعمال نیرو

وسایل اعمال نیروها باید شامل موارد زیر باشند (شکل ۲ را ببینید):

- دو غلطک تکیه‌گاهی؛
- دو غلطک بالایی که توسط یک عضو اتصال‌دهنده مفصلی متصل شده‌اند و بار اعمال شده بر دستگاه را به‌طور مساوی بین دو غلطک تقسیم می‌کند؛

باید همه غلطک‌ها از فولاد ساخته شده باشند و دارای مقطع عرضی دایره‌ای با قطر ۲۰mm تا ۴۰mm باشند. طول این غلطک‌ها باید حداقل ۱۰mm بیش‌تر از عرض نمونه باشد.

سه غلطک، از جمله دو مورد بالایی، باید بتوانند به‌طور آزادانه حول محورهای خود حرکت چرخشی داشته باشند و قادر باشند در یک صفحه عمود بر محور طولی نمونه، شیب‌دار و مایل شوند.

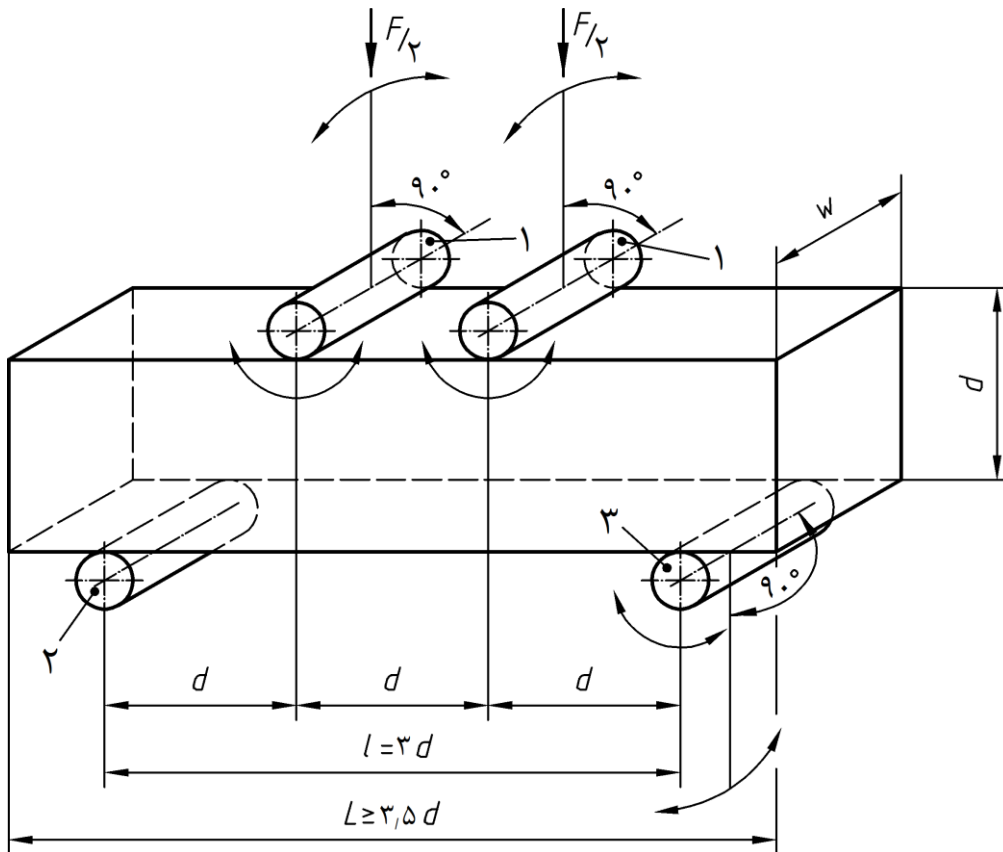
فاصله بین غلطک‌های پایینی ( $l$ ) (به‌طور مثال دهانه)، باید معادل  $d$  باشد، در این جا  $d$  برابر ۱۵۰mm است. فاصله بین غلطک‌های میانی (غلطک‌های بالایی) باید برابر با  $d$  باشد. غلطک‌های میانی باید با فاصله‌داری یکسان بین غلطک‌های پایینی قرار گیرند، همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است. کلیه غلطک‌ها باید مطابق با موقعیت‌های نشان داده شده در شکل ۲، با دقت  $\pm 0,2\text{mm}$  تنظیم شوند.

#### ۳-۴ اندازه‌گیری و کنترل تغییرشکل خمشی

تغییرشکل خمشی، بدون در نظر گرفتن هرگونه تغییرشکل و پیچش تکیه‌گاه، باید با استفاده از مبدل الکترونیکی سوار شده بر وسط دهانه تسمه پشت‌بند (که خود تسمه پشت‌بند در وسط ارتفاع تیر و مستقیماً بالای سر تکیه‌گاه‌ها قرار گرفته و موجب نگه‌داشتن تیر می‌شود)، اندازه‌گیری شود. چیدمان مناسب تسمه پشت‌بند در شکل ۱ نشان داده شده است. بهتر است که از دو مبدل، که در هر دو طرف تیر سوار شده‌اند، استفاده شود.

برای بارگذاری بر روی نمونه با نرخ ثابت تغییرشکل خمشی در وسط دهانه تیر، دستگاه آزمون باید توسط مبدل کنترل شود. منحنی بار-تغییرشکل خمشی باید به‌طور پیوسته ثبت شده یا یادداشت شود.

هنگامی که از دو مبدل استفاده می‌شود، باید میانگین دو اندازه‌گیری تغییرشکل خمشی وسط دهانه تیر تعیین شود.



#### راهنما

- ۱ غلطک بارگذاری (قادر به چرخش و کج شدن)
- ۲ غلطک تکیه‌گاهی
- ۳ غلطک تکیه‌گاهی (قادر به چرخش و کج شدن)
- F بار تعیین شده ( $P_{ult}$  یا  $P_{fp}$ ) برحسب نیوتن
- l دهانه
- w میانگین عرض تیر
- d ارتفاع تیر
- L طول تیر

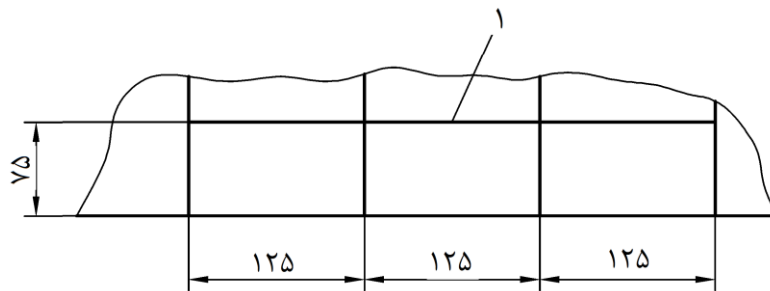
شکل ۲- چیدمان بارگذاری و آزمون آزمون

#### ۵ آزمون

#### ۱-۵ کلیات

هر آزمون باید به شکل منشوری با ابعاد عمق یا ارتفاع ۷۵mm، عرض ۱۲۵mm و طول حداقل ۵۰۰mm باشد که از پانل بتن پاششی، به گونه‌ای که در شکل ۳ نشان داده شده است، بریده شود و به منظور داشتن الزامات استاندارد بند ۲-۴ آماده‌سازی شود. وجه کف جدانشده از قالب، باید وجه کف آزمون (وجه پایینی آزمون) باشد (مشخص کننده جهت پاشش بتن).

تیرها باید به گونه‌ای آزموده شوند که وجه کف برش نخورده قالب (وجه پایینی آزمون) در کشش قرار گیرد، مگر این که به گونه دیگری تعیین شده باشد. اگر نمای بالای تیر باید تحت کشش قرار گیرد، آن وجه (برای اجتناب از برش لنگرگاه انتهای الیاف فولادی) نباید تحت برش و ازه کردن قرار داده شود. توصیه می‌شود منشورها به مدت حداقل سه روز پس از ازه شدن تا حداکثر سه ساعت مانده به انجام آزمون، در آب با دمای  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  انبار شوند (مدت زمان کافی برای آماده‌سازی شامل متصل کردن هرگونه ابزار تعیین موقعیت برای تسمه پشت‌بند یا مبدل، باقی بگذارید). آزمون باید به‌طور معمول در ۲۸ روز انجام شود. نمونه‌ها باید مورد بررسی قرار گرفته و هرگونه وضعیت غیرعادی در آن‌ها گزارش شود.



راهنما

۱ نمای بالای تیر

شکل ۳- چیدمان برشی از مقطع تیر

## ۲-۵ اصلاح آزمون‌ها

جایی که ابعاد یا شکل آزمون‌ها مطابق با استاندارد بند ۲-۴ نیست (به خاطر این که بیش‌تر از رواداری‌های مربوطه هستند)، این آزمون‌ها باید رد شده و پذیرفته نشوند یا این که مطابق با موارد زیر اصلاح شوند:

- سطوح ناصاف باید با سایش تراز و هموار شوند؛

- انحراف زوایا باید با برش دادن و/یا سایش، تصحیح و اصلاح شوند.

یادآوری- عموماً رواداری‌های تعیین شده در استاندارد آزمون بتن سخت شده- قسمت سوم: مقاومت فشاری آزمون‌های آزمون [۱]، برای آزمون‌های بریده شده از پانل‌های آزمون بتنی، سخت‌گیرانه هستند و معمولاً بهتر است با توافق قبلی طرفین، کمی تعدیل شوند.

## ۶ روش انجام آزمون

### ۱-۶ آماده‌سازی و قرار دادن آزمون‌ها

برای آزمون‌های ذخیره شده در آب، قبل از قرار دادن آن‌ها در دستگاه آزمون، رطوبت اضافی را از سطح آزمون‌ها پاک کنید.

کلیه سطوح باربر دستگاه آزمون را پاک کنید و هرگونه خرده‌سنگ یا سایر مصالح غیرمرتبط را از سطوح آزمون، که در تماس با غلطک‌ها قرار خواهند گرفت، حذف کنید.

مبدل‌ها و تسمه پشت‌بند را بر روی آزمون سوار کنید، اطمینان حاصل کنید که تسمه پشت‌بند مستقیماً بالای سر غلطک‌های تکیه‌گاهی و در وسط ارتفاع آزمون قرار گرفته است و این که مبدل‌ها در وسط دهانه تیر و در طرف مقابل یک صفحه مرجع متصل شده یا گیردار شده به تیر، قرار می‌گیرند.

آزمون را به درستی در مرکز و با راستای صحیح (وجه کف برش نخورده از قالب تحت کشش قرار گیرد) به‌گونه‌ای در دستگاه آزمون قرار دهید که محور طولی آزمون نسبت به محور غلطک‌های بالایی و پایینی، به صورت عمود قرار گیرد.

یادآوری - نتایج آزمون ممکن است تحت تاثیر جهت بارگذاری نسبت به جهت پاشش بتن، قرار گیرند.

## ۲-۶ بارگذاری

تا زمانی که غلطک‌های بارگذاری و تکیه‌گاهی به صورت جفت در مقابل هم قرار داده نشده‌اند، بار بر روی آزمون اعمال نشود.

به منظور بارگذاری بر روی آزمون با یک نرخ ثابت تغییرشکل خمشی در وسط دهانه تیر، دستگاه آزمون باید توسط مبدل کنترل شده و تغییرشکل خمشی با نرخ ثابت  $(0.25 \pm 0.05) \text{ mm/min}$  اعمال شود تا زمانی که به مقدار  $0.5 \text{ mm}$ ، تغییرشکل خمشی در تیر ایجاد شود. پس از این نقطه نرخ تغییرشکل خمشی می‌تواند به نرخ  $1 \text{ mm/min}$  افزایش داده شود.

هنگامی که تغییرشکل‌ها بیش‌تر از  $4 \text{ mm}$  باشد یا آزمون دچار شکستگی شود، آزمون باید به اتمام برسد.

بار و تغییرشکل خمشی را به صورت پیوسته به وسیله یک داده‌نگار الکترونیکی یا رسام XY ثبت کنید و حداکثر بار و تغییرشکل خمشی مشخص شده متناظر با آن را نیز یادداشت کنید.

بر روی وجهی که تحت کشش قرار گرفته است، فاصله از مرکز ترک تا نزدیک‌ترین غلطک تکیه‌گاهی را اندازه‌گیری کنید و شکستگی‌های خارج از غلطک‌های بارگذاری را نیز گزارش کنید (شکل ۲ را ببینید).

## ۷ بیان نتایج

### ۱-۷ مقاومت‌های خمشی حداکثر اولیه و نهایی

مقاومت خمشی حداکثر اولیه باید به صورت زیر با استفاده از منحنی بار- تغییرشکل خمشی محاسبه شود (شکل ۴ را ببینید). باید بخش مستقیم‌الخط اولیه منحنی بر اساس  $50\%$  بار حداکثر تعیین شود و خطی موازی با آن و با فاصله افقی  $0.1 \text{ mm}$  از آن (تغییرشکل خمشی وسط دهانه تیر)، رسم شود. مقاومت خمشی

حداکثر اولیه ( $f_{fp}$ ) باید با استفاده از بار حداکثر اولیه ( $P_{fp}$ ) به دست آمده، محاسبه شود و شامل نقطه تقاطع خط موازی با فاصله افقی  $0,1\text{mm}$ ، با منحنی بار- تغییرشکل خمشی می‌باشد (شکل ۴ را ببینید). مقاومت خمشی نهایی ( $f_{ult}$ ) باید از حداکثر بار ( $P_{ult}$ ) ثبت شده محاسبه شود. باید دو اندازه‌گیری عرض و عمق یا ارتفاع تیر در صفحه شکستگی با دقت نزدیک به  $0,1\text{mm}$  انجام شود و میانگین آن‌ها با دقت نزدیک به  $1\text{mm}$  محاسبه شود. اگر صفحه شکستگی خارج از غلطک‌های بارگذاری ایجاد شود، باید این موضوع یادداشت شده و نتایج در نظر گرفته نشوند. مقاومت خمشی (برحسب MPa) باید به صورت مقاومت کششی الاستیک معادل، با استفاده از معادله ۱ محاسبه شود:

$$\text{مقاومت خمشی} = (P \times l) / (w \times d^2) \quad (1)$$

که در آن:

$P$  بار تعریف شده در بالا ( $P_{fp}$  یا  $P_{ult}$ )، برحسب نیوتن؛

$l$  دهانه آزمون ( $450\text{mm}$ )؛

$w$  میانگین عرض تیر در صفحه شکستگی (به‌طور اسمی  $125\text{mm}$ )؛

$d$  میانگین عمق یا ارتفاع تیر در صفحه شکستگی (به‌طور اسمی  $125\text{mm}$ ).

## ۲-۷ مقاومت‌های خمشی پس‌ماند

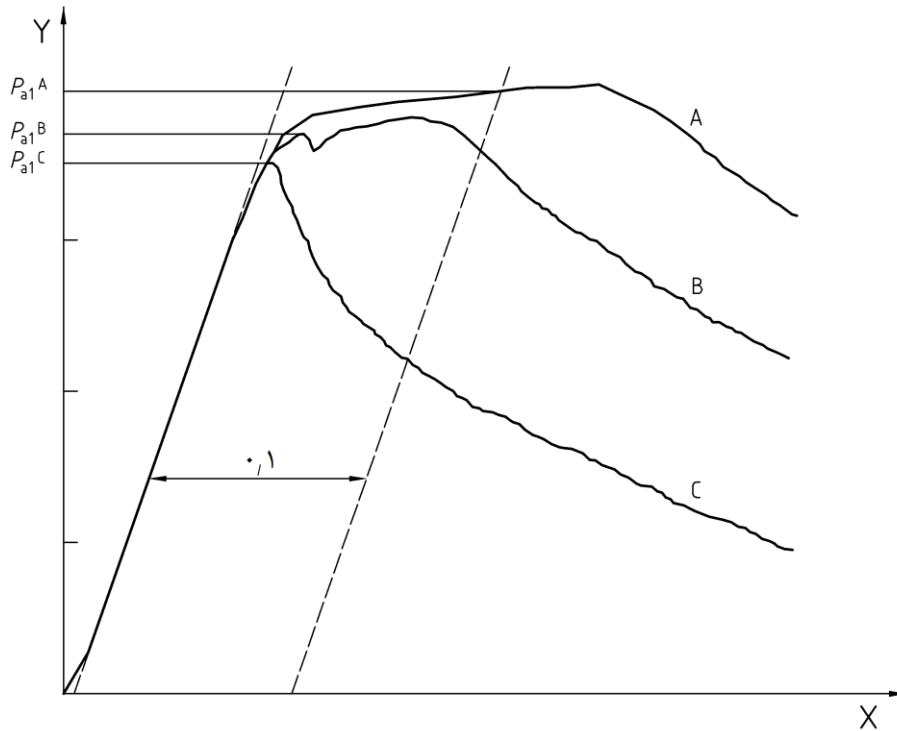
مقاومت‌های پس‌ماند باید با استفاده از بارهای حداقل بر روی منحنی تنش (یا بار) خمشی- تغییرشکل خمشی بین  $0,5\text{mm}$ ،  $1\text{mm}$ ،  $2\text{mm}$  و  $4\text{mm}$  (متناظر با رده‌های تغییرشکل کم، متوسط و بالای  $D_1$ ،  $D_2$ ،  $D_3$  تعریف شده در استاندارد بند ۲-۳) محاسبه شوند.

مقاومت خمشی پس‌ماند ( $f_{r1}$ ) باید از بار حداقل ثبت شده ( $P_{r1}$ ) به ازای تغییرشکل خمشی وسط دهانه بین  $0,5\text{mm}$  و  $1\text{mm}$  محاسبه شود.

مقاومت خمشی پس‌ماند ( $f_{r2}$ ) باید از بار حداقل ثبت شده ( $P_{r2}$ ) به ازای تغییرشکل خمشی وسط دهانه بین  $0,5\text{mm}$  و  $2\text{mm}$  محاسبه شود.

مقاومت خمشی پس‌ماند ( $f_{r3}$ ) باید از بار حداقل ثبت شده ( $P_{r3}$ ) به ازای تغییرشکل خمشی وسط دهانه بین  $0,5\text{mm}$  و  $4\text{mm}$  محاسبه شود.

هر مقاومت خمشی پس‌ماند باید به صورت مقاومت کششی کشسان معادل، با استفاده از معادله ۱ بند ۱-۷ محاسبه شود.



#### راهنما

X تغییر شکل خمشی مرکز تیر بر حسب میلی متر

Y بار بر حسب کیلونیوتن

$P_{a1}^A$  بار نهایی اولیه در نقطه A

$P_{a1}^B$  بار نهایی اولیه در نقطه B

$P_{a1}^C$  بار نهایی اولیه در نقطه C

یادآوری - منحنی های A, B و C برای سه مثال مختلف هستند.

شکل ۴- مثالی از منحنی های بار/تغییر شکل خمشی برای تعیین بار نهایی اولیه  $P_{fp}$

## ۸ گزارش آزمون

یادآوری - گزارش می تواند شامل موارد زیر نیز باشد، (اگر شناسایی شده باشند):

- شرایط آزمون در هنگام دریافت برای انبارش؛
- شرایط عمل آوری؛
- سن آزمون در زمان آزمون.

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۸-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۸-۲ شناسه آزمون؛

۸-۳ متوسط عمق یا ارتفاع (d) و عرض (b) آزمون در صفحه شکستگی با دقت نزدیک به ۱mm؛

۸-۴ جزییات مربوط به سایش سطح آزمون (اگر مناسب است)؛

۵-۸ نوع دستگاه آزمون؛

۶-۸ شرایط رطوبت سطحی آزمون در زمان آزمون (اشباع/مرطوب):

۷-۸ تاریخ انجام آزمون؛

۸-۸ منحنی بار (یا تنش)- تغییرشکل خمشی شامل بار با تقریب ۰/۱ کیلونیوتن؛

۹-۸ بارهای نهایی اولیه ( $P_{fp}$ )، حداکثر ( $P_{ult}$ ) و پس‌ماند ( $P_{r1}$ ،  $P_{r2}$  و  $P_{r4}$ ) با دقت نزدیک به ۰/۱ کیلونیوتن؛

۱۰-۸ مقاومت‌های نهایی اولیه ( $f_{fp}$ )، حداکثر ( $f_{ult}$ ) و پس‌ماند ( $f_{r1}$ ،  $f_{r2}$  و  $f_{r4}$ ) با دقت نزدیک به ۰/۱ مگاپاسکال؛

۱۱-۸ فاصله مرکز ترک تا نزدیک‌ترین تکیه‌گاه با دقت نزدیک به ۱mm، و اگر ترک خارج از غلطک‌های بالایی قرار گیرد، باید یادداشت شود؛

۱۲-۸ نمای ظاهری بتن (اگر غیرمعمول است)؛

۱۳-۸ هرگونه انحراف از روش آزمون استاندارد؛

۱۴-۸ اظهارات شخص فنی مسئول آزمون، که آزمون را مطابق با این استاندارد انجام داده است، به جز جزییاتی که در بند ۸-۱۳ اشاره شده است.

## ۹ دقت

در حال حاضر برای دقت در این آزمون، هیچ داده صحیحی وجود ندارد.



پيوسٽ الف  
(اطلاعاتي)  
ڪتابنامه

[1] EN 12390-3, Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens