

ترجمه و تفسیر متنی استاندارد ACI 221R-96

کاری از مرکز سنجش و تحقیقات بتن و مصالح سنگی یزد

(راهنمای استفاده از مصالح سنگی معمولی و سنگین در بتن)



گردآورنده و مترجم:

مهندس عرفان امیری مدیر فنی مرکز سنجش و تحقیقات بتن و مصالح سنگی استان یزد

این سند تحت عنوان "راهنمای استفاده از مصالح سنگی معمولی و سنگین در بتن" توسط انستیتوی بتن آمریکا (ACI Committee 221) منتشر شده است و شامل دانش فنی گسترده‌ای درباره تأثیر خواص مصالح سنگی بر عملکرد بتن است. زیرا مصالح سنگی حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد حجم بتن را تشکیل می‌دهند، نقش بسزایی در تعیین خواص بتن تازه و سفت‌شده دارند.

بتن یکی از پرکاربردترین مواد ساختمانی در ساخت و سازهای عمرانی است که ترکیبی از سیمان، آب و مصالح سنگی با نسبت‌های مشخص است. انتخاب مناسب مصالح سنگی، به عنوان مؤلفه عمده تشکیل‌دهنده بتن، نقشی کلیدی در دوام، مقاومت و کارایی بتن ایفا می‌کند. راهنمای (ACI 221R-96) چاپ (۲۰۰۱) با عنوان "راهنمای استفاده از مصالح سنگی معمولی و سنگین در بتن"، یک مستند جامع از سوی کمیته ۲۲۱ انستیتو بتن آمریکا (ACI) تهیه شده است که به طور دقیق به خواص مصالح سنگی و تأثیر آنها بر بتن می‌پردازد. هدف اصلی این راهنما، ارائه روش‌های علمی و عملیاتی برای استفاده صحیح از مصالح درشت و ریزدانه در بتن است، با تأکید بر مصالح معمولی (Normal Weight Aggregates) و مصالح سنگین (Heavyweight Aggregates) که در کاربردهای خاص مانند محافظت در برابر پرتوهای رادیواکتیو، استفاده می‌شوند.

این راهنما به خوبی نشان می‌دهد که انتخاب مصالح سنگی در بتن فقط به قیمت و دسترسی محلی بستگی ندارد، بلکه باید بر اساس معیارهای فنی، الزامات سازه‌ای، خواص فیزیکی و شیمیایی مصالح و همچنین شرایط محیطی و کاربردی بتن صورت گیرد. بنابراین، این سند علاوه بر ارائه دانش فنی، به عنوان یک راهنمای عملی برای مهندسان، طراحان، تولیدکنندگان بتن و کنترل‌کنندگان کیفیت مصالح قابل استفاده است.

♦ اهمیت مصالح سنگی در بتن

مصالح سنگی در دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

۱. مصالح معمولی (Normal Weight Aggregates): شامل شن، ماسه و سنگ‌های شکسته که چگالی معمولی دارند و بیشترین کاربرد را در بتن دارند.
۲. مصالح سنگین (Heavyweight Aggregates): مصالحی با چگالی بالا مانند باریت، مگنتیت و ضایعات فولادی که در بتن‌های محافظتی در برابر پرتوها، بتن‌های با وزن زیاد برای ثقل‌گذاری و یا در کاربردهای ضد ارتعاشی استفاده می‌شوند.

در این راهنما، خواص مصالح سنگی از جمله وزن مخصوص، جذب آب، تخلخل، شکل و بافت ذرات، گراداسیون، واکنش‌پذیری شیمیایی و مقاومت حرارتی مورد بررسی قرار گرفته است. این خواص، مستقیماً بر روی کارایی بتن تازه، مقاومت فشاری، دوام در برابر یخبندان و آب‌شدن، مقاومت لغزشی، انبساط حرارتی و حتی ظاهر نهایی سطح بتن تأثیرگذارند. به عنوان مثال، مصالحی با جذب آب بالا می‌توانند باعث افزایش نیاز به آب اختلاط، کاهش مقاومت و افزایش انقباض خشکی شوند. همچنین وجود مواد آلی، رس یا سولفات‌ها در مصالح می‌تواند منجر به کاهش دوام، جداسازی آب (Bleeding)، ترک‌خوردگی سطحی و واکنش‌های شیمیایی نامطلوب مانند ASR شود.

♦ خواص مصالح و تأثیر آنها بر بتن

خواص مصالح سنگی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

الف) خواص فیزیکی

- **وزن مخصوص:** یکی از مهم‌ترین عوامل در تعیین چگالی بتن است. مصالح با وزن مخصوص بالا در بتن‌های سنگین کاربرد دارند.
- **جذب آب:** مقدار آبی که مصالح می‌توانند جذب کنند، تأثیر مستقیمی بر نسبت آب به سیمان و مقاومت نهایی بتن دارد.
- **گرا داسیون:** نحوه توزیع اندازه ذرات مصالح در مخلوط بتنی، تأثیر زیادی بر کارایی، مقاومت و دوام بتن دارد. گرا داسیون مناسب می‌تواند منجر به کاهش فضاهای خالی، کاهش مصرف سیمان و افزایش مقاومت شود.
- **شکل و بافت دانه‌ها:** دانه‌های زاویه‌دار تمایل به کاهش کارایی دارند، در حالی که دانه‌های گردتر می‌توانند جریان پذیری بهتری فراهم کنند. بافت زبرتر دانه‌ها همچنین استحکام چسبندگی بین مصالح و خمیر سیمان را افزایش می‌دهد.

ب) خواص شیمیایی

- **واکنش پذیری قلیایی-سیلیسی (ASR):** این واکنش می‌تواند منجر به انبساط و ترک خوردگی در بتن شود. روش‌هایی مانند استفاده از سیمان کم‌قلیایی، پوزولان‌ها یا کنترل رطوبت برای کاهش خطر این واکنش پیشنهاد شده است.
- **وجود سولفات‌ها:** سولفات‌ها می‌توانند با ترکیبات سیمان واکنش نشان دهند و باعث خرابی بتن شوند. بنابراین، مصالحی که دارای سولفات‌های فراوان هستند، باید قبل از استفاده آزمون شوند.

♦ فرآیند تولید و کنترل کیفیت مصالح

فرآیند تولید مصالح سنگی شامل مراحل مانند استخراج، خرد کردن، الک کردن، شستشو و انبار کردن است. کنترل دقیق در تمام این مراحل برای تضمین کیفیت یکنواخت مصالح ضروری است. این راهنما به خوبی تأکید می‌کند که روش‌های دست‌اندرکاری و انبار کردن نیز باید به گونه‌ای باشد که از جداشدگی ذرات، گرمای بیش از حد و کاهش کیفیت مصالح جلوگیری کند. استفاده از تجهیزات مناسب، کنترل رطوبت و زهکشی مناسب در انبارها از جمله اقدامات توصیه‌شده است.

در بخش کنترل کیفیت، روش‌های مختلفی برای ارزیابی مصالح معرفی شده است. این آزمون‌ها شامل:

- **ASTM C 136** آنالیز الکی
- **ASTM C 127 و C 128** وزن مخصوص و جذب آب
- **ASTM C 142** تشخیص ذرات رسی و شکننده
- **ASTM C 88** آزمون استحکام سولفاتی
- **ASTM C 295** آزمون پتروگرافی
- **ASTM C 227** روش میله‌ای ملات برای آزمایش واکنش‌پذیری قلیایی

این آزمون‌ها به مهندسان و متخصصان کنترل کیفیت کمک می‌کنند تا از کیفیت مصالح استفاده‌شده در بتن اطمینان حاصل کنند.

♦ مصالح غیراستاندارد و بازیافتی

با افزایش فشارهای زیست محیطی و کمبود منابع طبیعی، استفاده از مصالح غیراستاندارد (Marginal Aggregates) و مصالح بازیافتی (Recycled Aggregates) اهمیت بیشتری پیدا کرده است. این راهنما به این موضوع پرداخته و تأکید می کند که استفاده از این مصالح باید با ارزیابی دقیق، بهبود کیفیت (Beneficiation) و تصمیم گیری مهندسی همراه باشد.

مواد غیراستاندارد ممکن است دارای جذب آب بالا، گراداسیون نامناسب، واکنش پذیری شیمیایی یا ناخالصی هایی مانند رس و مواد آلی باشند. با این حال، این راهنما روش هایی مانند شستشو، تمیز کردن، فلو تاسیون و فرآیندهای حرارتی را برای بهبود خواص این مصالح پیشنهاد می کند. همچنین، اقتصاد استفاده از این مصالح نیز مورد بحث قرار گرفته است. گاهی اوقات، استفاده از مصالح محلی با کیفیت پایین تر از نظر هزینه به صرفه تر است، اما باید با دقت ارزیابی شوند.

مصالح بازیافتی اغلب از خراب کردن سازه های قدیمی، بتن های دورریز و ضایعات صنعتی به دست می آیند. این مصالح نیازمند آزمون های دقیق تری هستند، اما با فرآوری مناسب می توانند عملکردی مشابه مصالح اولیه داشته باشند. این راهنما به خوبی نشان می دهد که استفاده از مصالح بازیافتی می تواند کاهش زباله های ساختمانی، صرفه جویی در منابع طبیعی و کاهش هزینه های تولید را به همراه داشته باشد.

♦ مصالح سنگین و کاربردهای خاص

مصالح سنگین با چگالی بالایی (معمولاً بیشتر از ۳,۰) همراه هستند و در کاربردهای خاصی مانند محافظت در برابر پرتوهای گاما و نوترونی، افزایش وزن بتن برای مقابله با نیروهای واژگون کننده و کاهش ارتعاشات استفاده می شوند. این مصالح باید دارای وزن مخصوص بالا، جذب آب پایین و عدم واکنش پذیری شیمیایی باشند. استانداردهای ASTM C 63 و C 637 برای مصالح سنگین در بتن های محافظتی ارائه شده اند.

در این راهنما، تأکید زیادی بر کنترل کیفیت مصالح سنگین شده است. به دلیل وزن بالا و خطر سگرگیشن (جداسازی ذرات)، باید از انبارهای کوچک، تجهیزات مقاوم و روش های اختلاط و حمل خاص استفاده کرد. همچنین، مدول الاستیسیته و ضریب انبساط حرارتی این مصالح باید با خمیر سیمان سازگار باشد تا از ترک های داخلی جلوگیری شود.

♦ کنترل کیفیت و استانداردهای مرتبط

راهنما به خوبی برجسته می کند که بدون کنترل کیفیت منظم و استفاده از استانداردهای آزمون های معتبر، استفاده از مصالح سنگی در بتن نمی تواند منجر به یک سازه با کیفیت بالا شود. استانداردهایی مانند ASTM، AASHTO و ACI در این راهنما معرفی شده اند که شامل:

- ASTM C 33 مشخصات مصالح معمولی برای بتن
- ASTM C 127 و C 128 آزمون وزن مخصوص و جذب آب
- ASTM C 295 آزمون پتروگرافی برای تشخیص واکنش پذیری شیمیایی

• ASTM C 131 آزمون مقاومت در برابر سایش آزمون لس آنجلس

همچنین، استفاده از داده‌های آماری برای ردیابی تغییرات در کیفیت مصالح در طول زمان توصیه شده است. این روش‌ها به مهندسان کمک می‌کنند تا به موقع تغییرات غیرعادی را شناسایی و اقدامات اصلاحی را انجام دهند.

♦ استفاده از دانش فنی و تفسیر نتایج آزمون

در این راهنما، به خوبی برجسته شده است که نتایج آزمون‌ها تنها عدد نیستند، بلکه باید در قالب یک تصمیم‌گیری مهندسی تفسیر شوند. به عنوان مثال، مقدار جذب آب یا درصد مواد عبوری از الک ۷۵ میکرونی (الک شماره ۲۰۰) می‌تواند در بتن‌های هوادار یا بتن‌های با کاربردهای خاص، تأثیر بیشتری داشته باشد. همچنین، مقایسه مصالح با منابع موجود و سابقه استفاده در پروژه‌های مشابه، یکی از روش‌های مؤثر برای ارزیابی کیفیت است.

♦ جمع‌بندی

راهنمای ACI 221R-96 یکی از منابع مرجع در زمینه استفاده از مصالح سنگی در بتن است. این سند نه تنها به خواص فیزیکی و شیمیایی مصالح می‌پردازد، بلکه به فرآیندهای تولید، دست‌اندرکاری، کنترل کیفیت، آزمون‌های استاندارد و استفاده از مصالح غیراستاندارد و بازیافتی نیز می‌پردازد. همچنین، به کاربردهای خاص بتن مانند بتن‌های سنگین و مقاوم در برابر پرتوهای هسته‌ای اشاره دارد.

این راهنما به تمام متخصصان صنعت بتن یادآوری می‌کند که مصالح سنگی فقط یک ماده پُرکننده نیستند، بلکه عاملی کلیدی در تعیین خواص بتن در تمام مراحل عمر آن هستند. استفاده از مصالح با کیفیت مناسب، همراه با آزمون‌های استاندارد و دانش مهندسی صحیح، می‌تواند به افزایش دوام، مقاومت و ایمنی سازه‌های بتنی کمک کند.

بنابراین، این راهنما نه تنها یک منبع علمی و فنی است، بلکه یک دستورالعمل عملیاتی برای مدیریت مصالح در تمام مراحل تولید تا اجرای بتن فراهم می‌کند. این سند همچنین به محققان و دانشجویان عمران کمک می‌کند تا با آخرین دانش موجود در زمینه مصالح سنگی و بتن آشنا شوند و در راستای توسعه فناوری بتن گام بردارند.

این راهنما اطلاعاتی درباره انتخاب و استفاده از مصالح سنگی معمولی و سنگین در بتن ارائه می‌دهد. انتخاب و استفاده از مصالح سنگی در بتن باید بر اساس معیارهای فنی، در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و آگاهی از انواع مصالح موجود در منطقه ساخت انجام شود. خواص مصالح سنگی و نحوه پردازش و دست‌اندرکاری آنها، بر خواص بتن تازه و سفت‌شده تأثیر می‌گذارد.

استفاده از مصالح سنگی غیراستاندارد در بتن باید در هر مورد به صورت جداگانه و با استفاده از روش‌های اثبات‌شده و قضاوت مهندسی مناسب تصمیم‌گیری شود. گاهی اوقات می‌توان یک مصالح غیرقابل قبول را با استفاده از فرآیندهای بهبودکننده (Beneficiation) در محدوده‌های مجاز قرار داد. جدول ۶٫۱ فهرستی از این فرآیندهای بهبودکننده کیفیت مصالح سنگی را ارائه می‌دهد.

اگرچه فرآیندهای بهبودکننده می‌توانند در تغییر خواص مختلف مصالح موثر باشند، ولی ممکن است از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نباشند و بهتر باشد به جای آن از مصالح با کیفیت بالاتری استفاده کرد. استفاده از مصالح غیراستاندارد از لحاظ اقتصادی نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.

در مواردی که مصالح واکنش‌پذیر وجود دارد، یکی از راه‌های جلوگیری از انقباض بتن ناشی از واکنش قلیایی-سیلیسی، عدم استفاده از این مصالح است. اما گاهی این کار از لحاظ اقتصادی امکان‌پذیر نیست. در چنین مواقعی باید اقداماتی مانند محدود کردن مقدار قلیایی‌های سیمان انجام شود، هرچند که این روش همیشه مؤثر نبوده است. دو روشی که می‌تواند به بهبود وضعیت کمک کند شامل استفاده از یک پوزولان مؤثر یا جایگزینی بخشی با مصالح درشت غیرواکنشی مانند سنگ آهک است.

کنترل شکل ذرات یکی از عوامل مهم در کیفیت مصالح است. گاهی اوقات شکل ذرات به صورت درصد وزنی مجاز از ذرات مخصوص (مسطح یا بلند) مشخص می‌شود که بر اساس طول، عرض و ضخامت یک منشور مستطیلی تعریف می‌شوند. استاندارد ASTM D 3398 یک شاخص برای تعیین شکل و بافت ذرات معرفی کرده است. در مشخصات فنی باید از استفاده از عبارات همراه‌کننده مانند "بدون ذرات مسطوح" یا "به‌طور معقولی بدون ذرات بلند" خودداری کرد.

همچنین باید به نحوه نگهداری و دست‌اندرکاری مصالح سنگی توجه کرد، زیرا حتی کنترل دقیق در کارخانه تولید مصالح می‌تواند در اثر روش‌های نادرست دست‌اندرکاری و حمل‌ونقل از بین برود. تغییراتی در اندازه دانه‌ها، رطوبت و خواص فیزیکی در طول فرآیند حمل، ذخیره، بارگیری، تخلیه و انبارش رخ می‌دهد. بنابراین یک برنامه نمونه‌برداری آماری صحیح باید به‌منظور تشخیص و اصلاح تغییرات بیش از حد در مصالح به کار رود.

در مورد مصالح سنگی سنگین نیز به دلیل خاصیت شکننده بودن آنها، ممکن است نیاز به اقدامات ویژه‌ای در هنگام دپو و استفاده داشته باشیم. مثلاً می‌توان از گراداسیون‌های درشت‌تر استفاده کرد یا قبل از انبارش، مصالح را دوباره الک کرد تا از وجود ذرات ریز و غیرضروری جلوگیری شود.

همچنین در مورد مصالح مصنوعی ریز، محتوای حفره‌های هوای موجود در آنها نقش مهمی دارد. مصالحی با محتوای حفره‌ای ۵۳ درصد یا کمتر معمولاً شکل خوبی دارند و نشان‌دهنده پردازش مناسب هستند. این نوع مصالح در حال حاضر به‌خوبی در بتن استفاده می‌شوند و مانع از استفاده از مصالحی می‌شوند که شکل ضعیف، گراداسیون نامنظم و مشکلات متعددی دارند.

در مورد رطوبت مصالح نیز باید توجه داشت که دستیابی به یک مقدار ثابت رطوبت امری ضروری است. این موضوع به عوامل مختلفی مانند گراداسیون، شکل ذرات، بافت سطحی و روش‌های نگهداری مرتبط است. بنابراین مصالحی که با روش‌های آبی پردازش می‌شوند یا شسته می‌شوند باید قبل از استفاده در بتن، در انبار به‌خوبی خشک شوند. مصالح خوب گراداسیون‌شده، دانه‌های گرد و صافی که به‌خوبی زهکشی شده‌اند، می‌توانند بعد از ۱۲ ساعت زهکشی به مقدار ثابت رطوبت دست یابند. در مقابل، مصالح بدگراداسیون، دانه‌های مسطح و زاویه‌دار با زهکشی ضعیف ممکن است تا یک هفته یا بیشتر زمان ببرند تا به همان مقدار ثابت رطوبت برسند.

در صورت تغییرات آب‌وهوایی، می‌توان از دستگاه‌های اندازه‌گیری رطوبت برای شناسایی تغییرات کوچک استفاده کرد. همچنین استفاده از دستگاه‌های جبران‌کننده رطوبت در مرحله اندازه‌گیری مصالح می‌تواند تأثیر تغییرات رطوبت را روی خواص بتن مانند اسلامپ، انقباض، نسبت آب به سیمان و مقاومت به حداقل برساند. انبارهای مصالح باید تا حد امکان پر نگه داشته شوند تا از شکستگی و تغییر در گراداسیون جلوگیری شود.

روش‌های آزمون مربوطه در جدول ۱،۱ آمده‌اند و عنوان کامل و منبع هر یک در فصل ۸ این گزارش آورده شده است. در بسیاری از موارد، خواص مصالح و روش‌های آزمون فهرست شده به‌طور معمول در مشخصات فنی مصالح استفاده نمی‌شوند. استفاده از آنها بیشتر در موارد تحقیقاتی، بررسی منابع جدید یا کاربردهای خاص ضروری است. مقادیر ذکر شده فقط به‌عنوان راهنمایی ارائه شده‌اند. مصالح قابل قبول می‌توانند مقادیری خارج از محدوده‌های نشان داده شده داشته باشند و همچنین تمام مصالحی که در این محدوده‌ها قرار دارند الزاماً برای تمام کاربردها مناسب نیستند.

در مورد شستشوی مصالح، گاهی اوقات لایه‌هایی که به دانه‌ها می‌چسبند و می‌توانند به اتصال پاست سیمان به مصالح آسیب بزنند، باید برداشته شوند. شستشو بیشتر برای مصالح ریز سنگ‌های رسی لازم است و نه برای مصالح سنگی طبیعی یا سرباره‌های تولیدی. البته بعضی از سنگ‌های رسوبی با لایه‌های خاکی همراه هستند و نیازمند شستشوی شدید برای حذف این مواد هستند. مشخصاتی مانند ASTM C 33 محدوده‌هایی برای مواد ریزتر از الک ۷۵ میکرونی (الک شماره ۲۰۰) تعیین کرده‌اند که در صورتی که این مواد آلی نباشند، محدودیت کمتری دارند.

وجود ذرات ریز مانند گل و لای در مصالح می‌تواند باعث افزایش انقباض خشکی به‌ویژه در بتن‌های بدون هوای داخلی شود که فاقد این ذرات هستند. در این موارد می‌توان از هوای داخلی، افزودنی‌های شیمیایی یا افزودنی‌های معدنی مانند سرباره یا خاکستر بادی برای بهبود چسبندگی و کارایی استفاده کرد.

شاخص دوام هم برای اندازه‌گیری تمایل مصالح ریز به تولید ذرات گلی مضر در صورت تخریب استفاده می‌شود. این شاخص شامل تکان دادن یک مصالح ریز شسته شده به مدت ۱۰ دقیقه در یک استوانه پلاستیکی استاندارد است.

در مورد شکل دانه‌ها، روش‌های مختلفی برای آزمایش وجود دارد، اما هیچ کدام به‌صورت گسترده با مقادیر عددی مشخص استفاده نمی‌شوند. یکی از آزمون‌ها شامل تعیین درصد ذرات مسطح یا بلند در مصالح درشت با استاندارد ASTM D 4791 است. روش دیگری تحت عنوان CRD-C-120 هم برای مصالح ریز به همین منظور به کار می‌رود. همچنین استاندارد ASTM D 3398 یک شاخص برای شکل دانه‌ها تعیین می‌کند که در آن دانه‌های زاویه دارتر شاخص بالاتری دارند.

استاندارد ASTM C 29 هم میزان تخلخل مصالح را ارزیابی می‌کند که معمولاً بین ۳۸ تا ۵۰ درصد متغیر است. سازمان‌های دیگری مثل NAA-NRMCA نیز روش‌هایی برای این آزمون دارند که یکی از آنها در حال توسعه در ASTM برای مصالح ریز است.

در مورد گلوله‌های رسی و ذرات شکننده، استاندارد ASTM C 142 مقدار آنها را در محدوده ۰٫۵ تا ۲ درصد اندازه‌گیری می‌کند. این مقدار با شکستن ذرات خیس شده بین انگشتان اندازه‌گیری می‌شود. روش CRD-C-141 هم میزان ذرات تولیدی را پس از استفاده از یک دستگاه تکان دهنده رنگ تعیین می‌کند.

در مجموع، تمام این آزمون‌ها و روش‌ها به بهبود کیفیت مصالح سنگی و در نتیجه بهبود خواص بتن کمک می‌کنند. مدیریت صحیح از منبع تأمین تا مرحله نهایی بتن‌ریزی نقش بسزایی در دوام و کیفیت پروژه‌های بتنی دارد.

خواص مصالح سنگی، هم بر بتن تازه و هم بر بتن سفت شده تأثیر می گذارند. بعضی از خواص بیشتر بر روی بتن تازه تأثیر دارند در حالی که برخی دیگر نقش بیشتری در مشخصه های بتن سفت شده ایفا می کنند. بخش های بعدی به بررسی دقیق این تأثیرات می پردازند.

۱,۲ — تأثیر خواص مصالح سنگی بر بتن تازه

خصوصیات مصالحی که بر کارایی بتن تازه تأثیر می گذارند شامل شکل و بافت دانه ها، گراداسیون، مدول نرمی، وجود ذرات ریز و محتوای رطوبت می شود. دانه های زاویه دار تمایل به کاهش کارایی دارند زیرا باعث افزایش اصطکاک داخلی بین ذرات می شوند. یک مصالح با گراداسیون خوب و مدول نرمی مناسب به بهبود کارایی کمک کرده و مقدار آب اختلاط لازم را کاهش می دهد. وجود رس یا مواد ریز دیگر می تواند موجب افزایش نیاز به آب و کاهش مقدار هوای داخشی شود. وضعیت رطوبتی مصالح درشت باید به دقت کنترل شود زیرا بر اسلامپ و یکنواختی مخلوط بتن تأثیر مستقیم دارد.

۱,۳ — تأثیر خواص مصالح سنگی بر بتن سفت شده

هنگامی که بتن سفت شد، خواص مصالحی مثل وزن مخصوص، جذب آب، مقاومت و ضریب انبساط حرارتی اهمیت بیشتری پیدا می کنند. وزن مخصوص بالا و جذب آب پایین به افزایش چگالی و دوام بهتر کمک می کنند. مقاومت مصالح مستقیماً بر مقاومت فشاری بتن تأثیر دارد. ضریب انبساط حرارتی مصالح باید با ضریب انبساط خمیر سیمان هماهنگ باشد تا از تنش های داخلی و ترک های ناشی از انبساط نابرابر جلوگیری شود.

۱,۴ — خواص فیزیکی مصالح سنگی

خواص فیزیکی مصالح شامل وزن مخصوص، جذب آب، تخلخل، محتوای رطوبتی و انبساط حرارتی می شود. وزن مخصوص نسبت وزن یک حجم معین از مصالح به وزن همان حجم از آب است. این عامل در تعیین چگالی مخلوط های بتنی اهمیت زیادی دارد. جذب آب به مقدار آبی اطلاق می شود که می تواند در منافذ مصالح جذب شود. جذب بالا ممکن است نشانه ای از تخلخل زیاد باشد که می تواند منجر به کاهش دوام در شرایط یخبندان و آب و هوای سخت شود.

تخلخل یا وجود منافذ داخلی در مصالح، توانایی مقاومت مصالح در برابر عوامل جوی و حمله مواد شیمیایی را تحت تأثیر قرار می دهد. محتوای رطوبتی هم بر کارایی بتن تازه تأثیر می گذارد و باید در مرحله اختلاط به دقت کنترل شود. انبساط حرارتی نیز نقش مهمی دارد، زیرا تفاوت های موجود بین نرخ انبساط مصالح و خمیر سیمان می تواند باعث ایجاد تنش های داخلی شود که در نهایت ممکن است منجر به ترک خوردگی شود.

۱,۵ — خواص شیمیایی مصالح سنگی

ترکیب شیمیایی مصالح نقش مهمی در عملکرد بلندمدت بتن ایفا می کند. مواد واکنش پذیری مثل برخی سنگ های سیلیسی یا مواد معدنی قلیایی می توانند واکنش شیمیایی با قلیایی های موجود در سیمان داشته باشند. این واکنش ها منجر به انبساط و ترک خوردگی به نام واکنش قلیایی-مصالح (AAR) می شوند. این واکنش می تواند به مرور زمان سلامت سازه بتنی را به شدت تحت تأثیر قرار دهد.

سولفات‌های موجود در برخی از مصالح هم می‌توانند با ترکیبات سیمان واکنش نشان دهند و محصولات متورم‌کننده‌ای تشکیل دهند که به تخریب بتن کمک می‌کنند. بنابراین ضروری است قبل از استفاده از مصالح در بتن، واکنش‌پذیری شیمیایی آنها ارزیابی شود تا از خسارات احتمالی ناشی از این واکنش‌ها پیشگیری شود.

ترجمه فارسی کامل، بدون حذف کلمات:

۲,۱ — دوام

دوام بتن به شدت تحت تأثیر خواص مصالح سنگی استفاده‌شده قرار دارد. مقاومت در برابر یخبندان و آب‌شدن، حمله سولفاتی، واکنش‌های قلیایی-مصالح و مقاومت در برابر سایش از جمله عوامل مهمی هستند که بر عملکرد بلندمدت بتن تأثیر می‌گذارند. بخش‌های بعدی به‌طور دقیق‌تری این تأثیرات را بررسی می‌کنند.

مقاومت در برابر یخبندان و آب‌شدن :

چرخه‌های یخبندان و آب‌شدن می‌توانند باعث تخریب بتن شوند اگر مصالح سنگی به‌درستی انتخاب یا پردازش نشده باشند. مصالحی با تخلخل بالا یا استحکام ضعیف تمایل دارند آب بیشتری جذب کنند که در داخل منافذ یخ می‌زند و منبسط می‌شود. این انبساط باعث ایجاد تنش‌های داخلی و در نهایت ترک‌خوردگی می‌شود. استانداردهای ASTM C 666 و CRD-C-114 روش‌هایی برای ارزیابی عملکرد مصالح تحت شرایط تکراری یخبندان و آب‌شدن ارائه می‌دهند.

مقاومت در برابر سولفات :

برخی از مصالح شامل سولفات‌هایی هستند که ممکن است با خمیر سیمان واکنش نشان دهند و ترکیبات متورم‌کننده‌ای مانند اتریژیت تشکیل دهند. این واکنش‌ها منجر به انبساط، ترک‌خوردگی و تخریب بتن می‌شوند. استاندارد ASTM C 88 روشی برای آزمون استحکام سولفاتی فراهم می‌کند که در آن مصالح در معرض چرخه‌های مکرری از غوطه‌وری در محلول‌های سولفات سدیم یا منیزیم و سپس خشک‌کردن قرار می‌گیرند. مقدار اتلاف وزنی پس از چندین چرخه، نشانه‌ای از درجه تخریب است.

واکنش‌پذیری قلیایی-مصالح :

انواع خاصی از مصالح، به‌ویژه آن‌هایی که دارای مواد سیلیسی یا کربناتی واکنش‌پذیر هستند، می‌توانند با قلیایی‌های موجود در خمیر سیمان واکنش شیمیایی انجام دهند. این واکنش که به عنوان واکنش سیلیسی-قلیایی (ASR) یا واکنش کربناتی-قلیایی (ACR) شناخته می‌شود، یک ماده ژله‌ای تولید می‌کند که آب را جذب می‌کند و منبسط می‌شود. این امر باعث فشار داخلی، ترک‌خوردگی و خرابی سازه‌ای در طول زمان می‌شود. آزمون‌های مربوط به واکنش‌پذیری قلیایی شامل ASTM C 227 (روش میله‌ای ملات) و ASTM C 295 (آزمون پتروگرافی) است.

مقاومت در برابر سایش :

مصالحی که در روسازی‌ها یا سطوح دیگری که در معرض سایش قرار دارند استفاده می‌شوند، باید سختی و استحکام کافی برای مقاومت در برابر خرابی سطحی داشته باشند. آزمون سایش لس‌آنجلس (ASTM C 131) مقاومت مصالح درشت در برابر ضربه و سایش را اندازه‌گیری می‌کند. درصد کمتر اتلاف سایشی نشان‌دهنده کیفیت بهتر مصالح است.

۲,۲ — آزمون استحکام مصالح سنگی

استحکام مصالح سنگی با استفاده از آزمون‌هایی مثل ASTM C 88 ارزیابی می‌شود که شامل چرخه‌های مکرر غوطه‌وری در محلول‌های سولفات سدیم یا منیزیم و سپس خشک کردن است. مقدار اتلاف وزنی پس از چندین چرخه، نشانه‌ای از درجه تخریب است. سولفات منیزیم به طور کلی خسارت بیشتری نسبت به سولفات سدیم ایجاد می‌کند زیرا ظرفیت انبساط بالاتری دارد.

۲,۳ — واکنش پذیری قلیایی-مصالح

واکنش‌های قلیایی-مصالح (AAR) هنگامی رخ می‌دهد که مواد سیلیسی یا کربناتی واکنش‌پذیر موجود در مصالح با قلیایی‌های موجود در خمیر سیمان واکنش شیمیایی انجام دهند. این واکنش یک ماده ژله‌ای تولید می‌کند که آب را جذب می‌کند و منبسط می‌شود و باعث ایجاد فشار داخلی، ترک خوردگی و خرابی سازه‌ای در طول زمان می‌شود. آزمون‌های مربوط به واکنش‌پذیری قلیایی شامل (ASTM C 227 روش میله‌ای ملات) و (ASTM C 295 آزمون پتروگرافی) است.

۲,۴ — مقاومت در برابر سایش

مصالحی که در کاربردهای با سایش زیاد مانند روسازی‌ها استفاده می‌شوند باید در برابر خراشیدگی ناشی از ترافیک و عوامل محیطی مقاومت کنند. آزمون سایش لس‌آنجلس (ASTM C 131) مقاومت مصالح درشت در برابر ضربه و سایش را اندازه‌گیری می‌کند. درصد کمتر اتلاف ناشی از سایش نشان‌دهنده کیفیت بهتر مصالح است.

۲,۵ — مقاومت در برابر سایش و اصطکاک سطحی

مصالحی که در روسازی‌ها و دیگر کاربردهای با سایش زیاد استفاده می‌شوند، باید دارای سختی و استحکام کافی برای مقاومت در برابر خرابی سطحی باشند. آزمون سایش لس‌آنجلس (ASTM C 131) به طور رایج برای اندازه‌گیری مقاومت مصالح درشت در برابر ضربه و سایش استفاده می‌شود. درصد کمتر اتلاف ناشی از سایش نشان‌دهنده کیفیت بهتر مصالح است.

بافت سطحی و شکل ذرات نیز نقش مهمی در تعیین مقاومت لغزش سطوح بتنی دارند. مصالحی با سطح زبرتر تمایل به ایجاد التصاق بهتر در شرایط مرطوب دارند. استاندارد ASTM C 295 راهنمایی برای آزمون پتروگرافی ارائه می‌دهد تا بافت سطحی و زاویه‌داری دانه‌ها را ارزیابی کنیم. آزمون‌های دیگری مانند ASTM D 3398 و ASTM D 4791 نیز برای ارزیابی کمی شکل و بافت دانه‌ها استفاده می‌شوند.

۲,۶ — مدول الاستیسیته مدول یانگ

مدول الاستیسیته بتن تحت تأثیر خواص الاستیک مصالح سنگی استفاده شده قرار دارد. مصالحی با مدول الاستیسیته بالاتر منجر به بتن سفت‌تری می‌شوند که در کاربردهای سازه‌ای که کنترل تغییر شکل ضروری است، اهمیت زیادی دارد. مدول الاستیسیته برای مصالح معمولی معمولاً در محدوده ۰/۱ تا $0.1 \times 10^6 \text{ psi}$ پوند بر اینچ مربع قرار دارد طبق استانداردهای ASTM C 295 و C 136 تغییرات در گراداسیون و شکل دانه‌ها می‌تواند بر این خاصیت تأثیر بگذارد.

۲،۷ — خواص اصطکاکی سطحی

بافت سطحی و شکل ذرات مصالح تأثیر قابل توجهی بر مقاومت لغزشی سطوح بتنی دارند. بافت‌های سطحی زیرتر التصاق بهتری در شرایط مرطوب فراهم می‌کنند. دانه‌های زاویه‌دار تمایل دارند نسبت به دانه‌های گرد شده افزایش بیشتری در اصطکاک سطحی ایجاد کنند. استاندارد ASTM C 295 راهنمایی برای آزمون پتروگرافی ارائه می‌دهد تا بافت سطحی را ارزیابی کنیم، در حالی که استانداردهای ASTM D 4791 و ASTM D 3398 برای ارزیابی کمی شکل و زاویه‌داری دانه‌ها استفاده می‌شوند.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به دو خاصیت مهم مصالح سنگی پرداخته شده است :

- **مدول الاستیسیته :** این خاصیت تعیین‌کننده سفتی بتن است و مصالح با مدول الاستیسیته بالاتر، بتنی محکم‌تر و کمتر خمشی تولید می‌کنند که در سازه‌های بلندمرتبه و جاده‌ها بسیار مهم است.
- **خواص اصطکاکی سطحی :** بافت و شکل مصالح روی مقاومت لغزشی سطح بتن تأثیر مستقیم دارد. این موضوع در طراحی سطوح راه‌ها، فرودگاه‌ها و ساختمان‌ها با اهمیت است.

این دو خاصیت به‌همراه دیگر مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی مصالح، نقش کلیدی در عملکرد بلندمدت بتن دارند و باید در مرحله طراحی مخلوط و انتخاب مصالح مورد توجه قرار گیرند.

۳،۱ — مصالح ریز

مصالح ریز به‌عنوان ذراتی تعریف می‌شوند که از الک ۰،۰۷۵ میلی‌متری (الک شماره ۲۰۰) عبور می‌کنند. این مصالح شامل شن طبیعی، شن سنگ‌شکن و شن ساخته شده است. مصالح ریز نقش مهمی در تعیین کارایی، قابلیت تراکم و دوام بتن دارند. مدول نرمی یک پارامتر مهم برای توصیف گراداسیون مصالح ریز محسوب می‌شود.

۳،۲ — مصالح درشت

مصالح درشت به‌عنوان ذراتی تعریف می‌شوند که روی الک ۰،۰۷۵ میلی‌متری (الک شماره ۲۰۰) باقی می‌مانند. این مصالح شامل شن رودخانه‌ای، سنگ شکسته و سرباره هستند. مصالح درشت تأثیر زیادی در مقاومت و ثبات ابعادی بتن دارند. گراداسیون مناسب مصالح درشت، تضمین‌کننده چگالی بهتر، کاهش حجم فضاهای خالی و بهبود چسبندگی با خمیر سیمن است.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به دو نوع اصلی مصالح سنگی یعنی ریزدانه‌ها شن و درشت‌دانه‌ها سنگ‌های شکسته و شن رودخانه‌ای پرداخته شده است :

- **مصالح ریز** : نقش عمده‌ای در کارایی و ظاهر بتن دارند. وجود آنها باعث کاهش فضاهای خالی در مخلوط بتن می‌شود و اثر لغزش‌دهندگی را بهبود می‌بخشد. مدول نرمی یک شاخص مهم برای تعیین درصد مناسب این مصالح است .
- **مصالح درشت** : عمدتاً مقاومت فشاری و پایداری ابعادی بتن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. گراداسیون صحیح این مصالح به کاهش مصرف سیمان و بهبود عملکرد بلندمدت بتن کمک می‌کند .

انتخاب صحیح این مصالح و کنترل کیفیت آنها امری ضروری است تا بتوان یک مخلوط بتنی با تعادل مناسب بین مقاومت، کارایی و دوام به دست آورد .

۳,۳ — مدول نرمی و گراداسیون مصالح ریز

مدول نرمی یک شاخص عددی است که برای نشان دادن درشتی یا نرمی یک مصالح سنگی استفاده می‌شود. این مقدار با جمع کردن درصد‌های تجمعی باقی‌مانده روی هر الک در سری استاندارد و تقسیم آن بر ۱۰۰ محاسبه می‌شود. مدول نرمی بالاتر نشان‌دهنده یک مصالح درشت‌تر است، در حالی که مقدار پایین‌تر نشان‌دهنده یک مصالح ریزتر است. مقادیر معمولی برای مصالح ریز در محدوده ۲,۲ تا ۳,۱ قرار دارد .

گراداسیون به توزیع اندازه ذرات داخل یک نمونه معین از مصالح اشاره دارد. گراداسیون مناسب کارایی بهتر، کاهش نیاز به آب و بهبود دوام بتن را تضمین می‌کند. مصالح ریز باید با محدوده‌های تعیین‌شده در استاندارد ASTM C 33 مطابقت داشته باشند مگر اینکه با الزامات خاص پروژه تغییر کرده باشد .

۳,۴ — خواص مخلوط‌های بتن تازه

خواص بتن تازه‌ای که تازه تهیه شده است، مانند کارایی، یکنواختی، چسبندگی و مشخصه‌های اسکینینگ (جداشدگی آب) تحت تأثیر نوع و گراداسیون مصالح سنگی استفاده‌شده قرار دارد. ذرات زاویه‌دار تمایل دارند کارایی را کاهش دهند و نیاز به آب را افزایش دهند. یک مصالح با گراداسیون خوب و مدول نرمی مناسب به بهبود کارایی کمک کرده و مقدار آب اختلاط لازم را کاهش می‌دهد .

۳,۵ — اسکینینگ جداشدگی آب

اسکینینگ حرکت رو به بالای آب اختلاط در بتن تازه را نشان می‌دهد که به دلیل نشست ذرات جامد اتفاق می‌افتد. اسکینینگ شدید می‌تواند منجر به سطوح ضعیف و متخلخل، افزایش انقباض خشکی و کاهش دوام شود. عوامل مؤثر بر اسکینینگ شامل گراداسیون مصالح، شکل ذرات، مقدار سیمان و استفاده از پوزولان‌ها یا افزودنی‌های شیمیایی است.

🔍 تفسیر کوتاه :

در این صفحه به دو موضوع مهم در مرحله بتن تازه پرداخته شده :

- **خواص بتن تازه:** شامل کارایی، همگنی و چسبندگی است که به شدت تحت تأثیر شکل و گراداسیون مصالح است. مصالح زاویه‌دار باعث کاهش کارایی و افزایش مصرف آب می‌شوند.
- **اسکینینگ:** جدشدگی آب از مخلوط بتن به دلیل نشست مواد جامد است. این پدیده می‌تواند باعث تشکیل لایه‌ای ضعیف در سطح بتن شود. مدیریت آن با استفاده از مصالح با گراداسیون بهتر، افزودنی‌ها و کنترل رطوبت امکان‌پذیر است.

این دو موضوع در عملیات اجرایی بتن نقش مهمی دارند و باید در طراحی مخلوط و کنترل کیفیت مورد توجه قرار گیرند.

۳،۶ — خصوصیات تکمیلی سطح بتن تازه ناهموار بدون قالب‌بندی

تکمیل سطوح بتنی تحت تأثیر خواص مصالح سنگی استفاده‌شده قرار دارد. مصالح با بافت زبر tend to produce ایجاد می‌کنند سطوح تکمیل‌شده زبرتر، در حالی که ذرات صاف یا گرد شده ممکن است منجر به یک تکمیل سطحی صاف‌تر شوند. وجود ذرات ریز زیاد یا مواد شبیه به رس می‌تواند تکمیل سطح را دشوار کند و ممکن است باعث عیوب سطحی مانند گرد کردن یا پوسته‌شدن (Scaling) شود. گراداسیون مناسب و کنترل خواص مصالح سنگی برای دستیابی به نتایج تکمیل مناسب ضروری است.

🔍 تفسیر کوتاه :

در این بخش به نحوه تأثیر مصالح سنگی روی ظاهر نهایی سطح بتن پرداخته شده است :

- **بافت مصالح:** مصالح زبر باعث ایجاد سطح زبرتری می‌شوند و ممکن است در سطوح ضد لغزش مورد استفاده قرار گیرند.
- **ذرات ریز و رسی:** وجود این مواد می‌تواند باعث مشکلاتی در تکمیل سطح بتن شود، از جمله تشکیل لایه گرد و پوسته‌شدن سطح.
- **کنترل دقیق گراداسیون:** برای دستیابی به یک سطح یکنواخت و بدون عیب، گراداسیون مناسب و کنترل کیفیت مصالح بسیار مهم است.

این موضوع در پروژه‌هایی که ظاهر بتن مهم است (مانند کف‌ها، دال‌ها و سطوح مرئی) نقش بزرگی دارد.

۳,۷ — واکنش‌پذیری شیمیایی مصالح سنگی

انواع خاصی از مصالح می‌توانند به صورت شیمیایی با قلیایی‌های موجود در سیمان واکنش نشان دهند و منجر به انبساط و ترک‌خوردگی شوند که به آن واکنش قلیایی-مصالح (AAR) گفته می‌شود. دو نوع اصلی از AAR شناخته شده است: واکنش قلیایی-سیلیسی (ASR)، که شامل مواد معدنی سیلیسی واکنش‌پذیر می‌شود، و واکنش قلیایی-کربناتی (ACR)، که شامل برخی سنگ‌های کربناتی خاص مثل سنگ آهک دولومیتی است.

وجود مواد واکنش‌پذیر در مصالح را می‌توان با استفاده از آزمون پتروگرافی (ASTM C 295) یا روش‌های آزمایش شیمیایی مانند ASTM C 227 روش میله‌ای ملات شناسایی کرد. اقدامات پیشگیرانه شامل استفاده از سیمان با قلیایی کم، اضافه کردن مواد پوزولانی و یا محدود کردن مقدار رطوبت در دسترس برای واکنش است.

۳,۸ — مواد مضر در مصالح سنگی

مصالح باید از ناخالصی‌های مضر مانند رس، لای، مواد آلی و سولفات‌ها آزاد باشند. این مواد می‌توانند مانع از هیدراتاسیون سیمان شوند، پیوند بین خمیر سیمان و مصالح را کاهش دهند، مصرف آب را افزایش دهند و باعث لکه‌دار شدن یا مشکلات دوامی شوند. روش‌های آزمایشی مانند ASTM C 117 برای مواد ریز عبوری از الک شماره ۲۰۰ ASTM D 2419 درصد رس و ASTM C 40 مواد آلی برای ارزیابی وجود این مواد مضر استفاده می‌شوند.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه دو موضوع مهم در زمینه مصالح سنگی مطرح شده است :

- **واکنش‌های قلیایی-مصالح (AAR)** این واکنش‌ها می‌توانند منجر به انبساط، ترک‌خوردگی و خرابی سازه‌ای در طول زمان شوند. تشخیص این مواد با آزمون‌های دقیق و پیشگیری با استفاده از سیمان کم‌قلیایی یا مواد پوزولانی ضروری است.
- **مواد مضر در مصالح**: وجود رس، لای، مواد آلی و سولفات‌ها می‌تواند خواص بتن را تحت تأثیر قرار دهد. آزمون‌های استاندارد برای شناسایی این مواد وجود دارد و کنترل کیفیت مصالح قبل از استفاده الزامی است.

این دو مسئله نقش کلیدی در دوام بلندمدت بتن دارند و باید در مرحله انتخاب مصالح مورد توجه قرار گیرند.

۳,۹ — خواص فیزیکی مصالح سنگی

خواص فیزیکی مصالح سنگی شامل وزن مخصوص، جذب آب، تخلخل، محتوای رطوبتی و انبساط حرارتی است. این خواص بر رفتار بتن در حالت تازه و سفت شده تأثیر می‌گذارند. وزن مخصوص نسبت وزن یک حجم معین از مصالح سنگی به وزن همان حجم از آب است. جذب آب به مقدار آبی گفته می‌شود که می‌تواند در منافذ مصالح جذب شود. جذب آب بالا ممکن است نشانه‌ای از تخلخل زیاد باشد که می‌تواند منجر به کاهش دوام در محیط‌های یخبندان و آب شدن شود.

تخلخل بر توانایی مقاومت مصالح در برابر عوامل جوی و حمله مواد شیمیایی تأثیر می‌گذارد. محتوای رطوبتی هم بر کارایی بتن تازه تأثیر می‌گذارد و باید در مرحله اختلاط به دقت کنترل شود. انبساط حرارتی نیز نقش مهمی دارد، زیرا تفاوت‌های موجود بین نرخ انبساط مصالح و خمیر سیمان می‌تواند باعث ایجاد تنش‌های داخلی شود که در نهایت ممکن است منجر به ترک خوردگی شود.

۳،۱۰ — خواص حرارتی مصالح سنگی

ضریب انبساط حرارتی (CTE) مصالح سنگی نقش مهمی در رفتار حرارتی بتن ایفا می‌کند. اگر ضریب انبساط حرارتی مصالح با ضریب انبساط خمیر سیمان تفاوت قابل توجهی داشته باشد، تنش‌های داخلی می‌توانند در طول تغییرات دما ایجاد شوند که پتانسیل دارد منجر به ترک خوردگی شود. هدایت حرارتی و ظرفیت گرمایی مصالح سنگی نیز بر عملکرد کلی حرارتی بتن تأثیر می‌گذارند.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به دو موضوع مهم درباره مصالح سنگی پرداخته شده :

- **خواص فیزیکی مصالح :** شامل وزن مخصوص، جذب آب، تخلخل، رطوبت و انبساط حرارتی است. این خواص نقش عمده‌ای در تعیین دوام بتن در شرایط مختلف اقلیمی، به‌ویژه در معرض یخبندان، دارند.
- **خواص حرارتی مصالح :** ضریب انبساط حرارتی مصالح یکی از عوامل کلیدی در جلوگیری از ترک‌های حرارتی است. تطابق این ضریب با خمیر سیمان ضروری است. همچنین هدایت حرارتی و ظرفیت گرمایی مصالح در طراحی بتن‌هایی با مقاومت حرارتی بالا مؤثر است.

این دو بخش نشان می‌دهند که مصالح سنگی تنها حامل خواص مکانیکی نیستند، بلکه خواص فیزیکی و حرارتی آنها نیز در عملکرد کلی بتن نقش دارند.

ترجمه فارسی کلمه به کلمه، بدون حذف :

۴،۱ — عمومیات

تولید مصالح سنگی شامل چندین مرحله است که عبارتند از استخراج، خرد کردن، الک کردن، شستشو و انبار کردن. هر یک از این مراحل باید با دقت کنترل شوند تا کیفیت یکنواخت و گراداسیون مناسب حفظ شود. دست‌اندرکاری صحیح و نگهداری مناسب ضروری است تا از خرابی و آلودگی مصالح جلوگیری شود.

۴,۲ — پردازش اولیه

خرد کردن و الک کردن مراحل اصلی در فرآوری مصالح سنگی هستند. خرد کردن باعث کاهش اندازه مواد خامی مثل سنگ، شن رودخانه‌ای یا سرباره می‌شود، در حالی که الک کردن ذرات را به کسرهای مختلف اندازه‌ای تقسیم می‌کند. آسیاب‌های فکی، آسیاب‌های مخروطی و آسیاب‌های ضربه‌ای به طور رایج برای عملیات خرد کردن اولیه و ثانویه استفاده می‌شوند.

۴,۳ — بهبود کیفیت مصالح

بهبود کیفیت به هر فرآیندی گفته می‌شود که بتواند کیفیت مصالح غیراستاندارد (Marginal Aggregates) را بهبود بخشد. این فرآیند می‌تواند شامل حذف مواد مضر مانند رس، لای یا مواد آلی، یا تغییر شکل و بافت دانه‌ها باشد. روش‌های متداول بهبود کیفیت شامل شستشو، تمیز کردن (Scrubbing)، فلوتاسیون و عملیات حرارتی است.

🔍 تفسیر کوتاه :

در این صفحه به مراحل اولیه تولید مصالح سنگی و نحوه بهبود کیفیت آنها پرداخته شده :

- **فرآیند تولید** : شامل استخراج، خرد کردن، الک کردن، شستشو و انبار کردن است. هر مرحله نقش مهمی در دستیابی به یک مصالح با کیفیت و گراداسیون مناسب دارد.
- **پردازش اولیه** : خرد کننده‌ها و الک‌ها ابزارهای اصلی در این مرحله هستند و نوع آنها بسته به نوع مصالح و اندازه مورد نیاز انتخاب می‌شود.
- **بهبود کیفیت (Beneficiation)** : وقتی مصالح موجود از کیفیت لازم برخوردار نیستند، می‌توان با روش‌هایی مانند شستشو، تمیز کردن و فلوتاسیون، ناخالصی‌ها را حذف کرد و خواص مطلوب را به دست آورد.

این بخش به‌وضوح نشان می‌دهد که تولید مصالح سنگی تنها یک فرآیند فیزیکی نیست، بلکه مستلزم کنترل دقیق و اقدامات بهبوددهنده است.

۴,۵ — دست‌اندرکاری با مصالح سنگی

دست‌اندرکاری صحیح با مصالح سنگی در طول حمل و نقل، انبار کردن و بارگیری امری ضروری است تا کیفیت و گراداسیون مصالح حفظ شود. انبارهای مخروطی یا هر روش تخلیه‌ای که شامل ریختن مصالح روی سطوح شیب‌دار باشد باید پرهیز شود. کامیون‌ها، بلدوزرها و لودرهای چرخ‌دار نباید مجاز به حرکت روی انبارهای مصالح باشند زیرا می‌توانند منجر به خرابی و آلودگی مصالح شوند.

۴,۶ — مسائل زیست‌محیطی

برخی از مناطق قوانین سفت و سختی برای کنترل گرد و غبار در طول تولید مصالح سنگی دارند. اقداماتی مانند استفاده از پاشش آب، ساخت سد بادی و نگهداری صحیح تجهیزات باید انجام شوند تا با استانداردهای محیط‌زیستی تطابق داشته باشیم. با وجود این کنترل‌ها، همچنان لازم است مصالح سنگی با کیفیت بالا تولید شوند که الزامات ساختمانی را برآورده کنند.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه دو عامل مهم در کیفیت مصالح سنگی مطرح شده است :

- **دست‌اندرکاری :** نحوه حمل و انبار کردن مصالح نقش بزرگی در جلوگیری از تخریب و آلودگی دارد. روش‌های نادرست مانند ریختن مصالح از ارتفاع یا استفاده از ماشین‌آلات روی انبار می‌تواند باعث افت کیفیت شود.
- **مسائل زیست‌محیطی :** در بسیاری از مناطق، تولید مصالح سنگی تحت نظارت قرار دارد و کنترل گرد و غبار امری الزامی است. با این حال، این محدودیت‌ها نباید منجر به کاهش کیفیت مصالح شود.

این دو بخش نشان می‌دهند که تولید موفق مصالح سنگی تنها به فناوری و تجهیزات نیست، بلکه مدیریت دقیق عملیات و رعایت استانداردهای زیست‌محیطی نیز باید در نظر گرفته شود.

۴،۷ — کنترل شکل و بافت دانه‌های مصالح سنگی

شکل و بافت دانه‌های مصالح سنگی تأثیر قابل‌توجهی بر کارایی، مقاومت و دوام بتن دارد. دانه‌های زاویه‌دار تمایل دارند اصطکاک داخلی را افزایش دهند و کارایی را کاهش دهند، در حالی که دانه‌های گرد شده جریان‌پذیری را بهبود می‌بخشند. بافت سطحی نیز بر استحکام پیوند بین مصالح و خمیر سیمان تأثیر می‌گذارد.

مصالح با بافت زیر اتصال مکانیکی بهتری با ماتریس سیمانی فراهم می‌کنند و استحکام چسبندگی را افزایش می‌دهند. با این حال، سطوح بیش‌ازحد زبر یا متخلخل ممکن است نیاز به آب را افزایش دهند و مقدار هوای محبوس را بالا ببرند. آزمون‌های استاندارد مانند ASTM C 295 آزمون پتروگرافی، ASTM D 3398 شاخص شکل دانه و ASTM D 4791 دانه‌های مسطح و بلند برای ارزیابی این خصوصیات استفاده می‌شوند.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به موضوع شکل و بافت دانه‌های مصالح سنگی پرداخته شده است :

- **شکل دانه‌ها :** دانه‌های زاویه‌دار باعث افزایش اصطکاک داخلی و کاهش کارایی مخلوط می‌شوند، در حالی که دانه‌های گرد شده جریان‌پذیری را بهبود می‌دهند و مناسب بتن‌های خودتراکم هستند.

- **بافت سطحی:** سطح زبرتر موجب اتصال بهتر با خمیر سیمان می‌شود، اما ممکن است باعث افزایش نیاز به آب و هوای محبوس شود.
 - **روش‌های ارزیابی:** آزمون‌های استاندارد وجود دارند که شکل و بافت دانه‌ها را به صورت کمی و کیفی ارزیابی می‌کنند و در کنترل کیفیت مصالح بسیار مهم هستند.
- این خصوصیات در طراحی مخلوط‌های بتنی با کارایی و مقاومت بالا نقش بزرگی دارند و باید به خوبی مدیریت شوند.

۵,۱ — عمومیات

کنترل کیفیت مصالح سنگی شامل بازرسی بصری، آزمون‌های روتین و معیارهای پذیرش مبتنی بر مشخصات استاندارد است. نظارت مداوم اطمینان می‌دهد که مصالح در تمام مدت تولید دارای گراداسیون مورد نظر، تمیزی لازم و خواص فیزیکی مناسب باشند.

۵,۲ — بازرسی بصری روتین

بازرسی بصری یک روش ساده اما مؤثر برای شناسایی تغییرات در خصوصیات مصالح سنگی است، مانند رنگ، شکل دانه‌ها یا وجود آلاینده‌ها. مشاهدات باید به طور منظم ثبت شوند تا روندها یا انحرافات از شرایط عادی قابل تشخیص باشند.

۵,۳ — آزمون‌های کنترلی روتین

آزمون‌های کنترلی روتین شامل آنالیز الکی (ASTM C 136)، تعیین ذرات رسی و ذرات شکننده (ASTM C 142) و اندازه‌گیری جذب آب و وزن مخصوص ASTM C 127 و C 128 است. این آزمون‌ها به حفظ یکنواختی خواص مصالح کمک می‌کنند و اطمینان می‌دهند که مصالح از الزامات پروژه تبعیت می‌کنند.

🔍 تفسیر کوتاه :

در این صفحه به موضوع کنترل کیفیت مصالح سنگی پرداخته شده است :

- **بازرسی بصری:** اولین و ساده‌ترین مرحله از کنترل کیفیت است. تغییرات ظاهری مانند رنگ، شکل دانه‌ها یا وجود آلودگی می‌تواند نشانه‌ای از تغییر در کیفیت مصالح باشد.
- **آزمون‌های روتین:** شامل آزمون‌هایی است که به طور منظم انجام می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که مصالح در محدوده‌های استاندارد باقی مانده‌اند. این آزمون‌ها به کشف زودهنگام مشکلات کمک می‌کنند.

این بخش نشان می‌دهد که کنترل کیفیت مصالح سنگی تنها به آزمون‌های آزمایشگاهی نیست، بلکه تلفیقی از مشاهده مستمر، آزمون‌های منظم و مقایسه با استانداردها است.

۵,۴ — آزمون‌های پذیرش مصالح

پذیرش مصالح سنگی برای استفاده در بتن باید بر اساس آزمون‌های استاندارد باشد که گراداسیون، مقدار رس، جذب آب، وزن مخصوص و مواد مضر موجود در مصالح را ارزیابی می‌کنند. این آزمون‌ها معمولاً توسط آزمایشگاه‌های مستقل یا بخشهای کنترل کیفیت انجام می‌شوند تا اطمینان از بی‌طرفی داشته باشیم. نتایج باید با مشخصات پروژه و استانداردهای مربوطه مطابقت داشته باشند، از جمله استانداردهای ASTM C 33 یا AASHTO M 6

۵,۵ — نگهداری از سوابق و گزارش‌ها

ثبت منظم نتایج آزمون‌ها برای تضمین کیفیت ضروری است. سوابق باید شامل تاریخ‌های نمونه‌برداری، روش‌های آزمون استفاده‌شده، افراد مسئول و همچنین نتایج واقعی آزمون‌ها باشند. تحلیل آماری داده‌ها می‌تواند به شناسایی روندها و تغییرات در خواص مصالح در طول زمان کمک کند. ثبت صحیح داده‌ها به رعایت مشخصات کمک می‌کند و همچنین در صورت بروز مشکلات، امکان تشخیص علت را فراهم می‌کند.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به دو مرحله مهم در کنترل کیفیت مصالح سنگی پرداخته شده :

- **آزمون‌های پذیرش :** قبل از استفاده از مصالح در بتن، باید مطابقت آنها با استانداردهای تعیین‌شده را با انجام آزمون‌های دقیق تأیید کرد. این آزمون‌ها اغلب توسط مراکز مستقل انجام می‌شود تا بی‌طرفی تأمین شود.
- **نگهداری از سوابق :** ثبت منظم و دقیق داده‌ها امری ضروری است. این سوابق می‌توانند در تحلیل عملکرد مصالح در طول زمان، کنترل کیفیت و همچنین حل مشکلات بعدی بتن کمک کننده باشند.

این دو عنصر (پذیرش و ثبت) اجزای کلیدی سیستم مدیریت کیفیت در تولید و استفاده از مصالح سنگی هستند.

۵,۶ — تحلیل آماری داده‌های آزمون

روش‌های آماری را می‌توان بر روی نتایج آزمون‌های مصالح سنگی اعمال کرد تا روندها، تغییرات و کارایی کنترل فرآیند شناسایی شود. میانگین متحرک پنج تا ده آزمون متوالی می‌تواند در نشان دادن روندهای موجود در نتایج گراداسیون که از مشاهده جداگانه هر آزمون قابل تشخیص نیستند، کمک کند. چنین روندهایی در تنظیم واحد فرآوری جهت حفظ یک مقدار متوسط ثابت مفید است.

تغییرات در نتایج آزمون‌ها ممکن است ناشی از تغییر ذاتی مواد، عدم کنترل فرآیند، یا خطا در نمونه‌برداری و آزمون باشد. ارزیابی آماری محتوای رطوبتی، شکل ذرات، درصد مواد مضر، تمیزی یا سایر خواص مصالح در کنترل کیفیت بتن امری مهم محسوب می‌شود.

۵,۷ — تنظیمات کنترل فرآیند

باید تنظیمات لازم در فرآیند تولید بر اساس روندهای آماری و نتایج آزمون‌ها انجام شود. اگر مقادیر آزمون‌ها به طور مداوم خارج از محدوده مشخصات تعیین شده باشند، باید اقدامات اصلاحی مانند تنظیم مجدد تجهیزات، تغییر در عملیات خرد کردن یا الک کردن یا تغییر منبع مواد خام انجام شود. حفظ خواص یکنواخت مصالح سنگی نیازمند نظارت مستمر و مداخله به موقع است.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به تحلیل آماری داده‌های آزمون مصالح سنگی و کنترل فرآیند تولید پرداخته شده است :

- **تحلیل آماری** : استفاده از میانگین متحرک و سایر روش‌های آماری به شناسایی روندهای پنهان در کیفیت مصالح کمک می‌کند. این روش‌ها بهترین راه برای تشخیص زودهنگام تغییرات غیرعادی است .
- **کنترل فرآیند** : نتایج بدست آمده از آزمون‌ها باید به صورت پویا در فرآیند تولید استفاده شوند. در صورت وجود انحرافات مداوم، باید تعمیرات یا تنظیمات لازم روی ماشین‌آلات و منابع مواد خام انجام شود .

این دو بخش به خوبی نشان می‌دهند که تولید مصالح سنگی با کیفیت بالا فقط به دانش فنی نیست، بلکه نیازمند مدیریت علمی و تحلیل داده‌ها نیز هستیم .

۶,۱ — مصالح غیراستاندارد (Marginal Aggregates)

مصالح غیراستاندارد به مصالحی گفته می‌شود که به طور کامل الزامات مشخصات استاندارد را ندارند ولی ممکن است تحت شرایط خاصی قابل استفاده در بتن باشند. این مصالح اغلب دارای خصوصیتی مانند جذب آب بالا، گراداسیون ضعیف، مقدار زیاد رس یا مواد واکنش پذیر هستند. پذیرش این مصالح به تشخیص مهندسی مناسب و ارزیابی دقیق خواص آنها بستگی دارد .

در صورتی که روندهای فعلی ادامه یابند، اجتناب ناپذیر است که فشار بیشتری برای استفاده از مصالح غیراستاندارد وجود داشته باشد. استفاده از این مصالح تنها در صورتی مجاز است که بر اساس تشخیص مهندسی صحیح و ارزیابی کیفیت مناسب انجام شود. پیشرفت‌های مداوم در شناخت تأثیر خواص مخصوص هر نوع مصالح سنگی بر رفتار بلندمدت بتن لازم است تا دستورالعمل‌های واضح‌تری برای کاربران توسعه یابد .

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به موضوع مصالح غیراستاندارد پرداخته شده است :

- **تعریف** : مصالحی هستند که الزامات استاندارد را به طور کامل ندارند ولی در شرایط خاصی می‌توانند استفاده شوند .

- **مشخصات عمومی:** شامل جذب آب بالا، گراداسیون بد، مقدار زیاد رس یا واکنش پذیری قلیایی هستند.
- **روند استفاده:** با توجه به کمبود منابع مصالح استاندارد، استفاده از این مصالح در آینده افزایش خواهد یافت.
- **ضرورت دانش فنی:** استفاده از این مصالح نیازمند دانش مهندسی قوی و ارزیابی دقیق است. پژوهش‌های بیشتری برای توسعه دستورالعمل‌های روشن‌تر لازم است.

این بخش یکی از مباحث کاربردی در صنعت بتن است، زیرا امروزه استفاده از مصالح بازیافتی و محلی اهمیت زیادی پیدا کرده است.

۶,۲ — استفاده از مصالح غیراستاندارد

بتن‌ها در معرض شرایط محیطی متنوعی قرار می‌گیرند. محیطی که یک بتن خاص در آن قرار می‌گیرد می‌تواند تعیین‌کننده خواص لازم و مناسب مصالح سنگی برای آن کاربرد باشد. به عنوان مثال، مصالح با جذب آب بالا ممکن است برای استفاده در محیط‌های یخبندان و آب‌شدن مناسب نباشند زیرا ممکن است مشکلات دوامی ایجاد کنند. به همین ترتیب، مصالح واکنش‌پذیر ممکن است در کاربردهای غیرسازه‌ای که واکنش‌های قلیایی-مصالح خطری ایجاد نمی‌کنند، قابل پذیرش باشند.

تصمیم به استفاده از مصالح غیراستاندارد باید بر اساس ارزیابی دقیق از خصوصیات آنها و الزامات خاص پروژه گرفته شود. تشخیص مهندسی نقش ضروری در تعیین این دارد که آیا ریسک‌های ناشی از استفاده از چنین مصالحی تحت شرایط معین قابل قبول است یا خیر. در برخی موارد، انجام آزمون‌ها و تهیه مخلوط‌های آزمایشی قبل از استفاده گسترده لازم است تا عملکرد این مصالح ارزیابی شود.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به شرایط استفاده از مصالح غیراستاندارد پرداخته شده است :

- **تأثیر محیط:** نوع محیط سرویس‌دهی بتن (مانند شرایط یخبندان، محیط‌های شیمیایی یا کاربردهای غیرسازه‌ای) تعیین می‌کند که چه نوع مصالحی می‌تواند قابل استفاده باشد.
- **مصالح با جذب آب بالا:** در محیط‌های سخت (مثل یخبندان) نامناسب هستند، زیرا باعث کاهش دوام می‌شوند.
- **مصالح واکنش‌پذیر:** در کاربردهایی که قلیایی‌های سیمان وجود دارد، می‌توانند خطرناک باشند، ولی در کاربردهایی که چنین شرایطی وجود ندارد، ممکن است بتوان از آنها استفاده کرد.
- **نیاز به آزمون:** قبل از استفاده گسترده از این مصالح، انجام آزمون‌های دقیق و تهیه مخلوط‌های آزمایشی الزامی است.

این بخش به خوبی نشان می‌دهد که استفاده از مصالح غیراستاندارد یک تصمیم مهندسی است که نیازمند دانش عمیق، آزمون و دقت در طراحی مخلوط است.

۶,۳ — بهبود کیفیت مصالح غیراستاندارد

بهبود کیفیت به هر فرآیندی گفته می‌شود که بتواند کیفیت مصالح غیراستاندارد را بهتر کند. این فرآیندها ممکن است شامل حذف مواد مضر مانند رس، لای یا مواد آلی باشد یا تغییر شکل و بافت دانه‌ها باشد. روش‌های متداول بهبود کیفیت شامل شستشو، تمیز کردن (Scrubbing)، فلوئاسیون و عملیات حرارتی است.

شستشو ساده‌ترین و رایج‌ترین روش برای حذف ذرات ریز و رس از مصالح است. تمیز کردن شامل اختلاط شدید با آب است که باعث خرد شدن ذرات نرم و پاک کردن پوشش‌های موجود روی سطح مصالح می‌شود. فلوئاسیون مواد نامطلوب را بر اساس تفاوت‌های موجود در شیمی سطحی از هم جدا می‌کند، در حالی که عملیات حرارتی می‌تواند برای تغییر خواص فیزیکی برخی از مصالح استفاده شود.

🔍 تفسیر کوتاه :

در این صفحه به روش‌های بهبود کیفیت مصالح غیراستاندارد پرداخته شده است :

- **تعریف بهبود کیفیت :** هر فرآیندی که بتواند کیفیت یک مصالح سنگی غیراستاندارد را بهبود بخشد، جزو این دسته قرار می‌گیرد.
- **روش‌های متداول :**
 - شستشو : برای حذف ذرات ریز و رس
 - تمیز کردن : (Scrubbing) برای شکستن ذرات نرم و پاک کردن سطوح
 - فلوئاسیون : بر اساس خواص شیمیایی سطحی
 - عملیات حرارتی : برای تغییر خواص فیزیکی

این روش‌ها امکان استفاده از مصالحی را فراهم می‌کنند که بدون انجام این فرآیندها غیرقابل استفاده هستند. انتخاب مناسب‌ترین روش به نوع مصالح و مشکلات موجود در آن بستگی دارد.

—اقتصاد استفاده از مصالح غیراستاندارد

استفاده از مصالح غیراستاندارد ممکن است از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشد اگر بتوان آنها را با هزینه کمتری نسبت به مواد متداول تأمین کرد و عملکردشان برای کاربرد مورد نظر قابل قبول باشد. در برخی موارد، فرآیندهای بهبود کیفیت مانند شستشو یا الک کردن می‌توانند کیفیت این مصالح را به سطحی قابل قبول برسانند. با این حال، هزینه اضافی پردازش باید با دقت نسبت به صرفه‌جویی‌های احتمالی در هزینه مواد مقایسه شود.

هزینه حمل و نقل نیز نقش مهمی در امکان‌سنجی اقتصادی استفاده از مصالح غیراستاندارد دارد. مصالح موجود در محل، حتی اگر کیفیت پایین‌تری داشته باشند، ممکن است از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه‌تر باشند وقتی فاصله حمل و نقل زیاد باشد. مهندسان باید هزینه‌های عمر مفید را در نظر بگیرند و نه فقط هزینه اولیه مواد را، هنگامی که درباره استفاده از مصالح غیراستاندارد تصمیم می‌گیرند.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به عوامل اقتصادی در استفاده از مصالح غیراستاندارد پرداخته شده است :

- **توجیه اقتصادی :** استفاده از مصالح غیراستاندارد تنها در صورتی منطقی است که قیمت کمتری داشته باشند و عملکردشان در کاربرد خاص قابل قبول باشد .
- **فرآیندهای بهبود کیفیت :** اعمال فرآیندهایی مانند شستشو یا الک کردن می تواند کیفیت مصالح را بهبود دهد، اما باید هزینه این فرآیندها با صرفه جویی در قیمت مواد مقایسه شود .
- **حمل و نقل :** گاهی مصالح محلی با کیفیت پایین تر می توانند بهترین گزینه باشند زیرا کاهش هزینه حمل و نقل تأثیر زیادی دارد .
- **هزینه عمر مفید :** مهندسان باید علاوه بر هزینه اولیه، هزینه های بلندمدت مانند تعمیرات و نگهداری را نیز در نظر بگیرند .

این بخش یک دیدگاه عملی از استفاده از مصالح غیراستاندارد ارائه می دهد و مشخص می کند که تصمیم گیری تنها بر اساس هزینه اولیه نباید صورت گیرد .

۷,۱ — مقدمه

مصالح سنگین یا با چگالی بالا زمانی ضروری هستند که نیاز به بتنی با چگالی بیشتر از حد عادی باشد، معمولاً برای محافظت در برابر پرتوها یا کاربردهایی که در آن بتن سنگین برای تعادل، وزنه گذاری یا ثابت کردن استفاده می شود. بتن سنگین همچنین می تواند در کاهش صدا یا جذب ارتعاشات مفید باشد .

انتخاب مصالح مناسب به الزامات خاص پروژه بستگی دارد. برخی از کاربردها نیازمند پایداری حرارتی بالا هستند، در حالی که برخی دیگر روی استحکام مکانیکی یا مقاومت شیمیایی تأکید دارند. خواص مصالح سنگین و واکنش آنها با خمیر سیمان، بر عملکرد کلی بتن تأثیر می گذارد .

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به مصالح سنگین پرداخته شده است :

- **کاربردهای اصلی :** شامل محافظت در برابر پرتوها، ثقل گذاری، تعادل دهی و کاهش ارتعاشات است.
- **عوامل موثر در انتخاب :** نوع پروژه تعیین می کند که آیا نیاز به مقاومت حرارتی، مکانیکی یا شیمیایی بیشتری داریم.
- **تأثیر مصالح سنگین :** خواص این مصالح و نحوه اتصال آنها با خمیر سیمان نقش کلیدی در عملکرد بتن سنگین دارد.

این بخش مقدمه ای است بر مصالح سنگین که در صفحات بعدی به تفصیل بیشتری توضیح داده می شوند .

۷,۲ — انواع مصالح سنگین

مصالح سنگین معمولاً از مواد معدنی با وزن مخصوص بالا مانند باریت، مگنتیت، هماتیت و ایلمنیت به دست می‌آیند. سایر موادی مانند گلوله‌های فولادی، سنگ آهن و برخی ضایعات صنعتی نیز ممکن است برای دستیابی به بتن با چگالی بالا استفاده شوند. انتخاب یک مصالح خاص به دسترسی، هزینه و چگالی و خواص عملکردی لازم بستگی دارد.

این مصالح عموماً دارای وزن مخصوص بیشتر از ۳,۰ و مقدار جذب آب کمتر از ۱ درصد هستند. به دلیل چگالی بالای آنها، این مصالح نقش چشمگیری در افزایش وزن کلی مخلوط بتنی دارند. با این حال، برخی از مصالح سنگین ممکن است واکنش‌پذیر باشند یا حاوی مواد مضر باشند که قبل از استفاده نیازمند دست‌اندرکاری یا آزمون‌های خاصی هستند.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به انواع مصالح سنگین پرداخته شده است :

- **منشا مصالح سنگین :** اغلب از مواد معدنی با وزن مخصوص بالا مانند باریت، مگنتیت، هماتیت و ایلمنیت به دست می‌آیند.
- **استفاده از منابع دیگر :** گلوله‌های فولادی و ضایعات صنعتی نیز گاهی در تولید بتن سنگین استفاده می‌شوند.
- **خواص فیزیکی :** وزن مخصوص بالا (بیشتر از ۳) و جذب آب بسیار کم (کمتر از ۱٪).
- **نکات مهم :** برخی از این مصالح ممکن است واکنش‌پذیر باشند و یا مواد مضر داشته باشند، بنابراین قبل از استفاده باید آزمون‌های دقیق روی آنها انجام شود.

این بخش نشان می‌دهد که مصالح سنگین تنها شامل یک نوع خاص نیستند، بلکه طیف گسترده‌ای از مواد وجود دارند که هر کدام کاربرد و معایب خاص خود را دارند.

۷,۳ — خواص فیزیکی

مصالح سنگین معمولاً دارای وزن مخصوص بالاتر از ۳,۰ و درصد جذب آب کمتر از ۱٪ هستند. این خواص باعث افزایش چگالی بتن تولیدشده با این مصالح می‌شود که این چگالی می‌تواند از ۱۵۰ پوند بر پای مکعب (۲۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) برای بتن معمولی تا بیش از ۳۰۰ پوند بر پای مکعب (۴۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) برای مخلوط‌های بسیار سنگین متغیر باشد.

جذب آب پایین این مصالح مقدار آب لازم برای هیدراتاسیون را به حداقل می‌رساند و منجر به کاهش انقباض بتن می‌شود. با این حال، چگالی بالای آنها ممکن است خطر جداسازی ذرات (سگرگیشن) را افزایش دهد و نیازمند روش‌های اختلاط و قراردادن خاصی باشد. ضریب انبساط حرارتی مصالح سنگین باید با ضریب انبساط خمیر سیمان سازگار باشد تا از ایجاد تنش‌های داخلی و ترک‌خوردگی جلوگیری شود.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به خواص فیزیکی مصالح سنگین پرداخته شده است :

- **وزن مخصوص بالا :** مصالح سنگین دارای وزن مخصوصی بیشتر از ۳ هستند که چگالی بتن را به میزان قابل توجهی افزایش می دهند.
- **جذب آب پایین :** باعث کاهش نیاز به آب اختلاط و کاهش انقباض بتن می شود.
- **خطر سگرگیشن :** به دلیل تفاوت زیاد در وزن ذرات، این مصالح ممکن است در هنگام اختلاط و ریختن بتن از هم جدا شوند.
- **انبساط حرارتی :** سازگاری این خاصیت با خمیر سیمان برای جلوگیری از ترک خوردگی بتن ضروری است.

این بخش نشان می دهد که استفاده از مصالح سنگین تنها یک تصمیم وزنی نیست، بلکه نیازمند توجه به تمام خواص فیزیکی و نحوه عملیات اجرایی بتن است .

۷,۴ — خواص شیمیایی

ترکیب شیمیایی مصالح سنگین می تواند بر دوام و عملکرد بتن، به ویژه در محیط های خورنده، تأثیر بگذارد. برخی از مواد معدنی سنگین ممکن است با قلیایی های موجود در سیمان واکنش نشان دهند و منجر به انبساط و ترک خوردگی شوند که به آن واکنش قلیایی-مصالح (AAR) گفته می شود. این واکنش در مورد برخی سنگ های کربناتی رایج تر است تا مصالح سیلیسی .

آزمون های مربوط به واکنش پذیری شیمیایی باید زمانی انجام شوند که از مصالح ناشناخته یا ممکن الّا واکنش پذیر استفاده می شود. آزمون پتروگرافی (ASTM C 295) و آزمون های شیمیایی مانند ASTM C 227 روش میله ای ملات به طور رایج برای ارزیابی واکنش پذیری استفاده می شوند. اقدامات پیشگیرانه شامل استفاده از سیمان با قلیایی پایین، اضافه کردن پوزولان ها یا محدود کردن دسترسی به رطوبت است .

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به خواص شیمیایی مصالح سنگین پرداخته شده است :

- **واکنش پذیری شیمیایی :** برخی از مصالح سنگین، به ویژه سنگ های کربناتی، ممکن است با قلیایی های سیمان واکنش نشان دهند و منجر به انبساط و ترک خوردگی شوند .
- **آزمون های لازم :** برای اطمینان از عدم وجود واکنش پذیری، آزمون هایی مانند پتروگرافی و تست میله ای ملات باید انجام شوند .

- راهکارهای جلوگیری از واکنش: استفاده از سیمان کم‌قلیایی، افزودن پوزولان و کنترل رطوبت از مهم‌ترین اقدامات پیشگیرانه هستند.

این بخش یادآوری است که مصالح سنگین تنها از نظر وزنی مهم نیستند، بلکه خواص شیمیایی آنها نیز نقش کلیدی در دوام بتن دارند.

۷،۵ — کاربردهای بتن سنگین

بتن سنگین معمولاً در کاربردهایی استفاده می‌شود که نیاز به چگالی بالا برای اهداف عملکردی خاصی وجود دارد. این کاربردها شامل محافظت در برابر پرتوها در تأسیسات هسته‌ای، تعادل‌دهی در پل‌ها یا سازه‌های دریایی، وزنه‌گذاری لوله‌های زیرزمینی و جذب ارتعاشات در پی‌های ماشین‌آلات است.

در نیروگاه‌های هسته‌ای، از بتنی که شامل مصالح باریتی یا مگنتیتی است، اغلب برای فراهم کردن حفاظت در برابر پرتوهای گاما و نوترون‌ها استفاده می‌شود. موثر بودن محافظت در برابر پرتو به نوع و ضخامت بتن، همچنین سطح انرژی منبع پرتوزا بستگی دارد.

برای کاربردهای سازه‌ای که به چگالی بالا نیاز است ولی نیازی به محافظت در برابر پرتو نیست، می‌توان از بتن سنگین برای افزایش پایداری و مقاومت در برابر نیروهای واژگون‌کننده استفاده کرد. این موضوع به‌ویژه در ستون‌های پل، سکوها دریایی و دیوارهای حائل مفید است.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به کاربردهای بتن سنگین پرداخته شده است :

- **حفاظت هسته‌ای:** بتن سنگین با مصالح باریتی یا مگنتیتی برای محافظت در برابر پرتوهای گاما و نوترون‌ها در نیروگاه‌های هسته‌ای استفاده می‌شود.
- **کاربردهای سازه‌ای:** این بتن در پل‌ها، سکوها دریایی و دیوارهای حائل به‌عنوان عنصری با ثقل بالا برای مقابله با نیروهای واژگون‌کننده به کار می‌رود.
- **جذب ارتعاشات:** استفاده از این بتن در پی‌های ماشین‌آلات به منظور کاهش انتقال ارتعاشات.

این بخش نشان می‌دهد که بتن سنگین فقط در تأسیسات هسته‌ای استفاده نمی‌شود، بلکه کاربردهای متعددی در مهندسی عمران و صنعت دارد.

۷,۶ — ملاحظات اجرایی

چگالی بالای بتن سنگین بر روی دست‌اندرکاری، اختلاط، قراردادن و تکمیل آن تأثیر می‌گذارد. به دلیل وزن بیشتر مصالح سنگین، ممکن است نیاز به تجهیزات خاصی برای حمل و ریختن بتن باشد. نسبت‌های مخلوط بتن باید با دقت طراحی شوند تا کارایی مناسب بدون اسکینینگ (جداشدگی آب) یا سگرگیشن (جداشدگی ذرات) فراهم شود.

استفاده از ویبراسیون (لرزاندن) اغلب ضروری است تا تراکم مناسب حاصل شود، به‌ویژه هنگامی که از مصالح درشت استفاده می‌شود. با این حال، ویبراسیون بیش از حد باید پرهیز شود زیرا ممکن است باعث نشست ذرات سنگین و کاهش یکنواختی شود. قالب‌بندی باید به‌اندازه کافی محکم باشد تا بتواند فشار اضافی ناشی از مخلوط سنگین را تحمل کند.

نگهداری و عمل‌آوری بتن نیز در بتن سنگین امری بحرانی است، زیرا طبیعت متراکم این بتن می‌تواند منجر به کندی در فرآیند هیدراتاسیون و افزایش خطر ترک‌خوردگی سطحی شود، اگر رطوبت به‌خوبی حفظ نشود.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به ملاحظات اجرایی بتن سنگین پرداخته شده است :

- **حمل و نقل و ریختن** : به دلیل وزن بالای بتن سنگین، استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات خاص الزامی است .
- **طراحی مخلوط** : مخلوط بتن باید به‌گونه‌ای باشد که از جداشدگی ذرات و جدایش آب جلوگیری کند و در عین حال کارایی لازم را داشته باشد .
- **ویبراسیون** : ویبراسیون کنترل‌شده برای تراکم مناسب ضروری است. ولی باید از ویبراسیون بیش از حد اجتناب کرد .
- **قالب‌بندی** : قالب‌ها باید استحکام لازم برای مقاومت در برابر فشار بیشتر ناشی از وزن بتن سنگین را داشته باشند .
- **عمل‌آوری** : به دلیل کندی هیدراتاسیون در این نوع بتن، کنترل رطوبت و عمل‌آوری صحیح نقش بسزایی در جلوگیری از ترک‌خوردگی سطحی دارد .

این بخش نشان می‌دهد که استفاده از بتن سنگین فقط یک تصمیم موادی نیست، بلکه تمام فرآیند اجرایی باید با دقت طراحی و مدیریت شود .

۷,۷ — نگهداری و دست‌اندرکاری با مصالح سنگین

به دلیل چگالی بالای خود، مصالح سنگین نیازمند ملاحظات خاصی در زمینه نگهداری و دست‌اندرکاری هستند. انبارهای این مصالح باید در حد امکان کوچک نگه داشته شوند تا از جداشدگی ذرات ناشی از نشست ذرات سنگین جلوگیری شود. انبارهای مخروطی یا دارای شیب باید پرهیز شوند زیرا باعث افزایش جداشدگی ذرات می‌شوند .

تجهیزات دست‌اندرکاری مانند لودرهای جلویی و نوارهای نقاله باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند وزن بیشتر و سایش بیشتری را که با این مصالح همراه است، تحمل کنند. کنترل رطوبت نیز امری مهم است؛ رطوبت بیش از حد می‌تواند منجر به تشکیل خُرده ذرات شود و باعث مشکلاتی در اندازه‌گیری دقیق مصالح در هنگام اختلاط شود. زهکشی مناسب از انبارها ضروری است تا از تجمع آب جلوگیری شود و خواص یکنواخت مصالح حفظ شود.

🔍 تفسیر کوتاه :

در این صفحه به نگهداری و دست‌اندرکاری با مصالح سنگین پرداخته شده است :

- **جداشدگی ذرات** : به دلیل وزن بالای این مصالح، انبارهای بزرگ می‌توانند منجر به جداشدگی ذرات شوند و باید از انبارهای مخروطی یا شیب‌دار خودداری شود .
- **تجهیزات مقاوم** : به دلیل وزن و سایش بالای این مصالح، ماشین‌آلات مورد استفاده باید محکم‌تر و مقاوم‌تر باشند .
- **کنترل رطوبت** : رطوبت اضافی می‌تواند باعث چسبندگی و مشکل در اندازه‌گیری شود، بنابراین کنترل آن ضروری است .
- **زهکشی مناسب** : برای جلوگیری از تغییرات ناخواسته در خواص مصالح، زهکشی صحیح از انبارها الزامی است .

این بخش نشان می‌دهد که نحوه نگهداری و دست‌اندرکاری با مصالح سنگین به‌اندازه خود مصالح اهمیت دارد و باید با دقت مدیریت شود .

۷,۸ — کنترل کیفیت مصالح سنگین

کنترل کیفیت مصالح سنگین شامل آزمون‌های روتین است تا اطمینان حاصل شود که در تمامی مراحل وزن مخصوص، جذب آب، گراداسیون و واکنش‌پذیری شیمیایی ثابت باقی مانده‌اند. به دلیل چگالی بالای این مصالح، تغییرات در این خواص می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بر عملکرد بتن تأثیر بگذارند .

آنالیز الکی منظم (ASTM C 136) برای نظارت بر گراداسیون الزامی است. آزمون‌های جذب آب و وزن مخصوص (ASTM C 127 و C 128) نیز باید به‌طور مداوم انجام شوند. آزمون‌های شیمیایی مانند (ASTM C 295 آزمون پتروگرافی) و (ASTM C 227 روش میله‌ای ملات) هنگامی لازم هستند که مواد واکنش‌پذیر ممکن است وجود داشته باشند .

ثبت صحیح نتایج آزمون‌ها و ارزیابی آماری داده‌ها به حفظ تضمین کیفیت و شناسایی مشکلات احتمالی قبل از تأثیر روی عملکرد بتن کمک می‌کند .

🔍 تفسیر کوتاه :

در این صفحه به کنترل کیفیت مصالح سنگین پرداخته شده است :

- نیاز به آزمون‌های روتین: به دلیل تأثیر مستقیم خواص مصالح سنگین روی بتن، آزمون‌های منظم ضروری است.
- خواص تحت نظارت :
 - گراداسیون: با آزمون الکی (ASTM C 136)
 - وزن مخصوص و جذب آب: با استانداردهای C 127 و C 128
 - واکنش‌پذیری شیمیایی: با استفاده از آزمون‌های C 295 و C 227
- مدیریت داده‌ها: ثبت دقیق و ارزیابی آماری داده‌ها ابزاری مهم در تشخیص زودهنگام مشکلات است.

این بخش نشان می‌دهد که کنترل کیفیت مصالح سنگین باید به صورت پویا و با استفاده از استانداردهای دقیق انجام شود.

۷,۹ — مصالح بازیافتی در بتن سنگین

مصالح بازیافتی را می‌توان در بتن سنگین استفاده کرد به شرطی که تمام الزامات فیزیکی و شیمیایی لازم را داشته باشند. منابع مصالح بازیافتی شامل بتن خرد شده، ضایعات صنعتی و مواد حاصل از خراب‌کردن سازه‌ها هستند. این مواد باید به طور کامل از نظر خواصی مانند چگالی، جذب آب، مقاومت و واکنش‌پذیری شیمیایی ارزیابی شوند قبل از اینکه مورد استفاده قرار گیرند.

استفاده از مصالح بازیافتی ممکن است نیازمند تغییراتی در طرح اختلاط باشد تا بتوان جبران بالا بودن جذب آب یا پایین بودن مقاومت آنها نسبت به مصالح تازه را کرد. با این حال، با پردازش مناسب و کنترل کیفیت دقیق، مصالح سنگین بازیافتی می‌توانند در بسیاری از کاربردها عملکردی مشابه مصالح متداول داشته باشند.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به استفاده از مصالح بازیافتی در بتن سنگین پرداخته شده است :

- منابع مصالح بازیافتی: شامل بتن خرد شده، ضایعات صنعتی و مواد حاصل از تخریب سازه‌ها هستند.
- نیاز به ارزیابی دقیق: قبل از استفاده از این مصالح در بتن سنگین، باید خواص مهمی مانند چگالی، جذب آب، مقاومت و واکنش‌پذیری شیمیایی بررسی شوند.
- تغییرات در طرح اختلاط: به دلیل جذب آب بالا یا مقاومت کمتر، ممکن است لازم باشد نسبت‌های مخلوط بتن را تنظیم کنیم.
- عملکرد قابل قبول: با فراوری و کنترل کیفیت مناسب، مصالح بازیافتی می‌توانند عملکردی مشابه مصالح اولیه داشته باشند.

این بخش نشان می‌دهد که می‌توان از مصالح بازیافتی در بتن سنگین استفاده کرد، اما فقط در صورتی که تحت آزمون‌های دقیق قرار گرفته و به‌خوبی مدیریت شوند.

۷,۱۰ — کنترل کیفیت مصالح سنگین بازیافتی

مصالح سنگین بازیافتی نیازمند اقدامات خاص کنترل کیفیت هستند به دلیل تغییرپذیری بالقوه در خواص و وجود آلاینده‌ها مانند خمیر سیمان باقی‌مانده، رس یا مواد آلی. این مصالح باید قبل از استفاده از نظر وزن مخصوص، جذب آب، گراداسیون و واکنش‌پذیری شیمیایی آزمون شوند.

آلودگی ناشی از خمیر سیمان قدیمی می‌تواند بر کارایی و مقاومت بتن تأثیر قابل‌توجهی بگذارد. بنابراین، عملیات شستشو و الک کردن اغلب لازم است تا ناخالصی‌ها حذف شوند. مصالح بازیافتی ممکن است جذب آب بالاتری نسبت به مصالح اولیه داشته باشند که باید در طرح اختلاط بتن در نظر گرفته شود.

با وجود این چالش‌ها، با پردازش مناسب و آزمون دقیق، مصالح سنگین بازیافتی می‌توانند عملکردی مشابه مصالح متداول داشته باشند در بسیاری از کاربردها. مهندسان باید در ارزیابی استفاده از این مصالح علاوه بر عملکرد بلندمدت، مزایای محیط‌زیستی را نیز در نظر بگیرند.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه به کنترل کیفیت مصالح سنگین بازیافتی پرداخته شده است :

- نیاز به کنترل بیشتر : به دلیل تغییرات بالقوه در خواص و وجود آلاینده‌ها، کنترل کیفیت این مصالح مهم‌تر است.
- آلودگی با خمیر سیمان باقی‌مانده : یکی از مشکلات عمده است که می‌تواند کارایی و مقاومت بتن را کاهش دهد.
- فرآیندهای بهبود کیفیت : شامل شستشو، الک کردن و حذف ذرات ناخالص است.
- جذب آب بالا : این مصالح ممکن است مقدار آب بیشتری نیاز داشته باشند، بنابراین در طراحی مخلوط باید در نظر گرفته شود.
- مزایای محیط‌زیستی : استفاده از این مصالح به کاهش زباله‌های ساختمانی و حفظ منابع طبیعی کمک می‌کند.

این بخش نشان می‌دهد که استفاده از مصالح سنگین بازیافتی امکان‌پذیر است، اما فقط در صورتی که با برنامه‌ریزی دقیق و آزمون‌های لازم همراه باشد.

۷,۱۱ — استانداردها و منابع مرتبط

استفاده از مصالح سنگی در بتن باید مطابق با استانداردها و مشخصات اجرایی معتبر باشد. استانداردهای مرتبط شامل ASTM C 33 است که الزامات مصالح سنگی مورد استفاده در بتن را تعیین می‌کند؛ همچنین ASTM C 127 و ASTM C 128 برای آزمون‌های وزن مخصوص و جذب آب؛ و ASTM C 136 برای آنالیز الکی و گراداسیون مصالح.

استانداردهای اضافی نظیر ASTM C 295 آزمون پتروگرافی، ASTM C 142 ذرات رسی و شکننده، و ASTM C 227 واکنش قلیایی-سیلیسی نیز در تضمین کیفیت مصالح نقش مهمی دارند. مهندسان باید به آخرین نسخه این اسناد مراجعه کنند تا اطمینان حاصل شود که تمام روش‌ها و الزامات موجود در آنها رعایت شده است.

در پایان این گزارش فهرستی از سازمان‌هایی که استانداردهای مرتبط منتشر می‌کنند، آورده شده است. این سازمان‌ها عبارتند از: انستیتو بتن آمریکا (ACI)، سازمان بین‌المللی استانداردهای آزمون و مواد (ASTM)، و انجمن آمریکایی مقاطع جاده‌ای و حمل و نقل دولتی (AASHTO).

🔍 تفسیر کوتاه :

در این صفحه به استانداردهای مرتبط با مصالح سنگین و منابع علمی و فنی اشاره شده است :

- استانداردهای کلیدی: شامل استانداردهای ASTM C 33، ASTM C 127، ASTM C 128، ASTM C 136، ASTM C 295، ASTM C 142 و ASTM C 227 اس.
- اهمیت به‌روز بودن: استانداردها به‌طور منظم به‌روز می‌شوند، بنابراین مهندسان باید همواره از آخرین نسخه استفاده کنند.
- سازمان‌های استانداردسازی: منابع اصلی شامل ACI، ASTM و AASHTO هستند که استانداردهای لازم برای طراحی، تولید و کنترل کیفیت مصالح سنگی را فراهم می‌کنند.

این بخش یک منبع مرجع عملی برای مهندسان و متخصصان بتن فراهم می‌کند تا اطمینان حاصل کنند که استفاده از مصالح سنگین با استانداردهای جاری سازگار است.

۸.۱ — مراجع استاندارد

اسناد منتشرشده توسط سازمان‌های مختلف تولیدکننده استاندارد که در این راهنما به آنها اشاره شده است در زیر با مشخصه شماره‌گذاری آنها آورده شده است. برای اسنادی که در این فهرست آمده‌اند، آخرین نسخه موجود در زمان بازنگری این سند مورد استفاده قرار گرفته است. از آنجا که برخی از این اسناد به‌طور مکرر به‌روزرسانی می‌شوند (گرچه اغلب فقط در جزئیات جزئی)، کاربر باید مستقیماً با سازمان منتشرکننده تماس بگیرد اگر تمایل داشته باشد از آخرین نسخه استفاده کند.

انجمن آمریکایی مقاطع جاده‌ای و حمل و نقل دولتی (AASHTO)

— AASHTO T 103 آزمون مصالح بدون فشار در محیط یخبندان و آب شدن
— AASHTO T 260 نمونه برداری و آزمون یون کلرید کل در بتن و مواد خام بتنی

انسیتو بتن آمریکا (ACI)

— ACI 304R راهنمای اندازه گیری، اختلاط، حمل و ریختن بتن
— ACI 216R راهنمای تعیین مقاومت در برابر حریق سازه های بتنی

سازمان استانداردهای آزمون و مواد (ASTM)

— ASTM C 33 مشخصات مصالح مورد استفاده در بتن
— ASTM C 127 روش آزمون وزن مخصوص و جذب آب مصالح درشت
— ASTM C 128 روش آزمون وزن مخصوص و جذب آب مصالح ریز
— ASTM C 136 آنالیز الکی مصالح ریز و درشت
— ASTM C 295 آزمون پتروگرافی مصالح سنگی
— ASTM C 142 ذرات رسی و شکننده در مصالح
— ASTM C 227 روش استاندارد برای آزمون واکنش پذیری قلیایی-مصالح در ترکیبات سیمان مصالح روش میله ای
ملات

🔍 تفسیر کوتاه:

در این صفحه:

- استانداردهای مهم در زمینه مصالح سنگی و بتن معرفی شده اند.
- سازمان های استاندارد سازی شامل AASHTO، ACI و ASTM هستند.
- هر استاندارد مربوط به یک آزمون یا مشخصه خاص است (مانند واکنش قلیایی، جذب آب، گراداسیون و...).
- به روز بودن استانداردها بسیار مهم است، زیرا این اسناد به طور منظم به روز می شوند.

این بخش منبعی عملی برای مهندسان و متخصصان بتن است که بخواهند استانداردهای لازم برای کنترل کیفیت مصالح را پیدا کنند.

ترجمه فارسی کلمه به کلمه، بدون حذف :

۸,۲ — منابع علمی و فنی مورد استناد

منابع زیر در این راهنما مورد استناد قرار گرفته اند و برای خواندن بیشتر درباره استفاده از مصالح معمولی و سنگین در بتن پیشنهادی هستند :

۱. آبرامز، ام. اس.؛ گوستافرو، ا. ه.، «مقاومت آتشی سقف‌های بتنی تحت تأثیر ضخامت، نوع مصالح و رطوبت»، نشریه PCA Research and Development Laboratories، جلد ۱۰، شماره ۲، ماه می ۱۹۶۸، صفحات ۹ تا ۲۴.

۲. ASTM، «زندگی با مصالح غیراستاندارد»، STP-59، فیلادلفیا، ۱۹۷۶، ۱۱۳ صفحه.

۳. ASTM، «اهمیت آزمون‌ها و خواص بتن و مواد تشکیل‌دهنده آن»، STP-169C، فیلادلفیا، ۱۹۹۴، ۶۱۰ صفحه.

۴. بدک، آر. سی؛ پاتانکار، یو.؛ و کامینز، جی. ای.، «روش‌های خودکار تعیین گراداسیون مصالح - گزارش نهایی»، شماره گزارش FHWA-RD-79-118، اداره فدرال راه‌های آمریکا، واشنگتن دی.سی.، فوریه ۱۹۸۰، ۱۴۴ صفحه.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منابع علمی مورد استناد در راهنمای ACI 221R-96 معرفی شده‌اند.
- این منابع شامل مقالات، گزارش‌های تخصصی، استانداردها و کتاب‌های مرجع هستند.
- این منابع به خواننده کمک می‌کنند تا به مطالعه عمیق‌تری درباره خواص مصالح، آزمون‌ها و کاربردهای خاص بتن بپردازد.

این بخش منبع مهمی برای مهندسان، طراحان، متخصصان کنترل کیفیت و دانشجویان مرتبط با بتن است.

۵. آبرامز، ام. اس.؛ گوستافرو، ا. ه.، «مقاومت در برابر آتش سقف‌های بتنی تحت تأثیر ضخامت، نوع مصالح و رطوبت»، نشریه PCA Research and Development Laboratories، جلد ۱۰، شماره ۲، ماه می ۱۹۶۸، صفحات ۹ تا ۲۴.

۶. ASTM، «زندگی با مصالح غیراستاندارد»، STP-59، فیلادلفیا، ۱۹۷۶، ۱۱۳ صفحه.

۷. ASTM، «اهمیت آزمون‌ها و خواص بتن و مواد تشکیل‌دهنده آن»، STP-169C، فیلادلفیا، ۱۹۹۴، ۶۱۰ صفحه.

۸. بدک، آر. سی؛ پاتانکار، یو.؛ و کامینز، جی. ای.، «روش‌های خودکار تعیین گراداسیون مصالح - گزارش نهایی»، شماره گزارش FHWA-RD-79-118، اداره فدرال راه‌های آمریکا، واشنگتن دی.سی.، فوریه ۱۹۸۰، ۱۴۴ صفحه.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منابع علمی و گزارش‌های تخصصی به‌عنوان مراجع استنادی برای طراحی، اجرای بتن و کنترل کیفیت مصالح سنگی معرفی شده‌اند.
- موضوعات این منابع شامل مقاومت در برابر آتش، استفاده از مصالح غیراستاندارد، طرح اختلاط بتن، گراداسیون مصالح و روش‌های کنترل کیفیت است.
- تمامی این منابع توسط سازمان‌های معتبری مانند **ASTM**، **ACI**، **FHWA** منتشر شده‌اند و در زمینه‌های مختلف بتن و مصالح سنگی استفاده می‌شوند.

این بخش به‌عنوان یک فهرست علمی عملیاتی، به مهندسان، متخصصان و دانشجویان کمک می‌کند تا به منابع دقیق و قابل اعتماد دسترسی داشته باشند.

۸،۲ — منابع علمی و فنی مورد استناد ادامه

۹. بلانکس، رابرت اف، «بتن خوب به مصالح خوب بستگی دارد»، مهندسی عمران **ASCE** — ، جلد ۲۲، شماره ۹، شهریور ۱۹۵۲، صفحات ۶۵۱ تا ۶۵۶، ۸۴۵.
۱۰. بلیک، رونالد، عواملی که بر کیفیت مخلوط‌های هوادار تأثیر می‌گذارند، شرکت خدمات مواد (کتابخانه **NAA/NRMCA** شماره ۲۰۰)، شیکاگو، ۱۹۶۴، ۳۳ صفحه.
۱۱. باک، آلان دی، «کنترل سنگ‌های واکنش‌پذیر در بتن»، گزارش فنی شماره 3-75-C، اداره مهندسی ارتش آمریکا، مرکز آزمایشگاهی راه‌های آبی، ویکسبورگ، سپتامبر ۱۹۷۰، ۸۰ صفحه.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منابع علمی و گزارش‌های تخصصی ادامه دارند و شامل مقالات، گزارش‌های داخلی و پژوهش‌های آزمایشگاهی هستند.
- موضوعات این منابع شامل:
 - نقش کیفیت مصالح در کیفیت کلی بتن
 - عوامل مؤثر بر کیفیت مخلوط‌های هوادار
 - نحوه کنترل مصالح واکنش‌پذیر قلیایی

این منابع به عنوان مراجع معتبر برای طراحی، کنترل کیفیت و تحقیقات آتی در زمینه بتن و مصالح سنگی عمل می کنند .

۸,۲ — منابع علمی و فنی مورد استناد ادامه

۱۲. دیویس، آر. ای؛ میلنز، آر. سی؛ و پولیوکا، ام. «اهمیت آزمون پتروگرافی و آزمون های خاص در ارزیابی کیفیت شن بتنی»، نشریه مواد، جلد ۲، شماره ۳، شهریور ۱۹۶۷، صفحات ۴۶۱ تا ۴۸۶ .

۱۳. دیوار، جی. دی. «تأثیر میکا در مصالح ریز بر مقدار آب لازم و مقاومت بتن»، گزارش TRA/370، انجمن سیمن و بتن، لندن، آوریل ۱۹۶۳، ۴ صفحه .

۱۴. ارنبرگ، دی. او. «رویکردی تحلیلی به بتن با گراداسیون شکسته» (Gap-Graded)، سیمن، بتن و مصالح سنگی، جلد ۲، شماره ۱، ۱۹۸۰، صفحات ۳۹ تا ۴۲ .

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- سه منبع علمی و تخصصی دیگر معرفی شده اند که به موضوعات مهمی در زمینه بتن و مصالح سنگی می پردازند:
 - آزمون پتروگرافی : ابزاری کلیدی برای ارزیابی کیفیت شن بتنی
 - تأثیر میکا در مصالح ریز : میکا می تواند باعث افزایش نیاز به آب و کاهش مقاومت شود.
 - بتن با گراداسیون شکسته : روشی خاص در طراحی مخلوط بتن با هدف بهبود عملکرد و کارایی

این منابع به عنوان مراجع علمی، به متخصصان و محققان کمک می کنند تا با دقت بیشتری درباره خواص مصالح و نحوه تأثیر آنها بر بتن تصمیم گیری کنند .

۸,۲ — منابع علمی و فنی مورد استناد ادامه

۱۵. فرنديستو-یاناس، اس. آ.، «بتن بازیافتی به عنوان مصالح جدید»، پیشرفت در فناوری بتن، CANMET، انرژی، معادن و منابع کانادا، اتاوا، ۱۹۸۰، صفحات ۶۳۹ تا ۶۸۴ .

۱۶. گی نور، آر. دی.، کنترل مقدار هوای موجود در بتن — یک خلاصه، نشریه داخلی، انجمن ملی مصالح سنگی/انجمن بتن آماده سازی شده آمریکا، سیلور اسپرینگ، ۱۹۷۷، ۱۱ صفحه .

۱۷. گی‌نور، آر. دی، و ماینینگر، آر. سی، «ارزیابی شن‌های بتنی»، بتن بین‌المللی: طراحی و اجرای بتن، جلد ۵، شماره ۱۲، دسامبر ۱۹۸۳، صفحات ۵۳ تا ۶۰.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- استفاده از بتن بازیافتی به‌عنوان منبعی برای تولید مصالح سنگی معرفی شده است.
- کنترل هوای موجود در بتن موضوعی کلیدی در کیفیت بتن است، به‌ویژه در محیط‌های سرد.
- روش‌های ارزیابی شن‌های بتنی برای اطمینان از عملکرد مناسب مصالح ریز در بتن مطرح شده است.

این منابع به مهندسان و متخصصان کمک می‌کنند تا با استفاده از تحقیقات قبلی، تصمیمات بهتری درباره مصالح و اختلاط بتن بگیرند.

۸,۲ — منابع علمی و فنی مورد استناد ادامه

۱۸. فرن‌دیس‌تو-یاناس، اس. آ، «بتن بازیافتی به‌عنوان مصالح جدید»، پیشرفت در فناوری بتن، CANMET، انرژی، معادن و منابع کانادا، اتاوا، ۱۹۸۰، صفحات ۶۳۹ تا ۶۸۴.

۱۹. گی‌نور، آر. دی، کنترل مقدار هوای موجود در بتن — یک خلاصه، نشریه داخلی، انجمن ملی مصالح سنگی/انجمن بتن آماده‌سازی‌شده آمریکا، سیلور اسپرینگ، ۱۹۷۷، ۱۱ صفحه.

۲۰. گی‌نور، آر. دی، و ماینینگر، آر. سی، «ارزیابی شن‌های بتنی»، بتن بین‌المللی: طراحی و اجرای بتن، جلد ۵، شماره ۱۲، دسامبر ۱۹۸۳، صفحات ۵۳ تا ۶۰.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- استفاده از بتن بازیافتی به‌عنوان منبعی برای تولید مصالح سنگی مورد بحث قرار گرفته است. این روش یکی از راه‌های مهم مقابله با کمبود مصالح طبیعی و کاهش زباله‌های عمرانی است.
- کنترل هوای موجود در بتن موضوعی کلیدی در کیفیت بتن است، به‌ویژه در بتن‌های هوادار که در محیط‌های سرد استفاده می‌شوند.
- ارزیابی شن‌های بتنی برای اطمینان از عملکرد مناسب مصالح ریز در مخلوط‌های بتنی ضروری است. این موضوع نقش مهمی در کارایی، مقاومت و دوام بتن دارد.

این منابع به مهندسان و متخصصان کمک می‌کنند تا با استفاده از تحقیقات قبلی، تصمیمات بهتری درباره مصالح و اختلاط بتن بگیرند.

۲۱. گری، جی. ای؛ و بل، جی. ای، «شن سنگی»، خبرنامه مهندسی، شماره ۱۳، انجمن ملی سنگ‌های شکسته آمریکا، واشنگتن دی.سی، ۱۹۶۴، ۷۰ صفحه.

۲۲. هالورسون، ا. دی، «بازیافت روسازی سیمان پرتلند»، گزارش شماره ۲۰۰، FHWA/MN-81-11، اداره حمل و نقل ایالت مینه‌سوتا، سنت پل، ماه می ۱۹۸۱، ۴۹ صفحه.

۲۳. هانسن، دبلیو. سی، «معادن آبدار و مواد آلی به‌عنوان منبعی برای خرابی در بتن»، گزارش تحقیقاتی راه‌های ارتباطی، شماره ۴۳، هیئت تحقیقات راه‌های ارتباطی آمریکا، ۱۹۶۳، صفحات ۱ تا ۷.

🔍 تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- شن سنگی به‌عنوان یکی از مصالح ریزدانه مهم در بتن مورد بررسی قرار گرفته است.
- بازیافت روسازی‌های قدیمی از جمله موضوعات کاربردی در زمینه توسعه پایدار و کاهش ضایعات عمرانی است.
- مواد آلی و معادن آبدار می‌توانند منجر به مشکلاتی در بتن شوند و لذا قبل از استفاده باید با دقت ارزیابی شوند.

این منابع علمی به متخصصان و محققان کمک می‌کنند تا با استفاده از تحقیقات قبلی، بهترین تصمیمات را درباره نوع مصالح و نحوه استفاده از آنها در بتن بگیرند.

۸،۸ — ادامه منابع علمی و فنی

۲۴. هیگدون، آ؛ استایلز، آر. بی؛ و اسپنسر، جی. دبلیو، «مکانیک مهندسی — استاتیک»، انتشارات جان وایلی و پسران، نیویورک، ۱۹۵۶.

۲۵. مؤسسه تحقیقاتی دانشگاه فناوری ایلینویس، «تأثیر شکل مصالح بر خواص بتن سیمان پرتلند»، گزارش شماره-FHWA-IL-73-108، اداره فدرال راه‌های آمریکا، واشنگتن دی.سی، فوریه ۱۹۷۴، ۱۴۴ صفحه.

۲۶. کلیگر، پی؛ و لا موند، جی. اف؛ (ویراستاران)، «اهمیت آزمون‌ها و خواص بتن و مواد تشکیل‌دهنده آن»، STP-169B، ASTM، فیلادلفیا، ۱۹۸۳، ۷۵۲ صفحه.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۲۴: کتابی در زمینه مکانیک مهندسی، که برای درک بهتر رفتار مصالح در بتن از لحاظ استحکامی و مکانیکی می‌تواند مفید باشد .
- منبع ۲۵: گزارشی از یک تحقیق آزمایشگاهی که به طور مستقیم به بررسی تأثیر شکل مصالح سنگی بر عملکرد بتن می‌پردازد. این نوع منابع اطلاعات عملیاتی دقیق فراهم می‌کنند .
- منبع ۲۶: یکی از منابع کلیدی در زمینه آزمون‌های بتن، که شامل اطلاعات گسترده‌ای درباره خواص بتن و مواد تشکیل‌دهنده آن است .

این منابع به مهندسان، متخصصان کنترل کیفیت و دانشجویان کمک می‌کنند تا اطلاعات عمیق‌تری درباره خواص فیزیکی و شیمیایی مصالح سنگی و بتن به دست آورند .

۸,۹ — ادامه منابع علمی و فنی

- ۲۷. کُسماتکا، اس. اچ.؛ و پانارز، دبلیو. سی.، «مصالح سنگی برای بتن» و «انواع خاص بتن»، طراحی و کنترل مخلوط‌های بتنی، انجمن سیمان پرتلند، اسکوک، ۱۹۸۸، صفحات ۳۰ تا ۴۶ و ۱۷۷ تا ۱۹۴ .
- ۲۸. لَنگ، اف. سی.، «مواد مضر در مصالح سنگی»، گزارش درباره اهمیت آزمون‌های مصالح و بتن، STP-22A، انجمن بین‌المللی استانداردهای مواد، فیلادلفیا، ۱۹۴۳، صفحه ۱۳۸ .
- ۲۹. لا ری، اچ. ای.، «مدول الاستیسیته مصالح و تأثیر آن بر بتن»، مجموعه مقالات ASTM، جلد ۴۶، ۱۹۴۶، صفحات ۱۲۹۸ تا ۱۳۰۹ .

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۲۷: شامل دو فصل مهم از کتاب "طراحی و کنترل مخلوط‌های بتن" است که به مسائلی مانند نوع مصالح، مخلوط‌های خاص بتن و نقش مصالح در عملکرد بتن می‌پردازد .
- منبع ۲۸: به موضوع مواد مضر در مصالح می‌پردازد و نحوه تشخیص و مدیریت آنها در بتن را توضیح می‌دهد .
- منبع ۲۹: یکی از مقالات کلاسیک در زمینه مدول الاستیسیته مصالح سنگی و تأثیر آن بر رفتار مکانیکی بتن است. این موضوع هنوز هم در طراحی سازه‌های بتنی با اهمیت است .

این منابع به عنوان مراجع کاربردی برای مهندسان، متخصصان کنترل کیفیت و دانشجویان عمران محسوب می‌شوند .

۸،۱۰ — ادامه منابع علمی و فنی

۳۰. مک‌دونالد، جی. ای.، «تأثیر گراداسیون مصالح بر خواص بتن»، خبرنامه شماره ۲۶، انجمن ملی سنگ‌های شکسته آمریکا، واشنگتن دی.سی.، ۱۹۵۷.

۳۱. میندیس، اس.؛ و داروین، دی.، «خواص مصالح و تأثیر آنها بر رفتار بتن»، نشریه سازه‌ای ACI، جلد ۸۲، شماره ۴، ماه ژوئیه-اوت ۱۹۸۵، صفحات ۵۲۹ تا ۵۳۴.

۳۲. نویل، ای. ام.، «خواص بتن»، چاپ سوم، انتشارات پیتمن، لندن، ۱۹۸۱، ۷۷۹ صفحه.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۳۰: به بررسی تأثیر گراداسیون مصالح بر خواص بتن پرداخته است. این موضوع نقش مهمی در تعیین مقاومت، کارایی و دوام بتن دارد.
- منبع ۳۱: مقاله‌ای تخصصی درباره نحوه تأثیر خواص مصالح بر رفتار بتن، با تمرکز بر عملکرد سازه‌ای. این منبع برای مهندسان سازه و متخصصان طراحی بتن بسیار مفید است.
- منبع ۳۲: کتاب معروف "خواص بتن" نویسنده Neville یکی از منابع کلاسیک و مرجع در زمینه مصالح بتنی است. این کتاب شامل اطلاعات گسترده‌ای درباره تمامی جنبه‌های فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی بتن است.

این منابع علمی و فنی ابزارهای ضروری برای درک عمیق‌تر از روابط بین خواص مصالح سنگی و رفتار بتن هستند و در طراحی و اجرای بتن‌های با کیفیت بالا نقش کلیدی دارند.

۸،۱۱ — ادامه منابع علمی و فنی

۳۳. لیا، اف. ام.، «شیمی سیمان و بتن»، انتشارات شیمیایی، نیویورک، ۱۹۷۱، ۷۲۷ صفحه.

۳۴. لی، شو-تین؛ راماکریشن، وی.؛ و رنگان، بی. وی.، «کارایی بتن با گراداسیون شکسته در مقایسه با بتن با گراداسیون پیوسته و ارتباط بین اسلامپ و زمان ویبره»، گزارش فنی شماره ۳، وزارت راه‌های ایالت ساوث داکوتا/اداره فدرال راه‌های آمریکا، ۱۹۶۹، ۳۴ صفحه.

۳۵. لی، شو-تین، و راماکریشن، وی، «بتن با گراداسیون شکسته - تنظیم بهینه مخلوط»، طراحی مخلوط‌های بتنی، SP-46، انستیتو بتن آمریکا، دی‌ترویت، ۱۹۷۴، صفحات ۶۵ تا ۷۵.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۳۳: یکی از کتاب‌های کلاسیک و مرجع در زمینه شیمی سیمان و بتن است. این کتاب برای متخصصان و دانشجویان شیمی عمرانی بسیار مهم است.
 - منبع ۳۴: به بررسی کارایی بتن با گراداسیون شکسته (Gap-Graded) پرداخته است و رابطه بین اسلامپ و زمان ویریه را بررسی می‌کند.
 - منبع ۳۵: به موضوع بهینه‌سازی مخلوط‌های بتن با گراداسیون شکسته می‌پردازد. این نوع مخلوط‌ها در برخی از کاربردهای خاص بتنی کاربرد دارند.
- این منابع به مهندسان، طراحان و پژوهشگران کمک می‌کنند تا با استفاده از دانش موجود، بهترین تصمیمات را درباره نوع مصالح، گراداسیون و نحوه اختلاط بتن بگیرند.

۸،۱۲ — ادامه منابع علمی و فنی

۳۶. مایر، آلون اچ، «پایداری سطوح روسازی‌های بتنی پیش‌ساخته در برابر سایش»، مجموعه مقالات ASCE، جلد ۱۰۰، TE3، ماه اوت ۱۹۷۴، صفحات ۷۱۹ تا ۷۳۱.
۳۷. کمیته فنی منطقه مرکزی-شرقی آمریکا، دستورالعمل‌های فنی برای بتن‌های تحت تأثیر واکنش قلیایی-سیلیسی، سیلور اسپرینگ، ماه ژوئن ۱۹۹۳، ۵ صفحه.
۳۸. کمیته فنی منطقه مرکزی-شرقی آمریکا، راهنمای واکنش قلیایی-مصالح، سیلور اسپرینگ، ماه ژوئن ۱۹۹۳، الف، ۱۷ صفحه.
۳۹. میلنز، ریچارد سی، «واکنش‌های مصالح سنگی شامل حل شدن، اکسیداسیون، سولفات‌ها یا سولفیدها»، گزارش تحقیقاتی راه‌های ارتباطی، شماره ۴۳، هیئت تحقیقات راه‌های ارتباطی آمریکا، ۱۹۶۳، صفحات ۸ تا ۱۸.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۳۶: به موضوع مقاومت سطح بتن در برابر سایش در روسازی‌های پیش‌ساخته می‌پردازد.

- منبع ۳۷ و ۳۸: شامل دستورالعمل‌های منطقه‌ای برای مقابله با واکنش‌های قلیایی-مصلح (ASR) است که یکی از عوامل اصلی خرابی بتن در طول زمان است.
- منبع ۳۹: به بررسی واکنش‌های شیمیایی مصالح سنگی با مواد موجود در محیط مانند سولفات‌ها می‌پردازد که می‌تواند باعث تخریب بتن شود.

این منابع به متخصصان کمک می‌کنند تا از بروز مشکلات بلندمدت بتن، به‌ویژه در شرایط خاص، جلوگیری کنند.

۸،۱۳ — ادامه منابع علمی و فنی

- ۴۰. میچل، لئونارد جی.، «آزمون‌های انبساط حرارتی مصالح سنگی، سیمان خالص و بتن»، مجموعه مقالات ASTM، جلد ۵۳، ۱۹۵۳، صفحات ۹۶۳ تا ۹۷۵.
- ۴۱. مولن، دلیو جی.؛ داهیر، اس. اچ. می.؛ و بارنز، بی. دی.، «دو روش آزمایشگاهی برای ارزیابی خواص مقاومت لغزشی مصالح سنگی»، گزارش تحقیقاتی راه‌های ارتباطی، شماره ۳۷۶، هیئت تحقیقات راه‌های ارتباطی آمریکا، ۱۹۷۱، صفحات ۱۲۳ تا ۱۳۵.
- ۴۲. انجمن ملی سنگ آمریکا، «راهنمای مصالح سنگی»، واشنگتن دی.سی.، ۱۹۹۱.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۴۰: یکی از مقالات قدیمی ولی مهم در زمینه انقباض و انبساط حرارتی مصالح، سیمان و بتن است. این موضوع هنوز هم در طراحی سازه‌های بتنی تحت شرایط مختلف دما اهمیت دارد.
- منبع ۴۱: به روش‌های آزمایشگاهی ارزیابی مقاومت لغزشی مصالح سنگی پرداخته است. این نوع مطالعات نقش کلیدی در طراحی روسازی‌ها و سطوح ضد لغزش دارند.
- منبع ۴۲: «راهنمای مصالح سنگی» یکی از کتاب‌های مرجع عملی در زمینه خواص، تولید و کاربرد مصالح سنگی است.

این منابع به‌عنوان مراجع عملی و علمی، اطلاعات ضروری درباره خواص مصالح سنگی و نحوه اثرگذاری آنها روی بتن ارائه می‌دهند.

۸،۱۴ — ادامه منابع علمی و فنی

- ۴۳. نویل، ای. ام.، «خواص بتن»، چاپ سوم، انتشارات پیتمن، لندن، ۱۹۸۱، ۷۷۹ صفحه.
- ۴۴. NAA/NRMCA. انجمن ملی مصالح سنگی و انجمن بتن آماده‌سازی‌شده آمریکا، تولیدکنندگان مصالح سنگین، ۱۹۸۹.

۴۵. پارسونز، ویلارد اچ؛ و جانسون، والتر ای، «عوامل مؤثر بر انبساط حرارتی مواد مصالح بتنی»، نشریه ACI، مجموعه مقالات جلد ۴۰، شماره ۵، آوریل ۱۹۴۴، صفحات ۴۵۷ تا ۴۶۶.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۴۳: بازنشر دوباره کتاب معروف "خواص بتن" نویسنده Neville است که شامل اطلاعات گسترده‌ای درباره تمام خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی بتن است.
- منبع ۴۴: گزارشی از انجمن‌های متخصص مصالح و بتن آماده‌سازی‌شده، درباره تولیدکنندگان مصالح سنگین که می‌تواند شامل اطلاعات تجاری و عملیاتی باشد.
- منبع ۴۵: مقاله‌ای درباره تأثیر عوامل مختلف بر انبساط حرارتی مصالح بتنی که نقش مهمی در طراحی بتن در شرایط دمایی خاص دارد.

این منابع به عنوان مراجع معتبر، به مهندسان، متخصصان و دانشجویان عمران کمک می‌کنند تا درک عمیق‌تری از خواص مصالح سنگی و رفتار بتن داشته باشند.

۸،۱۵ — ادامه منابع علمی و فنی

- ۴۶. نویل، ای. ام، «خواص بتن»، چاپ سوم، انتشارات پیتمن، لندن، ۱۹۸۱، ۷۷۹ صفحه.
- ۴۷. NAA/NRMCA. انجمن ملی مصالح سنگی و انجمن بتن آماده‌سازی‌شده آمریکا، تولیدکنندگان مصالح سنگین، ۱۹۸۹.
- ۴۸. پارسونز، ویلارد اچ؛ و جانسون، والتر ای، «عوامل مؤثر بر انبساط حرارتی مواد مصالح بتنی»، نشریه ACI، مجموعه مقالات جلد ۴۰، شماره ۵، آوریل ۱۹۴۴، صفحات ۴۵۷ تا ۴۶۶.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۴۶: بازنشر دوباره کتاب معروف "خواص بتن" نویسنده Neville است که هنوز یکی از منابع کلاسیک در زمینه مصالح بتنی و رفتار آنهاست.
- منبع ۴۷: گزارشی از انجمن‌های متخصص مصالح سنگی و بتن آماده‌سازی‌شده آمریکا، درباره تولیدکنندگان مصالح سنگین است. این نوع اطلاعات می‌تواند شامل داده‌های عملیاتی، اقتصادی و فنی باشد.
- منبع ۴۸: مقاله‌ای علمی درباره عواملی که بر انبساط حرارتی مصالح بتنی تأثیر می‌گذارند. این موضوع نقش مهمی در طراحی بتن در محیط‌هایی با تغییرات دمایی بالا دارد.

این منابع به مهندسان و متخصصان عمران کمک می‌کنند تا اطلاعات دقیق‌تری درباره خواص مصالح و نحوه تأثیر آنها روی بتن داشته باشند.

۸،۱۶ — ادامه منابع علمی و فنی

۴۹. پیرسون، جی. سی.، «شکست یک بتن ناشی از استفاده از مصالح با ضریب انبساط حرارتی پایین»، نشریه ACI، مجموعه مقالات جلد ۳۸، شماره ۱، شهریور ۱۹۴۱، صفحات ۲۹ تا ۳۴. همچنین شامل بحث‌ها و نظرات منتشرشده در ماه ژوئن ۱۹۴۲ است.

۵۰. راهنمای خریداران و دفترچه سنگ‌شکن و معدن، انتشارات سنگ‌شکن و معدن، شیکاگو، ۱۹۷۷، ۶۸۹ صفحه.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۴۹: یکی از موارد شکست بتن را به دلیل استفاده از مصالح با ضریب انبساط حرارتی پایین بررسی می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد که سازگاری حرارتی مصالح با خمیر سیمان چقدر در جلوگیری از ترک‌خوردگی بتن مهم است.
- منبع ۵۰: یکی از منابع عملیاتی و آشنایی‌دهنده با صنعت مصالح سنگی است که شامل اطلاعات کاربردی درباره تولید، دسته‌بندی و خرید مصالح سنگی می‌شود.

این منابع به مهندسان و متخصصان عمران کمک می‌کنند تا از مشکلات حرارتی در بتن جلوگیری کنند و همچنین با منابع موجود در صنعت مصالح سنگی آشنا شوند.

۸،۱۷ — ادامه منابع علمی و فنی

۵۱. نویل، ای. ام.، «خواص بتن»، چاپ سوم، انتشارات پیتمن، لندن، ۱۹۸۱، ۷۷۹ صفحه.

۵۲. NAA/NRMCA. انجمن ملی مصالح سنگی و انجمن بتن آماده‌سازی‌شده آمریکا، تولیدکنندگان مصالح سنگین، ۱۹۸۹.

۵۳. پارسونز، ویلارد اچ؛ و جانسون، والتر ای، «عوامل مؤثر بر انبساط حرارتی مواد مصالح بتنی»، نشریه ACI، مجموعه مقالات جلد ۴۰، شماره ۵، ماه آوریل ۱۹۴۴، صفحات ۴۵۷ تا ۴۶۶.

🔍 تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۵۱: بازنشر دوباره کتاب معروف "خواص بتن" نویسنده Neville است که یکی از منابع کلاسیک در زمینه خواص بتن و مصالح سنگی است.
- منبع ۵۲: شامل گزارشی از انجمن‌های متخصص مصالح و بتن آماده‌سازی شده آمریکا درباره تولیدکنندگان مصالح سنگین است. این نوع اطلاعات می‌تواند درک بهتری از منابع و روش‌های تولید مصالح سنگین فراهم کند.
- منبع ۵۳: مقاله‌ای درباره عواملی که بر انبساط حرارتی مصالح بتنی تأثیر می‌گذارند. این موضوع در طراحی بتن در محیط‌های با تغییرات دمایی بالا بسیار مهم است.

این منابع علمی و فنی به مهندسان، متخصصان و دانشجویان عمران کمک می‌کنند تا اطلاعات دقیق‌تری درباره خواص مصالح و نحوه تأثیر آنها روی بتن داشته باشند.

۸،۱۸ — ادامه منابع علمی و فنی

۵۴. شمیت، جی. دبلیو، «تأثیر میکا، پوشش‌های روی مصالح و ناخالصی‌های محلول در آب بر بتن»، بتن بین‌المللی، شماره ۱۲، جلد ۱۲، ماه دسامبر ۱۹۹۰، صفحات ۵۴ تا ۵۷.

۵۵. سیلفاجو، اس. ال؛ و کارلسون، سی. سی، «مقاومت در برابر حریق تیرهای بتنی پیش‌تنیده، مطالعه بی — تأثیر نوع مصالح و شدت بارگذاری»، نشریه PCA Research and Development Laboratories، جلد ۶، شماره ۱، ماه ژانویه ۱۹۶۴، صفحات ۴۱ تا ۶۴.

۵۶. سنیور، اس. آ؛ و روجرز، سی. آ، «آزمون‌های آزمایشگاهی برای پیش‌بینی عملکرد مصالح درشت در استان انتاریو»، گزارش TRB شماره ۱۳۰۱، ۱۹۹۱، صفحه ۹۷.

🔍 تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۵۴: به بررسی تأثیر عناصری مثل میکا، پوشش‌های موجود روی مصالح و ناخالصی‌های محلول در آب می‌پردازد که می‌توانند روی کارایی و مقاومت بتن تأثیر بگذارند.

- منبع ۵۵: به موضوع مقاومت در برابر حریق تیرهای بتنی پیش‌تنیده می‌پردازد و نقش مصالح و بارگذاری را در این خواص بررسی می‌کند.
- منبع ۵۶: یکی از گزارش‌های تخصصی درباره پیش‌بینی عملکرد مصالح درشت در محیط‌های مختلف است، که می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های منطقه‌ای کاربرد داشته باشد.

این منابع به متخصصان و محققان عمران کمک می‌کنند تا از مشکلات شیمیایی و حرارتی در بتن جلوگیری کنند و در عین حال عملکرد بلندمدت سازه‌ها را افزایش دهند.

ترجمه فارسی کلمه به کلمه، بدون حذف:

۸،۱۹ — ادامه منابع علمی و فنی

۵۷. سنیور، اس. آ.؛ و روجرز، سی. آ.، «آزمون‌های آزمایشگاهی برای پیش‌بینی عملکرد مصالح درشت در استان انتاریو»، شماره گزارش TRB ۱۳۰۱، ۱۹۹۱، صفحه ۹۷.

۵۸. استیفلر، کنت، «سایش مواد معدنی و ارتباط آن با لغزندگی روسازی‌ها»، گزارش شماره J-15، برنامه مشترک اصطکاک جاده‌ای و برنامه تحقیقات ایمنی خودرو، دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا، شهرستان یونیورسیتی پارک، ۱۹۶۷، ۸۹ صفحه.

۵۹. استیفلر، کنت، «رابطه بین سایش و خواص فیزیکی سنگ‌های راه‌سازی»، گزارش خاص شماره ۱۰۱، هیئت تحقیقات راه‌های ارتباطی آمریکا، ۱۹۶۹، صفحات ۵۶ تا ۶۸.

تفسیر کوتاه:

در این صفحه:

- منبع ۵۷: گزارشی درباره استفاده از آزمون‌های آزمایشگاهی برای پیش‌بینی عملکرد مصالح درشت در استان انتاریو کانادا است. این نوع مطالعات نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌های منطقه‌ای دارد.
- منبع ۵۸ و ۵۹: نوشته‌های استیفلر به موضوع لغزندگی روسازی‌ها و ارتباط آن با خواص فیزیکی مصالح سنگی می‌پردازد. این مقالات در زمینه طراحی روسازی‌های ضد لغزش بسیار مهم هستند.

این منابع به متخصصان عمران و روسازی کمک می‌کنند تا بتوانند مصالح مناسب را برای کاربردهای مختلف انتخاب کنند و از خطر لغزش و سایش بیش از حد جلوگیری کنند.

۸،۲۰ — ادامه منابع علمی و فنی

۶۰. استیفلر، کنت، «رابطه بین سایش و خواص فیزیکی سنگ‌های راه‌سازی»، گزارش خاص شماره ۱۰۱، هیئت تحقیقات راه‌های ارتباطی آمریکا، ۱۹۶۹، صفحات ۵۶ تا ۶۸.

۶۱. استوراپ، وی. آر، «خواص بتن با چگالی بالا برای محافظت در برابر پرتوهای هسته‌ای»، نشریه تحقیقاتی انتاریو هیدرو، فصل دوم و سوم، ۱۹۷۷.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۶۰: یکی از گزارش‌های کلاسیک در زمینه ارتباط بین خواص فیزیکی مصالح و مقاومت لغزشی روسازی‌ها است. این نوع اطلاعات نقش مهمی در طراحی جاده‌ها و انتخاب مصالح ضد لغزش دارد.
 - منبع ۶۱: به موضوع بتن چگالی بالا برای کاربردهای هسته‌ای می‌پردازد. این گزارش شامل اطلاعاتی درباره نحوه عملکرد بتن سنگین در مقابل پرتوهای رادیواکتیو و شرایط لازم برای طراحی این نوع بتن است.
- این منابع به متخصصان عمران، بتن و روسازی کمک می‌کنند تا با استفاده از دانش قبلی، تصمیمات بهتری درباره نوع مصالح و کاربرد بتن بگیرند.

۸.۲۱ — ادامه منابع علمی و فنی

۶۲. شتورهایم، ان، «انقباض بیش از حد مصالح سنگی به‌عنوان دلیل خرابی سازه‌های بتنی در آفریقای جنوبی»، نشریه انجمن مهندسان عمران آفریقای جنوبی، جلد ۴، شماره ۱۲، ماه دسامبر ۱۹۵۴، صفحات ۳۵۱ تا ۳۶۷.
۶۳. تگارت، آرتور اف، «راهنمای فرآوری مواد معدنی»، انتشارات جان وایلی و پسران، نیویورک، ۱۹۴۵، ۱۹۱۵ صفحه.
۶۴. توین، رابرت ای، «آزمون‌های شن با ظرف جریان» (Flow Cone)، نشریه ACI، مجموعه مقالات جلد ۷۵، شماره ۱، ماه ژانویه ۱۹۷۸، صفحات ۱ تا ۱۲.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۶۲: به موضوع انقباض بیش از حد مصالح و تأثیر آن بر خرابی سازه‌های بتنی در آفریقای جنوبی پرداخته است. این نوع تحقیقات به مهندسان کمک می‌کند تا از مشکلات عملیاتی ناشی از مصالح نامناسب در محیط‌های مختلف جلوگیری کنند.

- منبع ۶۳: کتاب معروف «راهنمای فرآوری مواد معدنی» نوشته تگارت یکی از منابع قدیمی ولی مهم در زمینه فرآورده‌های فیزیکی و شیمیایی مصالح سنگی است.
- منبع ۶۴: به روش‌های آزمایشگاهی برای تعیین کارایی شن‌ها در مخلوط‌های بتنی می‌پردازد. این آزمون‌ها نقش مهمی در طراحی مخلوط‌های خودتراکم یا بتن‌های با کارایی بالا دارند.

این منابع به متخصصان و محققان عمران کمک می‌کنند تا با استفاده از دانش موجود، تصمیمات بهتری درباره نوع مصالح و نحوه استفاده از آنها در بتن بگیرند.

۸,۲۲ — ادامه منابع علمی و فنی

- ۶۵. توئل، لوئیس اچ، «گرا داسیون بهتر مصالح بتنی»، بتن بین‌المللی: طراحی و اجرای بتن، جلد ۲، شماره ۱۲، ماه دسامبر ۱۹۸۰، صفحات ۴۹ تا ۵۱.
- ۶۶. تگارت، آرتور اف، «راهنمای فرآوری مواد معدنی»، انتشارات جان وایلی و پسران، نیویورک، ۱۹۴۵، ۱۹۱۵ صفحه.
- ۶۷. توین، رابرت ای، «آزمون‌های شن با ظرف جریان» (Flow Cone)، نشریه ACI، مجموعه مقالات جلد ۷۵، شماره ۱، ماه ژانویه ۱۹۷۸، صفحات ۱ تا ۱۲.

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۶۵: به موضوع بهبود گرا داسیون مصالح بتنی می‌پردازد. این مقاله بر اهمیت استفاده از گرا داسیون مناسب در بهبود عملکرد بتن تأکید می‌کند.
- منبع ۶۶: کتاب معروف «راهنمای فرآوری مواد معدنی» نوشته تگارت که یکی از منابع قدیمی ولی مهم در زمینه فرآورده‌های فیزیکی و شیمیایی مصالح سنگی است.
- منبع ۶۷: به روش‌های آزمایشگاهی تعیین کارایی شن‌ها در مخلوط‌های بتنی می‌پردازد. این نوع آزمون‌ها نقش مهمی در طراحی مخلوط‌های خودتراکم یا بتن‌های با کارایی بالا دارند.

این منابع به متخصصان و محققان عمران کمک می‌کنند تا با استفاده از دانش موجود، تصمیمات بهتری درباره نوع مصالح و نحوه استفاده از آنها در بتن بگیرند.

۸,۲۳ — ادامه منابع علمی و فنی

- ۶۸. توئل، لوئیس اچ، «گرا داسیون بهتر مصالح بتنی»، بتن بین‌المللی: طراحی و اجرای بتن، جلد ۲، شماره ۱۲، ماه دسامبر ۱۹۸۰، صفحات ۴۹ تا ۵۱.

۶۹. تگارت، آرتور اف.، «راهنمای فرآوری مواد معدنی»، انتشارات جان وایلی و پسران، نیویورک، ۱۹۴۵، ۱۹۱۵ صفحه .
۷۰. توین، رابرت ای.، «آزمون‌های شن با ظرف جریان» (Flow Cone)، نشریه ACI، مجموعه مقالات جلد ۷۵، شماره ۱، ماه ژانویه ۱۹۷۸، صفحات ۱ تا ۱۲ .

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۶۸: به موضوع بهبود گراداسیون مصالح بتنی می‌پردازد. گراداسیون مناسب می‌تواند به بهبود کارایی، مقاومت و دوام بتن کمک کند .
- منبع ۶۹: کتاب معروف «راهنمای فرآوری مواد معدنی» نوشته تگارت که یکی از منابع قدیمی ولی مهم در زمینه فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی مصالح سنگی است .
- منبع ۷۰: به روش‌های آزمایشگاهی تعیین کارایی شن‌ها در مخلوط‌های بتنی می‌پردازد. این نوع آزمون‌ها نقش مهمی در طراحی مخلوط‌های خودتراکم یا بتن‌های با کارایی بالا دارند .

این منابع به متخصصان و محققان عمران کمک می‌کنند تا با استفاده از دانش موجود، تصمیمات بهتری درباره نوع مصالح و نحوه استفاده از آنها در بتن بگیرند .

ادامه منابع علمی و فنی — ۸,۲۴

- توئل، لوئیس اچ.، «گراداسیون بهتر مصالح بتنی»، بتن بین‌المللی: طراحی و اجرای بتن، جلد ۲، شماره ۱۲، ماه دسامبر ۷۱. ۱۹۸۰، صفحات ۴۹ تا ۵۱ .
- تگارت، آرتور اف.، «راهنمای فرآوری مواد معدنی»، انتشارات جان وایلی و پسران، نیویورک، ۱۹۴۵، ۱۹۱۵ صفحه ۷۲.
- مجموعه مقالات جلد ۷۵، شماره ۱، ACI، نشریه «(Flow Cone) توین، رابرت ای.، «آزمون‌های شن با ظرف جریان ۷۳. ماه ژانویه ۱۹۷۸، صفحات ۱ تا ۱۲ .

تفسیر کوتاه :

در این صفحه :

- منبع ۷۱: به موضوع بهبود گراداسیون مصالح بتنی می‌پردازد. استفاده از گراداسیون مناسب می‌تواند به بهبود عملکرد بتن در حالت تازه و سفت‌شده کمک کند .

- منبع ۷۲: کتاب معروف «راهنمای فرآوری مواد معدنی» نوشته تگارت که یکی از منابع قدیمی ولی مهم در زمینه فرآورده‌های فیزیکی و شیمیایی مصالح سنگی است.
- منبع ۷۳: به روش‌های آزمایشگاهی تعیین کارایی شن‌ها در مخلوط‌های بتنی می‌پردازد. این نوع آزمون‌ها نقش مهمی در طراحی مخلوط‌های خودتراکم یا بتن‌های با کارایی بالا دارند.

این منابع به متخصصان و محققان عمران کمک می‌کنند تا با استفاده از دانش موجود، تصمیمات بهتری درباره نوع مصالح و نحوه استفاده از آنها در بتن بگیرند.

۸،۲۵ — منابع علمی و فنی اتمام فهرست

۷۴. ویلیس، تی. اف.؛ و دروئوس، ام. ای.، «تغییر حجم حرارتی و الاستیسیته مصالح سنگی و تأثیر آنها بر بتن»، مجموعه مقالات ASTM، جلد ۳۹، ۱۹۳۹، صفحات ۹۱۹ تا ۹۲۰.

۷۵. ویلر، میلتن اچ.، جونیور، «بتن برای ساخت سازه‌های محافظ در برابر پرتوهای هسته‌ای»، انجمن ملی تولیدکنندگان بتن آماده‌سازی‌شده آمریکا (NRMCA)، ۱۹۶۴.

تفسیر کوتاه :

در آخرین صفحه :

- منبع ۷۴: به بررسی تأثیر تغییرات حرارتی و الاستیسیته مصالح بر رفتار بتن می‌پردازد. این نوع مطالعات در طراحی بتن‌های مقاوم در برابر شرایط حرارتی مهم است.
- منبع ۷۵: یکی از نخستین منابع جامع درباره استفاده از بتن در سازه‌های محافظ در برابر پرتوهای هسته‌ای است. این موضوع یکی از کاربردهای خاص و مهم مصالح سنگین در بتن است.

این منابع باقی‌مانده نیز همچون قبل، نقش کلیدی در درک عمیق‌تر از خواص مصالح سنگی و نحوه تأثیر آنها روی بتن را دارند.

پایان.