

## ضرورت ها و راهکارهای تولید و مصرف سیمان بنّائی

محسن تدین، دکترای سازه (تکنولوژی بتن)- عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی سینا و  
دانشگاه علم و صنعت  
تلفن همراه: ۰۹۱۲۱۲۷۲۹۹۳، نمابر: ۰۲۱۲۹۰۱۳۵۵، پست الکترونیکی: tadayonmoh@yahoo.com

### چکیده

علیرغم مصرف قابل توجه سیمان پرتلند در کارهای بنّائی و در ملات های ساختمانی و اتلاف این سیمان، ملات مناسبی حاصل نمی شود. ساخت ملات با سیمان بنّائی می تواند از نظر اقتصادی، فنی و زیست محیطی کاملاً مفید باشد. ضرورت تولید سیمان بنّائی سالهاست در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه احساس شده و به مقدار قابل توجه و با قیمت مناسب به بازار عرضه می گردد. با توجه به تجربه شکست خورده تولید سیمان بنّائی در ایران و برای زمینه سازی تولید مجدد آن لازم است در عرصه آموزش و دست اندر کاران و تبلیغات تلاش های جدیدی صورت گیرد که امید است این نوشتار شروعی برای این مهم باشد. **کلید واژه ها :** سیمان بنّائی، چسبندگی، مقاومت، دوام، قابلیت نگهداری آب، آب بندی، محیط زیست، زمان گیرش .

### ۱- مقدمه

سال های مدیدی از تولید و مصرف سیمان های بنّائی در کشورهای پیشرفته و به دنبال آن ها در کشورهای در حال توسعه می گذرد. ایالات متحده آمریکا و هندوستان مثال هایی مناسب از این کشورها هستند. کارهای بنّائی به ملات زیاد نیاز دارد و معمولاً عیار سیمان این گونه ملات ها بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب است. مصرف قابل توجه سیمان در کارهای بنّائی و اتلاف سیمان پرتلند در این گونه ملات ها، همگان را متقاعد کرده است تا سیمان مناسبی را برای این منظور تولید نمایند. حجم سیمان مصرفی ملات کارهای بنّائی در کشور ما به نظر می رسد کمتر از سیمان مصرفی در بتن سازه ای و نیمه سازه ای نباشد. هرچند متأسفانه آمارهایی در این رابطه ارائه نشده است؛ اما تجربیات شخصی مهندسین حاکی از آن است که احتمالاً حجم سیمان مصرفی ملات های بنّائی بیشتر از سیمان مصرفی در بتن های ریخته شده می باشد. معنای این امر آن است که بیش از ۱۵ میلیون تن سیمان پرتلند در این راه مصرف می شود که عملاً بیش از نیمی از آن به هدر می رود. در یک نگاه گذرا می توان دید انرژی و زحمات زیادی صرف تولید این مقدار سیمان و کلینر آن می شود و آلودگی های زیادی تحمیل می گردد. در این نوشته بنا داریم ابتدا تعریف ماهیت و ویژگی های کارهای بنّائی تشریح شود و به دنبال آن ضعف های ملات های ساخته شده با سیمان پرتلند مطرح گردد. در ادامه، نقاط قوت سیمان بنّائی و با توجه به آن نحوه تولید آن ارائه می شود. نقطه ضعف های احتمالی سیمان بنّائی به دنبال نقاط قوت مطرح شده و در نهایت توصیه هایی برای تولید، مصرف و آموزش و فرهنگ سازی لازم به همراه توصیه هایی برای استاندارد سیمان بنّائی ارائه می گردد.

### ۲- تعریف ماهیت و ویژگی های کارهای بنّائی

کارهای بنّائی معمولاً به ساخت و سازهای غیر بتنی اطلاق می شود. آجرکاری، سنگ چینی در شالوده و دیوار، بنّائی با بلوک سیمانی، کاشیکاری، نمakاری با سنگ و آجرهای نما، سیمانکاری آستر و نما، فرش کردن کف با سنگ و سرامیک، نصب پله ها، بند کشی و پرکردن فضا ها با ملات ماسه سیمان از جمله مصادیق بارز کارهای بنّائی محسوب می گردند. کمترین عیار این ملات ها حدود ۲۰۰ و بیشترین آن ها بالاتر از ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب ملات است؛ به ویژه در سیمانکاری ها و کاشیکاری و نمakاری سنگی و آجری عیار سیمان ملات بیش از ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب می باشد و مصرف سیمان در این موارد چشمگیر است. ماهیت و ویژگی های کارهای بنّائی را می توان به صورت خلاصه در زیر ارائه نمود.

#### الف) چسبندگی

درکارهای بنّائی نیاز به چسبندگی در ملات خمیری داریم؛ به ویژه در سیمانکاری، کاشیکاری و نماسازی سنگی و آجری این ویژگی از اهمیت زیادی برخوردار می باشد که معمولاً به اتصال مصالح و ملات منجر می گردد.

#### ب) خوشکاری و خمیری بودن

لازم است بتوان با ملات به راحتی کار کرد. ملات باید به سهولت پهن شود و ماله خوری خوبی داشته باشد. زیر بودن، خشن بودن و نداشتن حالت خمیری، خوشکاری را از بین می برد.

#### ج) قابلیت نگهداری آب

ملاّت بنّائي باید بتواند آب خود را به خوبی حفظ کند و به مصالح مجاور از جمله آجر، سنگ، بلوک، موزاییک و غیره پس ندهد. این خاصیت وقتی بسیار مهم تلقی می شود که آجر، سنگ و سایر مصالح از جذب آب قابل توجهی برخوردار باشند. معمولاً در ایران برای جبران این مشکل، مصالح بنّائي خیس و مرطوب می شوند که به آن زنجاب کردن می گویند. اگر سنگ، آجر و غیره به خوبی زنجاب نشود، آب ملاّت را در اوان کار مکیده و موجب جمع شدن ملاّت به دلیل خاصیت جمع شدگی خمیری در ارتباط با از دست دادن آب می گردد؛ در حالی که آجر و سنگ و مصالح دیگر به دلیل جذب آب به میزان کمی منبسط می شوند. این تضاد حرکت که مدتی به طول می انجامد، موجب جدا شدن زود هنگام و تضعیف اتصال ملاّت به آجر یا سنگ می گردد.

(د) مقاومت کم

ملاّت های سیمانی معمولاً به مقاومت کمی نیاز دارند. مقاومت فعال ملاّت ها در یک کار بنّائي به زحمت ممکن است به  $2\text{Mpa}$  برسد و با در نظر گرفتن همه جوانب و احتمالات و ضرایب اطمینان عملاً مقاومت مورد نیاز کمتر از  $10\text{Mpa}$  می باشد؛ هر چند در برخی مشخصات فنی کشور ما مقاومت ۲۸ روزه ملاّت های بنّائي تا  $13\text{Mpa}$  داده شده است.

(ه) زمان گیرش طولانی

در اغلب کارهای بنّائي نیاز به گیرش زود هنگام نداریم. ماهیت اجرایی کارهای بنّائي و ساخت و مصرف ملاّت های بنّائي در کشور ما و بسیاری نقاط جهان ایجاب می نماید ملاّت کندگیر باشد. داشتن زمان گیرش فراتر از ۲ ساعت و حتی فراتر از ۳ تا ۴ ساعت در کشور ما به لحاظ اختلاط مقدار معتناهی ملاّت و مصرف تدریجی و طولانی مدت آن در طول روز به ویژه در فصول و مناطق گرم اجتناب ناپذیر و ضروری است. عدم توجه به این امر باعث می شود ملاّت در زمان کوتاهی بگیرد و کارگران ساختمانی برای ایجاد روانی و خمیری بودن، آن را مجدداً به هم زده و هم چنین مقداری آب نیز بدان بیافزایند. مقداری از آب اضافه شده، جبران کننده تبخیر بوده و مابقی به افزایش نسبت آب به سیمان منجر می شود. اختلاط و کار با ملاتی که گیرش اولیه را به انجام رسانده است می تواند به مقدار قابل توجهی مقاومت و دوام ملاّت را کاهش دهد که افزایش نسبت آب به سیمان مزید بر علت خواهد بود.

هم چنین فساد سریع سیمان مصرفی به دلیل انبار کردن نا صحیح و طولانی مدت آن می تواند مشکل را باشد؛ هر چند فساد جزئی مشکلی را در پی ندارد و چه بسا مثبت تلقی می شود.

(و) آب بندی

در اکثر کارهای بنّائي نیاز به آب بندی مناسبی داریم. در آجرکاری و سنگ چینی شالوده، دیوارهای زیر سطح زمین یا دیوارهای حائل، ناکاری با سنگ و آجر، سیمانکاری نما، بندکشی و غیره این ویژگی از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد.

(ز) دوام کافی

مانند هر مصالح ساختمانی لازم است ملاّت ماسه سیمان از دوام کافی برخوردار باشد و نقطه ضعفی را بوجود نیاورد. دوام در برابر سولفات ها، یخ بندان و آب های شور از جمله خصایص مهم برای ملاّت بنّائي است. واکنش زایی برخی سنگدانه ها با قلیایی های سیمان می تواند بر دوام ملاّت اثر منفی گذارد و بهتر است این مشکل بوجود نیاید؛ به ویژه در هوای گرم و مرطوب این معضل در سیمانکاری نما خود نمایی می کند.

(ح) ارزان بودن

به عنوان یک اصل مهندسی، لازم است ملاّت مصرفی تا حد امکان ارزان تر تمام شود؛ در حالی که نیازهای ما را نیز برآورده نماید.

(ط) سازگاری با محیط زیست

عدم آلودگی محیط زیست یک خصیصه مهم در دنیای امروز برای هر محصولی است و ملاّت بنّائي باید دارای این ویژگی باشد.

باید دانست در گذشته ای نه چندان دور با آمدن سیمان پرتلند به ایران، دست اندرکاران عملیات ساختمانی و کارهای بنّائي، ملاّت حرامزاده (باتارد) را مصرف می کردند که در آن از سیمان پرتلند، گرد یا خمیر یا دوغاب آهک شکفته و ماسه خاک دار حاوی مقادیر قابل توجه لای و رس استفاده می شد. این ملاّت بسیاری از نیازمندی های اجرایی در زمینه کارهای بنّائي را برآورده می نمود که متأسفانه با وجود مشکلاتی که در تأمین آهک شکفته پدید آمد و ضعف هایی که در زمینه آموزش و ورود غیرمتخصصین به صحنه اجرا حاصل گشت، این ملاّت به فراموشی سپرده شد.

### ۳- نقاط ضعف ملاّت حاوی سیمان پرتلند برای کارهای بنّائي

نقاط ضعف سیمان پرتلند در ملاّت های بنّائي را می توان به سه دسته تقسیم نمود. نقاط ضعف فنی، زیست محیطی و اقتصادی در زیر به ترتیب مطرح می شوند.

(الف) نقاط ضعف فنی

به ازاء مصرف سیمان پرتلند با يك عيار مورد نظر در مقایسه با سیمان هاي آمیخته و بتائي، چسبندگي خوبي عايد نمي گردد. خوشكاري و خميري بودن به قدر كافي حاصل نمي شود. قابليت نگهداري آب توسط سیمان پرتلند كم مي باشد و ابدأ كافي نيست؛ به ويژه در كشور ما نياز به قابليت نگهداري آب به دليل جذب آب زياد آجرها كاملاً احساس مي شود. مقاومت حاصله توسط سیمان پرتلند زياد است و در صورتي كه بخواهيم سیمان پرتلند كمتر را مصرف كنيم به چسبندگي، خوشكاري و قابليت نگهداري آب، دوام و آب بندي لطمه مي زند.

زمان گيرش سريع به ويژه با مصرف زياد سیمان پرتلند از جمله مشكلات جاري در ملات هاي ماسه سیمان مصرفي در كشور ما و در كارهاي بتائي است. بسياري از كارهاي بتائي در فصول گرم سال در اكثر مناطق كشور به انجام مي رسد كه مشكل را دو چندان مي نمايد. با توجه به نكات مطروحه در اين نوشته، ملاحظه مي شود مصرف بيشتر سیمان پرتلند عملاً مي تواند به حاد شدن مشكلات بيانجامد و مقاومت و دوام را نيز بالا نمي برد.

مقدار قابل توجهي از پتانسيل سیمان پرتلند در انبار كردن طولاني مدت و غير صحيح از دست مي رود؛ اما در هر حال اين فساد به مناسب تر شدن آن از نظر زمان گيرش براي كار بتائي منجر مي شود. آب بندي ملات هاي ساخته شده با سیمان پرتلند عملاً كمتر از ملات هايي است كه با سیمان هاي آمیخته و بتائي توليد مي شود و دوام آن ها نيز بهتر نخواهد بود. به ويژه اگر ماسه هاي مصرفي از نوع واكنش زا با قليايي ها باشند، سیمان هاي پرتلند معمولي كه از قليائيت كم برخوردار نباشند در مرور زمان مشكلات زيادي را به ويژه در هواي گرم و مرطوب بوجود مي آورند. سیمان پرتلند معمولي در برابر حملات شيميايي ضعيف چشمگري را معمولاً از خود نشان مي دهد.

ب) نقاط ضعف زيست محيطي

همان گونه كه امروزه بر همگان روشن است براي توليد يك تن كلينكر سیمان پرتلند عملاً بين ۱/۱ تا ۱/۲ تن سنگ آهك مرغوب مصرف مي شود. اين مقدار سنگ آهك مرغوب بين ۵۰۰ تا ۵۲۵ كيلوگرم گاز دي اكسيد كربن توليد مي نمايد كه يك گاز گلخانه اي و زيان آور براي محيط زيست كره زمين مي باشد. بنابر اين توليد هر تن سیمان پرتلند با احتساب خروج گازهاي مختلف از سنگ آهك و خاك بيش از ۵۰۰ كيلوگرم گاز مضر توليد مي كند. مصرف سیمان پرتلند در ملات هاي بتائي در حالي كه اين مصرف از ضرورت برخوردار نيست و حتي مشكلاتي را نيز در بر دارد اصولاً عقلائي نمي باشد و بشر در صدد مقابله با آن برآمده است. سياست توليد سیمان هاي آمیخته نيز بر اين پايه استوار مي باشد. بر اين نکته بايد توليد گازهاي مضر ناشي از سوزاندن سوخت هاي فسيلي را بيفزايم و مصرف سوخت هاي فسيلي را نيز بايد ضايعه اي زيست محيطي بناميم زيرا اين مواد در طبيعت تجديد ناپذير به نظر مي رسند.

ج) نقاط ضعف اقتصادي

علاوه بر اين كه آلودگي هاي زيست محيطي را بايد يك خسارت اقتصادي ميان مدت يا دراز مدت بدانيم، لازم است بگوئيم كه سیمان پرتلند جسم ارزشمندي است كه در كنار مصرف سوخت هاي تجديد ناپذير، انرژي الكتريسيته، استهلاك وسايل و ماشين آلات و پوشش كوره هزينه قابل توجهي را براي توليد كلينكر به ما تحميل مي نمايد.

به علت برخي ضعف ها به ويژه چسبندگي كم و عدم وجود خوشكاري و خاصيت خميري مطلوب، اغلب مجبور مي شويم مقدار قابل توجهي از سیمان پرتلند را عليرغم ميل باطني و نيازهاي مقاومتی مصرف كنيم. قيمت بيشتر و مصرف زياد اين نوع سیمان در كارهاي بتائي نقطه ضعف عمده اي محسوب مي شود.

#### ۴- نقاط قوت سیمان بتائي

- سیمان بتائي بر خلاف سیمان پرتلند عمل مي كند و با توجه به تركيب و جنس سیمان هاي بتائي معمولاً چسبندگي بسيار مطلوبي را به نمايش مي گذارد. خوشكاري و خميري بودن از جمله ويژگي هاي مهم ملات سیمان بتائي است.

- يكي از ويژگي هاي بارز سیمان بتائي كه آن را از ساير سیمان ها متمايز مي سازد قابليت نگهداري آب در ملات حاوي سیمان بتائي است. كشور ما ايران از جمله كشورهايي است كه نياز به ملات هايي با قابليت نگهداري آب زياد دارد. آجرهاي فشاري معمولي با جذب آب بيش از ۳۰ درصد در بسياري از نقاط كشور مصرف مي شود. نياز به زنجاب كردن آجرها در اين موارد اهميت ويژه اي دارد. در كمتر كتاب مصالح ساختماني و آجركاري غير فارسي مي توان به اهميت زنجاب كردن آجر پي برد و دليل آن بكارگيري ملات هاي مناسب در اين كشورها و مصرف آجرهايي با جذب آب كمتر از ۱۸ درصد مي باشد. نوع خاص اجراي سنگ كاري و آجركاري نما به صورت ملاتي يا دوغابي و هم چنين روش كاشيكاري دوغابي، نياز به اين نوع

سیمان را دو چندان می کند.

- بنّاهای ایرانی برای خارج کردن آب ملات شل و روان که معمولاً برای نصب پله بکار می رود مقداری خرده آجر فشاری را در آن می اندازند که به سرعت آب ملات را جذب کنند زیرا ملات های حاوی سیمان پرتلند و ماسه شسته توانایی نگهداری آب را در خود ندارد و آن را به هر جسم جاذبی پس می دهد و به شدت جمع شدگی در آن حاصل می گردد و چسبندگی و اتصال به مصالح مربوطه به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد. بر این اساس تبخیر از سطح ملات حاوی سیمان بنّائی نیز به مراتب کمتر از سایر ملات ها می باشد.

- مقاومت مناسب برای کارهای بنّائی از جمله ویژگی های مهم سیمان بنّائی است. مقاومت فشاری ۲۸ روزه ملات ماسه سیمان استاندارد آن بر روی نمونه مکعبی ۵ سانتی طبق ASTM عملاً می تواند در حدود ۲۰-۶/۲ مگاپاسکال باشد و ملات واقعی آن در عمل مقاومت کمتری را دارد و کافی به نظر می رسد.

- زمان گیرش سیمان بنّائی به مراتب طولانی تر از سیمان پرتلند معمولی است. به دلیل قابلیت نگهداری آب در ملات سیمان بنّائی عملاً تبخیر از سطح آن در شرایط آب و هوای گرم و خشک کم است و روانی ملات تا مدت زیادی با توجه به این دو ویژگی حفظ می شود و به راحتی می توان با ملات مربوطه کار کرد و نیاز به افزایش آب به آن برای تأمین روانی در طول زمان، کمتر احساس می شود و عملاً مجبور نیستیم با سیمانی که به مرحله گیرش رسیده است کار کنیم. بنابر این عملاً دچار کاهش مقاومت و دوام ملات در اجرای واقعی نخواهیم بود و علیرغم مقاومت بالنسبه کم این ملات، در نهایت عملاً مقاومت موجود آن از سایر ملات های حاوی سیمان پرتلند بهتر می باشد.

- ملات حاوی سیمان بنّائی معمولاً از آب بندی خوبی برخوردار است و در کارهای بنّائی به راحتی آب را از خود عبور نمی دهد.

- به دلیل آب بندی خوب و استفاده از برخی مواد پرکننده آهک شکفته، پوزولان ها و سرباره ها در سیمان بنّائی دوام آن در برابر سولفات ها و حتی آب دریا و آب های شور در بسیاری موارد از سیمان های پرتلند معمولی بهتر است؛ به ویژه در ارتباط با کارهای بنّائی زیر تراز طبیعی زمین این خاصیت چشمگیر می باشد. به دلیل وجود پوزولان و سرباره و برخی مواد مانند حبابزها، این نوع سیمان در برخی منابع در برابر عوامل شیمیایی بسیار با دوام ذکر شده است.

- قیمت سیمان بنّائی در دنیا معمولاً حدود نصف سیمان پرتلند و یا کمتر می باشد. بنابر این کارهای بنّائی آن، نسبت به سیمان پرتلند به مراتب ارزان تر تمام می شود. ضمن این که گاه لازم نیست عیار آن را برای دست یابی به چسبندگی کافی بالا ببریم لذا حتی از نظر میزان مصرف هم می تواند موجب صرفه جویی و کاهش هزینه گردد.

- به دلیل مصرف مواد پرکننده، پوزولان ها و سرباره ها که نیاز به پخته شدن ندارند مصرف مواد سوختی در تولید این سیمان کمتر می باشد و آلودگی حاصله نیز کمتر است. هم چنین به دلیل تولید کمتر دی اکسید کربن (در حد نصف یا کمتر) باید این سیمان را سازگارتر با محیط زیست دانست.

- در صورت مصرف پوزولان ها و سرباره ها در بسیاری موارد انبساط ناشی از واکنش برخی سنگدانه ها با قلیایی های سیمان کنترل و مهار می شود و دوام ملات افزایش می یابد. بنابر این می توان ماسه های حاوی ذرات واکنش زا را با دغدغه کمتر مصرف نمود. در بسیاری از موارد که محیط مرطوب و گرم وجود دارد مصرف این سیمان می تواند کارساز و مشکل گشا باشد.

- در ملات هایی که سیمان بنّائی بکار می رود نیازی به مصرف ماسه شسته وجود ندارد هر چند نگارنده معتقد است وقتی از سیمان پرتلند نیز در ملات های بنّائی استفاده می شود می توان ماسه کفی (غیر شسته) را به همراه مواد ریزدانه و رس بکار برد که باعث بهبود ملات بنّائی می گردد.

## ۵- نقاط ضعف احتمالی سیمان بنّائی

نقاط ضعف سیمان بنّائی برای کارهای بنّائی چندان با اهمیت نیست زیرا اصولاً برای این کار ساخته می شود. اما برخی دست اندرکاران نقاط ضعفی را در ارتباط با مسائل اجرایی و فنی مطرح می نمایند که در زیر بدان ها می پردازیم.

- در صورتی که سیمان بنّائی در بتن ریزی های سازه ای بکار رود می تواند خسارات جبران ناپذیری را تحمیل نماید و در همه آیین نامه ها ممنوع است. مصرف سیمان بنّائی به جای سیمان پرتلند ممکن است عمداً یا سهواً به وقوع بپیوندد. برای مصرف عمدی چاره ای متصور نیست اما برای مصرف سهوی راهکارهایی منجمله بکارگیری علائم هشدار دهنده به ویژه ایجاد رنگ در سیمان بنّائی اندیشیده شده است.

- برای ایجاد چسبندگی، خوشکاری و خمیری بودن و هم چنین قابلیت نگهداری آب، افزایش زمان گیرش، آب بندی و مصرف کمتر کلینکر سیمان، برخی پرکننده ها یا مواد چسبنده مانند پودر سنگ، رس ها و حتی بنتونیت، پوزولان های طبیعی و مصنوعی، سرباره های کوره ذوب آهن و آهک شکفته و گاه مواد حباب زا در این نوع سیمان ها مصرف می شود. در مواردی که مقادیر رس یا بنتونیت کمی زیاد باشد ممکن است باعث

انبساط و انقباض بیش از حد شده و به دوام ملات لطمه زند.

مصرف پوزولان هایی که از تکلیرس رس ها یا شیل ها بدست آیند باعث مصرف سوخت و ایجاد گازهای مضر می شود. هم چنین اگر آهک شکفته در این سیمان ها بکار رود به هر حال تا حدودی بر مصرف سوخت افزوده و گاز دی اکسید کربن بوجود می آورد که البته در ارتباط با مصرف سیمان پرتلند چندان چشمگیر نیست.

- وجود مواد ریزدانه با نرمی زیاد اغلب در کنار آب بندی می تواند به افزایش نم بندی منجر نشود و حتی مشکل بالا آمدن و عبور نم را مضاعف نماید. موادی از جمله رس ها، پودر سنگ های غیر فعال و خنثی و پرکننده می توانند چنین ویژگی هایی داشته باشند. در صورتی که از مواد حباب زا در این سیمان ها استفاده شود این مشکل هم رفع می شود.

## ۶- توصیه هایی برای تولید سیمان بنائی و ضرورت آن

از نقطه نظر اقتصاد ساخت بناها و در مقیاس کارگاهی و هم چنین از دیدگاه اقتصاد کلان و حفظ محیط زیست ضرورت تولید سیمان بنائی بسیار روشن است. به همین دلیل در اکثر نقاط جهان این نوع سیمان تولید و مصرف می شود. علیرغم تدوین استاندارد ملی سیمان بنائی و دسترسی به استانداردهای موجود کشورهای پیشرفته و تولید محدود این نوع سیمان در کارخانه سیمان فارس متأسفانه این تولید نیز تعطیل شده است و در هیچ کارخانه دیگری نیز اراده ای جهت تولید سیمان بنائی به چشم نمی خورد. متأسفانه سازمان، نهاد یا وزارتخانه خاصی نیز در این زمینه یا موارد مشابه سیاست گذاری مناسبی را ارائه نمی دهد. به هر حال توصیه می شود علاقمندان و دلسوزان این مرز و بوم در صنعت سیمان، تولید سیمان بنائی را در دستور کار خود قرار دهند.

لازم به ذکر است ساخت ملات حرامزاده (باتارد) امروزه رو به فراموشی رفته و جای خالی آن را در صحنه ساخت و اجرای کارهای بنائی باید با سیمان بنائی پر نمود.

برای تولید این سیمان روش های مختلفی را می توان به تناسب امکانات، مواد اولیه مناسب و ارزان، هزینه سوخت و مسائل زیست محیطی بکار گرفت که در زیر بدان ها اشاره می شود.

- استفاده از کلینکر سیمان پرتلند (کمتر از ۵۰ درصد) + پوزولان یا سرباره + آهک شکفته + کمی رس یا بنتونیت + مواد رنگدانه + سنگ گچ به مقدار کم

- استفاده از کلینکر سیمان پرتلند (کمتر از ۵۰ درصد) + پودر سنگ نیمه فعال یا غیر فعال (خنثی) + آهک شکفته + کمی رس یا بنتونیت + مواد رنگدانه + سنگ گچ به مقدار کم

- استفاده از یک پوزولان فعال یا سرباره + آهک شکفته + رس یا بنتونیت به مقدار کم + مواد رنگدانه

در موارد استفاده از کلینکر سیمان پرتلند، الزامی به استاندارد بودن آن وجود ندارد. بنابر این حتی در مناطقی که مواد اولیه برای تولید سیمان پرتلند مرغوب وجود ندارد، می توان برای تولید سیمان بنائی نیز اقدام نمود. در تمام موارد فوق می توان از یک ماده حبابزا استفاده کرد. مواد حبابزای پودری مصرفی می تواند به مقدار بسیار ناچیز در هر تن سیمان تولیدی بکار گرفته شود. هزینه مصرف بهترین حبابزا در تولید هر تن سیمان بنائی بین ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ ریال خواهد بود. ملات حبابدار بسیار خمیری و خوشکار است و به راحتی پهن شده و ماله خوری خوب دارد. قابلیت نگهداری آب عالی و دوام و آب بندی و نم بندی مناسبی را بوجود می آورد؛ اما ملات آن باید در یک مخلوط کن ساخته شود تا حباب ها به صورت کامل و مناسبی تولید شوند.

پوزولان های فعال طبیعی می توانند از خاکسترها یا توف های آتشفشانی یا برخی شیل ها بدست آیند. خاک های دیاتومه ای نیز در این دسته جای می گیرد.

پوزولان های مصنوعی فعال شامل خاکستر پوسته برنج، خاکستر بادی، میکروسیلیس و یا هر خاکستر چوب یا پوسته غلات، کاه و غیره می باشند که تحت شرایط خاصی تولید می شوند. معمولاً مصرف میکروسیلیس به دلیل قیمت زیاد و گیرش سریعتر در سیمان بنائی توصیه نمی شود و امروزه به خاطر هزینه بالایی آن نیز طرفدار ندارد. از تکلیرس برخی رس ها و شیل ها و خاک های دیاتومه ای و حتی توف ها و خاک های آتشفشانی می توان پوزولان های مصنوعی فعالتری بدست آورد که در مواقع اضطراری می توان به سراغ آن ها رفت؛ اما به خاطر مصرف سوخت و نیاز به پخت و ایجاد گازهای گلخانه ای برای تولید سیمان بنائی توصیه نمی شود.

در کنار مصرف پوزولان های طبیعی و مصنوعی با حضور کلینکر سیمان پرتلند و یا بدون آن، مصرف آهک شکفته برای ترکیب با پوزولان (به ویژه زمانی که کلینکر سیمان وجود ندارد) ضروری است. وجود آهک علاوه بر کندگیری و قابلیت نگهداری آب و ایجاد حالت خمیری و چسبندگی، باعث ترکیب با رس های خمیری ساز شده و ژل چسباننده می دهد و خواص منفی دراز مدت رس ها را از بین می برد. حتی علیرغم مصرف سرباره نیز، وجود مقداری آهک شکفته برای ترکیب سرباره و آب و تشکیل جسم چسباننده ضروری است.

پودر سنگ های پرکننده و خنثی (غیر فعال) می توانند از سنگ های آهکی نرم و یا حتی کوارتزی و

سیلیسی بدست آید. برخی پودر سنگ های سیلیسی ریز می تواند در حضور دوغاب آهک شکفته و رطوبت و دمای کافی به صورت نیمه فعال عمل نماید و جسم ژله ای چسباننده را بوجود آورد. استفاده از پودر برخی سنگ های بسیار نرم با سختی ۱ و ۲ در مقیاس Mohs مانند تالک های حاوی ناخالصی و با مرغوبیت کم می تواند بسیار کار ساز باشد و ملات مناسبی را بوجود می آورد. پودر مل و بتانه از جمله پرکننده های خمیری ساز مناسب تلقی می شود که در برخی مناطق ایران منجمله همدان از انواع سنگ های آهکی نرم مرغوب و مناسبی تولید می شود. پودر سنگ های نرم دولومیتی نیز در برخی موارد بکار می رود.

توصیه می شود کارخانه های مختلف سیمان بسته به موقعیت جغرافیایی و دسترسی به منابع مواد اولیه مناسب و ارزان، مواد تشکیل دهنده و روش تولید سیمان بتائی را انتخاب نمایند. برای مثال کارخانه هایی که در استان مازندران و گیلان قرار دارند می توانند خاکستر برنج را تولید و مصرف نمایند و از انرژی حاصل از سوختن نیز بهره برند.

خوشبختانه در ایران به دلیل وجود گل آخرا (خاک رس حاوی هماتیت جزیره هرمز) نیازی به مصرف جداگانه رس یا بنتونیت و مواد رنگدانه احساس نمی شود و لذا می توان همواره از رنگ قرمز به عنوان علامت ممیزه سیمان بتائی استفاده نمود.

## ۷- زمینه سازی برای مصرف سیمان بتائی

لازمه يك تولید، مصرف آن در جامعه است. مصرف کنندگان نیز لازمه مصرف را تولید می دانند. در این چرخه معیوب معمولاً تولیدکنندگان، زمینه سازی مناسب برای مصرف محصولاتی که قصد تولید آن ها را دارند فراهم می آورند. باید توجه داشت که اگر اولین تجربه به شکست انجامد، تداوم و پی گیری مشکل می شود و ما در ایران در تولید سیمان بتائی با این معضل رو به رو هستیم. تولید سیمان بتائی که ممکن است سالیانه به چند صد هزار یا چندین میلیون تن برسد، نیاز به بستر سازی گسترده ای برای مصرف دارد. آموزش و تبلیغات دو عنصر مهم در این راه تلقی می گردند و عامل مهم دیگر، تعیین قیمت مناسب برای محصول مورد نظر می باشد تا در مقایسه با سایر محصولات، انگیزه لازم برای خرید و مصرف را بوجود آورد. عامل مهم و دراز مدت تر حفظ کیفیت محصول در طول زمان است که تداوم و در پی آن تولید را تضمین می کند که بدان ها

الف) آموزش

مصرف کنندگان سیمان بتائی را افراد متخصص و غیر متخصص تشکیل می دهند. به هر حال آموزش در درجه اول افراد متخصص را هدف قرار می دهد و گستره آموزش در ابتدا معمولاً افراد غیر متخصص را در بر نمی گیرد.

آموزش افراد متخصص اعم از کارشناس و کاردان در دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی انجام می شود. متأسفانه در برنامه درسی موجود جایگاه دروس اجرایی به ویژه مصالح ساختمانی تضعیف شده و اهمیت و حجم لازم را از دست داده است. با مطرح نمودن سیمان بتائی و نقاط قوت آن در سمینارهای تخصصی و نیمه تخصصی و جلب نظر اساتید و معلمان مراکز آموزش عالی می توان امیدوار بود که در صحنه دانشگاهی حداقل نام و خواص این نوع سیمان مطرح گردد تا زمینه لازم در ذهن متخصص فراهم آید.

انتشار جزوات آموزشی و توزیع آن در سازمان های نظام مهندسی سراسر کشور، تدوین کتب مستقل در زمینه کارهای بتائی و سیمان بتائی، برپایی همایش ها و سمینارهای تخصصی، ایجاد برنامه های تخصصی و نیمه تخصصی در صدا و سیما برای آموزش افراد متخصص و نیمه متخصص نا آشنا با سیمان بتائی از جمله اقدامات آموزشی مهم می باشد.

در آموزش فنی هنرستان ها نیز باید به استفاده از سیمان بتائی و خواص آن پرداخته شود تا تکنسین های ساختمانی بکارگیری این نوع سیمان را در دستور کار خود قرار دهند.

برای آموزش افراد غیر متخصص اما دست اندر کار ساخت و ساز!، که صرفاً از ویژگی های کشور ما می باشد، برنامه های خاص در صدا و سیما، انتشار جزوات ساده و توزیع آن از طریق شهرداری ها برای مالکین و مجریان ساختمان های بخش خصوصی که برای اخذ پروانه و سایر امور به این نهاد مراجعه می کنند می تواند کار ساز باشد. مصاحبه و درج آگهی رپرتاژ آموزشی در روزنامه های کثیر الانتشار و مجلات نیمه تخصصی و تجاری ساختمانی و وابسته به آن نیز می تواند مفید باشد.

عدم توجه به امر آموزش باعث شد تا اولین تجربه تولید سیمان بتائی در استان فارس با شکست مواجه شود و مهندسین، کاردانان و دست اندر کاران در برابر مصرف سیمان بتائی به دلایل واهی جبهه گیری نمایند.

ب) تبلیغات

امروزه فروش هر محصول را تبلیغات تضمین می کند (حداقل در کوتاه مدت). بخشی از مواردی که در بخش آموزش ذکر شد جنبه تبلیغی دارد. به هر حال مقوله تبلیغات بسیار پیچیده و تخصصی شده و باید به

كمك دست اندر كاران تبليغ زمينه تبليغات را آماده نمود و به انجام رساند. تبليغات بايد قبل از توليد آغاز شود و ادامه يابد. تجربه شكست خورده توليد سيمان بنائي نيز تا حدي به عدم وجود تبليغات مناسب برمي گردد. (ج) قيمت گذاري مناسب

قيمت سيمان بنائي در مقايسه با سيمان پرتلند بايد مناسب و ارزان باشد. معمولاً قيمتي كمتر از دو سوم قيمت سيمان پرتلند معمولي خوب است و تا نصف قيمت سيمان پرتلند معمولي كاملاً مطلوب مي باشد. برخي عوامل مربوط به عدم موفقيت در توليدات قبلي را بايد در قيمت گذاري دانست كه انگيزه لازم براي مصرف را بوجود نياورده بود.

قبلاً سيمان هايي نيز در ايران توليد شده كه بازراري را كسب نكرده است از جمله آن ها مي توان سيمان پرتلند آهكي (PKZ) را نام برد كه شباهت كمي به سيمان بنائي دارد؛ اما قابل مصرف در بتن ريزي هاي سازه اي است. در قيمت اين محصول نيز دقت لازم صورت نگرفت و توليد آن تقريباً به دست فراموشي سپرده شد زيرا مصرف كننده و متقاضي نداشت.

متأسفانه با خوشبختانه به دليل قيمت مناسب سيمان پرتلند معمولي در ايران كه به بركت وجود سوخت ارزان و منابع عظيم مواد اوليه مناسب و وجود تخصص در صنعت سيمان (در زمينه طراحي، اجراء و راه اندازي و توليد و كنترل اين محصول) حاصل شده است، باعث مي شود كه نتوان قيمت سيمان بنائي را در حال حاضر در مقايسه با سيمان پرتلند پايين آورد اما لازم است اين نقيصه در كوتاه مدت جبران شود. هم چنين لازم نيست كلينكر سيمان پرتلند مصرفي در توليد اين سيمان از كيفيت قابل توجه و سهم زيادي برخوردار باشد؛ بنا بر اين کاهش قيمت كاملاً ميسر است.

به هر حال با واقعي كردن قيمت سوخت ممكن است نسبت قيمت سيمان بنائي به سيمان پرتلند کاهش چشمگيري پيدا كند.

(د) حفظ كيفيت در طول زمان

كنترل كيفي مناسب در طول مدت توليد و در مراحل مختلف آن مي تواند تداوم مصرف و در نتيجه تداوم توليد را تضمين كند. متأسفانه در صنعت سيمان كه به اعتقاد بنده بهترين صنعت كشور محسوب مي شود، گهگاه اين كنترل ها دچار ضعف مي شود كه دليل آن را بايد در عدم امكان رقابت توليد كنندگان خارجي با توليدات داخلي دانست و دليل عمده آن نيز در قيمت زياد سيمان هاي مرغوب خارجي مي باشد.

## ۸- سوابق، استاندارد سيمان بنائي و توصيه هاي مربوط به آن

(الف) سوابق

ساخت ملات هاي بنائي مناسب با سيمان بنائي سال هاي مديدي است كه در كشورهاي مختلف ادامه دارد. هندي ها با بهره گيري از سوابق كارهاي ايرانيان ملات و بتن سرخي (Surkhi) را با مخلوط كردن آهك و گرد آجر (به عنوان پوزولان مصنوعي) ساختند و جزو افتخارات آن ها محسوب مي شود. ايراني ها با آميختن آهك و خاكستر (به عنوان پوزولان مصنوعي) نوعي ملات آبي به عنوان ساروج توليد نمودند. اروپايي ها از در هم نمودن آهك و تراس و پوزولان هاي طبيعي، سيمان هاي طبيعي و ملات آبي درست كردند.

در ايران بحث ملات هاي مخصوص بنائي و توليد سيمان بنائي اولين بار ظاهراً توسط مرحوم مهندس احمد حامي مطرح شده است. با اين حال ايشان بر ساخت ملات هايي مانند حرامزاده با استفاده از يك قسمت سيمان پرتلند و دو قسمت گرد آهك شكفته تأكيد كردند و دليل آن هم نبود سيمان بنائي در ايران بوده است. استفاده از آهك آبي در ساخت چسباننده (به عنوان سيمان بنائي) نيز توسط ايشان طرح گرديده است.

(ب) استانداردها

در اين بخش به سه نوع مشخصات سيمان بنائي شامل استاندارد ايران، ASTM امريكا و هندوستان اشاره مي شود.

| ويژگي | استاندارد |
|-------|-----------|
|-------|-----------|

| امریکا**<br>ASTM C ۹۱ |       |       | هندوستان<br>IS ۳۴۶۶ | ایران*<br>ISIRI<br>۳۵۱۶ |                                      |                                      |
|-----------------------|-------|-------|---------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| نوع M                 | نوع S | نوع N |                     |                         | حداقل نرمی (بلین)                    |                                      |
| -                     | -     | -     | -                   | ۳۵۰۰                    | cm <sup>۲</sup> /gr                  |                                      |
| ۲۴                    | ۲۴    | ۲۴    | ۱۵                  | -                       | ۰/۰۴۵mm                              | حداکثر درصد مانده روی الک            |
| -                     | -     | -     | -                   | ۱۵                      | ۰/۰۹۰mm                              |                                      |
| ۱/۰                   | ۱/۰   | ۱/۰   | -                   | ۱/۰                     | حداکثر انبساط اتوکلاوی mm            |                                      |
| -                     | -     | -     | ۱۰                  | -                       | روش تر                               | حداکثر انبساط لوشاتلیه mm            |
| -                     | -     | -     | ۵                   | -                       | روش خشک                              |                                      |
| ۸                     | ۸     | ۸     | -                   | -                       | حداقل                                | درصد هوای ملات                       |
| ۱۹                    | ۱۹    | ۲۱    | -                   | -                       | حداکثر                               |                                      |
| -                     | -     | -     | ۹۰                  | ۹۰                      | min                                  | حداقل زمان گیرش اولیه ویکات ۱/۱۳mm   |
| -                     | -     | -     | ۱۴۴۰                | ۱۲۰۰                    | min                                  | حداکثر زمان گیرش نهایی ویکات ۱/۱۳mm  |
| ۹۰                    | ۹۰    | ۱۲۰   | -                   | -                       | min                                  | حداقل زمان گیرش اولیه با سوزن گیلمر  |
| ۱۴۴۰                  | ۱۴۴۰  | ۱۴۴۰  | -                   | -                       | min                                  | حداکثر زمان گیرش نهایی با سوزن گیلمر |
| ۱۲۶                   | ۹۱    | ۳۵    | ۲۵                  | ۱۵۰                     | ۷ روزه                               | حداقل تاب فشاری Kg/cm <sup>۲</sup>   |
| ۲۰۳                   | ۱۴۷   | ۶۳    | ۵۰                  | ۲۳۰                     | ۲۸ روزه                              |                                      |
| مکعبی                 | مکعبی | مکعبی | مکعبی               | منشور شکسته             | شکل                                  | مشخصات آزمونه های فشاری              |
| ۵۰/۸                  | ۵۰/۸  | ۵۰/۸  | ۷۰/۷                | ۴۰*۴۰*۱۶۰               | اندازه mm                            |                                      |
| ۷۰                    | ۷۰    | ۷۰    | -                   | ۷۰                      | حداقل درصد قابلیت نگهداری آب در ملات |                                      |
| -                     | -     | -     | -                   | ۳/۰                     | حداکثر درصد SO <sub>۲</sub>          |                                      |

\* سیمان بنّائی در استاندارد ایران از اختلاط سیمان پرتلند، پودر سنگ آهک، پوزولان های طبیعی یا مصنوعی و سرباره بدست می آید و باید حداکثر ۱۰ درصد گل آخرا (پودر هماتیت) برای ایجاد رنگ قرمز در آن استفاده شود.

\*\* سیمان بنّائی در امریکا به سه دسته S, M و N تقسیم شده است که در ملات هایی به همین نام بکار می رود. البته ملات های بنّائی را با سیمان های آمیخته و یا مخلوط سیمان و آهک می توان ساخت. این سیمان ها دارای مواد حباب زا است. در مصارف خارجی و بالای سطح زمین عمدتاً از نوع N (گاه S و به ندرت M)، در مصارف خارجی و زیر سطح زمین از نوع S (گاه از M یا N) و در مصارف داخلی از نوع N (گاه از S یا M) استفاده می شود.

(ج) توصیه در رابطه با استاندارد سیمان بنّائی

همان طور که دیده می شود در نوشتن استاندارد سیمان بنّائی ایران علیرغم دقت زیاد، سخت گیری به عمل آمده است. نیاز به آزمایش نرمی با دستگاه بلین و با دست یابی به حداقل ریزی cm<sup>۲</sup>/gr ۳۵۰۰ در این استاندارد کار آسباب کردن را مشکل می کند در حالی که حداکثر درصد مانده روی الک ۹۰ میکرون برابر ۱۵ درصد داده شده است که در تضاد با مورد فوق می باشد و دیده می شود در استاندارد امریکا این عدد تا ۲۴ درصد اجازه داده شده است.

در مورد حداکثر انبساط اتوکلاوی نکته خاصی وجود ندارد. در مورد زمان گیرش خوشبختانه روش تعیین آب لازم برای تهیه خمیر نرمال و زمان گیرش اولیه در استاندارد ایران و هندوستان یکسان است و دیده می شود در هند حداکثر زمان گیرش نهایی ۲۴ ساعت و در ایران ۲۰ ساعت داده شده است. با توجه به گرمای موجود در ایران جا دارد ۲۴ ساعت به عنوان حداکثر زمان گیرش نهایی مد نظر قرار گیرد.

حداکثر SO<sub>۲</sub> در استاندارد ایران محدود شده است و به نظر می رسد سخت گیرانه باشد. البته معمولاً مصرف سنگ گچ در سیمان بنّائی به مراتب کمتر از سیمان پرتلند معمولی است ولی می توان آن را تا ۳/۵ درصد افزایش داد.

نکته جالب مربوط به مقاومت فشاری ۷ روزه و ۲۸ روزه ملات ماسه سیمان استاندارد است. اگر به حداقل مقاومت فشاری ۷ روزه و ۲۸ روزه ملات حاوی سیمان پرتلند نوع ۱ در دو استاندارد ایران و امریکا توجه نماییم، متوجه می شویم سطح مقاومت سیمان بنّائی در ایران بسیار بالا بوده و با بالاترین نوع سیمان بنّائی در امریکا (نوع M) برابری می کند.

هر چند مقاومت نمونه مکعبی ملات ۷۰/۷ میلی متری هندوستان به مراتب کمتر است و مقایسه دو نوع روش تعیین مقاومت امری جایز نیست با این حال دیده می شود در هندوستان سطح استاندارد مقاومتی سیمان بنّائی به مراتب کمتر از ایران می باشد.

توصیه می شود حداقل تاب فشاری ملات ۷ و ۲۸ روزه سیمان بنّائی ایران اندکی کاهش یابد و به مقادیر ۱۲۵ و ۲۱۰ برسد. هم چنین لازم است محدودیت های موجود در استاندارد ایران در ارتباط با اجزاء متشکله سیمان بنّائی برداشته شود و اجازه دهیم پودر سنگ های مختلف منجمله دولومیتی، تالک ها، سیلیس و غیره مصرف شود. هم چنین لازم است حبابزها امکان مصرف داشته باشند و کنترل میزان حباب هوا نیز قید گردد.

## ۹- نتیجه گیری و توصیه برای انجام تحقیقات

### الف) نتیجه گیری

- به دلایل فنی، اقتصادی و زیست محیطی و حفظ منابع مواد اولیه سوختی، لازم است سیمان بنائی در ایران تولید و مصرف شود.

- ملات های حاوی سیمان بنائی دارای ویژگی های مثبتی هستند که سیمان های پرتلند معمولی نمی توانند این خواص را ایجاد نمایند؛ اما سیمان های آمیخته به ویژه حاوی پوزولان و سرباره زیاد قادرند تا حدودی در دست یابی به این خواص ما را یاری کنند.

- برای گسترش مصرف سیمان بنائی نیاز به زمینه سازی در ارتباط با آموزش های دانشگاهی و عمومی، تبلیغات، قیمت گذاری مناسب و ارزان در مقایسه با سیمان پرتلند و هم چنین حفظ کیفیت در طول زمان وجود دارد.

- درس آموزی از تجربیات شکست خورده قبلی بسیار مهم است و باید با فراموش کردن شکست نخستین تلاش، مجدداً در زمینه تولید سیمان بنائی اقدام عاجل مبذول گردد.

- با بازنگری در استاندارد سیمان بنائی، امکان تولید آن را با قیمت کمتر و کیفیت مناسب فراهم کنیم و مواد حبابزا را در این سیمان بکار بریم. با اصلاح مقررات ملی ساختمانی و مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی و راه، هر چه بیشتر زمینه لازم را برای مصرف این نوع سیمان فراهم نماییم.

ب) توصیه برای انجام تحقیقات و بررسی های بیشتر و اقدامات گسترده تر

- ایجاد یک بخش تحقیقاتی در انجمن صنفی تولید کنندگان سیمان و انجام تحقیقات برای تولید سیمان های بنائی با ترکیبات مختلف به کمک کارخانه های تولید سیمان و مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی کشور

- مطالعه بر روی پوزولان های طبیعی و مصنوعی مناسب برای سیمان بنائی در حالی که ممکن است این مواد برای سیمان های آمیخته چندان مناسب نباشند

- مطالعه بر روی مواد پر کننده مناسب به ویژه پودر سنگ های مختلف و بکارگیری آن ها در سیمان بنائی

- مطالعه برای بکارگیری آهک شکفته در سیمان های بنائی

- تحقیق بر روی خواص سیمان های بنائی به ویژه در ارتباط با ساخت ملات های بنائی

- مقایسه تجربی سیمان های پرتلند نوع ۱ و ۲ و ۵ و سیمان های آمیخته و بنائی در کارهای بنائی

- بررسی استاندارد سایر کشورهای صنعتی و پیشرفته برای سیمان بنائی جهت اصلاح استاندارد ملی

- بررسی اکسیدها و خاک های طبیعی رنگی برای ایجاد رنگ در سیمان بنائی با قیمت کم

- بررسی استفاده از گرد آجر، سرباره های نامرغوب کوره ذوب آهن و آهک آبی و الیاف های ارزان جهت تولید سیمان های بنائی مناسب و ارزان قیمت

- بررسی انواع مواد حباب زای موثر و ارزان قیمت جهت تولید سیمان بنائی با ویژگی های برتر و ملات بادوام و آب بند

- مطالعه برای کشف معادن مواد مناسب در کشور و استفاده از ضایعات تولیدات کارخانجات صنعتی

- هماهنگی با سازمان مدیریت و برنامه ریزی و وزارت مسکن و شهر سازی برای اصلاح "مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، نشریه ۵۵" و مشخصات فنی عمومی راه، نشریه ۱۰۱" و "مقررات ملی ساختمانی ایران مبحث ۵، مصالح و فرآورده های ساختمانی"

## ۱۰- مراجع

- [۱] حامی، احمد، "مصالح ساختمان"، انتشارات دانشگاه تهران ۲۰۴۱، چاپ سیزدهم ۱۳۸۱.
- [۲] حامی، احمد، "راهنمای بتن ساز"، انتشارات دانشگاه تهران ۲۲۸۴، چاپ هفتم ۱۳۷۴.
- [۳] حامی، احمد، خدا بنده، ناهید، جعفرپور، فاطمه، "گزارش تحقیقاتی سیمان بنائی" مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ایران، نشریه ۵۷، چاپ سوم اسفند ۱۳۶۶.
- [۴] فامیلی، هرمز (مترجم)، "خواص بتن"، بازنگری چهارم، انتشارات ابوریحان بیرونی، ۱۳۷۸.
- [۵] عزیزیان، محمد رضا، "تکنولوژی سیمان"، انتشارات سیمان اکباتان، چاپ اول ۱۳۷۴.
- [۶] گنجیان، اسماعیل، ماجدی، م. حسین، "مصالح مهندسی در عمران"، انتشارات علم و صنعت، ۱۳۷۸.
- [۷] دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی، "مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی" نشریه ۵۵، تجدید نظر اول، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۷۳.
- [۸] دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی، "مشخصات فنی عمومی راه"، نشریه ۱۰۱، تجدید نظر اول، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۲.
- [۹] شاه نظری، محمد رضا، "شناخت مصالح ساختمانی"، انتشارات علم و صنعت، ۱۳۷۰.
- [۱۰] موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، "ویژگی های استاندارد سیمان بنائی"، نشریه ۳۵۱۶، موسسه تحقیقات و استانداردهای صنعتی ایران.

- [۱۱] دفتر مطالعات و نظام معماری وزارت مسکن و شهر سازی، "مقررات ملی ساختمانی ایران، مبحث ۵، فرآورده های ساختمانی"، وزارت مسکن و شهر سازی، چاپ اول ۱۳۷۰.
- [۱۲] تدین، محسن، "جزوه درسی تکنولوژی بتن"، دانشگاه بوعلی سینا، ۱۳۶۳.
- [۱۳] تدین، محسن، "جزوه درسی مصالح ساختمانی"، دانشگاه بوعلی سینا، ۱۳۶۲.
- [۱۴] کباری، سیاوش، "مصالح شناسی".
- [۱۵] ASTM, "Standard Specification for Masonry Cement, ASTM C۹۱-۹۱", ASTM Annual Standard Book Section ۴ Construction Volume ۰۴,۰۱ Cement, Lime, Gypsum, ۱۹۹۲.
- [۱۶] ASTM, "Standard Specification for Mortar for Unit Masonary, " ASTM Annual Standard Book Section ۴ Construction Volume ۰۴,۰۱ Cement, Lime, Gypsum, ۱۹۹۲.
- [۱۷] Indian Standard Institute, "Specification for Masonary Cement I.S.:۳۴۶۶", ISI ۱۹۷۶.
- [۱۸] Varshney, R.S., "Concrete Technology", Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, ۱۹۹۲.
- [۱۹] Krishnaswamy, K.T., Kamsundara Rao, A., Khandekar, A.A., "Concrete Technology", Dhanpat Rai and Sons, Delhi, ۳<sup>rd</sup> Edition ۱۹۸۳.
- [۲۰] Handoo, B.L., Puri, L.D., "Concrete Technology", Satya Prakashan, New Delhi, ۵<sup>th</sup> Edition ۱۹۸۴.
- [۲۱] Vazirani, V.N., Chandola, S.P., "Engineering Materials", Khana Publishers, Delhi, ۱۹۷۹.
- [۲۲] Rangwala, S.C., "Engineering Materials", Charotar Publishing House, Anand, ۷<sup>th</sup> Edition, ۱۹۸۲.
- [۲۳] TTTI Chandigarh, "Civil Engineering Materials", Tata Mc Graw Hill, New Delhi, ۱۹۹۲.