



تأثیر راستای انتشار امواج بر اندازه سرعت ذره ای ناشی از امواج آتشفشانی

۱- عبدالهادی قزوینیان، بخش مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

Email: hadi@modares.ac.ir

۲- علی احمدی^۱، کارشناس ارشد مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

Email: aliahmadiminvest@yahoo.com

۳- منیژه قره چه، دانشکده علوم اداری، دانشگاه شهیدبهبشتی-تهران-ایران

چکیده:

سرعت ذره ای امواج لرزه ای ناشی از انفجار در جهات گوناگون بخاطر عوامل متعددی متفاوت است. در بررسی تئوریکی علل اختلاف در میزان انتقال امواج مورد بررسی قرار گرفته است. عوامل متعددی در کاهش سرعت ذره ای موثرند. عواملی مانند تعداد درزه‌ها، فرکانس ناپیوستگی، کیفیت توده سنگ (RQD) و چگالی سنگهای مسیر عبور امواج در تغییر میزان انتشار و انعکاس امواج لرزه ای و کاهش میزان سرعت ذره ای موثرند [۱]. مطالعات این تحقیق در منطقه رسوبی و لایه ای سد مسجد سلیمان انجام گرفته است. اندازه سرعت ذره ای در جهات گوناگون توسط ژئوفون ۱۵۰۰ UVS ثبت شده است. در این جهات خواص ناپیوستگیها و فاکتورهای ناپیوستگی با برداشتهای زمین شناسی و مطالعات آزمایشگاهی اندازه گیری شده اند. تاثیر عواملی مانند فرکانس ناپیوستگی (λ) کیفیت توده سنگ (RQD) و فاصله داری درزه ها (S) بر روی میزان انتقال امواج مورد مطالعه قرار گرفته است. با بررسی انجام شده نتیجه گیری شده است که هر سه عامل فوق تاثیر زیادی بر تغییرات سرعت ذره ای دارند، در میان سه عامل بررسی شده تعداد ناپیوستگی تاثیر به مراتب بیشتری بر سرعت ذره ای دارد.

واژه های کلیدی: الایسیسته، لرزش زمین واژه های کلیدی: سرعت ذره ای، موج، ناپیوستگی، ژئوفون،

۱-مقدمه:

امواج لرزه ای به خاطر خاصیت الایسیسته سنگها به وجود می آیند [۲]. اگر مقاومت دینامیکی سنگ از انرژی حاصل از انفجار بیشتر باشد باعث لرزش زمین و انتقال امواج ناشی از آتشفشانی می شود، یعنی سنگها خرد نشده و شدت امواج کاهیده نمی شوند. لرزش زمین ممکن است سبب بروز خسارت به

۱- تهران میدان انقلاب- خیابان آزادی- نرسیده به جمالزاده- جنب بانک سپه -بن بست خالقی- خوابگاه شهید حیدری- واحد ۶-

تلفن منزل ۰۱۲۴-۴۲۲۳۱۰۶



ساختمانهای سطحی یا زیر زمینی نظیر تونلها و آستر بندی آنها شود [۳]. اگر چه انفجار به عنوان یک روش ارزان قیمت برای حفاری در سنگ مطرح است، اما هزینه های ناشی از خسارت ممکن است این روش را ناکارآمد کند. روشهای متنوعی برای ارزیابی خسارت و کنترل آن ارائه شدند، اما روشهای ارزیابی خسارت بر مبنای پارامترهای لرزش به علت اینکه نسبتا ارزان و ساده هستند و در شرایط مختلف کارآرایی دارند، گسترش بیشتری یافته اند [۴]. برای معادن که در توده سنگها واقع هستند روش ارزیابی خسارت بر مبنای حداکثر سرعت ذرات توصیه میشود [۲].

۲- ارزیابی خسارت با استفاده از سرعت ذره ای:

امواج لرزه ای ناشی از خواص الاستیک سنگها هستند. چنانچه به نقطه ای از سنگ نیرویی اثر کند که از حد الاستیک سنگ تجاوز نکند، تغییر شکل اندکی در آن نقطه ایجاد می گردد که به نقطه مجاور منتقل شده به همین ترتیب از اطراف آن نقطه به نقاط دیگر انتشار می یابد. عوامل مختلفی بر لرزش ناشی از آتشکاری تاثیر می گذارند که به دو دسته قابل کنترل و غیر قابل کنترل دسته بندی می شوند [۲]. از عوامل قابل کنترل فاکتورهای طراحی آتشکاری مثل وزن خرج در تاخیر، خرج ویژه، نوع مواد منفجره و قطر چال و طول گل گذاری را نام برد. از عوامل غیر قابل کنترل می توان به میزان شکستگیها، خلل و فرج سنگها و وضعیت لایه بندی، RQD، فاصله داری درزه ها و فرکانس ناپیوستگی اشاره کرد. سرعت ذره ای، شتاب، فرکانس ارتعاشات و جابجایی ذرات پارامترهایی از امواج هستند، که می توان هر یک را به عنوان معیار برای ارزیابی خسارت بکار برد. هرگاه فرکانس امواج انفجاری بیشتر از ۴۰ هرتز باشد، استفاده از سرعت ذره ای به عنوان معیار بررسی خسارت توصیه می شود [۱۳].

سرعت ارتعاش ذرات در محل نزدیک انفجار را می توان از رابطه تجربی (۱) بدست آورد [۲].

$$V = K \frac{W^\alpha}{R^\beta} \quad (1)$$

که در آن:

سرعت موج ذره ای (میلی متر بر ثانیه) : V

به ترتیب فاصله نقطه مورد نظر تا خرج (متر) و خرج در تاخیر (کیلوگرم) : W, R

ضرایب ثابت مربوط الگوی انفجار : α, β

K : ضریب ثابت که به خواص زمین شناسی و ناپیوستگیها وابسته است. این ضریب برای مناطق گوناگون به خواص ناپیوستگیها و فاکتورهای ژئومکانیکی سنگهای مسیر عبور امواج وابسته است.



۳- تاثیر خواص ناپیوستگی بر میزان انتقال امواج ذره ای

در جهات مختلف به علت تغییر شرایط زمین شناسی و عواملی مانند، تعداد ناپیوستگیها و کیفیت توده سنگ، زبری صفحات درزه‌ها، میزان انتقال امواج متغیر است [۴]. شکستگیها اغلب به شکل دسته درزه‌هایی در پوسته زمین ظاهر می‌شوند. با وجود شکستگیها در سنگ پارامترهای الاستیک سنگ و مقاومت برشی توده سنگ تغییر می‌کند [۵]. اندازه پهنای شکستگیها، طول شکستگیها و میزان باز شدگی شکستگیها در تغییر میزان انتقال امواج ذره ای موثر هستند. هنگامی که موج لرزه ای در شکستگیها حرکت می‌کند، بخشی از انرژی آن منعکس می‌شود و بقیه انرژی آن در طول شکستگی منتقل می‌شود. هنگامی که طول شکستگی، میزان باز شدگی و مواد پر کننده به حد صفر برسد، محیط پیوسته از سنگ خواهیم داشت، انتقال محض خواهیم داشت و هیچ انعکاسی از امواج وجود ندارد [۱۰].

در نزدیک شکستگیها در فاصله h پالس امواج لرزه ای مستقل از ابعاد شکستگیها خواهد بود و اختلاف در میزان امواج منتقل شونده بیشتر به خواص محیط سنگی بستگی دارد [۱۵].

$$h = \frac{l_f^2}{\lambda} \quad (2)$$

که در آن:

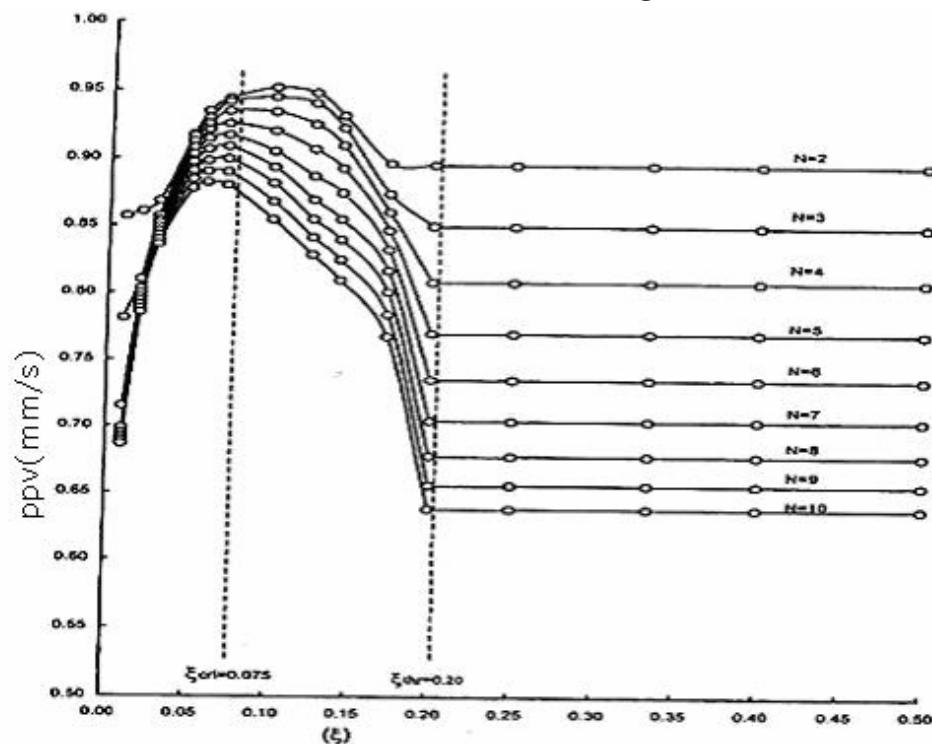
h : فاصله از شکستگیها (متر)

طول شکستگی (متر) l_f :

طول موج λ :

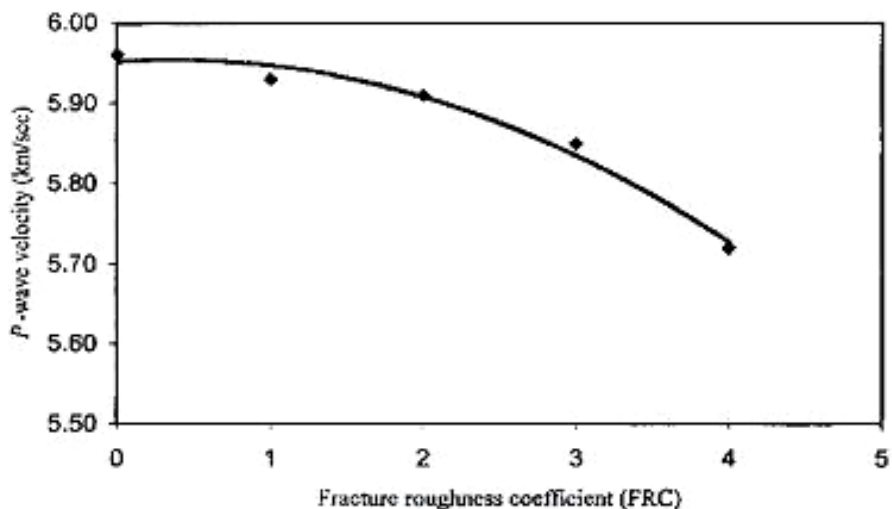
به طور کلی می‌توان گفت، اختلاف سرعت ذره ای برای طول شکستگیهای مختلف در فرکانسهای پایین مشهود است [۱۵]. تعداد شکستگیها و فاصله داری شکستگیها بر میزان انتقال امواج لرزه ای تاثیر به سزایی دارد. هر چه تعداد شکستگیها در مسیری بیشتر باشد، بر میزان انتشار و انعکاس امواج لرزه ای تاثیر می‌گذارد. میزان سرعت موج ذره ای رابطه معکوسی با تعداد درزه‌ها دارد [۱۳]. میزان کاهش اندازه سرعت ذره ای با افزایش تعداد ناپوستگی به طول موج و فاصله داری شکستگیها وابسته است. همانطوریکه در شکل (۱) نشان داده شده است، در وضعیتی که نسبت فاصله داری درزه‌ها به طول موج، از حد بحرانی ($\mathcal{E}_{critical}$) کمتر باشد، میزان انتقال امواج به شدت کاهش می‌یابد، اما برای تعداد درزه‌های مختلف این تغییرات به یک اندازه است در حالتی که نسبت فاصله داری درزه‌ها به طول موج، از حالت آستانه ($\mathcal{E}_{threshold}$) کمتر و از حد بحرانی بیشتر باشد، میزان تغییرات انتقال امواج با افزایش ناپوستگیها با شدت کمتری کاهش می‌یابد [۱۰].

طبق نمودار شکل (۱) در حالتی که نسبت فاصله داری از حد آستانه بیشتر شود، افزایش تعداد ناپیوستگی تاثیر زیادی در کاهش انتقال امواج لرزه ای دارد.



شکل (۱)- تغییرات اندازه سرعت ذره ای در برابر نسبت فاصله داری به طول موج برای تعداد درزه های مختلف [۱۰].

زبری سطح درزه ها در راستاهای مختلف متفاوت است. زبری سطح درزه ها (FRC) مربوط به سنگ از ۰ تا ۴ متغیر است. FRC در حالت صاف برابر ۰ و در حالت با زبری بالا ۴ در نظر می گیرند. با افزایش زبری سطح درزه ها به غلت جذب امواج لرزه ای و انعکاس امواج منتشر شده، اندازه سرعت موج ذره ای کاهش می یابد. نتایج تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان می دهد، رابطه درجه دومی بین FRC و سرعت موج ذره ای وجود دارد. طبق نمودار شکل (۲) با افزایش زبری سطح درزه ها در ابتدا سرعت ذره ای به کندی کاهش می یابد ولی با بالا رفتن زبری سطح درزه ها اندازه سرعت موج ذره ای به تندی کاهش می یابد [۱۴].

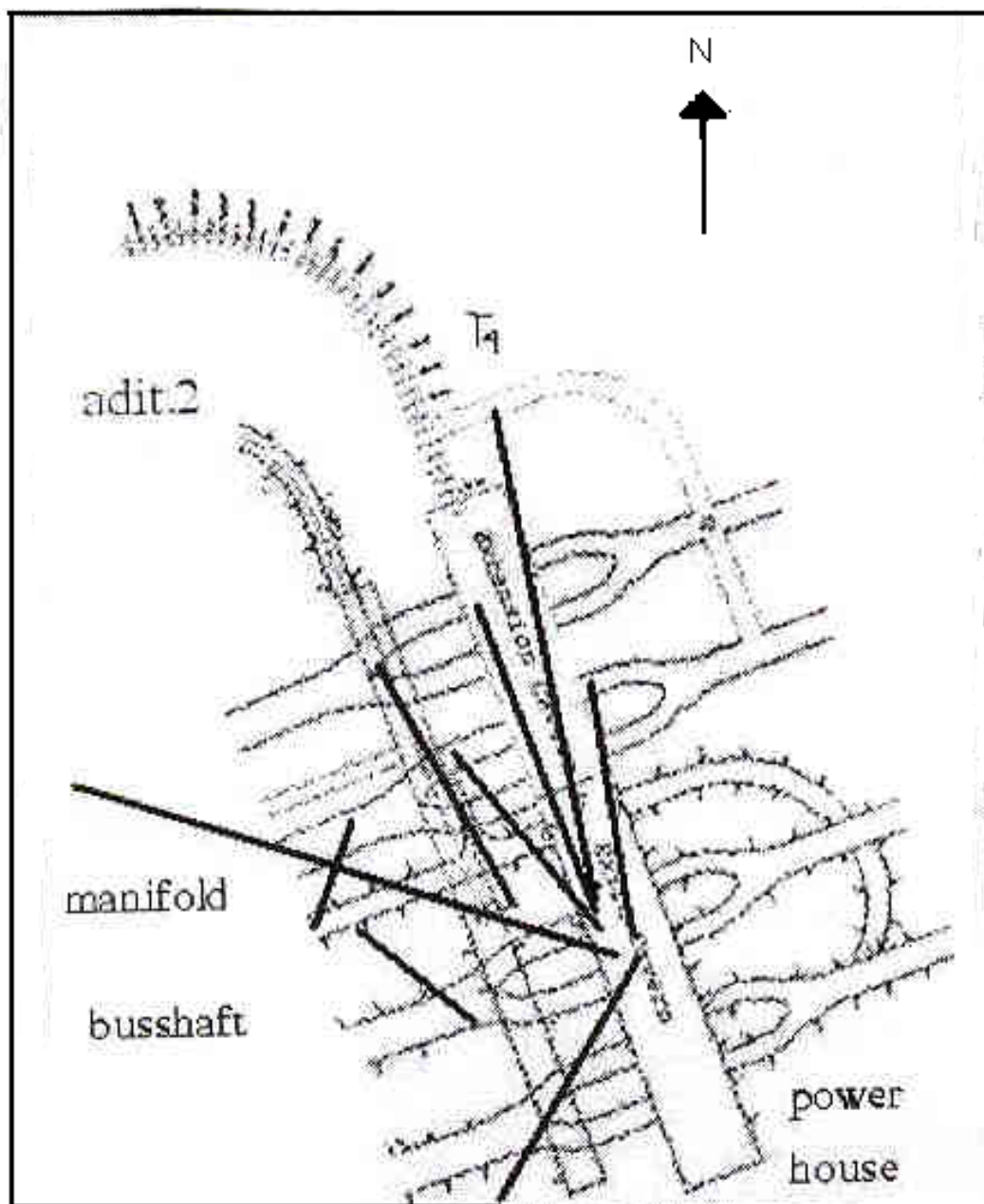


شکل (۲)- تغییرات اندازه سرعت ذره ای در برابر زبری سطح درزه ها [۱۴].

۴- محل تحقیق:

مجموعه نیروگاهی و مغار فاز توسعه سد مسجد سلیمان در مجاورت مجموعه نیروگاهی فاز (۱) در حال ساخت است. به علت مجاورت این سازه ها با هم، باید در هنگام حفاری دقت زیادی بکار برد. انفجارهایی که برای احداث مجموعه نیروگاهی فاز توسعه انجام می شود، در صورتی که احتیاط های لازم صورت نگیرد، سبب بروز لرزش های شدید زمین خواهد شد و خسارت جبران ناپذیری را به تجهیزات نگهداری، ابزار دقیق و تاسیسات نصب شده در مغارهای فاز (۱) وارد خواهد کرد. برای بررسی این موضوع، در مواقع انفجار در سازه های فاز توسعه اقدام به نصب ژئوفون در مکانهایی نظیر مغار اصلی و مغار ترانسفرمر فاز (۱) شد تا میزان لرزش ناشی از انفجار در این مکانها بررسی گردد [۱۹].

شکل ۲- راستای مطالعه شده در نیروگاه سد مسجد سلیمان را نشان می دهد. خطوط سیاه پر رنگ راستای مقاطع مورد مطالعه می باشد [۱۹].



شکل (۳)- نمایی از نیروگاه فاز توسعه و فاز (۱) و راستای مورد مطالعه [۱۹].



۵- مراحل تحقیق:

همانطوریکه قبلا اشاره شده است در جهات گوناگون به علت تغییر خواص ناپیوستگی، تغییر کیفیت توده سنگ و خواص درزه‌ها شرایط متفاوتی برای انتقال امواج به وجود می‌آید. بدین منظور انفجاراتی در تونلها و فضاهای زیر زمینی سد مسجد سلیمان، انجام شده است. انفجارات برای خرج در تاخیرهای متفاوت توسط ژئوفون UVS1500 ثبت شده است. سرعت ذره ای در فاصله ۱۰۰ متری و ۱۲۰ متری از مرکز خرج، برای خرج در تاخیرهای ۱۰ کیلوگرمی و ۱۵ کیلوگرمی در جهات و مقاطع مختلف ثبت و اندازه گیری شده است. ثبت سرعت ذره ای در ۹ مقطع انجام شده است. هر مقطع از لایه های مختلف زمین شناسی که لیتولوژی آن اغلب کنگولومرا، ماسه سنگ، رس سنگ و سیلت می باشد، تشکیل شده است. درزه نگاری و برداشت درزه‌ها، مطالعات آزمایشگاهی برای سنگهای مختلف انجام شده است. با استفاده از نقشه های زمین شناسی و نقشه های مقاطع حفاری و پلانهای حفاری مقاطع مختلف رسم شده اند. طول لایه‌ها در مقاطع بدست آمده است.

پس از بررسی و مطالعات ژئومکانیکی سنگهای مقاطع عبور امواج آتشیاری خواص ناپیوستگیها مانند تعداد ناپیوستگی (n)، فرکانس ناپیوستگی (λ)، فاصله داری درزه ها (S) و کیفیت توده سنگ (RQD) بدست آمده است. در جدول (۱۹) سرعت ذره ای ثبت شده توسط ژئوفون در نیروگاه مسجد سلیمان در فاصله ۱۰۰ متری و ۱۲۰ متری برای خرج در تاخیر ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم، برای ۹ مقطع آمده است:

جدول ۱- سرعت ذره ای ثبت شده در مقاطع مختلف برای خرج در تاخیر ۱۵ و ۱۰ کیلوگرم با فاصله ۱۲۰ و

۱۰۰ متری خرج

مقاطع	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
سرعت ذره ای (میلی متر بر ثانیه) برای خرج در تاخیر ۱۰ کیلوگرم	3/98	4/2	2/56	3/02	3/61	3/35	4/1	2/65	3/32
سرعت ذره ای (میلی متر بر ثانیه) برای خرج در تاخیر ۱۵ کیلوگرم	11/67	12	9/43	9/78	11/45	10/67	11/9	11	10/87

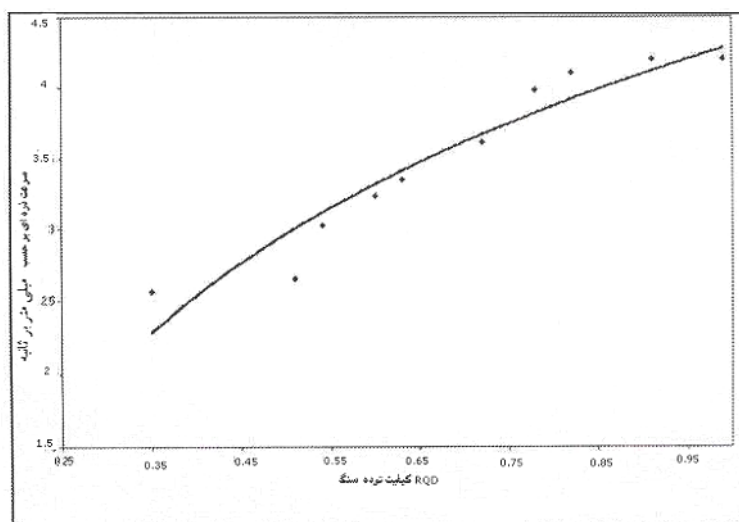
در جدول (۲) نتایج و مشخصات ژئومکانیکی سنگهای مقطعی زمین شناسی عبور امواج آمده است:
جدول ۲- خواص ژئومکانیکی سنگهای مقاطع زمین شناسی عبور امواج

مقاطع	1	2	3	4	5	6	7	8	9
λ	156	4/2	7/5	9/9	7/35	8/68	1/03	5/68	6/88
n	0/61	0/049	0/106	0/09	0/069	0/79	0/059	0/98	0/087
S	0/72	0/25	0/186	0/43	0/6	0/55	0/94	0/36	0/52
RQD	0/78	0/91	0/35	0/54	0/72	0/63	0/82	0/51	0/6

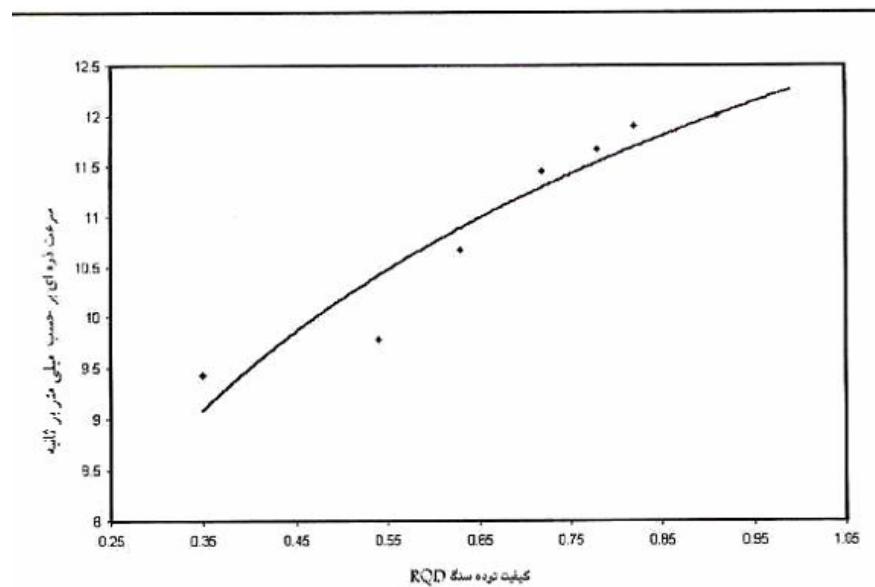
در مراحل بعد میزان تاثیر هر یک از فاکتورهای ناپیوستگی در راستای انتشار بر روی سرعت ذره ای مورد تحلیل قرار گرفته است.

۶- تاثیر RQD بر میزان سرعت ذره ای

یکی از فاکتورهای متغیر در راستاهای مختلف کیفیت توده سنگ می باشد، با تغییر کیفیت توده سنگ در جهات مختلف سرعت موج ذره ای حاصل آتشباری تغییر می کند. با استفاده از داده های ثبت شده در ۹ جهت برای فواصل ۱۰۰ و ۱۲۰ متری خرج، با خرج در تاخیرهای ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم، نمودار تغییرات سرعت ذره ای در برابر RQD رسم شده است.



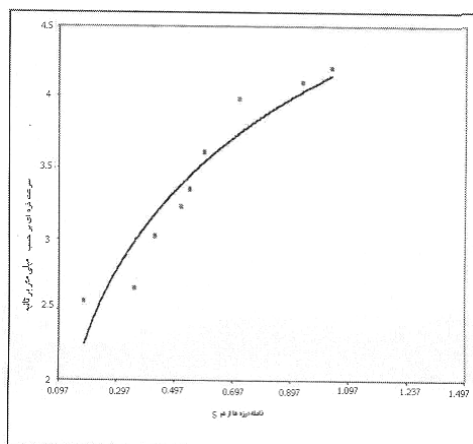
شکل (۴)- تغییرات سرعت ذره ای در برابر RQD برای خرج در تاخیر ۱۰ کیلوگرمی در فاصله ۱۰۰ متری خرج.



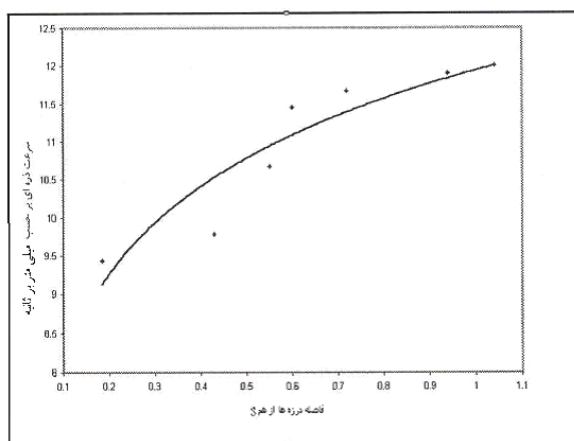
شکل ۵- نمودار تغییرات سرعت ذره ای در برابر RQD برای خرج در تاخیر ۱۵ کیلوگرمی در فاصله ۱۲۰ متری خرج.

۷- تاثیر فاصله درزه ها بر سرعت موج ذره ای

یکی از عوامل موثر بر اندازه سرعت موج ذره ای در جهات گوناگون، تغییر اندازه فاصله داری درزه ها می باشد. با استفاده از اطلاعات حاصل از انفجارات در ۹ راستا برای خرج در تاخیرهای ۱۰ و ۱۵ کیلوگرمی در فواصل ۱۰۰ و ۱۲۰ متری نمودار بین S و سرعت ذره ای رسم شده است، شکل (۷۶) نمودار مربوط به فاصله داری درزه ها و سرعت ذره ای را نشان می دهد:



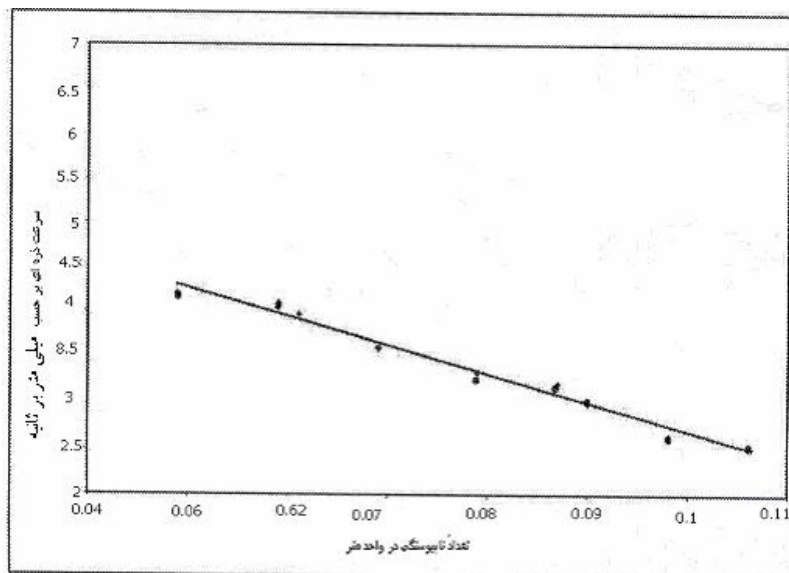
شکل ۶- نمودار تغییرات سرعت ذره ای در برابر فاصله داری، برای خرج در تاخیر های ۱۰ کیلوگرمی در فاصله ۱۲۰متری خرج.



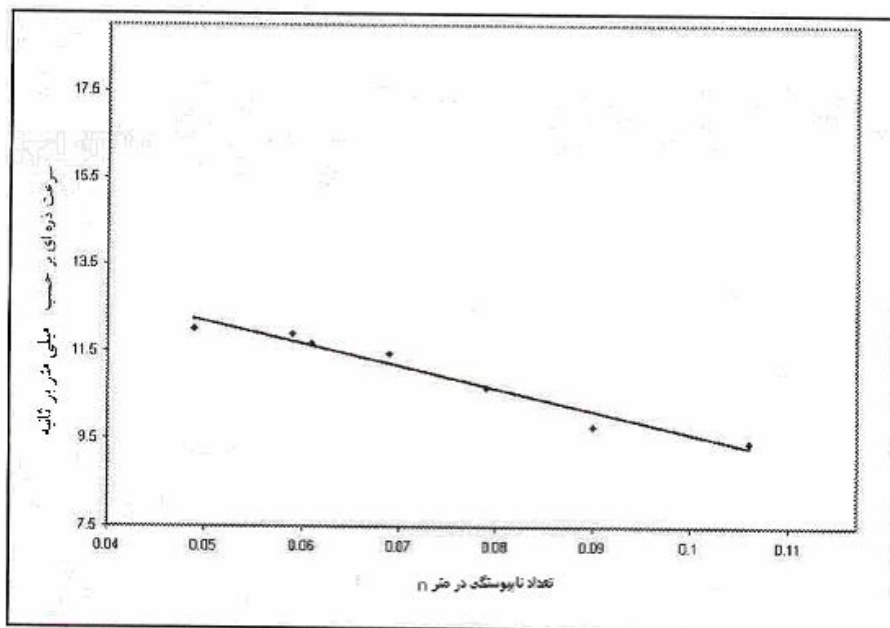
شکل ۷- نمودار تغییرات سرعت ذره ای در برابر فاصله داری برای خرج در تاخیر ۱۵ کیلوگرم در فاصله ۱۲۰متری خرج.

۸-تاثیر تعداد ناپیوستگیها در واحد متر بر سرعت ذره ای

یکی از مهمترین عوامل متغیر در جهات مختلف تغییر در تعداد ناپیوستگیهاست. در جهات مختلف تعداد ناپیوستگیها تغییر می کند و انتشار و انعکاس امواج تغییر می کند و باعث تغییر در اندازه سرعت ذره ای می شود. با استفاده از اطلاعات حاصل از انفجارات برای خرج در تاخیرهای ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در فواصل ۱۰۰ و ۱۲۰ متری، نمودار بین سرعت ذره ای در برابر تعداد ناپیوستگیها در واحد متر رسم شده است که در اشکال (۹ و ۸) نشان داده شده است:



شکل ۸-نمودار تغییرات سرعت ذره ای در برابر تعداد ناپیوستگیها برای خرج در تاخیر ۱۰ کیلوگرم در فاصله ۱۰۰ متری خرج.



شکل ۹- نمودار تغییرات سرعت ذره ای در برابر ناپوستگی در متر برای خرج در تاخیر ۱۵ کیلوگرم در فاصله ۱۲۰ متری خرج.

۹- نتیجه گیری:

- با توجه به نمودارهای ۸ و ۹ می توان نتیجه گرفت ، رابطه خطی معکوس بین تعداد ناپوستگیها در واحد متر سرعت موج ذره ای وجود دارد. در کمترین مقدار n ، زمانی که فقط یک ناپوستگی داریم، یعنی در راستای موازی لایه بندی بیشترین مقدار سرعت ذره ای ثبت شده است. با افزایش تعداد ناپوستگیها در هر مقطع سرعت ذره ای کاهش می یابد. رابطه رگرسیونی بین تعداد ناپوستگیها در واحد متر و سرعت ذره ای طبق فرمول ۳ است:

$$V = -29.9n + 5.8 \quad R^2 = 0.98 \quad (3)$$

- که در آن: V : سرعت بر حسب متر بر ثانیه n : تعداد ناپوستگیها در متر
- نمودارهای ۴ و ۵ نشان می دهند که بین کیفیت توده سنگ و سرعت ذره ای یک رابطه غیر خطی وجود دارد،



همانطوریکه در نمودار نشان داده شده است در ابتدا نمودار با شیب بیشتری تغییر می کند ولی سپس شیب نمودار کاهش می یابد. در RQD پایین با کمترین افزایش، سرعت ذره ای با شتاب بیشتری بالا می رود. در RQD بالا با افزایش آن سرعت ذره ای با شتاب خیلی کمتری افزایش می یابد و می توان گفت در RQD بالاتر سرعت ذره ای به حالت ثابت می رسد. رابطه رگرسیونی بین RQD و سرعت ذره ای طبق فرمول ۴ ارائه می شود:

$$V = 1.84 \ln RQD + 4.3 \quad R^2 = 0.94 \quad (۴)$$

که در آن: V: سرعت ذره ای بر حسب متر بر ثانیه RQD: کیفیت توده سنگ

- نمودارهای ۷ و ۶ نشان می دهد که یک رابطه غیر خطی و لگاریتمی بین سرعت ذره ای و فاصله داری درزه ها وجود دارد. از روی نمودارها می توان فهمید که با افزایش فاصله داری درزه ها سرعت ذره ای افزایش می یابد. نمودارها نشان می دهد که در فاصله داری کمتر با افزایش فاصله داری سرعت ذره ای به میزان بیشتری بالا می رود ولی برای فاصله داری بالاتر شیب تغییرات سرعت ذره ای کاهش می یابد. در فاصله داری بزرگتر به خاطر کاهش در انعکاس و تداخل امواج سرعت ذره ای افزایش می یابد. رابطه رگرسیونی بین سرعت ذره ای و فاصله داری (S) طبق فرمول ارائه می شود:

$$V = 1.09 \ln(S) + 4.1 \quad R^2 = 0.88 \quad (۵)$$

که در آن: V: سرعت ذره ای بر حسب متر بر ثانیه S: فاصله داری درزه ها بر حسب متر

با بررسی ۶ نمودار فوق، هر چند هر سه فاکتور با ضریب همبستگی بالا نقش فراوانی در تغییرات سرعت ذره ای دارند، از آنجایی که تغییرات سرعت ذره ای با تعداد ناپیوستگیها دارای ضریب همبستگی بالاتری هستند، می توان نتیجه گرفت تعداد ناپیوستگیها بیشترین تاثیر را بر سرعت ذره ای دارد.

۱۰- منابع مورد استفاده در متن :

- 1-Hustrulid, William, "Blasting Principles for Open pit Mining", a.a.Balkema, 1999, VOL.2.
- 2-Lopez Jimeno, Carlos and etal., "Drilling and Blasting of Rock", A.A.Balkema, 1995.
- 3- Dowding, C.H, "Blast Vibration and Control", Printoce Hall, Inc., Eglewood Cliff, 1998
- 4- Singh, S.P., "The Role Joint and Rock Mass Quality in Perimeter Control", Explosive and Blasting Technique .a.a. Balkema, Rotterdam, PP.371-375.
- 5-Blair, d.d.p., and Jiang J.J, "Surface Vibration Due to a Vertical Column of Explosive", Inter.J.of Rock Mech. And Rock Eng, Vol.30, NO2, PP.1-18.



- 6-p.K.Singh & W.Vogt," Effect of direction of initiation vibration", Int,Jornal of SurfceMining,1998,Vol.12,PP.75-78.
- 7-Cao.J"Effect of Multiple Paralel Fractures on Apparent Attenuation of Stress Waves in Rock Masses", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol.37,PP.661-682.
- 8-Inoue,M,"Relation between Geomechanical Properties and Elastic Wave Velocity", Int.Symp.Weak Rock, 1981,PP.9-13.
- 9-Gariglo,p.,"Longitudinal Waves Propagation in a Limestone: Relation shipBetween Velocity and Density", Rock Mech .Rock eng,1989,Vol.22,PP.299-306.
- 10-Cai.j.G, Zhao.J,"Effect of Multile Parallel Fractures on particle Velocity in Rock Masses", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences,2000,Vol.37,PP.682-698.
- 11-Fourney. W.l,"Effect of Open Gaps on Particle Velocity Measurments", Rock Mech and Rock Eng,1997Vol.30,PP.95-111.
- 12-Forney.W.L,"Effect of Weak Layers on Particle Velocity Measurment", Rock Mech andRock Eng,1997,Vol.30,PP.1-18.
- 13-Kahraman.S," A Correlation Between P-Wave Velocity,Number of Joint and Schmidt Hammer Rebound Number", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences,2001,Vol.38,PP.729-733.
- 14-Kahraman.S,"The Effect of FractureRoughness on P-Wave Velocity", Engineering Geology,2002.Vol63,PP.347-350.
- 15-Fordyce, W.L. And etal, " Effect Joints on StressWave Transmission", Rock Fragmentation by Blasting, Fragnlast-4,1993.
- 16-Boada,Fred Kofi and Long ,Leland," Effect of Fractureson Seismic-Wave Velocity and Attenuation", Geophys.J.Int.1996,Vol.127,PP.86-110.
- 17-Wylli,M.R.J &Gregory, A.R.," Elastice Wave Velocities in Heterogeneous and porous Media" , Geophysics, 1956,Vol13,PP.41-70.
- 18-Mancini.R,Innaurato.N, &etal., " On The Influence of Rock Mass Quality on the Quality of Blasting Work in Tunnel Driving", Tummeling and Underground SpaceTechnology, Vol.13,No.1.PP.81-89, 1998.
- 19-Iran Water & Power Resources Dev. Co," Geology & Site Investigation Report,31Godar-Landar Hyderelectric Power Project", 1992.