

مقایسه مقاومت های فشاری نسبی ملات استاندارد سیمان های پرتلند ایران و آمریکای شمالی

محسن تدین^۱, علیرضا رحمتی^۲, الهام سلامی^{۳*}

۱- هیات مدیره انجمن بتن ایران و مهندسين مشاور سيناب غرب

۲- مدیر آزمایشگاه مرجع سازمان ملی استاندارد پاکدشت بتن

۳- مسئول فنی آزمایشگاه مرجع سازمان ملی استاندارد پاکدشت بتن

*Pakdashtbetonlab@yahoo.com

چکیده:

مقاومت مکانیکی ملات سیمان سخت شده به عنوان یکی از ویژگی‌های فیزیکی سیمان که مورد توجه تولید کننده و مصرف کننده است و بیش از هر خاصیت دیگر از لحاظ کاربرد سازه‌ای مورد نیاز می‌باشد، در ایران به عنوان مهم ترین ملاک در تعیین کیفیت سیمان در بین تولیدکنندگان و مصرف کنندگان مطرح است در حالی که مقایسه مقادیر مقاومت فشاری ملات سیمان در کنار سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سیمان بیانگر این موضوع است که نمی‌توان مقادیر زیاد یا کم مقاومت فشاری ملات سیمان را به عنوان عامل شناسایی کیفیت سیمان مطرح کرد ولی با این حال به دلیل اهمیت مقاومت فشاری سیمان، آزمایش‌های مقاومت فشاری در کلیه استانداردهای ویژگی سیمان تجویز شده‌اند. طبقه‌بندی انواع سیمان پرتلند در استانداردهای ملی ایران، مشابه استانداردهای ASTM است در حالی که تعیین مقاومت فشاری ملات سیمان مشابه استاندارد EN197-1 انجام می‌شود و از سوی دیگر در ایران ارزیابی سایر فرآورده‌های وابسته به صنعت سیمان مانند بتن عموماً مطابق استاندارد ASTM، قطعات پیش ساخته و افزودنی‌های شیمیایی بتن مطابق استانداردهای اروپایی بررسی می‌شود. در این تحقیق با انتخاب سیمان نوع ۱ و ۲ و ۵ به عنوان پر مصرف‌ترین سیمان‌های کشور و انجام آزمایش‌های فیزیکی مطابق استاندارد ملی ۳۸۹ ایران در آزمایشگاه پاکدشت بتن به عنوان آزمایشگاه مرجع سازمان ملی استاندارد، سعی در بررسی و مقایسه مقاومت‌های ملات استاندارد سیمان‌های پرتلند ایران و آمریکای شمالی داریم.

کلمات کلیدی: سیمان، ملات استاندارد سیمان، مقاومت فشاری ملات استاندارد، مقاومت فشاری نسبی، سنین مختلف

۱- مقدمه

در مشخصات فنی سیمان محدودیت‌هایی برای هر دو خصوصیات فیزیکی (عملکردی) و ترکیب شیمیایی سیمان ذکر می‌شود. درک اهمیت برخی از خصوصیات فیزیکی به تفسیر نتایج آزمایش‌های سیمان کمک می‌کند. از آزمایش‌های خصوصیات فیزیکی سیمان باید برای ارزیابی خصوصیات سیمان استفاده کرد. در مشخصات فنی سیمان، خصوصیات سیمان با توجه به نوع سیمان محدود می‌شود. [1]

در بین بسیاری از شرکت‌های پیمانکاری و مهندسی مشاور متاسفانه مواردی بعنوان رویه مطرح می‌باشد که از آن جمله ارایه نسبت‌هایی بین مقاومت فشاری انواع سیمان‌ها در سنین مختلف بشکل الزام آور می‌باشد که در اینجا با ساخت نمونه‌های مقاومت فشاری ملات استاندارد با انواع مختلف سیمان و بدست آوردن مقاومت فشاری آنها در سنین مختلف و بررسی روند رشد آنها و مقایسه با نتایج موجود در منابع آمریکای شمالی به بررسی موضوع پرداخته می‌شود.

۲- انواع سیمان

استانداردهای سیمان در دنیا به طور کلی در اصول مشابه یکدیگرند، ولی در جزئیات فرعی با یکدیگر متفاوتند. انواع اصلی سیمان در استاندارد ویژگی‌های سیمان پرتلند در آمریکا با عنوان ASTM C150 و AASHTO M85 مشخص شده است.

یکسان نمودن استانداردها در اتحادیه اروپا که شامل برخی دیگر از کشورهای اروپایی نیز می‌گردد، منجر به انتشار اولین استاندارد مشترک مربوط به سیمان توسط کمیته اروپایی استانداردها به صورت EN 197-1:1992 "سیمان-ترکیبات، ویژگی‌ها و ضوابط پذیرش: بخش اول: سیمان‌های معمولی" گردیده است. [2]

استاندارد مذکور پس از ویرایش‌های متعدد، در حال حاضر با عنوان EN 197-1:2011 در اروپا معتبر و جاری است. در سال ۱۳۹۳ این استاندارد در سازمان ملی استاندارد ایران با عنوان INSO 17518-1 ترجمه و تدوین شده است که در آن ترکیبات، ویژگی‌ها و معیارهای انطباق ۳۵ نوع سیمان معمولی مورد مصرف در ساخت و ساز مشخص شده است.

در ایران مطابق استاندارد ملی ۳۸۹، سیمان پرتلند مشتمل بر ۵ نوع به شرح ذیل است که مشخصات فیزیکی و شیمیایی آنها ارائه می‌شود: [3]

- سیمان پرتلند نوع یک با نشانه "پ-۱": به عنوان سیمان پرتلند معمولی برای مصارف عمومی در ساخت ملات یا بتن به کار می‌رود.
- سیمان پرتلند نوع دو با نشانه "پ-۲": به عنوان سیمان پرتلند اصلاح شده مصرف ویژه آن در ساخت بتن‌هایی است که حرارت هیدراتاسیون متوسط برای آنها ضرورت داشته و حمله سولفات‌ها به آنها در حد متوسط باشد.
- سیمان پرتلند نوع سه با نشانه "پ-۳": به عنوان سیمان پرتلند با مقاومت اولیه زیاد در شرایطی که مقاومت اولیه زیاد مورد نظر باشد به کار می‌رود.
- سیمان پرتلند نوع چهارم با نشانه "پ-۴": به عنوان سیمان پرتلند با حرارت کم در شرایطی که حرارت هیدراتاسیون کم بتن مورد نظر باشد به کار می‌رود.
- سیمان پرتلند نوع پنج با نشانه "پ-۵": به عنوان سیمان پرتلند ضد سولفات در شرایطی که مقاومت زیاد بتن در برابر سولفات‌ها مورد نظر باشد به کار می‌رود.

نهمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران-تهران-۱۵ مهر ۱۳۹۶

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی انواع سیمان پرتلند مطابق استاندارد ملی ۳۸۹ ایران

نوع سیمان							ویژگی ها	
۵	۴	۳	۲	۱-۵۲۵	۱-۴۲۵	۱-۳۲۵		
۲۸۰۰							نرمی - سطح مخصوص (cm ² /gr)-حداقل	
۰/۸							انبساط- آزمایش اتوکلاو- (%)-حداکثر	
۴۵							زمان گیرش - ابتدائی (min)-حداقل	
۶							نهایی (hr)-حداکثر	
-	-	۱۲۵	-	-	-	-	یک روزه-حداقل	
-	-	-	-	۲۰۰	۱۰۰	-	دو روزه-حداقل	
۸۵	-	۲۱۰	۱۰۰	-	-	۱۲۰	سه روزه-حداقل	
۱۵۰	۷۰	-	۱۷۵	-	-	۲۰۰	هفت روزه-حداقل	
۲۷۰	۱۸۰	-	۳۱۵	۵۲۵	۴۲۵	۳۲۵	حداقل	مقاومت فشاری- (kg/cm ²) بیست و هشت روزه
-	-	-	-	-	۶۲۵	۵۲۵	حداکثر	

در تعاریف موجود از سیمان های نوع ۱ و ۲ و ۵ عمدتاً به تفاوت در گرمزایی، گیرش، روند کسب مقاومت، مقاومت ۲۸ روزه و مقاومت در برابر سولفات اشاره شده است که مبنای استفاده جامعه مهندسی از این سیمان ها در کاربری های مختلف می باشد.

۳- مقاومت سیمان

مقاومت ملات یا بتن به چسباندگی خمیر سیمان، چسبندگی سیمان به سنگدانه ها و تا حدی به مقاومت خود سنگدانه ها بستگی دارد. در این مرحله، عامل اخیر مورد بررسی قرار نمی گیرد و از طریق مصرف سنگدانه های استاندارد شده، اثر این عامل بر مقاومت فشاری سیمان ثابت نگاه داشته می شود. [2]

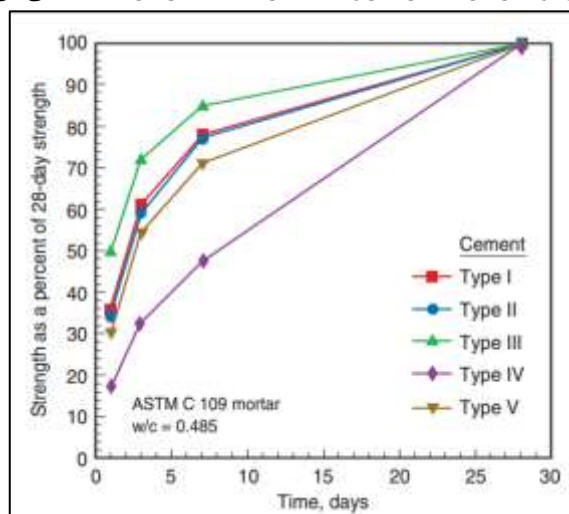
استاندارد اروپایی EN 196-1 آزمایش تعیین مقاومت فشاری آزمون ملات را تجویز نموده است. آزمونهای مکعبی به ابعاد ۴۰×۴۰×۴۰ mm دست آمده از منشورهای ۱۶۰×۴۰×۴۰ mm که ابتدا در خمش به دونیم تقسیم می شوند، مورد آزمایش قرار می گیرند. آزمایش بر روی ملات با ترکیب معین که با ماسه استاندارد CEN ساخته می شود، انجام می گیرد. ماسه از نوع طبیعی، سیلیسی و گرد گوشه است که می توان آن را از منابع مختلفی تهیه نمود. این ماسه اندازه یکنواختی ندارد اما بین ۸۰ μm و ۱/۶mm دانه بندی شده است. نسبت ماسه به سیمان برابر با ۳ و نسبت آب به سیمان ۰/۵۰ می باشد. [2] استاندارد ملی ۳۹۳ ایران مشابه این استاندارد است و روانی ملات در آن مطرح نشده است.

روش استاندارد ASTM برای آزمایش مقاومت فشاری سیمان در استاندارد ASTM C109 تجویز گردیده است که در آن مکعبهایی به ابعاد ۵۰/۸mm با نسبت ۱ به ۲/۷۵ ماسه استاندارد دانه بندی شده با نسبت آب به سیمان ۰/۴۸۵ آزمایش می شود. ماسه مصرفی در این آزمایش، ماسه اتاوا می باشد که با ماسه استاندارد اروپایی کاملاً متفاوت است. نوع تراکم و عمل آوری ملات نیز دارای اختلافهایی با استاندارد اروپایی می باشد. هم چنین نسبت ها و مقادیر اجزای ملات با ملات استاندارد اروپایی متفاوت است. [2] در این استاندارد روانی ملات کنترل می شود و گاه نیاز به تغییر نسبت آب به سیمان داریم.

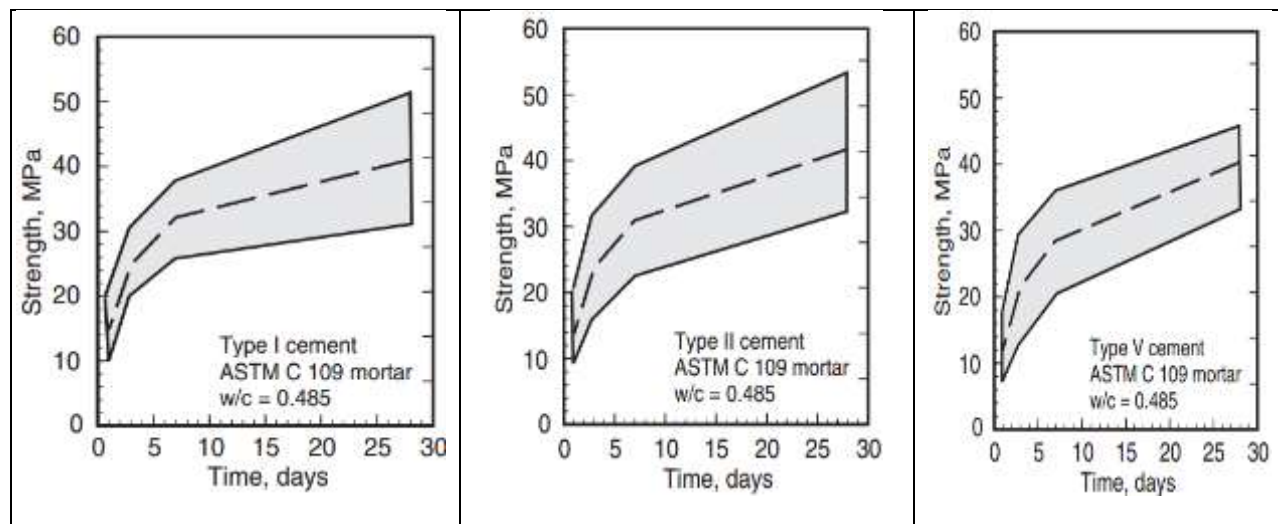
مقاومت فشاری تحت تاثیر نوع سیمان یا به مفهوم دقیق تر ترکیب و نرمی سیمان قرار دارد C595 , ASTM C150 تنها حداقل مقاومت را تعیین می کنند. بیشتر تولید کنندگان به آسانی از حداقل مقاومت مشخص شده در مشخصات فنی سیمان فراتر می روند. بنابراین، نباید چنین فرض کرد که بدون انجام تغییراتی در نسبت های مخلوط، از دو نوع سیمانی که حداقل الزامات یکسانی را برآورده می سازند، ملات و بتنی با مقاومت یکسان ساخته می شود. در استاندارد ASTM C1157 برای بعضی از سنن هر دو مقاومت حداقل و حداکثر مطرح شده است. [1]

به طور کلی به دلیل عوامل بسیار زیاد مربوط به خصوصیات سنگدانه‌ها، مخلوط‌های بتن، فرآیند ساخت و شرایط محیطی موجود در محل کار، از مقاومت سیمان (بر اساس آزمایش بر روی مکعب ملات) نمی‌توان برای پیش بینی دقیق مقاومت بتن استفاده کرد. [1] یکی از دلایل، تفاوت در نسبت آب به سیمان می‌باشد.

در شکل‌های زیر رشد مقاومت ملات‌های استاندارد ساخته شده از انواع مختلف سیمان‌های پرتلند ساخت آمریکا مطابق استاندارد ASTM C150 نشان داده شده است. اطلاعات موجود در این اشکال مربوط به سال ۱۹۹۵ در آمریکای شمالی می‌باشد



شکل ۱- رشد مقاومت نسبی مکعب‌های ملات سیمان پرتلند به صورت درصد مقاومت ۲۸ روزه همان سیمان [4]



شکل ۲- رشد مقاومت مکعب‌های ملات سیمان پرتلند از روی آمارهای ترکیبی. خط چین نشانگر مقدار متوسط و ناحیه سایه خورده نشانگر محدوده مقادیر است. [۴]

تمامی اطلاعات و نمودارهای موجود در منابع مورد استفاده در این تحقیق و هم چنین در دسترس تولید کنندگان، طراحان، محققین و دانشجویان صنعت سیمان و بتن عموماً مربوط به قبل از سال ۲۰۰۰ است و این در صورتی است که استانداردهای مربوط به موارد مذکور حداقل هر دهه ویرایش می‌شوند.

نامگذاری سیمان‌های پرتلند به عنوان نوع ۱، ۲، ۵ از استاندارد ASTM گرفته شده است در آن استاندارد برای سیمان نوع ۱ و ۱۱ صرفاً حداقل الزامی مقاومت فشاری ۳ و ۷ روزه در نظر گرفته شده و حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه به صورت اختیاری قید شده است و در مورد سیمان نوع ۷ علاوه بر حداقل مقاومت ۳ و ۷ روزه، حداقل مقاومت ۲۸ روزه نیز الزام شده است ولی در استاندارد ملی ۳۸۹ ایران، نامگذاری

نهمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران-تهران-۱۵ مهر ۱۳۹۶

سیمان ها به شکل فوق شبیه ASTM انجام شده ولی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی، ترکیبی از دیدگاه ASTM ، ISO و EN می باشد بنابراین سیمان نوع ۱، ۲ و ۵ تولید شده در ایران با انواع مشابه اسمی در ASTM دارای خصوصیات بعضاً متفاوتی می باشد. از جمله الزام استاندارد ایران برای حداقل مقاومت ۲۸ روزه برای سیمان نوع ۱، ۲ و ۳ و چندین تفاوت دیگر در سایر پارامترهای شیمیایی و فیزیکی. در این تحقیق، آزمایش مقاومت فشاری ملات سیمان طبق استاندارد ملی ۳۸۹ بر روی نمونه سیمان های نوع ۱، ۲ و ۵ حدود ۲۴ کارخانه سیمان انجام شد که در نمودارهای ۱ و ۲ و ۳ نتایج آنها نمایش داده شده است، همان طور که در نمودارها مشاهده می شود در هر سه نمودار، پراکندگی نتایج در محدوده بسیار وسیعی قرار گرفته است.

۴- برنامه آزمایشگاهی

به منظور بررسی رابطه مقاومت فشاری ملات ساخته شده با سیمان های مختلف در آزمایشگاه پاکدشت بتن به عنوان آزمایشگاه مرجع سازمان ملی استاندارد، اقدامات زیر طراحی و انجام شده است:

تعداد ۴۴ نمونه سیمان نوع ۱-۴۲۵ محصول ۲۰ کارخانه، ۳۸ نمونه سیمان نوع ۲ محصول ۱۳ کارخانه و ۴۴ نمونه سیمان نوع ۵ محصول ۱۲ کارخانه بعنوان پرمصرف ترین سیمان های کشور ایران در فواصل زمانی متفاوت تهیه شد و جهت پیشبرد اهداف این تحقیق برای تمامی نمونه ها آزمایشها زیر بر اساس استانداردهای ملی برنامه ریزی و اجرا گردید:

➤ ساخت ملات های منشوری جهت آزمایش مقاومت فشاری در سنین ۷،۳ و ۲۸ روزه مطابق استاندارد ملی ۳۹۳ لازم به ذکر است تمامی نمونه های سیمان دارای پروانه کاربرد علامت استاندارد بودند. تمامی آزمایشها در آزمایشگاه پاکدشت بتن به عنوان آزمایشگاه همکار سازمان ملی استاندارد که دارای گواهینامه ISO/IEC 17025 می باشد انجام شده است. پس از انجام آزمایشها مشخص گردید تنها ۲۶ نمونه سیمان نوع ۱-۴۲۵ محصول ۱۴ کارخانه، ۲۲ نمونه سیمان نوع ۲ محصول ۹ کارخانه و ۳۲ نمونه سیمان نوع ۵ محصول ۱۲ کارخانه با الزامات استاندارد ملی ایران مطابقت دارند.

۱-۶- آزمایشها شیمیایی و فیزیکی نمونه های سیمان

جهت ساخت ملات های منشوری ملات سیمان مطابق استاندارد ملی ۳۹۳، از ماسه مرجع مطابق الزامات استاندارد های EN196-1 ISIRI 3040, ISO 679 استفاده شده است. نتایج به شرح ذیل می باشد:

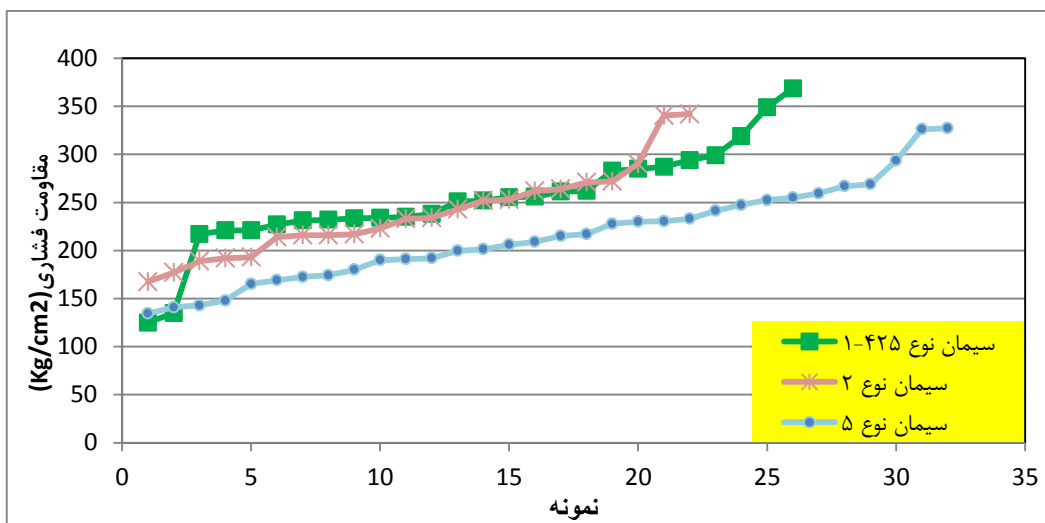
جدول ۲- مقاومت فشاری ۳ روزه ملات استاندارد انواع سیمان پرتلند مطابق استاندارد ملی ۳۹۳ ایران

نوع ۵	نوع ۲	نوع ۱-۴۲۵	حداقل	مقاومت فشاری ۳ روزه ملات (Kg/cm ²)
۱۳۴/۵	۱۶۷/۵	۱۲۵/۰	حداکثر	
۳۲۷/۰	۳۴۲/۰	۳۶۹/۰	میانگین	
۲۱۶/۰	۲۳۹/۰	۲۵۳/۰	حداقل طبق استاندارد ملی ۳۸۹	
۸۵	۱۰۰	*	انحراف معیار	
۵۰/۰	۴۶/۵۰	۵۳/۱		

• در استاندارد ملی ۳۸۹ حداقل مقاومت فشاری ۲ روزه (kg/cm²) ۱۰۰ ذکر شده است.

جدول ۳ - مقاومت فشاری ۳ روزه ملات استاندارد سیمان‌های پرتلند نوع II, و V طبق استاندارد ASTM C150

نوع ۷	نوع II	نوع I	حداقل طبق استاندارد ASTM C 150	مقاومت فشاری ۳ روزه ملات - (Kg/cm ²)
۸۱/۶	۱۰۱/۲	۱۲۲/۴	حداقل	
۱۲۲/۴	۱۶۳/۱	۲۰۳/۹	حداکثر	
۲۲۴/۳	۲۳۴/۵	۱۹۳/۷	میانگین	



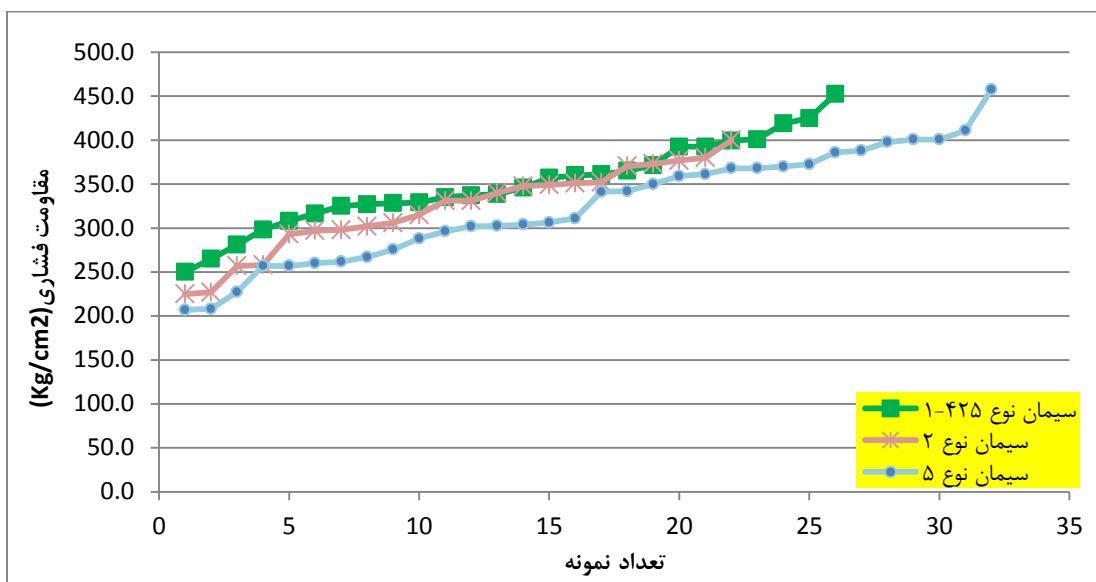
نمودار ۱- مقاومت ۳ روزه ملات استاندارد انواع سیمان پرتلند مطابق استاندارد ملی ۳۹۳ ایران

جدول ۴ - مقاومت ۷ روزه ملات استاندارد انواع سیمان پرتلند مطابق استاندارد ملی ۳۹۳ ایران

نوع ۵	نوع ۲	نوع ۱-۴۲۵	حداقل	مقاومت فشاری ۷ روزه ملات (Kg/cm ²)
۲۰۷/۰	۲۲۵/۰	۲۵۰/۰	حداکثر	
۴۵۷/۵	۴۰۰/۰	۴۵۲/۵	میانگین	
۳۲۵/۰	۳۲۵/۰	۳۴۹/۰	حداقل طبق استاندارد ملی ۳۸۹	
۱۵۰	۱۷۵	-	انحراف معیار	

جدول ۵ - مقاومت ۷ روزه ملات استاندارد سیمان‌های پرتلند نوع II, و V طبق استاندارد ASTM C150

نوع ۷	نوع II	نوع I	حداقل طبق استاندارد ASTM C150	مقاومت فشاری ۷ روزه ملات - (Kg/cm ²)
۱۵۳	۱۷۳/۴	۱۹۳/۸	حداقل	
۲۰۳/۹	۲۳۴/۵	۲۶۵/۱	حداکثر	
۲۹۵/۷	۳۰۵/۹	۳۱۶/۱	میانگین	



نمودار ۲- مقاومت ۷ روزه ملات استاندارد انواع سیمان پرتلند مطابق استاندارد ملی ۳۹۳ ایران

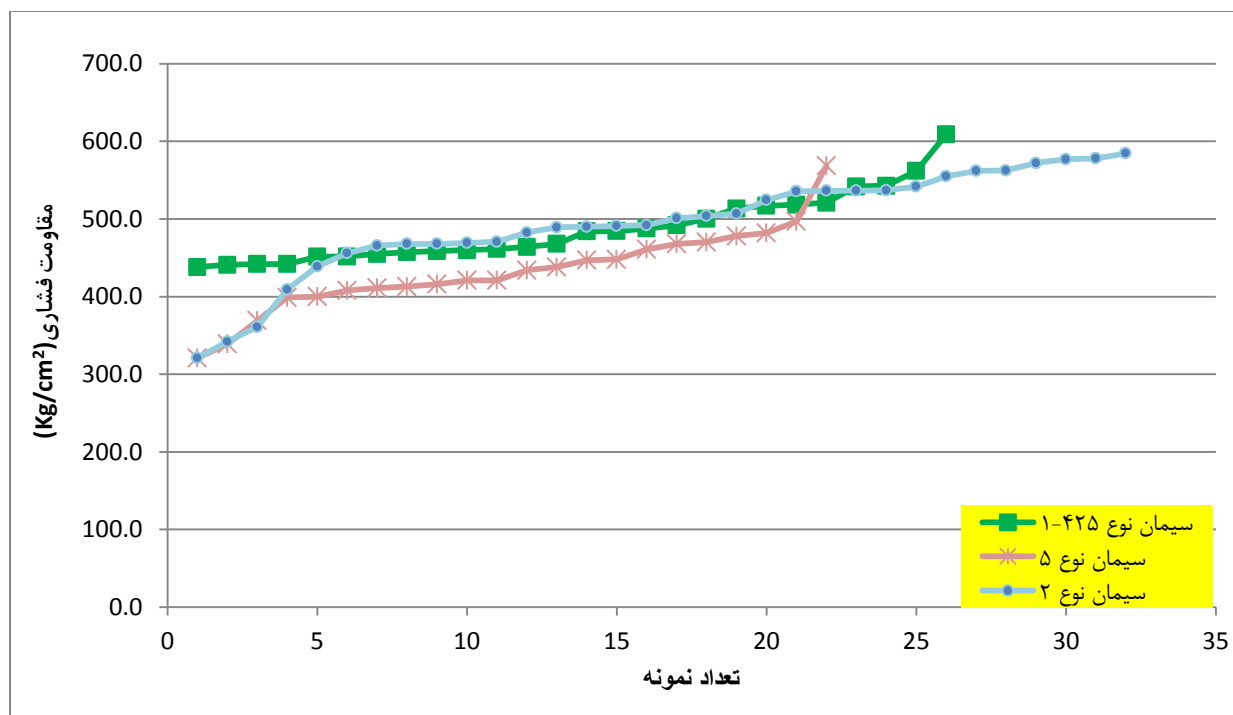
جدول ۶ - مقاومت ۲۸ روزه ملات استاندارد انواع سیمان پرتلند مطابق استاندارد ملی ۳۹۳ ایران

نوع ۵	نوع ۲	نوع ۱-۴۲۵		
۳۲۱/۰	۳۲۱/۰	۴۳۸/۰	حداقل	مقاومت فشاری ۲۸ روزه ملات (Kg/cm ²)
۴۸۴/۵	۵۶۸/۵	۶۰۹/۰	حداکثر	
۴۹۵/۰	۴۳۲/۰	۴۸۷/۱	میانگین	
۲۱۷	۳۱۵	۴۲۵	حداقل طبق استاندارد ملی ۳۸۹	
۶۶/۷	۵۳/۷	۴۳/۲	انحراف معیار	

جدول ۷- مقاومت ۲۸ روزه ملات استاندارد سیمان‌های پرتلند نوع I, II و V طبق استاندارد ASTM C150

نوع V	نوع II	نوع I		
۲۱۴/۱	--	--	حداقل طبق استاندارد ASTM C150	مقاومت فشاری ۲۸ روزه ملات- (Kg/cm ²)
۳۲۶/۳	۳۳۶/۵	۳۰۵/۹	حداقل	
۴۵۸/۹	۵۵۰/۶	۵۶۰/۸	حداکثر	
۳۹۷/۷	۴۱۸/۱	۴۱۸/۱	میانگین	

نهمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران - تهران - ۱۵ مهر ۱۳۹۶



نمودار ۳- مقاومت فشاری ۲۸ روزه ملات استاندارد انواع سیمان پرتلند مطابق استاندارد ملی ۳۹۳ ایران

از بررسی جدول ۷ و ۸ مشخص می شود که موضوع دیر سخت شونده گی (دیرگیری) سیمان نوع ۵ یا ۲ نسبت به نوع ۱ همواره صحت ندارد. همچنین از شکل ۲ نیز برمی آید که مقاومت فشاری ۲۸ روزه ملات استاندارد سیمان های نوع II و V در موارد متعددی بیش از مقاومت ملات سیمان پرتلند نوع I می باشد.

جدول ۸- رشد مقاومت فشاری انواع سیمان پرتلند در ایران در سنین ۳ و ۷ روزه نسبت به ۲۸ روزه

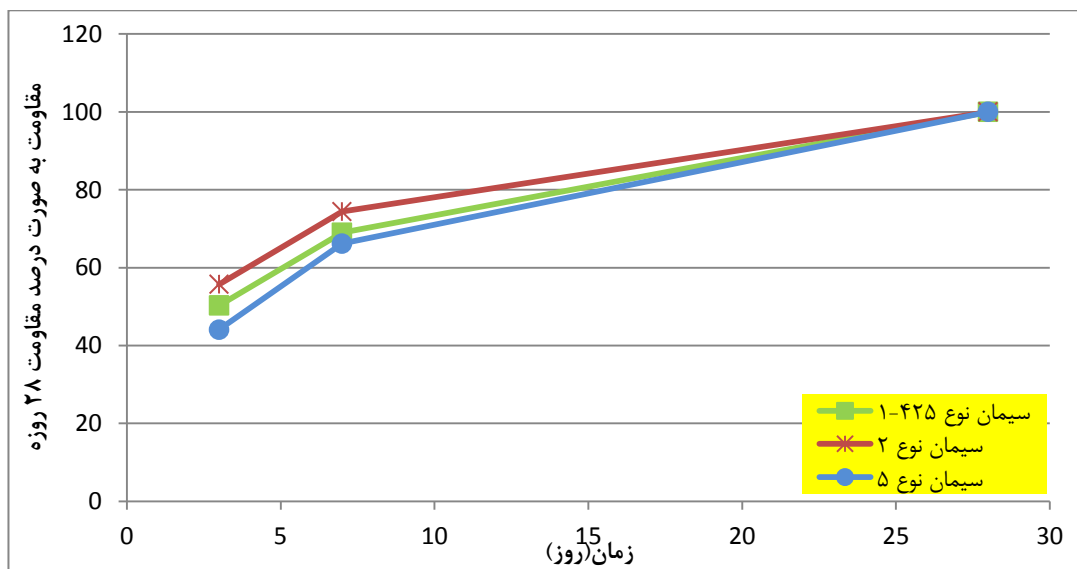
نوع ۵	نوع ۲	نوع ۱-۴۲۵		
۲۴/۱	۴۰/۲	۲۳/۱	حداقل	رشد مقاومت نسبی ۳ روزه منشور ملات سیمان پرتلند به مقاومت ۲۸ روزه همان سیمان
۶۱/۰	۸۵/۳	۸۰/۶	حداکثر	
۴۴/۱	۵۵/۷	۵۰/۳	میانگین	
۳۵/۶	۵۴/۷	۵۰/۹	حداقل	رشد مقاومت نسبی ۷ روزه منشور ملات سیمان پرتلند به مقاومت ۲۸ روزه همان سیمان
۸۶/۶	۹۶/۹	۹۲/۹	حداکثر	
۶۶/۲	۷۴/۴	۶۹/۰	میانگین	

جدول ۹- رشد مقاومت فشاری انواع سیمان پرتلند آمریکای شمالی در سنین ۳ و ۷ روزه نسبت به ۲۸ روزه در سال ۱۹۹۵

نوع ۷	نوع II	نوع I		
۵۴/۰	۵۸/۰	۶۲/۰	میانگین	رشد مقاومت نسبی ۳ روزه منشور ملات سیمان پرتلند به مقاومت ۲۸ روزه همان سیمان

۷۰/۰	۷۷/۰	۷۸/۰	میانگین	رشد مقاومت نسبی ۷ روزه منشور ملات سیمان پرتلند به مقاومت ۲۸ روزه همان سیمان
------	------	------	---------	--

لازم به ذکر است اطلاعات مندرج در جدول ۹ از منبع [1] استخراج شده است.



نمودار ۴- رشد مقاومت نسبی منشور ملات سیمان پرتلند ایران به صورت درصد مقاومت ۲۸ روزه همان سیمان‌ها

در بسیاری از منابع معتبر مانند مرجع [2] به نسبت مقاومت ملات سیمان در سنین مختلف اشاره نشده است بلکه به بتن پرداخته شده است و چون عیار ملات سیمان حدود 500 kg/cm^2 می‌باشد، ارتباط دادن روند رشد مقاومت ۳ و ۷ روزه سیمان به بتن ساخته شده با آن مناسب به نظر نمی‌رسد.

۵- نتیجه گیری

با توجه به نمودارهای حاصل تحقیق و مطالب عنوان شده، مشخص گردید که مقاومت‌های فشاری ملات استاندارد ساخته شده مطابق استاندارد ۳۹۳ ایران و ساخته شده طبق استاندارد ASTM C109 برای سیمان‌های پرتلند قابل مقایسه نیستند، زیرا نسبت‌ها و نوع ماسه مصرفی برای ساخت ملات‌ها و همچنین شکل و روش آزمایش مقاومت فشاری آنها کاملاً متفاوت است. در این نوشته سعی شده است به مقاومت فشاری نسبی در سنین ۷ و ۳ روزه در مقایسه با مقاومت فشاری ۲۸ روزه پرداخته شود، همچنین سعی شده است نشان داده شود مقاومت ۲۸ روزه بسیاری از سیمان‌های پرتلند نوع ۲ و ۵ در ایران و همچنین نوع II و V در امریکای شمالی ممکن است از مقاومت فشاری ۲۸ روزه تعدادی از سیمان‌های پرتلند نوع ۱-۴۲۵ در ایران و نوع I در امریکای شمالی بیشتر باشد. ذکر این مطلب که سیمان‌های پرتلند نوع ۲ و ۵ یا II و V دیرگیرتر یا دارای مقاومت کمتر از نوع ۱-۴۲۵ یا نوع I می‌باشد، ابتدا صحیح نیست، مگر اینکه ذکر شود که معمولاً متوسط مقاومت‌های نوع ۲ و ۵ ممکن است کمتر از نوع I باشد.

۶- مراجع

- [1] انجمن سیمان پرتلند؛ انجمن سیمان کانادا. "طراحی و کنترل مخلوط‌های بتنی"، مترجم (اردشیر اطیابی)، انتشارات جویبار، ۱۳۸۹.
- [2] نویل، آدام، "ویژگی‌های بتن"، مترجم (فامیلی، هرمز)، انتشارات ندای آریانا، ۱۳۹۱.
- [3] ویژگی‌های سیمان پرتلند (ISIRI 389)، سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۷۱.

- [4] R. Gebhardt, "Survey of North American Portland Cements," Cement, Concrete, and Aggregates, p. 145 to 189, 1995.
- [5] V. C. Johansen, P. C. Taylor و P. D. Tennis, Effect of Cement Characteristics on Concrete Properties, Portland Cement Association, 2006.
- [6] S. M. DeHayes, "Concrete Strengths: A Preliminary Investigation," Proceedings of the Twelfth International Conference on Cement Microscopy, Duncanville, Texas, USA., 1990.
- [7] R. Gaynor, "Cement Strength and Concrete Strength An Apparition or a Dichotomy?," Cement, Concrete and Aggregates, vol 15, pp. 135-144, 1993.
- [8] W. Weaver, H. Isabelle و F. Williamson, "A Study of Cement and Concrete Correlation," Journal of Testing and Evaluation, vol 2, pp. 260-303, 1974.
- [۹] "اثنین نامه بتن ایران (آبا)", معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور , ۱۳۸۸.
- [۱۰] مقررات ملی ساختمان ایران. مبحث نهم. طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه . وزارت راه و شهرسازی, معاونت مسکن و شهرسازی , ویرایش چهارم, ۱۳۹۲.
- [11] "Concrete Construction," October 1994. [Online] . Available: http://www.concreteconstruction.net/how-to/relationship-between-seven-and-28-day-strengths_o.
- [12] D. A. Lange, "Long-term Strength Development of Concrete", Portland Cement Association , 1994.
- [۱۳] وادل; دو بروولسکی, " دستنامه اجرای بتن", مترجمین (رمضانیانپور و همکاران) انتشارات علم و ادب, ۱۳۸۰.
- [۱۴] سیمان-قسمت ۱: ویژگی ها (INSO 17518-1) سازمان ملی استاندارد ایران, ۱۳۹۳.
- [15] ل. فریدریش ویلهلم, تکنولوژی سیمان, تولید و کاربرد, تهران: نشر طراح, ۱۳۸۶.