Archive of SID

دومین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
کرمانشاه، ۹ و ۱۰ مهر ماه ۱۳۹۳

تعیین میزان پایداری و پتانسیل وقوع ریزش در سقف و دیواره های تونل انحراف سد گلمندره، با استفاده از آنالیز ساختاری و عددی

حمید قالیباف محمد آبادی[۱]، محمد غفوری[۲]، غلامرضا لشکری پور[۲]

۱- کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی، شرکت مهندسین مشاورکاوش پی

۲- استاد گروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

h.ghalibaf@yahoo.com

خلاصه

تونل انحراف آب سدگلمندره از ورودی تا انتها به طول ۳۶۰ متر با امتداد شمال غربی(N47W) درآینده نزدیک احداث می گردد. از آنجایی که در فضا های حفاری شده در درون سنگ درزه دار در اعماق نسبتاً کم رایج ترین نوع شکست، سقوط گوه از سقف یا دیواره های جانبی فضا های زیر زمینی می باشد. لذا در تحلیل پایداری تونل هایی که در این شرایط حفر می شوند، تشخیص وتعیین موقعییت، ابعاد وتحلیل پایداری گوه، حائز اهمیت می باشد. در این مقاله با استفاده از داده های به دست آمده از برداشتهای زمین شناسی انجام گرفته در این تونل، در نرم افزار Dips، دسته درزه های متقاطع با سطح تونل تعیین شده و سپس با استفاده از نرم افزار Unwedge و وارد کردن داده های مورد نیاز در این نرم افزارگوه های تشکیل شده در اطراف تونل مشخص گردید ودر انتها سیستم نگهداری مناسب شامل شاتکریت و راکت بولت تعیین گردید.

کلمات کلیدی: تحلیل ساختاری، گوه، راکت بولت، Dips، Unwedge،

۱. مقدمه

چهارچوب تمامی تحلیل‌های مکانیک سنگ، بر پایه داده‌های زمین شناسی مهندسی قرار دارد که به شناسایی نوع سنگ‌ها، ناپیوستگی‌های ساختاری و خواص مصالح می‌پردازند. اهمیت این داده‌ها به حدی است که چنانچه اطلاعات زمین‌شناسی مهندسی که تحلیل‌های مهندسی سنگ بر پایه آن قرار دارد ناکافی یا غلط باشد، حتی عالمانه‌ترین تحلیل‌های مکانیک سنگ نیز می‌تواند بی معنی و غلط از کار درآید [1]. وجود ناپیوستگی‌ها، درجه‌ای از هوازدگی، مقاومت و شرایط هیدرولیکی توده‌سنگ از مهم‌ترین خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی توده‌سنگ است [2].

بنابراین سازه های که در توده سنگی با چند دسته ناپیوستگی حفر می شوند، ممکن است با بلوکهای سنگی دارای اندازه های متفاوت در سطح خود مواجه شوند. جابجایی بالقوه بلوکهایی که بحرانی ترین نحوه استقرار را دارند می توانند بلوکهای مجاور را سست کنند وسقوط و لغزش آن ها میتواند برای فضای مورد نظر تهدید کننده باشد[3]. در این گونه موارد چنانچه در تونل، سیستم نگهداری مناسب نصب نشود، سقوط گوه های سنگی ممکن است خسارت هایی را به بار آورد. در صورتیکه سیستم نگهداری وجود داشته باشد جابجایی بلوک ها بارهایی به سیستم نگهداری وارد می کند وچنانچه سیستم نگهداری برای تحمل چنین با رهایی طراحی نشده باشد امکان ریزش وجود خواهد داشت.

۲. موقعیت جغرافیایی

منطقه مورد مطالعه در شمال شرقی ایران و در مجاورت مرز استانهای خراسان شمالی و گلستان واقع شده است. موقعیت جغرافیایی محل پروژه در عرض ´۵ °۳۷ تا ´۱۷ °۳۷ شمالی و در طول ´۴۳ °۵۵ تا ´۱۳ °۵۶ شرقی قرار دارد. ساختگاه سد در نزدیکی روستای چشمه خان واقع است.

محدوده مطالعاتی از شمال محدود به ارتفاعات مشرف به جاده ارتباطی بجنورد - گرگان، از شرق به محدوده روستای چشمه خان، از جنوب به ارتفاعات خونی و چشمه خان و از غرب به ارتفاعات قیز قلعه و پارک گلستان محدوده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۳. برداشت و بررسی ناپیوستگی‌ها

امروزه مطالعات درزه‌نگاری[1] نقش مهمی در تعیین موقعیت مکانی، طراحی شکل دهانه، جهت تونل و پیش‌بینی ملزومات نگهداری موقت و دائم دارد. قبل از ساختن هر سازه در روی سطح زمین یا زیر زمین باید مطالعات درزه‌نگاری انجام شود تا روی گسل‌ها یا درزه‌های سست سازه‌ای بنا نشود.
توده‌های سنگی برخلاف سنگ بکر دارای عوارض ساختاری زمین شناسی متنوعی از جمله گسل‌ها، درزه و شکاف و لایه‌بندی است. وجود ناپیوستگی-ها باعث پیچیده‌تر شدن رفتار توده سنگ نسبت به سنگ بکر می‌گردد. توزیع انواع الگوهای ناپیوستگی‌ها[2] نسبت به یکدیگر و نسبت به جهت نیروهای اعمال شده از عوامل اصلی کنترل کننده پایداری توده سنگ در مسیر تونل می‌باشد. از ساده‌ترین راه‌های شناخت شاخص‌های کیفی توده سنگ در صحرا برداشت و تجزیه و تحلیل خصوصیات ناپیوستگی‌های سنگ است.
به منظور بررسی ویژگی‌های مهندسی توه سنگ‌های در برگیرنده تونل، مطالعات درزه‌نگاری از رخنمون‌های[3] طبیعی و ترانشه‌های سنگ انجام گردید. محدوده مورد مطالعه بر مبنای تراکم و طرح گسستگی‌ها، به یک محدوده‌ی ساختی[4] مجزا تقسیم شد. این محدوده ساختی در مسیر تونل منطبق بر محدوده‌های چینه‌شناسی-ساختی می‌باشند.
با توجه به اینکه رفتار مهندسی توده سنگ به شدت تحت تاثیر فراوانی درزه‌هاست. در بررسی‌های صحرائی[5] تعداد درزه‌ها به دقت مورد بررسی قرار گرفت و ثبت گردید، درزه‌های سیستماتیک[6] از درزه‌های غیر سیستماتیک جدا گردید. برداشت ناپیوستگی‌ها و اطلاعات مورد نیاز در راستای خط برداشت[7] از رخنمون‌های سنگی در امتداد تونل انحراف انجام شد. تجزیه تحلیل خوشه‌ای شدن داده‌های مختصاتی در روش فیشر [4]انجام گردید. با توجه به اینکه تمام تونل در آهک مارنی قرار گرفته است نامگذاری مقطع تونل تحت عنوان بخش A طبق جدول۱ تحلیل شده است.
مشخصات ناپیوستگی‌های مسیر تونل در جناح راست سد در جدول ۲، و همچنین استریوگرام ناپیوستگی‌ها درشکل۱ آورده شده است.

جدول ۱- تقسیم بندی توده سنگ‌های در بر گیرنده تونل

بخش	پدیده ساختاری	تشکیلات	لیتولوژی		متراژ
A	لیتولوژی	K_{ab}	تناوبی ازآهک مارنی متوسط تا ضخیم لایه		0-360

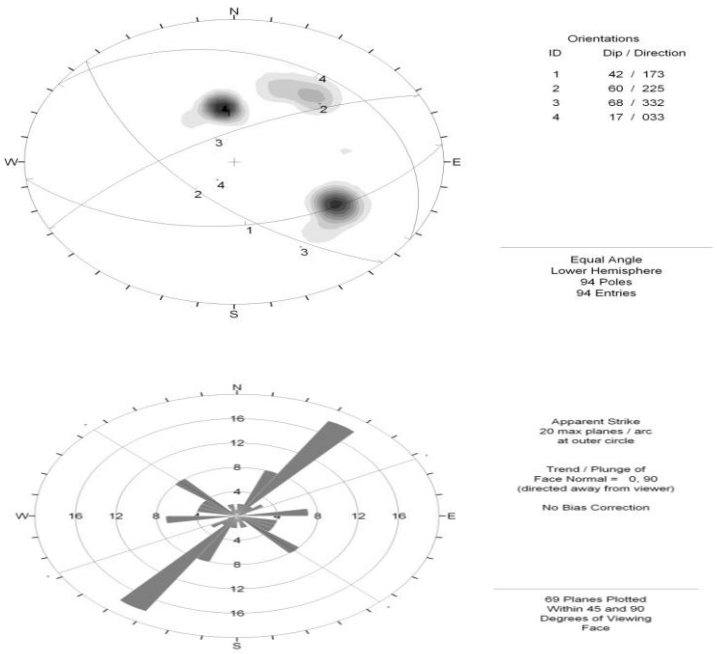
جدول۲- مشخصات سیستم درزه مسیر تونل در جنا ح راست سد

زبری (%)		تداوم (متر)					فاصله گسستگی (متر)				امتداد	جهت شیب	شیب	گسستگی	موقعیت
زبر	صاف	۸<	۱-۳	۳-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰>	۰.۶-۲	۲-۶	۶-۲۰	۲۰>					
۳۰	۷۰	۱۰	۳۰	۲۰	۱۰	–	۱۵	۶۰	۲۵	۸۳	۱۷۳	۴۲	۱	تکیه گاه راست
۳۰	۷۰	۱۰	۳۰	۲۰	۱۰	–	۱۵	۶۵	۲۰	۱۳۵	۲۲۵	۶۰	۲	
۲۵	۷۵	۱۰	۳۰	۲۰	۱۰	–	۲۵	۵۰	۲۵	۲۱۲	۳۰۲	۶۸	۳	

[1] Joint study
[2] Discontinuities pattern
[3] Outcrop
[4] Structural domain
[5] Site investigation
[6] Systematic joint
[7] Scan line

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- استریوگرام و رز دیاگرام (دیاگرام گلسرخی) ناپیوستگی‌ها در تکیه گاه راست سد در مسیرتونل گلمندره. ناپیوستگیها در این تکیه گاه شامل ۳ دسته درز و یک سیستم لایه بندی که تحت عنوان شماره ٤ نامگذاری شده است. دسته درزه های ۱و۲ و همچنین دسته درزه های ۲و۳ بر هم عمودند. دسته درزه های ۱و۳ تقریباً با یکدیگر بصورت موازی با یکدیگر قرار گرفته اند. دسته درزه های ۱و۳ لایه بندی را قطع می کنند و دسته درزه ۲ تقریباً بموازات لایه بندی است.

۴. خصوصیات ژئوتکنیکی مسیر تونل

مشخصات ژئومکانیکی نمونه‌های سنگی را در مسیر تونل با استفاده از گمانه ها ی حفر شده مورد ارزیابی آماری قرار داده و مقادیر پیشنهادی به شرح جدول ۳ ارائه گردید.

جدول ۳- برآورد پارامترهای ژئومکانیکی نمونه‌های سنگی محدوده سد[5]

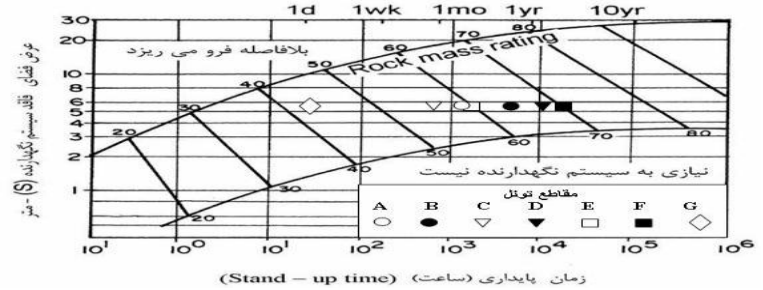
پارامترها / موقعیت	نمونه سنگی در مسیر تونل
وزن مخصوص gr/cm^3	۲/۲۲۵
مقاومت فشاری تک محوری (خشک), Mpa	۶۲/۳
مقاومت فشاری تک محوری (اشباع), Mpa	۳۹/۲
نسبت پواسون (خشک)	۰/۱۶
نسبت پواسون (اشباع)	۰/۱۳
مدول الاستیسیته (خشک), Mpa	۳۴/۷
مدول الاستیسیته (اشباع), Mpa	۱۹/۹
زاویه اصطکاک داخلی (φ), Deg	۳۰
چسبندگی (c), kg/cm^2	۰

www.SID.ir

Archive of SID

۵. زمان خود پایداری تونل

در این مطالعه جهت ارزیابی و تعیین زمان پا برجایی تونل بدون سیستم نگهدارنده، از نمودار شکل۲ که توسط بنیاوسکی ارائه شده [6]استفاده شده است. در این نمودار، زمان خود پایداری تونل بر اساس رابطه بین مقدار RMR و عرض فضای حفاری شده یا جبهه کار تا محل پوشش گذاری شده برآورد می‌گردد، با توجه به عدد بدست آمده در حدود ۴۱ در این پروژه با فرض اینکه زمان خودپایداری زمان حفاری تا تکمیل حائل‌بندی موقت است، می‌توان گفت در تونل مورد مطالعه با عرض دهانه ۵ متر، زمان خودپایداری حدود ۲ روز می باشد.



شکل۲- ارتباط بین زمان پایداری با عرض فضای حفاری بر اساس مقدار RMR برگرفته از (Bieniawski,1989

۶. تخمین فشاره نگهدارنده در رده بندی ژئومکانیکی

تغییرات بار سنگ در سنگ‌های مختلف تابعی از دهانه سقف است [7]. دررابطه زیر برای بار موثر بر سیستم نگهدارنده در رده بندی ژئومکانیکی ارائه نمود. مقادیر فشار موثر بر تحکیمات در مقطع تونل در جدول۴ ارائه شده است.

$$h = \frac{100 - RMR}{100} B$$

$$P = \gamma h$$

جدول٤- مقادیر فشار بار موثر بر سیستم نگهدارنده در مقطع تونل در رده بندی ژئو مکانیکی

پارامتر	مقطع
	A
RMR	۴۱
ارتفاع بار سنگ (m)	۳.۶
فشار موثر بر سیستم نگهداری (KPa)	۸۱.۶

۷. طراحی سیستم نگهدارنده بر اساس روش RMR

در سال ۱۹۸۹ میلادی، بنیاوسکی تمهیداتی را برای انتخاب سیستم نگهداری تونل‌ها بر اساس شاخص RMR منتشر ساخت [8].

باید توجه داشت که این دستورالعمل برای تونل‌هایی با شرایط زیر تنظیم شده است:

شکل: نعل اسبی

دهانه فعال: تا ۱۰ متر

روش حفاری: آتشباری

تنش قائم بر سنگ ها: کمتر از ۲۵ MPa (عمق کمتر از ۹۰۰ متر از سطح زمین).

برآورد تمهیدات سیستم نگهدارنده برای تونل با توجه به دستورالعمل‌های ارائه شده توسط بنیاوسکی (۱۹۸۹) در جدول ۵ارائه شده است.

www.SID.ir

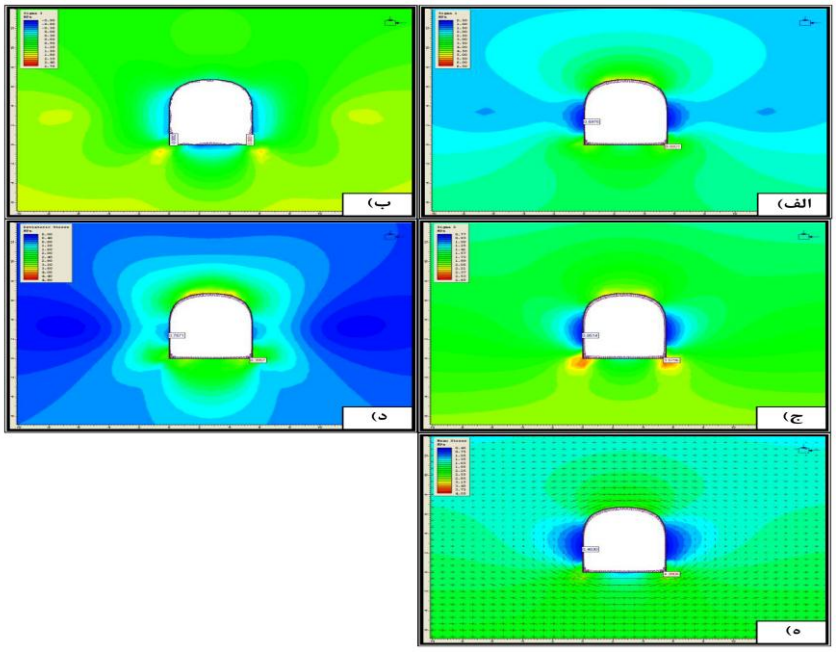
Archive of SID

جدول ۵ - تمهیدات اجرایی برای حفاری و نگهداری در مقطع تونل انحراف، منطبق با سیستم RMR (Bieniawski, 1989).

مقطع	رده توده سنگ	حفاری	پیچ سنگ به قطر 20 mm و کاملا تزریق شده	شاتکریت	قاب‌های فلزی
A	Fair	حفاری با روش سینه کار بالایی و سکوی پایینی: مقدار پیشروی در سینه کار بالایی ۱/۵ تا ۳ متر: پس از ۱۰ متر پیشروی، سیستم نگهداری کامل اجرا می گردد	پیچ سنگ‌هایی به طول ۴ متر و فاصله ۲ تا ۱/۵ متر در تاج و دیواره-ها، با سیم توری در تاج	به ضخامت ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر در تاج و ۳۰ میلیمتر در دیواره-ها	احتیاجی نیست
	Poor	حفاری با روش سینه کار بالایی و سکوی پایینی: مقدار پیشروی در سینه کار بالایی ۱ تا ۱/۵ متر: پس از ۱۰ متر پیشروی، سیستم نگهداری کامل اجرا می گردد	پیچ سنگ‌های منظم، به طول ۴ تا ۵ متر و به فاصله ۱/۵ تا ۱ متر در تاج و دیواره‌ها با سیم توری	به ضخامت ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر در تاج و ۱۰۰ میلیمتر در دیواره‌ها	قاب‌های فلزی سبک تا متوسط، در فاصله ۱/۵ متر، در صورت نیاز

۸. برآورد تنش‌های القایی به روش المان مرزی (در حالت دو بعدی)

در این تحقیق برای برآورد تنش‌های القایی از نرم افزار Examinan2D v.7.007 استفاده گردید. این برنامه از قدرتمندترین نرم افزارها برای مدلسازی و تحلیل شرایط تنش در توده سنگ با روش عناصر مرزی است. پروفسور هوک نیز در کتاب مهندسی کاربردی سنگ که اخیرا در سال ۲۰۰۷ آن را مورد ویرایش قرار داده برای تحلیل شرایط تنش خود نیز مستقیما از این برنامه استفاده نموده است. در مدلسازی با روش المان مرزی، مرز خارجی تونل به عناصر مجزایی تقسیم شده و بخش درونی توده سنگ به عنوان یک محیط نامحدود در نظر گرفته می‌شود. تحلیل تنش با استفاده از عناصر مرزی بیشتر برای سنگ‌های توده‌ای و سنگ‌های با درزه‌های فاصله‌دار کاربرد دارد. لذا در این مطالعه از پارامترهای ژئومکانیکی توده‌سنگ به منظور در نظر گرفتن توده سنگ دربرگیرنده تونل به حالت توده‌ای استفاده گردید. برای برآورد تنش های القایی با این نرم افزار ابتدا سطح مقطع تونل تعریف گردیده سپس از پارامترهای مقاومتی توده سنگ در جدول-۳ استفاده گردیده است، همچنین مقدار تنش برجا باید مشخص گردد. نتایج حاصل از مدلسازی عددی تنش القایی در توده سنگ‌های دربرگیرنده تونل با روش المان مرزی در شکل- ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- نحوه توزیع تنش‌های القایی (تنش‌های Sigma 1، Sigma 3، Sigma Z، انحرافی، میانگین) بعد از حفاری مقطع A

www.SID.ir

Archive of SID

۹. آنالیز پایداری بلوکها

در این قسمت به کمک نرم افزارUnwedge V.3.0، تحلیل پایداری تونل انحراف سد گلمندره انجام گرفته است. این نرم افزار بر اساس تحلیلهای حدی، وضعیت پایداری بلوکهای احتمالی ناپایدار حاصل از تقاطع ناپیوستگیها در توده سنگ اطراف تونل را بررسی می کند برای این منظور ۴ دسته (ناپیوستگی) با مشخصات که در جدو ل۲ آمده است و هم چنین از پارمتر های مورد استفاده درزه ها که در جدول ۳ ذکر شده استفاده گردید.

۹-۱. تحلیل پایداری تونل

یکی از معمولترین مکانیسمهای ناپایداری در حفرات زیرزمینی در حفرات زیر زمینی گه درون توده سنگهای درزهدار حفر می شوند، ناپایداری های بلوکی می باشند. بلوکهای مورد اشاره از تقاطع سطوح ناپیوستگی با یکدیگر ودر سقف (تاج) یا دیوار تونل تشکیل می شوند. ناپایداری این بلوکها ممکن است به صورت سقوط، لغزش یا چرخش باشند. ضریب ایمنی پایداری این بلوکها را می توان براساس مشخصات هندسی و مقاومت برشی ناپیوستگیها، شرایط آب زیرزمینی و وزن مخصوص سنگ بدست آورد. همزمان با حفاری تونل می توان دسته درزه های مهم را شناسائی کرده و مشخصات آنها را برداشت نمود. با ترسیم این عوارض ساختاری برروی شبکه های استریونت می توان ناپایداری گوه های احتمالی را بررسی نموده و طرح نگهداری مناسب آن را ارائه نمود. چنانچه بخواهیم قبل از حفاری تونل ، وضعیت را بررسی کنیم، می توان ابعاد بزرگترین بلوکهای قابل تشکیل در اطراف تونل را بر اساس مشخصات هندسی نا پیوستگیها، مشخصات هندسی مقطع تونل، شیب و امتدادتونل پیش بینی نمودوضریب ایمنی پایداری آنها را محاسبه نمود نرم افزار Unwedge تسهیلات خاصی در انجام این گونه تحلیلها در اختیار می گذارد. داده های ورودی نرم افزارUnwedge شامل موارد زیر می باشد:

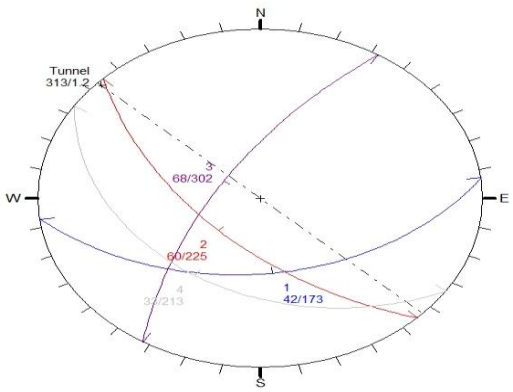
شیب، جهت شیب و فاصله داری درزه ها

زاویه اصطکاک وچسبنگی سطوح درزه

شکل مقطع و شیب آن

وزن مخصوص سنگ ودر صورت وجود، فشار آب

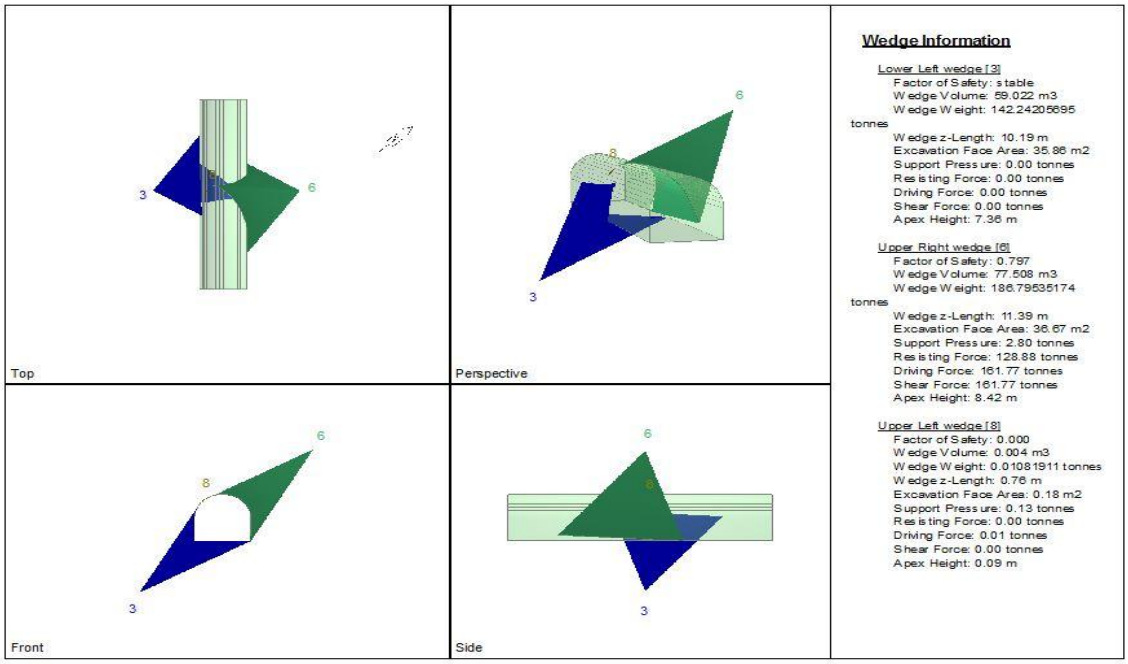
بر نامه، بر اساس داده های فوق، مشخصات بزرگترین گوه هایی که ممکن است در تاج و دیواره تونل تشکیل شوند را، تعیین کرده و وزن، حجم و ضریب اطمینان هر گوه محاسبه و ارائه می شوند. فرض نرم افزار بر این است که گوه های به وجود آمده توسط ناپیوستگی ها، فقط تحت تاثیر وزن خود قرار دارند و میدان تنشی که در اطراف فضای زیر زمینی بوجود می آید، در نظر گرفته نمی شود. لازم است که وجود تنش های القائی اطراف تونل معمولاً در جهت افزایش تنشهای نرمال وارده بر سطوح درزه عمل می کند که به مفهوم افزایش مقاومت برشی سطوح ناپوستگی می باشد و وارد نکردن آنها در محاسبات محافظه کارانه می باشد. بر این اساس مطابق شکل۴مشخصات محور تونل با ناپیوستگی های موجوددر مسیر شان و نیز گوه های اطراف تونل را نشان داده است. همانطور که در شکل ۵ مشخص است اکثر گوه های ناپا یدار درقسمت راست تونل نزدیک به سقف تونل، که تحت عنوان گوه ۶ در نرم افزار نامگذاری شده است . بنابراین نیاز به پایداری در این قسمت از تونل حتمی می باشد.



شکل ٤- مشخصات محور تونل با ناپیوستگی های موجود در مقطع A

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۵- مشخصات گوه های موجود در مقطع A،

۹-۲. طراحی سیستم نگهداری موقت با استفاده از نرم افزارUnwedge

نرم افزار Unwedage بعد از تشکیل دادن گوه های ناپایدار و شناسائی آنها، به کمک نرم افزار سیستمی برای نگهداری موقت با استفاده از شاتکریت- بولتینگ و با رعایت دو اصل:

الف) تأمین ضریب اطمینان$1.5<S.F<3$

ب) طراحی بهینه اقتصادی

می توان پیشنهاد کرد

در طراحی سیستم نگهداری موقت که بر مبنای شاتکریت – بولتینگ می باشد، اثر تنشهای بر جای نیز در صورت بحرانی کردن وضعیت لحاظ گردیده است. در طراحی طول و فاصله داری راکت بلت از ارتفاع گوه ناپایدار(Apex – Height) و عرض گوه تشکیل شده در جهت تونل بهره گرفته شده است. از اثر شاتکریت در جهت اطمینان صرف نظر شده است

با توجه به اینکه گوه های ناپایدار در قسمت راست تونل نزدیک به سقف (گوه ۶) بو جود می آید، لذا لزوم پایداری در این قسمت از تونل واجب تر می باشد. بنابراین نتایج حاصله به طور خلاصه در جدول۶ارائه گردیده است. بر این اساس، در شکل۶ مقدارضریب اطمینان این گوه ها را بعد سیستم نگهداری نشان میدهد.

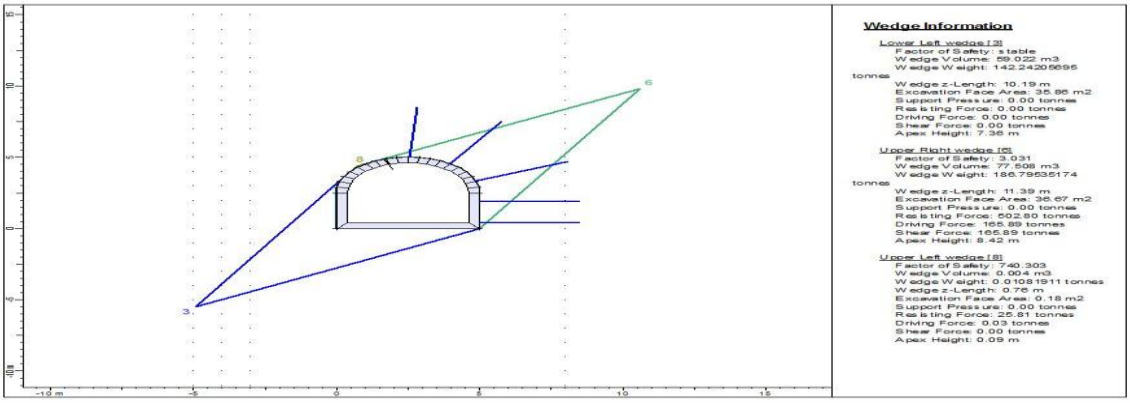
جدول٦- طراحی نگهداری موقت برای تونل با (Dout = 5m)

S.F.	بولتینگ(spot)	ضخامت شاتکریت(cm)	S.F.	موقعیت تونل
3.1	Φ20@2.5X1.5 L=3.5	5	0.79	دیواره وسقف در قسمت راست تونل نزدیک به راس گوه
3.1	Φ20@2.5X1.5 L=2.5	5	0.79	دیواره وسقف در قسمت راست تونل
stable	Φ20@2.5X2.5 L=2	5	stable	دیواره و سقف در قسمت چپ تونل

نکته: فاصله داری ذکر شده برای بولتینگ به صورت (out of plane X in place spacing) می باشد،

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- سیستم نگهداری با استفاده از یک لایه شاتکریت

قابل ذکر می باشد که در صورت لزوم از دولایه شاتکریت جهت اطمینان بیشتر میتوان استفاده کرد که نتایج در جدول۷ ارائه گردیده است.

جدول۷- طراحی نگهداری موقت برای تونل با (Dout = 5m)

موقعیت تونل	S.F.	ضخامت شاتکریت(cm)	بولتینگ(spot)	S.F.
دیواره وسقف در قسمت راست تونل نزدیک به راس گوه	0.79	10	Φ20@2.5X1.5 L=3.5	٤.٦٣
دیواره وسقف در قسمت راست تونل	0.79	10	Φ20@2.5X1.5 L=2.5	٤.٦٣
دیواره و سقف در قسمت چپ تونل	stable	10	Φ20@2.5X2.5 L=2	stable

نکته: فاصله داری ذکر شده برای بولتینگ به صورت (out of plane X in place spacing) می باشد،

۱۰. نتیجه‌گیری

برداشت ناپیوستگی‌ها و اطلاعات مورد نیاز در راستای خط برداشت از رخنمون‌های سنگی در امتداد تونل انحراف انجام شد. تجزیه تحلیل خوشه‌ای شدن داده‌های مختصاتی در روش فیشر انجام گردید. با توجه به اینکه تمام تونل در آهک مارنی قرار گرفته است نامگذاری مقطع تونل تحت عنوان بخش A تحلیل شده است.

طبق استریوگرام و رز دیاگرام (دیاگرام گلسرخی) ناپیوستگی‌ها در مسیرتونل گلمندره. ناپیوستگیها در این قسمت شامل ۳ دسته درز و یک سیستم لایه بندی که تحت عنوان شماره ۴ نامگذاری شده است. دسته درزه های ۱و۲ و همچنین دسته درزه های ۲و۳ بر هم عمودند. دسته درزه های ۱و۳ تقریباً با یکدیگر بصورت موازی با یکدیگر قرار گرفته اند. دسته درزه های ۱و۳ لایه بندی را قطع می‌کنند و دسته درزه ۲ تقریباً بموازات لایه بندی است.

زمان خود پایداری تونل بر اساس رابطه بین مقدار RMR و عرض فضای حفاری شده یا جبهه کار تا محل پوشش گذاری شده برآورد گردید، و با توجه به عدد بدست آمده در حدود ۴۱ در این پروژه با فرض اینکه زمان خودپایداری زمان حفاری تا تکمیل حائل‌بندی موقت است، می‌توان گفت در تونل مورد مطالعه با عرض دهانه ۵ متر، زمان خودپایداری حدود ۲ روز می باشد. همچنین تخمین فشاره نگهدارنده در رده بندی ژئومکانیکی صورت پذیرفت.

در این تحقیق برای برآورد تنش‌های القایی از نرم افزار Examinan2D v.7.007 استفاده گردید. این برنامه از قدرتمندترین نرم افزارها برای مدلسازی و تحلیل شرایط تنش در توده سنگ با روش عناصر مرزی است. نتایج حاصل از مدلسازی عددی تنش القایی در توده سنگهای دربرگیرنده تونل با روش المان مرزی در شکل- ۳ نشان داده شده است.

همچنین در بر نامه Unwedge، بر اساس داده های فوق، مشخصات بزرگترین گوه هایی که ممکن است در تاج و دیواره تونل تشکیل شوند را، تعیین کرده و وزن، حجم و ضریب اطمینان هر گوه محاسبه و ارائه شد و مشخص گردید، اکثر گوه های ناپا یدار درقسمت راست تونل نزدیک به سقف

www.SID.ir

Archive of SID

تونل، که تحت عنوان گوه ۶، در نرم افزار نامگذاری شده است . بنابراین نیاز به پایداری در این قسمت از تونل حتمی می باشد لذا طراحی سیستم نگهداری موقت با استفاده ازاین نرم افزار ارائه گردید.

۱۲. مراجع

1.Hoek, E., 2007. Practical Rock Engineering. Course Notes by Evert Hoek, Balkama, Rotterdam, 372 P.

2. Kocbay, A. and Kilic, R., 2006. Engineering geological assessment of the Obruk dam site (Corum, Turkey). Journal Engineering Geology, 87, 141-148

3. Goodman, Richard E. (1989), introduction to Rock Mechanics, John Wiley & Sons Inc

4. Fisher, R., 1953. Dispersion on a sphere. Procceding Rock Society, London, A 217, pp 295-305.

۵. شرکت مهندسین مشاور کاوش پی، (۱۳۸۶)، "گزارش مربوط به مطالعات مرحله تفصیلی مکانیک سنگ محدوده سد

6.Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering rock mass classifications. Wiley, New York, 251 p.

7. Unal, E., 1983. Design guidelines and roof control standards for coal mine roofs. PhD Thesis, Pennsylvania

8. Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering rock mass classifications. Wiley, New York, 251 p.

www.SID.ir