

بررسی عوامل مؤثر بر نرخ نفوذ، در چالزن‌های ضربه‌ای چکش بالا

حسین معاریان^۱؛ امیررضا قاسمی^۲؛ ابوالفضل مهین‌راد^۳

۱- دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی معدن، دانشکده فنی، ۸۲۰۸۴۲۳۰ (۰۲۱) memarian@ut.ac.ir

۲- شرکت مهندسی مشاور اشتوکی پارس، ۷-۸۸۶۷۸۲۴۶ (۰۲۱) amirreza_ghasemi@yahoo.com

۳- شرکت مهندسی مشاور اشتوکی پارس، ۷-۸۸۶۷۸۲۴۶ (۰۲۱) amehinrad@stuckypars.com

(دریافت ۳۰ خرداد ۱۳۸۵، پذیرش ۲۰ آذر ۱۳۸۵)

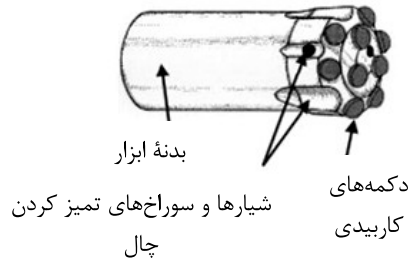
چکیده

عوامل متعددی بر نرخ نفوذ که بخشی از مفهوم قابلیت چال‌خوری است، تأثیر می‌گذارند. از این رو در زمان بررسی نرخ نفوذ، باید تا حد امکان با ثابت نگاه‌داشتن عوامل مختلف، نقش یک یا دو متغیر را مطالعه کرد. در این مقاله، ۸۱ مورد داده نرخ نفوذ از ۱۲ عدد دستگاه واگن دریل در کنار ۱۴ داده از دو دستگاه روبولت به همراه برداشت‌های شرکت‌های سازنده دستگاه‌ها در ساختگاه سدی در حال اجرا بر روی توده‌سنگ کنگلومرای بختیاری گردآوری شده و مقدار آن با عوامل متفاوت تجهیزات مورد بررسی قرار گرفته است. با تحلیل داده‌های گردآوری شده آشکار شد که قطر سرمنته به همراه توان ضربه دستگاه، از جمله موارد مربوط به اثر تجهیزات بر نرخ نفوذ هستند که البته میزان تأثیر آن‌ها یکسان نیست؛ به‌گونه‌ای که تأثیر توان چکش بر نرخ نفوذ سرمنته‌ها به‌میزانی است که حتی تغییر در نوع دستگاه (واگن دریل، جامبو و یا روبولت) و یا نوع سنگ نیز نمی‌توانند تأثیر آن را کم‌رنگ کنند. تغییر نوع سرمنته از گلوله‌ای به کروی اثر یکسانی بر نرخ نفوذ نداشته و تأثیر آن بستگی به نوع چکش دستگاه و طراحی آن دارد.

کلمات کلیدی

نرخ نفوذ، قابلیت چال‌خوری، چالزنی، واگن دریل، چالزن ضربه‌ای، توده سنگ، سرمنته، آتشباری

مورد بررسی قرار گرفته‌اند، نمایی از این نوع سرمته در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. نمایی از یک سرمته دکمه‌ای [۶]

۱-۱- مکانیزم خردایش در چالزن‌های ضربه‌ای

برای بررسی قابلیت چال خوری، درک مفهوم چگونگی خرد شدن سنگ توسط سرمته دارای اهمیت زیادی است. طرح‌های ارایه شده در شکل ۳، چگونگی اثر متقابل سرمته دکمه‌ای و توده سنگ را در هنگام چالزنی نشان می‌دهند. این تأثیر متقابل را می‌توان به سه زیر بخش تقسیم نمود:

• **شروع ضربه:** دکمه‌های فلزی در حال دوران به توده سنگ ضربه می‌زنند (شکل ۳/الف). به علت این عمل، تنش‌های موضعی فوق‌العاده زیادی ایجاد شده و بخش خرد شده‌ای (ناحیه ۱) را در زیر رأس دکمه‌ها به وجود می‌آورند و میدان‌های تنشی در سطوح پایین‌تر (ناحیه ۲)، در جهت چالزنی به وجود می‌آیند.

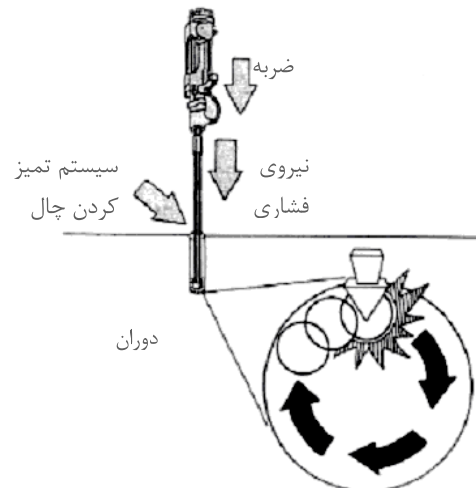
• **ترک برداشتن:** تنش‌های در حال افزایش به مقدار مقاومت سنگ رسیده و ترک‌های آغازین (ناحیه ۳) در گوشه نواحی خرد شده به وجود می‌آیند و از آنجا به درون سنگ توسعه می‌یابند (شکل ۳/ب). ترک‌هایی که در همسایگی هم قرار دارند شروع به تأثیر متقابل کرده و تراشه‌ها را به وجود می‌آورند.

• **اتمام ضربه:** سرمته به عقب کشیده می‌شود و تنش‌ها آزاد می‌گردند (شکل ۳/ج). به دلیل بازگشت ارتجاعی توده سنگ و همچنین وجود سیستم تمیز کردن چال، تراشه‌ها و مواد خرد شده (ناحیه ۴) از جلوی سرمته جدا شده و از طریق چال به بیرون انتقال داده می‌شوند [۴].

۱- مقدمه

چال گودالی به شکل استوانه است که با قطر و طول معین و با هدف‌های گوناگون در سنگ حفر می‌شود. دستگاه‌های حفر چال از نظر نوع و نحوه کار بسیار متنوع‌اند و به طور کلی با توجه به فرآیند کار به دو دسته چالزنی ضربه‌ای^۱ و چالزنی دورانی^۲ تقسیم می‌شوند. چالزنی ضربه‌ای بر اساس واسطه انتقال انرژی و محل قرارگیری چکش چالزن خود به گونه‌های «چکش‌های هیدرولیک بالای چال^۳»، «چکش‌های هوای فشرده^۴ بالای چال» و «چکش ته‌چال^۵» (D.T.H) تقسیم‌بندی می‌گردد [۱]. چکش چالزن ضربه‌ای-دورانی^۶ تلفیقی از چالزن دورانی و چالزن ضربه‌ای است [۶].

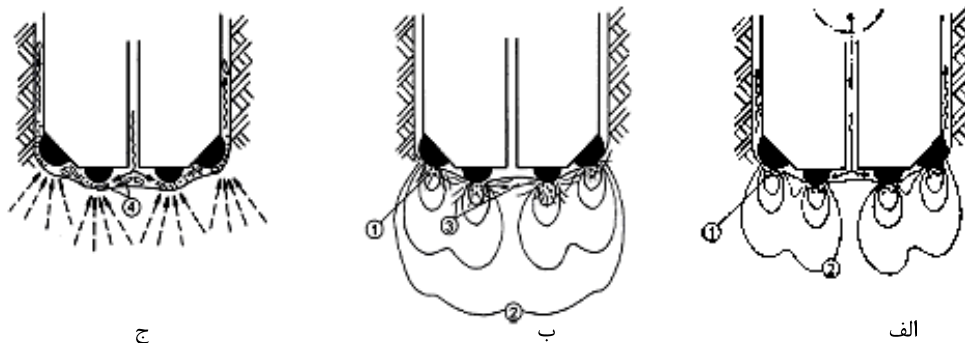
چهار جزء مهم در چالزنی ضربه‌ای سنگ وجود دارد که عبارتند از: نیروی پشت سرمته، دوران، ضربه و سیستم تمیز کردن چال [۱]. متغیرهای عملیاتی چالزن‌های چکش بالا در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱. چالزن چکش بالای چال و متغیرهای عملیاتی آن [۳]

نیروی پشت سرمته، چالزن را در برخورد و تماس با سنگ نگه می‌دارد. هدف از دوران در این روش، چرخش سرمته چالزنی برای دستیابی به سطحی جدید از سنگ، با هر بار دمیدن هوا و در نتیجه ایجاد حجم بزرگ‌تری از حفره در هر ضربه می‌باشد [۳].

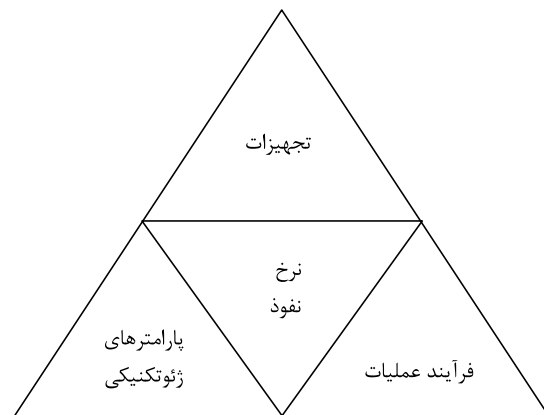
سرمته‌های مورد استفاده در این دستگاه‌ها انواع گوناگونی دارند که می‌توان آن‌ها را به گونه‌های سرمته یک‌پر^۷، سرمته چهارپر^۸ با مقطع صلیبی^۹ و ضربدری^{۱۰}، سرمته دکمه‌ای^{۱۱}، سرمته مخصوص چال‌های ریزشی و سرمته با سوراخ‌های تمیز کردن چال در بالا، تقسیم‌بندی نمود [۱]. از آنجا که در مطالعه موردی ارایه شده، مطالعات نرخ نفوذ در سرمته‌های دکمه‌ای



شکل ۳. نمایی از فرآیند خردایش سنگ در طی عملیات چالزنی ضربه‌ای-دورانی [۴]

۲- نرخ نفوذ

مطالعه نرخ نفوذ بخش مهمی از تحقیقات مربوط به قابلیت چال‌خوری را دربرمی‌گیرد، به گونه‌ای که گاه به اشتباه، قابلیت چال‌خوری را معادل با نرخ نفوذ دانسته‌اند. عوامل عمده مؤثر بر نرخ نفوذ را می‌توان در سه دسته عمده تجهیزات حفاری، پارامترهای ژئوتکنیکی و فرآیند عملیات طبقه‌بندی نمود (شکل ۴) [۶].



شکل ۴. قابلیت چال‌خوری و عوامل اصلی مؤثر بر آن [۶]

تجهیزات حفاری، که به عنوان پارامترهای قابل کنترل نیز شناخته می‌شوند، پارامترهای مختلف دستگاه و سرتمه را شامل می‌شوند. در مقابل، پارامترهای ژئوتکنیکی به‌عنوان پارامترهای غیر قابل کنترل معرفی شده و شامل خواص مختلف سنگ بکر و توده‌سنگ می‌باشند [۵]. فرآیند عملیات نیز به معنای مدیریت مناسب عملیات، استفاده صحیح و تعمیر و نگهداری مستمر تجهیزات و ابزارها است، که به دلیل بدیهی بودن تأثیر آن بر کارکرد عملیات، از پرداختن به آن در این مقاله، پرهیز شده است.

۲-۱- تجهیزات چالزنی

پارامترها و عوامل تجهیزات چالزنی را می‌توان به دو دسته دستگاه چالزن و نوع سرتمه تقسیم‌بندی نمود. تأثیر این عامل بر نرخ نفوذ به گونه‌ای است که تنها پروژه‌های حفاری انجام شده با تجهیزات و وسایل مشابه می‌توانند برای مطالعات نرخ نفوذ مورد استفاده قرار گیرند [۶].

دستگاه چالزن: پارامترهای دستگاه چالزن، که بر کارکرد عملیات تأثیر عمده‌ای دارند، عبارتند از:

- توان چکش، یا انرژی ضربه‌ای ویژه پیستون و تعداد ضربات پیستون در دقیقه
- نیروی فشاری پشت سرتمه
- زاویه چرخش و تعداد دورهای سرتمه در دقیقه
- فشار هوای فشرده
- خروج ریزه‌های حفاری و ماده تمیزکننده ته چال
- اتلاف انرژی

در بین عوامل فوق، نرخ نفوذ به‌طور ویژه‌ای وابسته به توان ضربه دستگاه بوده و این عامل در بین پارامترهای گوناگون دستگاه، بیش‌ترین تأثیر را بر نرخ نفوذ دارد. تورو (۱۹۹۷) در مطالعه‌ای موردی نشان داد که با تغییر توان دستگاه از ۷/۵ به ۲۰ کیلووات، بیش از ۵۰ درصد بر نرخ پیشروی افزوده شده است [۸].

نوع سرتمه: نوع سرتمه عامل مؤثر دیگری بر نرخ نفوذ است. در بین سرتمه‌های مورد استفاده در ماشین‌های چالزن ضربه‌ای، سرتمه‌های دکمه‌ای از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند. در اغلب شرایط زمین‌شناسی، از سرتمه‌های دکمه‌ای استفاده می‌شود. شکل دکمه و طراحی سرتمه (هندسه و ترتیب قرارگیری دکمه‌ها، سوراخ‌های تمیز کردن چال و شیارهای زهکشی) تأثیر زیادی بر فرسایش سرتمه و عملکرد چالزنی دارند. در شکل ۵

شرایط توده سنگ: اگرچه پارامترهای زمین‌شناسی نقشی کلیدی بر خواص مکانیکی سنگ دارند، اما معمولاً در اغلب پروژه‌ها به صورت کامل در نظر گرفته نمی‌شوند. در برخی موارد، تأثیر عوامل زمین‌شناسی بر شکستگی سنگ می‌تواند معنادارتر از خواص گوناگون ماده سنگ باشد [۵]. علاوه بر آن، باید توجه داشت که اگر توده سنگ از موادی ناهمگن و ناهمسانگرد تشکیل شده باشد، ارزش و اعتبار پارامترهای مکانیکی محدود خواهند شد. ناهمگنی و ناهمسان‌گردی، به وضوح دارای نقشی کلیدی در طی عملیات خردایش هستند [۷]. از این رو بهتر است مشخصات زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی توده سنگ، به اندازه سایر پارامترهای ژئوتکنیکی مورد بررسی قرار گیرند. از جمله خصوصیات توده سنگ، که تأثیرشان بر نرخ نفوذ مورد بررسی قرار گرفته، می‌توان به اثر ناهمسان‌گردی، فاصله‌داری ناپیوستگی‌ها، تخلخل، سیمانه نشدن کامل و میزان هوازدگی اشاره نمود.

۳- معرفی ساختگاه مورد بررسی

عوامل مؤثر بر نرخ نفوذ، که پیش‌تر به آن‌ها اشاره شد، خود به بخش‌های متعدد کوچک‌تری تقسیم می‌شوند که هر کدام دارای تأثیری مستقل هستند. به همین دلیل و برای به دست آوردن تأثیر هر کدام از آن‌ها، بهتر است تا حد امکان، پارامترها را ثابت نگاه داشت و با تغییر یکی از آن‌ها، تفاوت ایجاد شده در نرخ نفوذ را محاسبه نمود. برای دستیابی به هدف فوق در تحقیق حاضر تمامی بررسی‌ها تنها در یک نوع سنگ و یک ساختگاه، یعنی کنگلومرای سازند بختیاری و در ساختگاه یک سد، متمرکز شده‌اند. به این ترتیب می‌توان عوامل ژئوتکنیکی را ثابت فرض کرد و در نتیجه تأثیر پارامترهای مرتبط با تجهیزات را در شرایطی یکسان، با یکدیگر مقایسه نمود.

ساختگاه سد مورد بررسی بر روی دو سازند آجاجاری و بختیاری قرار گرفته است. سازند آجاجاری شامل ماسه سنگ، لای سنگ و گل سنگ بوده و در زیر سازند بختیاری قرار دارد. سازند بختیاری که واحد اصلی آن کنگلومرا است، دارای میان‌لایه‌هایی از گل سنگ و ماسه سنگ می‌باشد. علاوه بر این سازندها، یک میان‌سازند نیز بین سازندهای بختیاری و آجاجاری وجود دارد که آن را «زون تغییرات تدریجی» نام نهاده‌اند.

بخش عمده حفاری‌های این ساختگاه در کنگلومرای سازند بختیاری می‌باشد. این حفاری‌ها را می‌توان به دو دسته روباز و زیرزمینی تقسیم نمود. حفاری‌های روباز عمدتاً مربوط به

سه نوع اصلی از انواع دکمه‌ها یعنی دکمه مخروطی (Conical) یا گلوله‌ای (Ballistic)، دکمه نیمه گلوله‌ای (Semi-Ballistic) و دکمه کروی (Spherical) نشان داده شده است [۶].



شکل ۵. انواع دکمه سرمته چالزنی ضربه‌ای-دورانی [۶]
دکمه کروی دکمه (نیمه) گلوله‌ای دکمه مخروطی (گلوله‌ای)

۲-۲- پارامترهای ژئوتکنیکی

جدا از پارامترهای مربوط به تجهیزات چالزنی، پارامترهای ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی نیز بر نرخ نفوذ تأثیر می‌گذارند [۵]. به‌طور کلی، خصوصیات سنگ در زمینه نرخ نفوذ به چهار دسته خصوصیات «بافتی»، «مکانیکی»، «ساختاری» و «هوازدگی» تقسیم می‌شوند، که می‌توان خصوصیات «ساختاری» و «هوازدگی» را در یک قالب و به‌عنوان مشخصات مربوط به «توده سنگ» در نظر گرفت. به همین دلیل، باید ۳ بعد از ویژگی‌های سنگ شناسایی شود [۶ و ۲]:

- ترکیب کانی‌شناسی و بافت سنگ
- سنگ بکر و رفتار مکانیکی آن
- توده سنگ، ساختمان و شرایط آن

شرایط ماده سنگ: تا به حال بیش‌ترین تحقیقات در مورد نرخ نفوذ در زمینه شرایط سنگ بکر صورت گرفته است. محققان متعددی مطالعات تئوریک و تجربی فراوانی انجام داده و نرخ نفوذ را با خواص گوناگونی از سنگ ارتباط داده‌اند [۳]. این بررسی‌ها به دو دسته اصلی قابل تقسیم‌بندی می‌باشند:

• تحقیقاتی که در آن‌ها سعی شده تا از طریق ارتباط دادن نرخ نفوذ با مشخصات متداول فیزیکی و مکانیکی سنگ، مانند تخلخل، مقاومت فشاری تک‌محوری و نظایر آن، نوع و میزان تأثیر آن‌ها بر نرخ نفوذ شناخته شود.

• تحقیقاتی که در آن‌ها از طریق شناخت مکانیزم شکست در چالزنی‌های ضربه‌ای-دورانی، آزمایش‌های تجربی متنوعی مانند «آزمایش ضریب مقاومت سنگ^{۱۲}» (CRS)، «شاخص نرخ چالزنی^{۱۳}» (DRI) و مانند آن ارائه شده و ارتباط نرخ نفوذ با آن‌ها به‌دست آمده است.

۴- گردآوری داده‌های نرخ نفوذ

برای اطلاع از نرخ نفوذ دستگاه‌های مختلف، اقدام به برداشت زمان چالزنی آن‌ها شد. باید توجه داشت، زمان ثبت شده، زمان خالص چالزنی دستگاه بوده و زمان‌های مربوط به تعویض میله متنه، جابه‌جایی دستگاه و سایر موارد مشابه در آن‌ها منظور نشده است.

۴-۱- حفاریات روباز

اطلاعات حفاریات روباز با حضور در محل و پیمایش مستقیم و همچنین استفاده از اطلاعات مربوط به شرکت‌های سازنده دستگاه‌های حفاری تهیه شده است. در هنگام جمع‌آوری مستقیم اطلاعات، سعی شده تا حد امکان گستره وسیعی از حفاریات با قطرهای متفاوت، و انجام شده با دستگاه‌های مختلف در کنگلومرای بختیاری، گردآوری شوند. داده‌ها از مناطق سالم و تقریباً بکر سنگ فراهم آمده است، تا بتوان تأثیر پارامترهای زمین‌شناسی و ناپیوستگی‌ها بر آن‌ها را حذف شده فرض نمود. در مجموع، نرخ نفوذ مربوط به ۸۱ میله‌متنه ثبت شده است که از این میان تعداد ۶ مورد حذف شدند. دلیل این امر، افزایش غیرطبیعی زمان حفاری بر اثر درزدار بودن و شکستگی‌های موجود در آن عمق خاص از محل عملیات بوده است، به طوری که در برخی از موارد، زمان حفاری به بیش از ۱۰ برابر حالت عادی افزایش پیدا کرده است. این امر تأثیر بسیار زیاد پارامترهای توده‌سنگ را بر نرخ نفوذ نشان می‌دهد. در جدول ۲، خلاصه‌ای از اطلاعات گردآوری شده از حفاری‌های روباز، نشان داده شده است.

همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، به دلیل مکانیزه و نو بودن دستگاه‌های مورد استفاده در این ساختگاه، شرکت‌های سازنده دستگاه‌ها بر کارکرد آن‌ها نظارت کامل داشته و برای بهینه‌کردن فعالیت آن‌ها اقدام به برداشت اطلاعات مختلفی کرده‌اند. در جدول‌های ۳ و ۴، نرخ نفوذ در دستگاه‌های واگن دریل A و B که توسط این شرکت‌ها صورت گرفته، ارائه شده است.

۴-۲- حفاریات زیرزمینی

در حفاریات زیرزمینی، اقدام به برداشت زمان حفاری دستگاه روبولت شده که اطلاعات آن در جدول ۵ نشان داده شده است. از آن‌جا که این برداشت‌ها صرفاً از یک دستگاه صورت گرفته، امکان مقایسه آن با سایر دستگاه‌های زیرزمینی موجود در کارگاه سد وجود ندارد.

سنگ‌برداری‌های سرریز و بدنه سد می‌باشند. حجم حفاریات روباز مربوط به عملیات سنگ‌برداری بدنه و سرریز، در حدود ۲۳ میلیون مترمکعب می‌باشد که از این مقدار، حدود ۱۸ میلیون مترمکعب آن مربوط به سنگ‌برداری‌های سرریز و حدود ۵ میلیون مترمکعب در رابطه با سنگ‌برداری‌های بدنه سد است. مطالعات نرخ نفوذ در حفاریات روباز مربوط به دستگاه‌های در حال کار در سرریز سد می‌باشد. قطر چال‌های انفجاری در سرریز، 76 mm ، 89 mm و 102 mm و زاویه حفاری چال‌ها در حدود ۱۰ درجه است.

مطالعات نرخ نفوذ در حفاریات زیرزمینی این ساختگاه مربوط به چهار حلقه تونل آب‌رسان می‌باشد. جنس سنگ تونل‌های آب‌رسان از نوع کنگلومرا با سیمان شدگی قوی است. چال‌های حفر شده در این تونل‌ها، معمولاً دارای قطر 48 mm و 51 mm بوده و گاهی از قطر 45 mm نیز استفاده شده است. زاویه حفاری تقریباً ۹۰ درجه است. در تونل‌های آب‌رسان، از دستگاه‌های روبولت برای نصب بولت‌های نگهداری استفاده می‌شود. قطر سرمت‌های مورد استفاده در این دستگاه‌ها، 41 mm و 43 mm است. این چال‌ها با اختلاف زاویه $22/5$ درجه نسبت به یکدیگر از دیواره تا سقف حفر شده‌اند و امکان تفکیک اطلاعات آن‌ها وجود ندارد که بایستی به هنگام استفاده از نتایج به این موضوع توجه داشت.

۳-۱- مشخصات دستگاه‌ها و ابزار به کاررفته

در این ساختگاه دستگاه‌های متنوعی از واگن دریل‌ها و جامبوهای زیرزمینی، در کنار دستگاه‌های روبولت وجود دارند. نکته قابل توجه در مورد تجهیزات چالزنی به کار رفته، آن است که تقریباً تمامی آن‌ها کاملاً نو و مکانیزه بوده و از نوع هیدرولیکی چکش بالای چال هستند. همچنین سرمت‌های مورد استفاده در دستگاه‌ها از شناخته‌شده‌ترین مارک‌های موجود در دنیا می‌باشند. نکته مثبت دیگر نظارت کامل تکنسین‌های دستگاه‌ها بر نحوه کارکرد و تعمیر و نگهداری آن‌ها می‌باشد. این عوامل، در کنار ثابت بودن سنگ مورد حفاری، و در نتیجه ثابت بودن تقریبی پارامترهای ژئوتکنیکی، باعث شده تا این ساختگاه برای مطالعات مربوط به قابلیت چال‌خوری مناسب تشخیص داده شده و نتایج گردآوری شده از آن از درجه اطمینان بالایی برخوردار باشد. جدول ۱ مشخصات دستگاه‌های چالزن به کار برده شده در ساختگاه مورد بررسی را ارائه می‌کند.

جدول ۱: مشخصات دستگاه‌های چالزن به کار رفته در ساختگاه سد [۹]

نوع غالب سرمته به کار برده شده	گشتاور، حداکثر (Nm)	نیروی فشاری پشت سرمته (KN)	نرخ ضربه (Hz)	قطرهای حفاری شده در ساختگاه سد (mm)	محدوده قطر چال (mm)	حداکثر توان چکش (kW)	نوع دستگاه چال زن	
گلوله‌ای	۶۸۰	۲۰	۶۰	۸۹ و ۷۶	۸۹-۵۱	۱۵/۵	واگن دریل A	حفاریات روباز
کروی	۹۸۰	۲۰	۴۸-۳۸	۱۰۲ و ۸۹	۱۰۲-۶۴	۱۸	واگن دریل B	
گلوله‌ای	۱۶۹۰	۳۶	۳۵-۳۳	۱۰۲ و ۸۹	۱۴۰-۸۹	۲۵	واگن دریل C	
کروی	۵۰۰	-	۶۰-۴۰	۵۱ و ۴۸ و ۴۵	-	۱۵	جامبو D	حفاریات زیرزمینی
گلوله‌ای	۵۰۰	۲۰	۶۰-۴۰	۵۱ و ۴۸ و (۴۵)	-	۲۰	جامبو E	
کروی	۶۵۰	-	۶۰	۴۱ و ۴۳ و (۴۵)	-	۱۴	روبولت	

جدول ۲: نتایج به دست آمده از برداشت‌های شخصی در مورد نرخ نفوذ در حفاریات روباز

دستگاه چالزن				
واگن دریل C	واگن دریل B		واگن دریل A	
گلوله‌ای	کروی		گلوله‌ای	نوع سرمته
۱۰۲	مجموع	۱۰۲	۸۹	قطر سرمته (mm)
T51	T45, T51	T51	T45	قطر و نوع راد (mm)
۲۱	۲۱ و ۷	۲۱	۷	عمق چال (m)
۲۴	۳۸	۲۴	۱۴	تعداد داده‌ها
۲/۵۷	۲/۴۸	۲/۲۴	۳/۰۲	میانگین حسابی نرخ نفوذ (m/min)
۰/۴۶	۰/۸۴	۰/۵۸	۰/۹۳	انحراف استاندارد
۱۸	۲۶	۲۶	۳۱	ضریب تغییرات (%)

جدول ۳: نتایج به دست آمده توسط شرکت سازنده دستگاه در مورد نرخ نفوذ دستگاه واگن دریل A

دستگاه چالزن	قطر و نوع راد (mm)	قطر سرمته (mm)	نوع سرمته	فشار ضربه (bar)	دوران (rpm)	فشار دوران	نرخ نفوذ (m/min)	نرخ نفوذ سرمته پس از ۱۰۰۰ متر کارکرد (m/min)
واگن دریل A	T45	۸۹	کروی	۱۰۰-۱۱۰	۱۱۰-۱۲۰	۵۰-۶۰	۱/۲۹	-
		Retrack	کروی	۱۰۰-۱۱۰	۱۲۰-۱۳۰	۵۰-۶۰	۱/۶۵	-
		۸۹	گلوله‌ای	۱۰۰-۱۱۰	۱۲۰-۱۳۰	۵۰-۶۰	۲/۴۴	۲/۱۷

جدول ۴: نتایج به دست آمده توسط شرکت سازنده دستگاه در مورد نرخ نفوذ دستگاه واگن دریل B

دستگاه چالزن	قطر و نوع راد (mm)	قطر سرمته (mm)	نوع سرمته	تعداد داده‌ها	میانگین حسابی نرخ نفوذ (m/min)	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات (%)
واگن دریل B	T45	۸۹	گلوله‌ای	۱	۲/۸	-	-
			گلوله‌ای	۵	۲/۱۷	۱۶	۰/۳۵
			کروی	۳	۲/۳۰	۱۳	۰/۳
			مجموع	۸	۲/۲۲	۱۴	۰/۳۲

جدول ۵: نتایج به‌دست آمده از برداشت‌های شخصی در مورد نرخ نفوذ دستگاه روبولت

دستگاه چالزن	محل عملیات	قطر سرمته (mm)	نوع سرمته	عمق چال (m)	تعداد برداشت‌ها	میانگین حسابی نرخ نفوذ (m/min)	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات (%)
روبولت	تونل آب‌رسان (متر از ۰+۲۰۰)	۴۳	کروی	۵	۱۴	۲/۰۸	۰/۳۰	۱۴/۳۷

چکش‌های این دستگاه‌هاست. زیرا در دستگاه‌های واگن دریل B به علت فشار ضربه‌ای بالای چکش (۱۵۰ و ۲۰۰ bar)، در صورت استفاده از سرمته گلوله‌ای، دکمه‌ها بیش از حد در سنگ نفوذ کرده و باعث گیرکردن و چرخش سخت سرمته خواهند شد. به همین دلیل، نمی‌توان از تغییر نوع سرمته نتیجه‌ای یکسان بر نرخ نفوذ انتظار داشت و این عامل بستگی به عوامل طراحی دستگاه و نوع چکش آن دارد.

۵- تحلیل داده‌ها

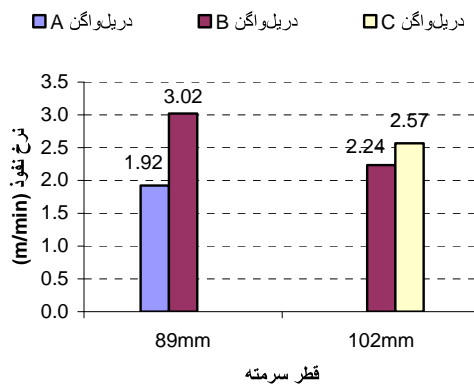
بررسی و تحلیل داده‌های گردآوری شده را در دو گروه حفاری‌های روباز و زیرزمینی به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۵-۱- حفاریات روباز

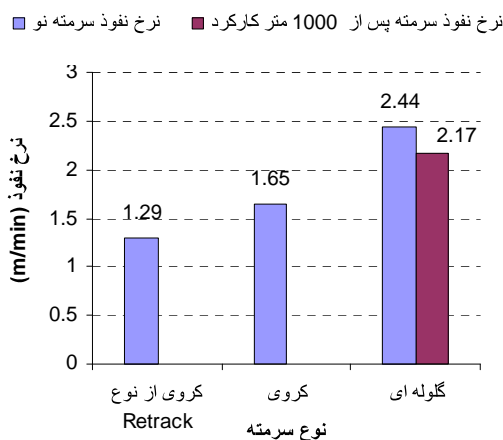
با استفاده از اطلاعات برداشت‌های مستقیم از حفاری‌های روباز ساختگاه مورد بررسی (جدول ۲)، نمودار شکل ۶ رسم شده است. برای کنترل و مقایسه صحت نتایج به‌دست آمده، با استفاده از داده‌های شرکت‌های سازنده دستگاه‌ها (جدول‌های ۳ و ۴) نمودارهای شکل‌های ۷ و ۸ نیز رسم شده‌اند.

همان‌گونه که از نمودارها پیداست، در یک قطر معین، استفاده از دستگاهی قوی‌تر (با توان ضربه‌ای بالاتر) نرخ نفوذ را افزایش می‌دهد. مورد قابل توجه دیگر، تأثیر قطر حفاری بر میزان نرخ نفوذ دستگاه‌هاست، به‌گونه‌ای که افزایش قطر سرمته باعث کاهش نرخ نفوذ شده است. نکته بسیار مهمی که در مورد نقش توان چکش بر دستگاه‌ها باید مد نظر قرار گیرد، آن است که در دستگاه‌های اشاره شده، با وجود ثابت بودن قطر سرمته، نوع سر متها از نظر گلوله‌ای و کروی بودن متفاوت است، که این عامل همان‌گونه که در شکل‌های ۷ و ۸ قابل مشاهده است، از موارد تأثیرگذار بر نرخ نفوذ می‌باشد. به همین دلیل به‌راحتی نمی‌توان نتایج به‌دست آمده در مورد افزایش و یا کاهش نرخ نفوذ را به‌طور کامل مورد قبول دانست، لذا بهتر است تنها مواردی با هم مقایسه شوند که در آنها تمامی پارامترها یکسان بوده و تنها یک عامل متغیر باشد (جدول ۶).

با استفاده از نتایج به‌دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش قطر سرمته، نرخ نفوذ به‌طور محسوسی کاهش می‌یابد. همچنین با دقت در جدول ۶، معلوم می‌شود که در دستگاه واگن دریل B، سرمته‌های نوع کروی، نسبت به نوع گلوله‌ای، دارای نرخ نفوذ بالاتری هستند که این موضوع در واگن دریل‌های A معکوس است. دلیل این امر، تفاوت در طراحی



شکل ۶. مقایسه نرخ نفوذ با قطر سرمته و نوع دستگاه با استفاده از برداشت‌های انجام شده در حفاریات روباز



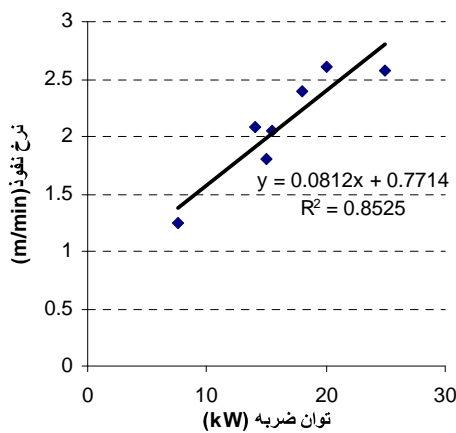
شکل ۷. مقایسه نرخ نفوذ با نوع سرمته با استفاده از اطلاعات شرکت سازنده دستگاه واگن دریل A

گزارش شده‌اند، به مقادیر فوق اضافه شده‌اند [۸]. جدول ۷، مقادیر نرخ نفوذ و توان ضربه دستگاه‌های به کار برده شده در کوارتز-فیلیت را نشان می‌دهد.

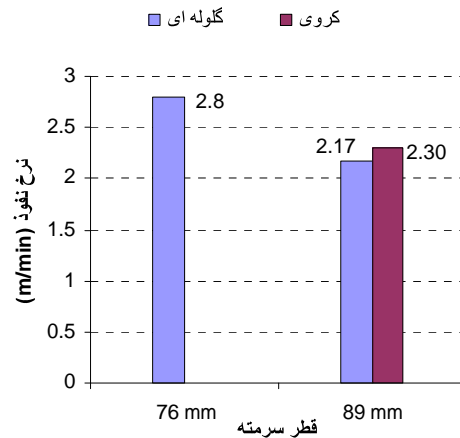
جدول ۷: مقادیر نرخ نفوذ در دستگاه‌های متفاوت در کوارتز-فیلیت

[۸]			
۲۰	۱۵	۷/۵	توان چکش (kW)
۲/۶	۱/۸	۱/۲۵	نرخ نفوذ (m/min)

شکل ۱۱ از تلفیق داده‌های جدول ۷ با مقادیر به دست آمده در ساختگاه مورد بررسی، ترسیم شده است. همان‌طور که از شکل پیداست، ارتباطی مناسب به دست آمده است. این بررسی‌ها نشان می‌دهند که توان چکش عاملی اساسی بر نرخ نفوذ است، به گونه‌ای که حتی تغییر در نوع دستگاه و یا سنگ نیز نمی‌تواند تأثیر آن را کمرنگ کند.



شکل ۱۱. ارتباط نرخ نفوذ با توان چکش در کنگلومرا و کوارتز-فیلیت



شکل ۸. مقایسه نرخ نفوذ با نوع و قطر سرمته با استفاده از اطلاعات شرکت سازنده دستگاه واگن دریل B

نکته حائز اهمیت دیگری که از شکل ۷ می‌توان به دست آورد، کاهش نرخ نفوذ به میزان ۱۲ درصد پس از ۱۰۰۰ متر کارکرد سرمته است (از ۲/۴۴ m/min به ۲/۱۷). این موضوع، اهمیت از دست دادن شکل اولیه دکمه‌ها و تأثیر آن بر نرخ نفوذ را، به ویژه در سرمته‌های گلوه‌ای، نشان داده و لزوم تیزکردن به موقع سرمته برای کسب نرخ نفوذ مطلوب را آشکار می‌سازد.

۵-۲- حفاریات زیرزمینی

با توجه به مطالبی که پیشتر ذکر شد، امکان برداشت نرخ نفوذ در دستگاه‌های جامبوی زیرزمینی میسر نشده است. با این وجود اطلاعات مربوط به نرخ نفوذ دستگاه روبولت، که وظیفه نصب بولت در تونل‌های آبرسان را بر عهده دارد، ثبت شده است. در ادامه، مقادیر مختلف نرخ نفوذ از دستگاه‌های جامبو، که در کوارتز-فیلیت کار کرده‌اند، و توسط تورو (۱۹۹۷)

جدول ۶: تأثیر پارامترهای مختلف بر نرخ نفوذ در حفاریات روباز

میزان تأثیر	پارامتر		
	دستگاه چالزن	نوع سرمته	قطر سرمته
با افزایش قطر سرمته از ۸۹ mm به ۱۰۲ mm، نرخ نفوذ به میزان ۳۵ درصد کاهش یافته است (شکل ۶).	ثابت (واگن دریل B)	ثابت (کرولی)	متغیر (از ۸۹ mm به ۱۰۲ mm)
با تغییر نوع سرمته از گلوه‌ای به کرولی، نرخ نفوذ به میزان ۶ درصد افزایش پیدا کرده است (شکل ۷).	ثابت (واگن دریل B)	متغیر	ثابت (۸۹ mm)
با افزایش قطر سرمته از ۷۶ mm به ۸۹ mm، نرخ نفوذ به میزان ۳۰ درصد کاهش یافته است (شکل ۷).	ثابت (واگن دریل B)	ثابت (گلوه‌ای)	متغیر (از ۷۶ mm به ۸۹ mm)
با تغییر نوع سرمته از گلوه‌ای به کرولی، نرخ نفوذ به میزان ۴۸ درصد کاهش یافته است (شکل ۸).	ثابت (واگن دریل A)	متغیر	ثابت (۸۹ mm)

۶- نتیجه‌گیری

قابلیت چال‌خوری، تلفیقی از مطالعات نرخ نفوذ، همراه با فرسایش سرمته‌ها، است. عوامل بسیاری بر قابلیت چال‌خوری مؤثرند که می‌توان به‌طور کلی آن‌ها را در سه گروه تجهیزات، پارامترهای ژئوتکنیکی و فرآیند عملیات تقسیم‌بندی نمود. بخش مربوط به تجهیزات، پارامترهای مرتبط با دستگاه چالزن و سرمته مصرفی را شامل شده و پارامترهای ژئوتکنیکی را می‌توان به سه زمینه کانی‌شناسی، سنگ بکر و توده‌سنگ تقسیم‌بندی نمود.

در بررسی‌های مربوط به قابلیت چال‌خوری، بهترین روش برای درک میزان تأثیر هر کدام از پارامترها، ثابت نگاه داشتن سایر عوامل است، تا تنها با تغییر یک عامل بتوان میزان تغییرات در نرخ نفوذ و فرسایش سرمته‌ها را به‌دست آورد. قطر و نوع سرمته، به همراه توان ضربه دستگاه چالزن، از جمله موارد مربوط به اثر تجهیزات بر نرخ نفوذ در دستگاه‌های چالزن ضربه‌ای هستند. تأثیر موارد فوق بر نرخ نفوذ سرمته‌ها، یکسان نیست. با مطالعه و تحلیل برداشت‌های صحرایی صورت گرفته در حفاری‌های روباز و زیرزمینی توده‌سنگ کنگلومرای بختیاری و همچنین استفاده از اطلاعات شرکت‌های سازنده دستگاه، نتایج زیر به دست آمد:

- ۱- توان چکش دارای بیشترین تأثیر بر نرخ نفوذ سرمته‌ها بوده و کم‌ترین تأثیر مربوط به نوع سرمته است.
- ۲- در قطر 89 mm ، افزایش توان ضربه دستگاه چالزن از $15/5\text{ kW}$ به 18 ، باعث افزایش 57% درصدی در مقادیر نرخ نفوذ و در قطر 102 mm ، افزایش آن از 18 kW به 25 ، باعث افزایش 15% درصدی می‌شود.
- ۳- در دستگاه واگن دریل B و سرمته کروی، افزایش قطر سرمته از 89 mm به 102 باعث کاهش نرخ نفوذ به میزان 35% درصد و در دستگاه واگن دریل A و سرمته گلوله‌ای، افزایش قطر سرمته mm از 76 به 89 ، باعث کاهش نرخ نفوذ به میزان 30% درصد می‌شود.
- ۴- تغییر نوع سرمته از گلوله‌ای به کروی اثر یکسانی بر نرخ نفوذ نداشته و تأثیر آن بستگی به نوع چکش دستگاه و طراحی آن دارد. این تغییر در قطر ثابت 89 mm ، در دستگاه واگن

دریل B باعث افزایش 6% درصدی نرخ نفوذ و در دستگاه واگن دریل A باعث کاهش 48% درصدی نرخ نفوذ می‌شود. توان ضربه دستگاه، عاملی اساسی بر نرخ نفوذ دستگاه‌های چالزنی ضربه‌ای است، به‌گونه‌ای که حتی در دستگاه‌هایی که از نظر کاربرد متفاوتند (واگن دریل، جامبو و رابولت) تأثیر خود را نشان می‌دهد.

۷- مراجع

- [۱] استوار، رحمت‌الله، (۱۳۷۵)، "آتش‌کاری در معادن" - جلد اول، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر.
- [2] Ersoy A. and Waller M.D., 1995, "Textural characterization of rocks", Engineering Geology, 39, 123-136.
- [3] Kahraman S., Bilgin N. and Feridunoglu C., 2003, "Dominant rock properties affecting the penetration rate of percussive drills", International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 40, 711-723.
- [4] Plinninger R.J., Spaun G. and Thuro K., 2002, "Prediction and classification of tool wear in drill and blast tunnelling", Proceeding of 9th Congress of the International Association for Engineering Geology and the Environment, Durban, South Africa, 2226-2236.
- [5] Plinninger R.J., Spaun G. and Thuro K., 2002, "Drilling, Blasting and Cutting-Is it possible to quantify geological parameters relating to excavatability?", Proceedings of 9th Congress of the International Association for Engineering Geology and the Environment, Durban, South Africa, 2853-2862.
- [6] Thuro K., 1997, "Drillability prediction: geological influences in hard rock drill and blast tunneling", Geol Rundsch, 86, 426-438.
- [7] Thuro K. and Plinninger R.J., 2003, "Hard rock tunnel boring, cutting, drilling and blasting: rock parameters for excavatability", ISRM-Technology roadmap for rock mechanics, South African Institute of Mining and Metallurgy, 7p.
- [8] Thuro K., 1997, "Prediction of drillability in hard rock tunneling by drilling and blasting", Tunnels for people, A.A.Balkema, Rotterdam, 103-108.

[۹] کاتالوگ‌ها و بروشورهای شرکت‌های سازنده دستگاه‌ها (Atlas Copco Group, Tamrock)

¹ Percussion
² Rotary
³ Top Hammer
⁴ Pneumatic

- ⁵ *Down The Hole*
- ⁶ *Rotary-Percussive*
- ⁷ *Insert Drill steel*
- ⁸ *Multiple Drill steel*
- ⁹ *Cross Bit*
- ¹⁰ *X-Bit*
- ¹¹ *Button Bit*
- ¹² *Coefficient of Rock strength*
- ¹³ *Drilling Rate Index*

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.