آزمایش و ارزیابی خصوصیات مکانیکی بتن سنگین تهیه شده از سنگدانه‌های باریت

مهدی قلی‌پورفیضی، عضو هیأت‌علمی، دانشگاه آزاد واحد صوفیان، صوفیان ایران
علیرضا مجتهدی، عضو هیأت‌علمی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
محمدعلی لطف‌الهی یقین، عضو هیأت‌علمی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
تاریخ دریافت: ۹۳/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۵/۰۵/۲۸

چکیده:
مطالعات تحقیقاتی در زمینه بتن های سنگین دارای گستره وسیعی است. کاربرد این نوع بتن‌ها به عنوان سپرهای محافظ در مراکز پزشکی و مراکز هسته‌ای و نیز به عنوان سپر مقاوم درپانل‌های تسلیحاتی- نظامی جایگاه خاص خود را دارا می‌باشد. بررسی مصالح بتنی و تکنولوژی مربوط به ساخت این نوع بتن‌ها، به عنوان ماده مورد استفاده در پانل‌های مقاوم، اساس شناخت رفتار آنها می‌باشد. ایلمنیت، لیمونیت، هماتیت، مگنتیت و باریت سنگدانه‌های معدنی مورد استفاده در تکنولوژی ساخت بتن‌های سنگین می‌باشند. در این پژوهش مشخصات مکانیکی بتن تولید شده توسط سنگ معدن باریت مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین ضمن انجام امکان سنجی ساخت بتن سنگین با توجه به منابع معدنی موجود در منطقه، بهینه ترین حالت در تولید انبوه و مناسب این محصول با بهترین کارآئی ارائه گردید. نهایتاً با استفاده از نتایج حاصل، نحوه طرح و اجرای این نوع از بتن با حداقل هزینه و با استفاده از منابع قرضه محلی قابل دسترس، ارائه گردیده است.

کلید واژگان: بتن سنگین، سنگ معدن باریت، طرح اختلاط، مقاومت فشاری، مدول الاستیسیته

۱- مقدمه

کاربرد بتن‌های سنگین در ساخت راکتورهای نیروگاه‌های هسته ای، مراکز پزشکی، مراکز تحقیقاتی شتاب دهنده‌ها و نیز مراکز نظامی به عنوان پانل‌های محافظ جایگاه خاصی را دارا می‌باشد. نوع و مقدار سنگدانه مورد استفاده در ساخت بتن‌های سنگین مؤلفه‌های مهمی برای بهبود مشخصات مکانیکی و حفاظتی بتن می‌باشند. استفاده از سنگ معدن باریت به دلیل دارا بودن وزن مخصوص بالا نسبت به سنگدانه‌های معمولی جهت ایفای نقش به عنوان سپر محافظ در برابر پرتوزایی در مراکز هسته‌ای، یکی از گزینه‌های مناسب در این خصوص است [۱]. ضریب میرایی خطی (μ)، که پارامتر معرف اندر کنش بتن با اشعه‌های تابشی بر آن نظیر اشعه آلفا یا گاما است، مهمترین مشخصه کمی مقدار نفوذ اشعه در بتن می‌باشد. میزان این کمیت تابعی از انرژی فوتون تابشی، عدد اتمی و چگالی (ρ) مصالح مورد استفاده در بتن است [۲]. کارهای تحقیقاتی عددی و آزمایشگاهی متعددی به منظور محاسبه و برآورد ضریب میرایی خطی صورت پذیرفته است [۳]. ضریب میرایی خطی (μ) با استناد بر فرمول لامبر قابل محاسبه است:

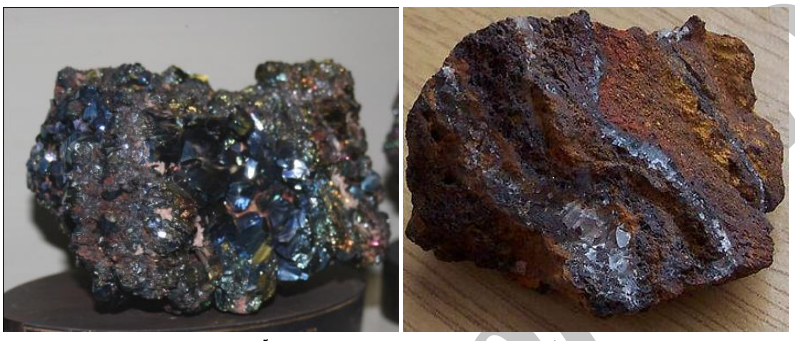
$$N = N_0 e^{-\mu x} \quad (۱)$$

مقاومت‌های فشاری، کششی و مدول الاستیسیته شده است. بتن از عمده‌ترین مصالح مصرفی در زمینه سازه‌های مهندسی عمران می‌باشد که به دلیل مزایای فنی و همچنین عملکرد بهتر آن از نقطه نظر مسائل زیست محیطی و انرژی، در آینده نیز مصرف آن رو به افزایش خواهد بود و مضافاً اینکه همواره با انجام کارهای تحقیقاتی گوناگون تلاش

Archive of SID
www.SID.ir

برای بهبود کیفیت پارامترهای مختلف آن از توجه زیادی برخوردار می باشد. ساخت قطعات و سازه‌های بتنی به صورت اقتصادی و در عین حال منطبق با الزامات فنی و دوام مورد نظر، بستگی تام به طرح اختلاط مناسب مخلوط بتن دارد [۵].

بتن‌های چگال که اغلب تحت عنوان بتن‌های سنگین از آنها یاد می‌شود به علت رفتار مناسب واستحکام خوبی که در قبال جلوگیری از نفوذ اجسام برخورد کننده به سازه مربوطه از خود نشان می‌دهند، به عنوان مصالح مناسبی در مقاوم‌سازی سازه‌ها در برابر برخورد اجسام پرتابی، در نظر گرفته می‌شوند [۶]. از سوی دیگر با توجه به نوع سنگدانه‌های مورد استفاده در این نوع از بتن، از خصوصیت و عملکرد مناسبی در جذب و حفاظت در برابر تشعشعات هسته‌ای بر خوردار می‌باشد، بنابراین در تأسیسات هسته‌ای به عنوان مصالح مناسبی در ساخت دیواره‌های بخش‌های مختلف، مورد توجه قرار می‌گیرد [۷]. در شکل ۱ نمونه ای از انواع سنگ‌های معدنی اکسید آهن که به عنوان سنگدانه برای این نوع از بتن قابل استفاده می‌باشند، نشان داده شده است.



شکل ۱- سنگهای معدنی اکسید آهن

زمانیکه از بتن به عنوان مصالح مقاوم در برابر برخورد استفاده می‌گردد پارامترهای مختلفی در مقدار عمق نفوذ مؤثر می باشند که به عنوان مثال، به طور تجربی به فرمول زیر می‌توان اشاره نمود (Forrestal ۱۹۹۴):

$$P = 6.45\frac{W_p}{d^2}\cdot\frac{V}{\rho\sigma_c}\cdot\frac{100^{0.8}}{RQD} \qquad (۲)$$

که در آن عبارات مختلف به ترتیب P(in) عمق نفوذ نهایی پرتابه صلب، Wp(lb) وزن پرتابه، d(in) قطر پرتابه، V(fps) سرعت برخورد، r(pcf) وزن مخصوص هدف، sc مقاومت فشاری تک محوری بتن و RQD به عنوان شاخص کیفیت سنگ و به صورت درصد قطعات مغزه سالم بلندتر از صد میلیمتر (چهار اینچ) نسبت به طول کل مغزه، می‌باشند. با توجه به این فرمول، همچنان که مشاهده می‌گردد پارامترهایی که می‌توان اقدام به تغییر مقدار آنها با توجه به خصوصیات مصالح نمود، تنها مقاومت فشاری تک محوری بتن و وزن مخصوص هدف می‌باشند، سایر پارامترها در واقع خصوصیات پرتابه هستند که خارج از اراده طراح سازه است. از آنچه که ذکر شد می‌توان نتیجه گرفت که چگالی هدف، عامل مهمی در جهت مقابله با پدیدهٔ نفوذ اجسام برخورد کننده به سازه و همچنین عمق تخریب ناشی از آن می‌باشد. لذا بتن‌های با چگالی بالا می‌توانند به عنوان یک انتخاب مناسب برای ساخت سازه‌های گوناگون که در آنها احتمال برخورد اجسام پرتابی وجود دارد، در نظر گرفته شوند.

هدف اصلی از انجام این مراحل، امکان سنجی تهیه و تولید بتن سنگین با استفاده از منابع و امکانات محلی موجود در منطقه انجام این پژوهش (آذربایجان شرقی، صوفیان)، و ارزیابی خصوصیات مکانیکی ماده حاصل می‌باشد.

۲- امکان سنجی آزمایشگاهی ساخت بتن سنگین

۲-۱- سنگدانه ها

برخلاف بتن‌های معمولی، مشخصه اصلی بتن‌های سنگین در استفاده نمودن از فیلرهای فلزی نظیر ایلمنیت، لیمونیت، ژئوتیت، سرپانتین، مگنتیت، باریت، سنگ معدن آهن و خرده قطعات فولادی می‌باشد [۸]. هر چند که هر ماده ویژگی‌های خاص خود را دارا می‌باشد، اما آنها را به گونه‌ای می‌توان عمل‌آوری نمود که نیازهایی از قبیل دانه‌بندی، سلامتی و تمیزی را ارضا نمایند. تصمیم‌گیری در مورد نحوه انتخاب دانه‌ها وابسته به برآورد نمودن نیازهای بکارگیری آنها می‌باشد، مثلاً برای حفاظت در برابر تشعشع، باید از موادی استفاده نمود که در برابر تشعشع از خود فعالیت نشان ندهد [۹]. چگالی دانه‌ها و نسبت آنها برای بکارگیری در بتن سنگین باید نیازهای C638 و ASTM C637 را برآورده نماید. موادی همچون فرو سیلیکن و فروفسفر (تفاله‌های سنگین) در صورت استفاده باید پس از بررسی کافی بکار روند. نتایج

Archive of SID
www.SID.ir

تأثیر گاز هیدروژن که از تأثیر سیمان و این سنگدانه‌ها بوجود می‌آید در بتن‌های سنگینی که چنین سنگدانه‌هایی را دارند باید بررسی شود. در تهیه نمونه‌های آزمایشگاهی تلاش شده است که از مصالح محلی و در دسترس استفاده شود. شن و ماسه معمولی مورد استفاده در تهیه نمونه های آزمایشگاهی از مصالح کارخانه گزل گوم شبستر بوده و سنگ معدن باریت به کار برده شده از معادن اطراف شهرستان شاهین‌دژ خریداری شده است که پس از استخراج و انتقال به سنگبری، اقدام به خرد نمودن و دانه‌بندی مصالح با استناد بر استاندارد دانه‌بندی CASTM136-96a شده است [۱۰]. حداکثر اندازه سنگدانه باریت مورد استفاده در انجام این تحقیق برابر ۱۹/۵ میلیمتر با وزن مخصوص ۳۸۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ماسه معمولی به کار برده شده نیز ماسه شکسته با ضریب نرمی ۲/۶ می‌باشد. در شکل ۲، نمونه دانه‌بندی سنگدانه‌های مورد استفاده نشان داده شده است.

شکل ۲: سنگدانه های تهیه شده از جنس باریت به منظور ساخت بتن سنگین

۲-۱-۱- سیمان

تمام سیمان‌هایی‌که مطابق ASTM C150 یا ASTM C595 بوده و برای بتن‌های متداول مناسب می‌باشند و ویژگی‌های فیزیکی مورد لزوم را برآورده سازند، برای بکارگیری در بتن‌های سنگین مناسبند [۱۲]. زمانیکه سنگدانه‌های موجود در محیط قلیایی واکنش می‌دهند باید از سیمان با قلیایی پائین استفاده نمود و برای اعضای حجیم باید از سیمان با حرارت کم یا متوسط براساس بخش ۱۴ بتن‌های حجیم ACI 301 استفاده نمود. پوزولانها، مخلوطهای پوزولان ـ پرتلند و سیمان‌های هوازا فقط زمانی بکار می‌روند که بکارگیری آنها موجب کاهش چگالی بتن به زیر محدوده مشخص در جدول ارائه شده، نگردد. بر اساس توصیه آیین‌نامهACI ، استفاده نمودن از سیمان‌های پرتلند تیپ III و یا زودگیرکننده‌ها به منظور تسریع در عمل هیدراسیون و ایجاد ترک در بتن سنگین، توصیه نمی‌شود [۱۱]. یکی از منابع سهل‌الوصول تهیه سیمان لازم برای انجام این تحقیق، کارخانه سیمان صوفیان می‌باشد که سیمان مورد استفاده در تهیه نمونه‌های آزمایشگاهی مورد استفاده در این تحقیق، پرتلند تیپ II این کارخانه بوده است. در جدول شماره ۱ ترکیبات شیمیایی و مشخصات فیزیکی سیمان پرتلند تیپ II ارائه گردیده است که مشاهده می‌گردد که انتظارات استانداردهای اشاره شده را برآورده می‌سازد.

www.SID.ir

جدول ۱: ترکیبات شیمیایی سیمان پرتلند تیپII

ماده شیمیایی	فرمول شیمیایی	مقدار (درصد)
اکسید کلسیم	CaO	۶۳/۳۵
اکسید سیلیسیم	SiO_2	۲۰/۳۵
اکسید آلومینیوم	Al_2O_3	۵/۹۲
اکسید آهن	Fe_2O_3	۳/۰۶
اکسید منیزیم	MgO	۱/۸۹
انیدرید سولفوریک	SO_3	۲/۸۹
اکسید کلسیم	K_2O	۰/۸۸
اکسید سدیم	Na_2O	۰/۵۸
	LIO*	۰/۵
باقیمانده نامحلول	Insoluble residue	۰/۵۲

*عدم احتراق

جدول ۲: مشخصات مکانیکی و فیزیکی سیمان پرتلندتیپ II

وزن مخصوص(g/cm^3)	۳،۰۸
سطح مخصوص(cm^2/g)	۳۲۰۰
زمان گیرش اولیه(min)	۱۲۰
زمان گیرش نهایی(min)	۱۹۰

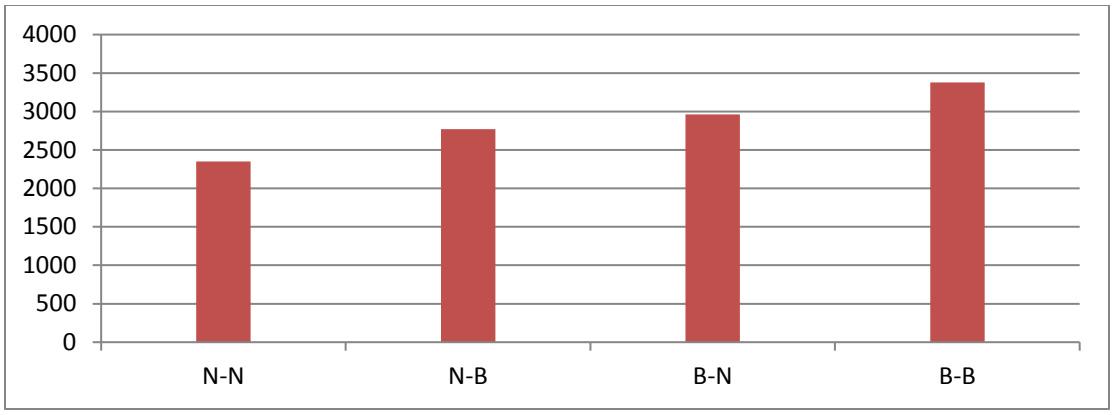
۲-۱-۲- طرح اختلاط بتن

عمل طرح اختلاط کلیه نمونه‌های بتنی با ضریب آب به سیمان یکسان۰/۵انجام پذیرفته است. با تکیه بر تجربیات آزمایشگاهی و طرح اختلاط‌های قبلی و با استناد بر آیین‌نامه بتن امریکا، طرح اختلاط نمونه ها مطابق جدول شماره ۳ ارائه گردیده است. شایان ذکر است که براساس مقادیر اختلاط، بتنی که از لحاظ حجمی نیمی از سنگدانه‌های آن از سنگدانه‌های معمولی تشکیل شده باشد با علامت اختصاری N و اگر از سنگدانه‌های سنگین تشکیل شده باشد با علامت اختصاری B نشان داده خواهد شد. همچنین حرف اول معرف درشت دانه بودن و حرف دوم نشانگر ریز دانه بودن سنگدانه‌ها می‌باشد. به عنوان مثال علامت اختصاری B- N بیانگر این مطلب می‌باشد که در طرح اختلاط به کار برده شده از درشت دانه نرمال و ریز دانه سنگین استفاده شده است. چگالی کلیه نمونه‌های بتنی در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. قابل ذکر است که از روش حجمی در طرح اختلاط استفاده گردید.

جدول شماره ۳. مقادیر طرح اختلاط بتن(kg/m^3)

مصالح	N-N	N-B	B-N	B-B
سیمان	۳۶۶	۳۶۶	۳۶۶	۳۶۶
آب	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳
نسبت آب به سیمان	۰/۵	۰،۵	۰،۵	۰،۵
ریز دانه معمولی	۶۹۷	------	۶۹۷	------
درشت دانه معمولی	۱۰۹۲	۱۰۹۲	------	------
ریز دانه سنگین	------	۱۱۱۴	------	۱۱۱۴
درشت دانه سنگین	------	------	۱۷۰۱	۱۷۰۱
وزن واحد حجم بتن	۲۳۳۸	۲۷۵۵	۲۹۴۷	۳۳۶۴

Archive of SID
www.SID.ir



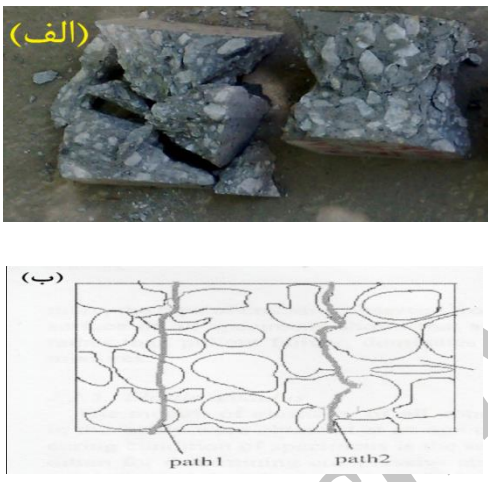
شکل ۳- چگالی نمونه های بتنی(کیلوگرم بر متر مکعب)

۲-۱-۳- مراحل آزمایش

روند ترکیب و اختلاط المان‌های بتن سنگین همانند بتن نرمال می‌باشد. در انجام این پروژه تحقیقاتی در ابتدا مصالح سنگی با یکدیگر به مدت ۲ دقیقه ترکیب شدند، سپس کلیه سیمان به مخلوط اضافه شد و به مدت ۳ دقیقه عمل اختلاط ادامه یافت و در نهایت آب اختلاط به ترکیب اضافه گردید. پس از اختلاط کامل و لرزاندن سه مرحله‌ای نمونه‌ها با ویبره صفحه‌ای، بتن تازه در قالب‌ها ریخته شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲±۲۳ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۵٪-۵۰ آزمایشگاه نگهداری شد و پس از آن به مدت ۲۸ روز درون آب عمل آوری گردید تا مورد آزمایش قرار گیرد.

۲-۱-۵- آزمایش نمونه‌ها

به منظور تعیین مشخصات مکانیکی بتن، تهیه ۳ نمونه بتنی برای هر یک از ۴ اختلاط پیشنهادی، انجام پذیرفت. بدین منظور از استوانه های ۱۵ cm× ۳۰cm Φ برای تعیین مدول الاستیسیته واستوانه‌های ۱۰ cm× ۲۰cm Φ برای تعیین مقاومت فشاری و مقاومت کششی بتن استفاده گردید.



۴- الف) نحوه ترک خورگی نمونه تهیه شده
ب) مسیرهای محتمل ترک خوردگی در بتن.

۲-۲- نتایج آزمایش ها

روش‌های آزمایش مشخصات مکانیکی پایه نمونه‌های بتنی با استناد بر استاندارد ASTM به ترتیب ذیل می‌باشد:

مقاومت فشاری (ASTM C۳۹-۸۶) [۱۱]

مقاومت کششی (ASTM C۴۹۶-۸۷) [۱۲]

مدول الاستیسیته (ASTM C۴۶۹-۸۷) [۱۳]

نتایج مربوط به آزمایش‌های انجام گرفته در ادامه ارائه شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

۲-۲-۱- مقاومت فشاری

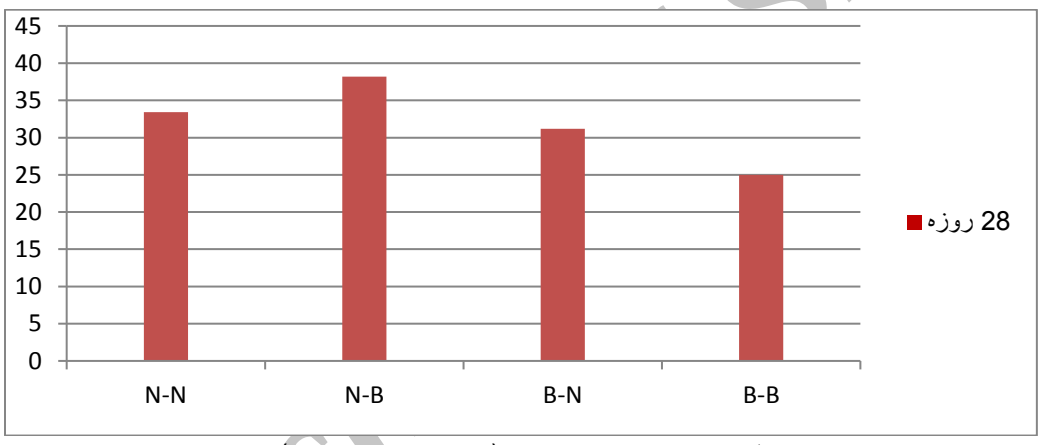
به کارگیری سنگدانه‌های سنگین علیرغم دارا بودن مقاومت و چگالی بالا نسبت به سنگدانه‌های معمولی، تأثیر چشم‌گیری بر روی مشخصه مقاومت بتن نمی‌گذارند. مطابق مشاهدات تجربی دلیل این شکست زودرس، توزیع و انتشار ترک در بتن می‌باشد که در مسیر ۲ در شکل شماره ۴ نشان داده شده است. الگوی ترک‌خوردگی در مسیر ۱ در شکل شماره ۴ زمانی حادث می‌گردد که مقاومت سنگدانه‌ها کمتر از مقاومت خمیر سیمان باشد. مقاومت فشاری نمونه‌های بتنی $f'c$ در شکل شماره ۵ نشان داده شده است. همانطوری که مشاهده می‌گردد مقاومت فشاری نمونه‌های N –B بیشترین و نمونه‌های B–B کمترین مقادیر را به خود اختصاص داده است.

۲-۲-۲- مقاومت کششی

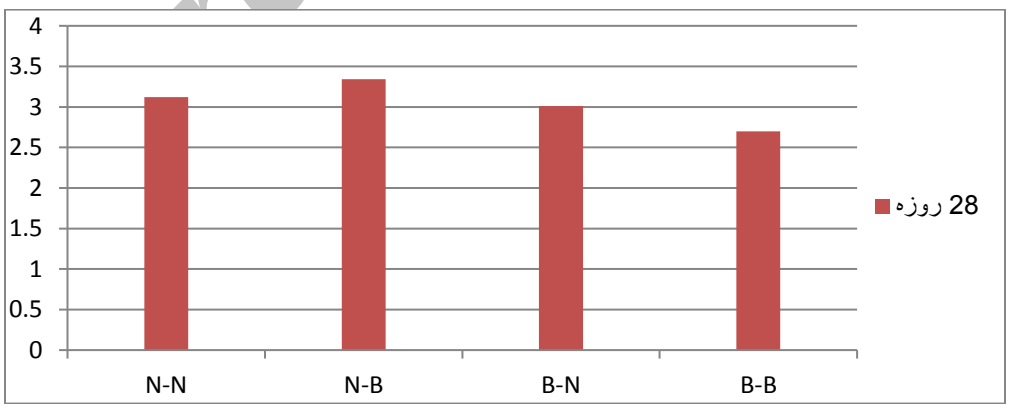
مقاومت کششی نمونه‌های بتنی در شکل شماره ۶ نشان‌داده شده است. همان طوری که مشاهده می‌گردد نمونه‌های بتنی B–B مورد آزمایش کاهش مقاومتی در حدود ۱۶٪ نسبت به نمونه‌های بتن مرجع (N –N) از خود نشان می‌دهند. شایان ذکر است که ازعوامل تأثیرگذار بر این کاهش مقاومت می‌توان به وجود خلل و فرج و تخلخل غیر عادی بتن و همچنین عدم هیدراته شدن سیمان پرتلند اشاره کرد که به هنگام شکست نمونه‌های بتنی مشاهده گردید.

۲-۲-۳- مدول الاستیسیته

مقادیر مدول الاستیسیته نمونه‌های بتنی ۲۸ روزه در شکل شماره ۷ نشان داده شده است. شرایط عمل‌آوری کلیه نمونه‌های بتنی در این آزمایش همانند شرایط عمل‌آوری برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری نمونه‌ها بوده است. نتایج کلیه آزمایش‌ها به طور خلاصه در جدول شماره ۴ ارائه گردیده است.

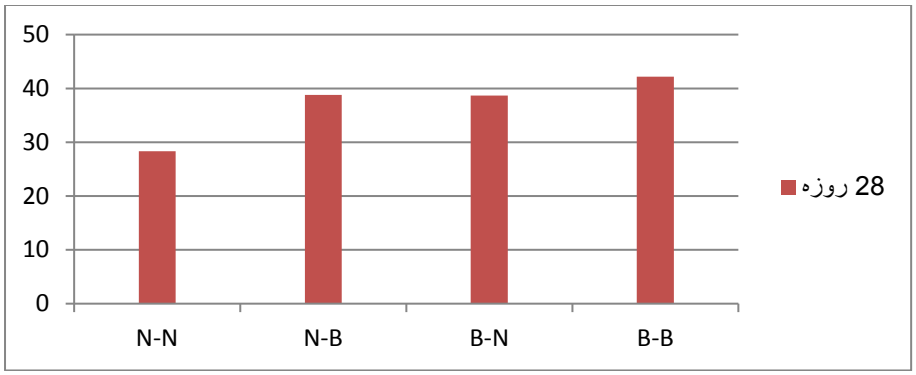


شکل۵ - مقاومت فشاری بتن (نیوتن بر میلی متر مربع)



شکل۶- مقاومت کششی (نیوتن بر میلی متر مربع)

www.SID.ir



شکل ۷- مدول الاستیسیته بتن ($10^3\times$ نیوتن بر میلی متر مربع)

جدول شماره ۴. مشخصات مکانیکی بتن

طرح اختلاط بتن	N-N	N -B	B-N	B -B
وزن مخصوص(kg/m^3)	۲۳۵۰	۲۷۷۰	۲۹۶۰	۳۳۸۰
مقاومت فشاری(MPa)	۳۳/۴	۳۸/۲	۳۱/۲	۲۵
مقاومت کششی(MPa)	۳/۱۲	۳/۳۴	۳/۰۱	۲/۷
مدول الاستیسیته(GPa)	۲۸/۳	۳۸/۸	۳۸/۷	۴۲/۲
اسلامپ(mm)	۴۵	۱۵	۱۱۰	۱۰۰

۲-۲-۴- بررسی خصوصیت نفوذ پذیری

به منظور ارزیابی خصوصیت نفوذپذیری نمونه‌های مختلف تهیه شده بر اساس طرح ارائه شده در بخشهای قبل، از دستگاه عمق نفوذ و مطابق با استاندارد آلمان استفاده گردید. این دستگاه در شکل ۸ نشان داده شده است و نتایج حاصل از آن با استفاده از رابطه ولنتاین به خاصیت نفوذ پذیری نمونه ارتباط داده شده است. نتایج حاصل در جدول ۵ ارائه شده‌اند. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش مشاهده گردید که خاصیت نفوذپذیری نمونه‌ها رابطه مشخصی با سنگدانه‌های باریت مورد استفاده ندارد و تنها به طور موثرتری از نحوه دانه بندی نمونه‌ها تبعیت می کند.

شکل ۸- دستگاه آزمایش عمق نفوذ

جدول ۵: نتایج حاصل از آزمایش عمق نفوذ بر اساس چهار نمونه اصلی مورد آزمایش

طرح اختلاط بتن	N-N	N –B	B-N	B -B
عمق نفوذ(cm/day)	۹/۵	۱۲	۱۵/۵	۸

Archive of SID
www.SID.ir

۳- نتیجه گیری

در این تحقیق مشخصات مکانیکی بتن سنگین تولید شده توسط سنگ معدن باریت مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس آزمایش‌های انجام شده می‌توان نتایج ذیل را ارائه کرد :

۱.چگالی بتن‌های تولیدی از نوع B–B بیشترین مقادیر را در بین نمونه‌های بتنی دارا می‌باشند. با استناد بر فرمول لامبر می‌توان اینگونه استدلال کرد که با افزایش وزن مخصوص نمونه‌های بتنی، میزان نفوذ اشعه‌های مضر در بتن کاهش می‌یابد. بنابراین استفاده نمودن از این نوع بتن در مقایسه با سه نوع دیگر B-N، N-N و N-B، در ساخت سپرهای محافظ بهترین گزینه پیشنهادی در ساختمان اینگونه تأسیسات می‌تواند باشد.

۲. مقاومت فشاری و مقاومت کششی بتن‌های تولید شده از نوع B–B علیرغم دارا بودن بیشترین وزن مخصوص نسبت به سایر بتن‌های مورد مطالعه، کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. بنابر مشاهدات تجربی دلیل این شکست زودرس را می‌توان در توزیع و انتشار ترک در بتن دانست. عدم چسبندگی کافی سنگدانه‌های باریت با خمیر سیمان نیز از جمله عوامل مؤثر در کاهش مشخصه مقاومت بتن سنگین تولید شده با سنگدانه باریت می‌باشد.

۳. مدول الاستیسیته بتن‌های تولید شده از نوع B–B بیشترین مقدار و مدول الاستیسیته بتن‌های تولیدی از نوع $N-N$ کمترین مقدار را در بین نمونه‌های بتنی مورد مطالعه به خود اختصاص دادند. دلیل این امر را شاید بتوان در اختلاف مقدار وزن مخصوص بتن‌های تولیدی دانست.

۴-مراجع:

[1]- Demir, F., Budak, G., Karabulut, A.,Sahin, R.,Oltulu, M., Şerifoğlu, K., Un, A., 2010. Radiation transmission of heavyweight and normal-weight concretes containing colemanite for 6 MV and 18 MV X-rays using linear accelerator. Annals of Nuclear Energy 37, 339-344.

[2]- Ouda, A., 2015, Development of high-performance heavy density concrete using different aggregates for gamma-ray shielding. Progress in Nuclear Energy 79, 48-55.

[3]- Demir, F. and Un, A., 2013, Radiation transmission of colemanite, tincalconite and ulexite for 6 and 18 MV X-rays by using linear accelerator. Applied Radiation and Isotopes 72, 1-5.

[4]- Demir, F. Budak, G. Sahin, R. Karabulut, A., 2011, Determination of radiation attenuation coefficients of heavyweight-andnormal-weight concretes containing colemanite and barite. Annals of Nuclear Energy 38, 1274-1278.

[5]- Akkurt, I., Basyigit, C., kilincarslan, S., Mavi, B.,Akkurt, A., 2006. Radiation shielding of concretes containing different aggregates. Cement & Concrete Composites 28, 153-157.

[6]- Wood J. Computational methods in reactor shielding. Pergamon Press: New York; 1982.

[7]- Hubbell JH. Photon mass attenuation and energy absorption coefficient from 1 keV to 20 MeV. Applied Radiation and Isotopes. 1982; 33:1269.

[8]- Kan, Y-C., Pei, K-C., Chang, C-L., 2004. Strength and fracture toughness of heavy concrete with various iron aggregates inclusions. Nuclear Engineering and Design 228, 119-127.

[9]- ASTM Standards C136-96a, 1996. Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.

[10]- ACI 304.3R-96, 2004. Heavyweight Concrete: Measuring, Mixing, Transporting, and Placing.

[11]- ASTM Standards C39-86, 1986. Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

[12]- ASTM Standards C496-87, 1987. Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

[13]- ASTM Standards C469-87, 1987. Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson’s Ratio of Concrete in Compressio

Archive of SID
www.SID.ir

Testing and Evaluating the Mechanical Properties of Concrete Made of Heavy Barite Aggregates

Mehdi gholipour Feizi
Assistant Professor, Islamic Azad University, Sofian Branch, Sofian, Iran
Alireza Mojtehedi
Assistant Professor, Islamic Azad University, Tabriz Beanch, Tabriz, Iran
Mohammad Ali lotfollahi yaghin
Assistant Professor, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tamriz, Iran

Archive of SID

ABSTRACT

Research on the heavy concrete technology expanded rapidly in the last decades. This kind of the concrete can be used for different purposes such as the protective shields of the medical centers and nuclear power plants. Ilmenite, limonite, hematite, magnetite and barite are the common mineral aggregates which are used in the heavy concrete construction technology.

In this research the mechanical properties of the concrete which is made of the Barite are studied. For this purpose, at first the feasibility of the construction of the heavy concrete is considered based on the local mineral resources. Then, the most efficient plan for appropriate production process is explained. Finally, the low cost design and implementation of this type of the concrete is presented using the observed results.

Keywords: Heavy concrete, barite, high density, mechanical properties.

www.SID.ir