Archive of SID

بررسی تاثیر تعداد و قطر فورپول ها بر روی نشست سطح زمین در تونل های حفاری شده با روش NATM

علی سنائی راد

استاد گروه عمران دانشکده فنی مهندسی عمران، دانشگاه اراک

Email: a-sanaeirad@arak.ac.ir

محمد نجفی یان

دانشجوی کارشناسی ارشد عمران خاک و پی، دانشکده مهندسی،دانشگاه ازاد اسلامی واحد خمین

Email: mohamadnajafiyan@gmail.com

چکیده:

در اثر احداث تونل های زیرزمینی نشست هایی در سطح زمین رخ می دهد که می بایست جهت جلوگیری از اسیب دیدن ساختمان ها و تسهیلات عمومی این نشست ها کنترل شوند. یکی از روش های کنترل نشست در مناطق شهری استفاده از روش حفاری چتری می باشد. در این تحقیق تونل نیایش تهران توسط نرم افزار Plaxis 3D Tunnel مدلسازی شده و مدل به روش چتری تحلیل شده است. برای کسب اطمینان از صحت مدل نتایج حاصل از مدلسازی با نتایج حاصل از مانیتورینگ تونل مقایسه شده است. پس از تحلیل مدل، تاثیر تعداد و قطر فورپول ها بر روی نشست سطح زمین در روش چتری مورد بررسی قرار گرفت. پس از تفسیر و بررسی مدل های متنوع ساخته شده نتایج حاکی از ان بود که با افزایش قطر لوله های تسلیح کنندها افزایش سختی البته تا مقداری بهینه، از میزان پلاستیک شدگی دهانه تونل و نشست سطح زمین کاسته میشود و هر چه تعداد فورپولها در تاج تونل، کاهش یابد بعلت کاهش سختی سازه چتری، بر میزان نشست سطحی و پلاستیک شدگی دهانه تونل افزوده شده و از مقبولیت این روش در افزایش پایداری کاسته میشود.

واژگان کلیدی: نشست، روش چتری، تونل نیایش، Plaxis

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه:

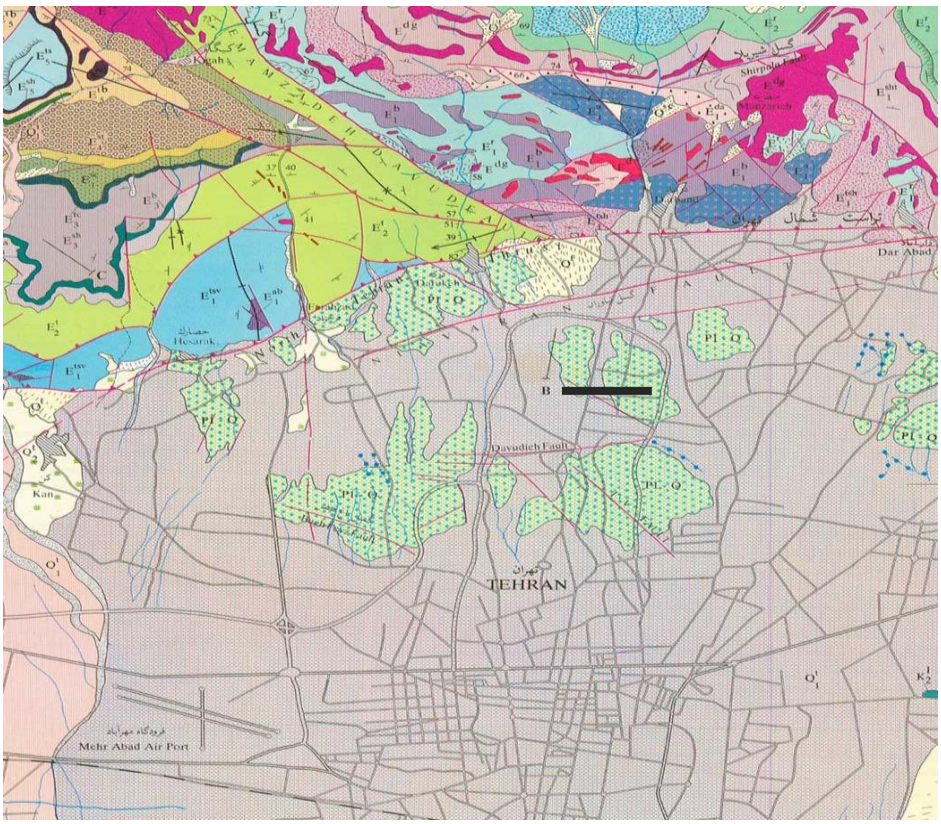
با توجه به رشد روزافزون استفاده از روش جدید تونل زنی اتریشی در ایران و نظر به اهمیت بروز نشست های ناشی از حفر تونل در مناطق شهری از این جهت که نشست سطح زمین در بالای محور تونل و اطراف آن در زیر ساختمان ها و تاسیسات شهری موجب خسارات و فرو ریختن ساختمان ها می شود به همین دلیل بررسی، شناخت، و نحوه تاثیر پارامترهای تاثیر گذار در مقدار نشست وتحلیل انها میتواند کمک شایانی در زمینه جلوگیری از وقوع نشست و یا تحلیل ریسکهای ممکن در زمینه میزان خسارت و یاپیش بینی نشست ناشی از حفر تونل بکند.

در این تحقیق تونل نیایش- صدر تهران حفاری شده به روش جدید تونل زنی اتریشی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. آبرفت تهران بر اساس خواص زمین شناسی به چهار سازند A, B, C و D تقسیم شده است. همانطور که در شکل ۴-۲ نشان داده شده است تونل نیایش- صدر در منطقه شمالی تهران واقع شده است. بر اساس نقشه تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی محدوده پروژه بر روی سازند A قرار دارد (شکل ۱). به منظور شناسایی لایه‌های زیر سطحی و تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی تعداد ۲۰ گمانه با عمق ۲۵ تا ۴۵ متر و تعداد ۲۴ چاهک به عمق ۱۰ تا ۳۰ مترحفاری شده است. روش حفاری استفاده شده در تونل نیایش- صدر روش جدید تونل زنی اتریشی می باشد[۱]. در هنگام استفاده از روش جدید تونل زنی اتریشی ممکن است مشاهدات در مقاطعی از مسیر تونل نشان دهنده وقوع نشست هایی بیش از حد مجاز باشد. با توجه به اینکه نشست های بیش از حد منجر به ایجاد خسارت به ساختمان‌ها و سایر سازه‌های سطحی میشود، لذا تکنیک‌هایی برای محدودسازی نشست یا علل آن توسعه یافته‌اند، این تکنیک‌ها می‌توانند از نوع علاجی یا جلوگیری‌کننده باشند، بسختی میتوان تفکیکی بین این دو قائل گردید، در حقیقت این تمایز بیشتر وابسته به طرز تفکر است.یکی از این روش ها استفاده از گنبد چتری است. روش چتری (پیش نگهداری) یک تکنیک تسلیح زمین می باشد که قبل از آنکه حفاری تونل آغاز شودجلوتر از جبهه کار نصب می شود. هدف از این روش افزایش پایداری جبهه کار، محدود کردن و کاهش میزان نشست و جلوگیری از گسیختگی شیروانی و لغزش زمین می باشد. روش پیش نگهداری یک تکنیک جدید در امر تونلسازی است ، بعلاوه این روش بر پایهٔ حفاری و دوغاب ریزی استوار است.بدلیل تازگی و نو بودن این روش، از آن بیشتر در کشورهای صاحب فن آوری مانند ژاپن و ایتالیا استفاده شده است.[۲] اقای مطهری و همکاران به بررسی و تحلیل اجزای محدود روش چتری در تونل سازی با استفاده از نرم افزار ABAQUS پرداختند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از روش چتری برای کاهش نشست مناسب می باشد[۳]. اقای سجاد رئوفی و همکاران به بررسی تحلیل برگشتی تغییر شکلهای پیرامون تونل در حفاری با روش پیش نگهداری در زمین های سست (مطالعه موردی تونل Hodogaya در ژاپن) پرداخته اند و به این نتیجه رسیدند که در خاکهایی مانند ماسه روش پیش نگهداری قابل اجرا و عملی است و هنگامیکه روش پیش نگهداری مورد استفاده قرار می گیرد نشست سطح زمین و پیرامون تونل در هر نقطه دلخواه از تونل، به مراتب مقادیر کوچکتر از روش سنتی NATM خواهد داشت.[۴] یکی از دلایلی که در کشور ما هنوز بطور عمده روش پیش نگهداری (Umbrella Method) در حفاری تونلها بکار گرفته نشده است، عدم شناخت کافی و آشنایی مهندسین تونلساز با این روش می باشد. البته در گزارشات احداثی از تونلهای ساخته شده در کشورمان اینگونه بنظر می رسد که از این روش (نه بصورت

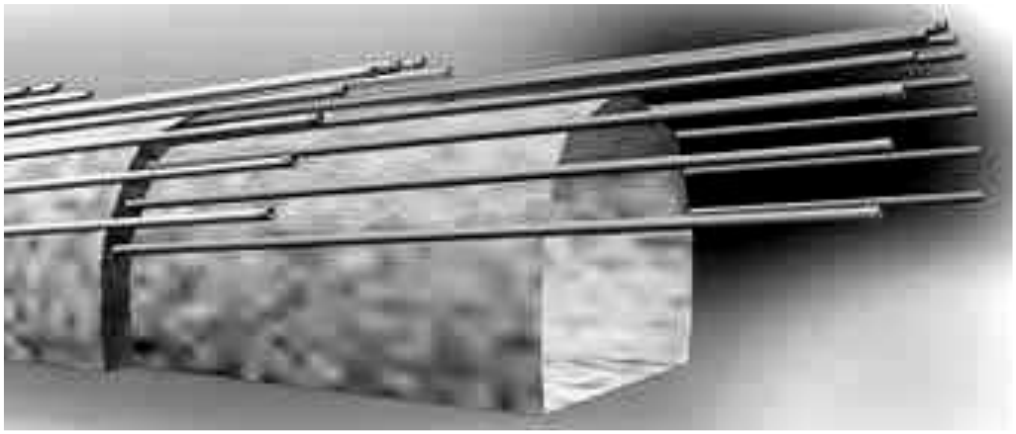
www.SID.ir

Archive of SID

کامل) بصورت تجربی در تعداد معدودی تونل استفاده شده است، لیکن هنوز نام این روش و فلسفه، دلایل و طریقهٔ طراحی آن بر مهندسینِ مجریِ داخلی پوشیده است.در شکل(۲) شماتیکی از روش چتری نشان داده شده است.



شکل(۱) نقشه زمین شناسی تهران (PL-Q سازند A)[۱]
[برگرفته از نقشه زمین‌شناسی تهران، GSI، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰]



شکل (۲) طرح کلی روش چتری(پیش نگهداری).[۲]

www.SID.ir

Archive of SID

سوال اساسی در اینجاست که در هنگام استفاده از روش چتری تعداد و قطر فورپول های بکار رفته در تونل به چه نحوی بر میزان نشست سطح زمین تاثیر می گذارند.بدین منظور قطعه ای از تونل حفاری شده به روش چتری را توسط نرم افزار Plaxis 3D Tunnel مدلسازی کرده و تاثیر تعداد و قطر فورپول ها بر روی نشست سطح زمین در روش چتری مورد بررسی قرار گرفت.

روش تحقیق:

برای مدلسازی از نرم افزار Plaxis 3D Tunnel استفاده شده است. این نرم افزار بر اساس اجزاء محدود به تحلیل تنش- کرنش می پردازد. از جمله برتری های این نرم افزار نسبت به دیگر نرم افزارهای طراحی سه بعدی سازه های زیرزمینی و تونل، گستردگی برنامه جهت در نظر گرفتن جزئیات و شاخصهای اصلی خاک و سنگ و برقراری ارتباط میان آنها و رفتار مصالح مصرفی در احداث تونل و در نهایت خروجی های جامع جهت تعیین نمودارهای کاربردی از تغییر شکل، نشست، تنش، کرنش و پایداری سازه در هر نقطه مورد نیاز از لایه خاک و سازه احداثی میباشد[۵]. در تحقیق حاضراز مدل رفتاری الاستیک- پلاستیک(موهر کلمب) استفاده شده است و در اعمال شرایط مرزی طبق تئوری Kirsch عمل شده است[۶]. پروفیل خاک ناحیه مورد مطالعه از ۱۰ لایه خاک تشکیل شده است که مشخصات خاک ناحیه مورد مطالعه در جدول نشان داده شده است. [۷]

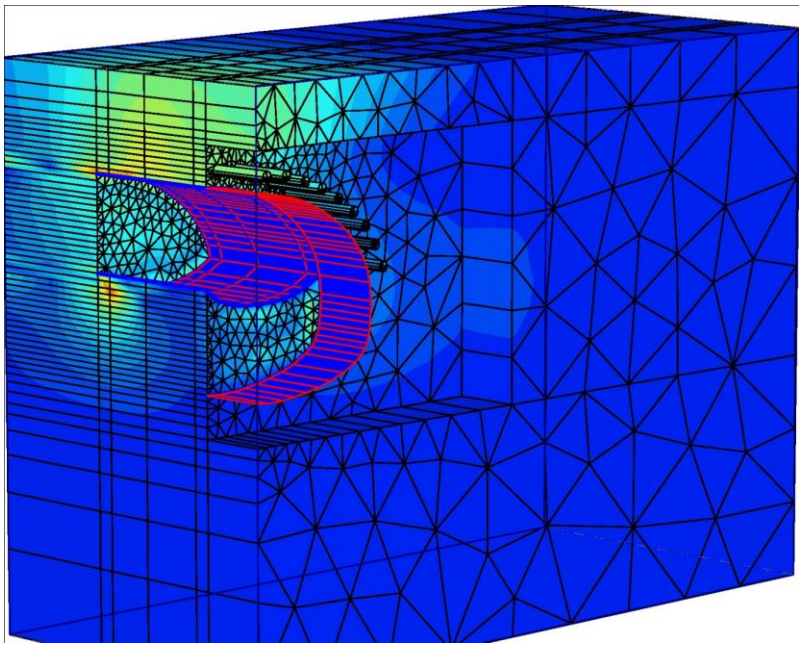
جدول ۱. پارامترهای زمین در مدل تحلیلی تونل نیایش

نوع خاک	زاویه اصطکاک ϕ (^{0})	چسبندگی C(Kg/cm^2)	نسبت پواسون	مدول ارتجاعی (kg/cm^2)	وزن مخصوص (gr/cm^3)
Gc1	34	۰/۰۴	0.30	509	1/7
Sc2	32.9	۰/۰۹	0.35	502	1/83
Gc3	32.7	۰/۱	0.30	611	1/77
Sc4	34	۰/۱۲	0.35	522	1/8
Gc٥	33.4	۰/۱۳	0.30	621	1/81
Sc6	33.6	۰/۱۱	0.35	530	1/82
Gc7	34.3	۰/۰۷	0.30	403	1/8
Gc8	32.5	۰/۰۸	0.30	621	1/79
Sc9	34	۰/۰۷	0.35	520	1/81
Gc10	32	۰/۰۹	0.35	656	1/84

تغییر قطرو تعداد تسلیح کننده های طولی (فورپولها) که با تغییر سختی در آنها همراه است نقش بسزایی در افزایش یا کاهش پایداری تونل دارد. لذا برای درک عینی این مطلب و پی بردن به میزان تاثیر آن در کاهش میزان نشست سطحی زمین و کاهش میزان پلاستیک شدگی در دهانه تونل فورپول هایی را با قطرهای مختلف ۳۰، ۶۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی متر و دسته های ۹، ۱۱ و ۱۳ تایی مدلسازی و تحلیل شد. در شکل (۳) یک نمونه فاز محاسباتی به روش چتری در تونل نیایش نشان داده شده است.

www.SID.ir

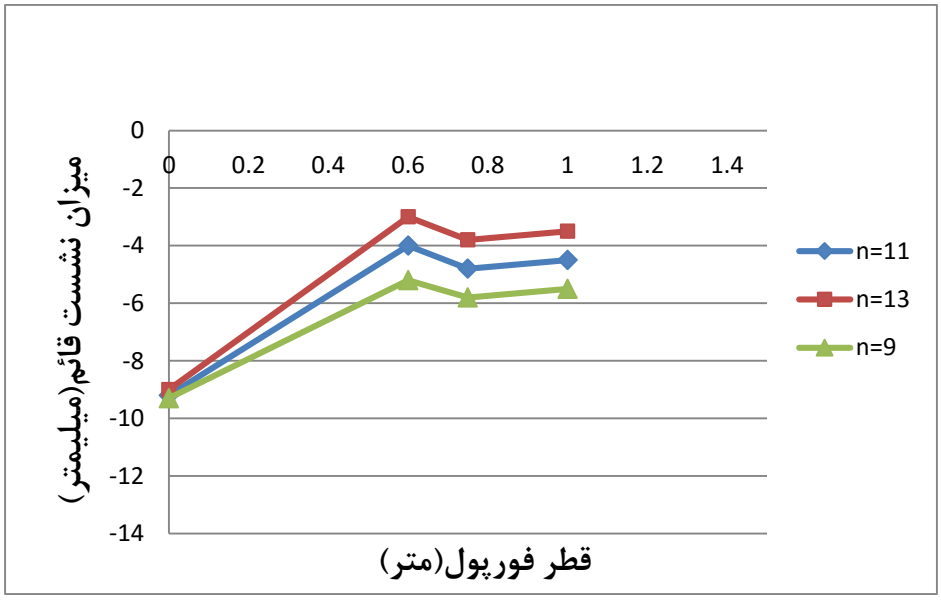
Archive of SID



شکل(۳): خروجی فاز محاسباتی به روش چتری در تونل نیایش

یافته ها:

مطابق شکل(۴)، تعداد فورپولها (۹،۱۱،۱۳) بر روی نشست سطح زمین تونل نیایش مورد بررسی قرار گرفت و نتایج ذیل به دست آمد



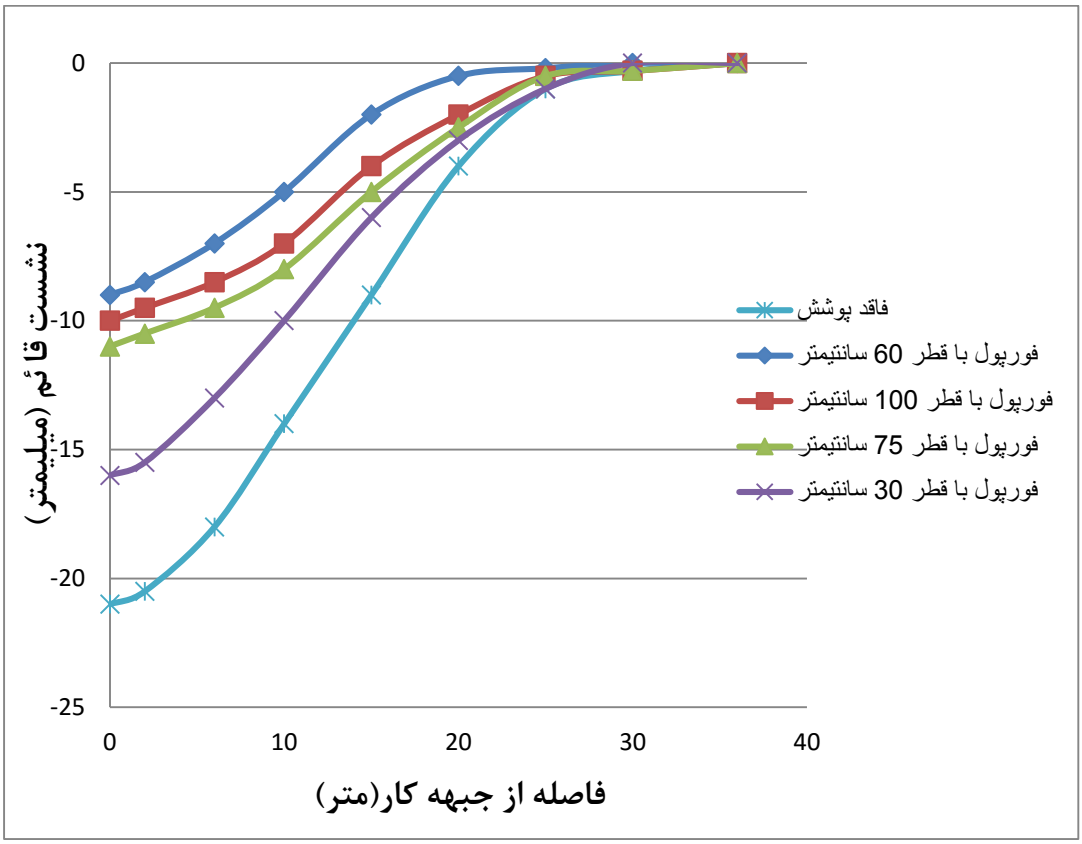
شکل (4): تاثیر تعداد فورپولها بر نشست قائم سطح زمین

www.SID.ir

Archive of SID

هر چه تعداد فورپولها در تاج تونل، کاهش یابد بعلت کاهش سختی سازه چتری، بر میزان نشست سطحی و پلاستیک شدگی دهانه تونل افزوده شده و از مقبولیت این روش در افزایش پایداری کاسته میشود.

طبق شکل(۵) نمودارهای نشست قائم بر اساس قطر فورپول برای تونل مورد مطالعه در ادامه آورده شده است



شکل(۵): نمودار نشست بر اساس قطر فورپولها

تغییر قطر فورپولهای طولی که با تغییر سختی آنها همراه است نقش بسزایی در افزایش یا کاهش پایداری تونل دارد .همانطور که میدانیم تنشهای قائم عمل کننده بر سازه چتری به سختی نسبی مابین سازه چتری و زمین بستگی دارد و با افزایش قطر لوله های تسلیح کنندها افزایش سختی البته تا مقداری بهینه، از میزان پلاستیک شدگی دهانه تونل و نشست سطح زمین کاسته میشود.

بحث و نتیجه گیری:

استفاده از روش چتری در مناطقی که نشست بحرانی می شود یک روش مناسب و کارامد است و باعث کاهش نشست سطح زمین می شود. پس از مدلسازی و تحلیل داده ها نتایجی که به دست امد حاکی از ان است که :

www.SID.ir

Archive of SID

۱. تغییر قطر فورپولهای طولی که با تغییر سختی آنها همراه است نقش بسزایی در افزایش یا کاهش پایداری تونل دارد. همانطور که می دانیم تنشهای قائم عمل کننده بر سازه چتری به سختی نسبی مابین سازه چتری و زمین بستگی دارد و با افزایش قطر لوله های تسلیح کنندها افزایش سختی البته تا مقداری بهینه، از میزان پلاستیک شدگی دهانه تونل و نشست سطح زمین کاسته می شود.

۲. هر جه تعداد فورپول ها در تاج تونل کاهش یابد، بعلت کاهش سختی سازه چتری، بر میزان نشست سطحی و پلاستیک شدگی دهانه تونل افزوده شده و از مقبولیت این روش در افزایش پایداری کاسته می شود..

منابع

[۱]. خواهانی پور، مسعود و پرویزی، منصور. بررسی زمین شناسی و دلایل بروز اضافه حفاری در تونل حفاری شده نیایش صدر، اولین کنفرانس ملی خاک و مهندسی پی دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران ۱۲ و ۱۳ اذر ۱۳۹۳

[۳]- مطهری،محمدرضا و وفائیان، محمود. *تحلیل اجزای محدود روش چتری در تونل سازی*. چهارمین کنگره ملی ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۱۳۸۷

[۴]. رئوفی، سجاد. جوانمرد، مهران و عطرچیان، محمد رضا. تحلیل برگشتی تغییر شکلهای پیرامون تونل در حفاری با روش پیش نگهداری در زمین های سست. همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین ۱۳۹۲

[۷]. گزارش مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی سازمان مهندسی و عمران تهران

[۲] Muraki,Y.(1997),"The Umbrella Method in Tunnelling", MSc Thesis,Department of Civil and Environmental Engineering, M.I.T, February 290 PP.

[۵]- Onur kacer. .۲۰۰۷***3D Finite Element Modelling of surface excavation and loading over existing tunnels*** (A thesis submitted to the graduate school of natural and applied science) of middle east technical university.

[6]Brady, B and G-Brown,E.T.(1985),” Rock Mechanics for Underground mining,”George Allen & Unwin(Publishers)Ltd.

www.SID.ir