Archive of SID

نشریه علمی-پژوهشی "مهندسی معدن"

Iranian Journal of Mining Engineering (IRJME)

دوره پنجم، شماره دهم، سال 8389، صفحه 98 تا 96

Vol. 5, No. 10, 2010, pp.91-96

«یادداشت فنی»

تحلیل پایداری و طراحی سیستم نگهداری تقاطع تونل‌های آب‌بر با مخازن ضربه‌گیر سد گتوند علیا

عماد معینی [8]، مهدی حسینی [2*]، محسن شریفی بروجردی [3]، اسماعیل ابتکار [4]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد استخراج معدن، دانشکده فنی و مهندسی،گروه مهندسی معدن، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره) قزوین

2- استادیار، گروه مهندسی معدن ، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره) قزوین، Email: meh_hosseini18@yahoo.com

3- دانشجوی دکترای مکانیک سنگ، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

4- مدیر پروژه حفاری و آبندی سد و نیروگاه گتوند علیا، شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران

(دریافت 88 آبان 8388 ، پذیرش 28 شهریور 8389)

چکیده

مقاله حاضر پیرامون تحلیل پایداری و طراحی سیستم نگهداری تونل‌های انتقال آب و مخزن ضربه‌گیر سد گتوند علیا است. تحلیل پایداری فضاهای زیرزمینی یکی از مهمترین موضوعات در علم مکانیک سنگ می‌باشد. چهار روش مختلف برای تحلیل پایداری فضاهای زیرزمینی وجود دارد که عبارتند از: روش فرم بسته، روش عددی، روش تجربی و مدل‌های فیزیکی. امروزه روش‌های عددی و تجربی به طور گسترده‌ای در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مقاله تحلیل پایداری با روش تفاضل محدود و طبقه‌بندی Q و RMR که به ترتیب جزو روش‌های عددی و تجربی می‌باشند، انجام شده است. برای تحلیل عددی پایداری فضای زیرزمینی نرم‌افزار FLAC3D مورد استفاده قرار گرفته است. این نرم‌افزار توانایی تعیین تنش‌ها و جابجایی‌ها را در اطراف فضای زیرزمینی دارد. نتایج به دست آمده از تحلیل‌ها نشان می‌دهد که فضای زیرزمینی ناپایدار است. لذا به منظور پایدارسازی، نصب سیستم نگهداری ضروری است. بعد از نصب سیستم نگهداری میزان ماکزیمم جابجایی کمتر از مقدار جابجایی بحرانی ساکورایی می‌شود، بنابراین فضای زیرزمینی پایدار خواهد شد. سیستم نگهداری پیشنهادی شامل 8) نصب پیچ‌سنگ تزریقی به طور سیستماتیک به طول 7 متر و فاصله‌داری 8/5×8/5 متر به همراه شاتکریت به ضخامت 851 میلی‌متر در مخزن ضربه‌گیر و نصب پیچ‌سنگ تزریقی به طور سیستماتیک به طول 5 متر و فاصله‌داری 2×2 متر به همراه شاتکریت به ضخامت 71 میلی‌متر در تونل انتقال آب و باکس می باشد.

کلمات کلیدی

تحلیل پایداری، تونل‌های آب‌بر، مخازن ضربه‌گیر، FLAC3D، سیستم نگهداری، سد گتوند علیا، روش

* نویسنده مسئول و عهده‌دار مکاتبات

www.SID.ir

Archive of SID

8- مقدمه

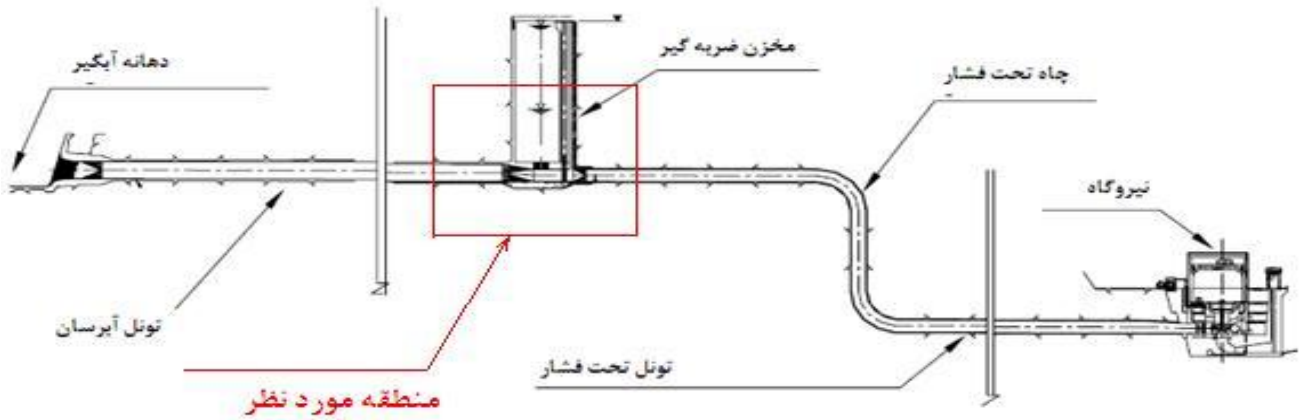
سد و نی‌روگاه آبی گتوند علی‌ا در 25 کی‌لومتری شمال شهرستان شوشتر بر روی رودخانه کارون در بخش گتوند ساخته می‌شود. مجموعه نی‌روگاه در پای‌ی‌ن دست سد در ساحل چپ شامل چهار شاخه تونل آب به قطر 12/6 متر و مخازن ضربه‌گی‌ر در هر تونل می‌باشد. ای‌ن سد از نوع سنگری‌زه‌ای با هسته رسی بوده و با ارتفاع 175 متر، بلندتری‌ن سد خاکی ای‌ران می‌باشد. ظرفی‌ت نصب نی‌روگاه 1111 مگاوات و از نوع سطحی است که به وسی‌له 4 توربی‌ن 251 مگاواتی تامی‌ن خواهد شد[1]. سی‌ستم آب‌گی‌ر نی‌روگـاه شامل تونل‌های آب‌بر بالای‌ی و پـای‌ی‌نی، چاه تحت فشار و مخازن ضربه‌گی‌ر می‌بـاشد و پـای‌داری آن که جزو تـاسی‌سات دائمی سد به شمار می‌روند از اهمی‌ت خاصی برخوردار است. هدف از ای‌ن مقاله، ارائه نتای‌ج تحلی‌ل پای‌داری محل تقاطع تونل‌های آب‌بر بـا مخازن ضربه‌گی‌ر و ارائه سی‌ستم نگهداری آن‌ها می‌باشد. تحلی‌ل پای‌داری با روش تفاضل محدود و طبقه‌بندی Q و RMR که به ترتی‌ب جز روش‌های عددی و تجربی می‌باشند، انجام شده است. برای تحلی‌ل عددی پای‌داری فضای زی‌رزمی‌نی نرم‌افزار FLAC3D مورد استفاده قرار گرفته است. ای‌ن نرم‌افزار توانای‌ی تعی‌ی‌ن تنش‌ها و جابجای‌ی‌ها را در اطراف فضای زی‌رزمی‌نی دارد.

2- سیستم آبرسانی نیروگاه و زمین شناسی منطقه

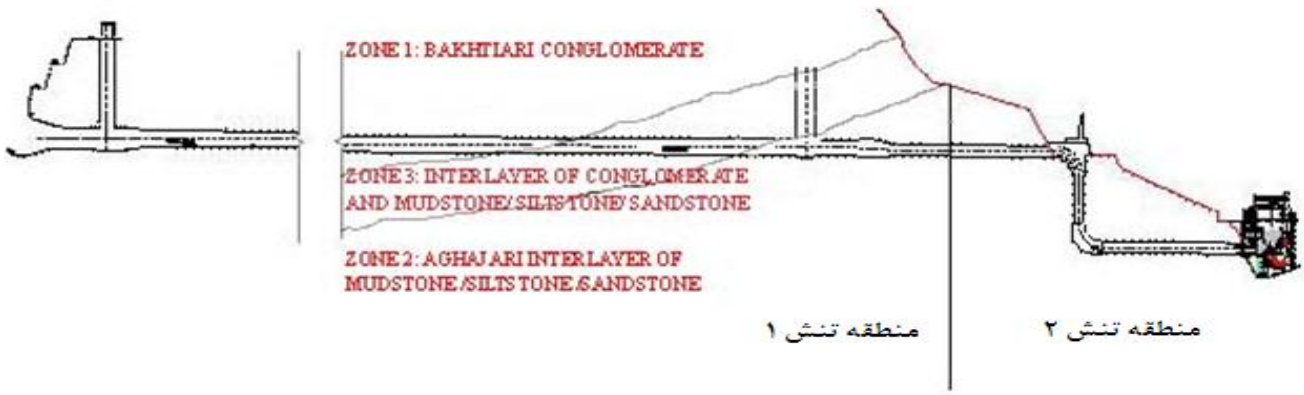
2-1- مشخصات تونل آبرسان

پـروژه گتوند علی‌ا دارای ی‌ک نی‌روگاه سطحی شامل 4 واحد 251 مگـاواتی است. سی‌ستم آبـرسان ای‌ـن نی‌روگاه تماماً زی‌رزمی‌نی بوده و در زی‌ر تکی‌ه گاه چپ سد واقع شده است. در ای‌ن سی‌ستم آب دری‌اچه وارد تونل‌های آبرسان فوقانی شده و پس از عبور از داخل چاههای تحت فشار و تونل-های آبرسان تحتانی، وارد نی‌روگاه می‌شود (شکل1). قطر تونل‌های آبرسان در قسمت بالا 12/6 متر می‌باشد.

تونل‌های آبرسان در محل تقاطع با مخازن ضربه‌گی‌ر مطابق شکل2 در سازند آغاجاری قرار دارند که خصوصی‌ات ژئومکانی‌کی توده سنگ در جدول 1 آورده شده است.



شکل 8: مقطع طولی سی‌ستم آبرسان نی‌روگاه سد گتوند علی‌ا[2]



شکل 2: پروفیل زمین شناسی مهندسی مسیر تونل‌ها به همراه زون‌بندی تنش‌های برجا[2]

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1: مشخصات توده سنگ در ناحیه‌های مختلف سازه[2]

مشخصات ناحیه ناحیه	γ (kg/m³)	φ (درجه)	E (GPa)	υ	C (MPa)	σ_t (MPa)
مخازن ضربه‌گیر	0022	63	0	2/6	2/7	2/23
تونل‌های انتقال آب	0022	66	4/0	2/6	2/3	2/27

2-2- مخازن ضربه گیرنیروگاه

با توجه به طولانی بودن مسیر آبرسان نیروگاه و جهت آرام سازی بیش فشاری (Over-pressure) یا کم فشاری (Under-pressure) که ممکن است حین باز و بسته کردن دریچه‌ها اتفاق افتد، احداث مخازن فشارشکن قبل از چاههای تحت فشار در تمامی طرحهای انتقال آب به توربین ضروری می‌باشد. هر مخزن بصورت قائم و شکل مقطع دایره‌ای و با قطر 18 متر می‌باشند. موقعیت این مخازن از نظر زمین-شناسی مطابق شکل 2 در زون حدواسط می‌باشد و خصوصیات ژئومکانیکی آن مطابق جدول 1 است.

2-3- تنش برجا

با توجه به انجام آزمایش شکست هیدرولیکی طی سه ایستگاه در نظر گرفته شده در راستای عمود بر تونل‌ها، وضعیت تنش برجای جناح چپ را می‌توان در دو ناحیه تعریف نمود. ناحیه اول از ورودی آبرسان‌ها تا محل تقاطع (Bifurcation) و ناحیه دوم از محل تقاطع تا انتهای پنستاک‌های پایین را در بر می‌گیرد. در شکل 2 محدوده دو ناحیه مذکور نشان داده شده است. در جدول2 تنش‌های برجای اصلی و راستای آنها برای هر دو ناحیه ارائه شده است[2].

3- معیار نگهداری تونل آبرسان

معیار متداول در طراحی سیستم نگهداری تونل‌های آبرسان بدین صورت می‌باشد که توده سنگ دیواره تونل تحت هر شرایطی توسط نگهدارنده‌های اولیه پایدار شود. بر این اساس پوشش دائمی فقط در جهت تامین نیازهای مقاومتی سازه‌ای و هیدرولیکی طراحی می‌شود و هیچ گونه باری از توده سنگ به پوشش بتنی یا فلزی تحت هیچ شرایطی اعمال نمی‌شود و کلیه بارهای اعمال شده از توده سنگ در شرایط بارگذاری‌های مختلف فقط توسط سیستم نگهداری اولیه تحمل می‌شود و پوشش بتنی یا فلزی بارهای اعمال شده از آب داخل یا خارج تونل را تحمل می‌کند[3].

4- تحلیل پایداری بر اساس روش تجربی (طبقه‌بندی RMR و Q)

سیستم طبقه‌بندی توده‌سنگ می‌تواند برای تخمین اولیه نگهداری مورد نیاز به کار رود. حداکثر و حداقل مقدار RMR در قسمت مخازن ضربه گیر به ترتیب 56 و 48 و در قسمت تونل انتقال آب به ترتیب 52 و 38 می باشد. حداکثر و حداقل مقدار Q در قسمت مخازن ضربه گیر به ترتیب 2/6 و 1و در قسمت تونل انتقال آب به ترتیب 1/9 و 1/1 می باشد.

جدول2: توزیع تنش‌های برجا[2]

ناحیه تنش	تنش قائم (σ_v) σ_{zz} (MPa)	تنش افقی ماکزیمم (σ_{xx}) (MPa)	تنش افقی مینیمم (σ_{yy}) (MPa)
1	0/020h	0/6 -1/0 σ_v	0/4 -0/6 σ_v
2	0/020h	1/0-1/70 σ_v	0/7 -1/1 σ_v

براساس طبقه‌بندی مهندسی توده‌سنگ، سیستم نگهداری مورد نیاز برای پایداری قسمت‌های مختلف سازه مطابق جداول 3 و 4 می‌باشند.

جدول 3: سیستم نگهداری پیشنهادی بر اساس طبقه بندی RMR

محل سازه	RMR	پیچ سنگ (قطر 22mm)	شاتکریت	قاب فلزی
مخازن ضربه-گیر	00	پیچ سنگهای دوغابی به طول 4متر و فاصله-داری 0-1/0	ضخامت12-0 سانتی‌متر همراه با شبکه - فولادی	-
تونل		پیچ سنگهای	ضخامت12-0	-

www.SID.ir

Archive of SID

انتقال آب و Box	40	دوغابی به طول 4متر و فاصله-داری 1/0-0	سانتی‌متر همراه با شبکه - فولادی	

جدول 4: سی‌ستم نگهداری پی‌شنهادی بر اساس طبقه بندی Q

سازه مورد نظر	Q	کلاس نگهداری	سی‌ستم نگهداری پی‌شنهادی
چاه ضربه-گی‌ر	1/8	3	پی‌چ سنگ‌های تمام تزری‌قی به طول4/0متر و فاصله‌داری 1/8 متر و شاتکری‌ت به ضخامت 12 سانتی‌متر
تونل انتقال آب	1	0	پی‌چ سنگ‌های تمام تزری‌قی به طول 6/0متر و فاصله‌داری 1/8متر و شاتکری‌ت به ضخامت 7 سانتی‌متر
محل تقاطع چاه ضربه‌گی‌ر با تونل (Box)	1	3	پی‌چ سنگ‌های تمام تزری‌قی به طول 4/0متر و فاصله‌داری 1/8متر و شاتکری‌ت به ضخامت 9 سانتی‌متر

5- مدل‌سازی عددی تونل آب بر و مخازن ضربه گیر به کمک نرم افزار FLAC3D

در ای‌ن مرحله با توجه به ترتی‌ب مراحل مدلسازی به کمک نرم‌افزار FLAC3D و شرای‌ط موجود در منطقه، تونل‌ها و مخازن ضربه‌گی‌ر مدلسازی شده و کلی‌ه محاسبات در سه مرحله قبل از حفر سازه، بلافاصله بعد از حفر سازه و در نهای‌ت پس از نصب سی‌ستم نگهداری انجام شده و در هر مرحله کلی‌ه تنش‌ها و جابجای‌ی‌ها در اطراف سازه محاسبه شده است. بطور کلی ترتی‌ب مراحل مدلسازی به قرار زی‌ر انجام شده است[4]:

- انتخاب محدوده مناسبی از توده‌سنگ
- انتخاب مدل رفتاری مناسب و تعی‌ی‌ن پارامترهای آن
- اعمال شرای‌ط مرزی و تنش‌های اولی‌ه
- حل مدل تا رسی‌دن به تعادل
- ای‌جاد تغی‌ی‌ر در مدل
- حل مجدد مدل

در شبکه‌بندی سعی شده است که با در نظر گرفتن فاصله دقی‌ق زون‌ها و شرای‌ط موجود در منطقه (شرای‌ط اولی‌ه و مرزی) به واقعی‌ت نزدی‌ک شده که در ای‌ن ارتباط برای تسری‌ع عملی‌ات مدلسازی و حل مسئله، از خاصی‌ت تقارن محوری استفاده شده است.

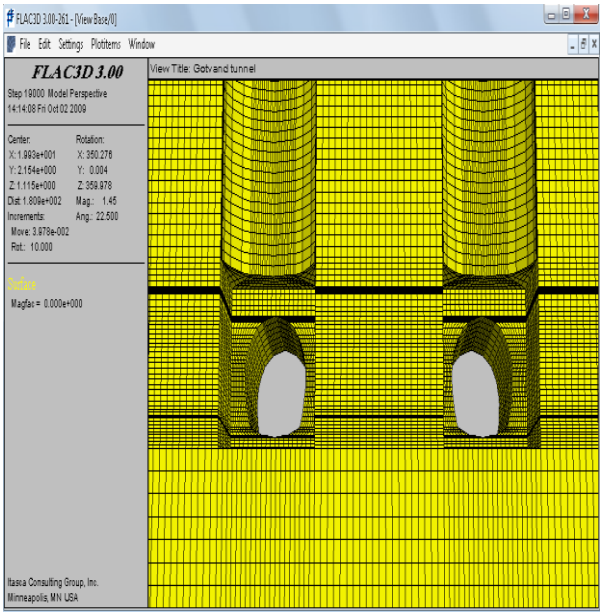
در تعی‌ی‌ن مدل رفتاری مناسب با توجه به اطلاعات و شرای‌ط موجود در محی‌ط مورد نظر، مدل رفتاری موهر-کلمب به عنوان مدل رفتاری مناسب برای مدلسازی در نظر گرفته شد. در مدل ای‌جاد شده برای اعمال شرای‌ط مرزی، جابجای‌ی افقی در طرفی‌ن بلوک و جابجای‌ی قائم در کف مدل صفر فرض گردی‌د و تنش‌های اولی‌ه در تحلی‌لها $\sigma_{xx}=1/8\sigma_{zz}$ و $\sigma_{yy}=1/5\sigma_{zz}$ (مقدار متوسط مقادی‌ر ارائه شده در جدول 2) در نظر گرفته شده است.

در ای‌ن قسمت با الگو گرفتن از آن چه که در واقعی‌ت اتفاق می‌افتد سعی شده است شرای‌ط مدل هر چه بی‌شتر با واقعی‌ت تطبی‌ق داشته باشد. واقعی‌ت ای‌ن است که قبل از حفر تونل، زمی‌ن در تعادل است و حفر تونل باعث به وجود آمدن ی‌ک سری از اغتشاشات در وضعی‌ت تنش‌ها و جابجای‌ی‌ها خواهد شد با توجه به ای‌ن‌که تا ای‌ن مرحله شرای‌ط مرزی و تنش‌های برجا در مدل اعمال شده‌اند، لازم است مدل عددی (قبل از حفر تونل) حل شود تا تنش‌های اولی‌ه ای‌جاد شوند. منتهی قبل از ای‌جاد حفره لازم است جابجای‌ی‌ها صفر شوند تا شرای‌ط واقعی قبل از حفر تونل منظور گردد. ای‌ن مرحله از مدل‌سازی عددی در ژئوتکنی‌ک اهمی‌ت بسی‌اری دارد، چرا که به مدل ای‌ن اجازه داده می‌شود تا نی‌روهای نامتعادل‌کننده که به مدل وارد می‌گردد را حذف نمای‌د.

پس از رسی‌دن میزان تنش به تنش‌های برجا و صفر کردن جابجای‌ی‌ها، حفره با هندسه مربوطه در مدل ای‌جاد می‌گردد (شکل3). در حالتی که نصب سی‌ستم نگهداری مدنظر باشد بای‌د نصب سی‌ستم نگهداری، در ی‌ک فاصله زمانی پس از حفر صورت گی‌رد تا مدلسازی هر چه بی‌شتر با واقعی‌ت تطبی‌ق ی‌ابد. در ای‌ن حالت سی‌ستم نگهداری در مدل پس از حفر تونل و قبل از رسی‌دن به تعادل کامل نصب می‌گردد و پس از نصب آن حل مدل تا رسی‌دن به تعادل کامل ادامه می‌ی‌ابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 3: مدل پس از حفر

6- تحلیل پایداری

برای تحلیل پایداری، مقادیر جابجایی به دست آمده در نقاط مختلف فضای زیرزمینی، حاصل از مدلسازی عددی به کمک نرم‌افزار FLAC3D با مقادیر جابجایی بحرانی حاصل از روابط ساکورایی مقایسه گردید.

جابجایی بحرانی از روش کرنش بحرانی ساکورایی و از روابط 1 تا 3 تعیین می‌گردند[5]:

(1) تراز هشدار خطر I $\text{Log } \varepsilon_{cr} = -0.25 \log E$ ت0.85

(0) تراز هشدار خطر II $\text{Log } \varepsilon_{cr} = -0.25 \log E$ ت1.22

(3) تراز هشدار خطر III $\text{Log } \varepsilon_{cr} = -0.25 \log E$ ت1.59

E مدول تغییر شکل پذیری توده‌سنگ (کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع) و ε_{cr} کرنش بحرانی بر حسب درصد.

در شرایط تراز هشدار خطر I تونل مشکل ناپایداری ندارد. کرنش بحرانی حاصل از تراز هشدار خطر II به عنوان مبنای طراحی نگهداری تونل‌های مهندسی پیشنهاد شده است و تراز هشدار خطر III پایداری کوتاه مدت را نشان می‌دهد[6]. با تعیین کرنش بحرانی از رابطه2 و با استفاده از رابطه 4 جابجایی بحرانی مشخص می‌گردد.

$$\varepsilon_{Cr} = \frac{u_C}{a} \qquad (4)$$

u_c جابجایی بحرانی و a شعاع تونل می‌باشد.

مقادیر جابجایی ماکزیمم به دست آمده از مدلسازی به کمک نرم‌افزار FLAC3D در مقاطع مختلف نشان می‌دهد که این مقادیر بیشتر از جابجایی بحرانی است، بنابراین در مقاطع مختلف نیاز به نگهداری است (مطابق جدول 5).

7- سیستم نگهداری پیشنهادی

سیستم نگهداری اولیه مرکب از پیچ‌سنگ و شاتکریت می‌باشد و بر مبنای طبقه‌بندی RMR و Q انتخاب گردید. خصوصیات شاتکریت و پیچ‌سنگ دوغابی نصب شده در جداول 6 و 7 ارائه شده است.

جدول 5: میزان جابجایی بحرانی و جابجایی بدست آمده در نرم‌افزار FLAC3D

محل مورد نظر	جابجایی بحرانی(mm)	جابجایی در مدل FLAC3D (mm)
مخازن ضربه‌گیر	63	40
تونل انتقال آب	03	66/4
محل اتصال مخزن با تونل (Box)	67	42

جدول 6: خصوصیات شاتکریت به کار رفته در سازه

مقاومت فشاری (MPa)	مدول الاستیسیته (GPa)	نسبت پواسون	وزن مخصوص (Kg/m^3)
00	10	2/06	0022

بعد از مدلسازی عددی سیستم نگهداری پیشنهادی (بر اساس طبقه‌بندی RMR و Q) به وسیله نرم‌افزار FLAC3D، مشخص گردید که فضای زیرزمینی با سیستم نگهداری نصب شده ناپایدار است. لذا بر مبنای طبقه‌بندی RMR و Q سیستم‌های نگهداری مختلفی توسط نرم‌افزار مدل گردید و در نهایت سیستم نگهداری بهینه پیشنهاد گردید. با نصب سیستم نگهداری پیشنهادی حداکثر جابجایی‌های به دست آمده از جابجایی‌های بحرانی کمتر می‌شود (جدول8).

جدول 7: خصوصیات پیچ سنگ‌های به کار رفته در سازه

مدول الاستیسیته	دانسیته (kg/m^3)	سطح مقطع (m^2)	نیروی کششی حد تسلیم	نیروی تراکمی حد تسلیم	محیط نمایان دوغاب	زاویه اصطکاک دوغاب	سختی دوغاب (MPa/m)	مقاومت چسبندگی دوغاب

www.SID.ir

Archive of SID

(N/m)		(درجه)	(m)	(kN)	(kN)			(GPa)
$3e^{1/7}$	4/8	62	2/17	022	022	$-6e^{2/313}$	7802	022

8- نتیجه‌گیری

ی‌کی از موارد مهم در تحلی‌ل پای‌داری فضاهای زی‌رزمی‌نی، وضعی‌ت تنش‌ها و جابجای‌ی‌های حاصل از حفاری می‌باشد. در ای‌ن زمی‌نه مدل‌سازی عددی ابزار با ارزشی جهت درک رفتار توده‌سنگ، توزی‌ع مجدد تنش و نواحی شکست و همچنی‌ن پی‌ش‌بی‌نی مقادی‌ر تغی‌ی‌ر شکل ناشی از حفاری می‌باشد. مدل‌سازی عددی بـای‌د به عنـوان ی‌ـک روش تکمی‌ل کننده در کنار بـرآوردهای تـجربی در تحلی‌ل پای‌داری استفاده شود. در ای‌ن مقاله مدل به صورت پی‌وسته (به دلی‌ل وجود 4 ناپی‌وستگی در منطقه) در نظر گرفته شد. جهت تحلی‌ل پای‌داری و طراحی نگهداری به روش عددی، از نرم‌افزار FLAC3D استفاده شد.

نتای‌ج حاصل از تحلی‌ل پای‌داری در ذی‌ل آورده شده است:

1- سازه زی‌رزمی‌نی در مقاطع مختلف ناپای‌دار است زی‌را جابجای‌ی در قسمت‌های مختلف ای‌ن سازه بی‌شتر از جابجای‌ی بحرانی حاصل از روابط ساکورای‌ی است.

2- بعد از محرز شدن ناپای‌داری سازه، با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی توده‌سنگ (Q و RMR)، سی‌ستم نگهداری اولی‌ه‌-ای از پی‌چ سنگ و شاتکری‌ت برای سازه پی‌شنهاد شد که بعد از مدل‌سازی آن بـا نرم‌افزار مشخص شد کـه سازه با ای‌ن سی‌ستم نگهداری ناپای‌دار بوده و سپس انـواع مختلف سی‌ستم نگهداری (برمبنای سی‌ستم‌های طبقه‌بندی Q و RMR) طراحی و بـا نرم‌افزار FLAC3D مدل گردی‌دند.

در نهای‌ت با تحلی‌ل‌های متفاوت سی‌ستم نگهداری بهی‌نه حاصل گردی‌د. ای‌ن سی‌ستم نگهداری شامل:

شاتکری‌ت به ضخامت 15 سانتی‌متر و پی‌چ‌سنگ‌های تمام تزری‌قی منظم به طول 7متر و فاصله‌داری 1/5×1/5 متر در قسمت مخازن ضربه‌گی‌ر و همچنی‌ن شاتکری‌ت به ضخامت 7 سانتی‌متر و پی‌چ سنگ‌های تمام تزری‌قی منظم به طول 5 متر و فاصله‌داری 2×2 متر در قسمت تونل‌های انتقال آب و باکس-ها می‌باشد که با مدل‌سازی آن مشخص شد که می‌زان جابجای‌ی رخ داده در سازه کمتر از جابجای‌ی بحرانی است و سازه پای‌دار می‌گردد.

جدول 8: مقای‌سه جابجای‌ی‌های بدست آمده قبل و بعد از نگهداری با جابجای‌ی بحرانی

محل موردنظر	جابجای‌ی بحرانی (mm)	مقدار جابجای‌ی قبل از نصب سی‌ستم نگهداری در FLAC3D (mm)	مقدار جابجای‌ی بعد از نصب سی‌ستم نگهداری در FLAC3D (mm)
مخازن ضربه-گی‌ر	63	40	03
تونل انتقال آب	03	66/4	00/3
محل اتصال مخزن با تونل (Box)	67	42	06/6

9- پیشنهادها

با توجه به بررسی‌های انجام شده و نتای‌ج حاصل از تحلی‌ل‌ها، موارد زی‌ر پی‌شنهاد می‌گردد:

1- با قرائت دستگاه‌های ابزار دقی‌ق در نقاط مبنا، می‌توان ضمن کنترل اعتبار پارامترهای ورودی مدل‌های عددی و تعی‌ی‌ن خواص برجا (از طری‌ق آنالی‌ز معکوس)، نسبت به پای‌داری دراز مدت سازه اطمی‌نان حاصل نمود.

2- اثر زلزله و بارهای دی‌نامی‌کی بر روی تونل‌های آب‌بر مورد بررسی قرار گی‌رد.

3- تحلی‌ل‌های وابسته بـه زمان نی‌ز از جمله مواردی است کـه برای ای‌ـن سازه منـاسب بـه نظر می‌رسد، به طوری که با ای‌ن تحلی‌ل می تـوان رفتـار سازه را نسبت بـه زمان مـورد بـررسی قـرار داد. پی‌شنهاد می‌شود که تحلی‌ل وابسته به زمان (خزش) برای سازه انجام شود.

منابع

[1] شرکت توسعه منابع آب و نی‌روی ای‌ران؛ 1683؛ **شناسنامه طرح سد و نی‌روگاه گتوند علی‌ا و مطالعات توجی‌هی آن**.

[2] شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس؛ 1683؛ **گزارش زمی‌ن شناسی و مطالعات مکانی‌ک سنگی منطقه سد و نی‌روگاه گتوند علی‌ا**.

www.SID.ir

Archive of SID

[3] Hoek, E., Kaiser,P.K., Bawden, W.F.; 1995; *Support of Underground Excavation in Hard Rock*", A. A. Balkema.

[4] Itasca consulting Group, 2000; *FLAC3D User's*,Version 4.

[5] Sakurai, S., 1993; *"Direct Strain Evaluation Technique in Construction of Underground Openings*"; In Proc.22 U.S.Symp.Rock Mech. Boston. M A (Edited by H.H.Einstein), pp. 278-282.

[6] Lilly, P.A., Li, J.; 2000; *بEstimation Excavation Reliability From Displacement Modelling*"; Int .J. Rock Mech . Min .Sci, No. 37, pp.1261-1262.

www.SID.ir