

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن

طراحی و محاسبه الگوی چالزنی و آتشیاری تونل دسترسی مغانک (طرح انتقال آب از حوزه دز به قمرود)

محقق:

رضا خرمی

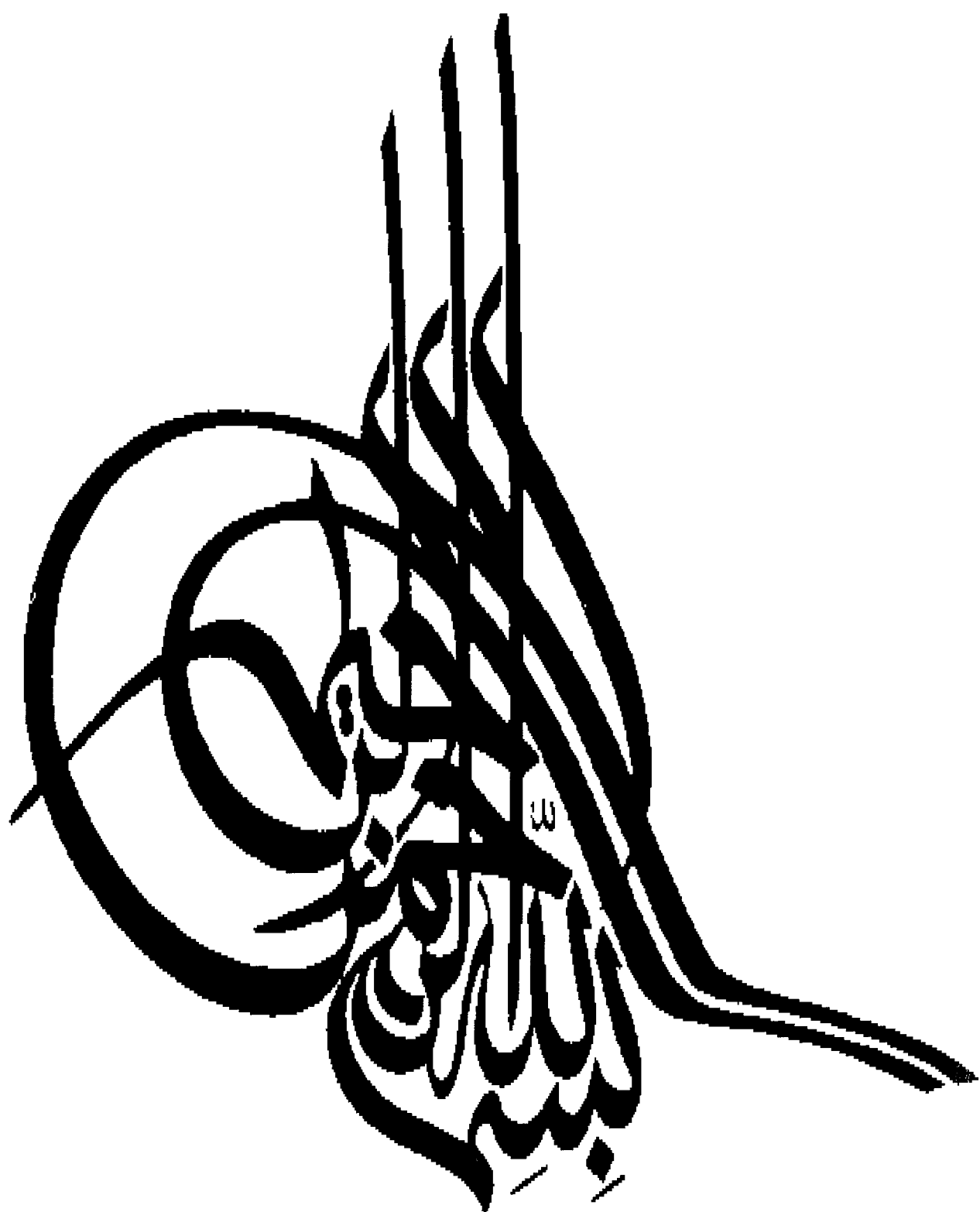
اساتید راهنما:

دکتر رضا کاکائی دکتر حمید میرعابدینی

استاد مشاور:

مهندس رحمت الله استوار

(تابستان ۱۳۸۳)



تقدیم به:

پدر و مادر دلسوز و مهربانم

برادر و خواهران عزیزم

همسر فهیمم

تقدیر و تشکر

اینک که در سایه الطاف حضرت حق و با تلاش و کوشش خویش توانستم این مقطع از تحصیل را به پایان برسانم، بر خود لازم می دانم از زحمات اساتید راهنما، آقایان دکتر رضا کاکائی و دکتر حمید میرعابدینی به خاطر راهنمایی های ارزنده شان تشکر و قدردانی نمایم. از استاد مشاور محترم آقای مهندس رحمت ا... استوار که در انجام این پایان نامه این حقیر را از تجربیات با ارزنده شان بهره مند نمودند تشکر می نمایم. از آقایان دکتر سید ضیاء الدین شفائی و دکتر محمد عطایی که زحمت داوری را بر عهده داشتند، تشکر می نمایم.

از آقایان مهندس مهدویان، مهندس الدواهر، مهندس مصوری، مهندس محمدی، مهندس گودرزی و مهندس ملکی کارشناسان شرکت بین المللی استراتوس و شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس که با توصیه های ارزنده شان مرا یاری نمودند، تشکر می نمایم. در پایان از اساتید محترم دانشگاه های صنعتی شاهرود و آزاد اسلامی محلات و دوستان و دانشجویان عزیز که در طول تحصیل همراه من بودند و همچنین از کارمندان دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک که با بنده همکاری و مساعدت نمودند تشکر و قدردانی می نمایم و برای همه بزرگواران آرزوی توفیق می نمایم.

از آقای مهندس احمد آریافر که در مراحل تهیه این پایان نامه زحمات فراوانی را متحمل شدند تشکر می نمایم و برای ایشان موفقیت در تمامی مراحل زندگی از درگاه حضرت حق مسئلت می نمایم.

چکیده

تونلها و فضاهای زیرزمینی با اهداف متفاوت و ابعاد گوناگون جهت استفاده از فضا و منابع زیر زمین حفر می شوند. یکی از روشهای حفر تونلها روش چالزنی آتشیاری می باشد که علیرغم توسعه ماشین آلات و تجهیزات متعدد حفاری پیوسته بدلیل داشتن مزایایی از قبیل سرمایه اولیه کمتر، قدرت مانور بیشتر و حفر انواع تونلها با اندازه و ابعاد متفاوت و ... همچنان مورد استقبال فراوانی در تکنولوژی حفر تونلها دارد.

طرح انتقال آب از سرشاخه های حوزه دز به حوزه قمرود بزرگترین طرح عمرانی کشور در حال اجرا می باشد. این طرح شامل یک تونل بلند به طول ۳۶ کیلومتر می باشد که جهت حفر آن به چهار قطعه تقسیم شده و به پیمانکاران بصورت طرح و اجرا واگذار شده است. جهت دسترسی به این تونل ابتدا تونلهای دسترسی به تونل اصلی حفر می گردد.

تونل دسترسی مغانک جهت دسترسی به قطعه دوم تونل اصلی توسط شرکت بین المللی استراتوس در حال حفر می باشد. طول تونل حدود ۱۸۳۰ متر می باشد و حفر آن به روش چالزنی و آتشیاری انجام خواهد شد. از آنجا که طرح بصورت طرح ضربتی و طرح و اجرا به پیمانکاران واگذار شده است لذا طراحی روی قسمتهای مختلف طرح انجام نگردیده است.

معمولاً دو روش جهت طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل بکار می رود که عبارتند از: طراحی حفر چالها با استفاده از روابط نیترونوبل و طراحی حفر چالها با استفاده از روابط تئوری انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ.

هدف از مطالعه حاضر طراحی حفر چالهای سینه کار تونل دسترسی مغانک با توجه به جنس سنگ، شرایط ژئومکانیکی سنگ در بر گیرنده، سطح مقطع حفاری، امکانات و تجهیزات موجود در محل کارگاه، مواد منفجره مصرفی و ... می باشد.

جهت نیل به این هدف ابتدا مقطع طولی تونل از نظر جنس سنگ در بر گیرنده به دو دسته گروه الف - (عمدتاً متادیوریت توده ای با کلاس متوسط تا ضعیف) و گروه ب - (عمدتاً آمفیبولیت شیست با کلاس ضعیف) تقسیم بندی شد. از آنجا که برای تونلهای با سطح مقطع کوچک و متوسط از سرته های با قطر های ۳۲، ۴۲ و ۴۸ میلیمتر استفاده می شود، در این تحقیق نیز بر اساس استفاده از همین قطر چالها با استفاده از دو روش ذکر شده محاسبات طراحی الگوهای چالزنی - آتشیاری برای دو نوع سنگ در بر گیرنده تونل مورد بحث قرار گرفت.

پس از طراحی الگوی حفر چالها در دو گروه سنگ در بر گیرنده تونل، این الگوها مورد بررسی اقتصادی قرار گرفت و هزینه اجرای هر الگو محاسبه شد و در نهایت پارامتر های مهم در عملیات چالزنی و آتشیاری تونل مقایسه شده و الگوی شماره ۶ (قطر چال ۴۸ میلیمتر و بر اساس محاسبات با روابط انتقال انرژی) جهت اجرا در جنس سنگ گروه الف و الگوی شماره ۱۲ (قطر چال ۴۸ میلیمتر و بر اساس محاسبات با روابط انتقال انرژی) جهت اجرا در جنس سنگ گروه ب انتخاب گردید.

فهرست اشکال

- ۱-۱- موقعیت جغرافیائی و راههای دسترسی به منطقه طرح انتقال آب ۴
- ۲-۱- آرایش چالها در الگوی طراحی شده جهت سینه کار تونل مغانک ۵
- ۱-۳- نقشه شماتیک تقسیم بندی ساختار زمین شناسی ایران از نظر اشتوکلین و ۲۱
- ۲-۳- وضعیت زونهای فرعی گستره چهار گوش الیگودرز و موقعیت قطعه دوم تونل ۲۵
- ۱-۴- تغییرات فشار دینامیک روی دیواره چال بر حسب قطر چال به قطر خرج ۴۷
- ۲-۴- تقسیم بندی سطح مقطع تونل به سه بخش برای طراحی چالها ۴۸
- ۳-۴- نمایش سطح آزاد مستقیم ۴۹
- ۴-۴- نمایش سطح آزاد دایره ای ۴۹
- ۵-۴- نتیجه انفجار هشت عدد چال در برش موازی با $3/5$ متر پیشروی ۵۰
- ۶-۴- نمایش B و S سهم هر چال در محیط تونل ۵۴
- ۷-۴- تجزیه نیروی F حاصل از انفجار ۵۸
- ۸-۴- چالهای غیر موازی برای پیشروی بیش از چهار متر و دو چال غیر موازی برای ۵۸
- ۹-۴- ارتباط بین زاویه برش و خرج مصرفی ۵۹
- ۱۰-۴- اجزای آرایش چالها در برش زاویه ای ۶۰
- ۱۱-۴- بخش های سطح مقطع تونل بر اساس حفاری و انفجار ۶۲
- ۱۲-۴- ارتباط عمق چال و قطر چال خالی در برش چهار مقطعی ۶۴
- ۱۳-۴- نتایج آتشیاری برای فواصل بین چالهای خرجگذاری شده و خرجگذاری نشده ... ۶۵
- ۱۴-۴- نمایش برش چهار مقطعی ۶۷
- ۱۵-۴- نمایش انحراف در دهانه و حفر تونل ۶۹
- ۱۶-۴- آرایش و محل چالهای کف تونل ۷۰

- ۱۷-۴- منطقه شکسته شده حاصل از آتشباری عادی با مواد منفجره معمولی..... ۷۵
- ۱۸-۴- منطقه شکسته شده حاصل از آتشباری ملایم با مواد منفجره گوریت..... ۷۵
- ۱۹-۴- گسترش شکستگی با مواد منفجره متفاوت ۷۶
- ۲۰-۴- روش حفر پلکانی در حفر تونلهای بزرگ مقطع ۸۸
- ۲۱-۴- الگوی چالزنی قسمت فوقانی تونلهای بزرگ مقطع ۸۹
- ۲۲-۴- الگوی چالزنی قسمت میانی تونلهای بزرگ مقطع ۹۰
- ۲۳-۴- حفر تونل بزرگ مقطع به روش حفر تونل پیشاهنگ ۹۰
- ۲۴-۴- الگوی چالزنی در حفر تونل بزرگ مقطع به روش حفر تونل پیشاهنگ ۹۱
- ۱-۸- رابطه قطر چال و حفاری ویژه در سنگ گروه الف ۲۰۹
- ۲-۸- رابطه قطر چال و خرج ویژه در سنگ گروه الف ۲۰۹
- ۳-۸- رابطه قطر چال و حفاری ویژه در سنگ گروه ب ۲۰۹
- ۴-۸- رابطه قطر چال و خرج ویژه در سنگ گروه ب ۲۰۹
- ۵-۸- رابطه قطر چال و حفاری ویژه در سنگ گروه الف ۲۱۱
- ۶-۸- رابطه قطر چال و خرج ویژه در سنگ گروه الف ۲۱۱
- ۷-۸- رابطه قطر چال و حفاری ویژه در سنگ گروه ب ۲۱۱
- ۸-۸- رابطه قطر چال و خرج ویژه در سنگ گروه ب ۲۱۱
- ۹-۸- رابطه قطر چال و هزینه حفر الگو در سنگ گروه الف ۲۱۴
- ۱۰-۸- رابطه قطر چال و هزینه حفر الگو در سنگ گروه الف ۲۱۴
- ۱۱-۸- رابطه قطر چال و هزینه حفر الگو در سنگ گروه ب ۲۱۵
- ۱۲-۸- رابطه قطر چال و هزینه حفر الگو در سنگ گروه ب ۲۱۵

فهرست جداول

- ۱-۱- مشخصات الگوی طراحی شده سینه کار تونل دسترسی مغانک ۶
- ۲-۱- خلاصه پارامتر های الگوی ارائه شده ۶
- ۱-۲- خصوصیات آبدهی حوزه های مورد مطالعه ۱۵
- ۱-۴- آرایش و خرجگذاری چالها در روش آتشکاری کنترل شده ۵۵
- ۲-۴- مقدار خرج ته چال در چال های آتشکاری کنترل شده ۵۶
- ۳-۴- خرجگذاری چال های ضربه گیر در حفر تو نلها ۵۶
- ۴-۴- ضریب تثبیت f و نسبت S/B بری چال های پیشروی با عملکرد متفاوت ۷۳
- ۵-۴- الگوی حفاری چال ها و خرج ویژه توصیه شده برای قطر های مختلف چال ۷۶
- ۶-۴- مشخصات برش چهار مقطعی ۷۹
- ۷-۴- مشخصات سایر چال های سینه کار تونل ۸۰
- ۸-۴- آرایش و خرجگذاری چال های برش ۸۲
- ۹-۴- آرایش و خرجگذاری چال های دور برش ۸۳
- ۱۰-۴- خرج ویژه برای قطر های مختلف چال ۸۴
- ۱۱-۴- آرایش چال های پیشروی و کف ۸۴
- ۱۲-۴- خرج ویژه چال های پیشروی زیر سقف تونل ۸۵
- ۱۳-۴- خرجگذاری و آرایش چال های پیشروی زیر سقف تونل ۸۶
- ۱-۵- مشخصات عمومی تونل دسترسی مغانک ۹۳
- ۲-۵- مشخصات تونل دسترسی مغانک ۹۵
- ۳-۵- مشخصات ماده منفجره مورد استفاده ۹۶
- ۴-۵- مشخصات سنگ منطقه ۹۶

- ۵-۵- مشخصات چال های سینه کار..... ۹۷
- ۵-۶- الگوی طراحی شده بر اساس روابط نیترو نوبل و قطر چال ۴۲ میلیمتر ۱۱۵
- ۵-۷- الگوی طراحی شده بر اساس روابط نیترو نوبل و قطر چال ۳۲ میلیمتر ۱۲۳
- ۵-۸- الگوی طراحی شده بر اساس روابط نیترو نوبل و قطر چال ۴۸ میلیمتر ۱۳۱
- ۵-۹- الگوی طراحی شده بر اساس روابط نیترو نوبل و قطر چال ۴۲ میلیمتر ۱۳۷
- ۵-۱۰- الگوی طراحی شده بر اساس روابط نیترو نوبل و قطر چال ۳۲ میلیمتر ۱۴۳
- ۵-۱۱- الگوی طراحی شده بر اساس روابط نیترو نوبل و قطر چال ۴۸ میلیمتر ۱۴۹
- ۶-۱- الگوی ارائه شده با روابط انتقال انرژی در سنگ گروه الف و قطر چال ۴۲ ۱۵۷
- ۶-۲- الگوی ارائه شده با روابط انتقال انرژی در سنگ گروه الف و قطر چال ۳۲ ۱۶۱
- ۶-۳- الگوی ارائه شده با روابط انتقال انرژی در سنگ گروه الف و قطر چال ۴۸ ۱۶۵
- ۶-۴- مشخصات سنگ منطقه ۱۶۶
- ۶-۵- الگوی ارائه شده با روابط انتقال انرژی در سنگ گروه ب و قطر چال ۴۲ ۱۷۰
- ۶-۶- الگوی ارائه شده با روابط انتقال انرژی در سنگ گروه الف و قطر چال ۳۲ ۱۷۳
- ۶-۷- الگوی ارائه شده با روابط انتقال انرژی در سنگ گروه الف و قطر چال ۴۸ ۱۷۷
- ۷-۱- هزینه های استهلاک جامبو دریل ۱۷۹
- ۷-۲- هزینه های استهلاک کمپرسور ۱۸۴
- ۷-۳- هزینه های استهلاک دوربین نقشه برداری ۱۸۶
- ۸-۱- نتایج پارامتر های الگوی طراحی شده با استفاده از روابط نیترو نوبل ۲۰۸
- ۸-۲- نتایج پارامتر های الگوی طراحی شده با استفاده از روابط انتقال انرژی ۲۱۰
- ۸-۳- مقایسه الگوهای طراحی شده برای جنس سنگ گروه الف ۲۱۳
- ۸-۴- مقایسه الگوهای طراحی شده برای جنس سنگ گروه ب ۲۱۴

فهرست نمادهای بکار رفته در متن

واحد	عنوان	نماد
m	بار سنگ	B
m	بار سنگ چالهای محیطی	B _c
--	ثابت سنگ	C
--	ثابت تصحیح شده سنگ	\bar{C}
kg/m ³	چگالی ماده منفجره	D _e
kg/m ³	چگالی سنگ	D _r
m	بعد بزرگترین قطعه سنگ خرد شده	D _m
mj/kg	انرژی مخصوص ماده منفجره	E _e
mj/kg	انرژی سطحی مخصوص	E _s
--	ضریب مربوط به زاویه گوه در برش زاویه‌ای	F'
--	ماکزیمم انحراف چال	F
m	طول چال	H
m	طول خرج ته چال	h _b
m	طول خرج میان چال	h _c
kg/m	تراکم خرج	I

واحد	عنوان	نماد
Kg/m	تراکم خرج ته چال	I_b
Kg/m	تراکم خرج میان چال	I_c
kg/m ² .sec	امپدانس ماده منفجره	I_e
kg/m ² .sec	امپدانس سنگ	I_r
m	طول پیشروی	L
kg/m ³	خرج ویژه	q
m	شعاع مقطع در مربعات برش	R
m	فاصله ردیفی چالها	S
m ² /m ³	سطح جدید سنگ	s
m	فاصله ردیفی چالهای محیطی	S_c
m	طول گل گذاری	S_t
--	قدرت وزنی ماده منفجره نسبت به آنفو	S_{ANFO}
--	نسبت فاصله ردیفی به بار سنگ	S/B
m/sec	سرعت امواج در سنگ	V
m/sec	سرعت انفجار ماده منفجره	V_e

واحد	عنوان	نماد
m	عرض تونل	W
m	عرض فضای باز شده در حالت تئوری در برش چهار مقطعی	X
m	عرض فضای باز شده واقعی در برش چهار مقطعی	X'
	انحراف زاویه‌ای	α
m/m		
m	انحراف دهانه‌گذاری	β
	زاویه انحراف چالهای محیطی	γ
درجه		
--	ضریب امیدانس	η_1
--	ضریب جفت‌شدگی	η_2
--	ضریب خرد شدن سنگ	η_3
g/cm ³	وزن مخصوص ماده منفجره	ρ
g/cm ³	وزن مخصوص سنگ	ρ_r
m	قطر چال خالی	φ
m	قطر چال انفجاری	φ_h
m	قطر خرج (فشنگ)	φ_c

واحد	عنوان	نماد
min	مدت زمان لازم برای حفر چال توسط جامبودریل	T_j
min	مدت زمان لازم برای خرجگذاری	T_b
min	مدت زمان لازم برای عملیات نقشهبرداری	T_p
R.l.s	هزینه حفر با جامبودریل	C_j
R.l.s	هزینه نیروی انسانی بخش حفاری	C_d
R.l.s	هزینه انرژی مورد نیاز جامبودریل	C_e
R.l.s	هزینه کمپرسور	C_c

فصل اول : مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- اهمیت طراحی و ضرورت انجام تحقیق	۲
۳-۱- موقعیت جغرافیائی طرح	۳
۴-۱- مروری بر مطالعات	۴
۵-۱- اهداف مطالعه پایان نامه	۷
۶-۱- سازماندهی پایان نامه	۷

فصل سوم : سیمای کلی پروژه انتقال آب از سرشاخه های دز به قمرود

۱-۲- مقدمه	۹
۲-۲- هدف طرح	۱۰
۳-۲- تاریخچه طرح	۱۱
۴-۲- سیستم انتقال آب از حوزه دز به قمرود	۱۲
۵-۲- اطلاعات پایه ای منابع آب	۱۴
۱-۵-۲- هواشناسی	۱۴
۲-۵-۲- هیدرولوژی	۱۴
۶-۲- مشخصات اجزاء سیستم انتقال آب از حوزه دز به قمرود	۱۵
۱-۶-۲- بند انحرافی دره لکو	۱۵
۲-۶-۲- بند انحرافی دره دزدان	۱۶
۳-۶-۲- بند انحرافی دره دائی	۱۶
۴-۶-۲- بند انحرافی انوج	۱۷
۵-۶-۲- تونل بلند انتقال آب از انوج به قمرود	۱۷
۶-۶-۲- سد کوچری	۱۸

فصل سوم زمین شناسی عمومی طرح و تونل دسترسی مغانک

۱-۳- زمین شناسی عمومی	۲۰
۱-۱-۳- مقدمه	۲۰
۲-۱-۳- سنگ چینه شناسی عمومی گستره طرح	۲۴

۲۶	۱-۲-۱-۳- زون فرعی بلندبدهای دیرین میانی
۳۱	۲-۲-۱-۳- زون فرعی مزوزوئیک داخلی
۳۲	۳-۲-۱-۳- زون فرعی مزوزوئیک حاشیه ای
۳۳	۳-۱-۳- نهشته های کواترنری
۳۳	۴-۱-۳- گسله های گستره طرح
۳۴	۵-۱-۳- هیدرولوژی عمومی گستره طرح
۳۶	۲-۳- زمین شناسی مهندسی مسیر تونل دسترسی مغانک
۳۶	۱-۲-۳- کلیات
۳۶	۲-۲-۳- ریخت شناسی
۳۷	۳-۲-۳- سنگ چینه شناسی
۳۹	۴-۲-۳- زمین شناسی ساختمان تونل دسترسی مغانک
۴۰	۳-۳- روش حفاری تونل دسترسی مغانک

فصل چهارم روشهای طراحی حفر چالهای سینه کار تونل

۴۴	۱-۴- مقدمه
۴۵	۲-۴- طراحی حفر چالهای سینه کار تونل با استفاده از تئوری انتقال انرژی
۴۵	۱-۲-۴- مقدمه ای بر روابط انتقال انرژی
۴۸	۲-۲-۴- طراحی حفر تونل با برش موازی و استفاده از تئوری انتقال انرژی از
۴۹	۱-۲-۲-۴- محاسبات آرایش چالهای سطح مقطع تونل
۵۶	۲-۲-۲-۴- پیشروی
۵۷	۳-۲-۴- طراحی حفر تونل با چالهای زاویه ای بر اساس تئوری انتقال انرژی از
۵۹	۱-۳-۲-۴- محاسبات مربوط به چالهای بخش برش
۶۱	۲-۳-۲-۴- محاسبات مربوط به چالهای بخش پیشروی
۶۱	۳-۳-۲-۴- محاسبات مربوط به چالهای بخش محیط
۶۲	۳-۴- طراحی حفر چالهای سینه کار تونل با استفاده از روابط نیترونوبل
۶۲	۱-۳-۴- طراحی حفر چالهای سینه کار تونل با چال موازی و استفاده از روابط نیترونوبل
۶۷	۲-۳-۴- طراحی برش چهار مقطعی با چال موازی و استفاده از روابط نیترونوبل
۶۸	۱-۲-۳-۴- محاسبات بخش برش
۶۹	۲-۲-۳-۴- محاسبات چالهای کف تونل
۷۳	۳-۲-۳-۴- محاسبه چالهای پیشروی
۷۳	۴-۲-۳-۴- محاسبه چالهای محیطی

۷۸.....	۳-۳-۴- روش محاسباتی ساده شده در طراحی برش چهار مقطعی
۷۸.....	۱-۳-۳-۴- بخش برش
۷۹.....	۲-۳-۳-۴- بقیه چالهای سینه کار
۸۰.....	۴-۳-۴- طراحی حفر چالهای سینه کار تونل با برش زاویه ای و استفاده از
۸۱.....	۱-۴-۳-۴- چالهای برش
۸۳.....	۲-۴-۳-۴- چالهای پیشروی که سنگ را بطرف بالا پرتاب می کنند
۸۵.....	۳-۴-۳-۴- چالهای پیشروی زیر سقف تونل که سنگ را بطرف پائین حرکت می دهد
۸۶.....	۴-۴-۳-۴- چالهای کف تونل
۸۷.....	۵-۴-۳-۴- چالهای دیوایه و سقف تونل
۸۷.....	۴-۴- حفر تونلهای بزرگ مقطع
۸۸.....	۱-۴-۴- روش حفر تمام مقطع
۸۸.....	۲-۴-۴- روش حفر پلکانی
۹۰.....	۳-۴-۴- روش حفر تونل پیشاهنگ

فصل پنجم: طراحی الگوی چالزنی و آتشیاری تونل دسترسی مغانک با استفاده از

روابط نیترونوبل

۹۲.....	۱-۵- مقدمه
۹۳.....	۲-۵- مشخصات عمومی تونل دسترسی مغانک
۹۴.....	۳-۵- پارامترهای ژئومکانیکی منطقه تونل
۹۵.....	۴-۵- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل برای جنس سنگ گروه الف و استفاده از
۹۷.....	۱-۴-۵- قطر و عمق چال خالی
۹۸.....	۲-۴-۵- پیشروی
۹۸.....	۳-۴-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای اولین چهار گوش قسمت برش
۱۰۱.....	۴-۴-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای دومین چهار گوش قسمت برش
۱۰۳.....	۵-۴-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای سومین چهار گوش قسمت برش
۱۰۴.....	۶-۴-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش چهارم قسمت برش
۱۰۵.....	۷-۴-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش پنجم قسمت برش
۱۰۶.....	۸-۴-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای کف تونل
۱۰۹.....	۹-۴-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای سقف تونل
۱۱۱.....	۱۰-۴-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای بخش پیشروی
۱۱۲.....	۱-۱۰-۴-۵- آرایش چالهای پیشروی که عملکرد افقی و رو به بالا دارند

- ۱۱۳-۴-۱۰-۲- آرایش چالهای پیشروی که عملکرد رو به پائین دارند.....
- ۱۱۶-۵-۵- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل برای جنس سنگ گروه الف و
- ۱۱۶-۵-۱- محاسبات مربوط به آرایش چالهای اولین چهار گوش قسمت برش.....
- ۱۱۷-۵-۲- محاسبات مربوط به آرایش چالهای دومین چهار گوش قسمت برش.....
- ۱۱۷-۵-۳- محاسبات مربوط به آرایش چالهای سومین چهار گوش قسمت برش.....
- ۱۱۸-۵-۴- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش چهارم قسمت برش.....
- ۱۱۹-۵-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش پنجم قسمت برش.....
- ۱۱۹-۵-۶- محاسبات آرایش چالهای کف تونل.....
- ۱۲۰-۵-۷- محاسبات آرایش چالهای سقف و دیواره.....
- ۱۲۱-۵-۸- محاسبات آرایش چالهای بخش پیشروی.....
- ۱۲۱-۵-۸-۱- محاسبات آرایش چالهای بخش پیشروی که عملکرد افقی و رو به بالا دارند.....
- ۱۲۲-۵-۸-۲- محاسبات آرایش چالهای بخش پیشروی که عملکرد رو به پائین دارند.....
- ۱۲۴-۵-۶- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل برای جنس سنگ گروه الف و استفاده از.....
- ۱۲۴-۵-۶-۱- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش اول قسمت برش.....
- ۱۲۴-۵-۶-۲- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش دوم قسمت برش.....
- ۱۲۵-۵-۶-۳- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش سوم قسمت برش.....
- ۱۲۶-۵-۶-۴- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش چهارم قسمت برش.....
- ۱۲۶-۵-۶-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش پنجم قسمت برش.....
- ۱۲۷-۵-۶-۶- محاسبات آرایش چالهای کف تونل.....
- ۱۲۸-۵-۶-۷- محاسبات آرایش چالهای سقف و دیواره تونل.....
- ۱۲۸-۵-۶-۸- محاسبات آرایش چالهای پیشروی.....
- ۱۲۸-۵-۶-۸-۱- محاسبات آرایش چالهای پیشروی که عملکرد افقی و رو به بالا دارند.....
- ۱۲۹-۵-۶-۸-۲- محاسبات آرایش چالهای پیشروی که عملکرد رو به پائین دارند.....
- ۱۳۲-۵-۷- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل برای جنس سنگ گروه ب و استفاده از.....
- ۱۳۲-۵-۷-۱- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش اول قسمت برش.....
- ۱۳۲-۵-۷-۲- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش دوم قسمت برش.....
- ۱۳۳-۵-۷-۳- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش سوم قسمت برش.....
- ۱۳۳-۵-۷-۴- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش چهارم قسمت برش.....
- ۱۳۴-۵-۷-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای کف تونل.....
- ۱۳۴-۵-۷-۶- محاسبات مربوط به آرایش چالهای سقف و دیواره.....
- ۱۳۵-۵-۷-۷- محاسبات آرایش چالهای پیشروی.....

- ۱۳۵-۷-۷-۱- محاسبات آرایش چالهای پیشروی که عملکرد افقی و رو به بالا دارند.....
- ۱۳۶-۷-۷-۲- محاسبات آرایش چالهای پیشروی که عملکرد رو به پائین دارند.....
- ۸-۵- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل برای جنس سنگ گروه ب و استفاده از چالهای با قطر ۳۲ میلیمتر..... ۱۳۸
- ۱-۸-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش اول قسمت برش..... ۱۳۸
- ۲-۸-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش دوم قسمت برش..... ۱۳۸
- ۳-۸-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش سوم قسمت برش..... ۱۳۹
- ۴-۸-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش چهارم قسمت برش..... ۱۳۹
- ۵-۸-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش پنجم قسمت برش..... ۱۴۰
- ۶-۸-۵- محاسبات آرایش چالهای کف تونل..... ۱۴۰
- ۷-۸-۵- محاسبات آرایش چالهای سقف و دیواره..... ۱۴۱
- ۸-۸-۵- محاسبات آرایش چالهای پیشروی..... ۱۴۱
- ۱-۸-۸-۵- محاسبات آرایش چالهای پیشروی که عملکرد افقی و رو به بالا دارند..... ۱۴۱
- ۲-۸-۸-۵- محاسبات آرایش چالهای پیشروی که عملکرد رو به پائین دارند..... ۱۴۲
- ۹-۵- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل برای جنس سنگ گروه ب و..... ۱۴۳
- ۱-۹-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش اول قسمت برش..... ۱۴۴
- ۲-۹-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش دوم قسمت برش..... ۱۴۴
- ۳-۹-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش سوم قسمت برش..... ۱۴۵
- ۴-۹-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش چهارم قسمت برش..... ۱۴۵
- ۵-۹-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای کف تونل..... ۱۴۶
- ۶-۹-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای سقف و دیواره..... ۱۴۶
- ۷-۹-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای پیشروی..... ۱۴۷
- ۱-۷-۹-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای پیشروی که عملکرد افقی و رو به بالا دارند..... ۱۴۷
- ۲-۷-۹-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای پیشروی که عملکرد رو به پائین دارند..... ۱۴۷

فصل ششم: طراحی و محاسبه آرایش چالهای سینه کار تونل با استفاده از روابط

انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ

- ۱-۶- مقدمه..... ۱۵۰
- ۲-۶- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل برای جنس سنگ گروه الف و قطر چالهای ۴۲ میلیمتر..... ۱۵۱

- ۱۵۱-۱-۲-۶- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش.....
- ۱۵۳-۲-۲-۶- آرایش چالهای بخش پیشروی و کف سینه کار تونل.....
- ۱۵۴-۳-۲-۶- آرایش چالهای قسمت محیط.....
- ۱۵۵-۴-۲-۶- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل.....
- ۱۵۶-۵-۲-۶- محاسبه میزان خرج مصرفی قسمت‌های مختلف سینه کار تونل.....
- ۱۵۷-۳-۶- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل درجنس سنگ گروه الف و قطر چالهای.....
- ۱۵۸-۱-۳-۶- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش.....
- ۱۵۸-۲-۳-۶- آرایش چالهای بخش پیشروی و کف سینه کار تونل.....
- ۱۵۹-۳-۳-۶- آرایش چالهای قسمت محیط.....
- ۱۵۹-۴-۳-۶- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل.....
- ۱۶۰-۵-۳-۶- محاسبه میزان خرج مصرفی قسمت‌های مختلف سینه کار تونل.....
- ۱۶۲-۴-۶- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل درجنس سنگ گروه الف و قطر چالهای.....
- ۱۶۲-۱-۴-۶- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش.....
- ۱۶۲-۲-۴-۶- محاسبه آرایش و تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل.....
- ۱۶۳-۳-۴-۶- آرایش چالهای قسمت محیط.....
- ۱۶۴-۴-۴-۶- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل.....
- ۱۶۵-۵-۴-۶- محاسبه حجم سنگ مورد عمل و میزان خرج مصرفی قسمت‌های.....
- ۱۶۶-۵-۶- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل درجنس سنگ گروه ب و قطر چالها.....
- ۱۶۶-۱-۵-۶- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش.....
- ۱۶۷-۲-۵-۶- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل.....
- ۱۶۸-۳-۵-۶- آرایش چالهای قسمت محیط.....
- ۱۶۸-۴-۵-۶- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل.....
- ۱۶۹-۵-۵-۶- محاسبه حجم سنگ مورد عمل و میزان خرج مصرفی قسمت‌های.....
- ۱۷۰-۶-۶- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل درجنس سنگ گروه ب و قطر چالها.....
- ۱۷۰-۱-۶-۶- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش.....
- ۱۷۱-۲-۶-۶- محاسبه آرایش چالهای قسمت پیشروی و کف تونل.....
- ۱۷۱-۳-۶-۶- آرایش چالهای قسمت محیط.....
- ۱۷۲-۴-۶-۶- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل.....
- ۱۷۳-۵-۶-۶- محاسبه حجم سنگ مورد عمل و میزان خرج مصرفی قسمت‌های.....
- ۱۷۴-۷-۶- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل درجنس سنگ گروه ب و قطر چالها.....
- ۱۷۴-۱-۷-۶- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش.....

- ۱۷۵-۶-۷-۲- محاسبه آرایش چالهای قسمت پیشروی و کف تونل.....
- ۱۷۵-۶-۷-۳- آرایش چالهای قسمت محیط.....
- ۱۷۶-۶-۷-۴- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل.....
- ۱۷۶-۶-۷-۵- محاسبه حجم سنگ مورد عمل و میزان خرج مصرفی قسمتهای.....

فصل هفتم : بررسی اقتصادی الگوهای طراحی شده برای ایجاد تونل به روش

چالزنی و آتشیاری

- ۱۷۸-۷-۱- مقدمه.....
- ۱۷۸-۷-۲- هزینه های حفاری.....
- ۱۷۸-۷-۲-۱- هزینه جامبو دریل هیدرولیکی.....
- ۱۸۳-۷-۲-۲- هزینه کمپرسور.....
- ۱۸۵-۷-۲-۳- هزینه دور بین نقشه برداری.....
- ۱۸۷-۷-۲-۴- هزینه های خرجگذاری و آتشیاری.....
- ۱۸۸-۷-۳- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده در جنس سنگ گروه الف و روابط نیترونوبل.....
- ۱۸۸-۷-۳-۱- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۲ میلیمتر.....
- ۱۹۰-۷-۳-۲- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۳۲ میلیمتر.....
- ۱۹۲-۷-۳-۳- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۸ میلیمتر.....
- ۱۹۳-۷-۴- بررسی اقتصادی الگوهای طراحی شده در جنس سنگ گروه الف و روابط انتقال.....
- ۱۹۳-۷-۴-۱- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۲ میلیمتر.....
- ۱۹۵-۷-۴-۲- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۳۲ میلیمتر.....
- ۱۹۶-۷-۴-۳- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۸ میلیمتر.....
- ۱۹۸-۷-۵- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده در جنس سنگ گروه ب و روابط نیترونوبل.....
- ۱۹۸-۷-۵-۱- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۲ میلیمتر.....
- ۱۹۹-۷-۵-۲- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۳۲ میلیمتر.....
- ۲۰۱-۷-۵-۳- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۸ میلیمتر.....
- ۲۰۲-۷-۶- بررسی اقتصادی الگوهای طراحی شده در جنس سنگ گروه ب و روابط انتقال.....
- ۲۰۲-۷-۶-۱- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۲ میلیمتر.....
- ۲۰۴-۷-۶-۲- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۳۲ میلیمتر.....
- ۲۰۵-۷-۶-۳- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۸ میلیمتر.....

فصل هشتم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۲۰۷.....	۱-۸- مقدمه
۲۰۷.....	۲-۸- بررسی الگوهای طراحی شده با استفاده از روابط نیترونوبل
۲۱۰.....	۳-۸- بررسی الگوهای طراحی شده با استفاده از روابط انتقال انرژی
۲۱۳.....	۴-۸- بررسی اقتصادی الگوهای طراحی شده
۲۱۷.....	پیشنهادات
۲۱۸.....	فهرست منابع
۲۱۹.....	پیوست

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱ - مقدمه

استفاده از فضای زیرزمین براساس نیاز انسان به این فضا جهت فعالیت‌های عمرانی، نظامی و صنعتی و بهره‌برداری از ذخایر با ارزش معدنی زیرزمین از دیرباز مورد توجه بوده است و همواره شاهد پیشرفت‌هایی در تکنولوژی حفر فضاهای زیرزمینی می‌باشیم.

یکی از روشهای حفر تونلها، روش چالزنی و آتشیاری می‌باشد. این روش که روش سنتی نیز نامیده می‌شود با وجود قدیمی بودن به لحاظ انعطاف‌پذیری و نیاز به سرمایه اولیه کمتر، همچنان مورد استقبال فراوانی می‌باشد.

هدف آتشیاری در پروژه‌های مختلف، متفاوت می‌باشد. در تونلها معمولاً پیشروی مناسب اصلی‌ترین هدف آتشیاری است.

انفجار مواد منفجره ممکن است پی‌آمدهای نامطلوبی را در تونل ایجاد کند که این پی‌آمدها عبارتند از: لرزش زمین، لرزش هوا، پرتاب سنگ و عقب‌زدگی.

با طراحی مناسب الگوی حفر چالها و توزیع مناسب مواد منفجره در سینه کار می‌توان این پی‌آمدهای نامطلوب را به حداقل رساند. طراحی حفر چالهای سینه کار تونلی معمولاً با استفاده از دو روش زیر انجام می‌شود:

الف - طراحی حفر چالها با استفاده از روابط تجربی نیترونویل.

ب- طراحی حفر چالها با استفاده از روابط تئوری انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ. در هر دو روش، بر اساس مشخصات تونل، جنس سنگ دربرگیرنده، نوع مواد منفجره مصرفی و امکانات و تجهیزات موجود در محل اقدام به طراحی می‌گردد.

۱-۲- اهمیت طراحی و ضرورت انجام تحقیق

حفاری تونل دسترسی مغانک با استفاده از روش چالزنی و آتشباری صورت می‌گیرد. از آنجا که طرح انتقال آب از سرشاخه‌های حوزه دز به حوزه قمرود به عنوان طرح ضربتی و به صورت طرح و اجرا در چهار قطعه به پیمانکاران واگذار شد، لذا مطالعات جامعی بر روی قسمت‌های مختلف طرح صورت نگرفته است و طراحی الگوهای حفر چالهای ارائه شده و بکار برده شده در این سایت به صورت تجربی و سعی و خطا توسط پیمانکار و شرکت مشاور تهیه می‌شود. بدین صورت که یک الگو برای قسمتی از سینه کار ارائه می‌شود و پس از اجرا آنقدر تغییرات در پارامترهای قطر چال و میزان خرج و موقعیت چال‌ها در سینه کار صورت می‌گیرد تا در سیکلهای متعدد بعدی به الگوی مناسب که بهترین پیشروی را حاصل کند، برسند.

نکته قابل ذکر در طراحی مذکور توجه خاص به پیشروی مورد نظر می‌باشد و از معایب آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- اجرای چندین بار عملیات چالزنی و آتشباری تا رسیدن به الگوی مورد نظر و صرف هزینه و وقت فراوان.

- عدم توجه به استفاده بهینه از مواد منفجره و چاشنی مورد نیاز و توزیع مناسب خرج در سینه کار (خرج ویژه).

- عدم توجه به تعداد و زاویه حفرچال‌های سینه کار (حفاری ویژه).

اهمیت طراحی حفر چالهای سینه کار تونل از آنجا ناشی می‌شود که ضمن کاهش هزینه‌های حفر چال و خرج مصرفی و در نتیجه کاهش هزینه حفر واحد طول تونل در کاهش هزینه‌های ناشی از نگهداری سقف و دیواره، بارگیری و حمل مواد استخراج شده، تهویه فضای زیرزمینی و کلیه فعالیت‌های یک سیکل پیشروی ارتباط مستقیمی دارد. همچنین طراحی درست چال‌های سینه کار تونل باعث بر جای گذاشتن دیواره ای صاف و ایمن پس از انفجار می‌شود که باعث می‌شود محیطی امن جهت فعالیت‌های زیر زمینی ایجاد گردد.

۱ - ۳ - موقعیت جغرافیایی طرح

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوزه آبریز سر شاخه‌های دز واقع در استان لرستان و همچنین بخشی از حوزه قمرود واقع در استانهای مرکزی و اصفهان را شامل می‌شود.

از دیدگاه جغرافیایی گستره طرح در مختصات جغرافیایی ۱۳° ۴۹° تا ۵۳° ۴۹° طول شرقی و ۰۲° ۳۳° تا ۱۸° ۳۳° عرض شمالی واقع شده است. انتقال آب از رودخانه‌های دره لکو، دره دزدان، دره دایی و انوج انجام خواهد گرفت.

دسترسی به رودخانه‌های مذکور از طریق جاده شول آباد (جنوب شهرستان الیگودرز واقع در جنوب شرقی استان لرستان) امکان پذیر می‌باشد. دورترین نقطه طرح (رودخانه دره لکو) از شهرستان الیگودرز حدود ۶۰ کیلومتر و خروجی تونل و سد کوچری در استان اصفهان به ترتیب حدود ۳۰ و ۸۰ کیلومتر از شهرستان گلپایگان فاصله دارند. موقعیت جغرافیائی طرح در شکل (۱) - (۱) آمده است [۱].



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیائی منطقه طرح انتقال آب از حوزه دز به حوزه قمرود. موقعیت تونل دسترسی

مغانک با دایره مشخص شده است [۲].

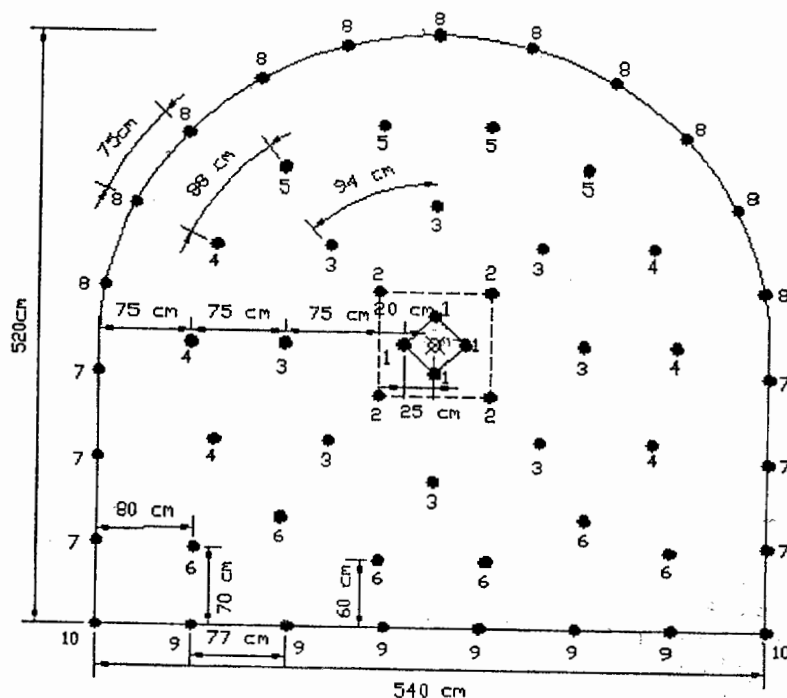
۱-۴- مروری بر مطالعات گذشته

از آنجا که عملیات اجرایی طرح قمرود در سال ۱۳۸۰ آغاز گردیده لذا مطالعاتی روی طراحی الگوی چالهای سینه کارهای قطعه دوم - که تونل مورد بحث در این قطعه واقع شده است- انجام نگردیده است.

الگوهای توسط شرکت مهندسی مشاور به شرکت پیمانکار ارائه می شود که به صورت تجربی و سعی و خطا بدست آمده و طراحی الگویی که بر اساس محاسبات مربوطه باشد انجام نگرفته است.

الگوی ارائه شده برای سینه کار تونل دسترسی مغانک در واحد سنگی با جنس سنگ آمفیبولیت شیست (گروه ب) در شکل (۲-۱) آورده شده است. این الگو تنها با هدف دسترسی به پیشروی مورد نظر ارائه شده است و سایر اهداف یک الگوی چالزنی تونلی مناسب لحاظ نگردیده که در این تحقیق از آن به عنوان یک الگوی راهنما استفاده شده است.

لازم به توضیح اینکه در گزارش ماهانه ارزیابی عملیات انجام شده نسبت به زمان در سایت مغانک که تونل دارای سطح مقطع ۲۵ متر مربع می باشد در پیوست ۱-۱ آمده است، خرج ویژه میانگین برابر $2/45 \text{ kg/m}^3$ بدست آمده است [۳].



شکل ۲-۱- آرایش چالها در الگوی طراحی شده سینه کار تونل دسترسی مغانک [۴].

جدول ۱-۱- مشخصات الگوی طراحی شده سینه کار تونل دسترسی مغانک [۴]

شماره	نوع چال حفر شده	تعداد چال	طول چال (m)	طول کل چالهای هر قسمت (m)	میزان خرج مصرفی در هر چال (m)	طول کل گل گذاری (m)	میزان خرج چالهای هر قسمت (kg)
۱	مرکزی	۱	۳/۳۰	۳/۳۰	—	—	—
۲	برش	۸	۳/۳۰	۲۶/۴	۳	۱/۵۱	۲۴
۳	دوربرش	۱۶	۳/۳۰	۵۲/۸۰	۲/۱۵	۲/۰۵	۳۴/۳
۴	کمک برش	۸	۳/۳۰	۲۶/۴	۲/۵۷	۱/۷۸	۲۰/۶
۵	کنتور سقف	۱۱	۳/۳۰	۳۶/۳	۲/۴۳	۱/۲	۲۶/۷
۶	کنتور دیواره	۶	۳/۳۰	۱۹/۸	۲/۴۳	۱/۵	۱۴/۶
۷	کف	۶	۳/۳۰	۱۹/۸	۳/۰۰	۱/۲	۱۸
۸	گوشه کف	۲	۳/۳۰	۶/۶	۳/۴۳	۱/۲	۶/۹
	جمع	۵۸	—	۱۹۱/۴	—	—	۱۴۵/۱

جدول ۲-۱- خلاصه پارامترهای موثر در طراحی الگوی ارائه شده [۴]

پارامتر	مقدار
قطر چال	۰/۰۴۵m
حفاری ویژه	$۲/۳۲ \text{ m}^3/\text{m}^3$
خرج ویژه	$۱/۷۶ \text{ kg}/\text{m}^3$
پیشروی	۳m
تعداد چال	۵۸

فصل چهارم اختصاص به بررسی طراحی الگوی حفر چالهای سینه کار تونلی به دو روش مرسوم استفاده از روابط نیترونوبل و استفاده از روابط انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ یافته است.

فصل پنجم به طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل مورد بحث با استفاده از روابط نیترونوبل پرداخته شده است. در این فصل برای دو واحد سنگی در بر گیرنده مقطع طولی تونل بر اساس چالهای با قطر متفاوت طراحی الگوی چالها انجام شده است.

در فصل ششم به طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل مورد بحث با استفاده از روابط تئوری انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ پرداخته می‌شود. در این فصل نیز برای دو واحد سنگی در بر گیرنده مقطع طولی تونل بر اساس چالهای با قطر متفاوت طراحی الگوی چالها انجام شده است.

در فصل هفتم الگوهای طراحی شده مورد بررسی اقتصادی قرار گرفته و هزینه‌های مربوط به اجرای هر الگو محاسبه شده است.

در فصل هشتم الگوهای طراحی شده مورد مقایسه کلی قرار گرفته و پارامترهای موثر در الگوی حفاری و آتشباری تونلها که خرج ویژه، حفاری ویژه و هزینه مربوط به اجرای هر الگو - که مهمترین پارامتر می باشد - با هم مقایسه شده و مناسبترین الگو انتخاب شده است و در نهایت نتیجه‌گیری انجام شده و پیشنهاداتی ارائه شده است.

فصل دوم

سیمای کلی پروژه انتقال آب از سر شاخه های دز به

قمرود

۲_ ۱_ مقدمه

منابع آب ایران به طور عمده در مناطق غرب، جنوب غربی و شمال ایران جریان دارد. مناطق مرکزی و شرقی ایران از این منبع حیاتی چندان بهره ای ندارند. همین امر باعث شده است که کمبود آب مورد نیاز شهری با کیفیت مناسب از دیر باز از مسائل عمده شهر های ایران مرکزی و شرقی ایران باشد و لزوم انتقال بین حوضه ای آب مطرح گردد.

یکی از این طرحها انتقال آب از سر شاخه های حوزه دز به ایران مرکزی می باشد. ضرورت انتقال آب به شهرهای ایران مرکزی از اینجا ناشی می شود که افزایش و تمرکز جمعیت در این شهرها طی چند دهه گذشته فراتر از قابلیت های آب قابل دسترس بوده است. با توجه به این که در آینده هیچگونه منبع آب دیگری در ایران مرکزی وجود ندارد، تنه راه حل تا مین آب شرب شهرهای ایران مرکزی انتقال آب از حوزه دز به حوزه قمرود می باشد. در غیر این صورت شهر های موجود در گستره طرح در تنگنای بی آبی قرار گرفته و می تواند در آینده مشکل آفرین باشند.

لازم به تذکر است که مطالب این فصل از منبع ۱ اقتباس شده است.

۲_۲_ هدف طرح

هدف طرح، مطالعه و انجام طرح تامین نیازهای آب شرب دراز مدت شهرهای خمین، گلپایگان، محلات، دلیجان و قم و همچنین تخصیص مقداری از آب انتقال یافته به صنعت برای جبران کمبود روزافزون آب شهرهایی که از رشد جمعیت بالایی برخوردارند، در نظر گرفته شده است. در حال حاضر نیاز آبی شهر های مورد بحث عمدتاً از طریق منابع آب زیر زمینی وسد پانزده خرداد تامین می شود.

بهره برداری از این منابع با توجه به رشد روز افزون جمعیت شهری بیش از امکانات و قابلیت بهره برداری از منابع آب زیر زمینی است. این مسئله در آینده حادثر نیز خواهد شد و تخصیص مجدد منابع آبی به بخشهای مختلف مصرف، اجتناب ناپذیر است. در این تخصیص می توان انتظار داشت که از سهم بخش های اقتصادی بخصوص کشاورزی کاسته شود تا نیاز شرب تامین گردد.

علاوه بر این، برداشت بیش از ظرفیت منابع آب زیر زمینی، آبخوان را تحلیل برده بطوریکه در سالهای آینده باید انتظار خشک شدن لایه اشباع و به تبع آن هجوم آب شور از کویر به طرف آبخوان و کاهش ذخیره سازی آن و در نهایت به خطر افتادن بقاء کانونهای جمعیتی شهری را داشت. بنابراین با انتقال آب به منطقه طرح (محل مصرف) انتظار می رود که از کاهش سهم کشاورزی و شور شدن آبخوان ممانعت شود.

از اهداف و ثمرات مهم طرح مذکور می توان به موارد ذیل اشاره نمود :

- تامین نیازهای آبی دراز مدت شهرها ی قم، دلیجان، محلات، خمین و گلپایگان از منابع آب از سرشاخه ها تنها راه حل قابل پیش بینی برای جبران روز افزون کمبود آب شهرهایی است که از رشد جمعیت سریعی برخوردار می باشند.
- با توجه به لزوم اجرای ساختمان تاسیسات گسترده و تونل های بلند انتقال آب حوزه به حوزه به شهر های مورد نظر، هزینه سرمایه گذاری بالا خواهد بود. لذا در مطالعات طرح

رودخانه دره دزدان منتقل می نماید. با توجه به مطالعات برنامه ریزی منابع آب ظرفیت این تونل برابر ۳ متر مکعب در ثانیه انتخاب شده است. با احداث یک بند انحرافی بر روی رودخانه دره لکو آورد این رودخانه از ساحل چپ و از رقوم ۲۲۳۵ متر از سطح دریا به سمت رودخانه دره دزدان هدایت می شود. خروجی تونل مذکور در رقوم ۲۲۲۵ متر از سطح دریا خواهد بود. مجموع دبی های رودخانه دره دزدان و جریانهای منتقل شده از دره لکو با تونلی به ظرفیت ۱۵ متر مکعب در ثانیه بطرف رودخانه دره دایی هدایت می گردد.

رقوم دهانه ورودی در این بخش ۲۲۰۵ متر از سطح دریا و رقوم دهانه خروجی که در آبراهه منتهی به رودخانه دره دایی واقع است، معادل ۲۱۹۳ متر از سطح دریا خواهد بود.

طول تونل بر اساس نقشه های موجود ۲۱۷۰ متری باشد. جریان ورودی به رودخانه دره دایی و آورد رودخانه مذکور با تونلی به ظرفیت ۱۵ متر مکعب در ثانیه از رقوم ۲۰۷۵ متر از سطح دریا به طرف رودخانه انوج منتقل می گردد. باتوجه به احتمال وقوع کارست و لایه های آبدار در این محدوده سعی گردیده تا مسیر تونل از محدوده چشمه ماهیچال دور گردد. خروجی تونل در مجاورت روستای گلپهار و در رقوم ۲۰۶۲ متر از سطح دریا خواهد بود. بدین ترتیب طول تونل مورد بحث برابر ۹۲۳۱ متر می باشد. مجموع دبی های چهار رودخانه دره لکو، دره دزدان، دره دایی و انوج با تونلی به ظرفیت ۲۳ متر مکعب در ثانیه به سمت رودخانه قمرود منتقل می شود. رقوم ورودی این تونل معادل ۲۰۶۰ متر از سطح دریا و خروجی تونل در بالادست سد گلپایگان و در رقوم ۲۰۳۰ متر از سطح دریا می باشد. در این گزینه طول تونل حدود ۲/۳۶ کیلومتر می باشد.

برای تنظیم آب انتقال یافته از حوزه دز، در پائین دست سد گلپایگان، سد کوچری در نظر گرفته شده است که بتواند آب شرب شهرهای مورد نظر را با ۹۸ درصد تضمین نماید.

۲-۵_ اطلاعات پایه منابع آب

۲-۵-۱_ هواشناسی

رودخانه های دره لکو، دره دزدان، دره دایی و انوج از سرشاخه های حوزه آبریز رودخانه بختیاری می باشد. بخش عمده این حوزه کوهستانی است. بر طبق محاسبات انجام شده در حوزه های آبریز رودخانه های دره لکو، دره دزدان، دره دایی، ایستگاه کاظم آباد (انوج)، ایستگاه قلیان و حوزه میانی، ارتفاع متوسط بارندگی سالانه به ترتیب معادل ۱۰۵۱، ۱۰۱۴، ۸۵۸، ۵۸۴، ۹۶۶، ۹۳۶ میلیمتر می باشند.

در محل گزینه پیشنهادی دره دزدان متوسط دمای سالانه معادل ۹ درجه سانتیگراد، متوسط سالانه تبخیر از سطح آزاد آب حدود ۱۴۱۳ میلیمتر، متوسط سالانه رطوبت نسبی حدود ۵۲ درصد و حداکثر بارندگی ممکن ۲۴ ساعته به روش آماری معادل ۴۹۸ میلیمتر برآورد شده است.

۲-۵-۲- هیدرولوژی

بر اساس مطالعات انجام گرفته خصوصیات آبدهی حوزه های مورد مطالعه به شرح جدول ۱-۲ می باشد.

جدول شماره ۱-۲- خصوصیات آبدهی حوزه های مورد مطالعه

حداکثر سیلاب ده هزار ساله		آبدهی متوسط طویل المدت (cms)	طول رودخانه (km)	سطح حوزه (km)	پارامترها حوزه آبریز
یک روزه	لحظه ای				
۸۵	۱۲۰	۴/۵۰۳	۳۸	۴۸۰	کاظم آباد
۴۰	۶۰	۱/۸۹۵	۲۰	۷۸	دره دایی
۶۵	۹۵	۵/۱۰۹	۳۹	۱۷۸	دره دزدان
۳۰	۴۰	۱/۱۹۵	۱۴،۵	۴۰	دره لکو

مطالعات هیدرولوژی مذکور به منظور تعیین پتانسیل آبی، میزان رسوب با دوره برگشت های مختلف و کیفیت شیمیائی آب در محل ساختگاه ها به انجام رسیده است. کیفیت شیمیائی آب در حوزه های آبریز محدوده مطالعاتی از نظر شرب در کلاس خوب رتبه بندی شده است.

۲ _ ۶ _ مشخصات اجزاء سیستم انتقال آب از حوزه دز به حوزه قمرود

خلاصه مشخصات اجزاء سیستم انتقال آب از حوزه دز به حوزه قمرود به شرح ذیل می باشد.

۲ _ ۶ _ ۱ _ بند انحرافی دره لکو :

ارتفاع سرریز از کف رود خانه.....۲/۵ متر

طول سرریز ۳۰ متر

ظرفیت سرریز..... ۱۳۵ متر مکعب در ثانیه

ظرفیت سیستم تخلیه رسوبات..... ۲۰ متر مکعب در ثانیه

ظرفیت دهانه آبگیر..... ۳ متر مکعب در ثانیه

آب دره لکو از بند مذکور توسط تونلی به طول حدود ۶/۱ کیلومتر و با قطر داخلی ۲/۵ متر و با ظرفیت ۳ متر مکعب در ثانیه به دره دزدان منتقل می گردد.

۲ _ ۶ _ ۲ _ بند انحرافی دره دزدان

ارتفاع سرریز از کف رود خانه..... ۳ متر

طول سرریز..... ۴۰ متر

ظرفیت سرریز..... ۳۵۰ متر مکعب در ثانیه

ظرفیت سیستم تخلیه و رسوبات..... ۴۰ متر مکعب در ثانیه

ظرفیت دهانه آبگیر..... ۱۵ متر مکعب در ثانیه

مجموع آب دره لکو و دره دزدان از بند مذکور توسط تونلی به طول حدود ۲/۲ کیلومتر و با قطر داخلی ۲/۵ متر و با ظرفیت ۱۵ متر مکعب در ثانیه به دره دایی منتقل می گردند.

۲ _ ۶ _ ۳ _ بند انحرافی دره دایی

ارتفاع سرریز از کف رود خانه..... ۴ متر

طول سرریز..... ۳۰ متر

ظرفیت سرریز..... ۲۱۵ متر مکعب در ثانیه

ظرفیت سیستم تخلیه و رسوبات..... ۴۰ متر مکعب در ثانیه

ظرفیت دهانه آبگیر..... ۲۰ متر مکعب در ثانیه

مجموع آب سه رودخانه مذکور (دره لکو، دره دزدان و دره دایی) توسط تونلی به طول حدود ۱۱ کیلومتر و با قطر داخلی ۳/۳ متر و با ظرفیت ۱۵ متر مکعب در ثانیه به رودخانه انوج منتقل می شوند.

۲ _ ۶ _ ۴ _ بند انحرافی انوج

ارتفاع سرریز از کف رودخانه ۴ متر

طول سرریز ۴۵ متر

ظرفیت سرریز ۴۱۰ متر مکعب در ثانیه

ظرفیت سیستم تخلیه رسوبات ۵۰ متر مکعب در ثانیه

ظرفیت دهانه آبیگیر ۳۰ متر مکعب در ثانیه

مجموع آب چهار رودخانه فوق الذکر توسط بند انحرافی انوج به داخل تونل بلند انتقال آب انوج به قمرود هدایت می گردد.

۲ _ ۶ _ ۵ _ تونل بلند انوج به قمرود

این تونل مجموع آب چهار رودخانه فوق الذکر را به حوزه قمرود منتقل می کند. طول این تونل ۰/۷۵ + ۳۵ کیلومتر، قطر داخلی ۳/۷ متر و با ظرفیت ۲۳ متر مکعب در ثانیه در دست طراحی و اجرا است. با توجه به طول بلند و زمان اجرای طولانی، مقرر گردید که اجرای تونل مذکور به صورت طرح و اجرا در اولویت قرار گرفته و در چهار قسمت به پیمانکاران مختلف واگذار گردد تا در زمان اجرا سریع به بهره برداری برسد.

مناقصه این تونل در سال ۱۳۸۰ در چهار قطعه برگزار گردید. اجرای قطعه اول به طول ۰/۹۴۰ + ۸ کیلومتر به شرکت پیماب واگذار گردید. قطعه دوم به طول ۰/۶۰ + ۹ کیلومتر به شرکت بین المللی

استراتوس و قطعه های سوم و چهارم بصورت توام به طول $0/750 + 17$ کیلومتر به قرار گاه سازندگی خاتم الانبیا (ص) واگذار گردید. حفاری این تونل به صورت حفاری سنتی، رودهدر^۱ و دستگاه ماشین حفار پیوسته و بتن پاشی درجا و قطعات پیش ساخته خواهد بود. رقوم ورودی تونل ۲۰۵۹ و خروجی آن ۲۰۱۱ متر از سطح دریا می باشند.

۲ - ۶ - ۶ - سد کوچری

سد مخزنی کوچری برای تنظیم جریانات قابل انتقال از حوزه دز پیشنهاد گردید تا آب شرب شهر های مورد نظر را در دراز مدت با ضریب اطمینان ۹۸٪ بتواند تامین نماید. با توجه به فقدان محل مناسب برای احداث سد در منطقه، مناسبترین محل برای ذخیره آبهای قابل انتقال از سر شاخه های دز در تنگه دربند واقع در حدود ۸ کیلومتری جنوب غربی گلپایگان در نزدیکی روستای کوچری انتخاب شده است.

جنس سنگهای در برگیرنده محل سد آهک و ماسه سنگ می باشد. در بستر رودخانه نهشته هایی آبرفتی با ضخامتی حدود ۲۵ متر سنگ بستر را می پوشانند، نفوذ پذیری سنگ بستر به طور متوسط ۴۵ واحد لوژن ثبت گردیده است.

نفوذ پذیری ماسه سنگها کمتر از آهکها است. نهشته های آبرفتی دارای نفوذپذیری به مقدار $0/0004$ سانتیمتر بر ثانیه دارند. گستره مخزن عمدتاً از شیل، فیلیت همراه با نازک لایه هایی از سیلتستون و ماسه سنگ تشکیل یافته است. مصالح ساختمانی موجود در محل و مورفولوژی محل سد از عواملی هستند که مطالعات را به طرف طراحی یک سد خاکی با استفاده از مصالح دانه درشت محلی با هسته رسی هدایت نموده اند. مصالح درشت دانه به مقدار کافی برای پوسته سد (خاکریز های بالادست و پائین دست) با مشخصات قابل قبول در بستر رودخانه و در بالا دست محل سد وجود دارد.

¹-Roadheader

سرریز و تونل انحراف در ساحل راست در نظر گرفته شده اند.

مشخصات سد کوچری به شرح زیر می باشد:

نوع سد خاکی با هسته رسی

تراز تاج دریا ۱۹۲۱/۵ متر از سطح دریا

ارتفاع ۵۸ متر

طول تاج ۴۰۰ متر

عرض تاج ۹ متر

حجم کل خاکریز ۱/۹۴ میلیون متر مکعب

سرریز نیلوفری با تونل تخلیه

حجم مخزن $۱۰^۶ \times ۱۵۸$ متر مکعب

سیلاب ده هزار ساله ۲۱۰۰ متر مکعب در ثانیه

فصل سوم

زمین شناسی طرح و تونل دسترسی مغانک

۳-۱- زمین شناسی عمومی

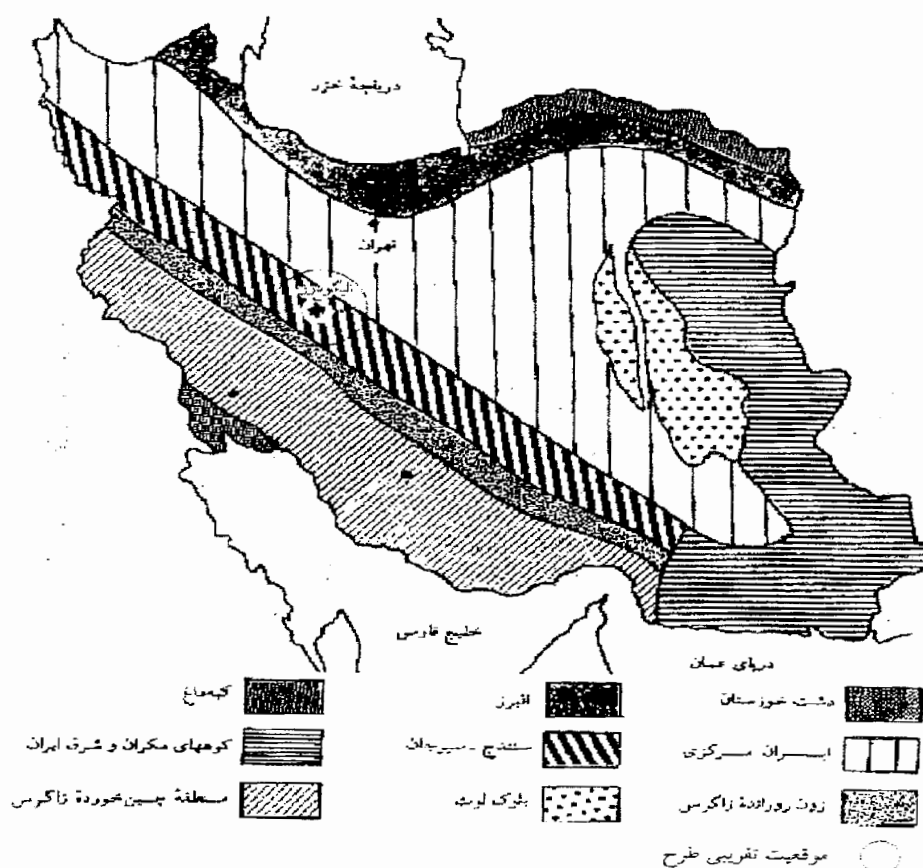
۳-۱-۱- مقدمه

مسیر تونل انتقال آب انوج به قمرود از دیدگاه زمین شناسی و بنابر تقسیمات ساختمانی ایران از نظر اشتوکلین و روتنر قسمتی از ناحیه سنندج - سیرجان می باشد (شکل ۳-۱). ویژگی زمین شناسی این ناحیه به شرح زیر می باشد:

این منطقه که به عقیده برخی زمین شناسان بخشی از زاگرس است در شمال شرقی روراندگی زاگرس قرار گرفته است. این ناحیه از نظر تاریخچه ساختاری به ایران مرکزی شباهت زیادی دارد و دگر شیب های شدید دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک ایران مرکزی کم و بیش در این منطقه نیز دیده می شود که هیچ کدام از آنها در زاگرس وجود ندارد. نبود سازنده های آتشفشانی دوران سنوزوئیک و همچنین تشابه روند کلی این منطقه با روند زاگرس، آن را از ایران مرکزی جدا می کند.

فعالیت ماگمایی به صورت توده های گرانیتی نفوذی در اواخر دوران مزوزوئیک و اوایل دوران سنوزوئیک در هر دو منطقه ایران مرکزی و سنندج - سیرجان وجود داشته است، ولی دگرگونی حرارتی و حرکتی دوران مزوزوئیک تا اندازه ای به ویژگی های این منطقه مربوط است.

سنگ های دگرگونی این منطقه را با رخساره آمفیبولیت، گینس، کیانیت و آمفیبولیت شیست و مرمر به پرکامبرین نسبت داده اند، ولی ممکن است بخش بالایی این رخساره ها تا پالئوزوئیک پیشین نیز ادامه داشته باشد.



شکل ۳-۱- نقشه شماتیک تقسیم بندی ساختار زمین شناسی ایران از نظر اشتوکلین و روتنر [۵]

رسوبات بعد از پرمین در این منطقه کم و بیش به رسوبات ایران مرکزی شبیه هستند، ولی در پرمین سنگ های شیلی بیشتر است و همراه آنها سنگهای آتشفشانی نیز تشکیل شده اند. فعالیت های آتشفشانی قبل از ائوسن در این منطقه گسترش زیادی دارند و بویژه در نواحی اقلید و اسفندقه دیده می شود.

بطور کلی آثار فعالیت ماگمایی را در این منطقه می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- گرانیت های ناحیه حاجی آباد کرمان مربوط به قبل از تریاس
- توده های نفوذی اسیدی نواحی حاجی آباد، سیرجان، بروجرد و همدان که اغلب به صورت گرانیت و دیوریت هستند و به شکل با تولیت های کوچک و بزرگ دیده می شوند.
- گرانیتهای نواحی ده سرد (جنوب شرقی کوشک) و گابروی ناحیه اسفندقه که در مجموع به تریاس نسبت داده می شوند.
- گرانیت و دیوریت هایی که به فاز کوهزایی و چین خوردگی لارا مید مربوط است و به حالت باتولیت و غیره تشکیل شده اند، مانند باتولیت الوند و نواحی مجاور چون بروجرد، الیگودرز و نواحی جنوبی سیرجان.

چنانکه بیان شد فعالیت های آتشفشانی اغلب در زمانهای قبل از دوران سنوزوئیک رخ داده است و نواحی مختلفی از این منطقه را در بر می گیرد. برای مثال سنگ های آتشفشانی بازیک که به سیلورین-دونین مربوط است از ناحیه حاجی آباد گزارش شده و همچنین در حاجی آباد، اقلید، گلپایگان و مریوان سنگهای بازیک و اسیدی پرمین دیده شده است.

سنگهای آتشفشانی بازیک در دوره ژوراسیک از نواحی اسفندقه، اقلید و توف از نواحی گلپایگان گزارش شده است. سنگهای آتشفشانی بازیک کرتاسه در نواحی حاجی آباد، گلپایگان و سنندج گسترش

زیادی دارند، ولی درائوسن و ا لیگوسن این سنگها به مقدار جزئی در ناحیه اسفندقه و حاجی آباد مشاهده می شود.

از نظر فعالیتهای دگرگونی، منطقه سنندج - سیرجان بسیار فعال بوده است و سنگهای دگرگونی به طور فراوان در برونزدگیهای نواحی اسفندقه، حاجی آباد، اقلید، آباءه، اصفهان، الیگودرز، همدان و مریوان وجود دارد.

با توجه به فعالیتهای کوهزایی، پدیده های دگرگونی موجود در منطقه سنندج - سیرجان را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

_ دگرگونی آسینتیک (کاتانگایی)، که از رخساره های آمفیبولیت تشکیل شده است که تنها در نواحی اسفندقه - گلپایگان دیده می شود.

_ دگرگونی کالدونین، با رخساره های شیست سبز تا بالای آمفیبولیت که در نواحی اسفندقه و اقلید وجود دارد.

_ دگرگونی سیمین پیشین، که با رخساره شیست سبز مشخص شده و با فعالیت ماگمائی همراه بوده است.

_ دگرگونی لارامیدی، داری رخساره های بالای شیست سبز که بیشتر در نواحی گلپایگان، همدان و سنندج گسترش دارد. در همین فاز دگرگونی فشار زیاد سبب شده است در سنگهای آمیزه رنگین دگرگونی رخ دهد و گلوکوفان شیست به وجود آید. در هاله سنگهای نفوذی دگرگونی مجاورتی نیز دیده می شود. به طور کلی میتوان گفت که منطقه سنندج - سیرجان کمربندی از سازنده های دگرگونی می باشد که اصولاً در تریاس پایانی (فاز کوهزایی سیمین پیشین) شکل گرفته اند.

مرز شمالی منطقه سنندج - سیرجان امتداد فرورفتگی هایی^۱ نظیر سیرجان - گاوخونی (به طول ۶۸۰ کیلومتر) و فرورفتگی اراک (کویر توزلو) و همچنین دشت های کواترنری نواحی اصفهان - بیجار است. مرز شرقی این منطقه با فرورفتگی جازموریان به صورت یک گسل راست گرد است که احتمالاً می تواند دنباله جابجا شده گسل میناب یا گسل نایبید باشد. لازم به ذکر است که مطالب این فصل از منبع ۵ اقتباس شده است.

۳-۱-۲ - سنگ چینه شناسی عمومی گستره طرح

گستره طرح بخشی از چهار گوش زمین شناسی الیگودرز را شامل می شود. این چهار گوش گستره طرح همانطور که بیان شد در ناحیه سنندج - سیرجان واقع شده است. زون سنندج - سیرجان در گستره چهار گوش الیگودرز از شمال خاوری به جنوب باختری به سه زون فرعی تقسیم می شود، این نواحی عبارتند از:

الف - زون مزوزوئیک داخلی

ب - زون بلندیهای دیرین میانی

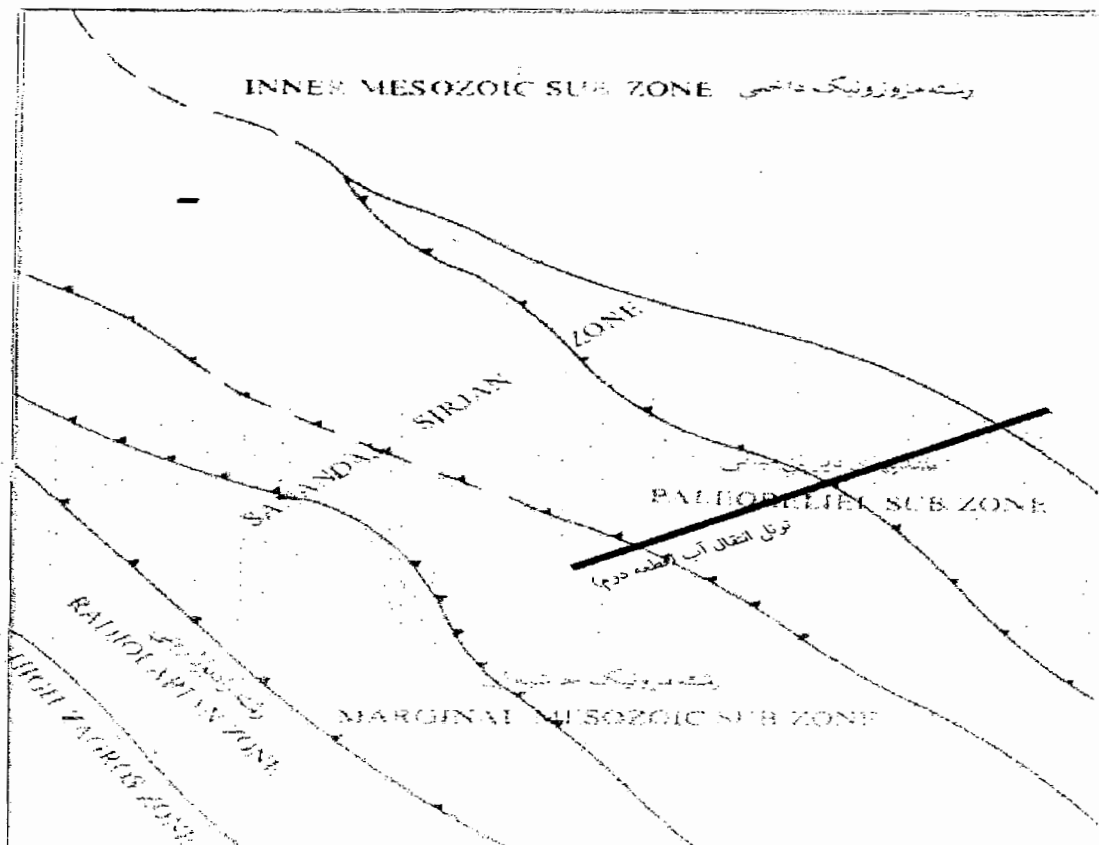
ج - زون مزوزوئیک حاشیه ای.

ویژگی زون مزوزوئیک داخلی گسترش اسلیت های تریاس - ژوراسیک و جایگزینی توده های گرانیتوئیدی است.

اما زون فرعی دوم (زون بلندیهای دیرین میانی) که بخش عمده قطعه دوم تونل انتقال آب از انوح به قمرود در آن قرار دارد با حضور سنگهای دگرگونی پرکامبرین و پالئوزوئیک پائینی مانند شیست ها، اسلیت ها، آمفیبولیتها، آمفیبولیت شیست ها، متادولومیت ها و ... مشخص می شود.

^۱ .depressions

زون فرعی سوم با ادامه رسوب گذاری از ژوراسیک تا کرتاسه و رخساره های این رسوب گذاری مشخص می شوند. بر اساس نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ سازمان زمین شناسی حد فاصل این سه زون فرعی گسله می باشد.



شکل ۳-۲- وضعیت زونهای فرعی گستره چهار گوش الیگودرز و موقعیت قطعه دوم تونل انتقال آب [۵].

باید خاطر نشان شود که از بین گسله های ذکر شده فقط اثراتی از گسل مغانک در بررسیهای صحرائی و عکس های هوایی به دست آمده و از سایر گسله ها نشانی دیده نشده است .

قطعه دوم تونل پیش اشاره در این سه زون فرعی گسترش دارد. چون کهنترین سنگ ها در زون فرعی بلندیهای دیرین میانی برونزد دارد و بخش اصلی قطعه دوم تونل قمرود از این ناحیه عبور می کند ، نخست به شرح آن اقدام شده است .

۳-۱-۲-۱- زون فرعی بلندی های دیرین میانی

الف- پر کامبرین- کامبرین

در این زون فرعی که بیشترین پهناى آن ۱۲ کیلومتر و درازایش حدود ۵۰ کیلومتر است سنگ های دگرگونی به شرح زیر در آن رخنمون دارند :

میکا شیست ها: میکا شیست ها تقریبا قسمت عمده نهشته های دگرگونی را تشکیل می دهند و بیشتر در بخش پایانی این ردیف ها جای دارند. از نظر ریخت شناسی این سنگها معمولا به صورت تپه ماهور بوده و توپوگرافی آرامی پدید آورده اند (از کیلومتراژ ۹۶۰ + ۸ تا ۹۵۰ + ۱۰ تونل انتقال آب). این سنگها در زیر میکروسکوپ از کانی های کوارتز، فلدسپات، مسکوویت و بیوتیت تشکیل شده اند. همراه این سنگ ها لایه هایی از مرمر آمفیبولیت و گنایس دیده می شود.

مرمرها: این واحد شامل لایه هایی از آهک و دولومیت می باشد. آهک ها معمولا سفید رنگ و درشت دانه بوده و دارای بلورهای سربیسیت و مسکوویت اند. در صورتی که دولومیت ها اغلب در سطح هوازده کرمی تا قهوه ای رنگ بوده و دارای نوارهایی از چرت می باشند.

در شمال خاوری روستای شمس آباد ضخامتی از این نهشته ها دیده می شوند که بیشتر چین خورده بوده و در افقهایی که ناخالصی رس وجود داشته کانیهای میکائی (اغلب مسکوویت و سربیسیت) پدیدار شده است. همچنین در آهک ها عدسی هایی از اپیدوت و آمفیبول دیده می شوند که گهگاه به آهن

آغشته اند. این عدسی ها که به شدت چین خورده اند از چند سانتیمتر تا حد اکثر چند دسی متر طول دارند. افزون بر برونزد یاد شده در شمال روستای تیران واقع در جنوب روستای چمن سلطان و همچنین در جنوب روستای عبدل آباد نیز ضخامتی از این مرمرها حضور دارند. در این جا بخشی از این نهشته ها به صورت تالک شیست درآمده اند.

رخساره دیگری از این نهشته ها در شرق روستای عبدل آباد و نیز در شمال روستای آب باریک بالا (گردنه آب باریک) دیده می شود که همانندی تام با سازند سلطانیه و باروت دارند (کیلومتر^۲ ۹۶۰ + ۱۰ تا ۵۰۰ + ۱۲ تونل انتقال آب و متر^۲ ۸۰۰ تا ۱۸۰۰ تونل دسترسی مغانک، بطور متناوب با آمفیبولیت شیستها).

کوارتزیت: گسترده ترین برونزد از این سنگها در خاور روستای علی آباد (واقع در جنوب باختری چمن سلطان) به چشم می خورد. در اینجا ضخامتی در حدود ۵۰ تا ۱۰۰ متر کوارتزیت ریز دانه و نازک لایه وجود دارد. این سنگها در سطوح هوازده به رنگ خاکستری متمایل به آبی تاسبز روشن بوده و اغلب دارای بلورهای ریز سربیسیت می باشند.

پی این نهشته ها در محل یاد شده با رسوبهای کوارتز پوشیده شده است و به سوی بالا با تناوبی از مرمر و کوارتزیت پایان می پذیرد. این سنگها در محل های دیگر از جمله شمال روستای باوکی و نیز جنوب برناباد برونزد دارند. در زیر میکروسکوپ این سنگها از بلورهای ریز کوارتز که به صورت کشیده دنبال یکدیگر قرار گرفته اند، درست شده و دارای پیوند دندانه ای می باشند. رشته هایی از میکای سفید و سیاه نیز در این سنگها دیده می شوند.

ب _ متاولکانیک ها

این سنگها را با یک دید کلی می توان به دو بخش عمده تقسیم نمود. سنگهای ولکانیکی دگرگون شده اسید و سنگهای ولکانیکی دگرگون شده میانه تا بازیک. با توجه به موقعیت چینه ای آنها به نظر می رسد که فاز بازیک مقدم بر فاز اسید بوده است.

متاولکانیکهای اسید: این سنگها در سطح هوازده اغلب صورتی کم رنگ و گاه متمایل به قرمز می باشند. برونزد هایی از این گونه سنگها در پیرامون روستای باوکی، برناباد، لمیس و عسگران دیده می شود. این سنگها در زیر میکروسکوپ دارای بافت پورفیروبلاستیک، تا شیستوز بوده و فنوبلاست ها اغلب از نوع کوارتز و پلاژیو کلازها سریسیتیزه شده با ترکیب اسید و کمی فلدسپات آلکالین می باشد. بافت زمینه سنگ فلسطیک تا شیستوز بوده و از کوارتز، سریسیت و مسکویت تشکیل شده است (از کیلومتر از ۹۰۰+۱۴ تا ۷۰۰+۱۵ تونل انتقال آب).

متاولکانیکهای میانه تا بازیک: این سنگها امروزه دگرگون گردیده و به آمفیبولیت تبدیل شده اند. **آمفیبولیتها:** این سنگها بیشتر به صورت عدسی های کم وسعت و لایه های ناپیوسته ای است که همراه با مرمرها و شیستها برونزد دارند. بیشترین رخنمون از این سنگها در جنوب شرقی چمن سلطان تظاهر می نمایند. در نمونه های دستی این سنگها کم و بیش شیستوزیته داشته و در حالات خاص در اثر جدایش کانیهای تیره از کانیهای روشن سنگ یک حالت لیتاز مبهم پیدا نموده است. در زیر میکروسکوپ اکثراً دارای نماتوبلاست تا گرونوبلاست می باشند، کانیهای اصلی آنها را بلورهای نیمه رخ دار تا تیغه ای تشکیل می دهند که در زمینه ای از کوارتز و فلدسپات قرار دارند. آمفیبولیتها بیشتر سبز رنگ بوده و قسمت عمده آنها از نوع هورنبلند می باشد. ترمولیت و اکتینوت و همچنین پیستاسیت، زوئیزیت و

کلینوزوئیزیت در میان آنها وجود دارند. در این سنگها به ندرت کلریت دیده میشود. پیدایش کلریت نتیجه دگرسانی آمفیبولیتها است.

ویژگیهای میکروسکوپی این سنگها نشان می دهد که سنگ مادر آنها خاستگاه آذرین داشته و به سخن دیگر آمفیبولیتها از نوع پارا آمفیبولیتها می باشند.

گنایس: در میان شیستها، عدسی هایی از گنایس وجود دارند که اغلب سنگ زاینده آنها ولکانیکی است و به سخن دیگر پاراگنایس میباشد. در شمال خاوری باوکی برونزدی از این پارا گنایسها دیده می شود که به علت داشتن اورتوز زیاد گمان می رود سنگ زاینده آن گرانیات آلکالن می باشد .

متادیوریت ها: متادیوریت ها که در کیلومتر ۱۶+۶۰۰ تا ۱۶+۸۰۰ تونل اصلی و متراژ ۱+۱۲۰ تا ۱+۳۲۰ تونل دسترسی عسگران بزوزد دارند نیز بعلت داشتن اورتوز فراوان منشأ آذرین داشته و احتمال سنگ زاینده آن دیوریتها یا گرانیتهای آلکالن می باشد.

ج _ مزوزوئیک ، تریاس

در جنوب خاوری روستای آب باریک و نیز در شرق روستای ازنا واقع در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان الیگودرز برونزدی از سنگهای تریاس دیده میشود. این سنگها اساساً سنگ آهک های سفید رنگ بلورین و نیز توف و گدازه های آندزیتی و متادیوریتها می باشند. مرز زیرین این رسوبها یا در معرض دید قرار نمی گیرد و یا آنکه به صورت گسله آنها را در مجاورت با دیگر نهشته ها قرار می دهد. به سمت بالا (جوانتر شدن) دوباره در سنگ آهک ها، گدازه (اغلب با ساخت بالشی) و پس از آن شیل های سیاه رنگ پدیدار می گردد. این رسوبها پهنه گسترده ای را شامل می شوند چنانکه تا مرز شرقی منطقه

ادامه می یابند. به علت شدید بودن تکتونیک پیوندهای نخستین بهم ریخته است، ولی به نظر می رسد که سنگهای ولکانیکی بخش پائین را ساخته باشند.

به هر حال ساختار موجود حکایت از وجود تاقدیسی می نماید که محورش به سوی شمال باختری شیب دارد. در اشکوبهای سنگ آهکی افزون بر صدف دو کفه ای ها، ساقه های کرینوئید و نیز بازمانده های مرجانها و کنودونتهای^۲ ریز که توسط ب. حمدی تشخیص داده شده است زمان تریاس میانی را محرز می دارد. در این سنگ آهک ها افزون بر کنودونت فسیل آمونیت نیز یافت می شود. آمونیتها بیشتر به علت آنکه خوب حفظ نشده اند در خور شناسایی در حد گونه نمی باشند. با وجود این دو گونه از آن خانواده ها متعلق به تریاس میانی _ بالای شناسایی شده اند و از این رو می توان این رسوبات را به تریاس میانی نسبت داد.

د _ ژوراسیک

نهشته های این دوره در نیمه شرقی این زون فرعی میان روستای تنگ دوزان در شرق و روستای قاسم آباد در غرب رخ می نمایند. این رسوبها همه از ماسه سنگ و شیل درست شده اند و در برخی از جاها دارای میان لایه هایی از سنگ آهک می باشند. در کوه مورستان نهشته های یاد شده با پایه ای تخریبی و کمی قرمز رنگ بادگر شیبی روی ردیفهای دگرگونه می نشیند. در سایر برونزد ها پایه این رسوبها بوسیله گسل قطع گردیده و در شیل ها و ماسه سنگها بندرت بازمانده های گیاهی یافت می شود. در لایه های سنگ آهکی فسیل های *Lenticulina SP* , *NodosariaSP* یافت می شود.

این رسوبها را می توان با سازند شمشک به سن ژوراسیک زیرین مقایسه کرد.

². conodonts

۳-۱-۲-۲- زون فرعی مزوزوئیک داخلی

این زون فرعی در شمال شرقی زون فرعی بلندی های زیرین میانی قرار دارد. بیشترین پهنایش به حدود ۱۵ کیلومتر می رسد. کهن ترین و گسترده ترین رسوبات موجود در این زون فرعی نهشته های تخریبی دانه ریزی هستند که فسیلهای آنها بسیار اندک است. این رسوبات در حد اسلیت و فیلیت دگرگون گردیده است و از دو بخش تشکیل شده اند.

بخش زیرین با تناوبی از سنگهای ولکانیکی و سنگ آهک بلورین سفید رنگ آغاز می گردد. این نهشته ها در بین الیگودرز تا چمن سلطان برونزد دارند. پایه آنها بوسیله گسله بریده شده است.

سنگهای ولکانیکی که اغلب شامل اشکوبهایی از گدازه و توف می باشند و در سطح هوا زدگی سیاه تا تیره دارند در زیر میکروسکوپ این سنگها جهت یافتگی ضعیفی از خود نشان می دهند. بافت آنها اغلب پور فیریتیک بوده و کانیهای اصلی آنها شامل پلاژیو کلاز با شکل بلورین رخ دار تا نیمه رخدار (انهدرال تا ساب هدرال) و تیغه های بیوتیت فراوان می باشند. بلورهای یاد شده بیشتر خرد شده هستند. این خرد شدگی نشان دهنده آن است که سنگهای یاد شده فشار زیادی را تحمل می کنند. در متن این سنگها اکسیدهای کدر آهن (ایلمینیت و مانیتیت) بطور پراکنده دیده می شوند. بر روی نهشته های یاد شده ضخامت زیادی از رسوبات دانه ریز پلیتی قرار دارند که دارای میان لایه هایی از سنگ آهکهای بلورین می باشند. بخش بالایی درشت دانه تر و تا حدی ماسه ای می گردد. در محدوده مورد بررسی متاسفانه فسیل راهنمایی که بتوان به کمک آن سن این رسوبها را تعیین نمود یافت نگردید ولی در نواحی مجاور به استناد فسیلهای یاد شده سن این نهشته ها را به تریاس بالا ژوراسیک زیرین نسبت داده اند.

۳ - ۱ - ۲ - ۳ - زون فرعی مزوزوئیک حاشیه ای

این زون فرعی که در جنوب غربی بلندی های دیرین میانی قرار دارد گستره ای را شامل می شود که درازایش در نهایت به ۵۰ کیلومتر و پهنای آن به ۱۰ تا ۱۲ کیلومتر می رسد.

بیش از ۹۰٪ از برونزد های سنگی موجود در این زون فرعی را سنگهای ژوراسیک - کرتاسه تشکیل داده اند. رسوبات مربوط به ژوراسیک پایانی شامل مجموعه ای از سنگ آهک، ماسه سنگ، شیل، توف و کنگلومرا می باشد که بیشتر آنها در سطح هوازده و برنگ قرمز می باشند.

روی این سکانس سنگ آهک های نازک تا میان لایه ای جای دارند که دارای میان لایه هایی از مارن اند. از مجموعه فسیلهای موجود در این رسوبات می توان سن ژوراسیک پایانی - کرتاسه آغازین را به این نهشته ها نسبت داد.

از دیدگاه چینه شناسی نهشته های یاد شده، حالت میانه ای از رسوبات ایران مرکزی و زاگرس را دارند بصورتی که در محدوده همین زون فرعی این تغییر مشاهده می شود. رخساره سنگ آهک های موجود در کوه تمندر به رخساره ایران مرکزی می ماند ولی شباهت سنگ آهکهای سازنده بلندی های چشمه گره و چال آب با نهشته های همزمانشان در زاگرس بیش از همانندی آنها با نهشته های هم عهدشان در ایران مرکزی است. به طور کلی در فاصله این زون فرعی با زون فرعی بلندیهای دیرین میانی حوضه های بسته ای در زمان میوسن پدید آمده که در آنها ماسه سنگ و کنگلومرا به جای گذارده شده است.

۳-۱-۳ - نهشته های کوارتزی

نهشته های کوارتزی در مسیر قطعه دوم تونل قمرود از قدیم به جدید شامل سنگهای جوان کواترنری با لیتولوژی کنگلومرا، ماسه سنگ و گل‌سنگ، رسوبات آبرفتی قدیمی شامل رسوبات ریز دانه در حد سیلت و رس و گاهی نیز دارای شن و ماسه و تراسها و آبرفتهای رودخانه ای جوان که بستر مسیل ها یا آبراهه ها را پوشانده اند و اغلب از دانه های در حد شن، ماسه و سیلیت تشکیل شده اند، می باشند. سنگهای جوان کواترنری که در بالا اشاره شد اغلب سنگهای نسبتاً ضعیفی می باشند. این سنگها دارای زمان پایداری نسبتاً کمی هستند. از کیلومتر ۸ + ۹۶۰ تا ۱۲ + ۹۵۰ در مسیر تونل انتقال در قطعه دوم این سنگها برونزد دارند. آبرفتهای قدیمی و آبرفتهای رودخانه ای در سطح زمین بویژه از کیلومتر ۸ + ۷۰۰ تا ۱۵ + گسترش دارند و در محدوده تونل رخنمون نمی یابند.

۳-۱-۴ - گسله های گستره طرح

با استناد به بررسی ها و پیمایش های صحرایی، نقشه زمین شناسی چهار گوش الیگودرز، عکسهای ماهواره ای به مقیاس ۵۰۰،۰۰۰ : ۱، عکسهای هوایی به مقیاس ۵۰،۰۰۰ : ۱ و همچنین با توجه به گزارش لرزه زمین ساخت قطعه دوم تونل انتقال آب از انوج به قمرود (مهر ۸۱) گسله های اصلی گستره طرح اغلب از نوع معکوس^۳ می باشند. این گسله ها در زیر آورده شده است.

- گسله جدا کننده زون فرعی داخلی مزوزوئیک از زون فرعی بلندیهای دیرین میانی
- گسله وارونه و سرتاسری
- گسله جدا کننده زون فرعی بلندی های دیرین میانی از زون فرعی مزوزوئیک حاشیه ای

³ - reverse

- گسله گاورسه - پیردزگاه
- گسله سرتاسری زاگرس^۴
- گسله جدا کننده زون رادیولاریتی از زون زاگرس بلند
- گسله جوان زاگرس یا مهگسله وارونه زاگرس
- گسل های زردکوه و قالی کوه
- گسل اردل
- گسل وهرگان (بن)
- گسل موته
- گسل گلپایگان
- گسل های کوه دره سیب ، کوه نثار و خوانسار
- گسل های چمن سلطان و جنوب الیگودرز
- گسل داران

۳-۱-۵- هیدرولوژی عمومی گستره طرح

به طور کلی شناخت اساسی شرایط هیدرولوژی تونل انتقال آب انوج به قمرود به منظور انتخاب روش مناسب احداث تونل در روش های پیشگیری از حوادث و تامین ایمنی لازم حین کار و بهره برداری از ضروریات مطالعات زمین شناسی مهندسی محسوب می شود. مشخصه های آبهای برخوردی در مسیر

⁴ - thrust fault.

تونل اصلی و تونل های دسترسی نخست به طبیعت سفره آب زیر زمینی و نحوه توزیع آب در این سفره و در سنگ بستر بستگی دارد.

گسترده‌گی سفره های آب زیر زمینی به شرایط زمین شناسی، وضعیت طبقات، زون های نفوذ پذیر و لایه ها و طبقات غیر قابل نفوذ بستگی دارد. در یک بررسی کلی در مسیر تونل های دسترسی در قسمت هایی که نفوذ پذیری چندان زیاد نیست ملاحظه می شود که سطح آب زیر زمینی تقریباً از شیب توپوگرافی زمین تبعیت می کند. آنچه به عنوان سفره آب زیر زمینی در این جا مطرح است وجود آب در منافذ زمین است. اساساً در تونل سازی بحث سفره های آب زیر زمینی و نحوه گسترش آنها زیاد مطرح نیست بلکه وجود آب در زمین و نفوذ آب به داخل تونل مهم بوده و می بایست مورد بررسی قرار گیرد.

سنگ های مسیر تونل های اصلی و دسترسی در طرح پیش اشاره با توجه به نتایج حاصل از آزمایش های نفوذ پذیری صحرایی نفوذ ناپذیر هستند و معمولاً عدد نفوذ ناپذیری این سنگها کمتر از یک لوژن است.

بررسیهای انجام یافته به ویژه بررسیهای صحرایی در منطقه نشان می دهد که اساساً سفره های آب زیر زمینی در گستره طرح را می توان با توجه به وجود سنگهای با نفوذ پذیری کم تا نفوذ ناپذیر و همچنین نوع مصالح روباره جزء سفره های آبدار آزاد یا سفره های معلق بحساب آورد. اساساً سفره های آبدار آزاد منطقه سفره های کم وسعتی هستند که با گسترش محدودی شکل گرفته اند. این سفره ارتباط نزدیکی با میزان بارندگی و آب و هوای منطقه دارد. از آنجایی که منطقه طرح یک منطقه نسبتاً سردسیر و دارای بارندگیهایی بصورت برف است لذا این بارشها منبع مناسبی برای تغذیه سفره آب هستند.

وجود مصالح رسی در داخل رسوبات آبرفتی باعث تشکیل سفره های موضعی می شود که از نظر هیدروژئولوژیکی می توان آنها را سفره های معلق یا سوار دانست. اگر چه سفره های مورد بحث سفره های کم وسعتی هستند که معمولاً در منطقه پراکنده هستند در صورت ارتباط با شکستگیها و ناپیوستگیهای سنگها با آنها بصورت آب نفوذی در تونل پدیدار می گردند.

این سفره ها در ابتدای تونل دسترسی مغانک و از ابتدای قطعه دوم تونل تا حدود کیلومتر ۷۰۰ + ۱۵ گسترش چشمگیری داشته و در طول عملیات اجرایی مشکلاتی را بوجود خواهند آورد.

۳-۲- زمین شناسی مهندسی مسیر تونل دسترسی مغانک

۳-۲-۱- کلیات

جهت رسیدن به محور تونل در قطعه دوم و انجام عملیات حفاری تونل اصلی از چهار جبهه نیاز به حفاری دو تونل دسترسی می باشد. تونل دسترسی اول در ۱۵۰۰ متری شمال شرق روستای مغانک و تونل دسترسی دوم در ۱۰۰۰ متری جنوب شرقی روستای عسگران می باشد. طول این تونلهای دسترسی به ترتیب ۱۸۳۷ و ۱۸۴۵ متر می باشد.

۳-۲-۲- ریخت شناسی

این تونل دسترسی ۱۸۳۷ متر طول دارد که حدود ۱۵۰ متر آن بصورت ترانشه روباز و ۱۶۸۷ متر بصورت تونلی به قطر ۵متر حفر خواهد شد. شیب این دسترسی ۱۰ درصد و از تراز ۲۲۲۶ متر از سطح دریا حفاری آن آغاز شده و در تراز ۲۰۴۳ متر از سطح دریا در متر ۲۵۰ + ۱۱ به تونل اصلی (قطعه دوم) برخورد می کند و در محل برخورد دو جبهه کار یکی به سمت ابتدایی قطعه دوم و یکی به سمت مقابل ایجاد می شود. بلندترین نقطه ارتفاعی در طول این دسترسی در تراز ۲۲۴۰ متر واقع شده است.

۳-۲-۳- سنگ چینه شناسی

در بررسیهای انجام شده می توان به شرح زیر واحدهای سنگی موجود را به دو گروه تقسیم

بندی کرد :

الف- گروه سنگهای سخت تا متوسط ناحیه مغانک شامل: Mdl5, mdl6, mdl7

ب- گروه سنگهای متوسط و ضعیف ناحیه مغانک شامل: As1, As2, As3, sh5

واحدهای سنگی مورد بحث جزء سنگهای پرکامبرین هستند و بر اساس رخنمون آنها در مسیر تونل بشرح زیر می باشد.

– واحد sh5 از متراژ ۸۲۰ تا ۰+۰۰ متر

این گروه در واقع مجموعه ای دگرگون شده از سنگهای تخریبی گوناگون است که به اسلیت و شیست (میکاشیست و آمفیبولیت شیست) تبدیل شده اند. در این مجموعه گاهی کوارتزیت و گنیس نیز مشاهده می شود که در مقایسه با اسلیت و شیست از گسترش محدودتری برخوردارند. در این مجموعه اغلب میان لایه هایی به طول ۱۰ سانتی متر تا ۵ متر از دولومیت و آهک دولومیتی دگرگون شده رخنمون دارد. بدلیل عدم وجود یک نظم خاص و عدم امکان تعیین حد و مرز دقیق و مشخص بین این سنگها تمامی سنگهای مورد بحث در یک گروه بنام sh5 نامگذاری شده اند.

– واحد mdl7 از متراژ ۸۲۰ تا ۸۶۵

در متراژ مذکور از طول مسیر تونل حدود ۴۰۰ متر آهک دولومیتی با میان لایه های کوارتزیتی رخنمون خواهند داشت. ضخامت میان لایه های کوارتزیتی مذکور از حدود ۴ سانتی متر تا یک متر در تغییر است.

- واحد As3 از متراژ ۸۶۵ تا ۱۱۲۰ متر

آمفیبولیت شیست ها در متراژ فوق در مسیر تونل مغانک رخنمون خواهد داشت. در بافت ظاهری سنگ جهت یافتگی کانیهای سوزنی (آمفیبولیت) بخوبی قابل شناسایی است. رنگ این سنگها سبز تا تیره بوده و گاهی تبدیل به میکاشیست سبز رنگ شده اند. بطور کلی رخساره غالب در این ناحیه آمفیبولیت شیست می باشد.

- واحد md16 از متراژ ۱۱۲۰ تا ۱۳۴۰

این ناحیه از سنگهای متادولومیتی توده ای با میان لایه های چرتی و کوارتزیتی عبور می کند. این دولومیت های دگرگونی اغلب دولومیت با آهکها ی دولومیتی خاکستری رنگی هستند که در آنها میان لایه های چرتی و کوارتزیتی به ضخامت ۴ تا ۱۰ سانتی متری قابل شناسایی است.

- واحد As2 از متراژ ۱۳۴۰ تا ۱۵۶۵

این سنگها نیز مانند As3 جزء آمفیبولیت شیستها هستند. رنگ سبز آنها اندکی روشنتر است. تنها تفاوت آنها با گروه As3 در این است که در این گروه آمفیبولیت شیستها بصورت یکنواخت تر می باشند و از گسترش میکاشیستها به طرز چشمگیری کاسته شده است.

- واحد MD15 از متراژ ۱۵۶۵ تا ۱۷۶۰

بخش انتهایی و منطقه برخورد آن به تونل اصلی است که متادولومیتها ی توده ای ضخیم لایه با میان لایه هایی از شیست تشکیل شده است. این مجموعه در واقع یک تناوب از آهک ها و دولومیتها ی

ضحیم لایه و تخریبی های متوسط تا ریز دانه بصورت نازک لایه بوده که جملگی دگرگون شده اند. بخش دولومیتی آن حدود ۹۰ درصد توالی را تشکیل داده است و دارای رگه ها با میان لایه هایی از شیست می باشد. ضخامت این لایه ها از چند سانتی متر تا ۲/۵ متر در تغییر است.

- واحد As1 از متراژ ۱۷۶۰ تا ۱۸۳۷

این واحد سنگی که بصورت یک واحد کم عرض در انتهای مسیر تونل مغانک واقع شده است و در محل برخورد تونل دسترسی مغانک با تونل اصلی پدیدار می شود شامل آمفیولیت شیست ها است. رنگ سبز تیره این سنگها نشان از وجود کانیهای آهن و منیزیم دار است.

۳-۲-۴- زمین شناسی ساختمان تونل دسترسی مغانک

در بررسی های سطح الارضی در مسیر تونل مورد بحث آثار عملکرد گسله عمده و مشخصی مشاهده نگردید. جهت عملیات درزه نگاری در سنگهای مسیر تونل دسترسی مغانک، درزه های موجود بر روی رخنمونهای سنگی غرب و شرق این تونل برداشت گردید. دسته درزه های برداشت شده به تفکیک نوع سنگ عبارتند از:

الف- گروه سنگهای سخت تا متوسط ناحیه مغانک شامل: MD17, MD16, MD15

که دسته درزه های موجود در آن به ترتیب فراوانی به شرح زیر می باشد:

J1=S30W	60NW
J2 = N16E	20SE
J3 = N82W	50SW
J4 = N50W	50NE

در این سنگها ۱۰۳ درزه برداشت شده است. از این مقدار ۸۶ درزه مربوط به سنگهای واحد MDL5 و ۱۷ درزه مربوط به واحدهای MDL6,MDL7 بوده است. جهت شیب غالب درزه ها SE - NW می باشد

ب- گروه سنگهای متوسط و سست ناحیه مغانک شامل: SH5,AS3,AS2,AS1

در این سنگها به علت خردشدگی و هوازدگی سنگها، برداشت درزه موثر نمی باشد و اساساً بعلت خردشدگی شدید سنگها از دقت بالایی نیز برخوردار نخواهد بود. تنها نکته قابل طرح، شیستوزیته این سنگها ی دگرگونی است که بشرح زیر می باشد: Schistosity N65W 55NE

۳-۳- روش حفاری تونل دسترسی مغانک

در این قسمت سعی گردیده مناسبترین روش حفاری با توجه به شرایط زمین شناسی مسیر تونل مغانک و همچنین در نظر گرفتن شرایط فعلی طرح و امکانات پیمانکار پیشنهاد شود. چنانکه گفته شد سنگهای مسیر تونل دسترسی مغانک در دو دسته بشرح زیر تقسیم بندی می گردند.

الف- گروه سنگهای سخت تا متوسط شامل سنگهای واحدهای: MDL7,MDL6,MDL5

ب- گروه سنگهای متوسط و سست شامل سنگهای واحدهای: SH5,AS3,AS2,AS1

گروه سنگهای سخت با نسبتاً مقاومت بالا و نرخ هوازدگی کم هستند. لیتولوژی سنگهای این گروه بطور کلی شامل دولومیتها و متادیوریت ها با میان لایه های چرتی و کوارتزی می باشد. لذا برای حفر تونل در سنگهای این گروه روش حفاری مناسب، روش سنتی چالزنی و انفجار می باشد. که برای این کار نیز یکدستگاه جامبو دریل دو بومه استفاده می شود. در گروه سنگهای متوسط تا سست از آنجا که نرخ هوازدگی این سنگها متوسط تا نسبتاً زیاد است و دارای مقاومت متوسط تا پائینی هستند لذا

با توجه به ماهیت لیتولوژیکی سنگهای این گروه که شامل سنگهای دگرگونی چون اسلیت ها، شیست ها، آمفیبولیت شیستهاست می توان از چکش هیدرولیکی نیز استفاده نمود. منتها در نواحی که در متن این سنگها کوارتز مشاهده گردد یا رگه و میان لایه های کوارتزی و چرتی پدیدار گردد و در نتیجه مقاومت و کیفیت سنگ بهبود یابد می توان از روش چالزنی + انفجار جهت حفاری استفاده نمود. در گروه سنگهای سست تا متوسط بهترین روش حفاری استفاده از دستگاه حفاری کله گاوی^۵ است اما با توجه به آن که خرید و ورود این ماشین به کارگاه معمولاً زمانبر بوده لذا گزینه مناسب برای حفر این قسمت استفاده از چکش هیدرولیکی و جامبودریل می باشد. با توجه به مطالب فوق می توان روش حفاری تونل دسترسی مغانک را بشرح زیر پیش بینی کرد.

• متراژ ۸۲۰ تا ۰+۰۰ واحد SH5

در این ناحیه در مناطقی که سنگها دارای هوازگی متوسط و نسبتاً زیادی هستند از چکش هیدرولیکی جهت حفاری استفاده خواهد شد و فقط در مناطقی که میان لایه های کوارتزی پدیدار می گردد و یا هوازگی بشدت کاهش می یابد از چالزنی و انفجار استفاده خواهد شد.

• متراژ ۸۲۰ تا ۸۶۵ واحد MDL7

قطعا از روش چالزنی و انفجار جهت حفاری استفاده شود.

⁵.road header

- **متراژ ۸۶۵ تا ۱۱۲۰ واحد AS3**

با توجه به لیتولوژی سنگ که شامل آمفیبولیت شیست و گاهی میکاشیست می باشد. بر اساس نتایج حاصل از گمانه ها بعلت کاهش هوازدگی شدید سنگ در عمق و کیفیت سنگهای حاصل از گمانه در این روش حفاری متناوبا روش چالزنی و انفجار و چکش هیدرولیکی پیش بینی می شود.

- **واحد SH5**

حفاری در این واحد نیز همانند واحد A S3 می باشد.

- **متراژ ۱۱۲۰ تا ۱۳۴۰ واحد MDL6**

با توجه به لیتولوژی سنگ که شامل متادیوریت توده ای با میان لایه های چرتی و کوارتزیتی است قطعا از روش چالزنی و انفجار جهت حفاری استفاده می شود.

- **متراژ ۱۳۴۰ تا ۱۵۶۵ واحد AS2**

با توجه به لیتولوژی سنگ که از آمفیبولیت شیست ها تشکیل شده است پیش بینی می شود بتوان از چکش هیدرولیکی جهت حفاری استفاده نمود.

- **متراژ ۱۵۶۵ تا ۱۷۶۰ واحد MDL6**

قطعا از روش چالزنی و انفجار جهت حفاری تونل استفاده می شود.

• متراژ ۱۷۶۰ تا ۱۸۳۷

در این ناحیه با توجه به لیتولوژی سنگهای مسیر که متشکل از آمفیبولیت شیستهای تیره رنگ است حفاری با استفاده از چکش هیدرولیکی توصیه می گردد.

در پایان شایان ذکر است روش حفاری بیان شده برای نواحی و واحدهای سنگی فوق جنبه پیش بینی داشته و با توجه به اطلاعات موجود ارائه شده است و قطعاً در حین اجرای عملیات حفاری و بررسیهای دقیق در زمین شناسی مهندسی روش مناسب برای حفاری هر قسمت انتخاب خواهد شد.

بدیهی است حفاری تونل دسترسی مغانک بصورت چالزنی و انفجار انجام می شود و برای کل

مسیر تونل نیز همین روش در نظر گرفته شده است [۵].

فصل چهارم

روشهای طراحی حفر چال های سینه کار تونل

۴-۱- مقدمه

پیشروی مناسب و استفاده صحیح از مواد منفجره نیازمند توزیع مناسب خرج در چال، سینه کار و ترتیب انفجار چال ها می باشد. برای نیل به این هدف نیازمند طراحی صحیح الگوی حفر چال ها و موقعیت قرار گیری آنها در سینه کار تونلی و ترتیب انفجار آنها می باشیم.

معمولاً دو روش زیر برای طراحی حفر چال های سینه کار تونلی بکار می روند:

الف - طراحی حفر چال ها با استفاده از روابط نیترونوبل، که اساس این روابط قطر چال های خالی و انفجاری و سطح آزاد دوم ایجاد شده توسط چال های خالی می باشد.

ب- طراحی حفر چال ها با استفاده از روابط تئوری انتقال انرژی، که اساس این روابط خاصیت انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ و کیفیت انتقال آن در سنگ در بر گیرنده سینه کار تونلی می باشد.

در این فصل ابتدا این روشها تشریح خواهند شد و سپس به طراحی حفر چال ها با استفاده از این روشها برای چال های موازی و زاویه ای خواهیم پرداخت.

۴-۲- طراحی حفر چالهای سینه کار تونل با استفاده از تئوری انتقال انرژی

۴-۲-۱- مقدمه‌ای بر روابط انتقال انرژی

در اثر انفجار مواد منفجره در چال انرژی آزاد شده به سنگهای اطراف منتقل می شود و باعث خرد شدن سنگها می گردد.

انتقال انرژی از مواد منفجره به سنگ، تابع عوامل زیر می باشد [۶]:

الف- کیفیت ماده منفجره و سنگ^۱ (ضریب امیدانس)

ب- کیفیت خرجگذاری^۲ (ضریب جفت شدگی).

الف - ضریب امیدانس

امیدانس عاملی از سنگ یا ماده منفجره است که کیفیت انتقال انرژی را از ماده منفجره به سنگ تعیین می کند.

امیدانس ماده منفجره برابر است با حاصل ضرب سرعت انفجار و چگالی ماده منفجره یعنی: $I_e = D_e \cdot V_e$

امیدانس سنگ برابر است با حاصل ضرب سرعت امواج الاستیک در سنگ و چگالی آن یعنی: $I_r = D_r \cdot V_r$ که در این روابط:

I_r, I_e - بترتیب امیدانس ماده منفجره و سنگ بر حسب $\text{kg/m}^2 \cdot \text{sec}$

D_r, D_e - بترتیب وزن مخصوص ماده منفجره و سنگ بر حسب kg/m^3

V_e - سرعت انفجار ماده منفجره بر حسب m/sec

V_r - سرعت امواج در سنگ بر حسب m/sec

1 - Impedance factor

2 - Copling factor

با توجه به روابط فوق انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ یا ضریب امپدانس برابر است با:

$$\eta_1 = 1 - \frac{(I_r - I_e)^2}{(I_r + I_e)^2} \quad (1-4)$$

ملاحظه می شود که هرچه I_r و I_e به هم نزدیکتر باشند انرژی بیشتری از ماده منفجره به سنگ منتقل می شود [۷].

ب- ضریب جفت شدگی

اگر قطر خرج را به φ_c و قطر چال را به φ_h نشان دهیم انتقال انرژی به صورت تابعی از آن دو

به صورت زیر می باشد:

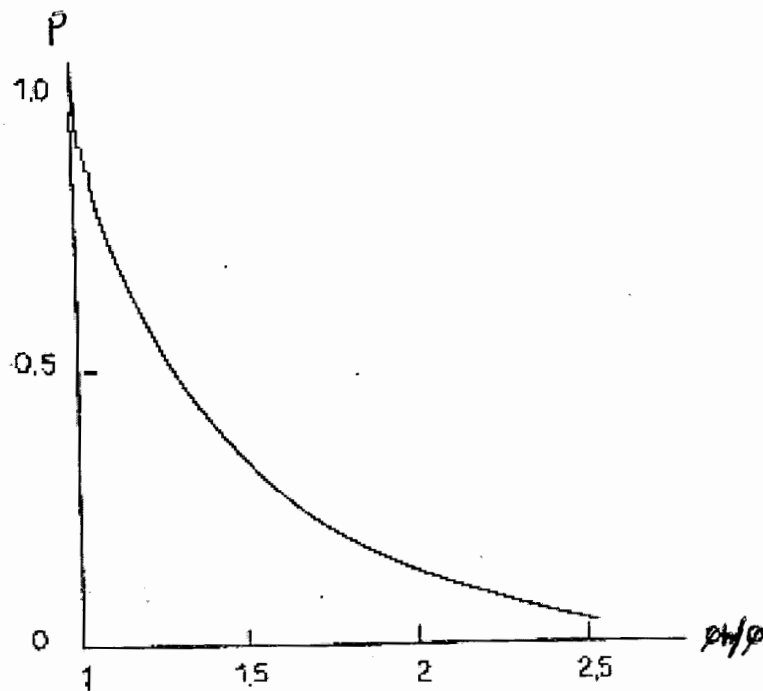
$$\eta_2 = \frac{1}{e^{\varphi_c} - (e-1)} \quad (2-4)$$

$$e = 2.71828$$

در شرایط مطلوب $\eta_2 = 1$ یعنی قطر چال و قطر خرج مساوی می باشند.

اما اگر $\varphi_h > \varphi_c$ باشد انتقال انرژی روی دیواره چال بصورت نمایی کم می شود (شکل ۴-۱).

لذا هرچه خرج بیشتر در چال فشرده شود انرژی بیشتری از ماده منفجره به سنگ منتقل خواهد شد.



شکل ۴-۱- تغییرات فشار دینامیک روی دیواره چال بر حسب قطر چال به قطر خرج [۶]

با توجه به روابط تئوری انتقال انرژی خرج ویژه برابر خواهد بود:

$$q = \frac{S \cdot E_s}{\eta_1 \eta_2 \eta_3 E_e} \quad (3-4)$$

q - خرج ویژه بر حسب kg/m^3

E_s - انرژی سطحی مخصوص (انرژی لازم برای بوجود آمدن یک مترمربع سطح جدید) بر حسب mj/m^2

η_1 - ضریب امیدانس

η_2 - ضریب جفت‌شدگی

η_3 - ضریب خرد‌شدگی سنگ که برابر ۰/۱۵ در نظر گرفته می‌شود.

E_e - انرژی مخصوص ماده منفجره (انرژی حاصل از انفجار واحد وزن ماده منفجره) بر حسب mj/kg

S - سطح جدید سنگ بر حسب m^2/m^3

$$S = \frac{64}{D_m} \quad (4-4)$$

پارامتر S از رابطه زیر بدست می آید.

که در آن D_m بعد بزرگترین قطعه خرد شده سنگ بر حسب متر می باشد [۶].

۲-۲-۴ - طراحی حفر تونل با برش موازی و استفاده از تئوری انتقال انرژی از ماده

منفجره به سنگ:

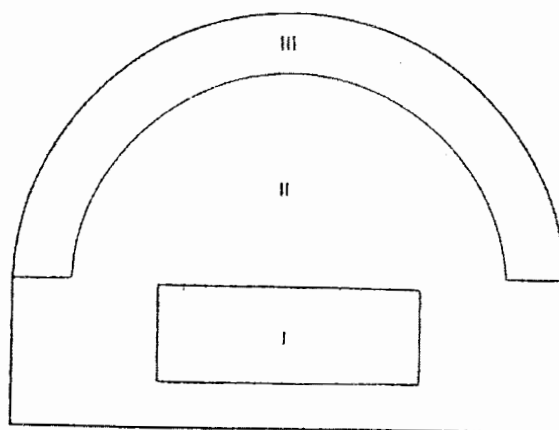
برای طراحی چال های سینه کارتونل، سطح مقطع تونل را از نظر حفر چال به سه بخش زیر

تقسیم می کنیم شکل (۲-۴).

الف- بخش برش (۱).

ب- بخش پیشروی (II).

ج- بخش محیط (III).



شکل ۲-۴- تقسیم بندی سطح مقطع تونل به سه بخش برای طراحی چالها [۶]

۴-۲-۱- محاسبات آرایش چال های سطح مقطع تونل

الف - بخش برش

در برش موازی و غیر موازی رعایت آرایش و امتداد چالها علی الخصوص چالهای قسمت برش بسیار مهم است.

چالهای موازی به آندسته از چالها در سینه کار تونل گفته می شود که عمود بر سینه کار تونل و به موازات یکدیگر حفر می شوند.

نکات زیر عمده مسائلی است که در مورد چالهای موازی باید مورد توجه قرار گیرد.

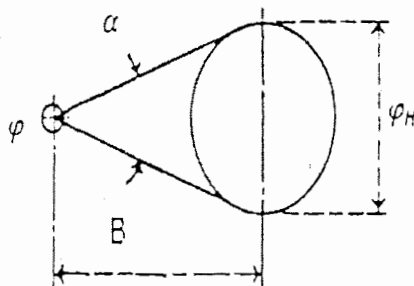
هر چال باید سطح آزاد بوجود آمده توسط چال خالی را حداقل تحت زاویه ۴۵ تا ۵۰ درجه بیند (شکلهای ۴-۳ و ۴-۴).

در شکل مذکور φ قطر چال انفجاری و x پهنای سطح آزاد مستقیم و φ_h قطر چال خالی می باشد. زاویه α زاویه ای است که فضای آزاد تحت آن زاویه دیده می شود.

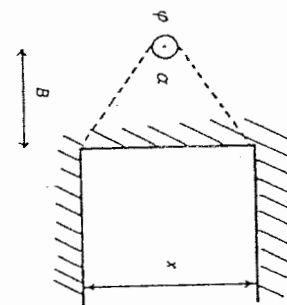
- حجم چال خالی لاقطل جای اضافه حجم حاصل از انفجار چال را داشته باشد.

- چالها با تأخیر منفجر شده تا سنگهای حاصل از انفجار هر چال از صحنه خارج شده تا چال بعدی

آتش شود. در غیر این صورت سنگها درون چال گیر خواهند کرد.

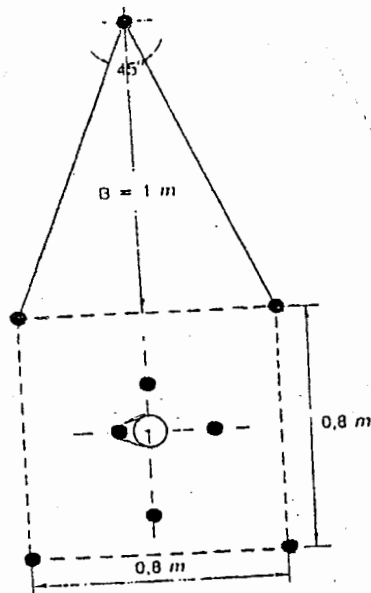


شکل ۴-۴- نمایش سطح آزاد دایره ای



شکل ۴-۳- نمایش سطح آزاد مستقیم

با چهار چال موازی که دور یک چال خالی حفر و خرجگذاری شده اند و انفجار چهار چال اطراف آنها سرانجام فضائی خالی با مقطع مربع شکل و با ابعاد 0.6 تا 0.8 متر حاصل می شود. چنین فضائی برای ادامه انفجارهای بعدی تا رسیدن به سطح مقطع مورد نظر کافی به نظر می رسد شکل (۴-۵).



شکل ۴-۵- نتیجه انفجار ۸ عدد چال برش موازی با $3/5$ متر پیشروی [۶].

برای اینکه سطح آزاد از چال بعدی تحت زاویه ۴۵ درجه دیده شود مطابق شکل (۳-۵) خواهیم داشت:

$$\tan\left(\frac{45}{2}\right)^\circ = \frac{0.8}{B}$$

B=1 متر

بدین ترتیب بار سنگ چالهای پیشروی مشخص می شود اما در اینجا محاسبه طول بار سنگ بر اساس تئوری انتقال انرژی انجام می شود. در برش موازی نظر به اینکه فضای کافی برای حرکت سنگهای حاصل از انفجار وجود ندارد ماکزیمم ابعاد سنگهای حاصل شده را یک سانتیمتر فرض می کنیم تا چال خفه نشود لذا خواهیم داشت [۶]:

$$S = \frac{64}{0.01} = 6400 \frac{m^2}{m^3} \quad \text{که در اینجا:}$$

$$D_m = 0.1 \text{ m}$$

D_m - ماکزیمم ابعاد سنگهای حاصل شده بر حسب متر و

S - سطح مخصوص سنگ بر حسب مترمربع بر متر مکعب.

با فرض به وجود آمدن فضای خالی به ابعاد $0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}$ و محاسبه خرج ویژه لازم برای خرد کردن سنگ چالهای برش تا ابعاد یک سانتیمتر می توان محاسبات آرایش و خرجگذاری این چالها را انجام داد.

مقدار خرج ویژه از رابطه (۴-۳) به دست می آید.

ب - بخش پیشروی

چالهای پیشروی موازی یکدیگر و عمود بر سینه کار حفر می شوند. طول چالهای پیشروی و چالهای برش مساوی اند. در این بخش چالهای برش سطح آزاد جدیدی را به وجود آورده اند که فضای

تقریباً کافی برای شکستن سنگها وجود دارد لذا ابعاد بزرگترین قطعه سنگ حاصل از انفجار را ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر در نظر می‌گیریم که این مقدار خردشدگی سطح مخصوصی معادل زیر را به وجود می‌آورد.

$$D_m = 0.2 \text{ m}$$

$$\Rightarrow S = \frac{64}{0.2} = 320 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

باید به خاطر داشت که پیشروی تونل در گرو صحت عمل چالهای برش است.

بر اساس سطح مخصوص به دست آمده و خواص سنگ و ماده منفجره، خرج ویژه در این بخش از تونل با استفاده از فرمول ذکر شده در بخش برش محاسبه می‌شوند.

آرایش چالهای پیشروی را با S' (فاصله چالها از هم) و B' (فاصله چالها از سطح آزاد) نشان می‌دهیم برای یک متر از چال خرجگذاری شده می‌توان نوشت:

$$V = B' \cdot S' \cdot 1 \quad \text{حجم سنگ متعلق به یک متر از یک چال}$$

$$Q = B' \cdot S' \cdot q \quad \text{وزن ماده منفجره مصرف شده بر اساس خرج ویژه}$$

وزن ماده منفجره یک متر چال بر اساس قطر و وزن مخصوص خرج:

$$Q = \pi \frac{\varphi_c^2}{4} \cdot D_e \cdot 1 \quad (5-4)$$

لذا خواهیم داشت:

$$B' \cdot S' \cdot q = \frac{\pi \varphi_c^2 D_e}{4} \Rightarrow B' \cdot S' = \frac{\pi \varphi_c^2 D_e}{4q} \quad (6-4)$$

چنانچه $S' = B'$ باشد (آرایش مربعی) که در بسیاری حالات مطلوبترین وضعیت آرایش چالها و توزیع خرج است رابطه فوق به صورت زیر ساده می‌شود [۶]:

$$B' = \varphi_c \sqrt{\frac{\pi D_e}{4q}} \quad (7-4)$$

در این رابطه:

B - بار سنگ به متر

D_c - چگالی ماده منفجره به kg/m^3

φ_c - قطر فشنگ ماده منفجره به m

q - خرج ویژه به kg/m^3

با استفاده از این رابطه می توان آرایش چالها را در قسمت پیشروی تونل محاسبه کرد. طبیعی است که آن قسمت از حجم سینه کار که باید با چال های پیشروی حفاری و خرد شود مشخص است، زیرا از یک طرف محدود به چالهای برش و از سمت دیگر محدود به چال های محیط هستند و چون سهم سنگ هر دو دسته چال را می توان مشخص کرد، پس تعداد چال های پیشروی با توجه به ابعاد تونل کاملاً قابل محاسبه خواهد بود. خاطر نشان می سازد آرایش و خرج ویژه مناسب در عمل و در نتیجه تجربه بدست می آید و این روابط برای شروع کار بوده و ممکن است بهترین آرایش را به ما ندهند.

ج - بخش محیط

برای اینکه به سنگهای باقی مانده که محیط تونل را تشکیل می دهند لطمه ای نخورد بایستی یکی از روش های آتشکاری کنترل شده را در پیرامون تونل به کار برد. در هر کدام از روشها ارتباط قطر خرج

(φ_c) و قطر چال (φ_h) به این صورت است [۷]:

$$\varphi_h \geq 2\varphi_c$$

در محیط تونل فاصله چالها از هم (S_c) کمتر از ضخامت بار سنگ (B_c) می باشد شکل (۴-۶).

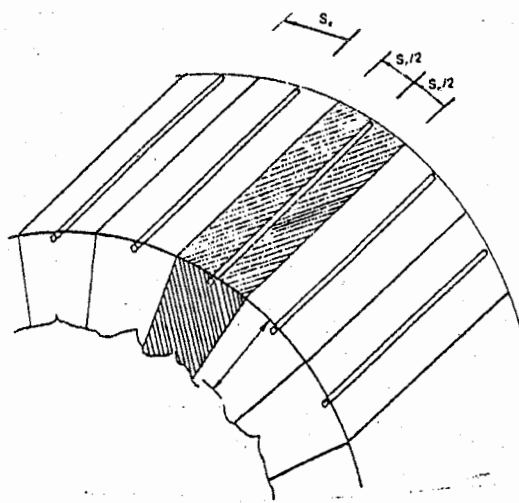
$$S_c = 0.8 B_c \quad (۴-۸)$$

به دلیل وجود سطح آزاد نسبتاً بزرگ ناشی از انفجار چالهای برش و چالهای پیشروی بزرگترین بعد قطعه سنگهای حاصل از انفجار چالهای محیط را ۴۰ سانتیمتر یا بزرگتر انتخاب می‌کنند در این صورت:

$$D_m = 0.4 \text{ m}$$

$$S = \frac{64}{0.4} = 160 \text{ m}^2 / \text{m}^3$$

با توجه به سطح مخصوص به دست آمده می‌توان خرج ویژه را طبق فرمول محاسبه خرج ویژه برای بخشهای برش و پیشروی محاسبه کرد.



شکل ۴-۶- نمایش B و S سهم هر چال در محیط تونل [۶]

برای محاسبه آرایش چالهای محیط می‌توان به دو طریق عمل کرد.

الف- با استفاده از فرمولهای ۴-۷ و ۴-۸ اقدام به محاسبه S_c و B_c می‌شود.

ب- با توجه به فرمول زیر مقدار S_c محاسبه و با استفاده از رابطه فوق مقدار بار سنگ را محاسبه می‌کنند.

$$\left(\frac{\varphi_c}{\varphi_h}\right)^2 \frac{H_c}{H} \cdot \Delta \cdot P_s \cdot \frac{\varphi_h}{s_c - \varphi_h} = \sigma_t \quad (۹-۴)$$

که در آن:

φ_c و φ_h بترتیب قطر خرج و قطر چال به متر

H_c و H طول خرج و طول چال به متر

Δ چگالی نسبی ماده منفجره

P_s فشار انفجار ماده منفجره به مگا پاسکال

S_c فاصله چالهای محیط از هم به متر

σ_t مقاومت کششی سنگها به مگا پاسکال.

علاوه بر فرمولهای ارائه شده از جداول ۴-۱ و ۴-۲ و ۴-۳ نیز می توان برای طراحی چالهای محیط تونل استفاده کرد. نزدیکترین ردیف چال به چالهای محیط را چال ضربه گیر می نامند که بر نتیجه حاصل از آتشباری مؤثرند.

خرجگذاری این چالها معمولاً کمتر از سایر چالها و اندکی بیش از چالهای محیط است.

جدول ۴-۱- آرایش و خرجگذاری چال ها در روش آتشکاری کنترل شده (Smooth Blasting) [۸].

قطر چال (میلی متر)	نوع خرج	بار سنگ (متر)	فاصله ردیفی (متر)
۳۲-۲۵	گوریت به قطر ۱۱ میلی متر	۰/۴۵-۰/۳	۰/۳۵-۰/۲۵
۴۳-۲۵	گوریت به قطر ۱۷ میلی متر	۰/۸-۰/۷	۰/۶-۰/۵
۵۱-۴۵	گوریت به قطر ۱۷ میلی متر	۰/۹-۰/۸	۰/۷-۰/۶
۵۱	نابیت به قطر ۲۲ میلی متر	۱	۰/۸
۶۴	نابیت به قطر ۲۲ میلی متر	۱/۱-۱	۰/۹-۰/۸

جدول ۴-۲- مقدار خرج ته چال در چال های آتشکاری کنترل شده (Smooth Blasting) [۶]

قطر چال (میلی متر)	خرج ته چال سقف (کیلوگرم)	خرج ته چال دیواره (کیلوگرم)
۳۰	۰/۱	۰/۲
۴۰	۰/۱۷۵	۰/۳۵
۵۰	۰/۳۳	۰/۶۶

جدول ۴-۳- خرجگذاری چال های ضربه گیر در حفر تونل ها [۶]

قطر چال (میلی متر)	خرج ته چال (کیلوگرم)	خرج میان چال (کیلوگرم بر متر)
۳۰	۰/۳۰	۰/۴۰
۴۰	۰/۴۵	۰/۶۰
۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰

۴-۲-۲-۲- پیشروی

مقدار پیشروی تابع مستقیم طول چالها می باشد [۶ و ۹].

میزان پیشروی در هر مرحله به قطر چال خرجگذاری نشده و انحراف چالهای خرجگذاری شده

بستگی دارد. انحراف چالهای خرجگذاری شده باید زیر ۲٪ نگه داشته شود.

متوسط طول پیشروی (X) می تواند به ۹۵٪ عمق چال (L) برسد.

$$X = 0.95 L$$

(۴-۱۰)

در برشهای چهار مقطعی، عمق چالها (L) را می توان با استفاده از رابطه زیر تخمین زد.

$$L = 0.15 + 34.1 D - 39.4 D^2 \quad (4-11)$$

D: قطر چال خالی به متر.

۴-۲-۳- طراحی حفر تونل با چال زاویه ای بر اساس تئوری انتقال انرژی از ماده

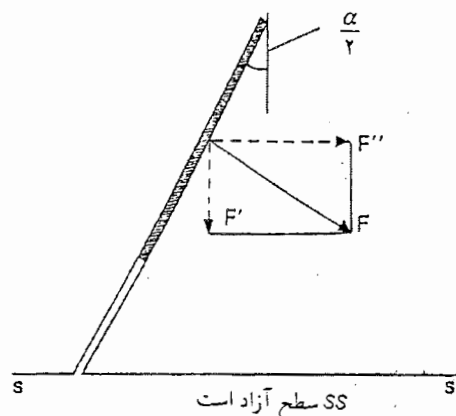
منفجره به سنگ

روش دیگر برای باز کردن سینه کار تونل استفاده از چالهای زاویه ای است که چالها به گونه ای حفر می شوند که در انتها به هم برسند و یا خیلی به هم نزدیک شوند. مطابق شکل (۳-۷) یک چال که با محور تونل زاویه $\frac{\alpha}{2}$ را می سازد در نظر می گیریم. اگر انرژی حاصل از انفجار این چال را F فرض کنیم که در مرکز ثقل مواد منفجره خرج گذاری شده و در راستای عمود بر امتداد چال اثر می کند، می توان این نیروی F را به دو مؤلفه F' و F'' تقسیم کرد:

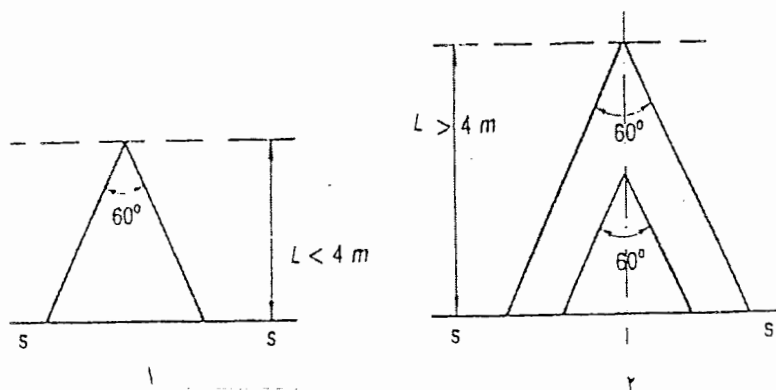
$$F' = F \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$F'' = F \cos \frac{\alpha}{2}$$

مؤلفه F' در جهتی است که موجب پرت شدن سنگ به فضای آزاد می شود و هر چه $\frac{\alpha}{2}$ بزرگتر باشد F' نیز بزرگتر خواهد شد. پس برای سنگهای سخت α را باید بیش از سنگهای نرم انتخاب کرد. مقدار این زاویه برای سنگهایی که به خوبی شکسته نمی شوند ۸۰ تا ۹۰ درجه و برای سنگهایی که به راحتی شکسته می شوند حدود ۴۰ درجه و به طور متوسط برای چالهای گوه ای ۶۰ درجه در نظر گرفته می شود (شکل ۴-۸). در عمل ثابت شده است که زاویه ۶۰ درجه برای پیشروی ۳ تا ۴ متر در هر نوبت انفجار کافی است و برای پیشروی بیشتر باید تعداد دسته چالهای زاویه ای را دو برابر کرد.

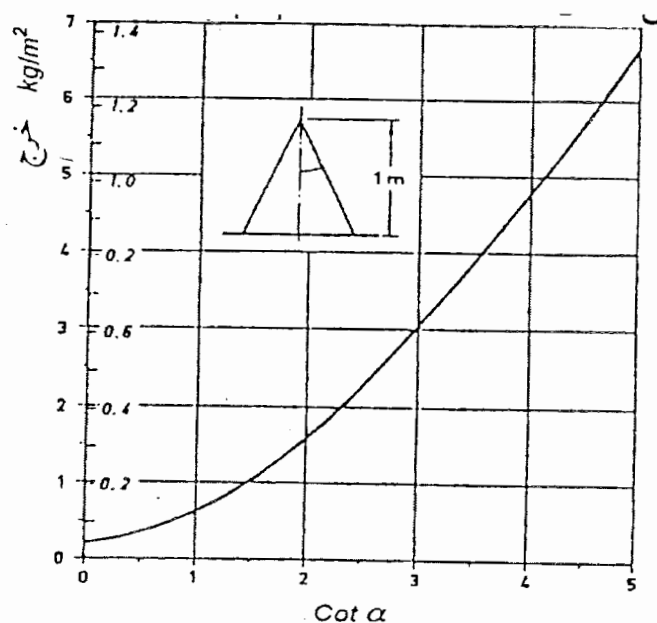


شکل ۴-۷- تجزیه نیروی F حاصل از انفجار. زاویه ای است که امتداد چال با محور تونل می سازد [۶].



شکل ۴-۸- چالهای غیر موازی برای پیشروی بیش از ۴ متر و دو چال غیر موازی برای پیشروی کمتر از ۴ متر [۶].

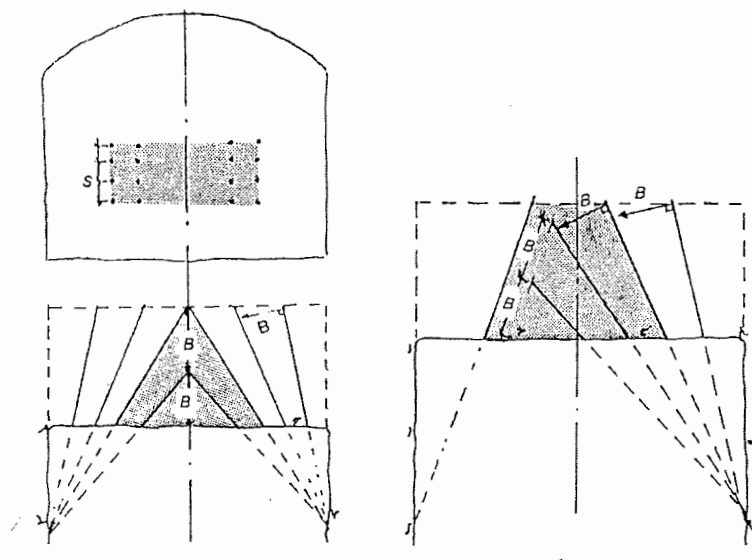
ارتباط بین زاویه چال های برش و مقدار خرج مصرفی در شکل (۴-۹) نشان داده شده است. در این شکل روی محور افقی کتانژانت زاویه برش و روی محور قائم مقدار خرج برای هر متر مربع برش نشان داده شده است.



شکل ۴-۹- ارتباط بین زاویه برش و خرج مصرفی [۶].

۴-۲-۳-۱- محاسبات مربوط به چال های بخش برش

چالهای برش زاویه‌ای به صورت یک V یا $2V$ حفر می‌شوند و ممکن است به ۴ عدد نیز برسد و چالهای بعد از آنها بنحوی حفر می‌شوند که تدریجاً به سطح مقطع تونل عمود گردند. چالهای برش در سه یا چهار ردیف موازی هم و به فاصله قائم $0/5$ تا ۱ متر از یکدیگر حفر می‌شوند. این فاصله در شکل (۴-۱۰) با S نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۰- اجزاء آرایش چالها در برش زاویه ای [۷].

میزان خردشدن در چال های برش زاویه ای کمتر از چال های موازی است. به عبارت دیگر سنگ حاصل از انفجار می تواند درشت تر از چال موازی باشد اما به هر حال باید ابعاد سنگ برش کمتر از ابعاد سنگ حاصل از چالهای پیشروی باشد. ماکزیمم ابعاد سنگ را در برش های زاویه ای ۵ سانتیمتر در نظر می گیرند.

$$D_m = 0.05 \text{ متر}$$

$$S = \frac{64}{0.05} = 1280 \frac{m^2}{m^3}$$

با ملاحظه نوع خرج و نوع سنگ و کیفیت خرج گذاری با استفاده از فرمول (۴-۳) خرج ویژه را

محاسبه می کنیم.

بار سنگ چال بلافاصله چال v از رابطه (۴-۷) حساب می شود.

اگر طول پیشروی L و طول چال H باشد رابطه زیر بین آنها برقرار است

$$L = H \cos \frac{\alpha}{2} \quad (4-11)$$

و چون α را به طور متوسط 60° درجه در نظر گرفتیم.

$$L = H \cos 30$$

مقدار B_1 یا فاصله دهانه چالهای متوالی از یکدیگر با در نظر گرفتن محل استقرار دستگاه حفر چال و

استفاده از روابط ساده ریاضی قابل محاسبه می باشد.

حجم سنگ خرد شده بوسیله برش از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$V = \frac{(H+2B') + 2B'}{2} * L * 2S' \quad (4-12)$$

۴-۲-۳-۲- محاسبات مربوط به چال های بخش پیشروی

با وجود سطح آزاد حاصل از انفجار چالهای برش می توان ابعاد سنگ را در چالهای پیشروی

بزرگتر از چال برش انتخاب کرد و با توجه به اینکه حمل و نقل و بارگیری سنگها نیز ساده باشد

حداکثر ابعاد سنگ را در این وضعیت 0.2 متر (20 سانتیمتر) در نظر می گیرند.

$$D_m = 0.2 \text{ m}$$

$$S = \frac{64}{0.2} = 320 \frac{m^2}{m^3}$$

برای محاسبه خرج ویژه q و بار سنگ B از همان روابط بخش برش استفاده می کنیم.

۴-۳-۳-۲- محاسبات مربوط به چال های بخش محیط

محاسبات مربوط به آرایش و خرجگذاری چالهای محیط همانند برشهای موازی است و به همان

روش باید عمل شود.

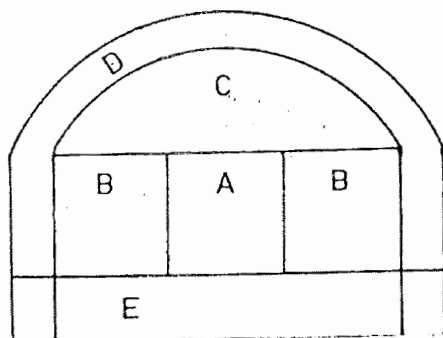
۴-۳- طراحی حفر چال های سینه کار تونل با استفاده از روابط نیترونوبل

۴-۳-۱- طراحی حفر چال های سینه کار تونل با چال موازی و استفاده از روابط

نیترو نوبل

با طراحی حفر تونل با برشهای موازی و زاویه‌ای با استفاده از تئوری انتقال انرژی آشنا شدیم. اینک به طراحی حفر چال های سینه کار تونلی با استفاده از روابط نیترونوبل پرداخته می شود. این روش طراحی بر اساس قطر چال خالی و تا حدودی کیفیت ماده منفجره بنا شده است. جهت انجام محاسبات در این روش مقطع تونل به پنج بخش مطابق زیر تقسیم می شود (شکل ۴-۱۱).

- بخش برش (A)
- بخش پیشروی (C)
- چال های کف (E)
- بخش سقف (D)
- بخش دیواره (B)



شکل ۴-۱۱- بخش های مختلف مقطع تونل بر اساس حفاری و انفجار [۶ و ۹].

روابطی برای محاسبات هر یک از بخشهای فوق ارائه شده و در نهایت به ذکر یک مثال درباره برش چهار مقطعی که یکی از رایج ترین برشهای موازی است پرداخته می شود. از عوامل مهم در طراحی می توان به قطر چال خالی، عمق چالها، بار سنگ و تراکم خرجگذاری اشاره کرد که در زیر به آنها می پردازیم:

الف - عمق چال (H)

ثابت شده است که عمق و قطر چال به یکدیگر وابسته اند در زیر به این وابستگی ها اشاره می شود:

برابر شکل ۴-۱۲ هر چه قطر چال خالی بیشتر شود عمق آن می تواند ازدیاد پیدا کند. این منحنی برای ۹۵٪ پیشروی و برشهای چهار مقطعی رسم شده است.

عمق چال خالی را می توان با استفاده از رابطه ۴-۱۱ تخمین زد که بر حسب قطر چال خالی معین شده است. فرض بر این است که انحراف چال کمتر از ۲٪ باشد.

قطر چال خالی را نیز می توان بر حسب عمق آن با استفاده از فرمول زیر تخمین زد. (انحراف چال کمتر از ۲٪ فرض شده است).

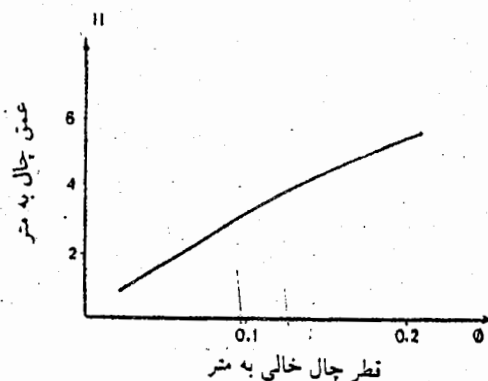
$$\varphi_h = (3.2H)^2 \quad (4-13)$$

H به متر و φ_h بر حسب میلیمتر می باشد.

- هنگامی که بجای استفاده از یک چال خالی با قطر بزرگ φ_{h2} از تعداد n چال خالی با قطر

کوچک φ_{h1} استفاده شود روابط فوق بر قرار می باشد با این تفاوت که

$$\varphi_{h2} = \varphi_{h1} \sqrt{n} \quad 4-14$$



شکل ۴-۱۲- ارتباط عمق چال و قطر چال خالی در برش چهار مقطعی.

ب- پیشروی (X)

میزان پیشروی در هر مرحله به قطر چال خرجگذاری نشده و انحراف چالهای خرجگذاری شده بستگی دارد. انحراف چالهای خرجگذاری شده زیر ۲٪ نگهداشته می شود.

$$X = 0.95 L$$

X- طول پیشروی به متر

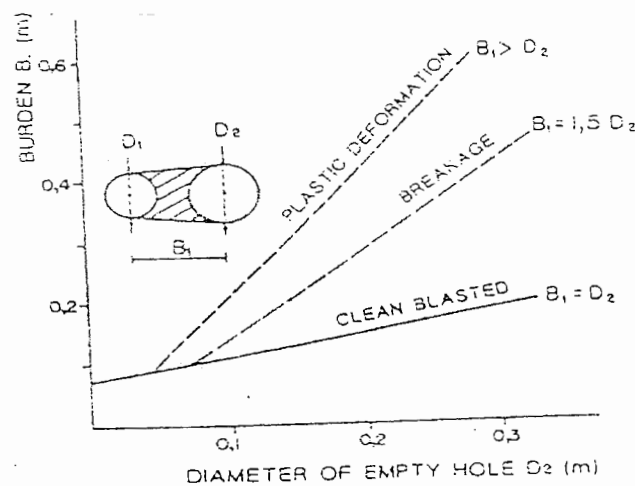
L - عمق چال به متر

ج- بار سنگ (B)

فاصله مرکز به مرکز چالهای انفجاری و چال خالی (بار سنگ اولین برش) می تواند تأثیری

اساسی در نتیجه انفجار داشته باشد.

برای دستیابی به خردشده‌گی و جابجایی مناسب سنگ ، فاصله بین چال مرکزی و اولین مقطع برش نباید بیش از $\frac{1}{7} \varphi_h$ باشد. چنانچه در شکل ۴-۱۳ برای فواصل ردیفی (B_1) بزرگتر از $2\varphi_h$ ، زاویه شکست بسیار کوچک است و ملاحظه می‌شود تغییر شکل پلاستیک بین دو چال رخ می‌دهد و سنگ نمی‌شکند. در صورتیکه فاصله ردیف چالی کمتر از φ_h باشد ولی تراکم خرجگذاری زیاد باشد، سنگهای خرد شده در هم قفل شده و عملاً برش کارائی نخواهد داشت.



شکل ۴-۱۳- نتایج آتشیاری برای فواصل بین چالهای خرجگذاری شده و نشده و قطرهای آنها [۹].

روابط زیر مقدار بار سنگ را در اولین برش موازی نشان می‌دهند. که فرض براینست که مقدار انحراف چال $0/5$ تا 1 درصد باشد.

برای کلیه حالات $B = 1.5 \varphi_h$

برای سنگ سخت $B = \varphi_h$ و $S = 1.4 B$

برای سنگ نرم $B = 1.2 \varphi_h$ و $S = 1.4 B$

اگر انحراف چالزنی بیش از یک درصد باشد فاصله ردیفی چالها از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$B = 1.7D_2 - E_p = 1.7D_2 - (\alpha L + e')$$

E_p - خطای چالزنی به متر

α - انحراف زاویه‌ای^۳ (تانژانت زاویه انحراف چال)

D_2 - قطر چال خالی به متر

L - عمق چال به متر

e' - خطای مربوط به نقطه شروع دهانه چال^۴ به متر

د- تراکم خرجگذاری

تراکم خرج یعنی میزان خرج مصرفی در یک متر از چال، و از تقسیم خرج موجود در چال بر طولی از چال که خرجگذاری شده به دست می‌آید و واحد آن کیلوگرم بر متر است. تراکم خرج تابع قطر چال خالی، قطر چالهای انفجاری و فاصله چال انفجاری از چال خالی می‌باشد. برای حالتی که چال انفجاری ۳۲ میلیمتر است از رابطه (۴-۱۴) تراکم خرج محاسبه می‌شود.

$$I = 1.5 \left(\frac{B_{\max}}{\varphi_h} \right)^{3/2} \left(B_{\max} - \frac{\varphi_h}{2} \right) \quad (4-14)$$

B_{\max} حداکثر بار سنگ به متر

φ_h قطر چال خالی به متر می‌باشد.

اگر قطر چال انفجاری بیش از ۳۲ میلیمتر باشد طبیعی است که به میزان خرج افزوده می‌شود یعنی:

φ قطر چال انفجاری بر حسب میلیمتر می‌باشد.

$$I' = \frac{\varphi}{32} I$$

در حالت کلی مقدار تراکم خرج را می‌توان از معادله زیر مشخص کرد.

۳. Angular Deviation

۴. Collaring error

$$I = 55\varphi \left(\frac{B_{\max}}{\varphi_h}\right)^{3/2} * \left(B_{\max} - \frac{\varphi_h}{2}\right) * \left(\frac{C}{0.4}\right) * \frac{1}{S_{Anfo}} \quad (15-4)$$

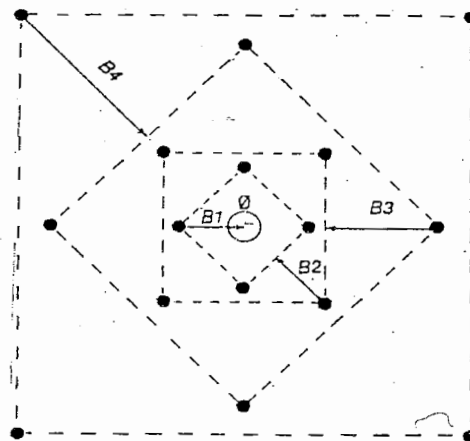
C- ثابت سنگ که حداقل ماده منفجره مورد نیاز برای سست کردن یک متر مکعب سنگ است و مقدار آن ۰/۳ تا ۰/۴ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد.

S_{Anfo} قدرت وزنی ماده منفجره نسبت به آنفو

φ قطر چال انفجاری و φ_h قطر چال خالی بر حسب متر.

۴-۳-۲- طراحی برش چهار مقطعی با چال موازی و استفاده از روابط نیترو نوبل

متداولترین نوع برش در برش های موازی برش چهار مقطعی^۵ نام دارد (شکل ۱۴-۳). با توجه به کاربرد بسیار زیاد این نوع برش در اینجا به محاسبات طراحی این برش پرداخته می شود:



شکل ۴-۱۴- نمایش برش چهارمقطعی، چال خالی به قطر بیشتر از چالهای انفجاری در وسط و چالهای انفجاری با آرایش

مربع در اطراف آن. B_1 و B_2 و B_3 و B_4 نمایش بار سنگ در چهار گوش ها [۶].

۵. Four section cut

۴-۳-۲-۱- محاسبات بخش برش

الف- محاسبه اولین چهارضلعی

عمق چال خالی، طول پیشروی و تراکم خرجگذاری با استفاده از روابطی که ذکر شد به دست می‌آید.

ب- محاسبه چهار ضلعی دوم

بعد از انفجار چالهای چهار گوش اول با سطح آزاد جدیدی روبرو هستیم که مقطع آن لزوماً بشکل دایره نیست. در آتشکاری با سطح آزاد دایره‌ای معمولاً تراکم خرج باید بیش از سطح آزاد مستقیم باشد زیرا فضای سطح آزاد دایره‌ای محدودتر از سطح آزاد مستقیم است.

اگر سطح آزاد برای چهار گوش دوم مستقیم و دارای عرضی برابر X باشد، تراکم خرج از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$I = \frac{32.3\varphi_h.C.B}{S_{Anfo} \left[\sin(\arctan \frac{X}{2B}) \right]^{3/2}} \quad (16-4)$$

X _ عرض سطح آزاد به متر و بقیه پارامترها همان پارامترهایی هستند که در بخش برش معرفی شدند. و با معلوم بودن عرض فضای سطح آزاد (X) بار سنگ ماکزیمم از رابطه زیر حساب می‌شود.

$$B_{\max} = 8.8 * 10^{-2} \sqrt{\frac{X.I.S_{Anfo}}{\varphi_h.C}} \quad (17-4)$$

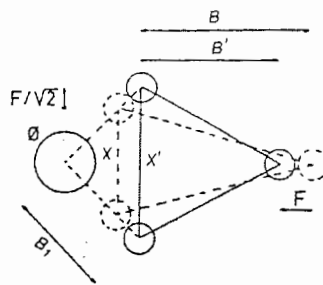
هنگام محاسبه چهارضلعی دوم باید اثر انحراف حفاری F را به حساب آورد (شکل ۴-۱۵). به طوری که از شکل پیداست عرض سطح آزاد در اثر جابجائی چالها از X به X' تبدیل شده‌است و داریم:

$$X' = \sqrt{2}(B_1 - F) \quad \text{با قرار دادن } X' \text{ به جای } X \text{ به دست می‌آید}$$

$$B_{\max} = 10.5 * 10^{-2} \sqrt{\frac{(B_1 - F)I.S_{Anfo}}{\varphi_h.C}} \quad (18-4)$$

با کسر انحراف چال (F) از این مقدار B_{max} ، مقدار واقعی بارسنگ B_2 به دست می آید: $B_2 = B_{max} - F$
 اگر تغییر شکل پلاستیک ناچیز باشد باید مقدار B_2 در رابطه $B_2 \leq 2X$ صدق کند و در غیر این صورت تراکم خرج ستونی باید با استفاده از رابطه زیر اصلاح گردد.

$$I = \frac{540 \cdot \varphi_h \cdot C \cdot X}{S_{Anfo}} \quad (19-4)$$



شکل ۴-۱۵- نمایش انحراف در دهانه و حفر تونل [۹۶].

اگر تغییر شکل پلاستیک قابل صرف نظر کردن نباشد، برای بهینه سازی خردشدگی بهتر است ماده منفجره ای با قدرت وزنی پایین تر استفاده شود.

هنگام خرج گذاری باید به مقدار ۱۰ برابر قطر چال انفجاری (φ_h) را خالی گذاشت. $T = 10\varphi_h$

T- طولی از چال که باید خالی گذاشته شود و با مواد پر کننده پر شود (طول گل گذاری).

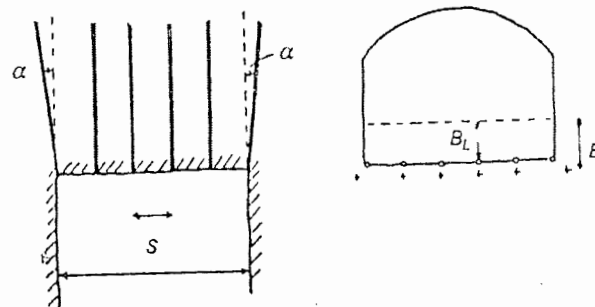
بر اساس یک محاسبه سر انگشتی تعداد چهار ضلعی ها تا آنجا ادامه می یابد که ضلع X آخرین چهار ضلعی

کمتر از ریشه دوم مقدار پیشروی نباشد، یعنی: $X \geq \sqrt{L}$

L- پیشروی به متر - x - عرض سطح آزاد به متر

۴-۳-۲- محاسبه چالهای کف تونل [۹،۷]

محل این چالها در شکل (۴-۱۱) و آرایش آنها در شکل (۴-۱۶) نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۶- آرایش و محل چالهای کف تونل [۶ و ۷].

اصول محاسبه بار سنگ در چالهای کف مانند آتشکاری پله‌ای در معادن روباز است. با در نظر گرفتن این نکته که به جای ارتفاع پله میزان پیشروی در یک مرحله را جایگزین می‌کنیم و برای جبران عواملی که در زیر ذکر می‌شود، ضریبی به نام ضریب تثبیت^۱، ضریب استقرار و یا ضریب تصحیح «f» در نظر می‌گیریم:

الف - سنگ پس از انفجار و جدا شدن از کف تونل باید به بالا و بیرون پرتاب شود و این عمل مستلزم مصرف ماده منفجره بیش از پله‌های معادن روباز است.

ب - فاصله زمانی تأخیر در چالهای کف زیاد است و می‌توان ادعا کرد که هر چال به تنهایی عمل می‌کند و انرژی حاصل از انفجار هر چال به چال کناری کمک نخواهد کرد.

مقدار ماکزیمم بار سنگ از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$B_{\max} = 0.9 \sqrt{\frac{I \cdot S_{\text{Anfo}}}{C \cdot f \left(\frac{S}{B}\right)}} \quad (4-20)$$

که در این رابطه:

^۱ fixation factor

f - فاکتور تثبیت که معمولاً با در نظر گرفتن اثر ثقل و زمان تأخیر بین چال ها $1/45$ در نظر گرفته می شود.

$\frac{S}{B}$ نسبت بین فاصله جناحی و فاصله ردیفی چالها که معمولاً مقدار آن برابر یک در نظر گرفته می شود.

I - تراکم خرج به kg/m

S_{Anfo} - قدرت وزنی ماده منفجره نسبت به آنفو

\bar{C} - ثابت تصحیح سنگ که از روابط زیر به دست می آید.

$$\bar{C} = C + 0.05 \rightarrow B \leq 0.4$$

$$\bar{C} = C + \frac{0.07}{B} \rightarrow B \geq 0.4$$

چالهای کف در حقیقت تعدادی از چالهای دور تونل هستند که موازی محور تونل نیستند و با آن زاویه انحراف (γ) را می سازند.

بسته به دستگاه چالزنی و مقدار پیشروی این زاویه تغییر می کند. به ازای سه متر پیشروی زاویه ۳ درجه معادل 6 cm/m کافی است گر چه به طور منطقی این زاویه به مشخصات تجهیزات مورد استفاده بستگی دارد.

فاصله ردیفی چال ها (S) را با (B) مساوی می گیرند اما به هر حال مقدار (S) تابع عرض تونل نیز خواهد بود.

تعداد چالهای کف (N) برابر است با :

$$N = \left[\frac{W + 2H \cdot \sin \gamma}{B_{\max}} \right] + 2 \quad (4-21)$$

که در آن:

W - عرض تونل به متر

H - عمق چال به متر

γ - زاویه انحراف چال های کناری

B_{max} - بار سنگ چالهای کف به متر

فاصله ردیفی چالها (s) بغیر از چالهای گوشه تونل از رابطه زیر حساب می شود

$$S_L = \frac{w + 2H \sin \gamma}{N - 1} \quad (22-4)$$

و مقدار S برای چالهای گوشه برابر است با :

$$S'_L = S_L - H \sin \gamma \quad (23-4)$$

برای محاسبه مقدار حقیقی بار سنگ (B) باید انحراف چال در حفاری و زاویه انحراف از محور تونل را هم به حساب آورد.

طول خرج ته چال برای سست کردن پای چال (h_b) برابر است با :

$$h_b = 1/25B \quad (24-4)$$

و طول خرج میان چال برابر است با:

$$h_c = H - h_b - 10\varphi_h \quad (25-4)$$

تراکم خرج ستون چال را می توان تا ۷۰٪ خرج تحتانی کاهش داد. با این وجود به دلیل زمان بر بودن رعایت تفاوت تراکم خرج ته چال و میان چال، عملاً از آن صرف نظر می شود و تراکم خرج میان چال و ته چال برابر در نظر گرفته می شود [۷].

طول گل گذاری را معادل ۱۰ برابر قطر چال در نظر می گیرند.

$$T = 10 \varphi_h$$

فاصله ردیفی (بار سنگ) باید شرط $B \leq 0.6H$ را برآورده کند.

H - عمق چال به متر می باشد.

۴-۳-۲-۳- محاسبه چال های پیشروی^۷:

روش محاسبه چالهای استخراجی (پیشروی) مشابه چالهای کف می باشد با این تفاوت که ضریب تثبیت f و نسبت S/B مقادیر متفاوتی مطابق جدول (۴-۴) دارند. تراکم خرج میان چال برای هر دو نوع چال معادل ۵۰٪ تراکم خرج تحتانی می باشد.

جدول ۴-۴ - ضریب تثبیت f و نسبت S/B برای چالهای پیشروی با عملکرد متفاوت [۶]

نسبت S/B	فاکتور تثبیت f	جهت عملکرد چالهای پیشروی
۱/۲۵	۱/۴۵	افقی و به سمت بالا
۱/۲۵	۱/۲۰	به سمت پایین

۴-۳-۲-۴- محاسبه چال های محیطی

در صورتی که نیاز به آتشباری ملایم نباشد، الگوهای مربوط همانند چال های کف و با مقادیر زیر محاسبه می شود.

تراکم خرج میان چال برابر نصف تراکم خرج ته چال

$$S/B = 1.25$$

نسبت فاصله ردیفی به بار سنگ

$$f = 1.2$$

فاکتور تثبیت

v. Stoping Holes

ولی با هدف استفاده بهینه از مواد منفجره و بر جای گذاشتن دیواره ای صاف پس از انفجار می بایست از روشهای آتشباری کنترل شده استفاده شود.

- آتشباری ملایم (SmoothBlasting)

آتشباری ملایم در سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ تکامل یافت. مواد منفجره جدیدی جهت آتشباری ملایم ساخته شدند. این مواد منفجره با قطرهای کوچک و سرعت انفجار کم و مقدار گاز تولیدی کم، نتایج خوبی در نتیجه انفجار داشتند [۸].

آزمایشها به ساخت گوریت که اساس آن ماده منفجره نیترو گلسیرین بود منجر گردید. گوریت حاوی خاک دیاتومه دار می باشد که ماده اساسی در ملایم نمودن نیتروگلسیرین ساخته شده توسط آلفردنوبل است [۷].

علاوه بر چالهای پیرامون تونل چالهای مجاور پیرامون نیز باید دارای میزان خرج دقیق باشند زیرا خرج اضافی در این چالها نیز ممکن است ناحیه بیشتری از خط پیرامون حفاری مورد نظر قبل از انفجار چالهای پیرامون را تخریب کند [۸].

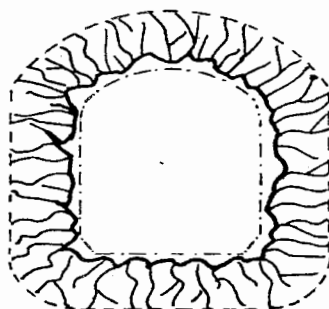
چالهای پیرامون مقطع حفاری می بایست بدقت با خرجهای متصله خرجگذاری گردند و با مواد مسدود کننده بخوبی مسدود گردند [۶].

کیفیت سنگ باقی مانده محیط تونل بستگی به نسبت $\frac{S}{B}$ دارد که برای حصول نتیجه خوب این

نسبت همواره باید $\frac{S}{B} \leq 0.8$ باشد [۸ و ۷].

مواد منفجره با قطرهای متفاوت پس از انفجار ترکها و شکستگی هایی در دیواره تونل ایجاد می

کنند (اشکال ۴-۱۷ و ۴-۱۸).

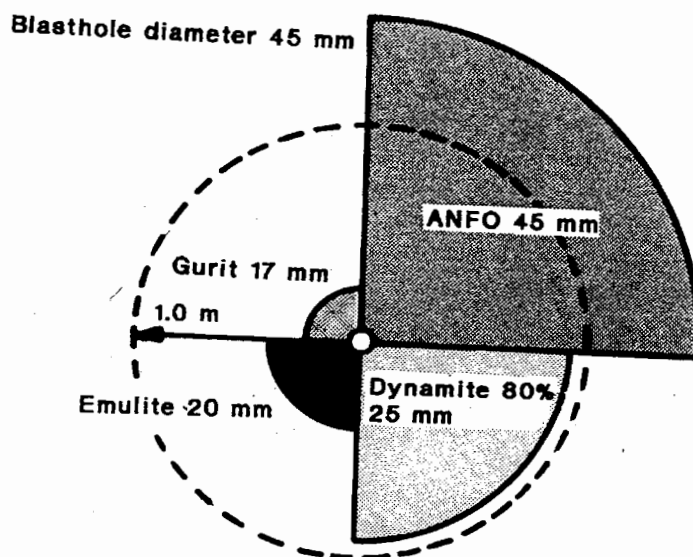


شکل ۴-۱۷ - منطقه شکسته شده حاصل از آتشباری عادی با مواد منفجره معمولی [۸].



شکل ۴-۱۸ - منطقه شکسته شده حاصل از آتشباری ملایم با مواد منفجره گوریت به ابعاد 17×50 میلی‌متر [۸].

در شکل ۴-۱۹ چند نوع مواد منفجره از نظر گسترش شکستگی و ایجاد ترک در دیواره تونل با هم مقایسه شده اند. چنانچه مشاهده می شود یک چال ۴۵ میلیمتری که به طور کامل با تراکم خرجگذاری $1/5 \text{ kg/m}$ با آنفو خرجگذاری گردیده تشکیل یک حلقه ترک خورده از $1/2$ تا $1/8$ متر ایجاد می کند درحالی که ماده منفجره گوریت با قطر ۱۷ میلیمتر با تراکم خرجگذاری $0/23 \text{ kg/m}$ یک منطقه شکستگی از $0/2$ تا $0/3$ متر ایجاد می کند [۸].



شکل ۴-۱۹- گسترش شکستگی با مواد منفجره مختلف [۸].

جدول (۴-۵) مقدار خرج توصیه شده و الگوی حفاری را برای قطرهای مختلف چال پیرامون (Countor) ارائه می کند.

جدول شماره ۴-۵- الگوی حفاری چالها و خرج ویژه توصیه شده برای قطرهای مختلف چال پیرامون تونل [۸]

قطر چال پیرامون (mm)	تراکم خرج $(\frac{kg}{m})$	نوع خرج	چال ردیف حاشیه از مجاور (m)	فاصله چالها در ردیف (m)
۲۵-۳۲	۰/۱۱	۱۱ mm Gurit	۰/۳-۰/۵	۰/۲۵-۰/۳۵
۲۵-۴۸	۰/۲۳	۱۷ mm Gurit	۰/۷-۰/۹	۰/۵۰-۰/۷۰
۵۱-۶۴	۰/۴۲	۲۲ mm Gurit	۱/۰-۱/۱	۰/۸۰-۰/۹۰
۵۱-۶۴	۰/۴۵	۲۲ mm GEmmulit	۱/۱-۱/۲	۰/۸۰-۰/۹۰

خرجهای بایستی به صورت پیوسته باشند و بخوبی درب چال مسدود گردد و از پرتاب خرج به بیرون در اثر انفجار خرج چالهای دور قبلی اجتناب گردد. انفجار چالهای پیرامون بایستی با شماره تناوب یکسان جهت کسب نتیجه بهتر انجام شود.

بطور کلی مشخصات چالهای آتشیاری کنترل شده به قرار زیر است:

- فاصله داری آنها از بقیه چالهای سینه کار کمتر است
 - نسبت قطر چال به قطر خرج همواره بزرگتر از یک است و اغلب قطر چال دو برابر قطر خرج می باشد
 - مواد منفجره مورد استفاده در چال های محیطی به منظور قرارگیری صحیح در چال معمولاً به صورت تیوب های پلاستیکی عرضه می گردند.
 - معمولاً چالهای محیطی همزمان منفجر می شوند [۸ و ۹].
- آتشیاری کنترل شده دارای مزایای زیر می باشد:
- ◀ افزایش فاصله چالها باعث کاهش نرخ حفاری می گردد.
 - ◀ بهترین نتیجه در تشکیلات سنگهای غیر همگن بوجود می آید.
 - ◀ خرجهای ویژه باعث توزیع مناسبتر در چالهای حاشیه می شوند.
 - ◀ دیوار تونل پس از انفجار تا حدودی سالم باقی می ماند که باعث افزایش ایمنی، کاهش زمان یک سیکل پیشروی و مهمتر از همه کاهش هزینه های حفاری و نگهداری و انتقال مواد استخراج شده و در مجموع کاهش هزینه های حفر تونل می باشد [۸].
- در سنگ های مقاوم شکستگی بیش از اندازه به پیرامون تونل منتقل می شود و یک شکستگی فرضی بیش از یک متر مکعب در هر متر باعث جابجایی ۱۰۰۰ متر مکعب سنگ اضافه در هر کیلومتر تونل می شود که این موضوع در سنگهای نا همگن بسیار جدی تر است [۸].

جدول ۴-۶- مشخصات برش چهار مقطعی [۹]

عرض فضای باز شده	بار سنگ	شماره چهار گوش
$B_1 * \sqrt{2}$	$B_1 = 1.5 \varphi_h$	اول
$1.5 * B_2 * \sqrt{2}$	$B_2 = B_1 * \sqrt{2}$	دوم
$1.5 * B_3 * \sqrt{2}$	$B_3 = 1.5 * B_2 * \sqrt{2}$	سوم
$1.5 * B_4 * \sqrt{2}$	$B_4 = 1.5 * B_3 * \sqrt{2}$	چهارم

۴-۳-۳-۲- بقیه چالهای سینه کار

به منظور محاسبه بقیه چال های سینه کار نخست باید بار سنگ و تراکم خرج ته چال را محاسبه نمود و در نهایت با استفاده از جدول (۴-۷)، مشخصات چال های کف، دیواره، سقف و پیشروی مشخص خواهد شد.

برای محاسبه تراکم خرج ته چال و بار سنگ از روابط زیر استفاده می شود

$$I_b = 7.85 * 10^{-4} * \varphi_c^2 * \rho \quad (۲۸-۴)$$

$$B = 0.88 * I_b^{0.35} \quad (۲۹-۴)$$

φ_c - قطر فشنگ ماده منفجره به میلیمتر

ρ - وزن مخصوص ماده منفجره بر حسب g/cm^3

جدول ۴-۷- مشخصات بقیه چالهای سینه کار تونل [۶ و ۹]

نوع چال	بار سنگ	فاصله بردیفی	طول خرج ته چال	تراکم ته چال	تراکم میان چال	گل گذاری
کف	B	1.1B	H/3	I_b	I_b	0.2B
دیواره	0.9B	1.1B	H/6	I_b	$0.4I_b$	0.5B
سقف	0.9B	1.1B	H/6	I_b	$0.36I_b$	0.5B
پیشروی رو به بالا	B	1.1B	H/3	I_b	$0.5I_b$	0.5B
پیشروی افقی	B	1.1B	H/3	I_b	$0.5I_b$	0.5B
پیشروی رو به پایین	B	1.2B	H/3	I_b	$0.5I_b$	0.5B

۴-۳-۴- طراحی حفر چال های سینه کار تونل با برش زاویه‌ای و بر اساس روابط

نیترونوبل.

چنانکه گفته شد چالهای مقطع تونل در هر دو نوع برش به پنج بخش تقسیم می‌شوند.

۱- چال های برش و نزدیک برش

۲- چالهای پیشروی

۳- چال های کف

۴- چال های دیواره تونل

۵- چال های سقف.

در کلیه محاسبات فرض بر این است که زاویه بین چال های برش (V) حداقل ۶۰ درجه است، در صورتی که این زاویه کمتر باشد باید خرج داخل چال را اضافه کرد و یا گوه دیگری حفر کرد.

۴-۳-۴-۱- چال های برش:

بار سنگ (B) تابع تراکم خرج در چال است. خرج باید به خوبی در چال فشرده شود یعنی: $\varphi_h = \varphi_c$

تراکم خرج ته چال از رابطه زیر حساب می شود:

$$I_b = \frac{\pi \cdot \varphi_c^2}{4} D_h \quad (30-4)$$

I_b - تراکم خرج در ته چال (kg/m)

φ_c - قطر چال به متر

D_h - وزن مخصوص خرجگذاری (kg/m³)

رابطه زیر نیز تراکم خرج را به دست می دهد:

$$I_b = \frac{\varphi_c^2}{1000} \quad (31-4)$$

I_b - تراکم خرج (kg/m)

φ_c - قطر خرج (mm)

و بار سنگ از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$B = I_b * \frac{30}{\varphi_c} * f \quad (32-3)$$

f - ضریبی است که به صورت زیر به زاویه بین دو چال متقارن در برش V یا زاویه گوه مربوط می شود [۶].

۱/۲	۱/۱	۱	f
۹۰	۷۵	۶۰	زاویه گوه

مقدار بار سنگ چال های برش را می توان از جدول (۴-۸) نیز به دست آورد.

جدول ۴-۸- آرایش و خرجگذاری چالهای برش [۹ و ۷]

تعداد ردیف	چال	تراکم خرج (kg/m)	بار سنگ (m)	ارتفاع برش (m)	قطر چال (mm)
۳		۰/۹	۱	۱/۵	۳۰
۳		۱/۴	۱/۲	۱/۶	۳۸
۳		۲	۱/۵	۱/۸	۴۵
۳		۲/۶	۲	۲	۵۱

$$S = 0.8 B$$

فاصله ردیفی چال های برش

$$h_b = 0.3 H$$

طول خرج ته چاه

$$I_c = 0.5 I_b$$

تراکم خرج میان چال

$$T = 0.3 B$$

طول گل گذاری

در روابط فوق I_b و I_c بر حسب کیلوگرم در متر و S و B و H و h_b و T بر حسب متر می باشند.

چال های نزدیک برش نیز مشابه چال های برش محاسبه می شوند با این تفاوت که تراکم خرج در میان

چال آنها کمتر است. رابطه زیر باید همواره در مورد چالهای برش صادق باشند:

$$B < \frac{H - 0.4}{2}$$

و این بدین معناست که در پیشروی کم، بار سنگ نیز باید کاهش یابد. برای آرایش و خرجگذاری

چالهای دور برش می توان از جدول (۴-۹) نیز کمک گرفت.

جدول ۴-۸- آرایش و خرجگذاری چالهای دور برش [۶]

گل گذاری (m)	خرج میان چال (kg/m)	تراکم خرج چال (kg/m)	بار سنگ (m)	قطر چال (mm)
۰/۴	۰/۳۶	۰/۹	۰/۸۰	۳۰
۰/۴۵	۰/۵۵	۱/۴	۰/۹	۳۸
۰/۵	۰/۸	۲	۱	۴۵
۰/۵۵	۰/۹	۲/۳	۱/۱	۴۸
۰/۶	۱	۲/۶	۱/۲	۵۱

۴-۳-۴- چال های پیشروی که سنگ را به بالا یا افقی پرتاب می کنند.

در اینجا هم بار سنگ تابع تراکم خرج در چال است. تراکم خرج طبق همان روابطی که در مورد

چال های برش ذکر شد محاسبه می گردد.

$$.B = I_b \frac{30}{\varphi_c} \quad (۴-۳۳)$$

و شرط $B < \frac{H-0.4}{2}$ می بایست برقرار باشد.

$$S=(1- 1.1)B \quad \text{فاصله ردیفی چال ها}$$

$$h_b= 1/3H \quad \text{طول خرج ته چاه}$$

$$I_c=(0.4- 0.5) I_b \quad \text{تراکم خرج میان چال}$$

$T=0.5 B$

طول گل گذاری

پارامترها نیز در بخش برش معرفی شدند.

نکته قابل ذکر مخصوصاً برای چالهایی که سنگ را به طرف بالا حرکت می دهند اینست که: مانند چالهای کف یا چالهای بالاتر از کف تونل باید مقداری اضافه خرج در نظر گرفت، خرج ویژه این چالها به شرح زیر می باشد.

جدول ۴-۱۰- خرج ویژه برای قطرهای مختلف چال [۶]

خرج ویژه (kg/m^3)	قطر چال (mm)
۱/۱	۳۰
۱/۳	۴۰
۱/۵	۵۰

از جدول (۴-۱۱) نیز می توان برای محاسبه آرایش چالهای پیشروی و کف استفاده کرد.

جدول ۴-۱۱- آرایش چالهای پیشروی و کف.

فاصله ردیفی (متر)	بارسنگ (متر)	قطر چال (میلیمتر)
۱	۰/۹	۳۲
۱/۰۵	۰/۹۵	۳۵
۱/۱۵	۱	۳۸
۱/۲۵	۱/۱۵	۴۵
۱/۳۰	۱/۲۰	۴۸
۱/۳۵	۱/۲۵	۵۱

۳-۴-۳-۴ - چالهای پیشروی زیرسقف تونل که سنگ را بطرف پائین حرکت

می دهد

با توجه به اینکه نیروی ثقل در حرکت سنگها به طرف پایین مؤثر است خرج ویژه در این چال ها کمتر از سایر چالهای پیشروی می باشد (جدول ۴-۱۲).

جدول ۴-۱۲ - خرج ویژه مربوط به چال های پیشروی زیرسقف تونل [۹۶]

خرج ویژه (kg/m^3)	قطر چال (mm)
۱	۳۰
۱/۲	۴۰
۱/۴	۵۰

فاصله ردیفی چال ها را کمی بزرگتر از بخش پیشروی که سنگ را افقی و یا رو به بالا پرتاب می کنند،

$$S=1.2 B$$

در نظر می گیرند، یعنی:

B همانند بخش قبل محاسبه می شود.

از جدول شماره (۴-۱۳) نیز می توان با توجه به نکات زیر برای طراحی چال های پیشروی زیر سقف استفاده کرد:

- اگر تراکم خرج در چال کمتر از مقادیر ذکر شده در جدول باشد باید فاصله های B و S را کوچکتر از آنچه که در جدول نوشته شده انتخاب کرد.

- در تونل های کوچک مقطع B و S کمتر از مقادیر جدول خواهند بود.
- در تونل های بزرگ مقطع (بیش از ۷۰ مترمربع) مقادیر B و S بزرگتر از مقادیر جدول اختیار می شوند.
- اگر سنگ به راحتی بشکند مقادیر B و S را می توان افزایش داد و یا از میزان خرج ویژه کاست.

جدول ۴-۱۳- خرج گذاری و آرایش چالهای پیشروی زیر سقف تونل [۷]

$S_t(m)$	$I_c(kg/m)$	$Q_c(kg)$	$I_b(kg/m)$	$Q_b(kg)$	$S(m)$	$B(m)$	$H(m)$	$\phi_h(mm)$
۰/۳	۰/۴	۰/۳	۱/۱	۰/۶	۰/۷	۰/۶	۱/۶	۳۳
۰/۵	۰/۷	۰/۸	۱/۴۴	۱/۱۵	۱/۲	۱	۲/۴	۳۸
۰/۵۵	۱/۲۵	۱/۵	۲/۰۲	۲/۲۵	۱/۴	۱/۱۵	۳/۲	۴۵
۰/۶	۱/۱۵	۱/۷	۲/۳۰	۲/۵	۱/۴۵	۱/۲	۳/۲	۴۸
۰/۸	۱/۱۵	۲/۴۵	۲/۳۰	۳	۱/۴۵	۱/۲	۴	۴۸
۰/۶	۱/۳۰	۱/۹۵	۲/۶	۲/۵	۱/۵	۱/۲۵	۳/۲	۵۱
۰/۶	۱/۳۰	۲/۷	۲/۶	۳/۴	۱/۵	۱/۲۵	۴	۵۱

۴-۳-۴- چال های کف تونل

تراکم خرج ته چال (I_b) و بار سنگ (B) و فاصله ردیفی چال ها (S) در چال های کف مثل چال های پیشروی محاسبه می شوند.

روابط زیر نیز در چال های کف صادق می باشد:

$$S_t = 0.2 B \quad I_c = 0.7 I_b$$

۴-۳-۴-۵- چال های دیواره و سقف تونل

معمولاً در سقف و دیواره تونل آتشکاری مهار شده مانند Smooth Blasting را اجرا می کنند. روش محاسبه همانند چال های محیط در برش موازی می باشند که شرح داده شد. با توجه به اینکه اجرای آتشکاری ملایم نیاز به مواد منفجره مخصوص دارد، در صورت عدم وجود این مواد می توان با ملاحظات زیر دیواره و سقف تونل را آتشباری کرد.

مقدار بار سنگ در دیواره و سقف تونل B_c معادل ۹۰٪ بار سنگ چال پیشروی می باشد.

$$S_c = 1/2 B_c \quad \text{فاصله ردیفی چال}$$

$$h_b = 1/6 H \quad \text{طول خرج ته چال}$$

$$S_t = 0.5 \quad \text{طول گل گذاری}$$

$$I_c = (0/3 - 0/4) I_b \quad B_c \text{ تراکم خرج در میان چال (دیواره 0.4 و سقف 0.3)}$$

در این روابط S_c ، h_b ، S_t ، H ، B_c بر حسب متر و I_b و I_c بر حسب کیلوگرم بر متر می باشد.

۴-۴ - حفر تونل های بزرگ مقطع

تونل های بزرگ مقطع به سه صورت ممکن است حفر شود.

- حفر به صورت تمام مقطع^۸

- حفر به صورت پلکانی^۹

- حفر تونل پیشاهنگ^{۱۰}

^۸ Full face

^۹ -Top heading and Bench Blasting

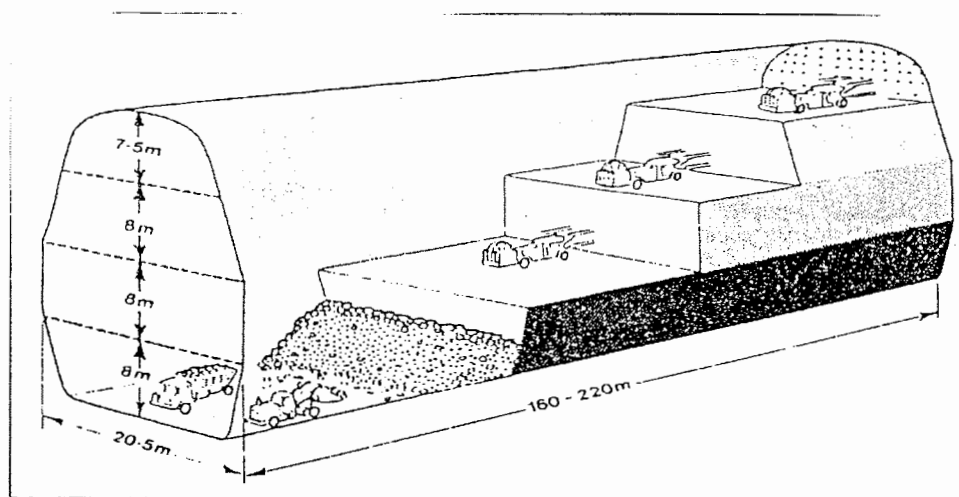
^{۱۰} -pilot tunnel

۴-۴-۱- روش حفر تمام مقطع

در تونل‌های با سطح مقطع کوچکتر از ۱۰۰ متر مربع و سنگ در برگیرنده تونل از کیفیت بالایی برخوردار باشد می‌توان با این روش حفر نمود. تونل‌های با سطح مقطع بزرگتر را که نمی‌توان توسط واحد حفاری پوشش داد و یا خصوصیات ژئومکانیکی سنگ اجازه چنین کاری را ندهد باید بصورت مرحله‌ای حفر نمود.

۴-۴-۲- روش حفر پلکانی

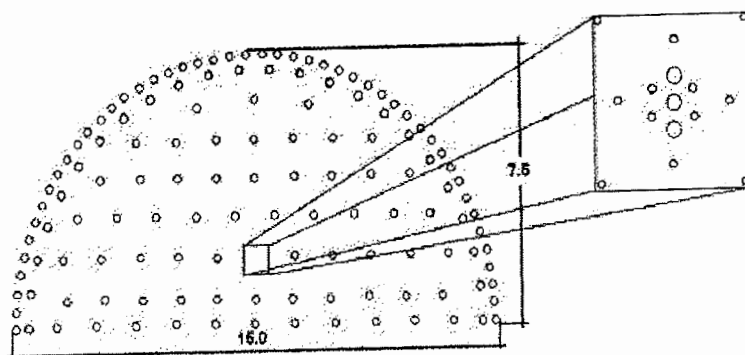
در این روش ابتدا قسمت بالای مقطع تونل حفر می‌شود. عرض این قسمت برابر عرض کامل تونل و ارتفاع آن $\frac{1}{3}$ تا $\frac{1}{2}$ ارتفاع کامل تونل می‌باشد که مطابق شکل ۴-۲۰ بصورت پله‌ای حفر می‌شود.



شکل ۴-۲۰- روش حفر پلکانی در حفر تونلهای بزرگ مقطع [۱۰]

در شرایط مناسب مقطع تونل با $168m^2$ را می توان با این روش حفاری کرد به طوری که از شکل فوق دیده می شود، حفاری شامل سه قسمت می شود. قسمت فوقانی^{۱۱}، که الگویی از چالزنی و ترتیب انفجار این قسمت در شکل زیر آورده شده است.

چنانچه ملاحظه می شود سه چال خالی به قطر 89 mm در قسمت برش حفر شده است. مساحت این قسمت 88 m^2 و تعداد چالهای انفجاری ۱۴۵ عدد است.



شکل ۴-۲۱- الگوی چالزنی قسمت فوقانی تونلهای بزرگ مقطع [۱۰].

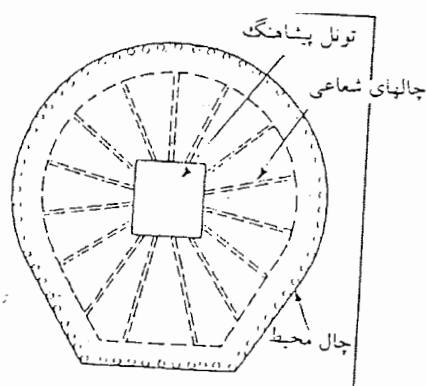
قسمت میانی، که توسط چال های افقی حفر می شود (شکل ۴-۲۲). و قسمت تحتانی که همانند پله ای در معادن روباز حفر می شود.

90													
90	4	3	2	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	5												
90	0	5	4	3	2	2	2	3	4	5	6	7	8
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	6												
90	0	6	5	4	3	3	4	5	6	7	8	9	10
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	7												
90	0	7	7	6	5	5	5	6	7	7	8	9	10
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	10												
90	0	8	7	7	6	5	5	5	6	7	7	8	10
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

شکل ۴-۲۲-الگوی چالزنی قسمت میانی تونلهای بزرگ مقطع [۱۰].

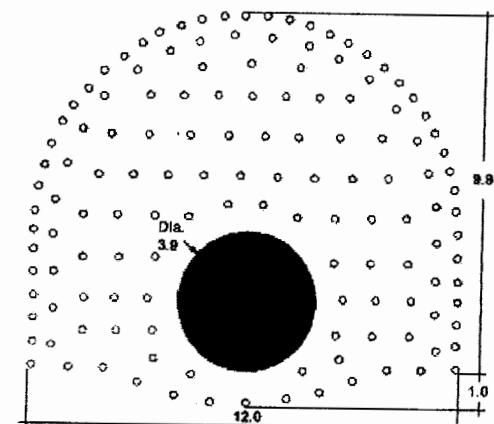
۴-۴-۳- روش حفر تونل پیشاهنگ^{۱۲}

در این روش ابتدا تونل پیشاهنگ با حداقل مقطع مورد نیاز و به طول کامل تونل اصلی حفر می شود. حفر تونل پیشاهنگ می تواند با ماشینهای تونل کنی و یا بوسیله چالزنی و آتشکاری انجام پذیرد و نقش برش مرکزی (cut) را برای سایر چال های تونل دارد. از داخل تونل پیشاهنگ می توان اقدام به حفر چال های شعاعی نموده و خرج گذاری و انفجار داخل این چالها انجام می گیرد (اشکال ۴-۲۳ و ۴-۲۴).



شکل ۴-۲۳- حفر تونل بزرگ مقطع به روش حفر تونل پیشاهنگ [۶].

در زیر سطح مقطع یک تونل داده شده است (شکل ۴-۲۴). این تونل دارای سطح مقطع 10.9 m^2 که قطر تونل پیشاهنگ $3/9$ متر و مساحت آن $11/9 \text{ m}^2$ می باشد. چال ها دارای قطر 48 mm بوده و تعداد آنها 138 عدد می باشد.



شکل ۴-۲۴- الگوی چالزنی در حفر تونلهای بزرگ مقطع به روش حفر تونل پیشاهنگ [۱۰].

حفر تونل پیشاهنگ دارای محاسن زیر است:

وضعیت زمین شناسی و کیفیت سنگ در هنگام حفر تونل پیشاهنگ به دست می آید.

حفر چال های پیشروی را می توان از چند نقطه تونل انجام داد و زمان حفاری را کاهش داد.

تونل پیشاهنگ می تواند تهویه طبیعی را در حین کار تسهیل کند.

بارگیری و چالزنی را می توان همزمان انجام داد.

تنش های برجا قابل اندازه گیری هستند.

تخلیه آب از طریق آن صورت می گیرد. اگر تونل پیشاهنگ توسط TBM^{13} حفر شود، مصرف ماده

منفجره و لرزش زمین بسیار کاهش می یابد [۷۶].

^{۱۳}. Tunnel Boring machine

فصل پنجم

طراحی الگوی چالزنی و آتشباری تونل دسترسی مغانک با

استفاده از روابط نیترونوبل

۵-۱- مقدمه

کلیه چالهای استفاده شده در حفاری تونل ها بر اساس روشها و روابط مختلف به دو دسته

تقسیم می شوند:

الف - چال های موازی و ب - چال های زاویه ای

محاسبات طراحی برای دو دسته چال بر اساس روابط تجربی نیترونوبل و برش چهار مقطعی

و فرمول ها و روابط روش تئوری انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ و لحاظ کردن پارامتر های

قطر چال و خواص ژئومکانیکی سنگ در برگیرنده تونل و ...، صورت می گیرد.

با توجه به خصوصیات ژئومکانیکی و زمین شناسی و جنس سنگ منطقه که در طبقه ضعیف

تا متوسط می باشند، سطح مقطع تونل و شرایط اجرای حفر تونل که به صورت طرح ضربتی و به

صورت طرح و اجرا می باشد، روش حفر تمام مقطع با چالهای موازی برای طراحی استفاده شده است.

در طراحی این الگوها با توجه به تجربیات و مطالعات انجام شده در محل تونل سعی شده است که با

تغییر قطر چال و به دست آوردن نتایج طراحی که شامل: تعداد چال، میزان مواد منفجره مصرفی

(خرج ویژه)، حفاری ویژه و به جای گذاشتن دیواره ای صاف پس از انفجار و در نتیجه هزینه مربوط به هر الگو می باشد، مناسب ترین الگو که اجرای آن از لحاظ فنی و امکانات موجود در محل طرح مقدر باشد، انتخاب گردد.

از آنجا که در حفاری تونلها با سطح مقطع کوچک و متوسط از چال های با قطر ۳۲ ، ۴۲ و ۴۸ میلیمتر استفاده می شود و در این طرح نیز از سرمته های با قطرهای مذکور استفاده می شود، طراحی ها نیز بر اساس همین چال ها انجام شده است.

۵-۲- مشخصات عمومی تونل دسترسی مغانک

دهانه ورودی تونل دسترسی مغانک در نزدیکی روستای مغانک در ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان الیگودرز و در دامنه شرقی ارتفاعات قله بلند اشترانکوه واقع شده است. سایر مشخصات تونل مورد بحث در جدول (۵-۱) آمده است.

جدول ۵-۱ - مشخصات عمومی تونل دسترسی مغانک [۵]

۲۵ متر مربع	مساحت مقطع تونل
۱۸۳۷ متر	طول تونل
۱۰ درجه	شیب تونل
نعل اسبی ، قسمت پائین مستطیل	شکل مقطع
۵/۴ متر	عرض تونل
۲/۵ متر	ارتفاع دیواره
۲/۷ متر	ارتفاع قوس
AZ ۱۷۵	آزیموت تونل
S ۵ E	امتداد تونل

۳-۵ پارامترهای ژئومکانیکی منطقه تونل

بر اساس آزمایش نمونه های کوچک آزمایشگاهی یا آزمایش های در محل^۱ می توان خواص مکانیکی سنگها را به دست آورد. چنانچه نمونه آزمایشگاهی با دقت از محلی تهیه شود که نمایانگر خواص سنگ در آن منطقه باشد، می تواند به عنوان نمونه معرف^۲ تلقی گردد [۱۱].

از آنجا که در تونلها نمونه های برداشت شده تحت تأثیر ضربه حاصل از انفجار و حفاری تونلها قرار گرفته اند، لذا خواص این نمونه ها نمی تواند به طور دقیق گویای خواص توده سنگ در بر گیرنده تونل باشد.

تنها نمونه هایی که توسط حفر گمانه های اکتشافی در مسیر تونل حفر می شوند گویای خواص توده سنگ می باشند که از آن جا که طرح قمرود بصورت طرح و اجرا بوده و حفر گمانه هزینه بر و زمان بر بوده لذا نمونه برداری در کل طول مسیر تونل و به فواصل نزدیک با حفر گمانه های اکتشافی که گویای اطلاعات دقیق از وضعیت توده سنگ باشد انجام نگرفته است.

در مسیر تونل دسترسی مغانک به طول ۱۸۳۷ متر تنها دو گمانه حفر شده است که آنهم بیشتر با هدف تعیین لایه های سنگی در برگیرنده مسیر تونل بوده است.

مطالعاتی روی پارامترهای ژئومکانیکی سنگهای در بر گیرنده مسیر تونل دسترسی مغانک از کیلومتر ۱۰۵۳ تا ۱۱۵۳ متر از دهانه ورودی به طول ۱۰۰ متر انجام شده و بر اساس آن سنگ های در برگیرنده تونل بر اساس روش RMR طبقه بندی شده است که نتایج آن در پیوست ۱-۳ آمده است.

بر اساس این مطالعات و طبقه بندی انجام شده سنگهای تونل در دو کلاس گروه الف - (سنگهای طبقه متوسط تا ضعیف) و گروه ب (سنگهای طبقه ضعیف) دسته بندی می شوند.

۱ - In site

۲ - Intact

در مقطع طولی زمین شناسی تونل مورد بحث پنج منطقه قابل تشخیص است. از آن جا که تونل تا عمق ۱۱۷۰ متری حفر شده است. لذا طراحی برای عمق ۱۱۷۰ تا انتهای تونل با دو جنس سنگ گروه الف (عمدتاً متادیوریت توده ای) و گروه ب (عمدتاً آمفیبولیت شیست) انجام خواهد شد. نظر به اینکه در تونل مذکور هم اکنون از چال های با قطر ۴۲ میلیمتر برای حفاری استفاده می شود، لذا ابتدا محاسبات برای چالهای به قطر ۴۲ میلیمتر انجام می شود و سپس محاسبات برای قطرهای ۳۲ و ۴۸ میلیمتر انجام می گردد.

۴-۵- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل در جنس سنگ گروه الف و استفاده از چالهای انفجاری با قطر ۴۲ میلیمتر.

مشخصات کلی تونل دسترسی مغانک و چال های حفر شده در این تونل در جداول (۲-۵ و ۳-۵) آورده شده است.

جدول ۲-۵- مشخصات تونل دسترسی مغانک [۱۳]

۱	سطح مقطع تونل	۲۵ متر مربع
۲	ابعاد پایه ها	۲/۵ متر
۳	ارتفاع قوس	۲/۷ متر
۴	عرض تونل	۵/۴ متر
۵	طول تونل	۱۸۳۷ متر
۶	پیشروی (L)	۳ متر
۷	طول چالها (H)	۳/۲ متر

۵-۶- مشخصات چالهای سینه کار

۱	وسیله حفر چال	جامبو دریل سه بازویه
۲	قطر چالهای حفر شده توسط جامبو	۴۲، ۳۲، ۴۸ و ۱۰۲ میلیمتر
۳	قطر چال خالی	۱۰۲ میلیمتر
۴	قطر چالهای انفجاری	۴۲ میلیمتر
۵	زاویه انحراف چالهای محیطی	$\gamma = 3^\circ$
۶	انحراف زاویه ای حفر چالها	$\alpha = 10 \text{ mm/m}$
۷	خطای ابتدای چالزنی	$e' = 30 \text{ mm}$

با توجه به مشخصات ذکر شده در جداول (۵-۱ تا ۵-۶) به محاسبات مربوط به طراحی چالهای سینه کار تونل در سنگ مورد نظر پرداخته می شود.

۵-۴-۱- قطر و عمق چال خالی

قطر چال خالی (φ_h) و عمق چال خالی (H) از روابط زیر محاسبه می شود.

$$\varphi_h = (3.2H)^2 = (3.2 * 3.2)^2 = 0.1m$$

$$H = 0.15 + 34.1\varphi_h - 39.4\varphi_h^2 \Rightarrow H = 3.17 \text{ m} \cong 3.2m$$

$$\varphi_h = 0.102 \text{ m}$$

یک عدد چال خالی به قطر ۱۰۲ میلیمتر حفر می گردد.

۵-۴-۲- پیشروی

میزان پیشروی معادل ۹۵٪ طول چال در نظر گرفته می شود.

$$L = 0.95H = 0.95 * 3.2 \Rightarrow L = 3 \text{ m}$$

۵-۴-۳- محاسبات مربوط به آرایش چالهای اولین چهار گوش قسمت برش

الف - بار سنگ (B)

بار سنگ چالهای اولین چهار گوش قسمت برش از روابط زیر محاسبه می شود.

$$B_{\max} = 1.7\varphi_h = 1.7 * 0.1 = 0.174 \text{ m}$$

$$F = \alpha h + \bar{e} \Rightarrow F = 0.01 * 3.2 + 0.03 = 0.062 \text{ m}$$

$$B_1 = B_{\max} - F \Rightarrow B_1 = 0.17 - 0.062 = 0.108 = 0.11 \text{ m}$$

در روابط مذکور: F - انحراف حفاری، α - انحراف زاویه ای حفر چالها و \bar{e} - خطای ابتدای چالزنی می باشند.

ولی در عمل حفر چالهای با قطر ۰/۰۴۲ متر در کنار چال خالی به قطر ۰/۱۰۲ متر با فاصله ای برابر ۰/۱۱ متر به علت گیر کردن سر مته و راد در داخل چال و مصرف زیاد سر مته و در نتیجه اتلاف هزینه فراوان امکان پذیر نبوده و حداقل فاصله این چالها ۰/۱۵ متر می باشد [۱۳].

بنابراین مقدار بار سنگ چالهای اولین چهار گوش را از چال خالی وسط معادل $B_1 = ۰/۱۵$ متر در نظر گرفته می شود.

ب - تراکم خرجگذاری (I):

تراکم خرجگذاری عبارت است از: مقدار خرج گذاشته شده در یک متر چال و واحد آن کیلوگرم بر متر می باشد. تراکم خرجگذاری از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$I = \frac{55\varphi}{S_{AnFo}} \left(\frac{B_{max}}{\varphi_h} \right)^{3/2} \left(B_{max} - \frac{\varphi_h}{2} \right) * \left(\frac{C}{0.4} \right)$$

در این رابطه: φ - قطر چال انفجاری که برابر ۴۲ میلیمتر در نظر گرفته می شود.

φ_h - قطر چال خالی

C - ضریب ثابت سنگ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب و مقدار آن برای سنگ مورد

نظر $۴ \text{ kg/m}^۳$ می باشد [۶].

$$I = \frac{55 * 0.042}{1.2} \left(\frac{0.17}{0.1} \right)^{1.5} (0.17 - 0.05)(1) \Rightarrow I = 0.51 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

مقدار تراکم خرج بدست آمده با نمودارهای موجود و همچنین با تجربیات کسب شده در سایت و استفاده از تجربیات دیگران همخوانی نداشته و مقدار خیلی کمی را نشان می دهد علی الخصوص اینکه این تراکم برای چالهای اولین چهارگوش قسمت برش می باشد. بنابراین با توجه به مطالبی که در زیر آورده می شود تراکم خرج تعدیل می شود.

- فاصله انتقال انفجار از دو فشنگ انفجاری که به طور متوالی در امتداد هم قرار دارند برابر ۶-۷ سانتی متری باشد [۶].

- برای استفاده بهینه از انرژی آزاد شده توسط انفجار بایستی اختلاف قطر چال به قطر خرج حداقل ممکن باشد و در بهترین حالت نسبت قطر چال به قطر خرج برابر یک است [۶،۸،۹].

بنابراین در هر متر از چال باید هشت فشنگ دینامیت به ابعاد $27 \text{ cm} \times 22 \text{ mm}$ که دو به دو به هم بسته شده اند را قرار دهیم. لذا تراکم خرج حداقل عبارت است از:

گرم $143 =$ وزن هر فشنگ دینامیت تراکم خرج

$$I = 8 \times 143_{\text{gr}} = 1/15 \text{ Kg/m}$$

به طور کلی مواد منفجره با سرعت انفجار و دانسیته بالا مانند دینامکس ام³ و امولیت⁴ برای سنگهای سخت نظیر گنیس، گرانیت و بازالت و مواد منفجره با سرعت انفجار و دانسیته پایینتر مانند آنفو برای سنگهای نرم مانند سنگ آهک و ماسه سنگ مناسبتر است [۸].

با توجه به جنس سنگ در بر گیرنده تونل و همچنین خرد شدگی و دگرگون بودن منطقه و جنس سنگ سینه کار و همچنین تراکم خرج به دست آمده از محاسبات پیشنهاد می گردد که ماده منفجره ضعیف تر با سرعت انفجار پایین تر و دانسیته پایین تر که ارزان قیمت تر نیز می باشد استفاده شود. نظر به اینکه در این طرح تنها ماده منفجره دینامیت استفاده می گردد طراحی ها بر اساس استفاده از همین مواد منفجره انجام می شود.

ج - طول گل گذاری (T): در عملکرد بهینه چالهای انفجاری میزان گل گذاری نقش بسزایی دارد. موادی که جهت گل گذاری چالها کار استفاده می شود می بایست اولاً از جنس خاک رس باشند و دوماً اندکی رطوبت داشته باشند و از مواد خیلی شل استفاده نگردد. این مواد داخل کاغذهایی پیچیده شده و بصورت فشنگ در می آیند.

^۲-Dynamex M

^۴-Emulite

$$T = 10 * \varphi = 10 * 0.042 = 0.42 \text{ m}$$

د: سایر مشخصات چالها

$$H-T = 3.2 - 0.42 = 2.78 \text{ m} \quad \text{طول خرج در هر چال}$$

$$Q = 2.78 * 1.15 = 3.2 \text{ kg} \quad \text{خرج مصرفی در هر چال}$$

$$Q_1 = 4 * 3.2 = 12.8 \text{ kg} \quad \text{کل خرج برای چهار گوش اول}$$

$$B'_1 = B_1 \sqrt{2} = 0.15 \sqrt{2} = 0.21 \text{ m} \quad \text{فاصله چالها از یکدیگر}$$

۵-۴-۴- محاسبات آرایش چالهای چهار گوش دوم قسمت برش

پس از انفجار چالهای چهار گوش اول با سطح آزاد جدیدی روبرو هستیم که لزوماً به شکل

دایره نمی باشد. عرض سطح آزاد جدید (X) حاصله عبارت است از :

$$X = \sqrt{2}(B_1 - F)$$

$$X = \sqrt{2} (0.15 - 0.062) = 0.23 \text{ m}$$

الف- تراکم خرجگذاری (I) :

تراکم خرجگذاری برای چهار گوش دوم از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$I = \frac{32.3\varphi.C.B}{S_{Anfo} [\sin(\arctan \frac{X}{2B})]^{1.5}} \Rightarrow I = 0.2 \text{ kg/m}$$

همانطور که ملاحظه می شود تراکم خرج حاصله به دلایلی که برای چهار گوش اول ذکر شد کافی

نبوده و برای این چهار گوش نیز از تراکم خرج $I = 1.15 \text{ kg/m}$ استفاده می شود.

ب - بار سنگ (B)

بارسنگ چالهای دومین چهار گوش برش از رابطه (۴-۱۷) محاسبه می گردد.

$$B_{2\max} = 8.8 * 10^{-2} \sqrt{\frac{0.13 * 1.15 * 1.2}{0.042 * 0.4}}$$

$$\Rightarrow B_{2\max} = 0.287 = 0.29 \text{ m}$$

$$B_2 = B_{2\max} - F \Rightarrow B_2 = 0.23$$

$$T = 10 * \varphi = 10 * 0.042 = 0.42 \text{ m}$$

ج : گل گذاری (T)

د: سایر مشخصات

$$B'_2 = \sqrt{2} \left(B_2 + \frac{B_1}{2} \right) = \sqrt{2} \left(0.23 + \frac{0.21}{2} \right) = 0.472 = 0.48 \text{ m}$$

$$Q = (3.2 - 0.42) * 1.15 = 3.2 \text{ kg}$$

$$Q_2 = 12.8 \text{ kg}$$

$$Qt = 12.8 \text{ kg}$$

مقدار کل خرج برای چهار گوش

خلاصه مشخصات چهار گوش دوم:

$$B_2 = 0.23 \text{ m} \quad B'_2 = 0.48 \text{ m} \quad T = 0.42 \text{ m} \quad I = 1.15 \text{ kg/m} \quad Q_2 = 12.8 \text{ kg}$$

۵-۴-۵- محاسبات آرایش چالهای چهارگوش سوم قسمت برش

عرض فضای مستطیلی ایجاد شده (x) برای انفجار چالهای چهارگوش سوم به صورت زیر می باشد.

$$X = \sqrt{2 \left(B_2 + \frac{B'_2}{2} - F \right)} = \sqrt{2 \left(0.23 + \frac{0.21}{2} - 0.062 \right)} = 0.385 \Rightarrow x = 0.39 \text{ m}$$

الف - تراکم خرجگذاری (I)

پس از انفجار چالهای دو چهارگوش اول فضای آزادی به ابعاد $0.39 \text{ m} \times 0.39 \text{ m}$ ایجاد می گردد.

بنابر این تراکم خرج بصورت زیر محاسبه می گردد.

$$I = 0.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{از (۴-۱۶)}$$

تراکم خرج بدست آمده از رابطه فوق با توجه به مواد منفجره ای که در این تونل استفاده

می شود به هیچ وجه کافی نبوده و در حقیقت بیانگر خرجگذاری تنها یک فشنگ مواد منفجره به

ابعاد $30 \text{ mm} * 19 \text{ cm}$ در هر متر از چال می باشد.

با توجه به این موارد و همچنین موارد ذکر شده در محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش

اول، در این چهارگوش ۵ عدد فشنگ به ابعاد $30 \text{ mm} * 19 \text{ cm}$ که وزن هر کدام 0.175 kg است

استفاده می شود. بنابر این تراکم خرج برابر $I = 0.88 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ می شود.

ب- بار سنگ (B)

با استفاده از رابطه (۴-۱۷) مقدار بار سنگ محاسبه می گردد.

$$B_3 \text{ max} = 0.088 * \sqrt{\frac{0.39 * 0.88 * 1.2}{0.042 * 0.4}} \Rightarrow B_3 \text{ max} = 0.44 \text{ m}$$

$$B_3 = 0.44 - 0.062 = 0.38 \text{ m}$$

(ج) گل گذاری (T)

$$T = 0.42 \text{ m}$$

(د) سایر مشخصات :

$$B' = 0.88 \text{ m} \quad \text{فاصله چالهای چهارگوش از هم}$$

$$3.2 - 0.42 = 2.78 \text{ m} \quad \text{طول خرجگذاری}$$

$$Q = 2.78 * 0.88 = 2.45 \text{ kg} \quad \text{مقدار خرج برای هر چال}$$

$$Q_3 = 9.8 \text{ kg} \quad \text{کل خرج چهارگوش}$$

خلاصه مشخصات پارامترهای چالهای چهارگوش سوم در زیر آورده می شود.

$$B_3 = 0.38 \text{ m} \quad B'_3 = 0.88 \text{ m} \quad T = 0.42 \text{ m} \quad I = 0.88 \text{ kg/m} \quad Q_3 = 9.8 \text{ kg}$$

۵-۴-۶- محاسبات آرایش چالهای چهارگوش چهارم قسمت برش

عرض فضای مستطیلی ایجاد شده (X) برای انفجار چالهای چهارگوش چهارم با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$X_4 = \sqrt{2} \left(B_3 + \frac{B'_2}{2} - F \right) = \sqrt{2} \left(0.38 + \frac{0.48}{2} - 0.062 \right) \Rightarrow X_4 = 0.79 \text{ m}$$

الف-تراکم خرجگذاری (I): با استفاده از رابطه ۴-۱۶ تراکم خرجگذاری محاسبه می گردد.

$$I = 0.28 \text{ kg/m}$$

با توجه به دلایل ذکرشده تراکم خرجگذاری $I = 0.88 \text{ kg/m}$ در نظر گرفته می شود.

(ب) بارسنگ (B)

$$B_{4\max} = 0.088 * \sqrt{\frac{0.79 * 0.88 * 1.2}{0.042 * 0.4}} \Rightarrow B_{3\max} = 0.62 \text{ m}$$

$$B_4 = 0.62 - 0.062 = 0.56 \text{ m}$$

$$T = 0.42 \text{ m} \quad \text{(ج) گل گذاری (T)}$$

$$B'_4 = \sqrt{2} \left(B_4 + \frac{B'_3}{2} \right) = \sqrt{2}(0.56 + 0.44) \Rightarrow B'_4 = 1.41 \text{ m} \quad \text{(د) سایر مشخصات چالها}$$

$$Q = (3.2 - 0.42) * 0.88 = 2.45 \text{ kg} \quad \text{مقدار خرج درهرچال}$$

$$Q_4 = 9.8 \text{ kg} \quad \text{مقدارخرج برای کل چهارگوش}$$

تعداد چهارضلعی ها را تا آنجا ادامه می دهیم که شرط $x \geq \sqrt{I}$ برقرار باشد. یعنی ضلع X عرض فضای مستطیلی ایجاد شده بزرگتر یا مساوی ریشه دوم مقدار پیشروی باشد.

$$X_5 = \sqrt{2} \left(B_4 + \frac{B'_3}{2} - F \right) = \sqrt{2}(0.56 + 0.44 - 0.062) = 1.33 \text{ m}$$

$$1.33 \text{ m} < 1.73 \text{ m}$$

که شرط فوق برقرار نمی باشد پس تعداد چهار ضلعی ها کافی نمی باشد.

۵-۴-۷- محاسبات آرایش چالهای چهار گوش پنجم قسمت برش

عرض فضای مستطیلی ایجاد شده (X) برای انفجار چالهای چهارگوش پنجم برابر است با:

$$x_5 = \sqrt{2} \left(B_4 + \frac{B'_3}{2} - F \right) = \sqrt{2}(0.56 + 0.44 - 0.062) = 1.33 \text{ m}$$

الف - تراکم خرجگذاری

$$I = \frac{32.3 * 0.042 * 0.4 * 0.56}{1.2 \left[\sin \left(\tan^{-1} \frac{1.33}{1.12} \right) \right]^{3/2}} = 0.38 \text{ kg/m} \cong 0.88 \text{ kg/m}$$

در اینجا نیز از تراکم خرج $I=0.88 \text{ kg/m}$ استفاده می شود.

$$B_5 \max = 0.088 * \sqrt{\frac{1.33 * 0.88 * 1.2}{0.042 * 0.4}} = 0.8 \text{ m} \quad \text{ب) بارسنگ (B)}$$

$$B_5 = 0.74 \text{ m}$$

$$T = 0.42 \text{ m}$$

ج) طول گل گذاری (T)

د) سایر مشخصات :

$$B'_5 = \sqrt{2}(0.74 + 0.705) = 2.03 = 2 \text{ m}$$

$$Q = 2.45 \text{ kg}$$

$$Q_5 = 9.8 \text{ kg}$$

خلاصه مشخصات چهار گوش پنجم

$$B_5 = 0.74 \text{ m} \quad B'_5 = 2 \text{ m} \quad T = 0.42 \text{ m} \quad I = 0.88 \text{ kg/m} \quad Q_5 = 9.8 \text{ kg}$$

مقدار (X) عرض فضای مستطیلی ایجاد شده برابر است با:

$$X = \sqrt{2}(0.74 + 0.705 - 0.062) = 1.95 \text{ m} \rightarrow 1.95 \text{ m} > 1.73 \text{ m}$$

بنابراین تعداد چهارضلعی ها کافی بوده چرا که شرط $X \geq \sqrt{L}$ برقرار است.

۵-۴-۸- محاسبات آرایش چالهای کف تونل

الف - تراکم خرجگذاری (I) :

چالهای کف نسبت به چالهای منطقه پیشروی بیشتر خرجگذاری می شوند تا نیروی جاذبه و وزن

توده سنگ را که روی آنها می ریزد جبران کند [۹].

بنابراین تراکم خرجگذاری برای چالهای کف تونل را همانند چالهای اولین چهارگوش چالهای برش

در نظر گرفته می شود و از فشنگهای به ابعاد $30 \text{ mm} * 19 \text{ cm}$ استفاده می شود.

ب- بارسنگ چالهای کف (B_L): بارسنگ چالهای کف از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$B_{L_{max}} = 0.9 \sqrt{\frac{I.S_{Anfo}}{\bar{C}.F.S/B}}$$

\bar{C} - ضریب ثابت تصحیح شده سنگ که مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می شود [۶].

$$\bar{C} = \begin{cases} C+0.05 & B \geq 1.4 \\ C+\frac{0.07}{B} & B \leq 1.4 \end{cases} \quad B \leq 1.4 \Rightarrow \bar{C} = 0.4 + \frac{0.07}{0.74} \Rightarrow \bar{C} = 0.49$$

F- ضریب تصحیح چالهای کف تونل می باشد که قبلا توضیح داده شد. برای چالهای کف ضرایب

$F=1.45$ و نسبت $S/B=1$ لحاظ می شود [۶].

$$B_{L_{max}} = 0.9 \sqrt{\frac{1.15*1.2}{0.49*1.45*1}} = 1.2 \text{ m}$$

برای محاسبه مقدار واقعی بارسنگ چالهای کف تونل باید اثر انحراف چال در حفاری و زاویه انحراف از محور تونل را هم بحساب آورد. بنابراین داریم:

$$B_L = B_{L_{max}} - H \sin \gamma - F$$

که در آن:

H- عمق چال

γ - زاویه انحراف چال از محور تونل

F- انحراف چال در حفاری

$$T = 10\phi = 0.42 \text{ m}$$

(ج) طول گل گذاری (\bar{T})

طول خرج ته چال برای سست کردن پای چال (h_b) برابر است با:

$$h_b = 1.25B_L \Rightarrow h_b = 1.2 \text{ m}$$

طول خرج میان چال (h_c):

$$h_c = H - h_b - T \Rightarrow h_c = 1.58m \cong 1.6 m$$

تراکم خرج ته چال (I_b):

تراکم خرج ته چال را نیز می توان از رابطه زیر محاسبه کرد .

$$I_b = 7.85 * 10^{-4} * \varphi_c^2 * \rho$$

که در این رابطه :

φ_c - قطر فشنگ مواد منفجره برحسب میلیمتر

ρ - چگالی مواد منفجره برحسب gr/cm^3

$$I_b = 7.85 * 10^{-4} * 30^2 * 1.5 \Rightarrow I_b = 1.05 \text{ kg/m}$$

این مقدار حداقل تراکم خرج می باشد که جهت اطمینان بیشتر مقدار $I = 1/15 \text{ kg/m}$ در نظر گرفته می شود.

تراکم خرج میان چال را معمولا ۷۰ درصد تراکم خرج ته چال باشد. ولی در عمل بعلت وقت گیر بودن و عدم دقت کافی در رعایت تراکم خرجگذاری و جهت سریع در عملیات خرجگذاری از آن صرفنظر کرده و تراکم خرج را در کل طول چال یکسان در نظر می گیرند [۶].

(د) تعداد چالهای کف (N)

برای بدست آوردن تعداد چالهای کف از رابطه زیر استفاده می شود [۶]:

$$N = \frac{W + 2HSiny}{B_{max}} + 2$$

w - عرض تونل به متر می باشد که در اینجا $w = 5/4$ متر می باشد.

$$N = \frac{5.4 + 2 * 3.2 * \sin 30^\circ}{1.2} + 2 = 6.78 \Rightarrow N = 7 \text{ عدد}$$

(ه) برای فاصله ردیفی چالهای کف تونل (S_L) از رابطه زیر استفاده می شود [۶].

$$S_L = \frac{W + 2HS \sin \gamma}{N - 1} = \frac{5.4 + 2 * 3.2 * \sin 3^\circ}{6} \Rightarrow S_L = 0.95 \text{ m}$$

فاصله ردیفی چالهای گوشه کف تونل (S'_L): چالهای گوشه کف تونل می بایست فاصله نزدیکتری نسبت به یکدیگر داشته باشند، تا گوشه های تونل استخراج گردیده و شکل تونل همواره حفظ شود [۷].

پس فاصله ردیفی چالهای گوشه تونل از رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$S'_L = S_L - HS \sin \gamma \Rightarrow S'_L = 0.95 - 3.2 * \sin 3^\circ \Rightarrow S'_L = 0.78 \text{ m}$$

(ز) سایر مشخصات چالهای کف :

$$3.2 - 0.42 = 2.78 \text{ m} \quad \text{طول خرج در چال}$$

$$Q = 2.78 * 1.15 = 3.2 \text{ kg} \quad \text{خرج مصرفی برای هر چال}$$

$$Q_L = 3.2 * 7 = 22.5 \text{ kg} \quad \text{کل خرج برای چالهای کف}$$

خلاصه مشخصات پارامترهای الگوی چالهای کف تونل به صورت زیر می باشد.

$$N = 7 \quad B_L = 0.97 \text{ m} \quad S_L = 0.95 \text{ m} \quad S'_L = 0.78 \text{ m} \quad I = 1.15 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad Q_L = 22.5 \text{ kg}$$

۵-۴-۹- محاسبات آرایش چالهای سقف تونل

چالهای سقف تونل جزء چالهای پیرامون سطح مقطع تونل می باشند که در آخرین مرحله قبل از چالهای کف انفجار می شوند لذا فضای آزاد به اندازه کافی برای عملکرد چالها وجود دارد. بنابراین با هدف بر جای گذاشتن دیواره ای صاف پس از انفجار از آتشباری کنترل شده استفاده می شود. از دیگر اهداف استفاده از این روش کاهش هزینه حفر تونل، کاهش خطر ریزش، افزایش تعداد سیکل پیشروی بعلت حذف و کاهش زمان برخی عملیات نگهداری و همچنین استفاده بهینه از انرژی مواد منفجره و کاهش مواد منفجره مصرفی در حفر واحد طول تونل (کاهش خرج ویژه)، می باشد.

الف- فاصله ردیفی چالها (S) از رابطه (۴-۲۶) محاسبه می شود.

$$S = K \cdot \varphi_h \quad (۴-۲۶)$$

K_ضریبی است که بین ۱۵ و ۱۶ متغیر است که در اینجا بعلت سختی نسبی سنگ و جهت اطمینان بیشتر مقدار آن برابر ۱۵ در نظر گرفته شد و نسبت S/B باید برابر ۰/۸ باشد.

$$S=0.65 \text{ m}$$

ب - بار سنگ چالهای سقف و دیواره (B)

$$B_{\max} = \frac{S}{0.8} \Rightarrow B_{\max} = \frac{0.65}{0.8} = 0.81 \text{ m}$$

$$B = B_{\max} - H \sin \gamma - F \Rightarrow B = 0.81 - 3.2 * \sin 3^\circ - 0.062 \Rightarrow B = 0.59 = 0.6 \text{ m}$$

ج - تراکم خرج (I) - حداقل تراکم خرج برای آتشباری کنترل شده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$I = 90 * \varphi^2_h = 0.158 = 0.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

از آنجاکه تنها خرج موجود در طرح مورد نظر دینامیت اخگر می باشد بر اساس آنچه در مورد آتشباری کنترل شده گفته شد خرج باید به صورت پیوسته در چال گذاشته شود لذا با توجه به ماده منفجره استفاده شده و تراکم مذکور یک فشنگ برای هر متر چال در نظر گرفته شده است که این امر امکانپذیر نمی باشد. برای رسیدن به تراکم مذکور لازم است از مواد منفجره ضعیفتر و دارای چگالی کمتر استفاده شود.

پس تراکم خرج را برای چالهای سقف و دیواره با خرج موجود که دینامیت می باشد و با استفاده از فشنگهای با ابعاد ۲۷ cm * ۲۲ mm و دارای وزن ۱۴۳ گرم محاسبه می کنیم .

در هر متر طول چال تعداد فشنگ خرجگذاری شده عبارت از:

$$\text{عدد} = 100_{\text{cm}} \div 27 = 3.7$$

$$I = 3.7 * 0.143_{\text{gr}} = 0.53 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{تراکم خرج چال}$$

این مقدار خرج نیز بیش از مقدار محاسبه شده می باشد که چنانچه گفته شده برای این چالها بایستی از مواد منفجره سبکتر و ضعیفتری استفاده شود.

د- طول گل گذاری (T)

$$T = 10 * \varphi_h = 0.42 \text{ m}$$

ه - سایر مشخصات چالها

$$3.2 - 0.42 = 2.78 \text{ m} \quad \text{طول خرج درچال}$$

$$Q = 2.78 * 0.53 = 1.47 \text{ kg} \quad \text{مقدار خرج درهر چال}$$

$$V = \frac{\pi d}{2} = 8.474 \text{ m} \quad \text{محیط نیمدایره فوقانی تونل}$$

$$N_r = (8.47 \div 0.65) + 1 = 14 \quad \text{تعداد چال موردنیاز}$$

$$Q_r = 14 * 1.47 = 20.5 \text{ kg} \quad \text{کل خرج برای چالهای سقف تونل}$$

$$N_w = (2.5 \div 0.65) * 2 = 8 \quad \text{تعداد چال دیواره ها}$$

$$Q_w = 8 * 1.47 = 11.7 \text{ kg} \quad \text{مقدار خرج چالهای دیواره ها}$$

۵-۴-۱۰- محاسبات آرایش چالهای پیشروی (میانی):

با انفجار چالهای قسمت برش که پنج چهارگوش را تشکیل می دادند فضای آزادی به ابعاد

$$1.95 \text{ m} * 1.95 \text{ m} \text{ حاصل می شود.}$$

تراکم خرجگذاری (I):

چالهای میانی نیز با فشنگهای به ابعاد $30 \text{ mm} * 19 \text{ cm}$ خرجگذاری می شوند که وزن هر فشنگ

برابر 175 gr می باشد و لذا داریم:

$$\text{تعداد فشنگ درهر مترچال} = 5.25 \quad (\text{طول هر فشنگ}) \div 19_{\text{cm}} \div 100_{\text{cm}} \quad (\text{یک متر طول تونل})$$

مقدار باقی مانده از دیواره تونل:

$$0.97 \text{ m} = 1.53 \text{ m} \text{ (بارسنگ چالهای کف)}$$

و از آنجا تعداد چال پیشروی که حرکت افقی دارند برای هر طرف تونل ۲ عدد باشد.

مقدار خرج برای چالهای پیشروی که حرکت افقی دارند

$$2 \text{ kg}$$

۵-۴-۱۰-۲- آرایش چالهای پیشروی که عملکرد روبه پایین

- تراکم خرجگذاری (I)

همانند چالهای افقی و برابر $I = 0.92 \text{ kg/m}$ می باشد

- بارسنگ (B)

برای چالهایی که عملکرد روبه پایین دارند ضریب $S/B, F$ عبارتند از $f=1.2$

$$\frac{0.92 * 1.2}{* 1.2 * 1.25} \Rightarrow B_{\max} = 1.1 \text{ m}$$

4 m

- گل گذاری (T)

محیط نیمدایره باقی مانده

$$594 \cong 6.6m$$

تعداد چال

$$= 6$$

مقدار خرج برای ۶ عدد چال

$$kg \cong 15.5kg$$

پس تعداد کل چالهای پیشروی با عملکرد روبه پایین (چالهای مجاور

میزان خرج مصرفی برای آنها ۱۵/۵ کیلوگرم می باشد.

با توجه به محاسبات انجام شده، خلاصه نتایج به شرح زیر و جدول ۵-۶ می

از انفجار چالهای برش فضایی به ابعاد $1.95m * 1.95m$ ایجاد شده است.

از انفجار چالهای کنتور که دارای $B=0.6m$ بودند به مقدار ۰.۶ متر استخراج

از انفجار چالهای پیشروی که عملکرد روبه پایین دارند (سقف تونل) به مقدار

گردد.

از انفجار چالهای پیشروی که عملکرد افقی دارند (دیواره ها) به مقدار ۰.۹۴ متر

و از انفجار چالهای کف نیز به مقدار ۰.۹۷ متر از ارتفاع تونل استخراج می گردد

لذا از ارتفاع تونل به مقدار ۰.۶۴ متر باقی می ماند که نیاز به یک ردیف دیگر

دارد.

مقدار باقی مانده از ارتفاع تونل

جدول ۵-۷- الگوی طراحی شده براساس روابط نیترونوبل و قطر چال ۲-

نوع چال حفر شده	تعداد چال	طول چال (متر)	طول کل چالهای قسمت (متر)	قطر چال (متر)	طول خرجگذاری چال (متر)
مرکزی (خالی)	۱	۳/۲	۳/۲	۰/۱۰۲	—
چهار گوش اول	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸
چهار گوش دوم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸
چهار گوش سوم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸
چهار گوش چهارم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸
چهار گوش پنجم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸
کنتور سقف	۱۴	۳/۲	۴۴/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸
کنتور دیواره ها	۸	۳/۲	۲۵/۶	۰/۰۴۲	۲/۷۸
کف تونل	۷	۳/۲	۲۲/۴	۰/۰۴۲	۲/۷۸
عملکرد روبه پایین	۹	۳/۲	۲۸/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸
عملکرد روبه بالا	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸
جمع	۶۳		۲۰۱/۶		

۵-۵- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل در جنس سنه

چال های انفجاری ۳۲ میلیمتر

مشخصات کلی تونل دسترسی مغانک و چال های حفر شده در این تونل آورده شده است.

۵-۵-۱- محاسبات آرایش چالهای اولین چهارگوش قسمت بر

$$\left(\frac{7}{2}\right)^{1.5} (0.17 - 0.05)(1) \Rightarrow I = 0.39 \text{ kg/m}$$

با توجه به مطالب ذکرشده در قبل این تراکم خرج برای چالهای چهار گوش اینجا از فشنگهای با ابعاد $30 \text{ mm} * 19 \text{ cm}$ استفاده می شود. بنابر این تراکم عبارتست از:

خرج مصرفی در هر چال

کل خرج برای چهار گوش

فاصله چالهای چهار گوش از همدیگر

۵-۵-۲- محاسبات آرایش چالهای چهار گوش دوم قسمت برش

عرض فضای آزاد ایجاد شده (x) عبارتست از:

$$) = 0.13m$$

تراکم خرجگذاری (I):

$$\frac{.4 * 0.15}{0.13} \Bigg| \Bigg| \Bigg|^{1.5} \Rightarrow I = \frac{0.062}{0.3} = 0.2 \text{ kg / m}$$

$$\frac{* 0.88 * 1.2}{032 * 0.4} = 0.288 = 0.29$$

$$0.23 \text{ m}$$

عرض فضای مستطیلی ایجاد شده (X) در این قسمت بیش از چهار گوش قبله

بعلت فضای آزاد ایجاد شده از فشنگ های به ابعاد $27 \text{ cm} * 22 \text{ mm}$ که وز

می باشد استفاده می باشد. بنا براین تراکم خرج 0.6 kg/m استفاده می شود.

$$\frac{9 * 0.6 * 1.2}{1.032 * 0.4} = 0.412 \text{ m}$$

$$= 0.35 \text{ m}$$

$$) = 0.83 \text{ m}$$

خلاصه مشخصات آرایش چال ها در چهار گوش سوم برش.

$$0.83 \text{ m} \quad I = 0.6 \text{ kg/m} \quad Q_3 = 9.8 \text{ kg}$$

$$0.6 \text{ kg/m}$$

$$2_4 = 6.9 \text{ kg}$$

۵-۵-۵- محاسبات آرایش چالهای چهارگوش پنجم قسمت بر

$$0.6 \text{ kg/m}$$

$$= 0.67 \text{ m}$$

$$\sqrt{3}$$

پس تعداد چهارضلعی ها کافی است.

۵-۵-۶- محاسبات آرایش چالهای کف تونل

$$\frac{1.2}{45 * 1} \Rightarrow B_{\max} = 1.097m$$

$$-f \Rightarrow B_L = 0.87m$$

1.1m

$$* \rho = 7.85 * 10^{-4} * (30)^2 * 1.5 = 1.05 \frac{kg}{m}$$

8

تعداد چال کف

$$\frac{\sin 3^\circ}{1} \Rightarrow S'_l = 0.82m$$

فاصله ردیفی چالهای کف

$$S'_l = 0.82 - 3.2 * \sin 3 \Rightarrow S'_l = 0.65m$$

فاصله ردیفی چالهای گوشه کف

میزان خرج برای هر چال

کل خرج برای چالهای کف

خلاصه مشخصات چالهای کف در زیر آورده شده است:

$$m \quad S_l = 0.82m \quad S'_l = 0.65m \quad I = 0.88 \frac{kg}{m} \quad Q = 20kg$$

پس برای دیواره ها شش عدد چال برای هر ردیف چال پیشروی مورد نیاز می

میزان خرج برای چالها دیواره

$$\text{قسمت باقی مانده از عرض تونل} = 1.21m = (2 * 0.4) + (2 * 0.73) + (2 * \text{قس})$$

یعنی در دیواره ها دو ردیف چال مورد نیاز است بنابراین تعداد چال مورد نیاز -

ها برابر شش عدد می باشد.

۵-۵-۸-۲- آرایش چالهای پیشروی که عملکرد رو به پایین د

برای این قسمت ضرایب بصورت زیر اعمال می شود. $\bar{C} = 0.49$

$$\frac{*1.2}{.2 * 1.25} \Rightarrow B_{\max} = 0.87m$$

میزان خرج در هر چال

قسمت باقی مانده از ارتفاع تونل

$$((\text{کف } 0.87m) + (\text{پیشروی } 0.81m) + (\text{قسمت کنتور } 0.4m) + (\text{قسمت}$$

پس دو ردیف دیگر چال برای قسمت پیشروی نید
ردیف بالایی نزدیک به سقف تونل:

$$0.81) = 2.98m \quad \text{قطر نیمدایره باقی مانده}$$

محیط نیمدایره باقی مانده

تعداد چال مورد نیاز برابر شش عدد می باشد.

$$36m \quad \text{قطر نیمدایره باقی مانده برای ردیف سوم چالهای پیشروی}$$

محیط نیمدایره

تعداد چال

پس تعداد کل چالهای پیشروی که عملکرد رو به پایین دارد ۱۷ و تعداد کا

عملکرد افقی دارند ۱۲ عدد می باشد. لذا تعداد چال های قسمت پیشروی ۳۸

بنابراین الگوی طراحی شده بصورت خلاصه درجدول (۵-۸) آمده است :

جدول ۵-۸- الگوی طراحی شده براساس روابط نیترونوبل و قطر چال ۳۲

نوع چالها	تعداد چال	طول چال (متر)	طول کل حفاری (متر)	قطر چال (متر)	طول خرجگذا
مرکزی (خالی)	۱	۳/۲	۳/۲	۰/۱۰۲	-
برش چهارگوش (۵ عدد)	۲۰	۳/۲	۶۴	۰/۰۳۲	۸۸
کنتور سقف	۱۸	۳/۲	۵۷/۶	۰/۰۳۲	۸۸
دیواره	۱۰		۳۲		
کف	۸	۳/۲	۲۵/۶	۰/۰۳۲	۸۸
پیشروی رو به پایین	۱۷	۳/۲	۵۴/۴	۰/۰۳۲	۸۸
پیشروی افقی	۱۲	۳/۲	۳۸/۴	۰/۰۳۲	۸۸
جمع	۸۶		۲۷۵		

۵-۶- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل در جنس سنگ گ

چالهای انفجاری ۴۸ میلیمتر

مقادیر قطر و عمق چال و میزان پیشروی همانند قبل می باشد.

$$3.2m \quad L = 3m$$

میزان خرج چهارگوش

۵-۶-۲- محاسبات و آرایش چالهای چهارگوش دوم قسمت بر

محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهارگوش دوم قسمت برش بصورت خلاصا

$$\frac{B}{\left(\frac{X}{2B}\right)^{3/2}} \Rightarrow I = 0.31 \text{ kg/m} \Rightarrow I \cong 1.15 \text{ kg/m}$$

میزان خرج چهارگوش

$$: 0.45m$$

۵-۶-۳- محاسبات آرایش چالهای چهارگوش سوم قسمت بر

در اینجا از فشنگهای با ابعاد $30 \text{ mm} * 19 \text{ cm}$ استفاده می شود. بنابر این تراکم بدست می آید.

$$\frac{6 * 1.15 * 1.2}{1.048 * 0.4} \Rightarrow B_{3 \max} = 0.45m$$

$$-) = 0.87m$$

میزان خرج در هر چال

کل خرج چهارگوش

۵-۶-۴- محاسبات آرایش چالهای چهارگوش چهارم قسمت ب

محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهارگوش چهارم قسمت برش بصورت خلاء

شود.

$$- - f) = 0.78m$$

$$\cong 0.92 \text{ kg/m}$$

محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهارگوش پنجم قسمت برش بصورت خلاصه شود.

$$-- F) = 1.3m$$

$$\frac{kg}{m}$$

میزان خرج هرچال

کل خرج چهارگوش

بنابراین تعداد چهار ضلعی ها کافی می باشد. بنابراین به محاسبات مربوط به قسمت‌های سینه کار تونل پرداخته می شود.

۵-۶-۶- محاسبات آرایش چالهای کف تونل

چالهای کف با تراکم $I=1.15 \text{ kg/m}$ خرجگذاری می شوند.

مقادیر $F = 1.45$ و $\bar{C} = 0.5$ و $S/R = 1$ در نظر گرفته می شود.

تعداد چالهای کف

ع

96m

0.8m

میزان خرج در هر چال

میزان کل خرج برای چالهای کف

$$= 0.96m \quad S'_i = 0.8m \quad I = 1.15 \text{ kg/m} \quad Q = 22 \text{ kg}$$

۵-۶-۷- محاسبات آرایش چالهای سقف و دیواره

برای چالهای سقف و دیواره از آتشباری کنترل شده استفاده می شود.

$$F \Rightarrow B = 0.65m$$

$$2 \text{ kg/m} \cong I = 0.53 \text{ kg/m}$$

حداقل تراکم خرج

$$0.65 \text{ m} \quad I = 0.53 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad N = 21 \quad Q_t = 30.5 \text{ kg}$$

۵-۶-۸- محاسبات طراحی آرایش چالهای پیشروی (چالهای

در اینجا از فشنگ هایی به ابعاد $30 \text{ mm} * 19 \text{ cm}$ استفاده می شود.

۵-۶-۸-۱- آرایش چالهای پیشروی که عملکرد افقی و رو به

برای این قسمت ضرایب $S/B = 1.25$ و $F = 1.45$ اعمال می شود. خلاصه محاسبات

شود.

میزان خرج هر چال

تعداد چال در هر دیواره در یک ردیف (N)

$$N = 2 \Rightarrow (1.17) \div (\text{با رسنگ چالهای کف}) - 1$$

بنابراین تعداد چال های پیشروی دیواره در هر ردیف چال ۴ عدد می باشد.

میزان خرج هر چال

قطر نیمدایره باقی مانده از سقف تونل = 4.1m

محیط نیمدایره باقی مانده

تعداد چال

میزان خرج برای چالهای پیشروی

از انفجار چال های برش فضایی به ابعاد $1/96 \times 1/96$ متر ایجاد می شود.

از انفجار چال های کنتور سقف و دیواره از عرض تونل به مقدار $1/3$ متر و از اراة استخراج می شود.

از انفجار چال های پیشروی که عملکرد افقی دارند از هر طرف $0/99$ متر و از ک متر استخراج می شود.

از انفجار چال های پیشروی که عملکرد رو به پایین دارند $1/04$ متر استخراج م

خلاصه الگوی طراحی شده در جدول (۵-۹) آورده شده است.

جدول ۵-۹- خلاصه الگوی طراحی شده بر اساس روابط نیترونیوبل و قطر چال

طول خرجگذاری	قطر چال (متر)	طول کل حفاری(متر)	طول چال(متر)	تعداد چال	نوع چال حفر شده
-	۰/۱۰۲	۳/۲	۳/۲	۱	مرکزی (خالی)
۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش اول
۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش دوم
۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش سوم
۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش چهارم
۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش پنجم
۲/۷۲	۰/۰۴۸	۴۱/۶	۳/۲	۱۳	سقف
۲/۷۲	۰/۰۴۸	۲۵/۶	۳/۲	۸	دیواره ها
۲/۷۲	۰/۰۴۸	۲۲/۴	۳/۲	۷	کف
۲/۷۲	۰/۰۴۸	۲۵/۶	۳/۲	۸	عملکرد رو به پایین
۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۲/۸	۳/۲	۴	عملکرد افقی
		۱۹۴/۶	-	۶۱	جمع بندی

۵-۷- طراحی الگوی چال های سینه کار تونل در جنس سنگ

چال های ۴۲ میلیمتر

مشخصات مقادیر قطر و عمق چال و میزان پیشروی به شرح زیر می باشند. مق

۰/۳ در نظر گرفته می شود.

۵-۷-۱- محاسبات آرایش چال های چهارگوش اول قسمت بر

$$1.5(0.17 - 0.15)(0.75) = 0.44 \Rightarrow I \cong 1.15 \text{ kg/m}$$

میزان خرج هرچال

خرج کل چهارگوش

مقدار خرج چهار گوش دوم

۵-۷-۳- محاسبات آرایش چال های چهار گوش سوم قسمت ب

$$\Rightarrow x = 0.45m$$

$$0.88 \text{ kg/m}$$

$$= 0.48m$$

میزان خرج چهار گوش سوم

۵-۷-۴- محاسبات آرایش چالهای چهار گوش چهارم قسمت ب

خلاصه مشخصات آرایش چال های چهار گوش چهارم در زیر آورده می شود.

$$0.88 \text{ kg/m}$$

۵-۷-۵- محاسبات آرایش چالهای کف تونل

تراکم خرج گذاری را برای چال های کف همانند تراکم خرج برای چال دوم در نظر می گیریم.

برای چال های کف ضرایب بصورت زیر می باشند. $= 0.4$

طول خرج ته چال

طول خرج میان چال

تعداد چالهای کف

فاصله ردیفی چال های کف

فاصله ردیفی چال های گوشه

میزان خرج در هر چال

کل خرج برای چال های کف

۵-۷-۶- محاسبات آرایش چال های سقف و دیواره

میزان خرج برای هرچال

تعداد چال سقف

عدد $13 = 1 +$

میزان خرج چالهای سقف

تعداد چال دیواره ها

عدد $8 =$

میزان خرج چالهای دیواره

کل خرج سقف و دیواره (کنتور)

۵-۷-۷- محاسبات آرایش چالهای پیشروی (میانی)

برای این قسمت از تراکم خرج $I = 0.92 \text{ kg/m}$ استفاده می شود.

۵-۷-۷-۱- آرایش چالهای پیشروی که عملکرد افقی و روبه با

برای این دسته چال ها ضرایب بصورت زیر اعمال می شوند:

$$\frac{1}{B} = 1.25$$

مقدار $0/58$ متر از عرض تونل باقی مانده است. بنابراین یک ردیف چال میانی می باشد، لذا تعداد کل چالهای پیشروی که عملکرد افقی دارند برابر 6 عدد می کل خرج برای چالهای قسمت

۵-۷-۲- آرایش چال های پیشروی که عملکرد رو به پایین

برای چالهای این قسمت ضرائب به صورت زیر اعمال می شوند.

$$F = 1.2, S/B = 1.25, \bar{C} = 0.4$$

ضرائب

میزان خرج هرچال

$$= 4.46m$$

قطر نیمدایره باقی مانده قسمت فوقانی

تعداد چال

$$(1.15 + 1.14) = 0.61 m$$

قسمت باقی مانده از ارتفاع تونل

پس یک ردیف چال مورد نیاز می باشد.

قطر نیمدایره باقی مانده

$$Q_i = 38.5kg$$

کل خرج برای چالهای پیشروی (میانی)

خلاصه الگوی طراحی شده بر اساس روابط نیترونوبل و قطر چال ۴۲ میلیمتر در جدول ۵-۱۰ آورده

شده است

جدول ۵-۱۰- خلاصه الگوی طراحی شده بر اساس روابط نیترونوبل و قطر چال ۴۲ میلیمتر

نوع چال حفر شده	تعداد چال	طول چال (متر)	طول کل حفاری (متر)	قطر چال (متر)	طول خرجگذاری (متر)	کل خرج (کیلوگرم)
مرکزی (خالی)	۱	۳/۲	۳/۲	۰/۱۰۲	-	-
چهار گوش اول	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۲	۱۳
چهار گوش دوم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۲	۱۳
چهار گوش سوم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۲	۱۰
چهار گوش چهارم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۲	۱۰
سقف	۱۳	۳/۲	۴۱/۶	۰/۰۴۲	۲/۷۲	۱۹/۱
دیواره ها	۸	۳/۲	۲۵/۶	۰/۰۴۲	۲/۷۲	۱۱/۷
کف	۷	۳/۲	۲۲/۴	۰/۰۴۲	۲/۷۲	۲۲/۵
عملکرد رو به پایین	۹	۳/۲	۲۸/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۲	۲۲/۵
عملکرد افقی	۶	۳/۲	۱۹/۲	۰/۰۴۲	۲/۷۲	۱۵/۵
جمع بندی	۷۰	-	۱۹۲			۱۳۷

۵-۸- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل در جنس سنگ گروه ب و قطر چالهای ۳۲ میلیمتر.

در این قسمت با استفاده از روابط نیترونوبل محاسبات آرایش چالها در سنگهای گروه ب با قطر چال ۳۲ میلیمتر انجام خواهد شد.

$$\varphi_h = 0.1m$$

$$H = 3.2m$$

$$L = 3m$$

$$C = 0.3$$

۵-۸-۱- محاسبات آرایش چالهای اولین چهار گوش قسمت برش

با توجه به مشخصات ذکر شده فوق محاسبات آرایش چالهای اولین چهار گوش قسمت برش انجام می شود.

$$B_{1max} = 0.17m$$

$$B_1 = 0.11 \approx 0.15m$$

$$I = 0.29 \frac{kg}{m} \approx 0.88 \frac{kg}{m}$$

$$T = 0.32m$$

$$Q = 2.5kg$$

$$Q_1 = 10kg$$

$$B' = 0.21m$$

۵-۸-۲- محاسبات آرایش چالهای چهار گوش دوم قسمت برش

محاسبات آرایش چالهای چهار گوش دوم قسمت برش بصورت خلاصه در زیر آورده می شود.

$$X = 0.13m$$

$$I = 0.16 \frac{kg}{m} \cong 0.88 \frac{kg}{m}$$

$$B_{2max} = 0.33m$$

$$T = 0.32m$$

$$B'_2 = 0.53m$$

$$Q = 2.5kg$$

$$Q_2 = 10kg$$

۵-۸-۳- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش سوم قسمت برش

محاسبات آرایش چالهای چهار گوش سوم قسمت برش بصورت خلاصه در زیر آورده می شود.

$$X = 0.44m$$

$$I = 0.14 \frac{kg}{m} \cong 0.6 \frac{kg}{m}$$

$$B_{3max} = 0.51m \Rightarrow B = 0.45m$$

$$T = 0.32m$$

$$B'_3 = 1.00m$$

$$Q = 2.5kg$$

$$Q_3 = 10kg$$

۵-۸-۴- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش چهارم قسمت برش

محاسبات آرایش چالهای چهار گوش چهارم قسمت برش بصورت خلاصه در زیر آورده می شود.

$$X = 0.94m$$

$$I = 0.19 \frac{kg}{m} \cong 0.6 \frac{kg}{m}$$

$$B_{4max} = 0.74m \Rightarrow B_4 = 0.68m$$

$$T = 0.32m$$

$$B'_4 = 1.66m$$

$$Q = 2.5kg$$

$$Q_4 = 10kg$$

۵-۸-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش پنجم قسمت برش

محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش پنجم قسمت برش بصورت خلاصه در زیر آورده می شود.

$$X = 1.58m$$

$$I = 0.27 \frac{kg}{m} \cong 0.6 \frac{kg}{m}$$

$$B_{5\max} = 0.96m \Rightarrow B_5 = 0.9m$$

$$T = 0.32m$$

$$B'_5 = 2.44m$$

$$Q = 2.5kg$$

$$Q_5 = 10kg$$

$$X = 2.35 \geq \sqrt{3} \text{ پس تعداد چهار ضلعی ها کافی می باشد}$$

۵-۸-۶- محاسبات آرایش چالهای کف تونل

برای این قسمت ضرایب $\frac{S}{B} = 1, f = 1.45, \bar{C} = 0.4$ اعمال می شود.

$$I = 0.88 \frac{kg}{m}$$

$$B_{\max} = 1.21m$$

$$B_l = 0.99m \approx 1m$$

$$T = 0.32m$$

$$h_b = 1.25B = 1.25m$$

$$h_c = 1.63m$$

$$N = 7$$

$$S_l = 0.95m$$

$$S'_l = 0.79m$$

$$Q = 2.5kg$$

$$Q_l = 17.5kg$$

۵-۸-۷- محاسبات آرایش چالهای سقف و دیواره

طراحی آرایش چالهای سقف و دیواره با روش آتشباری کنترل شده انجام می شود. خلاصه محاسبات مربوط به این بخش در زیر آورده می شود.

$$S = 0.51m$$

$$B_{\max} = 0.65m$$

$$B = 0.42m$$

$$I = 0.1 \frac{kg}{m} \cong 0.53 \frac{kg}{m}$$

$$T = 0.32m$$

$$Q = 1.53kg$$

$$N_r = 17$$

$$Q_r = 26kg$$

$$N_w = 10$$

$$Q_w = 15.3kg$$

$$Q_t = 41.3kg$$

۵-۸-۸- محاسبات آرایش چالهای پیشروی (میانی)

برای خرجگذاری این قسمت از تراکم خرج $I=0.88 \text{ kg/m}$ استفاده می شود.

$$I = 0.88 \frac{kg}{m}$$

۵-۸-۸-۱- آرایش چالهای پیشروی که عملکرد افقی و رو به بالا دارند.

ضرایب $\frac{S}{B} = 1.25, f = 1.45, \bar{C} = 0.4$ لحاظ می شود.

$$B_{\max} = 0.88m$$

$$B = 0.82m$$

$$S = 1.00m$$

$$N = 4$$

$$Q = 2.5kg$$

$$5.4 - (2.44 + 0.84 + 1.64) = 0.48m \approx 0.5m$$

قسمت باقی مانده از عرض تونل

بنابراین دو عددچال در یک ردیف با عملکرد افقی در یک سمت قسمت برش تعبیه می شود و کل

چال های میانی با عملکرد افقی برابر است با:

$$N = 6$$

$$Q = 15kg$$

۵-۸-۲- آرایش چالهای پیشروی که عملکرد رو به پائین دارند

$$B_{max} = 0.96m$$

$$B = 0.9m$$

$$B_{max} = 0.96m$$

$$B = 0.9m$$

$$S = 1.12m$$

$$d = 4.56m$$

$$V = 7.159m$$

$$N = 8$$

$$5.2 - (2.44 + 0.42 + 0.9 + 1) = 0.44m$$

قسمت باقی مانده از ارتفاع تونل

$$d = 0.9m$$

$$V = 1.41m$$

$$N_i = 10$$

$$Q = 16.5kg$$

خلاصه الگوی طراحی شده با قطر چال ۳۲ میلیمتر و جنس سنگ گروه (ب) در جدول (۵-۱۱) آمده

است.

جدول ۵-۱۱- الگوی طراحی شده با قطر چال ۳۲ میلیمتر و جنس سنگ گروه (ب)

نوع چال حفر شده	تعداد چال	طول چال (متر)	طول کل حفاری (متر)	قطر چال (متر)	طول (خرجگذاری) (متر)	کل خرج (کیلوگرم)
مرکزی (خالی)	۱	۳/۲	۳/۲	۰/۱۰۲	-	-
چهار گوش اول	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۳۲	۲/۸۸	۱۰
چهار گوش دوم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۳۲	۲/۸۸	۱۰
چهار گوش سوم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۳۲	۲/۸۸	۱۰
چهار گوش چهارم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۳۲	۲/۸۸	۱۰
چهار گوش پنجم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۳۲	۲/۸۸	۱۰
سقف	۱۷	۳/۲	۵۴/۴	۰/۰۳۲	۲/۸۸	۲۶
دیواره ها	۱۰	۳/۲	۳۲	۰/۰۳۲	۲/۸۸	۱۵/۳
کف	۷	۳/۲	۲۲/۴	۰/۰۳۲	۲/۸۸	۱۷/۵
عملکرد رو به پایین	۱۰	۳/۲	۳۲	۰/۰۳۲	۲/۸۸	۱۶/۵
عملکرد افقی	۶	۳/۲	۱۹/۲	۰/۰۳۲	۲/۸۸	۱۵
جمع بندی	۷۱	-	۲۲۷/۲	-	-	۱۴۰/۸

۵-۹- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل در جنس سنگ (گروه ب) و قطر**چالهای ۴۸ میلیمتر**

در این قسمت با استفاده از روابط نیترونوبل محاسبات آرایش چالها در سنگهای گروه ب با قطر چال ۴۸ میلیمتر انجام خواهد شد.

$$\varphi_h = 0.1m$$

$$H = 3.2m$$

$$L = 3m$$

$$C = 0.3$$

۵-۹-۱- محاسبات آرایش چالهای چهار گوش اول قسمت برش

با توجه به مشخصات ذکر شده فوق محاسبات آرایش چالهای اولین چهار گوش قسمت برش انجام می شود.

$$B_{1\max} = 0.17m$$

$$B_1 = 0.11 \approx 0.15m$$

$$I = 0.44 \frac{kg}{m} \approx 1.15 \frac{kg}{m}$$

$$T = 0.48m$$

$$Q = 3.13kg$$

$$Q_1 = 12.5kg$$

$$B' = 0.21m$$

۵-۹-۲- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش دوم قسمت برش

محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش دوم قسمت برش بصورت خلاصه در زیر آورده می شود.

$$X = 0.13m$$

$$I = 0.23 \frac{kg}{m} \cong 1.15 \frac{kg}{m}$$

$$B_{2max} = 0.31m$$

$$B_2 = 0.25m$$

$$T = 0.48m$$

$$B'_2 = 0.5m$$

$$Q = 3.13kg$$

$$Q_2 = 12.5kg$$

۵-۹-۳- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش سوم قسمت برش

محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش سوم قسمت برش بصورت خلاصه در زیر آورده می شود.

$$X = 0.41m$$

$$I = 0.42 \frac{kg}{m} \cong 1.15 \frac{kg}{m}$$

$$B_{3max} = 0.55m \Rightarrow B = 0.5m$$

$$T = 0.48m$$

$$B'_3 = 1.05m$$

$$Q = 3.13kg$$

$$Q_3 = 12.5kg$$

۵-۹-۴- محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش چهارم قسمت برش

محاسبات مربوط به آرایش چالهای چهار گوش چهارم قسمت برش بصورت خلاصه در زیر آورده می شود.

$$X = 0.97m$$

$$I = 0.33 \frac{kg}{m} \cong 0.92 \frac{kg}{m}$$

$$B_{4max} = 0.76m \Rightarrow B_4 = 0.7m$$

$$T = 0.48m$$

$$B'_4 = 1.73m$$

$$Q = 2.5kg$$

$$Q_4 = 10kg$$

$$X = 1.64 \approx \sqrt{L}$$

مقدار X تقریباً با ریشه دوم مقدار پیشروی برابر است لذا تعداد چهار ضلعی ها کافی است.

۵-۹-۵- محاسبات مربوط به آرایش چالهای کف تونل

جهت محاسبات آرایش چالهای کف تونل ضرائب به صورت زیر اعمال می شود

$$\bar{C} = 0.4, f = 1.45, \frac{S}{B} = 1$$

سایر مشخصات آرایش چالهای این قسمت به شرح زیر می باشد.

$$I = 1.15 \frac{kg}{m}$$

$$B_{I_{max}} = 1.39m$$

$$B_I = 1.15m$$

$$T = 0.48m$$

$$h_b = 1.25B = 1.43m$$

$$h_c = 1.29m$$

$$N = 6$$

$$S_I = 1.15m$$

$$S'_I = 0.97m$$

$$Q = 3.13kg$$

$$Q_I = 18.8kg$$

$$B_{\max} = 1.11m$$

$$B = 1.05m$$

$$S = 1.3m$$

$$T = 0.48$$

$$N = 4$$

$$Q = 2.5kg$$

$$Q_t = 10kg$$

۵-۹-۷-۲- آرایش چالهای پیشروی که عملکرد رو به پائین دارند

ضرایب $\frac{S}{B} = 1.25, f = 1.2, \bar{C} = 0.4$ لحاظ می شود

$$B_{\max} = 1.22m$$

$$B = 1.15m$$

$$S = 1.45m$$

$$T = 0.48m$$

$$Q = 2.5kg$$

$$d = 3.94m$$

$$V = 6.18m$$

$$N = 5$$

$$Q_t = 12.5kg$$

$$h = 0.52 m$$

قسمت باقی مانده از ارتفاع تونل

$$d = 1.84m$$

$$V = 2.9m$$

$$N_t = 12$$

$$Q_t = 30kg$$

خلاصه مشخصات الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۸ میلیمتر و جنس سنگ گروه (ب) در جدول

(۵-۱۲) آمده است.

جدول ۵-۱۲- الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۸ میلیمتر و جنس سنگ گروه (ب)

کل خرج (کیلوگرم)	طول خرجگذاری (متر)	قطر چال (متر)	طول کل حفاری (متر)	طول چال (متر)	تعداد چال	نوع چال حفر شده
-	-	۰/۱۰۲	۳/۲	۳/۲	۱	مرکزی (خالی)
۱۲/۵	۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش اول
۱۲/۵	۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش دوم
۱۲/۵	۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش سوم
۱۰	۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش چهارم
۱۷/۴	۲/۷۲	۰/۰۴۸	۳۸/۴	۳/۲	۱۲	سقف
۱۱/۵	۲/۷۲	۰/۰۴۸	۲۵/۶	۳/۲	۸	دیواره ها
۱۸/۸	۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۹/۲	۳/۲	۶	کف
۲۰	۲/۷۲	۰/۰۴۸	۲۵/۶	۳/۲	۸	عملکرد رو به پایین
۱۰	۲/۷۲	۰/۰۴۸	۱۲/۸	۳/۲	۴	عملکرد افقی
۱۲۵/۲			۱۷۶	-	۵۵	جمع بندی

فصل ششم

محاسبه آرایش چالهای سینه کار تونل با استفاده از روابط

تئوری انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ

۶-۱- مقدمه

در فصل پنجم طراحی آرایش چالها با استفاده از روابط نیترونوبل صورت گرفت. در این فصل با استفاده از روابط تئوری انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ، محاسبه و طراحی آرایش چالهای سینه کار تونل دسترسی مغانک انجام خواهد شد.

در استفاده از این روش، خواص فیزیکی ماده منفجره مصرفی و سنگ در بر گیرنده و همچنین پارامتری که بیانگر کیفیت انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ در بر گیرنده باشد لحاظ می شود لذا به نظر می رسد که این روش نتایج بهتر و دقیق تری نسبت به روش نیترونوبل - که اساس آن قطر چال خالی و فضای آزاد ایجاد شده می باشد- ارائه کند.

۲-۶- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل برای جنس سنگ گروه الف

(متادیوریت توده‌ای) و قطر چالهای انفجاری ۴۲ میلیمتر.

مشخصات کلی تونل و چال‌های حفر شده در سینه کار در جداول ۱-۵ و ۲-۵ و ۳-۵ و مشخصات مواد منفجره مصرفی در جدول ۴-۵ آورده شده است.

جنس سنگ در برگزیده قسمت جهت طراحی سنگهای گروه الف (متادیوریت توده‌ای) می باشد که مشخصات مربوطه در جدول ۵ - ۵ آورده شده است. بنابراین آرایش چالهای سینه کار به شرح زیر محاسبه می شود.

پارامترهای قطر چال خالی، میزان پیشروی و طول چالهای حفر شده به صورت زیر می باشد.

$\varphi_h = 0.1m$	قطر معادل چالهای خالی
$L=3m$	پیشروی
$H=3.2m$	طول چال

۱-۲-۶- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش

بزرگترین بعد سنگ حاصل از انفجار چالهای برش یک سانتیمتر می باشد. بنابراین سطح مخصوص (S) برابر است با [۶]:

$$S = \frac{64}{0.01} = 6400 \frac{m^2}{m^3} \quad (۱-۶)$$

ضریب امیدانس

$$\eta_1 = 1 - \frac{(I_e - I_r)^2}{(I_e + I_r)^2} \quad (۲-۶)$$

$$\eta_1 = 1 - \frac{(6.75 * 10^6 - 14.56 * 10^6)^2}{(6.75 * 10^6 + 14.56 * 10^6)^2} = 0.86$$

ضریب جفت شدگی (η_2) : برای بالا بردن ضریب جفت شدگی و استفاده بهتر و بیشتر از انرژی حاصل از انفجار مواد منفجره، فشنگ مواد منفجره را به قدری در چال متراکم می کنند تا قطر آن به قطر چال نزدیک شود بنابراین در این بخش از فشنگ‌های با ابعاد $19 \text{ cm} \times 30 \text{ mm}$ استفاده می‌شود و در چال متراکم شده تا قطر خرج به ۴۰ میلیمتر برسد.

$$\eta_2 = \frac{1}{e^{\frac{\phi_n}{\phi_c}} - (e-1)} = \frac{1}{e^{\frac{42}{40}} - (2.71-1)} \Rightarrow \eta_2 = 0.88$$

$$\eta_3 = 0.15 \quad \eta_3 - \text{ضریب خردشدگی سنگ برابر 0.15 در نظر گرفته می‌شود.}$$

خرج ویژه چالهای برش عبارتست از:

$$q = \frac{S.E_s}{\eta_1 \eta_2 \eta_3 E_e} = \frac{6400 * 1.61 * 10^{-3}}{0.86 * 0.88 * 0.15 * 4.26}$$

$$q = 21.3 \text{ kg} / \text{m}^3$$

از آنجا که روابط انرژی روابطی جهت محاسبه فواصل چالهای قسمت برش ندارند، آرایش چالهای برش را از روابط نیترونوبل بدست می‌آوریم و سپس در محاسبات سایر قسمت‌های تونل از آنها به عنوان نقطه شروع استفاده کرده و با استفاده از روابط تئوری انتقال انرژی به محاسبات و آرایش چال‌های سایر قسمت‌های تونل پرداخته می‌شود.

از انفجار سه چهار گوش قسمت برش دور یک عدد چال خالی وسط فضایی خالی به ابعاد $0.88\text{m} * 0.88\text{m}$ ایجاد می‌شود. بنابراین:

حجم سنگ مورد عمل چالهای برش

$$V = 0.88\text{m}^2 * 3\text{m} = 2.32\text{m}^3$$

وزن خرج مصرف شده در چال‌های برش

$$Q_t = 2.32 * 21.3 = 49.4\text{kg}$$

میزان خرج برای هر چال

$$Q_1 = 49.4 \div 12 = 4.1\text{kg}$$

$$Q_{lm} = 1 * \pi * \frac{0.040^2}{4} * 1500 = 1.88 \text{ kg}$$

وزن یک متر خرج

۶-۲-۲- آرایش چالهای بخش پیشروی و کف سینه کار تونل

به سبب اینکه در اثر انفجار چالهای قسمت برش فضایی خالی بوجود آمده و تقریباً کافی برای شکستن سنگ‌ها می باشد، پس ابعاد بزرگترین قطعه سنگ حاصل از انفجار را ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر در نظر می‌گیرند [۶].

$$D_m = 0.2 \text{ m}$$

$$S = \frac{64}{0.2} = 320 \text{ m}^2 / \text{m}^3$$

برای خرجگذاری از فشنگ‌هایی به ابعاد ۱۹cm×۳۰mm استفاده می‌گردد و فشنگها را در امتداد هم و با اندکی تراکم در چال قرار می‌دهیم بگونه‌ای که قطر مواد منفجره به ۳۹ میلی‌متر برسد.

$$\eta_1 = 0.86 \quad (۲-۴)$$

$$\eta_2 = \frac{1}{e^{42/39} - (2.71 - 1)} \Rightarrow \eta_2 = 0.83 \quad (۳-۴)$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q = 1.3 \text{ kg/m}^3 \quad \text{با استفاده از رابطه (۴-۴) خرج ویژه محاسبه می‌گردد}$$

آرایش مربعی چالهای قسمت پیشروی و کف با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$B = S = \varphi_c \sqrt{\frac{\pi D_e}{4 * q}}$$

D_e - چگالی مواد منفجره $(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$

φ_c - قطر خرج (متر)

$$B = S = 0.039 \sqrt{\frac{3.14 * 1500}{4 * 1.3}} = 1.17 \text{ m}$$

۶-۲-۳- آرایش چالهای قسمت محیط (سقف و دیواره‌ها):

برای بر جای گذاشتن دیواره ای صاف پس از انفجار و بالا بردن ایمنی در محل کار و کاهش هزینه‌های حفاری (به علت کاهش اضافه حفاری) و نگهداری از روشهای آتشکاری کنترل شده در پیرامون تونل استفاده می گردد. بطور کلی در تمام روشهای آتشکاری کنترل شده ارتباط قطر خرج (φ_c) و قطر چال (φ_h) به صورت زیر می باشد.

$$\varphi_h \geq 2\varphi_c$$

همچنین در محیط تونل فاصله کناری چالها از یکدیگر (S_c) کمتر از مقدار بارسنگ (B_c) می باشد
یعنی:

$$S_c = 0.8 B_c$$

به دلیل وجود سطح آزاد نسبتاً بزرگ ناشی از انفجار چالهای برش و پیشروی بزرگترین بعد قطعه سنگ‌های حاصل از انفجار چال‌های محیط را ۴۰ سانتی‌متر یا بزرگتر بسته به شرایط کاری و ماشین‌آلات حمل و بارگیری موجود، انتخاب می گردد [۶].

$$D_m = 0.4 \text{ متر}$$

$$S = \frac{64}{0.4} = 160 \frac{m^2}{m^3}$$

برای چال‌های سقف و دیواره از فشنگ‌هایی به ابعاد ۲۲mm×۲۷cm استفاده می شود. وبا اندکی فشردگی قطر خرج به ۲۵ میلیمتر می‌رسد.

$$\eta_1 = 0.86$$

$$\eta_2 = 0.28$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q = 1.67 \frac{kg}{m^3}$$

محاسبه بارسنگ و فاصله ردیفی چال‌ها از هم (S_c, B_c)

$$S_c = 0.8 B_c$$

$$S_c, B_c = \varphi_c^2 \frac{\pi D_e}{4q} \Rightarrow 0.8 B_c^2 = 0.025^2 * \frac{1500 * \pi}{4 * 1.67}$$

$$\Rightarrow B_c = 0.74m \cong 0.75m$$

$$S_c = 0.6 \text{ m}$$

$$N_w = 10$$

تعداد چال دیواره

$$V_r = 10 \text{ m}^2$$

محیط سقف تونل

$$N_r = 10$$

تعداد چال سقف

۴-۲-۶- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل

تعداد چالهای بخش پیشروی به شرح زیر محاسبه می شود.

$$5.4 - ((0.88 (\text{برش}) + 1.5 (\text{دیوارهها})) = 3.02 \text{m} \quad \text{قسمت باقی مانده از عرض تونل}$$

$$3.02 \div 1.17 = 3 \quad \text{ردیف} \quad \text{تعداد ردیف چال مورد نیاز برای چالهای پیشروی که عملکرد افقی دارند.}$$

$$2.5 - 1.17 = 1.33 \text{m} \quad \text{عدد} \quad \text{تعداد چال در هر ردیف}$$

جمع کل چالهای پیشروی که عملکرد افقی دارند ۶ عدد می باشد.

قسمت باقی مانده از ارتفاع تونل

$$5.2 - (1.17 (\text{چالهای کف}) + 0.88 (\text{برش}) + 0.75 (\text{سقف})) = 2.41 \text{m}$$

پس دو ردیف چال با عملکرد رو به پایین مورد نیاز می باشد.

قطر نیمدایره باقی مانده از انفجار چالهای سقف

$$d = 3.9 \text{m}$$

$$V = 6.12 \text{m}$$

محیط نیمدایره

$$N = 7 \quad \text{عدد}$$

تعداد چال

$$d_2 = 1.56 \text{m}$$

قطر نیمدایره باقی مانده

$$V = 2.45 \text{ m}^2$$

محیط نیمدایره باقی مانده

بنابراین تعداد کل چالهای پیشروی که عملکرد رو به پایین دارند و همچنین تعداد چالهای کف تونل

به ترتیب برابر با ۱۱ و ۷ عدد می باشد.

۶-۲-۵- محاسبه میزان خرج مصرفی قسمت‌های مختلف سینه کار تونل

در این قسمت ابتدا حجم سنگ مورد عملکرد چالهای هر قسمت محاسبه شده و بر اساس خرج ویژه مربوط به هر بخش میزان مواد منفجره مصرفی محاسبه خواهد شد.

$S_1=9.3m^3$	مساحت قسمت پیرامون تونل
$S_2=14.93 m^2$	مساحت قسمت پیشروی و کف
$S_3=0.774 m^2$	مساحت قسمت برش
$V_1=27.9 m^3$	حجم سنگ چالهای محیط
$V_2=44.8 m^3$	حجم سنگ چالهای پیشروی و کف
$V_3=2.32 m^3$	حجم سنگ چالهای برش
$Q_1=46.6 kg$	میزان خرج چالهای محیط
$Q_2=58.24 kg$	خرج مصرفی چالهای پیشروی و کف
$Q_3=49.4 kg$	خرج مصرفی برش
$Q_t=154.5kg$	کل خرج مصرفی برای الگو
$N=61$	تعداد کل چال

با توجه به محاسبات فوق نتایج الگوی ارائه شده در جدول ۶-۱ آورده شده است.

جدول ۶-۱- مشخصات الگوی ارائه شده در جنس سنگ گروه الف و قطر چال ۴۲ میلی متر

نوع چال حفر شده	تعداد چال	طول چال (متر)	طول کل حفاری (متر)	قطر چال (متر)	طول خرجگذاری (متر)	کل خرج (کیلوگرم)
مرکزی (خالی)	۱	۳/۲	۳/۲	۰/۱۰۲	-	-
چهار گوش اول	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸	۱۶/۵
چهار گوش دوم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸	۱۶/۵
چهار گوش سوم	۴	۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸	۱۶/۵
سقف	۱۴	۳/۲	۴۴/۸	۰/۰۴۲	۲/۷۸	۲۷/۲
دیواره ها	۱۰	۳/۲	۳۲	۰/۰۴۲	۲/۷۸	۱۹/۴
کف	۷	۳/۲	۲۲/۴	۰/۰۴۲	۲/۷۸	۱۶/۸
عملکرد رو به پایین	۱۱	۳/۲	۳۵/۲	۰/۰۴۲	۲/۷۸	۲۶/۴
عملکرد افقی	۶	۳/۲	۱۹/۲	۰/۰۴۲	۲/۷۸	۱۴/۵
جمع بندی	۶۱	-	۱۹۵/۲	-	-	۱۵۴/۵

۶-۳- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل در جنس سنگ گروه الف و قطر

چالهای انفجاری ۳۲ میلیمتر

پارامترهای قطر چال خالی، میزان پیشروی و طول چالهای حفر شده به صورت زیر می باشد.

$$\varphi_n = 0.1m$$

$$L=3m$$

$$H=3.2m$$

۶-۳-۱- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش

$$S = 6400 \frac{m^2}{m^3}$$

$$\eta_1 = 0.86$$

$$\eta_2 = 0.84$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q = 22.3 \frac{kg}{m^3}$$

مطابق آنچه گفته شد از انفجار چالهای سه چهار گوش قسمت برش فضایی به ابعاد $0.83 \text{ m} * 0.83 \text{ m}$ ایجاد می شود.

$$V = 0.83^2 * 3 = 2.07 \text{ m}^3$$

حجم سنگ مورد عمل چالهای برش

$$Q = 46 \text{ kg}$$

خرج مورد نیاز برای چالهای سه چهار گوش اول

$$Q = 3.8 \text{ kg}$$

وزن خرج هر چال

$$Q_{1m} = 1.32 \text{ m}^3$$

وزن یک متر خرج

$$T = 0.32 \text{ m}$$

طول گل گذاری

۶-۳-۲- آرایش چالهای بخش پیشروی و کف سینه کار تونل

برای این قسمت بعد بزرگترین سنگ حاصل از انفجار 20 سانتی متر در نظر گرفته می شود.

$$D_m = 0.2 \text{ m}$$

$$S = 320 \frac{m^2}{m^3}$$

$$\eta_1 = 0.86$$

$$\eta_2 = 0.84$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q = 1.12 \frac{kg}{m^3}$$

$$B = S = 0.03 \sqrt{\frac{3.14 * 1500}{4 * 1.12}} = 0.97m$$

۶-۳-۳- آرایش چالهای بخش محیط (سقف و دیواره‌ها)

به دلیل وجود سطح آزاد نسبتاً بزرگ ناشی از انفجار چالهای برش و پیشروی بزرگترین بعد قطعه سنگ‌های حاصل از انفجار چال‌های محیط را ۴۰ سانتی‌متر یا بزرگتر بسته به شرایط کاری و ماشین‌آلات حمل و بارگیری موجود، انتخاب می‌گردد [۶].

$$D_m = 0.4 \text{ m}$$

$$S = 160 \frac{m^2}{m^3}$$

$$\eta_1 = 0.86$$

$$\eta_2 = 0.39$$

$$\eta_b = 0.15$$

$$q = 1.2 \frac{kg}{m^3}$$

$$S_c = 0.8 B_c$$

$$0.8 B_c^2 = 0.022^2 * \frac{1500 * \pi}{4 * 1.2} \Rightarrow B_c = 0.77m$$

$$S_c = 0.62 \text{ m}$$

$$N_r = 8.478 \div 0.62 = 15 \quad \text{تعداد چال سقف} \quad N_w = 10 \quad \text{تعداد چال دیواره عدد}$$

۶-۳-۴- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل

$$5.4 - (0.83 + 1.54) = 3.03 \text{ m}$$

قسمت باقی‌مانده از عرض تونل

تعداد ۴ ردیف چال برای چالهای پیشروی با عملکرد افقی مورد نیاز بوده و تعداد چال مورد نیاز هر ردیف برابر ۳ عدد می باشد، بنابراین جمع کل چالهای پیشروی با عملکرد افقی برابر ۱۲ عدد می باشد.

$$5.2 - (0.97 + 0.83 + 0.77) = 2.63 \text{ m} \quad \text{قسمت باقی مانده از ارتفاع تونل}$$

بنابراین سه ردیف چال با عملکرد رو به پایین مورد نیاز می باشد.

$$d = 3.86 \text{ m} \quad \text{قطر نیمدایره باقی مانده از انفجار چالهای سقف}$$

$$V = 6.00 \text{ m} \quad \text{محیط نیمدایره}$$

تعداد چال مورد نیاز برابر ۸ عدد می باشد.

$$d = 2.32 \text{ m} \quad \text{قطر نیمدایره باقی مانده}$$

$$\Rightarrow V = 3.65 \text{ m}$$

تعداد چال مورد نیاز برابر ۵ عدد می باشد.

$$d = 0.78 \text{ m} \Rightarrow V = 1.22 \text{ m} \quad \text{قطر نیمدایره باقی مانده}$$

تعداد چال مورد نیاز برابر ۳ عدد می باشد.

تعداد کل چالهای پیشروی افقی و رو به بالا برابر ۲۸ عدد و تعداد چالهای کف ۷ عدد می باشد. بنابراین تعداد کل چالهای الگو برابر ۷۳ عدد می باشد.

۶-۳-۵- محاسبه میزان خرج مصرفی قسمتهای مختلف سینه کار تونل

در این قسمت ابتدا حجم سنگ مورد عملکرد چالهای هر قسمت محاسبه شده و بر اساس خرج ویژه مربوط به هر بخش میزان مواد منفجره مصرفی محاسبه خواهد شد.

$$S_1 = 9.51 \text{ m}^2 \quad \text{مساحت چالهای بخش محیط}$$

$$S_2 = 14.8 \text{ m}^2 \quad \text{مساحت چالهای پیشروی و کف}$$

$$S_3 = 0.689 \text{ m}^2 \quad \text{مساحت چالهای برش}$$

$V_1=28.53 \text{ m}^3$	حجم سنگ مورد عمل چالهای محیط
$V_2=44.4 \text{ m}^3$	حجم سنگ مورد عمل چالهای پیشروی و کف
$V_3=2.067 \text{ m}^3$	حجم سنگ مورد عمل چالهای برش
$Q_1=34.23 \text{ kg}$	خرج مصرفی جهت چالهای محیط
$Q_2=49.72 \text{ kg}$	خرج مصرفی جهت چالهای پیشروی و کف
$Q_3=46 \text{ kg}$	خرج مصرفی جهت چالهای برش
$Q_t=129.9 \text{ kg}$	کل خرج مصرفی برای الگو

مشخصات الگوی ارائه شده در جدول ۶-۲ ارائه شده است.

جدول ۶-۲- مشخصات الگوی ارائه شده در جنس سنگ گروه الف و قطر چال ۳۲ میلیمتر

کل خرج (کیلوگرم)	طول خرجگذاری (متر)	قطر چال (متر)	طول کل حفاری (متر)	طول چال (متر)	تعداد چال	نوع چال حفر شده
-	-	۰/۱۰۲	۳/۲	۳/۲	۱	مرکزی (خالی)
۱۵/۳	۲/۷۸	۰/۰۳۲	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش اول
۱۵/۳	۲/۷۸	۰/۰۳۲	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش دوم
۱۵/۳	۲/۷۸	۰/۰۳۲	۱۲/۸	۳/۲	۴	چهار گوش سوم
۲۰/۵	۲/۷۸	۰/۰۳۲	۴۸	۳/۲	۱۵	سقف
۱۳/۷	۲/۷۸	۰/۰۳۲	۳۲	۳/۲	۱۰	دیواره ها
۱۱	۲/۷۸	۰/۰۳۲	۲۲/۴	۳/۲	۷	کف
۲۲	۲/۷۸	۰/۰۳۲	۵۱/۲	۳/۲	۱۶	عملکرد رو به پایین
۱۷	۲/۷۸	۰/۰۳۲	۳۸/۴	۳/۲	۱۲	عملکرد افقی
۱۳۰			۲۳۳/۶	-	۷۳	جمع بندی

۴-۶- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل در جنس سنگ گروه الف و قطر

چالهای انفجاری ۴۸ میلیمتر.

پارامترهای قطر چال خالی، میزان پیشروی و طول چالهای حفر شده به صورت زیر می باشد.

$$\varphi_n = 0.1 \text{ m}$$

$$L=3 \text{ m}$$

$$H=3.2 \text{ m}$$

۴-۶-۱- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش

بزرگترین بعد سنگ حاصل از انفجار چالهای برش یک سانتیمتر می باشد. بنابراین سطح مخصوص (S)

برابر است با:

$$S=6400 \frac{m^2}{m^3}$$

$$\eta_1 = 0.86$$

$$\eta_2 = 0.84$$

$$\eta_3 = 15$$

فشنگ‌هایی به ابعاد $19\text{cm} \times 30\text{mm}$ و یا $22\text{mm} \times 27\text{cm}$ به صورت دو تایی بسته شده به هم

خرجگذاری شده و فشرده می شوند تا حداقل قطر خرج ۴۵ میلیمتر برسد.

$$q = 22.3 \frac{kg}{m^3}$$

آرایش چالهای قسمت برش از روابط نیترونوبل بدست آمده و در اثر انفجار چالهای سه چهار گوش

قسمت برش فضایی به ابعاد $0.87\text{m} \times 0.87\text{m}$ حاصل می شود.

۴-۶-۲- آرایش چالهای بخش پیشروی و کف سینه کار تونل

بزرگترین بعد سنگ حاصل از انفجار چالهای این قسمت ۲۰ سانتیمتر می باشد

$$D_m = 0.2 \text{ m}$$

$$S = \frac{64}{0.2} = 320 \text{ m}^2 / \text{m}^3$$

از فشنگهای به ابعاد $19\text{cm} \times 30\text{mm}$ استفاده می‌شود.

$$\eta_1 = 0.86$$

$$\eta_2 = 0.84$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q = 1.12 \text{ kg} / \text{m}^3$$

فشنگ‌ها در چال فشرده می‌شوند تا قطر آنها به ۴۰ میلیمتر برسد.

$$B = S = 0.045 \sqrt{\frac{3.14 * 1500}{4 * 1.12}}$$

$$\Rightarrow B = S = 1.4 \text{ m}$$

۶-۴-۳- آرایش چالهای بخش محیط (سقف و دیواره)

از فشنگ‌های $19\text{cm} \times 30\text{mm}$ بدون فشردگی در چال استفاده می‌شود و بعد بزرگترین سنگ

حاصل از انفجار ۴۰ سانتی متر در نظر گرفته می‌شود.

$$D_m = 0.4 \text{ m}$$

$$S = 160 \text{ m}^2 / \text{m}^3$$

$$\eta_1 = 0.86$$

$$\eta_2 = 0.31$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q = 1.5 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$S_c = 0.8 B_c$$

$$0.8B_c^2 = 0.03^2 * \frac{1500 * \pi}{4 * 1.5} \Rightarrow B_c = 0.94 \text{ m و } S_c = 0.75 \text{ m}$$

بنابراین تعداد چال دیواره‌ها برابر ۸ عدد می باشد.

محیط سقف تونل ۸/۴۷۸ متر، بنابراین تعداد چال سقف ۱۲ عدد می باشد.

۴-۴-۶- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل

$$5.4 - (0.87 + 1.88) = 2.65 \text{ m} \quad \text{طول قسمت باقی مانده از عرض تونل}$$

تعداد سه ردیف چال برای چالهای پیشروی با عملکرد افقی و دو عدد در هر ردیف و در نتیجه ۶ عدد چال مورد نیاز می باشد.

قسمت باقی مانده از ارتفاع تونل برابر ۲/۲۷ متر و تعداد دو ردیف چال مورد نیاز می باشد.

$$d = 3.52 \text{ m} \quad \text{قطر نیمدایره باقی مانده از انفجار چالهای سقف}$$

$$V = 5.52 \text{ m} \quad \text{محیط نیمدایره باقی مانده از انفجار چالهای سقف}$$

بنابراین تعداد چال مورد نیاز برای ردیف زیر چالهای سقف برابر ۵ عدد می باشد.

$$d = 0.75 \text{ متر} \quad \text{قطر نیمدایره باقی مانده}$$

$$V = 1.15 \text{ متر} \quad \text{محیط نیمدایره باقی مانده}$$

تعداد چال برای ردیف بعدی ۲ و چال کف ۶ عدد می باشد. بنابراین تعداد کل چالهای پیشروی و کف ۱۹ عدد می باشد.

۶-۴-۵- محاسبه حجم سنگ مورد عمل قسمتهای مختلف و میزان خرج

مصرفی

در این قسمت ابتدا حجم سنگ مورد عملکرد چالهای هر قسمت محاسبه شده و بر اساس خرج ویژه مربوط به هر بخش میزان مواد منفجره مصرفی محاسبه خواهد شد.

$S_1=11.33 \text{ m}^2$ مساحت چالهای محیط

$S_2=12.9 \text{ m}^2$ مساحت چالهای پیشروی و کف

$S_3=0.757 \text{ m}^2$ مساحت چالهای برش

$V_1=34 \text{ m}^3$ حجم سنگ مورد عمل چالهای محیط

$V_2=38.7 \text{ m}^3$ حجم سنگ مورد عمل چالهای پیشروی و کف

$V_3=2.27 \text{ m}^3$ حجم سنگ مورد عمل چالهای برش

$Q_1=51 \text{ kg}$ خرج مصرفی چالهای محیط

$Q_2=43.35 \text{ kg}$ خرج مصرفی چالهای پیشروی و کف

$Q_3=50.5 \text{ kg}$ خرج مصرفی چالهای برش

بنابراین تعداد چالهای الگو برابر ۵۲ عدد و خرج مصرفی جهت اجرای الگو برابر ۵۲ کیلوگرم می باشد.

خلاصه مشخصات پارامترهای الگوی ارائه شده در جنس سنگ گروه الف و قطر چال ۴۸ میلیمتر در

جدول ۶-۳ آورده شده است.

جدول ۶-۳- خلاصه مشخصات الگوی ارائه شده در جنس سنگ گروه الف و قطر چال ۴۸ میلیمتر

تعداد چال	طول چال	طول کل حفاری	قطر چال	گل گذاری	کل خرج الگو
	m	چالها m	m	m	kg
۵۲	۳/۲	۱۶۶/۴	۰/۰۴۸	۰/۴۸	۱۴۴

۶-۵- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل در جنس سنگ گروه ب و قطر چالهای انفجاری ۴۲ میلیمتر.

در اینجا به بررسی طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل در جنس سنگ گروه ب (عمدتاً آمفیبولیت شیست) پرداخته می شود. مشخصات مربوط به نوع سنگ منطقه در جدول ۶-۴ آورده شده است.

جدول ۶-۴- مشخصات مربوط به نوع سنگ منطقه (آمفیبولیت شیست) [۶،۷]

ضریب ثابت	سرعت امواج	انرژی سطحی مخصوص	امپدانس	چگالی	پارامتر
سنگ C	در سنگ (m/sec)	$(10^{-3} \frac{mj}{m^2})$	$(10^6 \frac{kg}{m \ sec})$	$(\frac{kg}{m^3})$	
۰/۳	۳۱۰۰	۱/۴۴	۸/۰۶	۲۶۰۰	مقدار

پارامترهای قطر چال خالی، میزان پیشروی و طول چالهای حفر شده به صورت زیر می باشد.

$$\varphi_n = 0.1 \text{ m}$$

$$L=3 \text{ m}$$

$$H=3.2 \text{ m}$$

۶-۵-۱- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش

بزرگترین بعد سنگ حاصل از انفجار چالهای برش یک سانتیمتر می باشد. بنابراین سطح مخصوص (S) به شرح زیر می باشد [۷].

$$D_m=0.01 \text{ m}$$

$$S=6400 \frac{m^2}{m^3}$$

$$\eta_1 = 0.99 \quad (۲-۶)$$

$$\eta_2 = 0.88 \quad (۳-۶)$$

$$\eta_3 = 0.15$$

از فشنگ‌هایی با ابعاد $19\text{cm} \times 30\text{mm}$ با اندکی فشردگی تا به قطر ۴۰ میلیمتر برسد.

با استفاده از روابط نیترونوبل سه چهار گوش اول قسمت برش محاسبه می‌شود بدین ترتیب در اثر انفجار چالهای سه چهار گوش فضایی به ابعاد 1.05×1.05 متر ایجاد می‌شود.

$$S = 1.1 \text{ m}^2 \quad \text{مساحت قسمت برش}$$

$$V = 3.3 \text{ m}^3 \quad \text{حجم سنگ مورد عمل}$$

$$Q_t = 54.5 \text{ kg} \quad \text{وزن خرج مورد نیاز}$$

$$Q_1 = 4.6 \text{ kg} \quad \text{وزن خرج هر چال}$$

$$T = 0.5 \text{ m} \quad \text{طول گل‌گذاری}$$

۶-۵-۲- آرایش چالهای پیشروی و کف سینه کار تونل

بزرگترین بعد سنگ حاصل از انفجار چالهای این قسمت ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود. بنابراین سطح مخصوص (S) به شرح زیر می‌باشد [۶].

$$D_m = 0.2 \text{ m}$$

$$S = 320 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$$

از فشنگ‌های به قطر ۳۰ میلیمتر استفاده می‌شود و با اندکی فشردگی قطر آنها به ۳۸ میلیمتر می‌رسد.

$$\eta_1 = 0.99$$

$$\eta_2 = 0.77$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q = 0.95 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$B = S = 0.038 \sqrt{\frac{3.14 * 1500}{4 * 0.95}} = 1.3 \text{ m}$$

۶-۵-۳- آرایش چالهای بخش محیط (سقف و دیواره):

بعد بزرگترین قطعه سنگ حاصل از انفجار ۴۰ سانتی متر در نظر گرفته می شود.

$$D_m = 0.4 \text{ m}$$

$$S = 160 \frac{m^2}{m^3} \quad (۱-۶)$$

$$\eta_1 = 0.99 \quad (۲-۶)$$

در اینجا از فشنگهای با ابعاد ۲۷cm×۲۲mm استفاده می شود و با اندکی فشردگی در اثر خرجگذاری قطر خرج به ۲۵ میلیمتر می رسد.

$$\eta_2 = 0.28 \quad (۳-۶)$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q = 1.3 \frac{kg}{m^3} \quad (۴-۶)$$

$$S_c = 0.8 B_c$$

$$0.8 B_c^2 = 0.025^2 * \frac{1500 * 3.14}{4 * 1.3} \Rightarrow B_c = 0.84 \text{ m}$$

$$\Rightarrow S_c = 0.67 \text{ m}$$

بنابراین تعداد چال دیواره ها ۱۰ و سقف ۱۳ عدد می باشد.

۶-۵-۴- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل

$$5.4 - (1.1 + 1.68) = 2.62 \text{ m} \quad \text{طول قسمت باقی مانده از عرض تونل}$$

تعداد ردیف چال برای چالهای پیشروی با عملکرد افقی ۲ و تعداد چال مورد نیاز در هر ردیف نیز دو

عدد می باشد بنابراین تعداد چالهای پیشروی با عملکرد افقی برابر ۴ عدد می باشد.

به اندازه ۲/۱۶ متر از ارتفاع تونل در عملکرد هیچ چالی قرار نمی گیرد. بنابراین دو ردیف چال با

عملکرد رو به پایین مورد نیاز است.

قطر نیمدایره باقی مانده از انفجار چالهای محیط $d = 3.72 \text{ m}$

تعداد ۵ عدد چال برای ردیف زیر چالهای محیط و ۳ عدد برای ردیف بعدی مورد نیاز می باشد.

بنابراین تعداد چال پیشروی برابر ۱۲ و کف ۶ عدد می باشد.

تعداد کل چالهای پیشروی و کف ۱۸ عدد می باشد.

۶-۵-۵- محاسبه حجم سنگ مورد عمل قسمت‌های مختلف و میزان خرج

مصرفی

در این قسمت ابتدا حجم سنگ مورد عملکرد چالهای هر قسمت محاسبه شده و بر اساس خرج ویژه

مربوط به هر بخش میزان مواد منفجره مصرفی محاسبه خواهد شد.

$$S_1 = 10.26 \text{ m}^2$$

مساحت چالهای پیرامون تونل

$$S_2 = 13.63 \text{ m}^2$$

مساحت چالهای پیشروی و کف

$$S_3 = 1.1 \text{ m}^2$$

مساحت چالهای برش

$$V_1 = 30.8 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 40.9 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 3.3 \text{ m}^3$$

$$Q_1 = 40 \text{ kg}$$

$$Q_2 = 39 \text{ kg}$$

$$Q_3 = 54.5 \text{ kg}$$

بنابراین تعداد چال مورد نیاز برلی الگو ۵۴ عدد و کل خرج مصرفی برابر ۱۳۳/۵ کیلوگرم می باشد.

خلاصه مشخصات الگوی ارائه شده در جدول ۶-۵ آورده شده است.

جدول ۶-۵- خلاصه مشخصات الگوی ارائه شده در جنس سنگ گروه ب و قطر چال ۴۲ میلیمتر

تعداد چال	طول چال m	طول کل حفاری چالها m	قطر چال m	گل گذاری m	کل خرج الگو kg
۵۴	۳/۲	۱۷۲/۸	۰/۰۴۲	۰/۴۲	۱۳۳/۵

۶-۶- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل در جنس سنگ گروه ب و قطر

چالهای انفجاری ۳۲ میلیمتر

پارامترهای قطر چال خالی، میزان پیشروی و طول چالهای حفر شده به صورت زیر می باشد.

$$\varphi_n = 0.1 \text{ m}$$

$$L = 3 \text{ m}$$

$$H = 3.2 \text{ m}$$

۶-۶-۱- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش

بزرگترین بعد سنگ حاصل از انفجار چالهای برش یک سانتیمتر می باشد. بنابراین سطح مخصوص (S)

به شرح زیر می باشد.

$$D_m = 0.01 \text{ m}$$

$$S = 6400 \frac{m^2}{m^3}$$

از فشنگهای با ابعاد ۱۹cm×۳۰mm استفاده می شود

$$\eta_1 = 0.99 \quad \text{از (۲-۶)}$$

$$\eta_2 = 0.84 \quad \text{از (۳-۶)}$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q=17.3 \frac{kg}{m^3} \quad \text{از (۴-۶)}$$

با انفجار سه چهار گوش قسمت برش فضایی به ابعاد $1m*1m$ ایجاد می‌شود که فضای آزاد کافی برای انفجار چالهای پیشروی می‌باشد.

۶-۶-۲- آرایش چالهای پیشروی و کف سینه کار تونل

بزرگترین بعد سنگ حاصل از انفجار چالهای این قسمت ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود. بنابراین سطح مخصوص (S) به شرح زیر می‌باشد.

$$D_m=0.2 \text{ m}$$

$$S=320 \frac{m^2}{m^3}$$

$$\eta_1 = 0.99$$

$$\eta_2 = 0.7$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q=1.04 \frac{kg}{m^3}$$

$$B=S=0.94 \text{ m}$$

۶-۶-۳- آرایش چالهای بخش محیط (سقف و دیواره)

بعد بزرگترین قطعه سنگ حاصل از انفجار ۴۰ سانتی متر در نظر گرفته می‌شود.

$$D_m=0.4 \text{ m}$$

$$S=160 \frac{m^2}{m^3}$$

$$\eta_1 = 0.99$$

از فشنگهای به ابعاد $22mm \times 27cm$ استفاده می‌شود.

$$\eta_2 = 0.39$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q = 0.93 \text{ kg/m}^3$$

$$S_c = 0.8 B_c$$

$$B_c = 0.88 \text{ m}$$

$$S_c = 0.7 \text{ m}$$

بنابراین تعداد چال دیواره‌ها ۱۰ و تعداد چال سقف تونل ۱۴ عدد می باشد.

۶-۶-۴- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل

$$5.4 - (1.00 + 1.76) = 2.64 \text{ m} \quad \text{طول قسمت باقی مانده از عرض تونل}$$

تعداد ردیف چال برای قسمت پیشروی با عملکرد افقی برابر سه ردیف و تعداد چال برای هر ردیف سه عدد می باشد. بنابراین تعداد چالهای پیشروی با عملکرد افقی برابر نه عدد می باشد.

قسمت باقی مانده از ارتفاع تونل برابر ۲/۲۲ متر و تعداد چال مورد نیاز برابر هفت عدد می باشد.

$$d = 3.64 \text{ m} \quad \text{قطر نیمدایره باقی مانده از انفجار چالهای محیط}$$

$$V = 5.71 \text{ m} \quad \text{محیط نیمدایره}$$

بنابراین تعداد چال مورد نیاز برای این ردیف برابر هفت عدد می باشد.

$$d_2 = 1.44 \text{ m} \quad \text{قطر نیمدایره باقی مانده دوم}$$

بنابراین تعداد چال مورد نیاز برای این ردیف برابر چهار و برای کف برابر هفت عدد می باشد. بنابراین تعداد کل چال قسمت بیست و هفت عدد می باشد.

۶-۶-۵- محاسبه حجم سنگ مورد عمل قسمتهای مختلف و میزان خرج

مصرفی

در این قسمت ابتدا حجم سنگ مورد عملکرد چالهای هر قسمت محاسبه شده و بر اساس خرج ویژه مربوط به هر بخش میزان مواد منفجره مصرفی محاسبه خواهد شد.

$S_1=11 \text{ m}^2$	مساحت چالهای پیرامون تونل
$S_2=13 \text{ m}^2$	مساحت چالهای پیشروی و کف
$S_3=1 \text{ m}^2$	مساحت چالهای قسمت برش
$V_1=33 \text{ m}^3$	حجم سنگ مورد عمل چالهای محیط
$V_2=39 \text{ m}^3$	حجم سنگ مورد عمل چالهای پیشروی و کف
$V_3=3 \text{ m}^3$	حجم سنگ مورد عمل چالهای برش
$Q_1=31 \text{ kg}$	خرج مصرفی چالهای محیط
$Q_2=40.56 \text{ kg}$	خرج مصرفی چالهای پیشروی و کف
$Q_3=52 \text{ kg}$	خرج مصرفی چالهای برش

بنابراین تعداد چالهای الگو شصت و چهار و کل خرج مصرفی الگوی طراحی شده ۱۲۳/۵ کیلو گرم می باشد.

خلاصه مشخصات الگوی ارائه شده در جدول ۶-۶ آورده شده است.

جدول ۶-۶- خلاصه مشخصات الگوی ارائه شده در جنس سنگ گروه ب و قطر چال ۳۲ میلیمتر

تعداد چال	طول چال	طول کل حفاری	قطر چال	گل گذاری	کل خرج الگو
	m	چالها m	m	m	kg
۶۴	۳/۲	۲۰۴/۸	۰/۰۳۲	۰/۳۲	۱۲۳/۵۶

۶-۷- طراحی الگوی چالهای سینه کار تونل در جنس سنگ گروه ب و قطر

چالهای انفجاری ۴۸ میلیمتر

پارامترهای قطر چال خالی، میزان پیشروی و طول چالهای حفر شده به صورت زیر می باشد.

$$\varphi_n = 0.1 \text{ m}$$

$$L=3 \text{ m}$$

$$H=3.2 \text{ m}$$

۶-۷-۱- محاسبات آرایش چالهای قسمت برش

بزرگترین بعد سنگ حاصل از انفجار چالهای برش یک سانتیمتر می باشد. بنابراین سطح مخصوص (S) به شرح زیر می باشد.

$$D_m=0.01 \text{ m}$$

$$S=6400 \frac{m^2}{m^3}$$

$$\eta_1 = 0.99 \quad \text{از (۲-۶)}$$

در اینجا نیز می توان از فشنگهای به ابعاد ۱۹cm×۳۰mm یا فشنگهای به ابعاد ۲۲mm×۲۷cm که به صورت دوتایی به هم بسته می شوند استفاده کرد. و با فشردن فشنگها در چال قطر آنها را به ۴۵ میلیمتر می رسانیم لذا:

$$\eta_2 = 0.84 \quad \text{از (۳-۶)}$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q=17.3 \frac{kg}{m^3}$$

در اثر انفجار سه چهار گوش قسمت برش فضایی به ابعاد 1.05*1.05m متر ایجاد می شود.

$$S=1.1 \text{ m}^2$$

$$V=3.3 \text{ m}^3$$

$$Q=57 \text{ kg}$$

۶-۷-۲- محاسبات آرایش چالهای بخش پیشروی و کف سینه کار تونل

بزرگترین بعد سنگ حاصل از انفجار چالهای این قسمت ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته می شود. بنابراین سطح مخصوص (S) به شرح زیر می باشد.

$$D_m = 0.2 \text{ m}$$

$$S = 320 \frac{m^2}{m^3}$$

$$\eta_1 = 0.99$$

$$\eta_2 = 0.84$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q = 0.87 \frac{kg}{m^3}$$

$$B = S = 1.6 \text{ m}$$

۶-۷-۳- آرایش چالهای بخش محیط (سقف و دیواره)

از فشنگهای به ابعاد $19 \text{ cm} \times 30 \text{ mm}$ بدون فشردگی و در امتداد یکدیگر استفاده می شود و بعد بزرگترین قطعه سنگ حاصل از انفجار ۴۰ سانتیمتر در نظر گرفته می شود.

$$D_m = 0.4 \text{ m}$$

$$S = 160 \frac{m^2}{m^3}$$

$$\eta_1 = 0.99$$

$$\eta_2 = 0.31$$

$$\eta_3 = 0.15$$

$$q = 1.17 \frac{kg}{m^3}$$

$$S_c = 0.8 B_c \Rightarrow B_c = 1.05 \text{ m}$$

$$S_c = 0.85 \text{ m}$$

بنابراین تعداد چال دیواره‌ها و سقف تونل به ترتیب برابر هشت و یازده عدد می باشد.

۶-۷-۴- محاسبه تعداد چال قسمت پیشروی و کف تونل

تعداد ردیف چال برای قسمت پیشروی با عملکرد افقی برابر دو ردیف و تعداد چال برای هر ردیف دو عدد می باشد. بنابراین تعداد چالهای پیشروی با عملکرد افقی برابر چهار عدد می باشد.

قسمت باقی‌مانده از ارتفاع تونل برابر $1/82$ متر و تعداد چال مورد نیاز برابر چهار عدد می باشد. تعداد دو عدد چال نیز برای ردیف بعدی با عملکرد رو به پائین مورد نیاز می باشد. بنابراین تعداد چالهای پیشروی برابر ده عدد می باشد. همچنین شش عدد چال برای قسمت کف تونل مورد نیاز می باشد. بنابراین تعداد چالهای پیشروی و کف برابر شانزده عدد می باشد.

۶-۷-۵- محاسبه حجم سنگ مورد عمل قسمت‌های مختلف و میزان خرج

مصرفی

در این قسمت ابتدا حجم سنگ مورد عملکرد چالهای هر قسمت محاسبه شده و بر اساس خرج ویژه مربوط به هر بخش میزان مواد منفجره مصرفی محاسبه خواهد شد.

$S_1=12.47 \text{ m}^2$ مساحت چالهای پیرامون تونل

$S_2=11.42 \text{ m}^2$ مساحت چالهای پیشروی و کف

$S_3=1.1 \text{ m}^2$ مساحت چالهای برش

$V_1=37.41 \text{ m}^3$ حجم سنگ مورد عمل چالهای محیط

$V_2=34.26 \text{ m}^3$ حجم سنگ مورد عمل چالهای پیشروی و کف

$V_3=3.3 \text{ m}^3$ حجم سنگ مورد عمل چالهای برش

$Q_1=43.7 \text{ kg}$ خرج مصرفی چالهای محیط

خرج مصرفی چالهای پیشروی و کف $Q_2=29.8 \text{ kg}$

خرج مصرفی چالهای برش $Q_3=57 \text{ kg}$

بنابراین تعداد ۴۸ چال و مقدار ۱۳۰ کیلوگرم مواد منفجره برای اجرای این الگو مورد نیاز می باشد.

خلاصه مشخصات الگوی ارائه شده در جدول ۶-۷ آورده شده است.

جدول ۶-۷- خلاصه مشخصات الگوی ارائه شده در جنس سنگ گروه ب و قطر چال های ۴۸ میلیمتر

تعداد چال	طول چال m	طول کل حفاری چالها m	قطر چال m	گل گذاری m	کل خرج الگو kg
۴۸	۳/۲	۱۵۳/۶	۰/۰۴۸	۰/۴۸	۱۳۰

در پایان لازم به توضیح است که نوبت انفجار چالها در تمام الگوهای طراحی شده به ترتیب زیر می باشد.

- ۱- چالهای قسمت برش بترتیب از اولین چهار گوش تا آخرین چهار گوش ۲- چالهای قسمت پیشروی بترتیب از چالهای دور برش به سمت جدار تونل ۳- چالهای دیواره ۴- چالهای سقف تونل ۵- چالهای کف تونل ۶- چالهای گوشه کف تونل.

فصل هفتم

بررسی اقتصادی الگوهای طراحی شده برای ایجاد تونل به روش

چالزنی و آتشیاری

۷-۱- مقدمه

نظر به اینکه حفر تونل به دلیل شرایط خاص خود دارای هزینه‌های سنگین جهت اجرای قسمت‌های مختلف می‌باشد، بررسی دقیق هزینه‌های هر قسمت و انتخاب کم هزینه‌ترین گزینه که از نظر فنی قابل اجرا باشد اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. لذا در این فصل الگوهای چالزنی آتشیاری طراحی شده که از نظر فنی قابل اجرا می‌باشند را مورد بررسی اقتصادی قرار داده تا بتوان مناسبترین الگوی چالزنی - آتشیاری را برای تونل مورد بحث انتخاب کرد.

لازم به ذکر است که برای مقایسه هزینه‌ها، هزینه‌های مشترک در نظر گرفته نشده و فقط سایر هزینه‌ها بررسی می‌شوند.

۷-۲- هزینه‌های حفاری

۷-۲-۱- هزینه جامبودریل هیدرولیکی

برای حفر چالها از یک دستگاه جامبودریل مدل HS 205 T ساخت شرکت تامراک استفاده می‌گردد.

عمر مفید دستگاه ۱۰ سال، ساعت کار مفید ۱۵۰۰ ساعت در سال و ارزش ۳۳۹۴۵۰۰۰۰۰ ریال می باشد [۱۴].

هزینه دستگاه‌های موجود در عملیات حفاری که شامل هزینه سرمایه گذاری، تعمیرات و نگهداری، نیروی انسانی و هزینه انرژی و ابزار مصرفی دستگاه می باشد به شرح زیر محاسبه می گردد [۱۵ و ۱۶].

الف - هزینه های استهلاک

ب - هزینه های سرمایه گذاری

ج - هزینه های تعمیر و نگهداری

د- هزینه های نیروی انسانی و قطعات فرسایشی و انرژی دستگاه.

الف - هزینه استهلاک با نرخ ۲۵٪ نزولی برای دوره ده ساله محاسبه شده که نتایج آن در جدول ۱-۷ آورده شده است.

جدول ۱-۷- هزینه‌های استهلاک جامبوردریل برای سالهای مختلف (هزار ریال)

۸۴۸۶۲۵	سال اول
۶۳۶۴۶۹	سال دوم
۴۷۷۳۵۱	سال سوم
۳۵۸۰۱۳	سال چهارم
۲۶۸۵۱۰	سال پنجم
۲۰۱۳۸۳	سال ششم
۱۵۱۰۳۷	سال هفتم
۱۱۳۲۷۸	سال هشتم
۸۴۹۵۸	سال نهم
۶۳۷۱۹	سال دهم

جمع کل هزینه‌های استهلاک سال اول تا دهم جامبودریل برابر 3203344 هزار ریال می باشد.

$$\text{ساعت/ریال} = \frac{3203343772}{10 * 1500} = 213556$$

هزینه استهلاک بر حسب ریال بر ساعت

ب- هزینه سرمایه‌گذاری:

$$\bar{P} = P(n+1)/2n = \frac{3394500000}{2 * 10} = 1866975000 \text{ ریال}$$

هزینه سرمایه‌گذاری بر حسب ریال بر ساعت

$$\bar{P} = 1866975000 * \frac{0.25}{1500} = 311162 \text{ ریال بر ساعت}$$

ج - هزینه تعمیر و نگهداری:

هزینه تعمیر و نگهداری سالانه حدود ۸٪ قیمت کل دستگاه می‌باشد [۱۵].

$$\text{ساعت/ریال} = \frac{3394500000 * 0.08}{1500} = 181040$$

هزینه تعمیر و نگهداری

$$\text{ساعت/ریال} = 181040 + 311162 + 213556 = 705758$$

جمع کل هزینه‌های جامبودریل

د - هزینه نیروی انسانی بخش حفاری:

تیم بخش حفاری سه نفر می باشد که با احتساب هزینه های دستمزد و بیمه و... سالانه معادل

۵۴۰۰۰۰۰۰ ریال منظور می شود.

$$\frac{54000000}{1500} = 36000 \text{ ساعت/ریال}$$

هزینه نیروی انسانی

ه - هزینه انرژی موردنیاز دستگاه

هزینه انرژی هر کیلووات ساعت ۳۰۰ ریال می باشد [۱۴].

$$93 \frac{kw}{h} * 300 = 27900 \text{ ریال / ساعت}$$

هزینه انرژی

و- هزینه قطعات فرسایشی دستگاه:

قطعات فرسایشی دستگاه شامل: میله (Shank)، کویلینگ، سرمته و راد می باشد. هزینه های مربوطه به شرح زیر می باشد.

- سرمته:

با توجه به تجربیات موجود و همچنین اطلاعات اخذ شده از دفتر فنی کارگاه و واحد کنترل پروژه بطور میانگین هر سرمته می تواند ۸۰۰-۷۰۰ متر را حفاری کند. ولی به دلایل شکستن سرمته و گیر کردن آن به طور متوسط برای هر ۲۰۰ متر یک سرمته در نظر می گیرند [۱۳].

$$\frac{1}{200} = 0.005 \quad \text{سرمته موردنیاز برای هر متر چال}$$

قیمت سرمته به قطر ۳۲ میلیمتر ۲۵ دلار، قطر ۴۲ میلیمتر ۳۲ دلار، قطر ۴۸ میلیمتر ۳۷ دلار و به قطر ۱۰۲ میلیمتر ۶۴ دلار می باشد [۱۴].

سرمته برای قطر ۳۲ میلیمتر	متر/ریال = ریال ۸۵۰۰ * دلار ۲۵ * ۰/۰۰۵
سرمته برای قطر ۴۲ میلیمتر	متر/ریال = ریال ۸۵۰۰ * دلار ۳۲ * ۰/۰۰۵
سرمته برای قطر ۴۸ میلیمتر	متر/ریال = ریال ۸۵۰۰ * دلار ۳۷ * ۰/۰۰۵
سرمته برای قطر ۱۰۲ میلیمتر	متر/ریال = ریال ۸۵۰۰ * دلار ۶۴ * ۰/۰۰۵

- راد:

برای هر ۶۱۰ متر چال یک راد مصرف می شود [۱۴].

قیمت راد به قطر ۳۲ میلیمتر ۱۱۰ دلار، قطر ۴۲ میلیمتر ۱۵۵ دلار، قطر ۴۸ میلیمتر ۱۸۰ دلار و به قطر ۱۰۲ میلیمتر ۳۰۶ دلار می باشد [۱۴].

$\frac{1}{610} * 110 * 8500 = 1533$ متر/ریال	راد برای قطر ۳۲ میلیمتر
$\frac{1}{610} * 155 * 8500 = 2160$ متر/ریال	راد برای قطر ۴۲ میلیمتر
$\frac{1}{610} * 180 * 8500 = 2508$ متر/ریال	راد برای قطر ۴۸ میلیمتر
$\frac{1}{610} * 306 * 8500 = 4264$ متر/ریال	راد برای قطر ۱۰۲ میلیمتر

- کوپلینگ:

برای هر ۶۱۰ متر چال یک کوپلینگ مصرف می‌شود [۱۳، ۱۴].

قیمت کوپلینگ به قطر ۳۲ میلیمتر ۴۰ دلار، قطر ۴۲ میلیمتر ۵۵ دلار، قطر ۴۸ میلیمتر ۶۰ دلار و به قطر ۱۰۲ میلیمتر ۱۱۰ دلار می‌باشد [۱۴].

$\frac{1}{610} * 40 * 8500 = 557$ متر/ریال	کوپلینگ برای قطر ۳۲ میلیمتر
$\frac{1}{610} * 55 * 8500 = 766$ متر/ریال	کوپلینگ برای قطر ۴۲ میلیمتر
$\frac{1}{610} * 60 * 8500 = 836$ متر/ریال	کوپلینگ برای قطر ۴۸ میلیمتر
$\frac{1}{610} * 110 * 8500 = 1533$ متر/ریال	کوپلینگ برای قطر ۱۰۲ میلیمتر

- میله:

برای هر ۱۲۲۰ متر چال یک میله مصرف می‌شود [۱۴، ۱۳].

قیمت میله به قطر ۳۲ میلیمتر ۱۵۰ دلار، قطر ۴۲ میلیمتر ۱۸۰ دلار، قطر ۴۸ میلیمتر ۱۹۰ دلار و به قطر ۱۰۲ میلیمتر ۳۴۰ دلار می‌باشد [۱۴].

$\frac{1}{1220} * 150 * 8500 = 1045$ متر/ریال	میله برای قطر ۳۲ میلیمتر
$\frac{1}{1220} * 180 * 8500 = 1254$ متر/ریال	میله برای قطر ۴۲ میلیمتر
$\frac{1}{1220} * 190 * 8500 = 1324$ متر/ریال	میله برای قطر ۴۸ میلیمتر
$\frac{1}{1220} * 340 * 8500 = 2369$ متر/ریال	میله برای قطر ۱۰۲ میلیمتر

۷-۲-۲- هزینه کمپرسور

کمپرسور استفاده شده در این طرح ۹۰۰CFM مدل XA(S)175 ساخت اطلس کوپکو می باشد که سایر مشخصات آن در زیر آمده است.

ارزش دستگاه ۲۴۰۰۰۰۰۰۰ ریال، عمر دستگاه ۱۰ سال و ساعت کار مفید در سال ۲۰۰۰ ساعت می باشد [۱۳].

الف - هزینه استهلاک: همانند هزینه استهلاک محاسبه شده برای جامبودریل محاسبه می شود که نتایج محاسبات بطور خلاصه در جدول (۸-۲) آمده است.

جدول ۲-۷- هزینه استهلاک کمپرسور برای سالهای مختلف (هزار ریال)

سال	هزینه (هزار ریال)
سال اول	۶۰۰۰۰
سال دوم	۴۵۰۰۰
سال سوم	۳۳۷۵۰
سال چهارم	۲۵۳۱۲
سال پنجم	۱۸۹۸۴
سال ششم	۱۴۲۳۸
سال هفتم	۱۰۶۷۹
سال هشتم	۸۰۰۹
سال نهم	۶۰۰۷
سال دهم	۴۵۰۵

هزار ریال $223637.036 =$ کل هزینه استهلاک

$$\text{ساعت/ریال} = \frac{223637036}{10 * 2000} = 11181 \text{ هزینه استهلاک ساعتی}$$

ب - هزینه سرمایه‌گذاری:

$$\bar{P} = \frac{240000000 * 11}{20} = 132000 \text{ هزار ریال}$$

$$\frac{132000000 * 0.25}{2000} = 16500 \text{ ساعت/ریال}$$

هزینه سرمایه‌گذاری ساعتی

ج - هزینه تعمیر و نگهداری

$$\frac{240000000 * 0.08}{2000} = 96000 \text{ ریال / ساعت} \quad \text{هزینه تعمیر و نگهداری}$$

د - هزینه نیروی انسانی و قطعات فرسایشی دستگاه

$$\frac{240000000 * 0.08}{2000} = 96000 \text{ ریال / ساعت} \quad \text{هزینه نیروی انسانی و فرسایشی دستگاه}$$

۷-۲-۳- هزینه دوربین نقشه برداری

ارزش دستگاه ۱۵۰۰۰۰۰۰ ریال، عمر دستگاه ۱۰ سال، ساعت کار مفید در سال ۳۰۰۰ ساعت می باشد [۱۳].

الف - هزینه استهلاک

هزینه استهلاک دوربین نقشه برداری بر حسب سالهای مختلف در جدول ۷-۳ آمده است

جدول ۷-۳- هزینه استهلاك دوربين نقشه برداری (هزار ریال)

سال	هزینه (هزار ریال)
سال اول	۳۷۵۰
سال دوم	۲۸۱۲
سال سوم	۲۱۱۰
سال چهارم	۱۵۸۲
سال پنجم	۱۱۸۷
سال ششم	۸۹۰
سال هفتم	۶۶۷
سال هشتم	۵۰۱
سال نهم	۳۷۵
سال دهم	۲۸۲

ریال 14155294 = جمع کل هزینه استهلاك

$$\text{ساعت/ریال} = \frac{14155294}{10 * 3000} = 471 = \text{هزینه استهلاك ساعتی}$$

ب - هزینه سرمایه گذاری

$$\bar{P} = \frac{15000000}{20} * \frac{0.25}{3000} = 687 \text{ ساعت/ریال}$$

ج - هزینه تعمیر و نگهداری

$$\frac{15000000 * 0.08}{3000} = 400 \text{ ساعت/ریال}$$

هزینه تعمیر و نگهداری

د - هزینه نیروی انسانی گروه نقشه برداری

نیروی انسانی متشکل از یک نقشه بردار و دو کمک نقشه بردار می باشد.

دستمزد نقشه بردار برابر ۱۰۰۰۰ ریال بر ساعت می باشد.

دستمزد دو کمک نقشه بردار ساعت/ریال $۲ * ۴۵۰۰ = ۹۰۰۰$

جمع کل هزینه های نقشه برداری برابر ۲۰۵۵۸ ریال بر ساعت می باشد.

۴-۲-۷ - هزینه های خرج گذاری و آتشیاری

- هزینه چاشنی: قیمت هر عدد چاشنی الکتریکی تاخیری ۸۲۸۰ ریال می باشد [۱۳].

- قیمت دینامیت: قیمت هر کیلوگرم دینامیت معادل ۱۴۰۰۰ ریال می باشد [۱۳].

- هزینه سیم آتشیاری: با توجه به تجربیات محلی برای ۹۰ چال به عمق تقریبی ۳ متر یک بسته سیم

آتشیاری به ارزش ۶۰۰۰۰ ریال لازم است [۱۴].

لذا برای هر متر چال قیمت سیم آتشیاری برابر خواهد بود با:

$$\frac{60000}{90 * 3} = 220 \text{ متر/ریال}$$

- هزینه تیم آتشیاری:

تیم آتشیاری متشکل از یک نفر آتشیار و ۳ نفر کمک آتشیار می باشد. هزینه تیم آتشیاری عبارتست

از:

دستمزد آتشیار ساعت/ریال ۹۰۰۰

دستمزد کمک آتشیار ساعت/ریال ۴۰۰۰

هزینه تیم آتشیاری ساعت/ریال $۲۱۰۰۰ = (۳ * ۴۰۰۰) + (۹۰۰۰)$

حال با استفاده از اطلاعات بدست آمده ارزیابی اقتصادی الگوهای ارائه شده انجام خواهد شد.

زمان حفاری هر متر چال توسط جامبودریل دو بازویه حدود ۰/۶۶ دقیقه می باشد [۱۳].

متوسط زمان خرجگذاری و آتشباری هر چال به عمق تقریبی ۳ متر معادل ۱/۷۵ دقیقه می‌باشد (پیوست ۱-۲) [۲].

متوسط زمان نقشه‌برداری هر چال نیز مطابق زمان‌های اندازه‌گیری شده معادل ۱/۵ دقیقه می‌باشد (پیوست ۱-۳) [۲].

۳-۷- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده در جنس سنگ گروه الف
و استفاده از روابط نیترونوبل).

۷-۳-۱- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۲ میلیمتر (الگوی شماره ۱)

با توجه به سطح مقطع تونل، میزان پیشروی سه متر و استفاده از قطر چال ۴۲ میلیمتر محاسبات اقتصادی به شرح زیر می‌باشد.

$$V=75 \text{ m}^3 \quad \varphi_n = 0.042 \text{ m}$$

$$q = \frac{Q}{V} = \frac{142}{75} = 1.89 \text{ kg/m}^3$$

۹- خرج ویژه

Q- میزان خرج مصرفی برای الگو

V- حجم سنگ مورد عمل چالهای یک سیکل پیشروی

L=201.6 متر

L- متر از حفاری چالهای الگو

T_j- مدت زمان لازم برای حفر چالهای الگو توسط جامبودریل

$$T_j = 201.6 * 0.66 = 133 \text{ دقیقه}$$

$$T_b = 63 * 1.75 = 110.25 \text{ دقیقه}$$

T_b - مدت زمان لازم برای خرجگذاری و آتشباری

$$T_p = 63 * 1.5 = 94.5 \text{ دقیقه}$$

T_p - مدت زمان لازم برای عملیات نقشه برداری

الف - هزینه‌های حفاری

- هزینه حفر با جامبودریل

ساعت/ریال $= 213556 + 311162 + 181040 = 705758$ جمع کل هزینه‌های حفاری

$$C_j = 705758 * \frac{133}{60} = 1564430 \text{ ریال}$$

$$C_d = 36000 * \frac{133}{60} = 79800 \text{ ریال}$$

- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری ریال

$$C_E = 27900 * \frac{133}{60} = 61845 \text{ ریال}$$

- هزینه انرژی موردنیاز جامبودریل

$$C_c = 219681 * \frac{133}{60} = 486959 \text{ ریال}$$

- هزینه کمپرسور

- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل:

$$C_b = (198.4 * 1360) + (3.2 * 2720) = 278528 \text{ ریال}$$

- سرمته

$$C_r = (198.4 * 2160) + 3.2 * 4264 = 442189 \text{ ریال}$$

- راد

$$C_k = (198.4 * 766) + (3.2 * 1533) = 156880 \text{ ریال}$$

- کوپلینگ

$$C_s = (198.4 * 1254) + (3.2 * 2369) = 256374 \text{ ریال}$$

- میله (Shank)

جمع هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل برابر است با: 1133971 ریال

ب - هزینه‌های نقشه برداری

$$C_p = 20558 * \frac{94.5}{60} = 32379 \text{ ریال}$$

هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری

ج - هزینه‌های خرجگذاری و آتشباری

$$C_N = 62 * 8280 = 513360 \text{ ریال}$$

- چاشنی

$$C_{din} = 142 * 14000 = 1988000 \text{ ریال}$$

- دینامیت

$$C_L = 220 * 201.6 = 44352 \text{ ریال}$$

- سیم آتشباری

$$C_z = 21000 * \frac{110.25}{60} = 38587 \text{ ریال}$$

- تیم آتشباری

لذا جمع کل هزینه‌های الگوی شماره ۱ بدون در نظر گرفتن هزینه‌های مشترک برای سه متر پیشروی برابر: ۵۹۴۳۶۸۳ ریال می‌باشد.

۷-۳-۲- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۳۲ میلیمتر)

الگوی شماره ۲)

با توجه به سطح مقطع تونل، میزان پیشروی سه متر و استفاده از قطر چال ۳۲ میلیمتر

محاسبات اقتصادی به شرح زیر می‌باشد.

$$V = 75 \text{ m}^3$$

$$\varphi_h = 0.032 \text{ m}$$

$$q = \frac{151}{75} = 2.01 \text{ kg/m}^3$$

$$L = 275 \text{ متر}$$

$$T_j = 275 * 0.66 = 181.6 \text{ دقیقه}$$

$$T_b = 86 * 1.75 = 150 \text{ دقیقه}$$

$$T_p = 86 * 1.5 = 129 \text{ دقیقه}$$

الف - هزینه حفاری

سرعت/ریال = 705758 = جمع کل هزینه‌های حفاری

$$C_j = 705758 * \frac{181/6}{60} = 2136094 \text{ ریال}$$

- هزینه حفر جامبودریل

$$C_d = 36000 \times \frac{181/6}{60} = 108960 \text{ ریال} \quad \text{- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری}$$

$$C_E = 27900 \times \frac{181/6}{60} = 84444 \text{ ریال} \quad \text{- هزینه انرژی مورد نیاز جامبودریل}$$

$$C_c = 219681 \times \frac{181/6}{60} = 664901 \text{ ریال} \quad \text{- هزینه کمپرسور}$$

- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل

$$C_b = (271.8 \times 1062) + (3.2 \times 2720) = 297355 \text{ ریال} \quad \text{- سرمته}$$

$$C_r = (271.8 \times 1533) + (3.2 \times 4264) = 430314 \text{ ریال} \quad \text{- راد}$$

$$C_k = (271.8 \times 557) + (3.2 \times 1533) = 156298 \text{ ریال} \quad \text{- کوپلینگ}$$

$$C_s = (271.8 \times 1045) + (3.2 \times 2369) = 291611 \text{ ریال} \quad \text{- میله}$$

$$\text{ریال } 1175578 = \text{جمع هزینه قطعات فرسایش جامبودریل}$$

(ب) هزینه های نقشه برداری

$$C_p = 20558 \times \frac{129}{60} = 44199 \text{ ریال} \quad \text{هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری}$$

(ج) هزینه های خرجگذاری و آتشیاری

$$C_N = 86 \times 8280 = 712080 \text{ ریال}$$

$$C_{dim} = 151 \times 14000 = 2114000 \text{ ریال}$$

$$C_L = 271.8 \times 220 = 59796 \text{ ریال}$$

$$C_Z = 21000 \times \frac{129}{60} = 45150 \text{ ریال}$$

لذا جمع کل هزینه های الگوی شماره ۲ بدون در نظر گرفتن هزینه های مشترک برای سه متر

پیشروی برابر: ۷۱۴۵۲۰۲ ریال می باشد.

۷-۳-۳- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال ۴۸ میلیمتر)

الگوی شماره ۳)

با توجه به سطح مقطع تونل، میزان پیشروی سه متر و استفاده از قطر چال ۴۸ میلیمتر محاسبات اقتصادی به شرح زیر می باشد.

$$V=75 \text{ m}^3$$

$$\varphi_h = 0.048\text{m}$$

$$q = \frac{Q}{V} = \frac{140}{75} = 1.86\text{kg/m}^3$$

$$L=194.6 \text{ متر}$$

$$T_j=194.6*0.66=128.4 \text{ دقیقه}$$

$$T_b=61*1.75=106.75 \text{ دقیقه}$$

$$T_p=61*1.5 =91.5 \text{ دقیقه}$$

الف- هزینه حفاری

سرعت/ریال =705758 =جمع کل هزینه های حفاری

$$C_j = 705758 * \frac{1284}{60} = 1510322 \text{ ریال}$$

- هزینه حفر جامبودریل

$$C_d = 36000 * \frac{128/4}{60} = 77040 \text{ ریال}$$

- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری

$$C_E = 27900 * \frac{128/4}{60} = 59706 \text{ ریال}$$

- هزینه انرژی موردنیاز جامبودریل

$$C_c = 219681 * \frac{128/4}{60} = 470117 \text{ ریال}$$

- هزینه کمپرسور

- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل

$$C_b = (191.4 * 1580) + (3.2 * 2720) = 311180 \text{ ریال}$$

- سرمته

$$C_f = (191.4 * 2508) + (3.2 * 4264) = 493676 \text{ ریال}$$

- راد

$$C_k = (191.4 * 836) + (3.2 * 1533) = 164916 \text{ ریال}$$

- کوپلینگ

$$C_s = (191.4 * 1324) + (3.2 * 2369) = 260994 \text{ ریال}$$

- میله

جمع هزینه قطعات فرسایش جامبودریل برابر ۱۲۳۰۷۶۶ ریال می باشد.

ب) سایر هزینه های نقشه برداری

$$C_p = 20558 * \frac{91/5}{60} = 31350 \text{ ریال}$$

هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری

ج) هزینه های خرجگذاری و آتشیاری

$$C_N = 61 * 8280 = 505080 \text{ ریال}$$

$$C_{din} = 140 * 14000 = 1960000 \text{ ریال}$$

$$C_L = 220 * 191.4 = 59796 \text{ ریال}$$

$$C_Z = 21000 * \frac{106.75}{60} = 37362 \text{ ریال}$$

لذا جمع کل هزینه های الگوی شماره ۳ بدون در نظر گرفتن هزینه های مشترک برای سه متر

پیشروی برابر: ۵۹۲۳۸۵۱ ریال می باشد.

۷-۴- بررسی اقتصادی الگوهای طراحی شده براساس روابط انتقال انرژی از

ماده منفجره به سنگ برای ایجاد تونل در جنس سنگ گروه الف.

۷-۴-۱- بررسی اقتصادی الگوهای طراحی شده با قطر چال ۴۲ میلیمتر (الگوی

شماره ۴).

با توجه به سطح مقطع تونل، میزان پیشروی سه متر و استفاده از قطر چال ۴۲ میلیمتر محاسبات

اقتصادی به شرح زیر می باشد.

$$V = 75 \text{ m}^3$$

$$\varphi_n = 0.042 \text{ m}$$

$$N = 61$$

$$Q = 154.5 \text{ kg}$$

$$q = 2.06 \text{ kg/m}^3$$

$$L = 195.2 \text{ متر}$$

$$T_j = 195.2 * .66 = 128.8 \text{ دقیقه}$$

$$T_b = 61 * 1.75 = 106.75 \text{ دقیقه}$$

$$T_p = 61 * 1.5 = 91.5 \text{ دقیقه}$$

الف - هزینه حفاری

ساعت/ریال = 705758 = جمع کل هزینه های حفاری

$$C_j = 705758 * \frac{1288}{60} = 1515027 \text{ ریال} \quad \text{- هزینه حفر جامبودریل}$$

$$C_d = 36000 * \frac{1288}{60} = 77280 \text{ ریال} \quad \text{- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری}$$

$$C_E = 27900 * \frac{1288}{60} = 59859 \text{ ریال} \quad \text{- هزینه انرژی موردنیاز جامبودریل}$$

$$C_c = 219681 * \frac{1288}{60} = 471582 \text{ ریال} \quad \text{- هزینه کمپرسور}$$

- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل

$$C_b = (192 * 1360) + (3.2 * 2720) = 269824 \text{ ریال} \quad \text{سرسته}$$

$$C_r = (192 * 2160) + (3.2 * 4264) = 428365 \text{ ریال} \quad \text{راد}$$

$$C_k = (192 * 766) + (3.2 * 1533) = 151977 \text{ ریال} \quad \text{کوپلینگ}$$

$$C_s = (192 * 1254) + (3.2 * 2369) = 248349 \text{ ریال} \quad \text{میله}$$

ریال 1098515 جمع هزینه قطعات فرسایش جامبودریل

ب) سایر هزینه های نقشه برداری

$$C_p = 20558 * \frac{91.5}{60} = 31351 \text{ ریال} \quad \text{هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری}$$

ج) هزینه های خرجگذاری و آتشباری

$$C_N = 61 * 8280 = 505080 \text{ ریال}$$

$$C_{din} = 154.5 * 14000 = 2163000 \text{ ریال}$$

$$C_L = 220 * 192 = 42306 \text{ ریال}$$

$$C_Z = 21000 * \frac{106.75}{60} = 37362 \text{ ریال}$$

لذا جمع کل هزینه های الگوی شماره ۴ بدون در نظر گرفتن هزینه های مشترک برای سه متر

پیشروی برابر: ۶۰۰۱۳۶۰ ریال می باشد.

۷-۴-۲- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده و قطر چال ۳۲ میلی‌متر (الگوی شماره ۵)

با توجه به سطح مقطع تونل، میزان پیشروی سه متر و استفاده از قطر چال ۳۲ میلی‌متر محاسبات اقتصادی به شرح زیر می باشد.

$$\varphi_h = 32\text{mm}$$

$$N=73$$

$$Q=129.9\text{kg}$$

$$q=1.73\text{kg/m}^3$$

$$L=233.6 \text{ متر}$$

$$T_j=154.17 \text{ دقیقه}$$

$$T_b=126 \text{ دقیقه}$$

$$T_p=97.5 \text{ دقیقه}$$

الف- هزینه حفاری

ساعت/ریال = 705758 = جمع کل هزینه های حفاری

$$C_j = 705758 * \frac{15417}{60} = 1813445 \text{ ریال} \quad \text{- هزینه حفر جامبودریل}$$

$$C_d = 36000 * \frac{15417}{60} = 92502 \text{ ریال} \quad \text{- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری}$$

$$C_E = 27900 * \frac{15417}{60} = 71689 \text{ ریال} \quad \text{- هزینه انرژی موردنیاز جامبودریل}$$

$$C_c = 219681 * \frac{15417}{60} = 564470 \text{ ریال} \quad \text{- هزینه کمپرسور}$$

ب- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل

$$C_b = (230.4 * 1062) + (3.2 * 2720) = 253388 \text{ ریال} \quad \text{- سرمه}$$

$$C_r = (230.4 * 1533) + (3.2 * 4264) = 366848 \text{ ریال} \quad \text{- راد}$$

$$C_k = (230.4 * 557) + (3.2 * 1533) = 133238 \text{ ریال} \quad \text{- کوپلینگ}$$

$$C_s = (230.4 * 1045) + (3.2 * 2369) = 248348 \text{ ریال} \quad \text{- میله}$$

جمع هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل برابر ۱۰۰۱۸۲۲ ریال می باشد.

ب) هزینه های نقشه برداری

$$C_p = 20558 * \frac{97.5}{60} = 33406 \text{ ریال}$$

هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری

ج) هزینه های خرجگذاری و آتشیاری

$$C_N = 64 * 8280 = 529920 \text{ ریال}$$

$$C_{din} = 130 * 14000 = 1820000 \text{ ریال}$$

$$C_L = 220 * 204.8 = 45056 \text{ ریال}$$

$$C_Z = 21000 * \frac{97.5}{60} = 34125 \text{ ریال}$$

لذا جمع کل هزینه های الگوی شماره ۵ بدون در نظر گرفتن هزینه های مشترک برای سه متر

پیشروی برابر: ۶۰۰۶۴۳۵ ریال می باشد.

۷-۴-۳- محاسبات اقتصادی الگوهای طراحی شده با قطر چال های انفجاری ۴۸**میلیمتر (الگوی شماره ۶)**

با توجه به سطح مقطع تونل، میزان پیشروی سه متر و استفاده از قطر چال ۴۸ میلیمتر محاسبات

اقتصادی به شرح زیر می باشد.

$$\varphi_h = 0.048m$$

$$Q = 144kg$$

$$N = 52 \text{ عدد}$$

$$q = \frac{144}{75} = 1.92 \text{ kg/m}^3$$

$$L = 166.4 \text{ متر}$$

$$T_j = 110 \text{ دقیقه}$$

$$T_b = 91 \text{ دقیقه}$$

$$T_p = 78 \text{ دقیقه}$$

الف - هزینه حفاری

$$C_j = 705758 * \frac{110}{60} = 1293889 \quad \text{ریال}$$

- هزینه حفر جامبودریل

$$C_d = 36000 * \frac{110}{60} = 66000 \quad \text{ریال}$$

- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری

$$C_E = 27900 * \frac{110}{60} = 51150 \quad \text{ریال}$$

- هزینه انرژی موردنیاز جامبودریل

$$C_c = 219681 * \frac{110}{60} = 402748 \quad \text{ریال}$$

- هزینه کمپرسور

- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل

$$C_b = (163.2 * 1580) + (3.2 * 2720) = 266560 \quad \text{ریال}$$

- سرمه

$$C_r = (163.2 * 2508) + (3.2 * 4264) = 422950 \quad \text{ریال}$$

- راد

$$C_k = (163.2 * 836) + (3.2 * 1533) = 141341 \quad \text{ریال}$$

- کوبلینگ

$$C_s = (163.2 * 1324) + (3.2 * 2369) = 223657 \quad \text{ریال}$$

- میله

جمع هزینه قطعات فرسایش جامبودریل برابر ۱۰۵۴۵۰۸ ریال می باشد.

ب) هزینه های نقشه برداری

$$C_p = 20558 * \frac{78}{60} = 26725 \quad \text{ریال}$$

هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری

ج) هزینه های خرجگذاری و آتشباری

$$C_N = 51 * 8280 = 422280 \quad \text{ریال}$$

$$C_{din} = 144 * 14000 = 2016000 \quad \text{ریال}$$

$$C_L = 220 * 163.2 = 35904 \quad \text{ریال}$$

$$C_Z = 21000 * \frac{91}{60} = 31850 \quad \text{ریال}$$

لذا جمع کل هزینه‌های الگوی شماره ۶ بدون در نظر گرفتن هزینه های مشترک برای سه متر

پیشروی برابر: ۵۴۰۱۰۵۴ ریال می باشد.

۷-۵- بررسی اقتصادی الگوی طراحی شده براساس روابط نیترونوبل برای ایجاد

تونل در قسمت های تونل دارای جنس سنگ گروه (ب)

۷-۵-۱- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده براساس قطر چال انفجاری ۴۲

میلیمتر (الگوی شماره ۷)

با توجه به سطح مقطع تونل، میزان پیشروی سه متر و استفاده از قطر چال ۴۲ میلیمتر محاسبات

اقتصادی به شرح زیر می باشد.

$$\varphi_h = 0.042m$$

$$Q=138kg$$

$$N=60 \text{ عدد}$$

$$q=1.83 \frac{kg}{m^3}$$

$$L=192 \text{ متر}$$

$$T_j=126.7 \text{ دقیقه}$$

$$T_b=103.25 \text{ دقیقه}$$

$$T_p=88.5 \text{ دقیقه}$$

الف- هزینه حفاری

$C_j = 705758 * \frac{126.7}{60} = 1490325$	ریال	- هزینه حفر جامبودریل
$C_d = 36000 * \frac{126.7}{60} = 76020$	ریال	- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری
$C_E = 27900 * \frac{126.7}{60} = 58897$	ریال	- هزینه انرژی موردنیاز جامبودریل
$C_c = 219681 * \frac{114}{60} = 417394$	ریال	- هزینه کمپرسور

ب- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل

$C_b = (188.8 * 1360) + (3.2 * 2720) = 265472$	ریال	- سرمته
$C_r = (188.8 * 2160) + (3.2 * 4264) = 421452$	ریال	- راد
$C_k = (188.8 * 766) + (3.2 * 1533) = 149526$	ریال	- کوپلینگ

- میله
ریال $C_s = (188.8 * 1254) + (3.2 * 2369) = 244336$
جمع هزینه قطعات فرسایش جامبودریل برابر ۱۰۸۰۷۸۶ ریال می باشد.

ب) هزینه های نقشه برداری

هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری
ریال $C_p = 20558 * \frac{88.5}{60} = 30323$

ج) هزینه های خرجگذاری و آتشیاری

ریال $C_N = 59 * 8280 = 488520$

ریال $C_{din} = 137 * 14000 = 1925000$

ریال $C_L = 220 * 188.8 = 41536$

ریال $C_Z = 21000 * \frac{103.25}{60} = 36137$

لذا جمع کل هزینه های الگوی شماره ۷ بدون در نظر گرفتن هزینه های مشترک برای سه متر

پیشروی برابر: ۵۶۹۱۲۹۰ ریال می باشد.

۷-۵-۲- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده براساس قطر چال انفجاری ۳۲ میلیمتر (الگوی شماره ۸)

با توجه به سطح مقطع تونل، میزان پیشروی سه متر و استفاده از قطر چال ۳۲ میلیمتر محاسبات

اقتصادی به شرح زیر می باشد.

$$\varphi_h = 0.032m$$

$$Q = 140.5kg$$

$$N = 71 \text{ عدد}$$

$$q = 1.68 \frac{kg}{m^3}$$

$$L = 227.2 \text{ متر}$$

$$T_j = 149.9 \text{ دقیقه}$$

$$T_b = 122.5 \text{ دقیقه}$$

$$T_p = 106.5 \text{ دقیقه}$$

الف - هزینه حفاری

$C_j = 705758 * \frac{149.9}{60} = 1763218$	ریال	- هزینه حفر جامبودریل
$C_d = 36000 * \frac{149.9}{60} = 89940$	ریال	- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری
$C_E = 27900 * \frac{149.9}{60} = 69703$	ریال	- هزینه انرژی موردنیاز جامبودریل
$C_c = 219681 * \frac{149.9}{60} = 548836$	ریال	- هزینه کمپرسور

- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل

$C_b = (224 * 1062) + (3.2 * 2720) = 246592$	ریال	- سرمه
$C_r = (224 * 1533) + (3.2 * 4264) = 357036$	ریال	- راد
$C_k = (224 * 557) + (3.2 * 1533) = 129673$	ریال	- کوپلینگ
$C_s = (224 * 1045) + (3.2 * 2369) = 241660$	ریال	- میله

جمع هزینه قطعات فرسایش جامبودریل برابر ۹۷۴۹۶۱ ریال می باشد.

ب) سایر هزینه های نقشه برداری

$C_p = 20558 * \frac{106.5}{60} = 36490$	ریال	هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری
--	------	--

ج) هزینه های خرجگذاری و آتشباری

$C_N = 70 * 8280 = 579600$	ریال
$C_{din} = 140.5 * 14000 = 1967000$	ریال
$C_L = 220 * 224 = 49580$	ریال
$C_Z = 21000 * \frac{122.5}{60} = 42875$	ریال

لذا جمع کل هزینه های الگوی شماره ۸ بدون در نظر گرفتن هزینه های مشترک برای سه متر

پیشروی برابر: ۶۱۲۱۹۰۲ ریال می باشد.

۷-۵-۳- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده براساس قطر چال انفجاری ۴۸

میلیمتر (الگوی شماره ۹)

با توجه به سطح مقطع تونل، میزان پیشروی سه متر و استفاده از قطر چال ۴۸ میلیمتر محاسبات

اقتصادی به شرح زیر می باشد.

$$\varphi_n = 0.048\text{m}$$

$$Q=125.2\text{kg}$$

$$N=55 \text{ عدد}$$

$$q=1.67 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$L=176 \text{ متر}$$

$$T_j=116.1 \text{ دقیقه}$$

$$T_b=94.5 \text{ دقیقه}$$

$$T_p=82.5 \text{ دقیقه}$$

الف- هزینه های حفاری

$C_j = 705758 * \frac{116.1}{60} = 1365641$ ریال	- هزینه حفر جامبودریل
$C_d = 36000 * \frac{116.1}{60} = 69660$ ریال	- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری
$C_E = 27900 * \frac{116.1}{60} = 53986$ ریال	- هزینه انرژی موردنیاز جامبودریل
$C_c = 219681 * \frac{116.1}{60} = 425082$ ریال	- هزینه کمپرسور

- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل

$C_b = (172.8 * 1580) + (3.2 * 2720) = 281728$ ریال	- سرمه
$C_r = (172.8 * 2508) + (3.2 * 4264) = 447027$ ریال	- راد
$C_k = (172.8 * 836) + (3.2 * 1533) = 149366$ ریال	- کوپلینگ
$C_s = (172.8 * 1324) + (3.2 * 2369) = 236368$ ریال	- میله

جمع هزینه قطعات فرسایش جامبودریل برابر ۱۱۱۴۴۸۹ ریال می باشد.

ب) هزینه های نقشه برداری

$$C_p = 20558 * \frac{82.5}{60} = 28267 \text{ ریال}$$

هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری

ج) هزینه های خرجگذاری و آتشیاری

$$C_N = 54 * 8280 = 447120 \text{ ریال}$$

$$C_{din} = 125.2 * 14000 = 1752800 \text{ ریال}$$

$$C_L = 220 * 172.8 = 38016 \text{ ریال}$$

$$C_Z = 21000 * \frac{94.5}{60} = 33075 \text{ ریال}$$

لذا جمع کل هزینه های الگوی شماره ۹ بدون در نظر گرفتن هزینه های مشترک برای سه

متر پیشروی برابر: ۵۳۲۸۱۳۶ ریال می باشد.

۷-۶- بررسی اقتصادی الگوهای طراحی شده براساس روابط انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ برای ایجاد تونل در قسمت های تونل دارای جنس سنگ گروه ب.

۷-۶-۱- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده براساس قطر چال ۴۲ میلیمتر

(الگوی شماره ۱۰)

$$\varphi_h = 0.042 \text{ m}$$

$$Q = 133.5 \text{ kg}$$

$$N = 54 \text{ عدد}$$

$$q = 1.78 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$L = 172.8 \text{ متر}$$

$$T_j = 114 \text{ دقیقه}$$

$$T_b = 92.8 \text{ دقیقه}$$

$$T_p = 81 \text{ دقیقه}$$

الف - هزینه حفاری

$C_j = 705758 * \frac{114}{60} = 1340940$ ریال	- هزینه حفر جامبودریل
$C_d = 36000 * \frac{114}{60} = 68400$ ریال	- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری
$C_E = 27900 * \frac{114}{60} = 53010$ ریال	- هزینه انرژی موردنیاز جامبودریل
$C_c = 219681 * \frac{114}{60} = 417394$ ریال	- هزینه کمپرسور

- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل

$C_b = (169.6 * 1360) + (3.2 * 2720) = 239360$ ریال	- سرمته
$C_r = (169.6 * 2160) + (3.2 * 4264) = 379981$ ریال	- راد
$C_k = (169.6 * 766) + (3.2 * 1533) = 134819$ ریال	- کویلینگ
$C_s = (169.6 * 1254) + (3.2 * 2369) = 220259$ ریال	- میله

جمع هزینه قطعات فرسایش جامبودریل برابر ۹۷۴۴۱۹ ریال می باشد.

ب) هزینه های نقشه برداری

$C_p = 20558 * \frac{81}{60} = 27753$ ریال	هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری
--	--

ج) هزینه های خرجگذاری و آتشباری

$C_N = 53 * 8280 = 438840$ ریال
$C_{din} = 133.5 * 14000 = 1869000$ ریال
$C_L = 220 * 169.6 = 37312$ ریال
$C_Z = 21000 * \frac{92.8}{60} = 32480$ ریال

لذا جمع کل هزینه های الگوی شماره ۱۰ بدون در نظر گرفتن هزینه های مشترک برای سه

متر پیشروی برابر: ۵۲۵۹۵۴۸ ریال می باشد.

۷-۶-۲- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال انفجاری ۳۲ میلیمتر (الگوی شماره ۱۱)

با توجه به سطح مقطع تونل، میزان پیشروی سه متر و استفاده از قطر چال ۳۲ میلیمتر محاسبات اقتصادی به شرح زیر می باشد.

$$\varphi_h = 0.032m$$

$$Q=123.5kg$$

$$N=64 \text{ عدد}$$

$$q=1.93 \frac{kg}{m^3}$$

$$L=204.8 \text{ متر}$$

$$T_j=135.2 \text{ دقیقه}$$

$$T_b=11025 \text{ دقیقه}$$

$$T_p=96 \text{ دقیقه}$$

الف- هزینه حفاری

$$C_j = 705758 * \frac{135.2}{60} = 1590308 \text{ ریال}$$

- هزینه حفر جامبودریل

$$C_d = 36000 * \frac{135.2}{60} = 81120 \text{ ریال}$$

- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری

$$C_E = 27900 * \frac{135.2}{60} = 62868 \text{ ریال}$$

- هزینه انرژی موردنیاز جامبودریل

$$C_c = 219681 * \frac{135.2}{60} = 495014 \text{ ریال}$$

- هزینه کمپرسور

- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل

$$C_b = (201.6 * 1062) + (3.2 * 2720) = 222803 \text{ ریال}$$

سرسته

$$C_r = (201.6 * 1533) + (3.2 * 4264) = 322697 \text{ ریال}$$

راد

$$C_k = (201.6 * 557) + (3.2 * 1533) = 117197 \text{ ریال}$$

کوپلینگ

$$C_s = (201.6 * 1045) + (3.2 * 2369) = 218253 \text{ ریال}$$

میله

جمع هزینه قطعات فرسایش جامبودریل برابر ۸۸۰۹۵۰ ریال می باشد.

ب) هزینه های نقشه برداری

$$C_p = 20558 * \frac{96}{60} = 29809 \text{ ریال}$$

هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری

ج) هزینه های خرجگذاری و آتشیاری

$$C_N = 63 * 8280 = 521640 \text{ ریال}$$

$$C_{din} = 213.5 * 14000 = 1729000 \text{ ریال}$$

$$C_L = 220 * 201.6 = 44352 \text{ ریال}$$

$$C_Z = 21000 * \frac{11025}{60} = 38587 \text{ ریال}$$

لذا جمع کل هزینه های الگوی شماره ۱۱ بدون در نظر گرفتن هزینه های مشترک برای سه

متر پیشروی برابر: ۵۴۷۳۶۵۰ ریال می باشد.

۷-۶-۳- محاسبات اقتصادی الگوی طراحی شده با قطر چال انفجاری ۴۸

میلیمتر (الگوی شماره ۱۲)

$$\varphi_h = 0.048 \text{ m}$$

$$Q = 130 \text{ kg}$$

$$N = 48 \text{ عدد}$$

$$q = 1.73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$L = 153.6 \text{ متر}$$

$$T_j = 101.4 \text{ دقیقه}$$

$$T_b = 82.25 \text{ دقیقه}$$

$$T_p = 72 \text{ دقیقه}$$

الف- هزینه های حفاری

$$C_j = 705758 * \frac{101.4}{60} = 1192731 \text{ ریال}$$

- هزینه حفر جامبودریل

$$C_d = 36000 * \frac{101.4}{60} = 60840 \text{ ریال}$$

- هزینه نیروی انسانی بخش حفاری

$$C_E = 27900 * \frac{101.4}{60} = 47151 \text{ ریال}$$

- هزینه انرژی موردنیاز جامبودریل

$$C_c = 219681 * \frac{101.4}{60} = 371261 \text{ ریال}$$

- هزینه کمپرسور

- هزینه قطعات فرسایشی جامبودریل

$$C_b = (150.4 * 1580) + (3.2 * 2720) = 246336 \text{ ریال}$$

- سرمته

$$C_r = (150.4 * 2508) + (3.2 * 4264) = 390848 \text{ ریال}$$

- راد

$$C_k = (150.4 * 836) + (3.2 * 1533) = 130640 \text{ ریال}$$

- کوپلینگ

$$C_s = (150.4 * 1324) + (3.2 * 2369) = 206710 \text{ ریال} \quad \text{- میله}$$

جمع هزینه قطعات فرسایش جامبودریل برابر ۹۷۴۵۳۴ ریال می باشد.

ب) هزینه های نقشه برداری

$$C_p = 20558 * \frac{72}{60} = 24669 \text{ ریال} \quad \text{هزینه دوربین و نیروی انسانی گروه نقشه برداری}$$

ج) هزینه های خرجگذاری و آتشیاری

$$C_N = 47 * 8280 = 389160 \text{ ریال}$$

$$C_{din} = 130 * 14000 = 1820000 \text{ ریال}$$

$$C_L = 220 * 150.4 = 33088 \text{ ریال}$$

$$C_Z = 21000 * \frac{82.25}{60} = 28787 \text{ ریال}$$

لذا جمع کل هزینه های الگوی شماره ۱۲ بدون در نظر گرفتن هزینه های مشترک برای

سه متر پیشروی برابر: ۴۹۴۲۲۲۱ ریال می باشد.

فصل هشتم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۸- مقدمه

با توجه به متفاوت بودن جنس سنگ دربرگیرنده سینه کار تونل، واحدهای سنگی دربرگیرنده مقطع طولی تونل به دو دسته گروه الف (عمدتاً متادیوریت توده‌ای) و گروه ب (عمدتاً آمفیبولیت شیست) تقسیم بندی گردید. بر اساس جنس سنگ و با استفاده از چالهای با قطر ۳۲، ۴۲ و ۴۸ میلیمتر که در حفاری تونلها بیش از سایر قطر چالها استفاده می‌شود اقدام به طراحی و محاسبه آرایش چالها برای تونل دسترسی مغانک گردید.

برای طراحی و محاسبات حفاری و خرجگذاری چالها از دو روش استفاده از روابط نیترونوبل و استفاده از روابط تئوری انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ اقدام به طراحی و محاسبه الگوی چالها گردید که نتایج این طراحی‌ها و همچنین نتایج محاسبات اقتصادی آنها در زیر آورده می‌شود.

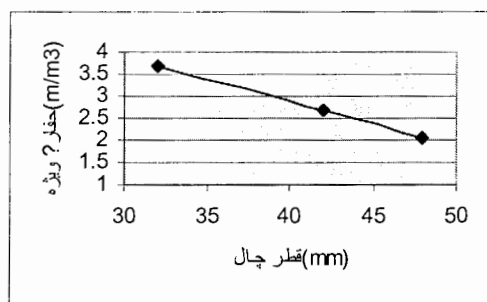
۲-۸- بررسی الگوهای طراحی شده با استفاده از روابط نیترونوبل

با استفاده از روابط نیترونوبل برای واحدهای سنگی گروه الف و گروه ب الگوهایی برای حفر چالهای سینه کار تونل بدست آمد که نتایج پارامترهای مهم در آتشباری تونلی به صورت خلاصه در جدول ۱-۸ آمده است.

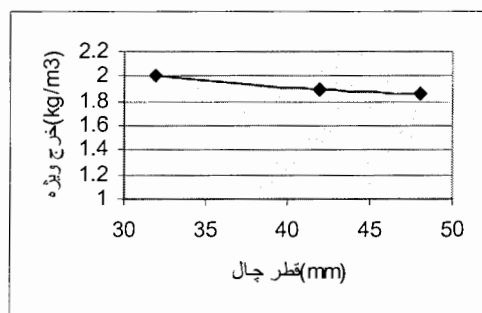
جدول ۱-۸- نتایج پارامترهای الگوهای طراحی شده با استفاده از روابط نیترونوبل

واحد سنگی گروه ب			واحد سنگی گروه الف			جنس سنگ دربرگیرنده تونل (واحد سنگی) پارامتر
۰/۰۴۸	۰/۰۳۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۸	۰/۰۳۲	۰/۰۴۲	قطر چال انفجاری (m)
۰/۱۰۲	۰/۱۰۲	۰/۱۰۲	۰/۱۰۲	۰/۱۰۲	۰/۱۰۲	قطر چال خالی (m)
۵۵	۷۱	۶۰	۶۱	۸۶	۶۳	تعداد چال
۱۷۶	۲۲۷/۲	۱۹۲	۱۹۵/۲	۲۷۵/۲	۲۰۱/۶	طول کل حفاری (m)
۱۲۶	۱۴۰/۵	۱۳۸	۱۴۰	۱۵۱	۱۴۲	کل خرج مصرفی (kg)
۲/۳۴	۳/۰۳	۲/۵۶	۲/۰۶	۳/۶۶	۲/۶۸	حفاری ویژه m/m^3
۱/۶۸	۱/۸۸	۱/۸۳	۱/۸۶	۲/۰۱	۱/۸۹	خرج ویژه kg/m^3

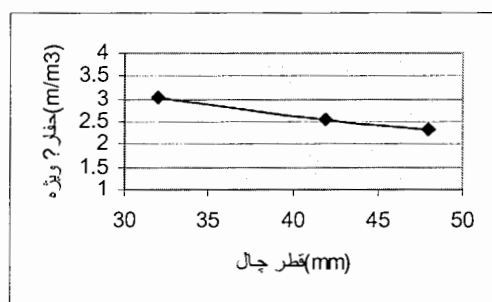
از جدول ۱-۸ و نمودارهای ۱-۸ تا ۴-۸ می‌توان استنباط کرد که در طراحی با استفاده از روابط نیترونوبل در همه حالات قطر چال با تعداد چال، حفاری ویژه و خرج ویژه نسبت معکوس دارد. دلیل آن هم کاملاً منطقی است چرا که با افزایش قطر چال فواصل چالهای انفجاری افزایش می‌یابد و لذا تعداد چال های لازم جهت یک سیکل پیشروی کاهش می‌یابد. همچنین با کاهش تعداد چال های لازم جهت حفر واحد طول تونل، میزان خرج ویژه و حفاری ویژه نیز کاهش می‌یابد. بنابراین در این سینه کار بهتر است که از چالهای با قطر بالا استفاده شود.



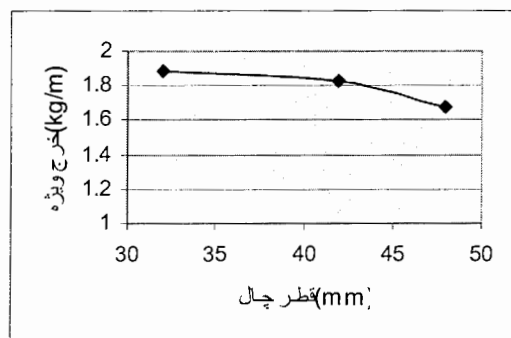
شکل ۸-۱- رابطه قطر چال و حفاری ویژه در سنگ گروه الف.



شکل ۸-۲- رابطه قطر چال و خرج ویژه در سنگ گروه الف.



شکل ۸-۳- رابطه قطر چال و حفاری ویژه در سنگ گروه ب.



شکل ۸-۴- رابطه قطر چال و خرج ویژه در سنگ گروه ب

۸-۳- بررسی الگوهای طراحی شده با استفاده از روابط تئوری انتقال انرژی از

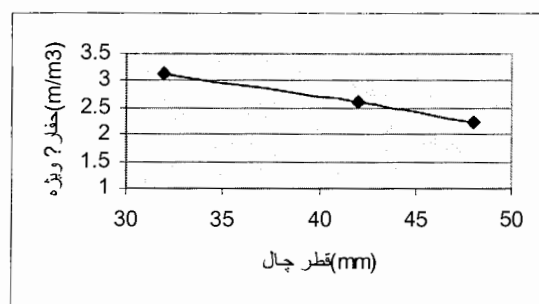
ماده منفجره به سنگ

نتایج پارامترهای مهم الگوهای طراحی شده با استفاده از روابط انتقال انرژی به صورت

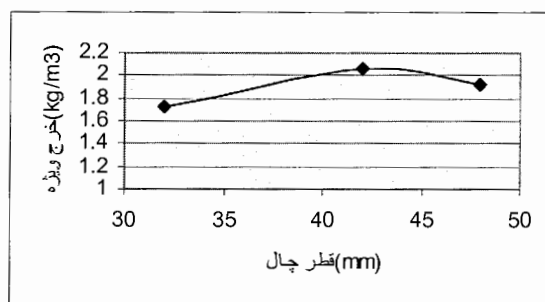
خلاصه در جدول ۸-۲ آورده شده است.

جدول ۸-۲. نتایج پارامترهای الگوهای طراحی شده با استفاده از روابط انتقال انرژی

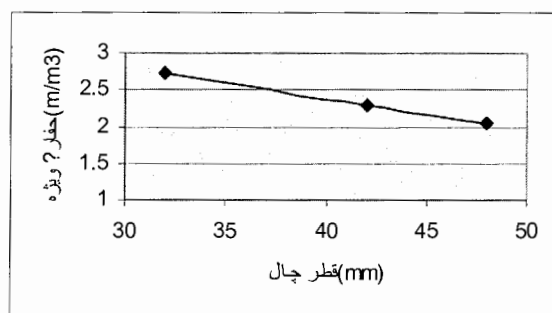
واحد سنگی گروه ب			واحد سنگی گروه الف			جنس سنگ دربرگیرنده تونل (واحد سنگی)	پارامتر
۰/۰۴۸	۰/۰۳۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۸	۰/۰۳۲	۰/۰۴۲	قطر چال انفجاری (m)	
۰/۱۰۲	۰/۱۰۲	۰/۱۰۲	۰/۱۰۲	۰/۱۰۲	۰/۱۰۲	قطر چال خالی (m)	
۴۸	۶۴	۵۴	۵۲	۷۳	۶۱	تعداد چال	
۱۵۳/۶	۲۰۴/۸	۱۷۲/۸	۱۶۶/۵	۲۳۳/۶	۱۹۵/۲	طول کل حفاری (m)	
۱۳۰	۱۲۳/۵	۱۳۳/۵	۱۴۴	۱۲۹/۹	۱۵۴/۵	کل خرج مصرفی (kg)	
۲/۰۵	۲/۷۳	۲/۳	۲/۲۲	۳/۱۱	۲/۶	حفاری ویژه m^3/m	
۱/۷۳	۱/۶۴	۱/۷۸	۱/۹۲	۱/۷۳	۲/۰۶	خرج ویژه kg/m^3	



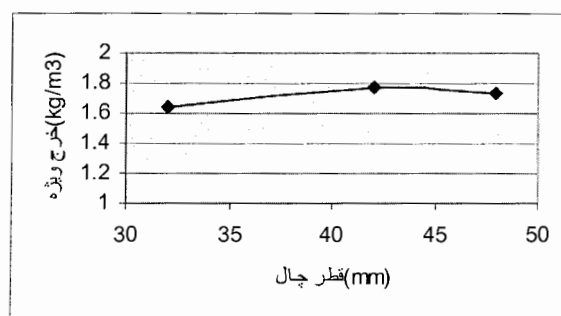
۸-۵-ارتباط قطر چال با حفاری ویژه در سنگ گروه الف.



۸-۶-ارتباط قطر چال با خرج ویژه در سنگ گروه الف.



۸-۷-ارتباط قطر چال با حفاری ویژه در سنگ گروه ب.



۸-۸-ارتباط قطر چال با خرج ویژه در سنگ گروه ب.

از جدول ۲-۸ و اشکال ۵-۸ الی ۸-۸ نتایج زیر استنباط می‌گردد:

- در تمام الگوهای طراحی شده با استفاده از روابط انتقال انرژی حفاری ویژه با قطر چال نسبت عکس دارد. چنانکه گفته شد این رابطه منطقی می‌باشد.
- چنانچه از اشکال ۶-۸ و ۸-۸ ملاحظه می‌گردد خرج ویژه برای چالهای با قطر ۳۲ میلیمتر کمترین مقدار و برای قطر ۴۲ میلیمتر بیشترین مقدار می‌باشد. قطر ۴۸ میلیمتر دارای خرج ویژه کمتر از ۴۲ و بیشتر از ۳۲ میلیمتر می‌باشد. علت این مطلب را می‌توان چنین بیان کرد:
 - در طراحی الگوی چالهای سینه کار با استفاده از روابط انتقال انرژی برای قطر چال ۳۲ میلیمتر به علت اینکه خرج مصرفی موجود در کارگاه فشنگهای دینامیت به ابعاد $19\text{ cm} * 30\text{ mm}$ می‌باشد که برای استخراج چالهای قسمتهای برش و پیشروی و کف استفاده شده است، لذا نسبت قطر چال به قطر خرج نزدیک به ۱ می‌باشد و در عملیات خرجگذاری این نسبت به یک بسیار نزدیک می‌شود. بنابراین بر اساس روابط و منحنی‌های اشاره شده در فصل سوم انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ به خوبی انجام می‌شود و از انرژی حاصل از انفجار مواد منفجره به خوبی استفاده می‌شود. و در نتیجه سبب پایین آمدن مقدار خرج مصرفی در این الگو گردیده است.
 - در طراحی الگو با استفاده از روابط انتقال انرژی امیدانس سنگ و امیدانس مواد منفجره مصرفی که بیانگر کیفیت انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ می‌باشد لحاظ می‌شود که اثر این پارامتر در طراحی الگو با روابط انتقال انرژی سبب شده خرج ویژه پائین باشد.
 - از آنجا که امیدانس سنگهای در برگیرنده تونل برای جنس سنگ گروه ب با امیدانس ماده منفجره مصرفی که دینامیت می‌باشد به همدیگر نزدیک می‌باشد لذا انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ به خوبی صورت می‌گیرد و همین امر باعث گردیده که برای سنگ گروه ب خرج ویژه کمتری مورد نیاز باشد.

۴-۸- بررسی اقتصادی الگوهای طراحی شده

الگوهای طراحی شده بر اساس هر دو روش در فصل هفتم مورد بررسی اقتصادی قرار گرفت.

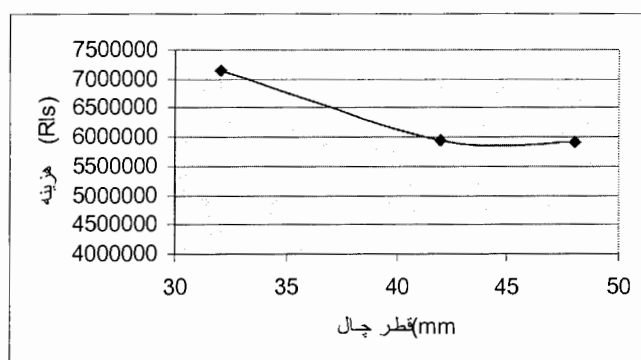
خلاصه نتایج در جداول ۳-۸ و ۴-۸ به ترتیب برای سنگهای گروه الف و ب آورده شده است.

جدول ۳-۸- مقایسه الگوهای طراحی شده برای جنس سنگ گروه الف

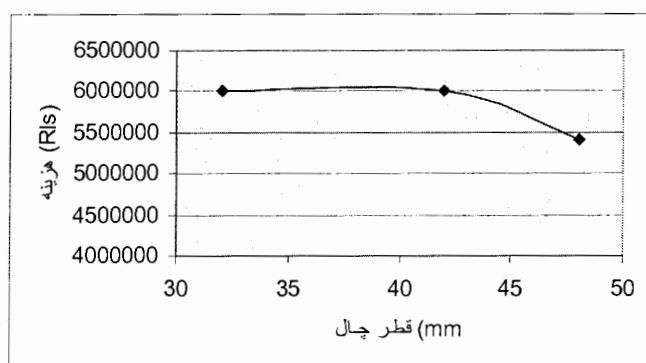
شماره الگو	قطر چال (m)	هزینه اجرای الگو (ریال)	
۱	۰/۰۴۲	۵۹۴۳۶۸۳	پیترونیوبل
۲	۰/۰۳۲	۷۱۴۵۲۰۲	
۳	۰/۰۴۸	۵۹۲۳۸۵۱	
۴	۰/۰۴۲	۶۰۰۱۳۶۰	انتقال انرژی
۵	۰/۰۳۲	۶۰۰۶۴۳۵	
۶	۰/۰۴۸	۵۴۰۱۰۵۴	

جدول ۴-۸- مقایسه الگوهای طراحی شده برای جنس سنگ گروه ب.

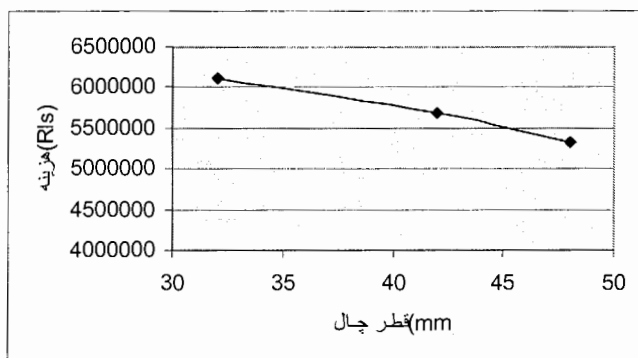
شماره الگو	قطر چال (m)	هزینه اجرای الگو (ریال)	نیترونیول
۷	۰/۰۴۲	۵۶۹۱۲۹۰	نیترونیول
۸	۰/۰۳۲	۶۱۲۱۹۰۲	
۹	۰/۰۴۸	۵۳۲۸۱۳۶	
۱۰	۰/۰۴۲	۵۲۵۹۵۴۸	انتقال انرژی
۱۱	۰/۰۳۲	۵۴۷۳۶۵۰	
۱۲	۰/۰۴۸	۴۹۴۲۲۲۱	



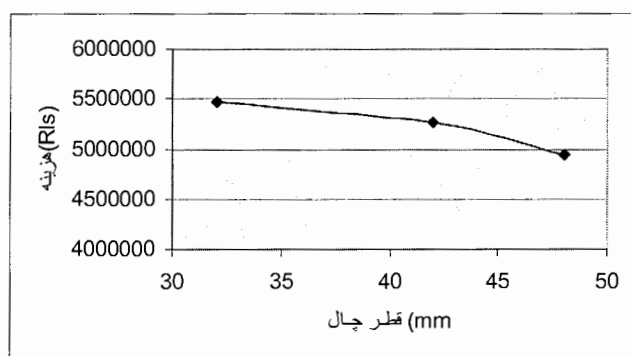
شکل ۸-۹- رابطه هزینه حفر الگو و قطر چال در سنگ گروه الف (الگوهای ۱ و ۲ و ۳)



شکل ۸-۱۰- رابطه هزینه حفر الگو و قطر چال در سنگ گروه الف (الگوهای ۴ و ۵ و ۶)



شکل ۸-۱۱- رابطه هزینه حفر الگو و قطر چال در سنگ گروه ب (الگوهای ۷ و ۸ و ۹)



شکل ۸-۱۲- رابطه هزینه حفر الگو و قطر چال در سنگ گروه ب (الگوهای ۱۰ و ۱۱ و ۱۲)

از جداول ۳-۸ و ۴-۸ و نمودارهای ۸-۹ الی ۸-۱۲ نتایج زیر استحصال می شود:

الف - الگوهای تهیه شده با استفاده از روابط تئوری انتقال انرژی دارای کمترین هزینه جهت اجرا می باشند که علت آن نیز لحاظ کردن تاثیر قدرت مواد منفجره و کیفیت خرجگذاری و کیفیت انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ می باشد.

ب - در تمام الگوهای بدست آمده هزینه هر الگو با قطر چال نسبت عکس دارد.

ج - با مقایسه جداول مذکور ملاحظه می شود که هزینه های حفر الگو و در نتیجه هزینه حفر واحد طول پیشروی در جنس سنگ گروه الف به دلیل سختی بالاتر بیشتر از جنس سنگ گروه ب می باشد.

لازم به ذکر است که در کلیه طراحی‌های انجام شده پیشروی مناسب، استفاده بهینه از مواد منفجره با توزیع مناسب خرج در چال، بر جای گذاشتن دیواره‌ای صاف پس از انفجار و کاهش هزینه‌های ناشی از عواقب اضافه حفاری و همچنین ایجاد فضایی امن جهت فعالیت در تونل مدنظر قرار گرفت. بر اساس الگوهای طراحی شده و پس از بررسی‌های به عمل آمده الگوی شماره ۶ برای سنگهای گروه الف و الگوی شماره ۱۲ برای سنگهای گروه ب پیشنهاد می‌گردد. هزینه اجرای الگوهای مذکور به ترتیب برابر ۵۴۰۱۰۰۰ و ۴۹۴۲۲۰۰ ریال می باشد.

پیشنهادهات:

۱- از آنجا که سطح آزاد دوم در حفاری های زیرزمینی چال خال وسط می باشد پیشنهاد می شود با طول اندکی بیش از سایر چالها حفر شود تا حجم سنگ خرد شده در اثر انفجار چالهای اولین چهار گوش برش فضای کافی جهت استخراج داشته باشد و چال خفه نشود. همچنین چالهای قسمت کف و گوشه های کف تونل نیز با طول اندکی بیش از سایر چالها حفر شود تا مقطع تونل شکل خود را حفظ کند.

۲- هر چه امپدانس مواد منفجره مصرفی و سنگ دربرگیرنده سینه کار تونل به هم نزدیکتر باشد، انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ بهتر صورت می گیرد و از قدرت تخریبی مواد منفجره به خوبی استفاده می شود لذا حد الامکان سعی شود در انتخاب مواد منفجره به جنس سنگ و مشخصات فیزیکی سنگ توجه شود.

۳- روابط ارائه شده در روش نیترونویل جهت محاسبه تراکم خرج، برای خرجهای با وزن مخصوص پائین (مانند امولیت و دینامکس ام) ارائه شده است و در محاسبات میزان خرج برای مواد منفجره صنعتی ساخت داخل جواب درستی ارائه نمی کند. بنابراین در صورت استفاده از مواد منفجره ساخت داخل لازم است در نتایج بدست آمده از این روابط تعدیل صورت گیرد.

۴- هر چه از چالهای با قطر بالاتر در حفر تونلها استفاده شود هزینه های مربوطه کاهش می یابد لذا پیشنهاد می شود طراحی بر اساس چالهای با قطر بالاتر انجام گیرد و الگوهای بدست آمده اجرا شده تا مناسبترین الگو انتخاب گردد.

پایان

فهرست منابع

- ۱- کلیات طرح قمرود، ۱۳۸۱، شرکت بین المللی استراتوس.
- ۲- اطلس راههای ایران، ۱۳۵۷، سازمان نقشه برداری کشور.
- ۳- گزارش ارزیابی عملیات انجام شده نسبت به زمان در سایت مغانک، آذر ۸۲، دفتر فنی و واحد کنترل پروژه شرکت بین المللی استراتوس.
- ۴- الگوهای چالزنی و آتشیاری در سایت مغانک، ۱۳۸۲، شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس.
- ۵- گزارش زمین شناسی مهندسی طرح تونل انتقال آب از انوج به قمرود (قطعه دوم)، ۱۳۸۲، شرکت مهندسی مشاور نهاد آب.
- ۶- استوار، رحمت الله، ۱۳۷۷، آتشیاری در معادن، جلد دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- ۷- خرمی، رضا، ۱۳۸۳، بررسی روشهای حفر تونل با استفاده از چالزنی و آتشیاری، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- 8- Olofsson, stig, o, 1998-Applied explosives technology for constructional Mining Applex puplisher.
- 9- Jimeno, c, Lopez, Jimeno, e, lopez, 1995, Drillhng and Blasting of Rock. A.A.BALKEMA-Rotherdom.
- 10- www.atlas copco.com(Small tunne, Medium tunnel, Large tunnel).
- ۱۱- وفائیان، محمود، ۱۳۷۶، خواص مهندسی سنگها، نشر ارکان.
- ۱۲- بهمنی، رامین، ۱۳۸۰، بررسی عوامل موثر بر کاهش اضافه حفاری تونلها در روش حفاری و آتشیاری (مطالعه موردی)، پنجمین کنفرانس تونل ایران.
- ۱۳- برداشتهای شخصی در کارگاه شرکت بین المللی استراتوس.
- ۱۴- تقی زاده، روح الله، ۱۳۸۱، اثر پارامترهای ژئومکانیکی در طراحی الگوی حفاری تونل راه یاسوج - بابامیدان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۵- اسکو نژاد، محمد مهدی، ۱۳۸۰، اقتصاد مهندسی، مرکز نشر دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- ۱۶- فضلوی، علی، ۱۳۸۰، اقتصاد معدن (بررسی فنی و اقتصادی پروژه های معدنی)، دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین.

پیوست

پیوست ۱-۱- جدول تعداد خرجگذاری و مقدار دینامیت و چاشنی مصرفی در سایت مغانک در آذرماه ۸۲ [۳].

تاریخ	مقدار دینامیت مصرفی	مقدار چاشنی مصرفی	تعداد خرجگذار ی	مدت زمان (Hr)	متوسط زمان هر خرج گذاری بر حسب ساعت	مقدار پیشروی سینه کار	خرج ویژه
۸۲/۹/۴	۱۲۵	۶۷	۱	۱/۷۵	۱/۷۵	۱/۸	۲/۷۲
۸۲/۹/۵	۱۶۵	۷۴	۱	۲	۲	۲/۶	۲/۴۹
۸۲/۹/۶	۱۷۰	۷۲	۱	۲	۲	۲/۸	۲/۳۸
۸۲/۹/۷	۳۳۵	۱۳۶	۲	۴	۲	۵/۴	۲/۴۳
۸۲/۹/۹	۱۶۵	۶۸	۱	۳	۳	۲/۹	۲/۲۳
۸۲/۹/۱۰	۱۶۰	۶۸	۱	۲/۲۵	۲/۲۵	۲/۵	۲/۵۱
۸۲/۹/۱۱	۱۷۵	۷۰	۱	۲	۲	۲/۹	۲/۳۷
۸۲/۹/۱۲	۳۵۰	۱۳۴	۲	۴	۲	۵/۶	۲/۴۵
۸۲/۹/۱۳	۱۷۵	۷۰	۱	۲	۲	۳/۱	۲/۲۱
۸۲/۹/۱۴	۳۵۰	۱۴۰	۲	۴	۲	۶/۱	۲/۲۵
۸۲/۹/۱۵	۲۰۰	۷۶	۱	۱/۵	۱/۵	۳	۲/۶۲
۸۲/۹/۱۶	۴۰۰	۱۴۹	۲	۴/۵	۲/۲۵	۶/۲	۲/۵۳
۸۲/۹/۱۷	۲۰۰	۷۳	۱	۲	۲	۲/۹	۲/۷۱
۸۲/۹/۱۸	۲۰۰	۷۴	۱	۲	۲	۲/۹	۲/۷۱
جمع	۳۱۷۰	۱۲۷۱	۱۸	۳۷		۵۰/۷	

متوسط زمان هر خرجگذاری: ۲/۱ ساعت

جمع مقدار پیشروی در ماه آبان: ۵۰/۷ متر

مقدار دینامیت مصرفی به ازای یک متر پیشروی: ۶۲/۵ کیلوگرم

مقدار خرج ویژه: ۲/۴۵ کیلوگرم بر متر مکعب

پیوست ۱-۲- جدول مقدار و مدت زمان حفر چال انفجار در سایت مغانک در آذرماه ۸۲ [۳]

تاریخ	مقدار متراژ حفر چال انفجار (متر)	مدت زمان حفر چال انفجار (Hr)	مقدار متراژ حفر چال انفجار در یک ساعت	وسیله حفر چال
۸۲/۹/۱	۲۱۱/۲	۳/۵	۶۰/۳	جامبو
۸۲/۹/۴	۹/۹	۰/۷۵	۱۳/۲	جامبو
۸۲/۹/۵	۲۴۴/۲	۴	۶۱/۱	جامبو
۸۲/۹/۶	۲۴۴/۲	۲/۷۵	۸۸/۸	جامبو
۸۲/۹/۷	۴۴۸/۸	۴/۲۵	۱۰۵/۶	جامبو
۸۲/۹/۸	۲۲۴/۴	۲/۲۵	۹۹/۷	جامبو
۸۲/۹/۱۰	۲۲۴/۴	۳	۷۴/۸	جامبو
۸۲/۹/۱۱	۴۵۲	۴/۵	۱۰۰/۴	جامبو
۸۲/۹/۱۲	۲۴۰/۹	۳/۷۵	۶۴/۲	جامبو
۸۲/۹/۱۳	۴۲۹	۴	۱۰۷/۳	جامبو
۸۲/۹/۱۴	۲۶۴	۳/۲۵	۸۱/۲	جامبو
۸۲/۹/۱۵	۴۸۴/۸	۵/۲۵	۹۲/۳	جامبو
۸۲/۹/۱۶	۳۰۳/۶	۴/۵	۶۷/۵	جامبو
۸۲/۹/۱۷	۲۷۶/۹	۳	۹۲/۳	جامبو
۸۲/۹/۱۸	۲۶۵	۲/۷۵	۹۶/۴	جامبو
جمع	۴۳۲۳	۵۱/۵	۸۳/۹۵	جامبو

پیوست ۱-۳- داده های ژئومکانیکی تونل مغانک [۳]

تا	از	تا	از	تا	از	تا	از	کیلومتر از پارامترها
۱۰۹۳	۱۰۸۳	۱۰۸۳	۱۰۷۳	۱۰۷۳	۱۰۶۳	۱۰۶۳	۱۰۵۳	
۲۵-۵۰ mpa		۲۵-۵۰ mpa		۲۵-۵۰ Mpa		۲۵-۵۰ mpa		مقاومت فشاری تک محوری (mpa)
کم		کم		کم		کم		مقاومت فشاری بر اساس ضربه چکش
ضعیف ٪۵۰-٪۲۵		ضعیف ٪۵۰-٪۲۵		ضعیف ٪۵۰-٪۲۵		خیلی ضعیف کوچکتر از ٪۲۵		کیفیت مغزه حفاری (RQD)
۶۰-۲۰۰ mm		۶۰-۲۰۰ mm		۲۰۰-۶۰۰ mm		۶۰-۳۰۰ mm		فاصله داری درزه‌ها
سطح نرم بازشدگی کمتر از ۱ mm عمده درزه‌های باز		سطح نرم بازشدگی کمتر از ۱ mm عمده درزه‌های باز		سطح نسبتاً زبر بازشدگی کمتر از ۱ mm ندرتاً درزه‌های باز کمی هوازده		سطح نرم بازشدگی کمتر از ۱ mm عمده درزه‌های باز		حالت درزه‌ها
۲۵-۱۰ لیتر در دقیقه (تر)		۲۵-۱۰ لیتر در دقیقه (تر)		۲۵-۱۰ لیتر در دقیقه (تر)		۲۵-۱۰ لیتر در دقیقه (تر)		دبی آب زیرزمینی به ازای ۱۰ متر پیشروی
نسبتاً مناسب - امتداد عمود بر محور تونل - شیب ۴۵-۲۰		نسبتاً مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۴۶-۹۰		نسبتاً مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۴۵-۹۰		نسبتاً مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۴۵-۹۰		جهت یابی درزه اصلی
۴۲	۴۲	۴۹	۳۷	امتیاز پارامترها		امتیاز - کلاس سنگ - جنس سنگ -		
سنگ متوسط (۳)	سنگ متوسط (۳)	سنگ متوسط (۳)	سنگ ضعیف (۴)	طبقه (کلاس)				
متادیوریت خرد شده با پرشدگی اغلب SiO_2 ضخامتی از mm^2 تا mm^3	متادیوریت خرد شده با پرشدگی سیلیس و گاه‌ها هماتیت در بین درزه‌ها	متادیوریت خرد شده که خردشدگی نتیجه تکتونیک میباشد پرشدگی اغلب SiO_2 با ضخامتی از mm^2 تا mm^3	متادیوریت خرد شده با پرشدگی سیلیس در بین درزه‌ها و گاه‌ها رکه‌هایی از SiO_2	جنس سنگ				

ادامه پیوست ۱-۳- داده های ژئومکانیکی تونل مغانک [۳]

از	تا	از	تا	از	تا	از	تا	از	تا	از
۱۱۴۳	۱۱۴۳	۱۱۳۳	۱۱۳۳	۱۱۲۳	۱۱۲۳	۱۱۱۳	۱۱۱۳	۱۱۰۳	۱۱۰۳	۱۰۹۳
۱pa	۵-۲۵mpa	۵-۲۵mpa	۵-۲۵mpa	۵-۲۵mpa	۵-۲۵mpa	۵-۲۵mpa	۵-۲۵mpa	۵-۲۵mpa	۵-۲۵mpa	۵-۲۵mpa
	کم	کم	کم	کم	کم	کم	کم	کم	کم	خیلی کم
خیلی کوچک	خیلی ضعیف کوچکتر از ۲۵٪	خیلی ضعیف کوچکتر از ۲۵٪	خیلی ضعیف کوچکتر از ۲۵٪	خیلی ضعیف کوچکتر از ۲۵٪	خیلی ضعیف کوچکتر از ۲۵٪	خیلی ضعیف کوچکتر از ۲۵٪	خیلی ضعیف کوچکتر از ۲۵٪	خیلی ضعیف کوچکتر از ۲۵٪	خیلی ضعیف کوچکتر از ۲۵٪	خیلی ضعیف کوچکتر از ۲۵٪
کوچک ۱	کوچکتر از ۶۰mm	کوچکتر از ۶۰mm	کوچکتر از ۶۰mm	۶۰-۲۰۰mm	۶۰-۲۰۰mm	۶۰-۲۰۰mm	۶۰-۲۰۰mm	۶۰-۲۰۰mm	۶۰-۲۰۰mm	۶۰-۲۰۰mm
سطوح پرشده ۱mm	سطوح صاف پرشده کمتر از ۵mm با باز شدگی ۱-۵mm	سطوح صاف پرشده کمتر از ۵mm با باز شدگی ۱-۵mm	سطوح صاف پرشده کمتر از ۵mm با باز شدگی ۱-۵mm	سطوح نرم باز شدگی کمتر از ۱mm عمدتا درزه‌ها باز	سطوح نرم باز شدگی کمتر از ۱mm عمدتا درزه‌ها باز	سطوح نرم باز شدگی کمتر از ۱mm عمدتا درزه‌ها باز	سطوح نرم باز شدگی کمتر از ۱mm عمدتا درزه‌ها باز	سطوح نرم باز شدگی کمتر از ۱mm عمدتا درزه‌ها باز	سطوح نرم باز شدگی کمتر از ۱mm عمدتا درزه‌ها باز	سطوح نرم باز شدگی کمتر از ۱mm عمدتا درزه‌ها باز
۱۰-۵ دقیقه	کاملا خشک	کاملا خشک	کاملا خشک	۱۰-۲۵لیتر در دقیقه (تر)	۱۰-۲۵لیتر در دقیقه (تر)	۱۰-۲۵لیتر در دقیقه (تر)	۱۰-۲۵لیتر در دقیقه (تر)	۱۰-۲۵لیتر در دقیقه (تر)	۱۰-۲۵لیتر در دقیقه (تر)	۱۰-۲۵لیتر در دقیقه (تر)
نسبتا امتداد عمود بر شیب -	نسبتا مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۹۰-۴۵	نسبتا مناسب . امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۹۰-۴۵	نسبتا مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۹۰-۴۵	نسبتا مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۹۰-۴۵	نسبتا مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۹۰-۴۵	نسبتا مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۹۰-۴۵	نسبتا مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۹۰-۴۵	نسبتا مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۹۰-۴۵	نسبتا مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۹۰-۴۵	نسبتا مناسب - امتداد درزه‌ها عمود بر محور تونل - شیب ۹۰-۴۵
	۲۵	۲۵	۲۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
سنگ ضعیف	سنگ ضعیف (۴)	سنگ ضعیف (۴)	سنگ ضعیف (۴)	سنگ ضعیف (۴)	سنگ ضعیف (۴)	سنگ ضعیف (۴)	سنگ ضعیف (۴)	سنگ ضعیف (۴)	سنگ ضعیف (۴)	سنگ ضعیف (۴)
آمفیبول خرد شد تکتونیز آب خرو کلسیت محلول	آمفیبولیت شیبست خرد شده و ناپایدار با پرشدگی و فولیاسیون بیشتر از کلسیت و گاه پیریت و در درزه‌ها هماتیت نیز مشاهده می‌شود	آمفیبولیت شیبست خرده شده و ناپایدار و تکتونیزه باعث خردگی سنگ شده است	آمفیبولیت شیبست با پرشدگی کلسیت متورق و ناپایدار	آمفیبولیت شیبست با پرشدگی کلسیت تا ضخامت ۲۰mm	آمفیبولیت شیبست با پرشدگی کلسیت تا ضخامت ۲۰mm	آمفیبولیت شیبست با پرشدگی کلسیت تا ضخامت ۲۰mm	آمفیبولیت شیبست با پرشدگی کلسیت تا ضخامت ۲۰mm	آمفیبولیت شیبست با پرشدگی کلسیت تا ضخامت ۲۰mm	آمفیبولیت شیبست با پرشدگی کلسیت تا ضخامت ۲۰mm	کنتاکت منادیوریت با کنتاکت آمفیبولیت شیبست خرد شده و به شدت درزه‌دار