نقش مواد افزودنی معدنی در دوام بتن و توسعه پایدار

رضا طاهری فر[1]

چکیده

به دلایل مختلف توسعه صنعت بتن پایدار نمی باشد . اول اینکه این صنعت حجم زیادی از مواد خام کره زمین را مصرف میکند ثانیا سیمان پرتلند به عنوان چسباننده اصلی بتن سهم عمده ای در تولید گازهای گلخانه ای دارد که باعث افزایش دمای کره زمین شده است و ثالثا بسیاری از سازه های بتنی بدلیل دوام کم بر تولید بتن حاصل از منابع طبیعی اثر منفی دارند. افزایش دوام بتن به ویژه در محیط های خورنده می تواند نقش عمده ای در توسعه پایدار داشته باشد . خرابی زودرس سازه های بتنی در مناطق خورنده دریایی در اغلب کشور های جهان باعث اتلاف سرمایه های عظیمی گشته و بهسازی یا ساخت مجدد آنها هزینه های هنگفتی را برای تأمین مصالح و نیروی انسانی به جامعه تحمیل می کند. در سالهای اخیر به منظور رسیدن به توسعه پایدار می بایستی مصالح کمتری در ساخت وساز بویژه سازه های بتنی مصرف نمود و سعی کرد با کاربرد مواد معدنی مناسب در ترکیبات بتن ، بتن هایی با دوام زیاد تولید نمود . در این مقاله با معرفی انواع مواد افزودنی معدنی در بتن به نقش آنها در دوام بتن و توسعه پایدار پرداخته شده و تحقیقات انجام شده در این زمینه بیان می گردد.

کلیدواژه ها: مواد افزودنی معدنی ، دوام بتن ، توسعه پایدار

مقدمه

دراثر پیشرفت تکنولوژی و افزایش جمعیت چرخه حیات در کره زمین بحران زده شده است . در صنایع مختلف ومنجمله در صنعت ساختمان بشر با روند فزاینده ای مواد خام موجود درطبیعت را به محصولات مصرفی تبدیل می کند و در اثر این فرایند اغلب آلودگی زیادی درمحیط زیست ایجاد میکند . صنعت ساختمان بیشترین مصرف کننده مواد خام بوده و تخمین زده شده است که این صنعت مسئول مصرف ۴۰ درصد از مواد طبیعی کره زمین باشد . بتن بعنوان پرمصرف ترین وبرترین مصالح قرن گذشته و حاضر نقش برجسته ای در این فرآیند دارد . البته این مشکل مسئله جدیدی نیست ولی در کشورهای در حال توسعه مانند ایران که با رشد بی رویه جمعیت و تسریع در روند صنعتی شدن روبرو می باشند به شدت بروخامت اوضاع افزوده شده . امروزه چنانچه تدبیر اساسی برای این مشکل اندیشیده نشود می تواند چرخه زندگی را شدیدا " به خطر اندازد.

تعاریف مختلفی از توسعه پایدار ارائه شده اند که در زیر نمونه هائی از آنها آورده است :

براساس کمیسیون جهانی محیط زیست وتوسعه (WCED) درسال ۱۹۷۸ توسعه پایداربصورت زیر تعریف گردید:

---

[1] - عضو هیئت علمی گروه عمران دانشگاه ازاد اسلامی واحد میمه

" توسعه ای که پاسخگوی نیا زهای حاضر باشد بدون آنکه بر توانائی نسل های آینده برای تامین نیازهای خود تاثیرمنفی داشته باشد "

درسمینار کره زمین که درسال ۱۹۹۲ در ریو دوژانیرو برگزار گردید توسعه پایدار بصورت زیر بیان شده است :

"فعالیتهای اقتصادی که با چرخه حیات جهانی هم آهنگ باشد "

براساس تعبیر Mehta (۹) درسال ۱۹۹۹ توسعه پایدار یعنی :

" تا حد امکان کمتراز نعمت های خوب و مواد اولیه کره زمین بهره برداری شود وکمترین مقدار مواد زیان آور به آن برگردانده شود. " وی همچنین توسعه پایدار رادر برقراری تعادل میان دو نیاز هم ارز اجتماعی یعنی تامین ساختمان مورد نیاز و حفظ منابع طبیعی و محیط زیست می داند.

توسعه پایدار و تکنولوژی بتن

کشور ایران یکی از کشورهای بزرگ در حال توسعه جهان به شمار می آید در دو دهه اخیر رشد فزاینده ای در ایجاد ساختمانهای زیر بنائی ایجاد شده است . در این میان بتن بعنوان اصلی تری ن مصالح درکلیه ساختمانها به شمار می آید . افزایش میزان تولید و مصرف سالیانه سیمان پرتلند در کشور خود حاکی از این گسترش می باشد . مشاهده می گردد که تکنولوژی بتن می تواند نقش برجسته ای در توسعه پایدار کشور ایفا نماید.

همانطور که Mehta (۹) بیان نموده است برای ایجاد توسعه پایدار سه اصل اساسی وجود دارند که عبارتند از :

۱ - حفظ مواد خام تولید کننده بتن

۲ - ارتقاء دوام سازه های بتنی

۳ -دید جامع به پژوهش و آموزش در زمینه تکنولوژی

مواد اصلی تشکیل دهنده بتن سنگدانه ها، سیمان و آب می باشند که می توان با استفاده از تکنولوژی های سازگار با محیط زیست مقادیر قابل توجهی در مصرف این مواد صرفه جویی نمود . برای مثال در یک پژوهش انجام شده در تایوان (۱۰) از مواد حاصل از خرد نمودن بتن ساختمانهای تخریب شده برای ساخت بتن های خودتراکم با مقاومت فشاری ۲۱۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع استفاده شد . گزارش شده است که سنگدانه های حاصل از خرد نمودن بتن دارای ویژگیهای بوده و بتن ساخته شده با این سنگدانه تفاوت کمی با بتن محتوی سنگدانه های معمولی دارد. در مطالعات دیگر آب بازیافت شده ازکارگاههای بتن آماده را به نحو رضایت بخشی بعنوان جایگزین آب تازه برای مخلوط بتن بکار گرفته اند. درایران گواینکه سعی گردید از بازیافت مصالح ساختمانهای ویران شده در جنگ تحمیلی گذشته برای ساخت بتن استفاده شود ولی رویهمرفته اینکا ر چندان موفقیت آمیز نبوده است . گواینکه در بسیاری از صنایع مانند شیشه، کاغذ ، پلاستیک و فولاد توانسته اند برخی از محصولات خود را بصورت موفقیت آمیزی بازیافت نموده و مجددا به چرخه تولید محصولات جدید برگردانند ولی در مورد صنعت بتن ایران این امر چندان امید بخش بنظرنمی رسد. از طرفی در بسیاری از صنایع مواد زائدی ایجاد می شوند که قابل بازگشت

به صنایعی که آنها را تولید نموده نمی باشند .یا برخی از موادمعدنی مانند پوزولانها در طبیعت به صورت انبوه وجود دارند که با هزینه کم می توان بخشی از سیمان را با این مواد جایگزین نمود. حال اگر از این مواد بعنوان مواد خام در صنعت بتن مصرف شود بدون شک در جهت قانون طلایی توسعه پایدار گام برداشته شده است . هم اکنون این بازیافت بصورت تولید سیمانهای آمیخته در صنایع سیمان و بتن متداول است و لیکن نیاز به پژوهش برای گسترش این فعالیت بخوبی محسوس است . برای مثال در تولید سیمان سرباره آهن گدازی مقدار سرباره جایگزین شده حدود ۱۵ درصد است در حالیکه در سایر کشورها جایگزینی تا بیش از ۶۰ درصد را انجام می دهند . از پوزولانهای طبیعی که در بسیاری از نقاط ایران وجود دارند بنحو مناسبی استفاده نشده است و بیشترین مقدارمصرف پوزولان در تولید سیمان پرتلند پوزولانی برابر ۱۵ درصد می باشد . در سیمان پرتلند پوزولانی ویژه که در همین استاندارد ویژگی آن داده شده است مصرف تا ۴۰ درصد پوزولان توصیه گردیده است ولی تولیداین سیمان زیاد نبوده است . هم اکنون در کارخانه مس سرچشمه سالیانه حدود ۵۰۰ هزار تن سرباره تولید می شود که با سرمایه گذاری و پژوهش لازم می توان از آن در جایگزینی بخشی از سیمان استفاده نمود. در حال حاضر در برنامه پنج ساله توسعه چهارم ایران در نظراست تولید سیمان پرتلند از ۳۲ میلیون تن فعلی به حدود ۶۰ میلیون تن افزایش داده شود . این توسعه تولید چنانچه در جهت گسترش استفاده از سیمانهای آمیخته و استفاده از مواد زاید صنعتی و مواد کم هزینه طبیعی نباشد و گسترش تولید کلینکر در توسعه کارخانجات موجود یا ایجاد کارخانه های جدید سیمان متکی باشد مسلما نمی تواند یک توسعه پایدار تلقی گردد .با در نظر گرفتن مزایای گسترده ای که از جایگزینی مقادیر زیاد مواد پوزولانی و محصولات شبه سیمانی مانند سرباره کوره آهن گدازی باسیمان پرتلند حاصل می شود می توان مصرف این مواد را در صنعت سیمان و بتن توسعه داد. در برخی از پژوهشها مانند سد جگین در استان هرمزگان از سیمان آمیخته یا پوزولان طبیعی خاش بتن غلطکی تولید و استفاده می شود کمک قابل توجهی به حفظ محیط زیست و حفظ منابع طبیعی کشور خواهد نمود. سیمانهای جدیدی توسعه یافته اند که ازلحاظ مصرف انرژی بازده بهتری داشته و با محیط زیست سازگار ترند . نمونه ای از این سیمانها ژئوپلیمرها وفسفات منیزیم می باشند و لذا کاربرد آنها همسو با اهداف توسعه پایدار خواهد بود . تحقیقات نشان داده است که این سیمانها دارای خواص بهتری از سیمان پرتلند بوده مقاومت اولیه بیشتری دارند ، ثبات حجمی بسیار عالی و دوام بهتری داشته و دربرابر آتش مقاومت خوبی دارند . روش تولید آنها نیز آسان است . قویا توصیه می شود بخشی از سرمایه گذاری در صنعت سیمان کشور به توسعه این سیمانها که به نظر می رسد از امتیاز قابل توجهی، بویژه ازنقطه نظرحفظ محیط زیست، دارند پرداخته شود (۱).

انواع مواد معدنی افزودنی در بتن

به طور کلی مواد افزودنی معدنی مواد آسیاب شده ریزدانه ای هستند که امروزه در صنعت بتن جایگاه وسیعی پیدا کرده اند این مواد اساسا برای بهبود خواص بتن تازه بتن سخت شده و دوام بتن مورد استفاده قرار میگیرند مواد افزودنی معدنی شامل مواد با فعا لیت کم ، مواد سیمانی یا چسبنده و مواد پوزولانی می باشد . در مواقعی که ریزدانه بتن کم باشد از مواد با فعالیت کم استفاده می شود زیرا بتن با

ریزدانه کم مساعد جداشدگی دانه ها و آب انداختن است . برای افزایش چسبندگی چنین بتن هایی باید بر مقدار سیمان افزوده شود ولی به دلیل اقتصادی و یا به دلیل فنی مثلا کنترل مقدار دما در بتن حجیم می توان از افزودنیهای معدنی استفاده نمود . موادی از قبیل سنگ آهک ، دولومیت، کوارتزو آهک هیدراته شده در این گروه قرار دارند . در مواردی که مقاومت زیاد مورد نظر نیست از این مواد به مقدار زیاد استفاده می شود مثلا برای ملات آجرها ، بلوک ها یا سیمان چاه نفت می توان مواد با فعا لیت کم را نام برد. مواد سیمانی دارای خواص یا فعالیت هیدرولیکی است و در مقاومت بتن سهم عمده ای دارند . این مواد شامل سیمانهای طبیعی آهک هیدرولیکی و سرباره کوره ذوب آهن می باشند . سرباره از مهمترین مواد در این گروه است و معمو لا با سیمان پرتلند به صورت مخلوط تولید و عرضه می گردد. ممکن است سرباره دارای خواص پزولانی نیز باشند . مواد افزودنی پوزولانی یا پوزولانها دارای سیلیس فعال (SiO_2) و در بعضی موارد آلومین فعال (Al_2O_3) که در حضور آب با آهک واکنش نشان داده و زل سیلیکات کلسیم هیدراته شده تولید می گردد. اهمیت پوزولانها بر سه اصل استوار است : اول واکنش به آهستگی انجام می گیرد و بنا براین سرعت تولید دما و کسب مقاومت کند می باشد (به غیر از میکروسیلیس) . دوم واکنش پوزولانی با مصرف آهک به جای تولید آهک همراه است که از نظر دوام بتن در محیط های اسیدی بسیار حائز اهمیت است و مورد سوم محصولات واکنش پوزولانی در پر کردن منافذ مویینه در بتن نقش موثر دارد و سبب بهبود مقاومت و نفوذ پذیری می شود . پوزولا نهای طبیعی کاربرد گسترده ای در صنعت بتن داشته و در ساخت سد ها و سازه های آبی در کشور های صنعتی به کار رفته اند .تمام پوزولانهای طبیعی غیر از دیاتومه از سنگها و کانیهای آذرین به دست می آیند . دیاتومه سنگ رسوبی با رنگ روشن سبک وزن و شکننده است که از تجمع پوسته سیلیس گیاهی موسوم به دیاتو مه ها حاصل می گردد. دیاتومه از سیلیس بی شکل هیدراته شده (اسکلت صدف ها) تشکیل یافته که در حضور آهک بسیار فعال است ولی به دلیل ریز بودن ساختار اسکلت صدف ها مخلوط بتن نیاز به آب فراوان دارد تا کارایی مورد نظر به دست آید در نتیجه به علت بالا رفتن نسبت آب به سیمان بتن حاوی این پوزولان از نظر مقاومت و دوام در حد مطلوب نخواهد بودمگر آنکه از مواد روان کننده بتن جهت جبران آب اختلاط مورد نیاز استفاده گردد. همچنین بعضی از معادن دیاتومه، آلوده به مقدار زیاد خاک رس می باشند بنابراین قبل از استفاده باید توسط حرارت فعالیت پوزولانی آنها بهبود یابد . از دیگر مواد معدنی پوزولانی طبیعی می توان مواد شیشه ای آذرین مانند پومیس، توف های آذرین مانند تراس و رس وشیل کلسینه شده (کلسینه به معنای حرارت دادن به جسم است بدون آنکه فرصت ذوب شدن به آن داده شود) را می توان نام برد .کاربرد پوزولانهای طبیعی در بتن ، علاوه بر صرفه ا قتصادی در جایگزینی بخشی از سیمان ، می تواند منجر به دستیابی به خواص مطلوبی نظیر کاهش حرارت زایی و نفوذ پذیری نیز کردند . با وارد شدن مواد جانبی صنایع که دارای خواص پوزولانی هستند مانند خاکستر بادی و سرباره این مواد کاربرد وسیعتری نسبت به پوزولانهای طبیعی پیدا کرده اند . از مهمترین این مواد می توان سرباره ، میکروسیلیس ، خاکستر بادی (FLY ASh) و خاکستر پوسته برنج را نام برد . سرباره کوره ذوب آهن ، محصول جنبی صنعت آهن و فولاد است و به عنوان یک ماده با خواص سیمانی مطرح می باشد . سرباره از آهک سیلیس ، آلومین و مقادیر کمی اکسید منیزیم و اکسید های قلیایی و اکسید های آهن تشکیل یافته است . ذرات سرباره صا فتر از سیمان است ، در نتیجه به کارایی

بهبود می بخشد . با ثا بت نگه داشتن کا رایی می توان مقدار آب را ۵ تا ۸ درصد کا هش داد و در نتیجه مقا ومت افزایش می یابد . بتن حاوی سرباره به دلیل داشتن واکنش پوزولانی ، مقاومت آن در دراز مدت نسبت به بتن معمولی به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد . سرباره با سرعت کمتری نسبت به سیمان پرتلند معمولی هیدراته می شود و در نتیجه ، دمای هیدراتاسیون آن پایین تر است . این اثر سبب می گردد که دمای بتن به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش یابد و در مواردی که مشکل ترک خوردگی حرارتی وجود دارد ، یک مزیت محسوب می گردد. البته لازم است جهت کاهش محسوس در حرارت زایی بتن ، درصد جایگزینی سیمان با سرباره حد اقل ۵۰ درصد باشد . افزودن سرباره به بتن در مقابل تهاجم سولفات نیز موثر است . به طور کلی ، وجود C3A و Ca(OH)2 در بتن سرباره ای به مراتب کمتر از بتن معمولی است . و به همین دلیل امکان آسیب دیدگی کمتر می شود .در مقایسه با بتن معمولی، بتن سرباره ای کمتر در معرض خوردگی آرماتور قرار دارد . دلیل عمده آن ، کاهش منافذ بزرگ در بتن سرباره ای است که در نتیجه از نفوذ آب ، اکسیژن و کلر کاسته می شود و امکان خرابی ناشی از خوردگی کم می شود . میکرو سیلیس یا دوده سیلیس از محصولات جنبی صنعت آلیاژ فرو سیلیسیم و فلز سیلیسیم محسوب می گردد که در هنگام تولید آلیاژهای فوق از کوره الکتریکی توسط جمع کننده های دوده بازیافت می شود . رنگ میکرو سیلیس خاکستری است اما در رنگ های سفید تا سیاه نیز یافت می شود که بستگی به مقدار کربن دارد. از مهمترین خصوصیا ت آن اندازه فوق العاده ریز ذرات است که حدود یک صدم اندازه سیمان پرتلند می باشد . میکروسیلیس از پوزولانهای بسیار فعال است ودر کسب مقاومت بتن حتی در سنین اولیه نقش مهمی دارد . بتن میکروسیلیس نسبت به بتن معمولی در مقابل تهاجم سولفات و در مقابل خورگی از مقاومت بیشتری برخوردار است . خاکسترهای بادی عبارتند از خاکستر های بسیار ریزی که از جمع آوری ذرات و غبار متصاعد شده از سوختن زغال سنگ های حرارتی تولید می شوند.به سبب تغییرناگهانی درجه حرارت زغال سنگ، بیشتر کانیهای موجود در زغال مذاب تشکیل قطره های مذاب کوچکی را می دهند که بیشتر آنها در جریان سرمای ناگهانی به ذرات شیشه ای تبدیل می گردند .با بررسی ترکیب های خاکستر های بادی مشخص می گردد مهمترین ترکیبهای آنها سیلیس و آلومینیم می باشند، میزان آهک و مقدار قلیاییها در آن متغیر است . خاکستر های بادی محصول فرعی از از سوزاندن زغال سنگ مباشند که دارای خواص سیمانی کمی می باشند که در حضور رطوبت و واکنش های شیمیا یی با هیدروکسید سدیم در دمای معمولی و در حالت ترکیب دارای خواص سیمانی خواهند بود . طبق اطلاعات بدست آمده میزان استفاده از خاکستر بادی در بتن در حدود ۱۰ درصد می باشد . در تولید بتن با بازدهی و عملکرد بالا خاکستر بادی در حدود ۶۰ درصد جایگزین سیمان پرتلند می گردد. خاکستر پوسته برنج از سوزاندن پوسته های برنج به دست می آید . هر تن برنج حدود ۲۰۰ کیلو پوسته دارد که پس از سوزاندن ، وزن آن به ۴۰ کیلو می رسد . هما نند میکروسیلیس ، خاکستر پوسته برنج از خصوصیات پوزولانی مناسب برخوردار می باشد و در کسب مقاومت بتن و بهبود دوام بتن نقش موثری دارد که به نقش این مواد افزودنی معدنی در بتن در بهبود دوام سازه های بتنی پرداخته می شود (۲) .

نقش مواد افزودنی معدنی بتن در بهبود دوام سازه های بتنی

از زمان ابداع سیمان پرتلند درسال ۱۷۵۶ توسط آقایSmeaton تا دهه های اواخر قرن بیستم قسمت عمده فعالیتهای تحقیقاتی در صنعت سیمان و بتن در جهت تولید سیمان پرتلند با مقاومت بیشتر و مصرف انرژی کمتر معطوف شده بود و جنبه های دوام محصولات بتنی در شرایط محیطی مختلف کمتر مورد توجه قرار داشت . فرض بر آن بود که بتن حاصل ازمخلوط نمودن سیمان و سنگدانه و آب می تواند هر گونه شرایط محیطی را بدون نیاز به تعمیرات تحمل نماید . خرابیها و خسارت زیادی که به سازه های بتنی در نقاط مختلف گزارش گردید نشان داد علاوه بر آن که هزینه سنگینی صرف تعمیرات و بازسازی سازه های بتنی می گردد . این روند نمی تواند در جهت توسعه پا یدار باشد .برای مثال در یک بررسی انجام شده در ایالات متحده در دهه ۱۹۹۰ تخمین زده شده است که هزینه مورد نیازبرای تعمیر پلهای بزرگراها درآن کشور بیش از بیست میلیارد دلار خواهد بود و مسئله دوام بتن به طور جدی مورد توجه قرار گرفت. از دلایل عمده ازهم پاشیدن ساز ه های بتنی مسلح ، خوردگی میلگردهای فولادی ، چرخه های یخ زدن و آب شدن ، واکنشهای قلیایی سنگدانه ها و حمله سولفاتها را می توان نام برد (۱) .

Mehta (۹) در یک بررسی تجارب کارگاهی نشان داد که در کلیه موارد فوق نفوذ پذیری و اشباع شدن با آب از پیش نیازهای عمده برای مکانیزم مسئول انبساط و ترک خوردن بتن می باشد . بنابراین مشاهده می گردد که آب بند نمودن بتن خط مقاوم دفاع در برابر محیط های مهاجم خواهد بود .در روش های اجرایی سازه های بتنی جدید دو عامل عمده ترک خوردگی بتن یعنی انقباض حرارتی و جمع شدگی ناشی از خشک شدن به اندازه کافی مورد توجه واقع نمی شوند و سبب ایجاد خسارت می گردند . امروزه سرعت زیاد ساخت و ساز موجب گردیده که مخلوط های بتنی اغلب حاوی مقادیر زیادی سیمان پرتلند معمولی یا سیمان با مقاومت اولیه زیاد باشند . مقاومت در برابر ترک خورد ن این بتن ها بدلیل افزایش جمع شدگی ناشی از خشک شدن ، جمع شدگی حرارتی و مدول الاستیسیته از یکطرف و کاهش ضریب خزش آنها از طرف دیگر کم می شود . معمولا ترک خوردگی سازه ای بوسیله مصرف مقادیر کافی میلگرد فولادی کنترل می گرد د اما باید توجه داشت که جایگزین نمودن تعداد کمی ترک باعرض زیاد با تعداد زیادی ریز ترک ها نامرئی و غیر قابل سنجش راه حل مناسبی برای دوام بتن نمی باشد .تجربه نشان داده است وقتی که ترک خوردگی و دوام از ملاحظات اساسی سازه در نظر گرفته شوند ضمن رعایت الزامات گیر ش و مقاومت در هرکار بتنی مورد نظر اقتصادی ترین راه حل جایگزینی بخشی از سیمان پرتلند در مخلوط بتن با سرباره کوره آهن گدازی ، خاکستر بادی یا سایر مواد پوزولانی مانند پوزولانهای طبیعی می باشندکه خصوصیات این مواد بررسی شد . بتن های حاوی این مواد فصل مشترک قوی تری در منطقه تماس بین خمیر سیمان و سنگدانه های درشت دارند ، استعداد کمتری برای ایجاد ریز ترکها داشته و بدلیل آن که در مرحله بهره برداری مدت طولانی آب بند باقی می مانند دوام آن بهبود می یابد. با افزایش عمر بهره برداری از محصولات بتنی میتوان منابع طبیعی کره زمین را حفظ نمود . بنابراین

د ر هر سازه بتنی لازم است عملکردی که برای آن در نظر گرفته شده است در طول عمر بهره برداری حفظ گردد . بتن باید بتواند در رویائی با محیطی که در آن واقع می شود از دوام کافی برخوردار باشد .البته دوام به عنوان عمر بی نهایت تلقی نمی شود و امروزه روشن شده است که در بسیاری از شرایط بتن به

نگاهداری منظم احتیاج دارد .اخیرا مصالح و روش های متعددی برای بهبود دوام سازه های بتنی توسعه یافته اند ولی بدلیل هزینه زیاد این مواد و پیچیده بودن تکنولوژی های مربوطه کاربردهای محدودی یافته اند . بتن معمولی بدلیل هزینه نسبتا کم و تکنولو ژی ساده آن بعنوان مصالح منتخب برتر برای ساخت وساز در نظر گرفته شده است . بنابراین چالش عمده در بادوام نمودن بتن معمولی و تبدیل آن به بتن باعملکرد عالی (بتن توانمند) برای سازه های آینده قراردارد. طی سالهای متمادی، بسیاری از سازه های بتنی در مناطق جنوبی کشور بعلل مختلف دچار آسیب دیدگی و یا خرابی زودرس شده اند . شرایط آب و هوایی بسیار خورنده، عدم آگاهی کافی عوامل اجرایی، ضعف در مراحل ساخت، بکارگیری مصالح نامناسب و بدون کیفیت و... از عوامل انواع این خرابی ها بوده است. امروز دریایی و بهره برداری و استخراج منابع نفت و گاز، نیاز به ساخت و اجرای انواع سازه های بتنی در سطح وسیع درسالهای آتی در این مناطق وجود دارد و اکنون نیز بسیاری از انواع سازه های بتنی در این مناطق در حال ساخت است و مرتباً نیز گزارش هایی از خرابی های این سازه ها حتی قبل از رسیدن به مرحله بهره برداری منتشر می شود . تعمیر و مرمت این سازه ها و یا گاهی جایگزینی آنها با سازه های جدید، هزینه های هنگفتی را به کشور تحمیل می کند . برای ساخت مجدد نیاز به سیمان بیشتری است که این امر با توجه به ایجاد حدود ۱ تن گاز CO_2 در محیط به ازاء تولید ۲ تن سیمان، آلودگی محیط زیستی را نیز به همراه دارد (۸). همچنین کاربرد سنگدانه ها و مصالح طبیعی نیز قدمی در خلاف جهت توسعه پایدار است. افزایش دوام بتن و عمر مفید سازه های بتنی به ویژه در محیط های خورنده، نقش عمده ای در توسعه پایدار داشته و نظر اکثر کارشناسان صنعت بتن بدان معطوف شده است . با انتخاب سیمان مناسب و رعایت اصول صحیح ساخت و حفاظت سازه های بتنی میتوان قدم های بلندی در راستای افزایش دوام بتن برداشت دوام ضعیف و غیرقابل کنترل همراه با تعمیرات و نگاهداری این سازه های بتنی انرژی بسیار زیادی را مصرف نموده و منابع طبیعی را ازبین می برد و با ایجاد مقادیر زیاد از مواد باقیمانده زائد بارسنگینی را برای محیط زیست ایجاد می نماید . مشاهده می شود کم دوامی بتن ونیاز به تعمیرات نه تنها بلحاظ مسائل فنی عملکرد بتن واقتصاد حائزاهمیت است بلکه تاثیر نا مطلوبی برمحیط زیست نیز خواهد داشت که استفاده از مواد معدنی در بتن می تواند کمک موثری در دوام و توسعه پایدار بتن داشته باشد . در تحقیقاتی که در زمینه دوام بتن در شرایط محیط خلیج فارس (۳) انجام گرفته است مواد افزودنی معدنی شامل پوزولانهای طبیعی و مصنوعی در جایگزینی با سیمان عملکرد نسبتا مناسبی در محیط های خورنده در سازه های بتنی از خود نشان داده اند . به همین منظور و برای بررسی عملکرد سیمان های پوزولانی تولید ایران نمونه های بتنی از سیمان پرتلند نوع دوم و پنجم ، پوزولان تراس ، دیاتمه ،سرباره کوره آهنگدازی و دوده سیلیس ساخته شد و در شرایط شبیه سازی شده محیط خلیج فارس نگهداری شدند و آزمایشهای مقاومت فشاری ، نفوذ پذیری ، نفوذ یون سولفات و کلر ، کربنا تاسیون و پتانسیل خوردگی در سنین مختلف بر روی نمونه ها انجام گرفت . نتایج نشان داد بتن های دارای مواد افزودنی معدنی دوام بهتری نسبت به بتن های معمولی داشتند . در تحقیق دیگری در بررسی دوام بتن حاوی پودر سنگ آهک در محیط های سولفاتی و کلروری (۴) انجام گرفت نتایج نشان داد که در دمای معمولی ، افزودن پودر سنگ آهک تاثیر مثبتی بر مقاومت بتن در مقابل تهاجم سولفات و کلر دارد . در تحقیق دیگری بررسی میزان خوردگی آرماتور های دارای پوشش روی در بتن در مقاومت بالا (۵) انجام

گرفت نتایج نشان از تاثیر مثبت پوشش روی که یک ماده معدنی می باشد در کاهش خوردگی میلگرد ها داشت . در تحقیقات دیگردر مورد استفاده از خاکستر بادی در بتن میزان استفاده از خاکستر بادی در بتن در حدود ۱۰ درصد می باشد . در تولید بتن با بازدهی و عملکرد بالا خاکستر بادی در حدود ۶۰ درصد جایگزین سیمان پرتلند می گردد. در این طرح بتن نسبت آب به سیمان درحدود ۰/۳ و نسبتهای سیمان و خاکستر بادی و آب به ترتیب برابر با ۱۵۰ و ۲۲۵ و ۱۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد مقاومت فشاری یک روزه این نوع بتن در حدود ۶ تا ۸ مگا پاسکال میباشد که مقاومت نهایی این بتن ها در مدت ۱۰ سال به حدود ۱۱۰ مگا پاسکال نیز میرسد . این نوع بتن در چندین پروژه در شرق کانادا استفاده شده است . با توجه به موارد فوق استفاده از خاکستر بادی در سیمان تا حدود ۶۰ درصد می تواند گامهای اساسی در کاهش تولید سیمان پرتلند و به تناوب آن کاهش انتشار گازهای گلخانه ای بردارد . (۸) در تحقیقات انجام گرفته در زمینه استفاده از خاکستر پوسته برنج در بتن (۶) نتایج نشان از بهبود دوام بتن در مقابل خوردگی و نفوذ یون کلر می دهد . در تحقیقات دیگر (۷) نتایج تحقیقات آزمایشگاهی خزش و جمع شدگی بتن های حاوی مواد افزودنی معدنی ایران نشان می دهند که بتن حاوی تراس جمع شدگی بیشتری نسبت به بتن بدون پوزولان و بتن حاوی میکروسیلیس است . در تحقیق دیگری (۸) در بررسی خواص بتن ساخته شده با سبکدانه های طبیعی کوه آتشفشان تفتان (سبکدانه های طبیعی پومیس) می توان بتن های سبک با مقاومت بالا تهیه کرد . البته تحقیقات بسیار زیادی در استفاده از مواد معدنی در بتن انجام گرفته است که به برخی از آنها اشاره شد . بطور کلی نتایج نشان از بهبود دوام بتن های حاوی مواد معدنی نسبت به بتن های معمولی دارد . تحقیقات متداول امروزی در کشور عمدتا " بصورت برخورد جزئی با مسائل بتن بوده است . براساس این روش تصور می شود که می توان کلیه جوانب یک سیستم پیچیده را باتجزیه نمودن آن به جزءهای کوچک و هربار درنظرگرفتن یکی از اجزاء،کاملا" درک کردو کنترل نمود . نتیجه آن شده است که مشخصات فنی و روش های آزمایش برای دوام بتن نتوانسته اند که مشخص نمایند که دوام بتن فقط یک خاصیت وابسته به مواد تشکیل دهنده بتن و مخلوط آن به تنهائی نمی باشد و لازم است عوامل دیگری مانند شرایط محیطی ، طراحی سازه و غیره نیز باید درنظرگرفته شوند . دریک برخورد جامع ضابطه عملکرد که توسط چندین عامل دیگر مانند رویاروئی بامحیط ،طراحی سازه وتکنولوژی فرایند تولید بتن نیزدرنظرگرفته می شوند. برای مثال برخورد جزئی با مسئله واکنش قلیایی سیلیسی سنگدانه ها درامریکا موجب رد سیمان ها ی با قلیایی زیاد و بسیاری از منابع سنگدانه هائی که درآزمایشگاه واکنش زا تشخیص داده شدند گردید . ولی در دانمارک وایسلند که سیمان با قلیایی کم تولید نمی کنند و سنگدانه های واکنش زا در آنجا بوفوریافت می شوند بایک برخورد جامع با این مسئله توانسته اند با مصرف این مواد همراه بایک ماده پوزولانی درشرایط محیطی خاص بنحو موفقیت آمیزی از بتن بهره بگیرند. ملاحظه می شود که دراین برخورد جامع ازهدررفتن مواد جلوگیری شده و از محصولات جانبی صنایع دیگر مانند دوده سلیسی ، خاکستربادی و سرباره کوره آهن گدازی به منظور بهبود بخشیدن دوام بتن استفاده شده است و این شیوه برخورد همسوبا نیازهای توسعه پایدار می باشد(۱) .

نتیجه گیری

نباید تامل نمود تا سوانح طبیعی بما بیاموزند تا چگونه توسعه پایدار را بدست آوریم لازم است زندگی خود را درکره زمین بصورتی شکل دهیم تا ضمن تامین نیازهای فعلی خود از به خطر انداختن موجودیت نسل های آینده جلوگیری شود و برای رسیدن به توسعه پایدار درصنعت بتن کشوریکی از اقدامات جدی دراین زمینه تولید سیمان پرتلند به جای افزایش تولید کلینکر، با استفاده از مواد افزودنی معدنی و همچنین استفاده از منابع سرشار پوزولان طبیعی موجود درکشور در تولید سیمانهای آمیخته میباشد تا نیازهای کشوربه سیمان از این طریق تامین شود. البته بازیافت مصالح حاصل از بتن های تخریب شده و آب پسمانه درصنعت بتن می تواند به حفظ منابع طبیعی کشور کمک نماید. افزایش دوام بتن به ویژه در محیط های خورنده نیز می تواند نقش عمده ای در توسعه پایدار داشته باشد . خرابی زودرس سازه های بتنی در مناطق خورنده دریایی در اغلب کشور های جهان باعث اتلاف سرمایه های عظیمی گشته و بهسازی یا ساخت مجدد آنها هزینه های هنگفتی را برای تأمین مصالح و نیروی انسانی به جامعه تحمیل می کند. در سالهای اخیر به منظور رسیدن به توسعه پایدار می بایستی مصالح کمتری در ساخت وساز بویژه سازه های بتنی مصرف نمود و سعی کرد با کاربرد مواد معدنی مناسب در ترکیبات بتن ، بتن هایی با دوام زیاد تولید نمود کاربرد مواد افزودنی معدنی یکی دیگر از ساده ترین و موثرترین راهها برای کاهش گازهای گلخانه ای بعنوان عامل اصلی افزایش درجه حرارت کره زمین نیز می تواند اهمیت زیادی داشته باشد .

مراجع:

(۱) . فامیلی هرمز ، " تکنولوژی بتن و توسعه پایدار" - دومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه – تهران – اردیبهشت ۱۳۸۴(2005) .

(۲) . باقری علیرضا ، پرهیزکار طیبه ، رمضا نیانپور علی اکبر، قدوسی پرویز، گنجیان اسماعیل – " مواد جایگزین سیمان در بتن " – مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن .

(۳) .رمضانیانپور علی اکبر، مصلحی زهره ، رادفر عمار – "دوام بتن با سیمانهای پوزولانی در شرایط آزمایشگاهی مشابه خلیج فارس " – مرکز تحقیقات و مسکن – نشریه شماره ۳۴۸.

(۴) . مستوفی نژاد داود ، رئیسی محمد – " بررسی دوام بتن حاوی پودر سنگ آهک در محیط های سولفاتی و کلروری " – ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران (ICCE 2003) – دانشگاه صنعتی اصفهان – اردیبهشت ۱۳۸۰.

(۵) . مقصودی علی اکبر، کرمی نژاد محمد ، " بررسی میزان خوردگی آرماتورهای دارای پوشش روی در بتن با مقاومت بالا" - ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران (ICCE 2003) – دانشگاه صنعتی اصفهان – اردیبهشت ۱۳۸۰.

(۶) . طاهری فر رضا ، رنجبر ملک محمد ، مدندوست رحمت – " بررسی دوام بتن های ساخته شده با خاکستر پوسته برنج " – دومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه – تهران – اردیبهشت ۱۳۸۴(2005) .

(۷) . قدوسی پرویز پرهیز کار طیبه رمضا نیا نپور علی اکبر – " بررسی خزش و جمع شدگی بتن های حاوی مواد افزودنی معدنی ایران " – اولین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه – تهران – اردیبهشت ۱۳۸۰.

(۸) . سهرابی محمد رضا، ریگی عبدالنا صر – " بررسی بتن سبک ساخته شده با سبکدانه های طبیعی تفتان و کاربردآن در صنعت ساختمان " - دومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه – تهران – اردیبهشت ۱۳۸۴(2005) .
(۹). V.M. Malhotra, "Role of Supplementary Cementing Materials and Superplasticizers in Reducing reenhouse Gas Emissions to the Environment", Proceedings of the 2nd International Symposium on Concrete Technology for Sustainable Development, March 2005, INDIA
(10) .P.K.Mehta, " Concrete Technology for Sustainable Development."ACI Concrete International Vol 21Nov.1999 PP.47-53