

خصوصیات مکانیکی و محافظتی بتن های حاوی پودر باریت و گرافیت در برابر اشعه ی گاما

سید حسین قاسم زاده موسوی نژاد^{۱*}، سمیرا کاظمی راد^۲

۱- استادیار گروه سازه، دانشگاه گیلان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه گیلان

کد E

چکیده

در این تحقیق، ضریب تضعیف خطی دو سری از آزمون‌های بتنی حاوی پودر باریت بعنوان جایگزین درصدی از ماسه، با و بدون پودر گرافیت تحت اشعه گاما با چشمه ی Cs-137 مورد بررسی قرار گرفت. همچنین مقاومت فشاری و سرعت پالس اولتراسونیک نیز تعیین گردید. کلیه آزمون‌های بتنی دارای عیار مواد سیمانی 400 Kg/m^3 و نسبت آب به سیمان ۰/۴ در دو سری تهیه شده اند. در سری اول شامل پودر باریت با درصدهای ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزین ماسه و در سری دوم پودر باریت با درصدهای ذکر شده به همراه ۱۰ درصد پودر گرافیت تهیه شد. نتیجه تحقیقات ناشی از این بود که نمونه ی حاوی ۱۰٪ پودر باریت به همراه ۱۰٪ پودر گرافیت می تواند مقدار بهینه جهت حفاظت در برابر اشعه گاما باشد.

کلمات کلیدی: اشعه گاما، ضریب تضعیف خطی، پودر باریت، پودر گرافیت.

۱. مقدمه

با توجه به توسعه ی فن آوری هسته ای و استفاده از این تکنولوژی در زمینه های مختلف صنعت، پزشکی، پژوهشی و غیره...، محافظت در برابر اشعه ی رادیواکتیو یکی از مهم ترین موضوعات در این زمینه است. هدف کاهش میزان دوز از منابع رادیواکتیو است. منابع از نظر اجزاء در انواع مختلفی از تابش های هسته ای با انرژی های مختلف منتشر می شود. این تابش های دیگر، ذرات آلفا، بتا، نوترون و اشعه ی گاما است. با توجه به اینکه ذرات آلفا و بتا می تواند به طور کامل توسط سپر جذب شود، موضوع اصلی در بحث حفاظت اشعه ی رادیواکتیو، توقف پرتوهای گاما و نوترون است [۱].

گاما پرتویی الکترومغناطیسی با بسامد بالا و در نتیجه انرژی بالاست. اشعه ی گاما پرتوی یونیزان است که برای سلامتی مضر است. پرتو گاما به طور معمول در نتیجه ی فروپاشی حالت های انرژی بالای هسته های اتم تولید می شود. از اشعه ی گاما در تشخیص سرطان و فیزیوتراپی و همچنین در تشخیص ترکیدگی لوله و بررسی چاه های نفت به عنوان آزمون غیر مخرب استفاده می شود [۲و۳]. در دستگاه های پرتو پزشکی که تنها بخشی از بدن فرد باید پرتو دهی شود استفاده از حفاظ های سربی و قالب های بتنی که مستحکم و غیر قابل انعطاف هستند، مشکلاتی ایجاد خواهند کرد. در نتیجه سعی می شود تا جاذب های غیر سربی انعطاف پذیر به منظور حفاظت در برابر پرتوهای یون ساز پزشکی ساخته شود [۴]. باریت ($BaSO_4$) نام خود را از چگالی زیاد خود گرفته است. در حقیقت، باریت به ریشه یونانی، باریس باز می گردد که به معنای سنگین است که آن به خاطر وزن اتمی بالای باریم (Ba) است. مصرف جهانی عمدتاً در صنعت نفت و گاز انجام می شود که عمدتاً باریت در آن ها کاربرد زیادی دارد، کاربردها شامل ۸۵ درصد درخواست جهانی می شود که عمدتاً آن را به پودر تبدیل می کنند. باریت یکی از کانی های عادی رگه ها است و معمولاً همراه کوارتز و کلسیت ظاهر می شود. همچنین در سنگ های آهنکی و ماسه سنگ نیز دیده می شود. ایران پنجمین تولید کننده ی بزرگ باریت در جهان است. از دیگر تولیدکنندگان عمده ی باریت در جهان می توان به آلمان، مکزیک، پاکستان، پرو، روسیه، تایلند و ویتنام اشاره کرد. حدود ۹۰ درصد از باریت تولیدی در جهان در صنایع حفاری و بقیه در حوزه های صنعتی و پزشکی مصرف می شود.

در این مطالعه تلاش شده از پودر باریت بعنوان جایگزین ماسه، با درصد های مختلف، علاوه بر بهبود خصوصیات مکانیکی بتن، خواص آن را به عنوان محافظ پرتوهای هسته ای گاما مورد بررسی قرار دهد. همچنین از ۱۰ درصد پودر گرافیت در آزمون های حاوی پودر باریت با درصد های مختلف جهت تکمیل تحقیقات نیز استفاده شده است.

مطالعات بسیاری در زمینه ی بتن های حفاظتی در برابر اشعه انجام گرفته است، که از جمله این تحقیقات می توان به موارد زیر اشاره کرد: سارا عظیم خانی و همکاران، در تحقیقی خواص حفاظتی پرتو گاما را در درصد های مختلف سرب در بتن مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که افزودن پودر سرب به میزان ۹۰ درصد وزنی سیمان می تواند مقداری بهینه باشد [۵]. آکورت و همکاران خواص حفاظتی بتن ها با درصد های مختلف باریت به عنوان سنگدانه را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در حالیکه سرب یک ماده حفاظتی ایده آل است، باریت به عنوان سنگدانه می تواند یک ماده حفاظتی جایگزین مورد استفاده قرار گیرد [۶]. جنسل و همکاران در تحقیقی تاثیر هماتیت در برابر اشعه گاما و نوترون را مورد بررسی قرار دادند. نتیجه این بود که هماتیت تاثیر مثبتی بر روی مقاومت بتن دارد و افزایش آن باعث تضعیف بیشتر پرتو گاما شد. در حالی که در مورد نوترون این افزایش کمی به تضعیف آن نکرد [۷].

۲. مواد و روش ها:

برای ساخت بتن مورد استفاده در این تحقیق از مواد زیر استفاده شده است:

سیمان پرتلند نوع دو دیلمان با چگالی 4000 Kg/m^3 ، شن و ماسه ی تهیه شده از کارخانه ی تولیدی کانال پیش ساخته لوله و قطعات بتنی گیلان، آب آشامیدنی شهر رشت، پودر باریت با چگالی 4200 gr/cm^3 از شرکت کانی کاو کاشان و پودر گرافیت با چگالی 2200 gr/cm^3 از شرکت شیمیایی پوریان تهران تهیه شده است. میکروسلیس مصرفی در این تحقیق از کارخانه فروسیلیس ایران تهیه گردیده است. نسبت آب به مواد سیمانی در ترکیبات مقدار ثابت ۰/۴ و از فوق روان کننده با نسبت ۰/۳ درصد وزنی سیمان استفاده گردید. خواص فیزیکی سنگدانه های درشت و ریز در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خواص فیزیکی سنگدانه های درشت و ریز

خواص	شن	ماسه
وزن مخصوص انبوهی (gr/cm^3)	۱/۶۳	۱/۷۴
چگالی (SSD)	۲/۷	۲/۷
جذب آب (%)	۲/۲	۳/۸۵

۳. طرح مخلوط و آماده سازی نمونه ها:

در این آزمایش از ۱۲ طرح مخلوط با درصدهای مختلف ۰٪، ۱۰٪، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ پودر باریت همراه و بدون ۱۰٪ پودر گرافیت استفاده شده است. در این ترکیبات پودر باریت جایگزین ماسه شده است. جذب آب، مقاومت فشاری، امواج اولتراسونیک و آزمایش پرتو نگاری اشعه ی گاما در سن ۲۸ روزه انجام شده است و ضرایب تضعیف خطی را بدست می دهد. در این تحقیق نمونه ها پس از قالب گیری توسط میز و بیره متراکم شده و بعد به وسیله ی نایلون پوشانده شدند. بعد از ۲۴ ساعت قالب ها باز شدند و نمونه ها در حوضچه ی آب به مدت ۲۸ روز قرار گرفتند. یک سری از نمونه ها جهت انجام آزمایش پرتو نگاری گاما آماده شدند و بقیه جهت انجام آزمایش مقاومت فشاری و پالس اولتراسونیک مورد استفاده قرار داده شدند. نسبت های طرح های مخلوط در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- طرح مخلوط برای یک متر مکعب بتن (Kg/m^3)

شماره طرح اختلاط	سیمان	شن	ماسه	آب	پودر باریت %	پودر گرافیت %	میکروسیلیس
۱	۴۰۰	۸۶۰	۸۲۰	۱۶۰	-	-	-
۲	۳۶۰	۸۶۰	۸۲۰	۱۶۰	-	-	۴۰
۳	۳۶۰	۸۶۰	۷۳۸	۱۶۰	۱۰	-	۴۰
۴	۳۶۰	۸۶۰	۶۱۵	۱۶۰	۲۵	-	۴۰
۵	۳۶۰	۸۶۰	۴۱۰	۱۶۰	۵۰	-	۴۰
۶	۳۶۰	۸۶۰	۲۰۵	۱۶۰	۷۵	-	۴۰
۷	۳۶۰	۸۶۰	۰	۱۶۰	۱۰۰	-	۴۰
۸	۳۲۰	۸۶۰	۷۳۸	۱۶۰	۱۰	۱۰	۴۰
۹	۳۲۰	۸۶۰	۶۱۵	۱۶۰	۲۵	۱۰	۴۰
۱۰	۳۲۰	۸۶۰	۴۱۰	۱۶۰	۵۰	۱۰	۴۰
۱۱	۳۲۰	۸۶۰	۲۰۵	۱۶۰	۷۵	۱۰	۴۰
۱۲	۳۲۰	۸۶۰	۰	۱۶۰	۱۰۰	۱۰	۴۰

۴. آزمایش های انجام شده:

۱.۴. مقاومت فشاری

از آزمون های مکعبی با ابعاد ۱۰cm جهت تعیین مقاومت فشاری در روز های ۷، ۲۸ و ۵۶ روز استفاده گردید. آزمون ها مطابق استاندارد BS 1881: part 116 و با سرعت بارگذاری ۲/۵ KN/s مورد آزمایش قرار گرفتند.

۲.۴. سرعت پالس اولتراسونیک (UPV)

سرعت پالس اولتراسونیک برای آزمون های ۱۰cm برای آزمون های ۲۸ روزه مورد اندازه گیری قرار گرفت. این آزمایش مطابق استاندارد ASTM C597 بوده است. در آرایش مولد ها از روش مستقیم که مطلوب ترین آرایش قرار گیری مولد ها است استفاده گردید و فرکانس پالس های ارسالی ۶۰ kHz بوده است. همچنین مدت انتقال پالس بر حسب میکروثانیه و با دقت ۰/۱ میکروثانیه اندازه گیری شده است. بر اساس توصیه های مطرح شده توسط سایر محققان، فرکانس مطلوب جهت ارزیابی بتن در بازه ی ۸۰-۴۸ kHz قرار دارد. دمای آزمون های بتنی، هم دمای آزمایشگاه ($25 \pm 5 \text{ C}^\circ$) و طول مسیر نیز برابر ضخامت آزمون ها (۱۰ cm) بوده است [۸].

۳.۴. آزمایش پرتونگاری

آزمون های مکعبی با ابعاد ۱۰cm به مدت ده دقیقه تحت تابش اشعه ی گامای ساطع شده از چشمه ی Cs-137 با قدرت ۳/۷MBq قرار گرفتند. تصویر پرتونگاری در شکل ۱ نشان داده شده است. آشکار ساز مورد استفاده یدور سدیم تالیوم دار (NaI(Tl) به ابعاد ۲"×۲" و تحلیلگر چند کاناله MCA و نرم افزار Cassy Lab نیز برای آنالیز نتایج مورد استفاده قرار گرفتند. ولتاژ اعمال شده به آشکار ساز ۵۰۰V می باشد. جهت کاهش تابش زمینه در اطراف آشکار ساز حفاظ سربی قرار داده شده است. آزمون های بتنی در فاصله ی ۲cm از آشکار ساز و ۱cm از چشمه قرار داده شده اند.

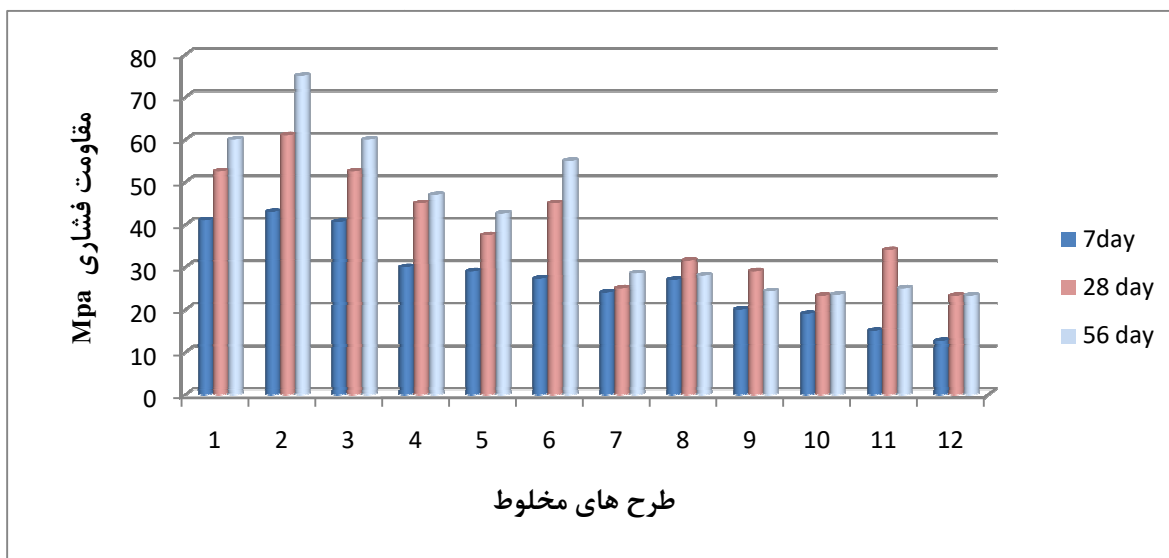


شکل ۱- تصویر آزمایش پرتودهی به بتن توسط چشمه گاما و شمارش توسط آشکارساز NaI(Tl)

۵. بحث و تفسیر نتایج:

۱.۵. مقاومت فشاری

شکل ۲، مقاومت فشاری آزمونه های مکعبی بتنی ۱۰ سانتی را نشان می دهد. آزمونه های بتنی در سه سن ۷، ۲۸ و ۵۶ روز مورد بررسی قرار گرفتند. کلیه نتایج از میانگین گیری بین سه آزمونه به دست آمده است.



شکل ۲- مقایسه مقاومت فشاری ۷، ۲۸ و ۵۶ روزه بر حسب Mpa

نتایج حاکی از آن است که بیشترین مقدار مقاومت فشاری مربوط به مخلوط حاوی میکروسیلیس می باشد. مقایسه نمودار مقاومت فشاری طرح های مخلوط سری اول و دوم نمایانگر این است که وجود پودر باریت و پودر گرافیت از مقاومت فشاری اولیه می کاهد و همچنین این کاهش در پودر گرافیت بیشتر است.

۲.۵. امواج اولتراسونیک

شکل ۳ نشانگر سرعت امواج اولتراسونیک بتن های مکعبی در سن ۲۸ روز را نشان می دهد.



شکل ۳ - مقایسه سرعت پالس اولتراسونیک (m/s) آزمونه های ۲۸ روزه

نتایج نشان دهنده این می باشد که سرعت پالس اولتراسونیک آزمونه حاوی ۱۰٪ پودر باریت از مابقی مخلوط ها بیشتر است و این بیانگر این است که این طرح مخلوط دارای کیفیت بهتری نسبت به سایر آزمونه ها می باشد. همچنین مخلوط حاوی ۱۰۰٪ پودر باریت به همراه ۱۰٪ پودر گرافیت دارای سرعت پالس اولتراسونیک کمتری می باشد که این موضوع نشان دهنده این است که این طرح مخلوط با این درصدها کیفیت ضعیفتری را در بین سایر طرح ها دارا می باشد.

۳.۵. ضریب تضعیف خطی

ضریب تضعیف خطی که به صورت احتمال برهمکنش تابش با ماده در واحد طول مسیر تعریف می شود، مهمترین مشخصه کمی نفوذ و انتشار پرتوهای گاما در یک محیط می باشد. پرتوی گاما در طی عبور از ماده با واکنش های فوتوالکتریک، کامپتون و تولید زوج روبرو می شود. در این بین، شدت تابش به صورت تابعی از ضخامت ماده جاذب کاهش می یابد به گونه ای که اگر یک دسته پرتوی گامای موازی تک انرژی از یک لایه نازک از ماده عبور کند، شدت تابش عبوری از ماده (I) از رابطه ی زیر بدست می آید:

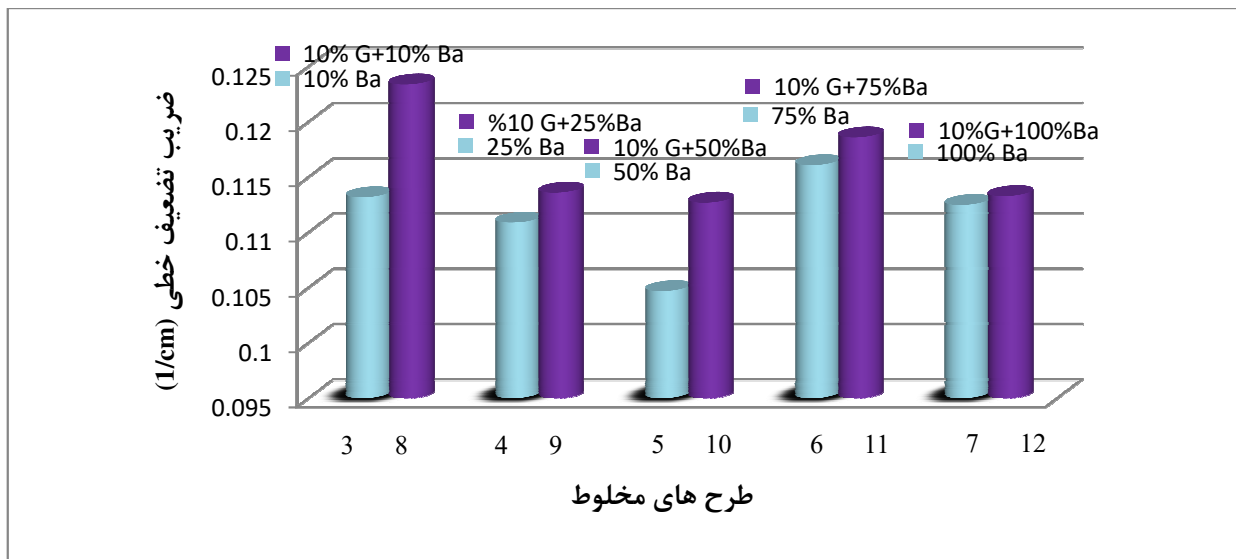
$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

که I_0 شدت باریکه ی ورودی، x ضخامت ماده ی جاذب و μ ضریب جذب خطی برای ماده ی جاذب است. این رابطه به قانون بیر-لمبرت مشهور است. با مرتب کردن دوباره این رابطه خواهیم داشت:

$$\mu = \frac{1}{x} \ln \left(\frac{I_0}{I} \right) \quad (2)$$

در این رابطه x ضخامت بتن بر حسب سانتی متر، I_0 شمارش در غیاب حفاظ بتن و I شمارش در حضور حفاظ بتن است. مقادیر مربوط به I_0 و I از جمع زیر منحنی های تجربی مربوط به پرتوهای گاما بدست آمده است.

شکل ۴ ضرایب تضعیف خطی بتن های حاوی پودر باریت به تنهایی و پودر باریت و پودر گرافیت را به صورت مقایسه ای نشان می دهد.



شکل ۴ - مقایسه آزمون های حاوی درصدهای مختلف پودر باریت و آزمون های ترکیبی حاوی پودر باریت و پودر گرافیت. ستون های سمت چپ ضریب تضعیف خطی آزمون های حاوی پودر باریت و ستون های سمت راست ، ضریب تضعیف خطی آزمون های حاوی پودر باریت و پودر گرافیت را به صورت مقایسه ای نشان می دهند. Ba نشانه باریت و G علامت گرافیت می باشد.

نتایج حاکی از آن است که بیشترین ضریب تضعیف خطی مربوط به طرح مخلوط ۱۰٪ پودر باریت به همراه ۱۰٪ پودر گرافیت می باشد و این یعنی این که این طرح می تواند بهینه حالت جهت حفاظت در برابر پرتو گاما باشد. همچنین مشاهده می شود که وجود پودر گرافیت در آزمون ها منجر به افزایش ضریب تضعیف خطی شد و این یعنی این که وجود درصد کمی از پودر گرافیت نیز می تواند مؤثر باشد.

۶. نتیجه گیری:

- ۱- از نمودار مقاومت فشاری ۲۸ روزه و نمودار ضریب تضعیف خطی می توان این نتیجه را گرفت که وجود پودر باریت و پودر گرافیت در آزمون ها اگر چه ضریب تضعیف خطی را افزایش می دهند ولی مقاومت فشاری را کاهش خواهند داد.
- ۲- بیشترین سرعت پالس اولتراسونیک، آزمون ۳ حاوی ۱۰٪ پودر باریت در بین همه آزمون ها بیانگر کیفیت بهتر و مطلوب تر این آزمون می باشد.
- ۳- از روی نمودار مقایسه ای ضریب تضعیف خطی می توان این نتیجه را گرفت که وجود پودر گرافیت در بتن باعث افزایش ضریب تضعیف خطی آزمون ها در مقایسه با عدم وجود گرافیت می باشد.
- ۴- در سری اول آزمون های فاقد پودر گرافیت، ترکیب ۷۵٪ پودر باریت بیشترین ضریب تضعیف خطی را به ارمغان می آورد که در حین مطلوب بودن کیفیت بتن، وجود ۷۵٪ پودر باریت و چگال تر شدن بتن می توان این نتیجه را توجیه کرد.
- ۵- بیشترین سرعت پالس اولتراسونیک، آزمون حاوی ۱۰٪ پودر باریت در بین همه آزمون ها بیانگر کیفیت بهتر و مطلوب تر این آزمون می باشد.
- ۶- وجود مقاومت فشاری ۲۸ روزه بیشتر به همراه بیشترین ضریب تضعیف خطی مربوط به آزمون ۱۰٪ پودر باریت به همراه ۱۰٪ پودر گرافیت می باشد که می تواند نمایانگر طرح بهینه ی مورد نظر جهت استفاده در برابر تابش اشعه گاما پیشنهاد می شود.

۷. قدردانی:

نویسندگان لازم می دانند از همکاری صمیمانه ی کارکنان دانشگاه گیلان، اساتید و کارکنان دانشکده ی فیزیک دانشگاه محقق اردبیلی، به ویژه جناب آقای دکتر ذوالفقارپور مدیر تحصیلات تکمیلی دانشکده و سرکار خانم دکتر سارا عظیم خانی قدر دانی نمایند.

۸. مراجع:

- [1] Asadi Amirabadi, E., Salimi, M., Ghal-Eh, N., Etaati, G.R., Asadi, H. (2013). "Study of Neutron and Gamma Radiation Protective Shield". International Journal of Innovation and Applied Studies, vol.3, no.4, pp.1079-1085.
- [2] Knoll, G.F. (2010). "Radiation detection and measurement. John". Wiley & Son.
- [3] Aharonian, F.A. (2004). "Very high energy cosmic gamma radiation". a crucial window on the extreme Universe. World Scientific.

- [4] Landel, R.F., Nielsen, E. (1993). "Mechanical Properties of Polymers and Composites". CRC Press.
- [5] Rezaei-Ochbelagh, D., Azimkhani, S., Ghasemzadeh Mosavinejad, H. (2012). "Gamma-ray shielding properties of concrete with different percentages of lead". Nuclear Science and Techniques 23, 215-218.
- [6] Akkurt, I., Basyigit, C., Akkas, A., Kilincarslan, S., Gunoglu, K. (2010). "Photon attenuation coefficients of concrete includes barite in different rate". Annals of Nuclear Energy, 37, 910-914.
- [7] Gencil, O., Bozkurt, A., Kam, E., Korkut, T. (2011). "Determination and calculation of gamma and neutron shielding characteristics of concretes containing different hematite proportions". Annals of Nuclear Energy, 38, 2719-2723.
- [8] Saad, A., Abu-Qudias. (2005). "Effect of concrete mixing parameters on propagation of ultrasonic waves". construction and building materials, 19, 257-263.

Mechanical and protective properties of concrete containing barite and graphite powder against gamma rays

S.H.Ghasemzadeh Mousavinejad *

Assistant Professor of Civil Engineering, University of Guilan

S.kazemi Rad

M.Sc, Department of Civil-Structural Engineering, University of Guilan

Abstract

In this study, the Linear attenuation coefficient of two series of concrete samples containing barite powder with sand replacement, with and without graphite powder under gamma-ray with a Cs-137 source was investigated. The compressive strength and ultrasonic pulse rate were also determined. All concrete specimens containing cementitious materials of 400 Kg/m³ and 0/4% water to cement were prepared in two series. Concrete samples in the first series consisted of barite powder with 10%, 25%, 50%, 75% and 100% sand replacement, and in the second series, barite powder with the above different percentages including 10% graphite powder was prepared. The result of the research was that a sample containing 10% of barite powder plus 10% of graphite powder could be the optimum value for protecting against gamma-ray.

Keywords:Gamma-ray, Linear attenuation coefficient, barite powder, graphite powder.

* Corresponding Author: hossghas@yahoo.com