「現場マネジメントの心構え（失敗に学ぶ）」

2015年10月22日

清水建設㈱土木技術本部
河田　孝志

講師の経歴

生年月日:1955年12月11日　59歳(妻1人、子供3人、母1人、孫3人、嫁2人)
最終学歴:1980年3月　　岡山大学大学院工学研究科土木工学専攻修了
資格:1985年7月　甲種火薬類取扱保安責任者
　　1986年3月　1級土木施工管理技士
　　1988年2月　技術士(建設部門・トンネル)
職歴:　1980年4月　　(24歳)　清水建設㈱入社　土木本部技術部配属

1.1980年 (24歳)	北海道開発局　稲里トンネル工事	0.5km	工事係
2.1981年 (25歳)	四国横断自動車道　明神トンネル(南)工事	1.0km	計測主任
3.1982年 (26歳)	東京電力世田谷弦巻通り管路新設工事	0.8km	工事係
4.1984年 (28歳)	北陸自動車道　泊トンネル工事	1.2km	工事係
5.1989年 (33歳)	東京都　南大沢トンネル工事	0.8km	工事主任
6.1990年 (34歳)	北陸新幹線　里見トンネル工事	2.5km	工事課長,所長
7.1995年 (39歳)	北陸新幹線　御牧原トンネル(中)工事	1.0km	所長
8.1996年 (40歳)	インドネシア　ムシ水力発電所工事	13.0km	副所長
9.2001年 (45歳)	道道夕張新得線　赤岩トンネル工事	2.1km	所長
2006年 (50歳)	土木技術本部　副本部長		
10.2011年 (55歳)	マレーシアパハンセランゴール導水トンネル	46.3km	建設所長
2014年 (58歳)	土木技術本部　本部長		

合計　69.2km

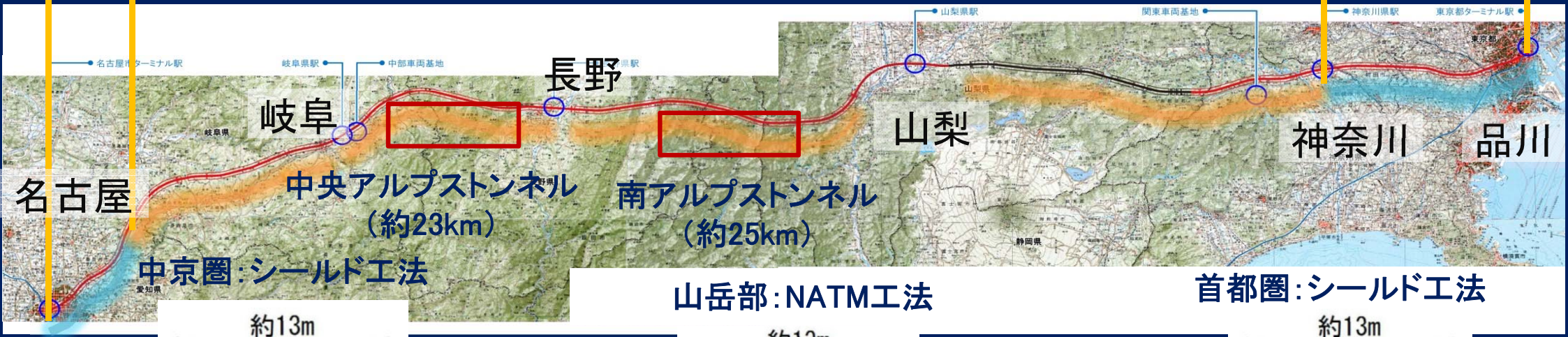
中央新幹線（品川～名古屋間）

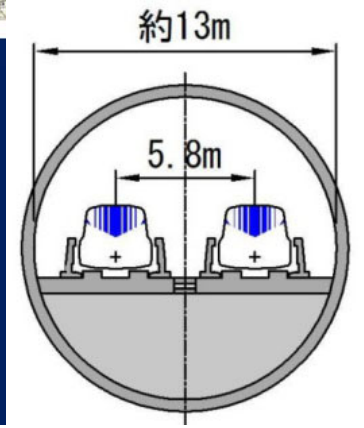
路線延長約286kmのうち、246km（86%）がトンネル

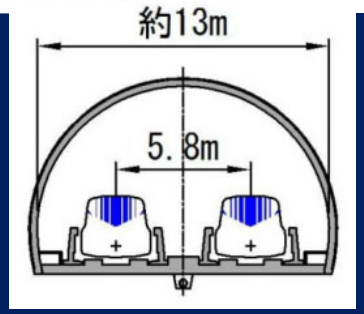
中京圏
大深度地下トンネル
（約20km）

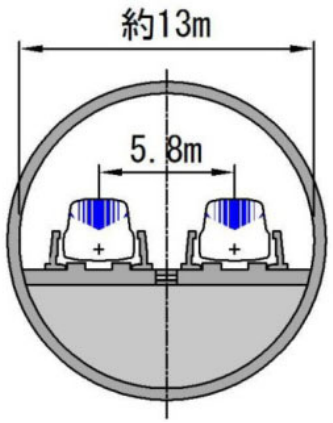
甲府盆地、中間駅部を除き、
殆どが山岳トンネル（約191km)

首都圏
大深度地下トンネル
（約35km）



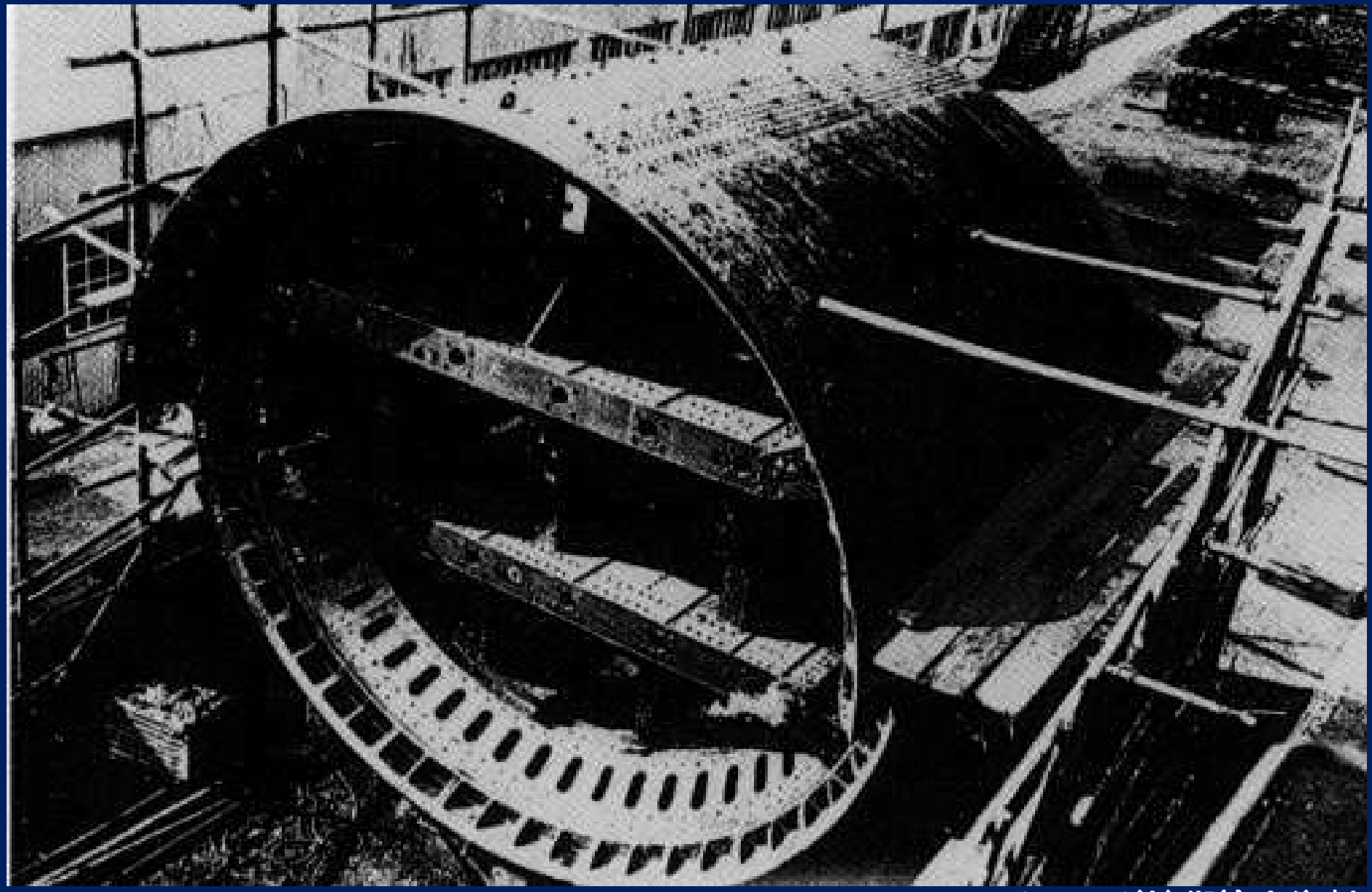






シールド工法のはじまり

1939年 関門トンネルに使われた日本最初の本格的シールド(圧気工法)



シールド技術協会資料より

密閉型シールド発展の背景

シールド導入当初は圧気工法併用の手掘りシールドが一般的

地盤沈下防止や切羽の止水目的で薬液注入工法や地下水位低下工法を採用

⇩

劣悪な作業環境
酸欠事故の発生
薬液注入による薬害事故の発生

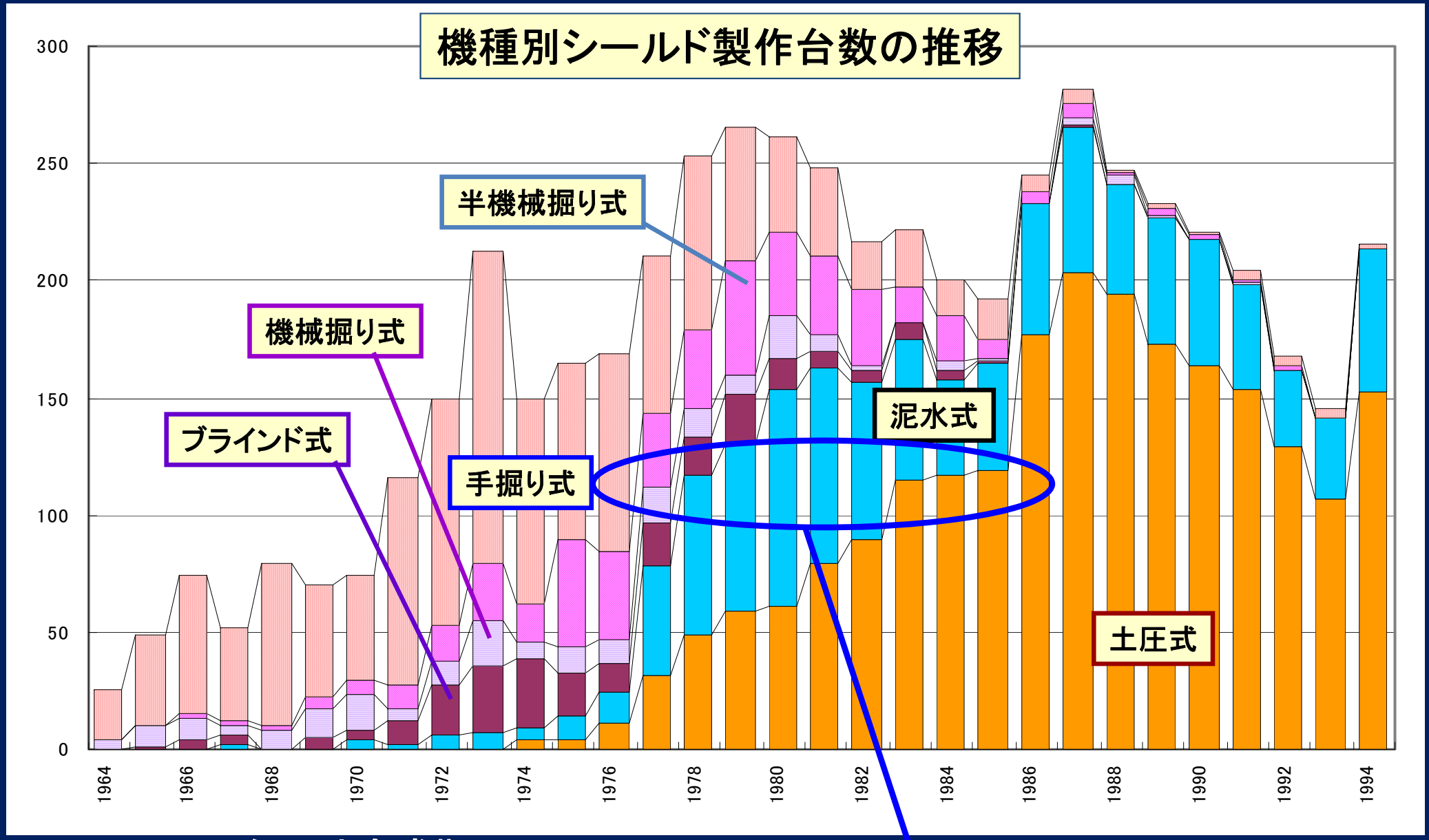
より一層の安全性の確保・施工の効率化・広範な地盤に対応できる技術が求められる

⇩

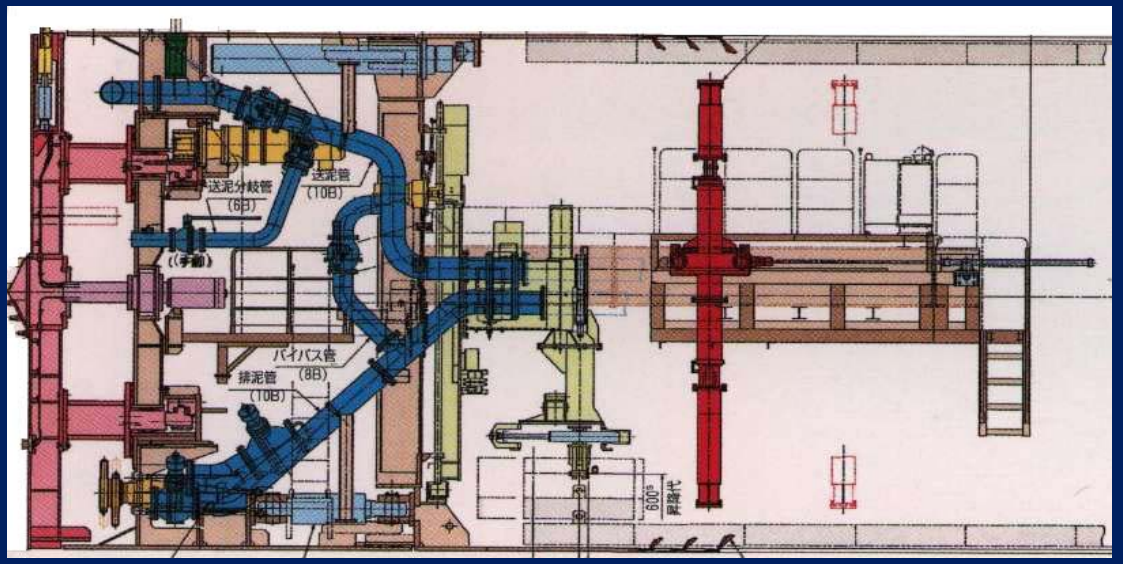
密閉型シールドの開発・採用

シールド工法の変遷

電力土木におけるシールドトンネル工事の現況と施工事例



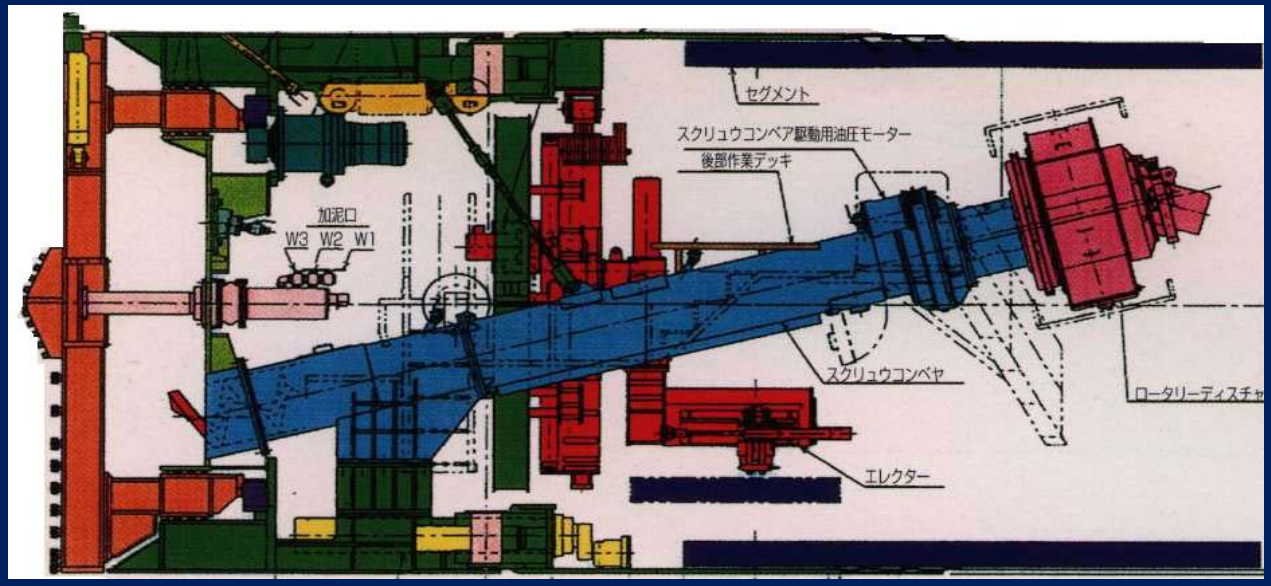
密閉型（泥水式）
Trans-Tokyo bay tunnel



- Shield tunneling method
- Machine Diameter = 14.14m
- Tunnel Diameter = 13.9m

密閉型（土圧式）

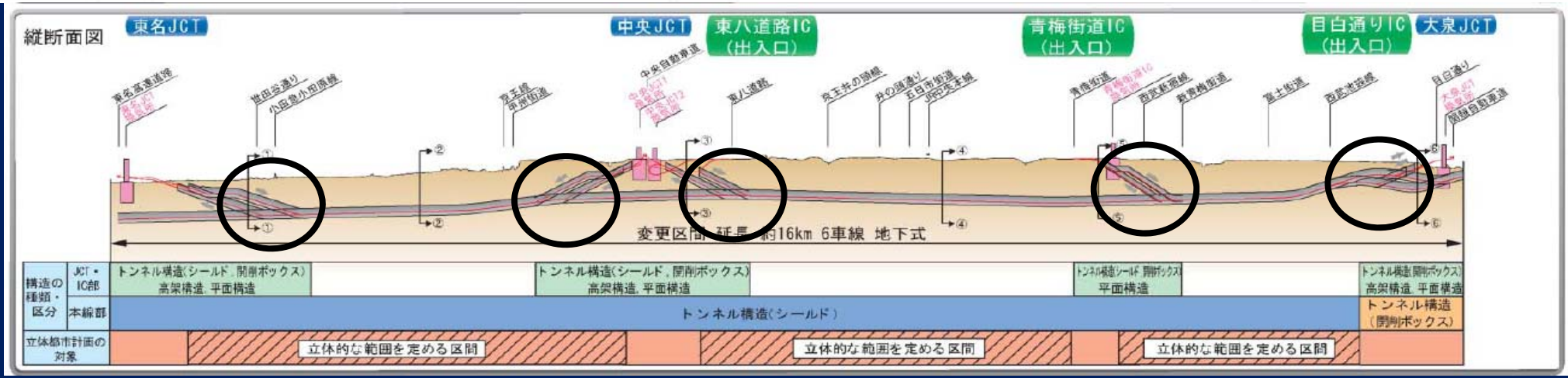
- シールド
  - 前面開放型
    - 手掘り式
    - 半機械掘り式
    - 機械掘り式
  - 部分開放型
    - ブラインド式
  - 密閉型
    - 土圧式
      - 土圧
      - 泥土圧（気泡等）
    - 泥水式



- Machine Diameter = 10.2m

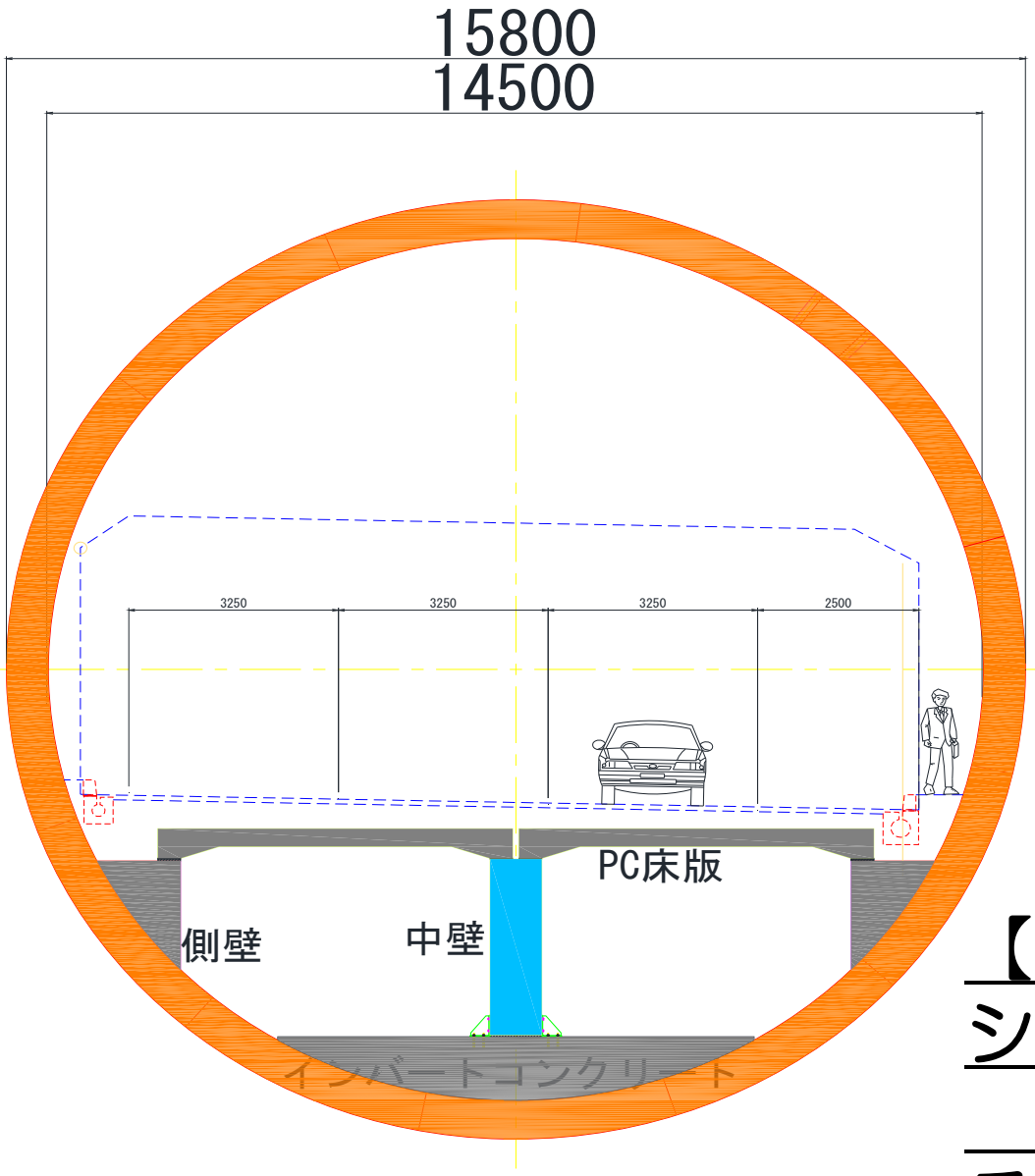
東京外環環状道路

延長16.2Km計画諸元（構造規格：２種１級、設計速度：８０km/h、車線数：６車線）
昭和４１年７月都市計画決定　平成１９年４月都市計画変更
平面図
東名JCT
東名JCT換気所
中央JCT
中央JCT1換気所
中央JCT2換気所
東八道路IC（出入口）
青梅街道IC換気所
青梅街道IC（出入口）
大泉JCT換気所
大泉IC
大泉JCT
目白通りIC（出入口）
凡例
計画路線
一般道からの入口
一般道への出口
外環と他の高速道路の連絡方向
約16kmのトンネル（片側3車線）
5か所のJCT（地中拡幅は4か所）


縦断面図
東名JCT
中央JCT
東八道路IC（出入口）
青梅街道IC（出入口）
目白通りIC（出入口）
大泉JCT
変更区間 延長 約16km 6車線 地下式
構造の種類・区分
JCT・IC部
本線部
トンネル構造（シールド、開削ボックス）高架構造、平面構造
トンネル構造（シールド）
トンネル構造（開削ボックス）
立体都市計画の対象
立体的な範囲を定める区間

工事概要（横断）

外環本線シールド



シールド機（泥土圧式）
掘削外径Φ16.1m　重量4,600t

掘削土量　：約140万m^3

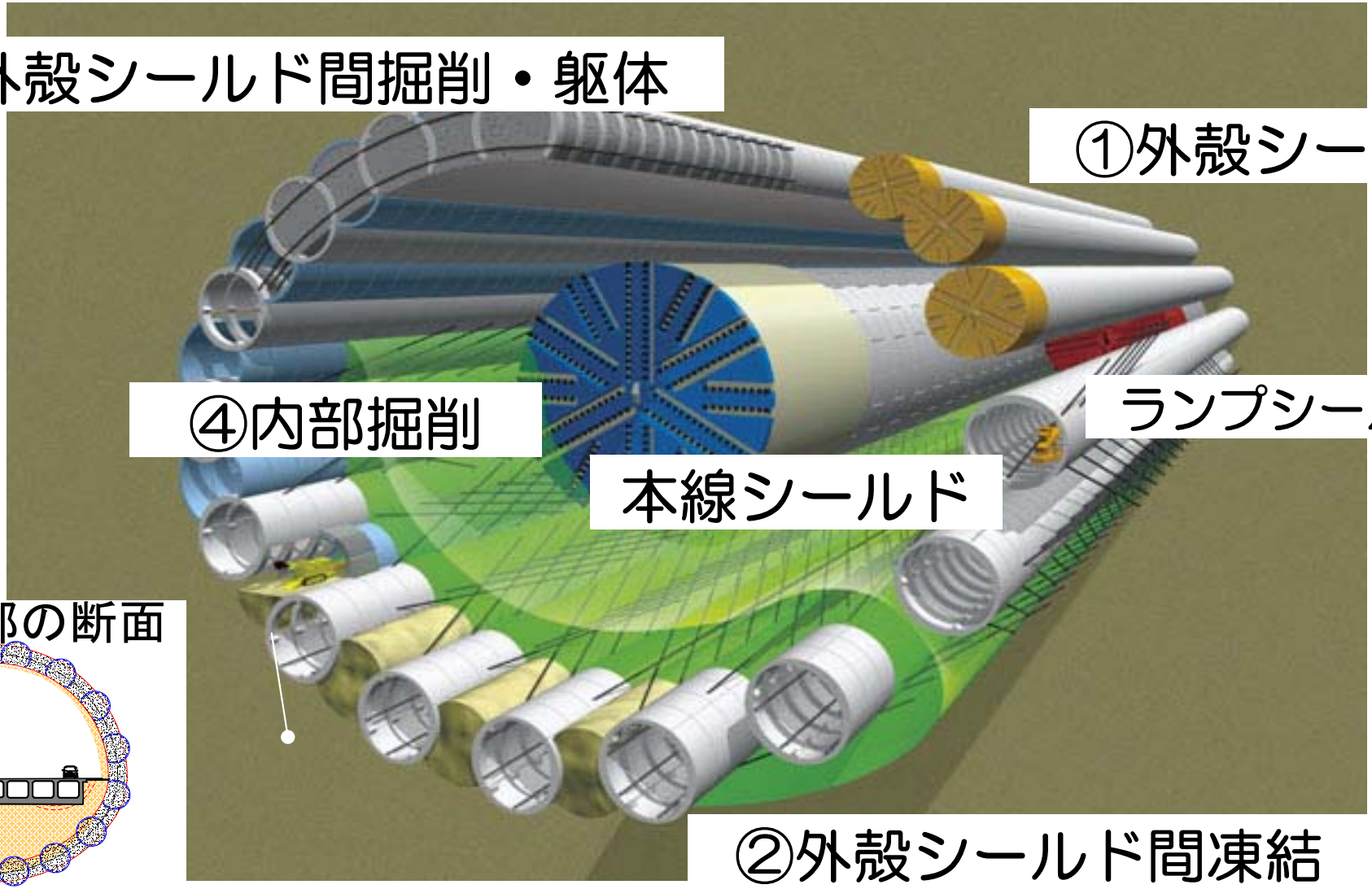
セグメント
幅1.6m・厚さ650㎜・13分割
ＲＣ　2,740ﾘﾝｸﾞ
合成　1,058ﾘﾝｸﾞ
鋼製　620ﾘﾝｸﾞ

床版工
横連絡坑8か所
地中接合工1か所

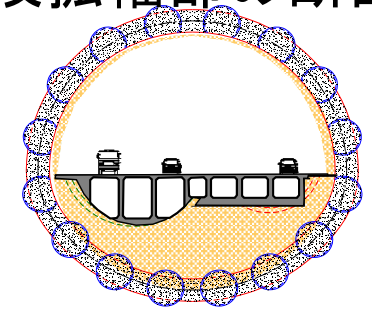
【最大の課題】
シールド掘進*平均500m/月*の確保
→　大量の土砂・搬入資材
その他の工種も高速施工

地中拡幅工事の技術

SR-JP工法



分岐拡幅部の断面



日本のトンネル延長（シールド工法除く）

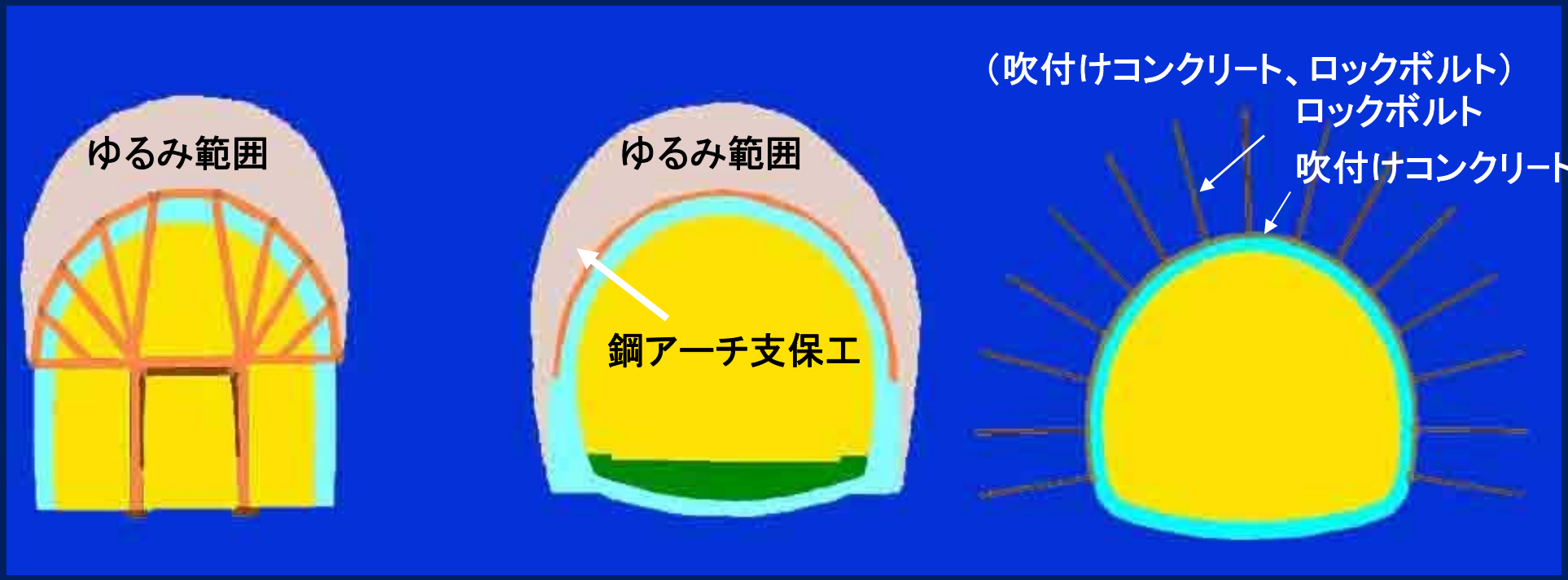
End of 2007

- 鉄道トンネル　2,350km
- 道路トンネル　3,405km
- 道水路トンネル　4,700km
- その他　αkm
- 合計　10,455 + αkm

2014年3月末　約11,500km

ヨーロッパ＋アメリカの総延長以上

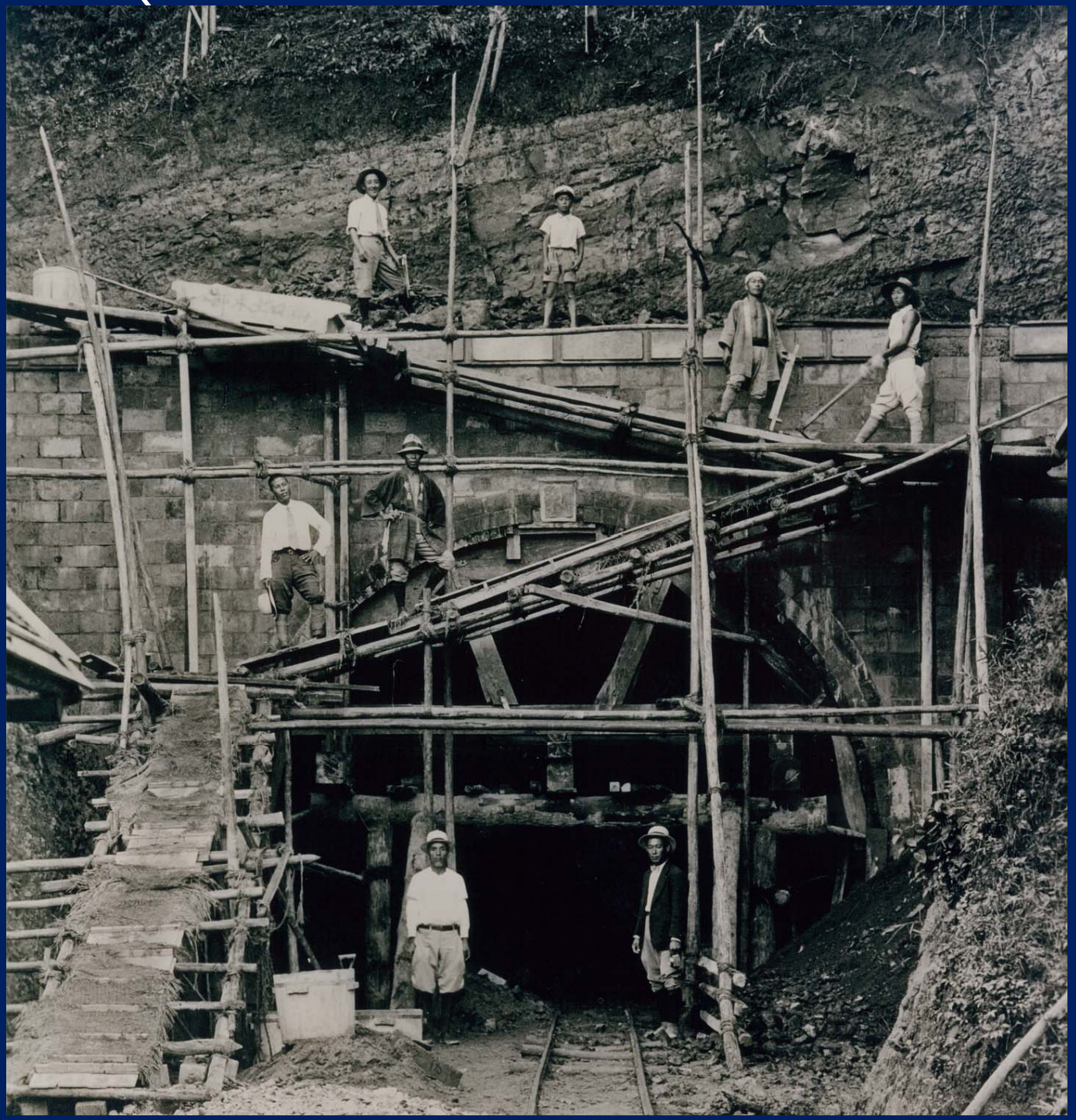
山岳トンネル技術の変遷



1970年代から機械化、NATMの技術革新により
- 高速化80m/月→120m/月
- 省人化（掘削班）15人/方→8人/方
- 安全性の向上（死亡者数）
  70年代：95人/年→2000年代7人/年

久木トンネル(横須賀、1941年完成)

山岳トンネル



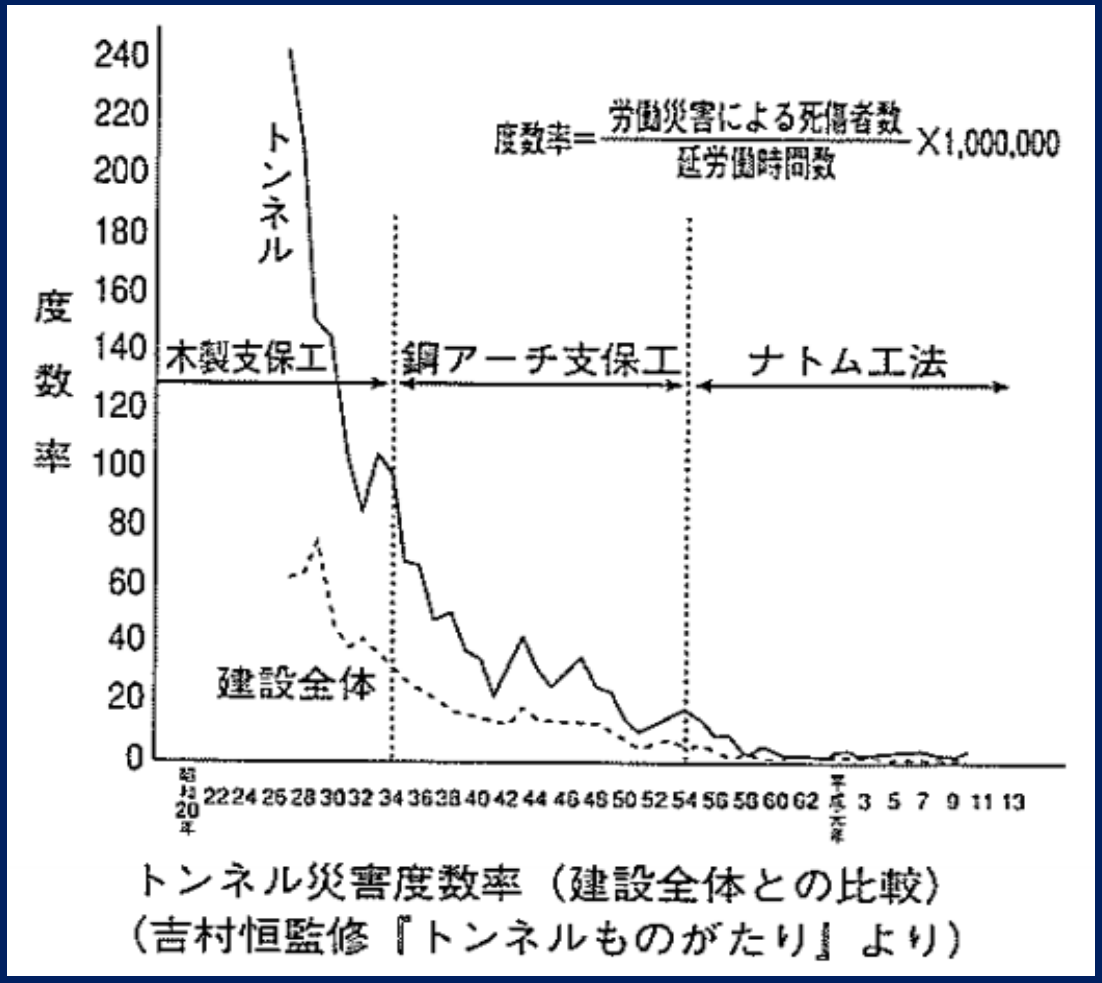
技術の発展による安全性の向上

山岳トンネル

鉄道トンネル工事における死亡者（吉村恒監修『トンネルものがたり』より）

トンネル名	延長（キロメートル）	工期	死亡者（人）	キロメートル当たり	支保工
丹那	7.8	大 7～昭 9	67	8.5	
清水	9.7	大 11～昭 6	26	2.7	木製
関門（単線２本）	7.2	昭 12～19	18	2.5	
北陸	13.9	昭 32～37	25	1.8	
東海道新幹線	67	昭 31～39	74	1.1	
新清水	13.5	昭 38～42	14	1.0	
山陽新幹線岡山まで	58	昭 42～47	33	0.6	鋼製
山陽新幹線岡山以遠	223	昭 45～50	75	0.3	
東北新幹線	112	昭 46～57	31	0.3	
上越新幹線	107	昭 46～57	55	0.5	
青函	102*	昭 39～60	34	0.3	
長野新幹線	63.5	平 2～8	0	0	
東北新幹線盛岡―八戸	69.2	平 3～12	1	0.1	ナトム
九州新幹線新八代以南	87.9	平 3～12	0	0	

＊青函トンネルの延長には先進導坑、作業坑を含む

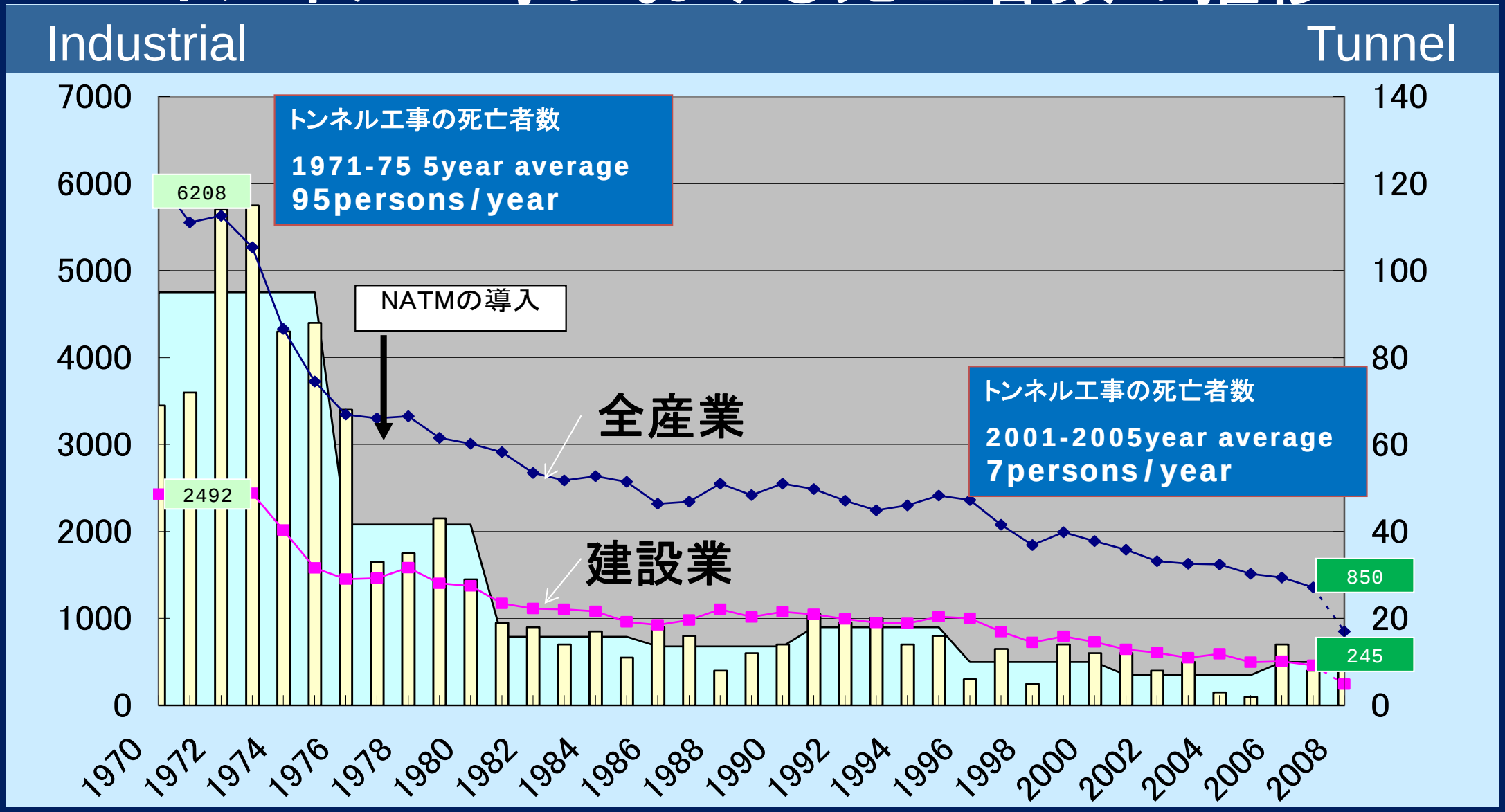


トンネル災害度数率（建設全体との比較）
（吉村恒監修『トンネルものがたり』より）

木製支保工から鋼アーチ支保工、そしてNATMへと技術開発により、労働安全は飛躍的に向上している

山岳トンネル

技術の発展による安全性の向上
トンネル工事における死亡者数の推移



（注）2008年は8月末時点

発破技術

山岳トンネル

非電気式雷管による発破の瞬間（写真）

ずり出し方式の変遷

山岳トンネル

【特長】

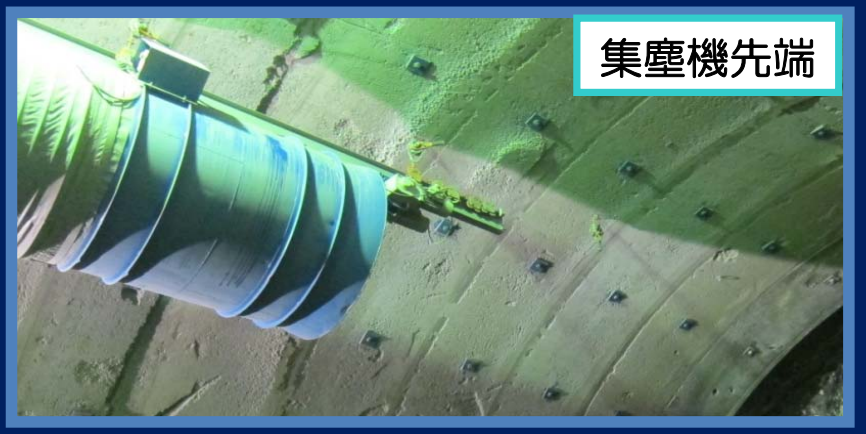
① レール方式
- 坑内環境換気がよい
- 逸走防止対策が必要
- ロコおよびバッテリーのメンテが必要

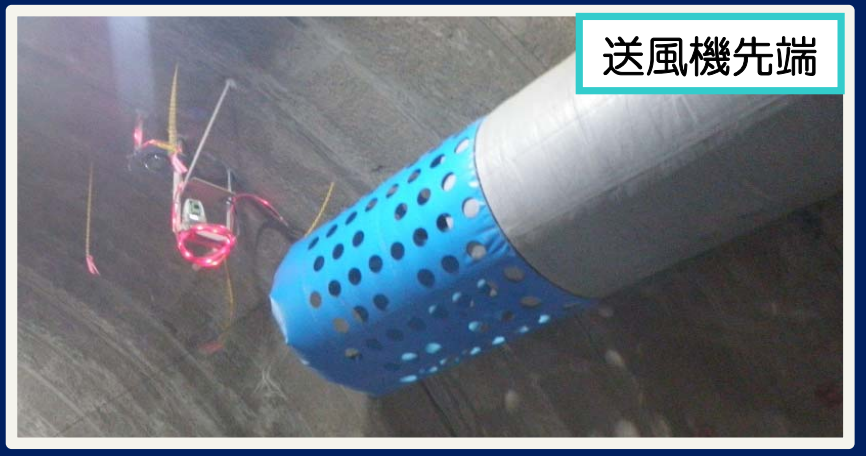
② タイヤ方式
- 坑内外の設備が簡便で機動性が良い
- 経済的である
- 延長が長くなると良好な換気の維持が大変

③ ベルコン方式
- 坑内環境換気がよい
- 大型運搬車両が激減し、安全な坑内環境

換気システム　–集じん機吸込み口延伸風管–

山岳トンネル





【特長】

集じん機の吸込み口を切羽直近まで延伸することで
集塵効率を上げて拡散を防ぎ、坑内の粉じん濃度を低下させる。

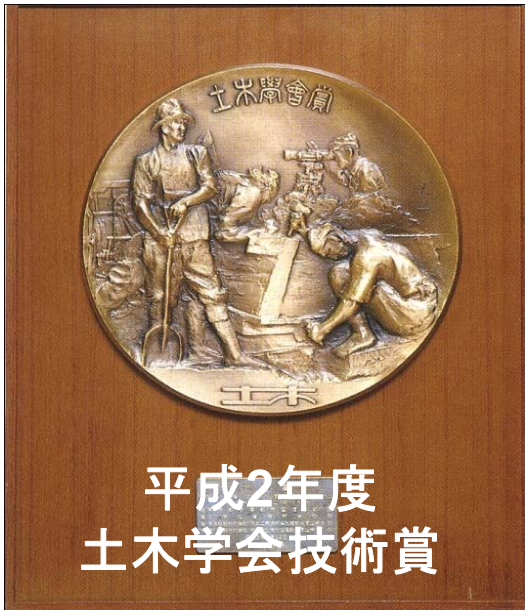
①北海道稲里トンネル
①⑨
⑨道道夕張新得線赤岩トンネル
④北陸自動車道泊トンネル
⑥北陸新幹線里見トンネル
④
⑦⑥
③東京電力世田谷
弦巻通り管路
⑦北陸新幹線御牧原トンネル
⑤③
⑤東京都南大沢トンネル
②
②四国横断自動車道
明神トンネル（南）工事

⑩マレーシア　パハンセランゴール導水トンネル
⑩
⑧インドネシア　ムシ水力発電所
⑧

南大沢トンネル

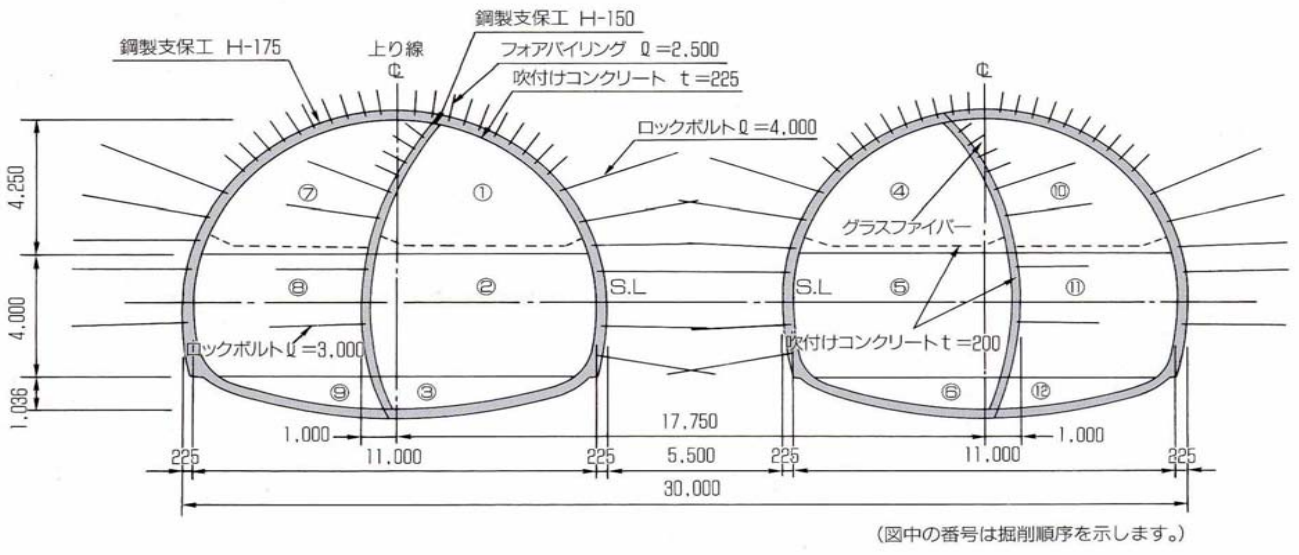
東京都南大沢トンネル　L=194.5m×2本

1.当社で初めての中壁工法
2.離間距離が5mの超近接双設トンネル
3.ジオフロンテ長友会長が委員長、今田先生、水谷先生を委員とする施工検討委員会
4.原価管理を教わる
5.鹿島建設との出会い帳場の工事
6.現場の所長を経験　32歳
7.当社で2例目の土木学会技術賞受賞



南大沢トンネル

下半C部掘削状況



中壁撤去状況

北陸新幹線里見トンネル　L＝2,488m

1.当社で久々の長大（2000m以上）トンネル
2.ガントリージャンボ（移動式作業架台）、大型の自由断面掘削機を用いたミニベンチ工法
3.戸田副社長から革靴でも歩ける現場にしろとの指示を受ける
4.今まで経験した現場管理がいかに甘いものであったか思い知らされる
5.その後の私の現場管理の基本、未だに里見トンネルは越えれない

里見トンネル

夢もロマンも最大級

世界最大級の自由断面掘削機と多機能型構台を採用
北幹里見トンネル

SATOMI

久々の新幹線工事、北陸新幹線高崎～軽井沢間の建設が89年6月に認可され、現在4本の長大トンネルの掘進が行われている。

里見トンネルの位置する群馬県榛名町は、春になると白い梅と梨の花、ピンク色の桃の花が咲き、果樹畑を美しく彩る。そんな環境を配慮して仮設備を計画し、花壇などを造って地域の人たちや作業員に喜ばれている。

男のロマンが詰まったトンネルの中では、日本で初めての機械掘削によるミニベンチ工法を採用して、世界最大級の自由断面掘削機と多機能型ガントリージャンボが活躍中。従来の暗いトンネルのイメージチェンジに挑戦している。

93年の貫通に向け、全員総力で頑張っている。

（服部一夫）

▲ブームヘッダーによって、みるみるうちに掘削が進む。

《工事概要》

Hokuriku Shinkansen Satomi Tunnel

群馬県群馬郡榛名町中里見
注文者　日本鉄道建設公団高崎建設局
設　計　日本鉄道建設公団高崎建設局
工　期　90.1～92.3
構造・規模　トンネル延長 1,050m　内空断面 63m²
掘削量 84,000m³　コンクリート量 12,700m³
工事長　服部一夫、梅澤　一
工事主任　河田孝志

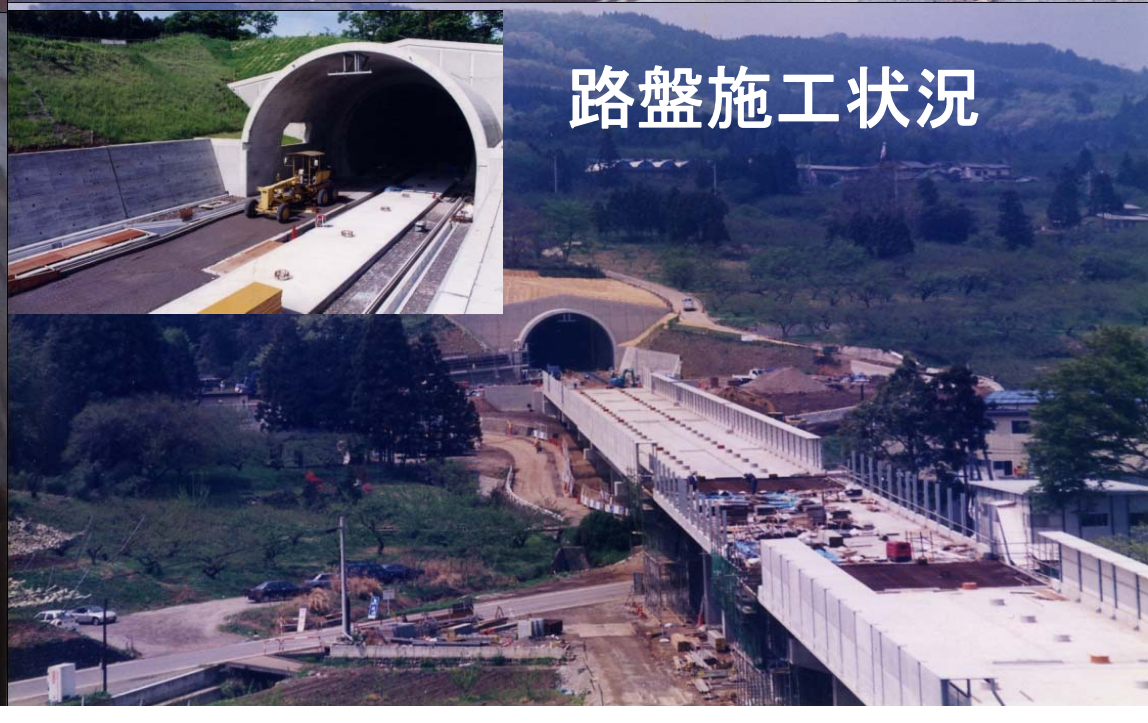
里見トンネル

坑口全景

ｶﾞﾝﾄﾘｰｼﾞｬﾝﾎﾞと大型自由断面掘削機

貫通掘削

路盤施工状況



ムシ地下発電所

インドネシアMUSI地下発電所（1）
発電容量210MW、トンネル総延長L＝13km

1.私にとって初めての海外工事
2.当社にとって初めての海外での大型山岳工事　369項目の工程管理
3.当社にとって初めてのスポンサーでの地下発電所工事
4.殆どの工事が直庸工事
5.とにかく事故、事件が多発
　ラマダン（断食）中に坑内で寝ていた坑夫がバックホウショベルに轢かれる
6.アジア経済危機に端を発し、インドネシア国内の大型プロジェクトが見直され、工事一時中止の危機
7.大欠損工事
　クレームによる原価改善（予算に無い工事は全てクレーム）
8.温泉が湧く現場。坑内温度43度

インドネシアMUSI地下発電所（2）

ムシ地下発電所

9.最初の1年間は全てのことが思うようにいかなかった

10.国内工事において少しは現場管理ができると思っていたがことごとくその自信が打ち砕かれた

11.海外工事は語学も需要だが、それ以上に自己完結型で仕事をこなせ、現地のエンジニア、作業員と意思が通じ合え、彼らに適切な指示、また彼らから報告が受けれることが重要

12.色々なことを経験

①1997年エルニーニョ現象の影響により降雨がなく大規模山火事が頻繁に発生

②1997年のアジア経済危機に端を発したインドネシア国内における暴動騒ぎ（ルピア大暴落25ルピア/円100ルピア/円）

③2000年のブンクル沖大地震（M7.4）ブンクル州へ支援JICAから表彰

④日本では法定伝染病のチフス（インドネシアでは風邪のたちの悪い程度の病気）に罹る

13.海外工事は大変なのは確かであるが、頑張れる。しかし半年間家族と会えないのはとにかく寂しい

ムシ地下発電所

取水堰

ムシ地下発電所

ファーストブラスティング（安全祈願）

ムシ地下発電所

地下発電所アーチロック アンカー設置

地下発電所ベンチ掘削状況

ペンストック掘削状況

ドラフトトンネル掘削状況

ムシ地下発電所

安全大会

ムシ地下発電所

送別会

赤岩トンネル工事概要

工事名：道道夕張新得線道路改良(赤岩トンネル)工事

場　所：北海道勇払郡占冠村

発注者：北海道上川支庁旭川土木現業所

工　期：平成13年9月27日～平成18年3月24日(約4年6ヶ月)

変更　平成19年3月24日(約5年6ヶ月)

企業体：清水・荒井・熊谷特定建設工事共同企業体

(JV比率　50:30:20)

請負金：84億5,250万円（税込み）

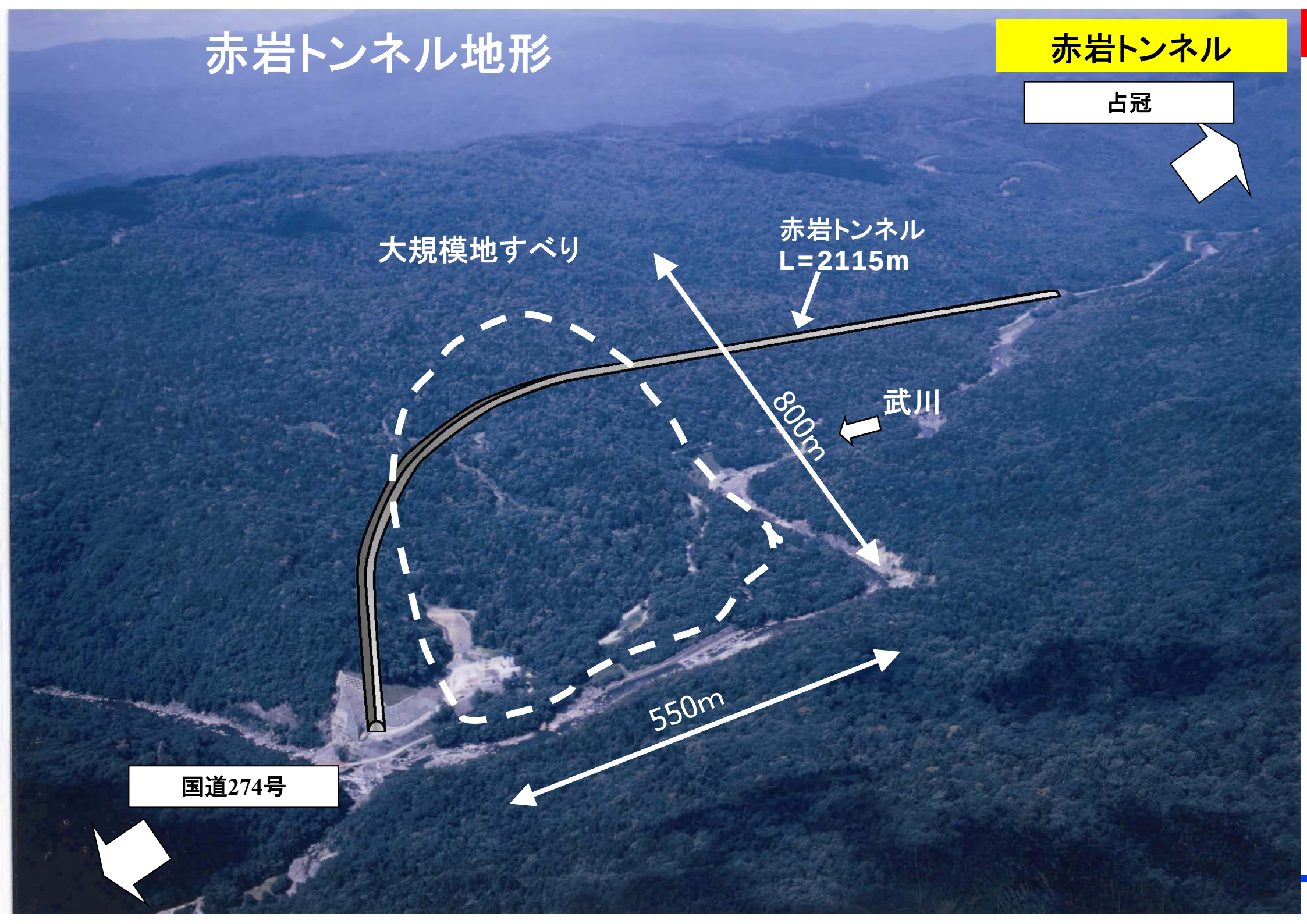
変更　144億3000万円(税込み）

延　長：2,114.64m

道道夕張新得線赤岩トンネル

1.超硬岩地山における割岩工法
2.大規模地すべりに遭遇するトンネル
3.脆弱地山におけるトンネル施工
4.厳寒地（-30度）における坑口付け
5.過去に経験した失敗例に基づく計画
　①切羽災害の防止
　②重機関連災害の防止
　③既成概念に捉われない現場管理
6.計画段階から初めて所長として参画したプロジェクト
7.大幅な工事金額の増加に伴い、工事続行が危ぶまれた現場

赤岩トンネル地形

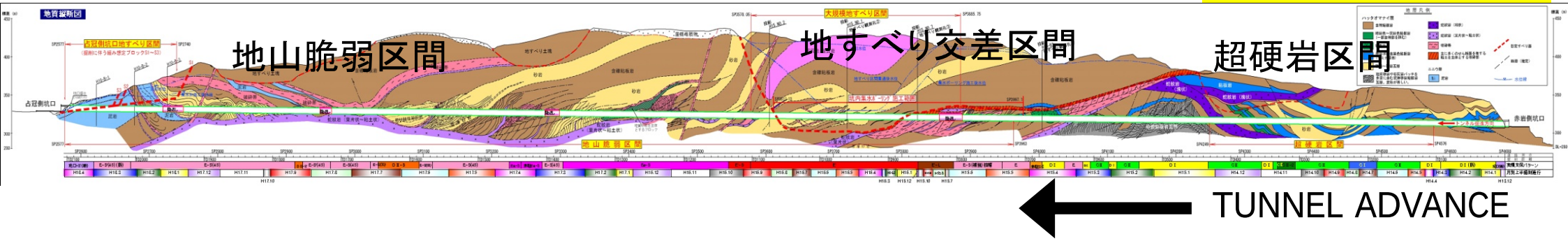


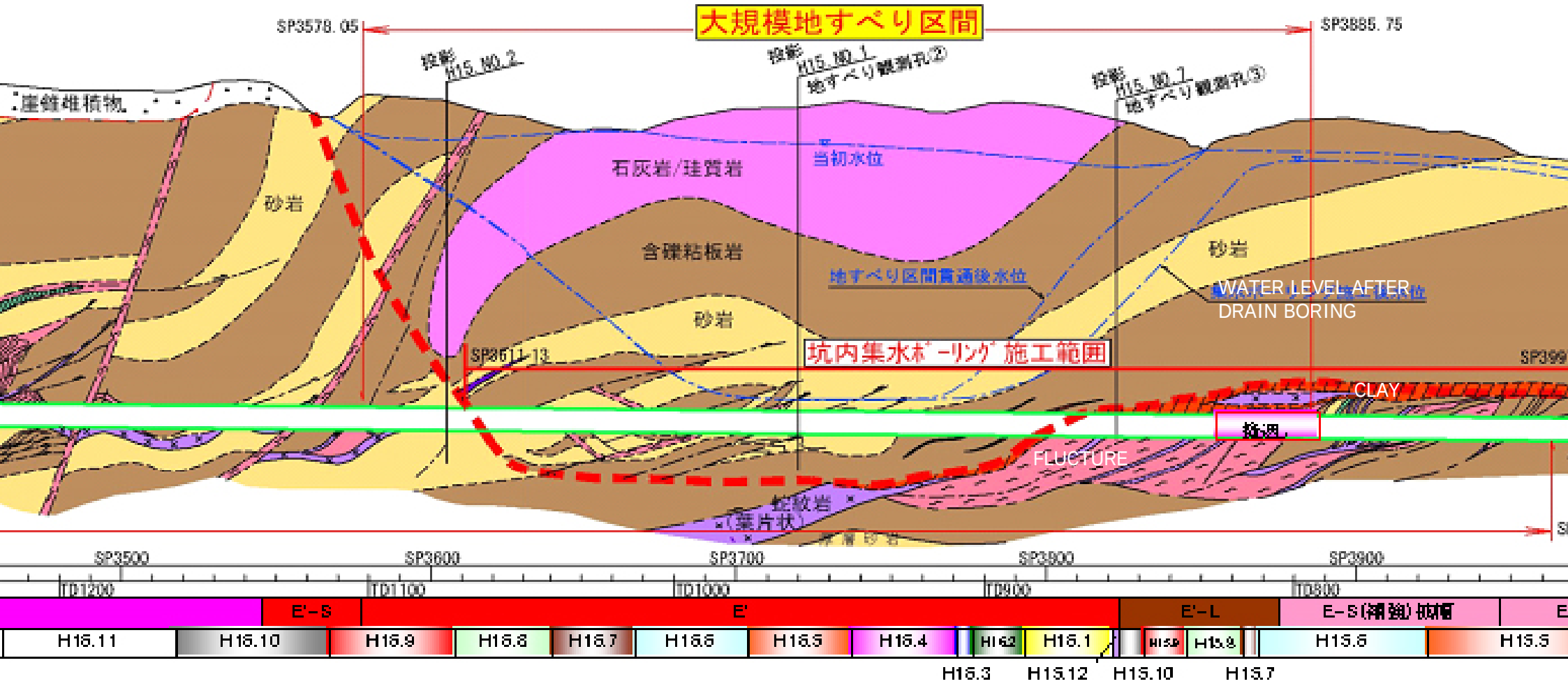
赤岩トンネル

赤岩橋下流　平成 15 年 4 月 15 日撮影

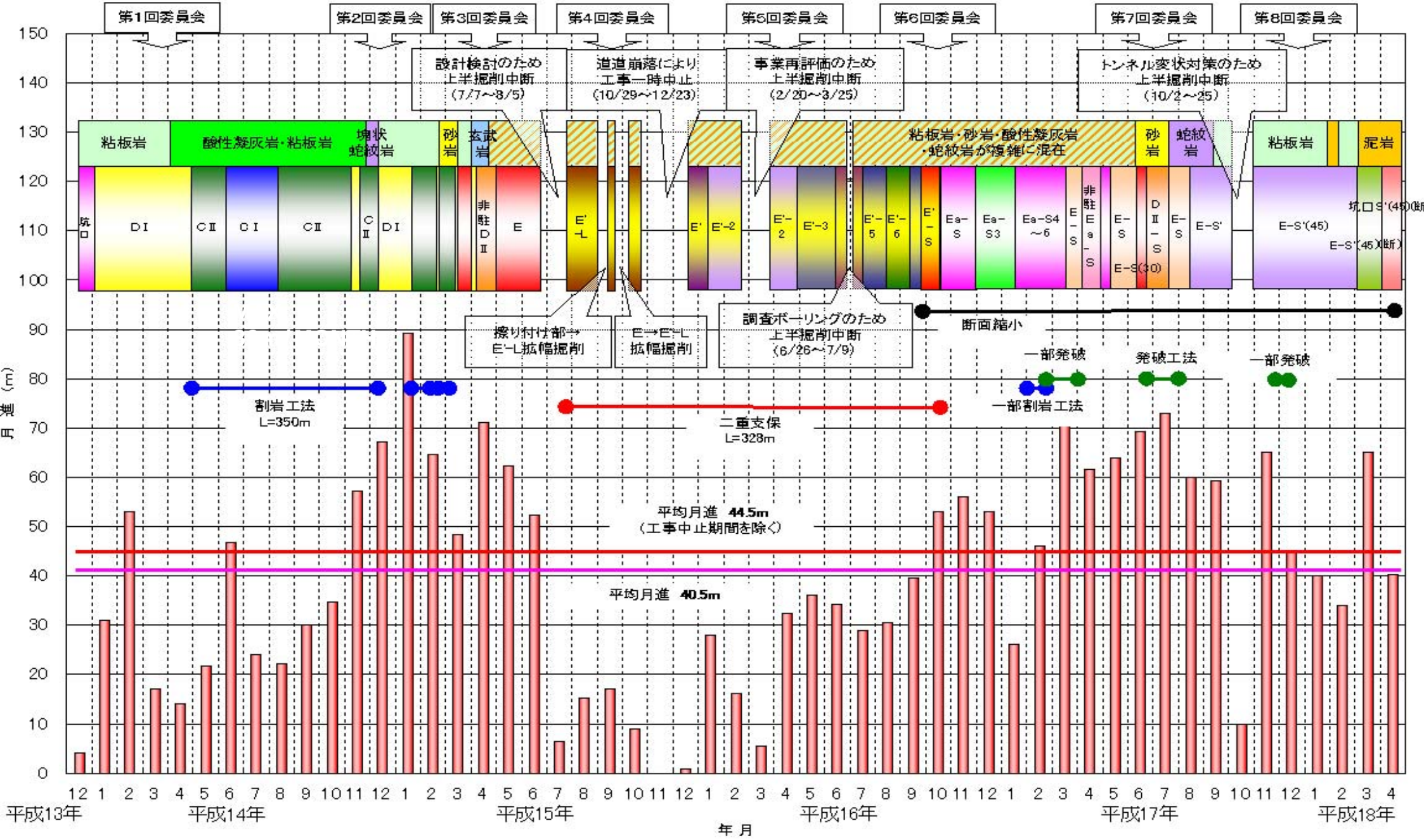
地質縦断面図（実績）

赤岩トンネル





赤岩トンネル

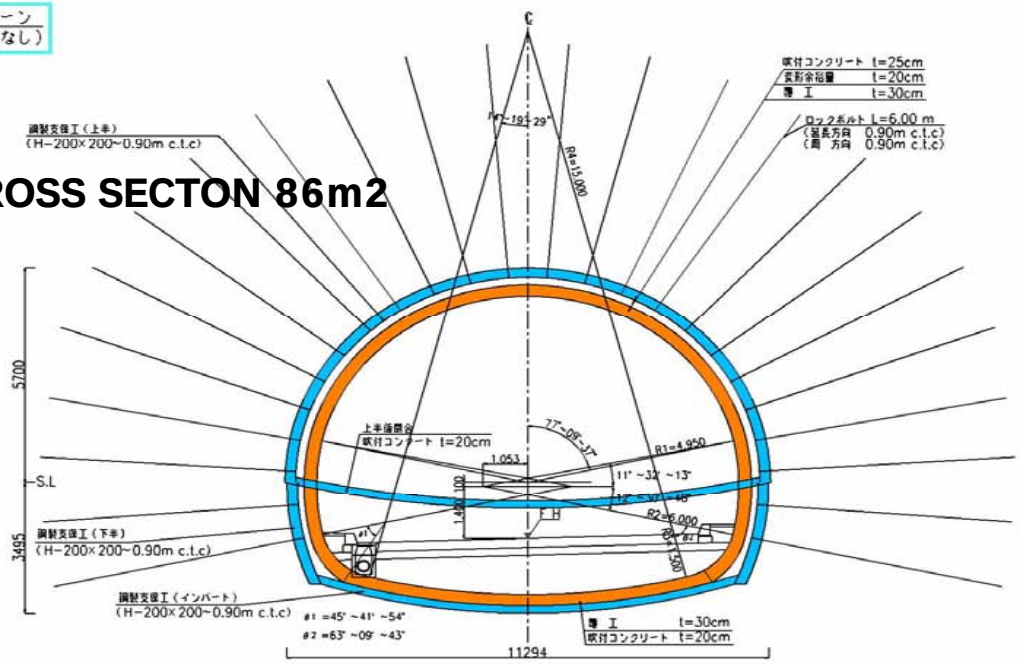

赤岩トンネル　上半掘削　月別進行実績
第1回委員会
第2回委員会
第3回委員会
第4回委員会
第5回委員会
第6回委員会
第7回委員会
第8回委員会
設計検討のため
上半掘削中断
(7/7～8/5)
道道崩落により
工事一時中止
(10/29～12/23)
事業再評価のため
上半掘削中断
(2/20～3/25)
トンネル変状対策のため
上半掘削中断
(10/2～25)
粘板岩
酸性凝灰岩・粘板岩
塊状蛇紋岩
砂岩
玄武岩
粘板岩・砂岩・酸性凝灰岩
・蛇紋岩が複雑に混在
砂岩
蛇紋岩
粘板岩
泥岩
坑口
DI
CII
CI
CII
CII
DI
非駐DII
E
E'-L
E'
E'-2
E'-2
E'-3
E'-5
E'-6
E'-S
Ea-S
Ea-S3
Ea-S4～6
E-S
非駐Ea-S
E-S
E-S(30)
DII-S
E-S
E-S'
E-S'(45)
E-S'(45)(断)
坑口S'(45)(断)
擦り付け部→
E'-L拡幅掘削
E→E'-L
拡幅掘削
調査ボーリングのため
上半掘削中断
(6/26～7/9)
断面縮小
一部発破
発破工法
一部発破
割岩工法
L=350m
二重支保
L=328m
一部割岩工法
平均月進　44.5m
(工事中止期間を除く)
平均月進　40.5m
月進(m)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4
平成13年
平成14年
平成15年
平成16年
平成17年
平成18年
年月

トンネル断面

赤岩トンネル

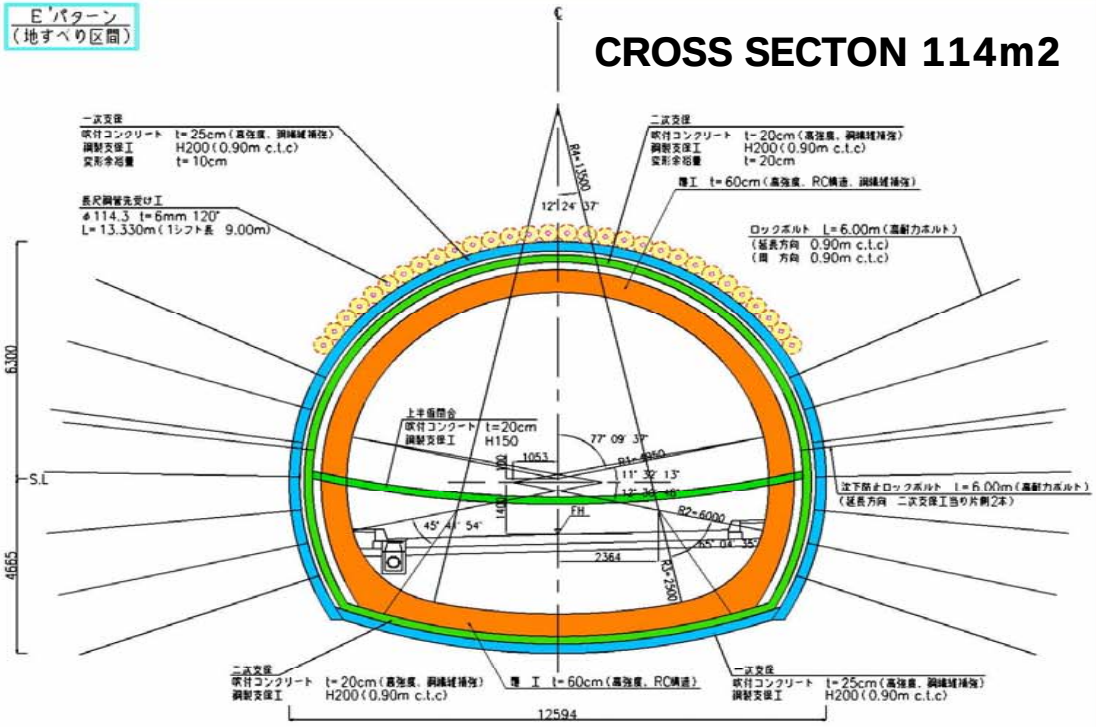
Eパターン
（断熱材なし）

CROSS SECTON 86m2



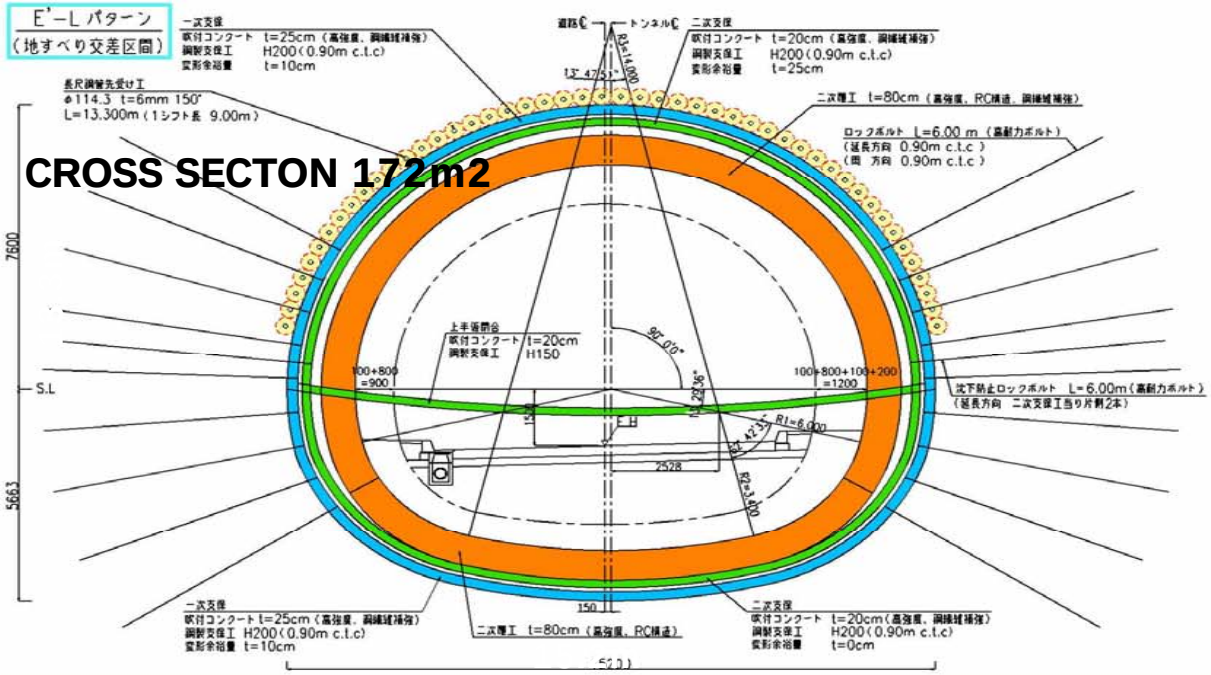
E'パターン
（地すべり区間）

CROSS SECTON 114m2



E'-L パターン
（地すべり交差区間）

CROSS SECTON 172m2



	E(D30)	E'-L	E'
掘削断面積	上半54.9m2 下半31.4m2 計86.3m2	上半97.4m2 下半74.3m2 計171.7m2	上半67.7m2 下半45.8m2 計113.5m2
調製支保工	H-200 c.t.c.0.90m	一次支保 H-200 c.t.c.0.90m 二次支保 H-200 c.t.c.0.90m	一次支保 H-200 c.t.c.0.90m 二次支保 H-200 c.t.c.0.90m
吹付けコンクリート	25cm(高強度 鋼繊維補強)	一次支保 25cm(高強度 鋼繊維補強) 二次支保 20cm(高強度 鋼繊維補強)	一次支保 25cm(高強度 鋼繊維補強) 二次支保 20cm(高強度 鋼繊維補強)
ロックボルト	L=6.0m 周方向c.t.c.0.90m 上半20本 下半4本	高耐力ボルト L=6.0m 周方向c.t.c.0.90m 一次支保上半10本 下半6本	高耐力ボルト L=6.0m 周方向c.t.c.0.90m 一次支保上半8本 下半6本
沈下防止ロックボルト	-	高耐力ボルト L=6.0m 二次支保上半4本	高耐力ボルト L=6.0m 二次支保上半4本
長尺鋼管先受け工	-	φ114.3mm t=6mm 150° N=48本 L=13.3m 1シフト長9.0m	φ114.3mm t=6mm 120° N=30本 L=13.3m 1シフト長9.0m
変形余裕量	上半200mm 下半150mm	一次100mm 二次250mm 計350mm	一次100mm 二次200mm 計300mm
覆工厚	30cm	80cm(高強度 RC構造 鋼繊維補強)	60cm(高強度 RC構造 鋼繊維補強)

赤岩トンネル

1.掘削

2.吹付け

3.ずり出し

4.支保工建て込み

地すべり交差区間全断面

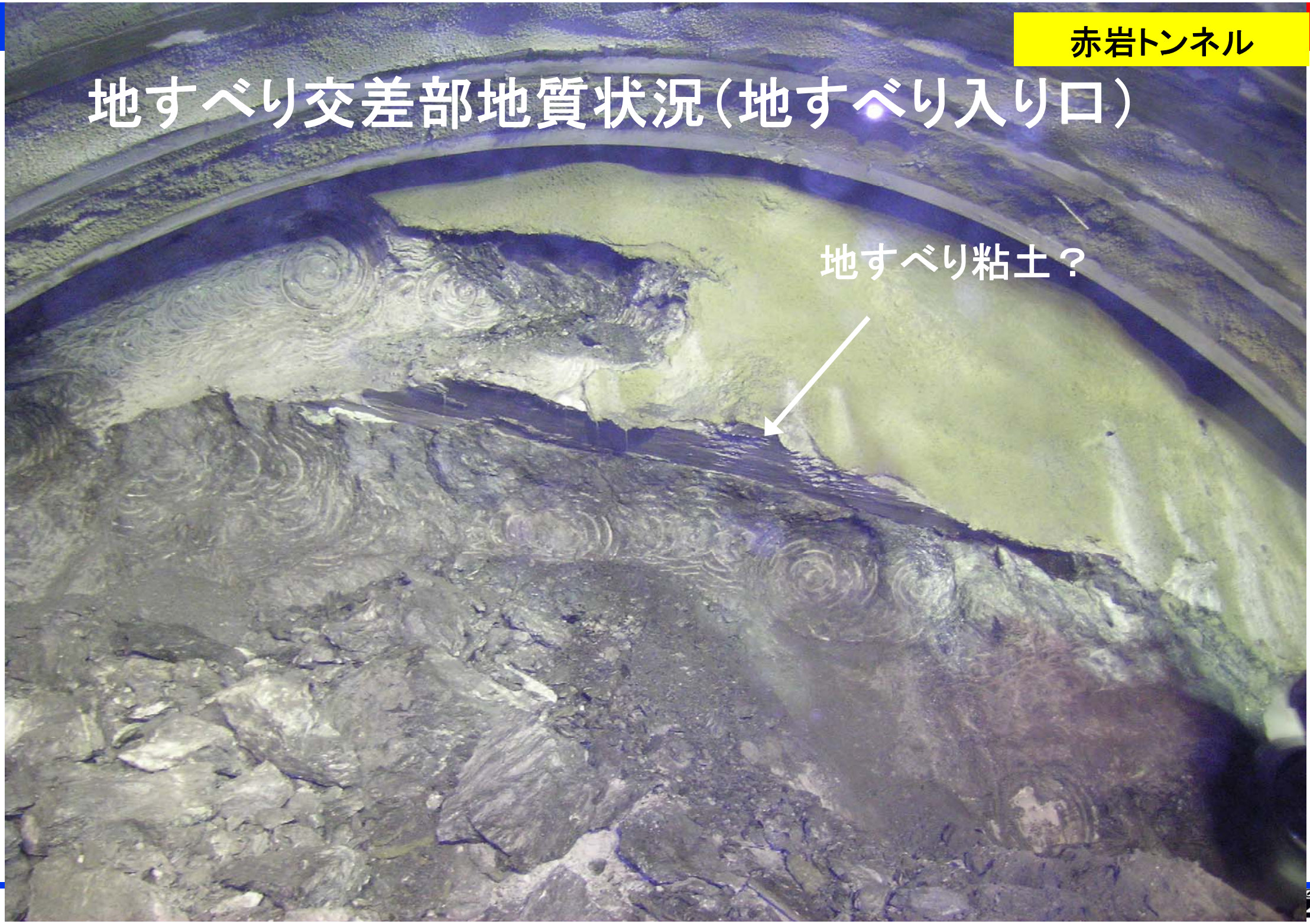
赤岩トンネル

上半掘削

赤岩トンネル

赤岩トンネル

地すべり交差部地質状況（地すべり入り口）



赤岩トンネル

2重支保区間2次側支保工建て込み状況

エレクター付一体型吹付け機

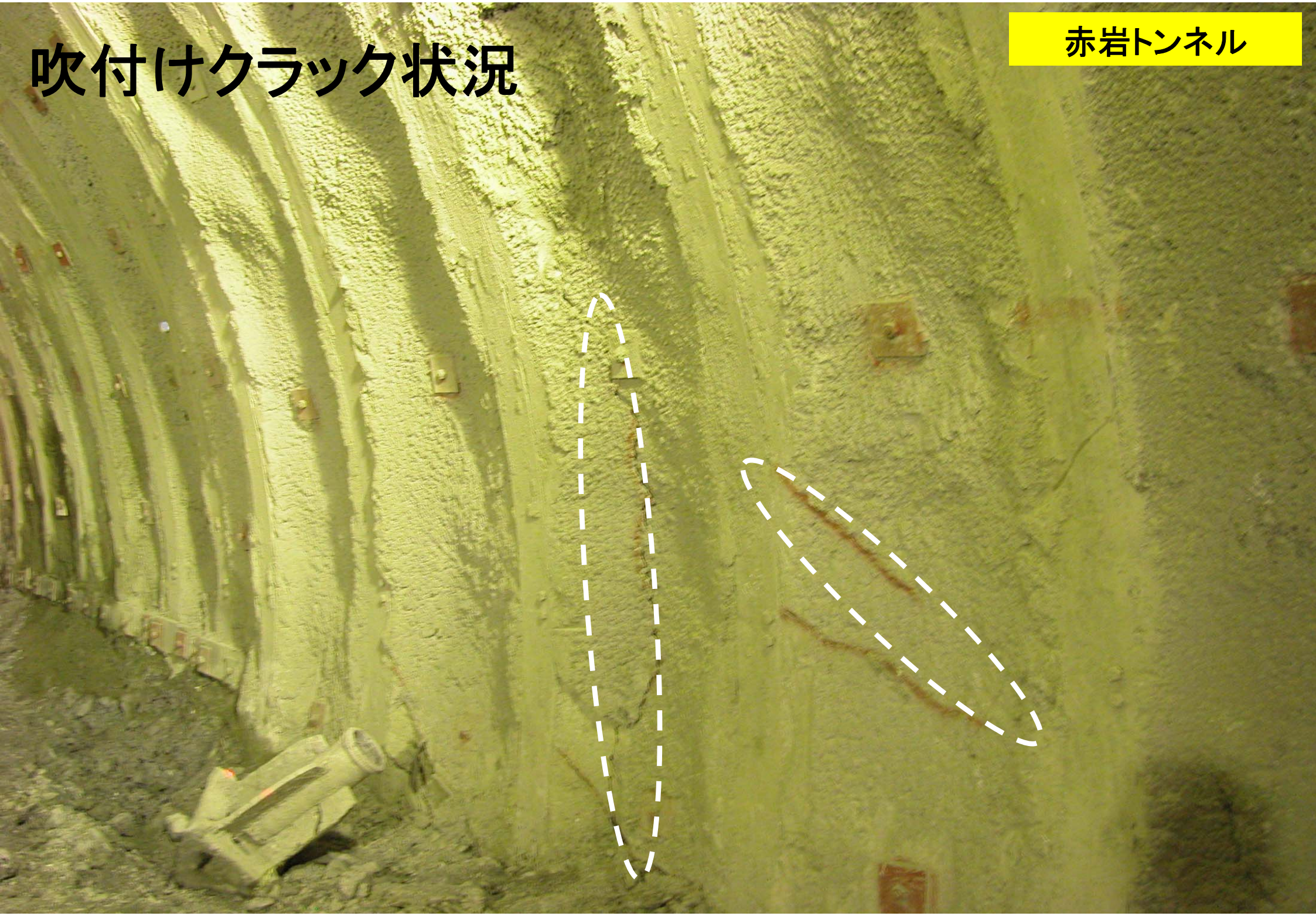
仮インバート吹付け状況

赤岩トンネル

崩落状況
赤岩トンネル
粘土化下粘板岩と
蛇紋岩の互層
崩落
22m3

吹付けクラック状況

赤岩トンネル



ロックボルト破断状況

赤岩トンネル

赤岩トンネル

上半ストラッド変状状況

赤岩トンネル

上半支保工変状状況（座屈）

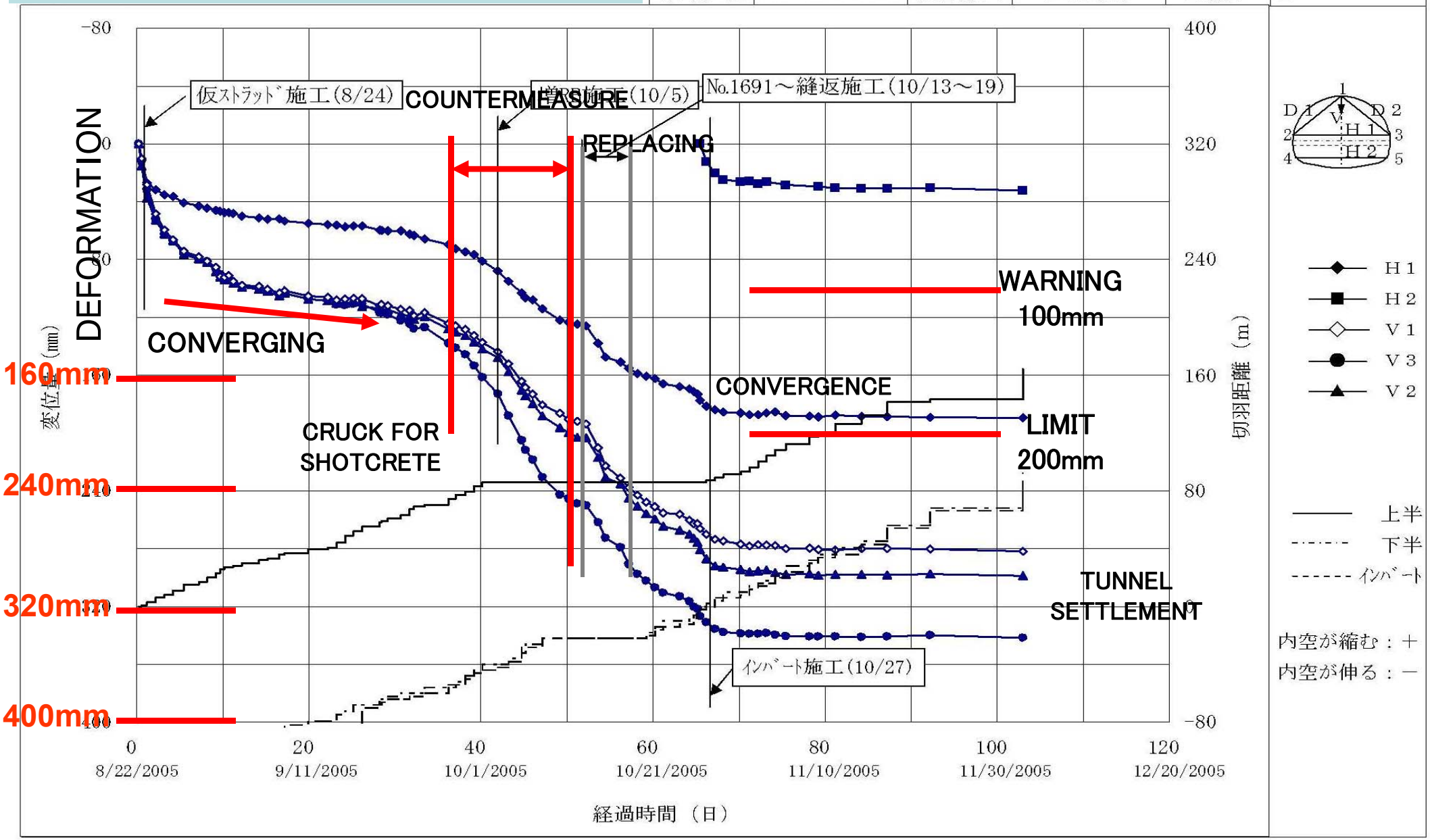
上半縫い返し状況

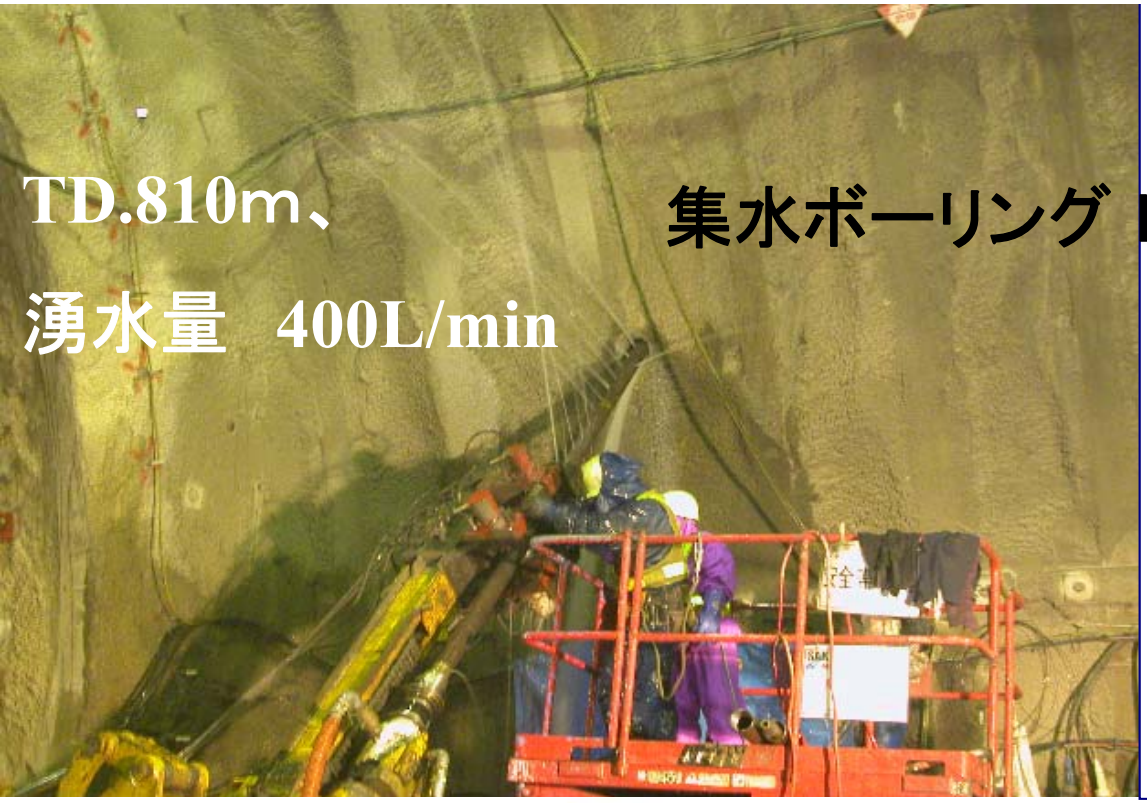
赤岩トンネル

赤岩トンネル

内空変位経時変化図

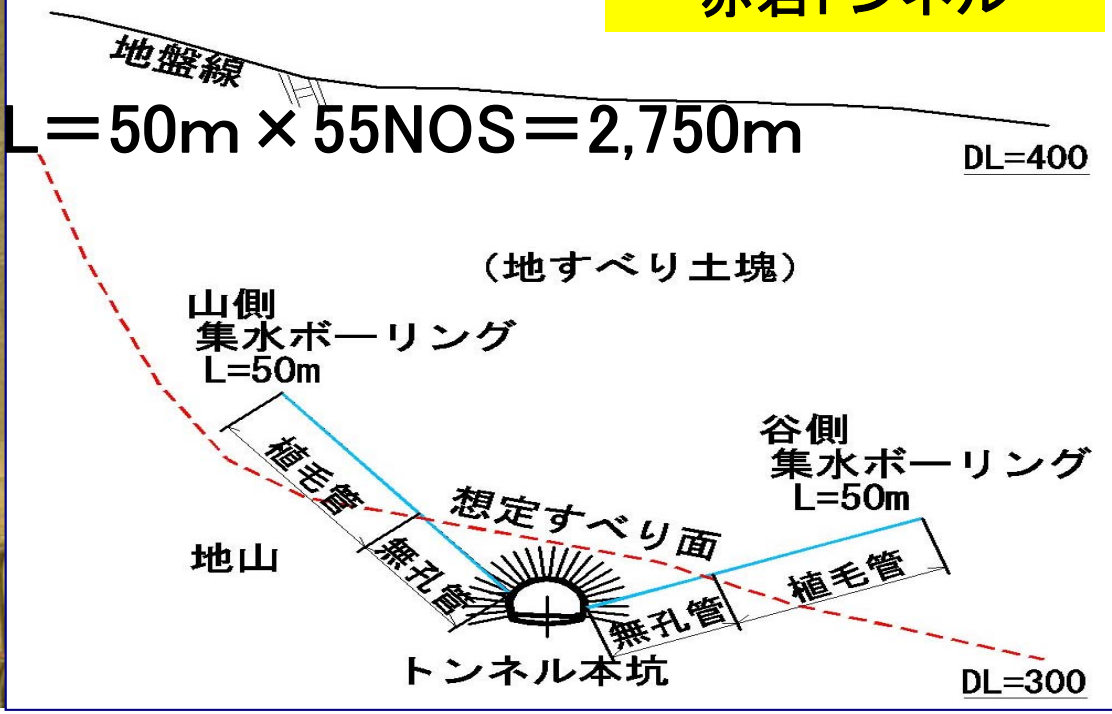
断面名	1693	掘削日	2005/8/22	地質	粘板岩・蛇紋岩・粘土
距離程	SP2961.500 TD1718.130	支保形式	E-S2(45)	土被り	65

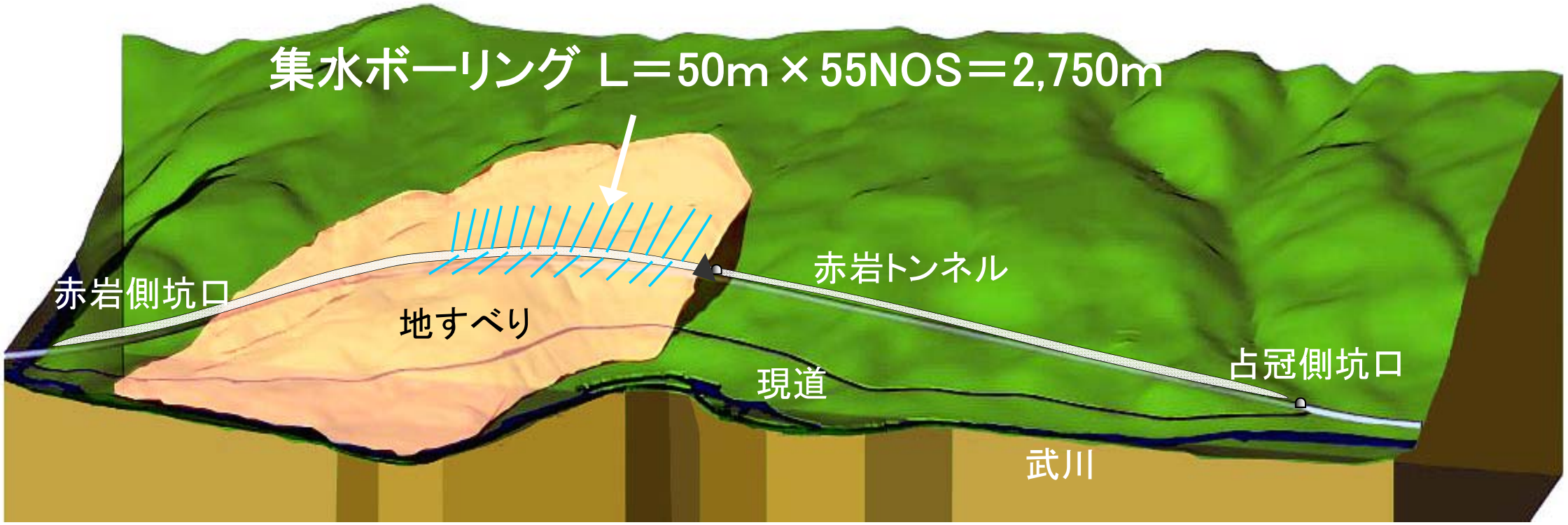




赤岩トンネル

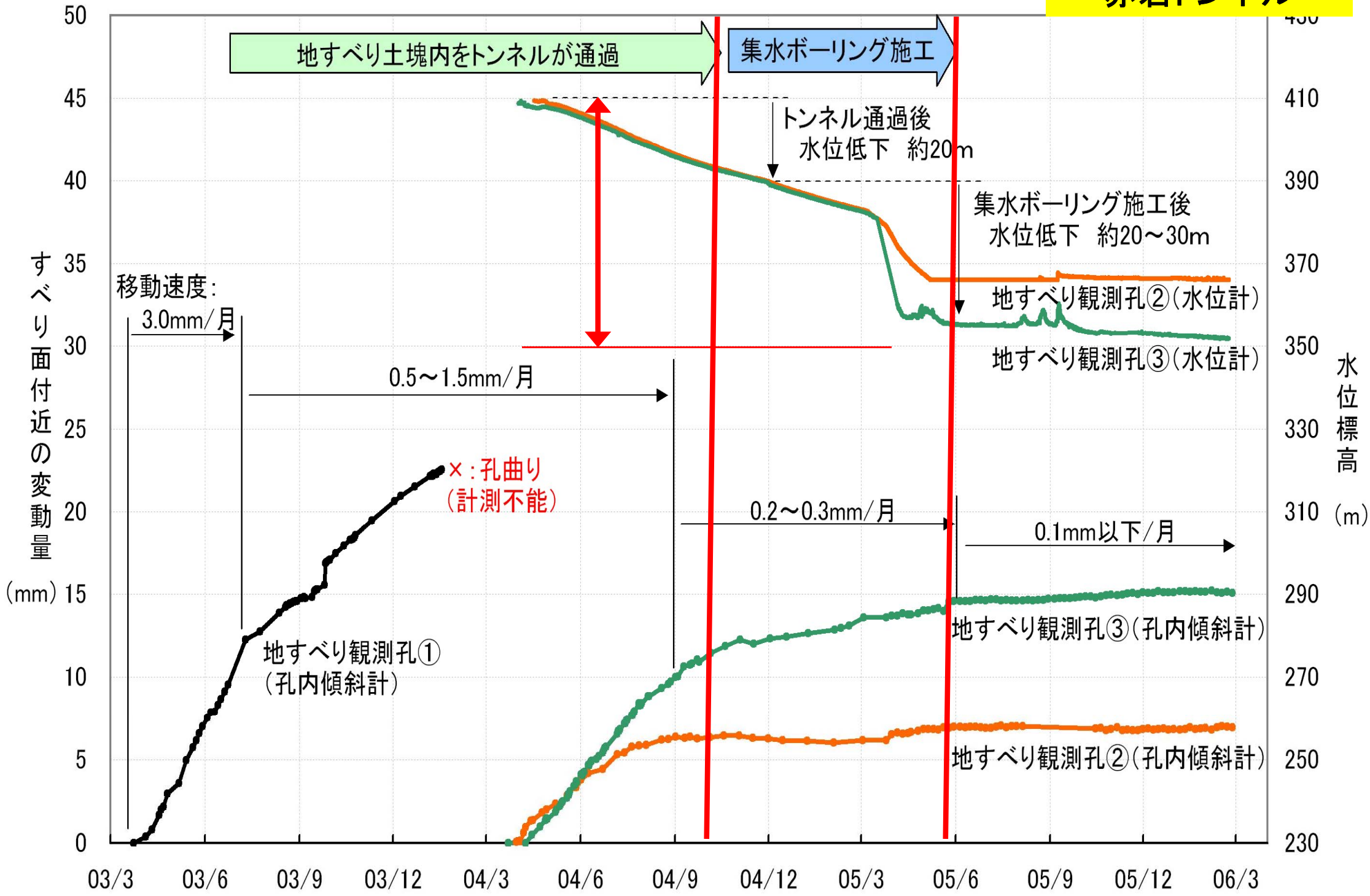
集水ボーリング L＝50m×55NOS＝2,750m





地下水位の低下と地中内傾斜計の変形

赤岩トンネル



赤岩トンネル上半貫通掘削
平成18年4月18日

赤岩トンネル

赤岩トンネル

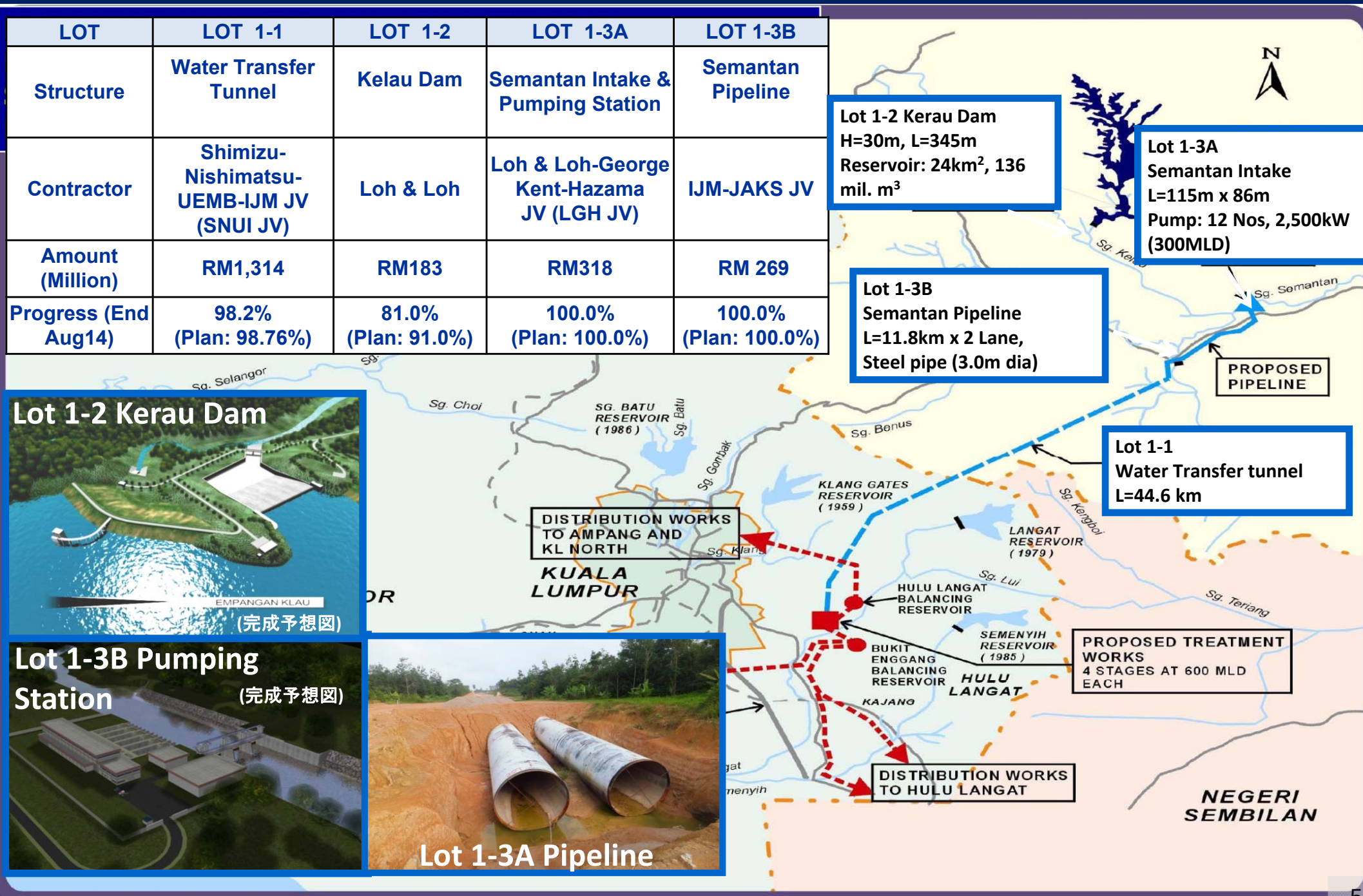
工事評価点：99点を獲得

パハンプロジェクト

目的：クアラルンプールの将来の生活・工業用水不足に対応すべく
パハン州より延長44.6kmのトンネルを建設し，189万m^3/日の水を導水する。

プロジェクト概要

LOT	LOT 1-1	LOT 1-2	LOT 1-3A	LOT 1-3B
Structure	Water Transfer Tunnel	Kelau Dam	Semantan Intake & Pumping Station	Semantan Pipeline
Contractor	Shimizu-Nishimatsu-UEMB-IJM JV (SNUI JV)	Loh & Loh	Loh & Loh-George Kent-Hazama JV (LGH JV)	IJM-JAKS JV
Amount (Million)	RM1,314	RM183	RM318	RM 269
Progress (End Aug14)	98.2% (Plan: 98.76%)	81.0% (Plan: 91.0%)	100.0% (Plan: 100.0%)	100.0% (Plan: 100.0%)



プロジェクト概要

工　事　名　称：パハン・セランゴール導水トンネル
発　　注　　者：マレーシア政府　エネルギー・環境技術・水資源省
（Ministry of Energy, Green Technology and Water）
計　　画　　地：マレーシア　セランゴール州～パハン州
工　　　　期：2009年6月1日～2014年5月30日（5年、1,825日）
設計・施工監理：東電設計・SMEC（豪州）・SMHB（マレーシア）JV
施　　工　　者：清水（30%）・西松（30%）・UEMB（20%）・IJM（20%）JV

工　事　概　要：導水トンネルL=44.6km（トンネル掘削L=43.5km）
TBM（3工区）L=34.4km，D=5.2m
NATM（4工区）L=9.1km，W=5.2m，H=5.2m
作業横坑Adit（4工区）L=2.5km，W=6.7m，H=5.2m明かり工事（2工区）L=0.9km
アクセス道路L=15.9km

工事金額および契約条件

工事金額　：MYR　：　929,613,186（1MYR=27.8円）
日本円　：12,563,304,745円
当初契約工事金額　384億円

資　　金　：JICA：75%,マレーシア政府：25%
契約方式　：BQ方式（単価数量精算契約）
工　　期　：2009年6月1日～2014年5月30日（1,825日）当初
2014年12月31日
（215日の工期延長が認められている）
遅 延 金　：全体工事　1,825日　約1,500万円/日
上限は契約金額の10%
不良地質に起因する工期延伸クレームを37件提出
遅延金を回避するため、残り2ケ月の工期延伸獲得に全力を尽くしている

プロジェクトの技術的課題

1. 長大トンネル（44.6km, 世界第11位, 東南アジア最長）
2. 最大土被り （1,246m, 世界で8番目,1000m以上が5km）
3. 厳しい工期設定（TBM 平均月進480m, 実績358m）
4. 河川下横断 (NATM区間)
5. 断層、破砕帯（Lepoh断層L=404m, 50mを超える花崗岩空洞）
6. 大量湧水（スペック10t/分　⇒　最大24.6t/分）
7. 山はね（土被り1,000m以上箇所で200mにわたり発生）
8. 高温岩盤（50℃以上の区間が5km以上）
9. メインベアリングの破損（TBM2基ほぼ同時、交換作業に3ケ月）
10. ベルトコンベアジョント部の破断（7,000mを超えた後頻繁に発生）

長大トンネル

パハンプロジェクト

Rank	Name	Country	Length (km)	Year	Type
1	Delaware Aqueduct	United States	137.0	1945	Water supply
2	Päijänne Water Tunnel	Finland	120.0	1982	Water supply
3	Dahuofang Water Tunnel	China	85.3	2009	Water supply
4	Orange–Fish River Tunnel	South Africa	82.8	1972	Water supply
5	Bolmen Water Tunnel	Sweden	82.0	1987	Water supply
6	Gotthard Base Tunnel	Switzland	57.1	2017	Railway
7	Seikan Tunnel	Japan	53.9	1988	Railway
8	Želivka Water Tunnel	Czech Republic	51.1	1972	Water supply
9	Channel Tunnel	UK/France	50.5	1994	Railway
10	Seoul Subway: Line 5	South Korea	47.6	1995	Metro
11	Pahang Selangor Raw Water Transfer Tunnel	Malaysia	44.6	2014?	Water supply
12	Aitufvevo - Bulvar Dmitriva Donskogo	Russia	41.5	1983-2002	Metro
13	Metro Madrid L-12:	Spain	40.9	1999-2003	Metro
14	Tocho-mae – Shiodome-Hikarigaoka (Toei Oedo Line)	Japan	40.7	1991-2000	Metro
15	Kárahnjúkar Hydroelectric Power plant	Iceland	39.7	2003-2007	Hydro electric

1,000m以上の大土被り

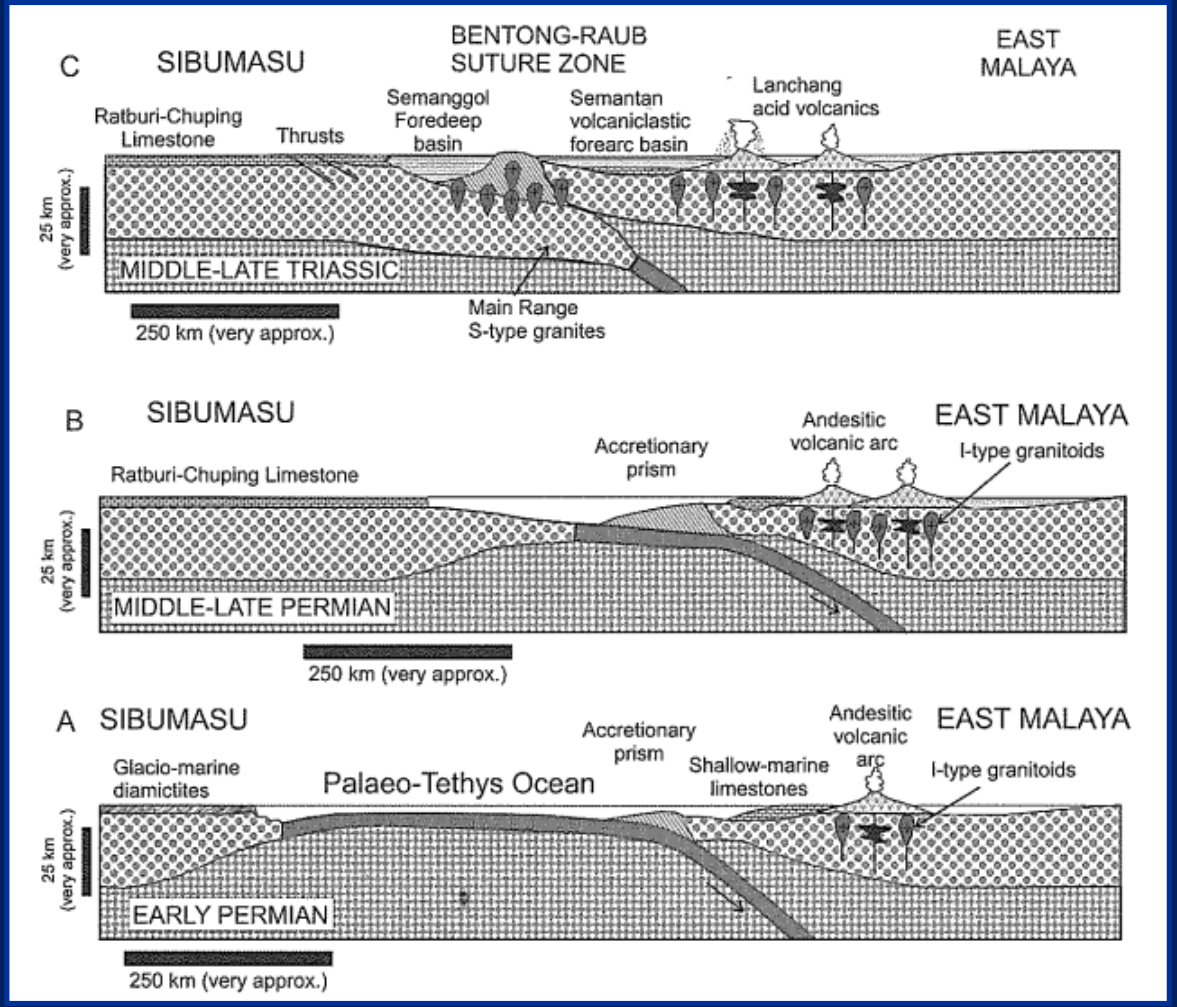
Risk due to High Overburden
（高土被り地山におけるリスク）

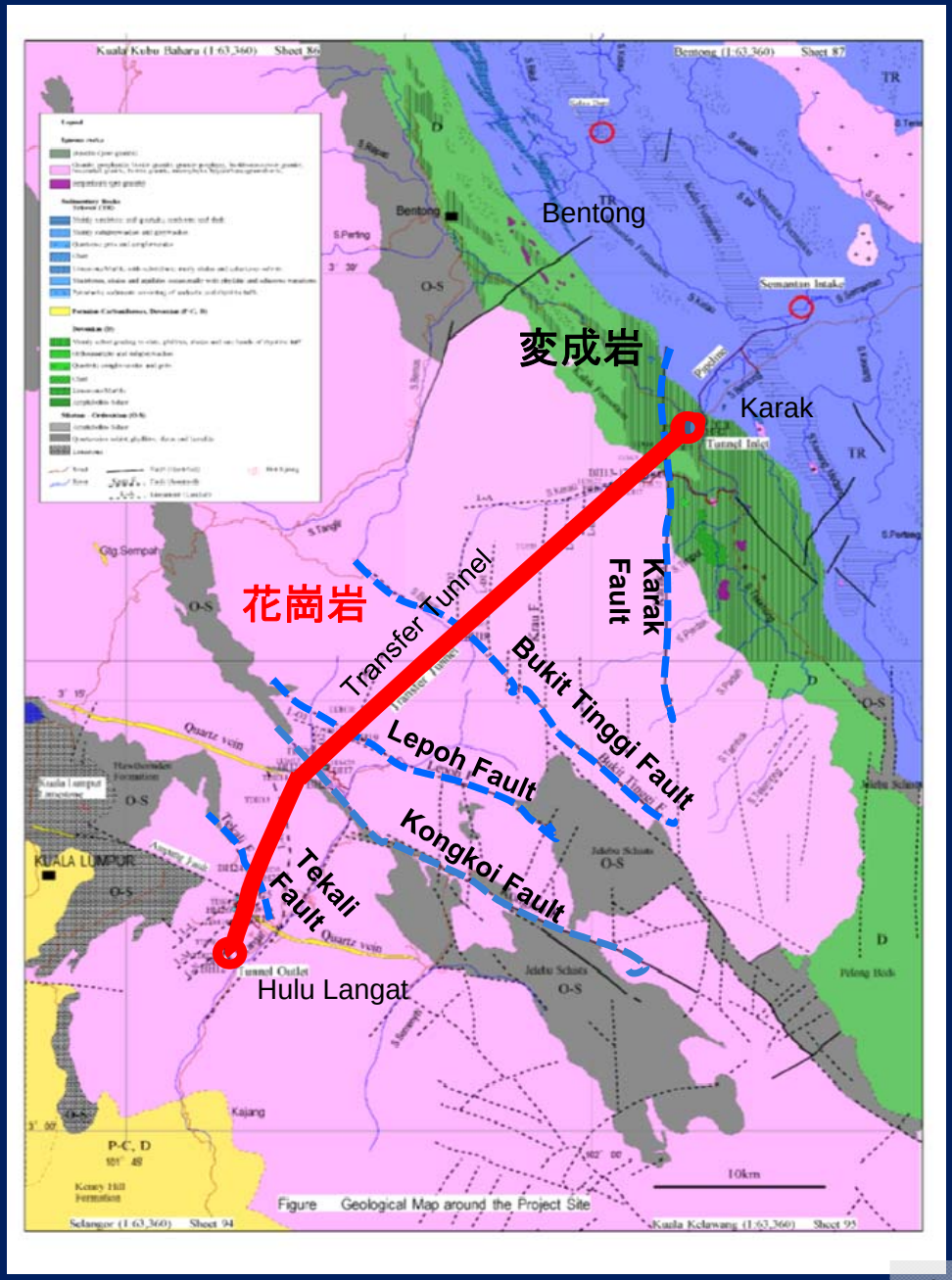
- **Rock Burst（山はね）**
- **Squeezing（膨張性地山）**
- **Heat（熱）**
- **Ingress Water（突発湧水）**

Rank	Name	Country	Length (km)	Overburden (m)	Type
1	Gotthard Base Tunnel	Switzerland	57.1	2,500	Railway
2	Jinping II Hydro, Headrace Tunnel	China	16.6	2,500	Waterway
3	Olmos Trans-Andean Tunnel	Peru	13.9	2,000	Waterway
4	Zhongnanshan Tunnel	China	18.0	1,640	Road
5	Furka Base Tunnel	Switzerland	15.4	1,500	Railway
6	Vereina Tunnel	Switzerland	19.1	1,500	Railway
7	Dai-Shimizu Tunnel	Japan	22.2	1,300	Railway
8	Pahang Selangor Raw Water Transfer Tunnel	Malaysia	44.6	1,246	Waterway
9	Shin-Shimizu Tunnel	Japan	13.5	1,200	Railway
10	Kanetsu Tunnel	Japan	11.1	1,190	Road
11	Lotscheberg Base tunnel	Switzerland	34.6	1,190	Railway
12	Kerman Water Supply Tunnel	Iran	35.8	1,160	Waterway
13	Pir Panjal Railway Tunnel	India	11.0	1,140	Railway
14	Hida Tunnel	Japan	10.7	1,024	Road

地質構造のなりたち

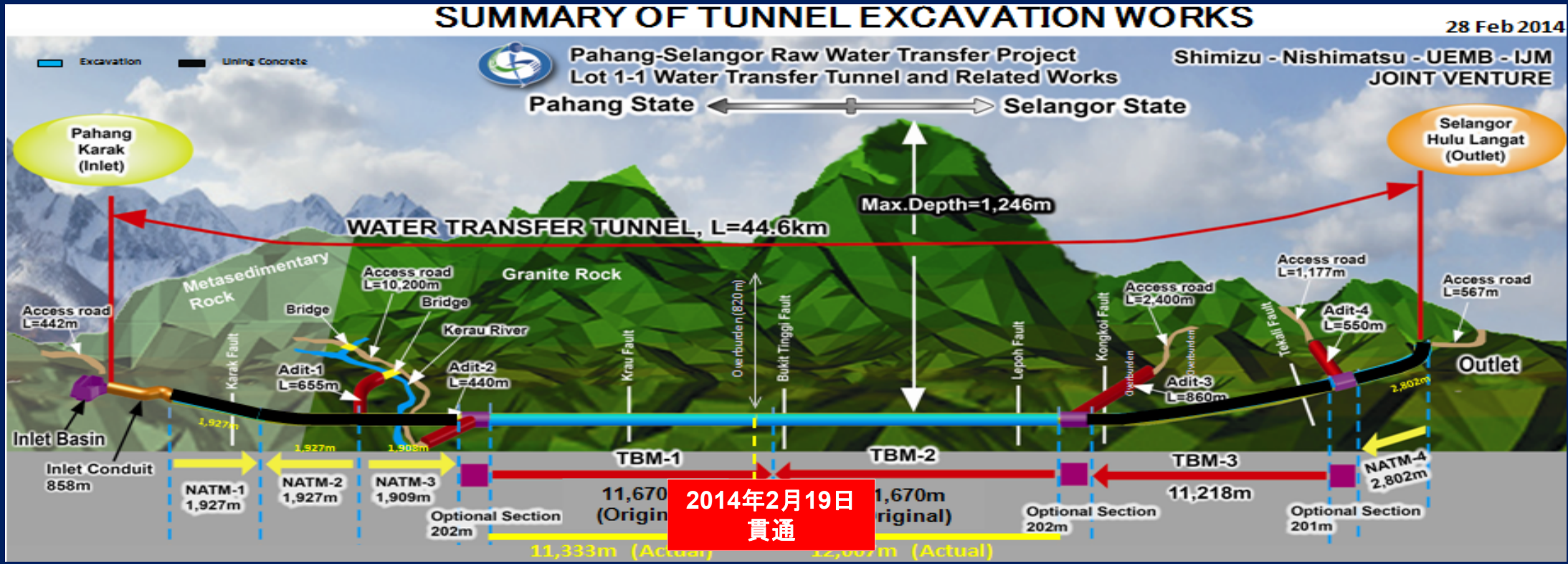
三畳紀　セランゴール地方の地溝
前期ペルム紀～後期三畳紀　（約4～2億年前）

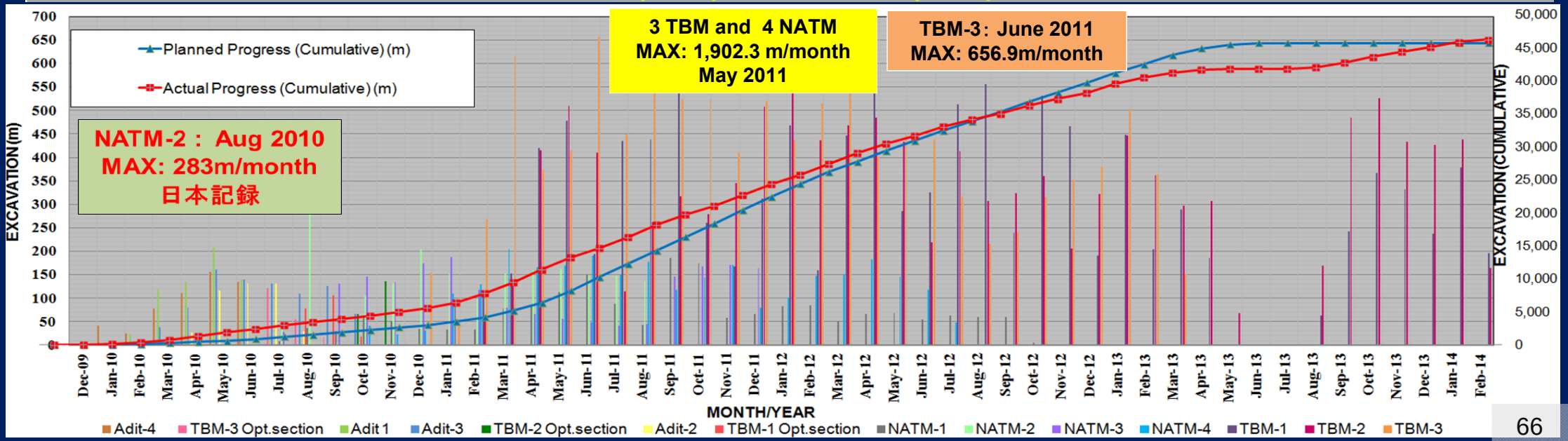




トンネル進行実績

パハンプロジェクト

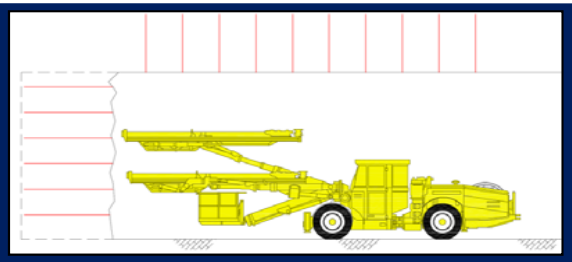




NATMにおける施工機械

Applied to Adit and NATM (11.6 km) New Austrian Tunneling Method from 1960' Drilling and Blasting, Rock dowel, Shotcrete

Drilling and Rock Dowel



Computer 2Boom Drilling Jumbo
(170kg Class drifter)

Computer Drilling Jumbo

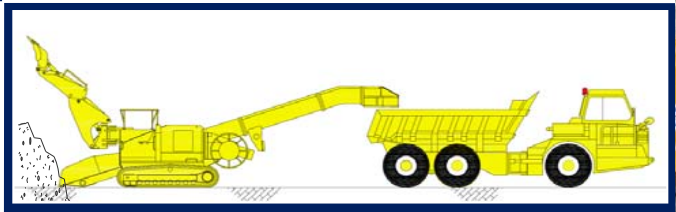
Equipment for NATM

Model: ATLAS COPCO L2C

ADVANTAGES:

- Computerized operation for accurate drilling.
- Less overbreak.
- Faster.

Mucking



Tunnel Muck

Schaeff Loader KL-41 (216m³/h)

20t Dump Truck

Schaeff Loader

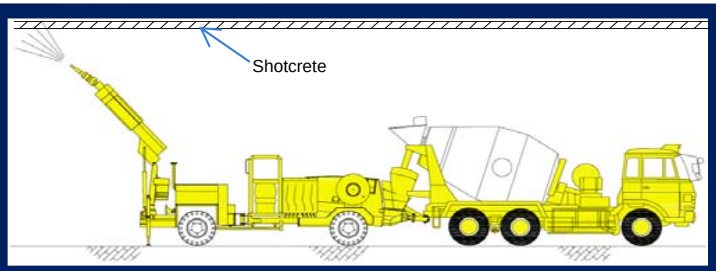
Volvo 20T

Model: KL-41

ADVANTAGES:

- Direct loading to dump truck.
- Suitable for any small section.
- Fully powered by electricity, no harmful exhaust gas.

Shotcrete



Shotcrete Machine
(15m³/h)

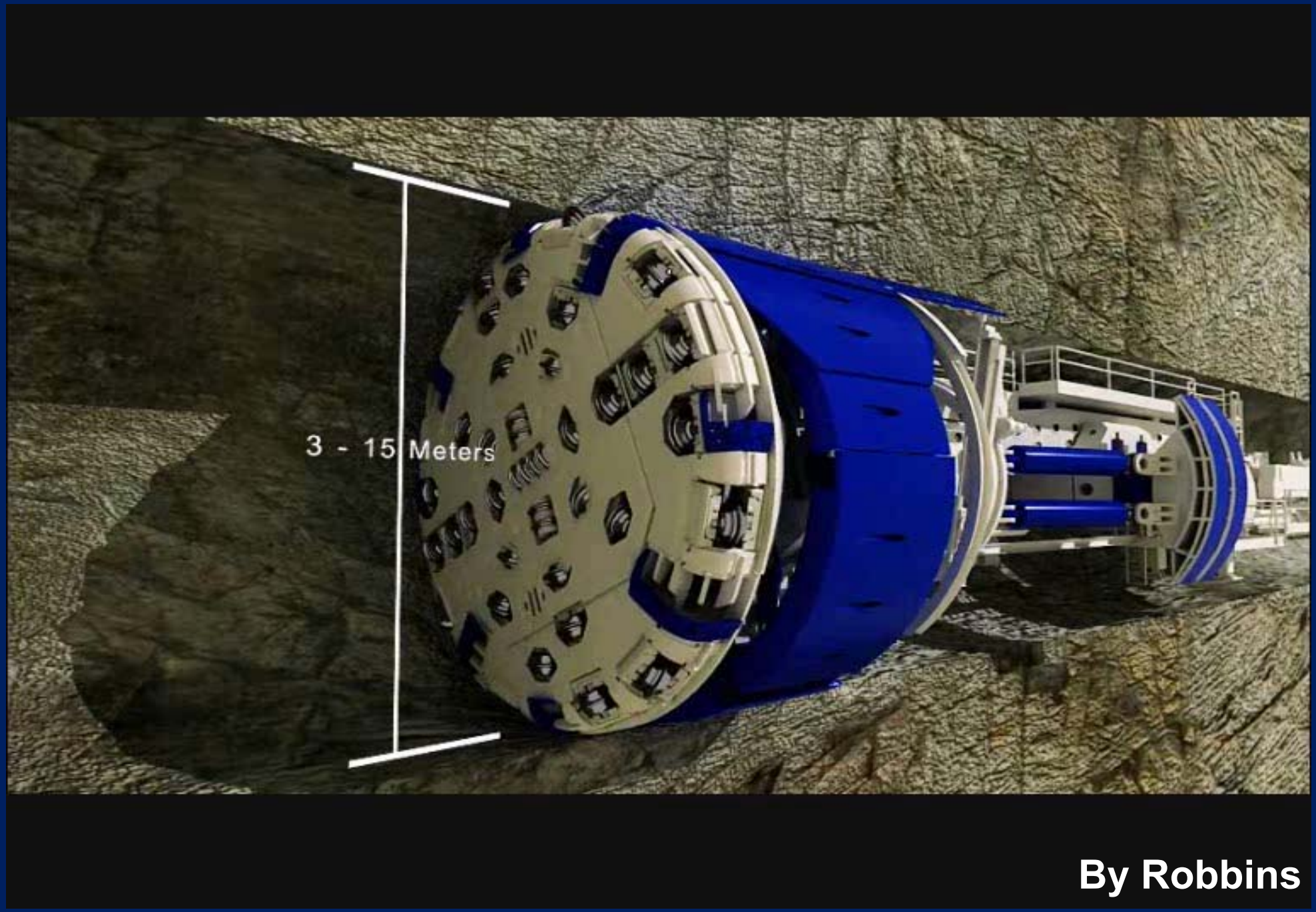
Shotcrete machine PM407P

Model: SIKA P407P

ADVANTAGES:

- Suitable for any small section.
- Using Alkali-Free
- Accelerator for low dust and less rebound.

TBM（Tunnel Boring Machine）



起工式，TBM-3発進式

起工式（2010年4月）

パハン州王様を迎えての開会式

TBM模型贈呈式

TBM-3発進式（2010年11月）

清めの儀

TBM-3記念写真

工事用道路の施工（全長15.9km,120万m^3切土）

パハンプロジェクト

伐採

掘削

切土法面補強

盛土法面補強

岩盤掘削

舗装

作業トンネル（Adit- 1 to 4）

作業トンネルNo.1の坑口(June 2010)

作業トンネルNo.2の削孔状況(June 2010)

作業トンネルNo.1と本坑の交差部(August 2010)

作業トンネルNo.3の坑口(April 2011)

作業トンネルNo.4と本坑の交差部(July 2010)

作業トンネルNo.4と本坑の交差部(July 2010)

Computer Jumbo (Atlas Copco L2C)

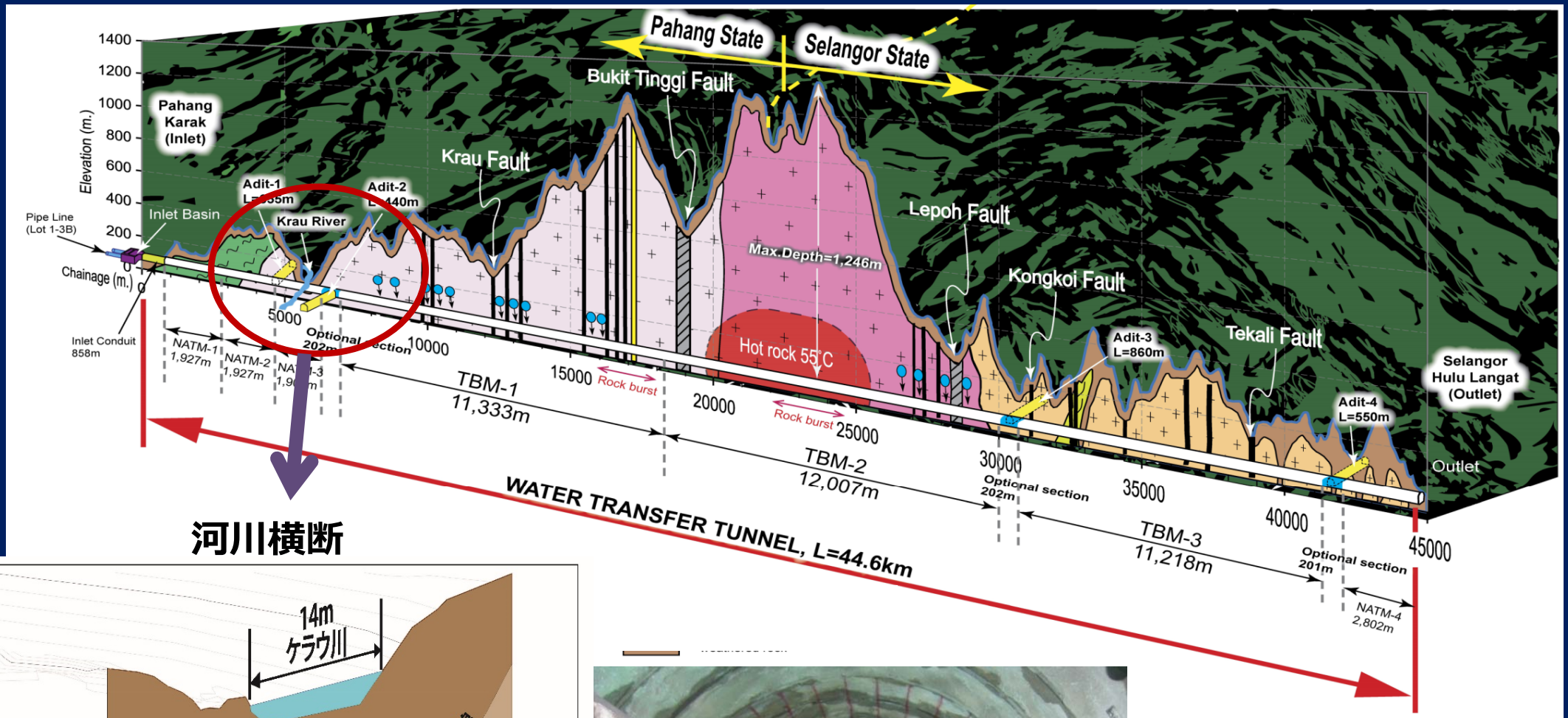
Shotcrete Machine (Sika PM407)

20t Dump Truck

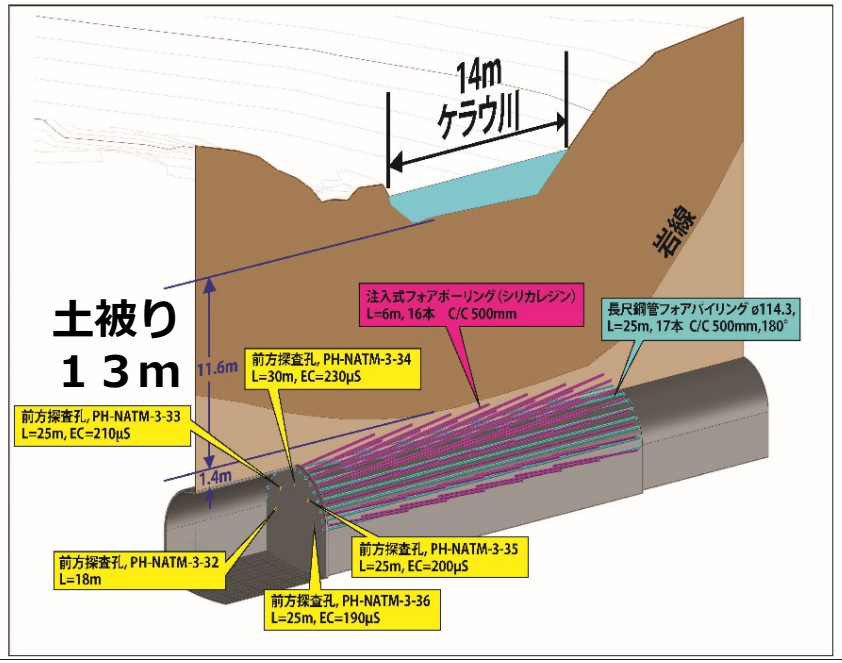
NATM-2 Achieve Monthly Progress 283m

トンネル掘削工事のまとめ

パハンプロジェクト



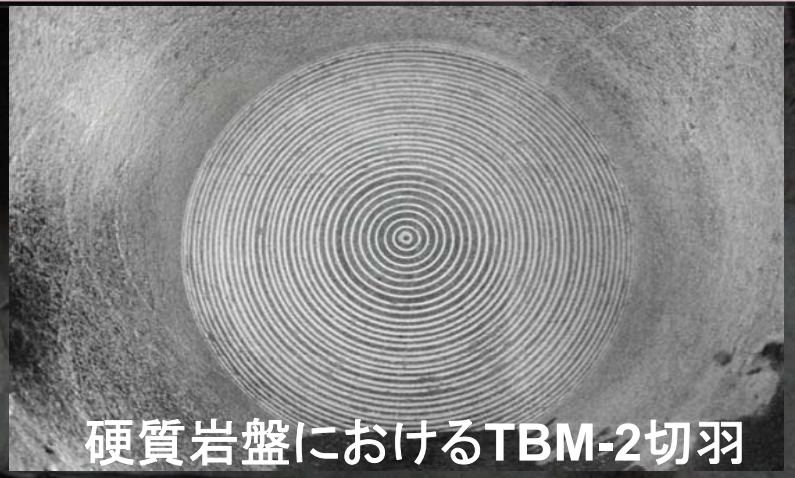
河川横断



AGF(L=25m)/フォアポーリング(L=6m)による天端補強
→天端沈下: 10mm

PAHANG-SELANGOR RAW WATER TRANSFER PROJECT
LOT 1-1, WATER TRANSFER TUNNEL AND RELATED WORKS

TBM-1
TBM-2
TBM-3



硬質岩盤におけるTBM-2切羽状況

Shimizu-Nishimatsu-UEMB-IJM Joint Venture

パハンプロジェクト

TBM-2 : Tunnel face Ch. 24214.0 (TD 5948.0)

TBM Optional section

TBM-2 : TBM cutter head

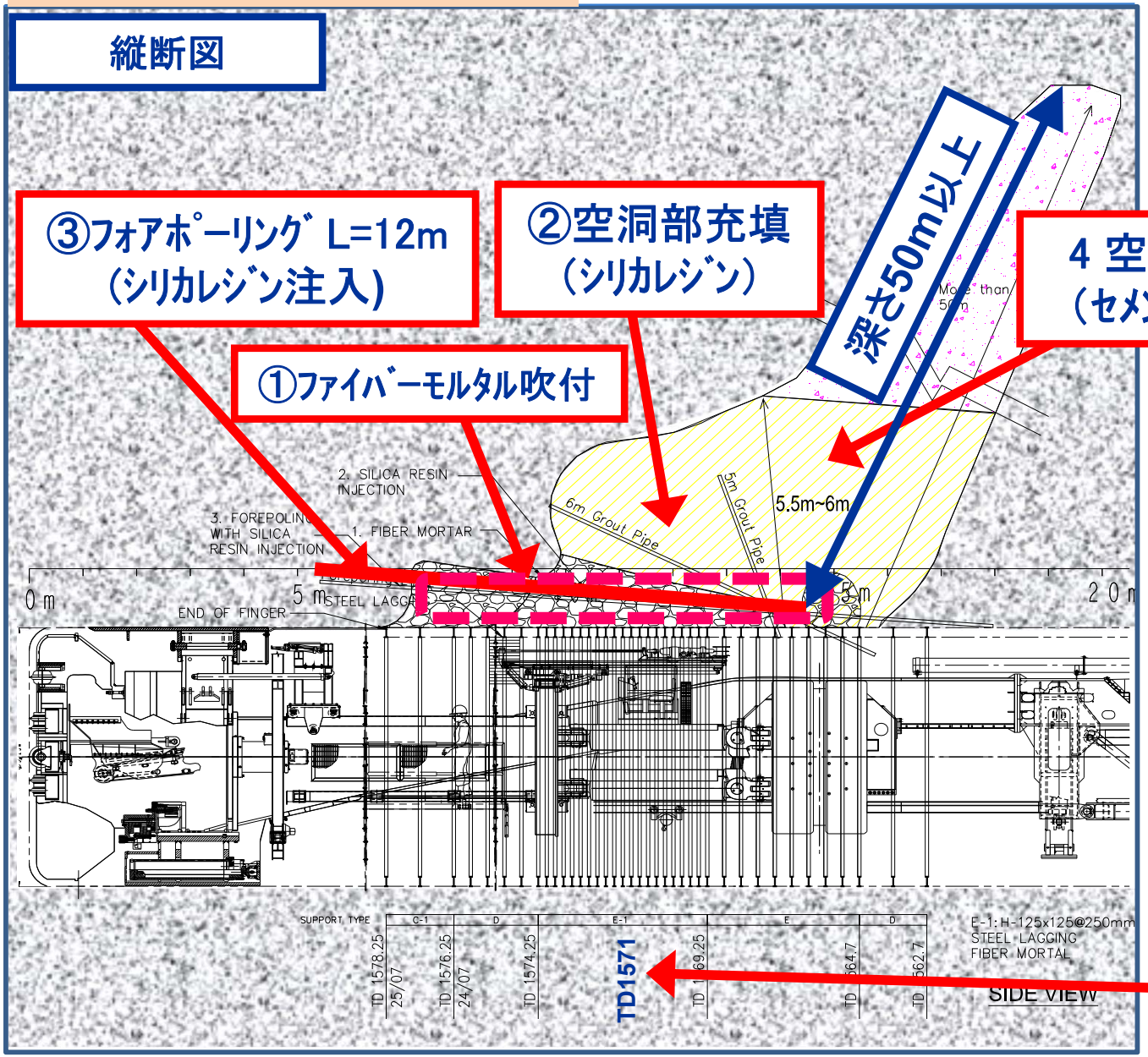
TBM-1: Water pump station (30t/min)

大規模破砕帯でのTBM掘進

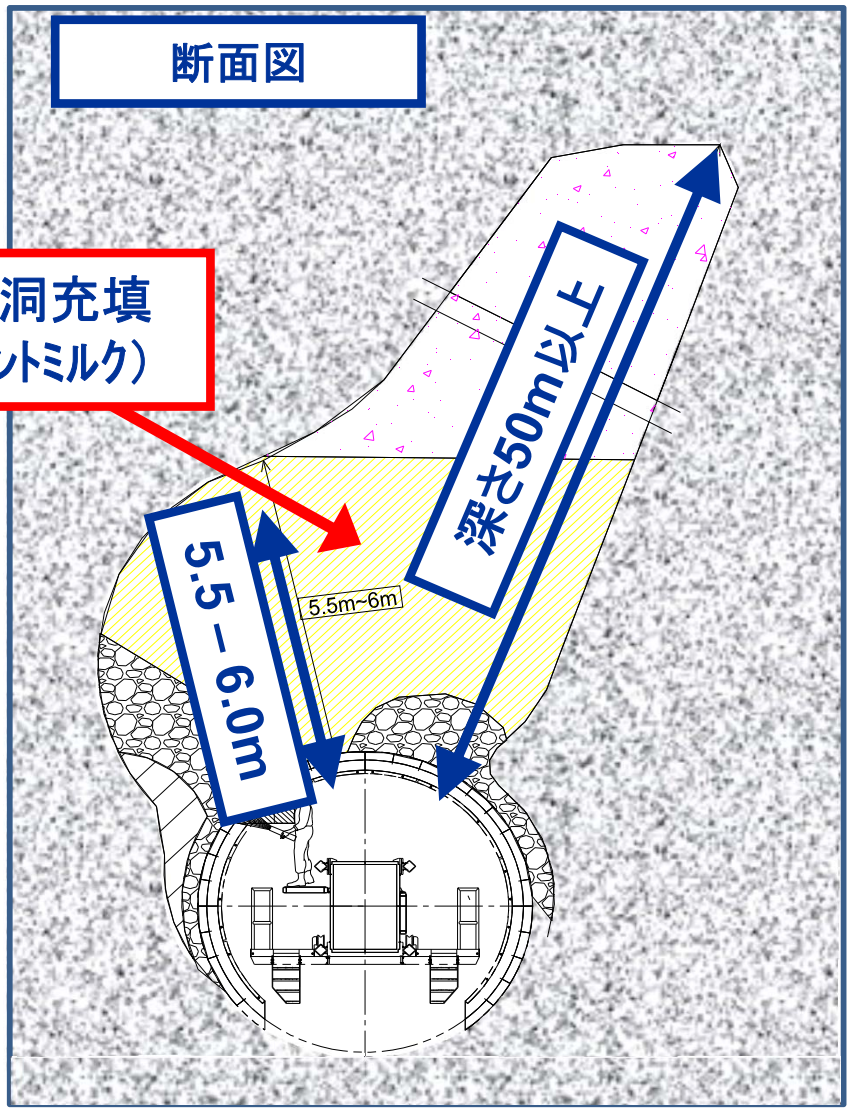
パハンプロジェクト

Lepoh断層 （延長404m）

縦断図



断面図



支保工: H-125 x 125 @250mm,
鋼矢板，ファイバーモルタル

Lepoh断層掘進状況

パハンプロジェクト

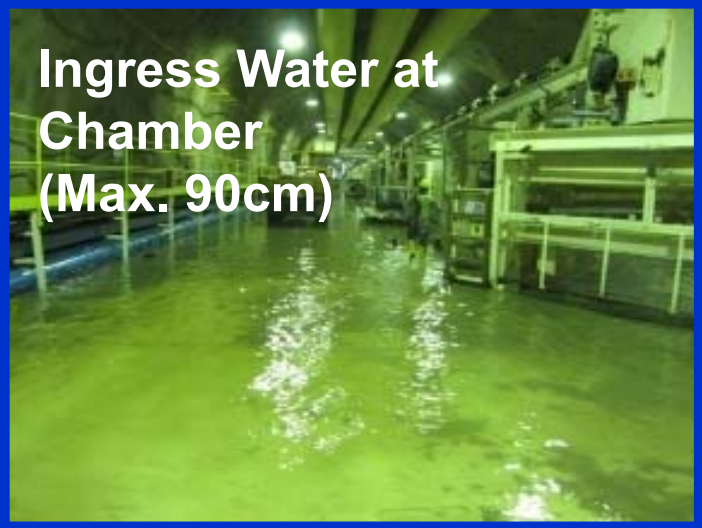
突発湧水　TBM-1：CH 8,143（TD 1,322m）

パハンプロジェクト

Date : 5 June 2011

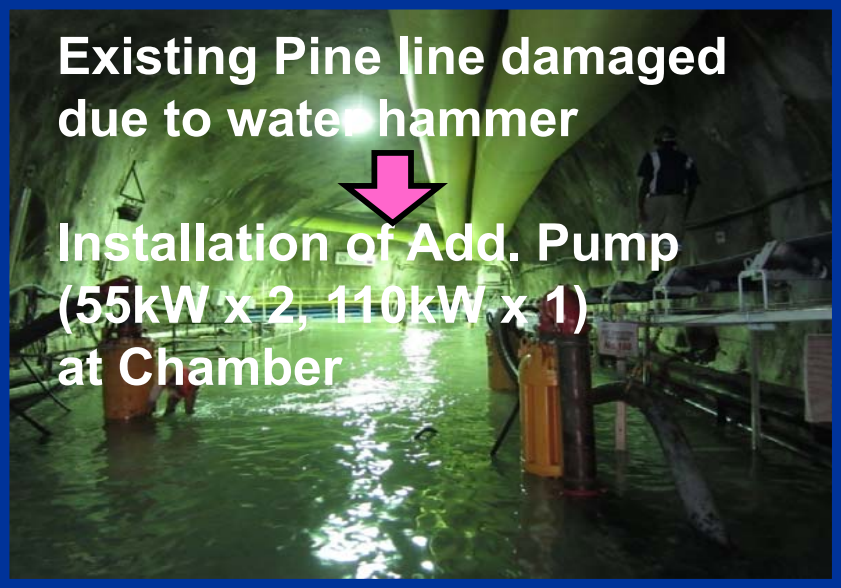
Photos on 5 Mar 2011: Ingress Water Appx. 10 ton/min (Ave. 4.1 ton/min)

Ingress Water at TBM back up trailer (Max. 1.3m high at TBM)



Ingress Water at Chamber (Max. 90cm)

Ingress Water at Right Crown (Appx. 3.5 ton/min)



Existing Pine line damaged due to water hammer

Installation of Add. Pump (55kW x 2, 110kW x 1) at Chamber

TBM-1 (Inclined tunnel) Sump pit for capacity (20ton/min) installed at every 1000m

Work resume on 16 June 2011

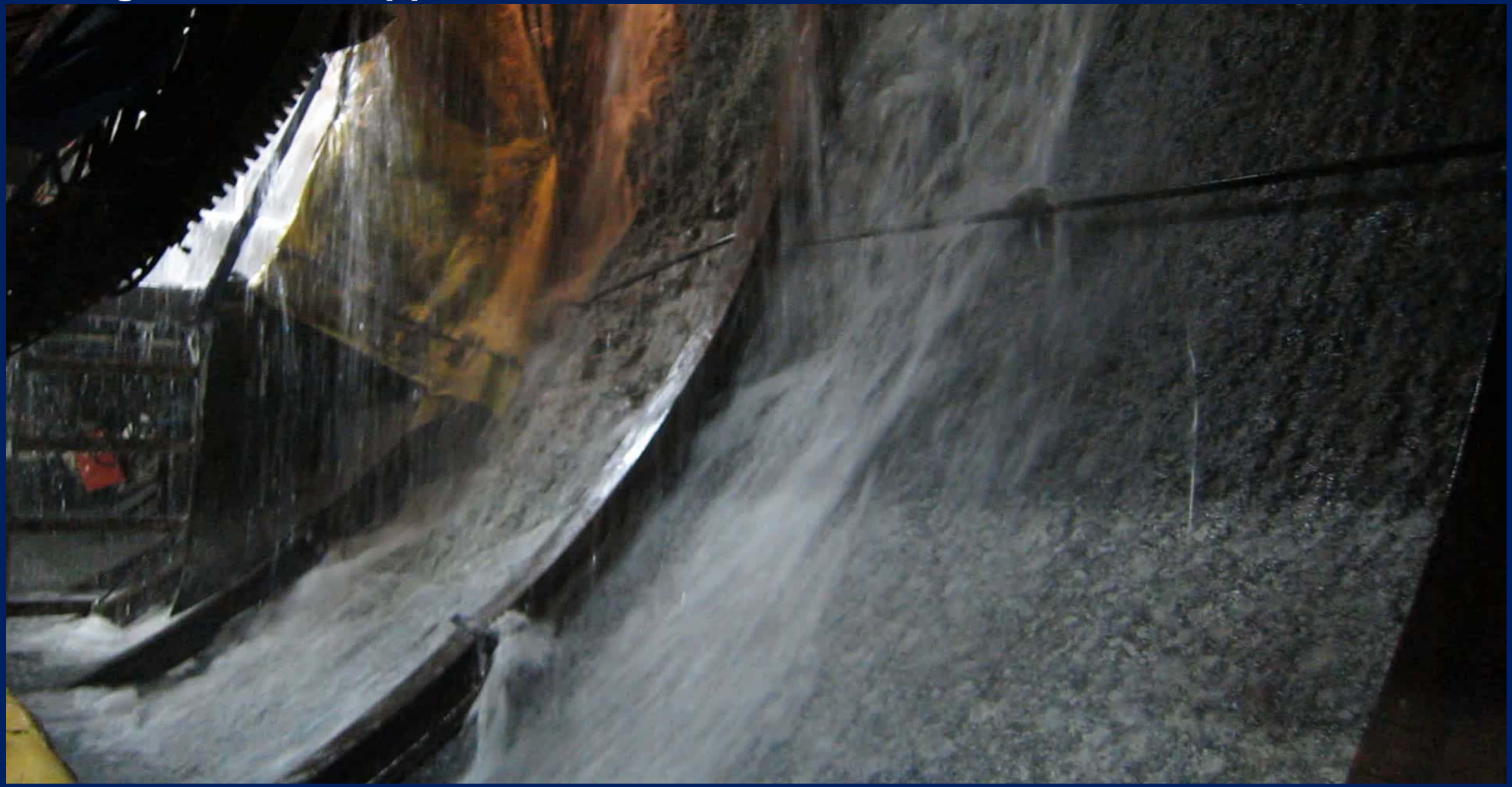
Sump Pit (Capacity: 20ton/min)

突発湧水　TBM-1：CH 9,939（TD 3,118m）

パハンプロジェクト

Ingress Water Appx. 5.0 ton/min

Date : 14 October 2011

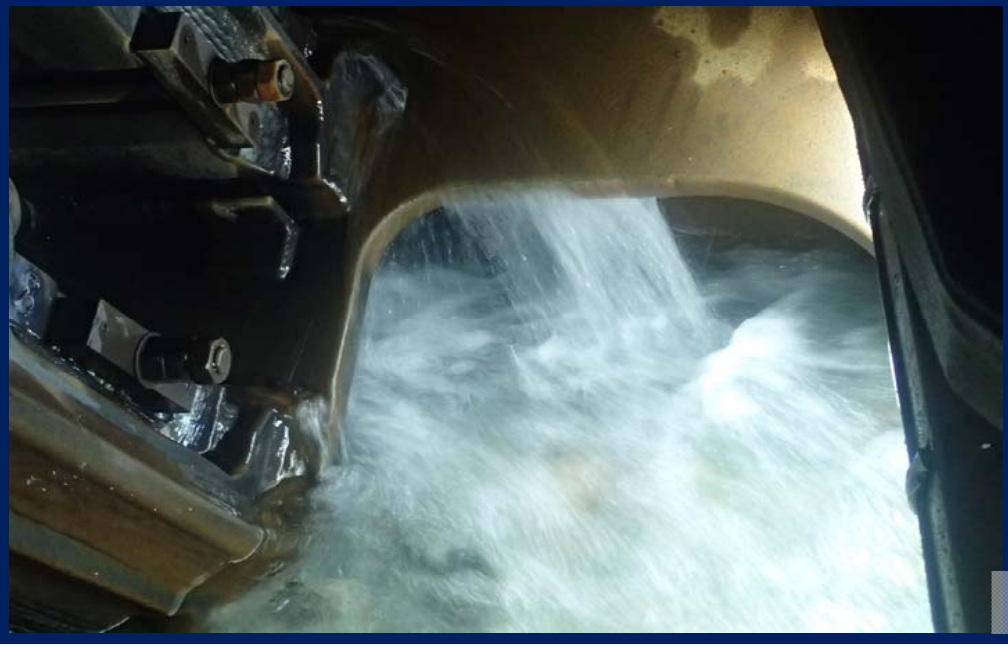


突発湧水　TBM-1：CH 15,657.8（TD 8,836m）

パハンプロジェクト

Ingress Water Appx. 9.8 ton/min (Total 24.6ton/min), collapse materials: 50m³

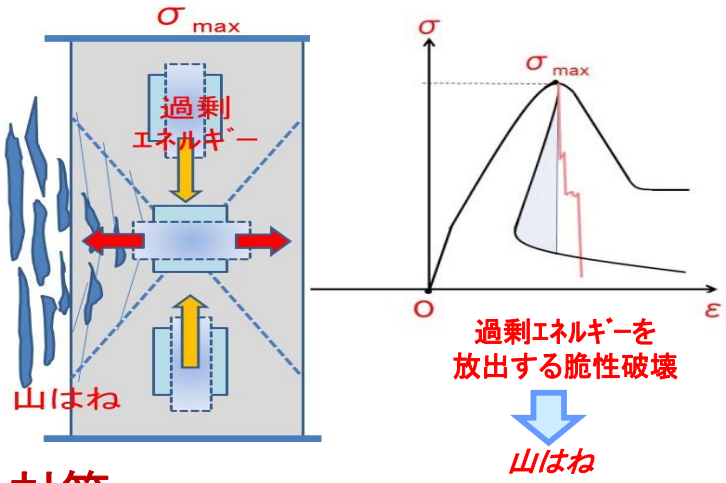
Date : 30 Jan 2013



Rock Burst（山はね）

脆性破壊されたTBM-2側壁状況

脆性破壊され飛散した岩片状況



対策

- 初期応力測定（オーバーコアリング）
- 応力解放が終わるまでカッター交換を行わない(約1時間)
- 見張り員による切羽近傍の監視
- 防護シート、吹付の早期施工

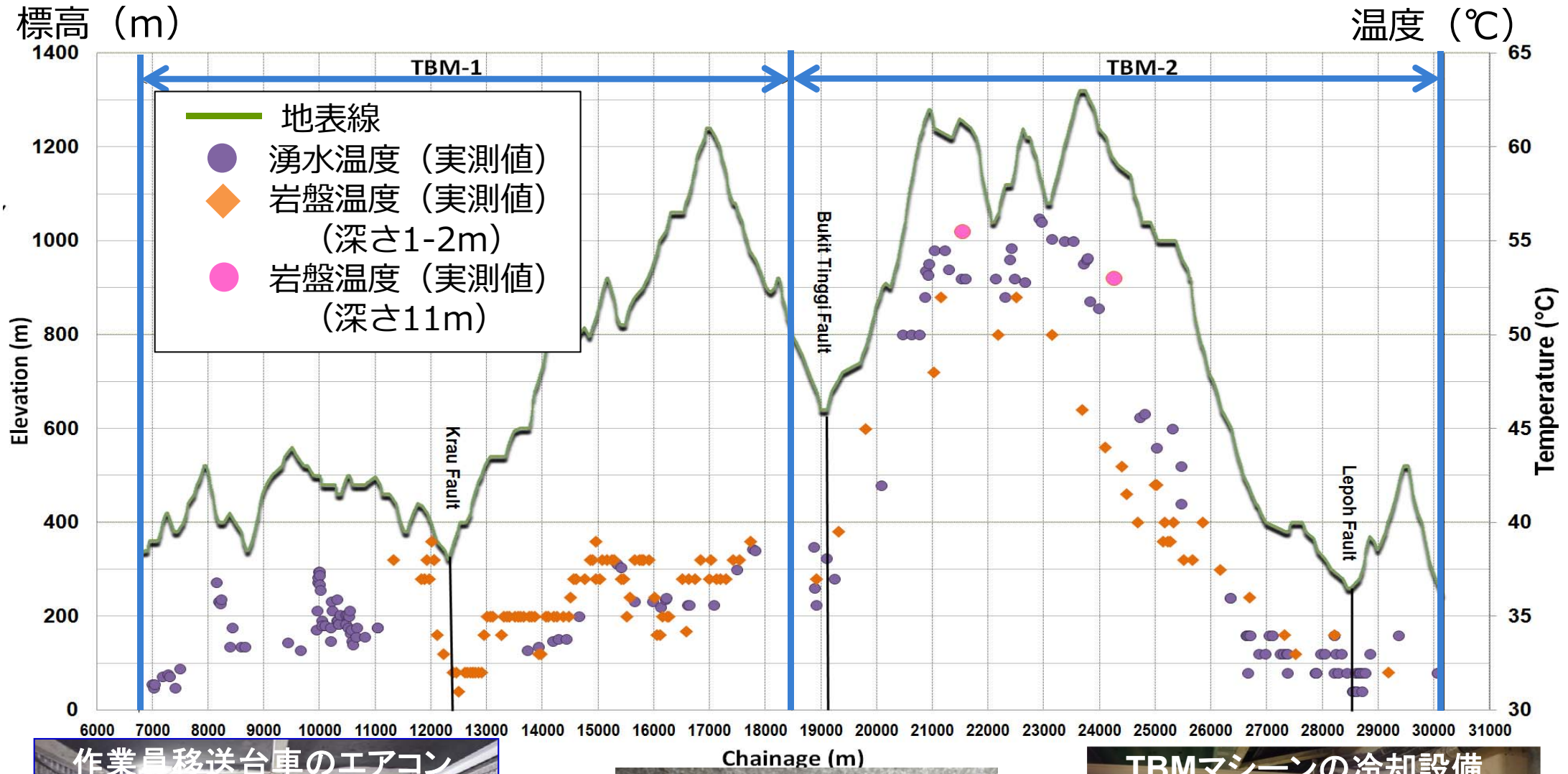
脆性破壊されたTBM-1側壁状況

山はね映像（TBM-2 TD6270m 右側壁）

パハンプロジェクト

岩盤ならびに湧水の温度

パハンプロジェクト



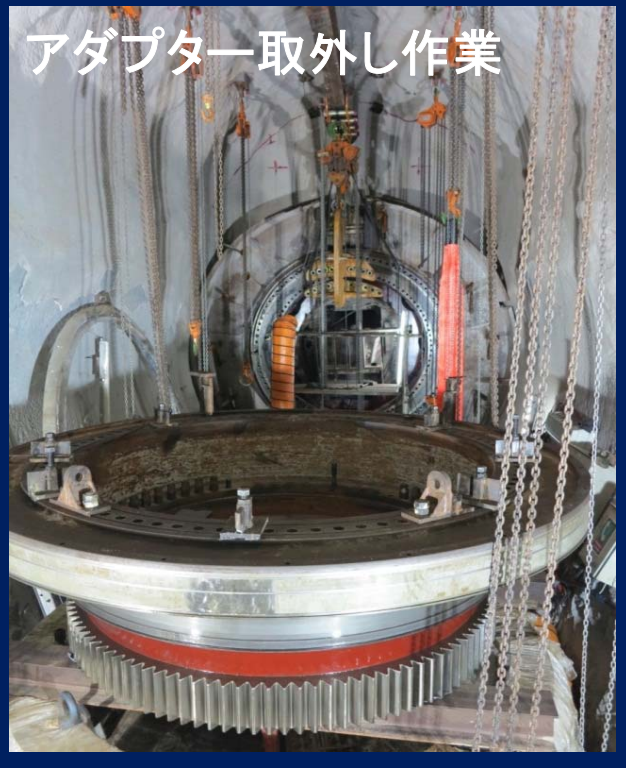
TBMメインベアリング損傷（2013年5月）

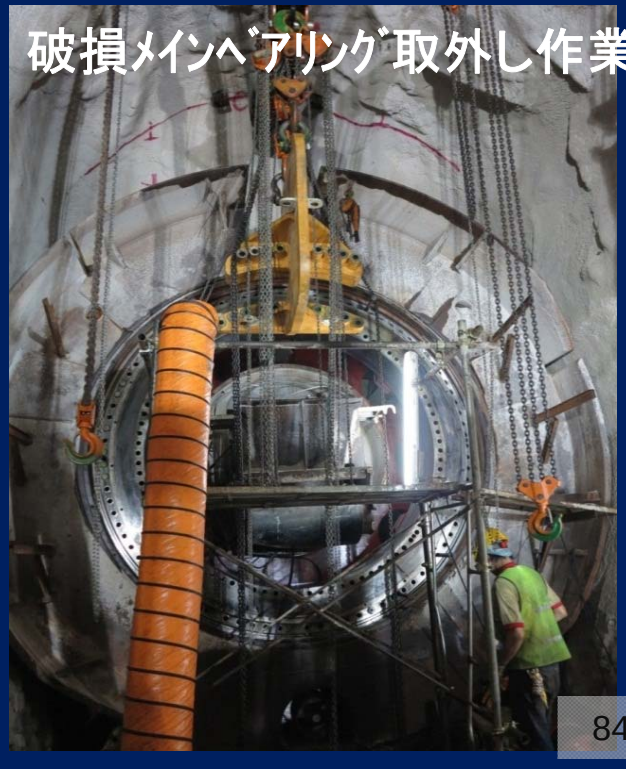
パハンプロジェクト

TBMメインベアリングライフ比較

	TBM-1	TBM-2	TBM-3
TBM先端位置	9,514.1m （全長11,333.3m）	9,363.1m （全長12,007m）	11,217.6m （掘削完了）
ﾒｲﾝﾍﾞｱﾘﾝｸﾞﾗｲﾌ	8,598,279 rev	8,598,279 rev	8,598,279 rev
実ﾒｲﾝﾍﾞｱﾘﾝｸﾞﾗｲﾌ	5,060,985 rev	4,722,845 rev	4,172,829 rev
メインベアリング損傷の有無	有	有	無

TBMメインベアリング交換作業状況写真





Summary of Oct 2012 NATM-1 Breakthrough Ceremony

パハンプロジェクト

Final Blasting Execution

Commentary Photo at Portal

Breakthrough Point Ch. 2,536.8

Commentary Photo at Breakthrough Point

Summary of Feb-2014 TBM1-2 Breakthrough Ceremony

パハンプロジェクト

Before breakthrough

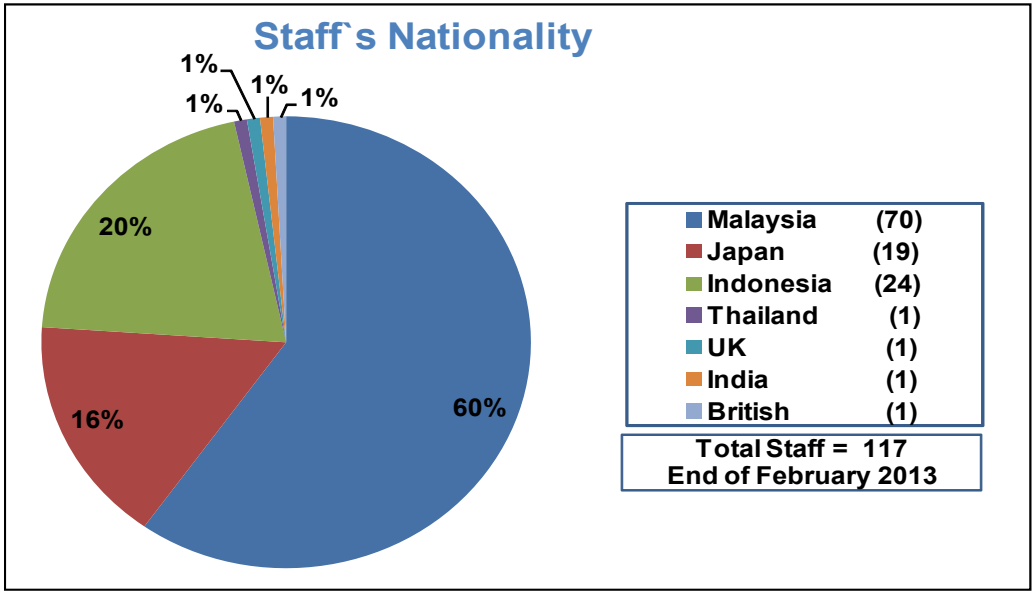
Commentary Photo at Breakthrough Point

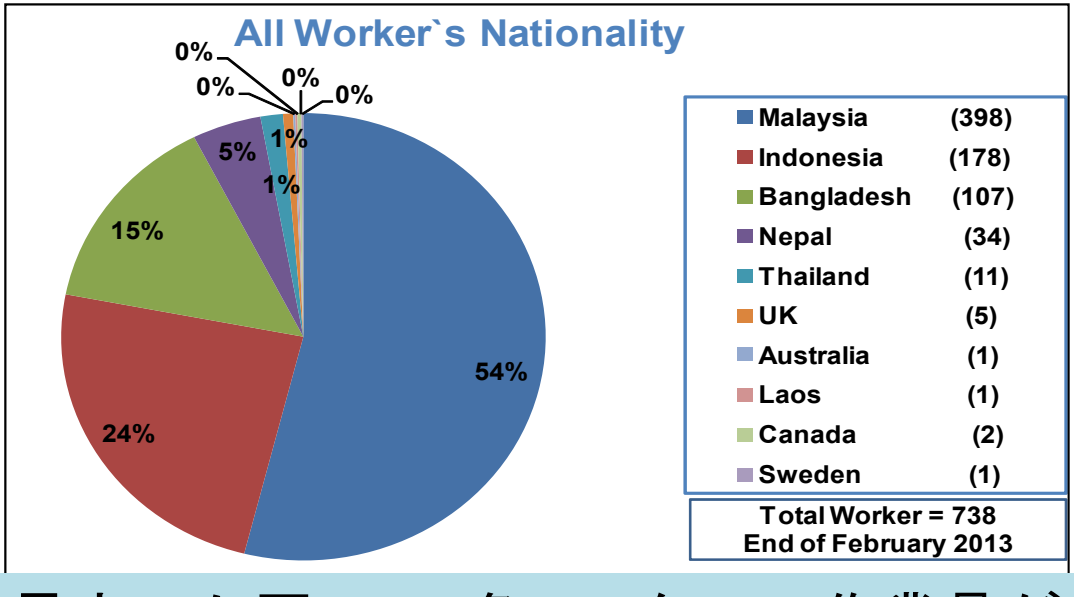
After breakthrough

Commentary Photo at Breakthrough Point

国際色豊かなスタッフ

パハンプロジェクト





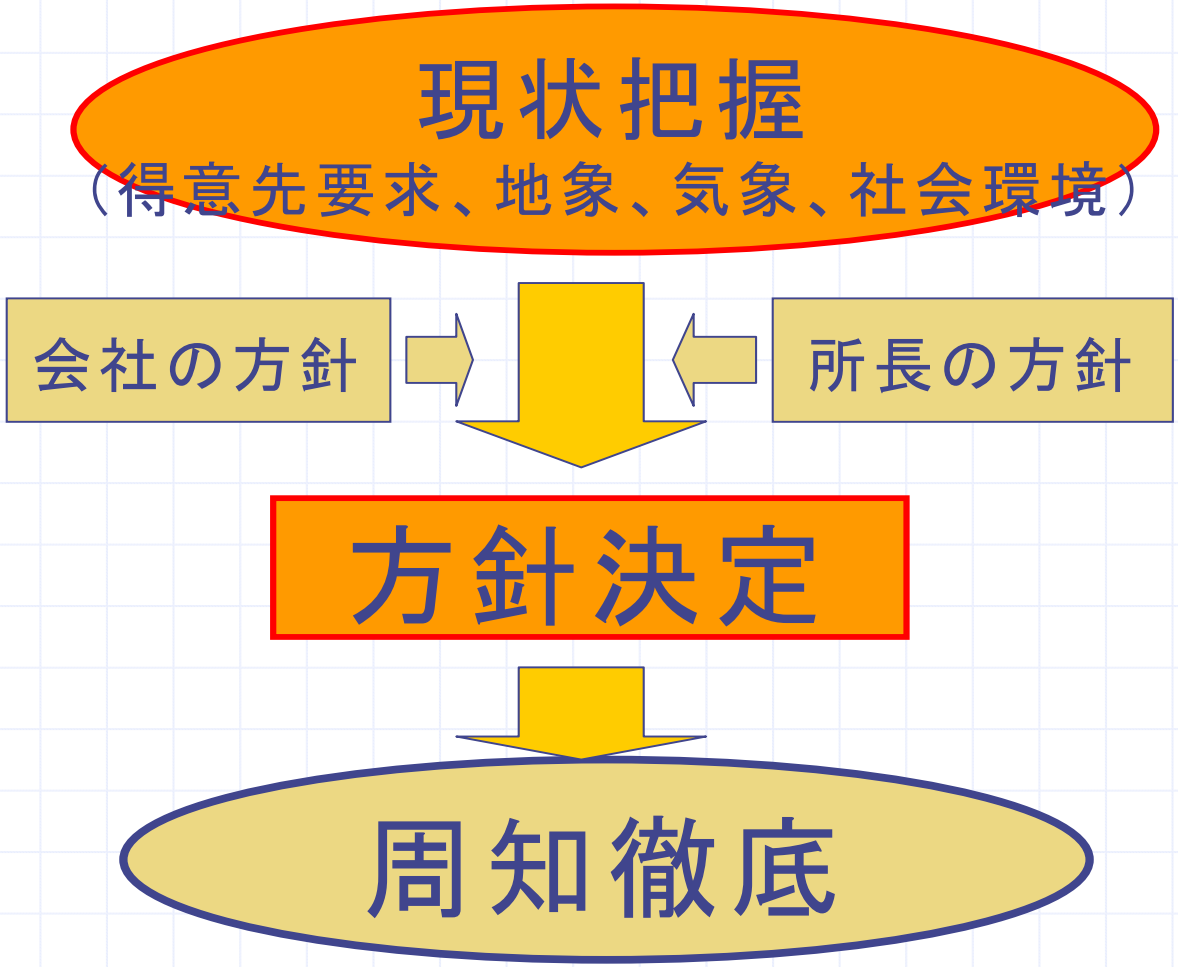
最大12ケ国1,000名のスタッフ、作業員が3班2交代、24時間、365日体制で様々な困難に立ち向かってくれた。

National Occupational Safety and Health Award 2011
マレーシア全国労働安全衛生表彰において優秀賞受賞 2011年12月

安全成績（2014年8月末現在）
延べ労働時間 :1,102万時間
度数率:0.73　(0.60)
強度率:0.006 (0.09)
（　）内は当社平成25年実積

1．運営方針の決定

- 現状把握
- 方針立案
- 方針決定
- 周知徹底



土木技術者の値打ち

- 「究極の技術力」

  予想外の事象が生じた時、自然界の地象事象を多面的に掌握し、その解決策の為の「的確な技術的判断・決断」を下す事。

  その「的確な技術的判断・決断」を実行する為には、関係者の理解・納得を得る事が不可欠。判断・決断の論理性、根拠、妥当性を基に関係者を説得するための「真摯なる説得力」が必要。

現場所長として必要な素養

1) To make all staff demonstrate their maximum ability
(みんなの力を最大限に発揮させる)
2) To bring his staff together to same target
(みんなのベクトルを同じ方向に向かせる)
3) To carry through his conviction
(ぶれない)
4) To make countermeasures in accordance with proper judgment of situation
(適切な状況判断に基づき対応策を取る)
5) To listen to all staff
To make environment which all can listen to all
(みんなの意見を聞く、聞ける雰囲気を作る)

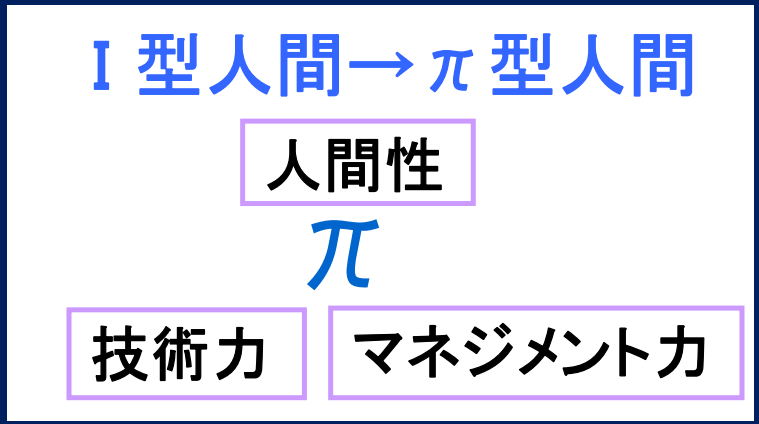
6) To train his staff and worker for their level-up.
To keep his staff and worker' motivation.
(スタッフ・作業員を教育し、レベルアップさせる。モチベーションを保つ。)

7) To be trusted by the Engineer and the Employer.
(エンジニア・発注者の信頼を得る)

8) To carry out PR activities for Project and Shimizu.
(現場(清水建設)のPRをする)

9) To minimize Non-conformance in Quality and Safety.
(品質・安全の不具合を最小限にとどめる)

10) To maximize Profit.
(利益を追求する)



Strong Site Organization 強い現場
(Project site under control　管理できている現場)

1) To keep tidy and clean in project site
(現場の整理・整頓・清掃が行き届いている)

2) To be worked cheerfully by staff and worker
(スタッフ・作業員が明るく活き活きと仕事をしている)

3) To have greeting cheerfully each other
(元気な挨拶が交わされている)

4) To spread PM’s intention up to worker level
(所長の方針が作業員まで伝わっている)

5) To try to improve site environment and productivity
(前向きに現場の環境改善、効率化に取り組んでいる)

6) To have strong will so as not to give up the target.
(目標達成に対して決してあきらめない強い意志がある。)

7) To have strong will so as not to run away the difficulty / so as not to give up.
(困難な現象に遭遇しても決して逃げない、あきらめない強い意志がある)

8) Not to hide the problem
To give own opinion to others each other
To communicate each other
(問題を隠さない、お互い自分の意見を言い合える、意思疎通ができている)

9) To collect information of occurrence in project site timely.
(現場で発生した事象がタイムリーにきちんとまとめられている)

10) To be trusted by the Engineer and the Employer
(エンジニア・発注者の信頼が得られている)

Thank you for your attention

「工事成績評定点獲得への道」(北海道赤岩トンネル)

1.着手時からの高い目標設定

着手時より100点獲得を目標にした。高得点を獲得した現場には必ず何らかの工夫があり、それらの取り組みも参考にした。

2.評価しやすい資料作成

わかり易い資料を作成する。特に加算点（地元貢献、高度技術、創意工夫）は確実に纏める。どんなに良いものを造り優秀なことをしても、説明不足や理解困難では評価されない。

3.発注者との信頼関係で、評定点は自ずと高くなる

指摘は迅速に対応し、現場の出来事は包み隠さず報告する。担当者上司の評価は影響が大きいので、親密度を高め現場視察等の対応を確実に行う。
評価は「人」がするので、親しい人、お世話になった人には評価を下げにくい。
信頼関係は一朝一夕にできず、日頃からの地道な努力が必要。

4.自信を持ったものづくり

品質管理、安全管理を徹底し、妥協しない精神で工事を進め、「最高のモノを提供する」という気持ちは自ずと相手に伝わる。

5.客先の指示前に先取り実行

指示されたら+αの対応をしていれば、不足があっても評価を下げにくい。客先から一方的な指示では諸事情で対応困難になると、評価を下げる場合がある。

6.主張すべきことは主張する

厳しい要求でも、こちらの考えを意見し、「できないこと」、「しなければならないこと」は、説得する気で粘り強く議論する。その結果、意に反しても受けた限りは、責任逃れしない。

7.一枚岩の組織

現場代理人（所長）を中心に職員、作業員が同意見であること。
トップの指示ですべてが動き、トップの判断なしに変更しない。発注者は組織の判断を確認できる。意見統一がないと信頼を得にくい。

8.地元の評価を得る

「人」は周囲が評価している相手には寛容になるため、地元の評判や意見が反映されることもある。地元との交流会には積極的に参画し、発注者にも同席していただき評価を確認してもらう。

9.対外的な発表・投稿

積極的に発注者と連名で対応することで、現場の技術評価が高いことを認識してもらえる上、担当者の評価も上がる。

まとめ

発注者が高い評定を与えるのは、また一緒に仕事がしたいと思うかを示す証。
品質、安全の不具合、書類の不備はもちろんだが、出来栄えが良くてもコミュニケーション不足では高い評定につながらない。
さまざまな問題に直面しても、発注者と一緒に解決するために苦難を乗り越えた気持ちが評価に現れる。