



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

اندازه گیری حجم شدگی توده سنگ در یک معدن نیکل زیرزمینی عمیق

کلیدواژه ها: حجم شدگی توده سنگ، خرابی در اثر شکنندگی، عمق خرابی، اندازه گیری های میدانی، معدن

Creighton

۱-مقدمه

در استخراج و ساخت ساز معدن زیرزمینی عمیق، شکنندگی سنگ در اثر استرس بالا گریزناپذیر می باشد. سنگ نزدیک مرز یک حفاری در جهت تانژانتی محدود است و افزایش حجم به دلیل خرابی سنگ اغلب به یک همگرایی مهم به مرز حفاری برگردان می شود و این پدیده را حجم شدگی توده سنگ می نامند. شکل ۱ نشان دهنده این است که چگونه محیط یک حفاری می تواند از شکل اولیه اش بیافتد (خط توپر جلویی) که در نتیجه افزایش حجم منطقه خراب شده سایه دار می باشد. حجم شدگی توده سنگ می تواند مسائلی را ایجاد کند آن هم هنگامی که جابجایی دیواره از ظرفیت جابجایی عناصر تکیه گاه افزایش یابد. در موارد شدید، بدشکلی دیواره می تواند خیلی بزرگ باشد و دهانه موثر مسیر را کاهش بدهد و باعث شود که مسیر برای دسترسی به استخراج نامناسب شود. ازاینرو، مهم است که حجم شدگی توده سنگ را هنگام استخراج در زمین های به شدت تحت استرس پیشگویی و مدیریت کنیم.

مقدار همگرایی که می توان به دلیل حجم شدگی توده سنگ انتظار داشت می تواند با ضرب در یک عامل حجم شدگی یا BF بنا به عمق مورد انتظار خرابی پیشگویی گردد. رابطه میان عامل حجم شدگی و همگرایی دیواره کل (U_w)، همگرایی به دلیل بدشکلی الاستیک در مرز مناطق خراب نشده و خراب شده (U_{df})، و عمق خرابی (d_f) برابر است با:

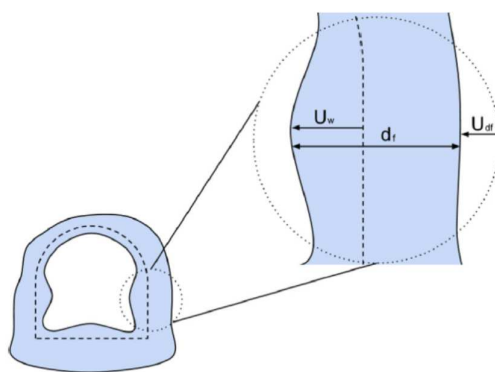
$$BF = \frac{U_w - U_{df}}{d_f} \quad (1)$$

در مقایسه با U_w ، مقدار بدشکلی U_{df} کوچک می باشد، ازاینرو، همگرایی دیوار را می توان از روی تخمین زد:

$$U_w \approx BF \times d_f \quad (2)$$

روشهای تجربی کنونی برای پیشگویی عوامل حجیم شدگی برپایه داده های محدود و اغلب کیفی می باشد چرا که مطالعات معدودی هست که در آن پارامترهای لازم جمع اوری یا مستندسازی شده باشند. برای بررسی نتایج یک عامل حجیم شدگی، عمق خرابی و همگرایی سطح حفاری را باید اندازه گیری نمود. اندازه گیری U_{df} حیاتی نیست چرا که می تواند با استفاده از تکنیک های مدلسازی عددی پیوستار متداول پیشگویی گردد. این مقدار بدشکلی نسبت به همگرایی دیوار به دلیل حجیم شدگی توده سنگ کوچک بوده و بدین لحاظ یک اثر قابل چشم پوشی روی بررسی نتایج فاکتور حجیم شدگی خواهد داشت.

داده هایی که در مطالعات موردی قبلی وجود داشته و برای بررسی نتایج فاکتورهای حجیم شدگی استفاده شده معمولا با اهداف مشابهی جمع آوری نگردیده است. برای هدف این مطالعه، یک عدم اطلاعات مشهود درباره عمق خرابی در این مجموعه داده ها وجود دارد. مطالعات موردی دارای داده های کشش سنج حاصل از معدن Kloof Gold و تونل Donkin-Morien مفیدتر بوده اند چرا که همگرایی مستقیما اندازه گیری شده و عمق خرابی را می توان از روی اندازه گیری های حاصل از نقطه ای که در آن همگرایی از خطی (بدشکلی الاستیک) به غیرخطی (بدشکلی/حجیم شدگی پلاستیک) تغییر می یابد استنباط نمود. محدودیت های مربوط به استفاده از کشش سنج ها شامل دامنه پوشش بدشکلی محدود آنها، رزولاسیون تفکیکی محدود وابسته به فاصله گذاری نقاط اندازه گیری و هزینه بالا می باشد هنگامی که نصب در محل های متعدد در اطراف محیط یک حفاری لازم می باشد.



شکل ۱- مفهوم حجیم شدگی توده سنگ (براساس رفرانس ۲)

نیاز به مطالعات موردی که متمرکز بر حجیم شدگی توده سنگ می باشد برای محققان و مهندسان فعال در زمینه پیشبرد روشهای مدلسازی یا پیشگویی حجیم شدگی توده سنگ آشکار می باشد. اهداف این مطالعه جمع

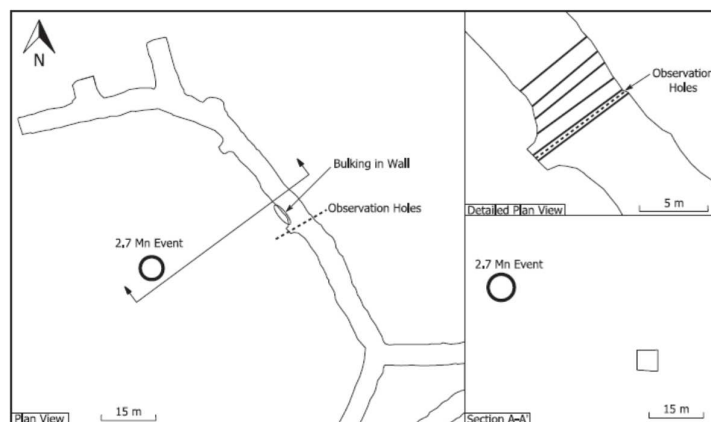
آوری اندازه گیری های حجیم شدگی کمی و مطالعه روی عواملی است که بر حجیم شدگی توده سنگ در معدن Creighton در Sudbury اونتاریوی کانادا تاثیرگذار می باشد. انواع مختلف تکنیک های جمع آوری داده ها برای تضمین این امر استفاده گردیده است که مانیتورینگ محل تا آنجا که ممکن است کامل باشد و شایستگی های تکنیک ها را بتوان برای مشاهدات حجیم شدگی توده سنگ آتی مورد قضاوت قرار داد.

۲- شرایط زمین شناختی و شرح محل مشاهده

۲-۱- شرایط زمین شناختی

معدن Creighton که در مالکیت و اجرای Vale می باشد یک معدن نیکل عمیق زیرزمینی واقع در حوضه Sudbury می باشد. این معدن در تولید پیوسته برای بیش از یک قرن بوده است که دارای میزان حفاری فعال کنونی در عمق های ۲,۳-۲,۵ km می باشد. این معدن فعالیت لرزه نگاری داشته و مدیریت ریسک زلزله و کنترل صدمه ترکیدگی سنگ از جمله کارهای چالش برانگیزی است که معدن با آن مواجه است حین اینکه استخراج به سطوح عمیقتری می رسد.

معدن Creighton واقع در گوشه جنوب شرقی یک فرورفتگی تهاجمی نیکل به داخل سنگهای زیرگسله ای می باشد.



شکل ۲- مکانهای مقاطع مشاهده ای در محل مشاهده و موقعیت رویداد لرزه نگاری $2.7 M_n$

در کل، عضو نوریت پایینی در تهاجم اصلی همان دیوار آویزان ماده معدنی می باشد. سنگهای زیرگسلی از نوع فراآتشفشانی در تشکیلات کوه Elsie، عصر هورنین پایینی و به داخل گرانیت/ گابرو وارد شده است. ماده معدنی (OB) در اعماق معمولاً به طور شیب دار درون سولفیدهای توده ای درجه بالا و توده ای درونگیره همجوار با

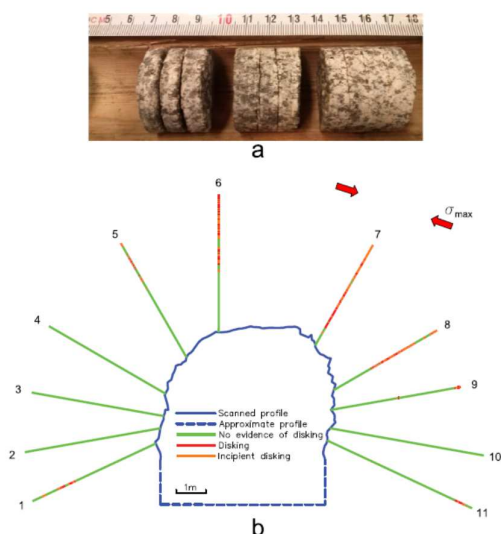
گرانیت و گابور لم یزرع و یک منطقه دیوار اویزان با درجه پایین تر تدریجی فرو رفته است. با کنترل ساختاری، ماده معدنی به تدریج به دو ناحیه تولید مجزا زیر سطح تولید ۲۳۴۰ متری تغییر کرده است. سولفیدهای توده ای و توده ای درونگیر درجه بالایی داشته و غنی از مس می باشند و برش قابل ملاحظه و رگه کوارتز در کل جبهه کار تولید سوم در عمق وجود دارد. رگه بندی کوارتز و برش دهی آن، که اغلب با کربنات کوارتز پر شده است، معمولاً در کل سنگهای زیرگسلی با مجموعه ای از شیب های مجزا بهم متصل شده و بر شیوه توزیع مجدد استرس های حفاری اثر داشته و در لرزه نگاری معدن نقش دارد.

۲-۲- مکان مشاهده

یک مکان مشاهده برای پروژه (شکل ۲) در یک مسیر تازه ایجاد شده در معدن در عمق تقریباً ۲,۴km از سطح تعیین گردید. این مکان به این دلیل انتخاب شد که در مکانی واقع بود که قبلاً تحت استرس بالایی به دلیل عمق روبار و مجاورت با ماده معدنی بوده است. این محل بنا به انتظار متحمل افزایش استرس ایجاد شده در اثر حفاری با شیب های نزدیک حین توزیع مجدد بیشتر استرس ها می باشد. هدف از تعیین محل مشاهده نظارت کمی بر ایجاد صدمه در اثر استرس حول مسیر و حجیم شدگی توده سنگ مربوطه در نتیجه صدمه بوده است.

یازده سوراخ حفاری شده الماس با اندازه BQ (DDH) در یک مجموعه حول حفاری سوراخ گردید (شکل ۳). حفاری الماس مزیت های کلیدی را ارائه داده چرا که به ثبت و تست هسته ای در آزمایشگاه امکان داده و منجر به سطح داخلی صافی برای مشاهده کیفیت سوراخها می شود. یک سطح داخلی صاف در سوراخهای مشاهده تا حد زیادی باعث بهبود کیفیت داده هایی می شود که می تواند با استفاده از پروبهای مختلف سوراخ به پایین بازبایی شود. شش جفت نقاط مرجع که مقاطع عمودی را علامتگذاری می کند برای نظارت همگرایی بعدی (شکل ۲) استفاده گردیدند. بعد از حفاری سوراخها، یک خلیج ایمن در یک مرحله بعدتری حفاری گردید و مقطع مسیر را در جایی که سوراخهای مشاهده واقع بودند، تغییر داد. خلیج ایمنی برای مشاهده شرایط توده سنگ خود دیواره مسیر با فراهم کردن نمای مقطعی از سطح ایجاد شده در اثر استرس به موازات شکستگی بکار رفته است. سوراخهای DDH برای نظارت بر عمق شکستگی ایجاد شده در اثر استرس با استفاده از انواع

ابزارآلات استفاده گردید و نقاط مرجع برای همترازی مقاطع عمودی مجدد استفاده گردید که با یک اسکنر لیزری طی هر دیدار از محل اسکن گردیدند.



شکل ۳-ا) مثالهایی از دیسک گذاری (سمت چپ) و انواع درجات دیسک گذاری تکوینی (مرکز و سمت راست).
 ب) مکان دیسک گذاری هسته ای و دیسک گذاری هسته ای تکوینی در هسته های حاصل از چالهای گمانه زنی در محل مشاهده.

مقاطع ۱ و ۲ (CS1, CS2) به موازت صفحه ای بودند که در آن ۱۱ سوراخ مشاهده حفاری گردیده و در فاصله ۲۵ سانتی متر تا هر طرف صفحه واقع بود. مقاطع در این حالت جهت گیری شدند تا از اسکن صفحه ای که رویش سوراخهای مشاهده حفاری شده بود جلوگیری شود و از ثبت های اسکن لیزری از داخل سوراخ حفاری اجتناب شود که نماینده محل سطح حفاری نمی باشند.

۳-۲- شرایط ژئوتکنیکی

هسته از سوراخهای حفاری شده در محل مشاهده برای تعیین مشخصات توده سنگ بلافاصله اطراف استفاده گردیده است. با استفاده از اندیس کیفیت تونل تغییر شکل یافته مبتنی بر سیستم Q، مقدار اندیس Q' به اندازه ۱۱۱ تعیین گردید (یعنی سنگ خیلی خوب تا فوق العاده خوب) که منطبق با اندیس استقامت زمین شناختی (GSI) برابر ۸۶ بوده است. تست های آزمایشگاهی در آزمایشگاه مرکز تحقیقات ژئومکانیک MIRARCO اجرا گردیده است. استقامت فشردگی تک محوری بیشتر نمونه های سنگ بین ۱۵۰ و ۳۰۰ MPa بوده است که متوسط آن حدود ۱۸۰ MPa بوده است. چون نمونه های تست از سوراخهای مشاهده در زمین تحت استرس

نزدیک حفاری گرفته شده بود، یک درجه معینی از صدمه به نمونه اجتناب ناپذیر بوده است. با این حساب، استقامت واقعی سنگ در محل ممکن است بالاتر از مقادیر تست شده در آزمایشگاه باشد.

۲-۴- رویداد زلزله نگاری $M_n 2,7$

در ۱۵ آوریل ۲۰۱۳ یک رویداد زلزله با بزرگی $M_n 2,7$ (Nuttli) در معدن رخ داد و منجر به صدمه جزئی به مکان مشاهده گردید. محل منبع رویداد زلزله که تقریباً ۴۵ متر از مکان مشاهده دور بود در شکل ۲ نشان داده شده است. کارکنان بخش ژئوتکنیکی در محل معدن گزارش دادند که در مجاورت محل مشاهده، کف نزدیک به حجیم سازی در دیواره غربی نصف شده بود، دو مهره ۲۰ میلیمتری میلگردی که برای محکم کردن مجرای تهویه در عقب استفاده شده بود بدون حدیده شده و یک مهره اصطکاک ۴۶ میلیمتری (نوع جداسازی) که در دیوار نصب شده بود در نقطه ای که حلقه به انتهای مهره جوشکاری شده بود، خراب شده بود. حجیم سازی توده سنگ به خوبی با سیستم پشتیبانی سنگ نصب شده با استفاده از مجموعه های اصطکاکی ۴۶ میلیمتری و تور شبکه گالوانیزه شماره ۴ حفظ گردید. این رویداد زلزله طی دوره نظارت بر این پروژه رخ داده و منبع زلزله به قدر کافی به محل مشاهده نزدیک بود که صدمه را در سوراخهای مشاهده آغاز کند و منجر به تغییراتی در مقاطع اندازه گیری شده گردد. اندازه گیری ها قبل و بعد از اینکه صدمه رخ دهد برای تحلیل های بعدی جمع اوری گردیدند.

۲-۵- دیسک گذاری هسته

هسته های بازبایی شده از سوراخهای مشاهده یک نگاه دقیقتری را به شرایط سنگ و سطح مشترک آن فراهم کرده است، که با استفاده از تنها روشهای داخل چاله امکان پذیر نبوده است. هسته ها برای خصوصیات مشترک، مکانهای ناپیوستگی، سنگ شناسی و رخداد دیسک گذاری و دیسک گذاری جزئی یا تکوینی نمودارگیری شدند. یک جدایی بین دیسک گذاری و دیسک گذاری تکوینی صورت گرفت. دیسک گذاری منجر به جداسازی کامل دیسک های گردید در صورتیکه دیسک گذاری تکوینی تنها باعث صدمه به هسته با دیسک هایی که کنار هم بسته شده باقی ماندند، شده بود. شکل ۳a نمایانگر مثالهایی از دیسک گذاری و تغییر درجات دیسک گذاری تکوینی از هسته بوده است.

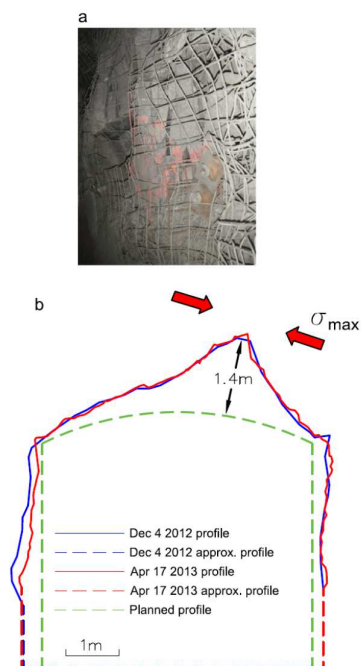
شکل ۳b نمایانگر محللهایی است که در آن دیسک گذاری و دیسک گذاری تکوینی در هسته ها رخ داده است. چون هیچ تغییر قابل تشخیصی در خصوصیات سنگ وجود ندارد که صدمه هسته از کجا شروع و به کجا ختم می شود، می توان فرض کرد که صدمه به هسته نشان می دهد که استرس در نواحی که دیسک گذاری و دیسک گذاری تکوینی رخ داده نسبت به مناطقی که در آن هیچ گونه دیسک گذاری نبوده، بالاتر بوده است. داده های دیسک گذاری هسته می تواند برای استنباط بزرگی ها و جهت گیری های استرس بکار گرفته شود. اما، روندهای منتشره نیازی به تایید در این محل خاص قبل از اینکه این اطلاعات را بتوان با اطمینان برای استنباط بزرگی های استرس استفاده کرد، ندارد. براساس مکانهای دیسک گذاری مشاهده شده و دیسک گذاری ابتدایی، می توان استنباط نمود که جهت گیری ماکزیمم استرس اصلی در صفحه مشاهده شده تقریباً قائمه به سوراخ ۷ بنا به شکل ۳b می باشد.

مقطع اسکن شده از مسیر نشان داده شده در شکل ۳b برابر CS۱ می باشد که وقتی سوراخهای مشاهده حفاری گردیدند بدست آمده بود. در این زمان، جبهه کار مسیر چند قطر مسیر را در جلوی سوراخهای مشاهده (شکل ۲) پیش برده بود. دیسک گذاری هسته نماینده مقاطع مسیر و شرایط استرس هنگام حفاری سوراخها می باشد. با این حساب تنها مقطع مسیر اصلی بکار می رود زمانی که رخداد دیسک گذاری را در نظر می گیریم. تحت شرایط الاستیک، بالاترین استرس در مرز حفاری رخ خواهد داد که به مرز حفاری تانژانتی بوده و به موازات ماکزیمم جهت استرس اصلی می باشد. بنا به شکل ۳b، توده سنگ متحمل برخی بدشکلی های غیرالاستیک به دلیل حفاری شده است که منجر به یک منطقه برطرف سازی استرس در اطراف حفاری می شود. در نتیجه، دیسک گذاری در مرز حفاری در سوراخهای ۶ تا ۸ با به انتظار در غیراینصورت رخ نمی دهد.

۳- اسکن لیزری

اندازه گیری همگرایی سطح یک حفاری برای تعیین کمیت حجیم شدگی توده سنگ لازم می باشد. یک اسکنر لیزری از مدل Leica ۳D Disto برای اسکن نمودن مقاطع عمودی در محل مشاهده استفاده شده است. شکل ۴b نمایانگر اسکن هایی از CS۶ است که در ۴ دسامبر ۲۰۱۲ و ۱۷ آوریل ۲۰۱۳ گرفته شده است. اسکن به وضوح نشان می دهد که عمیق ترین شکست رویی در همان منطقه ای است که دیسک گذاری هسته ای شایع ترین است. شکست رویی و دیسک گذاری هسته شاخص هایی از استرس بالا می باشند و هر دو جهت مشابهی از

استرس اصلی ماکزیمم را در صفحه مقطع یعنی عمود بر شیوع و چال حفاری گمانه زنی با دیسک گذاری گسترده هسته نشان می دهند. شکافی احتمالا به دلیل توزیع مجدد استرس ها بوجود آمده هنگامی که حفاری دور یک مسیر دچار انفجار شد و طی عملیات تعیین مقیاس و نیز پیچ و مهره سازی طی نصب تکیه گاه سنگ پیشرفت نمود. هیچ گونه علائمی از پیشرفت بیشتر شکاف وقتی تکیه گاه سنگ نصب گردید وجود نداشته است.



شکل ۴- (a) عکس از حجیم سازی توده سنگ به سمت جنوب و (b) اسکن هایی از مقطع ۵ سانتی متری حاصل از ارایه سوراخهای مشاهده که تا ۲۰۰ متر همگرایی را نشان داده است.

این امر اهمیت نصب تکیه گاه را هر چه سریعتر بعد از انفجار مورد تاکید قرار می دهد و نشان می دهد که سیستم تکیه گاه در پیشگیری از خرابی بیشتر توده سنگ بسیار موثر می باشد.

وقتی محل مشاهده بعد از رویداد زلزله $M_n 2,7$ که در ۱۵ آوریل ۲۰۱۳ رخ داد، مجدداً اسکن گردید، کشف شد که هیچ گونه بدشکلی مشهودی در مقاطع در طول سوراخهای مشاهده (CS۱ و CS۲ در شکل ۲) وجود نداشته بلکه بدشکلی عمده ای در دیوار تقریباً ۴ تا ۵ متر از سوراخهای مشاهده در CS۵ و CS۶ رخ داده بود.

شکل ۴a نشان دهنده سنگهای شکسته شده روی دیوار در محل CS۶ می باشد که با تور مشبک سیمی جوشکاری شده از درجه شماره ۴ و ست اصطکاک ۴۶ میلیمتری بدست آمده است. همگرایی که در نتیجه صدمه رخ می دهد می تواند به سهولت با مقایسه اسکن های لیزری از مقطع قبل و بعد از رویداد زلزله صدمه اور تعیین

کمیت شود. تا ۲۰۰ میلیمتر همگرایی روی دیواره کناری سمت چپ با استفاده از اسکن هایی که در شکل ۴b نشان داده شد، ثبت گردید. ولی باید یادآور شویم که اثر خلیج ایمنی نزدیک به یک همگرایی بعد از رویداد زلزله به دلیل اثر ژئومتری نسبت داده می شود که می تواند منجر به کاهش محدودیت توده سنگ در دیواره کناری گردد.

۴-اندازه گیری منطقه شکسته شده

روشهای تجربی برای تخمین عمق شکستگی در اطراف یک حفاری ایجاد شده است. عمق شکستگی بستگی به بسیاری عوامل مانند بزرگی استرس و جهت گیری ها، استقامت توده سنگ، شکل حفاری، و مهمتر از هم تکیه گاه سنگ نصب شده دارد. روشهای تجربی یک تخمین خوبی را فراهم می کند زمانی که هیچ گونه تکیه گاه سنگ یا تکیه گاه نصب شده سنگ وجود ندارد که موثر باشد. وقتی امکانپذیر باشد، اندازه گیری مستقیم عمق شکستگی توصیه می شود.

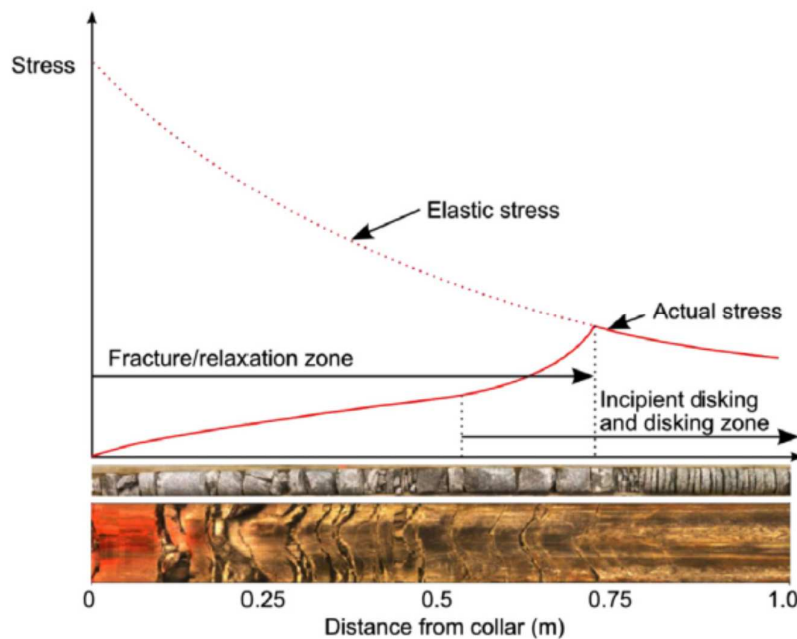
اندازه گیری عمق منطقه شکسته شده برای تعیین کمیت حجیم شدگی توده سنگ لازم می باشد، ولی بهترین عملکرد تعیین شده برای اجرای کار وجود ندارد. به همین دلیل، تعدادی از روشهایی مانند بررسی عکس هسته، نمودارگیری دوربین از چال گمانه زنی، نمودارگیری هسته، نمودارگیری دستگاه Televiewer نوری و نمودارگیری سرعت اولتراسونیک برای تعیین بهترین رویکرد برای این منظور مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته اند.

۴-۱-نمودارگیری هسته ای و نوری از دستگاه Televiewer

یک دستگاه Televiewer نوری OBI۴۰ با تکنولوژی منطق پیشرفته برای نمودارگیری از سوراخهای مشاهده برای شناسایی محل شکستگی هایی که سوراخ ها را قطع می کنند، استفاده گردیده است. دستگاه Televiewer نیاز به یک تصویر ۳۶۰ درجه ای از دیوار یک سوراخ از حدفاصل عمق پیش تعریف دارد. تصویر هر حدفاصل مسیر بدون پوشش شده تا یک نوار باریک از پیکسلهایی را ایجاد کند که یک پیکسل بلندی با عرض وابسته به رزولاسیون آزیموتال دارد. همه نوارهای لازم پیکسل ها به صورت توده جمع اوری شده تا ایجاد یک تصویر با عمق های معین را بنماید. این شیوه برای اندازه گیری مکان ویژگی هایی که سوراخ ها را قطع می نمایند خیلی صحیح بوده است. وانگهی، تصاویر دستگاه Televiewer نه تنها مکان بلکه جهت گیری و

رهسپاری ویژگی‌ها را ارائه می‌دهد که برای تعیین مشخصات توده سنگ مفید می‌باشد. مزیت دیگر استفاده از تصاویر دستگاه Televiewer آن است که همگی ویژگی‌های دیده شده در تصویر همان شکستگی‌های واقعی در محل می‌باشند که بدان معناست که آنها یا از قبل وجود داشته‌اند یا اینکه ویژگی‌های ایجاد شده در اثر حفاری بوده‌اند، برعکس شکستگی‌هایی که در اثر حفاری بوجود آمده است که می‌تواند در هسته وجود داشته باشد و در نتیجه می‌تواند نامگذاری اشتباهی داشته باشد.

بخش پایینی شکل ۵ یک تصویر از دستگاه televiewer می‌باشد که از اولین متر سوراخ شماره ۷ با تصویری از هسته از همان مقطع نشان داده شده در فوق گرفته شده است.



شکل ۵-عکس هسته بالای تصویر مربوطه از دستگاه Televiewer از اولین متر سوراخ شماره ۷.

هنگام دیدن دو تصویر در کنار هم، مشهود است که تعیین عمق دقیق منطقه شکسته شده از نمای خود هسته‌ها به تنهایی امکانپذیر نیست آنهم وقتی که هسته‌ها تا نقطه‌ای شکسته شده‌اند که در آنجا نمی‌توانند به طور کامل مجدداً سرهم بندی شوند. در این خصوص، نمودارگیری از دستگاه Televiewer یک روش دقیقتر تعیین صحیح عمق خرابی است و ثبت هسته‌ای بینش‌هایی را راجع به شرایط استرس فراهم می‌کند زمانی که سوراخهایی حفاری شده‌اند.

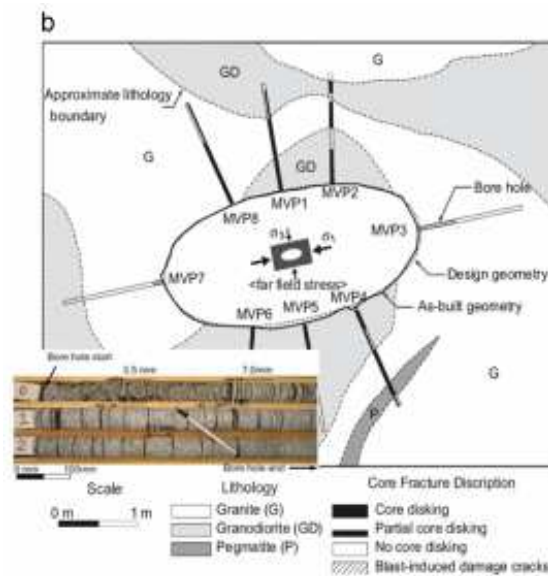
عمیقترین شکستگی باز در تصویر Televiewer تا اندازه ای بیش از $0,7m$ از گردن سوراخ واقع است (شکل ۷). در این نقطه است که دیسک گذاری شروع به ظاهر شدن در هسته می کند که نشان دهنده انست که سنگ قبل از این نقطه متحمل ارامسازی استرس به دلیل شکستگی سنگ می شود. ولی دیسک گذاری آغازین در تکه هسته واقع در بین $0,55m$ و $0,6m$ وجود داشته است که نشان می دهد حین اینکه ممکن است برطرف سازی استرس به دلیل شکستگی وجود داشته باشد، استرس هنوز نسبتا در این نقطه هنگام حفاری سوراخ گمانه زنی بالا است. نمودار بالایی تفسیری از استرس تانژانتی در طول سوراخ ۷ براساس مشاهدات حاصله از هسته و تصاویر televiewer می باشد. همانگونه که در نمودار می توان دید، حالت استرس واقعی از حالت استرس الاستیک به طور معنی دار انحراف یافته و یک همپوشانی مناطق شکسته آرام سازی شده و مناطق دیسک گذاری / دیسک گذاری آغازین وجود دارد. ترکیبی از داده های نمودارگیری televiewer و هسته به تعیین عینی تر عمق خرابی امکان می دهد. برای این مورد، عمق خرابی در سوراخ ۷ می تواند به صورت $0,7m$ براساس اطلاعات جمع آوری شده ارزیابی گردد.

براساس اطلاعات ترکیبی ارائه شده توسط دستگاه Televiewer و نمودارگیری هسته، می توانیم ببینیم که انجام تخمین از عمق منطقه شکستگی براساس نمودارگیری هسته امکانپذیر است یعنی عمق منطقه شکستگی می تواند از روی محلی تعریف شود که از آنجا دیسک گذاری شروع شده است. از شکل ۵ می توانیم ببینیم که عمق تخمین زده شده حدود $0,75m$ در سوراخ ۷ می باشد. این امر براساس این مشاهده است که دیسک گذاری در هسته می تواند تنها زمانی رخ دهد که استرس زمین به قدر کافی بالا باشد. اگر هیچ گونه شکستگی استرس در بخش کم عمق سوراخ گمانه زنی وجود نداشته باشد، دیسک گذاری باید با شروع از گردن سوراخ در جایی که استرس تانژانتی بالاترین می باشد، ظاهر گردد. اگر سنگ در محل شکسته شود، استرس برطرف شده و دیسک گذاری در هسته رخ نمی دهد زمانی که نوک مته از سنگهای برطرف کننده استرس عبور می کند. این بینش براساس نمودارگیری هسته و نمودارگیری دستگاه Televiewer در شکل ۵ بدست آمده است. یک نمونه که از این نتیجه گیری حمایت می کند در شکل ۶ نشان داده شده است. مقطع آرایه اتاق U1-418 در آزمایشگاه تحقیقاتی زیرزمینی (URL) در کانادا در شکل ۶b با اطلاعات ارائه شده دیسک گذاری هسته ای نشان داده شده است. هیچ گونه شکستگی سنگ در اثر استرس در این محل تونل وجود نداشته است (شکل ۶a) و دیسک

گذاری در اثر حفاری درست از مرز تونل شروع شده (شکل ۶b) که در آن استرس تانژانتی بالاترین بوده است. با استفاده از همان روش، عمق خرابی در سوراخهای ۵ و ۶ و ۸ می تواند تخمین زده شود و نتایج در شکل های ۳ و ۸ نشان داده شده است. عمق های خرابی تعیین شده از روی روش دیسک گذاری هسته ای و روش نمودارگیری دستگاه Televiewer در سوراخهای ۶ و ۷ و ۸ هماهنگ بوده است ولی یک تفاوت بزرگی در سوراخ ۵ دیده می شود. زاویه های ماکزیمم استرس میدانی با سوراخهای ۶ تا ۸ بزرگ بوده ولی در سوراخ ۵ کوچک بوده است. این امر می تواند دلیل این باشد که چرا روش دیسک گذاری یک تخمین غیرقابل اتکایی را از عمق خرابی در سوراخ ۵ ارائه می دهد. باینحساب، روش هسته احتمالا تنها زمانی معتبر است که دیسک گذاری در هسته ها وجود داشته و زمانی که استرس اصلی ماکزیمم در سوراخ تحت زاویه بزرگی شروع می شود. دیسک گذاری در سوراخهای ۱ و ۹ و ۱۱ در مکانهایی دور از گردن رخ می دهد. دیسک گذاری نقطه ای احتمالا در اثر غلظت استرس محلی ناشی از ناهمگنی سنگ ایجاد شده است. بعلاوه، این سوراخها با ماکزیمم استرس اصلی تحت زوایای کوچکتر شروع شده و روش دیسک گذاری هسته ای برای عمق تخمین خرابی برای این سوراخها قابل کاربرد نمی باشد.

شکل ۷ نشان دهنده مقایسه کنار به کنار عکس هسته و دو تصویر televiewer از اولین متر سوراخ ۳ می باشد که از روی گردن (در شکل ۳ برای محل سوراخ) اندازه گیری شده است. هیچ دیسک گذاری هسته ای در این سوراخ رخ نداده است چرا که استرس میدانی ماکزیمم تقریبا به موازات سوراخ بوده و این سوراخ از ماکزیمم استرس اصلی در اثر حفاری دچار تیرگی شده است.

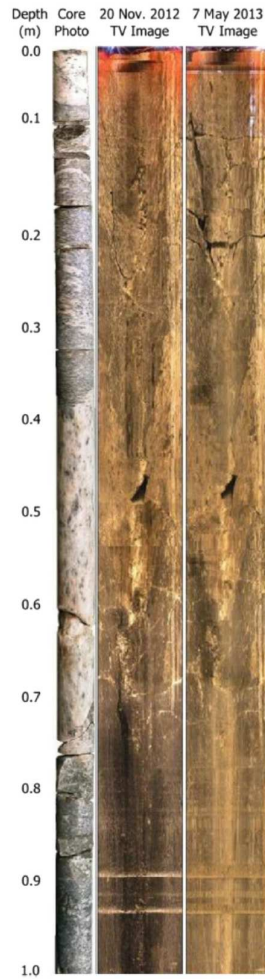




شکل ۶-ا) عکس اتاق ۴۱۸ که نشان دهنده هندسه اتاق در مقاطع U_1 و U_2 و U_3 می باشد (b) مقطع اتاق ۴۱۸ با آرایه U_1 نشان دهنده سوراخهای حفاری گمانه زنی و وضعیت دیسک گذاری هسته می باشد. مغزی: دیسک گذاری هسته نمونه از سوراخ گمانه زنی حفاری شده MVP.

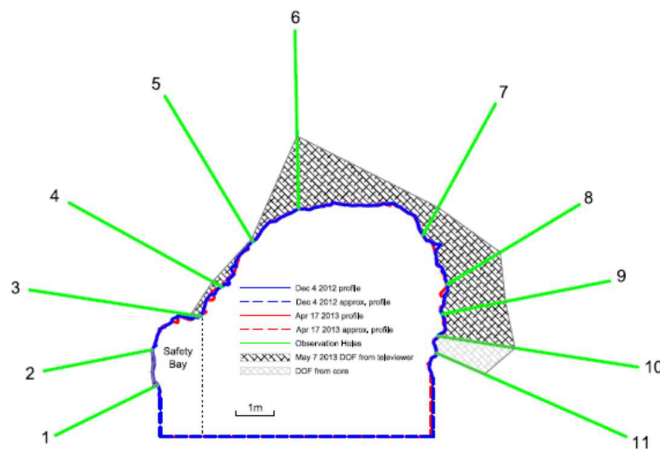
در این موقعیت، عمق شکستگی می تواند تنها با استفاده از تصویر دستگاه televiewer ارزیابی گردد. از زمانی که اولین نمودارنگاری تکمیل گردیده (۲۰ نوامبر ۲۰۱۲) تا زمانی که دومین نمودارگیری تکمیل گردیده (۷ می ۲۰۱۳)، برخی شکستگی های جدید بوجود آمده و برخی شکستگی های موجود تا اندازه ای باز مانده است. شکستگی روی تقریباً ۰,۲m از گردن سوراخ شکستگی جدیدی است و شکستگی واقع در ۰,۱m و ۰,۲۵m شکستگی های موجودی است که باز شده است. یک گوه کوچک از دیواره سوراخ در تقریباً ۰,۵m افتاده و یک دلالت هایی از صدمه میان ۰,۵m و ۰,۷۵m وجود داشته که بنا به باور به دلیل انفجار است هنگام حفاری خلیج ایمنی بوده است. تشخیص این شکستگی ها از روی بررسی تصویر JPEG مانند شکل ۷ دشوار است ولی اینها را با استفاده از نرم افزار WellCAD بهتر می توان رویت کرد که برای پردازش تصاویر دستگاه televiewer استفاده می شود. این نرم افزار باعث تقویت ظرفیت بصری می شود و کیفیت بالاتر تصویر را حفظ می کند و مشاهده تغییرات در تعداد شکستگی و دهانه ها را آسانتر می سازد.

مقایسات کنار به کنار مانند شکل ۷ برای تفسیر عمق شکستگی حاصل از استرس یا منطقه عمق شکستگی یا DOF در مقطع مشاهده استفاده گردید.



شکل ۷- هسته و تصاویر دستگاه televiewer حاصله از اولین متر سوراخ ۳

شکل ۸ نشان دهنده منطقه عمق شکستگی در اثر استرس است که با استفاده از تصاویر televiewer تعیین شده است. خلیج ایمنی بین اولین (۲۰ نوامبر ۲۰۱۲) و دومین (۷ می ۲۰۱۳) نمودارگیری حفاری گردید. سوراخ ۱۱ مسدود سازی شده و نتوانست با دستگاه televiewer نمودارگیری گردد.



شکل ۸- منطقه شکستگی نقشه گذاری شده با استفاده از اندازه گیری های هسته و تصاویر دستگاه televiwer نمودارگیری شده در ۷ می ۲۰۱۳.

با اینحساب، برای این سوراخ تنها هسته برای ارزیابی عمق شکستگی در اثر استرس استفاده شده است. عمق شکستگی در اثر استرس به طور برجسته ای در طول محیط حفاری تغییر می کند که حداکثر شکستگی در اثر استرس متمرکز بر ناحیه ای است که به عنوان بالاترین استرس فشرده سازی شناسایی شده است. عمق های اندازه گیری شده شکستگی در اثر استرس در منطقه با استرس بالا (سوراخهای ۶ تا ۱۱) از ۰,۸۲ تا ۲,۰۳m بوده است.

باید یادآور گردید که معادن Creighton عملکرد انفجار استرس زدایی را برای شکستگی دیوار حفاری در مکانهای از قبل تعیین شده در هر دور ایجاد ۳,۶m بکار می گیرند. این عملیات دربرگیرنده انفجار ۰,۹m نیترات امونیوم منفجره در پایان هر سوراخ استرس زدایی برای پیش برشی توده سنگ پیش رو در هر دور ایجاد می باشد. دو سوراخ در هر چاه با زاویه ۴۵ درجه حفاری شده که یکی در شانه ها با زاویه ۳۰ درجه و یکی در ۰,۶m از کف حفاری شده صاف می باشد. این امر پایان هر پرسازی مواد منفجره نامحدود را در ۲ متری محل دیوار قرار می دهد که حین اولین تاخیر ایجاد هر دور منفجر می شود. سوراخها شسته شده و بعد از هر دور قبل از حفاری و انفجار بررسی شدند. برای هدف پروژه، حداقل فاصله با این پرسازی ها براساس تحقیقات مکرر برابر ۱ متر می باشد. نزدیک ترین سوراخهای گمانه زنی شماره ۱ و ۱۱ نزدیک به ارتفاع کف و شماره ۵ و ۷ در شانه ها می باشند (شکل ۳). هیچ گونه شواهدی از شکستگی انفجاری هویدا نیست که از روی مقادیر کیفیت سنگ بالای بدست آمده از هسته و مشاهدات مستقیم توسط تصاویر دستگاه televiwer تایید شده باشد.

در عمل، خیلی مشکل است که U_w را تعیین نماییم، چون لازم است بدشکلی دیوار را قبل از حفاری اندازه گیری نماییم. سوراخهای حفاری شده از حفاری های انجام شده قبلی مجاور به طور موفقیت آمیزی برای نظارت بر صدمه توده سنگ استفاده شده است حین اینکه حفاری تحت تحقیقات ایجاد شده است. ولی این تکنیک تنها زمانی امکانپذیر می باشد که یک حفاری در مکان مناسبی برای حفاری سوراخهای مشاهده وجود داشته باشد و تنها قادر به نظارت بر یک سمت مسیر تحت بررسی می باشد مگر اینکه دو یا چند حفاری که در جای مناسبی واقعند وجود داشته باشد که به سوراخهای مشاهده بیشتری امکان حفاری را قبل از حفاری دهانه تحت تحقیقات

بدهد. سوراخهای مشاهده در این محل بعد از اینکه مسیر حفاری گردید حفاری شده اند و یک مقداری از بدشکلی قبلا پیش از اندازه گیری ها رخ داده است.

یک راه دیگر که در این پروژه استفاده شده است اندازه گیری U_w حین پردازش نمودارگیری های دستگاه نوری Televiewer بوده است. نمودارگیری های دستگاه televiewer با استفاده از WellCAD پردازش گردیده و دهانه همه شکستگی ها (چه شکستگی های جدید و چه از قبل موجود) که یک سوراخ را قطع می کند می تواند یک تخمین خوبی از همگرایی برای نقطه واقع در گردن سوراخ باشد. دلیلش این است که قبل از حفاری همه شکستگی های از قبل موجود در یک توده سنگ در این عمق به طور تنگاتنگی به دلیل محدودیت به بسته می باشد. شکستگی های ایجاد شده در اثر استرس دور یک حفاری تمایل به موازی بودن تقریبی با سطح حفاری دارد و همگرایی معادل باز شدن تجمعی چنین شکستگی هایی می باشد. با این حساب، به نظر لازم نمی رسد که جهت گیری شکستگی را نسبت به جهت گیری سطح حفاری تصحیح کنیم. حاصل جمع دهانه ها در ترکیب با عمق خرابی اندازه گیری شده در هر سوراخ باعث تعیین فاکتور حجیم شدگی می شود هر چند هیچ گونه اندازه گیری اولیه ای قبل از صدمه ایجاد شده در اثر استرس ناشی از فرایند حفاری رخ نمی دهد.

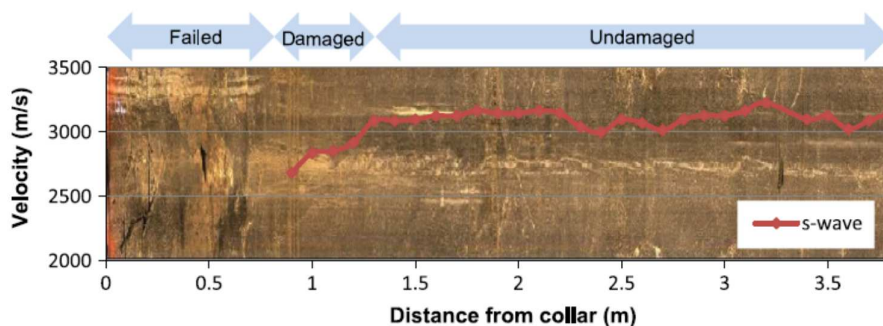
۴-۲- نمودارگیری سرعت اولتراسونیک

به خوبی مشخص بوده است که یک همبستگی قوی بین کیفیت سنگ و سرعت موج سنگ وجود دارد. برای مطالعه رابطه میان شکستگی سنگ و سرعت موج در محل مشاهده، برخی از سوراخهای مشاهده با یک پروب سرعت اولتراسونیک نمودارگیری شده اند. پروب شامل دو مبدل در تماس با کلاهک های برنجی است که در طول دیواره سوراخ می لغزند. مبدل های به یک میله ای وصل هستند که روی فنرها شناور بوده که تضمین می کند تماس محکمی بین کلاهک های برنجی و دیواره سوراخ برقرار می باشد. برای بهبود مزدوج سازی بین کلاهک های برنجی و دیواره سوراخ، یک مایع مزدوج (ژله نفتی) به داخل سوراخ از بالا به پایین پروب پمپاژ می شود و بخشی از سوراخ را می پوشاند که کلاهک برنجی در تماس با آن قرار دارد حین اینکه سوراخ نمودارگیری می شود.

مشخص گردیده است که طی نمودارگیری موج S اسانتر و قابل اتکاتر بدست می آید. سیگنالهای موج P ساطع شده از دستگاه ناقل به موازات جهت انتشار نوسان می یابند که تقریباً قائم به جهتی است که در آن مبدل موج

طولی قادر به شناسایی حرکت می باشد. این امر منجر به دریافت سیگنالهای خیلی ضعیف توسط گیرنده می شود و در برخی موارد هم هیچ سیگنالی اصلا در کار نمی باشد. در عوض، امواج S قائمه به جهت انتشار نوسان می یابند که تقریبا به موازات جهتی است که مبدل موج طولی قادر به شناسایی حرکت باشد و منجر به سیگنالی می شود که گرفتنش برای گیرنده راحتتر می باشد.

شکل ۹ نمایانگر مجموعه مشخصات سرعت موج S یا Vs می باشد که در سوراخ ۳ بدست آمده است و تصویر Televiewer را در زمینه نشان می دهد. سرعت موج S نسبتا از اخر سوراخ به ۱,۲۵m از گردن ثابت است که بین ۳۱۰۰ تا ۳۲۵۰m/s می باشد و بعد از ۱,۲۵ تا ۰,۸۵m از گردن به تقریبا ۲۶۰۰m/s کاهش می یابد. از ۰,۸۵ به گردن، سیگنال به نقطه ای ضعیف می شود که هیچ سیگنال موجی را نمی توان بدست آورد. کاهش سرعت از ۱,۲۵ به ۰,۸۵m نشان دهنده این است که سنگ صدمه دیده ولی فقدان شکستگی مرئی در تصویر televiewer نشان می دهد که سنگ خراب نشده است. سیگنال ضعیف شده از ۰,۸۵m به گردن نشان می دهد که سنگ احتمالا شکسته و تحت محدودیت پایین تری قرار دارد. این امر از روی تصاویر televiewer در شکل ۷ تایید می شود که نشان دهنده شکستگی در اثر استرس از قسمت گردن به عمق ۰,۲۸m و صدمه ناشی از حفاری از ۰,۵-۰,۷۵m می باشد. کاهش محدودیت باعث باز شدن ناپیوستگی هایی با مقیاسهای مختلف می شود که منجر به کاهش سرعت شده است.



شکل ۹-مجموعه مشخصات Vs از سوراخ ۳ با تصویر televiewer در زمینه کار

با اینحساب، بدون تصاویر televiewer مجموعه مشخصات سرعت موج S به شکل نشان دادن عمقی از خرابی با ۰,۸۵m و عمق صدمه ۱,۲۵m تفسیر می شود.

می توان از این تحقیق نتیجه گیری نمود که یک پروب سرعت اولتراسونیک می تواند وسیله ای خوب برای اندازه گیری مناطق شکستگی استرس و صدمه در اثر استرس باشد. نمودارگیری از عمیق ترین بخش سوراخ به سمت گردن به متصدی امکان می دهد تا تضمین کند که تجهیزات به طور مناسبی کار می کنند و یک خط پایه را تعیین می کند در حالیکه پروب در سنگ صدمه ندیده می باشد. در این حالت، کاهش سرعت موج و بعد از دست دادن سیگنال، به شکل پروبی که به گردنه می رسد دیده می شود. کاهش سرعت بنا به باور نتیجه شکستگی میکرو در سنگ و از دست دادن سیگنال نتیجه شکستگی ماکرو در سنگ و کاهش محدودیت می باشد. جفت سازی نمودارگیری سرعت با یک روش نمودارگیری سوراخ گمانه زنی نوری مانند دستگاه televiewer نوری یا نمودارگیری دوربین سوراخ گمانه زنی می تواند به تفسیر نتایج کمک نماید.

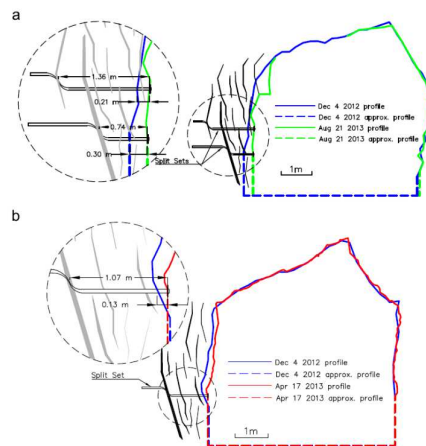
۴-۳- نمودارگیری از مجموعه های اصطکاک با استفاده از یک دوربین در سوراخ گمانه زنی

رویداد زلزله $۲,۷M_n$ منجر به شکستگی جدیدی داخل توده سنگ و صدمه به تکیه گاه سنگ در برخی مقاطع اسکن شده نموده است ولی نه در مقطعی که در آن سوراخهای مشاهده حفاری شده بود. در مقطعی که در آن شکستگی سنگ هویدا بوده است، همگرایی با اسکن مجدد مقاطع به کمک اسکنر لیزر اندازه گیری گردید. ولی بدون سوراخهای مشاهده در این بخشها، تکنیک هایی که قبلا برای اندازه گیری عمق شکستگی استفاده شده بودند نتوانست مورد استفاده قرار گیرد. با اینحساب یک رهیافت مختلف برای کسب عمق شکستگی در این بخشها لازم بوده است.

مهره های مجموعه اصطکاک چهل و شش میلیمتری معمولا برای تکیه گاه دیوار در معدن Creighton استفاده شده اند. روی هر مهره شکافی هست که همزمان یک راه آسان برای مشاهده شرایط توده سنگ را به طور مستقیم فراهم می سازد. یک دوربین سوراخ گمانه زنی قطر کوچک داخل چند مهره در ناحیه مورد نظر گردید یعنی بخشی از دیوار که بزرگترین همگرایی را داشت. اطلاعات جمع آوری شده برای تعیین عمق شکستگی بکار رفته بود. تحقیقات نشان داد که مجموعه های اصطکاک با یک عمل برشی خراب شد که در طول یک شکستگی اصلی با یک دهانه اساسی رخ داده بود. مشاهدات قبلی در معدن Creighton نشان داده است که شکلی نامتداول از صدمه برای جداسازی مجموعه ها نیست که زمین حجیم شده ناشی از یک رویداد زلزله را نگهداری می کنند. اندازه گیری های انجام شده در سایر مجموعه های اصطکاک که همان شکست را قطع کرده

بودند ولی کاملاً خراب نشده بودند، هیچ گونه شکستگی ناشی از استرس دیگری فراتر از این نقطه نشان ندادند. بر این اساس، نقاطی که در آن مهره ها خراب شده اند در نظر گرفته شد که در محدوده شکستگی ناشی از استرس هستند. شکل ۱۰a,b نشان دهنده عمق شکستگی در اثر استرس اندازه گیری شده و اسکن های لیزر در مقاطع CS۵ و CS۶ به ترتیب می باشد.

اندازه گیری مهره بالایی که در شکل ۱۰a نشان داده شده است یک گنجاندن دو اندازه گیری است که از دو مهره گرفته شده است. هر دو مهره ها در ارتفاع یکسانی واقعند، و اولی ۲۰ سانتی متر به یک طرف CS۵ و دیگری ۳۰ سانتی متر روی طرف مخالف CS۵ می باشد. عمق های شکستگی ایجاد شده که در اثر استرس در هر دو مجموعه های اصطکاک اندازه گیری شده است تقریباً یکسان بوده است.



شکل ۱۰- عمق شکستگی استرس اندازه گیری شده در مجموعه های اصطکاک (مجموعه های لایه لایه) در (a) مقطع ۵ و (b) مقطع ۶.

این تحقیق نشان می دهد که مشاهده شرایط توده سنگ از طریق مجموعه های اصطکاک نصب شده می تواند اطلاعات مفیدی را برای ارزیابی عمق شکستگی سنگ در توده سنگ فراهم آورد. هیچ گونه سوراخ گمانه زنی الماس گرانی نیاز نبوده و دوربین سوراخ گمانه زنی نیز ارزانتر از دستگاه televiewer نوری بوده است.

۵- بحث

۵-۱- عملکرد تکیه گاه سنگ

شکل ۱۱ نمایانگر برخی از صدمات به مجموعه های اصطکاک و توده سنگ اطراف آن در نتیجه رویداد زلزله نگاری $2.7M_n$ می باشد که منجر به شکستگی در طول دیواره نزدیک مکان قطع می شود. شکل ۱۱a و b نشان

دهنده شکستگی های لایه لایه موازی است که با دیواره مسیر همتراز می باشد. شکل ۱۱b و c نشان می دهد که مجموعه های اصطکاک ۴۶ میلیمتر یک مقدار عمده ای از بدشکلی را ایجاد می کند درحالیکه در عین حال همچنان به پشتیبانی از سنگهای شکسته ادامه می دهد. در شکل ۱۱c، مجموعه اصطکاک به نظر در معرض برش رو به پایین بوده که مبین آنست که بلوک می تواند به سمت پایین سر بخورد قبل از اینکه به دلیل حفاری بیشتر حرکت کند. استقامت های کششی برای این نوع در سنگهای زیرگسلی در دامنه ۸,۵-۹,۵t قرار دارد. به دلیل شکستگی های توده سنگ و قفل سازی مهره ها به دلیل برش، افزایش استقامت کششی تا مقادیر ۱۱-۱۲t نامتداول نمی باشد.

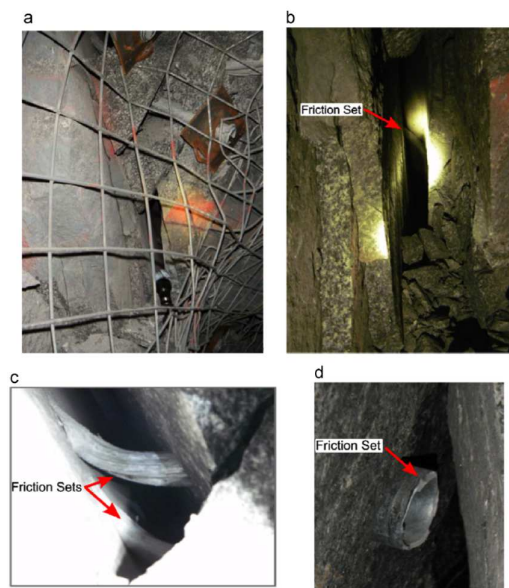
شکل ۱۱d یک مجموعه اصطکاک را کسب کرده که ظاهرا در تنش خراب شده اند. مهره ای که در اتفاق معدن Creighton کمتر متداول بوده است، ممکن است در ۱۸-۱۹t خراب شده باشد که استقامت کششی اندازه گیری شده تقریبی لوله و حلقه جوشکاری شده می باشد. این ظن وجود دارد که مهره ممکن است به طور داخلی با جابجایی حرکت زمین قفل شده باشد و از ظرفیت بارش تجاوز شده باشد. یک ارزیابی کیفی تقاضا در زمینه سیستم تکیه گاه آشکار می کند که سطح پیش بینی شده حرکت زمین تحت شرایط معمول بالا می باشد (سرعت ذره پیک 0.1 m/s) برای رویداد با بزرگی 2.7^{M_n} و در ۴۵ متری مکان صدمه و اینکه مکانیسم صدمه درون دسته حجیم سازی سنگ می افتد. و منطبق با بیش از 5 MPa ماکزیمم استرس دینامیک است که در دیواره حفاری ایجاد شده است. این نمونه ها نشان می دهد که مجموعه اصطکاک به طور موثری با بدشکلی و جذب انرژی بخش شده روی توده سنگ نزدیک سطح حفاری با ظرفیت باقیمانده کافی برای حفظ سنگهای خراب شده کار کرده است.

۵-۲- عوامل حجیم سازی حاصل از داده های televiewer

عمق خرابی و اندازه گیری های همگرایی جمع آوری شده از سوراخهای مشاهده می تواند برای محاسبه عوامل حجیم سازی مربوطه بکار رود. سطح محدودیت بکار رفته در دیوارها و عقب براساس نوع تکیه گاه و الگوی استفاده شده محاسبه گردید. تکیه گاه در دیواره شامل مجموعه های اصطکاک و تورهای سیمی جوشکاری شده بوده و تکیه گاه در عقب شامل مهره های مخروطی تغییر شکل یافته (MCB۳۳)، میلگردها و تور سیمی

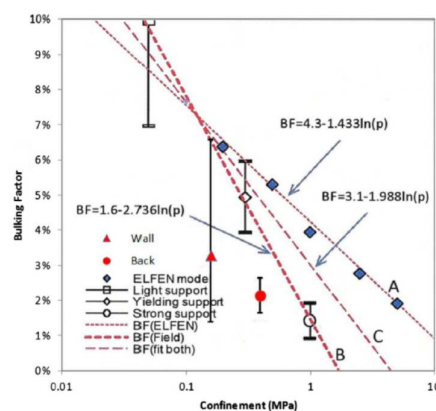
جوشکاری شده بوده است. اندازه گیری های صورت گرفته در دیواره ها و عقب به این شکل گروه بندی شده است و متوسط و دامنه مقادیر برای نمایش داده ها بکار رفته است.

شکل ۱۲ نمایانگر متوسط و دامنه عوامل حجیم سازی در عقب و دیواره های این مطالعه (علائم قرمز) همراه با برخی داده های میدانی خلاصه سازی شده در فرانس ۵ و داده های بدست آمده از مدلسازی عددی با استفاده از ELFEN می باشد. عوامل حجیم سازی، که براساس بدشکلی دیواره اندازه گیری شده و عمق خرابی در هر سوراخ مشاهده محاسبه شده است، بین ۱,۴-۶,۶٪ در دیواره و ۱,۶-۲,۷٪ در عقب می باشد. عوامل حجیم سازی از این مطالعه پایین تر از مطالعات قبلی است.



شکل ۱۱-صدمه به مجموعه های اصطکاک و توده سنگ در دیوار مجاور خلیج ایمنی به عنوان نتیجه رویداد

زلزله $۲,۷M_n$



شکل ۱۲- عوامل حجیم سازی رسم شده براساس یک گراف اصلاح شده از رفرانس ۴ (برای تفسیر مرجع ها به رنگ در این توضیح نمودار، خواننده را به نسخه وب این مقاله ارجاع می دهیم).

این امر مورد انتظار می باشد چرا که داده های حاصل از مطالعات قبلی منطبق با مواردی بوده که در آن صدمه شدید به توده سنگ و سیستم تکیه گاه سنگ رخ داده بوده است. شبیه سازی عددی در رفرانس ۲۳ خرابی کامل سنگ را با کشش کافی تحت محدودیت های مختلف در نظر گرفته است. از سوی دیگر، درجه صدمه به توده سنگ و تکیه گاه در این مطالعه موردی حداقل بوده است. براساس مقیاس صدمه تکیه گاه سنگ که در رفرانس ۲ اشاره شده است، سطح صدمه برای تکیه گاه سنگ در طول سوراخهای مشاهده برابر S1 می باشد، بدان معنا که صدمه نمی بیند ولی بارگذاری می شود. از اینرو، عوامل حجیم سازی نتیجه شده کوچک بودند. به عبارت دیگر، اگر سیستم تکیه گاه سنگ نصبی شده در کنترل صدمه انفجار سنگ موثر باشد، مقدار بدشکلی دیوار می تواند محدود شود و عوامل حجیم سازی منطبقه می تواند کمتر از حفاری ها با تکیه گاه سنگ غیر موثر باشد.

۵-۳- عوامل حجیم سازی نسبی از اندازه گیری های مجموعه اصطکاک

در مقاطع ۵ و ۶ (CS۵ و CS۶) که در آن عمق خرابی با واردسازی دوربین سوراخ گمانه زنی به داخل مجموعه های اصطکاک اندازه گیری شده بود، بدشکلی کل دیوار (U_w) نامعین می باشد. دلیلش این است که وقتی مقاطع اسکن شده اولیه بدست آمدند، احتمال می رفت که اندکی شکستگی القایی در اثر استرس و در نتیجه همگرایی قبلا رخ داده باشد. برخلاف دستگاه نوری televiewer، دوربین سوراخ گمانه زنی به دهانه شکستگی ها امکان اندازه گیری را بنا به تخمین همگرایی دیواره نمی دهد. مقادیر همگرایی نشان داده شده در شکل ۱۰ مربوط به اسکن اولی می شود که اجرا شده و هر گونه عوامل حجیم سازی محاسبه شده با استفاده از این مقادیر نیز وجود دارد. این را فاکتور حجیم سازی نسبی می نامند یا BF^1 که با استفاده از معادله ۳ محاسبه می شود. BF^1 همیشه معادل یا کمتر از BF می باشد که بستگی به این امر دارد که آیا همگرایی قبل از اندازه گیری اولیه رخ داده است یا خیر.

$$BF' = \Delta U_w \times df \quad (3)$$

در CS5 در مجموعه اصطکاک بالایی، بدشکلی برابر ۰,۲۱m بوده و عمق شکستگی هم ۱,۳۶m بوده است که یک BF' برابر ۱۵ درصد را بدست می دهد. و در مجموعه اصطکاک پایین تر بدشکلی برابر ۰,۳۰m بوده و عمق شکستگی برابر ۰,۷۴m گردید که باعث BF' برابر ۴۱ درصد شد. در CS6 بدشکلی برابر ۰,۱۳m بوده و عمق شکستگی برابر ۱,۰۷m بود که یک BF' به میزان ۱۲ درصد را داشته است. در این مکان، عمق شکستگی نسبتا کوچک بوده ولی فاکتورهای حجیم سازی نسبی به طور نمایی بزرگ بوده اند. با این حساب، بدشکلی دیوار ماکزیمم نتیجه شده تا ۰,۳۰m بوده است. مقادیر BF' بالاتر از ۱۰ درصد عامل حجیم سازی است که معمولا برای این وضعیت توصیه می شود. مقادیر بزرگ ۱۲ و ۱۵ درصدی نتیجه شکستگی باز بزرگی است که در شکل ۱۱a و b نشان داده شده است. رویداد زلزله که باعث می شود حجیم سازی توده سنگ احتمالا سرعت را به توده شکسته سنگ پخش کند و مجموعه اصطکاک بدشکل برای جذب انرژی منطقه شکسته منجر به یک شکستگی باز بزرگ شده است. مکانی که در آن فاکتور حجیم شدگی نسبی برابر ۴۱ درصد بوده است ممکن است نتیجه ترکیب بدشکلی بزرگ به دلیل عدم قابلیت سازگاری ژئومتریکی در اثر جابجایی یک بلوک بزرگ منفرد و عمق شکستگی در اثر استرس نسبتا کوچک بوجود آمده باشد.

۶- نتیجه گیری ها

این مقاله نمایانگر یک مطالعه موردی است که در یک مسیر عمیق در معدن Creighton در کانادا اجرا گردیده که در آن اندازه گیری های کمی مربوط به حجیم سازی توده سنگ با استفاده از انواع تکنیک ها صورت گرفته است. بینش های اصلی بدست آمده از این مطالعه به ترتیب ذیل می باشد:

(۱) فاکتورهای حجیم شدگی در محلی که در آن سوراخهای مشاهده حفاری شده اند بین ۱,۴-۶,۶٪ می باشد که در آن تکیه گاه بارگذاری شده ولی صدمه ندیده است. این بدان معناست که اگر سیستم تکیه گاه سنگ در کنترل صدمه انفجار سنگ موثر باشد، بدشکلی توده سنگ ناشی شده می تواند کوچک باشد. این امر مهم می باشد چرا که با محدودسازی بدشکلی دیوار، می توان از احیا بعد از یک رویداد انفجار سنگ اصلی اجتناب نمود. به همین دلیل سیستم های تکیه گاه سنگ مقاوم به انفجار و ترکیب سنگ باید در زمین های به شدت پراسترس استفاده گردد.

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی

۲) عوامل حجیم سازی نسبی بزرگ از ۱۲ تا ۴۱ درصد به طور موضعی در محل دیوار مسیر مشاهده گردید که تحت صدمه رویداد زلزله بوده است. عوامل بزرگتر از حد انتظار حجیم سازی نسبی به شکل موضعی بوده و اغلب در نتیجه عدم قابلیت سازگاری ژئومتریکی ناشی از حرکت یک بلوک بزرگ منفرد می باشد. به عبارت دیگر، عوامل حجیم سازی بزرگ فراتر از آنی که معمولاً انتظار می رود امکانپذیر می باشد اگر یک چرخش بلوک و جابجایی برشی بین بلوکها در کار باشد.

۳- نمودارگیری از سوراخهای حفاری شده الماس با یک دستگاه televiwer نوری بنا به اثبات مفیدترین تکنیک برای مانیتورینگ عمق خرابی برای ارزیابی حجیم شدگی توده سنگ می باشد. سایر تکنیک های جمع آوری داده ها نظیر نمودارگیری هسته، نمودارگیری سرعت اولتراسونیک، اسکن سازی لیزری، و نمودارگیری دوربین سوراخ گمانه زنی در مجموعه های اصطکاک شایستگی های خودشان را داشته و ارزشی را به کل شرح و مانیتورینگ محل اضافه کرده اند. اگر یک دیسک گذاری هسته در نمونه های هسته وجود داشته باشد، عمق شکستگی ناشی از استرس در سوراخهای قائم به ماکزیمم استرس تانژانتی را می توان برپایه محل دیسک گذاری هسته از ناحیه گردن تخمین زد. مجموعه مشخصات سرعت موج S از پروب سرعت اولتراسونیک می تواند برای تخمین عمق خرابی و عمق شکستگی میکرو بکار گرفته شود. وقتی سوراخهای مشاهده حفاری شده موجود نباشد، دوربین های سوراخ گمانه زنی می تواند برای مشاهده وضعیت صدمه به توده سنگ در مجموعه های اصطکاک استفاده شود. ولی ممکن است با قابلیت دسترسی به مهره های قابل دسترس نصب شده در دیوار محدود شود.

حین اینکه حفاری در سطح عمیقی از معدن Creighton ادامه می یابد، تغییرات استرس اضافی رخ خواهد داد و بدشکلی بیشتری در توده سنگ در محل مشاهده انتظار می رود. کارکنان ژئوتکنیکی معدن Creighton و محققان دانشگاه Laurentian برنامه ریزی کرده اند تا به طور دوره ای محل مشاهده را بازدید کرده و تکامل بدشکلی دیوار و عمق شکستگی سنگ را مانیتورینگ کنند. نتایج جدید و بینشهای نوین در مقالات بعدی در دسترس قرار خواهد گرفت.