



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۰۷۶

چاپ اول

۱۳۹۵

INSO

21076

1st.Edition

2016

قیر و مواد قیری -  
آماده‌سازی آزمون‌های آسفالتی با استفاده  
از دستگاه مارشال-روش آزمون

**Bitumen and Bituminous Materials-  
Preparation of Bituminous Specimens  
Using Marshall Apparatus-Test Method**

**ICS: 93.080.20**

استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۰۷۶ : سال ۱۳۹۵

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: 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.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.org>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

No.1294 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.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

Website: <http://www.isiri.org>

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران 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 منصفانه 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 فنی مربوط ارسال می‌شود 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 می‌شود.

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

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> 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 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 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 زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه 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 Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«قیر و مواد قیری – آماده‌سازی آزمون‌های آسفالتی با استفاده از دستگاه مارشال – روش آزمون»

رئیس:

اسماعیلی طاهری، محسن  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سمت و/ یا محل اشتغال

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دبیر:

زمانی فر، الهام  
(دکترای شیمی معدنی)

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسمعیلی، علی محمد  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اسمعیلی، رضا  
(کارشناس ارشد راه و ترابری)

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

پرویزی، سعید  
(کارشناس ارشد راه و ترابری)

شرکت پرشیا قیر توس

پورشیرازی، محمدعلی  
(کارشناس ارشد راه و ساختمان)

سندیکای شرکت‌های ساختمانی ایران

پورعبدالله، هادی  
(کارشناس شیمی کاربردی)

قیران پخش ستاره ایرانیان

جوادی، محمدصادق  
(کارشناس ارشد راه و ترابری)

جامعه مهندسان مشاور

خداپرست، بهرنگ

انجمن شرکت‌های راهسازی ایران

(کارشناس مهندسی عمران)

سمت و/ یا محل اشتغال

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

خانی سانج، حامد  
(دکترای راه و ترابری)

دانشگاه یزد

راهی، محمد  
(کارشناس ارشد پلیمر)

شرکت نفت پاسارگاد

سیف‌زاده، حمیدرضا  
(کارشناس ارشد مهندسی صنایع)

شرکت نفت پاسارگاد

شیرازیان، شهرام  
(دکترای زمین‌شناسی)

مهندسان مشاور ایران استن

صادقی، فاطمه  
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت

عارف آذر، کاظم  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

انجمن شرکت‌های ساختمانی

فرشاد، فرناز  
(کارشناس شیمی)

سازمان ملی استاندارد ایران

فروتن، سارا  
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

شرکت فومن شیمی گستر

محمدنیا، امیر رضا  
(کارشناس مهندسی مکانیک)

شرکت نفت پاسارگاد

محمودی‌نیا، نادر  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

معمد، آرش  
(دکتری مهندسی عمران)

دانشگاه صنعتی شریف

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

منصوریان، احمد  
(دکترای مهندسی عمران)

منیعی، سحر  
(کارشناس ارشد شیمی)

مهرداد، سمیه  
(کارشناس مترجمی زبان انگلیسی)

نوروز زاده، حسن  
(کارشناس شیمی)

ویراستار

اسماعیلی طاهری، محسن  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سمت و/ یا محل اشتغال

مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی

شرکت نفت پاسارگاد

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ط	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۲	۳ وسایل
۲	۱-۳ مجموعه قالب آزمون
۲	۲-۳ خارج کننده آزمون
۴	۳-۳ چکش‌های تراکم
۴	۱-۳-۳ چکش‌های تراکم دستی (نوع ۱)
۴	۲-۳-۳ چکش‌های تراکم مکانیکی با دسته ثابت (نوع ۲)
۴	۳-۳-۳ چکش‌های تراکم مکانیکی با دسته ثابت و پایه چرخان (نوع ۳)
۴	۴-۳ پایه تراکم
۷	۵-۳ نگه‌دارنده قالب آزمون
۷	۶-۳ گرم‌خانه‌ها، محفظه‌های گرمایش یا گرمکن‌های صفحه داغ
۷	۷-۳ وسایل مخلوط کردن
۷	۸-۳ سایر تجهیزات و ابزارها
۷	۱-۸-۳ ظرف‌هایی برای گرم کردن مصالح سنگی
۷	۲-۸-۳ ظرف‌هایی درپوش‌دار برای گرم کردن مواد قیری
۷	۳-۸-۳ ابزار اختلاط
۷	۴-۸-۳ دماسنج‌ها
۸	۵-۸-۳ دماسنج‌های واسنجی شده
۸	۶-۸-۳ ترازو
۸	۷-۸-۳ دستکش محافظ
۸	۸-۸-۳ مداد شمعی علامت‌گذاری
۸	۹-۸-۳ پیمانان کف تخت
۸	۱۰-۸-۳ قاشق بزرگ
۸	۴ آزمون‌ها

صفحه	عنوان
۸	آماده‌سازی مصالح سنگی ۱-۴
۹	تعیین دمای اختلاط و تراکم ۲-۴
۹	مخلوط آسفالتی حاوی قیر محلول ۲-۲-۴
۹	تراکم دوباره مخلوط‌های آسفالتی روسازی ۳-۲-۴
۱۰	آماده‌سازی مخلوط ۳-۴
۱۱	تراکم آزمونه‌ها ۴-۴
۱۲	گزارش آزمون ۵
۱۲	دقت ۶



## پیش‌گفتار

استاندارد «قیر و مواد قیری - آماده‌سازی آزمون‌های آسفالتی با استفاده از دستگاه مارشال - روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در ششصد و هفتادمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۵/۳/۳۱ تصویب شد، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران-ساختار و شیوه 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 تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

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

ASTM D6926: 2010, Standard Practice for Preparation of Bituminous Specimens Using Marshall Apparatus

## قیر و مواد قیری - آماده‌سازی آزمون‌های آسفالتی با استفاده از دستگاه مارشال - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، آماده‌سازی و تراکم آزمون‌های استوانه‌ای شکل مخلوط آسفالتی روسازی به قطر ۱۰۲ میلی‌متر و ارتفاع اسمی ۶۴ میلی‌متر با استفاده از روش مارشال است. این استاندارد برای مخلوط‌های آسفالتی آزمایشگاهی و تولید شده در کارخانه با مصالح سنگی تا حداکثر اندازه ۲۵ میلی‌متر و همچنین برای تراکم دوباره نمونه‌های اخذ شده از روسازی آسفالتی موجود به کار برده می‌شود.

۲-۱ سه نوع وسیله تراکم مارشال وجود دارد. در این آیین کار، انواع چکش مارشال به شرح زیر بیان می‌شود:

۱-۲-۱ چکش تراکم دستی (نوع ۱)، دسته چکش به سر مسطح آن با فنر به صورت مفصل، متصل است و با دست نگه داشته می‌شود.

۲-۲-۱ چکش تراکم مکانیکی با دسته ثابت (نوع ۲)، دسته چکش به سر مسطح آن با فنر به صورت مفصل، متصل است و با مهار جانبی ثابت نگه‌داشته می‌شود. وزنه ثابتی بالای دسته چکش می‌توان قرار داد. چکش‌های مکانیکی موجود در دو حالت (۱) ۵۵ ضربه اسمی در دقیقه و (۲) بیشتر یا مساوی ۷۵ ضربه در دقیقه، کار می‌کنند. در این نوع چکش‌ها، وزنه متحرک را می‌توان به صورت دستی نیز جابه‌جا کرد.

۳-۲-۱ چکش تراکم مکانیکی با دسته ثابت و پایه چرخان (نوع ۳)، سر چکش زاویه‌دار و وزنه ثابتی بالای دسته چکش قرار دارد. صفحه‌ای که قالب روی آن قرار می‌گیرد با سرعت ثابتی می‌چرخد.

۳-۱ گر چه جرم و ارتفاع سقوط وزنه در هر وسیله یکسان است، اما چگالی به دست آمده برای آزمون‌های متراکم شده با تعداد یکسان ضربه‌ها، متفاوت می‌باشد. انتخاب تعداد ضربات مورد نیاز برای تراکم آزمون و انطباق با شرایط میدانی برعهده کاربر است.

۴-۱ آزمون‌های مخلوط آسفالتی متراکم شده با این روش برای آزمون‌های فیزیکی مختلفی مانند استحکام، روانی، مقاومت کششی غیرمستقیم، خستگی، خزش و مدول استفاده می‌شوند. تعیین چگالی و فضای خالی نیز بر روی این آزمون‌ها با هدف تعیین طرح اختلاط و ارزیابی تراکم محل انجام می‌شود.  
یادآوری - مخلوط‌های متراکم نشده برای تعیین حداکثر وزن مخصوص نظری<sup>۱</sup> استفاده می‌شوند.

۵-۱ در متن این استاندارد به یادآوری‌ها و زیرنویس‌هایی ارجاع شده است که حاوی مطالب توضیحی است. این یادآوری‌ها و زیرنویس‌ها (به استثنای موارد موجود در جدول‌ها و شکل‌ها) به عنوان الزامات استاندارد در نظر گرفته نمی‌شوند.

1-Theoretical Maximum Specific Gravity

## ۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن ضوابط جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. 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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است. استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۰۷۵، قیر و مواد قیری- تعیین استحکام و روانی مارشال مخلوط‌های آسفالتی- روش آزمون

2-2 ASTM D2493, Standard Viscosity-Temperature Chart for Asphalts

2-3 ASTM D3666, Specification for Minimum Requirements for Agencies Testing and Inspection Road and Paving Materials

2-4 ASTM E11, Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

## ۳ وسایل

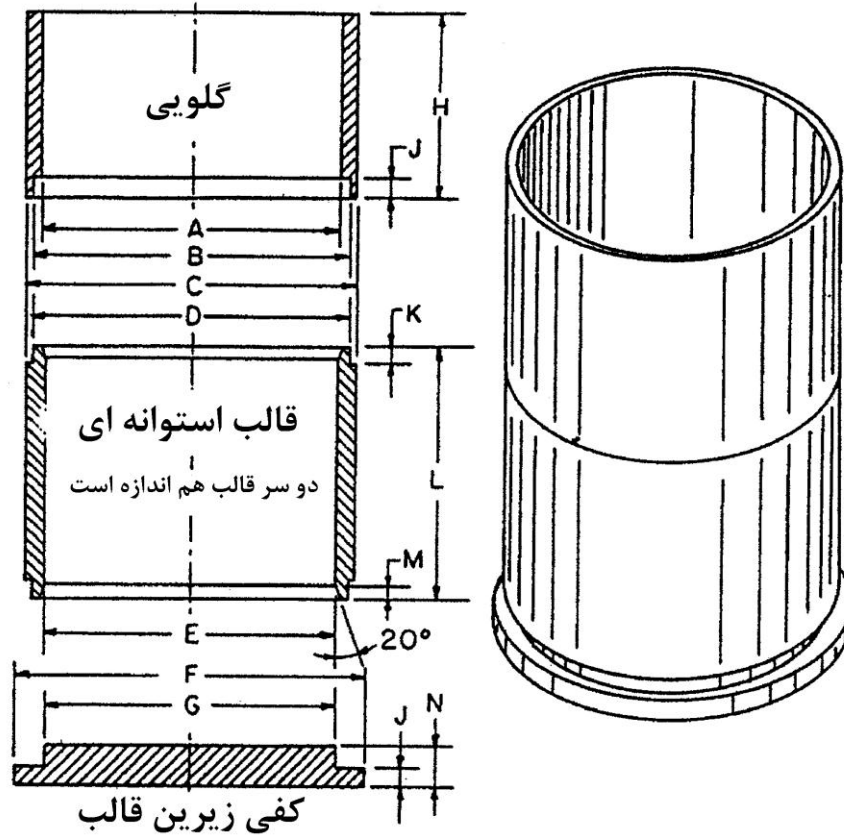
۱-۳ مجموعه قالب آزمون

قالب استوانه‌ای، کفی زیرین قالب و گلویی باید با جزئیات نشان داده شده در شکل ۱ مطابقت داشته باشند.

۲-۳ خارج کننده آزمون

خارج کننده آزمون باید دارای یک صفحه گرد فولادی با قطر ۱۰۰ میلی‌متر یا بزرگ‌تر و ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر باشد و آزادانه وارد قالب شود. از دیسک فولادی برای بیرون آوردن آزمون متراکم شده از قالب با کمک گلویی استفاده می‌شود. هر ابزار خارج کننده مناسب مانند جک هیدرولیکی یا وسیله اهرم‌دار می‌تواند به کار برده شود، به شرط این‌که آزمون در حین فرآیند خارج کردن تغییر شکل ندهد.

ابعاد بر حسب میلی‌متر



راهنما:

۱۰۴,۱-۱۰۵,۴	A
۱۰۹,۱-۱۱۰,۲	B
۱۱۴,۰-۱۱۵,۸	C
۱۰۷,۰-۱۰۹,۷	D
۱۰۱,۳-۱۰۱,۷	E
۱۱۹,۹-۱۲۱,۴	F
۱۰۱,۱-۱۰۱,۳	G
۶۹,۳-۷۰,۴	H
۷,۰-۷,۲	J
۶,۱-۶,۷	K
۸۶,۹-۸۷,۹	L
۳,۰-۴,۸	M
۱۲,۳-۱۴,۹	N

شکل ۱- قالب تراکم

### ۳-۳ چکش‌های تراکم

#### ۱-۳-۳ چکش‌های تراکم دستی (نوع ۱)

سر مسطح و گرد چکش‌های تراکم دستی (نوع ۱) با فنر به صورت مفصل به دسته چکش متصل است و با دست نگه داشته می‌شود (شکل ۲ را ببینید). این چکش‌ها دارای یک وزنه متحرک ( $۰.۱ \pm ۴.۵۴$ ) کیلوگرم با ارتفاع سقوط آزاد ( $۱.۵ \pm ۴۵۷.۲$ ) میلی‌متر می‌باشند (برای رواداری‌های چکش، شکل ۲ را ببینید).  
یادآوری - چکش‌های تراکم دستی، باید به محافظ انگشت مجهز باشند.

#### ۲-۳-۳ چکش‌های تراکم مکانیکی با دسته ثابت (نوع ۲)

چکش‌های تراکم مکانیکی با دسته ثابت (نوع ۲) به صورت مکانیکی یا دستی کار می‌کنند (شکل ۲ را ببینید). سر مسطح و گرد چکش با فنر به صورت مفصل به دسته چکش متصل است. این چکش‌ها دارای یک وزنه متحرک ( $۰.۱ \pm ۴.۵۴$ ) کیلوگرم با ارتفاع سقوط آزاد ( $۱.۵ \pm ۴۵۷.۲$ ) میلی‌متر می‌باشند (برای رواداری‌های چکش، شکل ۲ را ببینید). نمونه‌ای از چکش مکانیکی در شکل ۳ نشان داده شده است.

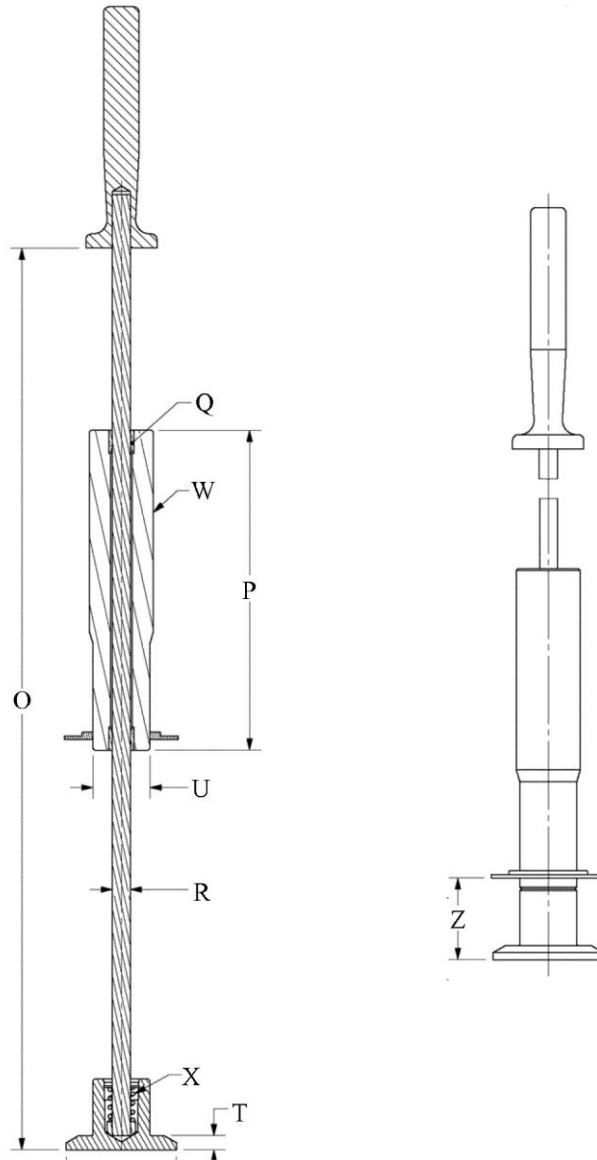
#### ۳-۳-۳ چکش‌های تراکم مکانیکی با دسته ثابت و پایه چرخان (نوع ۳)

چکش‌های تراکم مکانیکی با دسته ثابت و پایه چرخان (نوع ۳)، وزنه‌ای بالای دسته آن قرار دارد و صفحه‌ای که قالب روی آن قرار می‌گیرد با سرعت ثابتی می‌چرخد. سر این چکش‌های مکانیکی (نوع ۳) گرد و زاویه‌دار است و دارای یک وزنه متحرک ( $۰.۱ \pm ۴.۵۴$ ) کیلوگرم با ارتفاع سقوط آزاد ( $۱.۵ \pm ۴۵۷.۲$ ) میلی‌متر می‌باشند (برای مشخصات چکش و رواداری‌ها شکل ۲ را ببینید). سامانه چرخش صفحه‌ای که قالب روی آن است، در پایه قرار دارد. سرعت چرخش صفحه‌ای که قالب روی آن قرار می‌گیرد و ضربه‌های چکش باید به ترتیب ۱۸ دور در دقیقه تا ۳۰ دور در دقیقه و ( $۴ \pm ۶۴$ ) ضربه در دقیقه باشد (شکل ۴ را ببینید).

یادآوری - چکش مارشال نوع سوم در مدل‌های گوناگون با بیش از یک چکش در دسترس می‌باشند. به کارگیری چکش‌های مختلف بر چگالی نمونه تأثیر می‌گذارد، بنابراین استفاده از چکش‌های مختلف توصیه نمی‌شوند. بهترین نتایج قابل مقایسه هنگامی به دست خواهد آمد که تراکم همه نمونه‌ها با چکش یکسان، نه با چکش‌های مختلف انجام شود.

### ۴-۳ پایه تراکم

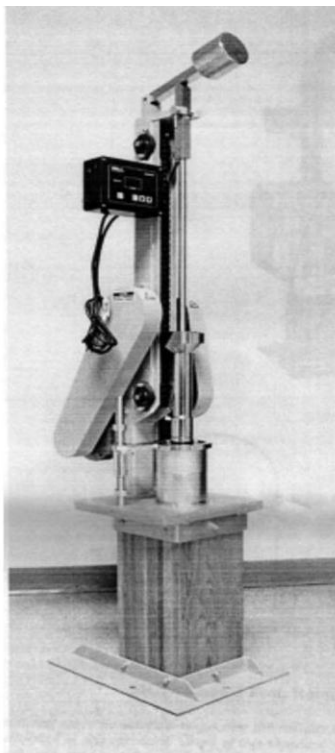
پایه تراکم شامل کنده چوبی به ابعاد اسمی ( $۲۰۳.۲ \times ۲۰۳.۲$ ) میلی‌متر و ارتفاع تقریبی ۴۵۷ میلی‌متر می‌باشد که با صفحه فولادی تقریباً ( $۳۰۴.۸ \times ۳۰۴.۸$ ) میلی‌متر و ضخامت ۲۵/۴ میلی‌متر پوشیده شده است. کنده چوبی باید از چوب بلوط، کاج یا چوب دیگری با میانگین چگالی خشک ۶۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب تا ۷۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد. کنده چوبی باید با پیچ‌هایی از میان چهار قطعه نبشی در دال صلب بتنی محکم شود. کلاهدک فولادی باید محکم به کنده چوبی بسته شود. مجموعه پایه تراکم باید به گونه‌ای به هم متصل شده باشند که کنده چوبی شاقول بوده و کلاهدک فلزی تراز باشد.



راهنما:

(۴۵۶,۵۷-۴۵۷,۸۴) mm	فاصله سقوط	O-P ( O منهای P )
-	غلاف راهنما	Q
۱۵,۸۷۵ mm	حداقل قطر میله راهنما	R
(۱۰۰,۰۸-۱۰۰,۵۸) mm	قطر سطح سخت شده مقاوم در برابر ضربه	S
(۱۱,۴۳-۱۳,۹۷) mm	ضخامت سر چکش	T
(۴۹,۷۸-۵۱,۸۲) mm	قطر وجه وزنه	U
(۴,۵۲۷-۴,۵۴۵) Kg	جرم وزنه	W
-	فنر	X
۷۵ mm	محافظ انگشت	Z

شکل ۲- چکش تراکم دستی (نوع ۱)



شکل ۳- چکش تراکم مکانیکی با دسته ثابت (نوع ۲)



شکل ۴- چکش تراکم مکانیکی با دسته ثابت و پایه چرخان (نوع ۳)

### ۳-۵ نگاه‌دارنده قالب آزمون

نگاه‌دارنده قالب آزمون، در متراکم کننده‌های تک چکشه باید روی پایه تراکم به‌گونه‌ای نصب شود که مرکز قالب تراکم بر مرکز پایه منطبق باشد. نگاه‌دارنده قالب آزمون در متراکم‌کننده چند چکشه لازم نیست در مرکز قرار بگیرد. نگاه‌دارنده قالب باید قالب تراکم، گلوبی و کف زیرین را در حین تراکم آزمون در محل خود ثابت نگاه‌دارد.

### ۳-۶ گرم‌خانه‌ها، محفظه‌های گرمایش یا گرمکن‌های صفحه داغ

از گرم‌خانه‌هایی با گردش جریان هوا یا محفظه گرمایش و صفحه‌های داغی که با ترموستات کنترل می‌شوند برای گرم کردن مصالح سنگی، مواد قیری، قالب‌های آزمون، چکش‌های تراکم و دیگر تجهیزات تا دمایی در محدوده سه درجه سلسیوس دماهای مورد نیاز اختلاط یا تراکم، استفاده کنید. حایل‌های مناسب، صفحه‌های تیغه‌ای یا حمام‌های ماسه باید روی سطوح گرمکن‌های صفحه داغ قرار گیرند تا حرارت‌های زیاد موضعی را به حداقل برسانند.

### ۳-۷ وسایل مخلوط کردن

مخلوط کن، مکانیکی توصیه می‌شود. هر نوع مخلوط‌کن مکانیکی که بتوان کل پیمانانه را در آن مخلوط کرد، و دمای مخلوط را در دمای مورد نظر ثابت نگاه دارد و با عمل اختلاط مقدار مورد نیاز مخلوط همگن با پوشش خوب و مناسب در زمان مجاز تهیه کند، می‌تواند به کار برده شود. همچنین یک ظرف یا جام فلزی با گنجایش کافی می‌تواند برای اختلاط دستی استفاده شود.

### ۳-۸ سایر تجهیزات و ابزارها

#### ۳-۸-۱ ظرف‌هایی برای گرم کردن مصالح سنگی

تابه‌های فلزی با کف تخت یا ظرف‌های مناسب دیگر.

#### ۳-۸-۲ ظرف‌هایی در پوش‌دار برای گرم کردن مواد قیری

هر نوع پیمانانه حلی، بشرها یا هرگونه ظروف مناسب برای ریختن قیر می‌تواند استفاده شود.

#### ۳-۸-۳ ابزار اختلاط

ابزار اختلاط باید شامل سرتاس فولادی<sup>۱</sup>، قاشق بزرگ یا کاردک برای هم زدن و مخلوط کردن دستی باشد.

#### ۳-۸-۴ دماسنج‌ها

ابزارهای اندازه‌گیری دما با قابلیت خوانش تا یک درجه سلسیوس برای کنترل کردن دماهای اختلاط و تراکم.



### ۳-۸-۵ دماسنج‌های واسنجی شده

دماسنج‌های شیشه‌ای با حفاظ فلزی یا نوع عقربه‌ای مدرج با بدنه فلزی برای تعیین دمای مصالح سنگی، قیر و مخلوط‌های آسفالتی پیشنهاد می‌شود. لازم است این دماسنج‌ها محدوده دمایی ۱۰ درجه سلسیوس تا ۲۰۰ درجه سلسیوس را با حساسیت سه درجه سلسیوس، دارا باشند. یادآوری - در استاندارد ASTM D3666 دستورالعمل استاندارد کردن دماسنج استفاده شده در این آزمون بیان شده است. دماسنج‌های عقربه‌ای مدرج ممکن است در اثر استفاده مداوم یا به کارگیری نامناسب، نتایج نادرستی را نشان دهند. توصیه می‌شود که دماسنج‌های عقربه‌ای مدرج دائماً با مقایسه با ابزار مرجع دماسنج با قابلیت خوانش مساوی یا دقیق‌تر در محدوده دمایی مورد استفاده، واسنجی شوند.

### ۳-۸-۶ ترازو

ترازو با قابلیت خوانش تا حداقل ۰/۱ گرم برای پیمانانه مخلوط‌ها.

### ۳-۸-۷ دستکش محافظ

برای جابجایی وسایل داغ.

### ۳-۸-۸ مداد شمعی علامت‌گذاری

برای مشخص کردن آزمون‌ها.

### ۳-۸-۹ پیمانانه کف تخت<sup>۱</sup>

ظرفی با کف مسطح برای پیمانانه کردن مصالح سنگی.

### ۳-۸-۱۰ قاشق بزرگ<sup>۲</sup>

قاشق بزرگ برای ریختن مخلوط در قالب‌های آزمون.

### ۴ آزمون‌ها

### ۴-۱ آماده‌سازی مصالح سنگی

مصالح سنگی را تا رسیدن به وزن ثابت خشک کنید. از گرم‌خانه‌ای با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس تا ۱۱۰ درجه سلسیوس استفاده کنید. پس از خنک شدن، مصالح سنگی را با الک کردن به روش خشک به بخش‌هایی با اندازه مورد نظر تفکیک کنید. حداقل تعداد بخش‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

---

1-Scoop  
2-Spoon

(۲۵ تا ۱۹) میلی‌متر

(۱۹ تا ۱۲/۵) میلی‌متر

(۱۲/۵ تا ۹/۵) میلی‌متر

(۹/۵ تا ۴/۷۵) میلی‌متر (الک شماره ۴)

(۴/۷۵ تا ۲/۳۶) میلی‌متر (الک شماره ۴ تا الک شماره ۸)

کوچک‌تر از ۲/۳۶ میلی‌متر (عبوری از الک شماره ۸)

#### ۴-۲ تعیین دمای اختلاط و تراکم

۴-۲-۱ قیر خالص<sup>۱</sup> به‌کار رفته در آماده‌سازی آزمون‌ها باید گرم شود تا به ترتیب به گرانیروی  $(۱۷۰ \pm ۲۰)$  سانتی‌پواز  $(۰/۱۷ \pm ۰/۰۲)$  پاسکال‌ثانیه) و  $(۲۸۰ \pm ۳۰)$  سانتی‌پواز  $(۰/۲۸ \pm ۰/۰۳)$  پاسکال‌ثانیه) برای اختلاط و تراکم برسد. نمونه‌ای از نمودار گرانیروی- دما در استاندارد ASTM D2493 ارایه شده است.

یادآوری - انتخاب دماهای اختلاط و تراکم در گرانیروی  $(۱۷۰ \pm ۲۰)$  سانتی‌پواز  $(۰/۱۷ \pm ۰/۰۲)$  پاسکال‌ثانیه) و  $(۲۸۰ \pm ۳۰)$  سانتی‌پواز  $(۰/۲۸ \pm ۰/۰۳)$  پاسکال‌ثانیه) برای قیرهای اصلاح شده مجاز نیست. در چنین مواردی کاربر برای تعیین محدوده‌های دمایی مناسب تراکم و اختلاط باید بر اساس توصیه تولیدکننده عمل کند.

#### ۴-۲-۲ مخلوط آسفالتی حاوی قیر محلول

دمای اختلاط، دمایی است که در آن قیر محلول باید به گرانیروی  $(۱۷۰ \pm ۲۰)$  سانتی‌پواز  $(۰/۱۷ \pm ۰/۰۲)$  پاسکال‌ثانیه) برسد. دمای تراکم برای مخلوط‌های حاوی قیر محلول با کمک نمودار گرانیروی در مقابل در صد جرمی حلال موجود در آن قیر محلول انتخاب می‌شود. در این نمودار، درصد جرمی حلال موجود در قیر محلول از روی گرانیروی آن در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به‌دست می‌آید. گرانیروی قیر محلول را در نقطه‌ای که ۵۰ درصد از حلال خود (برای قیرهای محلول زودگیر و کندگیر) یا ۲۰ درصد از حلال خود (برای قیرهای محلول دیرگیر) را از دست می‌دهد، تعیین کنید. دمای تراکم از روی نمودار گرانیروی- دما تعیین می‌شود که در آن دما، قیر محلول با از دست دادن مقدار بیان شده از حلال اولیه به گرانیروی  $(۲۸۰ \pm ۳۰)$  سانتی‌پواز  $(۰/۲۸ \pm ۰/۰۳)$  پاسکال‌ثانیه) برسد.

#### ۴-۲-۳ تراکم دوباره مخلوط‌های آسفالتی روسازی

نمونه مخلوط آسفالتی اخذ شده از روسازی موجود باید در ظرف‌های درپوش‌دار، داخل گرم‌خانه‌ای با رواداری دمایی سه درجه سلسیوس از دمای تراکم مورد نظر گرم شوند. گرم کردن باید به اندازه کافی طولانی باشد تا مخلوط به دمای تراکم مورد نظر برسد. چنانچه دمای تراکم برای مخلوط خاصی معلوم نباشد، تجربه نشان داده است که این مخلوط‌ها باید در دمای بین ۱۲۰ درجه سلسیوس و ۱۳۵ درجه سلسیوس متراکم شوند. در فرآیند گرم کردن و آماده‌سازی برای رسیدن به دمای تراکم، مصالح باید تا زمانی که مخلوط نرمی به دست آید، گرم شده و مورد استفاده قرار گیرند. سنگدانه‌های برش خورده در حین اخذ نمونه از روسازی موجود را می‌توان از

مخلوط خارج کرد. استحکام مخلوط دوباره گرم و متراکم شده اخذ شده از روسازی‌های موجود، به دلیل سخت‌شدگی قیر در مدت خدمت‌دهی، به احتمال زیاد از مخلوط اولیه بیشتر است. فرآیند دوباره گرم کردن اثر کمی بر سخت‌شدگی قیر خواهد داشت.

#### ۴-۳ آماده‌سازی مخلوط

آزمونه‌ها می‌توانند از یک پیمانانه یا پیمانانه‌های مختلف حاوی مصالح کافی برای ساخت سه یا چهار آزمونه آماده شوند.

۴-۳-۱ مقداری از هر بخش مصالح سنگی مورد نیاز برای تولید یک پیمانانه شامل یک، دو، سه یا چهار آزمونه متراکم شده به ارتفاع (  $2/5 \pm 63/5$  ) میلی‌متر (به ترتیب در حدود ۱۲۰۰ گرم، ۲۴۰۰ گرم، ۳۶۰۰ گرم یا ۴۸۰۰ گرم) را در ظرف‌های جداگانه‌ای وزن کنید. پیمانانه‌های مصالح سنگی را در ظرف‌هایی روی صفحه داغ یا درون گرمخانه قرار داده، تا رسیدن به دمای بالاتر از دمای اختلاط تعیین شده در زیر بند ۴-۲ حرارت دهید. دمای مخلوط‌های قیر خالص و قطرانی باید حداکثر ۲۸ درجه سلسیوس بالاتر از دمای اختلاط و برای مخلوط‌هایی با قیر محلول حداکثر ۱۴ درجه سلسیوس بالاتر از دمای اختلاط باشد. مصالح سنگی گرم شده خشک را درون جام اختلاط ریخته، با پیمانانه کف تخت یا قاشق بزرگ به طور کامل تقریباً پنج ثانیه، مخلوط کنید. شکل یک قیف را درون مصالح سنگی مخلوط شده خشک ایجاد کنید، مقدار مورد نیاز مواد قیری گرم شده تا دمای اختلاط را درون مخلوط بریزید. برای مخلوط‌هایی که با قیر محلول تهیه می‌شوند، تیغه مخلوط‌کن را داخل جام مخلوط‌کن قرار داده، وزن کل اجزای مخلوط را همراه با وزن تیغه و جام پیش از مخلوط کردن تعیین کنید. مراقب باشید در حین اختلاط و جابجایی از هدر رفت مخلوط جلوگیری شود. در این مرحله، دمای مخلوط باید در محدوده‌های دمای اختلاط تعیین شده در زیر بند ۴-۲ باشد. مصالح سنگی و مواد قیری را با سرعت تا اندود کامل به مدت تقریباً ۶۰ ثانیه برای پیمانانه‌های تک آزمونه و تقریباً ۱۲۰ ثانیه برای پیمانانه‌های چند آزمونه مخلوط کنید.

۴-۳-۲ پیمانانه‌های تک آزمونه را در ظرف‌های فلزی درپوش‌دار در گرمخانه‌ای در دمای ۸ درجه سلسیوس تا ۱۱ درجه سلسیوس بالاتر از دمای تراکم تعیین شده در زیر بند ۴-۲ برای حداقل یک ساعت و حداکثر دو ساعت عمل‌آوری کنید.

۴-۳-۳ در پیمانانه‌های چند آزمونه، تمام پیمانانه یا آزمونه را روی سطح تمیز غیرجاذبی قرار دهید، برای اطمینان از یکنواختی، آزمونه را با دست مخلوط کنید و به بخش‌های مناسب منطبق با الزامات ارتفاع آزمونه تقسیم کنید. برای مخلوط‌های حاوی قیر خالص و قطرانی، آزمونه‌ها را درون ظرف‌های فلزی درپوش‌دار قرار داده در گرمخانه‌ای با گردش جریان هوا در دمای تعیین شده در زیر بند ۴-۳-۲ برای حداقل یک ساعت و حداکثر دو ساعت عمل‌آوری کنید. مخلوط‌های قیر محلول را درون جام مخلوط‌کن در گرمخانه‌ای با گردش جریان هوا در دمایی تقریباً ۱۱ درجه سلسیوس بالاتر از دمای تراکم عمل‌آوری کنید. عمل‌آوری در جام اختلاط را تا دستیابی به افت ۵۰ درصد یا بیشتر از وزن از پیش محاسبه شده حلال ادامه دهید. ممکن است برای تسریع در افت حلال، مخلوط در جام مخلوط‌کن در مدت عمل‌آوری هم زده شود. در این صورت باید مراقب بود تا از هدر رفتن

(بیرون ریختن) مخلوط جلوگیری شود. در مدت عمل‌آوری، مخلوط را ابتدا در فواصل زمانی متوالی هر ۱۵ دقیقه و سپس در فواصل زمانی کمتر از ۱۰ دقیقه تا رسیدن به افت ۵۰ درصدی وزن حلال توزین کنید.

۴-۳-۴ سایر مخلوط‌های آسفالتی یا مخلوط‌های تولید شده کارخانه‌ای ممکن است به روش‌های عمل‌آوری ویژه‌ای نیاز داشته باشند.

یادآوری- گرم کردن مخلوط‌ها قبل از تراکم می‌تواند آزمون‌هایی با ویژگی‌های متفاوت از مخلوط‌هایی که بلافاصله پس از اختلاط متراکم می‌شوند، ایجاد کند (معیارهای روش مارشال اولیه<sup>۱</sup> بر اساس فرآیند بدون عمل‌آوری می‌باشد).

#### ۴-۴ تراکم آزمون‌ها

۴-۴-۱ مجموعه قالب و سطح چکش تراکم را به‌طور کامل تمیز کرده، در آب جوش، گرم‌خانه یا روی گرمکن صفحه داغ در دمایی بین ۹۰ درجه سلسیوس تا ۱۵۰ درجه سلسیوس گرم کنید. تکه‌ای کاغذ غیرجاذب را به اندازه کف قالب بریده قبل از ریختن مخلوط، در ته قالب قرار دهید. مخلوط را درون قالب ریخته، با قاشق یا کاردک گرم شده، با نیروی زیاد، ۱۵ ضربه به اطراف مخلوط و ۱۰ ضربه به ناحیه میانی آن بزنید. تکه دیگری از کاغذ غیرجاذب را به اندازه بالای قالب بریده، روی مخلوط قرار دهید. دمای مخلوط بلافاصله قبل از تراکم باید در محدوده دمای تراکم تعیین شده در زیر بند ۴-۲ باشد.

۴-۴-۲ مجموعه قالب را روی پایه تراکم درون نگه‌دارنده قالب قرار دهید، تعداد ضربه‌های مورد نیاز را با استفاده از چکش تراکم به آزمون‌ها اعمال کنید. صفحه زیرین و گلویی قالب را بردارید، قالب را پشت و رو کرده (برگردانید) و آن را دوباره سوار کنید. همان تعداد ضربه را به ته آزمون‌ها نیز اعمال کنید. بعد از تراکم، گلویی و صفحه زیرین قالب را بردارید. برای جلوگیری از آسیب دیدن آزمون‌ها، اجازه دهید تا آزمون‌ها به قدر کافی خنک شود، سپس آزمون‌ها را از قالب خارج کنید. خنک کردن آزمون‌ها درون قالب می‌تواند با غوطه‌ور کردن آن درون آب خنک تسهیل شود. برای تسهیل در بیرون آوردن آزمون‌ها می‌توان قالب و آزمون‌ها را مدت زمان کوتاهی در حمام آب گرم غوطه‌ور کرد تا قالب فلزی گرم و میزان تغییر شکل آزمون‌ها کاهش یابد. با دقت آزمون‌ها را به سطح صاف و تختی انتقال دهید و اجازه دهید تا رسیدن به دمای محیط خنک شوند (ممکن است یک شب تا صبح طول بکشد). برای کمک در خنک کردن می‌توان از پنکه استفاده کرد.

۴-۴-۳ هنگامی که تراکم با چکش دستی انجام می‌شود، محور چکش تراکم را در حین تراکم با دست تا حد امکان عمود بر صفحه زیرین قالب نگه‌دارید. در روش مارشال اولیه، هنگام تراکم هیچ‌گونه ابزار مکانیکی برای نگه‌داری دسته چکش در وضعیت عمودی استفاده نمی‌شود.

یادآوری- بهتر است محور چکش تمیز بوده و کمی روغنکاری شود.

## ۵ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- ۱-۵ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛
- ۲-۵ اطلاعات شناسایی نمونه (شماره نمونه، اختلاط آزمایشگاهی یا مخلوط شده کارخانه‌ای و غیره)؛
- ۳-۵ نوع ماده قیری، تولید کننده و میزان آن؛
- ۴-۵ انواع مصالح سنگی، محل تامین و دانه‌بندی؛
- ۵-۵ نوع و زمان عمل‌آوری قبل از تراکم؛
- ۶-۵ نوع چکش تراکم (چکش تراکم دستی (نوع ۱)، چکش تراکم مکانیکی با دسته ثابت (نوع ۲) یا چکش تراکم مکانیکی با دسته ثابت و پایه چرخان (نوع ۳)؛
- ۷-۵ تعداد ضربه‌های چکش در هر طرف آزمون؛
- ۸-۵ دمای اختلاط؛
- ۹-۵ دمای تراکم؛
- ۱۰-۵ نوع و زمان خنک‌کردن.

## ۶ دقت

در این استاندارد، دقت قابل تعیین نیست. پذیرش یا رد آزمون‌ها بهتر است با آزمون‌های بیشتری بر اساس الزامات معیارهای کاربردی انجام شود. تعیین استحکام مارشال و روانی طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۰۷۵ را فقط برای آزمون‌های تکرارپذیری که اختلاف وزن مخصوص توده (حقیقی) مصالح سنگی در حدود  $\pm 0.020$  مقدار میانگین می‌باشد، استفاده کنید.