



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۸۵۹۱

چاپ اول

ISIRI

8591

1st . Edition

**بتن سبک - تعیین مدول ارتجاعی استاتیکی فشاری بتن  
هوادار اتوکلاو شده و یا بتن سبکدانه با ساختار باز -  
روش آزمون**

**Lightweight concrete - Determination of static  
modulus of elasticity under compression of  
autoclaved aerated concrete or lightweight  
aggregate concrete with open structure -  
Test method**

## « بسمه تعالی »

### آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب قانون ، تنها مرجع رسمی کشور است که عهده دار وظیفه تعیین ، تدوین و نشر استانداردهای ملی ( رسمی ) می باشد .


تدوین استاندارد در رشته های مختلف توسط کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی ، پژوهشی ، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط با موضوع صورت می گیرد . سعی بر این است که استانداردهای ملی ، در جهت مطلوبیت ها و مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی ، فنی و فن آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل : تولیدکنندگان ، مصرف کنندگان ، بازرگانان ، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمانهای دولتی باشد . پیش نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرات و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی ( رسمی ) چاپ و منتشر می شود .

پیش نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمانهای علاقمند و ذیصلاح و با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می شود نیز پس از طرح و بررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی چاپ و منتشر می گردد . بدین ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره « ۵ » تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل می گردد به تصویب رسیده باشد .

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد می باشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندیهای خاص کشور ، از آخرین پیشرفتهای علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی استفاده می نماید .

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون به منظور 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 استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید . مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آنرا اجباری نماید .


همچنین به منظور اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و گواهی کنندگان سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی ، آزمایشگاهها و کالیبره کنندگان وسایل سنجش ، مؤسسه استاندارد اینگونه سازمانها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران مورد ارزیابی قرار داده و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا نموده و بر عملکرد آنها نظارت می نماید . ترویج سیستم بین المللی یکاها ، کالیبراسیون وسایل سنجش تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این مؤسسه می باشد .


نشانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران : کرج - شهر صنعتی، صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵ 

دفتر مرکزی : تهران - ضلع جنوبی میدان ونک، صندوق پستی ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵


تلفن مؤسسه در کرج : ۰۲۶۱-۲۸۰۶۰۳۱-۸ 

تلفن مؤسسه در تهران : ۰۲۱-۸۸۷۹۴۶۱-۵ 

دورنگار : کرج ۰۲۶۱-۲۸۰۸۱۱۴ - تهران ۰۲۱-۸۸۸۷۱۰۳ - ۸۸۸۷۰۸۰ 

بخش فروش - تلفن : ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵ دورنگار : ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵ 

پیام نگار : Standard @ isiri.or.ir 

بهاء : ۱۶۲۵ ریال 

-  **Headquarters :** Institute Of Standards And Industrial Research Of Iran  
**P.O.Box :** 31585-163 Karaj – IRAN
-  **Tel :** 0098 261 2806031-8
-  **Fax :** 0098 261 2808114
- Central Office :** Southern corner of Vanak square, Tehran  
**P.O.Box :** 14155-6139 Tehran-IRAN
-  **Tel :** 0098 21 8879461-5
-  **Fax :** 0098 21 8887080, 8887103
-  **Email :** Standard @ isiri.or.ir
-  **Price :** 1625 RLS

**کمیسیون استاندارد « بتن سبک - تعیین مدول ارتجاعی استاتیکی فشاری بتن هوادار  
اتوکلاو شده و یا بتن سبکدانه با سافتار باز - روش آزمون»**

**رئیس**

پرهیزکار، طیبه  
(دکترای عمران)

**سمت یا نمایندگی**

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات ساختمان و  
مسکن

**اعضاء**

پورخورشیدی، علیرضا  
(کارشناس ارشد عمران)

**سمت یا نمایندگی**

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

تدین، محسن

(دکترای عمران)

عضو هیأت علمی دانشگاه بوعلی سینا (همدان)

جعفرپور، فاطمه

(کارشناس شیمی)

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات ساختمان و  
مسکن

جوانبخت، امیر

(کارشناس ارشد معماری)

سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور

حمیدی، عباس

(کارشناس ارشد)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

دانشور، ولی‌اله

(کارشناس ارشد)

شرکت آوه

رمضانیانپور، علی اکبر

(دکترای عمران)

عضو هیأت علمی دانشگاه امیر کبیر و مشاور  
مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت

فامیلی، هرمز  
(دکتری عمران)

عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت و  
مشاور مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

قدوسی، پرویز  
(دکترای عمران)

شرکت بنای سبک (هبلکس)

صالحی، مجید  
(کارشناس ارشد عمران)

سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور

لنکرانی، مهرناز  
(کارشناس ارشد معماری)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

ماجدی اردکانی، محمد حسین  
(کارشناس شیمی)

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

نوری، نگین  
(کارشناس شیمی)

### دبیر

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

رئیس قاسمی، امیر مازیار  
(کارشناس عمران)

# اعضای شرکت کننده در یکصد و سی و نهمین کمیته ملی استاندارد ساختمان و

مصالح ساختمانی مورخ ۱۳۸۴/۱۲/۲۳

## رئیس

صادقیانپور، صادق  
(لیسانس)

## سمت یا نمایندگی

خانه صنعت و معدن

## اعضاء

اکبری حقیقی، کریم  
(لیسانس)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

اسدی، الهام  
(فوق لیسانس)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

پرهیزکار، طیبه  
(دکتری)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

پورخورشیدی، علی رضا  
(فوق لیسانس)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

جعفرپور، فاطمه  
(لیسانس)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

حمیدی، عباس  
(فوق لیسانس)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

رجب پور، افشین  
(لیسانس)

مرکز تحقیقات وزارت کار

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

رئیس قاسمی، امیر مازیار

(لیسانس)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

شارسان، آزاده

(لیسانس)

شرکت بنای سبک (هبلکس)

صالحی، مجید

(فوق لیسانس)

سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور

لنکرانی، مهرناز

(فوق لیسانس)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

عباسی ریزگله، محمد حسین

(لیسانس)

### **دبیر**

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

نوری، نگین

(لیسانس شیمی)

## پیشگفتار

استاندارد " بتن سبک - تعیین مدول ارتجاعی استاتیکی فشاری بتن هوادار اتوکلاو شده و یا بتن سبکدانه با ساختار باز - روش آزمون " که بوسیله کمیسیون فنی مربوطه در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن تهیه و تدوین شده در یکصد و سی و نهمین جلسه کمیته ملی استاندارد ساختمان و مصالح ساختمانی مورخ ۱۳۸۴/۱۲/۲۳ مورد تصویب قرار گرفته است. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ بعنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

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 گونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استاندارد ارائه شود، در تجدید نظر بعدی مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ملی ایران باید همواره از آخرین تجدید نظر آنها استفاده کرد. در تهیه و تجدید نظر این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد و استانداردهای بین المللی و استاندارد ملی کشور های صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد بکار رفته به شرح زیر است :

EN 1352:1997, Determination of static modulus of elasticity under compression of autoclaved aerated concrete or lightweight aggregate concrete with open structure



# بتن سبک - تعیین مدول ارتجاعی استاتیکی فشاری بتن هوادار اتوکلاو شده و یا بتن سبکدانه با ساختار باز - روش آزمون

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش مدول ارتجاعی استاتیکی فشاری برای بتن هوادار اتوکلاو شده و بتن سبکدانه با ساختار باز، طبق بند ۲-۵ است.

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر، حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می‌شود. در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و/یا تجدید نظر، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی این مدارک مورد نظر نیست. معهذاً، بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد، امکان کاربرد آخرین اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و/یا تجدید نظر، آخرین چاپ و/یا تجدید نظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

**۱-۲** استاندارد ملی ایران ۸۵۹۴ بتن سبک - تعیین جرم حجمی خشک بتن هوادار اتوکلاو شده - روش آزمون

**۲-۲** استاندارد ملی ایران ۸۵۹۶ بتن سبک - تعیین مقاومت فشاری بتن هوادار اتوکلاو شده - روش آزمون

- 2-3 EN 992-1997: Determination of dry density of lightweight aggregate concrete with open structure
- 2-4 EN 1354-1997 : Determination of compressive strength of lightweight aggregate concrete with open structure
- 2-5 prEN 1520 : Prefabricated components of lightweight aggregate concrete with open structure
- 2-6 ISO 4012 – 1978 : Testing concrete - Determination of compressive strength of test specimens

### ۳ اساس آزمون

مدول ارتجاعی ( $E_c$ ) بتن سبک، بر روی آزمون‌های منشوری تهیه شده از قطعات پیش ساخته، تعیین می‌شود. این کمیت با توجه به اختلاف کرنش طولی ناشی از افزایش تنش فشاری در راستای محور طولی، محاسبه می‌شود. تنش در راستای محور طولی از تفاضل تنش اولیه،  $\sigma_a$  (تقریباً ۵ درصد مقاومت فشاری اظهار شده بتن) از حداکثر تنش اعمال شده،  $\sigma_b$ ، (معمولاً یک سوم مقاومت فشاری اظهار شده بتن) به دست می‌آید.

### ۴ وسایل لازم

در این آزمون، وسایل زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد :

۱-۴ **اره**، مناسب برای برش قطعات بتن هوادار اتوکلاو شده یا بتن سبک‌دانه مسلح.

۲-۴ **وسایل اندازه‌گیری ابعاد**: خط‌کش، حداقل به طول بزرگ‌ترین بعد آزمون، و یا درحالتی

که آزمون استوانه‌ای شکل است، حداقل به طول خط مولد، وسیله فاصله‌سنج (فیلر) ۰/۲ و ۰/۵

میلی متر فقط برای بتن سبک‌دانه و  $1/0$  میلی متر برای هر دو نوع بتن، گونیا و کولیس با قابلیت قرائت ابعاد آزمون‌ها، با دقت حداقل  $0/1$  میلی متر.

**۳-۴ ترازو،** با قابلیت تعیین جرم آزمون‌ها، با دقت  $0/1$  درصد.

**۴-۴ دستگاه آزمون فشاری،** که الزامات مشخص شده در بند ۲-۶ را برآورده کند. این دستگاه باید قادر به اعمال بار مورد نیاز، در سرعت مشخص شده و حفظ آن برای حداقل  $60$  ثانیه باشد.

**۵-۴ تخته فیبری نرم،** به ضخامت  $(2 \pm 12)$  میلی متر و جرم مخصوص  $250$  تا  $400$  کیلوگرم بر متر مکعب، برای توزیع بار به صورت یک نواخت، که بین سطوح باربر آزمون و رکاب‌های دستگاه آزمون فشاری قرار داده می‌شود. در صورتی که سطوح باربر، با سائیدن یا کلاهی گذاری تراز شده‌اند، مورد نیاز نیست.

**۶-۴ گرم‌خانه دارای تهویه،** که قادر به نگهداری دما در  $(5 \pm 10.5)$  درجه سلسیوس باشد.

**۷-۴ کرنش‌سنج،** برای تعیین تغییرات طولی (کرنش)، با طول سنجی<sup>۱</sup> مطابق با بند ۶-۱ و یا دقت  $5 \times 10^{-6}$ . (به طور مثال تغییر مکان سنج<sup>۲</sup>، گیج‌های عقربه‌ای<sup>۳</sup>، ازدیاد طول‌سنج‌های آینه‌ای<sup>۴</sup>، کرنش‌سنج‌ها<sup>۵</sup> و غیره)

## یادآوری :

علاوه بر موارد فوق، یک گرم‌خانه تهویه‌دار، که قادر به نگهداری دمای  $40$  تا  $60$  درجه سلسیوس باشد، نیز می‌تواند برای نگهداری آزمون‌ها مفید واقع شود.

- 
- 1- Gauge length
  - 2 - Inductive displacement transducer
  - 3 - Dial gauge
  - 4 - Mirror extensometer
  - 5 - Strain gauge

## ۵ آزمون‌ها

### ۱-۵ نمونه برداری

نمونه‌ای که برای تهیه آزمون انتخاب می‌شود، باید نماینده کل فرآورده تحت بررسی باشد (به طور معمول، به حداقل یک قطعه پیش ساخته نیاز است).

آزمون‌ها می‌توانند از نمونه‌ای که قبلاً برای آزمون دیگری استفاده شده‌است، نیز تهیه شوند، به شرط آن که حداقل از فاصله ۱۵۰ میلی‌متری محل‌های آسیب‌دیده و یا نمونه برداری شده، بریده شوند.

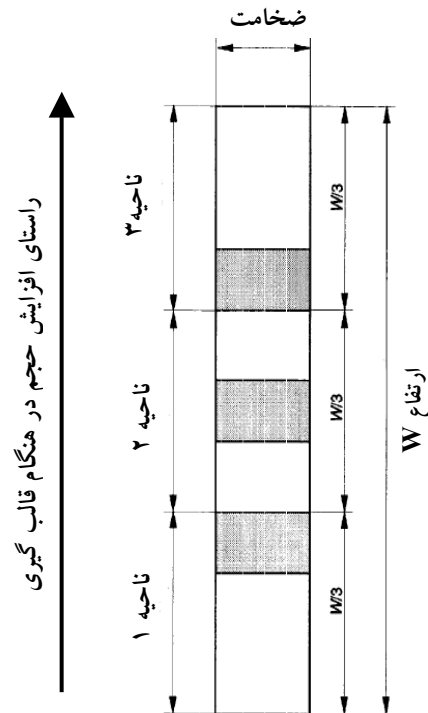
### ۲-۵ شکل و اندازه آزمون‌ها

آزمون‌های منشوری شکل با سطح مقطع مربع و ابعاد  $300 \times 100 \times 100$  میلی‌متر، به عنوان آزمون مرجع می‌باشند. منشورهایی با اندازه‌های دیگر یا مقطع عرضی دیگر، یا آزمون‌های استوانه‌ای (مغزه) هم می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، به شرط آن که کوچک‌ترین بعد مقطع عرضی آن‌ها، حداقل ۷۵ میلی‌متر (و همچنین، حداقل ۴ برابر حداکثر اندازه سنگ‌دانه بتن باشد)، و نسبت بین طول  $L$  و کوچک‌ترین بعد مقطع عرضی  $D$ ، آن‌ها بین ۲ تا ۴ باشد. در مواردی که این الزامات رعایت نمی‌شود (مانند مواردی که آزمون‌ها از قطعات مجوف تهیه می‌شوند)، باید در گزارش قید شود.

### ۳-۵ تعداد آزمون‌ها

نتیجه هر آزمون، باید شامل نتیجه سه آزمون باشد. در صورت امکان، یک آزمون باید از یک سوم پایینی، یک آزمون از یک سوم میانی و آزمون دیگر از یک سوم بالایی ارتفاع قطعه تهیه شوند. محل نمونه برداری بر اساس راستای افزایش حجم در هنگام قالب‌گیری، مطابق شکل ۱ است.

موقعیت آزمون‌ها در قطعه پیش‌ساخته، نسبت به راستای افزایش حجم در هنگام قالب‌گیری، باید توسط نشانه‌گذاری مشخص شوند، همچنین، راستای افزایش حجم در هنگام قالب‌گیری نیز باید تعیین شود.



شکل ۱- شمایی از روش نمونه‌برداری برای تهیه آزمون‌ها

#### ۴-۵ آماده‌سازی آزمون‌ها

آزمون‌ها نباید زودتر از ۲ روز بعد از خروج از اتوکلاو یا قالب‌گیری، بریده شوند. گرد و غبار یا دوغاب حاصل از انجام این فرآیند، باید از سطح آزمون‌ها زدوده شود.

آزمون‌ها را باید به روشی تهیه کرد، که محور طولی آن‌ها:

- در مورد بتن هوادار اتوکلاو شده، عمود بر راستای افزایش حجم در هنگام قالب‌گیری باشد.

• در مورد بتن سبک‌دانه، در صفحهٔ اعمال نیروی فشاری باشد (وقتی که در سازه استفاده می‌شود).

آزمونه‌ها باید در محل اندازه‌گیری کرنش، فاقد میلگرد باشند. چنان‌چه استفاده از آزمونه‌های فاقد میلگرد اجتناب‌ناپذیر باشد، می‌توان در موارد استثنایی میلگردهایی را که در جهت عمود بر بار وارده هستند، استفاده کرد، این مورد باید در گزارش بیان شود.

سطوح برابر آزمونه (یعنی سطوح در تماس با رکاب‌های دستگاه آزمون فشاری) باید مستوی، موازی با یک‌دیگر و عمود بر سطوح طولی آزمونه (برای آزمونه‌های استوانه‌ای، عمود بر خط مولد آن) باشد. مسطح بودن سطوح برابر باید در راستای دو قطر (برای آزمونه‌های استوانه‌ای در راستای دو قطر عمود بر هم) با استفاده از یک خط‌کش، و در صورت نیاز یک فیلر کنترل شود. اختلاف بیش از  $0/2$  میلی‌متر باید با بریدن، ساییدن یا کلاهک‌گذاری تنظیم شود. در مورد بتن سبک‌دانه، از اختلاف کم‌تر از  $0/5$  میلی‌متر می‌توان چشم‌پوشی کرد، به شرط آن که، از تخته فیبری نرم، طبق بند ۴-۶ استفاده شود. انحراف از مسطح بودن دیگر سطوح، نباید بیش از یک میلی‌متر باشد. زاویهٔ بین سطوح برابر و سطوح طولی مجاور (در حالت استوانه‌ای، خطوط مولد) آزمونه‌ها، نباید بیش از یک میلی‌متر در  $100$  میلی‌متر، از زاویه قائم انحراف داشته باشد. این مورد، باید در طول هر دو محور قطری (در استوانه، در طول دو قطر متعامد) وسط سطوح برابر و به وسیلهٔ یک گونیا و یک فیلر یک میلی‌متری یا وسیله مشابه آن کنترل شود. انحرافات بزرگ‌تر باید به وسیلهٔ بریدن یا ساییدن تصحیح شود.

## ۵-۵ اندازه‌گیری ابعاد آزمون

ابعاد آزمون‌ها باید به وسیله کولیس و دقت  $0/1$  میلی‌متر اندازه‌گیری شود. طول و عرض (در مورد آزمون‌های استوانه‌ای، قطر) و مساحت مقطع عرضی  $A_c$  باید در وسط ارتفاع و در دو وجه طولی مقابل هم، اندازه‌گیری شود. مساحت مقطع عرضی باید با استفاده از میانگین ابعاد اندازه‌گیری شده، محاسبه شود. ارتفاع آزمون‌ها باید در وسط دو وجه طولی مقابل هم (در حالت استوانه‌ای در طول دو خط مولد مقابل به هم) اندازه‌گیری شود. حجم آزمون‌ها،  $V$  باید با ضرب کردن  $A_c$  در مقدار میانگین ارتفاع‌های اندازه‌گیری شده، محاسبه شود.

## ۶-۵ شرایط نگهداری آزمون‌ها

در مورد بتن هوادار اتوکلاو شده، آزمون‌ها باید تا هنگامی که مقدار رطوبت آن‌ها به  $(2 \pm 6)$  درصد وزنی برسد، در دمای مساوی یا کم‌تر از  $60$  درجه سلسیوس نگهداری شود. در مورد بتن سبک‌دانه، مقدار رطوبت باید حداقل  $4$  درصد وزنی باشد.

پس از رسیدن به مقدار رطوبت مشخص شده، باید آزمون‌ها را در مقابل تغییرات رطوبت حداقل به مدت  $24$  ساعت حفظ کرد، و به منظور برقراری تعادل حرارتی و رطوبتی با شرایط آزمایشگاه، در دمای  $(5 \pm 20)$  درجه سلسیوس تا قبل از زمان آزمون، نگهداری کرد.

قبل از آزمون، درصد رطوبت وزنی  $m_h$ ، آزمون‌ها باید با دقت  $0/1$  درصد تعیین شود، تا امکان محاسبه جرم حجمی و درصد رطوبت واقعی آزمون در هنگام آزمون، فراهم شود.

هم‌چنین قبل از آزمون، می‌توان با مقایسه جرم حجمی آزمون‌های مرطوب با جرم حجمی آزمون‌های خشک مشابه (طبق بند ۲-۱ و یا ۲-۳)، درصد رطوبت آن‌ها را تخمین زد.

## یادآوری :

مقدار رطوبت مورد نظر بر حسب درصد وزن ( $\mu_{m,e}$ ) را می توان با کمک رابطه (۱) محاسبه کرد :

$$\mu_{m,e} = \frac{\rho_h - \rho_c}{\rho_c} \times 100 \quad (۱)$$

که در آن :

$\rho_h$  = جرم حجمی آزمون مرطوب، که از تقسیم جرم مرطوب ( $m_h$ ) به حجم محاسبه شده طبق بند ۵-۵ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب به دست می آید.

$\rho_c$  = جرم مخصوص آزمون خشک، که از جرم مخصوص آزمون خشک مشابه مطابق بند ۱-۲ یا ۳-۲ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمده است.

## ۶ تعیین مدول ارتجاعی استاتیکی

### ۱-۶ موقعیت نقاط اندازه گیری و طول گیج

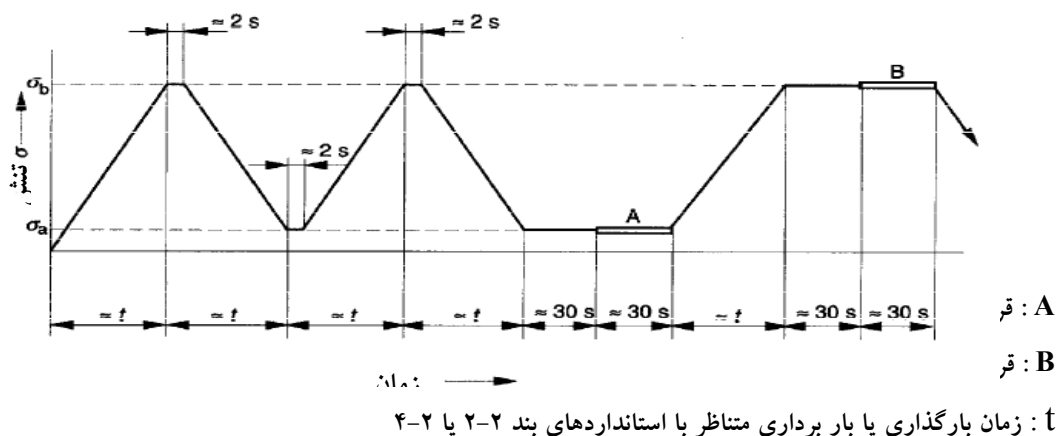
باید حداقل دو (ترجیحاً چهار) وسیله اندازه گیری (کرنش سنج) برای تعیین تغییر شکل های طولی یا کرنش هایی که تحت نیروی فشاری به وجود می آیند، در نظر گرفته شود. وسیله ها، باید بر روی سطوح طولی مقابل به هم آزمون، متصل شوند. اگر اندازه گیری ها فقط بر روی دو سطح انجام می شود، این سطوح باید با راستای افزایش حجم بتن هوادار اتوکلاو شده در هنگام قالب گیری یا جهت قالب گیری بتن سبک دانه موازی باشند. وسط طول کرنش سنج باید بر وسط طول آزمون منطبق شود. فاصله نقاط اندازه گیری تا سطوح انتهایی مجاور آزمون، باید حداقل مساوی با بزرگ ترین بعد سطح مقطع (برای منشورها) یا نصف قطر آزمون (برای استوانه ها) باشد. طول کرنش سنج، باید به طور معمول حداقل ۱۰۰ میلی متر باشد، اما از کوچک ترین بعد مقطع عرضی یا دو - سوم قطر آزمون، و برای بتن سبک دانه از پنج برابر حداکثر اندازه اسمی سنگ دانه کم تر نباشد.



## ۲-۶ روش آزمون

ابتدا باید رکاب دستگاه آزمون فشاری را خشک و تمیز کرد. سپس آزمون را در داخل دستگاه آزمون فشار قرار داد. در مورد آزمون‌های سبک‌دانه که سطوح برابر کلاهک‌گذاری نشده‌اند یا با ساییدن تراز نشده‌اند، و نیز در مواردی که میزان انحراف از مسطح بودن سطح بیش از ۰/۲ میلی‌متر است، باید از تخته فیبری نرم مطابق بند ۴-۶ برای قرار دادن بین سطوح برابر و رکاب دستگاه آزمون، استفاده کرد. در این حالت، برای هر آزمون باید از تخته‌های فیبری جدید استفاده شود.

آزمون باید در مرکز رکاب دستگاه آزمون قرار گیرد و به وسایل اندازه‌گیری تغییر شکل متصل شود. بارگذاری باید بر اساس طرح نشان داده شده در شکل (۲) انجام شود.



### شکل ۲ - شمایی از روش بارگذاری برای مناسبه مدول ارتجاعی استاتیکی

مقدار تنش آزمون، از تقسیم بار اعمال شده بر مساحت مقطع عرضی، در وسط ارتفاع آزمون محاسبه می‌شود. تنش اولیه،  $\sigma_a$  باید تقریباً ۵ درصد و حداکثر تنش اعمال شده،  $\sigma_b$  به طور معمول یک سوم میانگین مقاومت فشاری بتن باشد.

چنانچه، مقاومت فشاری بتن مشخص نباشد، مقاومت فشاری واقعی باید با انجام دادن آزمون طبق بند ۲-۲ برای بتن هوادار اتوکلاو شده یا بند ۴-۲ برای بتن سبک‌دانه تعیین شود.

در صورت انتخاب مقدار حداکثر تنش دیگری غیر از تنش یاد شده (یک سوم)، لازم است که مقدار تنش اعمال شده گزارش شود.

آهنگ بارگذاری و باربرداری، باید تقریباً همان میزانی باشد که در استانداردهای مربوط به تعیین مقاومت فشاری مشخص شده است (برای بتن هوادار اتوکلاو شده، آهنگ  $(0.1 \pm 0.05) \text{ N/mm}^2 \cdot \text{S}$ ) طبق بند ۲-۲ و برای بتن سبک‌دانه، زمان بارگذاری از  $\sigma_a$  تا  $\sigma_b$  و بالعکس باید تقریباً ۳۰ ثانیه باشد، طبق بند ۴-۲). بارگذاری تا مقدار بار اولیه، باید با احتیاط اعمال شود، توجه کنید که سطح تماس برابر بالایی آزمون که در تماس با رکاب مفصل‌دار دستگاه آزمون است، به صورت موازی با سطح برابر فوقانی آزمون تنظیم شود تا از انتقال مرکزی بار، اطمینان حاصل شود. قبل و بعد از بارگذاری چرخه سوم، باید تنش را برای یک فاصله زمانی ۳۰ ثانیه‌ای، به ترتیب در مقادیر  $\sigma_a$  و  $\sigma_b$  ثابت نگه داشت و قرائت‌های کرنش مربوط  $\epsilon_a$  و  $\epsilon_b$  را باید در بعد از مدت ۳۰ ثانیه از زمان ثابت نگه داشتن تنش، انجام داد. پس از این مرحله، باید بار را از روی آزمون برداشت و تغییرات کرنش ( $\epsilon_a$  از  $\epsilon_b$ ) را برای هر یک از گنج‌ها محاسبه کرد. چنانچه، تفاضل  $\epsilon_a$  از  $\epsilon_b$  هر گنج از میانگین آن‌ها بیش از ۴۰ درصد اختلاف داشته باشد، باید آزمون را مجدداً در شرایطی که از توزیع یک نواخت بار اطمینان حاصل شده‌است، مورد آزمون قرار داد. اگر کاهش اختلاف کرنش‌ها، به کم‌تر از ۴۰ درصد ممکن نشد، نتایج آزمون غیر قابل قبول است.

سپس به منظور تعیین مقاومت فشاری، باید آزمون را در مرکز دستگاه قرارداد و تا مرز گسیختگی بارگذاری کرد، آهنگ بارگذاری باید براساس استاندارد مقاومت فشاری مربوط تعیین شود.

اگر مقاومت فشاری آزمونه، بیش از ۳۰ درصد با میانگین مقاومت مشخص شده، که برای تعیین حداکثر تنش بارگذاری،  $\sigma_b$  استفاده شده است، اختلاف داشته باشد، باید در گزارش آزمون بیان شود. پس از انجام آزمون فشاری، به منظور تعیین جرم حجمی خشک و درصد رطوبت، باید خرده‌های آزمونه یا بخش‌های متعلق به آن (حداقل ۸۰ درصد وزنی) را جمع آوری و وزن کرد و در حرارت  $(10.5 \pm 0.5)$  درجه سلسیوس تا رسیدن به جرم ثابت، طبق بند ۲-۱ یا ۲-۲ خشک کرد.

### یادآوری :

به منظور امکان انتقال بار به صورت یک‌نواخت، ممکن است در صورت نیاز رکاب بالایی دستگاه آزمون فشاری که با استفاده از قسمت کروی انجام می‌گیرد، به کمک دست تنظیم کرد. بدین منظور باید به نحوی عملیات تنظیم را انجام داد که رکاب دستگاه با سطح باربر فوقانی آزمونه، قبل از آن که با آن تماس برقرار کند، موازی باشد.

## ۷ نتایج آزمون

مدول ارتجاعی،  $E_c$  بر حسب نیوتن بر میلی‌متر مربع باید از رابطه (۲) محاسبه شود:

$$E_c = \frac{\sigma_b - \sigma_a}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} \quad (2)$$

که در آن :

$\sigma_b$  ، حداکثر تنش اعمال شده در آخرین چرخه بارگذاری، نیوتن بر میلی‌متر مربع؛

$\sigma_a$  ، تنش اولیه قبل از آخرین چرخه بارگذاری، نیوتن بر میلی‌متر مربع؛

$\varepsilon_b$  ، کرنش میانگین تحت حداکثر تنش اعمال شده ( $\sigma_b$ ) در آخرین چرخه بارگذاری؛

$\varepsilon_a$  ، کرنش میانگین تحت تنش اولیه ( $\sigma_a$ ) قبل از آخرین چرخه بارگذاری.

$\epsilon_a$  و  $\epsilon_b$  را می‌توان هم به صورت مستقیم اندازه‌گیری کرد (هنگامی که گیج‌های کرنش‌سنج مورد استفاده قرار می‌گیرند)، و هم می‌توان با تقسیم تغییرات طول اندازه‌گیری شده بر طول اولیه گیج، آن را محاسبه نمود. (یعنی هنگامی که گیج‌های عقب‌به‌ای یا تغییر مکان‌سنج مورد استفاده قرار می‌گیرند). مدول ارتجاعی استاتیکی هر آزمون و مقدار میانگین آنها باید با تقریب ۱۰۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع بیان شوند.

## ۸ گزارش

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد :

- آزمون طبق استاندارد ملی ایران ۸۵۹۱
- شناسنامه محصول (شامل: نام تولید کننده، محل تولید و ...)
- تاریخ تولید؛
- محل و تاریخ انجام دادن آزمون؛
- شرایط عمل‌آوری (فقط برای بتن سبک‌دانه) و نگهداری آزمون‌ها؛
- شکل، اندازه و موقعیت نسبی آزمون‌ها با توجه به راستای افزایش حجم (فقط برای بتن هوادار اتوکلاو شده)؛
- روش تراز کردن سطوح بارگذاری (سائیدن، کلاهک‌گذاری یا استفاده از تخته‌های فیبری)؛
- نوع، تعداد و طول گیج؛
- مقاومت فشاری متوسط مشخص شده بتن؛

- 
- حداکثر تنش اعمال شده ( $\sigma_b$ ) ؛
- مدول ارتجاعی استاتیکی هر آزمونه، و مقدار میانگین آنها؛
- مقاومت فشاری هر آزمونه و مقدار میانگین آنها؛
- درصد رطوبت متوسط آزمونه‌ها؛
- جرم حجمی خشک هر آزمونه و مقدار میانگین آنها؛
- اشاره به مواردی که مقاومت فشاری آزمونه بیش از ۳۰ درصد با مقاومت میانگین مشخص شده اختلاف دارد؛
- مشاهدات ظاهری؛
- هر گونه موارد مغایر با این استاندارد؛
- نام، نام خانوادگی و امضای آزمایشگر.

