

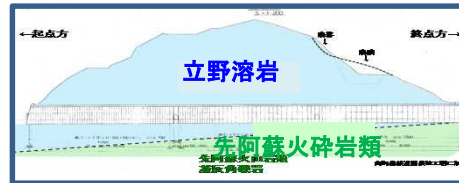
南阿蘇鉄道の鉄道施設災害復旧調査参考資料

1. 調査結果

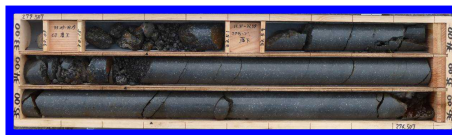
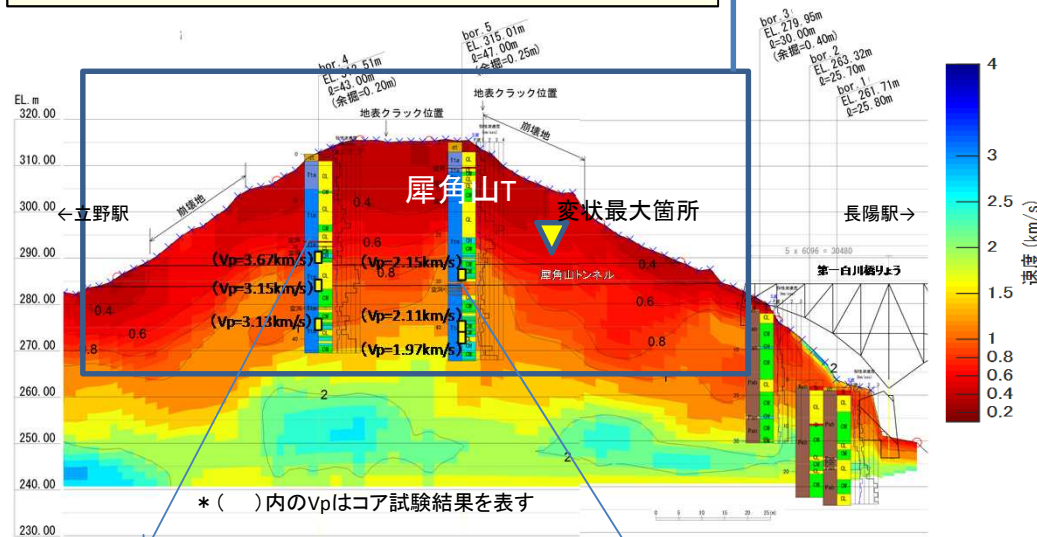
1-1. 犀角山トンネル(全長125m)

(1) 犀角山トンネル及び周辺の地質、地盤

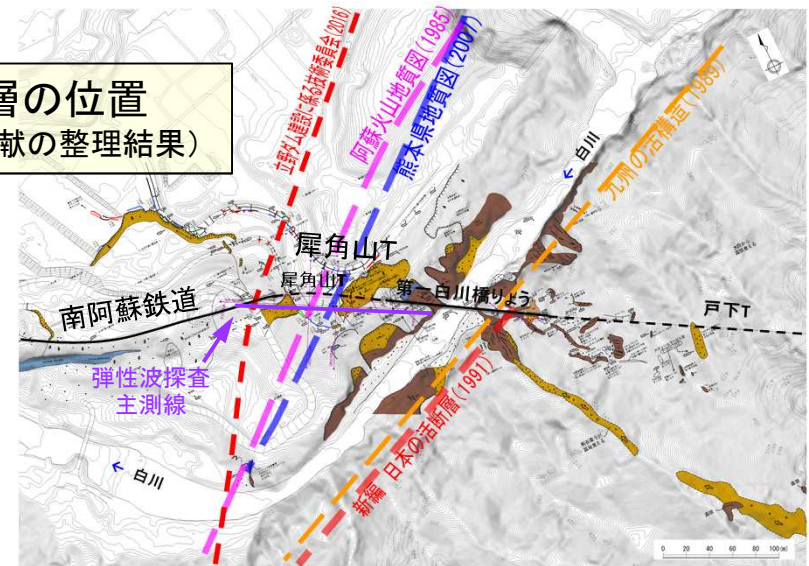
想定地質
縦断図



弾性波探査の結果とボーリング結果



断層の位置
(既往文献の整理結果)



- ①トンネル底盤付近までは立野溶岩(安山岩)、その下に先阿蘇火砕岩類の主に凝灰角礫岩が分布する。
- ②立野溶岩は岩塊としては比較的硬固であるが、割れ目や空隙が多く、地山としての弾性波速度は低い ($V_p < 1.0 \text{ km/s}$)。
- ③犀角山周辺には北北東-南南西に伸長する断層が研究機関などで推定されている。
- ④ボーリング孔での計測、岩石試験と比べて、弾性波探査で得られた速度が総じて低い。



- 溶岩冷却時の割れ目や断層運動の影響によると思われる割れ目が多く分布していることから、弾性波探査ではトンネルが位置する深さより上方の地山で、低い弾性波速度が得られたと考えられる。
- 開口した割れ目が多く分布し、工学的には脆弱な地山である。

(2)トンネルの変状

○ トンネル変状展開図

- トンネルの内壁のひび割れや剥落等の変状を示したトンネルの展開図

凡例

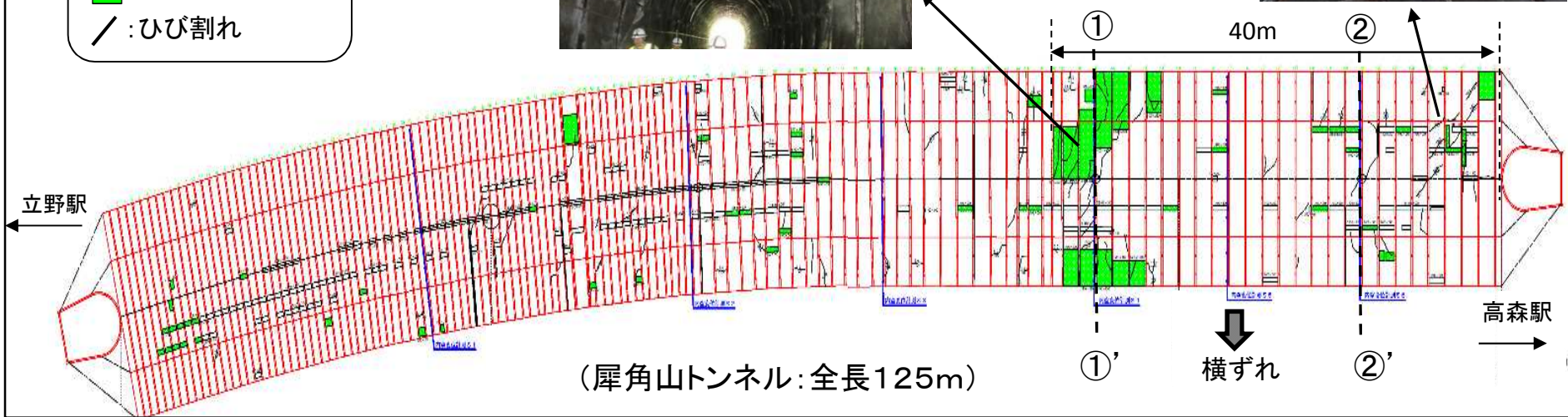
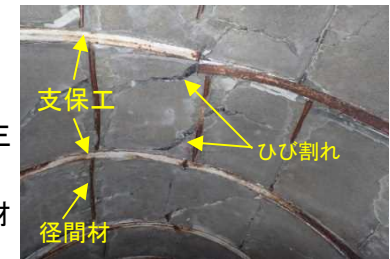
- : 顕著な剥落・うき
- : ひび割れ

①-①' 断面部



- 横ずれ等に伴いトンネル壁面の剥落やひび割れが発生
- ※径間材: 支保工を連結するための鋼材

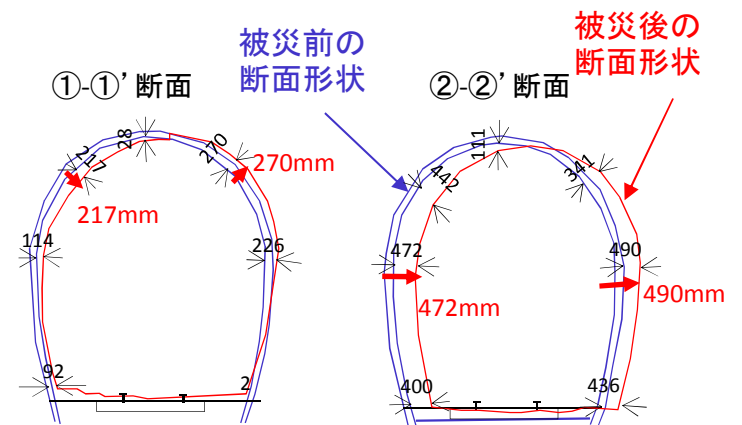
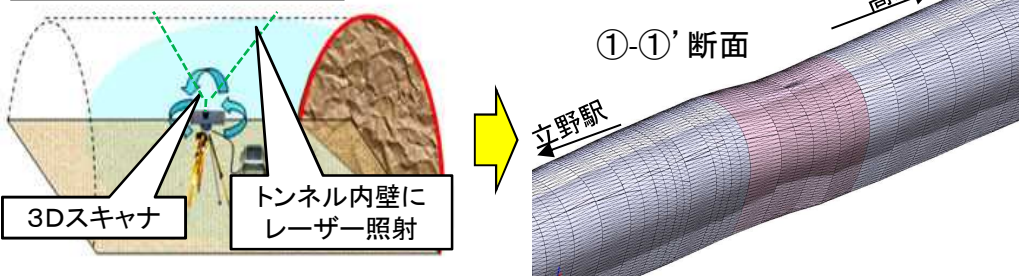
トンネル出口部(高森側)



○ トンネル内壁の変位計測(3Dスキャナー)

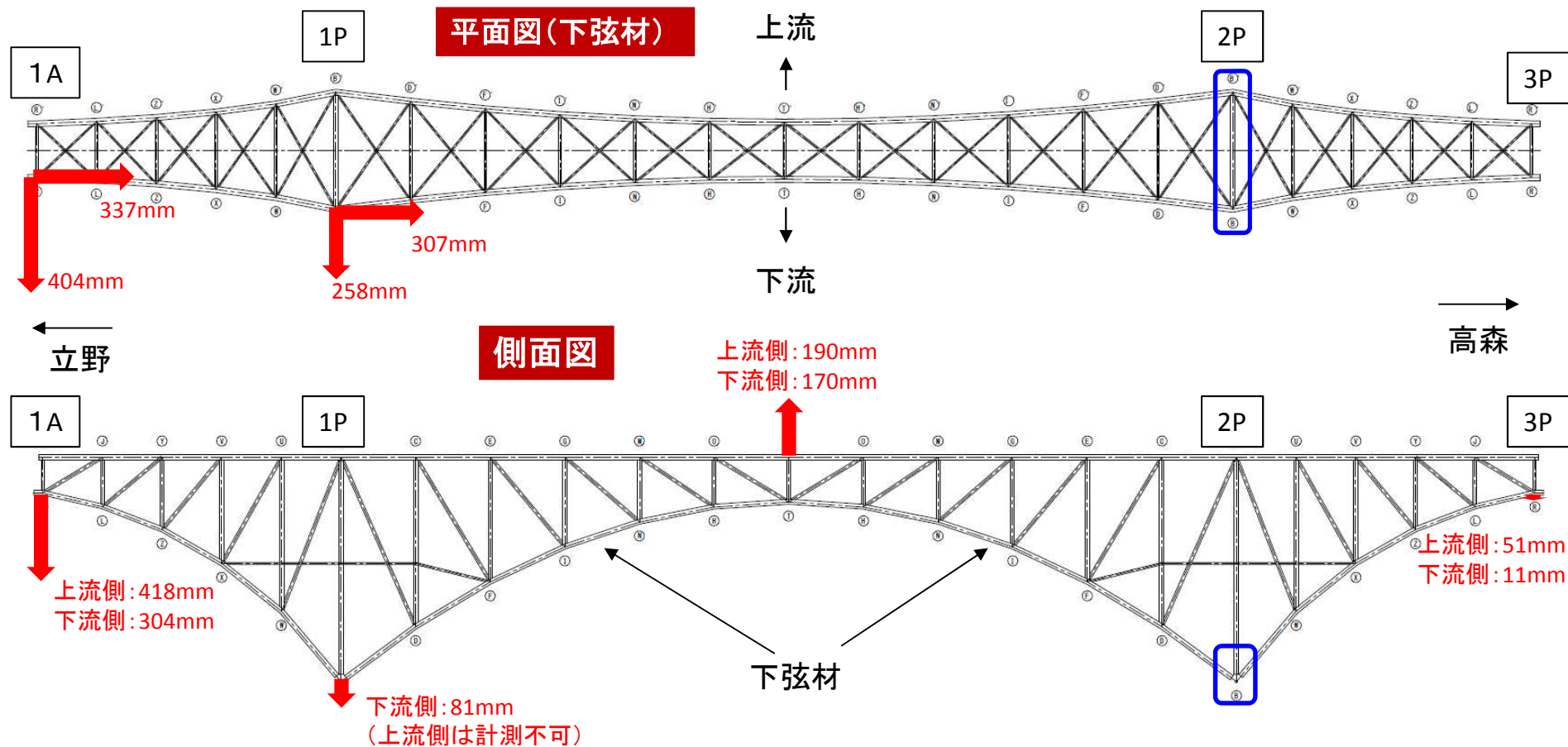
- 3Dスキャナーを用いてトンネル内壁に生じた変位を全長にわたり計測した結果、トンネル出口(高森側)側の約40m区間に横ずれが発生していた。

トンネル内壁の変位調査



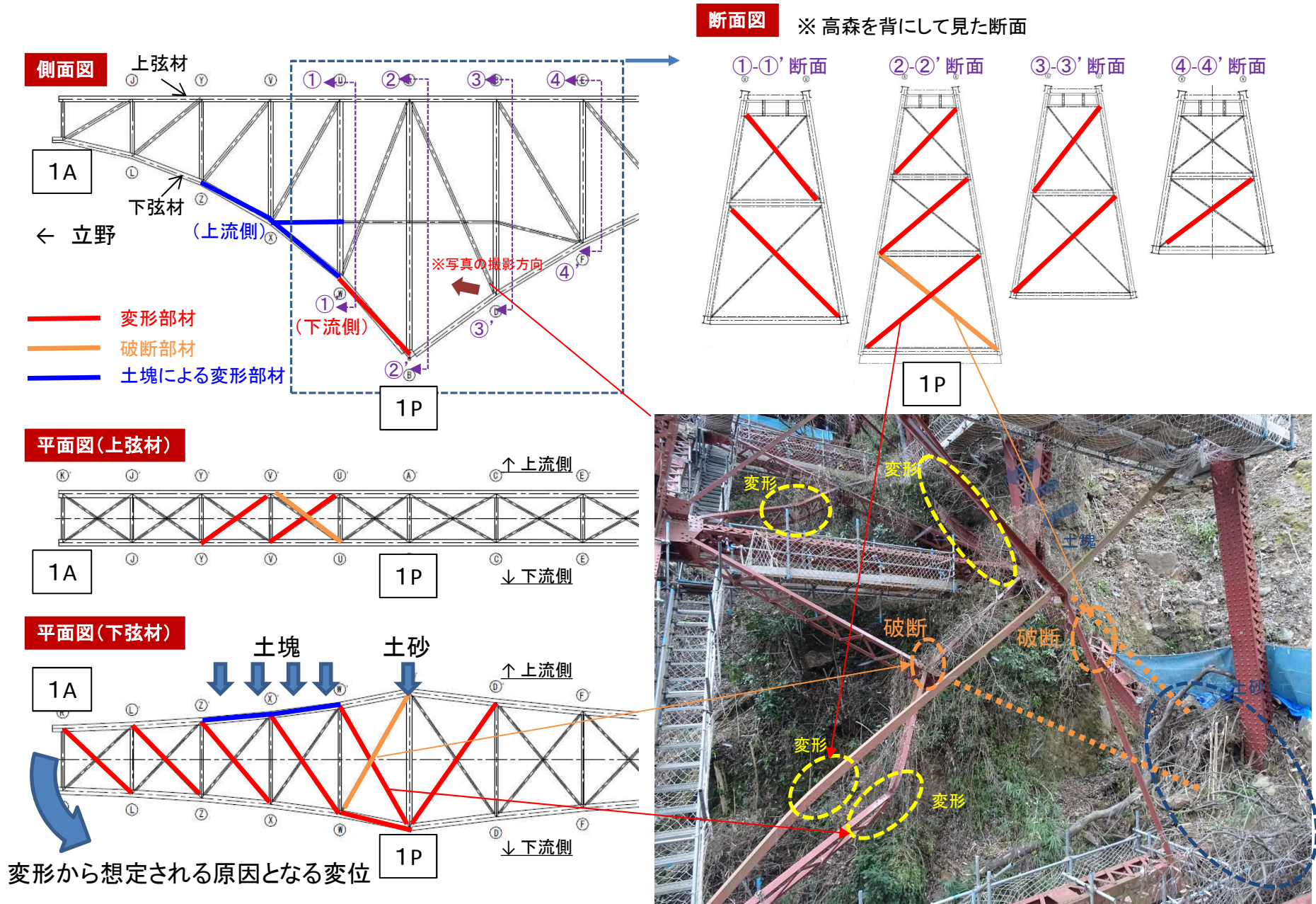
1-2. 第一白川橋りょう

(1) 橋台、橋脚及び橋りょう中央部の変位

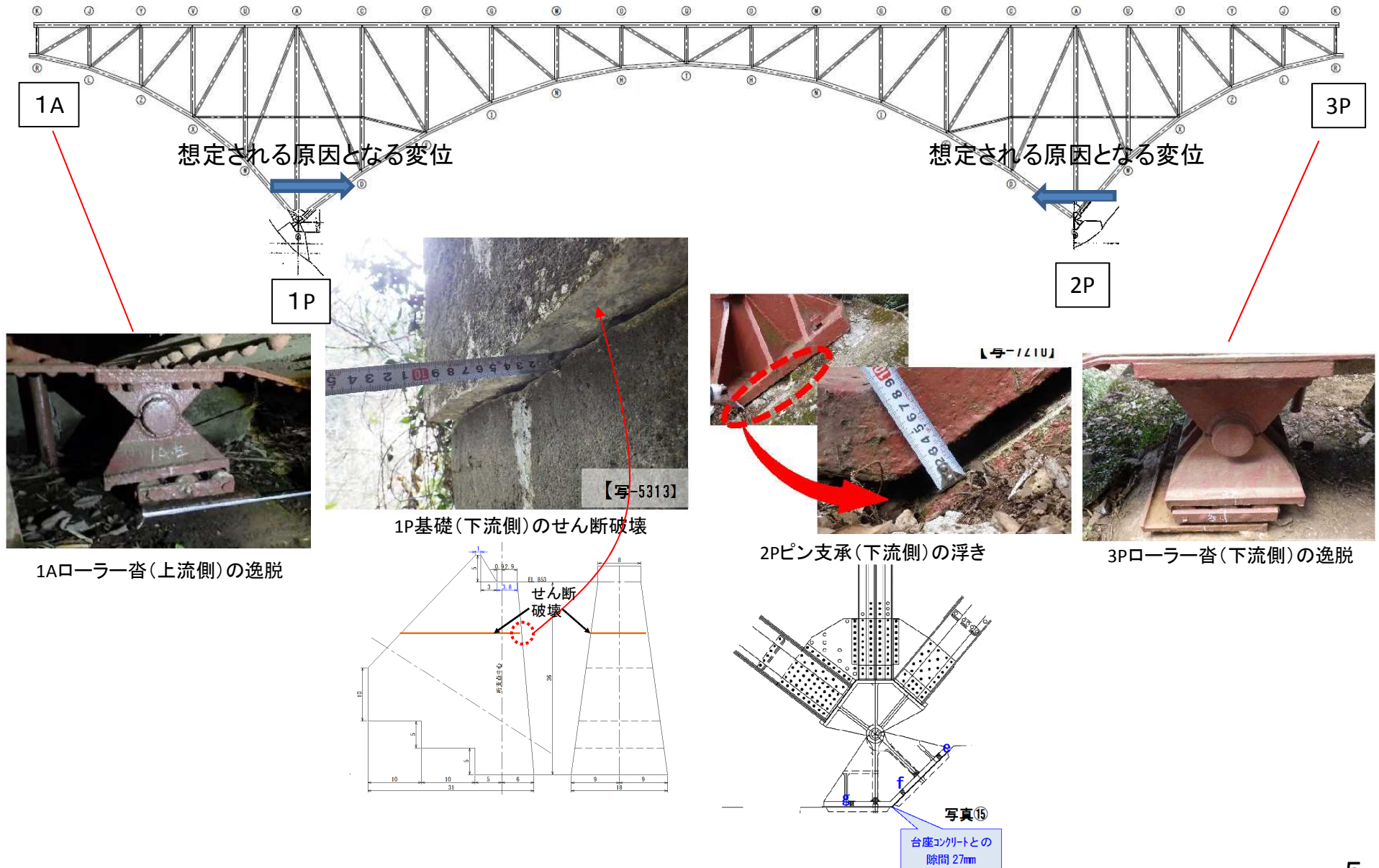


※ 絶対変位が不明なため、
2Pを基準点とし、設計図面からの変化分として相対変位を求めた。

(2) 部材の損傷状況

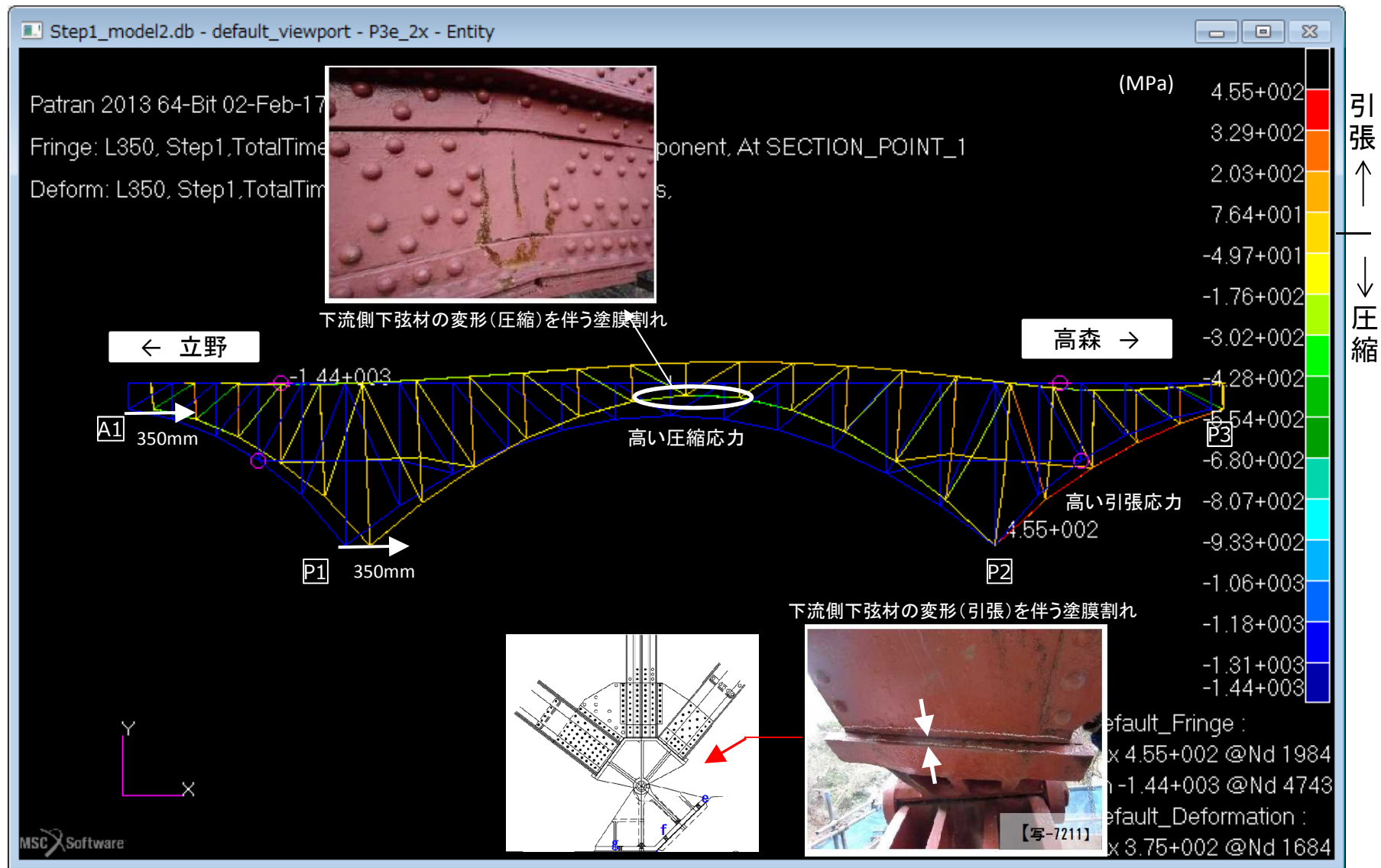


(3) 目視調査結果 支点部や基礎の損傷



(4)有限要素法(FEM)による応力解析

支点間(1P-2P)の距離が縮まったことに伴い各部材に生じる応力を求めたところ、次のようになった。

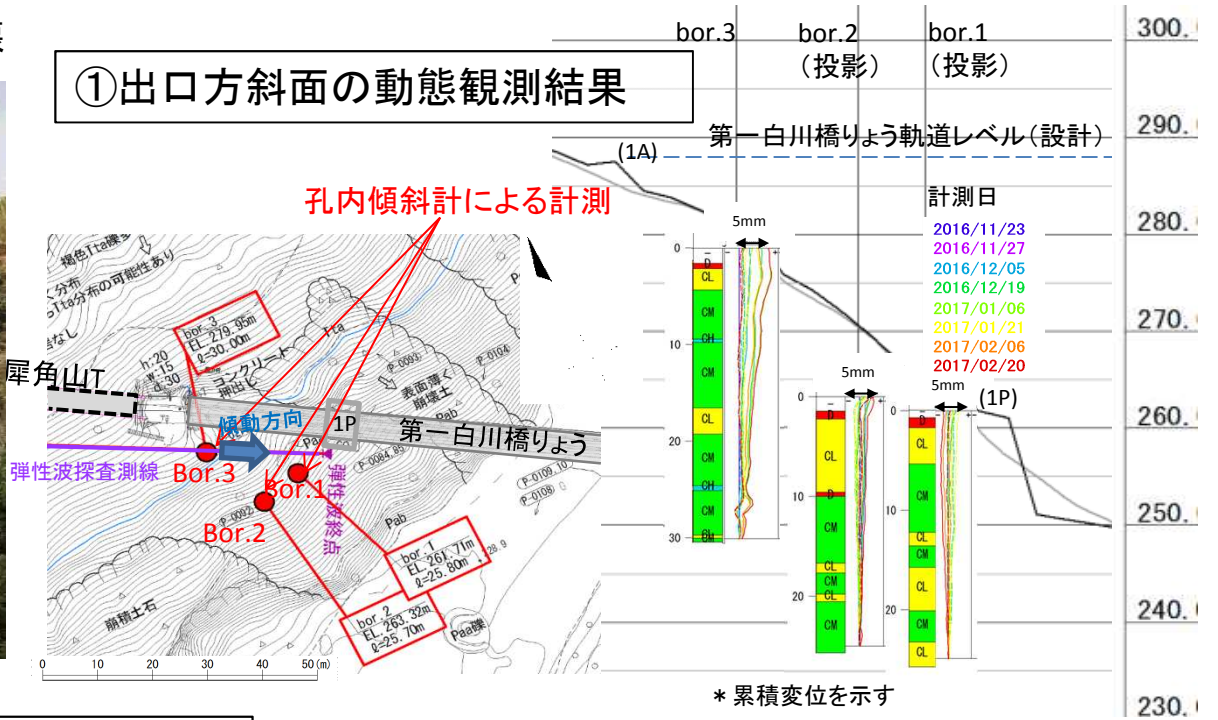


(5) 第一白川橋りょう周辺の地質、地盤

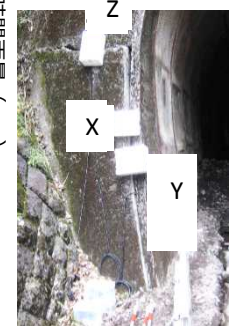
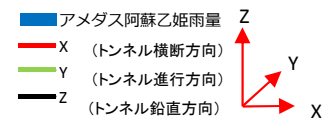
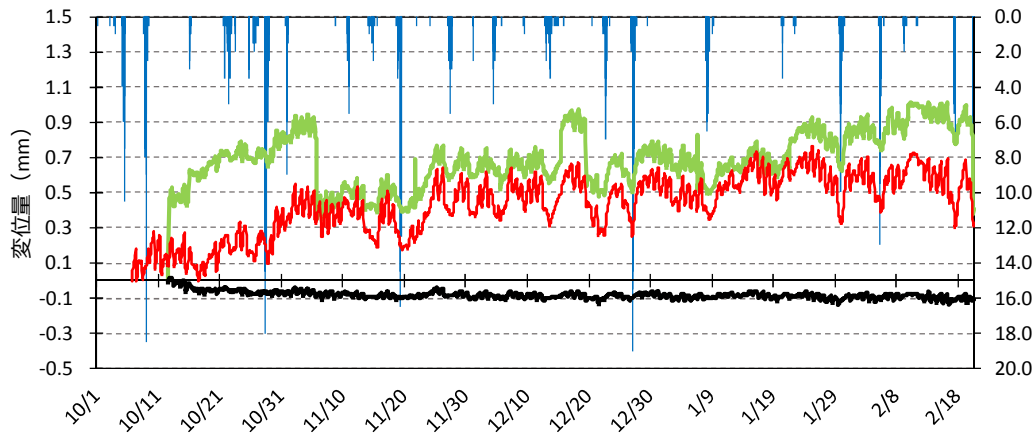
犀角山トンネル出口方(高森側)斜面の崩壊



① 出口方斜面の動態観測結果



② トンネル出口方坑門のひび割れ幅計測結果

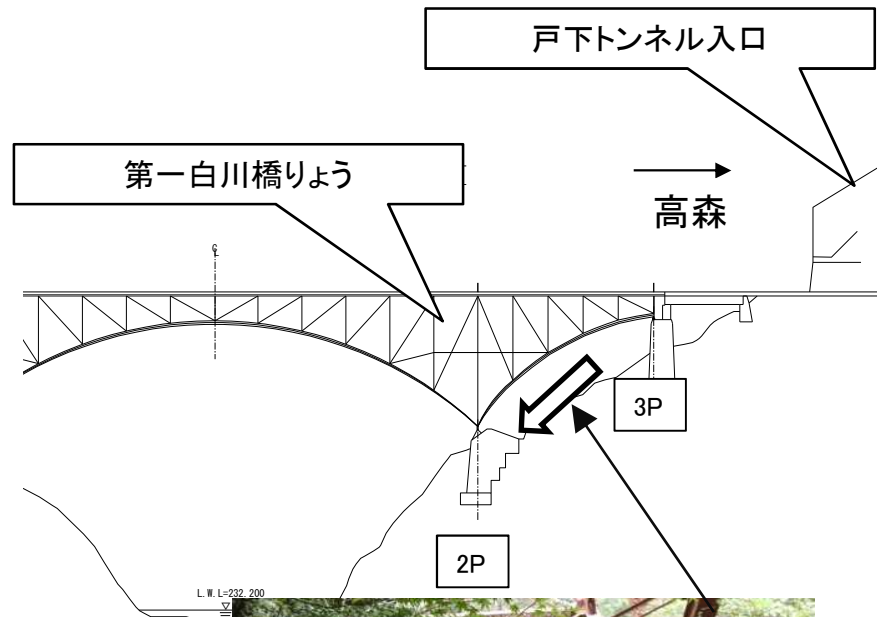


坑門左側

○白川右岸の軌道レベルより下方の斜面には割れ目が多く入った先阿蘇火山岩類が分布する。
○孔内傾斜計bor.3で川側(高森側)へやや変位する傾向が認められる。
○犀角山T出口坑門のクラック計測でも川側(トンネル進行方向)に変位する傾向が認められる。
●斜面の動態について継続的に計測する必要がある。

1-3. 戸下トンネル入口側斜面の状況

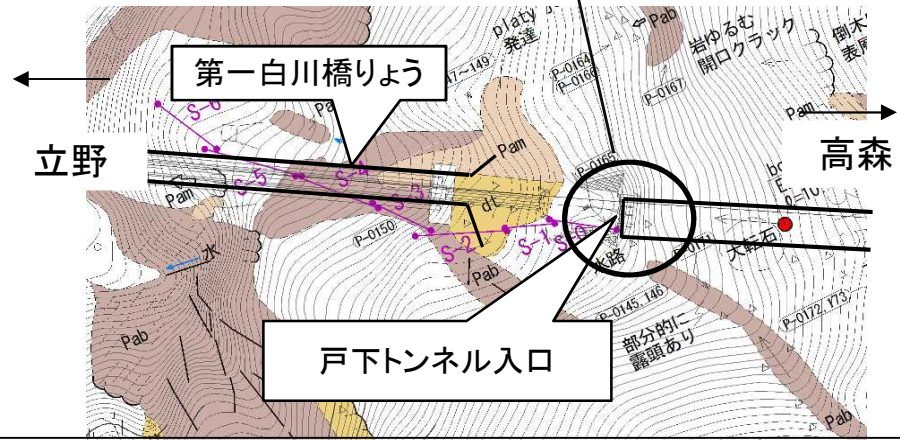
○ 調査結果



・ 戸下トンネル入口から見た第一白川橋りょう2P橋脚付近の流水状況



・ 入口(立野側)斜面の被災状況(落石止め柵の倒壊など)



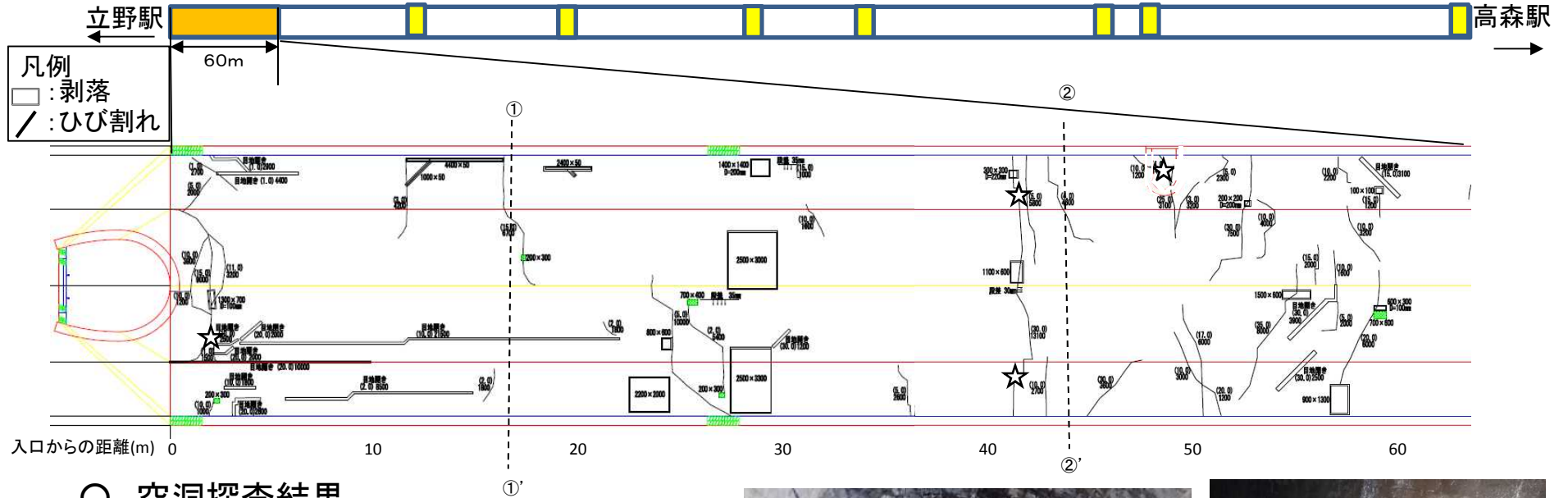
- ① 地表詳細踏査の結果、上部の沢から鉄道敷や橋脚基礎周辺への落石や土砂流入の可能性が非常に高いことが分かった。
- ② 流水により、橋脚基礎周辺の洗掘が進行している。



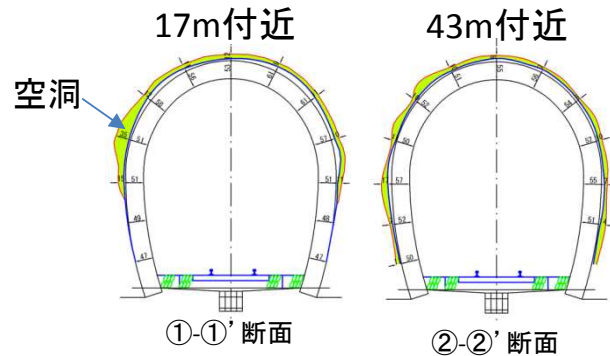
- ・ 坑口斜面の防災対策が必要不可欠である。
- ・ 橋脚基礎周辺の洗掘防止措置が必要である。

1-4. 戸下トンネル (全長904m)

○ トンネル変状展開図



○ 空洞探査結果



入口から0-120mの範囲で空洞探査を実施した結果、巻厚は設計通りであったが背面空洞が確認された。

損傷状況

- ・ 入口から40m付近: 内壁のはらみ出し、大きな輪切り状のひび割れ
- ・ ひび割れ、剥落
- ・ 全長: 排水不良、路盤湛水



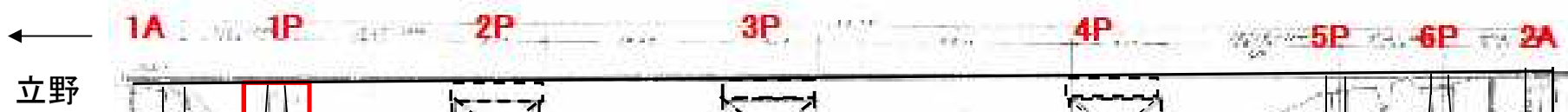
内壁押し出し、輪切り状のひび割れ、剥落



1-5. 立野橋りょう

○ 部分的な補修が必要な被害

→ 高森



1P橋脚: 全周ひび割れ

補修方法: 鋼板巻き立て

2P橋脚基部: アンカー破断

補修方法: 基礎コンクリートを拡幅した上で、橋脚部材を固定するためのブラケットを取り付け、新たにコンクリートブロックアンカーを設置する。

3P橋脚・4P橋脚: ひび割れ、ブロックの浮き

※4P左側基礎の写真

補修方法: 鋼板による補修

1-6. 石積み擁壁

○ 被害状況

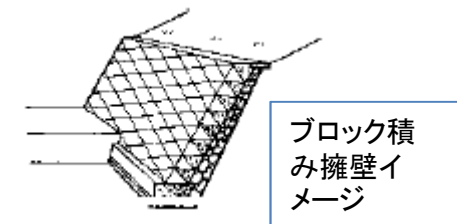
立野駅構内の石積み擁壁



○ 復旧方法

対策: 撤去および地山の整形⇒ブロック積み擁壁に再構築

犀角山トンネル入口(立野側)右側の石積み擁壁



出典: 中部地方整備局HPより

1-7. 長陽駅～中松駅間(5.8km)

○ 損傷状況

- ・ 盛土変状: 2箇所
- ・ 落石(斜面崩落): 1箇所
- ・ 護岸崩壊: 1箇所
- ・ 橋台側壁損傷: 1箇所
- ・ 軌道変状: 10箇所
- ・ その他軽微な変状: 5箇所

計: 20箇所

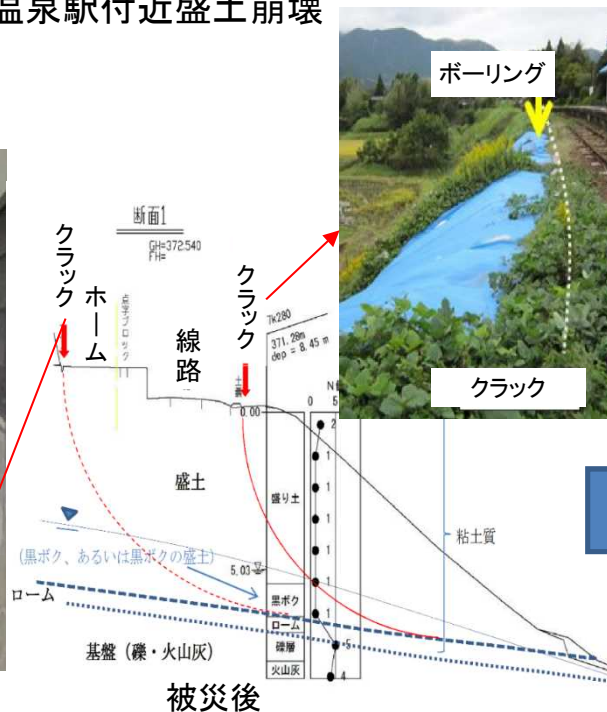
○ 6k320m付近 落石(岩斜面崩落)



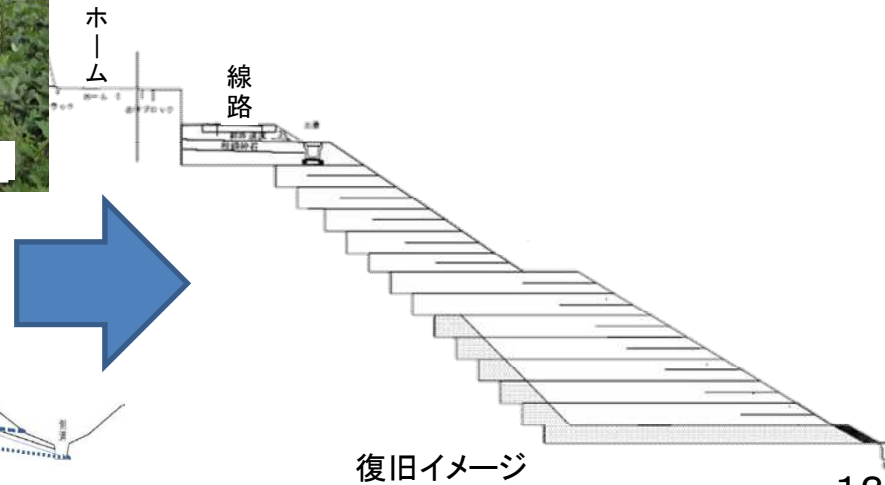
○ 6k250m付近 軌道変状(陥没)



○ 阿蘇下田城ふれあい温泉駅付近盛土崩壊

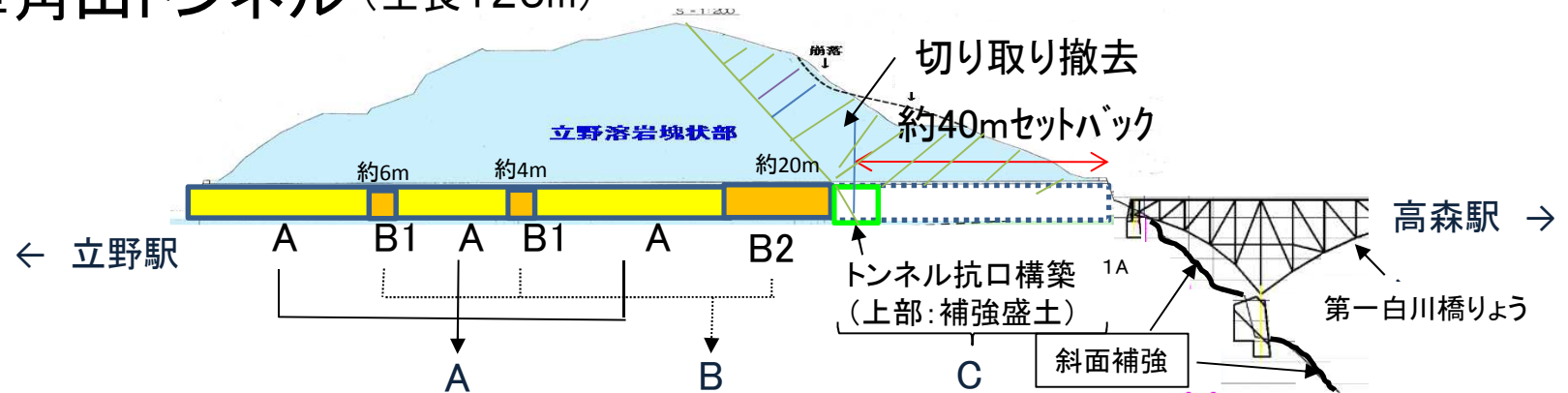


- 復旧の基本的な考え方
現盛土を撤去し、良質土で安定勾配により再構築



2. 復旧方法

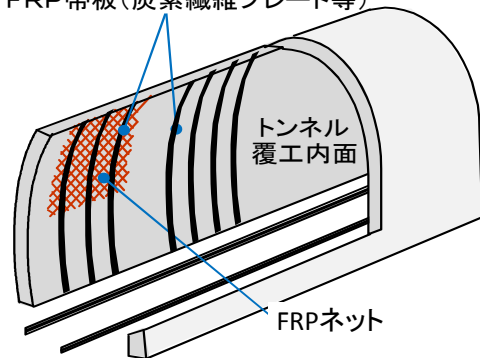
2-1. 犀角山トンネル (全長125m)



A 剥落対策 (約55m間)

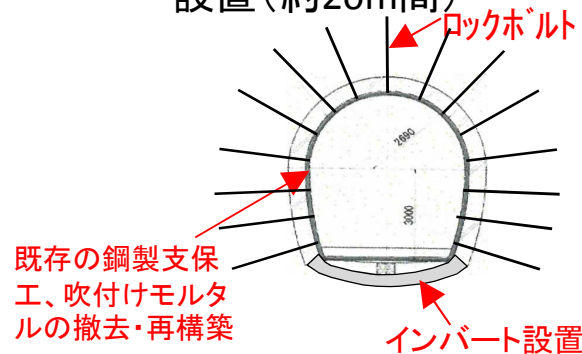
- ・浮き上がったコンクリートの叩き落とし
- ・ひび割れにモルタル等注入
- ・FRP帯板 (炭素繊維プレート) やFRPネットの敷設

FRP帯板 (炭素繊維プレート等)



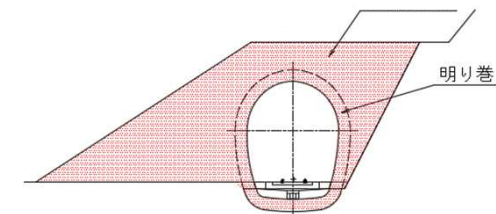
B 覆工補強 (約30m)

- B1 既存の鋼製支保工や吹きつけモルタル撤去・再構築、ロックボルト打設、裏込注入 (背面地山亀裂充填) (約10m間)
- B2 B1の補強に加えインバート設置 (約20m間)

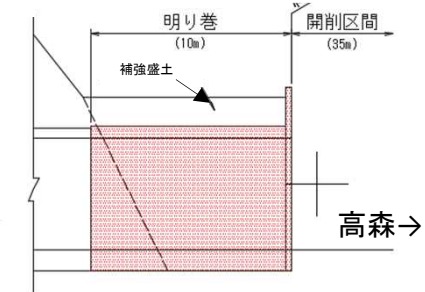


C 高森方約40m区間の切り取り撤去 (セットバック)、新たな抗口の構築、斜面補強

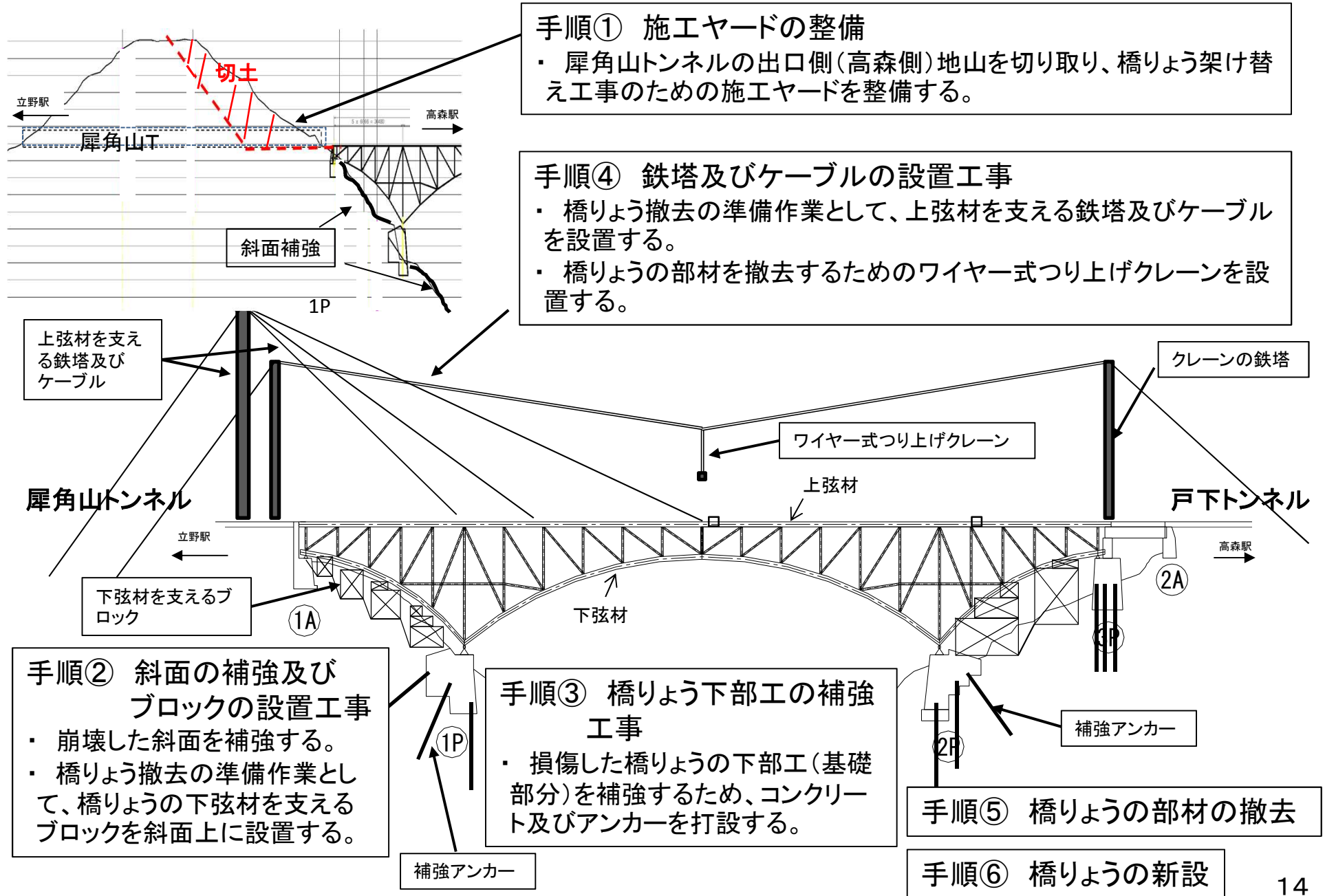
正面図 (高森側からみて) 補強盛土



側面図



2-2. 第一白川橋りょう (全長:166m)



手順① 施工ヤードの整備
 ・ 犀角山トンネルの出口側(高森側)地山を切り取り、橋りょう架け替え工事のための施工ヤードを整備する。

手順④ 鉄塔及びケーブルの設置工事
 ・ 橋りょう撤去の準備作業として、上弦材を支える鉄塔及びケーブルを設置する。
 ・ 橋りょうの部材を撤去するためのワイヤー式つり上げクレーンを設置する。

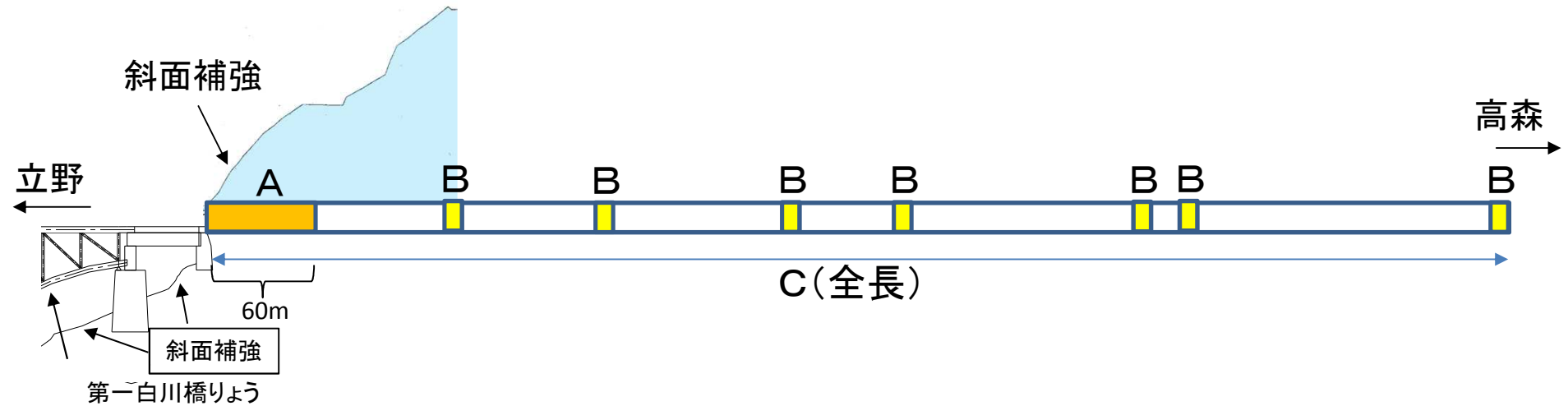
手順② 斜面の補強及びブロックの設置工事
 ・ 崩壊した斜面を補強する。
 ・ 橋りょう撤去の準備作業として、橋りょうの下弦材を支えるブロックを斜面上に設置する。

手順③ 橋りょう下部工の補強工事
 ・ 損傷した橋りょうの下部工(基礎部分)を補強するため、コンクリート及びアンカーを打設する。

手順⑤ 橋りょうの部材の撤去

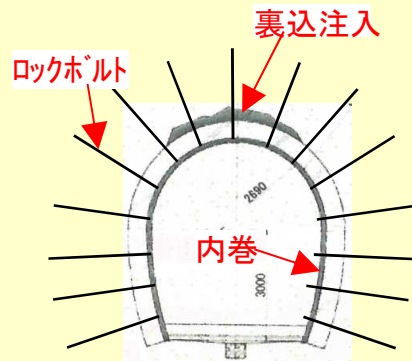
手順⑥ 橋りょうの新設

2-3. 戸下トンネル坑内 (全長: 904m)



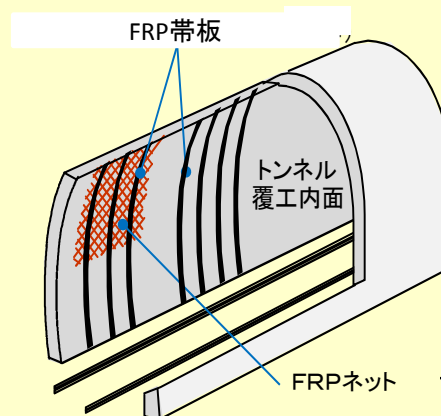
A 覆工補強(入口(立野側) ~60mの区間)

内巻(鋼製支保工、吹付けモルタル)、ロックボルト、裏込注入



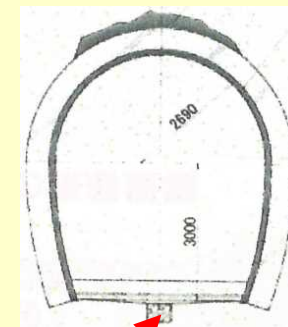
B 剥落対策(約60m)

- ・浮き上がったコンクリートの叩き落とし
- ・ひび割れにモルタル等注入
- ・FRP帯板(炭素繊維プレート)やFRPネットの敷設



C 排水溝改良(全長)

中央排水溝撤去、再構築
道床交換、軌道敷設



中央排水溝 撤去・再構築