



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۶۰۴۱

چاپ اول

ISIRI

6041

1st-Edition

MAY 2002

اردیبهشت ماه ۱۳۸۱

بتن آماده - روش آزمون برای تعیین مقدار آب

**Test Methods for: Determining The water
Content of Freshly Mixed Concrete**

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

دفتر مرکزی: تهران - بالاتراز میدان ولی عصر، کوچه شهید شهامتی، پلاک ۱۴
صندوق پستی ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵

تلفن مؤسسه در کرج: ۰۲۶۱-۲۸۰۶۰۳۱-۸

تلفن مؤسسه در تهران: ۰۲۶۱-۲۸۰۸۱۱۴-۹

دورنگار: کرج ۰۲۶۱-۲۸۰۸۱۱۴ تهران ۰۲۱-۸۸۰۲۲۷۶

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

پیام نگار [Standard @ isiri.or.ir](mailto:Standard@isiri.or.ir)

بها: ۲۰۰۰ ریال

 *Headquarter: Institute of Standards and Industrial Research of IRAN*

P.O.Box 31585-163 Karaj - IRAN

Central office: NO.14, Shahid Shahamati St., Valiasr Ave. Tehran

P.O.Box: 14155-6139

 *Tel.(Karaj): 0098 261 2806031-8*

 *Tel.(Tehran): 0098 21 8909308-9*

 *Fax(Karaj): 0098 261 2808114*

 *Fax(Tehran): 0098 21 8802276*

 *Email: Standard @ isiri.or.ir*

 *Price: 2000 Rls*

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

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

تدوین استاندارد در رشته‌های مختلف توسط کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط با موضوع صورت می‌گیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت‌ها و مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فنی و فن‌آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، بازرگانان، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمان‌های دولتی باشد. پیش‌نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمان‌های علاتمند و ذیصلاح و با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌شود نیز پس از طرح و بررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی چاپ و منتشر می‌گردد. بدین ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره ۵۰۰۰، تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل می‌گردد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد می‌باشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی استفاده می‌نماید.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید. مؤسسه می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید.

همچنین به منظور اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و گواهی‌کنندگان سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و کالیبره‌کنندگان وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد اینگونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس 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 می‌نماید. ترویج سیستم بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون وسایل سنجش، تعیین عبارات فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این مؤسسه می‌باشد.

کمیسیون استاندارد "روش آزمایش برای تعیین مقدار آب بتن تازه"

رئیس

فامیلی - هرمز

سمت یا نمایندگی

عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت

اعضا

ایزدی - مجید

بلند پایه - برج میلاد

پرهیزکار - طبیه

معاونت تحقیقاتی مرکز تحقیقات مسکن

پيله وريان - جعفر

مدیر عامل وست بتن

تبار - علی

دفتر فنی سازمان مدیریت

خطیبی - جاوید

مرکز تحقیقات و توسعه سیمان فارس خوزستان آبیک

خاشعی - حمیدرضا

سازمان مدیریت و برنامه ریزی

شریفیان - جواد

سیمان تهران

سازور - رسول

مدیر صنایع ساختمانی موسسه استاندارد

صادقانهپور - صادق

رئیس هیئت مدیره انجمن تولید کنندگان بتن

غلام حسینیان - قاسم

انجمن صنفی سیمان

کمالی - آرش

مدیر تولید شرکت شوساک

گنجیان - اسماعیل

عضو هیئت علمی دانشگاه خواجه نصیر اندین طوسی

ولی زاده - ابراهیم

وست بتن

دبیر

حمیدی - عباس

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

پیش گفتار

استاندارد آروش آزمایش برای تعیین مقدار آب بتن تازه که توسط کمیسیون‌های فنی مربوطه تهیه و تدوین شده و در ۶۷ جلسه کمیته ملی استاندارد ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۸۰/۹/۱۰ مورد تصویب قرار گرفته است، 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 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 تجدیدنظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی، مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ملی ایران باید همواره از آخرین تجدیدنظر 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 بین‌المللی و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود.

منابع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است :

1- ASTM C1079-87

Standard Test Methods for

Determining the Water Content

Of Freshly Mixed Concrete

استاندارد روش آزمایش برای تعیین مقدار آب بتن تازه

۱ هدف و دامنه کاربرد

این روش آزمایش مقدار آب آزاد موجود در مخلوط بتن تازه را به دو روش شیمیائی تعیین مینماید. این آزمایش‌ها در آزمایشگاه و همچنین در کارگاه قابل اجرا می‌باشد. انتخاب آزمایش بستگی به آزمایش کننده دارد. محیطی که تحت شرایط آن روشهای آزمایش استفاده می‌شود، میتواند در انتخاب روش مؤثر باشند. تغییر مقدار آب در یک پیمانانه و بین چند پیمانانه بتن که اسماً بتن آنها یکسان است. میتواند بکار رود اگر از این روشهای آزمایش برای مشخص کردن یکنواختی بتن استفاده گردد، باید روشهای مناسب و صحیح نمونه برداری نیز اعمال گردند. روشهای نمونه برداری مربوط به این آزمایش در بند ۴ آمده است.

وقتی این روشهای آزمایش، همراه با آزمایش کننده در این استاندارد بکار رود. نسبت آب به سیمان را میتوان تخمین زد. در این استاندارد برخورد با مواد و لوازم زیان آور وجود دارد. مفهوم این استاندارد دال بر این نیست که کلیه مواد ایمنی مرتبط به آن در نظر گرفته شده است. استفاده کننده این استاندارد مسئولیت دارد که رعایت کلیه موارد ایمنی را در نظر بگیرد.

۲ خلاصه روش آزمایش

وزن مشخصی از بتن تازه با حجم معینی از محلول کلرید با غلظت مشخص مخلوط میگردد. غلظت یونهای کلرید محلول آمیخته شده با بتن با مقدار آب نمونه بتن نسبت مستقیم دارد. این غلظت را میتوان یا به روش تیتراسیون حجمی و یا روش سنجش مقدار الکتریسیته تعیین نمود. علاوه بر آن یک آزمایش حقیقی نیز مورد نیاز است که در آن حجم معینی از آب مقطر را با وزن مشخصی از نمونه بتن مخلوط کرده و با روش تیتراسیون حجمی و یا روش سنجش الکتریسیته، غلظت یون کلرید را با افزایش مقدار زیادی از یک محلول استاندارد استاندارد نترات نقره به حجم مشخصی از هر مخلوط

بتن و محلول کلرید تعیین می‌گردد. در این عملیات یونهای کلرید به صورت کلرید نقره رسوب می‌کنند. مقدار نقره باقیمانده از طریق تیترو کردن با محلول استاندارد تیوسیانات در مجاورت معرف آهن II (نشاندنده حجم معینی از مخلوط بتن و محلول کلرید به یک محلول بافر اسیدی، تعیین میشود. غلظت یون کلرید با استفاده از دستگاههای روش سنجش مقدار الکتریسته تعیین میشود (اگر آزمایش حقیقی نشان دهنده عدم حضور کلریدها باشد، میتوان از آزمایشهای بعدی در اجرای آن صرف نظر کرد).

۳ خلوص معرف ها

۱-۳ **خلوص معرف‌ها:** در تمامی آزمایش‌ها از معرف‌های درجه بندی شده شیمیائی باید استفاده گردد. با استثناء مواد مشخص شده، همه معرف‌ها باید با مشخصات داده شده باید استفاده گردد.

معرف‌های دیگر نیز میتوانند مورد استفاده قرار گیرند، به شرط اینکه قبلاً مشخص شده باشد که خلوص معرف برای رسیدن به دقت مورد نیاز کافی است. برای اطمینان از کفایت خلوص معرف‌های دیگر باید نتایج حاصل از کاربرد آنها با نتایج حاصل از کاربرد معرف‌های درجه بندی شده شیمیائی مقایسه گردند. مگر اینکه مدارکی از قبل موجود باشد که رضایت بخش بودن آنها در آن منعکس شده باشد.

۲-۳ **خلوص آب:** بجز موارد مشخص شده در بقیه موارد منظور از آب، آب مقطر یا آب خالص میباشد.

۴ نمونه برداری

۱-۴ نمونه آزمایشی بتنی که نمونه آزمایش مقدار آب از آن گرفته میشود، بایستی نماینده کل پیمانان بتن باشد و نباید کمتر از ۲۰ کیلوگرم وزن داشته باشد. نمونه باید طبق مشخصات استاندارد

ملی ایران بشماره..... (C ۹۴) و با روش استاندارد ملی ایران بشماره ۳۲۰۱ تهیه شده باشد. در استاندارد ملی..... (C ۹۴) روشهای نمونه برداری برای یکنواختی بتنی که در کامیون حمل بتن تولید میشود، ارائه شده است. اگرالک کردن سنگدانه‌های بزرگتر از ۴۰ میلیمتر در حالت خیس بودن مجاز نباشد، باید ظرف دهانه گشاد آماده در بند ۵-۱-۴ را به اندازه کافی بزرگ انتخاب کرد تا کار یا سنگدانه‌های بزرگتر آسانتر شود.

۵ روش الف: روش تیتراسیون حجمی

۱-۵ وسایل مورد نیاز:

۱-۱-۵ حداقل وسایل آزمایش برای انجام تجزیه بشرح زیر توصیه میگردد.
 بجای وسایلی که در بندهای ۵-۱-۱ الی ۵-۱-۱۴ معرفی شده‌اند، از وسایل دیگری نیز میتوان استفاده نمود، مشروط بر اینکه همان عملکرد را داشته باشد.

۲-۱-۵ ترازو: حداقل ظرفیت ۲۶۰۰ گرم و حساسیت حداقل ۰/۱ گرم.

۳-۱-۵ بیلچه، سرطاس دستی و دستکش لاستیکی برحسب مورد نیاز.

۴-۱-۵ تشنک مخصوص^(۱) نمونه بتن به ظرفیت ۴/۷ لیتر از جنس پلی اتیلن.

۵-۱-۵ ظرف دهانه گشاد به ظرفیت ۱/۹ لیتر از جنس پلی اتیلن با درپوش پیچی.

۶-۱-۵ مخلوط کن

مخلوط کن گردان با سرعت ۴۰ تا ۶۰ دور در دقیقه، قابلیت نگهداری و گرداندن ظرف دهانه گشاد ۱/۹ لیتری ۲/۵ کیلوگرم مواد. این مخلوط کن باید مجهز به یک زمان سنج صفر تا ۱۵ دقیقه‌ای و دارای کلید باشد.

۷-۱-۵ بشر مخروطی یا ارلن مایر به ظرفیت ۵۰۰ میلی لیتر.

۸-۱-۵ پیست - با ظرفیت ۲۵ میلی لیتر از نوع A یا B

1- Sample tub

۹-۱-۵ پیپت‌های اتوماتیک

پیپت‌های اتوماتیکی شیشه‌ای با ظرفیت ۲۵ و ۱۰ میلی لیتر که با درپوشهائی از جنس پلی تیترا فلئوئور و اتیلن (PTE) مجهز میباشند. از پیپت اتوماتیک ۲۵ میلی لیتری دو عدد مورد نیاز میباشد. از هر ظرف مدرجی با حداقل دقت ± 0.05 میلی لیتر میتوان بجای پیپت اتوماتیکی استفاده نمود.

۱۰-۱-۵ بطری‌های تیره رنگ معرف ها

دو بطری دهانه باریک تیره رنگ از جنس پلی پروپیلن با حجم ۰/۹۵ تا ۱ لیتر مجهز به دو درپوش لاستیکی یکی با دو سوراخ و دیگری با سه سوراخ، مورد نیاز میباشد. بطری‌ها باید با لوله‌های شیشه‌ای و لوله‌های U شکل با قطر خارجی ۷ میلیمتر و ضخامت جدار استاندارد مجهز باشند. دو لوله برای درپوش سه سوراخی و یک لوله برای درپوش یک سوراخی مورد نیاز میباشد. برای اتصال لوله شیشه‌ای U شکل شبه پیپت‌های ۲۵ میلی لیتری ۳ متر لوله لاستیکی تیره رنگ به قطر داخلی ۶/۴ میلیمتر لازم است.

۱۱-۱-۵ بورت - از جنس اکریلیک با ظرفیت ۱۰۰ میلی لیتر که دارای یک سر لاستیکی از جنس پولی تترافلئورواتیلن (PTFE) میباشد.

۱۲-۱-۵ بالن مدرج - دو عدد بالن مدرج ۵۰۰ میلی لیتری از جنس پلی اتیلن

۱۳-۱-۵ تعیین کننده‌هائی با حجم ثابت^(۱) از جنس پلی اتیلن با یک مخزن از جنس پروپیلن. یک تعیین کننده با حجم ثابت ۳ میلی لیتری و ۳ عدد ۵ میلی لیتری مورد نیاز میباشد.

۱۴-۱-۵ ظروف مکش دار از جنس پلی اتیلن خطی به ظرفیت ۷/۶ لیتر

۱۵-۱-۵ گیره‌ها - گیره‌ای برای نگهداری دو بورت و گیره معمولی دیگری که دارای سه شاخه با پوشش وینیل میباشند.

۶ معرف ها

۱-۶ **محلول اسید نیتریک (۱+۱)** - یک حجم اسید نیتریک غلیظ و NHO_3 با چگالی ۱/۴۲ را در یک حجم آب به دقت بریزید.

۲-۶ **محلول معرف سولفات آهن:**

۵۰ گرم سولفات آمونیوم آهن $FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$ را در ۱۰۰ میلی لیتر آب حل کرده و ۵ قطره از محلول اسید نیتریک (۱+۱) به آن اضافه نمائید.

۳-۶ **نیتروبنزن $C_6H_5NO_2$ با چگالی ۱/۲**

توجه: نیتروبنزن بسیار سمی میباشد و به سرعت از راه پوست جذب بدن میگردد. بدین منظور باید از تماس آن با پوست و یا لباس جلوگیری گردد و از تنفس بخار، آن خودداری نمود. احتیاطهای لازم در هنگام استفاده از این ماده باید انجام گیرد.

۴-۶ **محلول تیوسیانات پتاسیم (۰/۰۵ نرمال) $2 \pm 24/3$ گرم تیوسیانات پتاسیم خشک** تیوسیانات را در آب حل کرده و حجم محلول را به ۵ لیتر برسانید.

۵-۶ **محلول نیترات نقره (۰/۵ نرمال): 2 ± 255 گرم نیترات نقره خشک $(AgNO_3)$ را در آب** حل کرده و حجم محلول را به ۳ لیتر برسانید.

۶-۶ **محل کلرید سدیم (۰/۵ نرمال) 3 ± 292 گرم کلرید سدیم خشک $(NaCl)$ را در آب حل** کرده و حجم محلول را به ۱۰ لیتر برسانید.

یادآوری - بعلت کند بودن حلالیت بلورهای خشک $NaCl$ بهتر است محلول را بصورت مکانیکی هم زد تا بلورهای نمک بطور کامل حل شوند.

۷ کالیبراسیون

۱-۷ ثابت معادل محلول حقیقی با استفاده از پیت اتوماتیکی، ۱۰ میلی لیتر نیترات نقره

۰/۵ (AgNO₃) نرمال را در یک بشر بریزید. توسط یک تعیین کننده با حجم ثابت، ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک (HNO₃) ۵ میلی لیتر محلول معرف سولفات آهن و ۲ میلی لیتر نیتروبنزن را به محتویات بشر اضافه کنید و بمدت چند ثانیه محتویات بشر را خوب هم بزنید. با استفاده از یک بورت ۱۰۰ میلی لیتری از محلول ۰/۰۵ نرمال تیوسیانات پتاسیم محلول فوق را تیره نموده و در حین تیتراسیون محتویات بشر را هم بزنید. تیتراسیون را متوقف کنید، زمانیکه اولین لکه‌های پایدار به رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز پدیدار شدند، حجم تیوسیانات پتاسیم لازم را برای رسیدن به نقطه پایانی را یادداشت نمایید. این حجم ثابت معادل محلول حقیقی میباشد.

۲-۴ مقدار آب برحسب نقطه پایانی تیوسیانات پتاسیم ۱/۰ ± ۰/۱ گرم (۱۰۰ میلی لیتر) آب را وزن کرده در یک ظرف دهانه گشاد تمیز بریزید. با استفاده از بالن مدرج ۵۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۵ نرمال NaCl به آن اضافه نمایید. آنگاه درب ظرف را محکم بسته و توسط مخلوط کن آن را بمدت سه دقیقه تکان دهید. سپس ظرف را از مخلوط کن بیرون آورده و توسط پیپت مدرج نمونه‌ای به اندازه ۲۵ میلی لیتر از محلول را بردارید و آنرا در یک بشر مخروطی بریزید. با استفاده از یک پیپت (خودکار)، ۲۵ میلی لیتر محلول ۰/۵ نرمال AgNO₃ توسط تعیین کننده‌ها با حجم ثابت، ۱۰ میلی لیتر HNO₃ (۱+۱) و ۵ میلی لیتر محلول معرف سولفات آهن و ۲ میلی لیتر نیتروبنزن در داخل بشر فوق بریزید. آنگاه مخلوط را بطور کامل هم بزنید. محلول فوق را با استفاده از یک بورت ۱۰۰ میلی لیتری محتوی ۰/۰۵ نرمال تیوسیانات، تیره نمایید و محتویات بشر را در هنگام تیتراسیون هم بزنید و تا پیدایش دائمی رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز (نقطه پایانی) تیتراسیون را ادامه دهید. حجم تیوسیانات را یادداشت نمایید. این حجم مقداری است که برای تیتراسیون یک نمونه بتن بدون کلرید و حاوی ۱۰۰ گرم آب بکار می‌رود.

۳-۷ منحنی کالیبراسیون مقدار آب برحسب مقدار کل تیوسیانات پتاسیم روش، ذکر شده در بند ۲-۷ را با ۱/۱ ± ۰/۱ گرم و ۱۸۰ ± ۰/۱ گرم آب تکرار نمایید. نمودار مقدار آب را برحسب گرم و مقدار تیوسیانات را برحسب میلی‌متر رسم کنید و نقطه‌هایی که از داده‌های کالیبراسیون بدست آمده

با یک منحنی به هم وصل نمائید.

۴-۷ هر بار که یک معرف جدید مورد استفاده قرار میگیرد، روش کالیبراسیون آمده در بندهای ۱-۷ الی ۳-۷ قابل اجزاء میباشد. قبل از اینکه آزمایش نمونه‌های بتن انجام گردد، باید هر هفته یک کنترل کالیبراسیون تک نقطه‌ای مطابق بند ۷-۲ انجام شود. اگر تفاوت این کنترل کالیبراسیون تک نقطه‌ای بیشتر از ± 0.5 میلی لیتر تیوسیانات با مقادیر تعیین شده باشد، کالیبراسیون باید دوباره بطور کامل انجام شود.

۸ روش آزمایش

۱-۸ برای تهیه نمونه آزمایش بتن، دو نمونه به وزن 2000 ± 200 گرم از نمونه اصلی که طبق بند ۴-۱ آماده شده است، بردارید. وزن هر نمونه آزمایش را با دقت ۱ گرم یادداشت نمائید. اگر قطر اسمی سنگدانه‌ها بیشتر از ۴۰ میلی متر باشد. مقدار فوق باید بدلیل خطاهای نمونه‌گیری ناشی از وجود دانه‌های درشت تصحیح شود و انجام آن باید طبق روش آمده در بند ۱۵ باشد.

یادآوری - محدوده وسیعی از جرم نمونه برای ممانعت از پیش دآوری نسبت ملات به سنگدانه توسط اصلاح اندازه نمونه مجاز میباشد.

۲-۸ هر نمونه را در داخل ظرف دهانه گشاد قرار دهید. بوسیله یک بالزن مدرج به یکی از نمونه‌ها (نمونه شماره ۱) ۵۰۰ میلی لیتر محلول $NaCl$ ۰/۵ نرمال و به نمونه دیگر (شماره ۲) ۵۰۰ میلی لیتر آب اضافه نمائید و درپوش ظرفها را بگذارید.

۳-۸ هر دو ظرف را با یک مخلوط‌کن گردان و یا با دست دوران دهید. در صورتیکه این عمل توسط دست انجام گیرد، توصیه می‌گردد که حداقل ۷۵ دوره کامل با سر و ته کردن ظرف را بچرخانید و در صورت استفاده از مخلوط‌کن، باید ظرف بمدت حداقل ۲ دقیقه و با سرعت ۴۰ تا ۶۰ دور در

دقیقه چرخانده شود و تحت هیچ شرایطی ظرفها نباید با سرعتی بیش از ۸۰ دور در دقیقه چرخانده شوند. سرعت زیاد مانع از مخلوط شدن کامل محلول نمک و آب با نمونه‌های بتن میگردد.

۴-۸ ظرفها را از مخلوط کن خارج کنید و درپوش آنها را نیمه باز کرده و ۲ تا ۵ دقیقه در این حال بگذارید تا محتویات آنها رسوب کند. بوسیله یک پیست مدرج ۲۵ میلی لیتر از محلول نمونه حاوی $NaCl$ و ۲۵ میلی لیتر از محلول نمونه حقیقی برداشته و در دو بشر مخروطی مجزا بریزید. بوسیله پیست (خودکار) به یکی از نمونه‌ها (نمونه شماره ۱) ۲۵ میلی لیتر محلول ۰/۵ نرمال $AgNO_3$ (نیترات نقره) و به نمونه دیگر (شماره ۲) ۱۰ میلی لیتر محلول ۰/۵ نرمال $AgNO_3$ (نیترات نقره) اضافه نمایید. با استفاده از تعیین کننده با حجم ثابت، ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک (۱+۱) ۵ میلی لیتر محلول معرف سولفات آهن و ۲ میلی لیتر نیتروبنزن به هر بشر اضافه کرده و کاملاً هم بزنید.

۵-۸ غلظت کلرید در محلول نمونه‌های شماره ۱ و ۲ بوسیله تیتراسیون محلولها با محلول ۰/۰۵ نرمال تیوسیانات در یک بورت ۱۰۰ میلی لیتری تعیین میگردد. در صورتیکه ابتدا با یک پیست (خودکار) ۲۵ میلی لیتر محلول ۰/۰۵ نرمال تیوسیانات به محلول بیفزائیم و بعد بوسیله یک بورت ۱۰۰ میلی لیتری حاوی تیوسیانات عملیات را تکمیل نمائیم، تیتراسیون سریعتر انجام میگردد. در حین تیتراسیون محتویات بشرها را بهم بزنید. تیتراسیون را متوقف کنید، زمانیکه اولین لکه‌های پایدار به رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز پدیدار شدند. مقدار محلول تیوسیانات مصرف شده در هر دو محلول را یادداشت نمائید. اگر بتن مورد آزمایش حاوی کلرید نباشد، دیگر احتیاجی به تهیه محلول شماره ۲ (نمونه حقیقی) در آزمایشهای بعدی نمیباشد.

۹ محاسبات

۱-۹ معادل (هم ارز) تیوسیانات نمونه حقیقی V را برحسب میلی لیتر از رابطه شماره ۱ محاسبه میگردد.

$$(1) y = a \cdot x$$

که در آن

a = ثابت هم ارز محلول حقیقی طبق بند ۷-۱ برحسب میلی لیتر

x = حجم تیوسیانات مصرف شده در محلول حقیقی تا نقطه پایانی طبق بند ۸-۵ برحسب میلی لیتر

۲-۹ با استفاده از منحنی کالیبراسیون شرح داده شده در بند ۷-۲ مقدار آب را تعیین نمایید.

مقدار تیوسیانات استفاده شده در منحنی کالیبراسیون، مجموع حجم تیوسیانات پتاسیم لازم برای محلول شماره ۱ (طبق بند ۸-۵) و هم ارز تیوسیانات پتاسیم محلول حقیقی (y) میباشد. مقدار آب محاسبه شده برحسب گرم میباشد (مقدار تیوسیانات که باید در روی منحنی بکار رود).

۱-۲-۹ بظور کلی مقدار آب محاسبه شده را بصورت درصدی از وزن کل نمونه بیان میکنند. برای

این منظور مقدار آب حساب شده (W) را بر وزن یادداشت شده نمونه (M_p) تقسیم کرده و در عدد ۱۰۰ ضرب کنند.

$$\text{درصد آب} = (W/M_p) \times 100$$

۲-۲-۹ مقدار آب محاسبه شده را نیز میتوان برحسب کیلوگرم بر متر مکعب بدست آورد.

$$27W = (W/M_p) \times 27W = \text{مقدار آب برحسب کیلوگرم بر متر مکعب}$$

که در آن

W = مقدار آب موجود در نمونه آزمایشی برحسب گرم

M_p = وزن نمونه آزمایشی برحسب گرم

W = وزن مخصوص بتن طبق استاندارد ملی ایران ۳۸۲۱ برحسب کیلوگرم بر متر مکعب.

۱۰ دقت

۱-۱۰ انحراف معیار یک آزمایش کننده تقریباً برابر ۰/۵۵ درصد آب بدست آمده است. براساس

نتایج بدست آمده از آزمایشگاه‌های متعدد، نتایج دو آزمایش صحیح انجام شده بوسیله یک آزمایش

کننده بر روی مواد مشابه نبایستی از ۰/۵۶ درصد بیشتر اختلاف داشته باشد.

۱۱ روش دب، - روش کولومتریك

۱-۱۱ وسایل مورد نیاز - حداقل وسایل مورد نیاز آزمایش بشرح زیر توصیه میگردند. بجای این وسایل که در بندهای ۱-۱-۱۱ الی ۱۱-۱-۱۱ شرح داده شده است از وسایل دیگری نیز میتوان استفاده نمود، مشروط بر اینکه همان عملکرد را داشته باشد.

۱-۱-۱۱ **ترازو** - با حداقل ظرفیت ۲۶۰۰ گرم و حساسیت حداقل ۰/۱ گرم.

۲-۱-۱۱ **کعبه** - با لبه مربعی از جنس آلومینیم به عرض تقریبی ۷۵ میلیمتر و طول تقریبی ۲۰۰ میلیمتر.

۳-۱-۱۱ **تشت مخصوص نمونه بتن** به ظرفیت ۴/۷ لیتر از جنس پلی اتیلن.

۴-۱-۱۱ **تشت مخصوص نمونه بتن** به ظرفیت ۱/۹ لیتر از جنس پلی اتیلن با درپوش پیچی

۵-۱-۱۱ **دستگاه گریز از مرکز (سانتریفوژ)** با سرعت متغیر که چهار محل برای لوله های آزمایش ۱۵ میلی لیتری را دارا میباشد.

۶-۱-۱۱ **لوله های آزمایش دستگاه گریز از مرکز** با ظرفیت ۱۵ میلی لیتر از جنس پلی استایرین.

۷-۱-۱۱ **بیبت (خودکار)** با حجم ثابت ۱۰۰ میکرولیتر.

۸-۱-۱۱ **نوک بیبت یکبار مصرف:** برای تعویض بیبت های ۱۰۰ میکرولیتری.

۹-۱-۱۱ **کلراید سفید:** کلراید سنجی با قابلیت کاربرد بر روی نمونه های ۲۰ و یا ۱۰۰ میکرولیتری که قادر باشد کلراید را به روش کولومتریك تعیین گردد و دقت آن طوری باشد که ضریب تغییرات نتایج یک درصد شود.

۱۰-۱-۱۱ **بالن مدرج ۲۵۰ میلی لیتری** از جنس پلی پروپیلن.

۱۱-۱-۱۱ **ظرف دهان گشاد** با پوشش سطحی یک ظرف مستطیل شکل از جنس پلی اتیلن به ظرفیت ۷/۵ لیتر که دارای لبه ای با درپوش پیچی است.

۱۲ معرف ها

۱-۱۲ محلول کلرید سدیم ۰/۵ نرمال 293 ± 3 گرم $NaCl$ خشک را در آب حل کرده و حجم محلول را به ۱۰ لیتر برسانید.

یادآوری - بعلت کامل حل نشدن بلورهای خشک $NaCl$ بهتر است برای حل شدن کامل آنها، محلول را بطور مکانیکی هم بزنید.

۲-۱۲ **محلول بافر اسیدی:** محلول معرف آماده شده که دارای محتوی $100\text{ml}/9\text{g}/0$ پلی وینیل الکل، $100\text{ml}/8\text{g}/4$ اسید استیک سرد $100\text{ml}/4\text{mg}$ محلول $NaCl$ در آب بدون یون $100\text{mg}/16/0$ میباشد. محلول مورد نظر ممکن است توسط کارخانه سازنده کلراید سنج تغییر کند.

۱۳ روش آزمایش

۱-۱۳ برای تهیه نمونه آزمایش، دو نمونه به وزن 200 ± 200 گرم از بتن مورد آزمایش را طبق بند ۴-۱ (رجوع شود به یادآوری ۱) توزین کرده و جرم دقیق آن را با دقت گرم یادداشت نمایید. وقتی اندازه اسمی سنگدانه‌ها بیش از ۴۰ میلی‌متر میباشد، با استفاده از روشی که در بند ۱۶ شرح داده شده، ضریب تصحیح پراکنندگی سنگدانه‌های درشت را در نظر بگیرید (در صورت لزوم، تصحیح برای سنگدانه‌های کوچکتر مجاز میباشد).

یادآوری ۱- محدوده وسیعی از جرم نمونه برای عمانعت از پیش داوری نسبت ملات به سنگدانه توسط اصلاح اندازه نمونه مجاز میباشد.

۲-۱۳ هر نمونه را در داخل یک ظرف بگذارید. بوسیله یک پائن مدرج به یکی از نمونه‌ها (شماره

۱) ۲۵۰ میلی لیتر محلول $NaCl$ ۰/۵ نرمال و به نمونه دیگر (شماره ۲) ۲۵۰ میلی لیتر آب اضافه نمائید و درپوش ظرفها را بگذارید.

۳-۱۳ هر دو ظرف را با یک مخلوط کن گردان و با دست دوران دهند. در صورتیکه این عمل توسط دست انجام گیرد، توصیه میگردد که حداقل ۷۵ دور کامل با سروته کردن ظرف را بچرخانید و در صورت استفاده از مخلوط کن، باید ظرف بمدت حداقل ۳ دقیقه و با سرعت ۴۰ تا ۶۰ دور در دقیقه چرخانده شود و تحت هیچ شرایطی ظرفها نباید با سرعتی بیش از ۸۰ دور در دقیقه چرخانده شوند. سرعت زیاد مانع از مخلوط شدن کامل محلول نمک و آب با نمونه‌های بتن میگردد.

۴-۱۳ پس از مخلوط کردن، درپوش‌ها را بردارید و مقداری از دوغاب آب و سیمان نمونه شماره ۲ و مقداری از دوغاب نمک و سیمان نمونه شماره ۱ را در دو لوله دستگاه گریز از مرکز مجزا بریزید. لوله‌ها را بمدت ۳ تا ۴ دقیقه در دستگاه گریز از مرکز که با سرعت ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه کار میکند، قرار دهید.

۵-۱۳ بمنظور آماده نمودن کلراید سنج برای آزمایش، دکمه انتخاب کننده نوع نمونه را روی ۱۰۰ میکرولیتر قرار داده و دستگاه را روشن کنید. ۱۵ الی ۱۷ میلی لیتر از محلول بافر اسیدی را در بشر ۲۰ میلی لیتری دستگاه ریخته و بشر را روی دستگاه گذاشته و الکترودهای نقره‌ای را در درون بشر قرار دهید. سپس دکمه آماده سازی را فشار دهید.

یادآوری ۲- روش عملیات ذکر شده در فوق مربوط به دستگاه کلراید سنج *Coming* مدل ۹۲۰ میباشد.
در صورتیکه از دستگاه دیگری استفاده گردد، باید نکات فوق براساس روش کاربرد و کالیبراسیون دستگاه مزبور تغییر نماید.

۶-۱۳ از یک پیست (خودکار) با حجم ثابت برای تعیین غلظت کلراید نمونه شماره ۲ استفاده کرده و به اندازه ۱۰۰ میکرولیتر از لوله دستگاه گریز از مرکز حاوی محلول نمونه شماره ۲ برداشته و

در بشر ۲۰ میلی لیتری دستگاہ بریزید.

دکمه تیتراسیون را فشار داده و نتیجه را یادداشت نمائید. سپس آزمایش فوق را با یک نمونه ۱۰۰ میلی لیتری دیگر تکرار کنید تا از صحت نتیجه مطمئن شوید. (اگر چراغ *blank* دستگاہ روشن گردید، مفهوم عدم وجود کلراید میباشد). در صورتیکه بتن مورد آزمایش حاوی کلراید نباشد، پس از این آزمایش اولیه، دیگر نیازی به ادامه آزمایش نمونه حقیقی نمیباشد و اگر در بتن ماده هوازا یا ماده‌ای که در هنگام سانتریفوژ ایجاد کف کند، وجود داشته باشد، باید یک اقدام اضافی دیگر نیز بعمل آورد. پس از سانتریفوژ کردن نمونه، لایه کف نمونه دستگاہ گریز از مرکز را توسط یک لوله پاک کن پنبه‌ای پاک نمائید و قبل از گرفتن نمونه ۱۰۰ میکرولیتری مجدداً محلول را سانتریفوژ نمائید.

۸-۱۳ از یک پیپت (خودکار) به حجم ثابت برای تعیین غلظت کلراید محلول ۰/۵ نرمال *NaCl* استفاده کرده و ۱۰۰ میکرولیتر از محلول ۰/۵ نرمال *NaCl* را در بشر ۲۰ میلی لیتری دستگاہ بریزید. دکمه تیتراسیون را فشار داده و نتایج را یادداشت نمائید و آزمایش را با یک نمونه ۱۰۰ میکرولیتری تکرار کنید تا به قابلیت تکرار ۱٪ ± برسد.

۹-۱۳ از یک پیپت (خودکار) با حجم ثابت برای تعیین غلظت کلراید در نمونه حقیقی (نمونه شماره ۱) استفاده کرده و به اندازه ۱۰۰ میکرولیتر از درون نمونه دستگاہ گریز از مرکز حاوی نمونه شماره ۱ برداشته و در بشر ۲۰ میلی لیتری دستگاہ بریزید. دکمه تیتراسیون را فشار داده و نتایج را یادداشت نمائید و آزمایش را با یک نمونه ۱۰۰ میکرولیتری تکرار کنید تا به قابلیت تکرار ۱٪ ± برسیم.

۱۴ محاسبات

۱-۱۴ مقدار آب را بر حسب گرم از رابطه زیر بدست آورید.

$$W = \left[\left(\frac{C_{std}}{C_S - C_B} \cdot \frac{m_s}{m_j} \right) - 1 \right]$$

که در آن

C_{Std} = غلظت نسبی کلراید در محلول ۰/۵ نرمال $NaCl$ برحسب لیتر meq/l (بند ۱۳-۸).

C_S = غلظت نسبی کلراید در محلول گرفته شده از نمونه شماره ۱ برحسب لیتر meq/l (بند ۱۳-۷).

C_B = غلظت نسبی کلراید در محلول گرفته شده از نمونه شماره ۲ برحسب لیتر meq/l (بند ۱۳-۶).

m_s = وزن نمونه شماره ۱ با دقت ۱ گرم.

m_b = وزن نمونه شماره ۲ با دقت ۱ گرم.

۲-۱۴ مقدار آب محاسبه شده را میتوان مطابق بندهای ۱-۲-۹ و ۲-۲-۹ تعیین نمود.

۱۵ دقت

۱-۱۵ انحراف معیار یک آزمایش کننده تقریباً برابر ۰/۵۳ درصد آب بدست آمده است. براساس

نتایج بدست آمده از آزمایشگاه‌های متعدد، نتایج دو آزمایش صحیح انجام شده بر سینه یک آزمایش

کننده بر روی مواد مشابه نبایستی از ۱/۵ درصد بیشتر اختلاف داشته باشد.

۱۶ گزارش

۱-۱۶ در برگ گزارش باید مراتب زیر قید گردد.

۱-۱-۱۶ وزن نمونه بتن مورد آزمایش

۲-۱-۱۶ مشخصات نمونه بتن

۳-۱-۱۶ مشخصات روش بکار رفته

۴-۱-۱۶ حجم تیوسیانات در روش «الف» یا قرائت کلراید سنج در روش «ب» برای محلول نمونه

شماره ۱، محلول استاندارد $NaCl$ و محلول نمونه شماره ۲ یا مقدار آب تعیین شده از روی منحنی

کالیبراسیون.

۵-۱-۱۶ مقدار آب محاسبه شده.

۱۷ تصحیح برای خطاهای نمونه برداری

۱-۱۷ در نمونه‌های کوچک بتن اغلب مقدار درشت دانه‌ها نمایشگر وضعیت واقعی یک توده بزرگ بتن نمی‌باشند. بدین دلیل دقت آزمایش تعیین مقدار آب را باید با روش زیر افزایش داد (رجوع شود به بند ۸-۱ و ۱۳-۱).

۱-۱-۱۷ پس از تعیین مقدار آب، نمونه باقیمانده در ظرف را در الک ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴) بریزید و دانه‌ها را الک نمایید. برای اطمینان از اینکه وزن اندازه‌گیری شده تنها وزن دانه‌هاست و دوغاب و سیمان باقیمانده در آن اثری ندارد، دانه‌ها را خوب شستشو دهید. وزن مصالح اشباع با سطح خشک (SSD) این سنگدانه‌ها را تعیین کنید. برای این منظور سطح سنگدانه‌های درشت را با حوله خشک کنید و آنرا وزن نمایید و یا طبق روش ۱۲۷ C نمونه را بحالت غوطه‌ور در آب توزین نمایید. در روش دوم

$$B = C / \left(1 - \frac{1}{G}\right)$$

که در آن

B = وزن نمونه اشباع شده سطح خشک (SSD) در هوا

C = وزن سنگدانه‌ها در شرایط غوطه‌ور در آب

G = وزن مخصوص سنگدانه‌ها در شرایط اشباع با سطح خشک

$$At = B/W_s \quad \text{حال}$$

که در آن

W_s = وزن نمونه آزمایش برحسب گرم

۲-۱-۱۷ سپس مقدار درشت دانه یک نمونه بزرگتر بتن که نشانگر قابل قبولی از بتن ساخته شده

باشد مثلاً ۱۵ لیتری را تعیین کنید. وزن اشباع با سطح خشک دانه‌ها را بصورت کسری از وزن بتن

بدست آورید (A_s) (یادآوری) با ضرب کردن مقدار آب بدست آمده در کسر زیر آن را تصحیح کنید.

$$(1 - At) / (1 - As)$$

یادآوری - در بعضی اوقات ممکن است مقادیر A تئوری بدست آمده از وزنهای پیمانانه و دانه بندی سنگدانه‌های درشت، در حدی غلط باشند که دانه‌بندی سنگدانه‌های درشت رد شده از الک $4/75$ میلیمتر (شماره ۴) در پیمانانه‌های منفرد متفاوت باشند.