



## ساخت بتن بامصالح بازیافتی در راستای توسعه پایدار

سجاد جلیلیان<sup>۱\*</sup>، پوریا افراسیابی<sup>۲</sup>، محمد باوند پور<sup>۳</sup>، آرش میرزاپور پیردوستی<sup>۴</sup>

۱ و \* - دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلام آباد غرب، گروه عمران، اسلام آباد غرب، ایران

۲ - آموزشکده فنی و حرفه ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلام آباد غرب، اسلام آباد غرب، ایران

۳ - دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمانشاه، گروه عمران، کرمانشاه، ایران

۴ - دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک

### چکیده

مسئله بکارگیری بتن به عنوان یکی از پر کاربرد ترین مصالح قابل دسترس در تمام نقاط زمین به دلیل روند رو به رشد نیاز و مصرف بتن در ساخت و ساز با توجه به برداشت های نامتعارف و غیر اصولی از منابع طبیعی برای ساخت این ماده ی با ارزش نمی تواند یک مسئله ی پایدار باشد ازین رو این مقاله سعی دارد دستاورد های نوین علمی صنعت بازیافت مصالح سازنده ی بتن را در راستای آگاهی بخشی بیشتر برای بکارگیری مجدد این مصالح بازیافتی جهت جلوگیری از برداشت های غیر اصولی از ذخایر طبیعی را مورد بررسی قرار دهد، در صورت بازیافت و به کارگیری نخاله های تخریب شده به عنوان مصالح مصرفی مانند سنگدانه ها در ساخت بتن میزان برداشت از معادن کاسته میشود در همین راستا استفاده از ماشین آلات کارگاهی، میزان پسماند ها و نخاله هانیز بهینه سازی خواهد شد از لحاظ اقتصادی، مصرف سوخت های تجدید ناپذیر فسیلی و تولید گازهای گلخانه ای، مدیریت نیروی انسانی و آلودگی های دیگر زیست محیطی. بادر نظر داشتن این موارد می توان بازیافت و به کارگیری مجدد مصالح مصرفی در ساخت بتن را یک رویکرد پایدار و کارآمد در مدیریت منابع محیط زیست در راستای توسعه پایدار قلمداد کرد.

واژگان کلیدی: بتن، بازیافت، محیط زیست، توسعه پایدار

۳/۵ cm



## Concrete construction with recycled materials in sustainable development

### Abstract

Using concrete due to growing process is one of the most used available materials in all around the world, and concrete consumption in construction by considering the unconventional and unethical impressions of natural sources cannot be a stable issue for this valuable material in construction. Hence this article tries to survey new scientific recycled achievements of concrete construction in awareness of using further recycled materials to prevent unethical impressions of natural sources, in case of recycling and using damaged debris as used materials like aggregates in concrete construction, reduced amount of impression in mines, by the same token workshop machines, amount of residue and aggregates will be economical beneficial, consumption of non-renewal fossil fuels and producing greenhouse gases, managing manpower and other environmental pollutions. By considering these cases we can utilize and recycle the consuming renewed materials in concrete construction as one of the stable and efficient approaches in managing natural sources toward a stable development

**Keywords:** concrete, recycle, environment, stable development

### ۱- مقدمه

میزان روبه افزایش نیاز به مسکن و ایجاد ساختمان های بزرگ نیاز انسان را به طبیعت برای استخراج مواد خام از معادن تامین کننده ی مصالح ساختمانی مورد نیاز مانند بتن که یکی از پرکاربرد ترین این مصالح است روز به روز بیشتر و بیشتر میکنند. در کنار این انبوه سازی هاسالیانه حجم عظیمی از پسماندهای عمرانی یا به عبارتی نخاله های ساختمانی ناشی از تخریب ساختمان ها قدیمی و ساخت برج های جدید ایجاد می گردد تحقیقات انجام شده در جهان نشان می دهد که حجم نخاله های ساختمانی در میان سایر زباله ها ۱۳ تا ۲۹ درصد می باشد [۳] که نه تنها مشکلات زیست محیطی رادر پی دارد بلکه صدها هکتار از زمین های اطراف و کنار شهر را نیز برای محل دپوی مصالح غیر استفاده و نابود میکند.

این در حالی است که برداشت ها برای تامین مواد اولیه ساخت بتن که به طور گسترده ای به عنوان یک ماده ساختمانی در ساختمان ها و آثار مدنی استفاده می شود [۱۰] و در طرف مقابل تخریب هائیز با همین روند روبه افزایش هستند برداشت هایی که بدون توجه مسائل زیست محیطی انجام میشوند و آثار زیان بار زیادی علاوه بر مصرف سوخت های تجدید ناپذیر فسیلی، تولید گاز های گلخانه ای و مصرف آب های شیرین را برپیکر محیط زیست بر جا میگذارند.

باید توجه داشت که نسل های آینده نیز به این منابع و ذخایر طبیعی برای زندگی احتیاج دارند. در میان کشور های که دارای دولت توسعه گرا و دارای سیاست توسعه پایدار هستند برای مدیریت نخاله های ساختمانی و کاهش مصرف انرژی راهکاری ارئه میدهند به طوری که این پسماندها را مورد بازیافت قرار داده و قسمتی از آن را به عنوان مواد اولیه در ساخت بتن بکار میگیرند و از این طریق میزان برداشت های مورد نیاز برای تامین مواد اولیه را از معادن به حداقل میرسانند و صنعت بتن را از یک عامل مخرب به یک صنعت پایدار زیست محیطی تبدیل میکنند.

با توجه به حجم بالای تولید پسماندهای ساختمانی از یک سو و از طرف دیگر حجم بالای مصرف بتن به عنوان پر مصرف ترین محصول ساختمانی در حالی که هر روز ابعاد و تعداد پروژه های عمرانی به خصوص در کشورهای در حال توسعه در حال گسترش می باشد [۴]، بدیهی است که انجام فرآیند بازیافت این پسماند تا چه حد می تواند در حفظ منابع موجود که بعضاً غیر قابل تجدید می باشند و نیز حفظ محیط زیست از ورود این حجم پسماند های ساختمانی، لازم و ضروری باشد این مقاله سعی دارد دستاورد های نوین علمی صنعت بازیافت مصالح سازنده ی بتن رادر راستای آگاهی بخشی بیشتر برای بکارگیری مجدد این مصالح بازیافتی جهت جلوگیری از برداشت های غیر اصولی از ذخایر طبیعی را مورد بررسی قرار دهد.

### ۲- توسعه پایدار

توسعه در مجموع یک مفهوم اکولوژیک است که بر خلاف دیدگاه اقتصادی که طبیعت را مجموعه ای خود محور میداند محصولات مورد نیاز ما را تولید میکند طبیعت را یک اکوسیستم که انسان نیز عضوی از آن است میداند. تعاریف زیادی از توسعه پایدار وجود دارد اما تعاریف زیر این موضوع را بیشتر روشن میدهد:



۲-۱ ارتقاء کیفیت زندگی بادر نظر گرفتن ظرفیت تحمل محیط زیست

۲-۲ پاسخ به نیاز های نسل حاضر بدون آن که توانایی وامکانات نسل های آینده برای تامین نیازهایشان محدود گردد.

با توجه به مباحث مرتبط برداشت و استفاده از منابع طبیعی برای تأمین مصالح در ساخت بتن و مصرف بی رویه انرژی در شهرسازی که یکی از ناهنجاری های بین انسان و طبیعت میباشد صنعت بتن نمی تواند یک صنعت پایدار باشد و در این مورد باید سیاست های بهینه گرا و توسعه پایدار هدف قرار گیرد در واقع مسئله بازیافت نخاله ها به مصالح برای ساخت بتن می تواند این صنعت وسیع را به یک صنعت پایدار تبدیل کند از این رو به تعریف و شناسایی پسماند ها برای بکارگیری در ساخت بتن می پردازیم .

### ۳- پسماندهای ساختمانی

فعالیت های ساختمانی شامل مجموعه فعالیت ها و مراحل ایجاد ساختمان و ابنیه های مختلف در بخش های آب، صنعت اسکله ها، راه ها، محوطه ها و ... ، تغییرات اساسی برای افزایش کارایی و عمر بنا ، تجدید بنا و تغییرات جزئی می شود . پسماند ساخت و تخریب، از ساخت، نوسازی و تخریب ساختمان ها، ابنیه صنعتی، سازه های آبی چون مخازن و سدها، کارخانه ها، نیروگاهها، تاسیسات اتمی، اسکله ها، رویه راه ها، جداول و قطعات پیش ساخته، پل ها و ... ، و پاک سازی آوارهای ناشی از بلایای طبیعی و انسانی حاصل می شوند. [۲] حجم پسماندهای ساختمانی به عواملی چون میزان رشد جمعیت و نیاز روزافزون به محل سکونت و تاسیسات و تجهیزات زیربنایی، نرخ مهاجرت روستاییان به شهرها و توسعه ناخواسته مراکز جمعیتی، بافت و قدمت ساختمان های موجود و میزان مقاومت آن ها در برابر زلزله، بلایای طبیعی، معماری ساختمان های موجود و تقاضای نسل حاضر و ... بستگی دارد. [۳]

### ۳-۱ بازیافت نخاله ساختمانی در سایر کشورها

در حال حاضر در بسیاری از کشورهای پیشرفته به دلیل مسائل زیست محیطی مانند کمبود منابع، کمبود محل دفن و آلودگی محیط زیست بازیافت نخاله های ساختمانی مورد توجه ویژه ای می باشد و این امر از سوی کلیه دست اندرکاران دنبال می گردد. بطور کلی چهار روش (۱) کاهش در مبدا (۲) استفاده مجدد، (۳) بازیافت، (۴) دفن در زیر خاک جهت مدیریت نخاله های ساختمانی وجود دارد ولی اخیراً، توجه اصلی برنامه های مدیریت نخاله های ساختمانی بر سه مورد اول است. [۹] در کشور ایرلند در حدود ۸۲ درصد از نخاله های ساختمانی بازیافت می گردد. در دولت محلی انتاریو در کشور کانادا این عدد ۱۲ درصد ، در ژاپن این عدد ۹۸ درصد و در ایالات مختلف آمریکا متغیر است. در بسیاری از کشورها نیز فعالیت های زیادی در کاهش تولید نخاله و نیز استفاده مجدد از آن ها صورت گرفته است. [۸]

### ۴- انواع پسماند های ساختمانی

پسماند ساخت و تخریب ابنیه و سازه ها شامل بتن، آسفالت، چوب، فلزات، شیشه، گچ، آجر، انواع سنگ، مواد پلیمری، موزائیک، سرامیک، کاشی و مواد لازم برای بام سازی هستند. معمولاً اجزای این نخاله ها را حدوداً ۴۰ تا ۵۰ درصد بتن، آسفالت، آجر، بلوک، سنگ و خاک، ۲۰ تا ۳۰ درصد چوب و محصولات مربوطه و ۲۰ تا ۳۰ درصد پسماند های متفرقه ای همچون فلزات، گچ، شیشه، آزبست و سایر مواد عایق و پلیمری و اجرای تاسیسات آب و فاضلاب و برق تشکیل می دهد. [۱] در کشور استرالیا عمده نخاله های ساختمانی بر حسب تن در سال شامل ۷۲۶۰۰۰ بتن، ۷۹۵۰۰۰ آسفالت، ۴۷۱۰۰۰ آجر، ۳۰۰۰۰۰ مصالح بنایی، ۴۱۰۰۰ خاک، ۱۷۶۰۰۰ سنگ، ۳۵۰۰۰ ضایعات چوب و ... می باشد. در صد ترکیب مواد تشکیل دهنده آوارهای ساختمانی کشور ایرلند در سال ۱۹۹۶ شامل ۴۵ درصد خاک و سنگ، بتون، آجر، کاشی، سرامیک ۳۱ درصد، فلزات ۶ درصد، آسفالت و قیر ۱ درصد، چوب ۷ درصد و سایر موارد ۱۰ درصد می باشد. در آلبرتا کانادا در سال ۱۹۹۷ آوار ساختمانی شامل ۳۵ درصد چوب، ۲۴ درصد سرامیک، ۱۷ درصد مصالح بنایی، ۸ درصد کاغذ، ۷ درصد فلزات آهنی، ۳ درصد شیشه، ۲ درصد پلاستیک و ۱۶ درصد سایر مواد بوده است. درصد تفکیک میانگین آوار ساختمانی در آمریکا شامل ۲۷ درصد چوب، ۲۳ درصد آسفالت، بتن و آجر، ۱۳ درصد تخته گچی، ۱۲ درصد مصالح بام سازی، ۹ درصد فلزات، ۳ درصد کاغذ و ۱ درصد پلاستیک می باشد. [۸]

### ۴-۱ سنگ دانه بتن

امروزه با توجه به تحقیقات و پژوهش های انجام شده اثبات گردیده که بازیافت مصالح سنگی بتن در بسیاری از مواقع با شناخت خواص و پتانسیل آن قابلیت استفاده در بتن جدید



را دارد [۱۱]. در صورتی که از بتن خرد شده صرفاً به عنوان درشت دانه استفاده شود تاثیر چندانی بر مقاومت نداشته (بسته به میزان جایگزینی سنگدانه ها باعث کاهش مقاومت از ۱۰ درصد تا حداکثر ۴۰ برای جایگزینی ۸۰ درصدی مصالح سنگی درشت دانه می شود) و سایر مشخصات بتن نیز دست خوش تغییر عمده نخواهد شد. لذا در صورتی که جایگزین بخش ریز دانه گردد، برخی از خواص مانند مقاومت فشاری، کششی، مدول الاستیسته و جمع شدگی بسته به میزان جایگزینی می تواند باعث ارتقاء حداکثر تا ۱۵ درصد گردد [۷]. همچنین جایگزینی مصالح سنگی بازیافتی از بتن تخریبی باعث کاهش وزن مخصوص بتن تا در حدود ۲۱۰۰ کیلوگرم می گردد. [۶] مصرف مصالح بازیافتی به عنوان سنگ دانه های بتن در سه طیف قابل استفاده است.

الف- بتن های سازه ای با استفاده از بازیافت بتن های تخریبی و سنگ های ساختمانی

ب- بتن های پر کننده با استفاده از نخاله های ساختمانی ناشی از بازیافت بخش های غیر بتنی و با مقاومت کمتر مانند دیوارهای سفالی، گچ ها و بلوک

ج- بتن های مصرفی جهت تولید بتن های سبک با استفاده از مواد بازیافتی از مصالح سبک بازیافتی مانند یونولیت ها، دیوارهای آجری و گچی، مصالح چوبی و ... [۷]

**۵-۲ پودر آجر در بتن**  
توسط محققان به اثبات رسیده است که افزودن پودر آجر به جای سیمان در بتن باعث حد قابل قبولی کاهش مقاومت فشاری و یا سایشی گردیده و می تواند در بتن های با مقاومت معمولی و بتن هایی که نیاز به مقاومت سایشی بالا ندارند، مورد استفاده قرار گیرد. [۳]

**۵-۳ الیاف بتن**  
پلیمری و فلزی مورد استفاده در بتن می باشند قابلیت تولید از بازیافت انواع مواد پلیمری و آهن آلات موجود در نخاله را دارند. این الیاف با ایجاد خواصی چون کاهش ترک های حرارتی و اجرایی در بتن و افزایش مقاومت کششی، خمشی و فشاری بتن می گردد.

**۵-۴ مواد چسباننده بتن (جایگزین سیمان)**  
استفاده از مواد پلیمری بازیافتی نخاله های ساختمانی به عنوان مواد چسباننده در بتن برای مصارف خاص مانند ملات های تعمیراتی، پرکننده و یا حتی مواد جایگزین گروت ها مانند بتن های پلیمری.

**۵-۵ مصالح یا مواد کیورینگ یا حفظ رطوبت بتن**  
با توجه به اهمیت کیورینگ مناسب در کیفیت و دوام بتن و تنوع روش های موجود برای این امر، استفاده از مصالح بازیافتی به صورت ایجاد فیلم های حفظ رطوبت از مواد پلیمری و ... مانند ورق های پلاستیکی، می تواند در فرآیند بازیافت مصالح پلیمری و قیری مورد توجه قرار گیرد.

**۵-۶ مواد محافظتی و آب بند سطحی بتن**  
تواند با تبدیل آن ها به پوشش محافظتی و کنترل کننده نفوذ پذیری بتن، مورد استفاده قرار گیرد.

**۵-۷ شیشه**

امروزه براساس تحقیقات و آزمایش های انجام شده به اثبات رسیده است که افزودن پودر شیشه های بازیافتی در هنگام استفاده جایگزین سیمان و یا سنگ دانه در بتن های جدید ضمن حفظ مقاومت فشاری، باعث ارتقا مقاومت الکتریکی و کاهش نفوذ پذیری آن می گردد. همچنین استفاده از پودر شیشه در سنگ های مصنوعی بتنی تولیدی می تواند باعث افزایش کیفیت سایشی و زیبایی آن گردد. [۵]

**۶- مزایای بکارگیری مصالح بازیافتی در ساخت بتن**

۳-۱ جلوگیری از از بین رفتن صدها هکتار زمین زراعی و منابع طبیعی در محل دپو و همچنین جلوگیری از ایجاد چشم انداز های نامطلوب.



۳-۲ ایجاد ارزش اقتصادی با استفاده مجدد از نخاله‌ها.

۳-۳ جلوگیری از آلودگی آب‌های جاری و زیر زمینی، متصاعد شدن گازهای گلخانه‌ای و گازهای سمی سیمان و آهک.

۳-۴ جلوگیری از پراکنده شدن ریزگرد‌ها.

۳-۵ صرفه جویی در حمل و نقل و کاهش مصرف سوخت‌های تجدیدناپذیر فسیلی.

۳-۶ توسعه صنایع بازیافت و ایجاد اشتغال.

۳-۷ مدیریت پایدار مصرف ذخایر معادن و منابع محیط زیست.

با در نظر داشتن اهمیت

#### ۷- نتیجه‌گیری

مبحث بازیافت، از دیدگاه اقتصاد و جایگاه جهانی آن، با توجه به لزوم آینده‌نگری و پیاده‌سازی سیاست‌های توسعه پایدار لازم به نظر می‌رسد تا این امر با وضع قوانین، حمایت‌های دولتی در بخش‌های خصوصی و مراکز علمی آموزشی و تحقیقاتی مورد توجه قرار گیرد. همچنین تدوین قوانین جهت جداسازی و تحویل توسط تولیدکننده نخاله و یا استفاده اجباری از پیمانکاران تخریب تخصصی با دانش و تجهیزات لازم می‌تواند تا حدود زیادی راهگشا باشد. در همین راستا اطلاع‌رسانی، آموزش و فرهنگ‌سازی در این زمینه برای رسیدن به توسعه پایدار ضرورت دارد.

#### تشکر و قدردانی

با تشکر فراوان از عزیزانی که در طول نگارش این مقاله تیم را کمک کرده‌اند. سربلند و پیروز باد ایران



## منابع و مراجع

- [۱] بیات، حبیب‌الله، شهبابی، اکبر، شاه محمدی، شهریار. (۱۳۸۹)، بررسی تاثیر پودر آجر و شیشه بازیافتی بر مقاومت سایشی بتن زیر آب سدها، دومین کنفرانس ملی بتن ایران.
- [۲] چوبانگلوس، جورج، کریت، فرانک. (۱۳۸۹)، راهنمای کاربردی مدیریت پسماند، مترجمان: خانی، محمد رضا، پورعطایی، مهدی، خسرو محمودخانی، روح‌الله، جلد اول و دوم، انتشارات شهرداری ها و دهیاری های کشور.
- [۳] خیاطی، محمود. (۱۳۸۵)، مقاومت و دوام بتن تهیه شده از سنگدانه های بازیافتی، پایان نامه کارشناسی ارشد عمران (گرایش خاک و پی)، دانشگاه فردوسی مشهد
- [۴] حسینی، پیام؛ عباسعلی حاجی کریمی؛ محمدحسین حاجی کریمی و عباس بوشهریان، ۱۳۸۸، استراتژی های مدیریت بازیافت در راستای دستیابی به توسعه پایدار اکولوژیک در صنعت بتن، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت استراتژیک، تهران، گروه ناب، گروه پرتوبینا، [http://www.civilica.com/Paper/4/ICSM-4/ICSM-4\\_089.html](http://www.civilica.com/Paper/4/ICSM-4/ICSM-4_089.html)
- [۵] عباسی دزفولی، عبدالکریم، اولی پور، مسعود، برنا، مسعود، پور زنگنه، بهرام. (۱۳۹۱)، مدیریت ساخت و توسعه استفاده از خورد شیشه های بازیافتی در بتن، اولین همایش بین المللی بحران های زیست محیطی و راهکارهای آن، علوم و تحقیقات خوزستان.
- [۶] مستوفی نژاد، داوود، افتخار، محمدرضا. (۱۳۸۴)، بررسی خواص مکانیکی بتن با مقاومت پایین بازیافتی، دومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه.
- [۷] ماجدی اردکانی، محمدحسین، رئیس قاسمی، امیرمازیار، فیروزیار، فهیمه. (۱۳۸۶)، مطالعات مقدماتی بازیافت آوارهای ساختمانی ( ایستگاه آبدلی)، گزارش تحقیقاتی - نشریه شماره ۴۵۹، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ اول.
- [۸] ماجدی اردکانی، محمدحسین، مدنی، همایون. (۱۳۹۱)، مروری بر مدیریت آوارهای ساختمانی، گزارش تحقیقاتی - نشریه شماره ۶۲۳، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ اول.
- [۹] واسعی چهارمحالی، سمیه؛ مهفام اسکندری و اعظم غلامی، ۱۳۹۰، بررسی وضعیت مدیریت و بازیافت پسماندهای ساختمانی در کشورهای مختلف جهان، پنجمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، [http://www.civilica.com/Paper/5/CEE-5/CEE-5\\_750.html](http://www.civilica.com/Paper/5/CEE-5/CEE-5_750.html)

[۱۰] F. Agrela, P. Alaejos, M.S. De Juan

Properties of concrete with recycled aggregates

Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste, ۲۰۱۳, Pages ۳۰۴-۳۲۹

[۱۱] W. Zhao, R.B. Leefink, V.S. Rotter

Evaluation of the economic feasibility for the recycling of construction and demolition waste in China—The case of Chongqing

Resources, Conservation and Recycling, Volume ۵۴, Issue ۶, April ۲۰۱۰, Pages ۳۷۷-۳۸۹