تاریخ چاپ بهار ۱۳۹۲

نقش ساختارهای زمین‌ساختی و گامه‌های تنش برجا بر ناپایداری دیوارهٔ شمالی معدن چاه سوارآغا

*سهند تدبیری، محمود الماسیان، محسن پورکرمانی؛
دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

چکیده

معدن چاه سوارآغا از مجموعه معادن سنگ‌چینی نیریز فارس، از مناطق مهم اقتصادی این استان است. در سال‌های اخیر ریزش‌ها و ناپایداری‌های رخ داده در محدودهٔ این معدن سبب شده، تا نقش ساختارهای زمین‌ساختی و تنش‌های برجا در منطقه مورد توجه قرار گیرد. از این رو بررسی نقش ساختارهای زمین‌ساختی از قبیل شکستگی‌ها و گامه‌های تنش برجا و تأثیر آن‌ها بر ناپایداری دیوارهٔ شمالی این معدن هدف اصلی این پژوهش است. در این راستا با بررسی‌های صحرایی و اندازه‌گیری مشخصات هندسی شکستگی‌ها از قبیل شیب و جهت شیب درزه‌ها، تعداد نسل‌های پرشدگی و نوع پرشدگی و پردازش آن‌ها در نرم‌افزار DIPS 5.1، سعی در تحلیل ساختارهای زمین‌ساختی و دست‌یابی به گامه‌های تنش برجا شده است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، وجود دوگامه تنش برجا در محدودهٔ معدن قابل اثبات است.

- گامه تنش رهایی از فشارش با روند N250 سبب بازشدن برخی از درزه‌های قدیمی و ایجاد درزه‌های جوان در منطقه شده است. این فاز تنش، در اثر باربرداری از معدن ایجاد شده است.
- تنش کششی موضعی: مشاهدات صحرایی نشان از خزش و جابه‌جایی در دیوارهٔ شمالی در امتداد N152 دارد، به‌گونه‌ای که بردار جابه‌جایی آن سبب ایجاد کشش در محدودهٔ در امتداد N270 و بازشدن شکستگی‌های با شیب ۹۰ درجه شده است. علت این خزش، تنش قائم حاصل از وزن آوارهای بالای دیوارهٔ شمالی است که بر طبقات پایینی وارد شده و سبب خزش تودهٔ سنگ بر روی مه درزه با مشخصات N152/ 50NE در امتداد N150 می‌شود.

مقدمه

معادن سنگ چینی حوزهٔ شهرستان نیریز، متعلق به شرکت مجتمع معادن سنگ‌چینی نیریز، به‌طور عمده در سه منطقه موسوم به قلعهٔ بهمن، تنگ حنا و چاه سوارآغا متمرکز است. در اوایل سال ۱۳۸۸ شکستگی‌ها و ترک‌های جدید به‌وجود آمده در بخش‌های پایینی و پنجه دیواره‌های بلند معدن چاه سوارآغا و همچنین فعال شدن شکستگی‌های قدیمی و به‌دنبال آن ایجاد ناپایداری و وقوع ریزش‌های متعدد، باعث ناامن شدن محوطه کارگاه‌های استخراجی شد. از آن‌جایی کـه این مجموعه معادن از مراکز مهم اقتصادی استان فارس هستند و محصولات آن‌ها

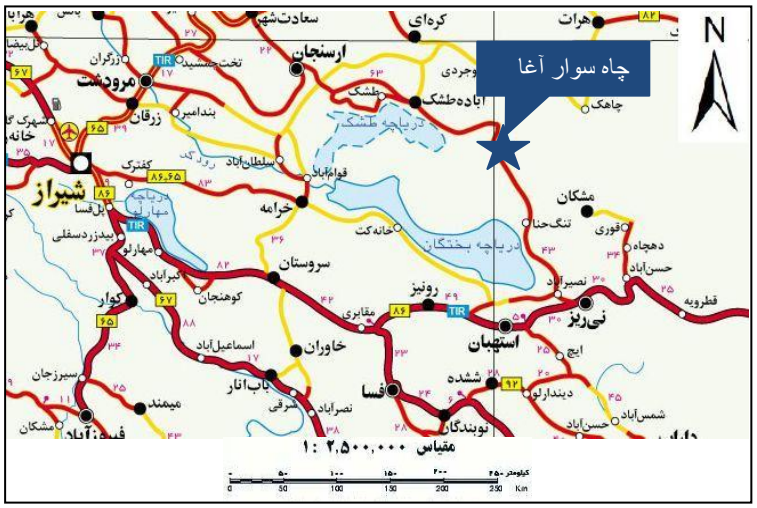
واژه‌های کلیدی :گامه تنش برجا، گامه تنش رهایی، نیریز فارس، افیولیت، سنگ چینی
دریافت ۹۰/۱۲/۷ پذیرش ۹۱/۱۰/۱۸
*نویسنده مسئول sahand.geologist84@yahoo.com

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

علاوه بر تأمین نیاز بازار داخلی، به دیگر کشورها، از جمله کشور چین نیز صادر می‌شود [۱]، [۲]، [۳]. وجود این قبیل ناپایداری‌ها سبب ایجاد خلل در امر استخراج و یا حتی توقف آن می‌شود که به‌طور حتم زیان‌های اقتصادی را برای استان به‌همراه دارد. علاوه بر آن، باعث از بین رفتن ایمنی محیط کارگاه‌های استخراجی برای کارگران مشغول به کار و یا حتی بروز خسارات جانی نیز خواهد شد [۱]، [۳]. لذا انجام پژوهش‌های زمین‌شناسی ساختمانی با هدف شناسایی ویژگی‌ها و شرایط ساختاری این معدن و پی‌بردن به عوامل بروز ناپایداری و ریزش‌ها اجتناب‌ناپذیر است.

موقعیت جغرافیایی منطقهٔ چاه سوارآغا

منطقهٔ چاه سوارآغا در تقسیمات استانی جزو حوزهٔ شهرستان نیریز محسوب می‌شود. شهرستان نیریز در خاور استان فارس و در مجاورت استان‌های کرمان و یزد قرار دارد. معدن چاه سوارآغا در ۴۰ کیلومتری شمال باختر این شهرستان و در طول جغرافیایی ″۵۷ °۵۳ خاوری و عرض جغرافیایی ″۳۳ °۲۹ شمالی واقع شده و نزدیک‌ترین آبادی‌ها به آن روستاهای چاه گز و چاه گورکی هستند که به‌تقریب با فواصلی در حدود ۱۰ کیلومتر به‌ترتیب در شمال باختر و جنوب خاور این روستا قرار دارند (شکل ۱) [۱].



شکل ۱. نقشهٔ راه‌های دسترسی به معدن چاه سوارآغا

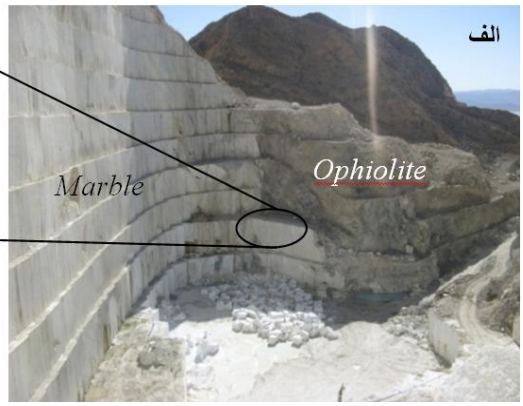
راه‌های دسترسی به منطقه

اصلی‌ترین راه دسترسی به منطقهٔ چاه سوارآغا، جادهٔ نیریز به ارسنجان است که این جاده از شهرستان نیریز آغاز می‌شود و پس از عبور از مناطقی مانند علی‌آباد- قلعه بهمن- تنگ حنا - تم شولی به چاه سوارآغا می‌رسد و پس از آن تا ارسنجان ادامه می‌یابد (شکل ۱) [۱].

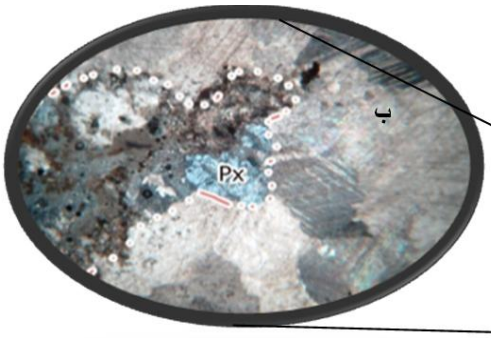
[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

زمین‌شناسی عمومی معدن چاه سوارآغا

از لحاظ زمین‌شناسی، محدودهٔ بررسی شده در پهنهٔ زاگرس و زیرپهنهٔ زاگرس رانده قرار دارد.از دیدگاه سنگ‌شناسی، معدن سنگ‌چینی چاه سوارآغا، شامل واحدهای افیولیتی و سنگ‌چینی است که بر اساس پژوهش‌های انجام شده، سنگ‌های معادن سنگ‌چینی را، سنگ مرمرهای توده‌ای تا اسکارنی متعلق به اوایل کرتاسهٔ بالایی می‌دانند [۱]، [۳]، [۴]. بر پایه این پژوهش‌ها، مجموعه سنگ‌چینی بر روی لرزولیت‌ها و هارزبورژیت‌های واحدهای افیولیتی به‌صورت توده‌ای کوچک و بزرگ قرار گرفته است و اسکارن‌ها در سطح تماس مرمرها با توده‌های اولترامافیک و نیز در درون مرمرها دیده می‌شود (شکل۲ ب) [۱]، [۴].



شکل ۲. الف) نمایی از واحدهای افیولیتی و سنگ چینی معدن چاه سوارآغا (سوی دید- شمال خاور)

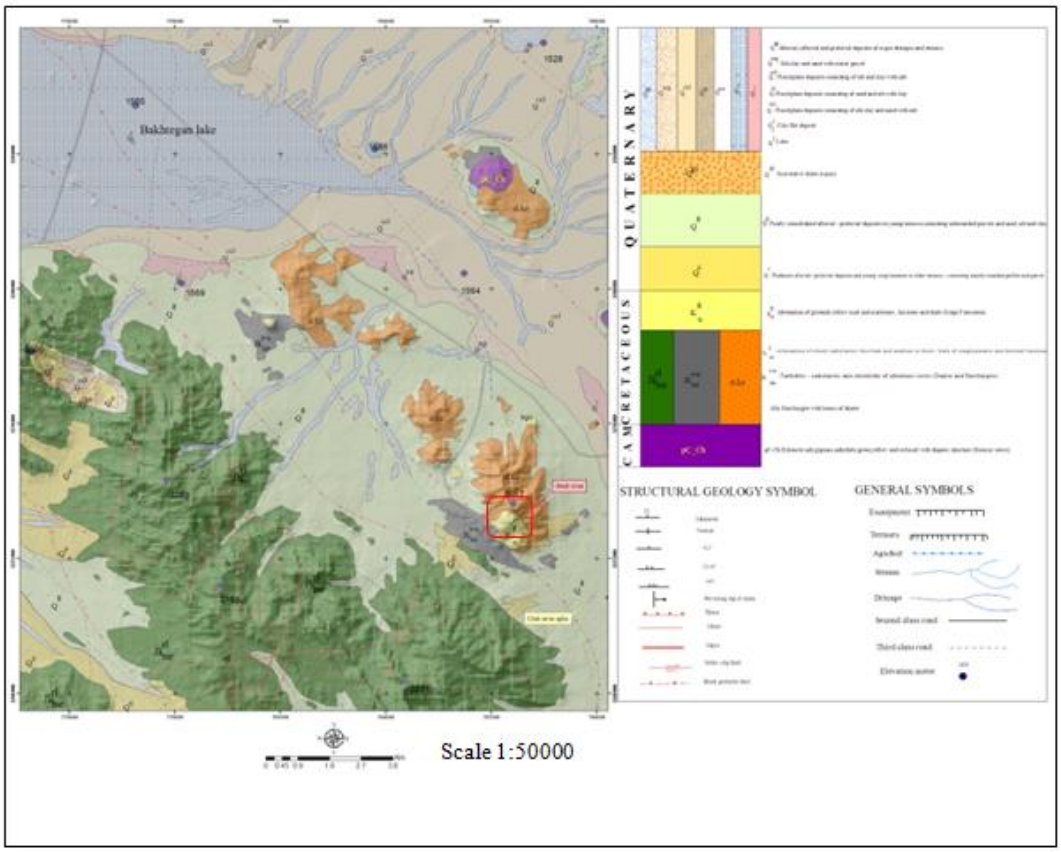


شکل ۲. ب) برش نازک از سنگ مرمر چاه سوارآغا حضور کانی مافیک (پیروکسن) در سنگ مرمر (بزرگ‌نمایی ×۴)

بر پایهٔ پژوهش‌های انجام شده، این باور وجود دارد که اسکارن‌ها در بالاترین درجات دگرگونی مجموعهٔ سنندج- سیرجان تشکیل شده و مستقیماً بر روی واحدهای اولترامافیک پرکامبرین نهشته شده است. بر این اساس، مرمرها و اسکارن‌های معدن چاه سوارآغا بقایایی از توده‌های دگرگونی عمیق‌ترین بخش سنندج- سیرجان است که همراه افیولیت‌ها به‌صورت سفره‌های راندگی از اعماق بسیار بالا آمده‌اند [۱]، [۴]. سنگ‌های افیولیتی این محدوده که با نام افیولیت‌های نیریز شناخته شده‌اند [۵]، با روند شمال باختر- جنوب خاور به موازات راندگی اصلی زاگرس در منطقه گسترده شده‌اند [۵]، [۶]، [۷].

گفتنی است که در ناحیهٔ نیریز، آمیزه‌های افیولیتی به‌گونه‌ای دگرشیب با سنگ آهک‌های مرجانی-ریفی کرتاسه بالایی (سازند تاربور) پوشیده شده‌اند [۴]، [۸] که آن‌ها را مرمریت‌های متعلق به اوایل کرتاسه بالایی می‌دانند [۴] در حالی که بخش شمال باختری در نتیجه کوه‌زایی لارامید دچار چین‌خوردگی و دگرشکلی شده است [۹].

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۳. نقشهٔ ز مین‌شناسی منطقه جنوب خاور آباده- طشک منطقهٔ داخل محدودهٔ قرمز منطقهٔ بررسی شده است

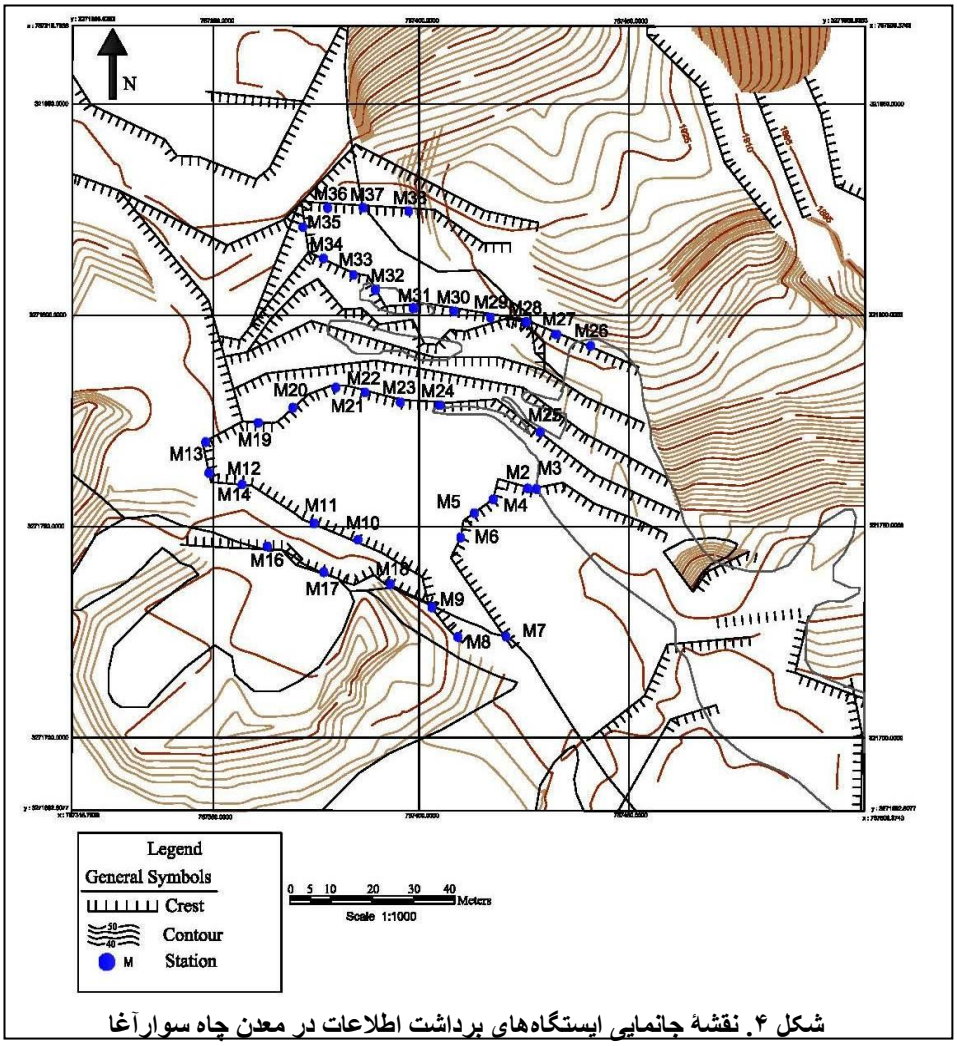
مواد و روش‌ها

بررسی‌های عناصر زمین‌ساختی در محدودهٔ معدن چاه سوارآغا

محدودهٔ بررسی شده از لحاظ زمین‌شناسی ساختاری در پهنه‌ای با سرگذشت زمین‌ساختی پیچیده‌ای قرار گرفته است. محدودهٔ معدن چاه سوارآغا یا به‌طورکلی‌تر مجموعهٔ معادن سنگ‌چینی نیریز، رویدادهای زمین‌ساختی و گامه‌های تنش گوناگون را برخود دیده است [۱]، [۴]. از سوی دیگر قرارگیری واحدهای افیولیتی با رفتار مکانیکی متفاوت با سنگ‌های چینی، سبب شده است تا محیط مذکور در برابر اعمال تنش، واتنش‌های گوناگونی را بروز دهند [۲]. برداشت‌های عوارض عمده ساختاری و تجزیه و تحلیل آن‌ها، به دو منظور شناسایی شرایط تنش طبیعی در محل و استفاده از نتایج به‌دست آمده از آن در شناخت رفتار زمین‌ساختی تودهٔ سنگ‌ها است.

به‌منظور درک بهتر از شرایط زمین‌ساختی و دست‌یابی به روند تنش‌های برجای حاکم در محدودهٔ معدن چاه سوارآغا، برداشت ناپیوستگی‌ها در ۳۸ ایستگاه اندازه‌گیری صورت گرفت و در مجموع ۲۷ درزهٔ اصلی در محدوده برداشت گردید. داده‌های به‌دست آمده در برنامهٔ رایانه‌ای DIPS5.1 پردازش و تجزیه و تحلیل شد.

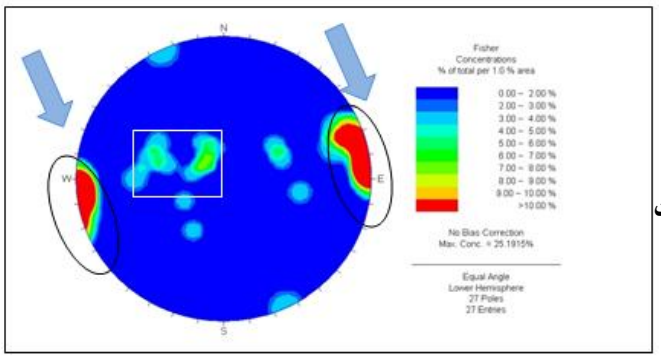
[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۴. نقشهٔ جانمایی ایستگاه‌های برداشت اطلاعات در معدن چاه سوارآغا

برداشت درزه‌ها در طی فعالیت‌های میدانی، در محدودهٔ معدن چاه سوارآغا به‌روش انتخابی و با پیمایش بر روی پله‌ها به‌صورت دورانی انجام پذیرفت. در طی این فعالیت‌ها، ویژگی هندسی درزه‌ها، شامل شیب و جهت شیب و مشخصات دیگر از قبیل نوع پرشدگی تعداد نسل‌های بازشدگی برداشت و ثبت شد.

بر این اساس، ۲۷ درزهٔ اصلی از هردسته درز در دیواره‌ها برداشت شد و اطلاعات آن در جدول ۱ خلاصه گردید.



شکل ۵. نمایش محدوده‌های ناهنجاری تراکم نقاط قطبی درزه‌های شاخص دسته درزه‌ها در نرم‌افزار DIPS 5.1 سیستم درز ۱ که داخل محدودهٔ بیضی قرار دارد، با توجه به میانگین شیب نزدیک به ۹۰ دارای دو محدودهٔ ناهنجاری در محیط نرم‌افزار است که با پیکان آبی رنگ در شکل مشخص شده است. سیستم درز ۲ نیز داخل محدوده مستطیل سفید رنگ قرار دارد

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

بررسی این درزه‌ها در نرم‌افزارDIPS5.1 نشان می‌دهد که دو سیستم درز اصلی بر اساس طول و تراکم نقاط قطبی در گسترهٔ بررسی شده وجود دارد. هر سیستم درز، خود شامل چندین دسته درز است. دسته درزهای این دو سیستم درز خوردگی، اغلب دارای طول زیاد است و تمام دیواره‌های کارگاه را بریده‌اند.

جدول ۱. مشخصات درزه‌های برداشت شده در معدن چاه سوارآغا

جنس مادهٔ پرکننده	جهت شیب (آزیموت)	شیب (درجه)	نام شکستگی
کلسیت	N۲۵۰	۵۰	J۱
بدون پرشدگی	N۲۳۵	۴۵	J۲
کلسیت رشته‌ای	N۲۴۵	۵۵	J۳
کلسیت	N۰۶۰	۳۴	J۴
کلسیت	N۱۳۴	۱۸	J۵
کلسیت	N۱۰۰	۲۵	J۶
بدون پرشدگی	N۲۵۵	۹۰	J۷
رس	N۲۸۰	۵۵	J۸
رس	N۲۷۰	۹۰	J۹
کلسیت	N۲۷۰	۹۰	J۱۰
برش	N۲۶۵	۹۰	J۱۱
برش	N۲۶۵	۹۰	J۱۲
کلسیت	N۰۹۰	۶۲	J۱۳
کلسیت قدیمی	N۱۳۰	۲۰	J۱۴
افیولیت و کلسیت	N۱۰۵	۴۳	J۱۵
بدون پرشدگی	N۲۵۰	۸۵	J۱۶
کلسیت	N۲۵۰	۹۰	J۱۷
کلسیت و رس	N۲۶۳	۹۰	J۱۸
رس	N۲۶۵	۹۰	J۱۹
کلسیت	N۱۶۵	۲۵	J۲۰
بدون پرشدگی	N۲۵۰	۹۰	J۲۱
بدون پرشدگی	N۱۵۰	۶۰	J۲۲
بدون پرشدگی	N۰۵۲	۶۰	J۲۳
رس و اکسید آهن	N۱۰۵	۵۵	J۲۴
کلسیت	N۱۵۵	۵۵	J۲۵
بدون پرشدگی	N۲۴۵	۹۰	J۲۶
برش افیولیتی	N۲۵۴	۷۵	J۲۷

جدول ۲. مشخصات درزه‌های شاخص دسته درزه‌های تشکیل دهنده سیستم درز ۱

بازشدگی (سانتی‌متر)	جهت شیب (آزیموت)	شیب (درجه)	نام درز	سیستم درز
۲	N۲۵۴	۵۰	J۱	۱
۱	N۲۴۵	۵۵	J۳	۱
۶	N۲۴۵	۷۵	J۲۷	۱
۴	N۲۵۰	۸۵	J۱۶	۱
۲	N۲۵۰	۹۰	J۱۷	۱
۳۰	N۲۶۳	۹۰	J۱۸	۱
۸	N۲۶۵	۹۰	J۱۹	۱
۳۰	N۲۵۰	۹۰	J۲۱	۱
۶	N۲۵۵	۹۰	J۷	۱
۹	N۲۷۰	۹۰	J۹	۱
۱۱	N۲۷۰	۹۰	J۱۰	۱
۳۰	N۲۶۵	۹۰	J۱۱	۱
۳۰	N۲۴۵	۹۰	J۲۶	۱

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

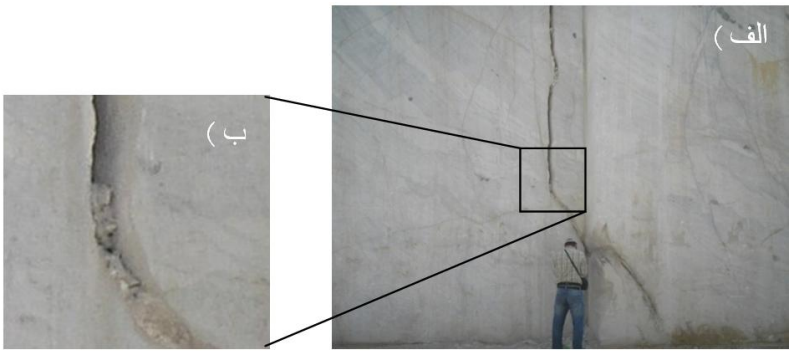
جدول ۳. مشخصات درزه‌های شاخص دستهٔ درزه‌های تشکیل‌دهندهٔ سیستم درز ۲

بازشدگی (سانتی‌متر)	جهت شیب (آزیموت)	شیب (درجه)	نام درز	سیستم درز
۴	N۱۶۵	۲۵	J۲۰	۲
_	N۱۳۰	۲۰	J۱٤	۲
۲	N۱۳٤	۱۸	J۵	۲
۱۰	N۱۵۵	۵۵	J۲۵	۲
۴	N۱۰۵	۵۵	J۲٤	۲
_	N۱۰۵	۴۳	J۱۵	۲
۱	N۱۰۰	۲۵	J٦	۲
_	N۱۵۰	۶۰	J۲۲	۲

یافته‌ها

معرفی درزه‌های شاخص دسته درزه‌های متعلق به سیستم درز ۱:

شکستگی J7: این درز در ایستگاه M-11 برداشت شد، این شکستگی، درزه‌ای با حدود ۶ سانتی‌متر بازشدگی و فاقد مادهٔ پرکننده است.



شکل ۶. الف) تصویر درز J7 که با درز پایینی خود ساختار قلاب‌شدگی را نشان می‌دهد. این ساختار داخل محدودهٔ مستطیلی و با پیکان قرمز رنگ مشخص شده است (دید به سمت جنوب باختر)
ب) نمای نزدیک از ساختار قلاب‌شدگی

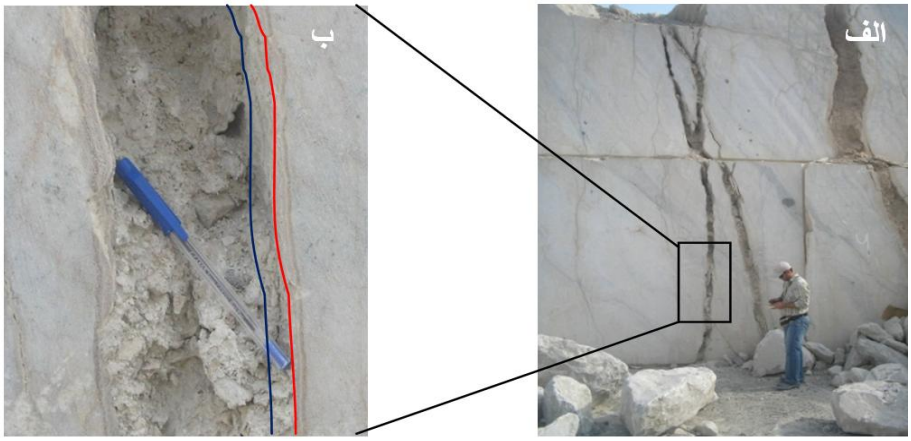
چنان‌که در تصویر مشخص است (شکل ۶)، درز پایینی با مشخصهٔ شیب و جهت شیب N280/55 دارای پرشدگی رس است و در اکثر نقاط پرشدگی خود را به‌خوبی حفظ کرده است. چنان‌که در تصویر هم مشخص است (شکل ۶ الف و ب) درز J7 با درز پایینی خود ساختار قلاب‌شدگی را نشان می‌دهد. این ساختار در بحث تحلیل تقاطع درزه‌ها و تحلیل روابط بین آن‌ها،از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. بدین‌ترتیب که اگر دو درز غیرموازی، به‌طور همزمان تشکیل شوند، یک‌دیگر را قطع خواهند کرد و ممکن است در طول خط تقاطع، هیچ تظاهری از تأثیر متقابل درزه‌ها وجود نداشته باشد [۱۰].

اگر یک درز قبل از دیگری تشکیل شود، درز اول یک سطح آزاد است و تنش برشی را منتقل نمی‌کند، از این‌رو میدان تنش منطقه‌ای به‌طور محلی در مجاورت درز متغییر می‌شود، به‌طوری که تنش‌های اصلی موازی یا عمود بر سطح درز قرار می‌گیرند. همچنان که درز دوم رشد می‌کند و به درز اول می‌رسد خمیده می‌شود و درز دوم در درز اول خاتمه می‌یابد (شکل ۶ ب)، خمیدگی درز دوم قلاب نامیده می‌شود و به محل تلاقی آن‌ها،

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

تقاطع J یا T اطلاق می‌گردد، در جایی که چنین تقاطع‌هایی مشاهده شود، همیشه درزی که خمیده می‌شود یا به درز دیگر ختم می‌شود، درز جوان‌تر است [۱۰].

شکستگی J9: این درز در ایستگاه M-12 برداشت شد و در حدود ۹ سانتی‌متر بازشدگی دارد. پرشدگی این درز به‌صورت موضعی است. در بعضی نقاط پرشدگی دارد و جنس مواد پرکننده از رس است. اما در برخی از نقاط پرشدگی‌اش را حفظ نکرده است (شکل ۷ الف). این درز در حال حاضر فعال به‌نظر می‌رسد و تحت تأثیر تنش‌های برجا در منطقه در حال باز شدن است. همین مسئله باعث شده است که این درز درحال از دست دادن مواد رسی پرکننده‌اش باشد. در حاشیهٔ دیواره این درز، آثار دو نسل پرشدگی مشاهده می‌شود.به‌نظر می‌رسد، این درزه، جزو درزهایی باشد که قبلاً در منطقه تشکیل و پرشده است و در حال حاضر در اثر تنش‌های برجای موجود، دوباره فعال گشته و در حال بازشدن است (شکل ۷ ب).



شکل ۷. الف) تصویری از درز J9

شکل ۷. ب) حاشیهٔ درز آثار دو نسل پرشدگی کلسیت همراه با سیمان شدگی با خطوط قرمز و سیاه مشخص شده است (دید به سمت جنوب باختر)

شکستگی J10: این درز در ایستگاه M-13 برداشت شد و در حدود ۱۱ سانتی‌متر بازشدگی دارد. درون درز قبلاً با ساختارهای ژئودی آراگونیت پرشده است. اما به‌نظر می‌رسد، در حال حاضر تحت تأثیر تنش برجا در منطقهٔ فعال گشته و فاقد مواد پرکننده است.



شکل ۸. تصویری از درز J10،این درز دارای دو نسل پرشدگی است و در حال حاضر در حال باز شدن است

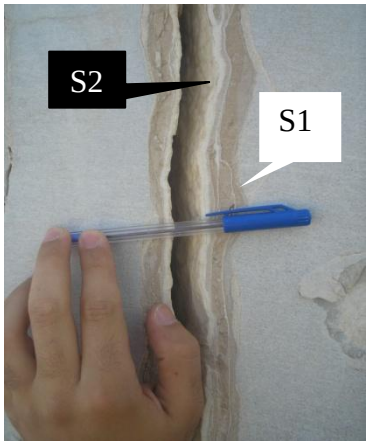
[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

شکستگی J11: این درز از مهم‌ترین شکستگی‌های محدوده است که در ایستگاه M-14 برداشت شده است.این درز در حدود ۳۰ سانتی‌متر بازشدگی دارد و دارای چند نسل پرشدگی است. جنس مواد پرکننده کاتاکلاستیک است که ماتریکس آن رس است و قطعات از ۱ تا ۱۰ سانتی‌متر شامل مرمریت و قطعات برش مافیک است (شکل۹) بر روی دیوارهٔ این شکستگی، ساختارهای ژئودی را مشاهده می‌کنیم که از درز قبلی دیده بودیم. به‌نظر می‌رسد، این درز یک شکستگی قدیمی با پرشدگی‌های ژئودی است که دوباره فعال گشته و پرشدگی‌های برشی با زمینه رسی را در خود قرار داده است.



شکل ۹. تصویر درز J11 (دید به سمت جنوب خاور)

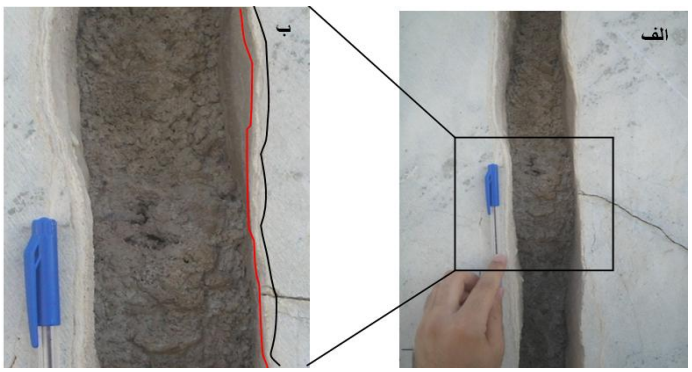
شکستگی J17: این درز در ایستگاه M-28 برداشت شد. این درز دارای دو نسل پرشدگی قدیمی کلسیت است و در حال حاضر در اثر تنش‌های برجا در منطقه، در حال بازشدن است و حدود ۲ سانتی‌متر بازشدگی نشان می‌دهد.



شکل ۱۰. تصویر درز J17 دو نسل پرشدگی کلسیت S1 و S2 در تصویر مشخص شده است درز در حال حاضر تحت تأثیر تنش‌های برجا از محل پر شدگی S2 در حال باز شدن است

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

شکستگی J19: این درز در ایستگاه M-31 برداشت شد و بازشدگی آن در حدود ۸ سانتی‌متر است. جنس مواد پرکنندهٔ آن رس است.این درز دارای دو نسل پرشدگی است. درز در اثر نسل قدیمی تنش به‌وجود آمده است و در اثر نسل‌های بعدی تنش دوباره فعال گشته، باز شده و مجدداً پرشده است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. الف و ب) تصاویردرز J19 ، دو نسل پرشدگی قدیمی کلسیت S1 و S2 در حاشیهٔ دیوارهٔ درز مشخص شده است، درزه از محل پرشدگی S2 باز شده و در حال پرشدن با رس است

شکستگی J21: این شکستگی، یک شکستگی بسیار بزرگ و تأثیرگذاراست که به‌نظر می‌رسد، مهم‌ترین و اصلی‌ترین شکستگی منطقه باشد. این شکستگی فعال به‌نظر می‌رسد و دارای حدود ۳۰ سانتی‌متر بازشدگی است، بازشدگی این شکستگی تأثیر به‌سزایی در ناپایداری دیواره‌های معدن دارد. به‌دلیل شیب زیاد دامنه و حجم وسیعی از آوارها و باطله‌ها که در پایین آن تلنبار شده است و هم‌چنین ناپایداری و ریزش واریزه‌ها، امکان نزدیک شدن به آن وجود نداشت. لذا برای برداشت مشخصات هندسی صفحهٔ درز از روش قراول روی با کمپاس استفاده گردید. لازم به‌ذکر است این درز در حدود ۵۰ تا ۶۰ متر تداوم داشته و با درز پایینی خود مرتبط است و ساختار قلاب‌شدگی را نشان می‌دهد (شکل ۱۲ الف وب و ج).

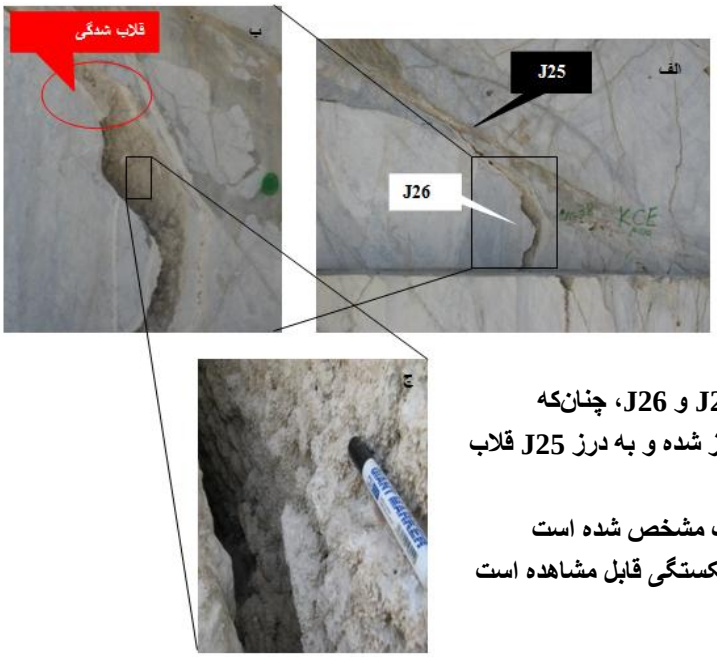


شکل ۱۲. الف) تصویر درز J21، این درز با درز پایین خود ساختار قلاب شدگی را ایجاد کرده است (دید به سمت شمال باختر)
شکل ب) نمایی نزدیک از درز J21
شکل ج) نمایی نزدیک از ساختار قلاب شدگی

شکستگی J26: این درز در ایستگاه M-38 برداشت شد. این شکستگی با ابعاد بسیار بزرگ، چیزی در حدود ۳۰ سانتی متر باز شدگی نشان می دهد. این شکستگی یک شکستگی قدیمی است که قبلاً تشکیل شده و با ژئود آراگونیت پرشده است. در حال حاضر، این شکستگی در اثر تنش‌های برجا در منطقه،مجدداً فعال شده است

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

و در حال بازشدن است. این درز تداوم بسیار بالایی داشته (در حدود ۲۰ سانتی‌متر)، از پله پایینی آغاز شده و در پله بالایی به درز J25 که از درزه‌های شاخص سیستم درز ۲ است، قلاب می شود (شکل ۱۳ الف و ب و ج).



شکل ۱۳. الف) نمایی دور از دو درز J25 و J26، چنان‌که مشخص است درز J26 از پلهٔ پایینی آغاز شده و به درز J25 قلاب می شود (دید به سمت شمال خاور)
ب) ساختار قلاب شدگی با حلقه قرمز رنگ مشخص شده است
ج) پرشدگی قدیمی آراگونیت در دیوارهٔ شکستگی قابل مشاهده است

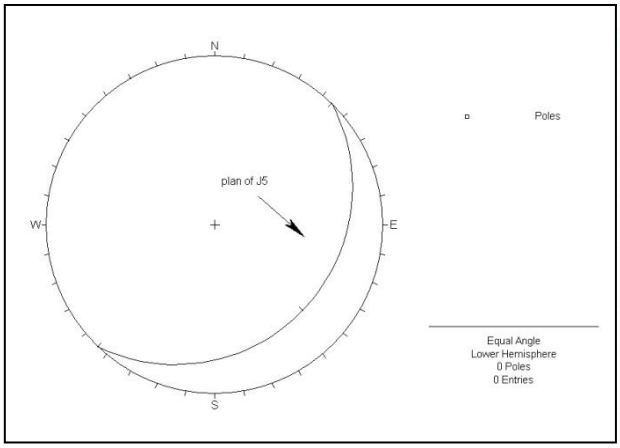
معرفی درزه‌های شاخص دسته درزه‌های تشکیل دهنده سیستم درز ۲

شکستگی J5 : این درز در ایستگاه M-1 برداشت شد. چنان‌که در تصویر مشخص است، این درزه دارای طول گسترش زیادی است (شکل ۱۴).

این درز دارای ۴ سانتی‌متر بازشدگی است که تماماً با کلسیت پرشده است و سیمان شدگی خوبی را هم نشان می‌دهد و در تمام نقاط نیز پرشدگی خود را به خوبی حفظ کرده است. به‌نظرمی‌رسد در حال حاضر این درزه تحت تأثیر تنش‌های برجا در منطقه نیست.



شکل ۱۴. نمایی از درز J5 که با پیکان قرمز مشخص شده است (دید به سمت جنوب باختر)



شکل ۱۵. نمایش صفحه درز J5 در محیط نرم‌افزار DIPS5.1

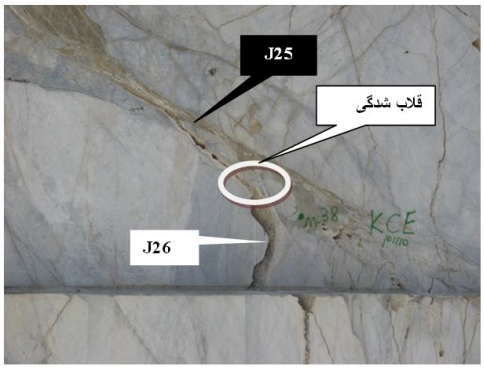
[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

شکستگی J15: این درزه در ایستگاه M-24 برداشت شده است. درزه دارای طول گسترش زیادی است و در حدود ۴ تا ۵ سانتی‌متر بازشدگی دارد که تماماً به‌وسیلهٔ افیولیت و رس پر شده است و در تمام نقاط پرشدگی خود را به خوبی حفظ کرده است. نکته چشمگیر در ارتباط با این درز چنان‌که در تصویر مشخص است (شکل ۱۶) در تراز ارتفاعی ۱۸۸۵ متر بر روی این سطح درز تراوش آب مشاهده می‌شود. البته مقدار دبی خروجی آب بسیار اندک است و در پای این پله به‌صورت یک حوضچهٔ کوچک تجمع کرده است. فعالیت‌های میدانی نشان داد، در ۳ نقطه دیگر نیز در راستای جهت شیب صفحه این درز، دارای خروجی آب و تجمع آن در پای پله‌ها است.



شکل ۱۶. نمایی از درز J15 چنان‌که در تصویر مشخص است در اثر تراوش آب در راستای صفحهٔ درز، تجمع آب در پای پله صورت گرفته است (دید به سمت شمال خاور)

شکستگی J25: در ایستگاه M-38 یک شکستگی بسیار بزرگی وجود دارد که در برخی از نقاط آن، بازشدگی دیده می‌شود. در داخل درزه، جنس مواد پرکننده از ژئود کلسیت است. در مورد این درزه قدری در بخش معرفی درز J26 اشاره شد. این درز، درزه‌ای قدیمی است. همراه با پرشدگی و سیمان‌شدگی، البته در برخی نقاط به‌صورت موضعی در حدود ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر بازشدگی نشان می‌دهد. این درز تداوم نسبتاً زیادی هم داشته و در بخش چشمگیری از پله بالایی ایستگاه M-38 دیده می‌شود و در نهایت درزJ26 با ایجاد ساختار قلاب‌شدگی به آن خاتمه می‌یابد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷. نمایی از دو درز J25 و J26 و ساختار قلاب‌شدگی (دید به سمت شمال خاور)

شناسایی و معرفی گامه‌های تنش برجا در محدوده با استفاده از عناصر ساختاری

برای دست‌یابی و شناسایی گامه‌های تنش برجا در محدودهٔ بررسی شده، از شکستگی‌های جوان و فاقد پرشدگی و درزه‌های قدیمی که مجدداً فعال شده‌اند، استفاده شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های میدانی، با یک جمع‌بندی کلی می‌توان درزه‌های جوان، یا در حال بازشدن و درزه‌هایی که فاقد پرشدگی هستند و یا پرشدگی خود را به‌دلیل فعال شدن مجدد از دست داده‌اند، در جدول ۴ خلاصه کرد.

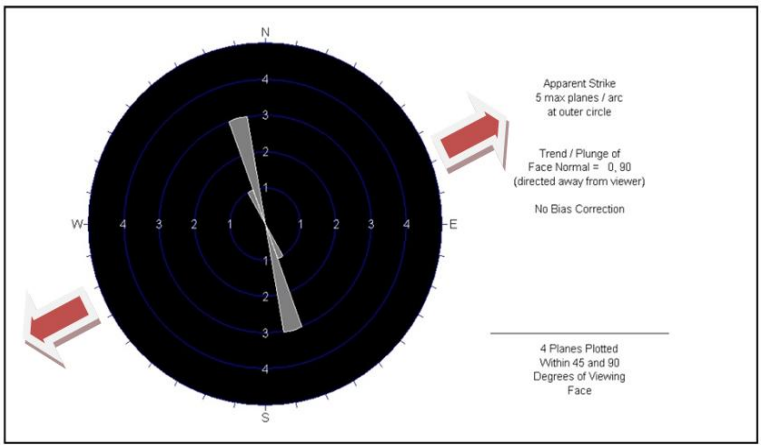
[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

جدول ۴. جدول دسته درزه‌های قدیمی که تحت تأثیر تنش برجا در منطقه مجدداً فعال شده‌اند

دسته درزه‌ها	شیب (درجه)	جهت شیب (آزیموت)
J۱	۵۰	N۲۵۴
J۳	۵۵	N۲۴۵
J۲۷	۷۵	N۲۵۴
J۱۶	۸۵	N۲۵۰

این دسته درزه‌ها که متعلق به سیستم درز یک هستند و در اثر گامه‌های تنش دیرین در منطقه به‌وجود آمده‌اند و دارای پرشدگی هستند، اما در حال حاضر در اثرگامه‌های تنش برجا، در حال بازشدن و از دست دادن پرشدگی خود هستند. چنان‌که مشخص است (جدول ۴)، این دسته درزه‌ها دارای میانگین جهت شیب N250 می‌باشند، یعنی راستای جنوب خاور-شمال باختر، با توجه به جهت بازشدگی این دسته درزه‌ها یعنی N250، نتیجه‌گیری می‌شود، تنشی با این راستا یعنی جنوب باختر-شمال خاور با ماهیتی، کششی، بر این درزه‌ها وارد می‌شود و سبب بازشدگی آن‌ها می‌گردد.

این تنش، تنش رهایی حاصل از فشارش است که بر محدودهٔ بررسی شده حاکم است و سبب بازشدگی مجدد برخی از درزه‌ها و شکستگی‌های قدیمی در محدودهٔ معدن شده است . از آن جایی که شکستگی‌های جوان ناشی از آن در حال تشکیل و رشد در منطقه هستند و فراوانی چندانی ندارند نتیجه‌گیری می‌شود که این گامه تنش بسیار جوان است. گامه تنش رهایی از فشارش در اثر استخراج و باربرداری سریع با حجم زیاد در مدت زمان نسبتاً کوتاه و در جهت عمود بر امتداد نیروهای فشارشی در منطقه به‌وجود می‌آید [۴]. در مورد درزهای بررسی شده، از آن جایی که این درزه‌ها قدیمی هستند (جدول۴)، نیروی کششی جوان درست در جهت عمود بر صفحه درزه‌ها در حال بازکردن آن‌ها است (شکل ۱۸، پیکان‌های قرمز). این نیروی کششی در اثر باربرداری و استخراج با حجم زیاد از طبقات و پله‌های بالادست در مدت زمان نسبتاً کوتاه به‌وجود آمده است.



شکل ۱۸. روند غالب دسته درزه‌های جدول ۴ در نرم‌افزار DIPS5.1

نیروی کششی موضعی

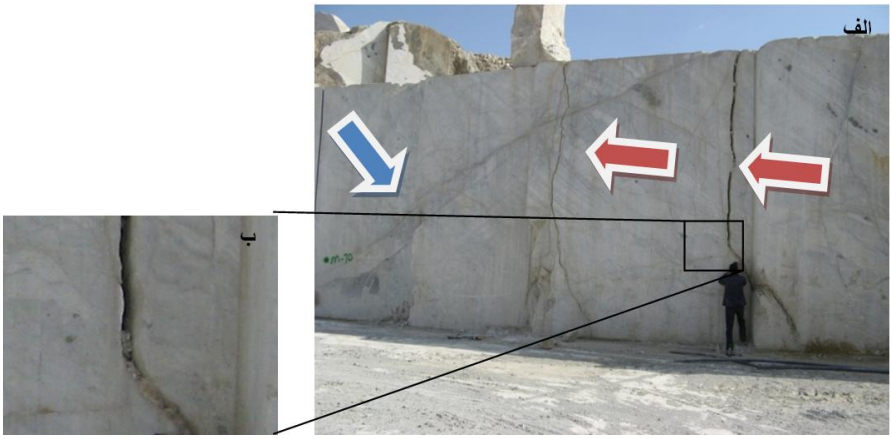
در جریان بررسی‌ها و پژوهش‌های صحرایی، به تعداد زیادی از درزه‌هایی برخورد کردیم که با طول و تداوم زیاد بخش وسیعی از دیواره‌های معدن را بریده بودند و ساختار قلاب شدگی آن‌ها با درزه‌های دیگر حاکی

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

از جوان‌تر بودن این درزه‌ها بود. از طرفی، برخی از این درزه‌ها دارای یک و یا گاهی تا دو نسل پرشدگی بودند، ولی در حال حاضر، در حال بازشدن هستند. این مسئله حاکی از آن است که این درزه‌ها قدیمی هستند، ولی در اثر نیرویی کششی دوباره فعال شده‌اند و در حال بازشدن هستند. میزان بازشدگی این درزه‌ها نیز بسیار چشمگیر است که در برخی موارد حتی تا بیش از ۳۰ سانتی‌متر بازشدگی نشان می‌دهند. مسئله دیگر این است که اغلب این درزه‌ها دارای شیب ۹۰ درجه‌اند (شکل ۱۹ الف).

جدول ۵. جدول دسته درزه‌های با شیب ۹۰ درجه و در حال بازشدن در منطقه

دسته درزه	شیب (درجه)	جهت شیب (آزیموت)	بازشدگی (سانتی‌متر)
J۲۱	۹۰	N۲۶۰	۳۰
J۷	۹۰	N۲۶۰	۶
J۱۱	۹۰	N۲۶۵	۳۰
J۹	۹۰	N۲۷۰	۹
J۱۰	۹۰	N۲۷۰	۱۱
J۲۶	۹۰	N۲۴۵	۳۰
J۱۷	۹۰	N۲۵۰	۴
J۱۸	۹۰	N۲۶۳	۳۰
J۱۹	۹۰	N۲۶۵	۸

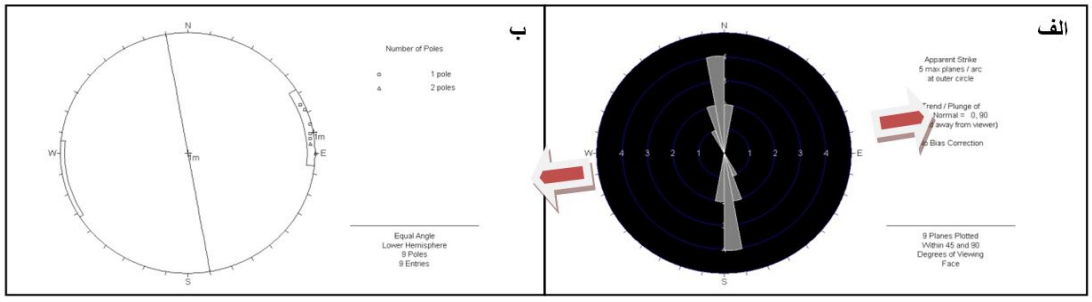


شکل ۱۹. الف) نمایی از سیستم درز ۲ (پیکان آبی) و سیستم درز ۱ (پیکان قرمز) درزه‌های با شیب ۹۰ درجه و در حال باز شدن در تصویر مشخص‌اند و با درزه‌های پایینی خود ساختار قلاب شدگی نشان می‌دهند (دید به سمت جنوب باختر) ب) نمایی نزدیک از ساختار قلاب شدگی

با توجه به جدول ۵، می‌توان میانگین جهت شیب N260 را برای این دسته درزه‌ها در نظر گرفت. هم چنین این دسته درزه‌ها دارای میانگین امتداد N350- N360 هستند.

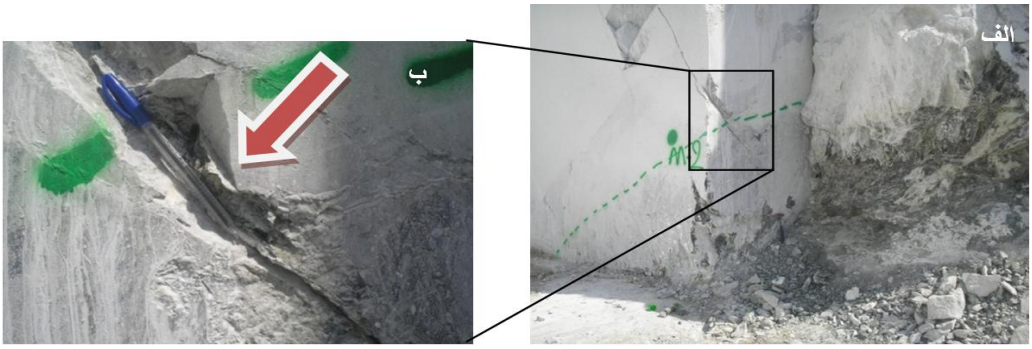
با رسم صفحه میانگین امتداد این دسته درزه‌ها (شکل ۲۰ الف) و جهت بازشدگی آن‌ها (پیکان قرمز)، مشخص می‌شود که یک نیروی کششی در راستای N260 -270 یعنی راستای جنوب باختر- شمال خاور تا خاوری-باختری بر این دسته درزه‌ها وارد می‌شود (پیکان قرمز شکل ۲۰ الف). سبب بازشدن شکستگی‌های بزرگ با شیب ۹۰ درجه شده است. فراوانی بالای این شکستگی‌ها و میزان بازشدگی زیاد آن‌ها تأثیر به‌سزایی در ناپایداری دیواره‌ها دارد.

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

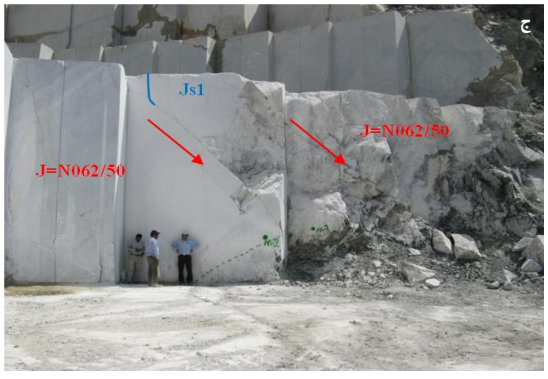


شکل ۲۰. الف) تصویر صفحه ی میانگین امتداد دسته درزه‌های با شیب ۹۰ درجه در نرم‌افزار DIPS 5.1
ب) نمودار گل سرخی دسته درزه‌های با شیب ۹۰ درجه در نرم افزار DIPS 5.1

از سوی دیگر با پژوهش‌های میدانی مشخص شد، فراوانی این شکستگی‌ها در بخش باختری کارگاه به‌مراتب بیش‌تر از بخش خاوری آن است. همچنین میزان باز شدگی این شکستگی‌ها از باختربه خاورکارگاه کاهش می‌یابد. همچنین با انجام پژوهش‌های صحرایی مشخص شد در راستای برخی درزه‌های سیستم درز ۲ در منطقه حرکت وجود داشت، چنان‌که در راستای صفحهٔ برخی درزه‌های سیستم درز ۲ دیوارهٔ سمت راست کمی به سمت جلو حرکت کرده بود (شکل ۲۱ ب). در جریان پژوهش‌های صحرایی مشخص شد، یک درزه در ایستگاه M-2 در پایین‌ترین تراز کارگاه استخراجی (۱۸۷۷) دارای جابه‌جایی بوده است. امتداد حرکت N152 اندازه‌گیری شد و این درز با مشخصات شیب و جهت شیب N062/50 دارای جابه‌جایی راستگرد است. بررسی‌ها نشان داد که در زمان برداشت ۱۳۸۹/٤/۱۳، مقدار جابه‌جایی حدود ۱ سانتی‌متر و بازشدگی حدود ۲/٥ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است و بر اثر جابه‌جایی کانی‌های پر کنندهٔ آن، برشی شده و از داخل درزه به بیرون انتقال یافته‌اند.



شکل ۲۱. الف) نمایی از درز J =N062/50 در ایستگاه M-2 درزه کمی جابه‌جایی راستگرد دارد (دید به سمت شمال خاور) ب) در این نما جابه‌جایی راستگرد درزه در محل پیکان قرمز مشخص است



شکل ۲۱. ج) نمایی از دسته درز با مشخصات شیب و جهت شیب N062/50 و سیستم درز JS1 که در محل برخورد با آن قلاب شده است (دید به سمت شمال خاور)

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

تودهٔ سنگ در راستای دسته درز با مشخصات N062/50 در راستای امتداد N150 به سمت پایین حرکت می‌کند (شکل ۲۱ ج). در تراز ۱۸۸۵ بر روی سطح درزهٔ J15 تراوش آب مشاهده می‌شود و مقدار دبی خروجی آب بسیار اندک است و در پای پله به‌صورت یک حوضچهٔ کوچک آب تجمع کرده است (شکل ۱۶). بررسی‌های میدانی مشخص کرد، ۳ محدودهٔ دیگر در راستای جهت شیب این درزه دارای خروجی وتجمع آب در پای پله‌ها است.



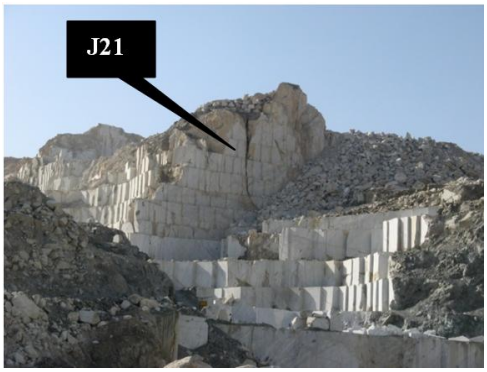
شکل ۲۲. الف) خروج آب در راستای صفحهٔ درز J=N062/50 (دید به سمت شمال خاور)
ب) خروج آب از درون افیولیت‌ها

چنان‌که در بخش بررسی گامه‌های تنش برجا مشخص شد، درزه‌های با شیب ۹۰ درجه اکثراً دارای روند شمالی- جنوبی در منطقه هستند، در حال حاضر تحت تأثیر یک نیروی کششی در راستای جنوب باختری- شمال خاوری تا خاوری- باختری قرار دارند و در حال باز شدن هستند.

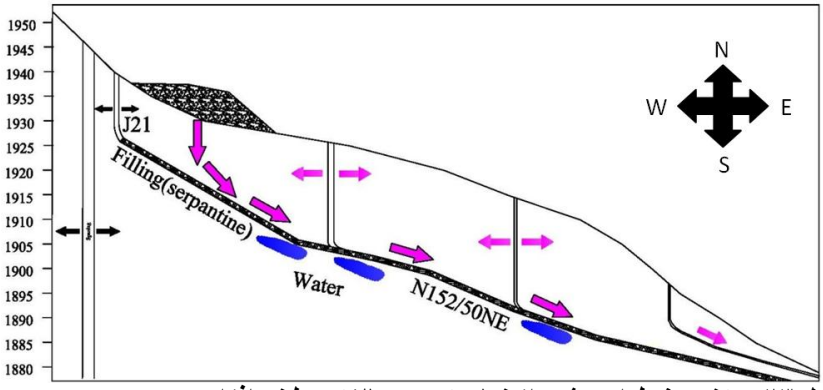
در جریان پژوهش‌ها و بررسی‌های صحرایی در دیوارهٔ شمالی کارگاه حجم چشمگیری از توده‌های افیولیتی و انباشته‌ها و آوار و باطله مشاهده گردید که در تراز بالایی این دیواره انباشته شده‌اند.

این حجم زیاد و چشمگیر از این انباشته‌ها در تراز بالای ارتفاعی در دیوارهٔ شمالی سبب ایجاد تنش عمودی حاصل از وزن توده‌های افیولیتی، سنگ چینی و توده سنگ‌های انباشته شده می‌گردد و سبب اعمال تنش به تراز پایینی می‌گردد. این تنش بر روی صفحهٔ شکستگی با مشخصات N152/50NE به‌صورت برشی عمل کرده و سبب حرکت توده در امتداد N152 می‌شود که وجود آب بر روی صفحهٔ آن این امر را تسهیل و تسریع می‌کند.از سوی دیگر تنش رهایی از فشارش که در بخش تحلیل تنش به آن پرداخته شد در حال کشش توده سنگ در راستای N250 است. اما از آن جایی که تنش کششی رهایی کوچک‌تر از تنش ناشی از وزن مصالح رویی است تأثیری در راستای خزش تودهٔ سنگ در راستای N152 نمی‌گذارد. حرکت تودهٔ سنگ در راستای N152 در سمت خاور کارگاه در تراز ارتفاعی ۱۸۷۷ باعث شده تا در باختر کارگاه تنش کششی با روند خاوری- باختری ایجاد گردد. تنش کششی حاصل شده، سبب شکستگی و باز شدگی درزه‌های با شیب ۹۰ درجه می‌شود. این روند خاوری- باختری کشش از طرفی سبب باز شدن درزه‌های قدیمی با شیب ۹۰ درجه می‌شود از طرفی دیگر سبب ایجاد شکستگی‌های جوان با شیب ۹۰ درجه شده که در حال حاضر در حال تشکیل در منطقه هستند و در برخورد با درزه‌های قدیمی قلاب می‌شوند (شکل۱۹).

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۲۳. الف) نمایی کلی از دیوارهٔ شمالی معدن چاه سوارآغا (دید به سمت شمال باختر)



شکل ۲۳. ب)نیمرخ طراحی شده از نمای تصویر بالا توسط نرم‌افزار AUTO CAD 2011

پیکان‌های صورتی جهت خزش تودهٔ سنگ را در اثر وزن آوارهای بالایی در راستای N150 و همچنین راستای اعمال کشش بر درزه‌های با شیب ۹۰ درجه را مشخص می‌کند.(شکل ۲۳ ب).

بحث ونتیجه‌گیری

بررسی‌های زمین ساختی و تحلیل و پردازش داده‌های برداشت شده در طی فعالیت‌های صحرایی نشان دادند که دو گامه تنش برجا بر محدوده معدن تأثیرگذار است و سبب ایجاد ناپایداری در دیوارهٔ شمالی معدن چاه سوارآغا شده است.

۱. گامه تنش رهایی از فشارش با راستای N250 جوان‌ترین گامه تنش حاکم بر منطقه است که در حال حاضر سبب بازشدگی برخی از درزه‌های قدیمی در همین راستا شده است. این گامه تنش جوان است و شکستگی‌های حاصل از آن در حال تشکیل در منطقه هستند لذا فراوانی چندانی در منطقه ندارند. این گامه تنش باربرداراستخراج سریع در محدودهٔ معدن ایجاد گردیده است.

۲. نیروی کشش موضعی، مشاهدات صحرایی نشان از خزش و جابه‌جایی تودهٔ سنگ در راستای مه درزه با مشخصات شیب و جهت شیب N062/50 در امتداد N152 دارد (درز J21 به این مه درزه قلاب شده است) به گونه‌ای که بردار جابه‌جایی آن سبب ایجاد کشش در منطقه در امتداد N90-270 خواهد بود. بازشدگی و فعال شدگی سیستم درز ۱و شکستگی‌های با شیب ۹۰ درجه، پاسخی به این بردار تنش است (شکل ۱۷).

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]

با توجه به نتایج به‌دست آمده، علت ناپایداری‌ها شرایط هندسی (شیب تند و ارتفاع زیاد پله‌ها) زمین‌شناسی (وجود گسل یا ناپیوستگی‌های بزرگ) و انباشته‌ها و آوارها در بالای دیوارهٔ شمالی به‌شمار می‌آید به گونه‌ای که باربرداری و ایجاد تنش رهایی با وجود ارتفاع و شیب زیاد پله‌ها (استخراج سریع) و وجود درزه‌های ابتدایی و ذاتی در تودهٔ سنگ باعث ایجاد ناپایداری شده و وزن انباشته‌های موجود نیز این ناپایداری‌ها را تشدید کرده است.

قدردانی و تشکر

در پایان نویسندگان برخود لازم می‌دانند از مدیریت محترم شرکت مهندسین مشاور کاوشگران آقای مهندس فرزان رفیعا که کمال همکاری را در جریان انجام تحقیقات مبذول داشته اند سپاسگزاری نمایند و نیز از کارکنان محترم آن شرکت نیز قدردانی می‌گردد. همچنین از آقای مهندس فراشباشی مدیر عامل محترم شرکت سنگ‌چینی نیریز که در جریان انجام پژوهش‌های صحرایی امکانات لازم را برای انجام هرچه بهتر پژوهش‌ها فراهم کردند قدردانی می‌شود.

منابع

۱. تدبیری، س، *بررسی زمین ساختی معدن چاه سوار آغا با نگرش ویژه بر پایداری دیواره‌ها*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال (۱۳۹۰).

۲. مقصودی، م، قرشی، م، رفیعا، ف، *تفکیک فازهای تنش با استفاده از نرم‌افزار T.TECTO3 در معدن تنگ حنا با هدف ارزیابی پایداری دیواره‌ها*، چهاردهمین انجمن زمین شناسی ایران (۱۳۸۹) ۲.

۳. مهندسین مشاور کاوش‌گران، گزارش *نهایی تحلیل پایداری دیواره‌های کارگاه‌های ۶ و ۱۵ معدن سنگ‌چینی تنگ حنا منطقهٔ نیریز*، بخش زمین‌شناسی عمومی (۱۳۸۸).

۴. اشراقی، ص، ع، *برگهٔ زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰ : ۱ نیریز*، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور(۱۳۷۵).

۵. آقانباتی، ع، *زمین‌شناسی ایران*، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، فصل هفتم (۱۳۸۵).

6. M. Alavi, "Tectonic of the Zagros orogenetic belt of Iran new data and interpretations", Tectonophysics, 229 (1994) 214- 216.

7. J. Shahabpour, "Tectonic evolution of the orogenic belt in the region located between Kerman and Neyriz", Journal of Asian Earth Sciences, 24 (2005) 405.

8. K. Sarkarinejad, "Petrology and tectonic setting of the Neyriz ophiolite southern Iran", international geological congress (2005) part D, 221.

9. E. Ricou, "A brief report on the geology in the Neyriz area", symposium on the project(ophiolite) geological survey of Iran (1974) 1-6.

۱۰. مارشاک، الف، میترا، گ، ترجمهٔ پورکرمانی، م، معتمدی، ح، *روش‌های اساسی زمین‌شناسی ساختمانی*، دانشگاه شهید بهشتی، فصل ۱۲ (۱۳۸۱).

[Downloaded from jsci.khu.ac.ir on 2026-11-12]