پروژه بخش شرقی تونل نیایش

۱- مقدمه

تونل نیایش با اتکا به دانش بومی و استفاده از تکنولوژی‌های نوین، همتی برای اجرای توسعه متوازن در سطح کلانشهر تهران است، امری که متوسط سرعت حرکت وسایل نقلیه را در محدوده اجرای طرح افزایش داده و از بار ترافیک و انباشت آلاینده‌ها در مناطق ۱ و۳ تهران می‌کاهد و نسبت زمان تاخیر به کل زمان سفر و حالت کند و بحران حرکت خودروها در مسیر بزرگراه صدر و نیایش را کاهش می‌دهد.

عملیات اجرایی بخش شرقی تونل نیایش بر عهده تیمی فوق العاده قوی از موسسه حرا است که با تجربه طولانی در حفاری انواع مقاطع زیر زمینی کارنامه درخشانی را تاکنون از خود بر جای گذاشته اند.

گزارش پیش رو در رابطه با روش های اجرایی تونل نیایش (حفاری- تحکیم –لاینینگ) در دوران کارآموزی اینجانب نگاشته شده است و سعی بر آن شد تا انواع روش ها ذکر شود.

همانطور که می دانیم هدف از کارآموزی، آشنا شدن دانشجویان با کارهای عملی و مسائل اجرایی می باشد بطوریکه به آنها فرصت داده شود آموخته های خود را با عمل تطبیق دهند و تاثیر متقابل علم وعمل و یا علم و تکنیک را دریابند و نیز کمبودها و نواقص

احتمالی در آموخته های خود را درک نمایند و در رفع آنها بکوشند. برگزاری مطلوب دوره های کارآموزی علاوه بر آشنایی کار آموز با شرایط، مشکلات و نیاز های محیط کار می تواند در معرفی قابلیت های علمی، درجه اعتبار و توانمندی های دانشجویان دانشگاه نقش تعیین کننده ای داشته باشد.

محل کارآموزی اینجانب در موسسه حرا واقع در کارگاه نونهالان (خیابان شریعتی-خیابان دلیری-خیابان نونهالان- پارک نونهالان- کارگاه نونهالان) تحت نظر جناب آقای مهندس مسئول محترم دفتر فنی موسسه حرا سپری شدکه شرح فعالیت ها در پایان گزارش پیوست شده است.

در پایان از کلیه پرسنل محترم کارگاه بخش شرقی تونل نیایش به خصوص مدیریت محترم پروژه ، سرپرست محترم کارگاه و مهندس کامل بخش سرپرست محترم آزمایشگاه نظارت کمال تشکر و قدردانی را دارم و از خداوند متعال توفیقات روز افزون برای کلیه عزیزان خواستارم.

۲- معرفی موسسه حرا

گروه مهندسی ۱۰۴ حرا در خرداد ماه سال ۱۳۶۲ با عنوان گردان ویژه و سازمانی شامل ۳۰ نفر پرسنل رسمی تشکیل گردید.
این گروه در سال ۱۳۷۱ تحت پوشش قرارگاه سازندگی خاتم الانبیاء (ص) با نام «**مؤسسه حرا**» ثبت شده و فعالیت اقتصادی خود را در گرایش اصلی تونل و فرعی ابنیه آغاز نمود.

احجام کارشده توسط مؤسسه حرا: موسسه حرا از بدو تشکیل تا کنون طی انجام بیش از ۵۹ پروژه حفاری زیرزمینی و عملیات بتنی در کارنامه خود داشته است که جمع ریالی پروژه های جاری موسسه ۱۵۰۰ میلیارد تومان است. عملکرد اجرایی این مؤسسه تا کنون به شرح زیر است:

فعالیت	حجم/مقدار

طول تونل حفاری شده	۱۵۰ کیلومتر
حجم حفاری زیرزمینی	۰۰۰/۲۰۰/۴ متر مکعب
خاکبرداری روباز	۰۰۰/۰۰۰/۱۶متر مکعب
خاکریزی	۰۰۰/۸۵۰/۳ متر مکعب
بتن ریزی در فضاهای زیرزمینی	۰۰۰/۶۶۶ متر مکعب

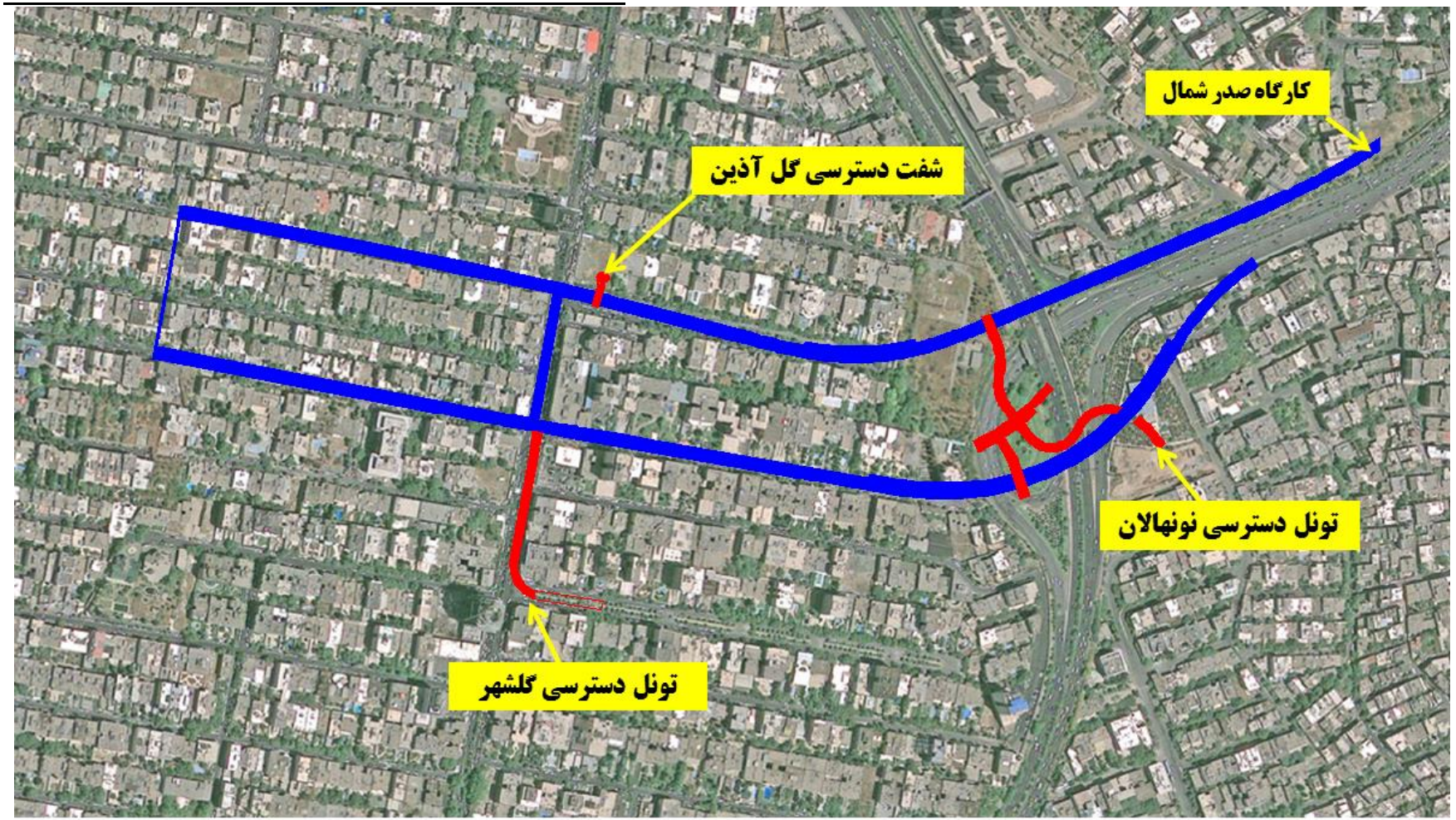
۳- معرفی پروژه

۱-۳- مشخصات جغرافیایی

از لحاظ جغرافیایی، پروژه تونل نیایش در بخش شمالی شهر تهران و در محدوده مناطق ۱و ۳ شهرداری تهران واقع است. محدوده تونل نیایش شامل بزرگراه نیایش، تقاطع کردستان- نیایش، پارک ملت، خیابان ولیعصرو آفریقاو همچنین بزرگراه مدرس و بزرگراه صدر می باشد.

در شکل زیر پلان مسیر تونل ارائه شده است.

معرفی مسیر تونل


کارگاه صدر شمال
شفت دسترسی گل آذین
تونل دسترسی نونهالان
تونل دسترسی گلشهر

بخش شرقی تونل نیایش

پروژه از دو تونل رفت و برگشت مجزا شمالی و جنوبی به عرض ۱۶ متر مطابق طرح هندسی مربوطه(تونل شمالی به طول ۲۸۲۶,۶۷ و تونل جنوبی به طول ۲۵۷۸,۷۳)

و تونل کردستان به طول ۹۴۶,۶۳ متر تشکیل شده است.

کل تونل های پروژه شامل تونل های اصلی، دسترسی و اضطراری حدود ۷۹۴۱ متر می باشد.

حجم کل حفاری تونل ۱ میلیون و۱۰۰ هزار متر مکعب و حجم کل خاک برداری ۱میلیون و۳۰۰ هزار متر مکعب خواهد بود.

۲-۳-ویژگی های خاص پروژه

- ویژگی فنی این پروژه تقاطع تونل های مختلف با تونل اصلی می باشد.
- تونل نیایش بزرگترین تونل ماشین رو ایران می باشد که با روش اتریشی(NATM) طراحی و احداث می شود.این تونل با سطح مقطع حدود ۲۰۰ متر مربع و طولی حدود ۶/۷ کیلومتر، همراه با بزرگترین تونل های طراحی و ساخته شده مشابه خارجی مانند تونل انگلبرگ آلمان(با سطح مقطع ۲۶۵ مترمربع در مصالح انهیدریت و ۲۰۰ متر مربع در مصالح نرم)، ایستگاه بیلبائو مترو اسپانیا با سطح مقطع ۲۰۰ متر مربع، تونل

گلوکنبرگ آلمان با سطح مقطع با ۱۷/۵ متر عرض،۱۲ متر ارتفاع وسطح مقطع ۱۷۵مترمربع و تونل بلانکا جمهوری چک با سطح مقطع ۱۷۳ متر مربع در زمره بزرگترین تونل های جهان می باشد.

- طرح رفتارنگاری جامع ژئوتکنیکی- سازه ای- ژئودتیکی به منظور کنترل و تضمین پایداری تونل و ساختمان های واقع در مسیر تونل.
- اجرای تونل با مجموعه ای از فناوریهای خاص در حفاری و تحکیم .

۳-۳- اهداف پروژه

- توسعه زیر ساخت ارتباطی شرق – غرب در نیمه شمالی کلانشهر تهران.
- توزیع ترافیک ورودی شمال شرق از طریق بزرگراه های پردیس و شهید بابایی.
- کاهش تراکم ترافیک در بزرگراه های صدر و مدرس.
- بهبود دسترسی شهروندان ساکن شمال شرق به مناطق مرکزی وغربی شهر و بالعکس.

۳-۴- مزایای طرح

- جلوگیری از انتشار آلاینده ها در هوا ،کاهش آلودگی هوا با کنترل آلایندگی ناشی از ۷۵ میلیون سفر سالیانه در شهر تهران
- افزایش ایمنی سفر با کاهش تداخلات ترافیکی
- فراهم آوردن پناهگاهی مناسب در هنگام وقوع زلزله برای ۳۵۰۰۰ نفر از شهروندان
- تسهیل تردد
- کاهش مسافت طی شده با تامین مسیر بهترو افزایش سرعت و کاهش زمان توقف
- کاهش آلودگی صوتی
- خروج ترافیک از بافت شهری

۵-۳- معرفی عوامل پروژه

موضوع پروژه	احداث تونل صدر -نیایش
کارفرما	شهرداری تهران - معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران
مجری	سازمان مهندسی و عمران شهر تهران
مشاور /نظارت	مشارکت مهندسین مشاور پژوهش عمران راهوار D2 consult
پیمانکار بخش شرقی	قرارگاه سازندگی خاتم الانبیاء -قرب نوح (ع)- موسسه حراء
پیمانکار بخش غربی	مشارکت مجتمع عمرانی ایرانشهر -شرکت ساختمانی تابلیه
محل اجرا	بزرگراه(نیایش(نبش بزرگراه کردستان) الی بزرگراه صدر(پل شریعتی)
تاریخ شروع رسمی عملیات اجرایی	۱۳۹۰/۳/۷

۳-۶- مطالعات اولیه پروژه

مطالعات ساختگاه تونل صدر -نیایش

قبل از حفر و احداث تونل، بایستی منطقه مورد نظر را مطالعه کرد و مناسب ترین مسیر را برای آن برگزیدو آنگاه مسیر انخاب شده را مورد مطالعه قرار داد .با وجود اینکه این مطالعات بسیار پر هزینه و زمان بر است اما با عدم انجام دادن آنها مشکلات اساسی ضمن احداث تونل رخ خواهد داد.
جمع آوری اطلاعات : مراجعه به سازمان ها و موسساتی که در آن منطقه کار کرده اند .مانند اداره گاز ومخابرات و....
بررسی توپوگرافی و عکس های هوایی منطقه برای تعیین محل چین خوردگی ها، درز ها، گسلها

۱-۶-۳- مطالعات زمین شناسی

آگاهی از وضعیت زمین شناسی منطقه از جمله ضروری ترین اطلاعات مورد نیازطراحی تونلها می باشد.
تونل نیایش در منطقه شمالی شهر تهران واقع شده است.
همچنین بر اساس نقشه تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی محدوده پروژه بر روی سازند A قرار دارد.

TEHRAN

حفر گمانه های اکتشافی

هدف از حفر گمانه ها شناسایی وضعیت، ضخامت، جنس و مشخصات فیزیکی و مکانیکی سنگ هایی است که تونل از آنها عبور می کند .حفاریهای اکتشافی در تونل نیایش شامل 20 عدد گمانه و 24 عدد چاهک می باشد.

شکل (۳)

شکل (۴) – اطلاعات لایه بندی

اطلاعات حاصل از این مرحله نشان داد که تونل به سازند B وA برخورد خواهد کرد .ضخامت سازندA در حدود 1200 متر می باشد. به دلیل شرایط رسوبگذاری، مشخصات سازندA بسیار متغیر خواهد بود.

سازند Bدر محل کانال های قدیمی بر روی سازند A رسوب کرده است. همانطور که درشکل(۵) مشاهده میشود کنتاکت سازند BوAبه صورت دگر شیب میباشد

شکل (۵) – کنتاکت ناهم شیب سازند A و B

Ground Advance Classification

Location		Main Tunnel											
Lane Number		2+1											
Type		2A				2B				2C			
Ground Advance Classification		2AI	2AII	2AIII	2AIV	2BI	2BII	2BIII	2BIV	2CI	2CII	2CIII	2CIV
	Overburden [m]	8-15				15-30				>30			
	Total Length [m]	see Zoning Plan				see Zoning Plan				see Zoning Plan			
Geotechnic Specification	Description	High Cemented Clayey Sand or Gravel											
	Internal Friction	>36	34-36	32-34	30-32	>36	34-36	32-34	30-32	>36	34-36	32-34	30-32
	Cohesion [kpa]	45-55	35-45	30-35	25-30	45-55	35-45	30-35	25-30	45-55	35-45	30-35	25-30
	Permeability [cm/s]	1E-5--1E-4	1E-5--1E-4	1E-5--1E-4	1E-5--1E-4	1E-5--1E-4	1E-5--1E-4	1E-5--1E-4	1E-5--1E-4	1E-5--1E-4	1E-5--1E-4	1E-5--1E-4	1E-5--1E-4
	Density [gr/cm^3]	1.8--1.9	1.8--1.9	1.8--1.9	1.8--1.9	1.8--1.9	1.8--1.9	1.8--1.9	1.8--1.9	1.8--1.9	1.8--1.9	1.8--1.9	1.8--1.9

پروژه بخش شرقی تونل نیایش

	Module	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Construction	Initial Lining Thickness [cm]	30	30	30	30	30	30	30	35	35	35	35	40
	Temporary Initial Lining Thickness [cm]	--------	--------	15	15	--------	--------	15	20	--------	--------	20	30
	Temporary Invert Lining Thickness [cm]	--------	20	20	--------	--------	20	20	--------	--------	20	25	--------
	Sealing Thickness [cm]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Invert Type	Arch	Arch	Arch	Arch	Arch	Arch	Arch	Arch	Arch	Arch	Arch	Arch
	Lattice Girder Spacing	1.7--2.2	1.3--1.7	1.3--1.7	1.0--1.3	1.7--2.2	1.3--1.7	1.3--1.7	1.0--1.3	1.7--2.2	1.3--1.7	1.3--1.7	1.0--1.3
	Length of Round TH	1.7--2.2	1.3--1.7	1.3--1.7	1.0--1.3	1.7--2.2	1.3--1.7	1.3--1.7	1.0--1.3	1.7--2.2	1.3--1.7	1.3--1.7	1.0--1.3
	Length of Round Bench (=F x TH) **)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Length of Round Invert (=F x TH) **)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	Initial Lining Lattice Girder Bars	ϕ25 & 2•ϕ18	ϕ25 & 2•ϕ18	ϕ25 & 2•ϕ18	ϕ25 & 2•ϕ18	ϕ25 & 2•ϕ18	ϕ25 & 2•ϕ18	ϕ25 & 2•ϕ18	ϕ28 & 2•ϕ20	ϕ28 & 2•ϕ20	ϕ28 & 2•ϕ20	ϕ28 & 2•ϕ20	ϕ28 & 2•ϕ20
	Temporary Initial Lining Lattice Girder Bars	--------	ϕ20 & 2•ϕ18	ϕ20 & 2•ϕ18	ϕ20 & 2•ϕ18	--------	ϕ20 & 2•ϕ18	ϕ20 & 2•ϕ18	ϕ20 & 2•ϕ18	--------	--------	ϕ20 & 2•ϕ18	ϕ20 & 2•ϕ18
	Wire Mesh *)	ϕ8@200•200 (2 Layer)	ϕ8@200•200 (2 Layer)	ϕ8@200•200 (2 Layer)	ϕ8@200•200 (2 Layer)	ϕ8@200•200 (2 Layer)	ϕ8@200•200 (2 Layer)	ϕ8@200•200 (2 Layer)	ϕ8@200•200 (2 Layer)	ϕ8@200•200 (2 Layer)	ϕ8@200•200 (2 Layer)	ϕ8@200•200 (2 Layer)	ϕ8@200•200 (2 Layer)

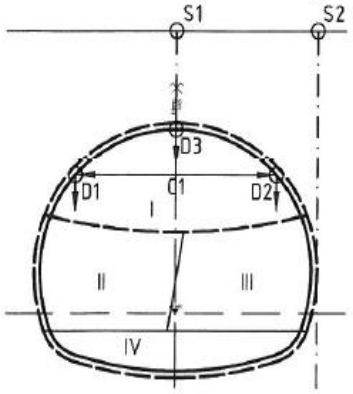
Settlement	S1	Surface Settlement [mm]	-27	-28	-17	-16	-29	-31	-22	-19	-33	-35	-26	-23
	S2	Surface Settlement [mm]	-22	-22	-14	-13	-28	-28	-21	-18	-31	-34	-25	-23
Deflection	D1	First Excavated Side Drift [mm]	-18	-17	-13	-7	-30	-34	-29	-13	-45	-52	-41	-19
	D2	Second Excavated Side Drift [mm]	-18	-17	-3	-5	-30	-34	-5	-9	-45	-52	-7	-12
	D3	Middle Drift [mm]	-17	-17	-20	-6	-27	-28	-38	-9	-38	-41	-51	-11
	C1	First Excavated Side Drift [mm]	-5	-6	-13	-2	-11	-14	-29	-5	-15	-23	-46	-9
	C2	Second Excavated Side Drift [mm]	-------	-------	-------	-5	-------	-------	-------	-5	-------	-------	-------	-14

TH.....Top Heading
F.....Factor
Module means Excavation Concept
*).....2 Layers – 1 Layer earthside, 1 Layer airside
**).....In case of maximum settlement and ground deflection length of round bench and length of round invert shall be reduced.

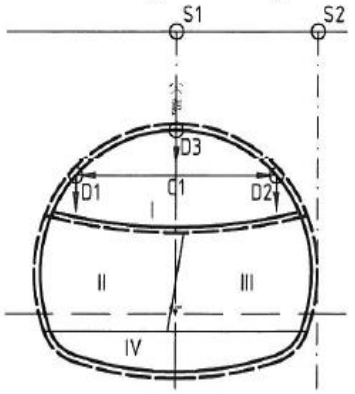
Modules

1:150

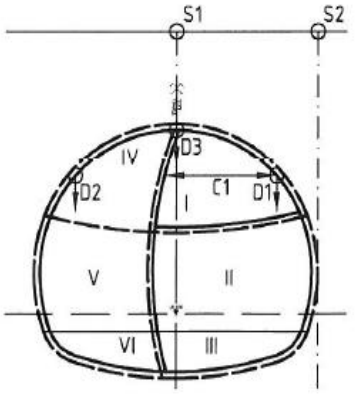
Module I - Top Heading



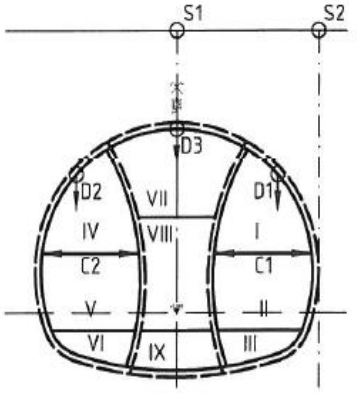
Module II - Top Heading / Invert



Module III - Half Side



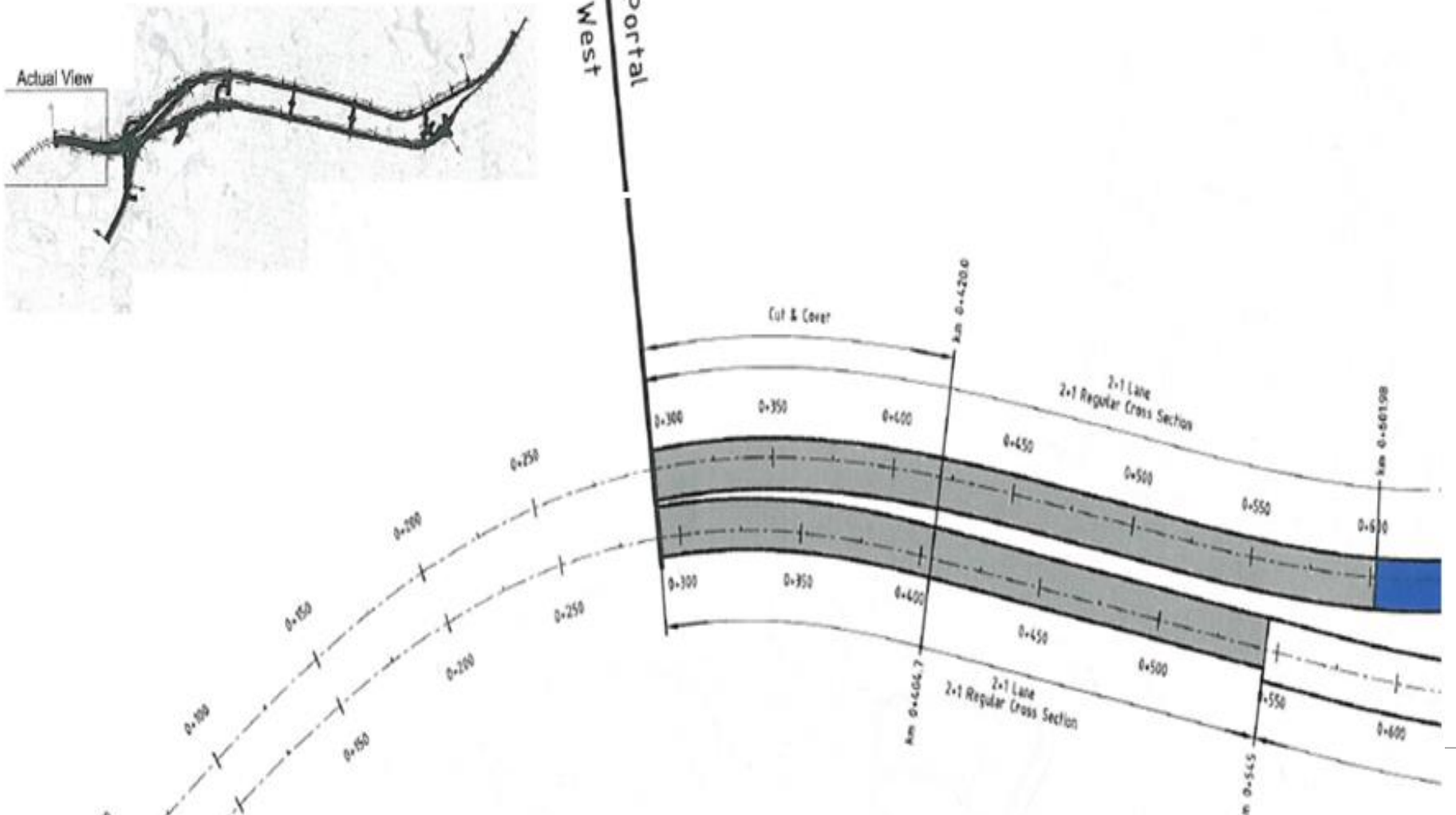
Module IV - Side Drift



پروژه بخش شرقی تونل نیایش

Zoning Plan Part 1/7

1:1000

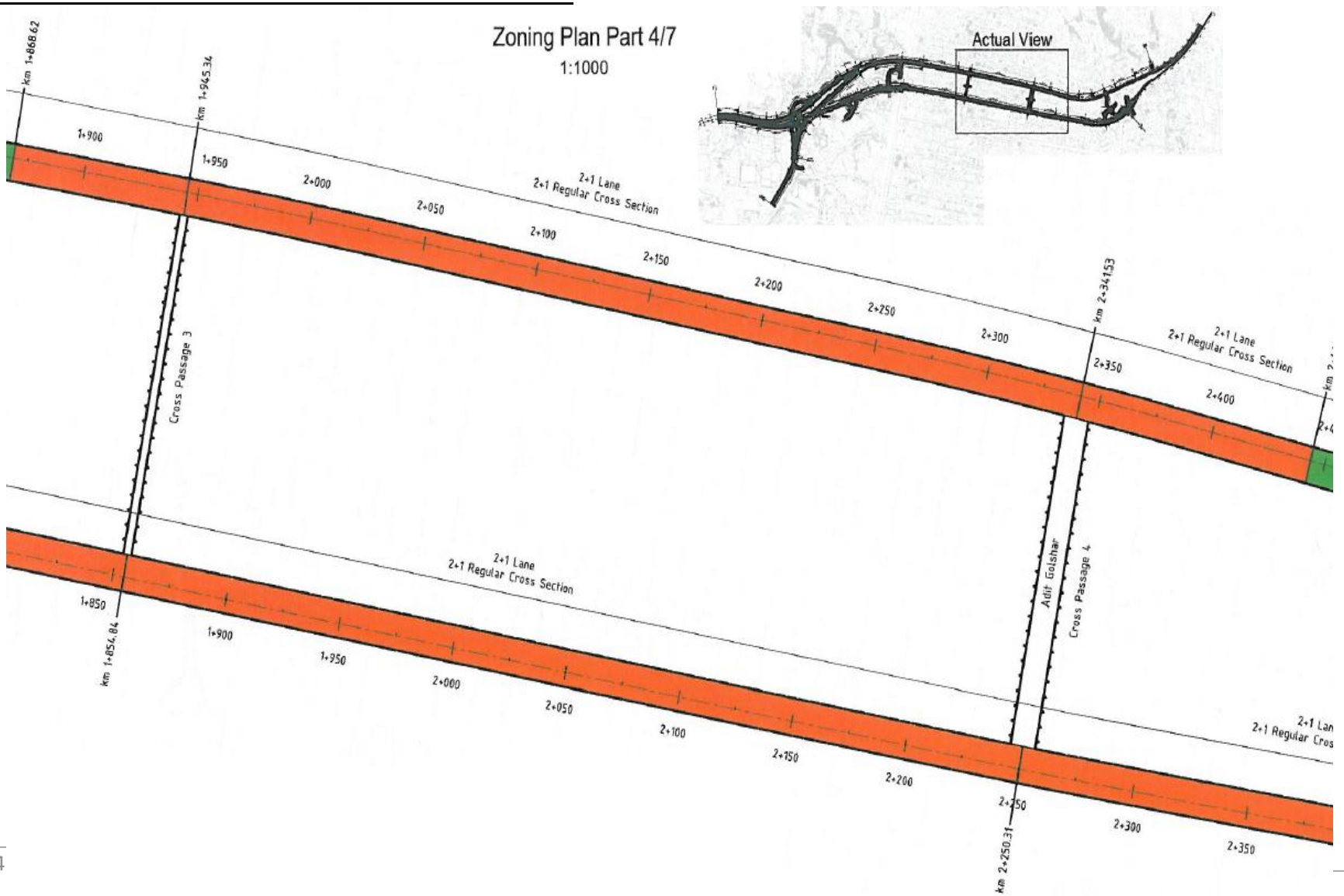


موسسه حرا

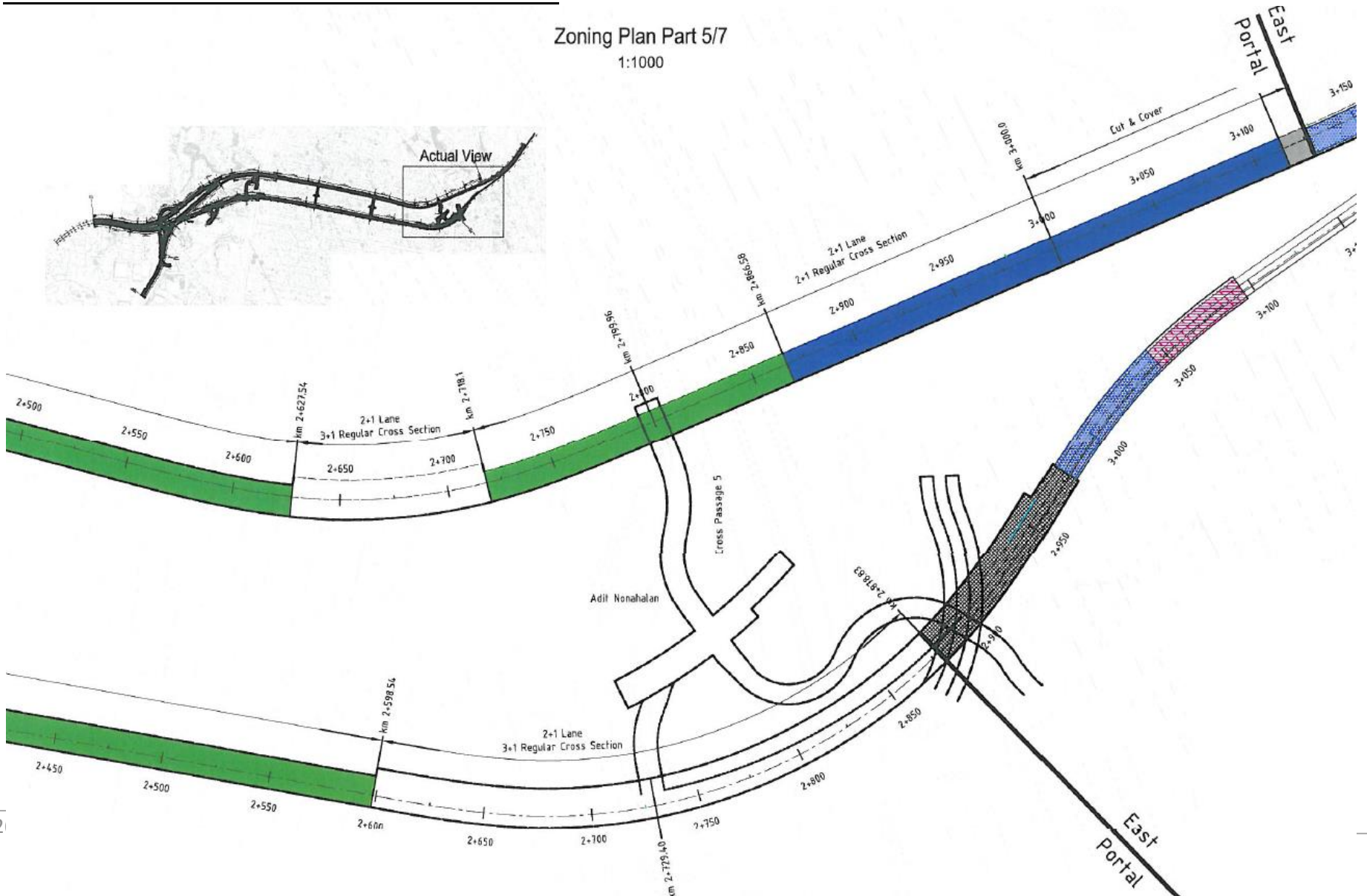
-

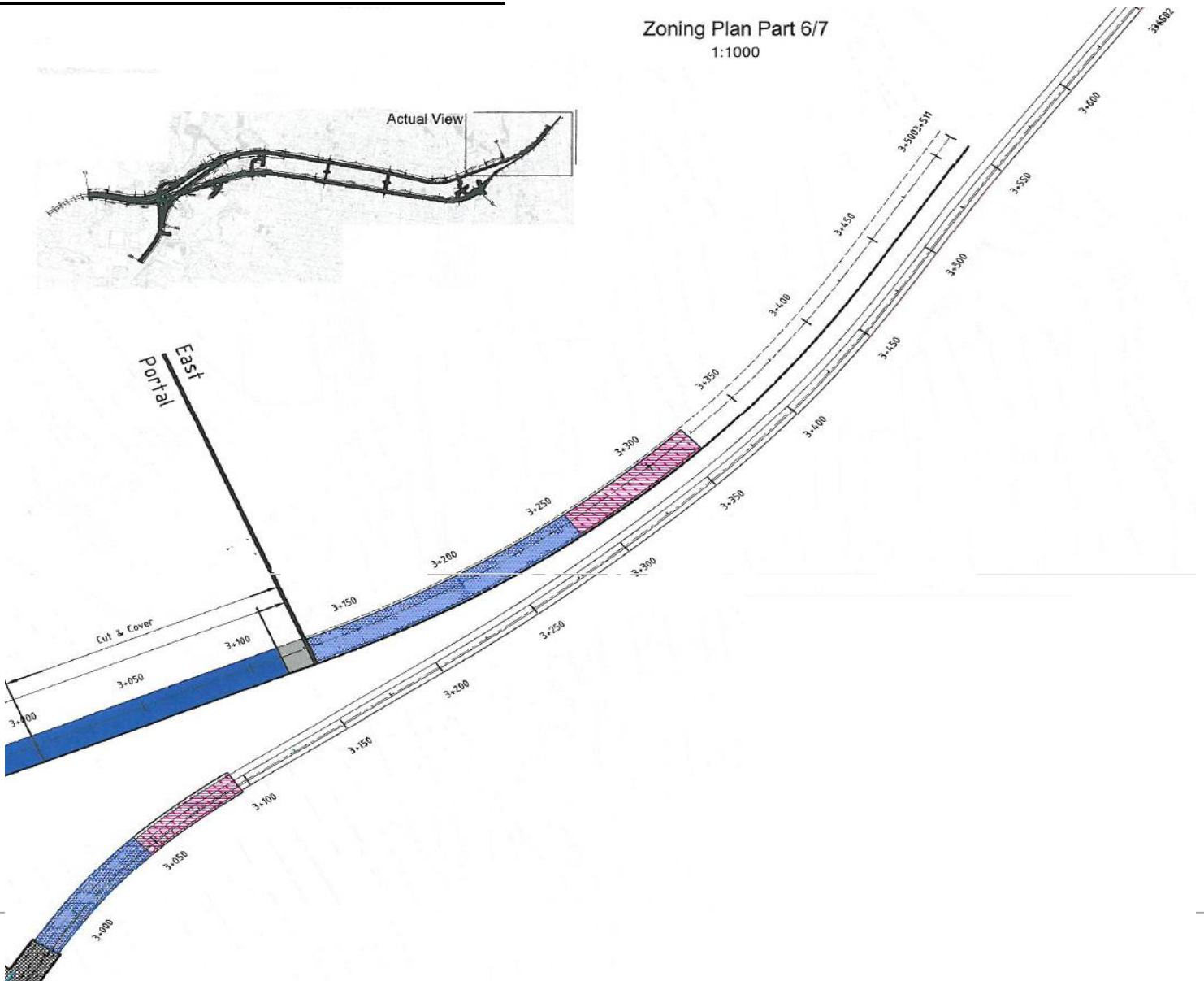
پروژه بخش شرقی تونل نیایش

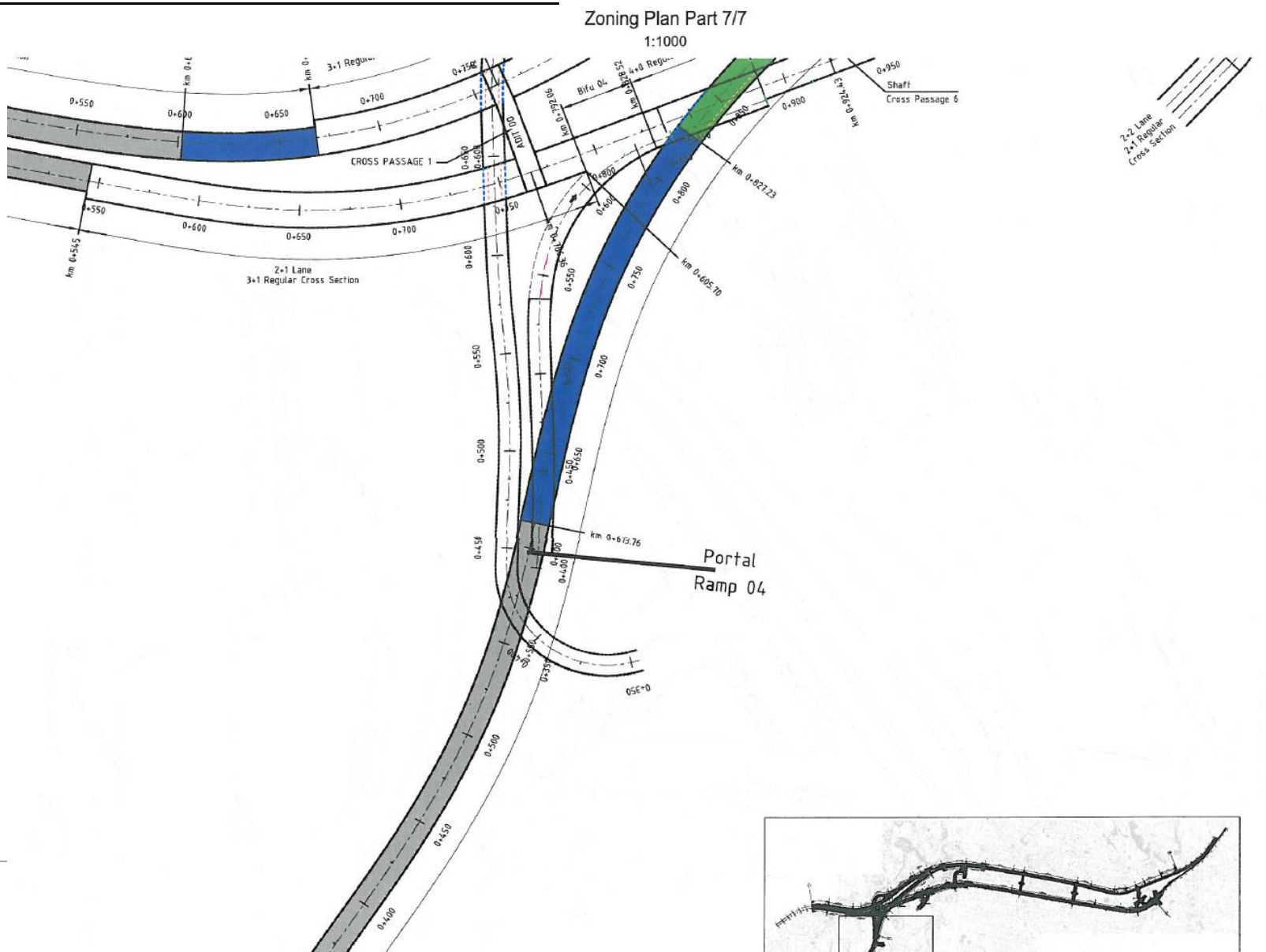
پروژه بخش شرقی تونل نیایش


Zoning Plan Part 4/7
1:1000
Actual View
km 1+868.62
km 1+945.34
1+900
1+950
2+000
2+050
2+100
2+150
2+200
2+250
2+300
2+350
2+400
2+1 Lane
2+1 Regular Cross Section
km 2+341.53
Cross Passage 3
1+850
km 1+854.84
Adit Golshar
Cross Passage 4
km 2+250.31

پروژه بخش شرقی تونل نیایش

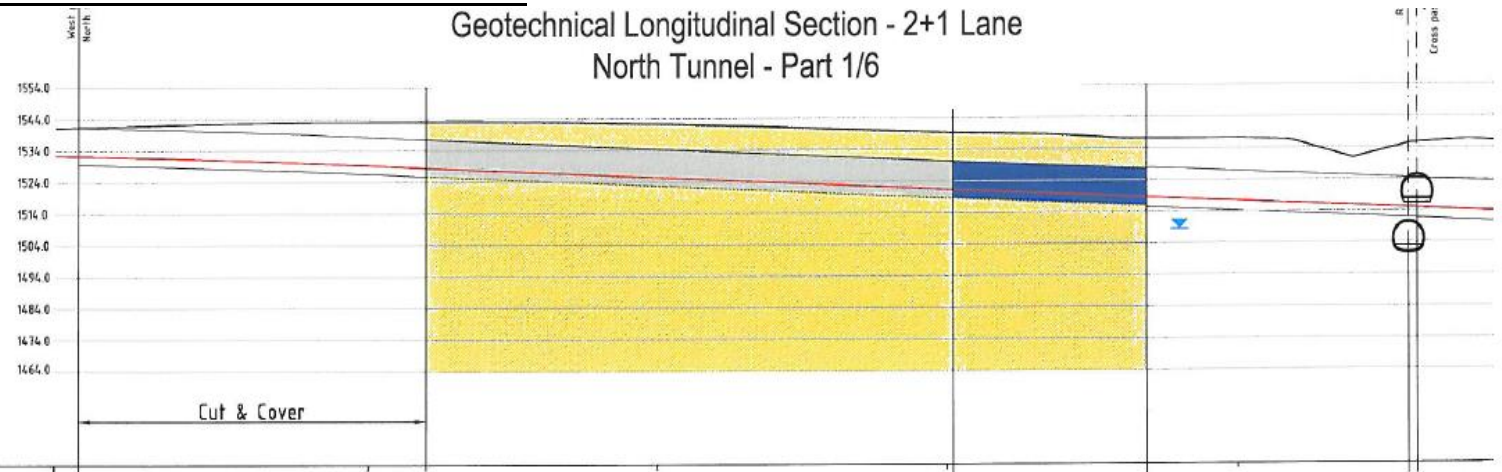



Zoning Plan Part 6/7
1:1000
Actual View
East Portal
Cut & Cover
3+000
3+050
3+100
3+150
3+200
3+250
3+300
3+350
3+400
3+450
3+500
3+550
3+600


Zoning Plan Part 7/7
1:1000
CROSS PASSAGE 1
2+1 Lane
3+1 Regular Cross Section
Portal
Ramp 04
Shaft
Cross Passage 6
2-2 Lane
2+1 Regular
Cross Section

موسسه حرا

پروژه بخش شرقی تونل نیایش



Station	Km 0+360.00	Km 0+400.00	Km 0+420.00	Km 0+500.00	Km 0+600.00 / Km 0+601.98	Km 0+666.50	Km 0+700.00	Km 0+759.07 / Km 0+762.06
Overburden [m]	< 8m				8m - 15m			
Lane number	2+1							
Regular Cross Section	2+1					3+1		

Geotechnical Specification	Geology description		High cemented clayey sand or gravel	
	Internal friction		34 to 35	
	Cohesion [KPa]		35 to 42	
	Elasticity [KPa]		80000 to 90000	
Ground Advance Classes See Note A	Type		2A	
	See Note B	Module I	-	
		Module II	0%	
		Module III	60%	
		Module IV	40%	
Surface settlement S1 [mm]			-16 to -28	
Surface settlement S2 [mm]			-13 to -22	

Initial lining strengthened section, see Note C

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

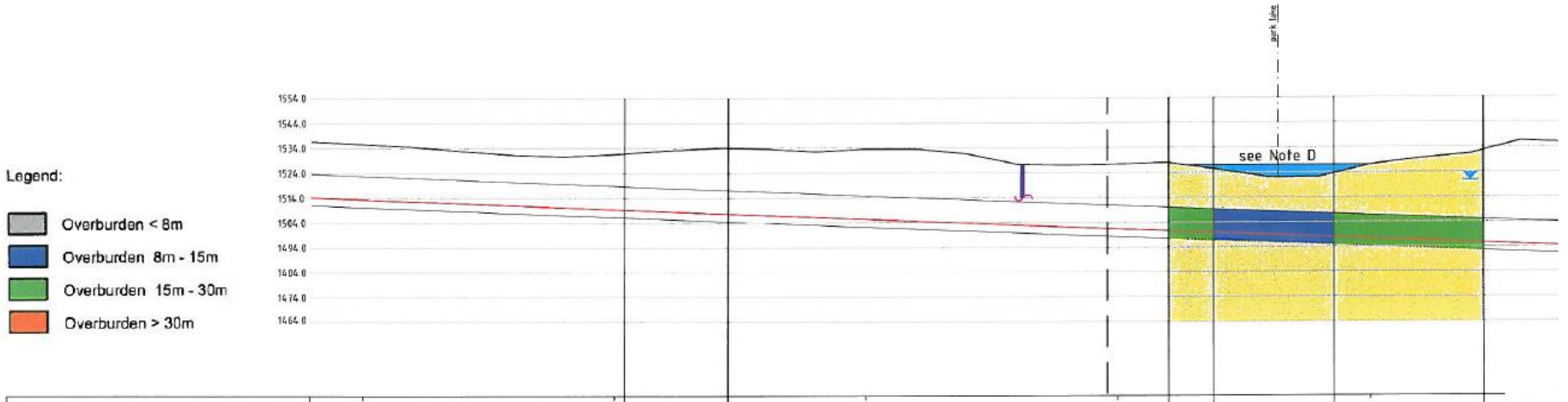
Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

موسسه حرا

-

پروژه بخش شرقی تونل نیایش

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1 Lane
North Tunnel - Part 2/6



Station	Km 0+800.00	Km 0+900.00 / Km 0+903.56	Km 0+965.09	Km 1+000.00	Km 1+100.00	Km 1+120.31	Km 1+137.69	Km 1+185.69	Km 1+200.00	Km 1+245.17
Overburden [m]					15m - 30m	8m - 15m		15m - 30m		
Lane number	2+1	Bifu 03	3+0		2+1					
Regular Cross Section	3+1		3+0		2+1					

Geotechnical Specification	Geology description		High cemented clayey sand or gravel		
	Internal friction		34 to 35	34 to 38	
	Cohesion [KPa]		35 to 42	30 to 45	
	Elasticity [KPa]		80000 to 90000	80000 to 120000	
Ground Advance Classes See Note A	Type		2B	2A	2B
	See Note B	Module I	0%		0%
		Module II	0%		0%
		Module III	60%		70%
		Module IV	40%		30%
Surface settlement S1 [mm]			-16 to -28		-19 to -31
Surface settlement S2 [mm]			-13 to -22		-18 to -28

Initial lining strengthened section, see Note C — 30m

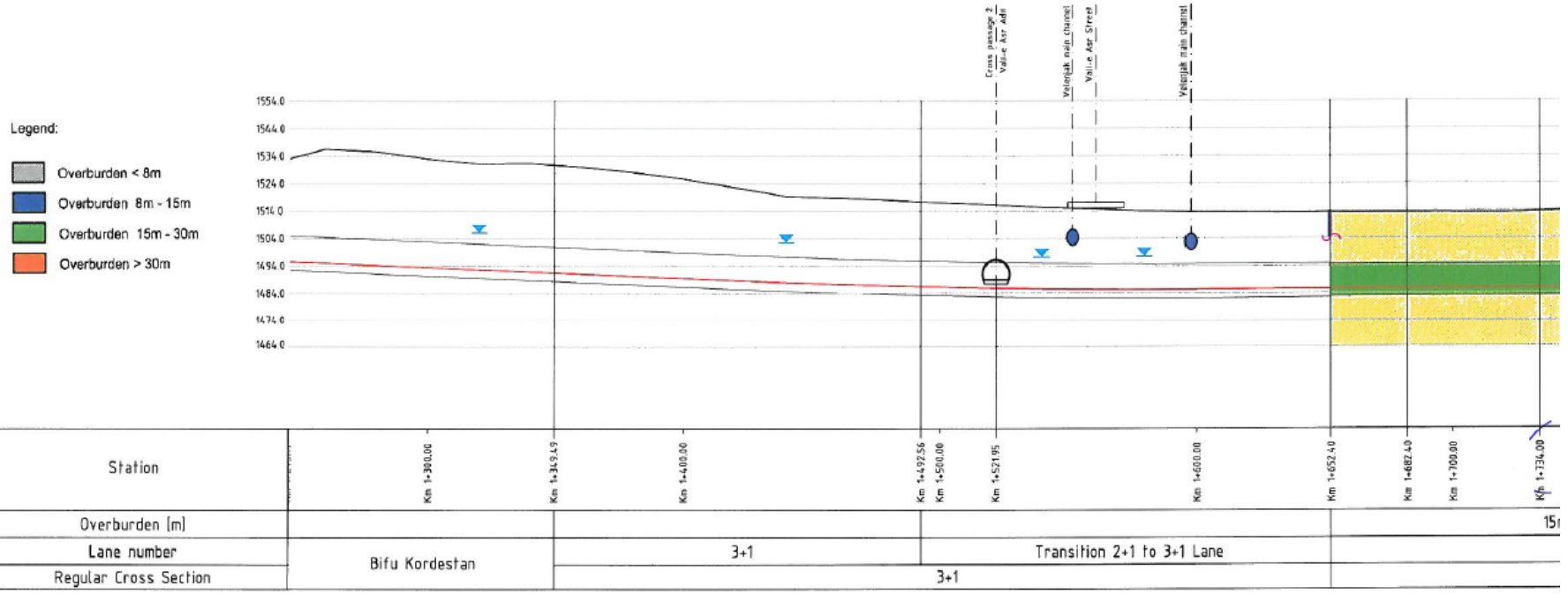
Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (–) it means excluded classes.

Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

Note D:
Perched water to the not water proofed bed of the lake to be investigated prior to the excavation.

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1 Lane
North Tunnel - Part 3/6



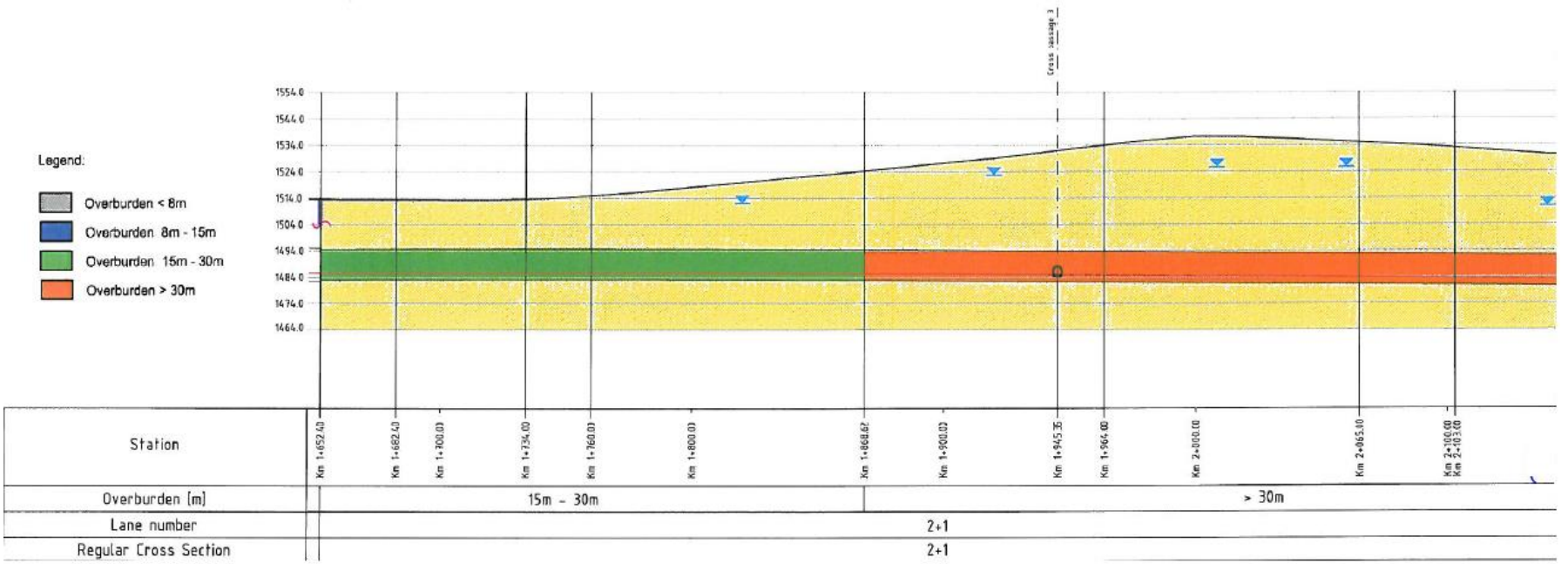
Station		Km 1+360.00	Km 1+349.49	Km 1+400.00	Km 1+492.56	Km 1+500.00	Km 1+521.95	Km 1+600.00	Km 1+652.40	Km 1+682.40	Km 1+700.00	Km 1+734.00
Overburden [m]												15
Lane number		Bifu Kordestan		3+1			Transition 2+1 to 3+1 Lane					
Regular Cross Section				3+1								
Geotechnical Specification	Geology description											High cemented c
	Internal friction											34
	Cohesion [KPa]											30
	Elasticity [KPa]											80000
Ground Advance Classes See Note A	Type											
See Note B	Module I								-	-		
	Module II								-	-		
	Module III								-	80%		
	Module IV								100%	20%		1
Surface settlement S1 [mm]									-19	-19 to -22		

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1 Lane
North Tunnel - Part 4/6



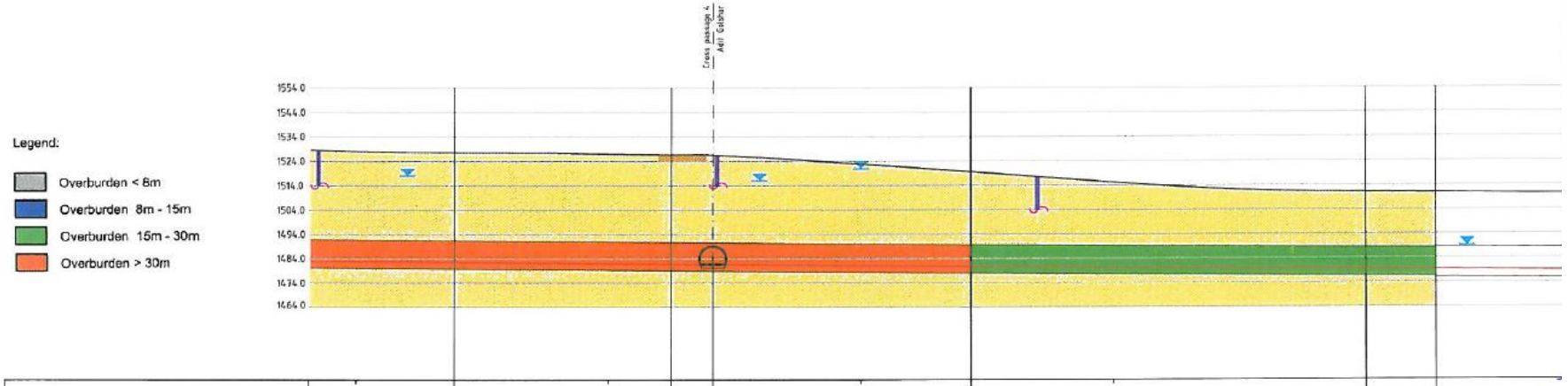
Station			Km 1+652.40	Km 1+682.40	Km 1+700.03	Km 1+734.03	Km 1+760.03	Km 1+800.03	Km 1+868.62	Km 1+900.03	Km 1+945.36	Km 1+964.00	Km 2+000.00	Km 2+065.30	Km 2+100.00 Km 2+103.00
Overburden [m]			15m - 30m							> 30m					
Lane number			2+1												
Regular Cross Section			2+1												
Geotechnical Specification	Geology description		High cemented clayey sand or gravel							High cemented clayey sand or gravel					
	Internal friction		34 to 38							34 to 35					
	Cohesion [KPa]		30 to 45							30 to 45					
	Elasticity [KPa]		80000 to 120000							80000 to 120000					
Ground Advance Classes See Note A	Type		2B							2C					
	See Note B	Module I	-	-	-	-				-	-	-			
		Module II	-	-	-	-				-	-	-			
		Module III	-	80%	-	20%				70%	-	80%			
		Module IV	100%	20%	100%	80%				30%	100%	20%			
Surface settlement S1 [mm]			-19	-19 to -22	-19	-19 to -22				-23 to -26	-23	-23 to -26			
Surface settlement S2 [mm]			-18	-18 to -21	-18	-18 to -21				-23 to -25	-23	-23 to -25			

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1 Lane
North Tunnel - Part 5/6



Station	Km 2+200.00	Km 2+239.00	Km 2+300.00	Km 2+325.00	Km 2+341.53	Km 2+400.00	Km 2+443.79	Km 2+500.00	Km 2+600.00	Km 2+642.54
Overburden [m]	> 30m						15m - 30m			
Lane number	2+1									
Regular Cross Section	2+1									3+1

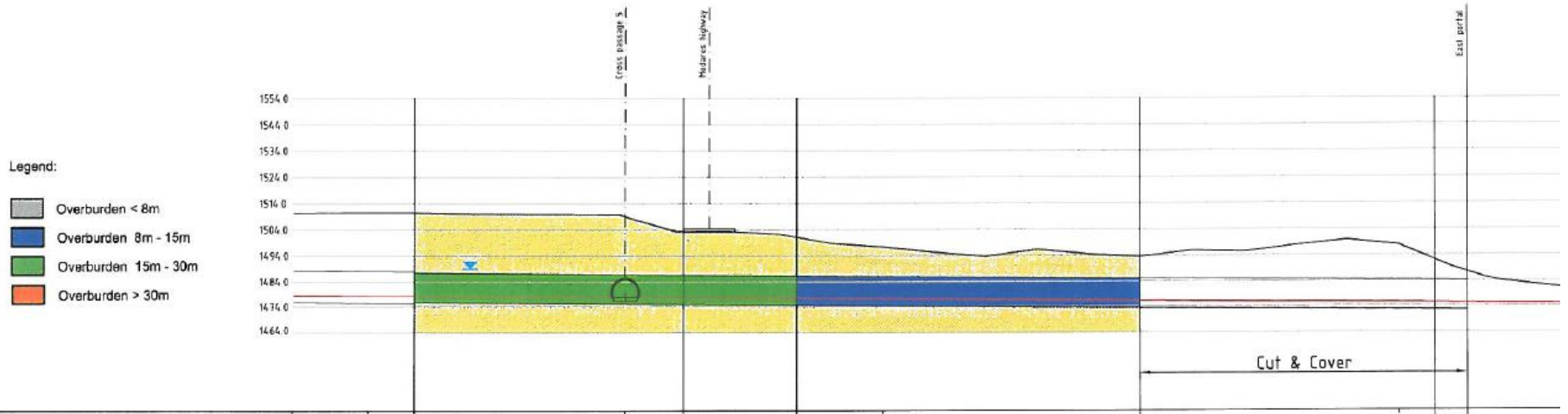
Geotechnical Specification	Geology description		High cemented clayey sand or gravel			High cemented clayey sand or gravel		
	Internal friction		34 to 35			34 to 38		
	Cohesion [KPa]		30 to 45			30 to 45		
	Elasticity [KPa]		80000 to 120000			80000 to 120000		
Ground Advance Classes See Note A	Type		2C			2B		
	See Note B	Module I	-	-	-	-	-	
		Module II	-	-	-	-	-	
		Module III	-	20%	-	70%	-	
		Module IV	100%	80%	100%	30%	100%	
Surface settlement S1 [mm]			-23	-23 to -26	-23	-19 to -22	-19	
Surface settlement S2 [mm]			-23	-23 to -26	-23	-18 to -21	-18	

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (–) it means excluded classes.

Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1 Lane
North Tunnel - Part 6/6



Station	Km 2+700.00	Km 2+798.10	Km 2+800.00	Km 2+822.63	Km 2+866.58	Km 2+900.00	Km 3+060.00	Km 3+100.00	Km 3+114.11	Km 3+126.67
Overburden [m]		15m - 30m				8m - 15m				<8m
Lane number						2+1				
Regular Cross Section	3+1					2+1				

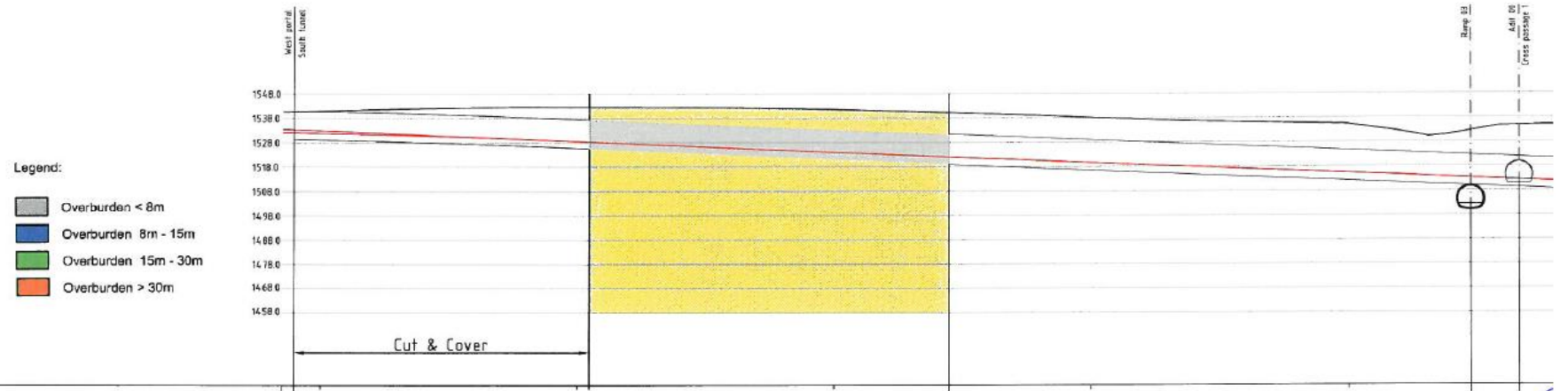
Geotechnical Specification	Geology description		High cemented clayey sand or gravel		High cemented clayey sand or gravel		
	Internal friction		34 to 38		34 to 35		
	Cohesion [KPa]		30 to 45		35 to 42		
	Elasticity [KPa]		80000 to 120000		80000 to 90000		
Ground Advance Classes See Note A	Type		2B		2A		
	See Note B	Module I	-	-	-		
		Module II	0%	-	0%		
		Module III	60%	-	60%		
		Module IV	40%	100%	40%		
Surface settlement S1 [mm]			-19 to -31	-19	-16 to -28		

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1
South Tunnel - Part 1/6



Station	Km 0+289.26 Km 0+300.00	Km 0+400.00 Km 0+404.70	Km 0+500.00	Km 0+545.60	Km 0+600.60	Km 0+700.00	Km 0+774.58	Km 0+866.36
Overburden [m]	< 8m							
Lane number	2+1							
Regular Cross Section	2+1			3+1				

Geotechnical Specification	Geology description		High cemented clayey sand or gravel	
	Internal friction		34 to 35	
	Cohesion [KPa]		35 to 42	
	Elasticity [KPa]		80000 to 90000	
Ground Advance Classes See Note A	Type		2A	
	See Note B Module I		0%	
	See Note B Module II		0%	
	See Note B Module III		70%	
	See Note B Module IV		30%	
Surface settlement S1 [mm]			-16 to -28	
Surface settlement S2 [mm]			-13 to -22	
Initial lining strengthened section, see Note C				

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

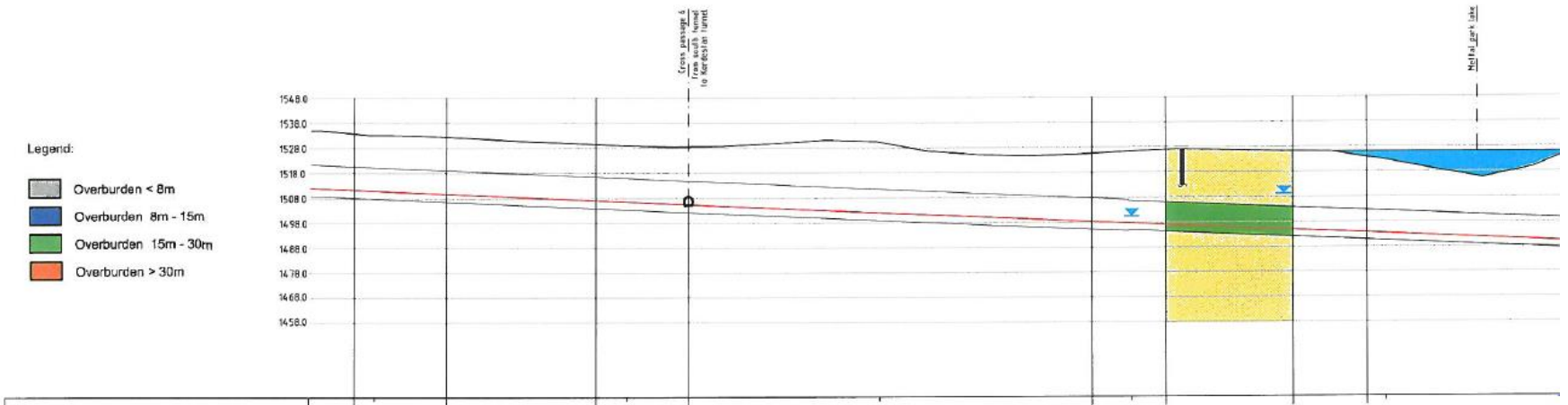
Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

موسسه حرا

-

پروژه بخش شرقی تونل نیایش

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1
South Tunnel - Part 2/6



Station	Km 0+792.06	Km 0+800.00	Km 0+828.52	Km 0+867.71	Km 0+900.00	Km 0+924.43	Km 1+000.00	Km 1+084.22	Km 1+100.00	Km 1+113.50	Km 1+163.50	Km 1+192.77	Km 1+200.00
Overburden [m]										15m - 30m			
Lane number		Bifu 04	3+1				3+0		Bifu	2+1	Bifu		3+0
Regular Cross Section			4+0				3+0		Carport 01	2+1	Carport 02		3+0

Geotechnical Specification	Geology description		High cemented clayey sand or gravel	
	Internal friction		34 to 38	
	Cohesion [KPa]		30 to 45	
	Elasticity [KPa]		80000 to 120000	
Ground Advance Classes See Note A	Type		2B	
	See Note B	Module I	0%	
		Module II	0%	
		Module III	70%	
		Module IV	30%	
Surface settlement S1 [mm]			-19 to -31	
Surface settlement S2 [mm]			-18 to -28	

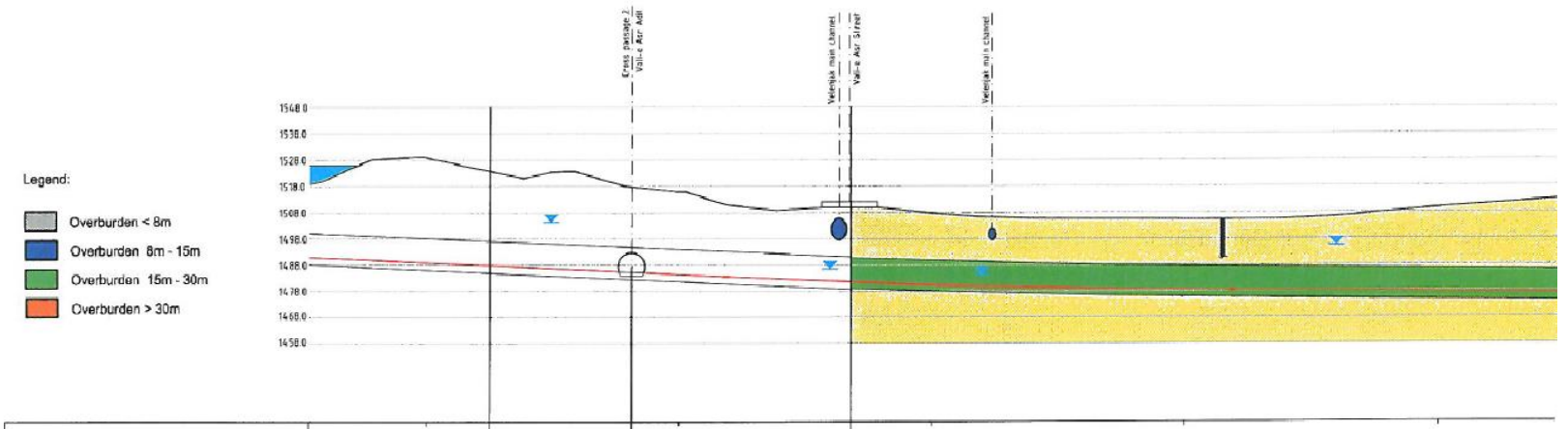
Initial lining strengthened section, see Note C	20m	20m

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1
South Tunnel - Part 3/6



Station	Km 1+300.00	Km 1+325.30	Km 1+381.25	Km 1+400.00	Km 1+468.20	Km 1+500.00	Km 1+600.00	Km 1+706.60
Overburden [m]					15m – 30m			
Lane number	3+0	2+1						
Regular Cross Section	3+0	3+1			2+1			

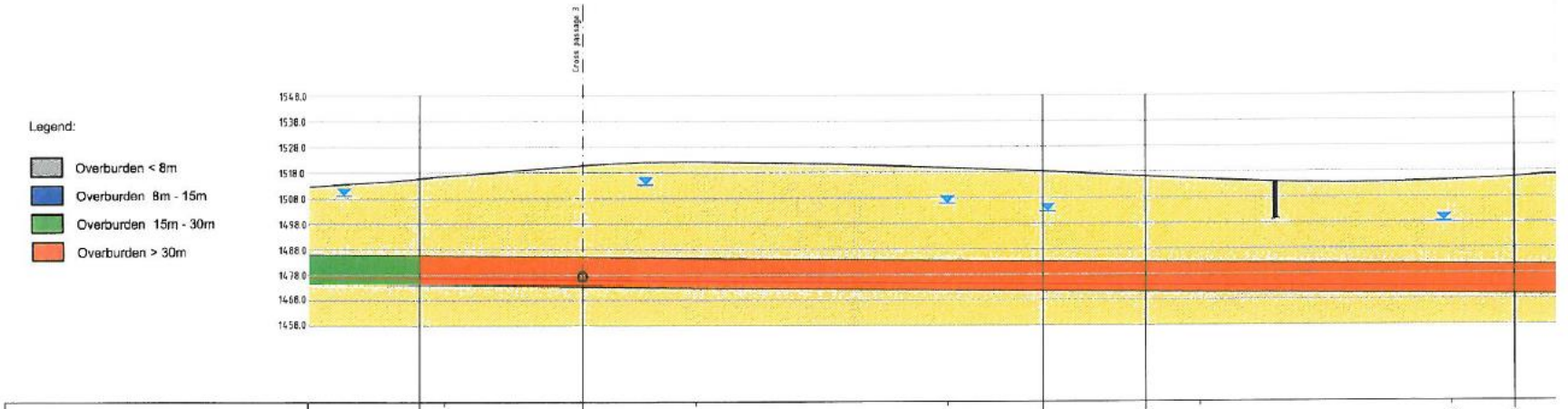
Geotechnical Specification	Geology description			High cemented clayey sand or gravel
	Internal friction			34 to 38
	Cohesion [KPa]			30 to 45
	Elasticity [KPa]			80000 to 120000
Ground Advance Classes See Note A	Type			2B
	See Note B	Module I		-
		Module II		-
		Module III		-
		Module IV		100%
Surface settlement S1 [mm]				-19
Surface settlement S2 [mm]				-18

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1
South Tunnel - Part 4/6



Station	Km 1+790.10	Km 1+800.00	Km 1+854.84	Km 1+900.00	Km 2+060.00	Km 2+038.00	Km 2+079.00	Km 2+160.00	Km 2+290.00	Km 2+225.00
Overburden [m]	15m - 30m				> 30m					
Lane number	2+1									
Regular Cross Section	2+1									

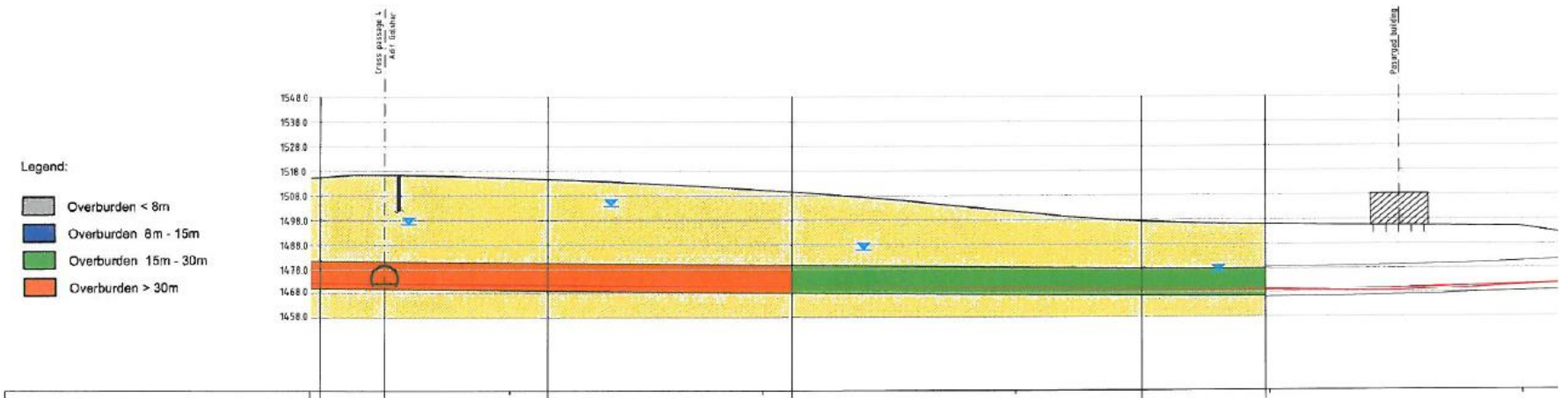
Geotechnical Specification	Geology description			High cemented clayey sand or gravel		
	Internal friction			34 to 35		
	Cohesion [KPa]			30 to 45		
	Elasticity [KPa]			80000 to 120000		
Ground Advance Classes See Note A	Type			2C		
	See Note B	Module I	-	-	-	
		Module II	-	-	-	
		Module III	-	70%	-	
		Module IV	100%	30%	100%	
Surface settlement S1 [mm]			-23	-23 to -26	-23	

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1
South Tunnel - Part 5/6



Station	Km 2+225.00	Km 2+250.31	Km 2+300.00	Km 2+315.00	Km 2+400.00	Km 2+411.47	Km 2+500.00	Km 2+550.00	Km 2+598.56 / Km 2+600.00	Km 2+700.00
Overburden [m]	> 30m					15m – 30m				
Lane number										
Regular Cross Section	2+1									

Geotechnical Specification	Geology description		High cemented clayey sand or gravel		High cemented clayey sand or gravel		
	Internal friction		34 to 35		34 to 38		
	Cohesion [KPa]		30 to 45		30 to 45		
	Elasticity [KPa]		80000 to 120000		80000 to 120000		
Ground Advance Classes See Note A	Type		2C		2B		
	See Note B	Module I	-	-	-	-	
		Module II	-	-	-	-	
		Module III	60%	-	-	90%	
		Module IV	40%	100%	100%	10%	
Surface settlement S1 [mm]			-23 to -26	-23	-19	-19 to -22	
Surface settlement S2 [mm]			-23 to -25	-23	-18	-18 to -21	

Initial lining strengthened section, see Note C	30m

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

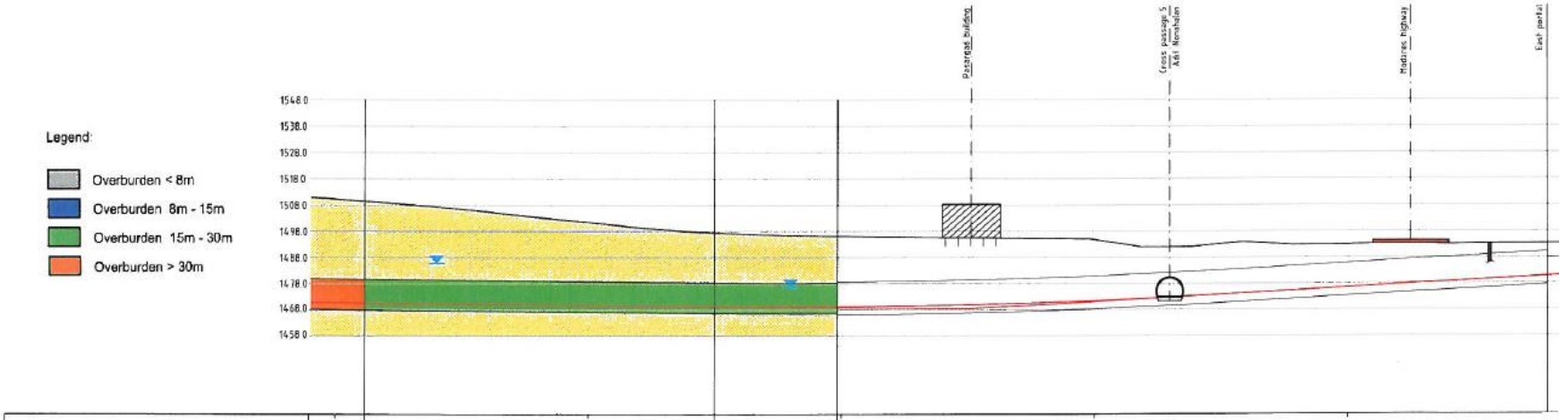
Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

موسسه حرا

-

پروژه بخش شرقی تونل نیایش

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1
South Tunnel - Part 6/6



Station	Km 2+400.00 / Km 2+411.67	Km 2+500.00	Km 2+550.00	Km 2+598.54 / Km 2+600.00	Km 2+700.00	Km 2+800.00	Km 2+878.85
Overburden [m]		15m - 30m					
Lane number					2+1		
Regular Cross Section	2+1				3+1		

Geotechnical Specification	Geology description		High cemented clayey sand or gravel		
	Internal friction		34 to 38		
	Cohesion [KPa]		30 to 45		
	Elasticity [KPa]		80000 to 120000		
Ground Advance Classes See Note A	Type		2B		
	See Note B	Module I	-	-	
		Module II	-	-	
		Module III	-	90%	
		Module IV	100%	10%	
Surface settlement S1 [mm]			-19	-19 to -22	
Surface settlement S2 [mm]			-18	-18 to -21	

Initial lining strengthened section, see Note C

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

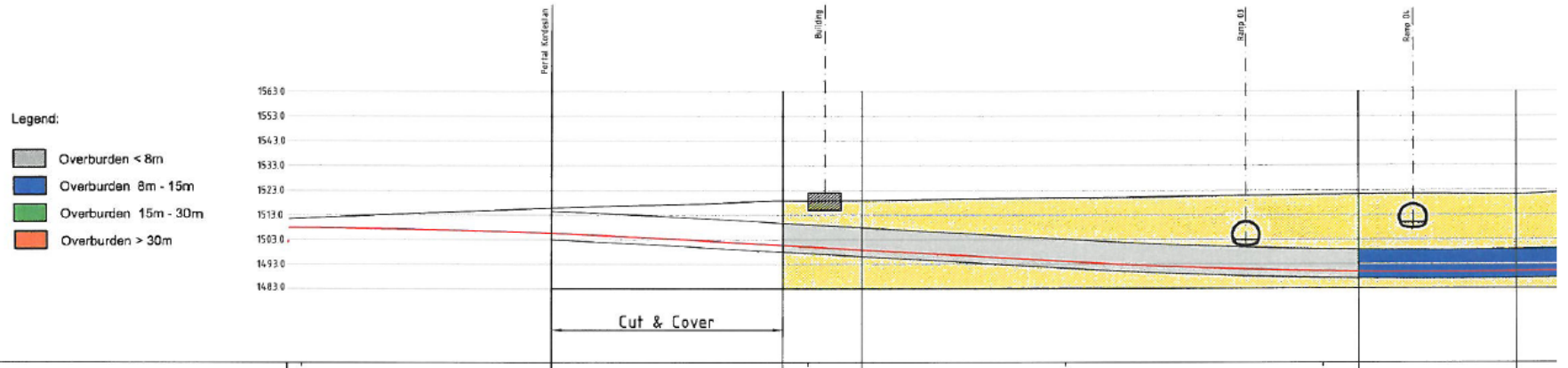
Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

موسسه حرا

-

پروژه بخش شرقی تونل نیایش

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1 Lane
Kordestan Tunnel - Part 1/3



Station	Km 0+200.00	Km 0+380.00	Km 0+400.00	Km 0+420.84	Km 0+500.00	Km 0+600.00	Km 0+613.76	Km 0+675.10
Overburden [m]			< 8m					
Lane number			2+1					
Regular Cross Section			2+1					

Geotechnical Specification	Geology description				High cemented clayey sand or
	Internal friction				34 to 35
	Cohesion [KPa]				35 to 42
	Elasticity [KPa]				80000 to 90000
Ground Advance Classes See Note A	Type				2A
	See Note B Module I		-		0%
	See Note B Module II		-		0%
	See Note B Module III		-		70%
	See Note B Module IV		100%		30%
Surface settlement S1 [mm]			-19		-16 to -28
Surface settlement S2 [mm]			-18		-13 to -22
Initial lining strengthened section, see Note C			30m	30m	150m

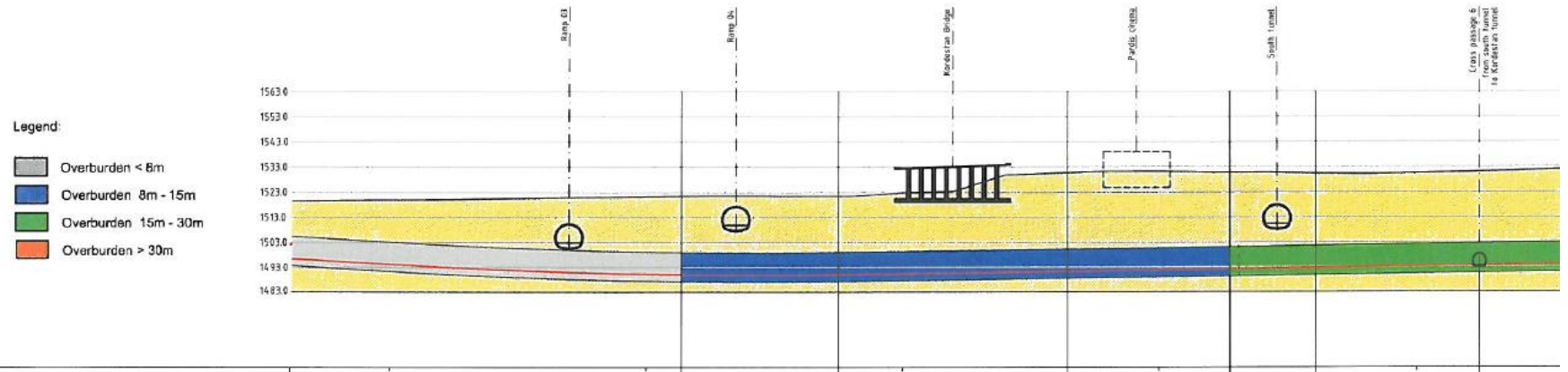
Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

پروژه بخش شرقی تونل نیایش

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1 Lane
Kordestan Tunnel - Part 2/3



Station	Km 0+500.00	Km 0+600.00	Km 0+613.76	Km 0+675.10	Km 0+700.00	Km 0+764.17	Km 0+800.00	Km 0+827.23	Km 0+860.82	Km 0+900.00	Km 0+924.43
Overburden [m]	< 8m			8m - 15m				15m - 30m			
Lane number	2+1			2+1							
Regular Cross Section	2+1			2+1							

Geotechnical Specification	Geology description		High cemented clayey sand or gravel				
	Internal friction		34 to 35				
	Cohesion [KPa]		35 to 42				
	Elasticity [KPa]		80000 to 90000				
Ground Advance Classes See Note A	Type		2A				
	See Note B	Module I	0%	-		-	
		Module II	0%	-		-	
		Module III	70%	-		-	
		Module IV	30%	100%		100%	
Surface settlement S1 [mm]			-16 to -28	-19		-19	
Surface settlement S2 [mm]			-13 to -22	-18		-18	

Initial lining strengthened section, see Note C	30m	150m	30m	20m

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

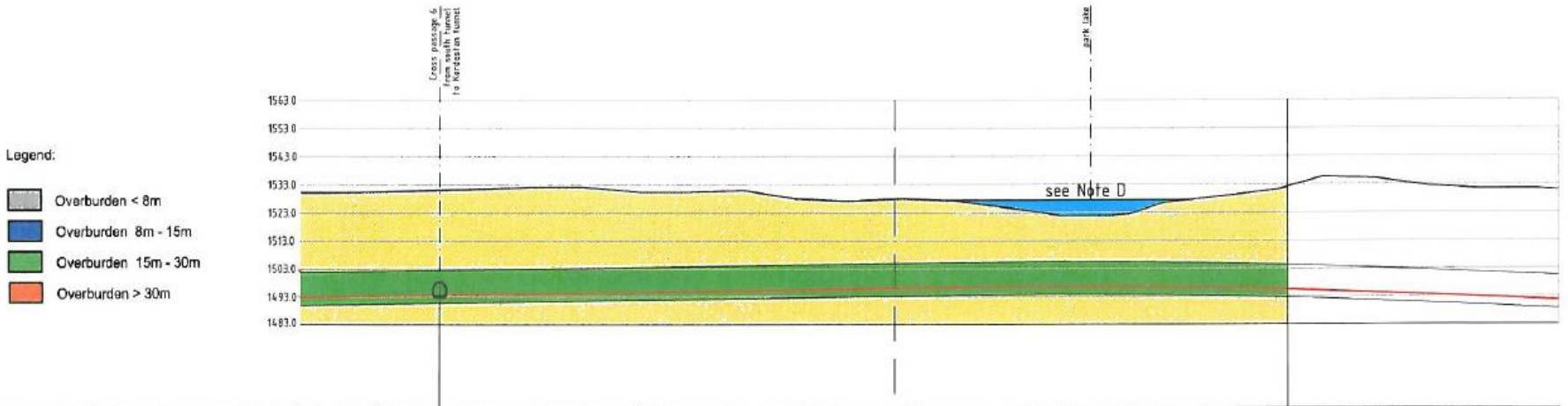
Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

موسسه حرا

پروژه بخش شرقی تونل نیایش

Geotechnical Longitudinal Section - 2+1 Lane
Kordestan Tunnel - Part 3/3



Station	Km 0+900.00	Km 0+924.43	Km 1+000.00	Km 1+246.63
Overburden [m]	15m - 30m			
Lane number	2+1			Transition to North Tunnel Bifurcation
Regular Cross Section	2+1			

Geotechnical Specification	Geology description	High cemented clayey sand or gravel	
	Internal friction	34 to 38	
	Cohesion [KPa]	30 to 45	
	Elasticity [KPa]	80000 to 120000	
Ground Advance Classes See Note A	Type	2B	
See Note B	Module I	0%	
	Module II	0%	
	Module III	70%	
	Module IV	30%	
Surface settlement S1 [mm]		-19 to -31	
Surface settlement S2 [mm]		-18 to -28	

Note A:
The ground class shall be defined on site directly at the face by the mutual agreement between Geotechnical Engineer and the Resident Engineer based on the geotechnical monitoring results.
Distribution shown on this drawing is only an assumption being decided on site on a daily/actual basis.

Note B:
If the table shows an assumption with percentages (%) the variations according to the actual conditions are possible. Otherwise, if there is a (-) it means excluded classes.

Note C:
In special areas (crossing, structures or merging to bifurcation, where strengthening of the lining is required) the measures and timely implementation shall be provided and individually instructed by the consultant.

Note D:
Perched water to the not water proofed bed of the lake to be investigated prior to the excavation.

۲-۳-۳ مطالعات آبشناسی

کنترل آبهای زیرزمینی منطقه و آگاهی از وضعیت نفوذپذیری سنگها هم از نظر حفاری تونل و هم از نظرطراحی سیستم نگهداری آن اهمیت بسیار بالایی دارد .در تونل صدر - نیایش نیز محل قرارگیری آبراهه ها وقناتهای مسیر پروژه تعیین شد .قناتها با شستن مصالح مجاور موجب ایجاد حفره هایی در مسیر خود میشوند .هر گاه این حفره ها در مسیر تونل قرار بگیرند موجب نشست زمین در آن محدوده می شوند.

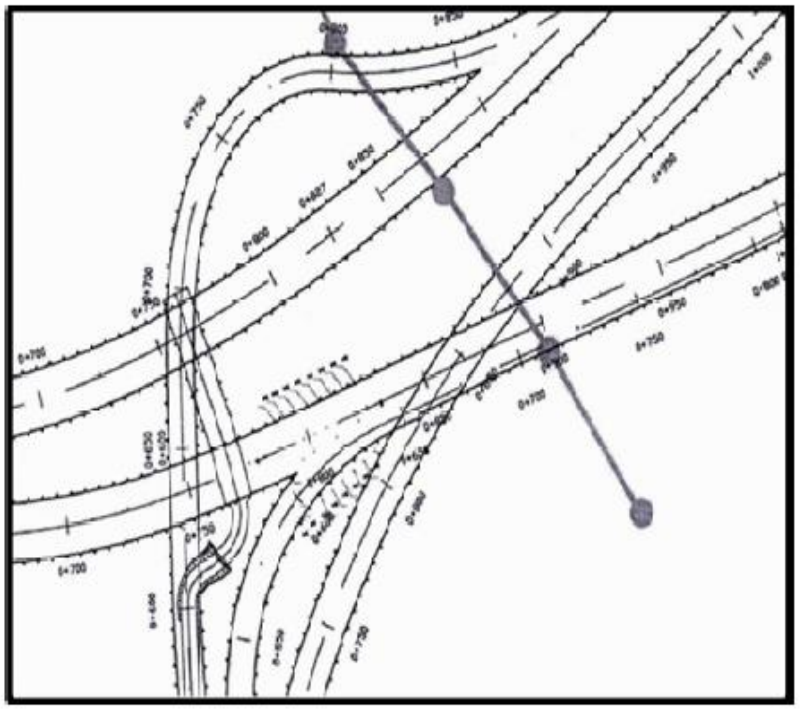
بررسی قناتها با استفاده از سه منبع انجام شده است:

- نقشه قنوات منطقه ۳ تهران
- سایت سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران
- عکسهای هوایی

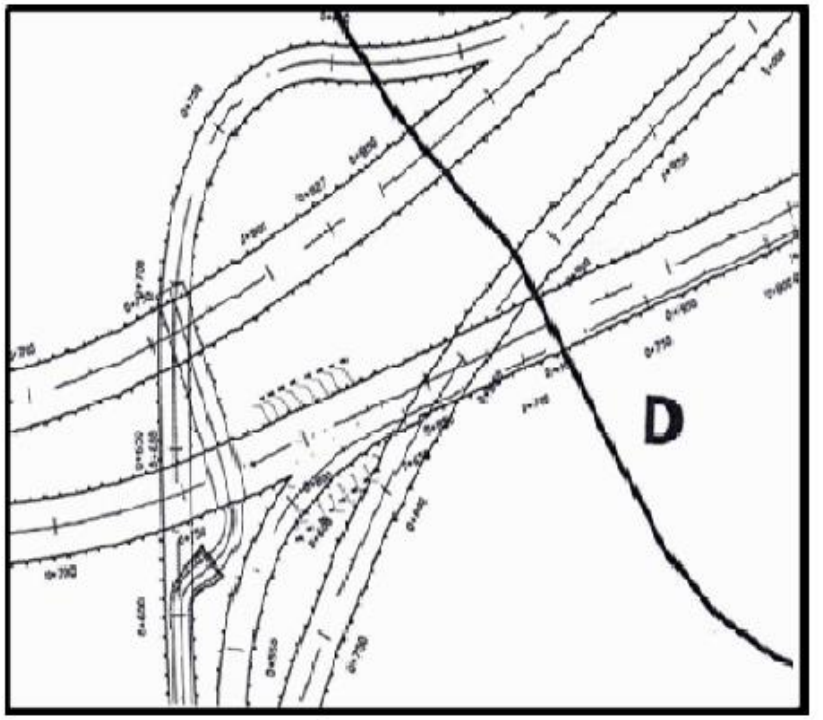
نقشه قنوات منطقه ۳ تهران تعداد دو رشته قنات را حدودا در کیلومترهای ۱۰۲۰ تونل شمالی و نیزکیلومتر ۲۱۸۰ تونل شمالی نشان داده است .لازم به ذکر است، نقشه مذکور در مقیاس منطقه ۳ تهران بوده و در مقایسه با طول پروژه از دقت کمی برخوردار است.

پروژه بخش شرقی تونل نیایش

سایت سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، دو قنات، در کیلومتر ۲۴۷۰ تونل شمالی و۱۶۲۰ تونل جن.بی را نشان داد.
همچنین با استفاده از عکس های هوایی مشاهده شد، علاوه بر قناتهای فوق حداقل دو رشته قنات درکیلومتر۸ تونل شمالی و هم چنین کیلومتر۱۱۵۰ تونل شمالی وجود دارد.(شکل۶)
آبراهه های مسیر:
بررسی عکس های هوایی نشان میدهد که در مسیر تونل نیایش حداقل ۱۳ مورد آبراهه واقع شده است که ممکن است گودال هایی در مسیر پروژه ایجاد کرده باشند .این گودال ها به دو صورت ممکن است بر روی حفاری تونل تاثیر گذار باشند:
تاثیر بر مصالح زمین و سست کردن خاک اطراف تونل .مشابه آنچه در تونل شمالی کیلومتر ۸۶۵ و تونل جنوبی کیلومتر ۸۹۷ دیده شد.(شکل۷)



شکل (۶) – عکس هوایی تعیین محل قنات‌ها



شکل (۷) – عکس هوایی، تعیین آبراهه های مسیر پروژه

۳-۶-۳- آزمایشات درجا

روش های تعیین مشخصات ژئوتکنیکی زمین به حالت درجا از جمله مهمترین مطالعاتی است که قبل از احداث تونل انجام میگیرد.

در تونل نیایش آزمایشات درجا شامل موارد زیر است:

- آزمایشات پرسیومتری
- SPT
- نفوذپذیری
- بار صفحه ای
- برش مستقیم درجا
- دانسیته درجا

شکل (۸) – آزمایش بار صفحه ای

شکل (۹) – آزمایش تعیین پارامترهای مقاومتی خاک

۳-۷- مشخصات فنی پروژه

۱-۷-۳- اصول کلی روش NATM

روش تونلسازی اتریشی(NATM) ، در فاصله سالهای ۱۹۵۷ تا ۱۹۶۵ در اتریش ابداع گردید. نام این روش در سال ۱۹۶۲ در سالزبورگ و جهت تمیز

از روش قدیمی تونلسازی اتریشی اعطا گردید. نخستین ارائه دهندگان این روش Ladislaus von Rabcewicz, Leopold Müller و Franz Pacherبودند. ایده نخستین این روش عبارت است از استفاده از فشارهای زمین شناسی در برگیرنده توده سنگ جهت مقاوم سازی ونگهداری تونل .

باید گفت که امروزه مطالعات گسترده ای از سوی متخصصین علم مکانیک سنگ در ارائه طرحی مطمئن برای نگهداری فضاهای زیرزمینی صورت می گیرد که بتواند سیستم نگهداری را به گونه ای طراحی کند که علاوه بر ایمن بودن، از نظر اقتصادی نیز معقول باشد. نتایج این مطالعات بر ضرورت بکارگیری روشهای مشاهده ای همچون NATM در تونلسازی تاکید دارد .

●ویژگی های اساسی ناتم:

ناتم روشی است مبتنی بر تابع نگاری رفتار توده های سنگ تحت بار و مانیتورینگ عملیات ساختمان زیرزمینی سنگ. واقعیت اینست که ناتم به عنوان یک مرحله از حفاری و نیز تکنیک های نگهداری مطرح نیست. ناتم بر هفت ویژگی استوار است :

۱ - بسیج مقاومت توده سنگ: این روش بر مقاومت ذاتی توده سنگ پیرامون به عنوان یک جز اصلی نگهداری شده در تونل، تکیه می کند. تکیه گاه اولیه طوری هدایت می شود که سنگ را قادرسازد تا بر خودش تکیه کند .

۲ - حمایت شاتکریت: سست کردن و نیز تغییر شکل بی اندازه سنگ می بایست به حداقل برسد. این امر با مهیا کردن لایه های نازک شاتکریت بلافاصله پس از پیشروی جبهه کار حاصل می آید .

۳ - اندازه گیری: هرگونه تغییر شکل ناشی از حفاری باید اندازه گرفته شود .ناتم به نصب تجهیزات اندازه گیری در سطح بالایی نیاز دارد. این در

آستر، زمین و گمانه ها جاسازی می شود .

۴ - تکیه گاه انعطاف پذیر: آسترگیری اولیه نازک است و شرایط لایه بندی اخیر را بازتاب می دهد. این مدل به کارگیری، نسبت به تکیه گاه مجهول سریعتر به کار می آید و موثر می شود. مقاوم سازی با یک آستر بتنی ضخیم به دست نمی آید بلکه با یک ترکیب منعطف از پیچ سنگ، سیم تنیده و شیارهای فولادی حاصل می گردد .

۵ - بستن وارونگی: بستن سریع وارونگی و ایجاد حلقه حامل بار دارای اهمیت است. این امر در تونلهای حفر شده در زمینهای نرم بسیار وخیم است، جایی که هیچ مقطعی از تونل نباید بطور موقت رها شود .

۶ - ترتیب قراردادی: دانش ناتم بر اساس اندازه گیری مانیتورینگ پایه ریزی شده است. تغییر در روش تکیه گاه و ساختمان امکان پذیر است. این تنها در شرایطی ممکن است که سیستم قراردادی قادر به تغییرات باشد .

۷ - اندازه گیری پشتیبانی رده بندی توده سنگ: رده های اصلی سنگ برای تونل و پشتیبانی متناظر آن موجود است. اینها برای هدایت در زمینه تقویت تونل بکار می روند.

اصول کلی ناتم :

تونلزنی به روش جدید اتریشی در خاکهای سست تا سنگ های سخت و مقاوم و در اعماق کم (در جهت به حداقل رساندن نشست سطح) تا اعماق زیاد و بیش از ۱۰۰۰ متر تحت میدانهای تنش ناشی از عملیات معدنکاری انجام گرفته است .

بنابراین اصول زیر به طور کلی قابل اعمال می باشند. این اصول در مقاله آقای دکتر فکر به ترتیب زیر آورده شده است :

عنصر اصلی باربری یک تونل، توده سنگ پیرامونی آن می باشد .

بنابراین یکی از اصول عبارت می باشد از: حفظ مقاومت اولیه سنگ تا آنجایی که امکان داشته باشد .

اتساع یا جابجایی ها باید به حداقل رسانده شود زیرا موجب پایین آوردن مقاومت می گردد .

وضعیت تنش تک محوری یا دو محوری، شرایط نامناسب برای تونل بوده و باید از آن اجتناب گردد .

دگرشکلی ها باید به طرزی تحت کنترل درآید که توده سنگ پیرامون تشکیل یک حلقه باربر حول تونل را بدهد. به گونه ای که از دست رفتن مقاومت به وسیله اتساع در سطحی قابل قبول نگهداشته شود. با اجرای خوب این کنترل، ایمنی واقتصاد افزایش می یابد.

برای رسیدن به این منظور، تکیه گاه اولیه می بایست در زمان درست نصب گردد .

عامل زما ن به ویژه سیستم ترکیبی سنگ به اضافه تکیه گاه اولیه، باید به صحت کافی تخمین زده شود .

- تخمین عامل زمان بستگی دارد به:

الف : آزمونهای آزمایشگاهی

ب : آزمونهای درجا

ج : رده بندی توده سنگ

از این سه نرخ دگرشکلی و زمان پابرجایی می تواند استنتاج شده و با رفتار واقعی تونل در حین ساختمان تطبیق و کنترل گردد .

هرجا که دگرشکلی ها زیاد بود و یا سست شدن توده سنگ انتظار می رود، می بایست از تماس کامل تکیه گاه اولیه با جدار تونل در محل برخورد

اطمینان حاصل اید. این امر با بکار گرفتن شاتکریت به بهترین نحو حاصل می گردد .

تکیه گاه اولیه باید نازک و دارای صلبیت خمشی پایین باشد، از این رو گشتاورهای خمشی پایین آورده و وقوع شکستگی ها در اثر خمش به حداقل می رسد .

افزایش نگهداری با شبکه توری اضافی، قابهای فولادی، سیمهای فولادی، سیم مهارها یا میل مهارها حاصل می آید نه با آسترگیری ضخیمتری نوع و مقدار تکیه گاه و زمان نصب، از نتایج اندازه گیری دگرشکلی ها تعیین می گردد .

از نظر استاتیکی تونل را می توان لوله ای ضخیم (یا حلقه ای دوبعدی) که از توده، سنگ و آسترگیری تشکیل یافته در نظر گرفت .

از آنجا که یک لوله مساعدترین ویژگی پایداری را بدون آنکاه درز داشته باشد داراست، بستن همزمان کف تونل در هنگامیکه سنگ دارای مقاومت کافی نباشد دارای اهمیت است .

رفتار توده سنگ با بستن به موقع کف تونل تعیین می گردد. پیشروی های زیاد در طاق منجر به دیر بسته شدن کف و آنهم منجر به تشکیل لوله نیمه آسترگیری اولیه گردیده که نتیجه آن بروز گشتاورهای بزرگ خمشی در جهت محور تونل می باشد که منجر به ایجاد تمرکز تنش زیاد در سنگ، در پای دیواره های جانبی می گردد .

حفاری پیشانی کامل، بهترین روش برای دستیابی یک توزیع یکنواخت تنش است .هر چند که در سنگهای سست، حفاری بخش بخش، برای پایداری در حین ساختمان ممکن است لزوم پیدا کند .

روند حفاری و نگهداری برای پایداری مهم می باشد. زیرا آنها عامل زمان توده سنگ را تحت تاثیر قرار می دهند .

تغییر در طول دوره حفاری، زمان بستن کف، طول پیشروی طاق، مقاومت و زمان نصب تکیه گاه تماما به طور سیستماتیک برای کنترل فرآیند

توزیع مجدد تنش و پایدارسازی به کار گرفته میشوند .

در موارد آستربندی مضاعف، آستربندی نهایی باید همچنان نازک باشد. تنش عمود می باید بر روی تمام سطح تماس بین آستربندی ها منتقل گردیده و تنش برشی در سطح برخورد می باید پایین باشد .

کل سیستم، توده سنگ به اضافه پوشش می بایست با نگهداری اولیه پایدار گردند .

در صورت خورنده بودن آبهای زیرزمینی آستربندی نهایی می بایست قادر به پایدار سازی توده سنگ به تنهایی باشد. سیم مهارها تنها می توانند به عنوان یک نگهدارنده دائمی تلقی گردند، البته در صورتی که از گزند خورندگی در محیطهای خاص در امان باشند .

برای کنترل ایمنی سازه تونل، اندازه گیری تنش بتن و تنش برخورد در مرز بین سنگ و آستربندی ضرورت دارد. اندازه گیری دگرشکلی ها همچنان ادامه پیدا می کند .

فشار ایستایی آب بر روی پوشش و فشار جریان در توده سنگ با زهکشی مناسب پایین آورده می شود .

به طوری که از این اصول دریافت می شود، ناتم روند و دستور کاری نیست که با دنبال کردن آن به نتیجه مورد نظر رسید بلکه عبارت است از مجموعه ای از ایده ها که به ویژگی های زمین شناسی منطقه توجه ویژه ای دارد. این روش در نتیجه تجربیات متعدد در کار تونلزنی به دست آمده است و برای به دست آوردن هر یک از این ایده ها و نیز جمعبندی آنها به عنوان یک روش سالهای زیادی وقت صرف شده است. نوآوری اساسی این ایده، یک فن ساختمانی یا یک روش خاص محاسباتی نمی باشد، اما برای ساختمان تونل در توده سنگ و چگونگی برخورد با آن ارائه طریق می نماید .

یکی از اصول موفقیت زا این روش گردآوری موضوعات متعدد از مهندسی عمران و مکانیک سنگ می باشد که شامل موضوعات نظری و عملی

است .

روش اجرای ناتم :

با اینکه هنوز هیچ پشتوانه نظری حقیقی برای ناتم وجود ندارد اما عواملی وجود دارند که منجر به موفقیت این روش می گردند که عبارتند از :
۱ -بتن پاشی به عنوان سازنده سازه ترکیبی قوس سنگ که به حلقه حمال سنگ موسوم بوده و حفره را احاطه می کند .
۲ -بتن پاشی به مراتب قدیمی تر از ناتم می باشد اما ویژگی های عالی آن از نظر مقاومت و لغزش، این روش را به عنوان یکی از ابزارهای غالب نگهداری در تونلسازی به روش ناتم گردانیده است. بیشترین اهمیت آن امکان اجرای سریع برای پوشانیدن سطح تازه حفاری شده سنگ می باشد. مزیت دیگر آن دستیابی به یک مقاومت نسبی بالادر مدت زمان کوتاه، حدود ۵ نیوتن بر میلی مترمربع (مگاپاسکال) در ۶ ساعت می باشد .
شاتکریت در تونلسازی دارای اثر مضاعف است: محافظت سنگ در اثر هوازدگی و فرسایش: با بستن ترک ها تمرکز تنش در اطراف تونل کاهش یافته، همچنین ضخامت زیاد شاتکریت به عنوان یک قوس نگهدارنده عمل می کند. در تمام موارد اتصال تنگاتنگ با سنگ مهم می باشد. زیرا این عمل موجب می گردد سنگ بارها را مشترک حمل نموده و ساختاری مرکب با سنگ تشکیل دهد. شاتکریت مناسب، نیاز به یک تکیه گاه نیمه صلب را برآورده می سازد، زیرا دگرشکلی شعاعی زیادی را بدون شکستگی امکان پذیر می سازد. با دگرشکلی های بزرگ تونل، شاتکریت می شکند. اما در صورت مسلح شدن به توری سیمی یا رشته های فولادی، قطعات برش یافته شاتکریت خطری آنی برای خدمه ایجاد نخواهد کرد .

۳ -وسیله دیگر برای ساختن طاق بیرونی، قابهای فولادی می باشد. این قابها در توده های سنگ فشرده شده و بسیار خردشونده به کار گرفته شده

و تکیه گاهی سریع و موثر برای سنگ به شمار می آیند. در چند سال اخیر کاربرد قوسهای پروفیلی به میزان زیاد افزایش یافته است. این قوس ها نسبت به قابهای فولادی مزایای بیشتری دارند و نیز به دلیل سبک وزن بودن، نصب آنها آسانتر می باشد .

۴ -در تونلسازی همواره با مفاهیم ناتم، نصب میل مهارها جایگاه ویژه ای دارد و اهمیت آنها به همان اندازه اهمیت شاتکریت می باشد. این میل ها نیز مثل شاتکریت در صورت نصب موجب تشکیل حلقه حمال در اطراف توده سنگ می گردند. میل مهارها در برابر دگرشکلی شعاعی مقاومت کرده از اینرو ایجاد دگرشکلی کنترل شده می نماید که شکل ژئومتریک تونل را حفظ می نماید. همچنین میل مهارها از آنرو که تاثیر ناهمسانی و ناهمگونی را کاهش می دهند، تشکیل صفحات برشی و لغزشی را مشکل تر ساخته و سبب ایجاد مقاومت ماندگار بالا حتی در توده های سنگ به شدت دستخورده می گردد که این نیز به نوبه خود سبب بهسازی کیفیت سنگ می گردد. تنش مماسی در حلقه سنگ حمال موجب افزایش چسبندگی مهاری ها می گردد. طاقهای ثانویه ایجاد شده بین تکیه گاهها، در برابر تمایل توده سنگ نسبت به جابجایی به داخل تونل مقاومت ایجاد می نماید که این مقاومت به نزدیکی مهاری ها بستگی دارد. در صورتیکه طاق تونل تحت تنش زیاد در اثر فرایندهای تجدید آرایش دوباره قرار گیرد، یا اگر سیستم سنگ در معرض شکستگی قرار داشته باشد، تونل نیاز به بهسازی با بتن پاشی به سطح خواهد داشت .

بنابراین به طور خلاصه مواد پایدار کننده در ناتم عبارتست از: شاتکریت، میل مهارها، قوس های فولادی یا پروفیلی، صفحات فولادی و ....

نتیجتا هدف اصلی ناتم ایجاد یک قوس نیمه صلب خارجی بلافاصله پس از حفاری با وسایل نگهداری از قبیل شاتکریت، گوه پیچ و غیره می باشد. این امر موجب تنظیم تنش در محدوده اطراف تونل گردیده از سست شدگی مخرب جلوگیری به عمل می آورد و این همان چیزی است که ناتم را از روش های تونلزنی محافظه کارانه تمیز می دهد. زیرا اصولا در شیوه های سنتی تونلسازی، بار سنگ می بایست تماما بوسیله تجهیزات نگهداری تحمل شود که این کار نیز مستلزم صرف هزینه های زیاد می باشد .

روش ناتم بیشتر در نتیجه تجربه عملی بوجود آمده و مانند دیگر روشهایی که در حال تکمیل و تکوین می باشند، دستخوش تغییر و تحولات و مشکلات متعددی گردیده تا به شکل کنونی در آمده است. این روش از انعطاف پذیری قابل توجهی در شرایط مواجهه با وضعیت های متفاوت توده سنگی برخوردار است .

بطور کلی ضروری می باشد که مطالعات و بررسی دقیقی به منظور بررسی شرایط زمین ساختاری بویژه در زمین های نامناسب انجام گرفته، بین هزینه های مطالعات و اجرای عملیات رابطه ای منطقی ایجاد گردد .

تهیه مواد و مصالح مورد نیاز ناتم و طریقه ریختن بتن در فضاها، حتی در طرح های کوچک تونلسازی با ناتم نیاز به ساماندهی مناسب و کارآمد دارد که خود ناشی از تجربه ومهارت بالای معدنچی ها و اجراکاران دارد. اهمیت نصب شعاعی مهاریها به طور سیستماتیک در سنگ های سست، به منظور تامین توزیع مناسب تنش های بوجود آمده در قوس های دایره ای شکل سنگی، فوق العاده مناسب تشخیص داده شده است .

موفقیت در روش ناتم نیاز به آموزش های تئوریک و عملی همزمان در محل عملیات دارد زیرا تنها در ارتباط بودن نزدیک و دقیق مهندسان با مسائل و مشکلات در محل کار می تواند آنها را به اعمال راهنمایی های خاص و دقیق قادر سازد .یک بخش مهم و جدایی ناپذیر در این روش مشاهده رفتار تنش کرنش سنگ با فنون اندازه گیری(ابزار دقیق) می باشد.

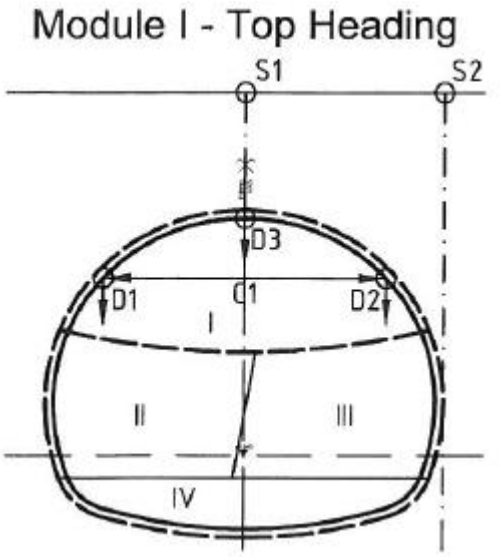
۳-۷-۲- روش های اجرای تونل

۲-۷-۳-۱- انواع روش های حفاری

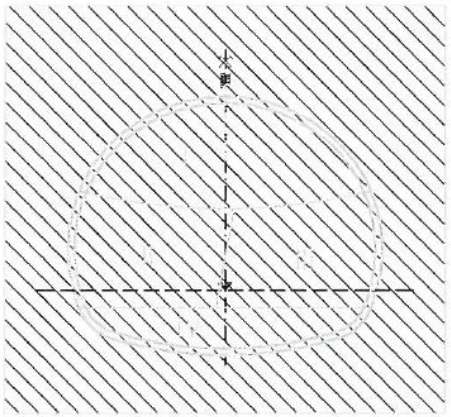
با توجه به مقطع حفاری و نوع زمین روش های حفاری متفاوتی پیش روست که درذیل به این روش ها اشاره می شود.

نحوه حفاری این نوع مقطع (M I) که در شکل نشان داده شده است به ترتیب شماره I،II،IIIوIVاست.

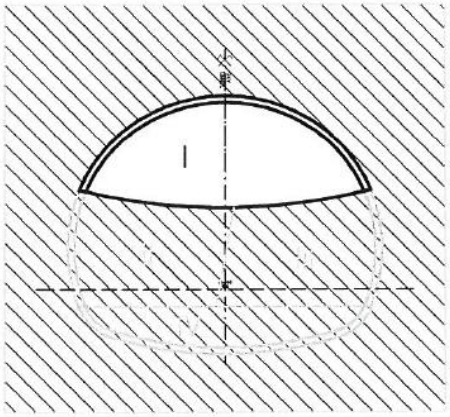
به این صورت که ابتدامقطع I (Top Heading)حدود ۱/۷ تا ۲/۲متر حفاری میشود لایه مش اول نصب و به کمک نقشه بردار ثابت شده وسپس لتیس های مربوط به این قسمت روی لایه مش اول قرار داده شده و دوباره توسط نقشه برداراین لتیس ها ثابت میشود. بعد از این مرحله ، لایه مش دوم گذاشته و ثابت شده و بعد از تایید نقشه یردار عملیات بتن پاشی انجام میشود.این قسمت حدود ۱۵ تا ۳۵ متر


Module I - Top Heading
S1
S2
D3
D1
C1
D2
I
II
III
IV

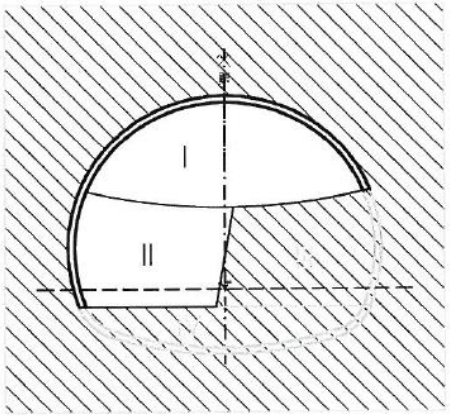
Sequence of Construction Stages
Top Heading - 2AI / 2BI / 2CI
N.T.S.



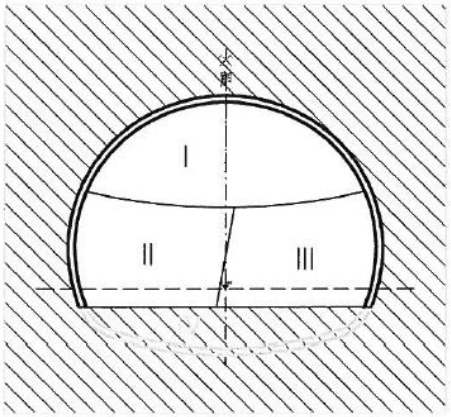
Stage 0

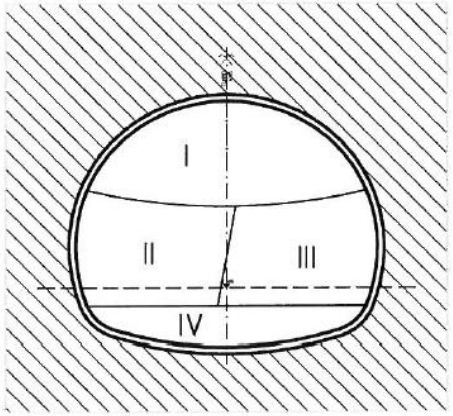


Stage 1
Excavation and Support Top Heading



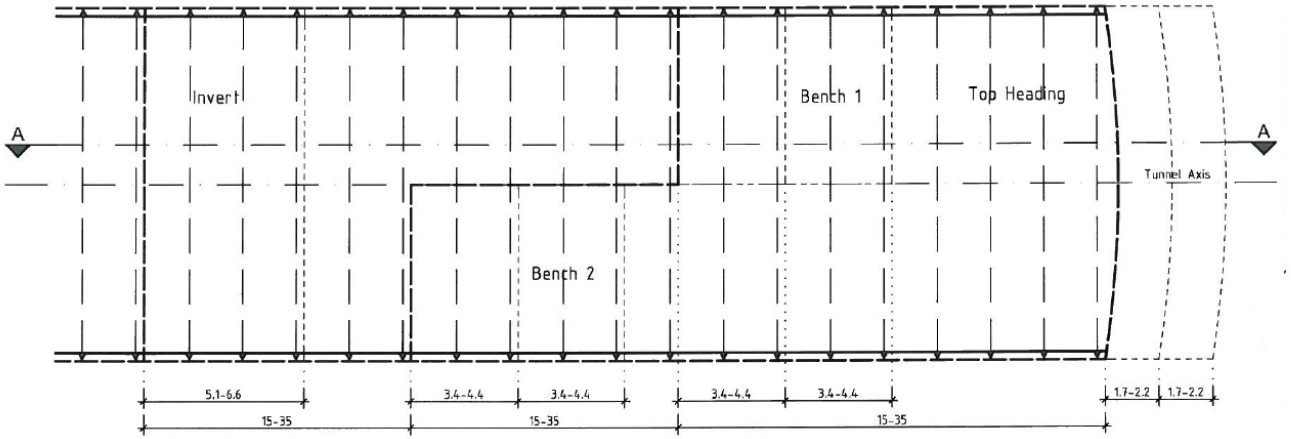
Stage 2
Excavation and Support Bench 1



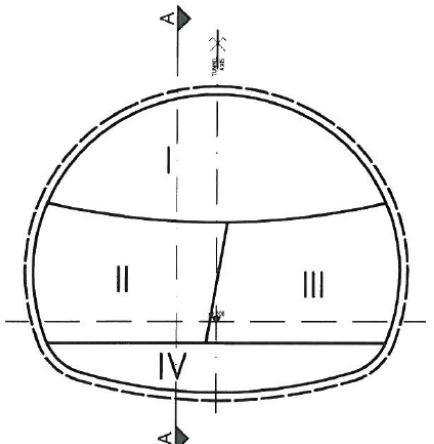


Sequence of Construction Stages
Plan and Longitudinal Profile
Top Heading - 2AI / 2BI / 2CI
1:100

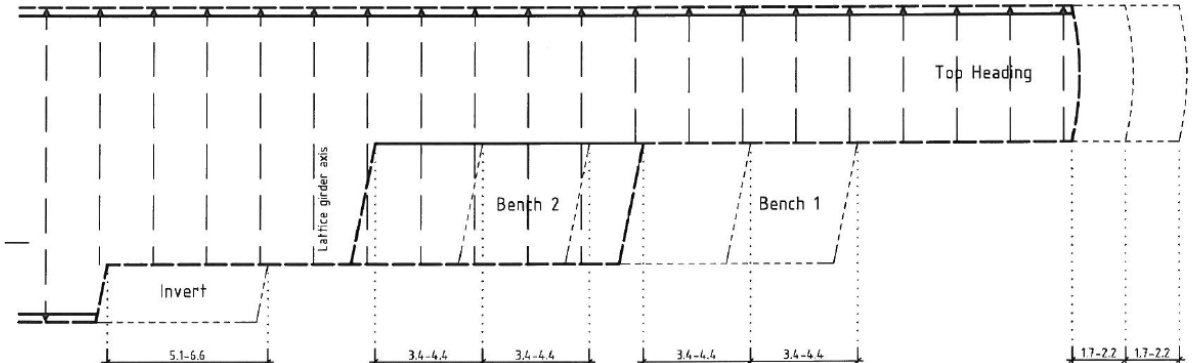
Sequence of Construction Stages



Cross Section



Longitudinal Section

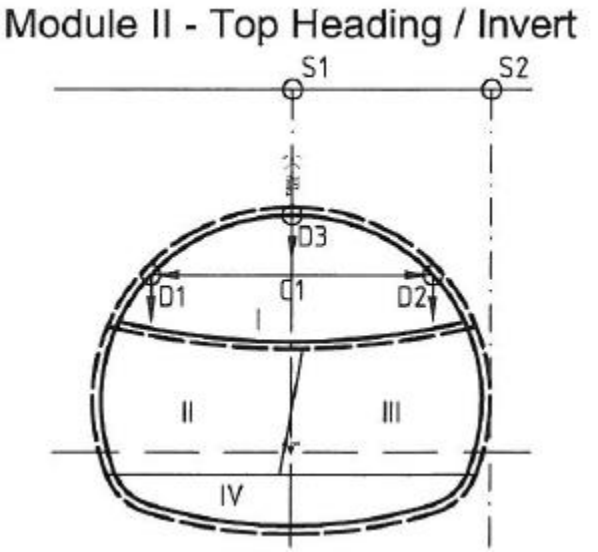


پروژه بخش شرقی تونل نیایش

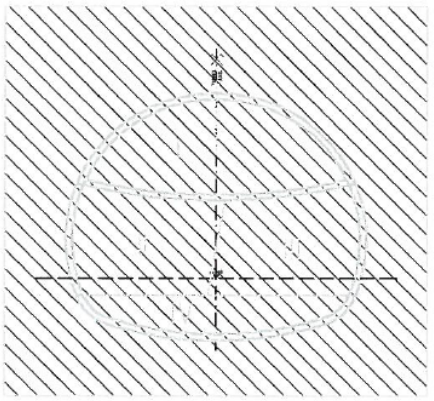
نحوه حفاری این نوع مقطع (M II) که در شکل نشان داده شده است به ترتیب شماره I،II،IIIوIV است.و فقط تفاوت آن با مقطع I وجود اینورت موقت در قسمت پایین مقطع I است.

به این صورت که ابتدامقطع I (Top Heading)حدود ۱/۳ تا ۱/۷متر حفاری میشود لایه مش اول نصب و به کمک نقشه بردار ثابت شده وسپس لتیس های مربوط به این قسمت روی لایه مش اول قرار داده شده و دوباره توسط نقشه برداراین لتیس ها ثابت شده و بعد از این مرحله ، لایه مش دوم گذاشته و ثابت شده و بعد از تایید نقشه یردار عملیات بتن پاشی انجام میشود.این قسمت حدود ۲۰ تا ۳۰ متر حفاری شده میشود در این قسمت لتیس های اینورت موقت را هم نصب کرده و بتن میریزیم و سپس نوبت به حفاری قسمت II (Bench)میرسد عملیات تحکیم به روش بالا بعد از۲/۵ تا۳/۵متر حفاری انجام میشود وسپس قسمت III (Bench))مانند روش قسمت II از۲/۵ تا۳/۵فاصله انجام میشودباید دقت داشت اینورت موقتدر عملیات حفاری بنچ ها کاملا تخریب می شود.قسمت IV (Invert) با فاصله۴تا ۵ متر حفاری و تحکیم میشود.

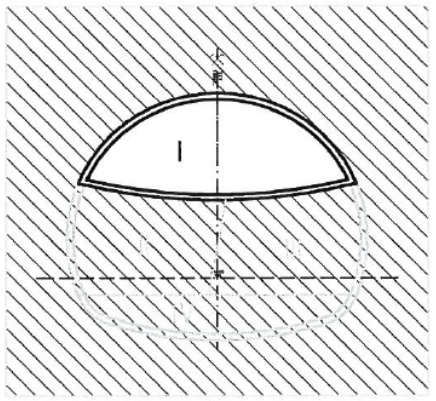
این نوع روش حفاری برای مقاطع دوخطه و با نوع زمین نسبتا نرم از طرف مشاورارائه شده است.در اشکال صفحه بعد جزئیات حفاری به طور کاملا دقیق قابل درک است.



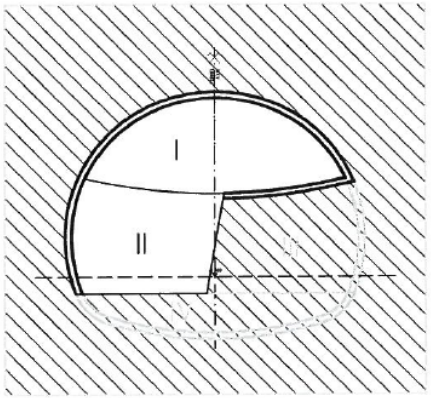
Sequence of Construction Stages
Top Heading / Invert - 2AII / 2BII / 2CII
N.T.S.



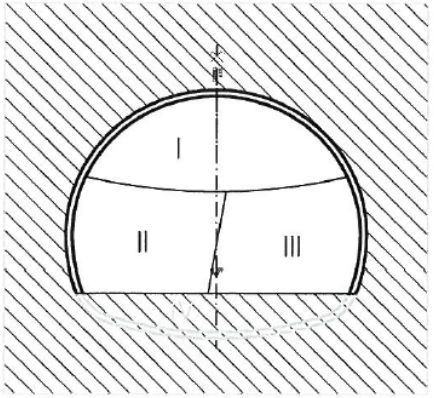
Stage 0



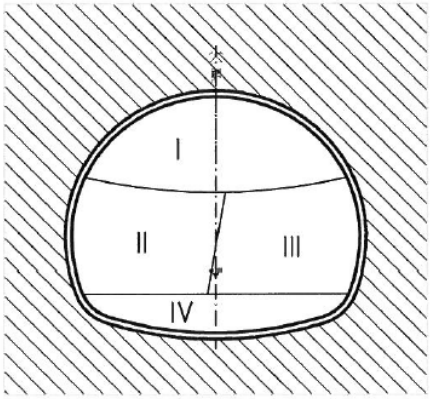
Stage 1
Excavation and Support Top Heading with temporary Invert



Stage 2
Excavation and Support Bench 1
Destruction of temporary Invert



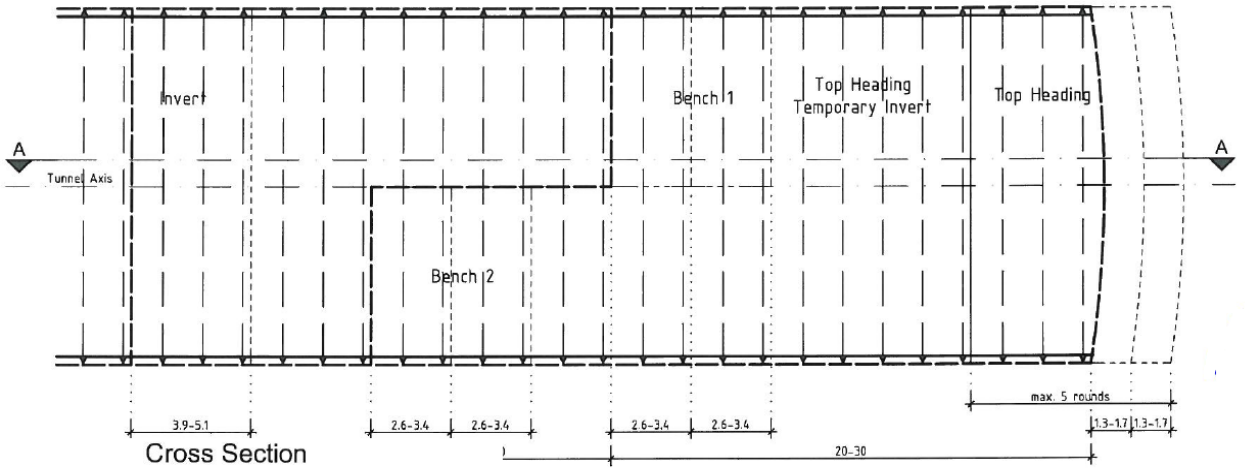
Stage 3
Excavation and Support Bench 2



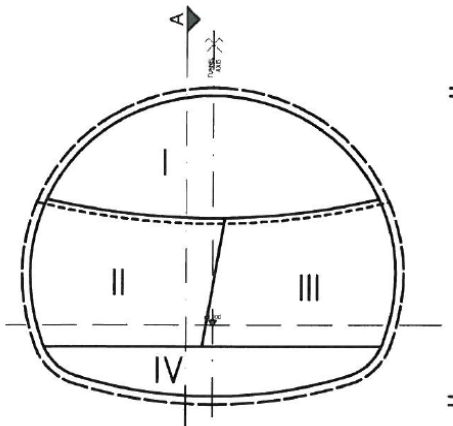
Stage 4
Excavation and Support Invert

Sequence of Construction Stages
Plan and Longitudinal Profile
Top Heading / Invert - 2AII / 2BII / 2CII
1:100

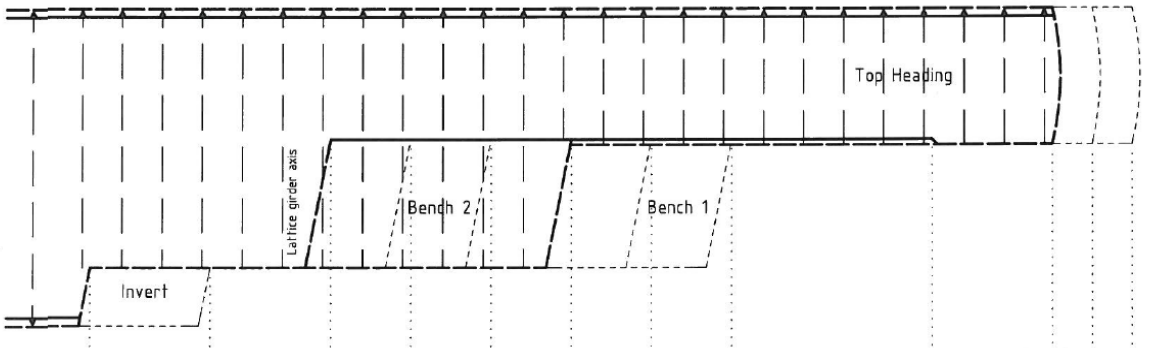
Sequence of Construction Stages



Cross Section



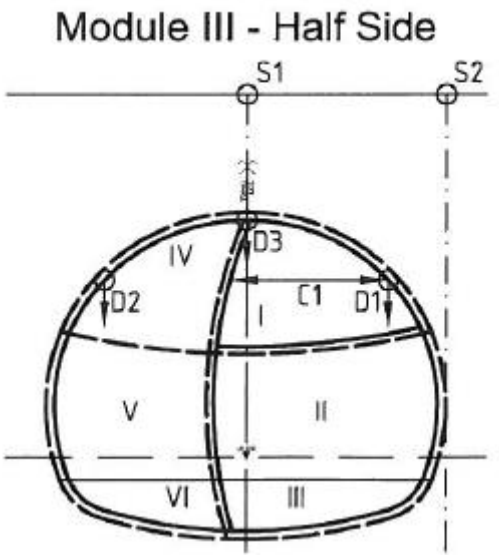
Longitudinal Section



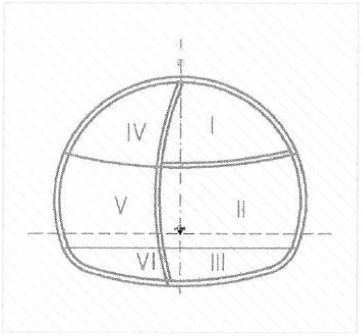
پروژه بخش شرقی تونل نیایش

روش حفاری در این نوع مقطع(M III) به ترتیب قطعات I،II،III،IV،VوVI است.

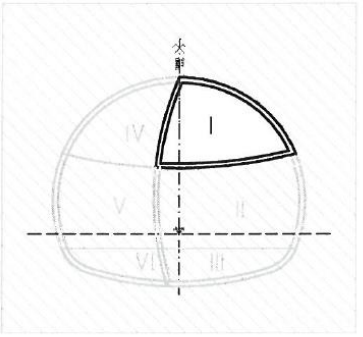
به این ترتیب که ابتدا قسمت I (Top Heading 1) ۲۰تا۳۰ متر حفاری شده که خود این قسمت به قطعات۳ /۱ تا۱/۷ حفاری و تحکیم تقسیم میشود. سپس قسمت II (Bench 1) با ۲ حفاری جدا و پشت سر هم ۵ /۲ تا۳/۵ متری تحکیم شده و قسمت III(Invert 1) با فاصله ۱۰ متری از بنچ رو به رو حفاری نشده، ۴ تا ۵ متر حفاری می شود.سپس قسمتIV(Top Heading 2) در فاصله۲۵ تا۱۰۰ متری Invert 1 هر۱/۳تا۱/۷ متری حفاری و سپس تحکیم می شود.بعد از حفاری و تحکیم قسمتIV،شروع به حفاری قسمت v(Bench 2) کرده در حالی با سینه کار قسمت IV، ۱۰ تا ۲۰ متر فاصله دارد.این قسمت را با ۲ حفاری جدا و پشت سر هم ۵ /۲ تا۳/۵ متری تحکیم می کنیم.(بعد از هر حفاری تحکیم مربوط به آن حفاری را داریم) و در نهایت عملیات حفاری Invert 2 با فاصله ۱۰ تا۲۰ متری از سینه کار Bench 2 در طول۴ تا ۵ متر صورت گرفته سپس تحکیم می شود.



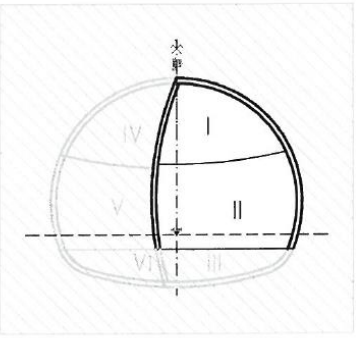
Sequence of Construction Stages
Half Side - 2AIII / 2BIII / 2CIII
N.T.S.



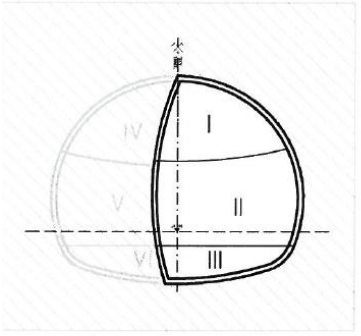
Stage 0



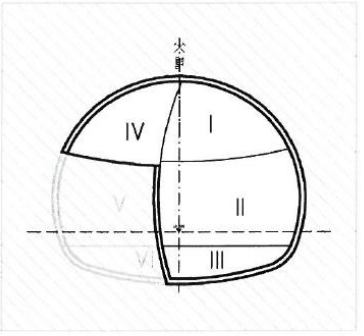
Stage 1
Excavation and Support Top Heading 1 with temporary Invert



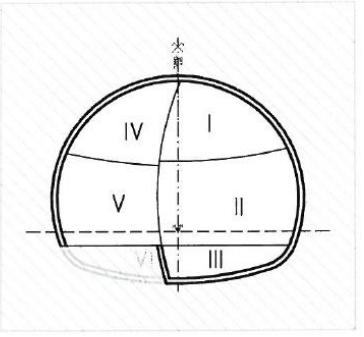
Stage 2
Excavation and Support Bench 1
Destruction of temporary Invert



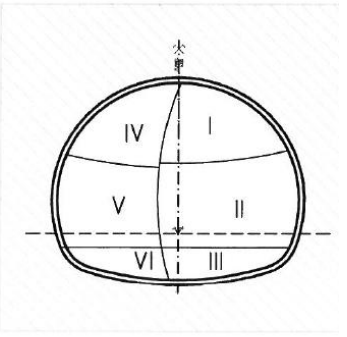
Stage 3
Excavation and Support Invert 1



Stage 4
Excavation and Support Top Heading 2
Destruction of temporary Middle Wall Top Heading

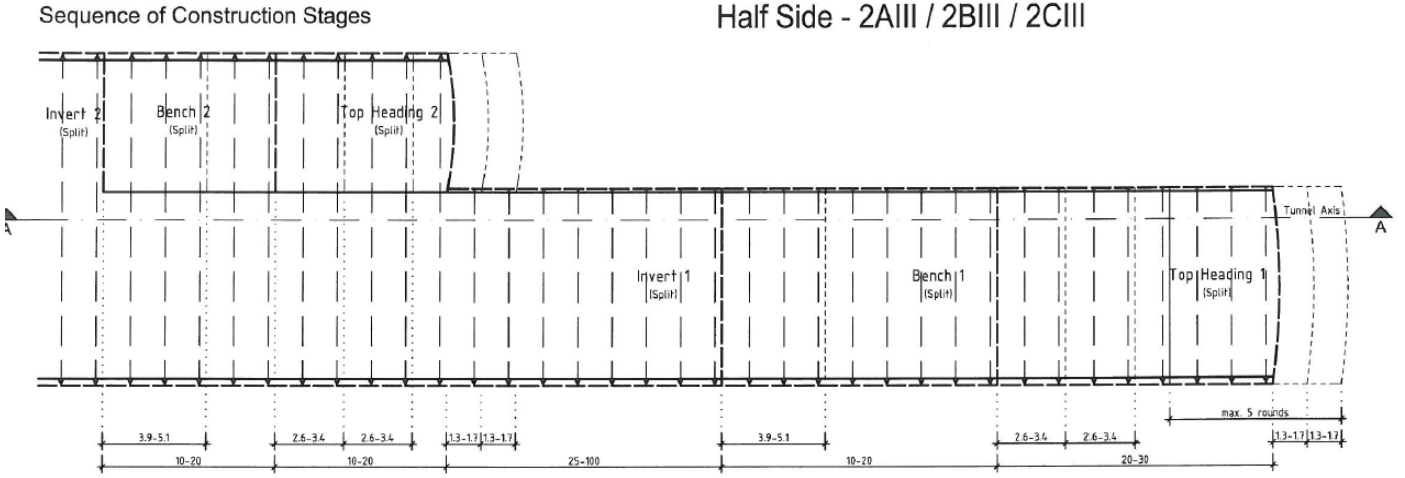


Stage 5
Excavation and Support Bench 2
Destruction of temporary Middle Wall Bench

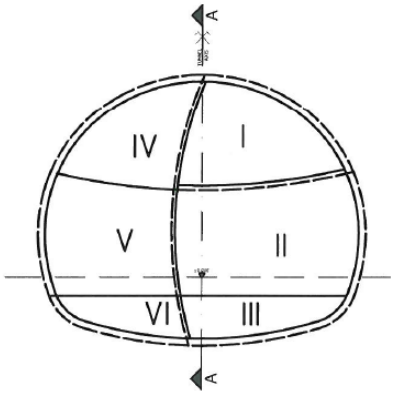


Stage 6
Excavation and Support Invert 2
Destruction of temporary Middle Wall Invert

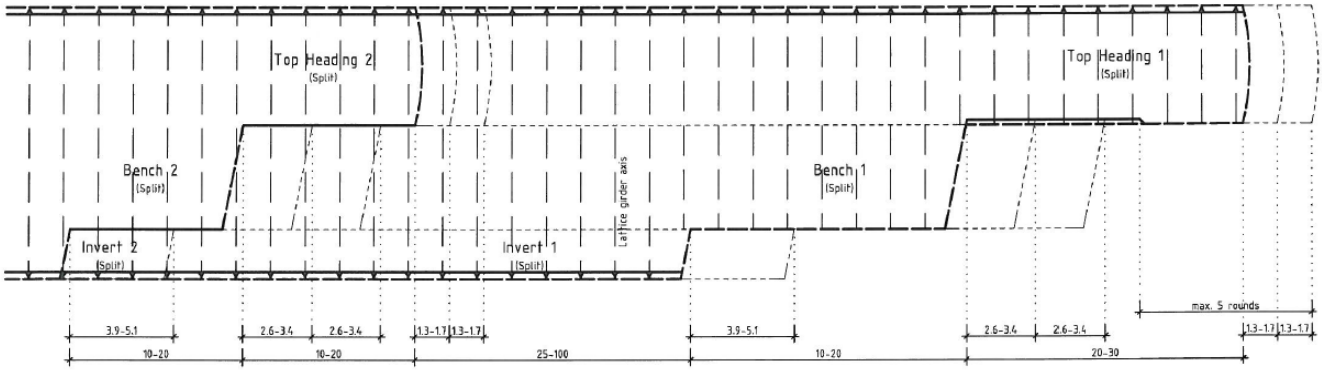
Sequence of Construction Stages
Plan and Longitudinal Profile
Half Side - 2AIII / 2BIII / 2CIII



Cross Section



Longitudinal Section

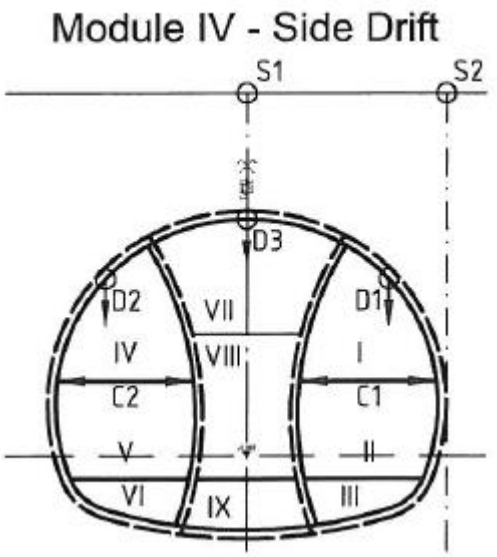


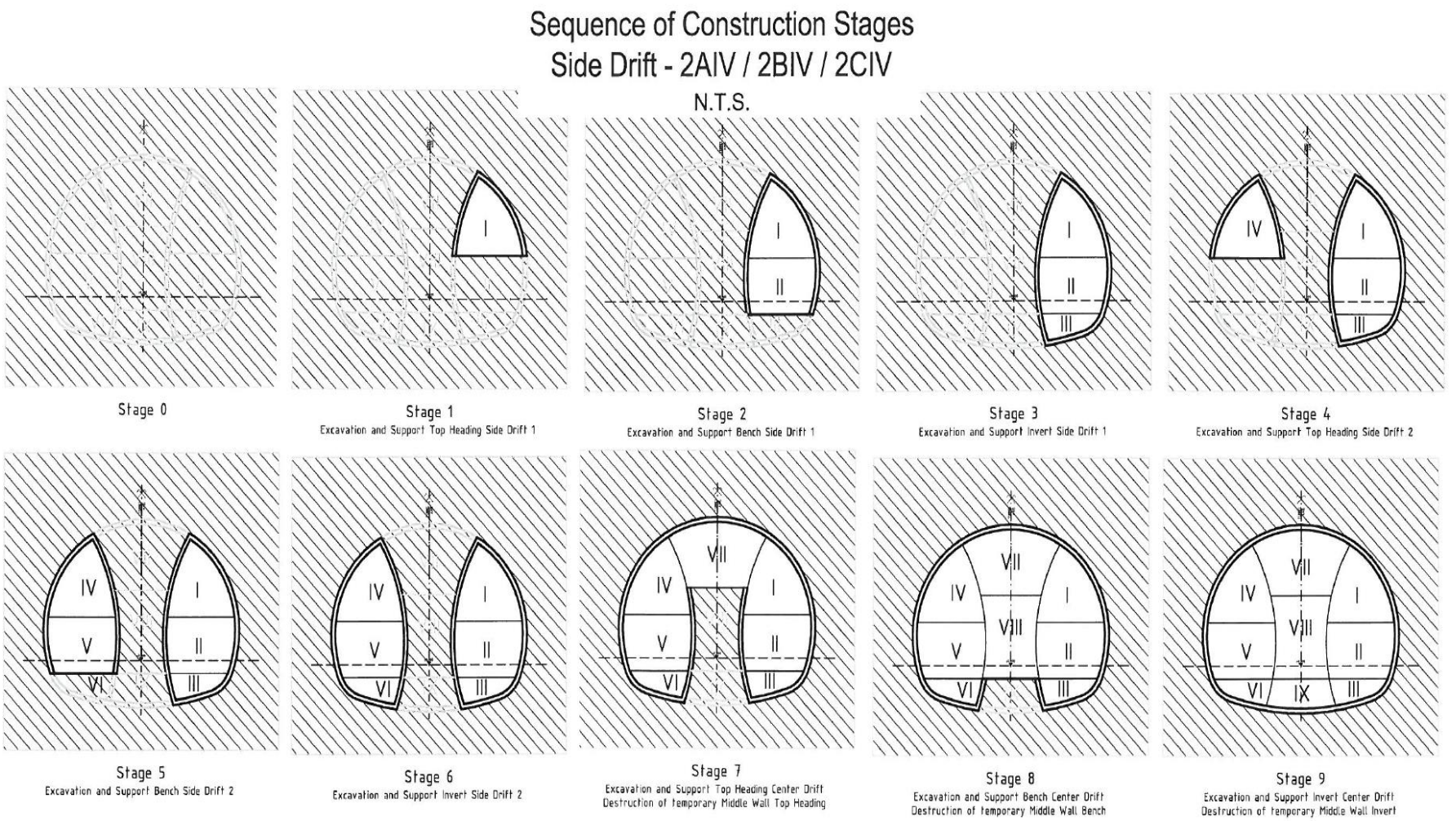
نحوه حفاری مقطع(M IV) به ترتیب به صورت مقاطع(I،II،III،IV،V،VI،VII،VIII،IX) نشان داده شده در شکل است.که این نوع مقطع یک مقطع ۳ خطه با ارتفاع و عرض زیاد می باشد

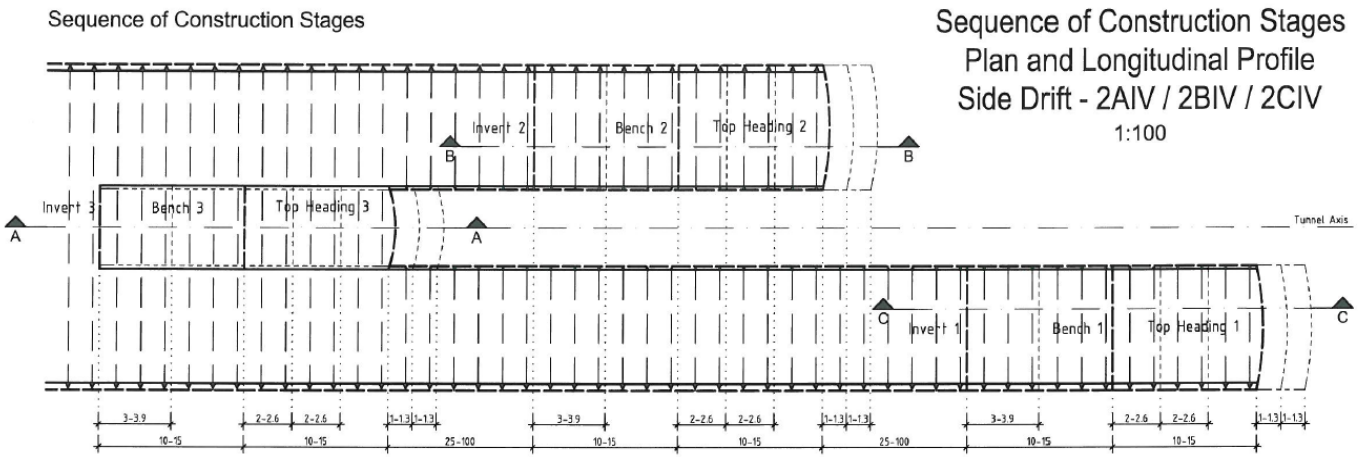
ابتدا قسمتI() را در طول ۱۰تا ۱۵ متر حفاری می کنیم که این طول خود به فواصل ۱/۳ تا۱/۷ متری حفاری و تحکیم تقسیم میشود. سپس به سراغ حفاری قسمت II() میرویم در حالی که با سینه کار قسمت I ۱۰ تا۱۵ متر فاصله داریم که این خود به فواصل۲تا ۳ متری حفاری و تحکیم تقسیم می شود.و سپس در حالی ۱۰ تا۱۵ متر با سینه کار قسمت II() فاصله داریم شروع به حفاری قسمتIII() می کنیم.به این ترتیب Side Drift 1حفاری شدو Side Drift 2 را هم به همین شیوه حفاری میکنیم.

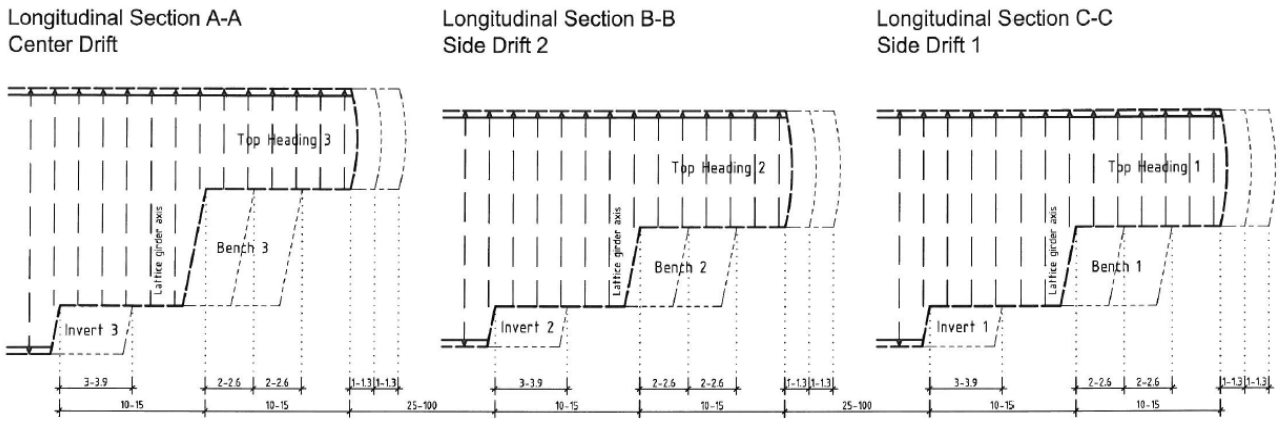
حال نوبت به حفاری قسمتVII() است به این ترتیب که ۱۰ تا ۱۵ متر حفاری میشود که کل این طول به حفاری های کوچکتر ۱ تا۱/۳ متری تقسیم میشود.البته در این قسمت دیواره های وسط قسمت Top Heading1,2 کاملا تخریب میشود.لتیس های این ۲ دیواره باز ولتیس های کناری قسمت های Top Heading1,2 به لتیس های Top Heading3 می شود.

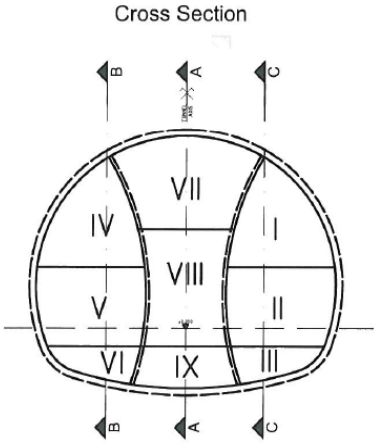
سپس قسمت VIIIحفاری می شود با این روند که با فاصله ۱۰ تا۱۵ متری سینه کار قسمت VIIو در فواصل کوچکتر ۳ تا ۴ متری حفاری و تحکیم صورت می گیرد البته دیوارهای وسطی قسمت Bench1,2 تخریب میشود. در حفاری قسمتIX(Invert 3) لتیس های وسطی قسمت Invert 1,2تخریب و لتیس Invert 3به لتیس های Invert 1,2 وصل می شود.و فاری و تحکیم در قسمت های کوچکتر ۴ تا ۵ متری انجام می شود.

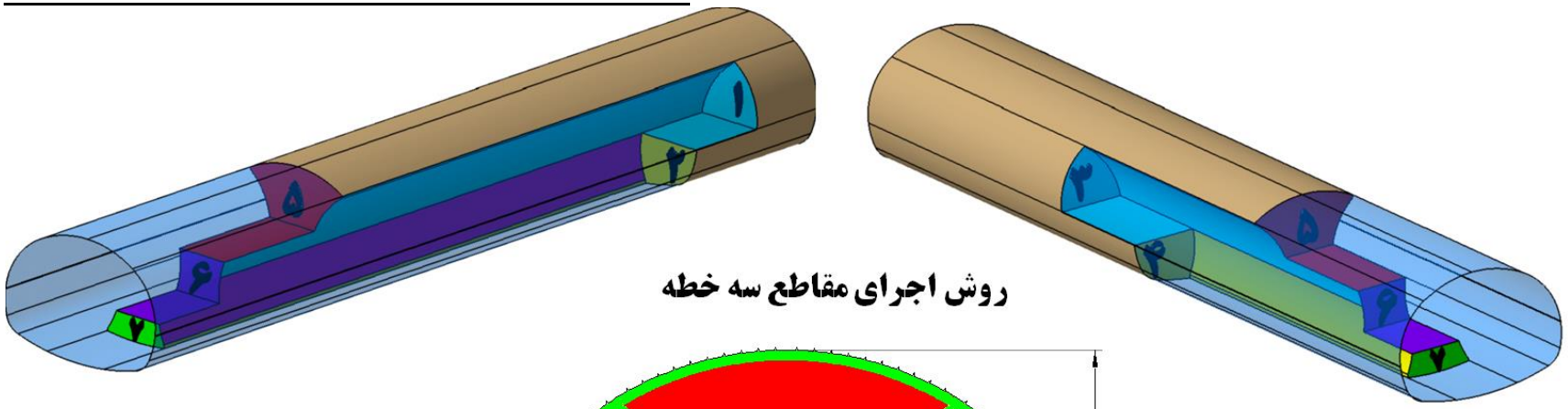



Sequence of Construction Stages
Side Drift - 2AIV / 2BIV / 2CIV
N.T.S.
Stage 0
Stage 1
Excavation and Support Top Heading Side Drift 1
Stage 2
Excavation and Support Bench Side Drift 1
Stage 3
Excavation and Support Invert Side Drift 1
Stage 4
Excavation and Support Top Heading Side Drift 2
Stage 5
Excavation and Support Bench Side Drift 2
Stage 6
Excavation and Support Invert Side Drift 2
Stage 7
Excavation and Support Top Heading Center Drift
Destruction of temporary Middle Wall Top Heading
Stage 8
Excavation and Support Bench Center Drift
Destruction of temporary Middle Wall Bench
Stage 9
Excavation and Support Invert Center Drift
Destruction of temporary Middle Wall Invert


Sequence of Construction Stages
Sequence of Construction Stages
Plan and Longitudinal Profile
Side Drift - 2AIV / 2BIV / 2CIV
1:100
Invert 2
Bench 2
Top Heading 2
Invert 3
Bench 3
Top Heading 3
Tunnel Axis
Invert 1
Bench 1
Top Heading 1
A
B
C
3-3.9
2-2.6
1-1.3
10-15
25-100


Longitudinal Section A-A
Center Drift
Longitudinal Section B-B
Side Drift 2
Longitudinal Section C-C
Side Drift 1
Top Heading 3
Bench 3
Invert 3
Top Heading 2
Bench 2
Invert 2
Top Heading 1
Bench 1
Invert 1
Lattice girder axis
3-3.9
2-2.6
1-1.3
10-15
25-100


Cross Section
A
B
C
VII
IV
I
VIII
V
II
VI
IX
III



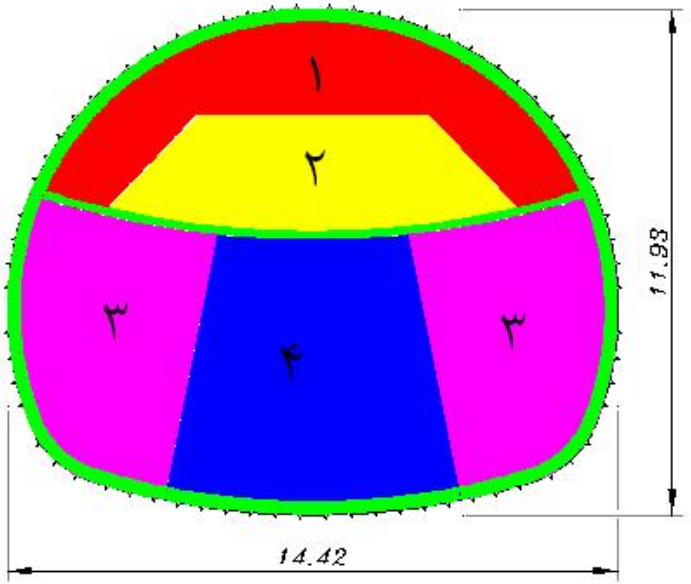
روش اجرای مقاطع سه خطه

نصب لتیس در قسمت اینورت

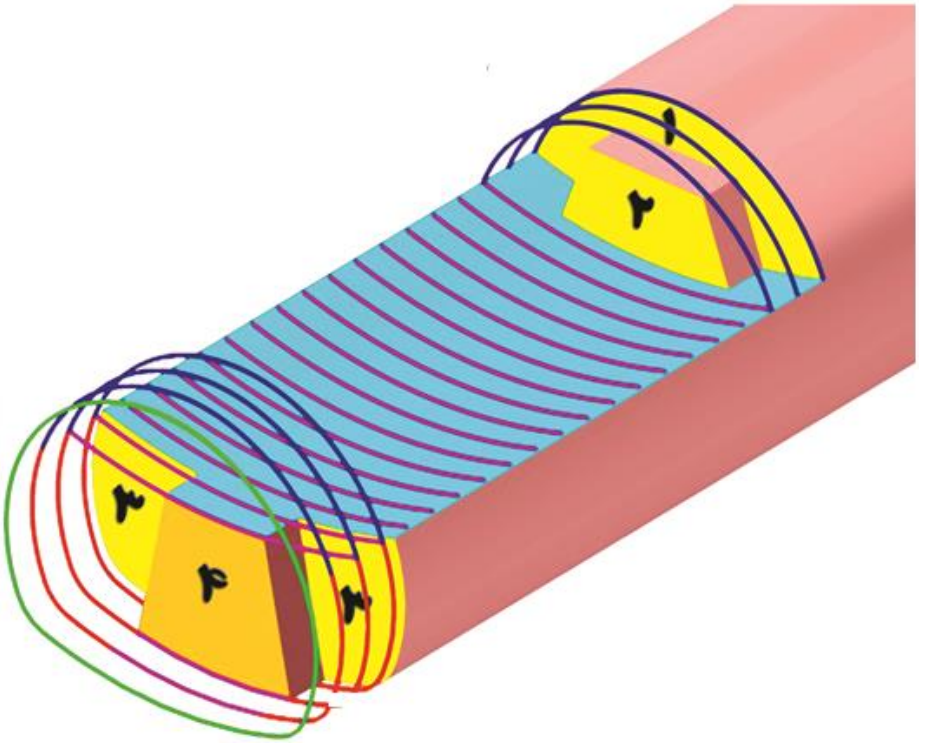
پروژه بخش شرقی تونل نیایش

در محدوده بخش شرقی در اکثر نقاط با توجه به شرایط مساعد زمین، روش اجرای تونل های دو خطه به شکل حفاری تمام مقطع در سقف با حذف نگهداری موقت میانی (دیواره تخریبی)، به شکل مقطع **Module II** با تغییر اندک توسط پیمانکار بخش شرقی(موسسه حرا) پیشنهاد شد.که نحوه اجرا به طریق زیر است.که قسمت ۲ برای راحتی کار نازل من و راحتی در بستن لتیس ها ابتدا حفاری نمی شود.

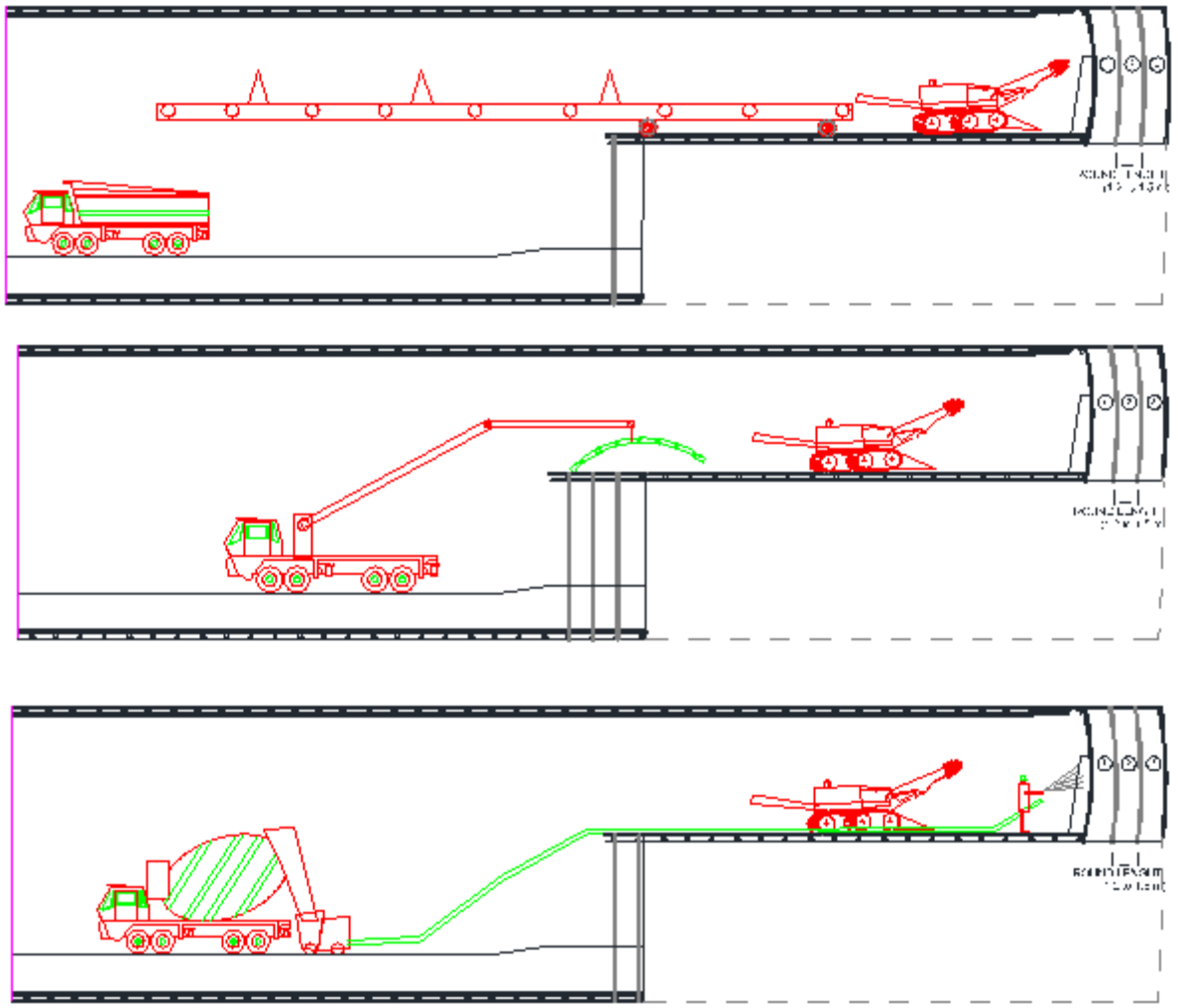
روش اجرای مقاطع دوخطه



TYPE OF MII



روش اجرای مقاطع دوخطه



۳-۷-۲-۲- انواع روش های تحکیم

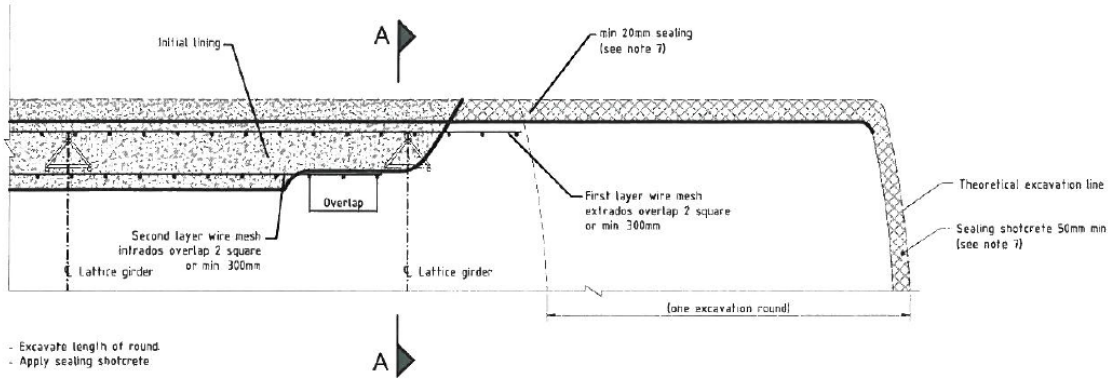
روش های تحکیم با توجه به نوع زمین و محل حفاری (پرتال تونل ،ترانزیشن(محل تغییر عرض تونل)، محل ارتباط تونل های دسترسی به اصلی متفاوت است و هر کدام دتیل های اجرایی مخصوص به خود را دارد البته باید متذکر شد که روش عمده تحکیم تونل به صورت وایر مش، لتیس،وایر مش و سپس شاتکریت است. که در مواردی مانند موارد بالا از نیلینگ و فور پلینگ استفاده میشود.

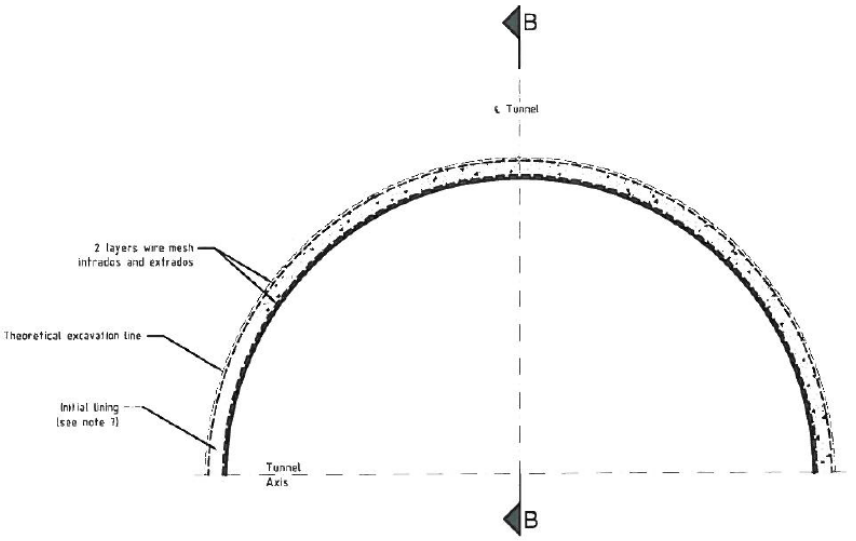
نحوه اجرای تحکیم تونل های اصلی و دسترسی:

همانطور که درقسمت های قبلی به خصوص انواع روش های حفاری ذکر شد پایه اصلی تحکیم اولیه تونل بر فرآیند لتیس گذاری بین دو لایه مش و سپس پر شدن فضای مش ها با شاتکریت استوار است.که با توجه به دیتیل های اجرایی ذیل این موضوع قابل درک است.

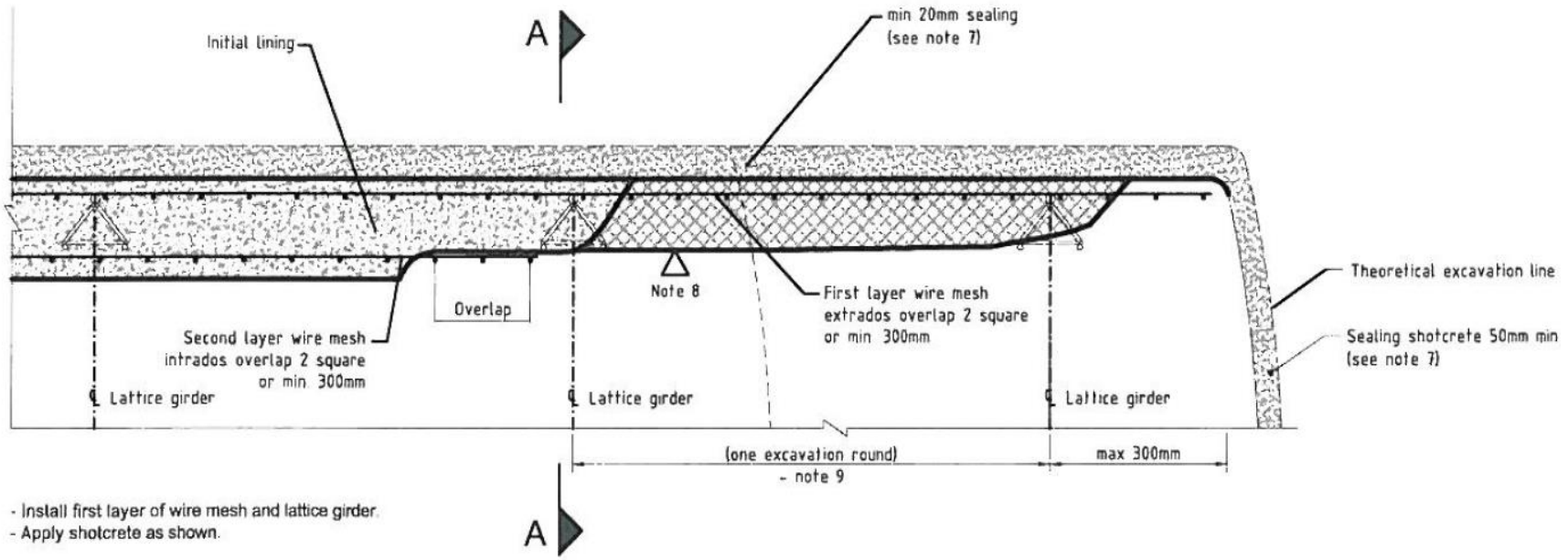
Step 1

Initial Lining Contingency Measure - Excavation Steps

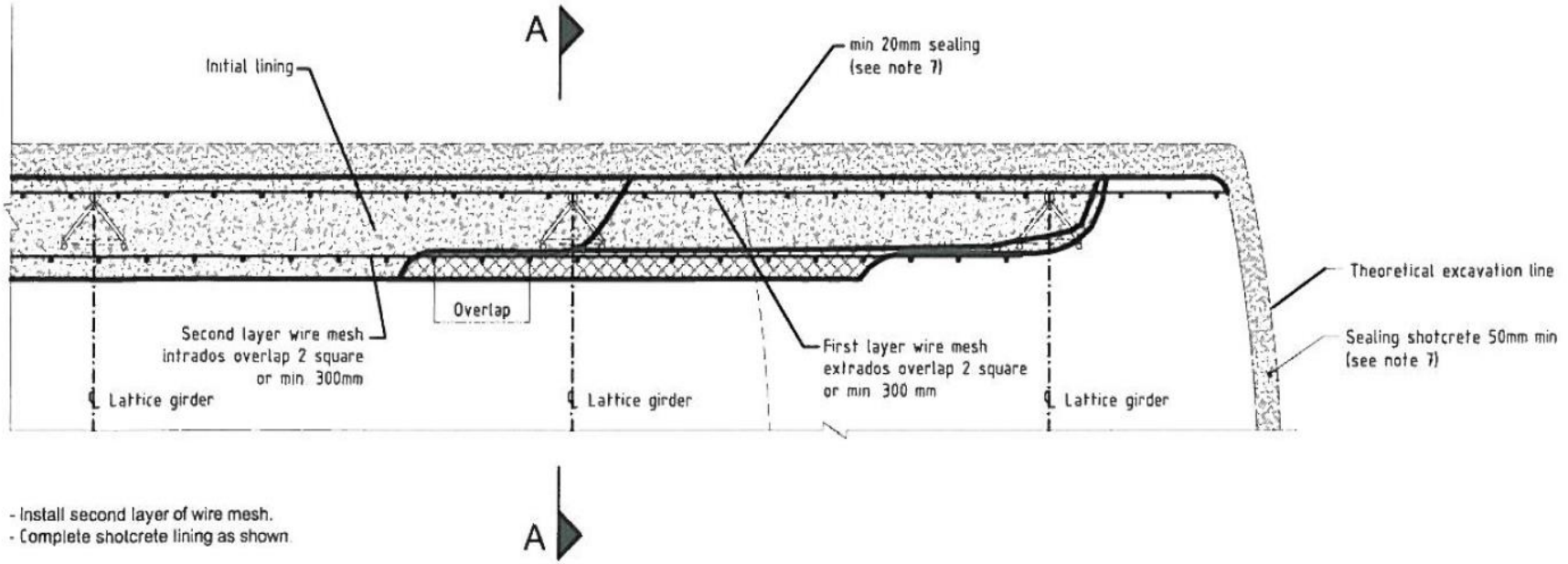




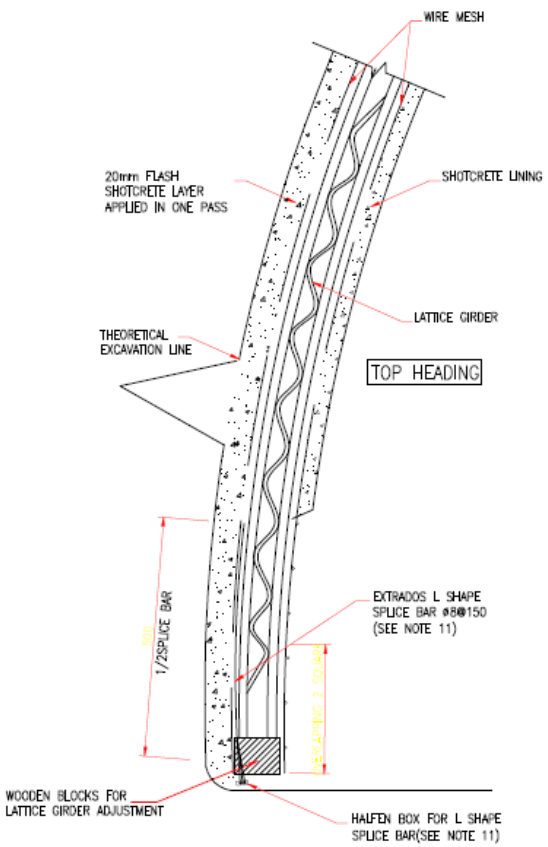
Step 2


Initial lining
A
min 20mm sealing
(see note 7)
Overlap
Note 8
First layer wire mesh
extrados overlap 2 square
or min 300mm
Theoretical excavation line
Sealing shotcrete 50mm min
(see note 7)
Second layer wire mesh
intrados overlap 2 square
or min 300mm
Lattice girder
Lattice girder
Lattice girder
(one excavation round)
- note 9
max 300mm
- Install first layer of wire mesh and lattice girder.
- Apply shotcrete as shown.
A

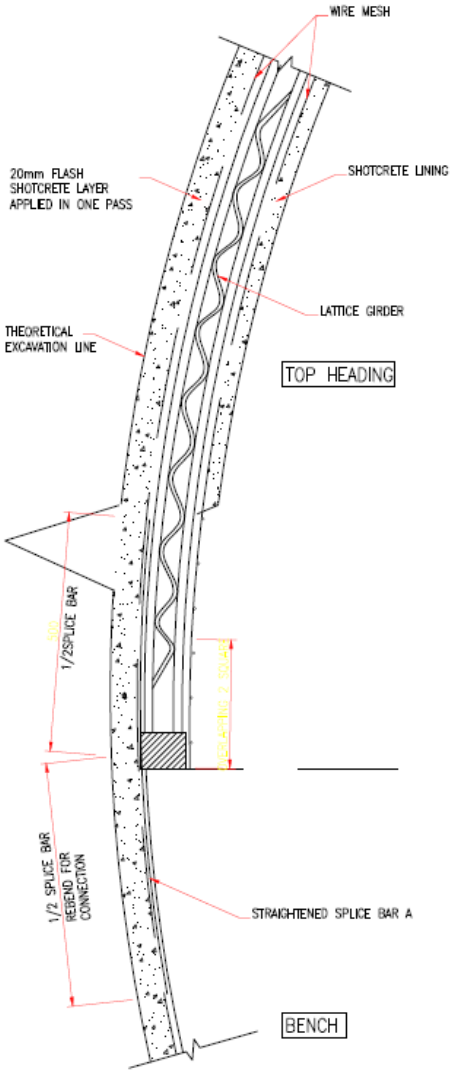
Step 3



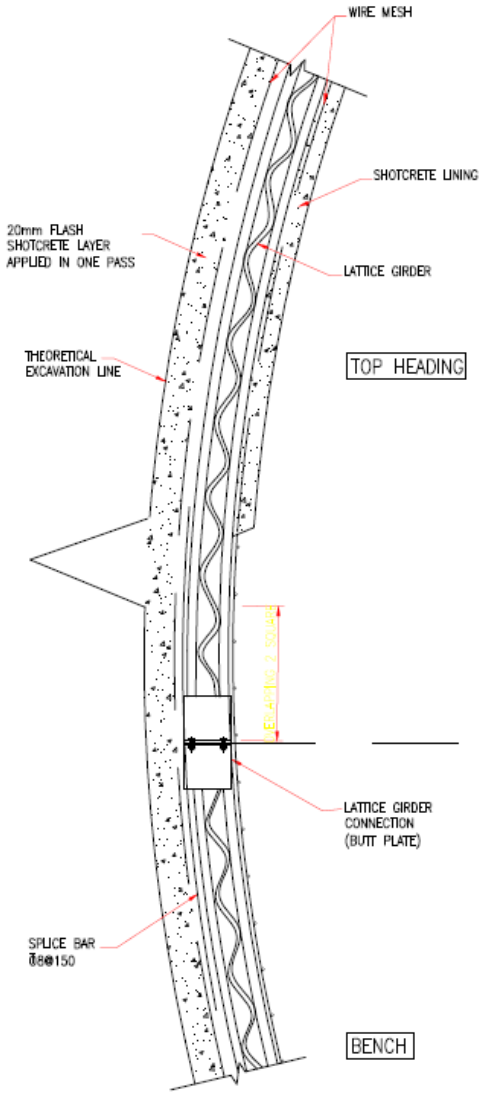
- Install second layer of wire mesh.
- Complete shotcrete lining as shown



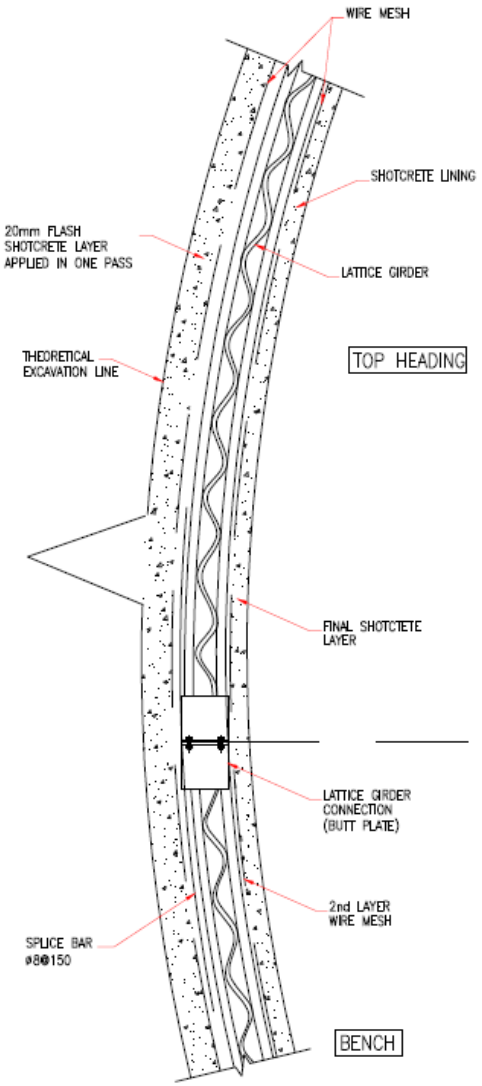
PRIMARY SHOTCRETE LINING



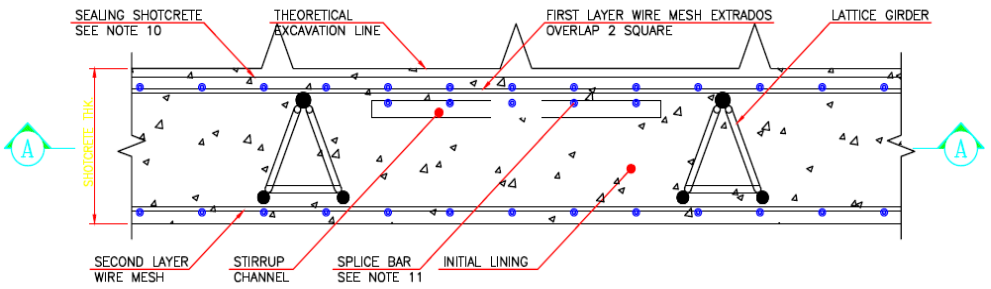
PRIMARY SHOTCRETE LINING

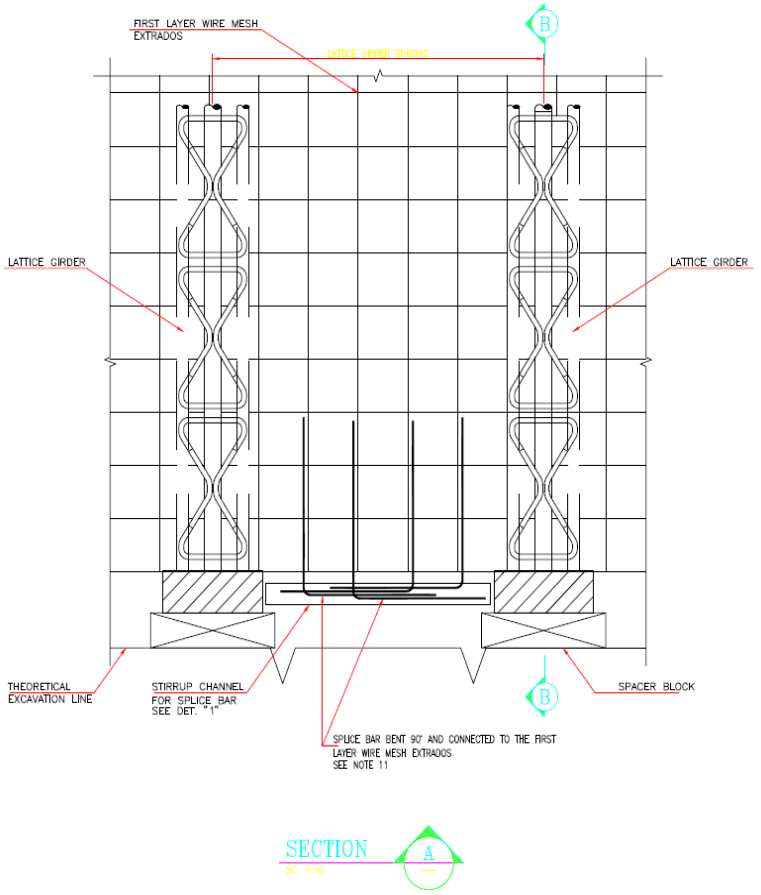


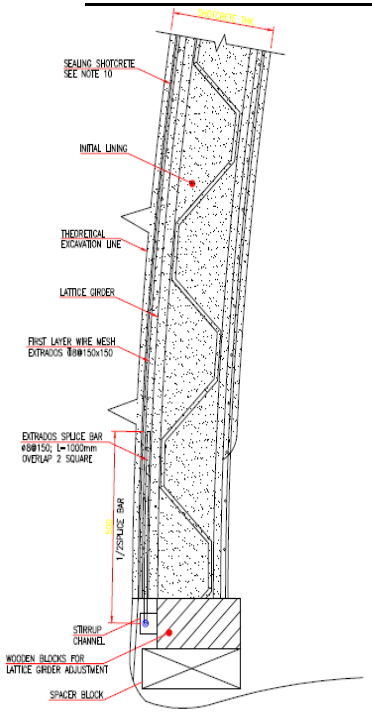
PRIMARY SHOTCRETE LINING



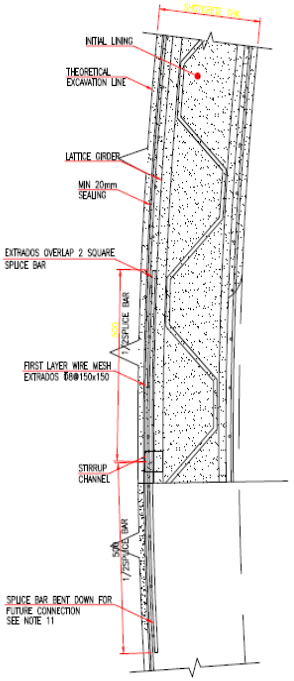
PRIMARY SHOTCRETE LINING


SEALING SHOTCRETE
SEE NOTE 10
THEORETICAL
EXCAVATION LINE
FIRST LAYER WIRE MESH EXTRADOS
OVERLAP 2 SQUARE
LATTICE GIRDER
SHOTCRETE THK.
A
A
SECOND LAYER
WIRE MESH
STIRRUP
CHANNEL
SPLICE BAR
SEE NOTE 11
INITIAL LINING

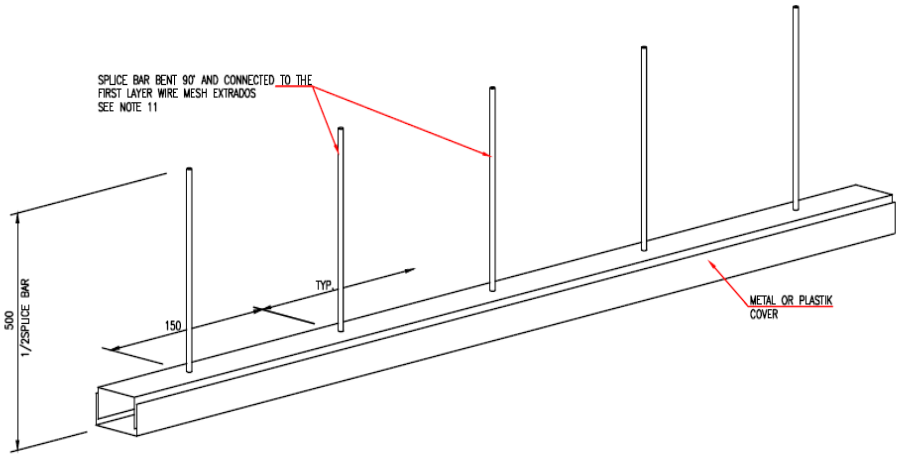

FIRST LAYER WIRE MESH
EXTRADOS
LATTICE GIRDER SPACING
B
LATTICE GIRDER
LATTICE GIRDER
B
THEORETICAL
EXCAVATION LINE
STIRRUP CHANNEL
FOR SPLICE BAR
SEE DET. "1"
SPACER BLOCK
SPLICE BAR BENT 90° AND CONNECTED TO THE FIRST
LAYER WIRE MESH EXTRADOS
SEE NOTE 11
SECTION
A
A



SECTION B



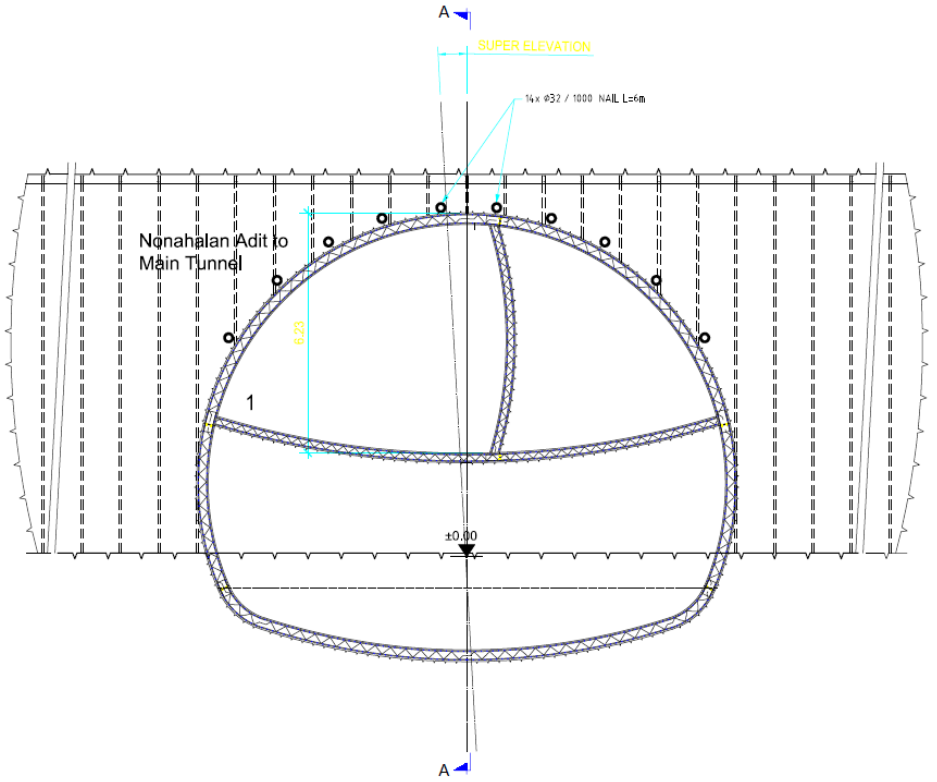
SECTION C



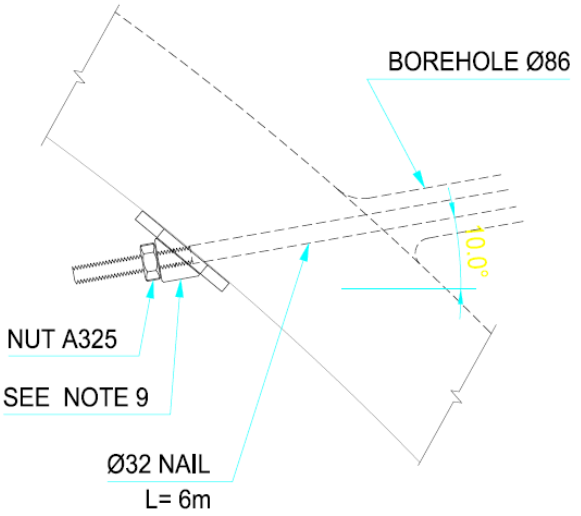
DETAIL 1

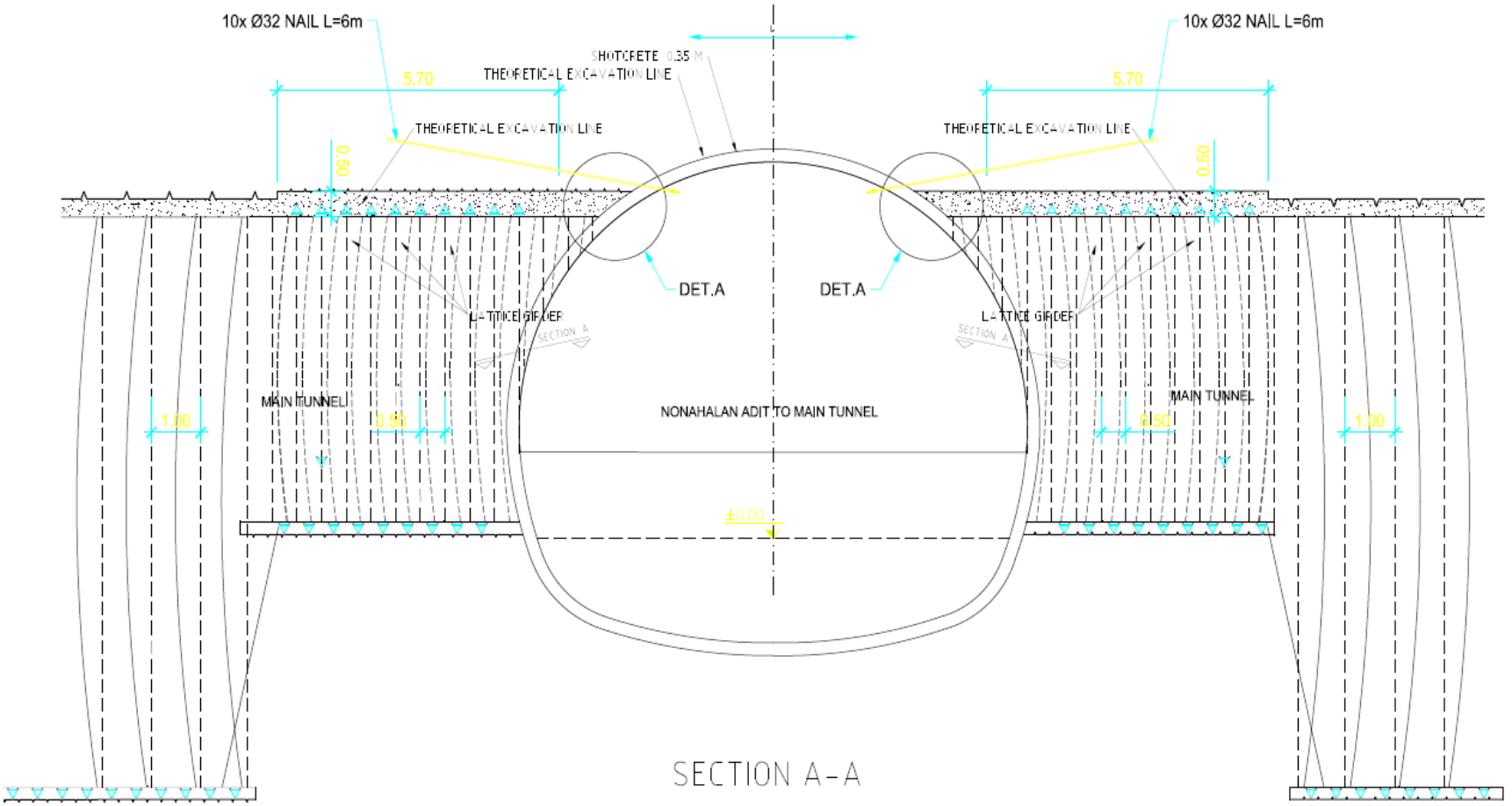
عملیات تحکیم محل اتصال تونل های دسترسی به تونل اصلی: برای این کار از فرآیند نیلینگ استفاده شده که در ادامه بیشتر توضیح داده میشود.

پروژه بخش شرقی تونل نیایش

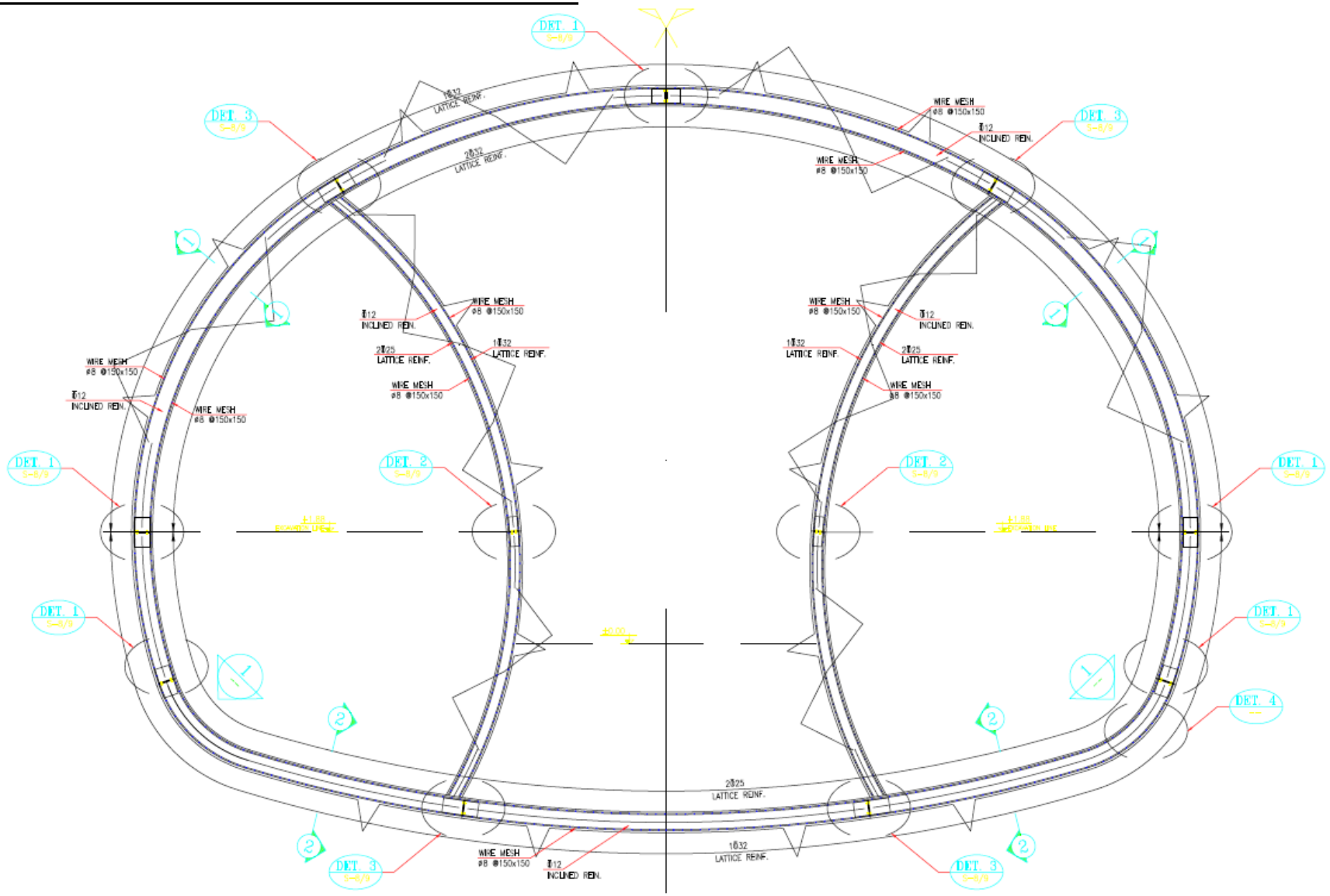


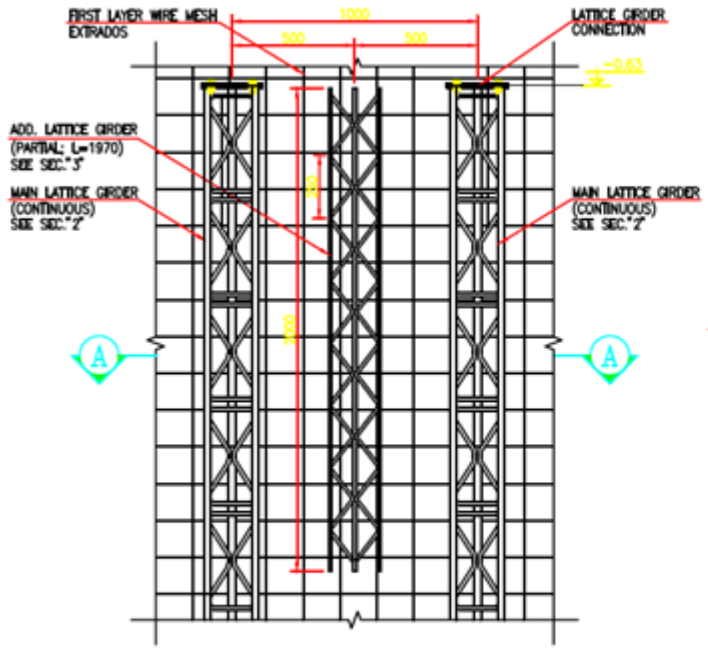
North Tunnel View To West
South Tunnel View to East



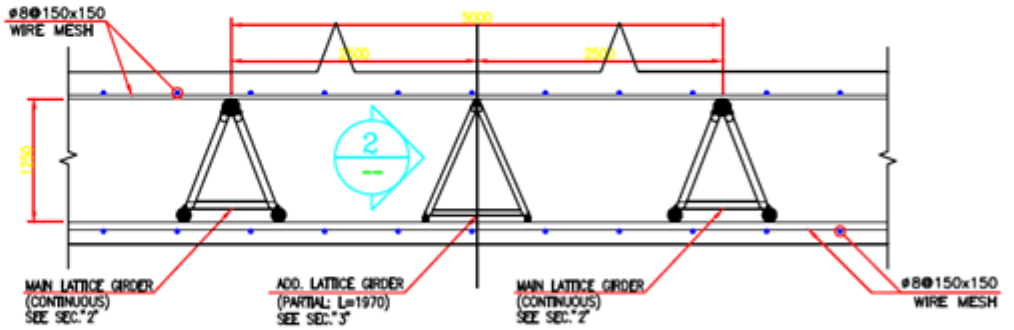

10x Ø32 NAIL L=6m
10x Ø32 NAIL L=6m
SHOTCRETE 0.35 M
THEORETICAL EXCAVATION LINE
5.70
5.70
THEORETICAL EXCAVATION LINE
THEORETICAL EXCAVATION LINE
0.50
0.50
DET.A
DET.A
LATTICE GIRDER
LATTICE GIRDER
SECTION A
SECTION A
MAIN TUNNEL
MAIN TUNNEL
NONAHALAN ADIT TO MAIN TUNNEL
1.00
0.50
0.50
1.00
±0.00
SECTION A-A

پروژه بخش شرقی تونل نیایش

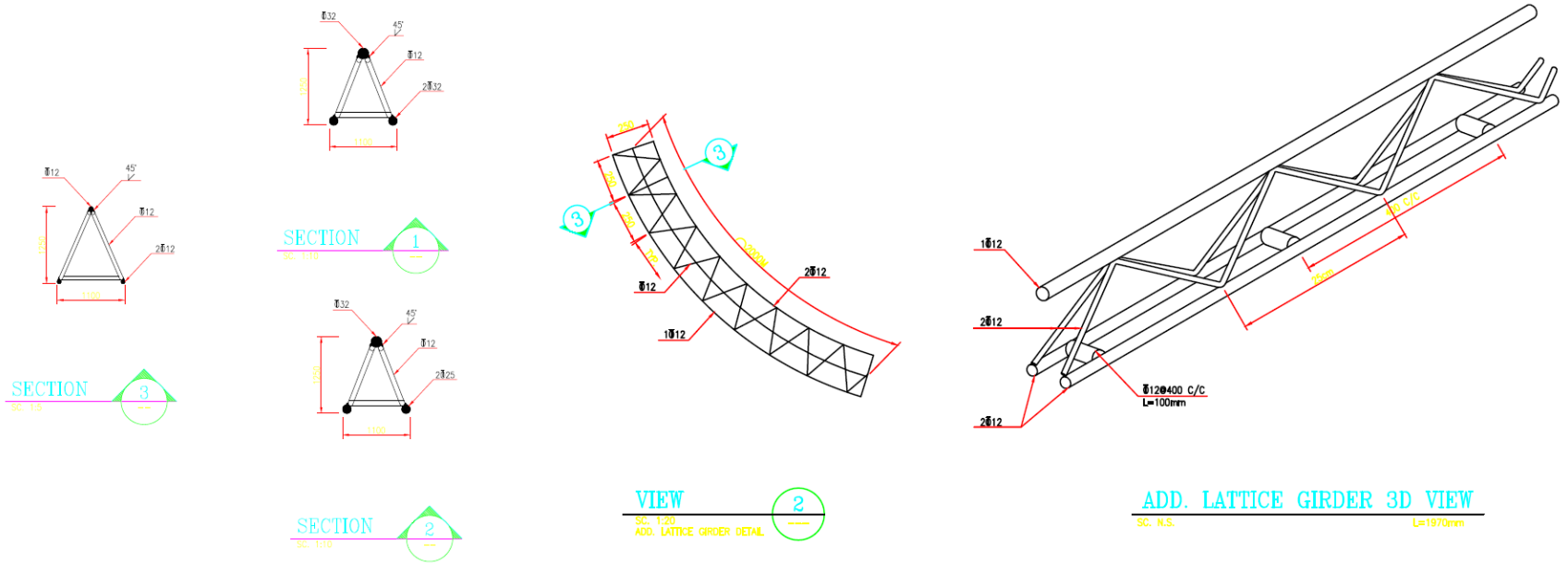




VIEW 1
SC. 1:10



SECTION A
SC. 1:10



اجرای نیلینگ

قابل ذکر است که در مقاطعی که احتمال ریزش میباشد و نتایج مانیتورینگ حاصل شده، نشست هاي اطراف محدوده کار را نشان میدهند علاوه بر تحکیم بوسیله شاتکریت و لتیس باید از نیلینگ نیز استفاده شود .از این تکنیک براي پایداري ترانشه ها استفاده میشود.
تئوري استفاده از روش نیلینگ بر مبناي مسلح کردن و مقاوم نمودن توده خاك با استفاده از دوختن توده خاك توسط مهارهاي کششی فولادي با فواصل نزدیک به یکدیگر می باشد.

اجرای نیلینگ بر دیواره ورودی پرتال شرقی – کارگاه صدر

استفاده از نیلینگ موجب:

افزايش مقاومت برشی توده خاك می گردد.
محدود نمودن و تحت كنترل در آوردن تغيير مكا نهاي خاك در اثر افزايش مقاومت برشی در سطح لغزش بدليل افزايش نيروي قائم می شود.
باعث كاهش نيروي لغزش در سطح گسيختگی و لغزشی می شود.
بايد توجه داشت كليه سطوح ترانشه هاي حفاري شده كه توسط نيلينگ بايستی مسلح شوند، با استفاده از شبكه مش و شاتكريت ابتدا حفاظت شده و سپس سيستم نيلينگ روي آنها اجرا می شوند.
جهت مهار كششی نيلينگ معمولا از آرماتورهاي فولادي استفاده می شوند كه درون يک چال حفاري شده
قرارگرفته و تزريق دور آن درون چال تزريق صورت می گردد .فواصل بين مهارهاي كششی در حدود ۱ الی ۲متر می باشد و حداقل شيب نسبت به افق حدودا ۱۵ درجه می باشد.
بايد توجه داشت كه رويه شاتكريت شده روي ترانشه هاي حفاري شده نقش سازه اي نداشته اما می توان جهت اطمينان براي پايداري موقت خاك بين مهارها استفاده نمود.

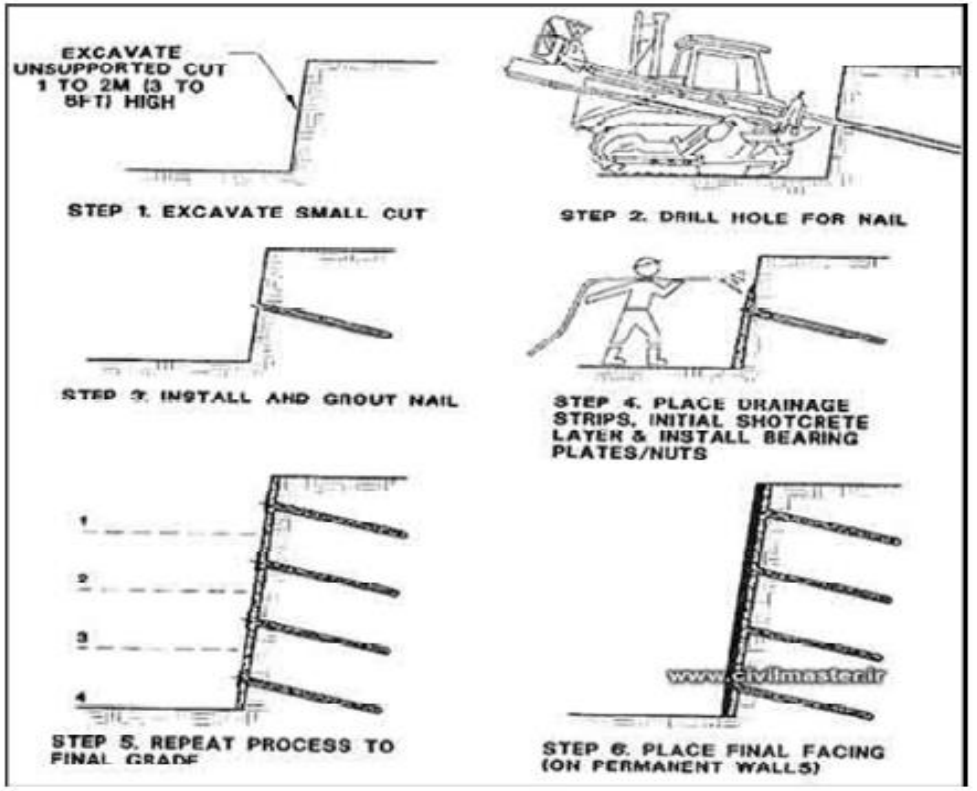
آرماتورهای کششی همراه با لوله های تزریق که اطراف آنها بسته شده است

مراحل اجراي سيستم نيلينگ

۱- گودبرداري در مرحله اول ترانشه و يا گود و ايجاد پله بعدي عمليات.

۲- حفاري چال جهت نصب مهار کششی(در اين پروژه حفاري بوسيله جامبو دريل انجام شد).

۳- قراردادن آرماتور داخل چال و تزریق چال.
٤- اجراي سيستم زهكشی و اجراي شاتكريت جداره و نصب ضخامت فولادي.
٥- گودبرداري مرحله بعدي ترانشه و يا گود و ايجاد پله هاي بعدي عمليات.
٦- اجراي پوشش شاتكريت نهايی پس از اتمام آخرين مرحله حفاري.



مراحل اجرا سیستم نیلینگ

اصول طراحی نیلینگ:

مراحل طراحی سیستم نیلینگ مطابق زیر است:

- هندسه سازه مشخص گردد .
- عمق و زاویه شیب خاکبرداری مشخص گردد .
- بارگذاری و سربار بارهای وارده به nail و موقعیت سطح افزایش تخمین زده شود.
- انتخاب نوع آرماتور شامل :سطح مقطع، طول و فاصله از یکدیگر و در هر تراز مقاومت موضعی آنها .
- تضمین گردد تا مقاومت از نظر استحکام و ظرفیت چسبندگی برای تحمل نیروها تخمین زده شده و با ضریب اطمینان مناسب و قابل قبول کنترل شوند.
- پایداری کل سازه نگهدارنده و خاک اطراف آن در زمان حفاری گود و ایجاد پله های حفاری و بررسی و کنترل ضریب اطمینان قابل قبول.
- تخمین نیروهای وارده بر صفحه فولادی Bearing plate .
- در نظر گرفتن سطح پیزومتریک آبهای زیر زمینی و لحاظ نمودن سیستم زهکش.

فورپلینگ

برای جلوگیری از هرگونه ریزش دراثر برخورد با خاک سست و تحکیم خاک سست می توان از روش fore poling استفاده کرد که در زیر توضیح داده می شود

با توجه به پایداری نسبی دیواره های تونل و و ضعیت توزیع تنش در اطراف آن، گمانه هایی در محیط سقف تونل حفاری می شوند .گمانه ها با فاصله بندی ۱ متر از یکدیگر و زاویه ۱۰ تا ۱۵ درجه نسبت به افق و به سمت بالا حفاری و سپس لوله گذاری می شوند .درحفاری گمانه ها باید فازبندی رعایت شود .بدین صورت که ابتدا گمانه ها با فواصل ۲ متر از یکدیگر حفاری و تزریق می گردند .سپس گمانه دیگر بین گمانه های مرحله قبل حفاری و تزریق می شوند.

درصورت ریزشی بودن گمانه ها و عدم موفقیت در لوله گذاری ممکن است طول لوله گذاری کاهش یابد یا در یک مرحله، گمانه حفاری شده تزریق گردد و گمانه با حفاری مجدد به عمق نهایی برسد .درهرصورت با توجه به وضعیت توده خاک و نفوذپذیری آن فاصله بندی گمانه ها، عمق، طول، زاویه شیب، فشار تزریق ونسبت اختلاط بهینه خواهد شد.

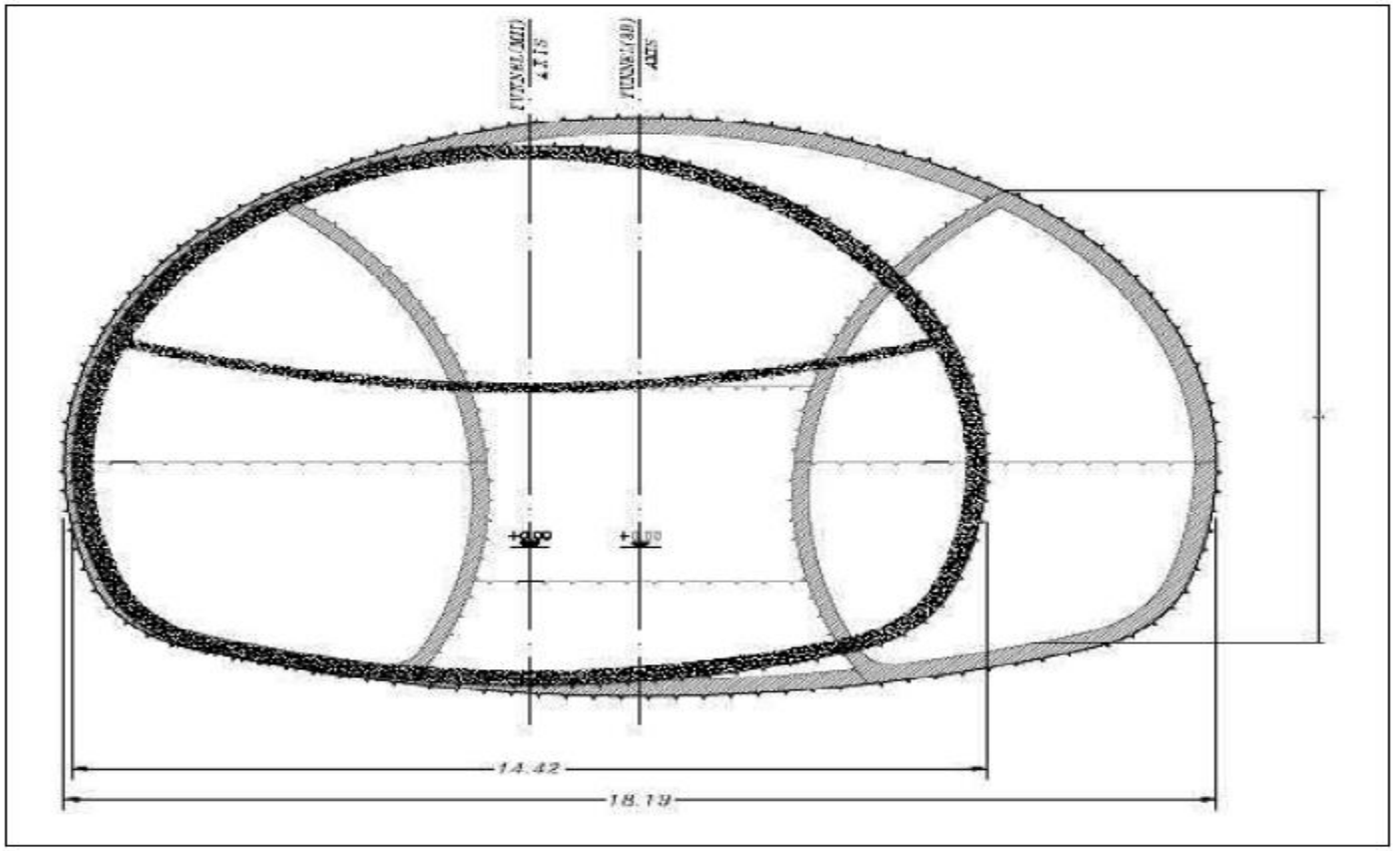
تهیه لوله بدین صورت است که ابتدا با توجه به قطر گمانه، نوع لوله انتخاب شده و طول لوله مشبک می شود(لازم به ذکر است که در این پروژه به طور مثال تقاطع تونل جنوبی با اتوبان مدرس به دلیل ریزشی بودن و اطمینان از وجود خاک دستی ریخته شده برای روسازی اتوبان ازاین عملیات با طول لوله های مشبک ۶ متر استفاده شد). فقط ابتدای لوله برای جلوگیری از فرار دوغاب مشبک نمیگردد .عملیات مشبک سازی در مقاطعی که نیاز به تزریق است، انجام می گیرد .ابتدای لوله، بین جدار گمانه و لوله توسط دوغاب سیمان وسیلیکات سدیم پر می شود تا نشت دوغاب کنترل گردد .درصورت نشت دوغاب از اطراف تونل باید عملیات نشت گیری با گچ و سیمان و سیلیکات صورت گیرد و درصورت نیاز غلظت دوغاب افزایش یا فشار تزریق کاهش یابد .با توجه به وضعیت نشت دوغاب ممکن است لازم باشد تا لوله را طی دو مرحله تزریق نمود.فشار تزریق نباید از 5 بار بالاتر رود .بعد از اتمام تزریق گمانه ها و

گیرش دوغاب تزریق شده، عملیات حفاری تونل انجام گرفته و عملیات فوق تکرار می شود.

اجرای فورپلینگ در قسمت Top

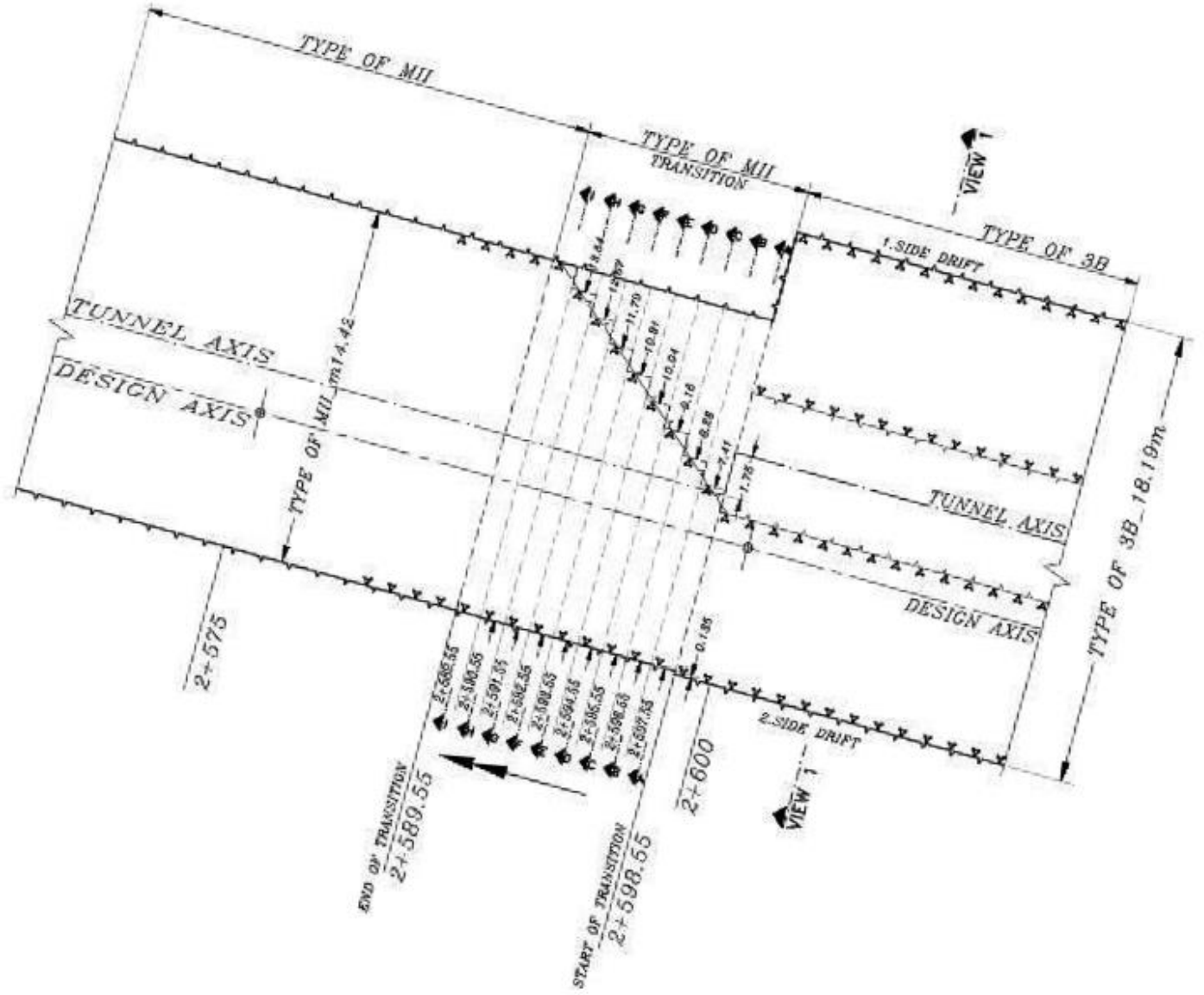
عملیات تحکیم محل اتصال مقطع ۲ خطه و سه خطه(اجرای ترانزیشن)

در مناطقی از تونل که عرض مقاطع تغییر قابل توجهی مییابند ترانزیشنها اجرا میشوند .بنابراین در این پروژه برای تغییر مقاطع سه خطه به دو خطه و یا بالعکس، تغییر مقاطع دو خطه به سه خطه، ترانزیشن اجراخواهد شد.



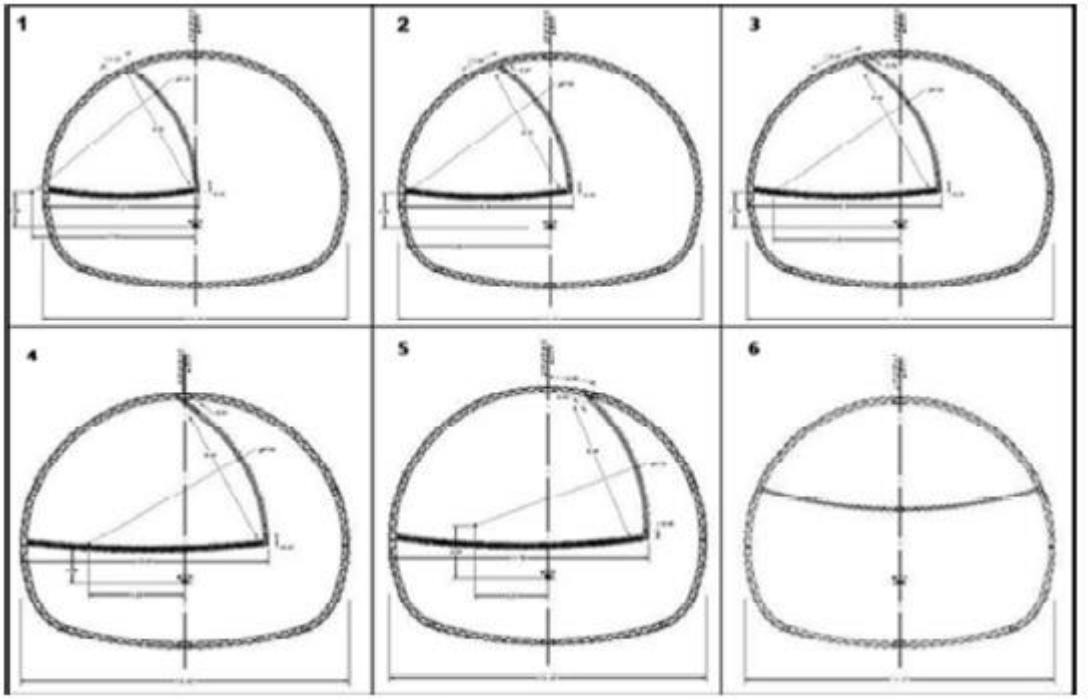
نمای تغییر مقاطع از روبرو

.

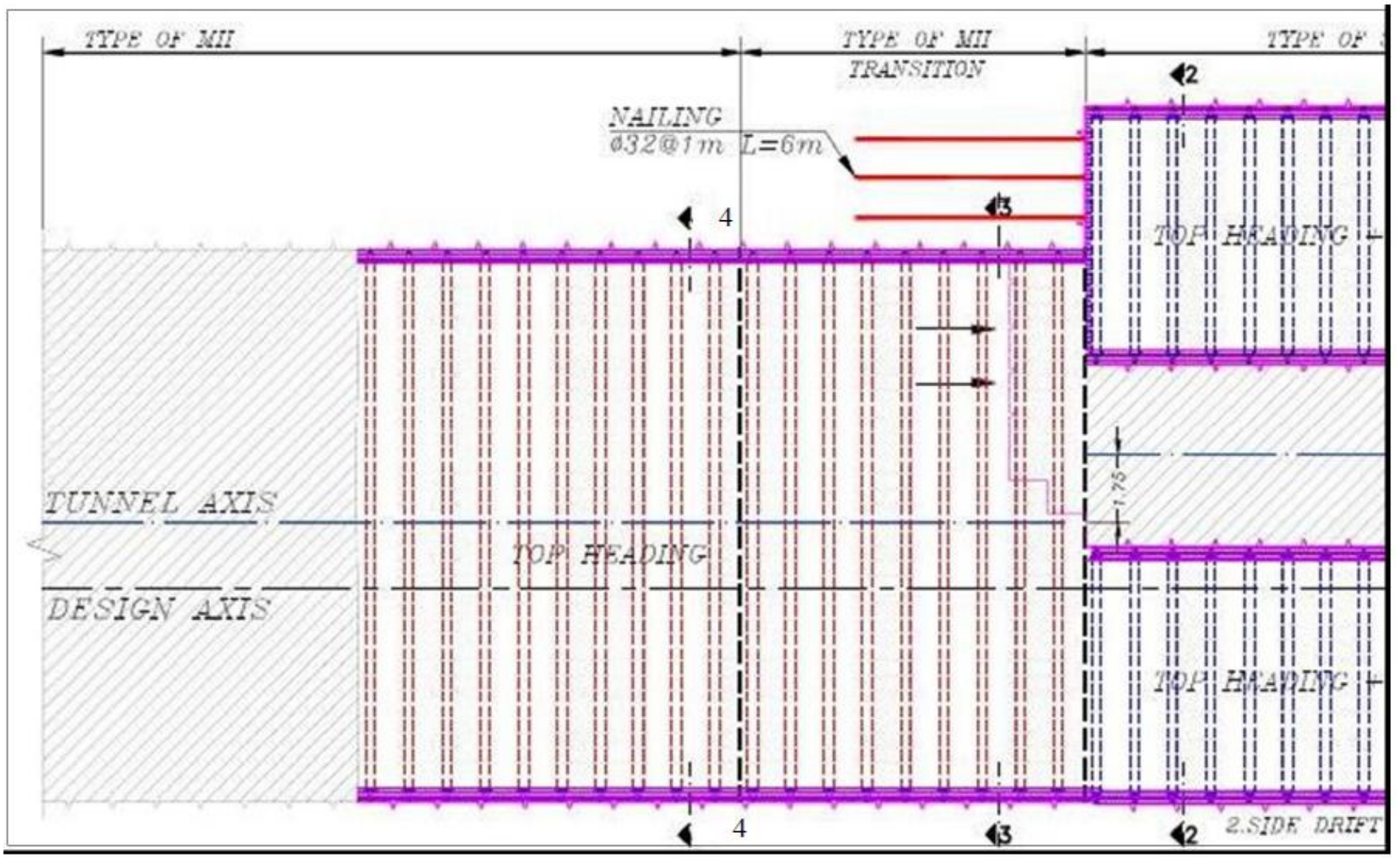

TYPE OF MII
TYPE OF MII TRANSITION
VIEW 1
TYPE OF 3B
1-SIDE DRIFT
TUNNEL AXIS
DESIGN AXIS
TYPE OF MII_m14.42
TUNNEL AXIS
DESIGN AXIS
TYPE OF 3B_18.19m
2+575
2+589.55
END OF TRANSITION
2+598.55
START OF TRANSITION
2+600
2-SIDE DRIFT
VIEW 1

مراحل اجرای ترانزیشن:

به طور مثال در تونل جنوبی پس از حفاری Top Heading2و Bench2و رسیدن به محل تقاطع مقطع ۳ خطه با ۲خطه شروع به اجرای ترانزیشن می کنیم به این صورت که به طور مداوم و با پیش روی های تقریبا ۱ تا ۱/۳متری عرض Top Heading2را افزایش می دهیم تا به عرض Top Heading مقطع ۲ خطه برسد. قابل ذکر است که عملیات تحکیم در ترانزیشن با لتیس و سیستم نیلینگ انجام می شود. سپس عملیات حفاری قسمت Top Headingمقطع ۲ خطه آغاز و پیش می رود تا حفاری قسمت های Middle و Invertبه محل اجرای ترانزیشن برسد در این مرحله که مرحله اتصال ۲ مقطع است ترانزیشن تخریب و پس از آن حفاری های پیش رو مربوط به مراحل حفاری مقطع ۲ خطه می باشد .



مراحل پیشروی عرضی اجرای ترانزیشن

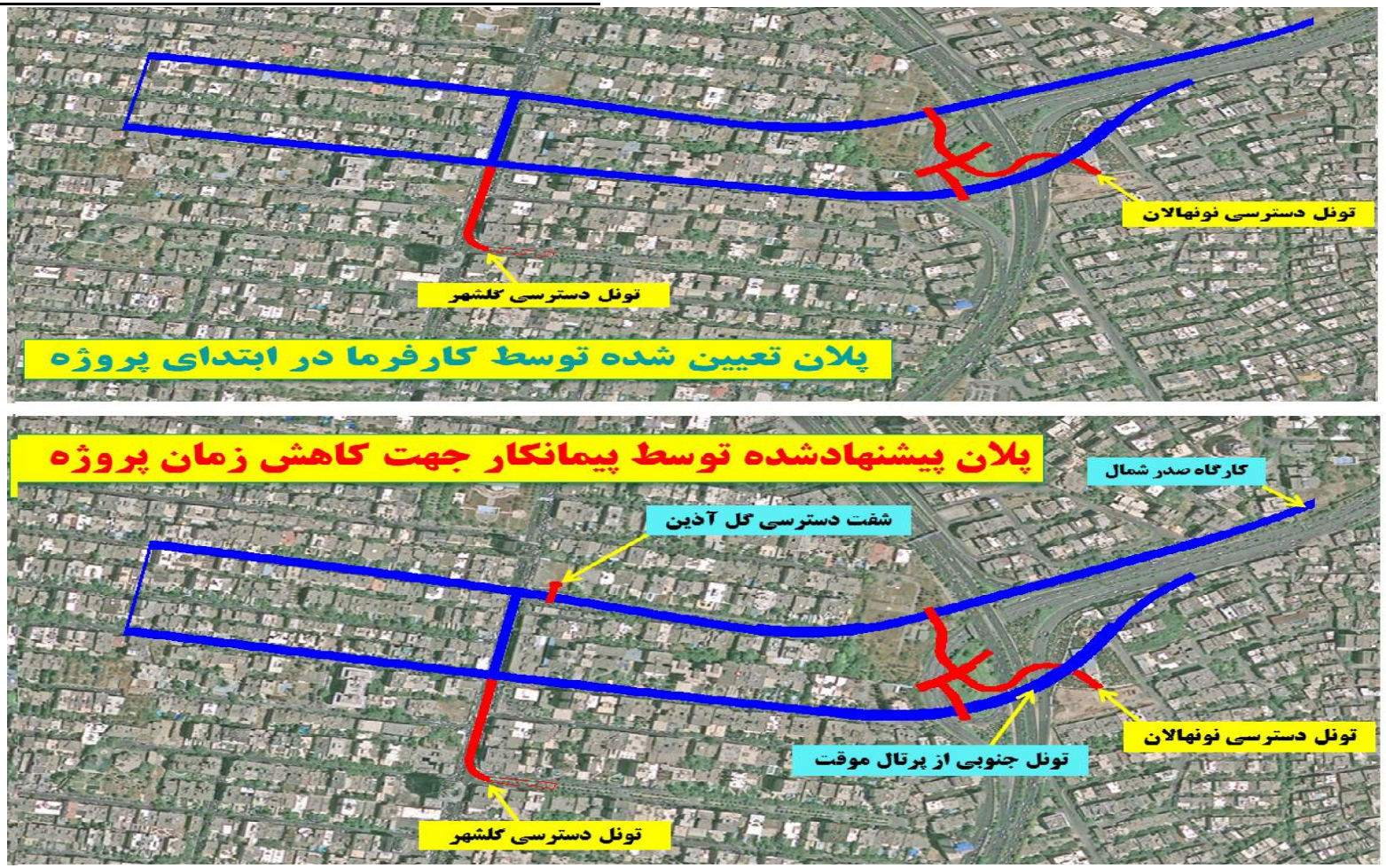


تخریب ترانزیشن

اجرای شفت گل آذین

شفت گل آذین جهت کاهش زمان پروژه در تقاطع تونل شمالی با بلوار آفریقا توسط پیمانکاربخش شرقی اجرا شد.در همین راستا کارگاه صدر شمال (پرتال شرقی تونل شمالی) و پرتال موقت تونل شمالی توسط پیمانکار پیشنهاد شد.

پروژه بخش شرقی تونل نیایش



پیشنهاد حفاری از شفت گل‌آذین طراحی دقیق و سریع،اجرای شفت به عمق۴۵ متر و قطر ۱۲ متر در مدت کم‌تر از ۱ ماه

۳-۷-۲-۳- انواع روش های لاینینگ

عملیات لاینینگ تونل در۲ بخش پس از پر شدن کف با بتن و قرار دادن منهول ها انجام می شود. عملیات پر کردن کف تونل با بتن تا رسیدن به سطح مد نظر با دور(شیب عرضی) مربوط به هر قسمت بالاخص در پیچ ها در چند مرحله انجام می شود تا سیستم لاینینگ روی این سطح سوار شود. سیستم لاینینگ شامل آرماتور های کف ، دیواره و سقف تونل به علاوه بتن و قالب مربوطه سقف و دیواره می باشد که بعداز بتن ریزی هر پارت، قالب برای قسمت بعدی بعد از یک مدت مشخص باز و به قسمت جلو منتقل میشود. البته قابل ذکر است که قبل از بتن ریزی هر قسمت سیستم زهکشی اجرا میشودکه در ادامه به طورمفصل در این رابطه توضیح داده خواهد شد.

سیستم های مدفون در پوشش نهایی بتن

۱- سیستم آب بندی

۲- شبکه زهکشی آب های زیر زمینی و جمع آوری آب های سطحی

۳- لوله های برق مدفون در بتن دیواره و سقف تونل

۴- سیستم ارتینگ

۵- آرماتور بندی

مراحل بتن ریزی

۱- اجرای بتن پر کننده کف

۲- اجرای بتن دال کف

۳- قالب بندی و اجرای بتن پله و رامکا در طرفین تونل

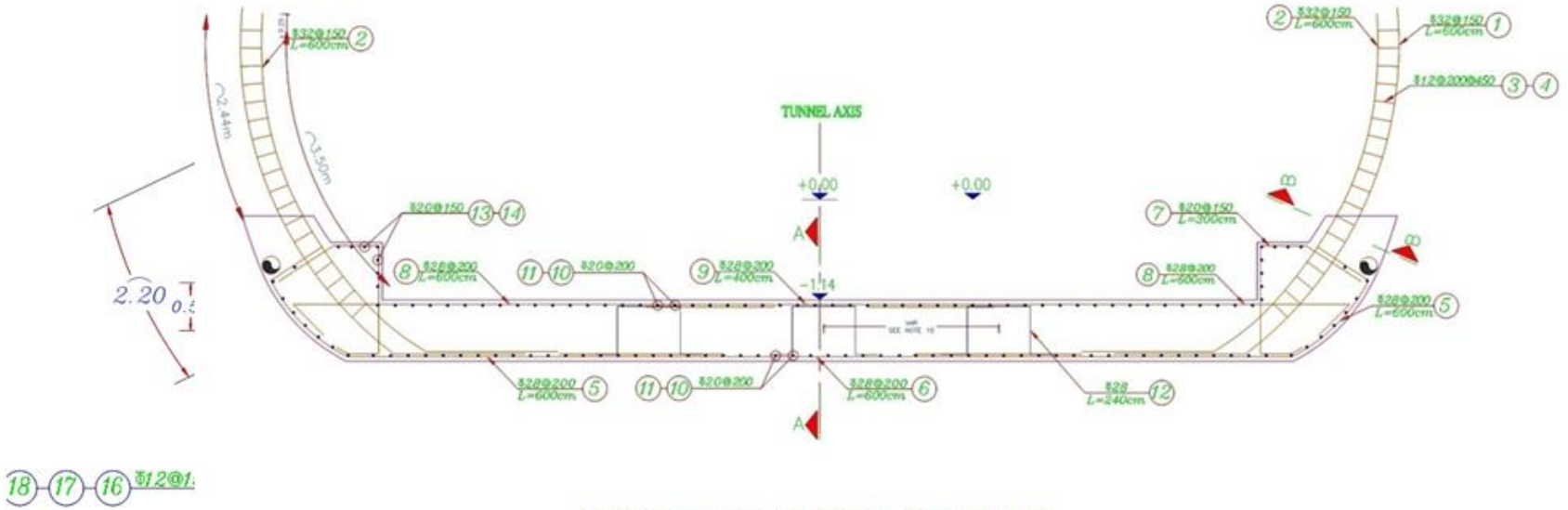
۴- فیکس کردن قالب تونل و اجرای یتن دیواره و سقف

با توجه به وجود مقاطع ۲ خطه و ۳خطه و تفاوت عرض این دو مقطع نیاز به ۲ قالب مجزامی باشد، که با در نظر گرفتن این موضوع روش های لاینینگ به ۲ نوع تقسیم میشود.

الف) لاینینگ مقاطع ۲ خطه

ب) لاینینگ مقاطع ۳ خطه

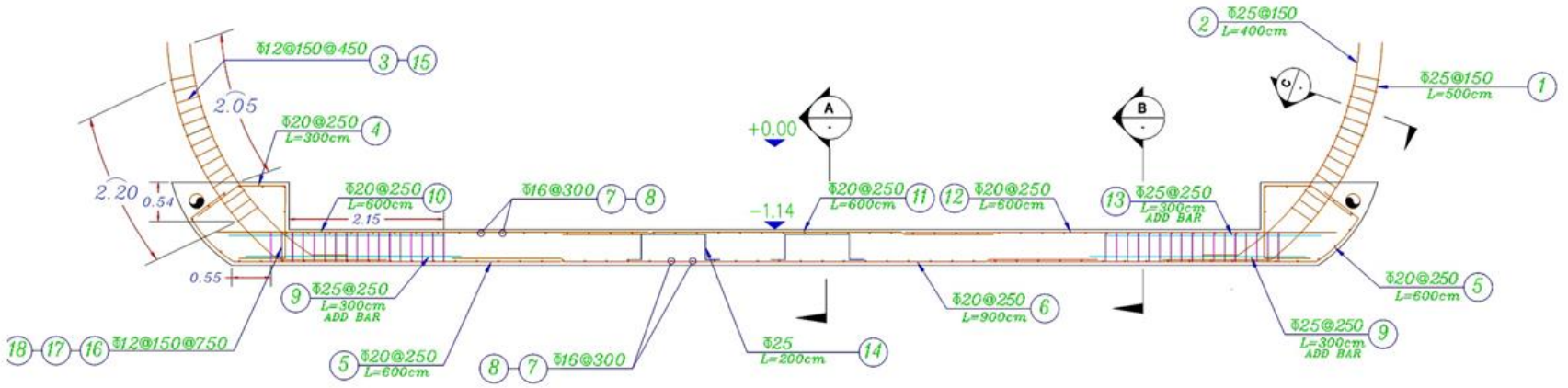
نمونه مقاطع آرماتور بندی دو خطه



REINFORCEMENT OF LINING INVERT SLAB

TYPE 2D

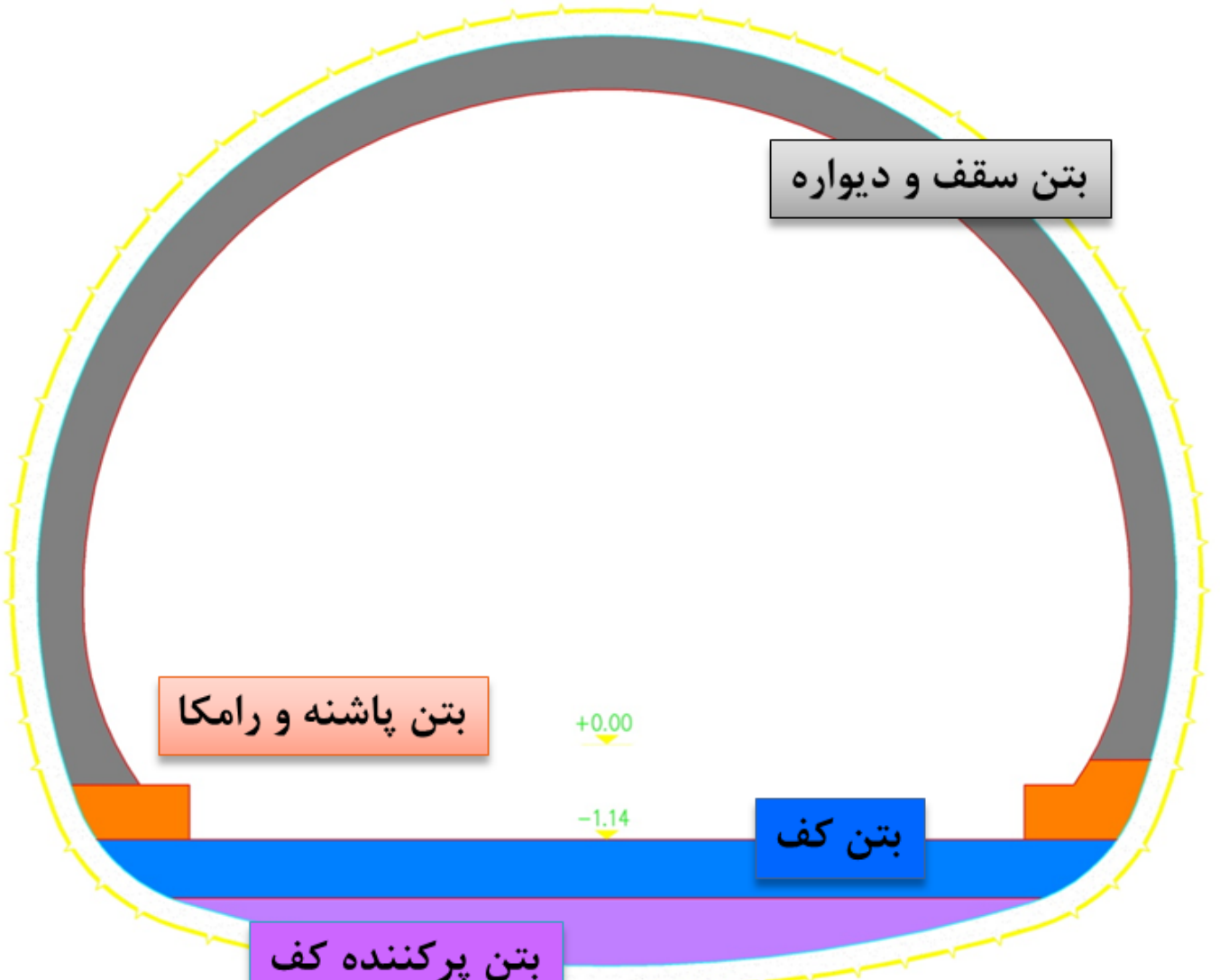
نمونه مقاطع آرماتوربندی سه خطه



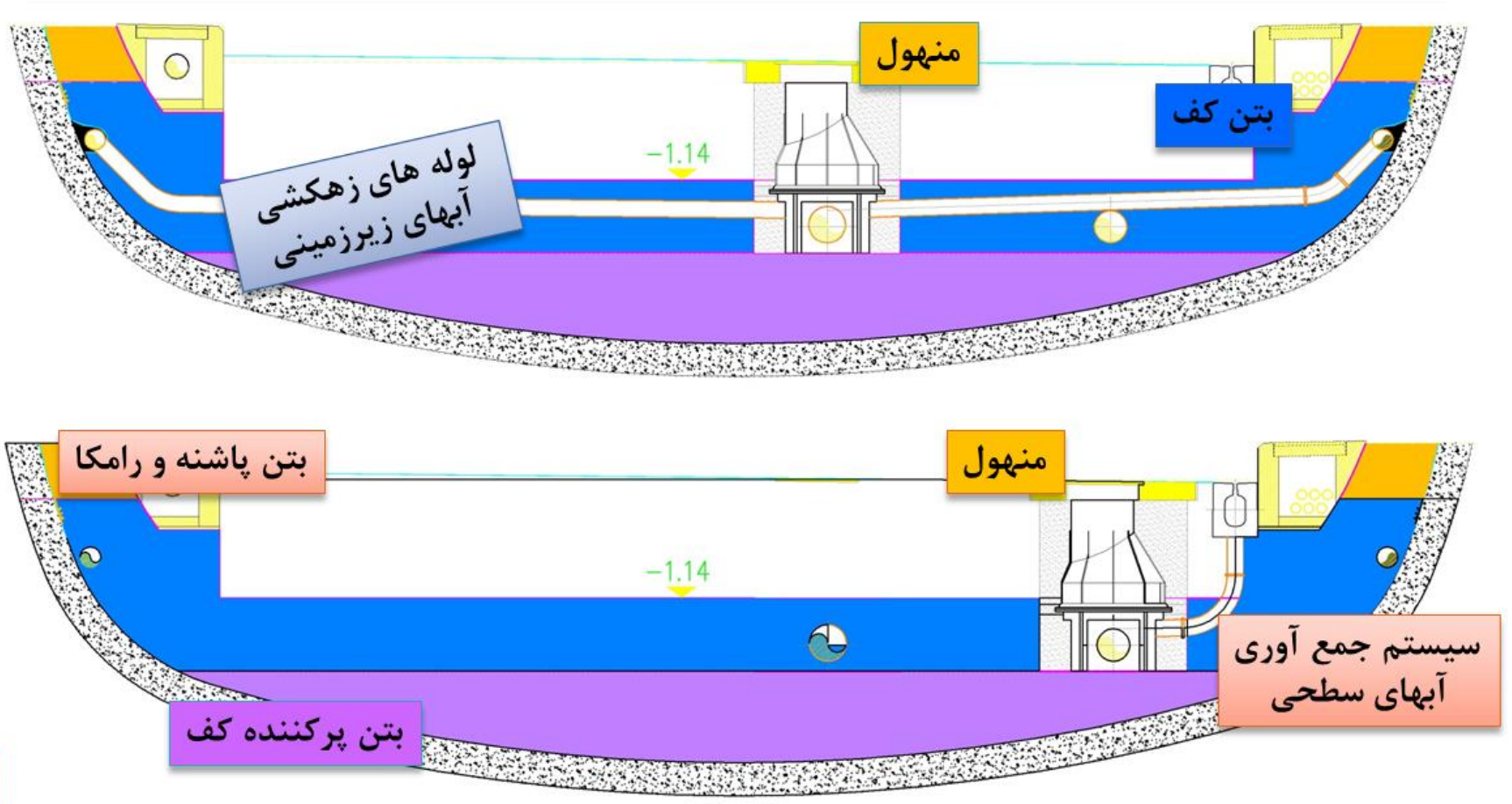
REINFORCEMENT OF LINING INVERT SLAB

TYPE 3A

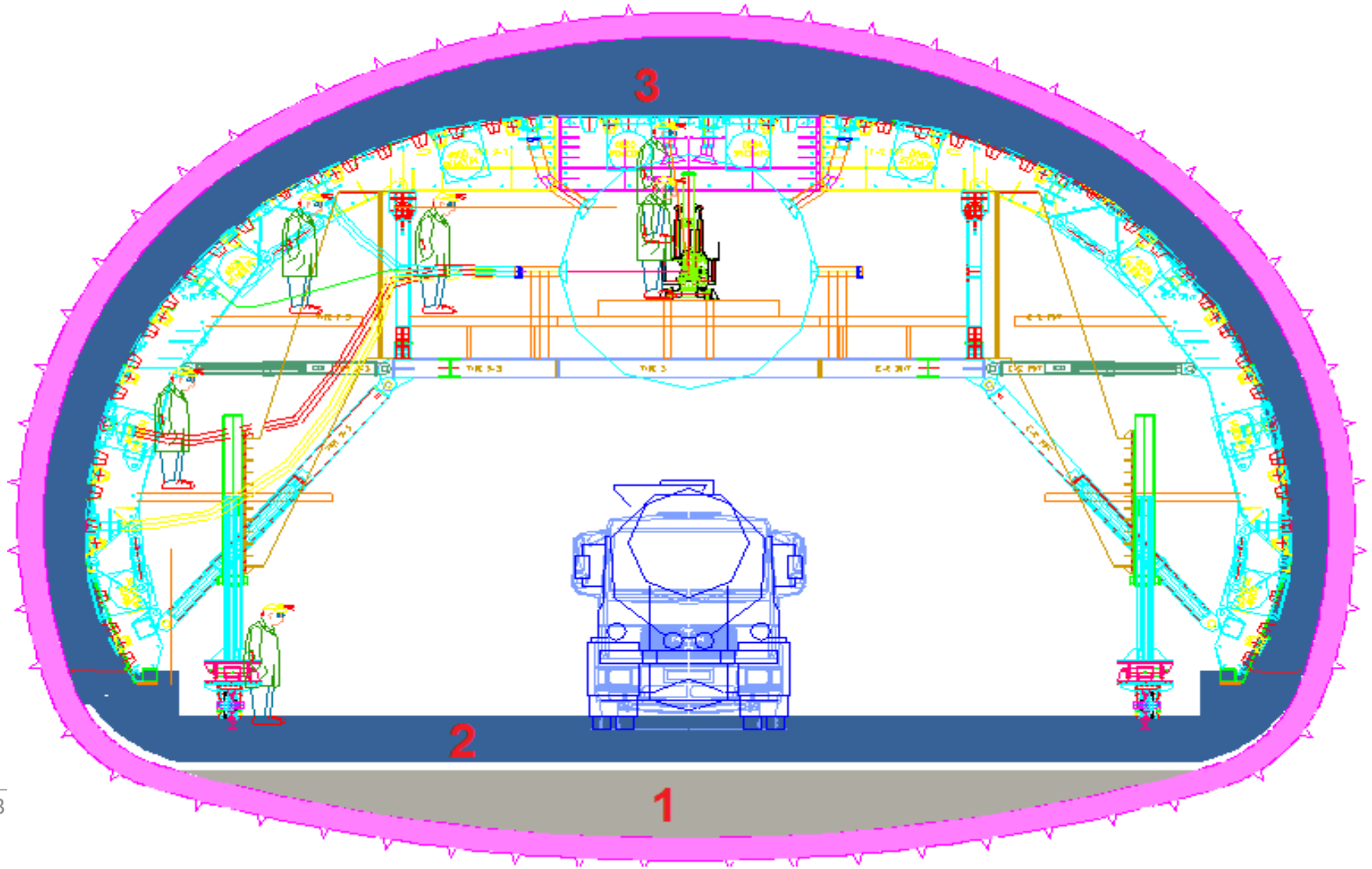
مراحل بتن ریزی



بتن کف


منهول
بتن کف
لوله های زهکشی
آبهای زیرزمینی
-1.14
بتن پاشنه و رامکا
منهول
-1.14
سیستم جمع آوری
آبهای سطحی
بتن پرکننده کف

مراحل بتن ریزی به ترتیب شماره



ویژگی های قالب متحرک

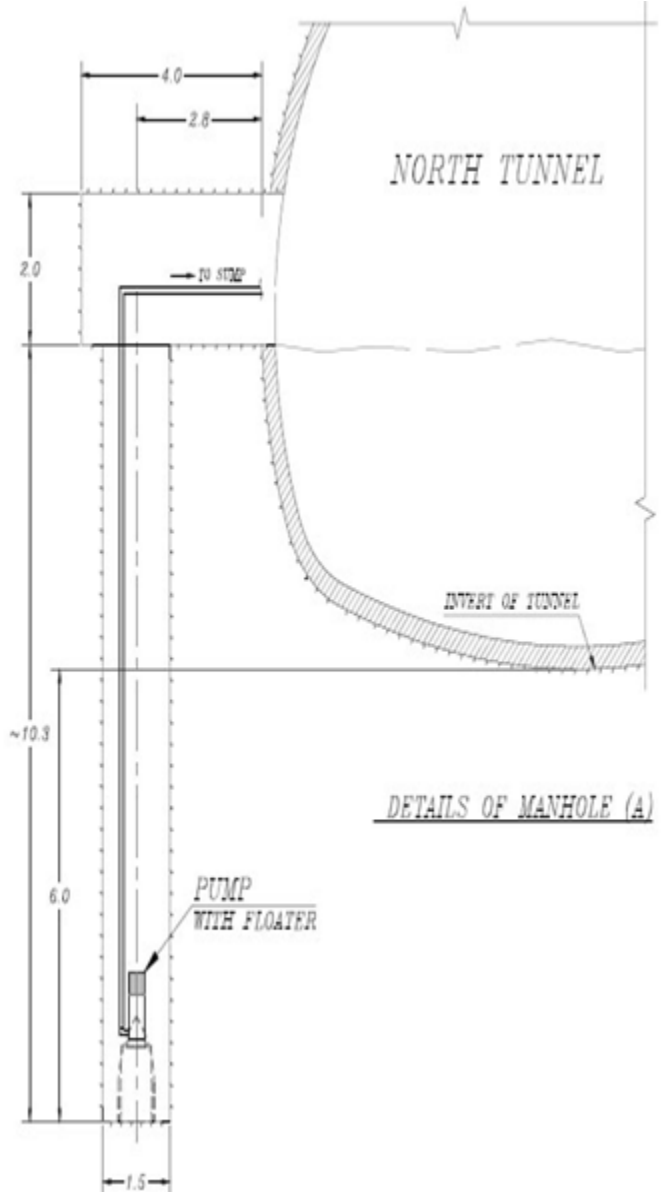
۱- قابلیت تبدیل از حالت ۳خطه به ۲خطه
۲- قابلیت حرکت و اجرای بتن در قوس‌های تند تونل
۳- مجهز به جک‌های هیدرولیکی جهت تسریع در فیکس و حرکت طولی قالب
۴- عدم نیاز به قطعات مدفون در بتن، عدم نیاز به اجرای پاشنه بتنی در دیواره
۵- بتن‌ریزی هم‌زمان سقف و دیواره
۶- یکنواختی بتن اجراشده
۷- مکان حرکت عرضی پوسته قالب جهت تثبیت موقعیت صحیح نقشه‌برداری
۸- طراحی و سفارش یک قالبِ کم‌نقص با توجه به تجربیات گسترده مؤسسه حرا

۳-۷-۳- سیستم زهکشی تونل

۳-۷-۳-۱- زهکشی تونل در حین اجرا

تونلها یا سازه های زیرزمینی در معرض ورود آب (آبهای زیرزمینی، قناتها، آبراهه ها، بارندگی، فاضلابها و...) میباشند. به منظور انحراف و خارج نمودن این آبها در حین اجرا تمهیداتی اندیشیده شده است.

هنگامیکه این آبها به داخل تونل و جبهه کار نفوذ نمایند، از پوششهای آب بند استفاده خواهد شد. این پوشش ها آب را به کناره ها هدایت مینمایند. سپس آب های هدایت شده در کناره ها داخل سامپ ها جمع آوری میشوند و در نهایت به بیرون از محیط کار پمپاژ میشوند.



نمونه سامپ

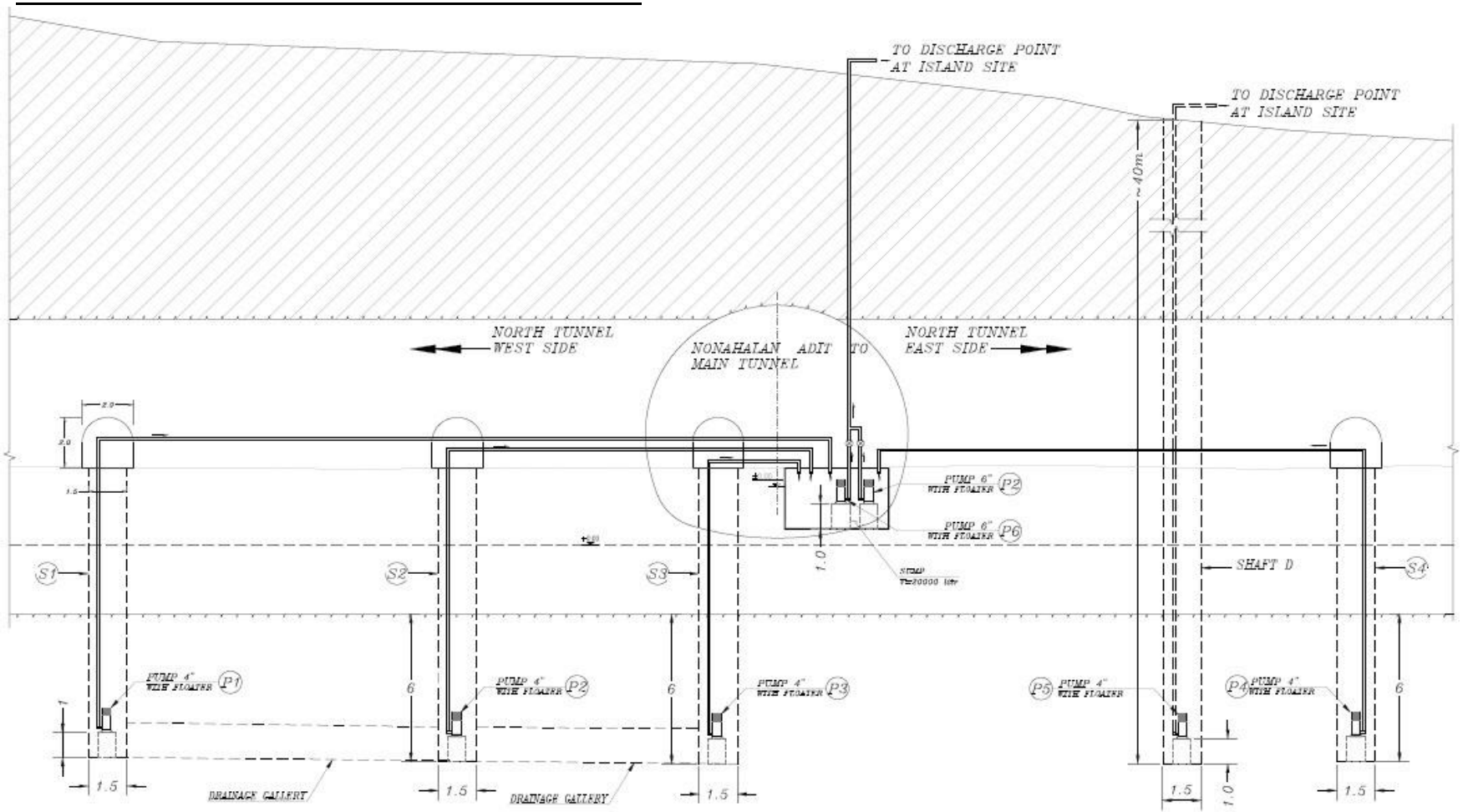
۱- داخل هریک از چاهک ها(سامپ) پمپ ۴ اینچ یا هر کدام دبی بیشتری دارد دو دستگاه پمپ آب ۴ اینچ نصب گردد.

۲-دو دستگاه پمپ ۶ اینچ با هد مناسب در مخزن ۲۰ متر مکعب نصب گردد.

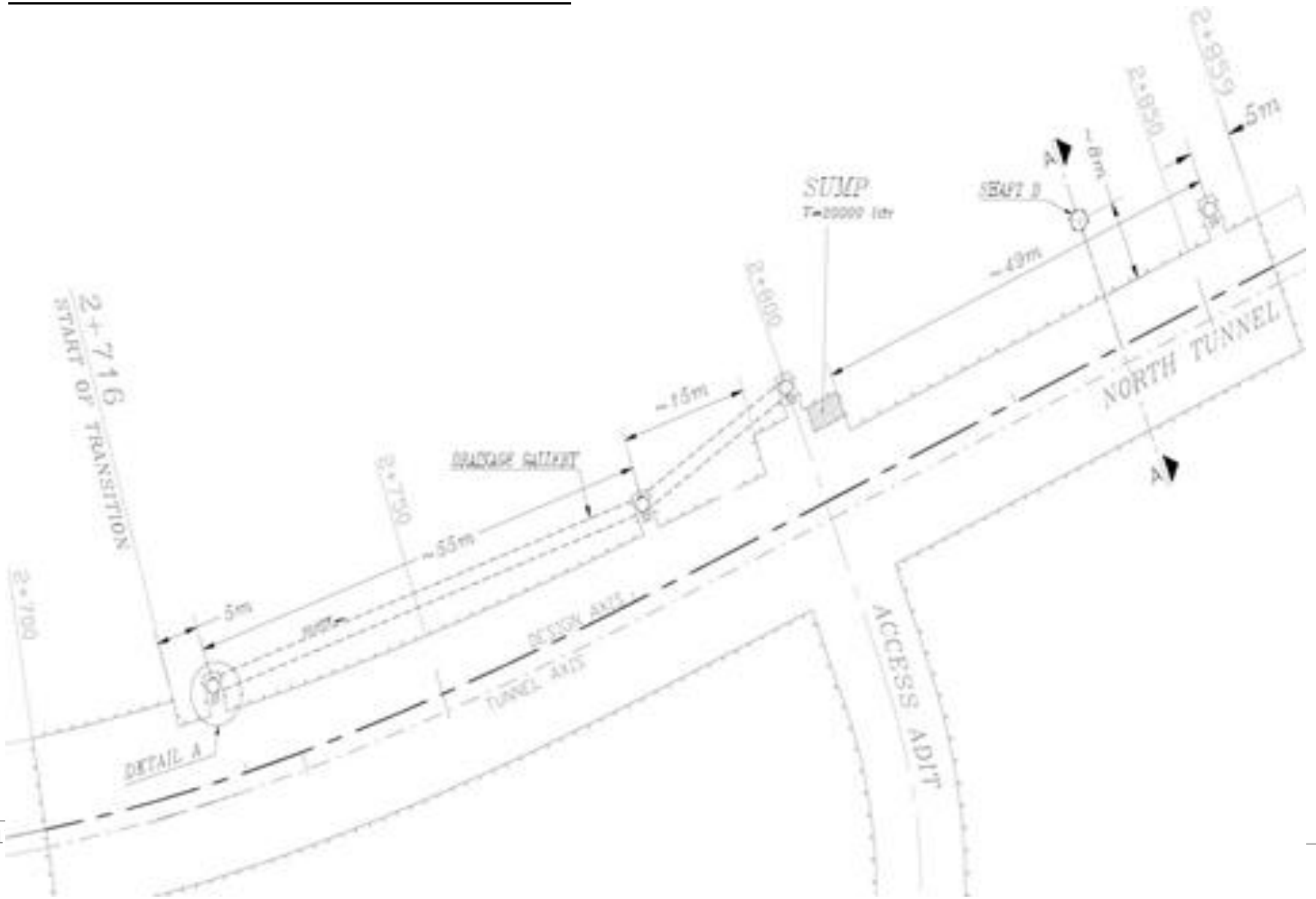
۳- پمپ ها ۱ متر از کف چاهک فاصله داشته باشند.

۴- پمپ ها اتوماتیک باشند و فیلتر داشته باشند.

۵- آب مخزن توسط دو دستگاه پمپ ۶ اینچ از طریق شفت به سایت جزیره انتقال می یابد.



LONGICHUTINAL CROSS SECTION OF NORTH TUNNEL


SUMP
T=20000 l/hr
SHAFT 3
~49m
~8m
5m
NORTH TUNNEL
ACCESS ADIT
~15m
~55m
5m
2+716
START OF TRANSITION
DETAIL A
TUNNEL AXIS
2+700
2+750
2+800
2+850
2+859

DANGER
DANGER
DANGER
DANGER
DANGER
DANGER
DANGER

پرده آب بند نمونه سامپ

۳-۷-۳-۲- زهکشی تونل بعد از اجرا

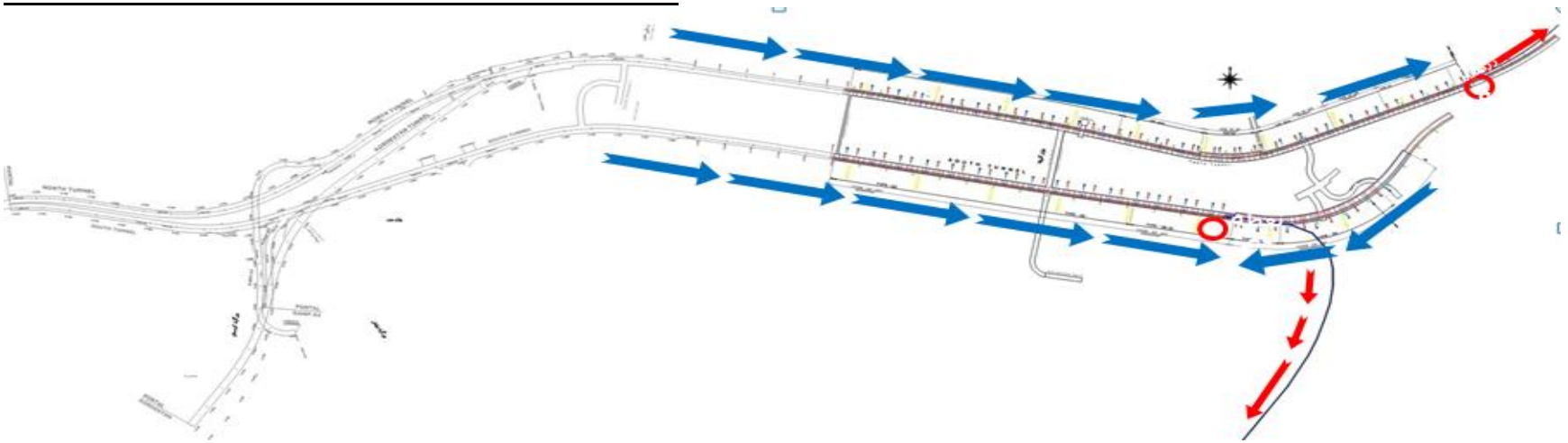
سیستم زهکشی بعد از اجرا با توجه به وجود آب های سطحی داخل تونل که یا ممکن است از طریق رمپ ها و یا دلایل دیگر وارد تونل شود و هم چنین آب های نفوذی به تونل از پشت لاینینگ طراحی شده است.

آب های زیر زمینی: با اجرای لایه آب بند و انتقال این آب ها به لوله های زه کش و پس از آن انتقال به خارج تونل از طریق سیستم منهول و لوله کف تونل.

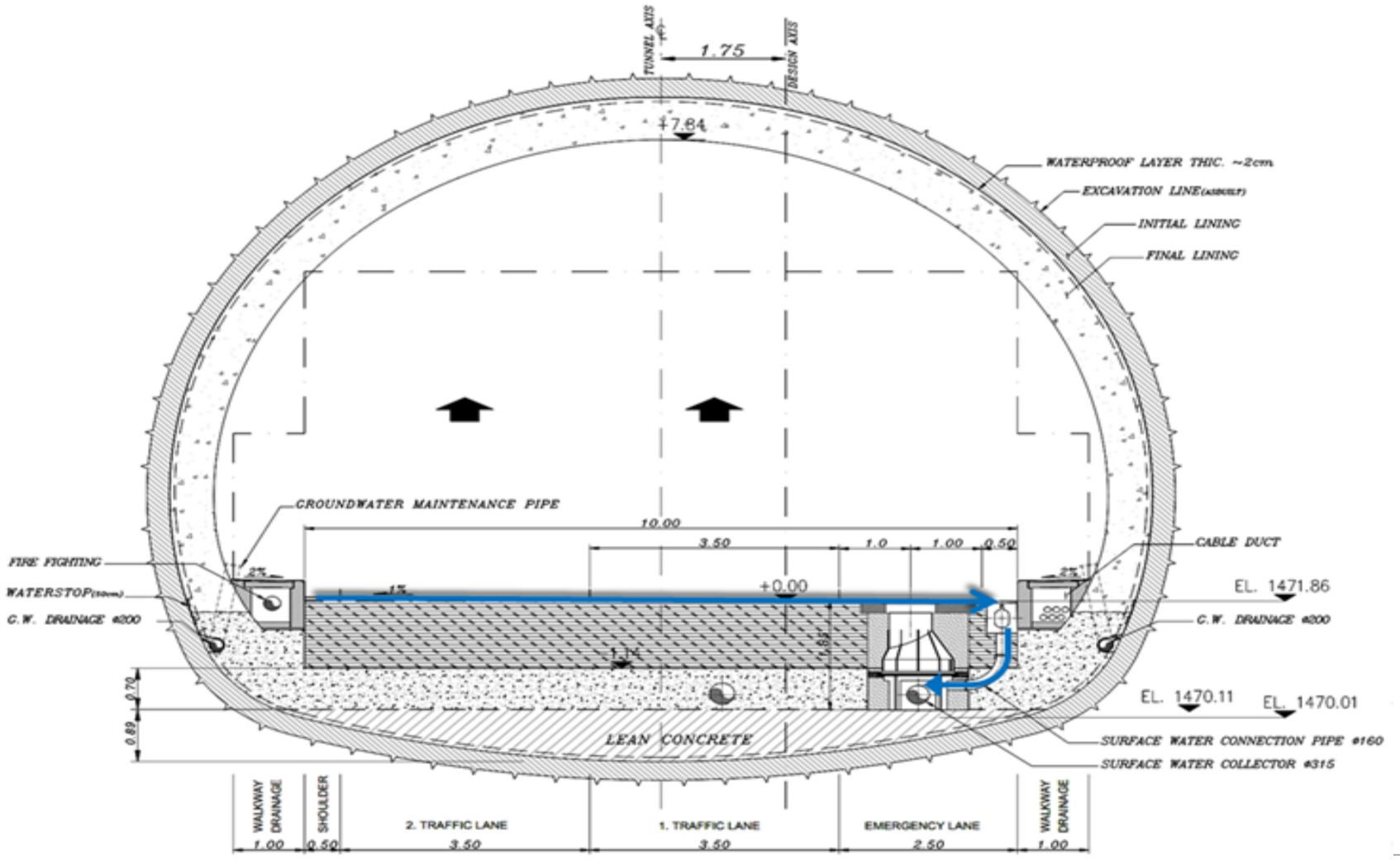
آب های سطحی: با توجه به شیب عرضی آب های روی سطح راه به داخل کانال های هدایت و از طریق لوله به منهول ها و از آنجا به بیرون از تونل انتقال می یابد.

چون شیب طولی تونل نیایش از غرب به شرق می باشد بنابراین آبهای جمع آوری شده در داخل منهول ها به کمک لوله های طولی در کف طونل به سمت شرق تا نقطه قعر تونل جریان یافته و از طریق خطوط انتقال به بیرون از تونل منتقل شده و در داخل کانال ولنجک و زرگنده تخلیه می شود.

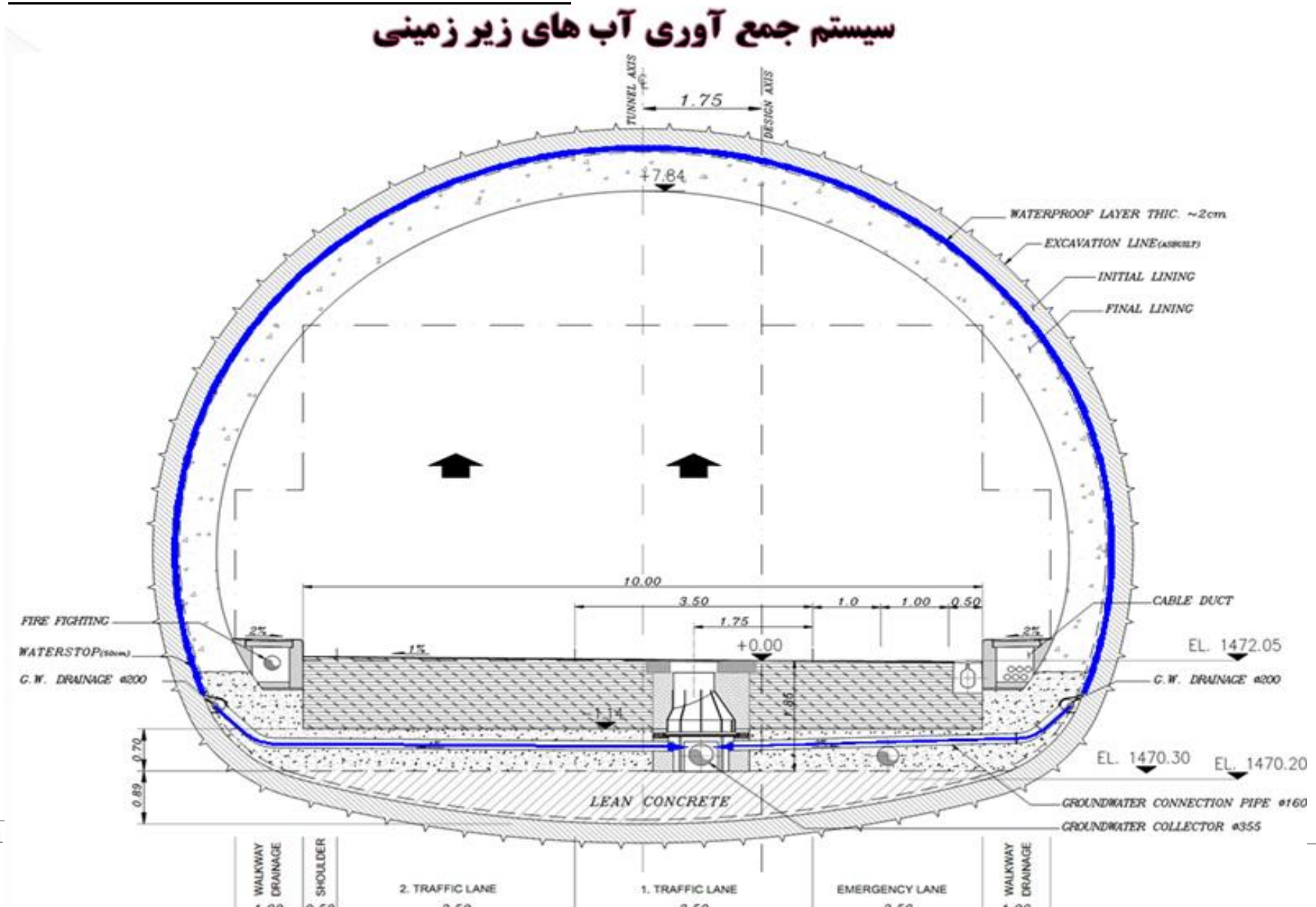
پروژه بخش شرقی تونل نیایش

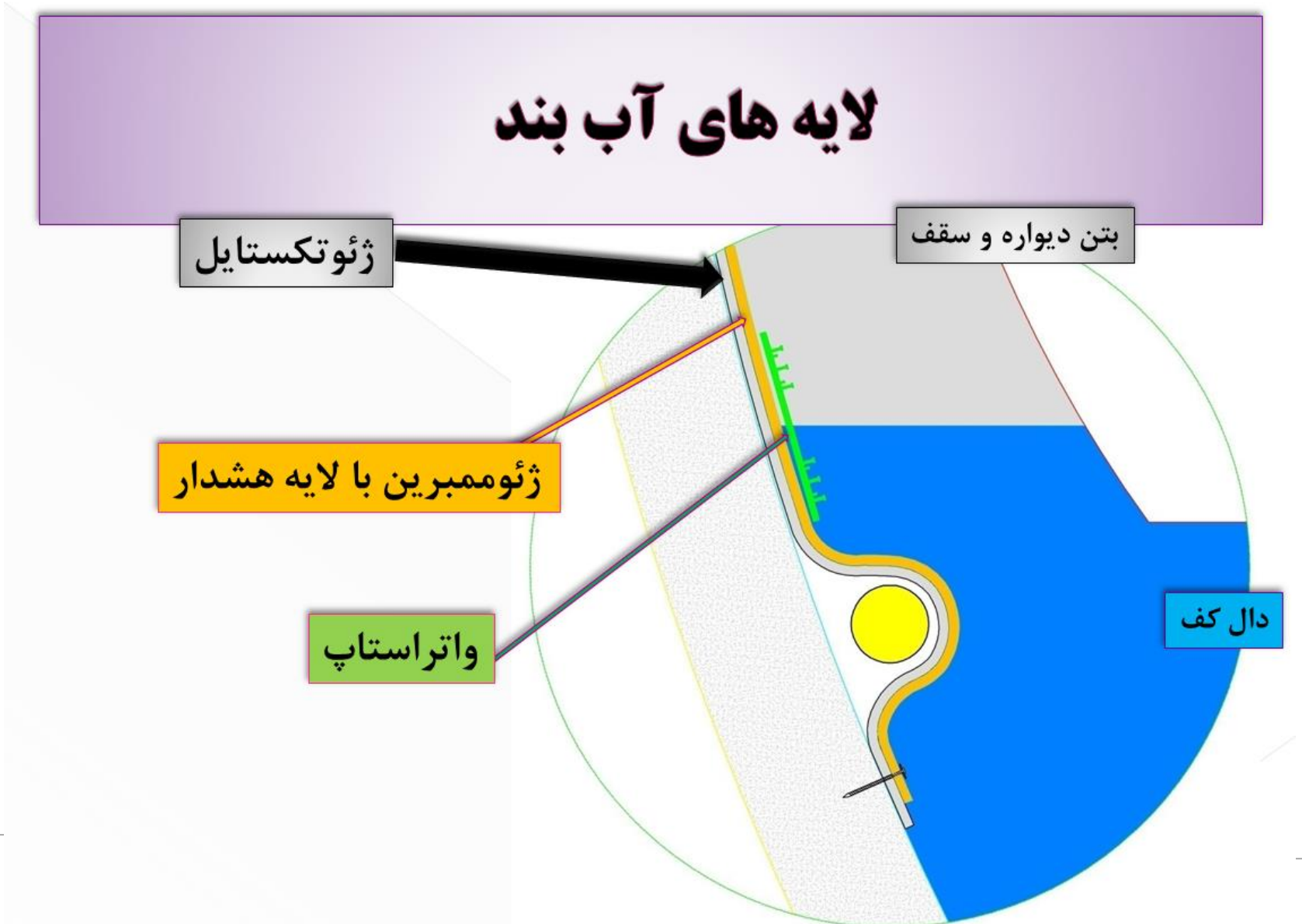


سیستم جمع آوری آب های زیر زمینی



CROSS SECTION OF FINAL LINING TYPE 2D


سیستم جمع آوری آب های زیر زمینی
TUNNEL AXIS
DESIGN AXIS
1.75
+7.84
WATERPROOF LAYER THIC. ~2cm
EXCAVATION LINE
INITIAL LINING
FINAL LINING
10.00
3.50
1.0
1.00
0.50
1.75
+0.00
CABLE DUCT
FIRE FIGHTING
WATERSTOP
G.W. DRAINAGE ø200
EL. 1472.05
G.W. DRAINAGE ø200
EL. 1470.30
EL. 1470.20
LEAN CONCRETE
GROUNDWATER CONNECTION PIPE ø160
GROUNDWATER COLLECTOR ø355
WALKWAY DRAINAGE
SHOULDER
2. TRAFFIC LANE
1. TRAFFIC LANE
EMERGENCY LANE
WALKWAY DRAINAGE


لایه های آب بند
ژئوتکستایل
بتن دیواره و سقف
ژئوممبرین با لایه هشدار
واتراستاپ
دال کف

تجهیزات آب بندی

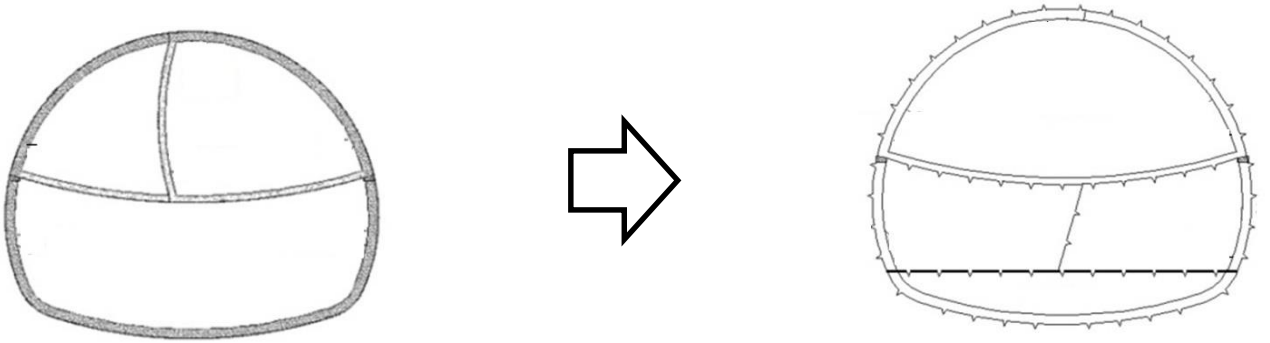
۳-۴-۳- ابزار دقیق (رفتار نگاری)

ابزار دقیق برای کنترل رفتار های زمین در حین عملیات اجرایی ورفتار بناهای شهری مورد بحث قرار می گیرد.

الف) نقش رفتار نگاری در NATM

با توجه به روش انتخاب شده ناتم می توان نتیجه گرفت که با مقاطع بزرگ مقیاس،زمین های سست وضعیف و مقاطع غیر هندسی رو به رو هستیم که این شرایط، پیچیدگی در عملیات تونل سازی را منتج می شود.

با توجه به نتایج بدست آمده از رفتار نگاری در حین عملیات اجرایی، این نتایج می تواند باعث بهبود۱- طول پیشروی،۲- کاهش تعداد مقاطع حفاری، ۳- تغییر روش حفاری،۴- شناسایی مخاطرات احتمالی،۵- تغییر در مراحل حفاری و۶- تغییر در سیستم نگهداری می شود که همه این موارد باعث اعمال تغییرات بهینه درسیستم های اجرایی و سیستم های بازدارنده در مناسب ترین زمان و نهایتا پیشرفت پروژه می شود.
در این پروژه نتایج بدست آمده باعث تغییر مقطع حفاری از ماژول 2B به MII و افزایش سرعت حفاری شد.



ب) ابزار بندی و اهداف رفتار نگاری

۱- استفاده از ابزارها متناسب با اهداف مدلسازی
۲- استفاده از ابزارها متناسب با نتایج آزمایش های ژئوتکنیک
۳- استفاده از ابزارها متناسب با دقت مورد نیاز جهت رفتارنگاری
٤- ابزاربندی با توجه به نتایج روش CBR
۵- ابزاربندی سازه های سطحی و زیرسطحی
۶- ابزاربندی نواحی حساس (ترانشه ها، شیروانی ها و ...)

انواع ابزارها:

۱- نشست سنج۲-ژئودتیک۳- همگرایی سنج۴- فشار سنج ۵- PSP ۶-ترک سنج ۷- چرخش سنج ۸- BSP

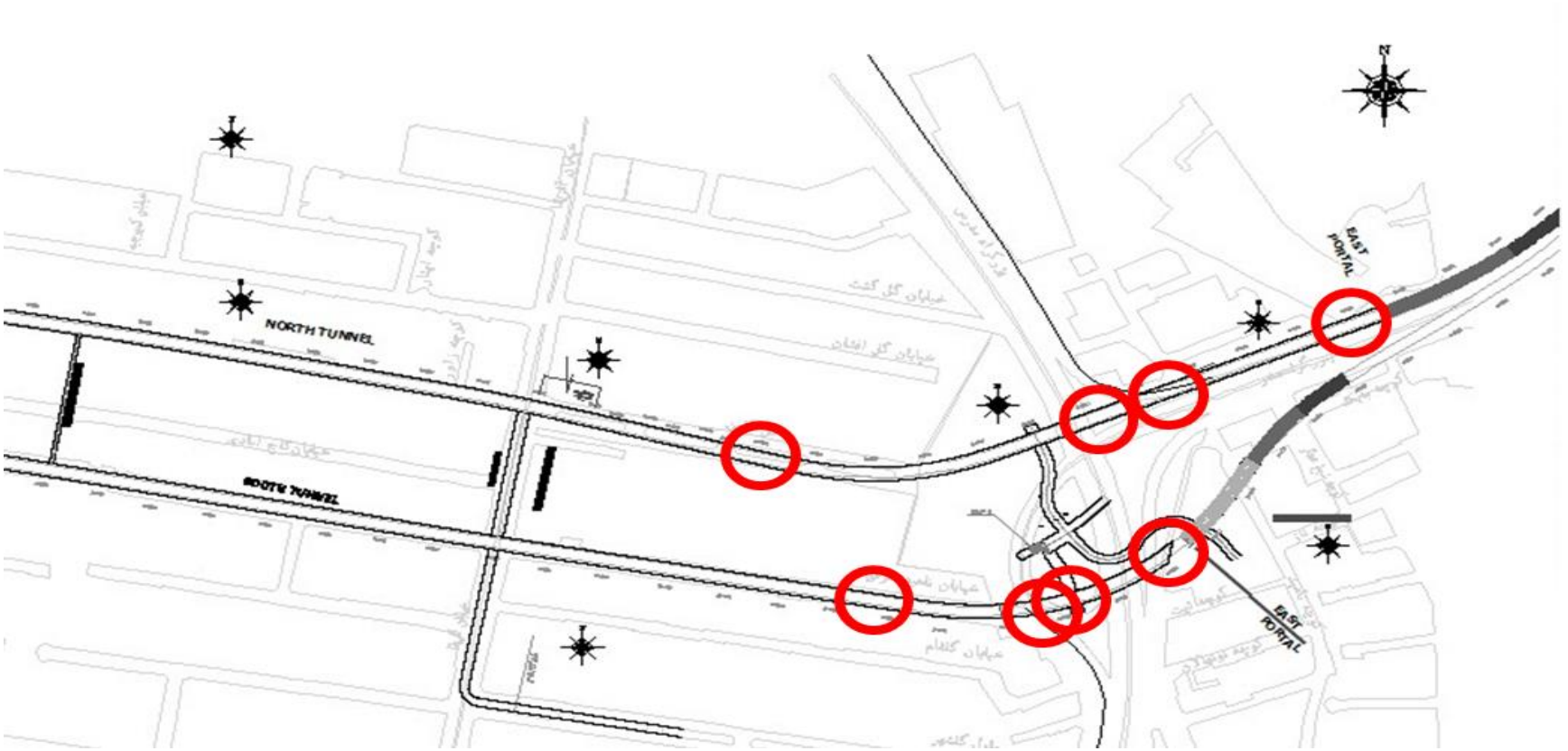
اهداف رفتار نگاری

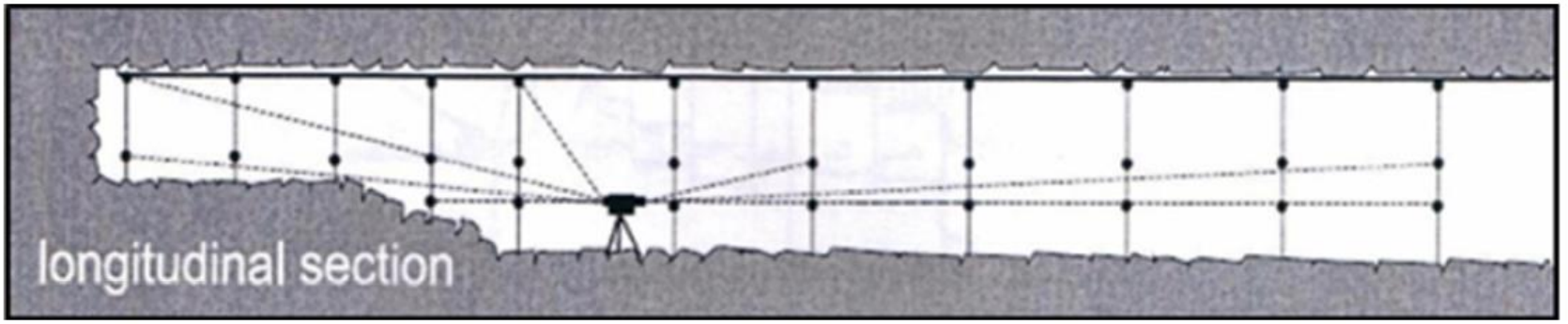
۱- بررسی صحت نتایج مدلسازی
۲- اصلاح مشخصات مدلسازی جهت حصول به نتایج واقعی
۳- بررسی رفتار واقعی زمین در رابطه با عملیات NATM
۴- ارائه هشدارهای لازم در زمان مناسب
۵- اصلاح عملیات طراحی و اجرا بر اساس نتایج رفتارنگاری
۶- بررسی تاثیر تغییرات مفید احتمالی بر عملیات تونلسازی

نتایج عملیات رفتارنگاری در پروژه تونل نیایش

الف) افزایش سرعت حفاری بر اساس نتایج رفتارنگاری
ب) بررسی میزان تاثیر عوامل موثر بر رفتار ناشی از عملیات تونلسازی
ج) پیش بینی رخداد رفتارهای احتمالی و جلوگیری از وقوع دوباره آن ها
د) تعیین مشکلات عملیات اجرا و سیستم نگهداری و اصلاح آنها

و) شناسایی مناطق حساس با استفاده از عملیات رفتارنگاری و انجام اقدامات پیشگیرانه





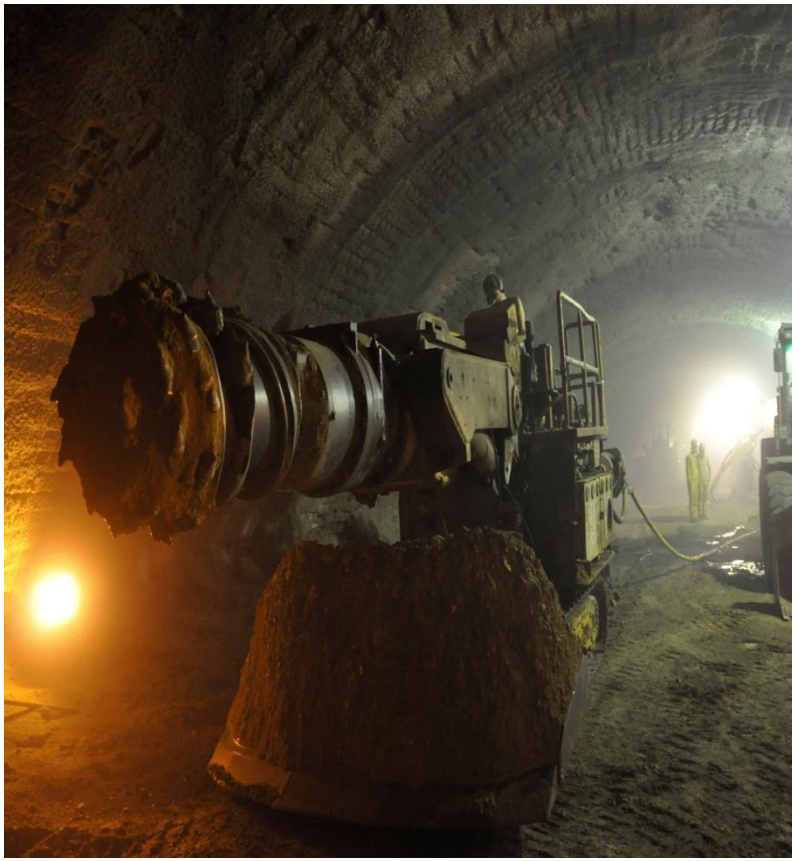
تصویر شماتیک از برداشت نقاط ژئودتیک با استفاده از دوربین نقشه‌برداری

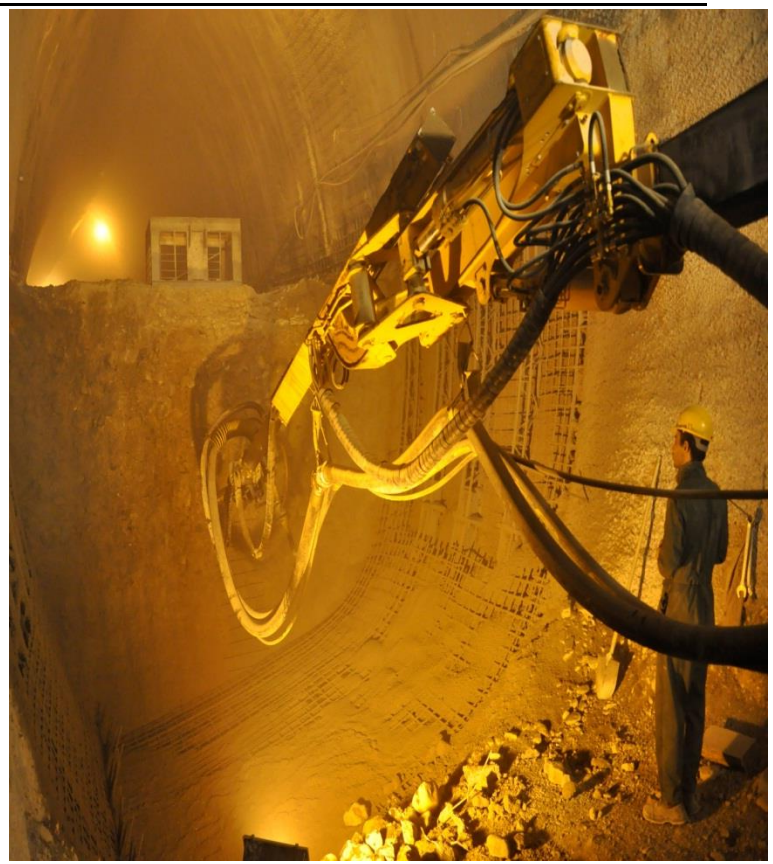
نصب ابزار PSP در محدوده اطراف ساختمان‌ها- اندازه‌گیری نشست سطح زمین

۴- ماشین آلات خاص موجود در پروژه

دستگاه حفار رودهدر

پمپ شاتکریت تر





پروژه بخش شرقی تونل نیایش