

ویژگی حفاظتی پرتوهای گاما و نوترون در بتن با استفاده از پودرهای باریت و گرافیت

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

۱. استادیار مهندسی عمران- سازه، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- سازه، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

* h.mosavi@guilan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۱۰

چکیده

در این پژوهش ضریب تضعیف خطی پرتو گاما و سطح مقطع پراکندگی پرتو نوترون دو سری از نمونه‌های بتنی حاوی پودر باریت به عنوان جایگزینی از ماسه با و بدون پودر گرافیت تحت اشعه گاما با چشمه Cs-137 و آشکارساز NaI (TI) و تحت پرتو نوترون با چشمه Am-Be 241 و آشکارساز BF₃ بررسی شد. مقاومت فشاری، مقاومت کششی و سرعت پالس اولتراسونیک نیز تعیین شد. تمام نمونه‌های بتن، به جز نمونه‌های کنترل، با مقدار ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب سیمان و نسبت آب به سیمان ۰/۴ با جایگزینی ۱۰ درصد میکروسیلیس در دو سری ساخته شده‌اند. در سری اول، پودر باریت با جایگزینی ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزین ماسه شد و در مرحله دوم، ۱۰ درصد پودر گرافیت به نمونه‌های حاوی پودرهای مختلف پودر باریت اضافه شده است. نتیجه این پژوهش نشان داد که یک نمونه حاوی ۱۰٪ پودر باریت به اضافه ۱۰٪ پودر گرافیت می‌تواند به عنوان یک مقدار مطلوب برای بتن حفاظت شده در برابر اشعه‌های گاما و نوترون باشد.

واژگان کلیدی: گاما، نوترون، ضریب تضعیف خطی، بتن، حفاظت

مقدمه

حفاظت از اشعه یکی از مهم‌ترین مسائل در این زمینه است. و سعی بر این است تا دوز چشمه‌های رادیواکتیو کاهش داده شود. این پرتوهای رادیواکتیو شامل ذرات آلفا، بتا، نوترون‌ها و اشعه‌های گاما هستند. با توجه به اینکه

با توجه به توسعه فن آوری هسته‌ای و استفاده از این فناوری در زمینه‌های مختلف صنعت، پزشکی، تحقیقات و

ذرات آلفا و بتا می توانند توسط سپر به طور کامل جذب شوند، مسئله اصلی بحث در مورد حفاظت از تابش های رادیواکتیو این است که مانع اشعه های گاما و نوترونی شود [1]. برای محافظت از بتن در مقابل تابش، مواد جذب شده بایستی دارای چگالی بالا، ضریب تضعیف بیشتر و ویژگی های ساختاری مانند مقاومت بالا، در دسترس بودن و تولید ارزان باشد. با توجه به نتایج فوق، استفاده از بتن یک گزینه مناسب برای حفاظت در برابر اشعه رادیواکتیو است [2]. با توجه به وزن مخصوص بالا و پایین بودن قیمت، باریت به طور گسترده در صنعت حفاری نفت و گاز استفاده می شود و یکی از مهم ترین مواد معدنی در صنعت حفاری نفت است. همچنین در صنایع رنگ آمیزی، پلاستیک های دارویی (به علت جذب امواج رادیواکتیو)، مواد شیمیایی و غیره استفاده می شود. بنابراین می تواند یک گزینه مناسب برای حفاظت از تابش گاما باشد. گرافیت همچنین یک کاهنده خوب برای پرتو نوترون است. سطح مقطع جذب نوترون در گرافیت پایین است و بنابراین مشکل گامای ثانویه زیادی وجود ندارد. گرافیت دارای ویژگی های حرارتی خوب است که همچنین می تواند نقش مهمی در حفاظت بازی کند.

ژو لو و همکارانش (۲۰۱۱)، سه نوع مواد حفاظتی را با استفاده از سنگ های حاوی بور و اپوکسی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمون نشان داد که سرباره غنی از بور به عنوان جاذب نوترون به عنوان حفاظ نوترون نسبتاً خوب است. سنگ معدن حاوی بور شامل کامپوزیت اپوکسی دارای حفاظ نسبتاً خوبی در برابر تابش گاما است و دارای ضریب انقباض خطی ۰/۷۷۲ در هر سانتی متر است. عناصر آهن و بور که به عنوان ترکیبات سنگی وجود دارند، عوامل اصلی تأثیرگذار برای کند کردن نوترون آهسته می باشند. بور از نوترون آهسته محافظت می کند، در حالی که آهن از اشعه های گاما محافظت می کند [3]. پروشین و همکاران (۲۰۰۵)، بتن سنگین با مقاومت بالا با چگالی ۳۸۰۰-۴۲۰۰

کیلوگرم در متر مکعب با ضایعات سیلیکات ضخیم تولید کردند و به این نتیجه رسیدند که این نوع بتن سپر خوبی در برابر تابش می باشد [4]. کورکات و همکاران (۲۰۱۰) چهار نمونه باریت و چهار نمونه بتنی با غلظت ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد کلمنیت تولید و میزان انتقال نیتروژن را با استفاده از

یک منبع انرژی واحد با انرژی ۴/۵ مگا الکترون ولت ($E_{eff} = 4.5 \text{ MeV}$) اندازه گیری کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که وقتی درصد کلمنیت افزایش می یابد، میزان انتقال نوترون برای نمونه کاهش می یابد و به این نتیجه رسیدند که با اضافه کردن مقادیر بالاتر کلمنیت، خواص محافظتی نوترون های باریت و بتن معمولی می تواند افزایش یابد [5]. الخایات و همکاران (۲۰۱۰)، حفاظت از گاما و نوترون سریع را با استفاده از بتن حاوی نسبت های مختلف آهک/سیلیکا مورد مطالعه قرار دادند. با محاسبه ضریب تضعیف جرمی (μ / ρ) نشان دادند که نسبت آهک و سیلیس به بتن اثرات قابل توجهی بر مقدار μ/ρ دارد [6]. خاریتا و همکاران (۲۰۰۹) اثر افزودن پودر کربن بر خواص بتن هماتیت را برای حفاظت از اشعه مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که افزودن ۶ درصد وزنی کربن به بتن باعث افزایش مقاومت آن در حدود ۱۵ درصد می شود. با این حال، خواص محافظتی برای هر دو پرتو گاما و نوترون با افزایش مقدار پودر کربن کاهش می یابد [7]. کورکات و همکاران (۲۰۱۲) خواص محافظتی نوترون ها در سنگ معادن کولمانیت، اولکسیت و تینکال را با درصد های مختلف بور بررسی کردند، مشاهده شد که افزایش غلظت اتم های بور باعث افزایش خواص محافظتی نوترون ها می شود [8]. نالک و همکاران (۲۰۱۴)، ترکیبات مختلف بتن الیاف بازالت را مورد بررسی قرار دادند، نتیجه گرفتند که فیبر بازالت یک ماده نسبتاً ارزان است که می تواند به جای فیبرهای فلزی به عنوان تقویت کننده استفاده شود. مقاومت فیبر بازالت تقریباً ۱۰ برابر قدرت فیبر فولادی است. ضریب تضعیف خطی گاما با افزودن الیاف بازالت به بتن افزایش

مکانیکی بتن، به عنوان محافظ پرتوهای گاما و نوترون بررسی شده است. منبع تابش مورد استفاده برای اشعه گاما ^{137}Cs و برای نوترون $^{241}\text{Am-Be}$ است.

۲. مواد و مصالح

۲-۱- سیمان

سیمان مصرفی در این پژوهش سیمان نوع دو کارخانه دیلمان در کلیه مخلوطها می باشد. آنالیز و خصوصیات سیمان در جدول ۱ آورده شده است. چگالی سیمان در حدود 3gr/cm^3 تا 3.15gr/cm^3 می باشد.

جدول ۱. آنالیز شیمیایی سیمان پرتلند تیپ ۲

Cement materials	chemical mixture	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
Cement	Weight ratio(%)	21.7-22.1	4.9-5.3	3.4-3.8	65.0-66.0	1.3-1.5	1.5-1.8	0.50-0.60	0.25-0.35

Table 1. Chemical analysis of Portland cement type 2

جدول ۲. دانه بندی سنگدانه ها

Percentage passing on ASTM C33 Standard						
Gravel	19(mm)	12.5	9.5	4.75	2.36	--
	100	93.2	58.9	2.2	0.2	
Sand	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
	100	91.8	80.1	58	26.1	6.5

Table 2. Aggregates grading

۲-۲- سنگدانه

مخصوص ماسه ی مصرفی 1.74 gr/cm^3 ، وزن مخصوص ظاهری اشباع با سطح خشک آن 2.7gr/cm^3 ، جذب آب آن $3/85$ درصد است. دانه بندی سنگدانه های مصرفی در جدول ۲ نشان داده شده است.

می یابد. نتایج نشان می دهد که بتن مسلح حاوی بازالت دارای خواص محافظتی نسبت به بتن معمولی در برابر اشعه گاما است [9]. مدبولی و همکاران (۲۰۱۸) از بتن استاندارد و پنج ماده از جمله کاربید بور، ایلمنیت، فرو بور، گالینا و باریت استفاده کردند و نتیجه گرفتند که بتن حاوی کاربید بور یکی از بهترین حفاظها در برابر اشعه های نوترونی است و باریت بهترین کاهش دهنده نوترون می باشد. بتن گالینا همچنین می تواند در محافظت در برابر اشعه گاما موثر باشد [10]. در این مطالعه از درصدهای مختلف پودر باریت به عنوان جایگزین ماسه به تنهایی و همراه با ۱۰ درصد پودر گرافیت استفاده شده و بر روی خواص

شن و ماسه مورد استفاده از کارخانه تولید قطعات بتنی تهیه شده است. به دلیل وجود ذرات بزرگتر از ۱۹ میلی متر، شن از الک $3/4$ اینچ رد شده است. ماسه نیز از نوع رودخانه ای و با اندازه ی (۳-۰) می باشد. همچنین شن و ماسه در محدوده ی دانه بندی ASTM C33 قرار گرفتند. وزن مخصوص شن مصرفی 1.63 gr/cm^3 ، وزن مخصوص ظاهری اشباع با سطح خشک آن 2.7 gr/cm^3 و جذب آب آن $2/2$ درصد و حداکثر اندازه ی آن ۱۹ میلی متر و وزن

۲-۳- آب و ماده افزودنی فوق روان کننده

برای ساخت و عمل آوری نمونه های بتنی از آب شرب شهر رشت استفاده گردید. همچنین، برای تامین کارایی مورد نیاز از فوق روان کننده پلی کربوکسیلات اتر P10-3R نیز استفاده شده است.

۳- روش ساخت و عمل آوری نمونه ها

در این پژوهش، نمونه ها در ۱۲ سری با نسبت های اختلاط بر اساس استاندارد ACI 211 طراحی شده است که شامل بتن کنترل و بتن با درصدهای مختلف ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد از پودر باریت جایگزین ماسه فاقد پودر گرافیت و حاوی ۱۰٪ پودر گرافیت می باشد. همچنین به میزان ۱۰٪ میکروسیلیس نیز به کلیه نمونه های حاوی مواد افزودنی اضافه شده است. نسبت آب به سیمان ۰/۴ و عیار سیمان کلیه ی مخلوط ها 400 kg/m^3 در نظر گرفته شده است. از فوق روان کننده با نسبت ۰/۳ درصد وزن سیمان نیز استفاده گردید. برای ساخت بتن، ابتدا سنگدانه ها به مدت ۱ دقیقه مخلوط شدند، سپس سیمان را اضافه کرده و بعد از ۱ دقیقه اختلاط نیمی از آب به آن اضافه و سپس بقیه آب به همراه فوق روان کننده محلول در آب در مدت ۱ دقیقه به آرامی به مخلوط اضافه شده است و عمل اختلاط ۱ دقیقه ی دیگر برای ترکیب کامل ادامه یافت. پس از اطمینان از اسلامپ مناسب بتن تازه (۳ تا ۵ سانتیمتر)، نمونه های استاندارد مکعبی ۱۰ سانتی متری برای کلیه آزمایش ها و نمونه های استاندارد استوانه ای 15×30 سانتی متری فقط برای آزمایش کششی تهیه گردید. پس از ساخت، نمونه ها بعد از ۲۴ ساعت عمل آوری مرطوب تا زمان آزمایش در آب نگهداری شدند. جدول ۵ طرح های اختلاط نمونه ها را نشان می دهد.

۲-۴- پودر باریت

پودر باریت مصرفی از کارخانه ی کانی کاو کاشان دارای خصوصیات مندرج در جدول ۳ تهیه گردید. پودر باریت به عنوان جایگزین ماسه که در محدوده استاندارد ASTM C33 قرار دارد استفاده شده است. وزن مخصوص پودر باریت 4 gr/cm^3 می باشد.

جدول ۳. خصوصیات پودر باریت*

Specific gravity	4.2 gr/cm ³
Alkali metals soluble as calcium	120 ppm
PH	6.5
Soluble in water	% 0.08

Table. 3. Characteristics of Barite Powder

۲-۵- پودر گرافیت

پودر گرافیت جایگزین نسبی سیمان از شرکت شیمیایی پوریان تهران تهیه شده است. وزن مخصوص آن 22 gr/cm^3 می باشد. خصوصیات پودر گرافیت در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴. خصوصیات پودر گرافیت*

Atomic number	6
Molecular Weight	12.01 gr/mol
PH	7>>
Specific gravity	2.22 gr/cm ³

Table. 4. Characteristics of Graphite Powder

۲-۶- قالب های ساخت نمونه ها

برای انجام آزمایش های مقاومت فشاری و اولتراسونیک از قالب های فلزی $10 \times 10 \times 10$ سانتی متری و برای انجام

* www.kanikav.com

* www.pourian-chemical.com

جدول ۵. طرح های اختلاط در هر متر مکعب (Kg/m^3)

Mix type	Cement	Gravel	sand	W/C	Barite %	Graphite %	Silica fume
CC	400	860	820	0.4	-	-	-
MS10	360	860	820	0.4	-	-	40
Ba10	360	860	738	0.4	10	-	40
Ba25	360	860	615	0.4	25	-	40
Ba50	360	860	410	0.4	50	-	40
Ba75	360	860	205	0.4	75	-	40
Ba100	360	860	0	0.4	100	-	40
Ba10G10	320	860	738	0.4	10	10	40
Ba25G10	320	860	615	0.4	25	10	40
Ba50G10	320	860	410	0.4	50	10	40
Ba75G10	320	860	205	0.4	75	10	40
Ba100G10	320	860	0	0.4	100	10	40

Table.5. Concrete mix design per cubic meter (Kg/m^3)

۴- آزمایش های انجام شده

۴-۱ مقاومت فشاری

نمونه های مکعبی ۱۰ سانتی متری ۷، ۲۸ و ۵۶ روزه مطابق با استاندارد BS¹ 1881: part 116 در شرایط مرطوب به طور پیوسته با سرعت ۰/۲۵ Mpa/s بارگذاری گردید. هدف از انجام این آزمایش به دست آوردن نمونه ایده آل با مقاومت فشاری بالاتر در مقایسه با ضریب تضعیف خطی بهتر می باشد. مقاومت فشاری ۷، ۲۸ و ۵۶ روزه مخلوط ها در شکل ۱ از میانگین گیری بین سه نمونه بدست آمده است. با توجه به شکل، تقریباً یک روند کاهشی مقاومت فشاری در بین نمونه های حاوی درصد های مختلف پودر باریت و پودر گرافیت دیده می شود و این نمایانگر این است که بتن حاوی پودر باریت مقاومت فشاری بتن را نسبت به بتن کنترل کاهش می دهد. دلیل این رخداد را میتوان به پائین بودن جذب آب پودر باریت نسبت داد که باعث کاهش چسبندگی آنها به خمیر سیمان می شود. همچنین این کاهش در صورت وجود پودر گرافیت نیز بیشتر می شود. به خاطر جذب آب کمتر، چسبندگی آنها به

مواد سیمانی کاهش پیدا کرده و بنابراین مقاومت فشاری نیز کاهش می یابد. وجود پودر باریت و پودر گرافیت اگرچه باعث افزایش چگالی بتن می شود، ولی مقاومت فشاری را کاهش می دهد. روند افزایشی و کاهشی در نمونه های سری اول و دوم تقریباً یکسان است و نشان دهنده مقاومت فشاری بیشتر بتن کنترل نسبت به بتن حاوی پودر باریت است. همچنین مقاومت ۵۶ روزه در نمونه های سری دوم کاهش یافته و حتی مقدار آن از مقاومت ۲۸ روزه نیز کم تر شده است.

شکل ۱. تغییرات مقاومت فشاری در سنین ۷، ۲۸ و ۵۶ روز

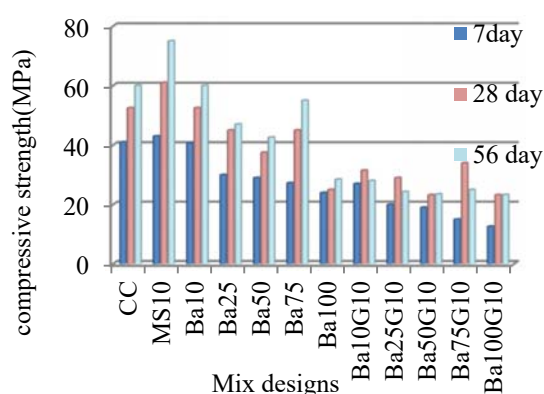


Fig. 1. Compressive strength variations at the age of 7, 28 and 56 days

1. British Standard

۲-۴ مقاومت کششی

این آزمایش مطابق با استاندارد ASTM C496 به روش شکافت، بر روی نمونه های استوانه ای با ارتفاع ۳۰ cm و قطر ۱۵ cm انجام گردید. سپس، مقدار تنش کششی از رابطه ی ۱ محاسبه شد:

$$F_t = \frac{2P}{\pi DL} \quad (1)$$

در رابطه ی بالا F_t تنش کششی (Mpa)، P بار شکست (N)، L طول نمونه (mm) و D قطر استوانه (mm) است. به طور کلی بتن ها مقاومت کششی کمتری نسبت به مقاومت فشاری دارند و این آزمایش مقاومت کششی نمونه ها را نسبت به بتن کنترل مقایسه میکند. مقاومت کششی نسبت مستقیم با مقاومت فشاری دارد و تقریباً در حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد مقاومت فشاری در بتن معمولی است. شکل ۲ که نتایج مقاومت کششی نمونه ها ی ۲۸ روزه را نشان می دهد، می توان چنین استنباط کرد که استحکام کششی تنها به طبیعت و اندازه مصالح به کار رفته در ساخت بتن ها بستگی دارد، پس می توان مقاومت کششی را بیشتر به خمیر سیمان موجود و میزان چسبندگی ترکیبات خمیر به سنگدانه ها نسبت داد. از آنجایی که درصد جذب آب باریت بسیار کم است، از این رو چسبندگی خمیر به پودر باریت نیز کاهش می یابد. همچنین این کاهش با وجود پودر گرافیت به مراتب بیشتر نیز می شود اما روند افزایشی و یا کاهش می هر دو سری نمونه ها تقریباً مشابه است.

شکل ۲. تغییرات مقاومت کششی ۲۸ روزه

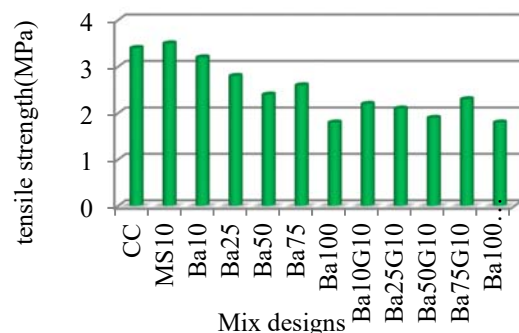


Fig. 2. 28-day tensile strength variations

۳-۴ سرعت پالس اولتراسونیک

بررسی سرعت پالس اولتراسونیک منطبق بر استاندارد ASTM C597 انجام شده 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. این بر اساس توصیه های پیشنهادی سایر محققان که فرکانس مطلوب جهت ارزیابی بتن در بازه ی ۴۸-۸۰ kHz قرار دارد، انتخاب شده است. همچنین مدت انتقال پالس بر حسب میکروثانیه و با دقت ۰/۱ میکروثانیه اندازه گیری شده است.

هدف از این آزمایش تعیین کیفیت بتن های ساخته شده است. شکل ۳ سرعت پالس اولتراسونیک نمونه ها را نشان می دهد. مطابق شکل، سرعت پالس اولتراسونیک نمونه حاوی ۱۰٪ میکروسیلیس از بقیه طرح ها بیشتر است و این بیانگر این است که این طرح دارای کیفیت خمیر بهتری بواسطه خاصیت پوزولانی و پرکنندگی میکروسیلیس نسبت به سایر نمونه ها است. بعلاوه، روند تغییرات سرعت پالس هم راستا با تغییرات مقاومت فشاری است که نشان دهنده صحت آزمایشات است. در مجموع همه ی نمونه ها دارای سرعت پالس اولتراسونیک بیش از ۴۵۰۰ m/s هستند که مطابق با طبقه بندی وایت هرست^۱ [11]، بیانگر کیفیت عالی بتن ها است. همچنین مخلوط حاوی ۱۰٪ پودر باریت به همراه ۱۰٪ پودر گرافیت دارای کمترین سرعت پالس اولتراسونیک است که نشان می دهد که این طرح علی رغم دارا بودن بالاترین چگالی در بین سایر طرح ها در برابر سرعت موج اولتراسونیک مقاوم تر است. بعلاوه، این نشان می دهد که سرعت موج التراسونیک بتن سنگین هم جهت با بتن معمولی نیست و نیاز به مطالعه بیشتری دارد.

¹ Whitehurst

شکل ۳. نتایج سرعت پالس اولتراسونیک نمونه های ۲۸ روزه

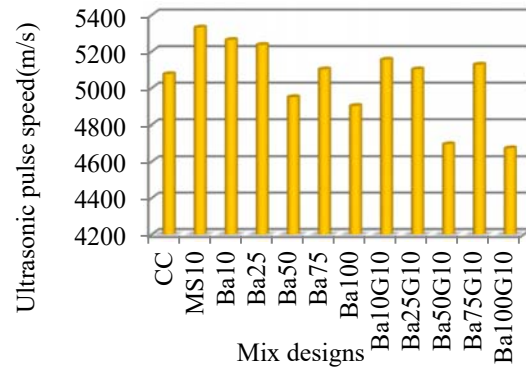


Fig. 3. Ultrasonic pulse rate results of 28-day samples

شکل ۴. چیدمان آزمایش پرتودهی به بتن توسط چشمه گاما و شمارش توسط آشکارساز NaI(Tl)

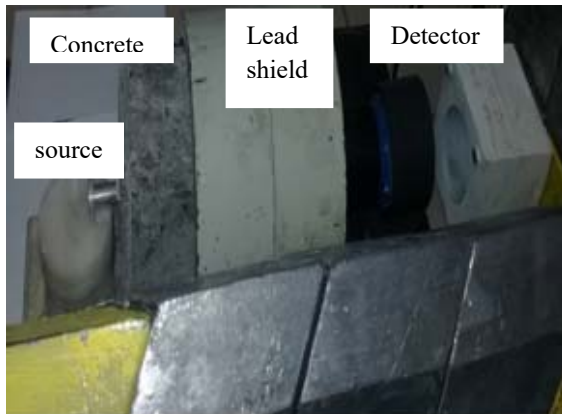


Fig. 4. Layout of gamma-ray irradiation experiments and counting by NaI (Tl) detector.

ضریب تضعیف خطی بیشتر به این معناست که بتن در شرایط ایده آل تری قرار دارد و میزان کاهش شار خروجی پرتو گاما را نشان می دهد و این یعنی حفاظت بیشتر در برابر پرتو اشعه.

شکل ۵، ضرایب تضعیف خطی نمونه های بتنی را نشان می دهد. مطابق شکل، ضریب تضعیف خطی نمونه حاوی ۱۰٪ پودر باریت به همراه ۱۰٪ پودر گرافیت از بقیه نمونه ها بیشتر است. به نظر می رسد که این نمونه دارای مقدار بهینه ای جهت حفاظت در برابر پرتو گاما است. کاهش شدید ضریب تضعیف خطی نمونه حاوی ۵۰٪ پودر باریت در بین سایر نمونه ها، با توجه به اینکه سرعت پالس اولتراسونیک آن نیز کاهش یافته منطقی به نظر می رسد و به نوعی صحت آزمایشات انجام شده را نشان می دهد.

همچنین شکل ۶ ضرایب تضعیف خطی بتن های حاوی پودر باریت به تنهایی و ترکیب آن را به همراه پودر گرافیت به صورت مقایسه ای نشان می دهد. نتایج حاکی از آن است که بیشترین ضریب تضعیف خطی مربوط به طرح مخلوط ۱۰٪ پودر باریت به همراه ۱۰٪ پودر گرافیت است و نشان می دهد که این طرح حالت بهینه را بین سایر طرح های مخلوط جهت حفاظت در برابر پرتو گاما دارد.

۴-۴ آزمایش پرتونگاری گاما

آزمایش پرتونگاری بر روی نمونه های ۲۸ روزه تحت اشعه گاما توسط چشمه CS-137 با انرژی ۳/۷MBq انجام شد. آشکارساز مورد استفاده یدور سدیم تالیم 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 آشکارساز ۵۰۰ ولت است. نمونه های بتنی در فاصله ۲ سانتی متر از آشکارساز و ۱ سانتی متر از چشمه قرار داده شده اند. جهت کاهش تابش زمینه در اطراف آشکارساز حفاظ سربی قرار داده شد. شکل ۴ نحوه چیدمان آزمایش پرتو گاما را نشان می دهد. در این آزمایش، ضرایب تضعیف خطی کلیه نمونه ها با استفاده از رابطه (۲) تعیین گردید.

$$\mu = \frac{1}{X} \ln \frac{I}{I_0} \quad (2)$$

در این رابطه، X ، ضخامت بتن بر حسب cm، I_0 تعداد شمارش ثبت شده در آشکارساز در عدم حضور نمونه و I تعداد شمارش ثبت شده در حضور نمونه بتنی است.

۵-۴ آزمایش پرتونگاری نوترون

شرایط پرتونگاری پرتو نوترون شامل چشمه آمرسیوم- بلریم ۲۴۱ با اکتیویته ی ۵/۲ ci، آشکارساز BF_3 ، کامپیوتر، استیل ضد زنگ و مخزن آب به عنوان حفاظ و نگهدارنده چشمه $\text{Am-Be } 241$ می باشد. تصویری از آزمایش پرتودهی نوترون در شکل ۷ نشان داده شده است.

شکل ۷. تست تابش نوترون بر روی بلوک بتنی توسط چشمه ی نوترون و شمارش توسط آشکارساز BF_3

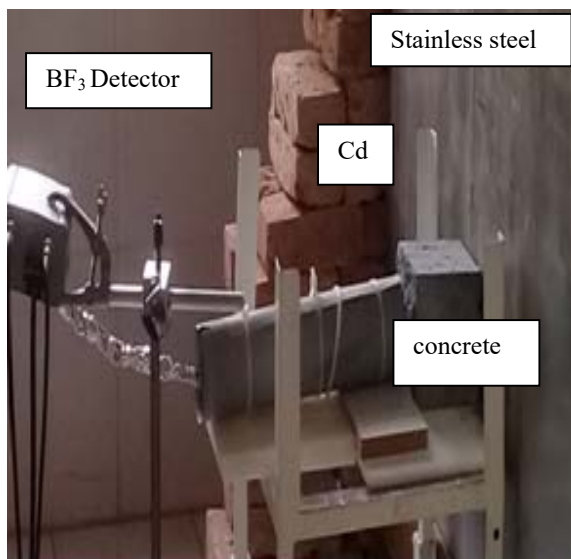


Fig.7. Irradiation test setup on concrete block by a neutron spring and counting by the BF_3 detector

ولتاژ اعمال شده 2300V و مدت زمان شمارش توسط آشکارساز ۱۰ دقیقه بوده است. ابتدا بدون حضور چشمه، شمارش زمینه

انجام گرفت. سپس در حضور چشمه آمرسیوم- بلریم ۲۴۱ شمارش در زمان تعیین شده انجام گرفت و سپس منحنی های به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین مقایسه ی سطح مقطع پراکندگی پرتو های نوترون در نمونه ها در شکل ۸ برای مخلوط های باریت تنها و در ترکیب با گرافیت ارائه گردیده است.

همچنین مشاهده می شود که وجود پودر گرافیت در نمونه ها منجر به افزایش ضریب تضعیف خطی شده و به این معنی است که وجود درصد کمی از پودر گرافیت نیز می تواند مؤثر گردد.

شکل ۵. ضرایب تضعیف خطی کلیه نمونه ها

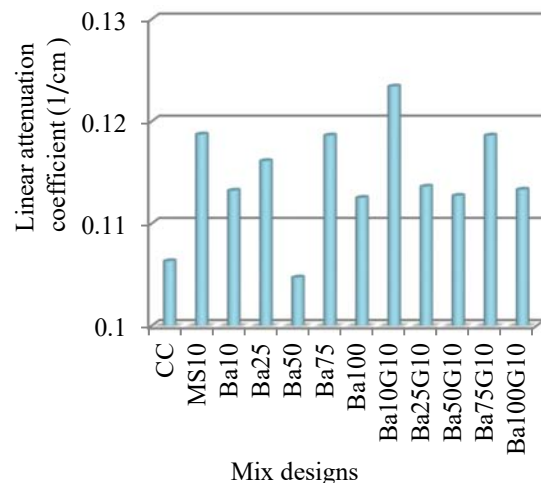


Fig.5. Linear attenuation coefficients for all specimens.

شکل ۶. مقایسه ضریب تضعیف خطی نمونه های حاوی درصد های مختلف پودر باریت بطور مجزا و ترکیبی نمونه های حاوی پودرهای باریت و گرافیت

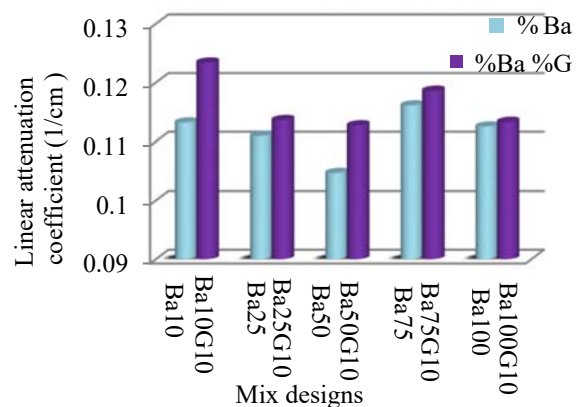


Fig.6. Comparison of the linear attenuation coefficient of samples containing various percentages of barite powder singly and combined with graphite powder.

را در مقابل نمونه‌ی کنترل با افزودن درصد میکروسیلیس و افزودنی‌های دیگر جبران نمود.

۴. بیشترین سطح مقطع پراکندگی مربوط به نمونه حاوی ۱۰٪ پودر باریت به همراه ۱۰٪ پودر گرافیت محافظ بهتری برای پرتو نوترون همانند پرتو گاما است.

۶- تشکر و قدردانی

نویسندگان لازم می‌دانند که از زحمات بی دریغ مسئولین آزمایشگاه بتن دانشگاه گیلان و همچنین مسئولین دانشکده فیزیک دانشگاه محقق اردبیلی به ویژه جناب آقای دکتر ذوالفقارپور مدیر تحصیلات تکمیلی و سرکار خانم دکتر عظیم خانی تشکر و قدردانی نمایند.

۷- سپاسگزاری از حمایت مالی

این پژوهش هیچ کمک‌هزینه خاصی از هیچ مؤسسه سرمایه‌گذار در بخش عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده‌است.

۸- اعلام تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ نوع تعارض منافی وجود ندارد.

مراجع

- [1] Chilton A.B., Shultis J.K., Faw R.E, 1984 Principles of Radiation Shielding, Prentice-Hall Englewood Cliffs, 488.
- [2] Basyigit C., Akkurt I., Akkas A., Kilincarslan S., Mavi B., Gunoglu K. 2012 Determination of Some Heavyweight Aggregate Half Value Layer Thickness Used for Radiation Shielding, in Proceedings of the International Congress on Advances Applied Physics and Materials Science, in Antalya.
- [3] Li Z.F., Xue X.X., Jiang et al. T. 2011 Study on the properties of boron containing ores/epoxy composites for slow neutron shielding. Mater. Res. 201–203, 2767–2771.

شکل ۸. مقایسه سطح مقطع پراکندگی پرتو نوترون نمونه‌های حاوی درصدهای مختلف پودر باریت و نمونه‌های حاوی پودر باریت و پودر گرافیت.

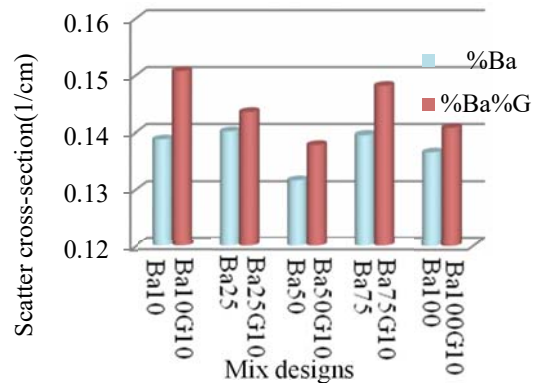


Fig.8. Comparison of the neutron beam scatter cross section of samples containing various percentages of barite powder singly and combined with graphite powder.

مطابق شکل بیشترین مقدار سطح مقطع پراکندگی پرتو نوترون متعلق به نمونه Ba10G10 می‌باشد. این شکل نشان می‌دهد که وجود پودر گرافیت می‌تواند در افزایش سطح مقطع پراکندگی پرتو نوترون در کلیه مخلوط‌ها بسیار موثر باشد.

۵- نتیجه گیری

۱. وجود پودر باریت و پودر گرافیت در نمونه‌ها اگر چه ضریب تضعیف خطی را افزایش می‌دهند ولی مقاومت فشاری را کاهش خواهند داد.
۲. وجود پودر گرافیت در بتن باعث افزایش ضریب تضعیف خطی نمونه‌ها می‌گردد.
۳. وجود بیشترین ضریب تضعیف خطی مربوط به پرتو گاما مطابق با نمودار شکل مربوطه، این نتیجه را بدست می‌دهد که مخلوط حاوی ۱۰٪ پودر باریت به همراه ۱۰٪ پودر گرافیت می‌تواند گزینه مناسبی جهت حفاظت در برابر پرتو گاما باشد. همچنین می‌توان کاهش مقاومت فشاری آن

- by experiments and fluka monte carlo simulations, *Applied Radiation and Isotops*, 70 ,341.
- [9] Nulk H., Ipbuker C., Gulik V., Biland A., Tkaczyk A.2014 The investigation of gamma and neutron shielding properties of concrete including basalt fibre for nuclear energy applications, *Conference: 2nd International Symposium on Cement-based Materials for Nuclear Wastes*, At Avignon, France.
- [10] Madbouly A.M., El- Sawy., Amal A.2018 Calculation of Gamma and Neutron Parameters for Some Concrete Materials as Radiation Shields for Nuclear Facilities, *International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development*, 3(8) 7-17.
- [11] Whitehurst E.A.1951 Soniscope Tests Concrete Structures, *Journal of the American Concrete Institute*,47443-444.
- [4] Proshin A.P.,Demjanova V.S.,Kalashnicov D.V.,Grintsova O.V.2005 Super Heavy High-Strength Concrete for Protection Against Radiation. *Asian journal of civil engineering(building and housing)* ,67-73.
- [5] Korkut T., Ün A., Demir F., Karabulut A., Budak G., Şahin R., Şahin,M.2010 Neutron dose transmission measurements for several new concrete samples including colemanite. *Annals of Nuclear Energy*, 996-998.
- [6] El-KhayattA.M. 2010 Radiation shielding of concretes containing different lime/silica ratios. *Annals of Nuclear Energy*,991-995.
- [7] Kharita M.H., Yousef S., AlNassar M. 2009The effect f carbon powder addition on the properties of hematite radiation shielding concrete. *Progress in Nuclear Energy* 51.388-392.
- [8] Korkut T., Karabulut A., Budak G.2012 Investigation of neutron shielding properties depending on number of boron atoms for coleimating ulexite and tincal ores

Protective property of gamma and neutron beams in concrete using barite and graphite powders

S.H Ghasemzadeh Mosavinejad^{1,*} S.Kazemi Rad²

1-Assistant Professor, Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Guilan

2-M.Sc, Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Guilan

h.mosavi@guilan.ac.ir *

Abstract

Today in the world, including in our country, the use of nuclear technology in various fields of power plants, industry, agriculture and medicine is expanding. One of the most important issues in nuclear technology is nuclear radiation protection to prevent harmful environmental, pathogenic and harmful effects on some of the precision measuring instruments. From the perspective of preservation, all the radiation and particles are not of the same importance, because their penetration and impact on different materials, such as living tissue, are not equal. In the discussion of conservation, neutron and gamma radiation is of particular importance because, due to its unloaded nature, they can pass relatively large thicknesses of the shield and contribute to raising the dose rate outside the shield. In addition to the many uses of radioactive waste, it should be noted that this radiation damages cells and living tissues and protection against it is essential and inevitable. In order to protect against radiation, absorbent materials should have a high density, high attenuation coefficient, and structural properties with high strength, easy to provide and cheap production. According to the above, the use of concrete is a suitable alternative for radiation protection. Due to its high specificity and low cost, barite is widely used in the oil and gas drilling industry, coloring industry, pharmaceutical plastics (due to the absorption of radioactive wastes), chemicals and so on. So it can be a good option for gamma radiation protection. In this research gamma-ray linear attenuation coefficient and neutron beam dispersion cross-section of two series of concrete samples containing barite powder as a substitute of sand with and without graphite powder under gamma rays with Cs-137 fountain and NaI (Tl) detector under neutron beam With the Am-Be 241 fountain and the BF₃ detector. The compressive strength, tensile strength and ultrasonic pulse velocity were also determined. All concrete samples, with the exception of control samples, have been made with 400 kg / m³ cement and 0.4 water/cement ratio with 10% microsilicon replacement in two series. In the first series, barite powder was replaced with 10, 25, 50, 75 and 100% replacement of sand, and in the second, 10% of the graphite powder was added to samples containing various powdered barite powder. The result of this study showed that a sample containing 10% barite powder plus 10% graphite powder could be an optimal amount for a concrete protected against gamma and neutron rays.

Keywords: Gamma, Neutron, Linear attenuation coefficient, Concrete, Shielding