بسم الله الرحمن الرحيم

كاربرد سيمان هاي پرتلند پوزولاني و پوزولاني ويژه در بتن

محسن تدين، عضو هيئت علمي دانشگاه بوعلي سينا
مدرس دانشگاه علم و صنعت و انجمن بتن ايران
و مشاور و مدرس مركز تحقيقات ساختمان و مسكن

چكيده

بنا به ضرورت هاي مختلف، سال هاست سيمان هاي آميخته پوزولاني در دنيا توليد شده است. در كشور ما نيز بيش از ده سال از توليد اين سيمان ها مي گذرد. ويژگي هاي مثبت اين سيمان ها در ساخت بتن هاي مختلف، توليد و مصرف روز افزون آن ها را باعث شده است. در اين مقاله سعي مي شود مزايا و معايب مصرف اين سيمان ها را در بتن و به ويژه بتن آماده مورد بحث قرار دهيم. افزايش مقاومت دراز مدت و دوام و نفوذ ناپذيري بيشتر اين بتن ها به همراه افزايش زمان گيرش آن ها از جمله مزاياي مهم تلقي مي شود. كمبود مقاومت هاي اوليه به ويژه در هواي خنك گاه به عنوان يك عيب مطرح مي گردد كه سعي شده است در توليد اين گونه سيمان ها مرتفع شود.

مقدمه

سيمان هاي آميخته پوزولاني بنا به ضرورت هايي از جمله مصرف انرژي كمتر، حفظ محيط زيست و كاهش قيمت سيمان در دنيا توليد شدند. هم چنين سيمان هاي آميخته سرباره اي نيز به همين دليل سال هاست كه به بازار عرضه شده اند اما به زودي مشخص شد كه خواص مثبتي را مي توان با مصرف اين سيمان هاي آميخته بدست آورد لذا هر روز بر توليد و مصرف آن ها در كشورهاي مختلف افزوده شد. قبل از دهه 20 هجري شمسي كارخانه سيمان ري به عنوان يك توليد كننده پيشتاز در سطح كشورهاي جهان سوم مبادرت به توليد اين گونه سيمان هاي آميخته پوزولاني نمود اما در اوائل دهه 60 هجري شمسي كار خود را متوقف كرد. دوره جديد توليد سيمان هاي آميخته پوزولاني از اوائل دهه 70 ميلادي آغاز شد هر چند توليد كنندگان سيمان قبل از تهيه استاندارد ملي، اين گونه سيمان ها را بدون ذكر نام خاص به بازار عرضه كردند.

مقدمه

قبل از تهيه استاندارد ملي، اين گونه سيمان ها را بدون ذكر نام خاص به بازار عرضه كردند.

هر چند سابقه توليد سيمان هاي آميخته پوزولاني در دنيا و ايران به بيش از 60 سال مي رسد اما از دوره نوين توليد و مصرف آن ها در حدود 30 سال مي گذرد. اين روند توليد روز افزون متوقف نخواهد شد و لازم است مصرف كنندگان و توليد كنندگان سيمان خود را با اين ضرورت ها هماهنگ نمايند. با شناخت مزايا و معايب اين گونه سيمان ها در ساخت بتن هاي مختلف و هم چنين بتن آماده مي توان مشكلات را از پيش پا برداشت. بايد گفت مزاياي سيمان هاي آميخته پوزولاني به مراتب بيش از معايب آن است و توليد كنندگان سعي مي كنند معايب احتمالي را مرتفع نمايند و در اين زمينه موفقيت هايي نيز حاصل شده است .

چرا توليد و مصرف سيمان هاى آميخته

پس از جنگ جهاني دوم بشر به تدريج به اهميت مصرف انرژي، تجديد ناپذير بودن برخي منابع انرژي، آلودگي هاي مختلف صنايع گوناگون، حفظ محيط زيست، كاهش قيمت توليدات و ... پي برد و اهميت آن ها را به طور روز افزون دريافت. انرژي مصرفي براي توليد كلينكر سيمان بسيار زياد بود و انرژي مصرفي براي آسياب كردن آن كمتر به نظر مي رسيد. مصرف سوخت بايد براي توليد كلينكر كم مي شد. از سوختن مواد سوختي مقدار زيادي آلودگي و گازهاي آلاينده توليد مي شد كه با مصرف پوزولان هاي طبيعي يا مصنوعي از مصرف سوخت زياد و توليد مواد آلاينده و گازهاي نامطلوب جلوگيري مي گشت.

هم چنين هر يك تن سيمان بيش از 800 كيلو گاز دي اكسيد كربن به دليل كلسينه شدن مواد توليد مي كند كه افزون بر مصرف سوخت و توليد گازهاي آلاينده آن مي باشد. بنابر اين توليد گاز دي اكسيد كربن براي توليد يك تن سيمان گاه از مرز يك تن تجاوز مي نمايد كه بسيار وحشتناك است.

چرا توليد و مصرف سيمان های آميخته

از طرفي توليد ضايعات صنعتي مانند خاكستر بادي، سرباره، دوده سيليسي و ساير مواد مشابه در كارخانه هاي مختلف مشكلات زيست محيطي حادي را بوجود آورده بود كه لزوم جمع آوري و دفع آن ها را ضروري مي نمود. مسلماً پس از جمع آوري آن ها مشكل انبار كردن و دفن آن ها مطرح بود بنابر اين بهترين راه حل مصرف آن ها در بتن به صورت افزودني و يا مصرف آن ها در توليد سيمان و تهيه سيمان هاي خاص و آميخته به نظر رسيد. هم چنين كشورهاي مختلف داراي منابع عظيمي از خاك هاي پوزولاني و يا سنگ توف، رس ها و شيل ها و خاك هاي دياتومه اي مناسب يا نسبتاً مناسب بودند كه مي توانستند آن ها را در ساخت اين گونه سيمان ها به مصرف رسانند و ضمن كاهش قيمت سيمان توليدي از مصرف سوخت و ايجاد گازهاي آلاينده تا حد امكان جلوگيري نمايند.

چرا توليد و مصرف سيمان هاى آميخته

اتفاق بزرگ و مهم آن بود كه سيمان ها و بتن هاي توليدي خواص مناسبي را به تدريج از خود بروز دادند كه موجب خرسندي دست اندر كاران بود و اگر عيب و ايرادي در آن ها به چشم مي خورد آن را همچون يك ضرورت ناديده مي گرفتند و يا سعي مي كردند آن را حل كنند و گاه عيب را به مزيت تبديل نمايند.

مرحوم مهندس حامي از سال هاي اواخر دهه 10 هجري شمسي تلاش كرد تا با مصرف توف ها و خاك هاي پوزولاني منطقه هراز در سيمان ري، سيمان هاي آميخته پوزولاني را تهيه كند كه موفق به اين كار شد اما در اوائل انقلاب به دلايلي توليد آن متوقف شد و كارخانه مزبور از صحنه خارج گرديد.

هنوز در ايران ضرورت هاي توليد و مصرف اين سيمان ها به خوبي حس نشده است زيرا به مسئله سوخت و انرژي، محيط زيست، كاهش قيمت سيمان و ... توجه كافي مبذول نمي شود.

آینده تولید و مصرف سیمان های آمیخته

در دنیا امروزه بیش از يك و نيم ميليارد تن سيمان توليد مي شود كه سهم چين تقريباً نيمي از اين توليد است و اطلاعات دقيقي در مورد نوع توليدات اين كشور در دست نيست. سال هاست در كشورهاي پيشرفته توليد كلينكر رشدي را نداشته و يا با كاهش توليد همراه بوده است در حالي كه رشد توليد سيمان نيز چندان زياد نبوده و گاه رشد منفي را در اين كشور ها نشان مي دهد. صنايع توليد سيمان ذاتاً صنايع آلوده كننده هستند و كنترل دود و گرد و غبار آن ها باعث تميزي اين صنعت نمي شود. به زودي شاهد خواهيم بود كه توليد گازهاي آلاينده گلخانه اي نظير دي اكسيد كربن طي قراردادهاي جهاني محدود شود و اولين صنعتي كه نشانه گيري خواهد شد، صنعت سيمان خواهد بود. به هر حال آينده توليد سيمان ها با سيمان هاي آميخته پوزولاني و سرباره اي خواهد بود به نحوي كه درصد پوزولان و سرباره نيز بسيار زياد باشد. بنابر اين لازم است در كشور ما نيز از اين روند تبعيت شود و توليد كنندگان و مصرف كنندگان خود را با اين شرايط هماهنگ نمايند تا دچار مشكلات جدي نشوند.

آینده تولید و مصرف سیمان های آمیخته

در کشور ما تولید خاکستر بادي فعلاً موضوعیت ندارد. استفاده از پوزولان هاي طبیعي آتشفشاني و استفاده از برخي رس ها یا شیل هاي مناسب که بتوان بدون تکلیس آن ها بکار برد در دستور کار قرار دارد. هر چند دوده سیلیسي در کشور ما تولید مي شود اما مقدار آن در حدي نیست که بتوان به صورت گسترده آن را در تولید سیمان هاي آمیخته پوزولاني بکار گرفت. استفاده از خاکستر پوسته برنج و غلات نیز هنوز در کشور ما رایج نشده است و امید نمي رود به زودي با این ماده (پوزولان مصنوعي) بتوانیم سیمان آمیخته تولید کنیم.

تولید سیمان هاي آمیخته سرباره اي نزدیك به 20 سال است که در کشور ما آغاز شده است اما به دلیل محدودیت مقدار سرباره و کیفیت آن چندان امیدي به کاربرد آن در سطح وسیع و با درصد زیاد در سیمان ها نیست و در حالي که در کشورهاي دیگر سرباره ها به میزان 50 تا 90 درصد وزن سیمان هاي پرتلند سرباره اي یا سیمان هاي سرباره اي را تشکیل مي دهند. در کشور ما ارقام 25 تا 35 درصد یك میزان رایج مي باشد.

آینده تولید و مصرف سیمان های آمیخته

مسائل فرهنگي و علمي باعث شده است تا در كنار مشكلات فني و توليدي در كشور ما، مصرف پوزولان هاي طبيعي به كمتر از 15 درصد توليد سيمان هاي آميخته محدود شود كه بايد آن را از مرز 15 درصد فراتر برد و به حدود 30 درصد رسانيد تا اهداف ملي و جهاني در اين رابطه برآورده شود. امروزه فقط در يك كارخانه 20 تا 25 درصد پوزولان طبيعي در سيمان پرتلند پوزولاني ويژه اضافه مي شود در حالي كه ساير ين از مرز 15 درصد تجاوز نكرده اند و طبق استاندارد ملي 3432 صرفاً يك سيمان پرتلند پوزولاني توليد مي نمايند. سيمان پرتلند پوزولاني ويژه در اين استاندارد بين 15 تا 40 درصد پوزولان دارد.

آینده تولید و مصرف سیمان های آمیخته

در استاندارد ASTM C595 سيماني كه كمتر از 15 درصد پوزولان داشته باشد يك سيمان با نام I(PM) يا پرتلند اصلاح شده با پوزولان نام دارد و اگر 15 تا 40 درصد پوزولان داشته باشيم آن را سيمان پرتلند پوزولاني (IP) مي نامند و اين اختلاف ادبيات و نام ها بايد همواره مد نظر قرار گيرد. اگر بيش از 40 درصد پوزولان در سيمان آميخته داشته باشيم آن را سيمان پوزولاني (P) مي نامند كه در ايران هيچگاه توليد نشده و انتظار نمي رود به زودي توليد شود.

بايد انتظار داشت به زودي در دنيا سيمان هاي پرتلند خالص به ندرت توليد شوند و ما نيز بايد در برنامه هاي بعدي توليد كلينكر را محدود كنيم و مسلماً اين كار با مصرف و توليد سيمان هاي آميخته ممكن مي گردد.

ویژگی های سیمان های آمیخته پوزولانی

وقتي پوزولان ها در سيمان حضور دارند، مي توانند به تدريج با آهك موجود در خمير سيمان كه به دليل تركيب سيمان با آب و به ويژه C2S و C3S ايجاد مي شود در محيط مرطوب تركيب شوند و هيدرات هاي سيليكاتي مناسب را به صورت ژل چسباننده توليد نمايند. اصولاً تعريف پوزولان ها موادي است كه بتوانند در محيط مرطوب با Ca(OH)2 واكنش دهند و ماده چسباننده بوجود آورند.

توليد اين مواد چسباننده به مرور زمان، فضاهاي خالي را پر مي كنند زيرا حجم آن از مواد اوليه بيشتر است. پر كردن فضاهاي خالي موجب افزايش مقاومت، افزايش مدول ارتجاعي، كاهش ضريب يا نسبت پواسون و بهبود ساير خواص مكانيكي خمير سيمان مي شود. (شكل 1 و 2 و 3). هم چنين كاهش فضاي خالي موجب افزايش نفوذ ناپذيري خمير مي گردد. جذب آب خمير سيمان كم مي گردد و مسلماً دوام آن در برابر حملات شيميايي به دليل نفوذ آب كمتر، افزايش مي يابد.

ویژگی های سیمان های آمیخته پوزولانی

هم چنين كاهش جذب آب موجب مي شود دوام خمير سيمان در برابر يخبندان و آبشدگي بهبود يابد.

بسياري از عوامل مضر شيميايي مانند سولفات ها و يون كلر از طريق فضاي خالي موجود و حفرات ريز به داخل بتن راه مي يابند و لذا كاهش اين تخلخل ها مي تواند به دوام بيشتر كمك نمايد.

علاوه بر اين برخي حملات سولفاتي با تركيب سولفات ها و $Ca(OH)_2$ همراه است و لذا كاهش $Ca(OH)_2$ مي تواند اين حملات را كم رنگ نمايد.

ویژگی های سیمان های آمیخته پوزولانی

مسلماً وقتي پوزولان ها جايگزين سيمان شده اند بايد منتظر توليد $Ca(OH)_2$ بمانند و لذا گيرش اوليه و نهايي سيمان هاي آميخته پوزولاني معمولاً اندكي طولاني تر مي شود و مقاومت هاي اوليه در سنين پايين كاهش مي يابد. هر چند افزايش زمان گيرش اوليه و نهايي در بسياري از موارد يك نكته مثبت است اما در برخي كارها ممكن است يك عيب به حساب آيد لذا برخي كارخانه ها با تغيير كيفيت كلينكر، بكارگيري پوزولان هاي فعال تر و ريزتر كردن سيمان و پوزولان اين نقيصه احتمالي را بر طرف مي نمايند.

ویژگی های سیمان های آمیخته پوزولانی

مصرف $Ca(OH)_2$ توسط پوزولان و كاهش آن در خمير سيمان برخي ضعف ها را به خاطر فضاي خالي بيشتر در خمير و ضعف بلور $Ca(OH)_2$ از نظر ساختاري جبران مي كند و مرتفع مي سازد. امروزه معتقدند ضعف موجود در وجه مشترك سنگدانه ها و خمير سيمان به خاطر غلظت و تمركز $Ca(OH)_2$ در اطراف سنگدانه ها است كه موجب اتصال سست و نفوذپذيري بيشتر در اين ناحيه انتقالي مي باشد و مصرف $Ca(OH)_2$ تركيب آن با پوزولان ها اين نقيصه را برطرف مي كند و ناحيه وجه مشترك (انتقالي) را بهبود مي بخشد كه اين مسئله وقتي با توپرتر شدن خمير سيمان همراه مي شود، يك مزيت عمده را به دنبال مي آورد كه باعث افزايش مقاومت فشاري، كششي، خمشي و افزايش مدول ارتجاعي و كاهش نسبت پواسون بتن و ملات مي گردد.

ویژگی های سیمان های آمیخته پوزولانی

وجود پوزولان و خواص انقباضي برخي از آن ها موجب مي شود مشكلات انبساطي مخرب كاهش يابد. حمله سولفاتي و به ويژه واكنش زايي سنگدانه ها با قليايي هاي سيمان عامل مهم انبساط سيمان و بتن مي باشد كه در كنار آن وجود MgO و CaO در سيمان عامل انبساط خمير سيمان است. وجود پوزولان تا حدودي مشكل را رفع مي كند. امروزه مي دانيم در ايران سنگدانه هاي واكنش زا وجود دارند و سيمان هاي ما نيز داراي مواد قليايي نسبتاً زيادي هستند لذا مصرف پوزولان ها مي تواند مشكلات موجود را كم كند به شرط اين كه بيش از 20 درصد پوزولان را در سيمان داشته باشيم. (شكل 4)

ویژگی های سیمان های آمیخته پوزولانی

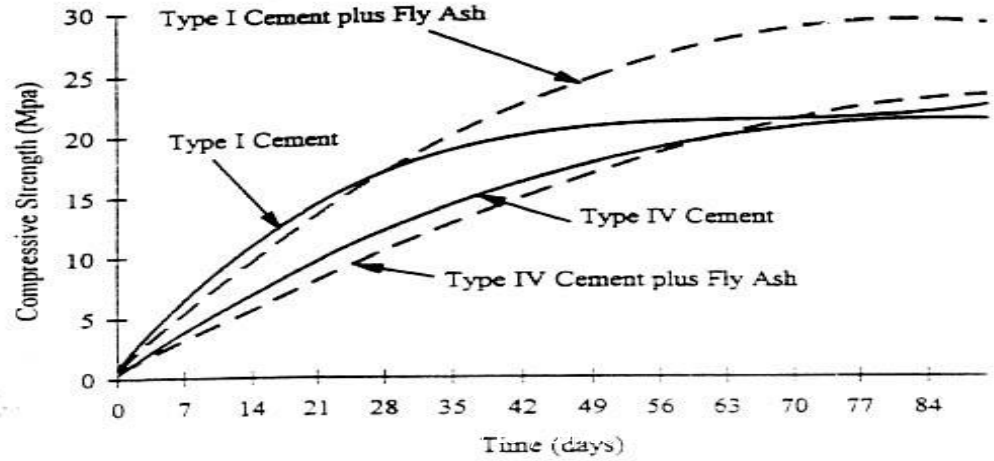
کاهش گرمازايي و مهم تر از آن کاهش سرعت گرمازايي يکي از نکات مثبت سيمان هاي آميخته پوزولاني است. در ريختن قطعات بتني حجيم با ضخامت زياد مشکل حبس گرما و افزايش دما در مغز بتن و ايجاد تنش هاي حرارتي را شاهد هستيم که مي تواند به ايجاد ترک خوردگي به ويژه در قطعات غير مسلح منجر گردد. لذا مصرف سيمان هاي پرتلند پوزولاني ويژه (با تعاريف استاندارد ملي) مي تواند اين مشکل را کاهش دهد هر چند ممکن است بر کل گرماي حاصله تأثير چنداني نداشته باشد. در اين رابطه بايد گفت پوزولان مربوطه نبايد از نوع دوده سيليسي باشد. (شکل 5)

ویژگی های سیمان های آمیخته پوزولانی

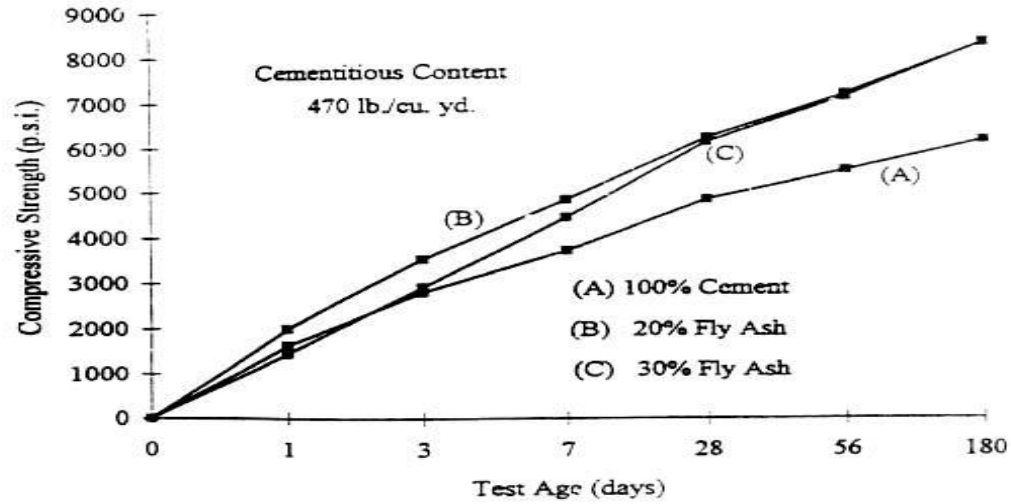
برخي پوزولان هاي طبيعي مانند توف و خاكستر هاي آتشفشاني ممكن است اسلامپ بتن را كم كنند و آب مصرفي را افزايش دهند اما معمولاً بر كارآيي بتن و ملات اثر مثبت مي گذارند و آن را خميري تر مي نمايند لذا در كارهاي بنائي يك مزيت محسوب مي شود و هم چنين با توجه با افزايش قابليت نگهداري آب، مصرف آن را در ملات هاي بنائي به شدت توجيه مي نمايد. اين خاصيت باعث مي شود آب ملات سريعاً به آجر و سنگ پس داده نشود و اتصال بهتري حاصل گردد.

از آن جا كه پيشرفت هيدراسيون سيمان آميخته كندتر است لذا در مدت طولاني تري بايد آن را عمل آوري نمود. در محيط سرد پيشرفت هيدراسيون اين سيمان ها كندتر است و مسلماً رشد مقاومتي كمتري را شاهد خوهيم بود.

ویژگی های سیمان های آمیخته پوزولانی

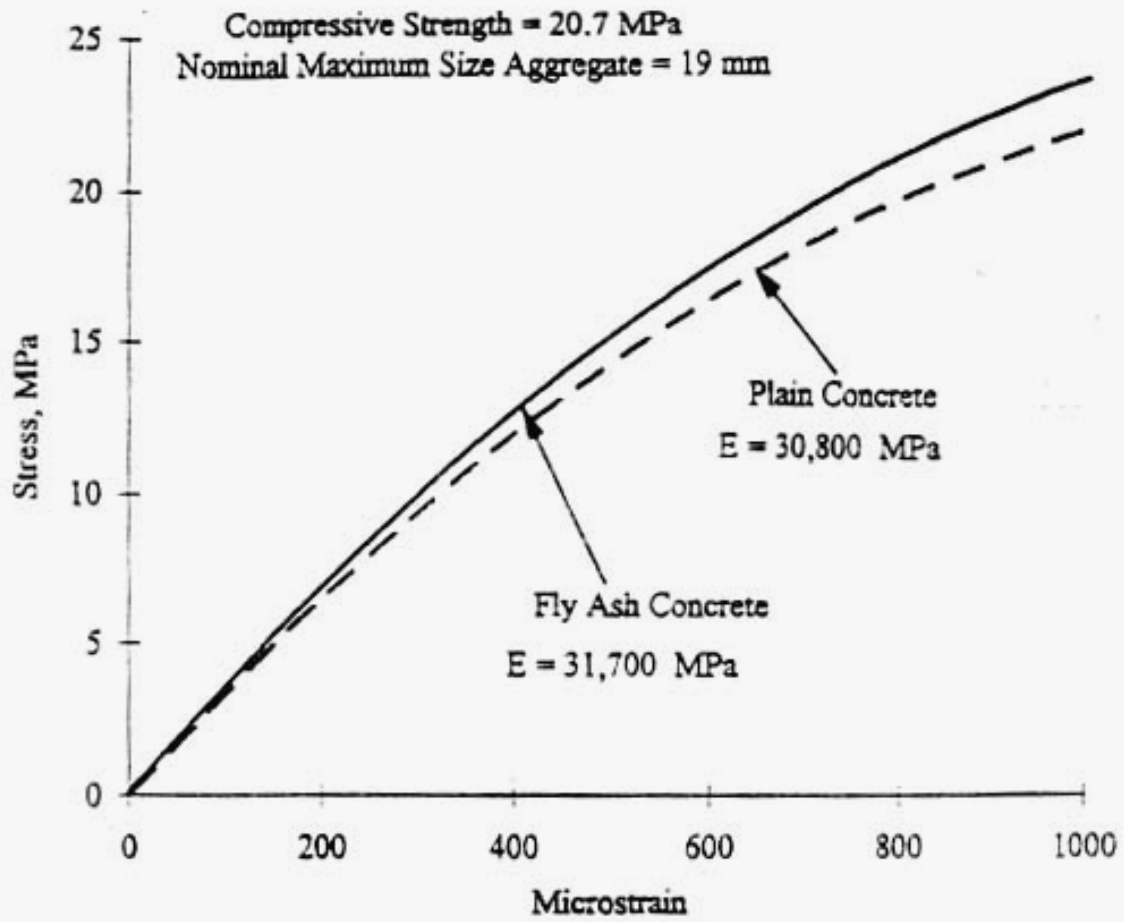


8"$71] 1 $58'fк 3*17£ 51*° 5*9 3"§5}f§~11*01 † £3 ў 59]



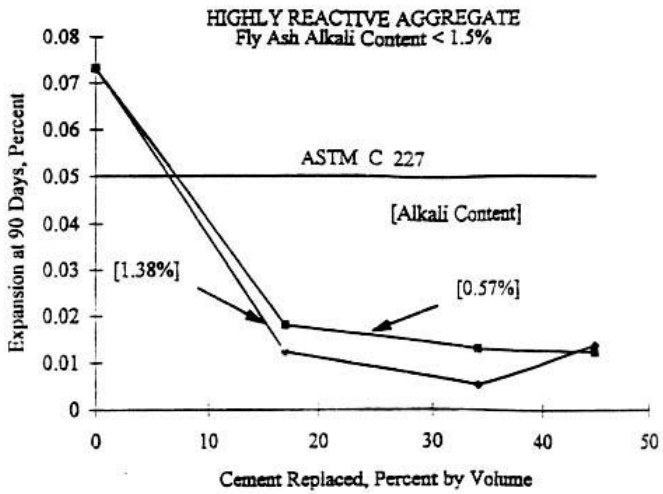
*§8"$71] 3*17£ 1 $58'fк 3*17£ 51*° 5*9 3"§5}f§~11*01 † £3 ў 59]
3⁵1¥1к 67153 8"$1 5*9 $1f$

ویژگی های سیمان های آمیخته پوزولانی

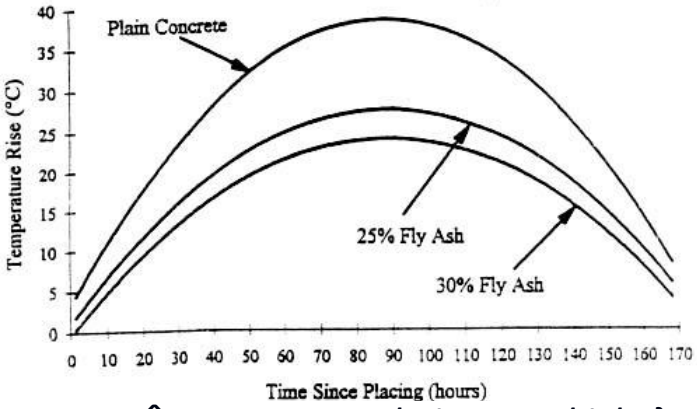


1 $58'fк 3*17£ 51*° 7¥1ƒ EĆ 3"§5}f§%5f3 Ǽ%5"87§}f – Ċ 53#
65⁵1¥1к8"$71] 3*17£

ویژگی های سیمان های آمیخته پوزولانی



*§67*9 3*17£ 51*° ~ 6 1 51*° ~ 6 1 f1#51 7*£§5}
}¥ %53}1 85}$¢15£ 1 3 5 1¥1к 67 15 3 8"$1 5 *9$1 f$



6§831 f"1 ĈD 118§17 7£1 f$ 3*1¥ 517 f$ *1$ ~ }f7/2"
65 5 1¥1к 8"$71] 5 *9 3*17£ 1 $58"fк 3*17£ *§

كاربرد سيمان هاي آميخته پوزولاني در صنعت بتن آماده

- مزايا
- افزايش زمان گيرش براي بتن آماده و افزايش زمان حمل و ريختن به ويژه در هواي گرم يك مزيت به حساب مي آيد و مي توان به مدت طولاني تري با آن كار كرد. در بنائي نيز اين موضوع اهميت زيادي دارد.
- قابليت نگهداري آب براي بتن و ملات نيز بسيار مهم است. اين سيمان ها قابليت نگهداري آب را بهتر مي كند.
- مقاومت هاي دراز مدت و دوام بتن ها به شدت بهبود مي يابد به ويژه اگر از درصد پوزولان بيشتر از 15 درصد و كمتر از 40 درصد استفاده شود (به ويژه در مجاور آب و داخل خاك ها).
- نفوذپذيري اين بتن ها كمتر مي گردد و آب بندي بيشتري را شاهد خواهيم بود.
- براي شالوده هاي بزرگ به واسطه سرعت گرمازايي كمتر و افزايش زمان گيرش بهتر است و توصيه مي شود و احتمال ايجاد درز سرد نيز كاهش مي يابد (به ويژه در هواي گرم).
- با مصرف سيمان هاي آميخته پوزولاني در زمين ها و آب هاي حاوي مقادير زيادي سولفات، دوام تأمين نمي شود و نياز به مصرف سيمان نوع 5 مرتفع نمي گردد اما ممكن است بتوان آن را جايگزين سيمان نوع 2 نمود (به ويژه سيمان پرتلند پوزولاني ويژه) مخصوصاً اگر كلينكر مصرفي مربوط به سيمان نوع 2 باشد.

كاربرد سيمان هاي آميخته پوزولاني در صنعت بتن آماده

- معايب
- عمده عيب اين سيمان ها رشد مقاومت كم در سنين اوليه و افزايش زمان قالب برداري و دستيابي به مقاومت مطلوب است. هم چنين افزايش زمان عمل آوري ممكن است عيب تلقي شود ولي بايد دانست اهميت و حساسيت نوع عمل آوري در اين سيمان ها (به ويژه با پوزولان زياد) كمتر خواهد بود كه خود يك مزيت عمده براي ساخت و سازهاي كشور ما تلقي مي شود.
- گاه جمع شدگي و ترك خوردگي اوليه در اين بتن ها ممكن است بيشتر باشد كه بايد بدان توجه كرد. مصرف اين سيمان ها براي بتن ريزي در هواي سرد چندان مطلوب نيست هر چند در شرايط بهره برداري در مناطق سرد بسيار مفيد خواهند بود.

راهكارهاي تأكيد بر مزايا و رفع معايب و توصيه هايي به صنعت بتن آماده و توليد سيمان

توليد و مصرف سيمان آميخته پوزولاني يك ضرورت ملي و جهاني است. همان گونه كه توليد كنندگان و صنعت گران كشور ما خود را براي تجارت جهاني و جهاني سازي آماده و مهيا مي كنند بايد خود را از نظر فني، فرهنگي و ... آماده مصرف اين سيمان ها بنمايند. آشنايي با خواص سيمان هاي آميخته و بتن هاي حاصله بسيار مهم است. كاهش نسبت آب به سيمان براي داشتن مقاومت هاي زود هنگام بيشتر، عمل آوري در محيط گرم تر، افزايش مدت آبدهي و عمل آوري از جمله توجهات ضروري است اما بايد توجه داشت به دليل قابليت نگهداري آب و تبخير كمتر از سطح بتن نياز به آبدهي مرتب نيز كمتر مي گردد كه اين امر به ويژه در كارهاي بنائي از اهميت برخوردار است. ممكن است در طرح مخلوط بتن آب مورد نياز براي تأمين اسلامپ مورد نياز بيشتر شود كه بايد بدان توجه داشت. در عوض مي توان به جاي مقاومت 28 روزه از مقاومت هاي 42 روزه استفاده نمود تا از پتانسيل اين سيمان ها به خوبي استفاده شود.

راهكارهاي تأكيد بر مزايا و رفع معايب و توصيه هايي به صنعت بتن آماده و توليد سيمان

نياز به مصرف كندگير كننده در هواي گرم و حمل طولاني، كمتر خواهد بود هر چند نمي توان اين نياز را با مصرف سيمان آميخته كاملاً از بين برد. اين سيمان ها مي تواند ديرتر فاسد شود كه با توجه به مشكلات انبارداري اين يك مزيت محسوب مي شود. در قطعات حجيم مصرف اين سيمان ها به ويژه در شالوده هاي بزرگ توصيه مي شود.

به توليدكنندگان سيمان توصيه مي شود با ريزتر كردن پوزولان و سيمان مقاومت هاي اوليه را بهبود بخشند تا اين مشكل نيز مرتفع گردد و سعي كنند با مصرف پوزولان بيشتر و كاهش هزينه ها قيمت اين سيمان را هر چه بيشتر كاهش دهند تا انگيزه مصرف بوجود آيد. مصرف كلينكر نوع 2 مي تواند به توليد سيمان هاي پوزولاني مقاوم تر در برابر سولفات ها منجر شود.

مقايسه ويژگي هاي استاندارد سيمان هاي پرتلند و سيمان هاي آميخته

در جداول زير ويژگي هاي استاندارد سيمان هاي پرتلند طبق استاندارد 389 ايران و ASTM C150 مشاهده مي گردد. هم چنين ويژگي هاي استاندارد هاي سيمان هاي آميخته طبق استاندارد ايران و ASTM C595 در جداول بعدي ملاحظه مي شود. از مقايسه اين جداول چنين بر مي آيد كه در بسياري موارد ويژگي هاي اين سيمان ها به يكديگر نزديك است. به ويژه از نظر سطح حداقل مقاومتي، سيمان هاي آميخته پوزولاني و سرباره اي تفاوت چنداني با سيمان تيپ 1 و 2 ندارد. هم چنين در دو جدول آخر برگه نتايج سيمان پرتلند پوزولاني با 10 درصد پوزولان و سيمان پرتلند پوزولاني ويژه به 25 درصد پوزولان كه در كارخانه سيمان آبيك توليد شده است مشاهده مي گردد. همان گونه كه از نتايج برمي آيد مقاومت 3 ، 7 و 28 روزه اين سيمان ها از مقاومت حداقل سيمان نوع 1 نيز به مراتب بيش تر مي باشد.

ويژگی هاي شيميايي و فيزيكي الزامي سيمان پرتلند طبق استاندارد 389 ايران

ويـــژگي		1- 325	1- 425	1- 525	2	3	4	5
حداقل سطح ويژه (بلين)	Cm^2/gr	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
حدك ثر انبساط اتوكلاو %		8/0	8/0	8/0	8/0	8/0	8/0	8/0
حداقل زمان گيرش اوليه ويكات (دقيقه)		45	45	45	45	45	45	45
حدك ثر زمان گيرش نهايي (ساعت)		6	6	6	6	6	6	6
حداقل تلب فشاري 1 روزه	Kg/Cm^2	—	—	—	—	125	—	—
حداقل تلب فشاري 2 روزه		—	100	200	—	—	—	—
حداقل تلب فشاري 3روزه		120	—	—	100	240	—	85
حداقل تلب فشاري 7 روزه		200	—	—	175	—	70	150
حداقل تلب فشاري 28 روزه		325	425	525	315	—	180	270
حدك ثر تلب فشاري 28 روزه		525	625	—	—	—	—	—
حدك ثر گرماي هيدراتاسيون 7روزه	Cal/gr	—	—	—	70	—	60	—
حدك ثر گرماي هيدراتاسيون 28روزه		—	—	—	—	—	70	—
حدك ثر انبساط سولفاتي 14روزه %		—	—	—	—	—	—	04/0

ويژگی هاي شيميايي و فيزيكي الزامي سيمان پرتلند طبق استاندارد 389 ايران

5	4	3	2	1- 525	1- 425	1- 325	ويـــژگي
–	–	—	0/20	—	—	—	حداقل SiO_2 %
–	–	—	00/6	—	—	—	حداكثر Al_2O_3 %
–	5/6	–	00/6	—	—	—	حداكثر Fe_2O_3 %
5	5	5	5	5	5	5	حداكثر MgO %
3/2	30/2	5/3	00/3	00/3	00/3	00/3	حداكثر SO_3 % $C_3A \leq 8$
–	–	5/4	—	50/3	50/3	50/3	حداكثر SO_3 % $C_3A > 8$
00/3	50/2	00/3	00/3	00/3	00/3	00/3	حداكثر افت سرخ‌شدن %
75/0	75/0	75/0	75/0	75/0	75/0	75/0	حداكثر باقيمانده نامحلول %
–	00/35	–	—	—	—	—	حداكثر C_3S %
–	00/40	–	–	—	—	—	حداقل C_2S %
00/5	00/7	/ 00 1 5	00/8	—	—	—	حداكثر C_3A %
25	–	—	—	—	—	—	حداكثر $C_3A + C_4AF2$ %

ASTMويژگي هاي شيميايي و فيزيكي الزامي سيمان پرتلند طبق استاندارد C150

ويـــژگي	1	2	3	4	5
حداكثر هواي ملات %	12	12	12	12	12
حداكثر ريزي (بلين) Cm^2/gr	2800	2800	—	2800	2800
حداكثر انبساط اتوكلاو %	8/0	8/0	8/0	0/ 8	8/0
حداقل تاب فشاري 1 روزه Mpa	–	–	4/12	—	—
حداقل تاب فشاري 3 روزه Mpa	4/12	3/10	1/24	—	3/8
حداقل تاب فشاري 7 روزه Mpa	3/19	2/17	—	9/6	2/15
حداقل تاب فشاري 28 روزه Mpa	–	–	—	2/17	7/20
حداقل زمان گيرش اوليه ويكات (دقيقه)	45	45	45	45	45
حداكثر زمان گيرش نهائي (دقيقه)	375	375	375	375	375

ويژگي هاي شيميايي و فيزيكي الزامي سيمان پرتلند طبق استاندارد ASTM C150

ويـــژگي	1	2	3	4	5
حداقل SiO_2 %	—	0/20	—	—	—
حداكثر Al_2O_3 %	—	0/6	—	—	—
حداكثر Fe_2O_3 %	—	0/6	—	50/6	—
حداكثر MgO %	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6
حداكثر SO_3 % $C_3A \leq 8$	0/3	0/3	5/3	3/2	3/2
حداكثر SO_3 % $C_3A > 8$	5/3	–	5/4	—	—
حداكثر افت سرخ شدن %	0/3	0/3	0/3	5/2	0/3
حداكثر باقيمانده نامحلول %	75/0	75/0	75/0	75/0	75/0
حداكثر C_3S %	—	—	—	35	—
حداقل C_2S %	—	—	—	40	—
حداكثر C_3A %	—	8	15	7	5
حداكثر $C_3A + C_4AF2$ %	—	—	—	—	25

ويژگي هاي فيزيكي سيمان آميخته طبق ASTM C595

P	S	IS(MS) IP(MS)	I(SM) , IS I(PM) ,IP		ویژگی فیزیکی
—	—	—	—		حداقل ریزی با الک 45 میکرون و بلین
5/0	5/0	5/0	5/0		حدکثر انبساط اتوکلاوی %
2/0	2/0	2/0	2/0		حدکثر انقباض اتوکلاوی %
45	45	45	45		حداقل زمان گیرش ویکات (قیقه)
7	7	7	7		حدکثر زمان گیرش (ساعت)
12	12	12	12		حدکثر هوای ملات %
		3/10	4/12	Mpa	حداقل تلب فشاری 3 روزه
3/10	¼	2/17	3/19	Mpa	حداقل تلب فشاری 7روزه
7/20	3/10	1/24	1/24	Mpa	حداقل تلب فشاری 28 روزه
60	—	70	70	Cal/gr	حدکثر گرماي هيدراتاسيون 7 روزه *
70	—	80	80	Cal/gr	حدکثر گرماي هيدراتاسيون 28روزه *
64	—	—	—		حدکثر درصد آب لازم نسبت به‌سيمان %
15/0	—	—	—		حدکثر جمع شدگی خشک شدن %
02/0	02/0	02/0	02/0		حدکثر انبساط ملات 14 روزه %
06/0	06/0	06/0	06/0		حدکثر انبساط ملات 56 روزه %
—	—	1/0	—		حدکثر انبساط 180 روزه سولفات %

ويژگي هاي شيميايی سيمان آميخته طبق ASTM C595

I(PM) , P IP	S	I(SM) IS	ويژگی شيميائی
0/5			حداكثر MgO %
0/4	0/4	0/3	حداكثر SO_3 %
—	0/2	0/2	حداكثر S %
—	0/1	0/1	حداكثر باقيمانده نامحلول %
0/5	0/4	0/3	حداكثر افت سرخ شدن %
—	03/0	—	حداكثر قليائی محلول در آب %

ویژگي های اجباری سیمان های آمیخته و خاص طبق استاندارد ایران

ویژگي	پرتلند پوزولانی ISIRI 3432		پرتلند سرباره ای ISIRI 3517		سرباره ای ISIRI 3517	پرتلندآهکی ISIRI 4220
	(پ پ)	ویژه (پ پ و)	(پ س)+	ضد سولفات+	(س) +	(پ آ)*
حداقل نرمی بلین Cm^2/gr	3000	3200	2800	2800	2800	380(4000) **0
حداکثر انبساط اتوکلاوی %	8/0	8/0	5/0	5/0	5/0	8/0
حداکثر انقباض اتوکلاوی %	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	—
حداقل زمان گیرش اولیه ویکات (دقیقه)	60	60	45	45	45	60
حداکثر زمان گیرش نهائی (ساعت)	7	7	7	7	7	8
حداقل تاب فشاري 3 روزه Kg/Cm^2	100	—	120	100	—	120
حداقل تاب فشاري 7 روزه Kg/Cm^2	175	150	200	180	100	200
حداقل تاب فشاري 28 روزه Kg/Cm^2	300	275	320	300	220	330
حداکثر باقیمانده روی الک 90 میکرون %	–	—	—	—	—	—
حداقل قابلیت نگهداری آب %	–	—	—	—	—	—
حداکثر MgO %	0/6	0/6	—	—	—	0/5
حداکثر SO_3 %	0/4	0/4	0/3	0/3	0/4	5/3
حداکثر افت سرخ شدن %	0/5	0/5	0/3	0/3	0/4	0/12
حداکثر یون کلرید %	1/0	1/0				
حداکثر S %	—	—	0/2	0/2	0/2	
حداکثر باقیمانده نامحلول %	—	—	0/1	0/1	0/1	5/1
حداکثر قلیائی های محلول در آب %	—	—	—	—	03/0	

FARS AND KHUZESTAN CEMENT COMPANY

ABYEK CEMENT PLANT

CEMENT TESTING REPORT

MONTHLY QUALITY CERTIFICATE CEMENT TYPE– ACC.TO ISIRI 3432 PORTLAND POZOLANA CEMENT (PPV) 25%		Date: 81.7.3		RANGE OF GUARANTEED SPECIFICATION
CHEMICAL ANALYSIS		REQUIREMENT ACC. TO ISIRI 3432	RESULTE OBTAINED	
Silicon Dioxide (Sio2)	%	-	30.19	-
Aluminium Oxide (Al2o3)	%	-	7.18	-
Ferric Oxide (Fe2o3)	%	-	3.5	-
Calcium Oxide (Cao)	%	-	60.08	-
Magnesium Oxide (Mgo)	%	6 Max	2.56	-
Sulfur Trioxide (So3)	%	4 Max	2.15	-
Sodium Oxide (Na2o)	%	-	-	-
Potassium Oxide (K2o)	%	-	0.97	-
Chlorides (Cl)	%	0.1 Max	-	-
Loss on Ignition (Lol)	%	6 Max	1.63	-
Insoluble Residue	%	-	-	-
Free Cao	%	-	0.5	-
Tricalcium Silicate (C3S)	%	-	-	-
Dicalcium Silicate (C2S)	%	-	-	-
Tricalcium Aluminate (C3A)	%	-	-	-
Calcium Alumino Ferrite (C4AF)	%	-	-	-
C3S + C3A	%	-	-	-
C4AF + 2(C3A) or C4AF + 2(C2F)	%	-	-	-
Alkalies (Na2o + 0.658 K2o)	%	-	-	-
PHYSICAL TESTS			-	-
Fineness, Blaine Test, (Cm2/gr)		3200 Min	4050	-
Retained on Seive # 70 :	%	-	-	-
# 170 :	%	-	3.7	-
Autoclave Expansion	%	0.8 Max	0.06	-
Autoclave	%	0.2 Min	-	
Water for Normal Consistency	%	-	30	-
Setting Time, Vicat Test, Initial (minutes)		60 Min	180	-
Final (minutes)		420 Max	245	-
Compressive Strength (kgr/cm2)	1 days	-	-	-
	3 days	-	244	-
	7 days	150 Min	326	-
	28 days	275 Min	404	-
Heat of Hydration, (cal/gr).	7 days	60 Max	-	-
	28 days	70 Max	-	-

REMARKS :

F.K.C.C.ABYEK CEMENT PLANT 80KM.QAZVINroad TEHRAN IRAN TEL :(+98 21)312778,3130459 FAX:(+98 21)3130603

Labratory

ABYEK CEMENT PLANT
CEMENT TESTING REPORt

MONTHLY QUALITY CERTIFICATE CEMENT TYPE– ACC.TO ISIRI 3432 PORTLAND POZOLANA CEMENT (PPC) 10%		Date: From 83.5.1 TO 83.5.31		RANGE OF GUARANTEED SPECIFICATION
CHEMICAL ANALYSIS		'REQUIREMENT ACC TO ISIRI 3432	RESULTE OBTAINED	
Silicon Dioxide (Sio2)	%	-	25.47	23–27
Aluminium Oxide (Al2o3)	%	-	5.83	4–7
Ferric Oxide (Fe2o3)	%	-	3.67	3–4
Calcium Oxide (Cao)	%	-	57.3	55–60
Magnesium Oxide (Mgo)	%	6 Max	2.67	3.5 Max
Sulfur Trioxide (So3)	%	4 Max	2.07	3.5 Max
Sodium Oxide (Na2o)	%	-	-	0.5 Max
Potassium Oxide (K2o)	%	-	0.86	1 Max
Chlorides (Cl)	%	0.1 Max	0.0028	0.1 Max
Loss on Ignition (Lol)	%	5 Max	1.49	3 Max
Insoluble Residue	%	-	-	-
Free Cao	%	-	1.19	2 Max
Tricalcium Silicate (C3S)	%	-	-	-
Dicalcium Silicate (C2S)	%	-	-	-
Tricalcium Aluminate (C3A)	%	-	-	-
Calcium Alumino Ferrite (C4AF)	%	-	-	-
C3S + C3A	%	-	-	-
C4AF + 2(C3A) or C4AF + 2(C2F)	%	-	-	-
Alkalies (Na2o + 0.658 K2o)	%	-	-	-
PHYSICAL TESTS			-	
Fineness , Blaine Test, (Cm2/gr)		3000 Min	3205	3000 Min
Retained on Seive # 70 :	%	-	-	-
# 170 :	%	-	4.43	6 Max
Autoclave Expansion	%	0.8 Max	0.1	0.5 Max
Water for Normal Consistency	%	-	25.5	25–27
Setting Time, Vicat Test, Initial (minutes)		60 Min	175	100 Min
Final (minutes)		420 Max	235	300 Max
Compressive Strength (kgr/cm2) :	1 days	-	-	-
	3 days	100 Min	207	150 Min
	7 days	175 Min	304	250 Min
	28 days	300 Min	411	350 Min
Heat of Hydration , (cal/gr),	7 days	70 Max	-	-
	28 days	80 Max	-	-

REMARKS :

ABYEK CEMENT Co. 80 km ,QAZVIN road TEHRAN ,IRAN TEL:(+9821)3112778 , 3130459 FAX(+9821)3130603

QCFO 014