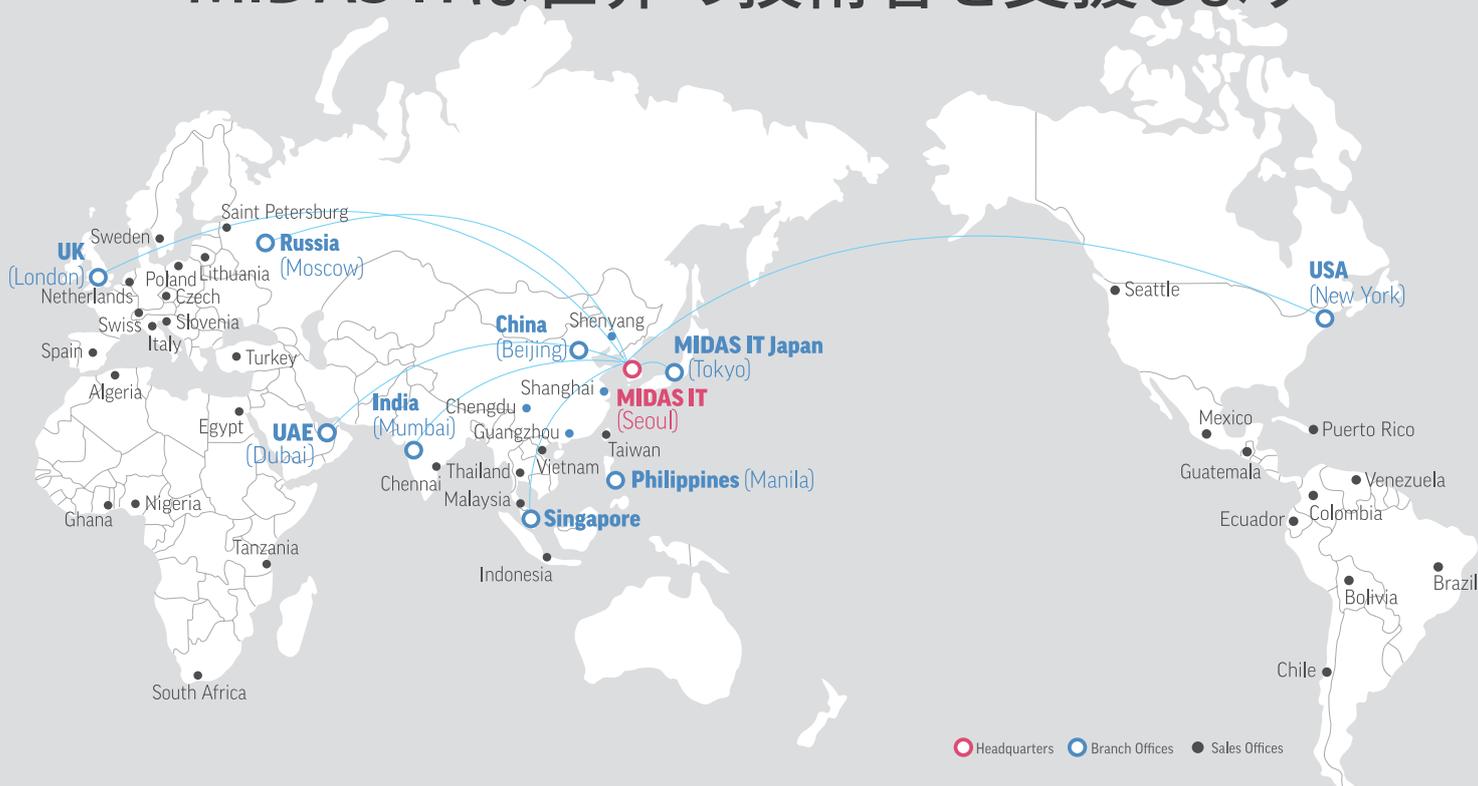


2017
The 3rd
MIDAS
CONSTRUCTION
SEMINAR

Global Leader in Providing Engineering Solutions & Services

MIDAS ITは世界の技術者を支援します



世界 構造解析分野市場占有率1位(midas Gen/iGen)
韓国 建築分野/土木分野/地盤分野CAEソフト占有率1位
中国 土木/地盤構造解析分野市場占有率1位 (midas Civil, midas GTS)

建設業界	No.1	現地法人	9
海外代理店	35	使用国	110

About MIDAS IT

MIDAS ITは、工学技術用ソフトウェア開発および普及、そして構造分野のエンジニアリングサービスとウェブビジネス統合ソリューションを提供する会社です。

2000年9月に設立、現在は約600名のグローバル専門技術者が在籍し、日本、アメリカ、中国、インド、ロシア、イギリス、ドバイ、シンガポール、フィリピンの現地法人や35ヶ国の代理店など、全世界ネットワークを通し、110ヶ国に工学技術用ソフトウェアを販売する世界的な企業として成長しました。

また、技術者の皆様の技術力向上のために各分野別に技術講座を実施しており、今後もこのような技術講座を定期的に開催していきたいと考えております。

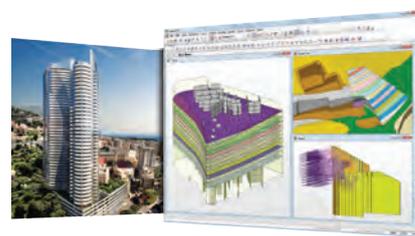
このようなセミナーには是非ともご参加頂けますようお願い申し上げます。



Dubai Tower



Palazzo Versace & D1 Tower



Odeon Tower

2017 The 3rd MIDAS Construction Seminar

SESSION 1. 事例紹介

03-26

GTS NX 3次元モデリング / 解析事例紹介

マイダスイティジャパン
建設技術部 廣瀬 栄樹

SESSION 2. 技術講座

27-113

斜面・トンネル 事故と対応

一般財団法人 地域地盤環境研究所 代表理事
京都大学 名誉教授
足立 紀尚 先生

2017 The 3rd MIDAS Construction Seminar

GTS NX 3次元モデリング / 解析事例紹介

マイダスアイティジャパン
建設技術部 廣瀬 栄樹

2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

—
GTS NX 3次元モデリング/解析例紹介
-製品デモンストレーションを交えて-



2017
MIDAS
The 3rd
CONSTRUCTION
SEMINAR

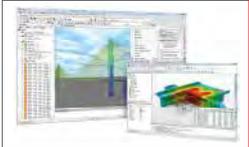
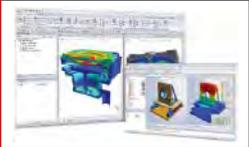
AGENDA

- 01 MIDAS製品群の紹介
- 02 GTS NXの紹介 - デモを交えて

MIDAS製品群の紹介

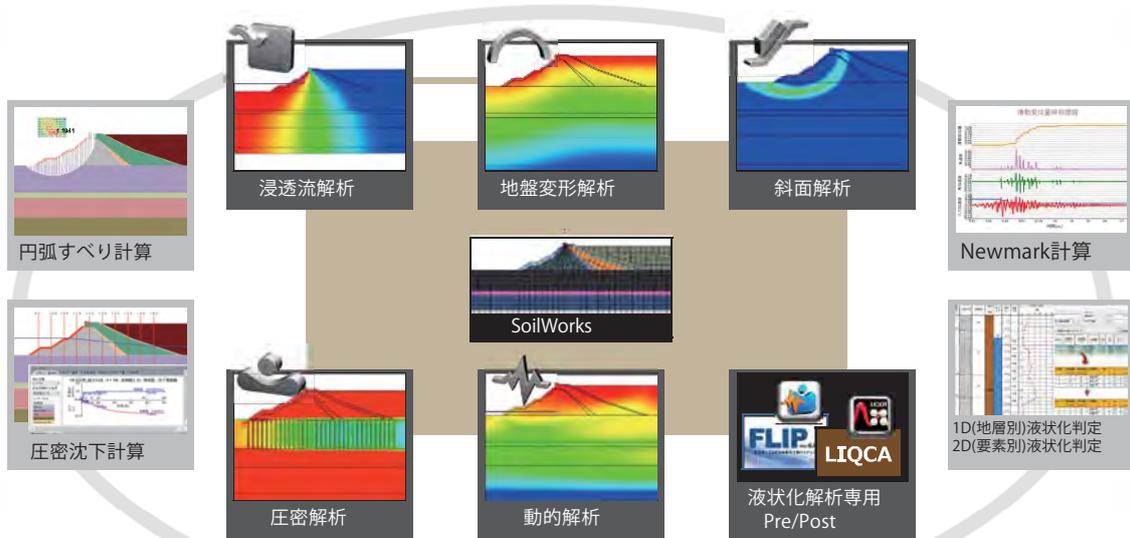
MIDAS Family Programs MIDAS 製品紹介

MIDAS Family Program は
最先端CAE(Computer Aided Engineering) ソリューションです。

建築 Building Engineering	土木 Bridge Engineering	地盤 Geotechnical Engineering	機械 Mechanical Engineering
			
<p>midasiGen 建築分野の 汎用構造解析および 許容応力度計算</p> <p>midas eGen 保有耐力自動計算+構造計画/ 設計最適化システム CAD 基盤モデリング</p> <p>midasDrawing 世界初2次元情報CADプログラム 構造図自動生成</p>	<p>midasCivil 土木分野の 汎用構造解析および 最適設計システム</p> <p>midasFEA 建設分野の 非線形解析および 詳細解析システム</p>	<p>SoilWorks 2次元地盤汎用解析/設計 プログラム</p> <p>SoilWorks for FLIP 液状化解析プログラム FLIP用のプリ・ポスト</p> <p>SoilWorks for LIQCA 液状化解析プログラム LIQCA用のプリ・ポスト</p> <p>GTSNX 2次-3次元地盤汎用解析 プログラム</p> <p>SOLIFLUXPE 河川堤防の液状化 対策設計ソリューション</p>	<p>midasNFX 機械分野の 汎用構造解析システム</p> <p>midasFX+ 有限要素解析汎用の プリ・ポスト処理プログラム</p>

SoilWorks シリーズ

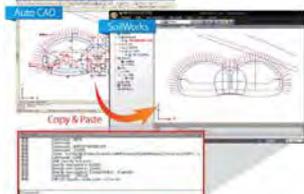
SoilWorks 2次元汎用地盤解析プログラム



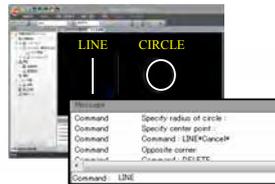
2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

• CAD機能：AutoCADと同じコマンドを使った形状作成

• Auto CADからCopy & Paste

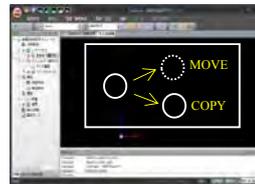


• Auto CAD同様のコマンド入力



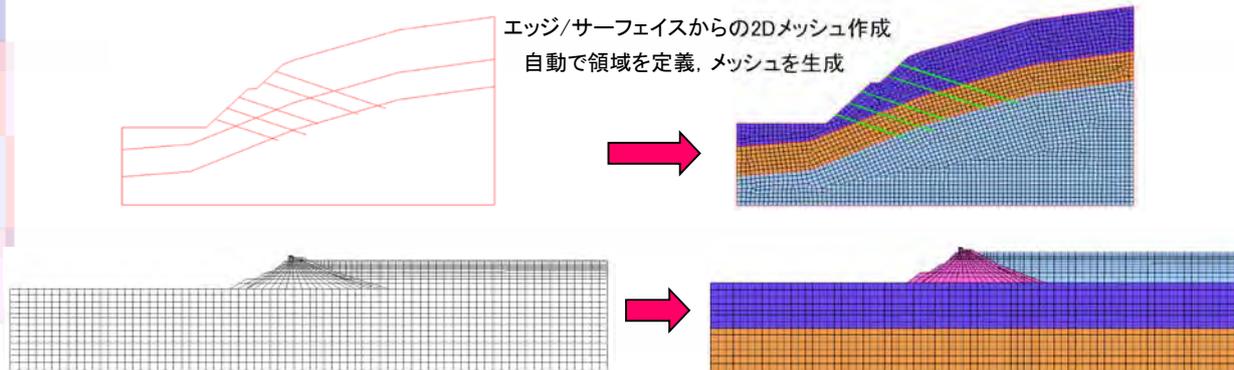
“line”コマンドで、直線作成
“circle”コマンドで、円作成

• Auto CAD同様の簡単な形状修正



“move”コマンドで、形状移動
“copy”コマンドで、形状コピー

• オートメッシュ

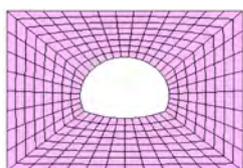


エッジ/サーフェイスからの2Dメッシュ作成
自動で領域を定義、メッシュを生成

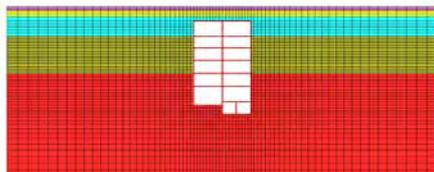
AutoCADで作成した複雑な2次元モデルに対して「ワンクリック」でメッシュ生成

2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

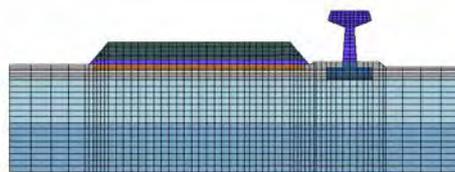
• マップドメッシュ



等分割数で分割

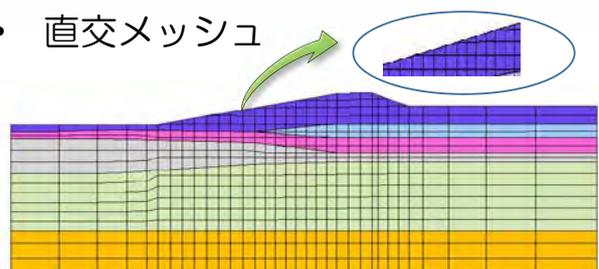


規則性のある四辺形メッシュを生成

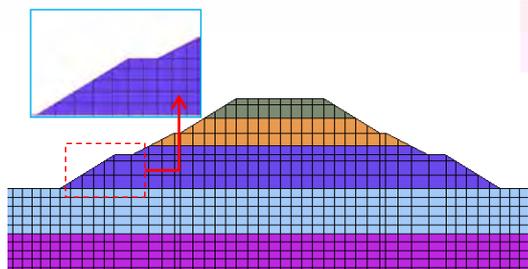


節点を共有して複数領域にメッシュ生成

• 直交メッシュ



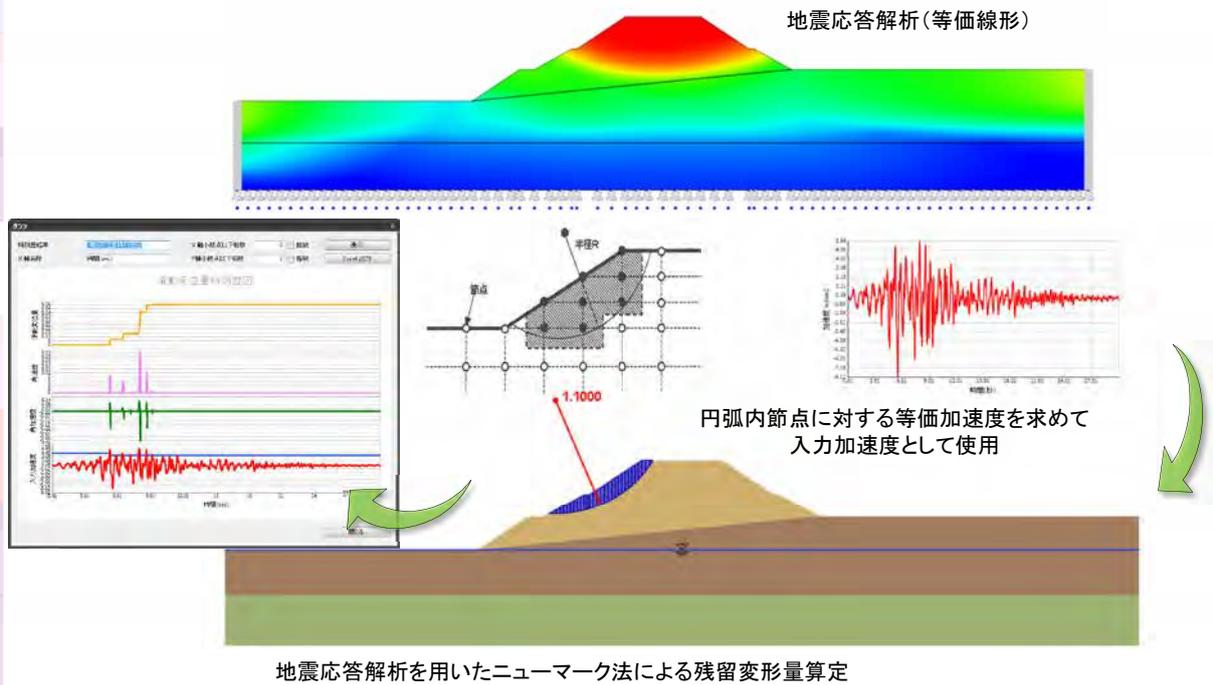
線で囲まれる領域を選択するだけで、格子状のメッシュを自動生成



斜面地盤をモデリングする時に主に使用

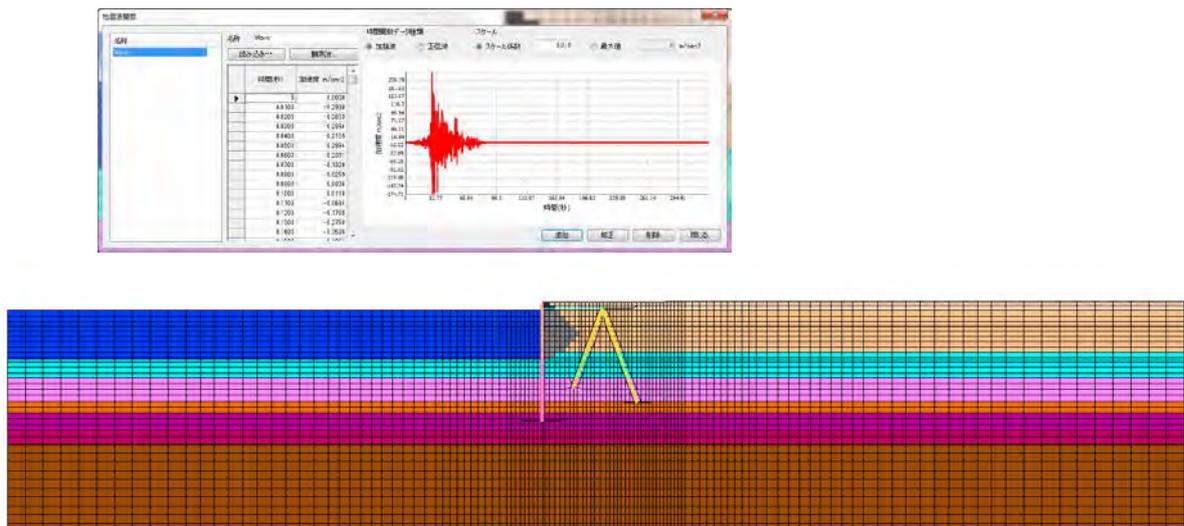
2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

ニューマーク法を用いた計算例

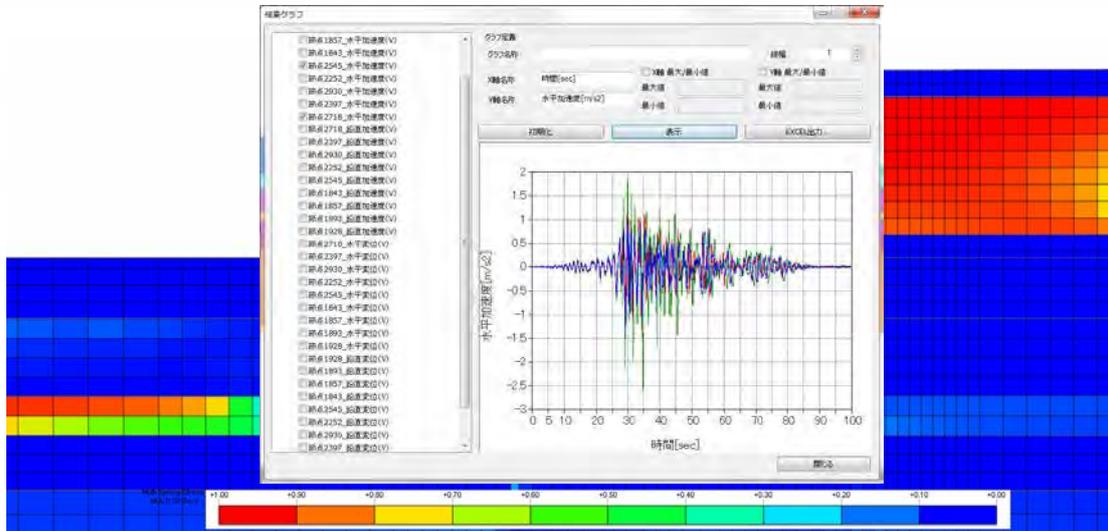


2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

SoilWorks for FLIPを用いたモデリング/解析例

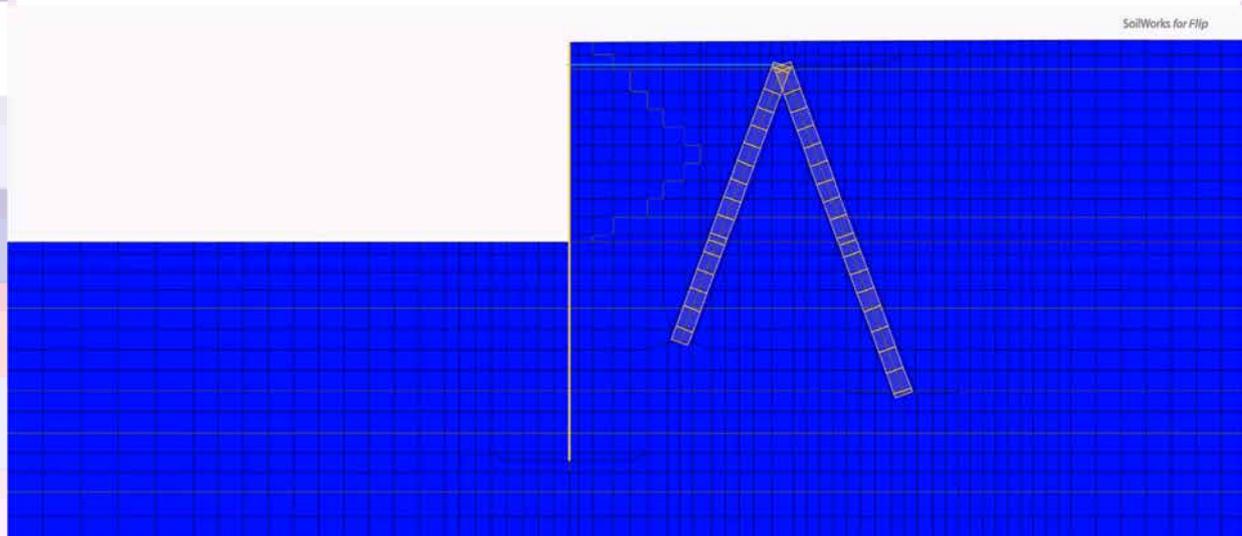


SoilWorks for FLIPを用いたモデリング/解析例



残留変形/過剰間隙水圧比コンター

SoilWorks for FLIPを用いたモデリング/解析例

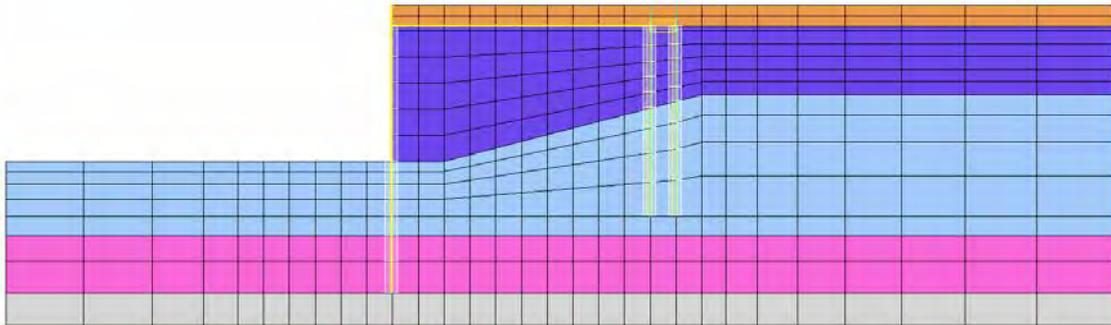
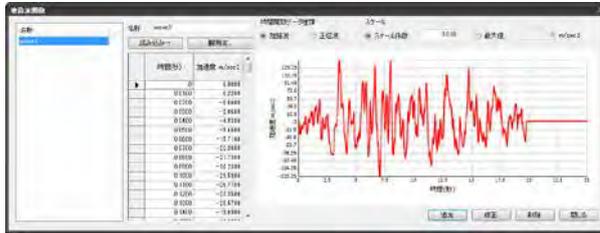


過剰間隙水圧比コンター+変形図アニメーション

2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

SoilWorks for LIQCAを用いたモデリング/解析例

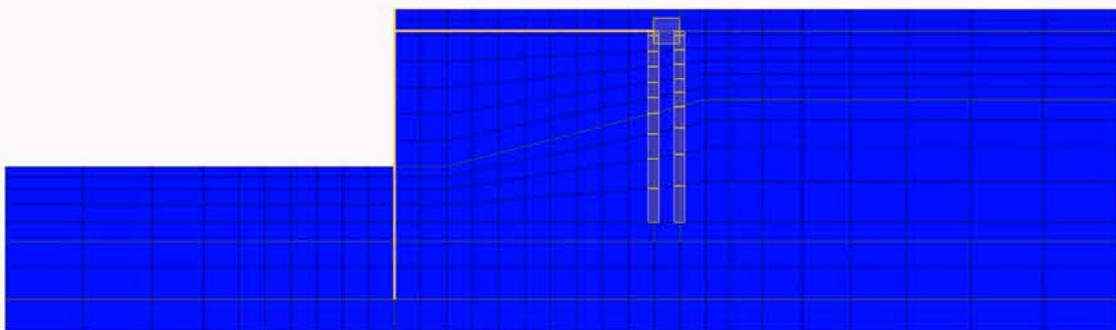
- 矢板モデルを用いた例



2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

SoilWorks for LIQCAを用いたモデリング/解析例

- 矢板モデルを用いた例

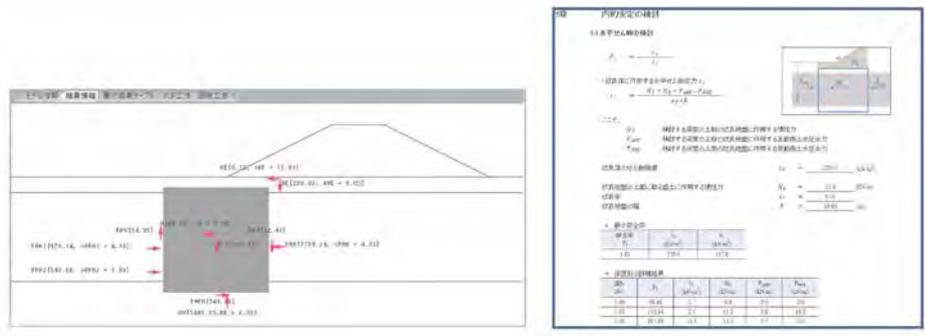


過剰間隙水圧比コンター + 変形図アニメーション

SOL IFLUK PE

SOL IFLUK PE

「河川堤防の液状化対策の手引き」 平成28年3月に準拠した液状化対策工の諸元設定ツール
 - ” 締め固め工法/固結工法/鋼部材工法” - に対応



※プログラム開発中であるため内容については変更される場合があります。

2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

面に対してドラッグ&ドロップで地盤物性の割り当てができます。

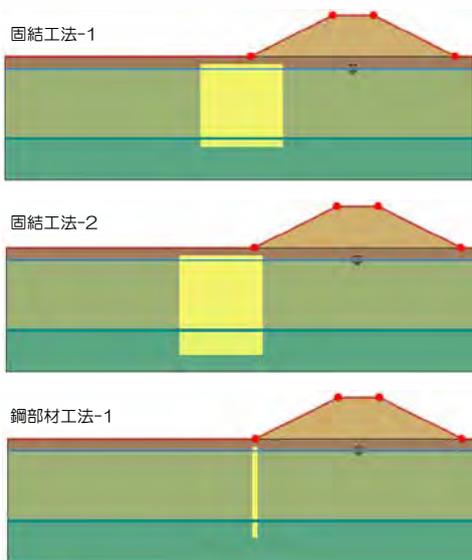
モデル領域指定で形状に関する面、地層線等のデータを一括で設定します。

Model Area Dialog Box Settings:

- 地表線の指定: 線の選択 [10]
- 水位線の指定: 線の選択 [1]
- 支持層線の指定: 線の選択 [1]
- 堤防領域:
 - 天端(川表): 30,000 m
 - 天端(川裏): 25,000 m
 - 法尻(川表): 40,000 m
 - 法尻(川裏): 15,000 m
- 面の自動生成:

2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

- 対策工の工法・種類、改良計画、諸元をパラメータとした解析
 - 単一工法に対して、改良範囲、諸元をパラメータとした設計
 - 複数工法(締固め、固結、鋼部材)をパラメータとした設計
 - 設計の要約結果で、全設計ケースに対する安全率結果を一括表示



対策工法・改良範囲のパラメータ設定

Table: 対策工諸元設定の要約結果 (Summary of Countermeasure Parameters)

工法種類	結果種類	検討項目	安全率 F _s				
締固め工法	固結率	外的安全性	0.97	1.37	0.95		
		支持力		1.91	1.14		
		水平移動		1.81	1.94		
固結工法	内的安全性	流出しん鞘		2.87	3.02		
		崩壊せん断		1.21	1.29		
鋼部材使用工法	最大せん断力				1.03	1.81	
	安全率				0.98	1.12	

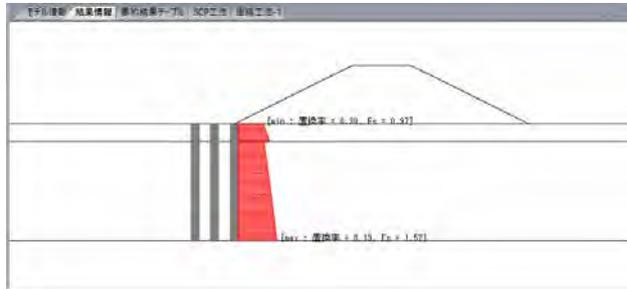
対策工諸元設定の要約結果

Table: 解析ケース別の詳細結果 (Detailed Results by Analysis Case)

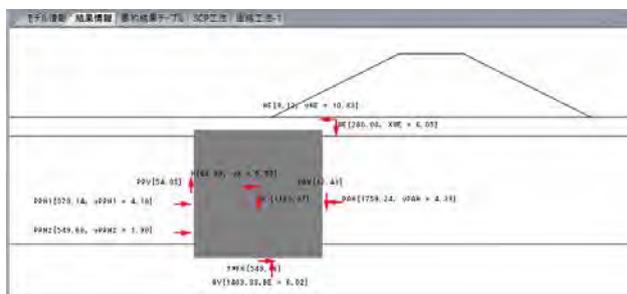
変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位
水平	鉛直	回転	水平	鉛直	回転	水平	鉛直
20.000	100.000	0.000	10.000	50.000	0.000	5.000	25.000

解析ケース別の詳細結果

- 多様な結果出力
 - 安全率のグラフィック表示
 - EXCEL形式の設計計算書を提供



締りめ工法における安全率分布



固結工法における支持力分布

3.2 設計概要

3.2.1 地盤条件の概況

土質	土質	容積率 (%)	1.00
土質	土質	容積率 (%)	1.00
土質	土質	容積率 (%)	1.00
土質	土質	容積率 (%)	1.00
土質	土質	容積率 (%)	1.00
土質	土質	容積率 (%)	1.00

3.2.2 構造条件

3.2.3 地盤条件

土質	土質	容積率 (%)	土質	土質	土質	土質	土質
土質	土質	土質	土質	土質	土質	土質	土質
土質	土質	土質	土質	土質	土質	土質	土質
土質	土質	土質	土質	土質	土質	土質	土質

3.3 設計計算書 (EXCEL形式)

3.3.1 設計概要

3.3.2 設計計算

3.3.3 設計結果

3.3.4 設計結果

3.3.5 設計結果

3.3.6 設計結果

3.3.7 設計結果

3.3.8 設計結果

3.3.9 設計結果

3.3.10 設計結果

3.3.11 設計結果

3.3.12 設計結果

3.3.13 設計結果

3.3.14 設計結果

3.3.15 設計結果

3.3.16 設計結果

3.3.17 設計結果

3.3.18 設計結果

3.3.19 設計結果

3.3.20 設計結果

3.3.21 設計結果

3.3.22 設計結果

3.3.23 設計結果

3.3.24 設計結果

3.3.25 設計結果

3.3.26 設計結果

3.3.27 設計結果

3.3.28 設計結果

3.3.29 設計結果

3.3.30 設計結果

3.3.31 設計結果

3.3.32 設計結果

3.3.33 設計結果

3.3.34 設計結果

3.3.35 設計結果

3.3.36 設計結果

3.3.37 設計結果

3.3.38 設計結果

3.3.39 設計結果

3.3.40 設計結果

3.3.41 設計結果

3.3.42 設計結果

3.3.43 設計結果

3.3.44 設計結果

3.3.45 設計結果

3.3.46 設計結果

3.3.47 設計結果

3.3.48 設計結果

3.3.49 設計結果

3.3.50 設計結果

3.3.51 設計結果

3.3.52 設計結果

3.3.53 設計結果

3.3.54 設計結果

3.3.55 設計結果

3.3.56 設計結果

3.3.57 設計結果

3.3.58 設計結果

3.3.59 設計結果

3.3.60 設計結果

3.3.61 設計結果

3.3.62 設計結果

3.3.63 設計結果

3.3.64 設計結果

3.3.65 設計結果

3.3.66 設計結果

3.3.67 設計結果

3.3.68 設計結果

3.3.69 設計結果

3.3.70 設計結果

3.3.71 設計結果

3.3.72 設計結果

3.3.73 設計結果

3.3.74 設計結果

3.3.75 設計結果

3.3.76 設計結果

3.3.77 設計結果

3.3.78 設計結果

3.3.79 設計結果

3.3.80 設計結果

3.3.81 設計結果

3.3.82 設計結果

3.3.83 設計結果

3.3.84 設計結果

3.3.85 設計結果

3.3.86 設計結果

3.3.87 設計結果

3.3.88 設計結果

3.3.89 設計結果

3.3.90 設計結果

3.3.91 設計結果

3.3.92 設計結果

3.3.93 設計結果

3.3.94 設計結果

3.3.95 設計結果

3.3.96 設計結果

3.3.97 設計結果

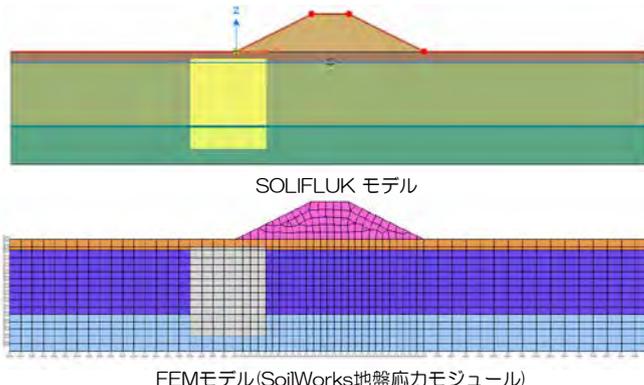
3.3.98 設計結果

3.3.99 設計結果

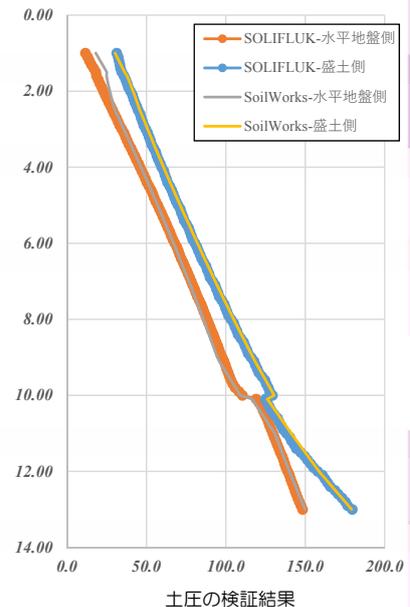
3.3.100 設計結果

- 高精度の計算手法
 - FEM地盤応力解析より土水圧を計算 (固結工法、選択オプション)
 - プログラムの内部で自動的にメッシュを作成し、原地盤状態の地盤応力解析を実施して全応力成分の土圧を算定 対策工の左右側面に作用する土圧を設計計算で使用する土圧に適用
 - FEM解析より鋼部材の変位と応力計算 (鋼部材使用工法)
 - 鋼部材対策工を梁要素、支持端をピン支持、支持層を地盤ばねに自動変換 多様な地盤状況においても正確に鋼部材の変位と応力が計算できる

■ 固結工法においてFEMで土圧を算定した例



※ FEMモデルでは対策工側面位置での正確な土圧を算出するために、対策工の位置を考慮してメッシュ生成

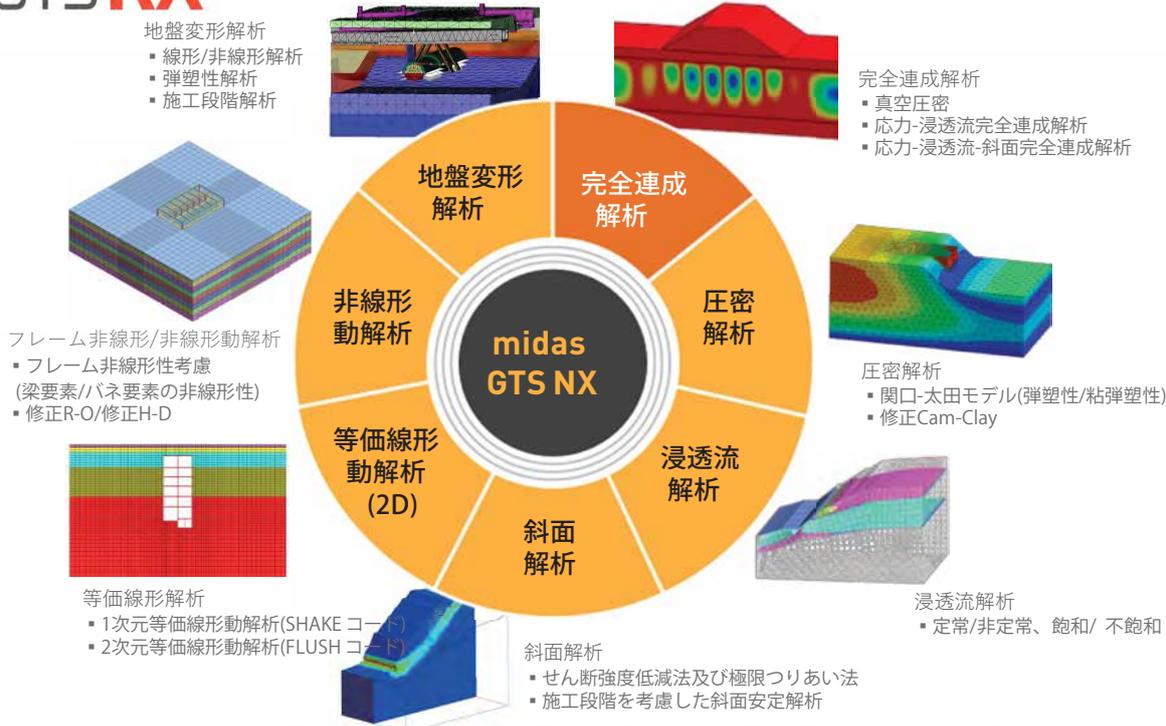


土圧の検証結果

GTS NXの紹介

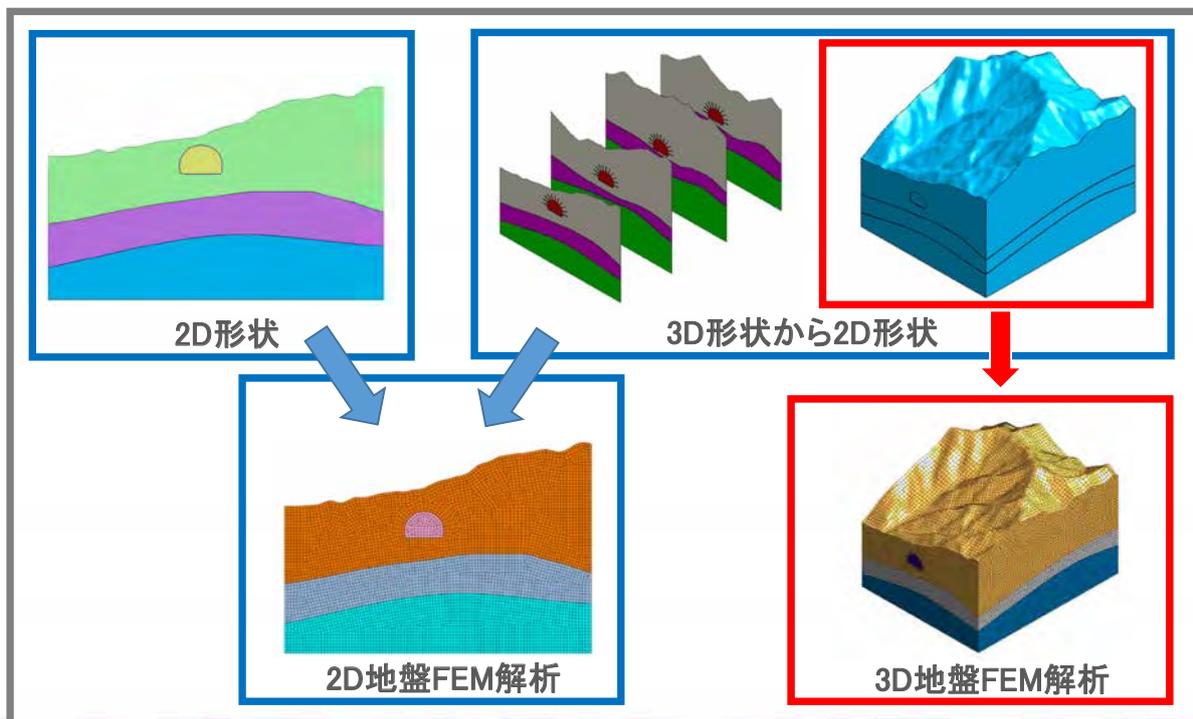
-デモを交えて-

GTS NX New eXperience of Geo-Technical analysis System



解析の次元の選択

次元を意識しないモデリング



ジオメトリモデリング - ジオメトリ演算処理能力の向上

Parasolidカーネルで複雑なソリッドモデリングが可能に！！

The block shows two examples of complex solid modeling. The first example shows a blue structure with a curved top surface being processed. The second example shows a blue structure with a complex, multi-layered internal structure. Below each example is a table comparing GTS NX performance with existing software.

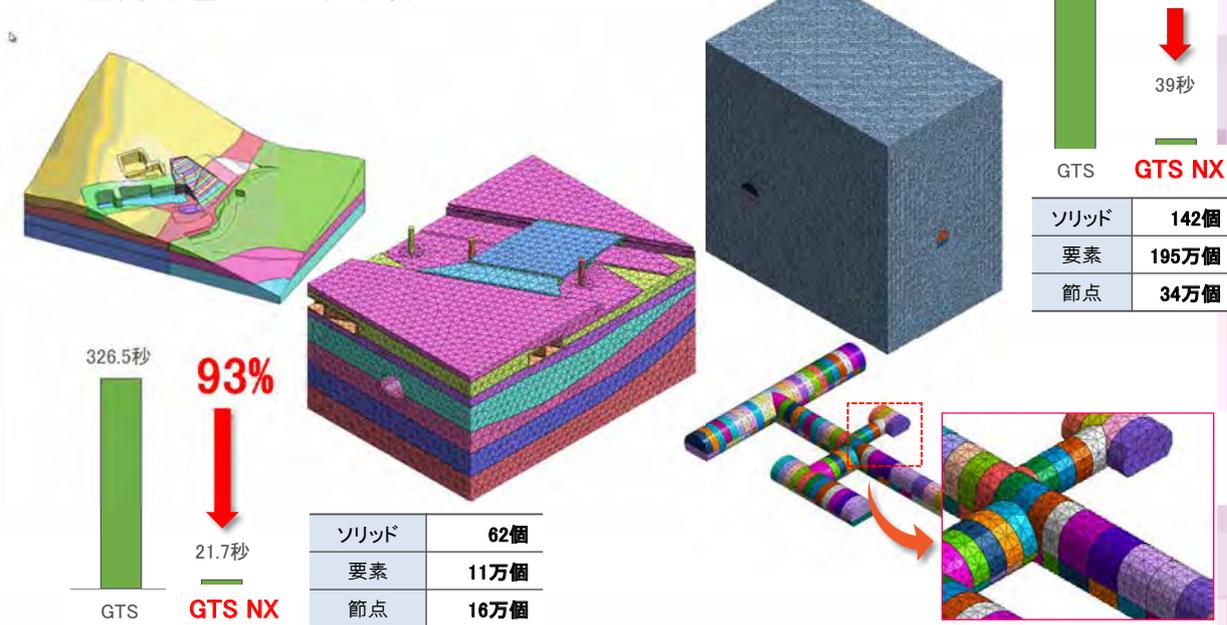
プログラム	形状分割速度
既存	20秒(38個、失敗)
GTS NX	5秒(100%成功)

プログラム	形状分割速度
既存	39秒(5個、失敗)
GTS NX	22秒(100%成功)

プログラム	形状分割速度
既存	89秒(成功)
GTS NX	1秒未満(100%成功)

2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

メッシュモデリング - メッシュ生成の高速化
並列処理+64ビット化



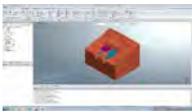
2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

① マップドメッシュ 生成時間比較

区分	従来プログラム	GTS NX
要素サイズ (5m)	<ul style="list-style-type: none"> 所要時間：5.87 SEC モデリング：35,301 節点、32,000 要素 	<p>約 5.8倍 UP</p> <ul style="list-style-type: none"> 所要時間：1 SEC 未満 モデリング：35,301 節点、32,000 要素
要素サイズ (3m)	<ul style="list-style-type: none"> 所要時間：14.32 SEC モデリング：143,344 節点、134,670 要素 	<p>約 4.6倍 UP</p> <ul style="list-style-type: none"> 所要時間：3 SEC 未満 モデリング：143,344 節点、134,670 要素
要素サイズ (2m)	<ul style="list-style-type: none"> 所要時間：71.132 SEC モデリング：520,251 節点、500,000 要素 	<p>約 4.4倍 UP</p> <ul style="list-style-type: none"> 所要時間：16.25 SEC モデリング：520,251 節点、500,000 要素

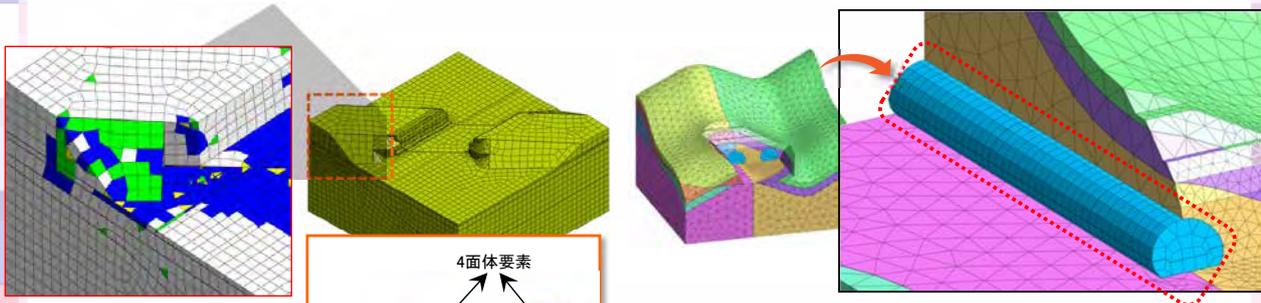
2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

② オートメッシュ 生成時間比較

区分	従来プログラム	GTS NX
要素サイズ (5m)	  <ul style="list-style-type: none"> 所要時間：31.81 SEC モデリング：8,551 節点、42,737 要素 	<p>約 5.2倍 UP</p>   <ul style="list-style-type: none"> 所要時間：6.68 SEC モデリング：8,551 節点、42,737 要素
要素サイズ (3m)	  <ul style="list-style-type: none"> 所要時間：360.29 SEC モデリング：33,774 節点、180,414 要素 	<p>約 30倍 UP</p>   <ul style="list-style-type: none"> 所要時間：12.21 SEC モデリング：33,774 節点、180,414 要素
要素サイズ (2m)	<p>生成不可 (2時間以上経過してもPGが動かない)</p>	  <ul style="list-style-type: none"> 所要時間：26.24 SEC モデリング：107,586 節点、595,589 要素
要素サイズ (1m)	<p>生成不可 (2時間以上経過してもPGが動かない)</p>	  <ul style="list-style-type: none"> 所要時間：285.79 SEC モデリング：817,693 節点、4,700,046 要素

2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

メッシュモデリング - 高品質メッシュ
ハイブリッドメッシュ



6面体 要素

ピラミッド 要素

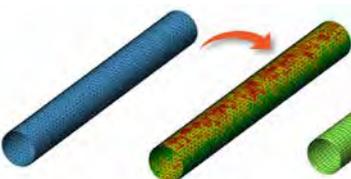
4面体 要素

プリズム 要素

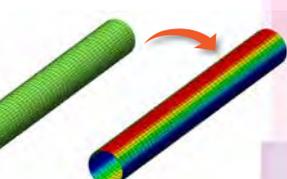
4面体要素

ピラミッド 要素
(6面体-4面体の連結)

6面体要素



4面体メッシュ(3角形表面)



ハイブリッドメッシュ(4角形表面)

※要素座標系の変更なしに構造部材の断面力が確認できる

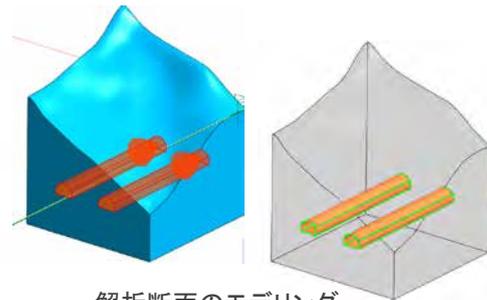
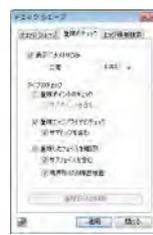
デモンストレーション -解析手順-

29

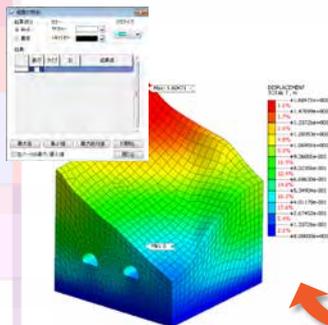
解析作業の流れ



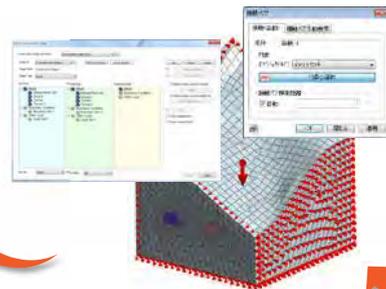
地表面生成



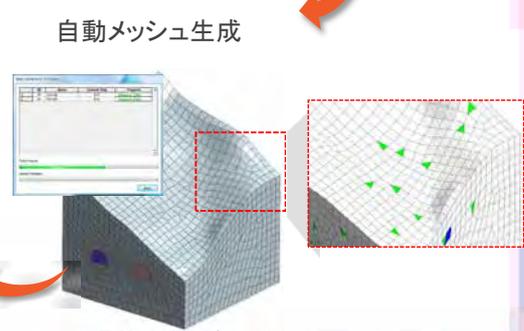
解析断面のモデリング



結果検討



解析条件の定義、解析実行



自動メッシュ生成

高品質のハイブリッドメッシュ生成

30

2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

地表面・地層境界の作成

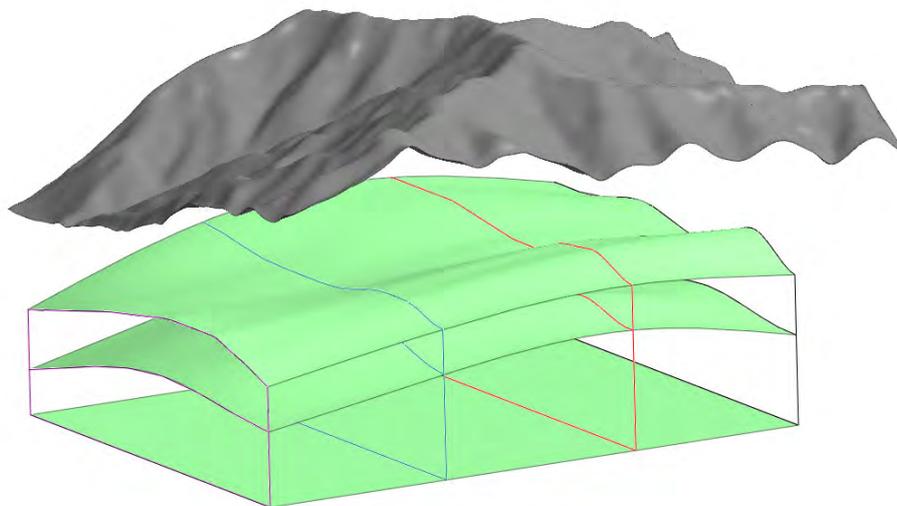
[電子地形図を用いた地表面の生成]

[ボーリング調査の情報を用いた
3次元地層面の自動生成]

Plane Name	Depth (m)
1 Bedding Plane-1	1.6000
2 Bedding Plane-2	5.8000
3 Bedding Plane-3	12.0000
4 Bedding Plane-4	8.8000
5	

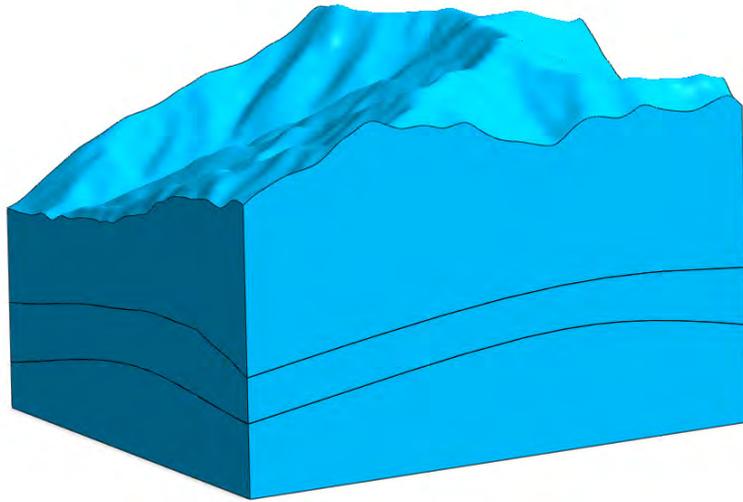
2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

地層境界面の作成



2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

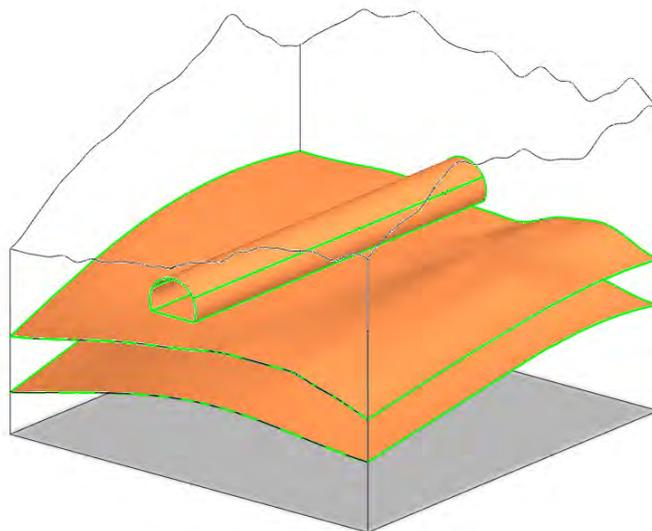
ジオメトリの演算処理



33

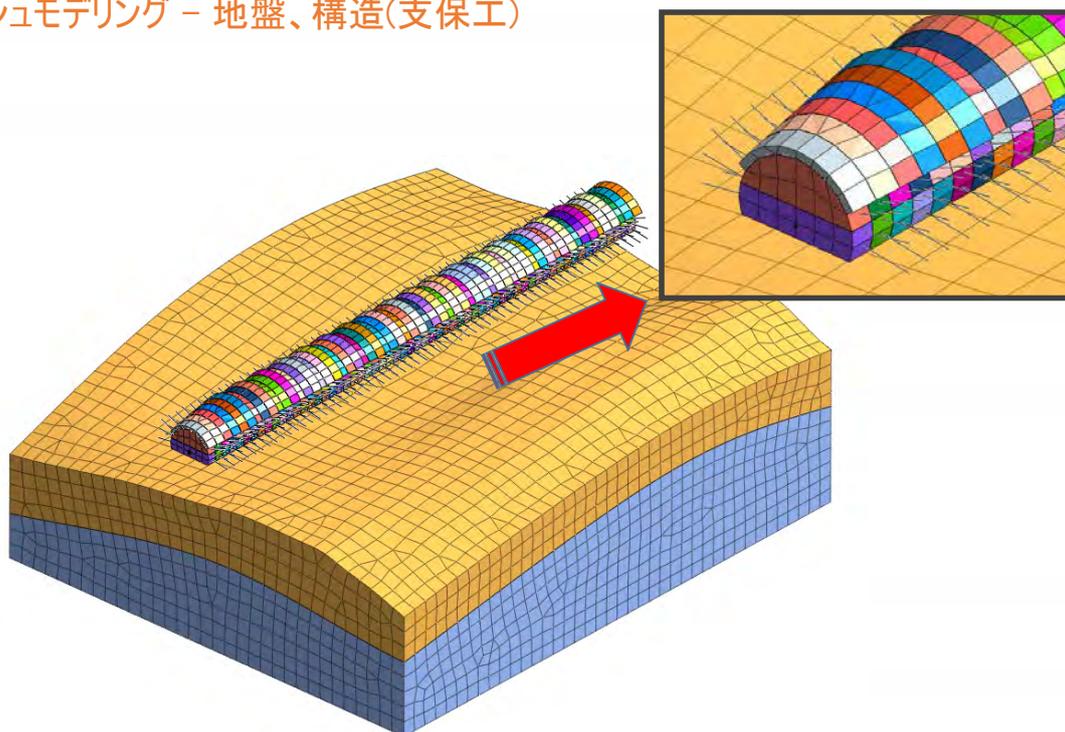
2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

共有面の自動生成

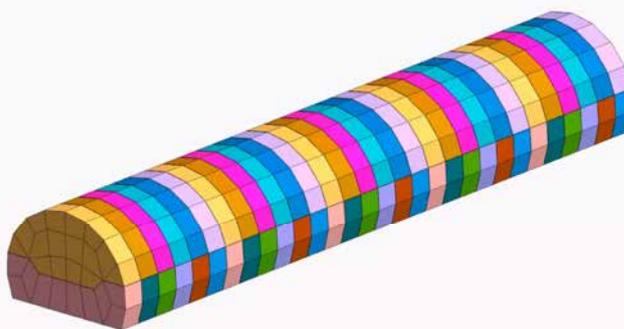
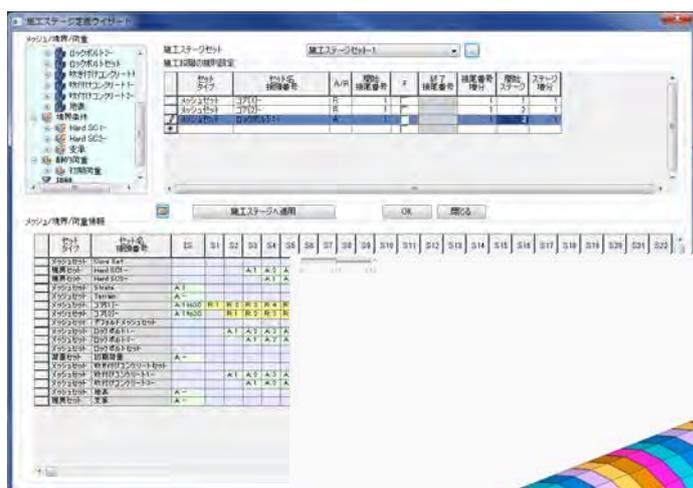


34

メッシュモデリング - 地盤、構造(支保工)

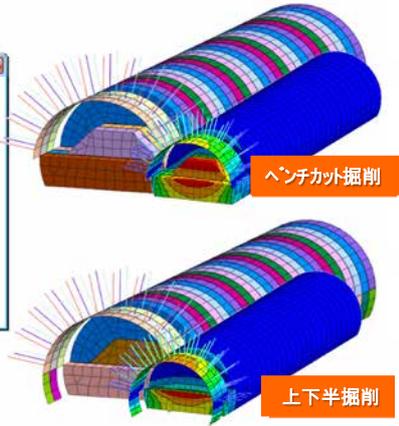
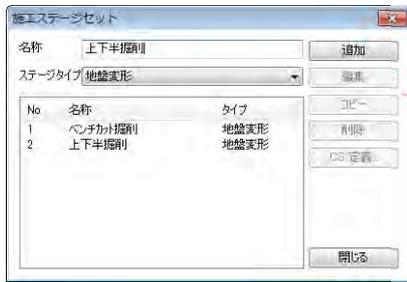


ウィザード形式で施工段階定義



2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

実施工での施工段階を効率よく再現！！



【複数の施工段階ステージ設定】

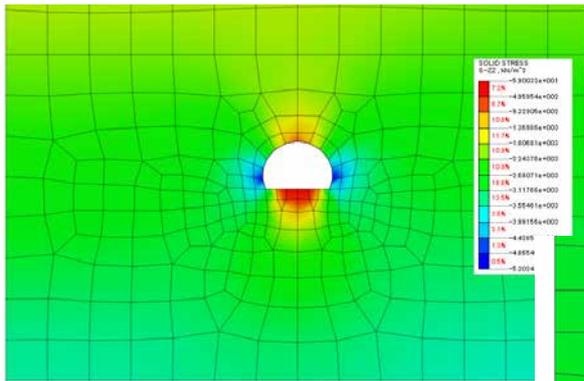
【施工段階の自動生成】



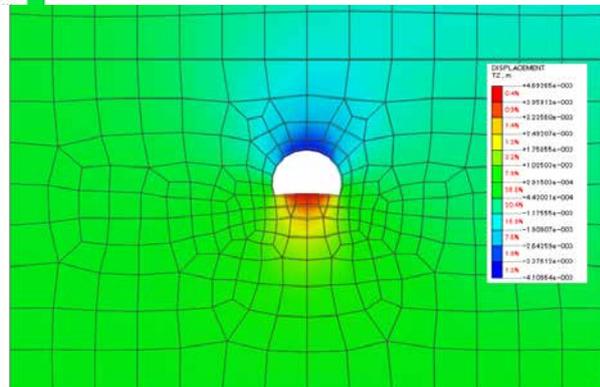
メッシュセット表示/非表示状態 荷重/境界条件表示/非表示状態

2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

結果表示

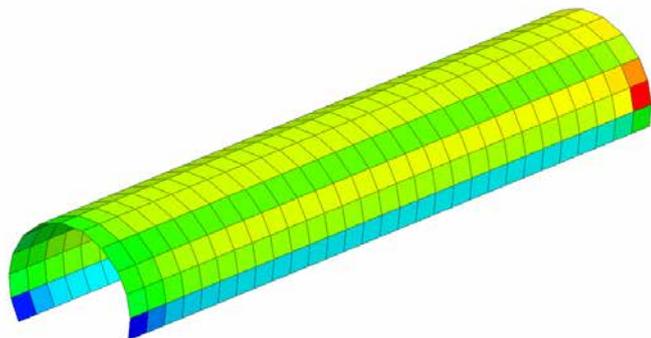


鉛直方向応力カウンター図

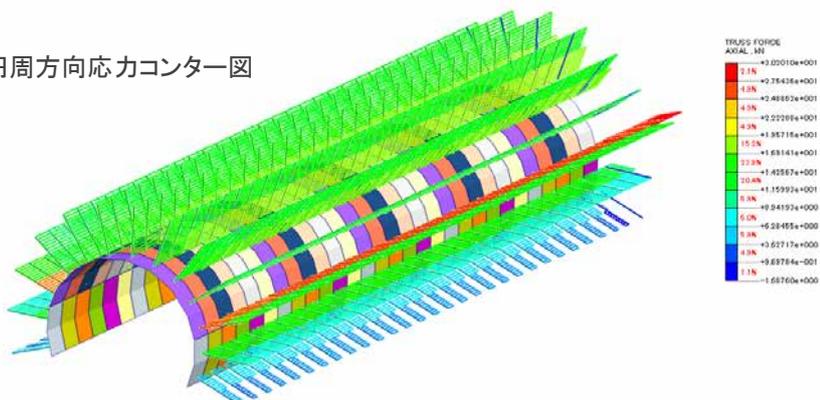


鉛直方向変位カウンター図

結果表示

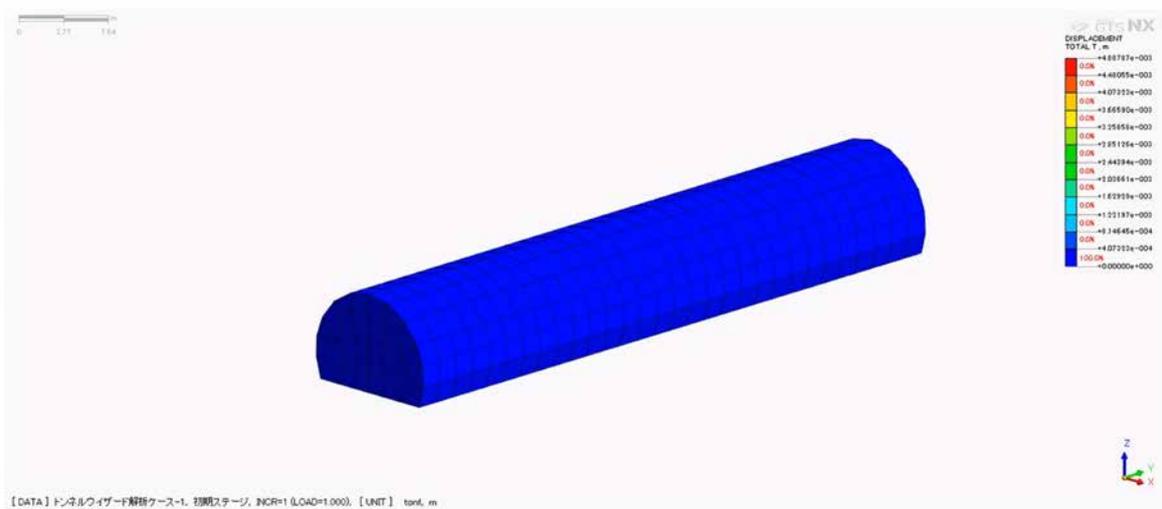


吹付けコンクリート円周方向応力コンター図



ロックボルト軸力

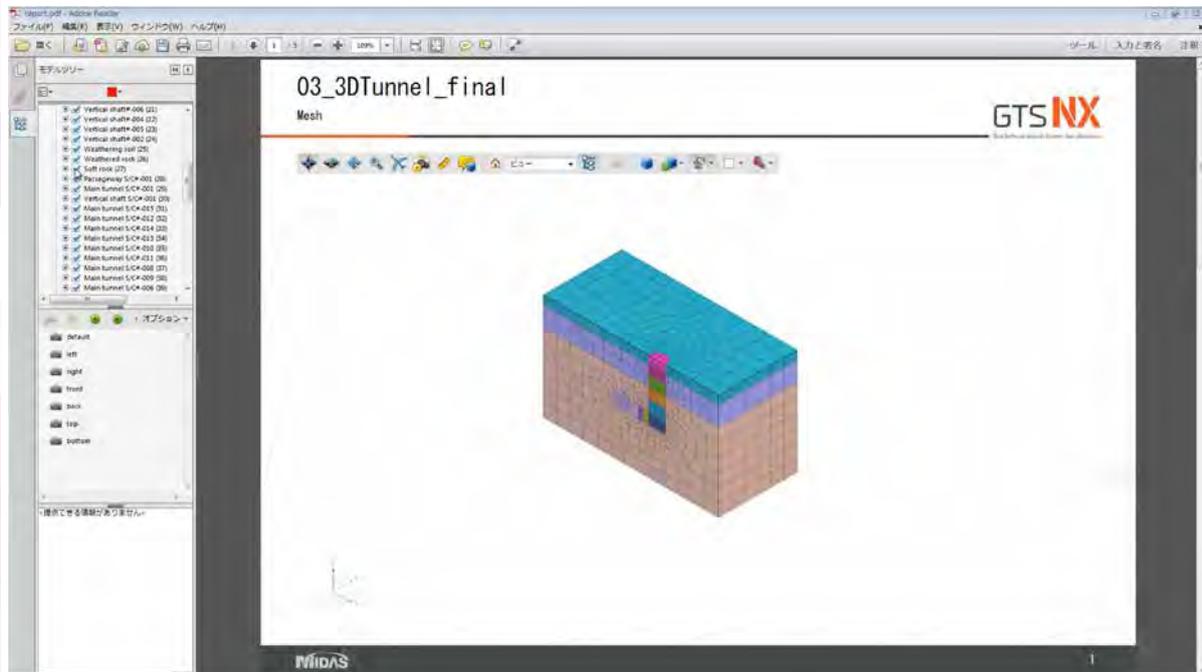
結果表示 - 施工段階アニメーション



【DATA】トンネルクワイプド解析ケース-1. 初期ステージ. INCR=1 (LOAD=1.000). 【UNIT】 tonf, m

2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

3D PDF出力 - 情報の共有



41

2017 MIDAS The 3rd CONSTRUCTION SEMINAR

ご清聴ありがとうございました。

株式会社マイダスアイティジャパン 東京都千代田区外神田5-3-1 秋葉原OSビル7F
TEL:03-5817-0787 | FAX:03-5817-0780
E-mail:g.support@midasit.com
HP:<http://jp.midasuser.com/geotech/>

42

2017 The 3rd MIDAS Construction Seminar

斜面・トンネル 事故と対応

一般財団法人 地域地盤環境研究所 代表理事
京都大学 名誉教授
足立 紀尚 先生

斜面・トンネルの事故と対応



国道168号線・宇井の斜面崩壊
2004年8月10日



東北新幹線牛鍵トンネル陥没
2005年5月31日

財団法人地域地盤環境研究所 足立 紀尚

斜面・トンネル等の事故と対応

I はじめに 創生・保生・再生

II 斜面崩壊：事故と対応

- A 越前（国道305号岩盤崩落事故）：15名死亡 委員会対応
- B 宮崎（耳川沿い国道327号）：斜面崩壊日時の予測
- C 東海北陸自動車道路：斜面崩壊
- D 国道168号線：斜面崩壊とトンネル問題 委員会対応

III トンネル：事故と対応

- A 東生駒鉄道：生駒トンネルの陥没事故 委員会対応
- B 上信越道路：幻の五日市トンネル 委員会対応
- C 北陸新幹線：飯山トンネルの陥没事故 委員会対応
- D 東北新幹線：牛鍵トンネルの陥没事故 委員会対応
- E 新幹線トンネル等の覆工剥落事故 委員会対応

IV 開削：事故と対応

- A 大阪東西線野田阪神駅：開削部水没事故 委員会対応
- B 阪神高速淀川左岸線：開削部水没事故 委員会対応

I はじめに 創生・保生・再生

○ 創生・保生・再生：「技術者の役割」

創生：生む, create
 保生：生かし続ける, sustain
 再生：蘇えらせる, renew

ヒンズー教の祖神三神：

プラフマー：宇宙を創造し,
 ヴイシュヌ：はそれを維持し,
 シヴァ：破壊と再生に当る。

「ヒンズー教の祖神, 三神は技術者の神？」



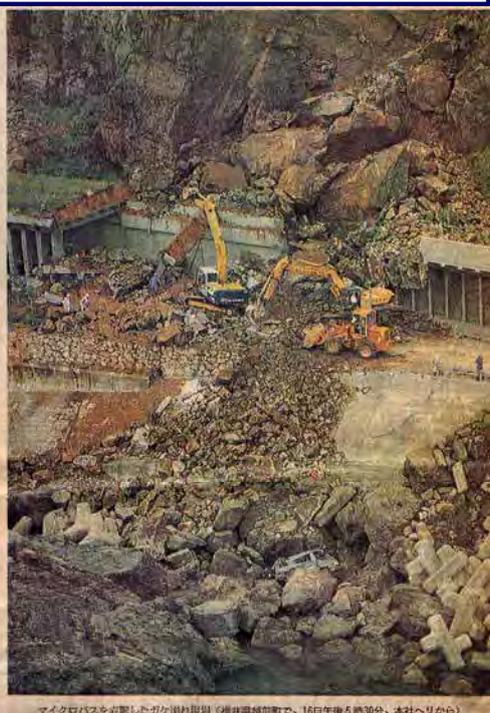
II 斜面崩壊：事故と対応

A 越前（国道305号岩盤崩落事故）：1989年(平成元年)7月16日(日)15時20分：15名死亡 委員会対応

彦根の団体 福井で山崩れ事故



ガケ崩れ小型バス直撃



越前岬の岩盤崩壊：一般国道305号岩盤崩落災害

1989年(平成元年)7月16日(日)15時20分:

福井県越前町玉川地先で、高さ25m、幅30m、1,100 m³の岩盤がトップリング崩落
ロックシェッドが15m、ポケット型落石覆工が15m破壊した。

通行中の小型バスが下敷きとなり、15名の乗員全員が死亡した。



305号岩盤崩落災害と「一般国道305号岩石崩落災害調査委員会」の設置。

1989 (平成元年)7/16

7/16 災害発生:足立:鉄建公団西船橋事務所でトンネルの研究会に出席

? 福井大学地質・三浦 静教授 突発災害で「科学研究費」を申請

? 防災研・芦田教授:審査委員長・了解なしに足立を委員に加える

? 三浦教授・県警の鑑定人に (科研の委員会に足立も加わっていた)

7/20 建設省国道二課長より電話:福井県で調査委員会を設置するから委員長を頼む:一旦断るが承諾

7/26 現地を視察

8/4 第1回委員会(福井)・現地視察含む

10/7 国道二課長と現場視察・迂回トンネル案を決定:不毛な裁判の回避を提言

10/17 第2回委員会(福井)

1990 (平成2年)

2/17 第3回委員会(名古屋)

3/30 第4回最終委員会(福井):予知不可能の結論

1991 7/16 遺族と福井県5億5千700万円で和解

1993 3/16 県の過失追求困難と立件見送りへ

「建設省道路局“最初の裁判なし”の例」

「一般国道305号岩石崩落災害調査委員会」

目的：岩石崩壊の原因調査とその前後区間の現道の安全性の検討

1. 岩石崩落について

(1) 岩石崩落の原因調査

地形・地質・気象・地象，崩落の状況（目撃者等），崩壊のシミュレーション（模型実験，数値解析，3次元画像解析）

(2) 岩石崩落発生機構

推定される過程と機構，状況，発生原因，予知の可否

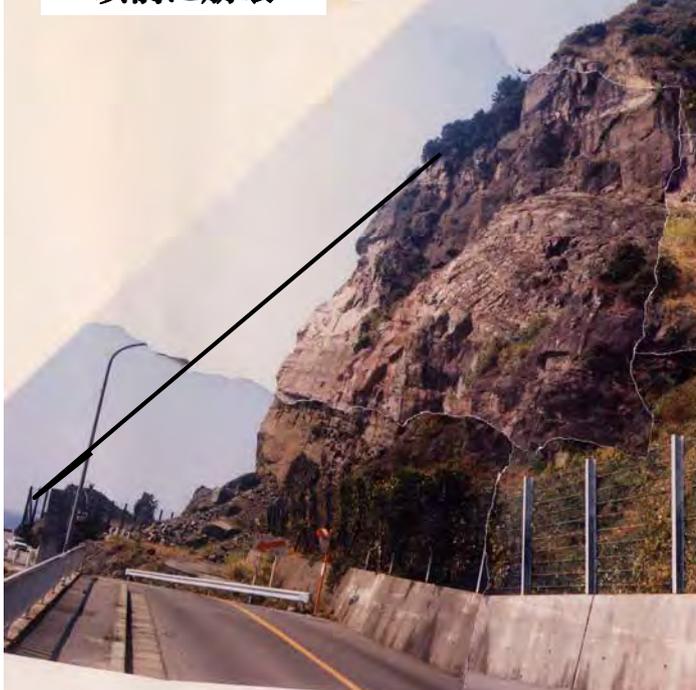
2. 現道の安全性について

2) 地形

① 崩落箇所近傍の地形

海岸段丘の海側には海食崖が形成され，旧汀線を示す山側に凹んだ海食洞が存在する箇所がある。

以前に崩壊



今回崩壊

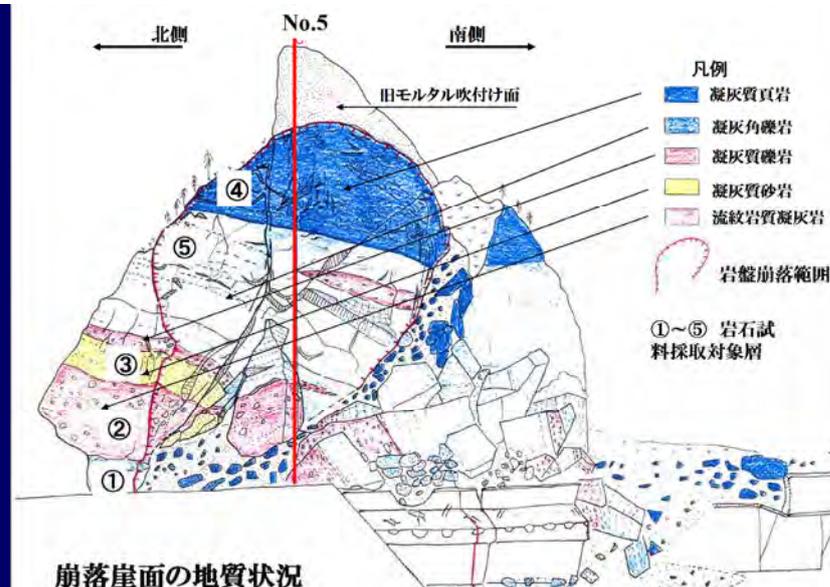


② 崩落前の地形の復元

ロックシェッド施工時(1985年, 昭和60年)の設計図書にある実測断面図や崩落前の現地写真から推定した。



1987年3月 ロックシェッド建設後



崩落崖面の地質状況

3) 地質

① 崩落箇所近傍の地質

近傍の地質は, 新第三紀中新世前期の**火山碎屑岩**(凝灰角礫岩, 凝灰質礫岩, 凝灰岩, 流紋岩質凝灰岩, 凝灰質砂岩, 凝灰質砂岩)から構成されている。

② 崩落箇所の地質

図に崩落箇所の地質を示す。崩落崖面の走向: $N60^{\circ} W$, 傾斜: $80^{\circ} S$ 。

岩石の強度: $10 \sim 60 \text{MPa}$, ヤング率: $5000 \sim 50000 \text{MPa}$, 比重: $2.1 \sim 2.5$

③ 崩落岩塊下部の地質状況

5本のボーリングを実施。

その結果、**基盤岩の形状は、崩落崖面より山側に3~4m凹んでいることが確認され、崩落前の岩盤線は山側に後退しオーバーハングしていたことが判明した。**

基盤岩から海側は、崖錐堆積物である。

崩落前後の地形状況の復元

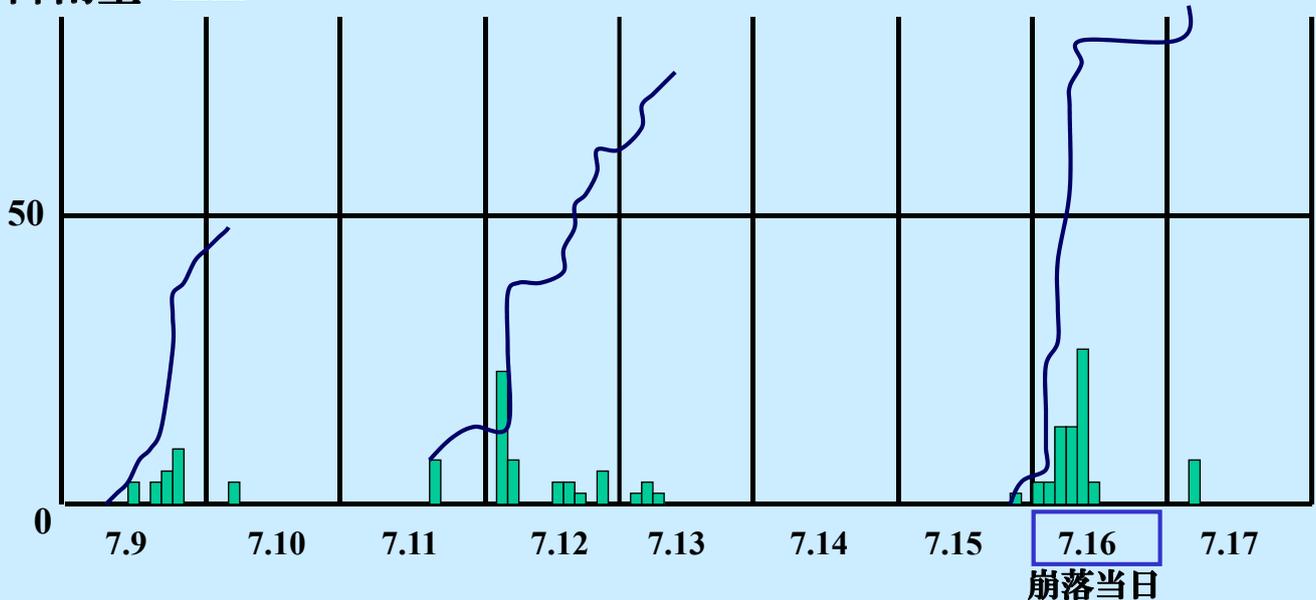
崩落前の地形： ロックシェッド施工時の設計図書および崩落前の現地写真

崩落前の基盤岩線： ボーリング調査と崩落前の地形から推定

崩落後の地形： 空中写真の図化断面図による



降雨量 mm

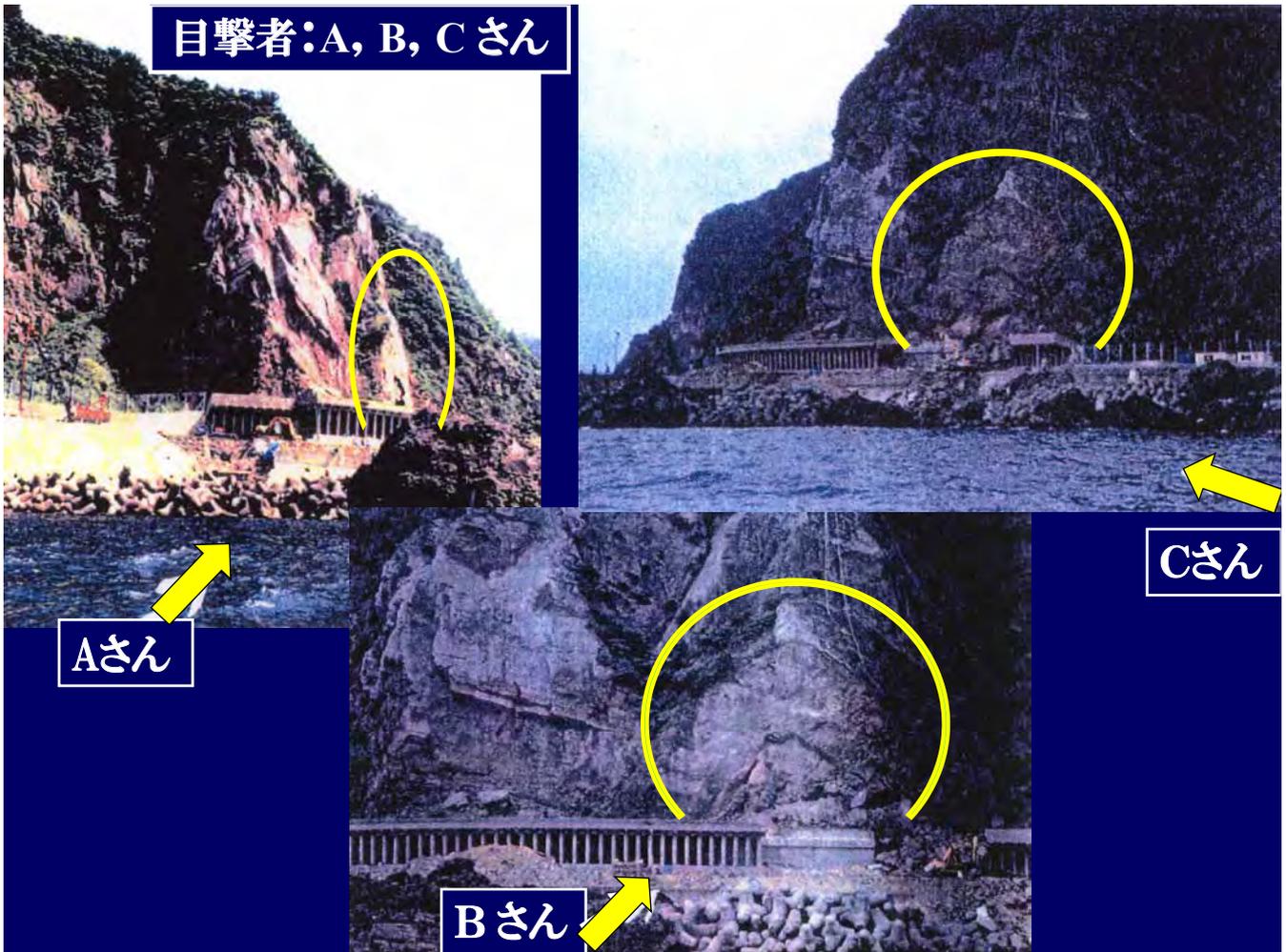


4) 気象・地象

① 気象特性 最高気温:35° C, 最低気温:-1.3° C, 年間降雨量:2,548mm

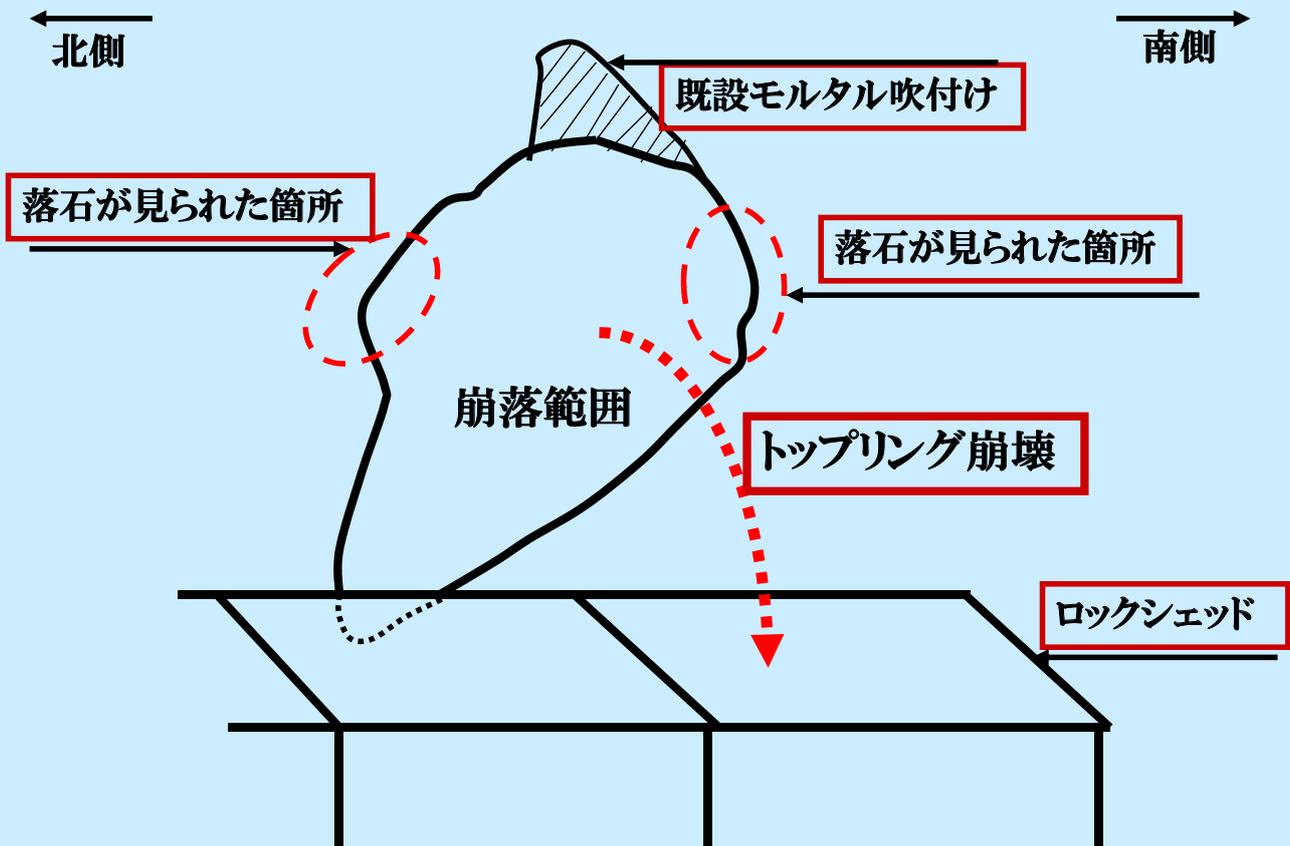
② 崩落発生時の気象状況:崩落前の累積降雨量は73mm

③ 崩壊直前の1週間は、有感地震は発生していない



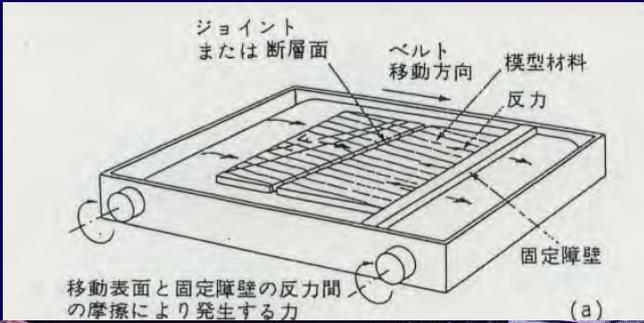
5) 崩壊の状況

目撃者の証言による崩壊過程とトップリング崩壊

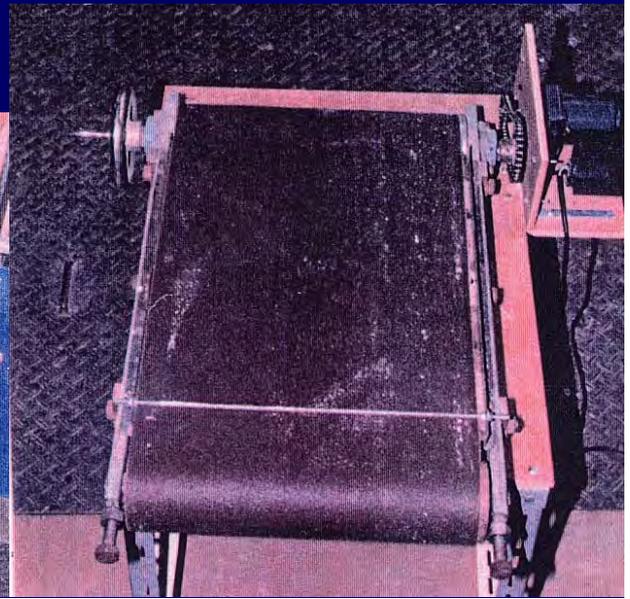
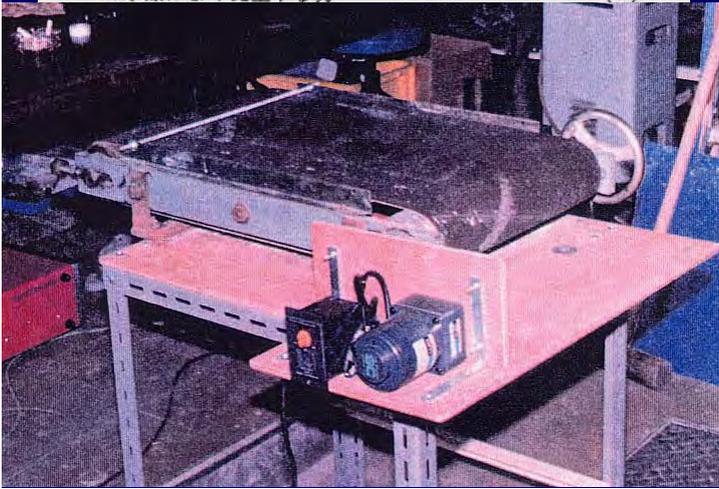


6) 崩落のシミュレーション

① ベースフリクションモデル



サンドペーパーの摩擦により重力効果を与える装置による模型実験



石膏モデル

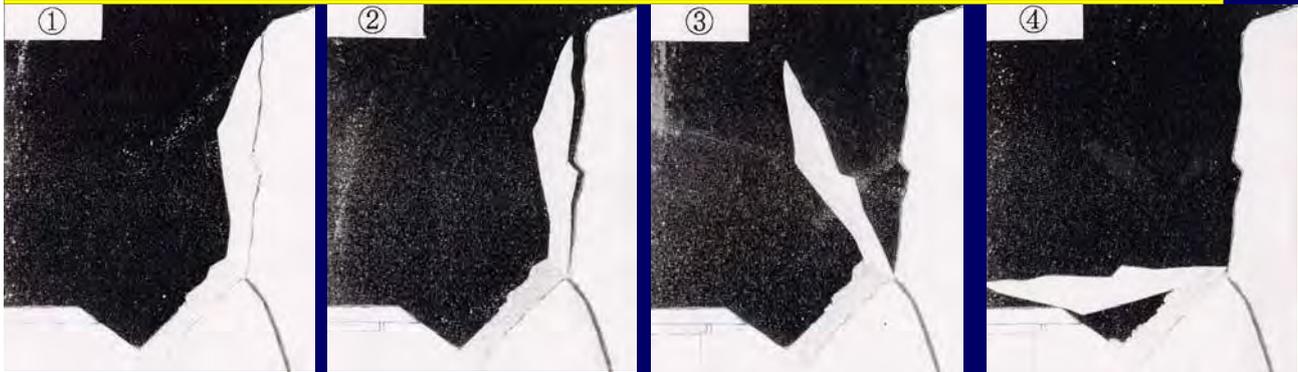
E-1 崖錐堆積物全体の強度・剛性が大きい・・・破壊が生じない



E-2 崖錐堆積物全体の強度剛性が小さい・・・堆積物中貫入, すべり 破壊



E-3 崖錐堆積物表層の強度・剛性が小さい・・・下部の強度・剛性の大きい部分に沿うすべり破壊



E-4 崖錐堆積物表層の強度・剛性は小さいが，下部の強度・剛性は大きく，下部に崩落岩塊がのっている・・・トップリングが生じる．なかなか再現出来ない．

② 数値解析

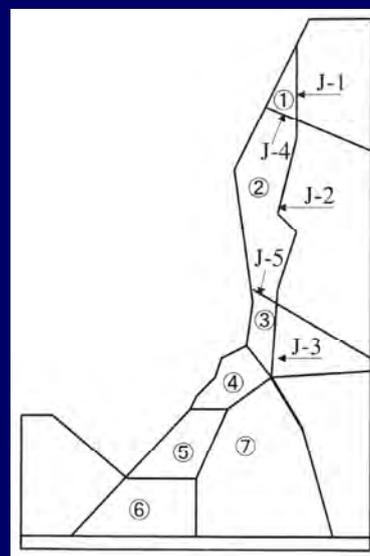
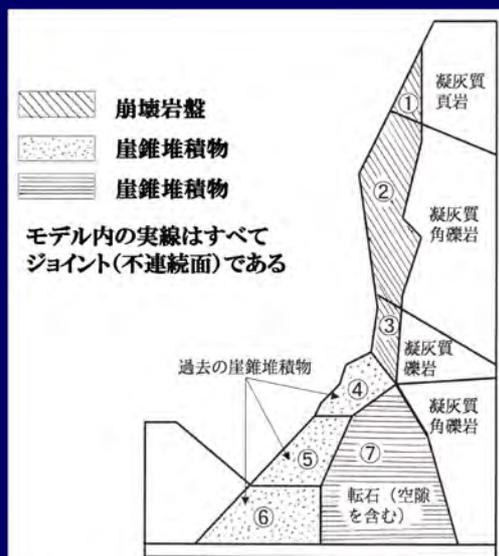
a) 個別要素法 (DEM) による

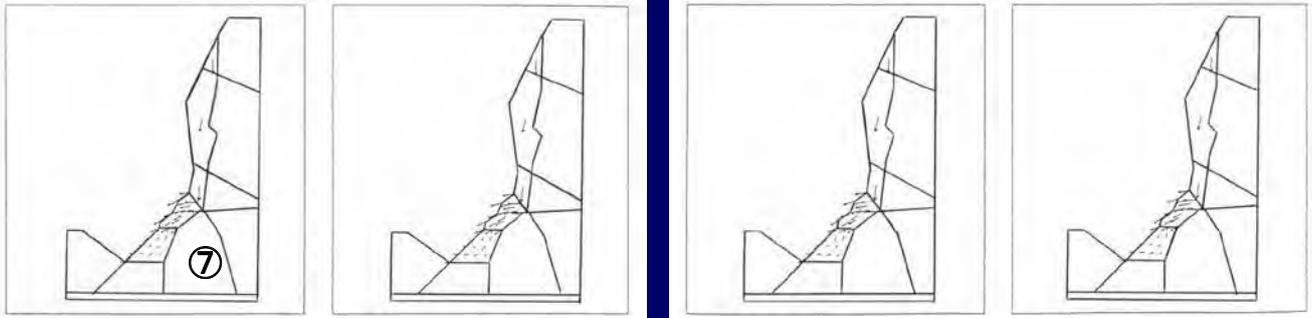
b) 解析に用いるパラメター

(i) 崩落岩塊は全て剛体とする。ジョイント部:「垂直剛性」および「せん断剛性」, また強度は「摩擦角」と粘着力 (粘着力は0とした)。

(ii) ジョイント部の垂直剛性とせん断剛性は, 岩石の剛性の値を用いた。

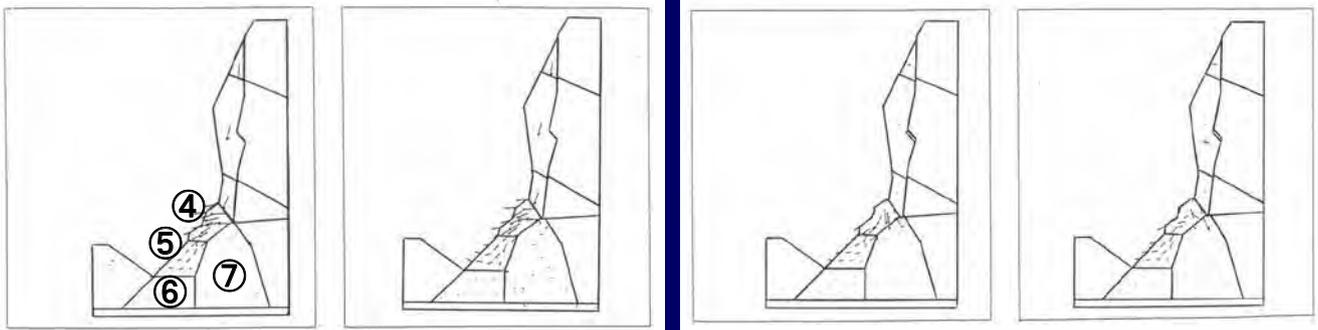
(iii) ジョイント部の摩擦角はそのジョイントを含む岩石の摩擦角を用いた。



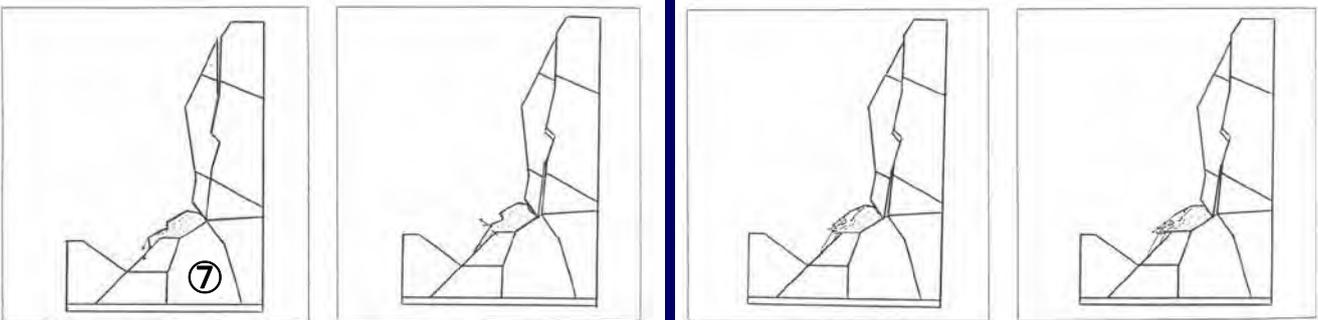


A-1. 崖錐堆積物全体の強度・剛性が大きい場合・・・破壊しない

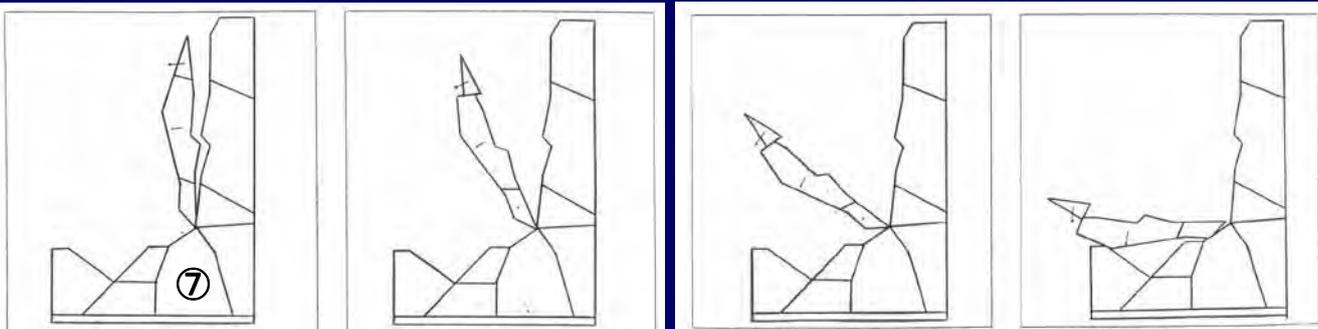
ランク C の解析



A-2. 崖錐堆積物表層④⑤⑥の摩擦角を低くした場合・・・わずかにすべるが安定する



A-3. 崩落岩塊が⑦の頂部に乘っており、崖錐堆積物表層④⑤⑥の摩擦角を低くした場合・・・すべり破壊



A-4. 崖錐堆積物表層が全く抵抗せず、⑦が崩落岩塊の回転の支点となる場合・・・トップリングが生じる

③ 3次元画像解析

崩落過程を視覚的に表現するため、3次元画像解析を実施

地形図の整合性の検討



崩落前後の地形モデル作成



崩落過程の再現条件



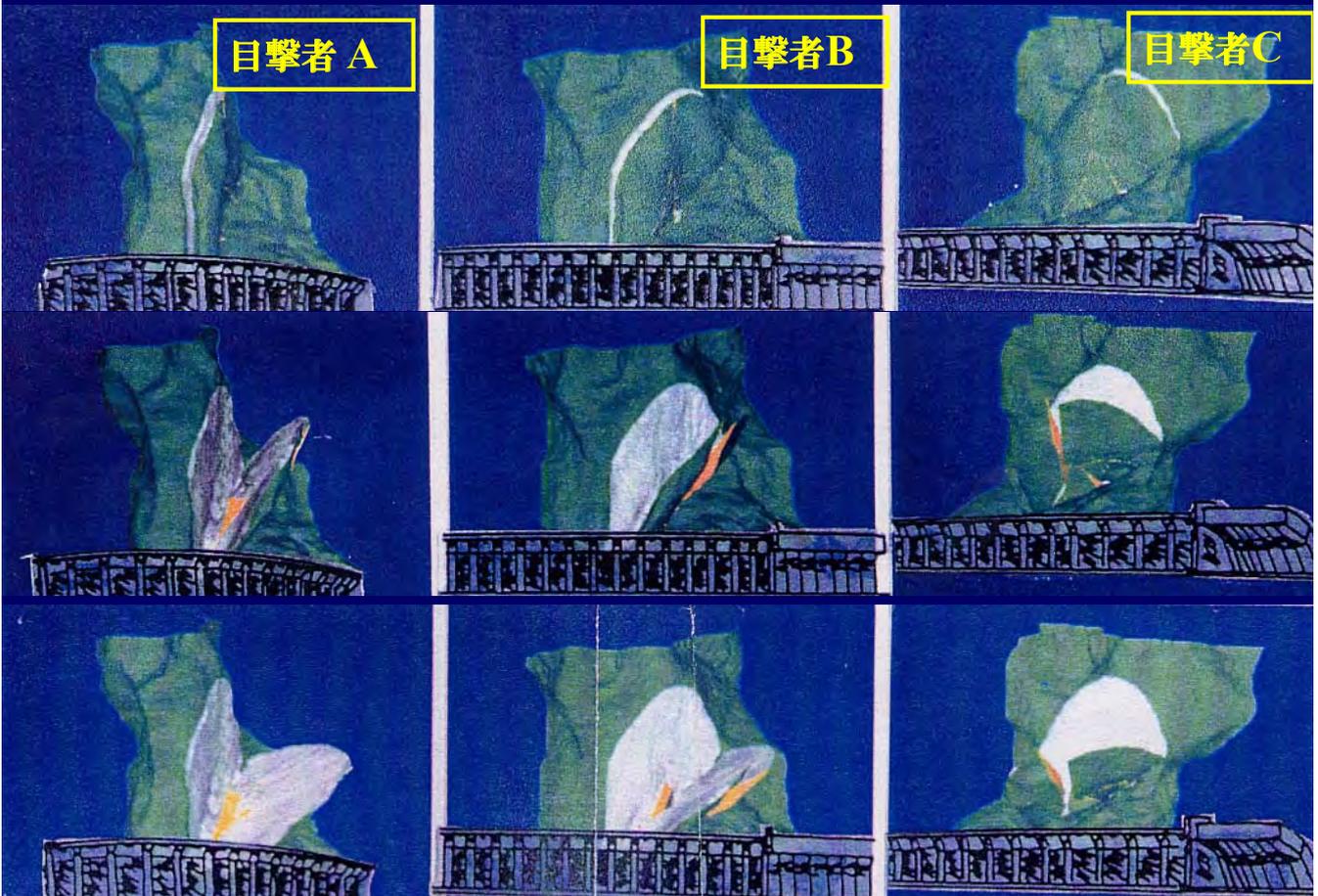
崩落シミュレーション

崩落のシミュレーション・・・3次元画像解析

目撃者 A

目撃者 B

目撃者 C



④ 模型実験ならびに数値解析からの結論

a) 模型実験より

崩落岩塊下方の崖錐堆積物全体が強度・剛性とも大きい場合には破壊しない。強度・剛性とも小さい場合にはすべり破壊する。

目撃証言のようにトップリングが生じるためには、崩落岩塊が鉛直方向に十分支持され、かつ転倒に対する横方向の抵抗が小さいことが必要となる。

b) 数値解析より

崩落岩塊がトップリングする条件としては、岩塊のトップリング過程で崖錐堆積物が横方向の荷重に対して抵抗しないこと、岩塊がある程度トップリングするまでは、回転の支点部分が鉛直方向に支持されなくてはならない。これは模型実験結果と同じである。

c) 3次元画像解析より

崩落前、崩落後ともに現地写真との照合の結果、崩落部分のモデル化は外観上所要の精度を満たしている。さらに、目撃者 A および C への、シミュレーション画像の確認結果から、本崩落過程のシミュレーションについては実際に近いシミュレーションが行われたと判断した。

(2) 岩盤崩落発生機構

情報を正確に伝達するためには、5W1H(いつ、どこで、だれが、なにを、どのように、なぜ)を明示しなければならない。

本崩落に関しては、いつ(平成元年7月16日午後3時20分頃)、どこで(国道305号玉川地先)、なにを(岩盤崩落)は明らかであるが、不明なのは、だれが(誘因)、なぜ(原因)、どのように(崩落機構)の3項目である。

1) 推定される岩盤崩落過程と発生機構

崩落崖面となった亀裂が長時間わたり徐々に進展し、地山との付着を失い、崩落崖面上部ならびに下部の付着部が、何らかの誘因で最終的に破壊することで崩落に至った。崩落岩塊下位には空隙の多い転石混じりの崖錐堆積物があり、崩落岩塊は若干下方に変位したが、崖錐堆積物が堅固な支持部となり、崩落岩塊は前方にトップリングしたと考えられる。

2) 発生原因

① 素因：原因と崩落機構

- 地形：崩落岩塊背面の亀裂とオーバーハング
- 地質：トップリング破壊の支点となった崖錐堆積物
- 気象：凍結・融解による亀裂の進展

② 誘因

- 降雨：崩落前の73mmの降雨？

て たる 額 受 て 舗 長 ア

記者会見

結論は天災ですか?

いや、自然現象です。

大店法は違憲

「同法は憲法違反の疑いがあり、裁判の中で廃止を求めたい」との意向を示しており、今回の提訴は流通業界に大きな波紋を及ぼすとともに同法の改廃議論にも影響を与えそうだ。

訴訟の最大の争点になるとみられるのは大店法の運用で、原告弁護団は「通商省の通達や指導に基づいて誤った運用が事実上、出店を締め出しており、憲法だけでなく大店法の趣旨にも違反している」と主張している。

「このような現象は特殊な状況から起きたもので、防護壁建設時に岩石の下部の状況や岩盤が甘り出したオーバーハング状態を把握するのは不可能。崩落の可能性がある程度予想できて、時期までは困難。オーバーハング状態を把握できなかったとしてもすり下がつて滑ると考えるのが妥当だとしている。

越前海岸がけ崩れ

崩落は予知不能

調査委 特殊な「転倒」現象

昨年七月、福井県丹生郡越前町の国道三〇五号で岩石が崩落、十五人が犠牲となった事故の原因究明を進めていた県の一般国道三〇五号岩石崩落災害調査委員会(委員長・足立紀尚京大工学部教授)は三十日、「崩落はトックリング(転倒)と呼ばれる非常に特殊なもので現在の学問・技術レベルで事前に予知することは不可能」との調査結果概要をまとめ発表した。犠牲となった十五人の遺族に対し、福井県は調査委員会の結論を待つて補償交渉に臨むとしていたが、同日の委員会の結論は「予知不能」とい

「従来からの県の主張を裏付けた形で、今後の遺族との交渉は難航しそうだ。委員会は専門家や建設省の職員ら二十二人で構成。昨年八月から崩落の原因や今後の管理・安全対策について検討してきた。調査報告書骨子などによると、崩落した岩石は、崩落前に山肌との付着がごくわずかにあるほど風化、はく離していた。事故直前の雨が直接のきっかけとなって、岩石は完全に山肌から分離。その際、岩石の下部が支点となり、上部が海側へ倒れ、落石防護壁を直撃した。

新たに使える人名用漢字

邑	茄	碩	混	梧	捺	啄	伎
醇	茅	秦	漱	淋	於	奎	伽
采	莞	稀	澤	推	旺	媿	佩
難	菖	稜	熙	椰	昂	嬉	倂
鞠	董	竣	燎	椿	晏	有	倭

平成5年3月17日 越前海岸岩石崩落事故



県の過失追及困難

県警・地検 立件見送りへ

平成元年七月、越前町の国道三〇五号で、マイクバスが岩に押しつぶされ、乗客十五人が死亡した事故で、県は十日までに、若狭の予知不能の疑い、調査結果も明らかでないことから、追及を断念する。この追及断念について、刑事訴訟法違反を問われた近頃、最終結果は、

平成3年7月16日

5億5700万円で和解

越前の崩落事故 15人の遺族と福井県

七月、福井県丹生郡越前町の国道三〇五号で、岩石がマイクバスに乗って崩落した事故で、福井県は十五日、遺族に対し総額五千七百万円の和解金とで合意した、と発表。調査結果を出したのを受けて、補償交渉は同年四月から八月まで続けられてきた。福井県の浜野勝茂土木部長によると、昨年七月に遺族側と交渉し、「道路管理上の責任があった」として約九億三千円の損害賠償を請求。「責任

裁判による、弱者対弱者の長期に亘る不毛な争いを回避。災害による道路事故は、国民の相互扶助により救済すべき。玉川トンネルを建設し、国道305号を再生した。



道路管理者に過失等がない場合：

ほとんどの場合はない。

裁判における、弱者(被災者・遺族)対弱者(出先の管理者)の長期に亘る不毛な争いを回避。

裁判で争わない。示談で解決。

災害による道路事故は、国民の相互扶助により救済すべき。和解金で解決。

玉川トンネルを建設し、国道305号の安全性を向上させた。

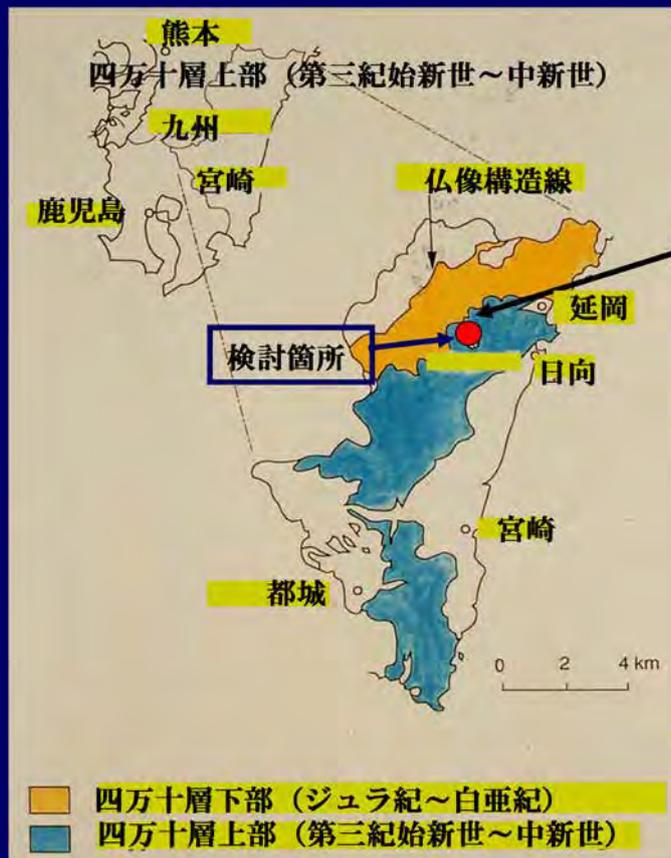
B 宮崎（耳川沿い国道327号）：斜面崩壊日時の予測

斜面を切土中に異常を発見，直ちに伸縮計を設置し変位計測を開始。斎藤の方法で破壊日時を予測した。

1988年（昭和63年）5月31日斜面崩壊



切土崩壊地域の地質



九州の南東部

第三紀四万十層，頁岩

中生代中期

ジュラ紀（1億9900万年～1億4500万年）

中生代後期～第三紀

白亜紀（1億4500万年～6600万年）

第三紀 始新世（5500万～3500万年） 第三紀 中新世（2500万～1200万年）



耳川

二級水系 耳川

二級河川

延長：102 km

流域面積：881 km²

耳川は、V字谷を形成し、流路は岩質の差によって蛇行している。

耳川右岸の山裾に沿って現道が通っており、現道拡幅に伴って、約250m区間の切土のり面が計画された。



切土は1988年（昭和63年）2月に開始され、8段ののり面のうち最下段を切土中の1990年（平成2年）4月20日、モルタル吹付のクラックと2段目のり面の押し出しが発見された

直ちに、のり面全体の調査を実施した結果、のり面崩壊の危険性がかなり高いと判断し、4月22日から、この区間の全面通行止めを開始した。

のり面上方に発生した頭部引張亀裂をはじめとする変状箇所
所に伸縮計、岩盤変位計を設置して、計測を開始した。

$$t_r - t_1 = \frac{(t_2 - t_1)^2 / 2}{(t_2 - t_1) - (t_3 - t_1) / 2} \quad (1)$$

斎藤の方法

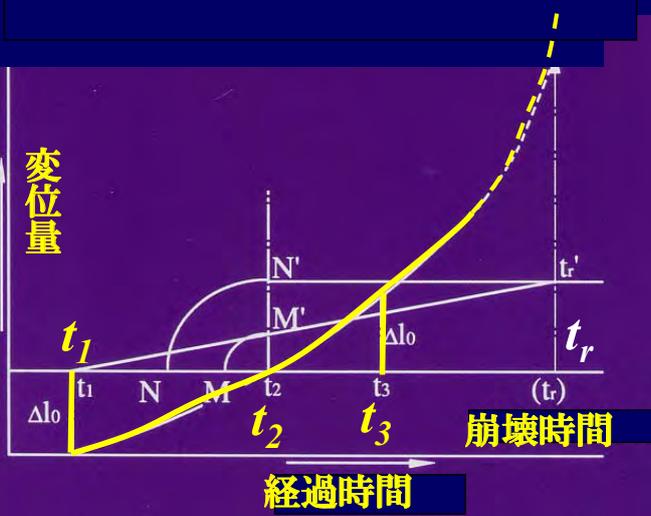
t_1 : 計測開始時間

t_3 : 現在の時間

t_2 は, t_1 から t_3 までに生じた変位量の半分が生じた時間.

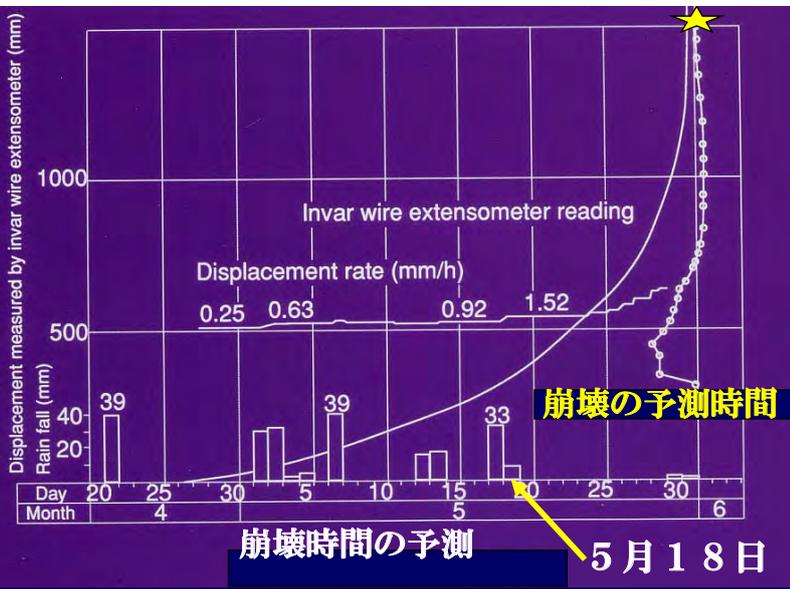
これらの時間 t_1 , t_2 および t_3 を

式 (1) に代入すると破壊に至る時間 t_r が求まる.



Saito, M.: Forecasting the Time of Occurrence of a Slope Failure, Proc. of 6th ICSMFE, Montreal, 1965, Vol. II, pp.537-541.

斎藤迪孝: 実証土質工学, 技報堂出版, 1992.



破壊予測は, 5月18日から開始したが, 5月29日以降, 特に6月1日に崩壊が生じる可能性が高いと予測された.

5月30日, 予測カーブが直線的に変化し, 6月1日以前に崩壊する可能性が予測された. 5月31日昼の12時の予測で, 2~3時間後に崩壊が生じるとの予測となり,

事実午後3時15分斜面崩壊が発生した.

宮崎の切土斜面崩壊



切土斜面崩壊の断面図

上部は過去のすべりで勾配は緩やかである。今回の崩壊は下部の急勾配切土斜面で発生した。



崩壊開始



崩壊の拡大



崩壊直後



1年後

伸縮計による変位を斎藤の方法に適用し、
斜面崩壊の時間の予測に成功した。

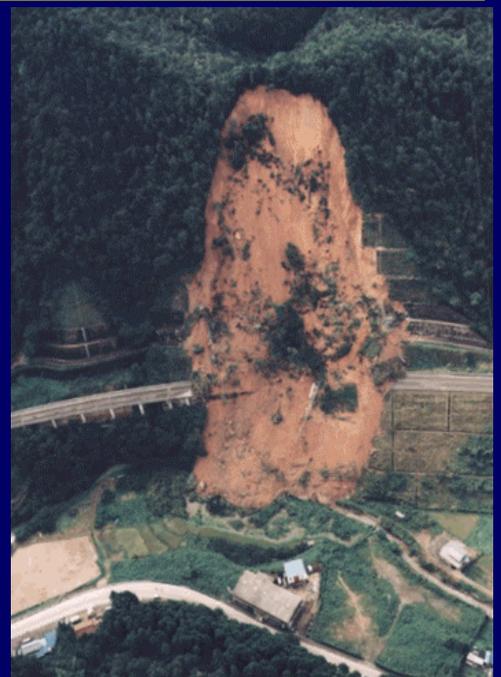
耳川斜面崩壊地 2016.10.20 (28年後)



1988年5月31日斜面崩壊

C 東海北陸自動車道路における斜面崩壊

斜面崩壊は1999年(平成11年)9月23日岐阜県で生じた。崩壊土量は、約 150,000 m³、24時間雨量が 593 mmという豪雨の後であり、降雨量による交通規制を行っていた。

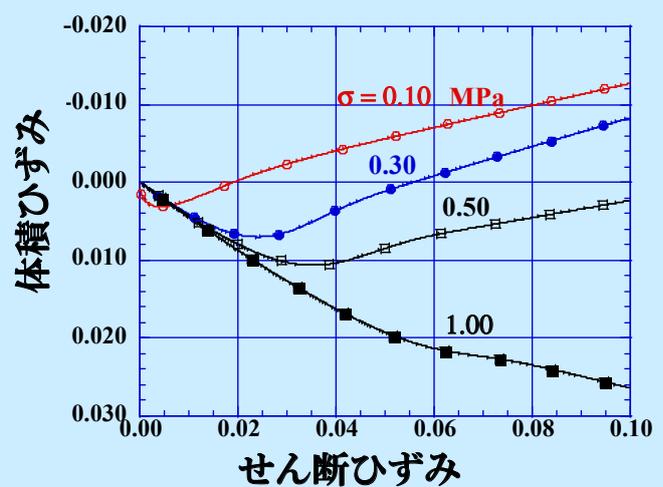
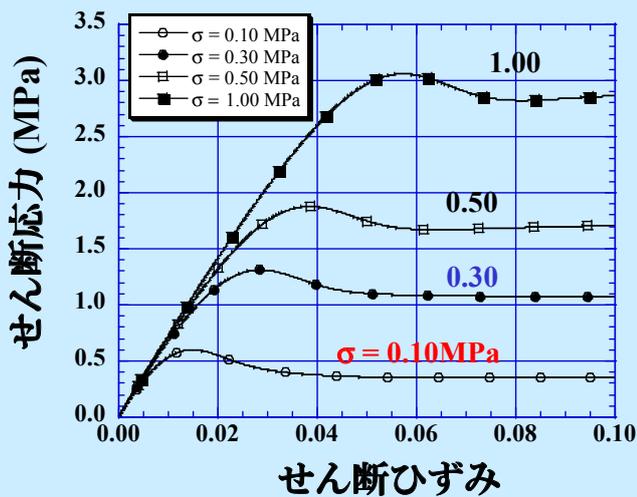




崩落
東海北陸道

CBC 中部日本放送

ひずみ軟化型弾塑性構成式を用いた土 - 水連成解析
(八嶋 厚 : 岐阜大, 張 鋒 : 名工大)



弾塑性モデルの平面ひずみ状態での応力ひずみ関係

地質，風化岩

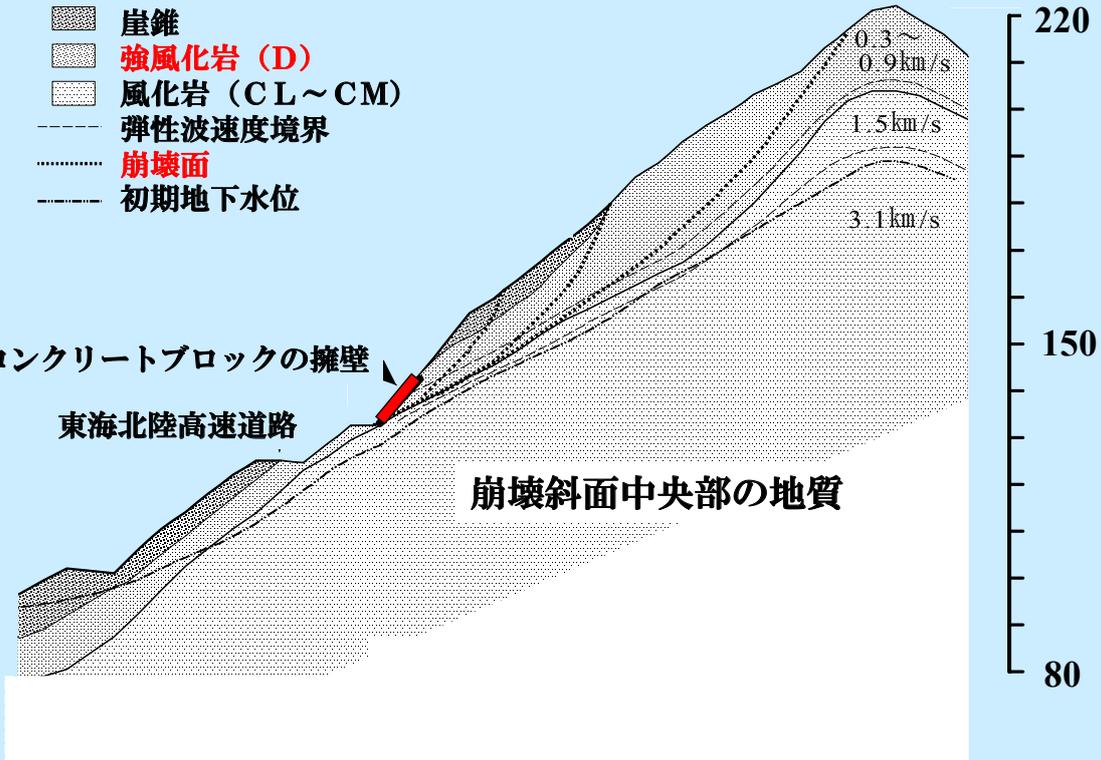
標高(m)

-  崖錐
-  強風化岩 (D)
-  風化岩 (CL~CM)
-  弾性波速度境界
-  崩壊面
-  初期地下水位

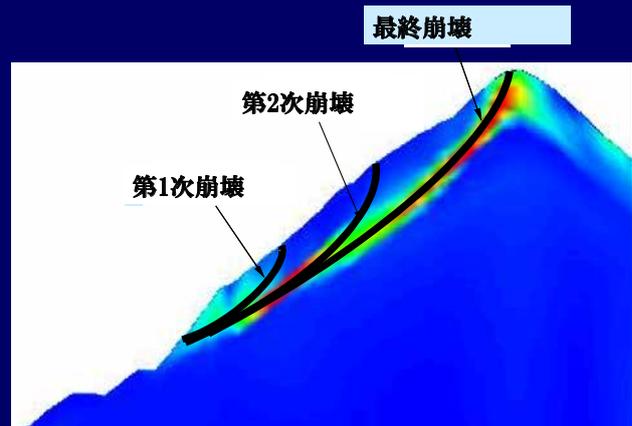
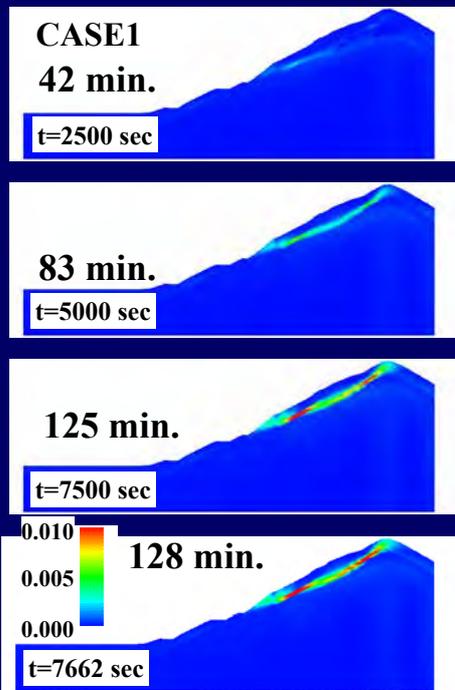
コンクリートブロックの擁壁

東海北陸高速道路

崩壊斜面中央部の地質

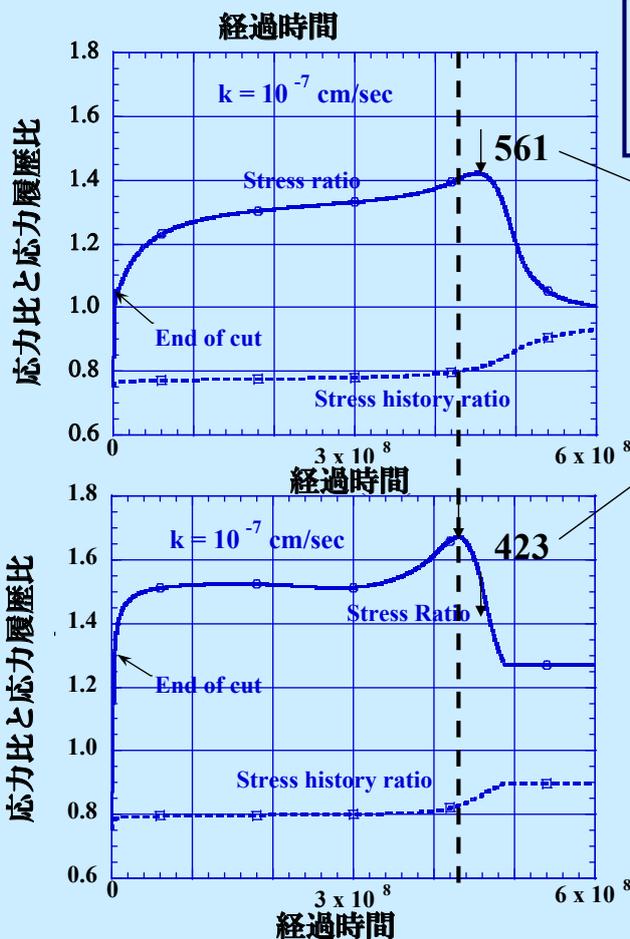


せん断ひずみの時間による増加



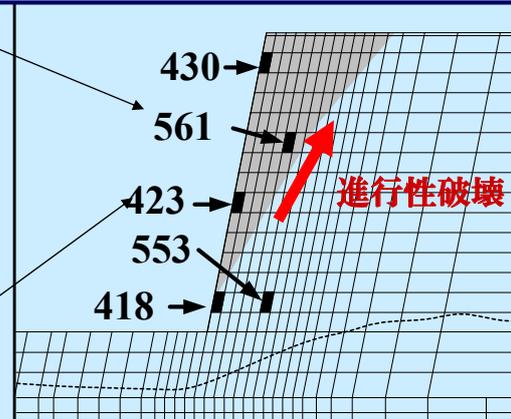
解析は、3段階の実すべりのシミュレーションはできなかった。

地下水面が地表まで増加したとした場合、0.5%以上のせん断ひずみを伴うせん断帯(すべり面)が2時間後に発生する。



「モデル切土斜面の進行性破壊」

構成式と数値解析



透水係数 $k = 10^{-7} \text{ cm/sec}$

○ 要素423の破壊が要素561の破壊より早く生じている。

○ 斜面崩壊は斜面下方から上方に向かう：進行性破壊。

D 国道168号線の斜面崩壊とトンネル問題

D1 宇井の岩盤すべり：崩壊動画で知る

奈良県大塔村(現五條市)宇井地区。

2004年(平成16年)1月末 道路路面等に変状発見,

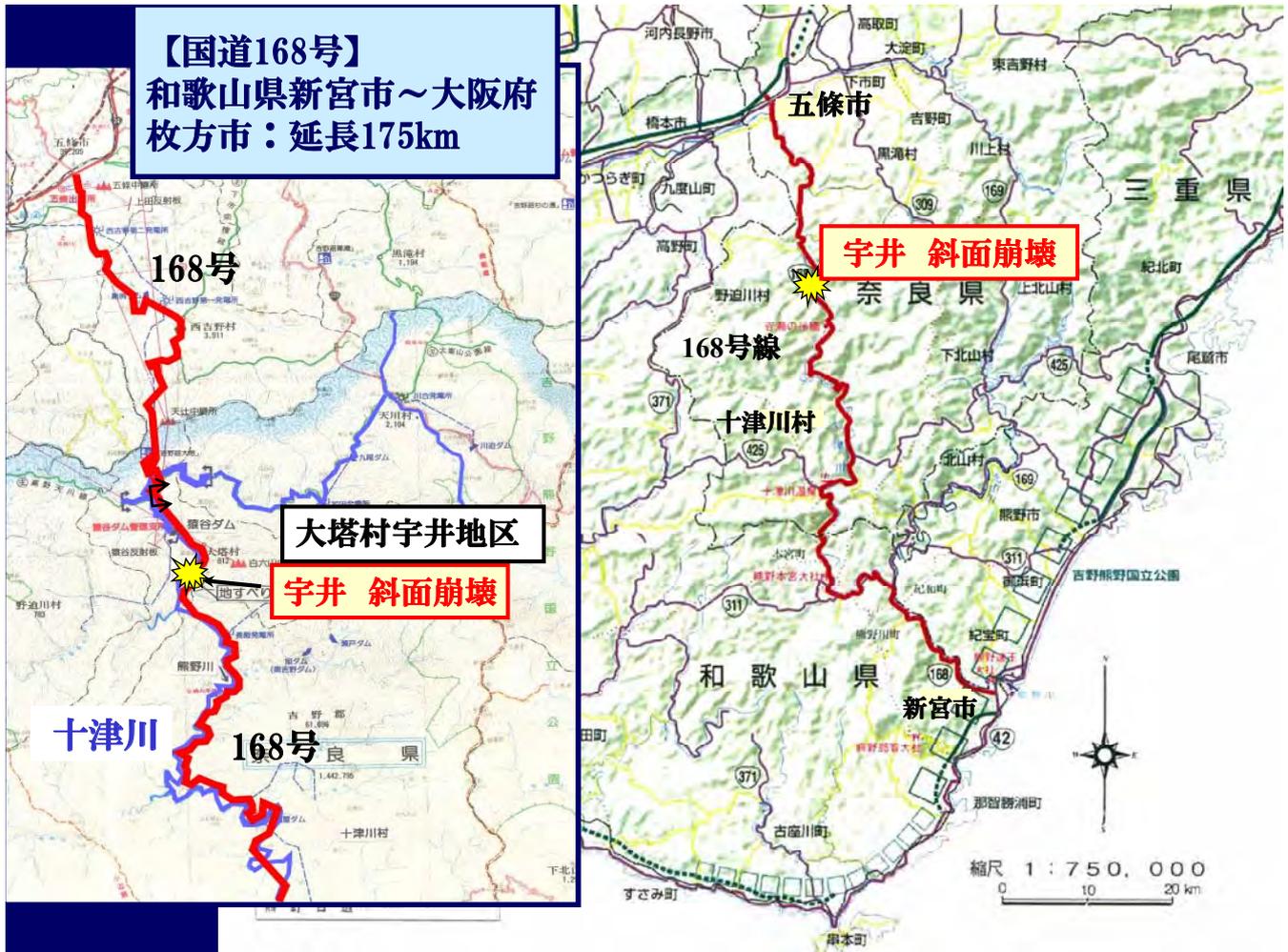
2月10日 地盤伸縮計等による計測開始,

2004年8月8日5時15分:168号線全面通行止

2004年8月10日0時15分:岩すべり滑落

紀伊山地の大半は、付加体である。メランジュの典型例。

(泥質の基質の中に、付加の過程でばらばらになった砂岩片が浮かぶ。)



一般国道168号宇井の岩すべり滑落後の状況

岩すべり土量は、
20万m³、厚さ20m。



現在

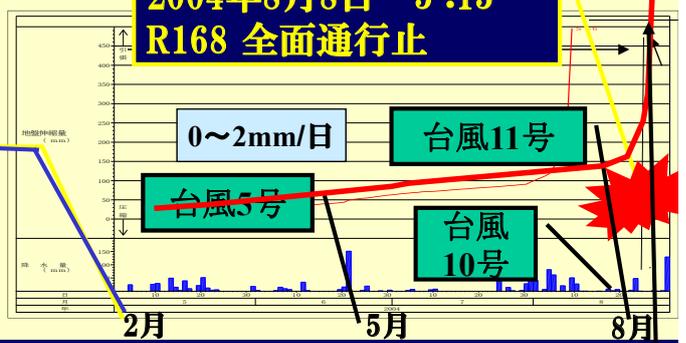


紀伊半島略図



岩すべり発生に至る経過

2004年8月8日 5:15
R168 全面通行止



8月10日0時15分 岩すべり滑落



D2 国道168号防災検討会 (平成17年8月5日)

本検討会の設置目的

- ①一般国道168号の和歌山県新宮市～奈良県五條市間は、紀伊半島内陸地域にとって、生活・産業・観光の役割を担う**重要路線**である。
- ②急峻な地形のため、**すれ違い不能区間**、**急カーブ区間**が連続し、更には**崩落による交通止め**が多発し、住民の生活にも影響を及ぼしている。
- ③このため平成6年に地域高規格道路“五條新宮道路”が指定され、一部“十津川道路”として国土交通省が現在整備を行っている。
- ④平成17年4月には、十津川村折立地区でも168号現道の路面や道路構造物に**亀裂が確認された**。
- ⑤本検討会では、**国道168号和歌山奈良県境～五條市間全体**、さらに折立地区を中心に現在事業が進行中の**十津川道路区間**に対する**地すべりの危険性の把握と対策**について、調査・検討を行い、今後の五條市以南奈良県域現道に対する**防災対策の方針**や**十津川道路の整備**に対する留意点について提言を行うことを目的とする。

1. 委員構成 (平成17年度)

委員長	足立 紀尚	財団法人地域地盤環境研究所理事長(京都大学名誉教授)
委員	藤田 壽雄	株式会社アイエステー (斜面工学研究所) 代表取締役社長 (地すべり学会理事)
	真下 英人	独立行政法人土木研究所基礎道路技術研究グループトンネル チーム上席研究員
	藤澤 和範	独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチ ーム上席研究員
	山田 哲也	国土交通省近畿地方整備局奈良国道事務所長
	東川 直正	奈良県土木部道路建設課長

2. 委員構成 (平成28年度)

委員長	足立 紀尚	一般財団法人地域地盤環境研究所理事長(京都大学名誉教授)
委員	綱木 亮介	一般財団法人砂防・地すべり技術センター理事
	真下 英人	一般社団法人日本建設機械施工協会施工技術総合研究所所長
	石井 靖雄	国立研究開発法人土木研究所土砂管理研究グループ地すべり チーム上席研究員
	宮西 洋幸	国土交通省近畿地方整備局奈良国道事務所長
	森本 修	奈良県県土マネジメント部道路政策官

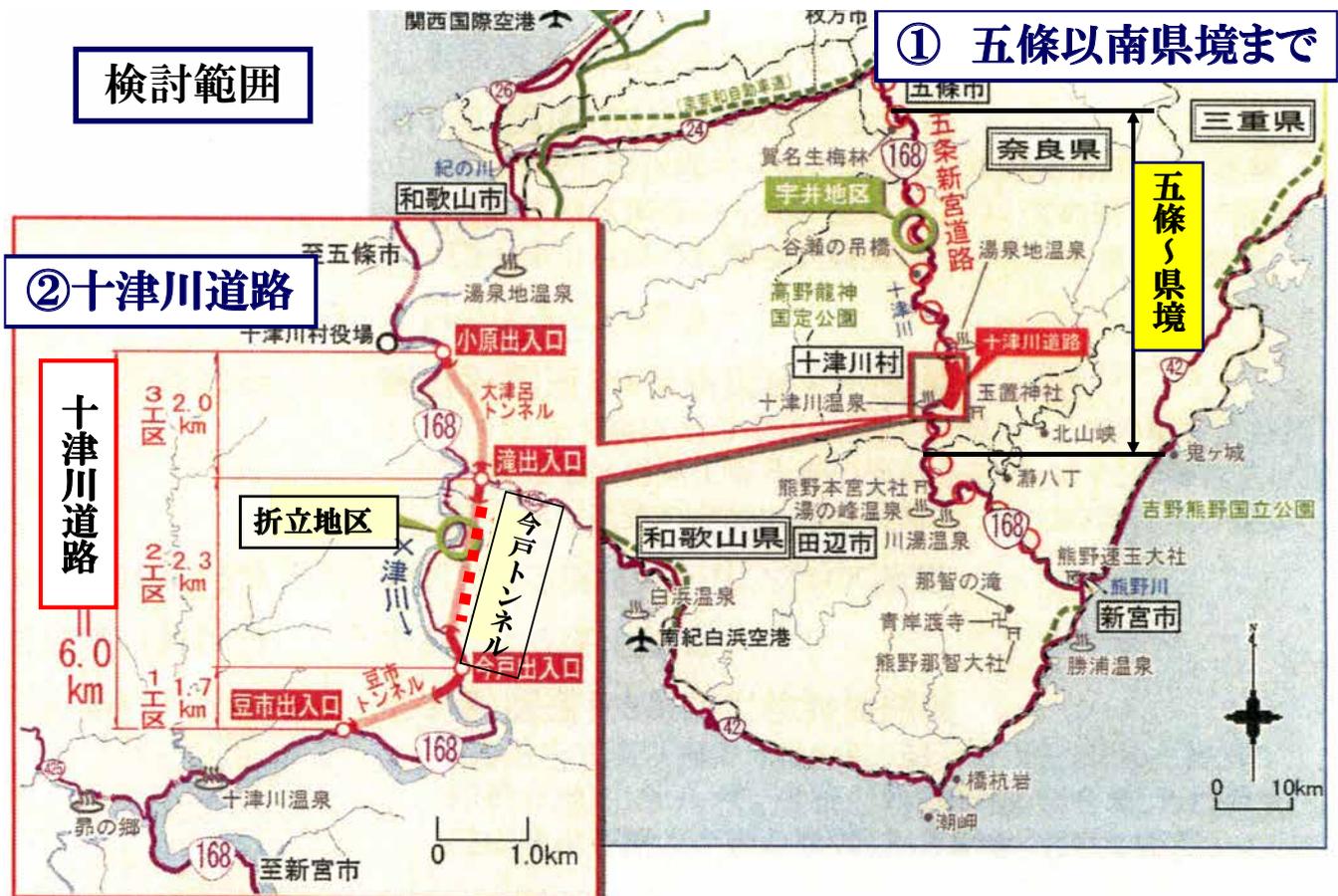
D3 十津川村折斜面と今戸トンネル

2005年(平成17年)4月16日 土木研究所(地すべりチーム) + 県
で折立地区の地盤変状現地調査

2005年8月5日 藤田, 真下, 藤澤, 足立, 山田国土交通省奈良
国道所長, 東川奈良県土木部道路建設課長(敬称略)

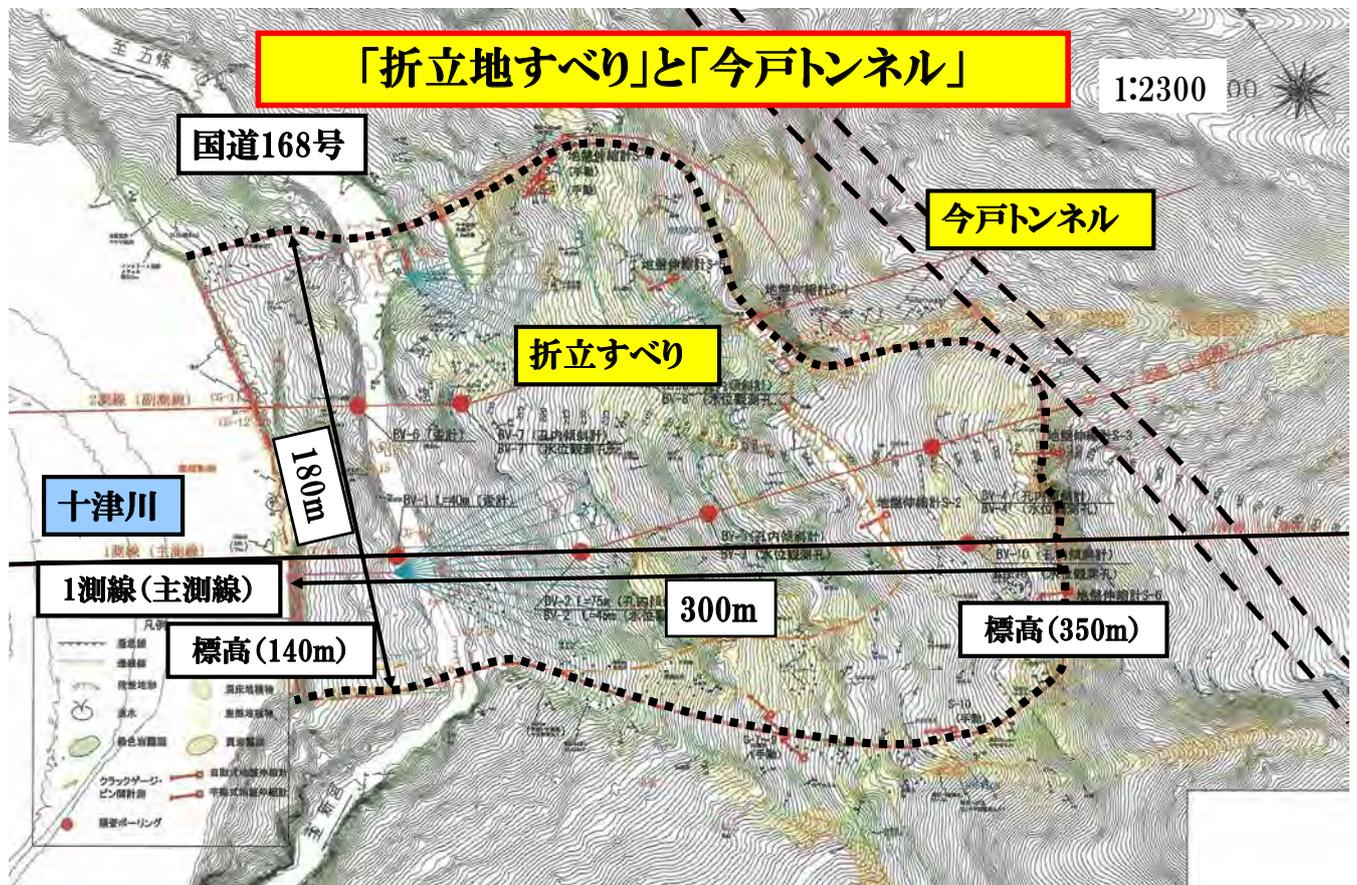
検討会の目的:

- ① 国道168号和歌山・奈良県境～五條市間全線の防災対策の
方針の立案
- ② 折立地区を中心に事業進行中の十津川道路(今戸トンネル
等)区間における地すべりの危険性の把握と対策



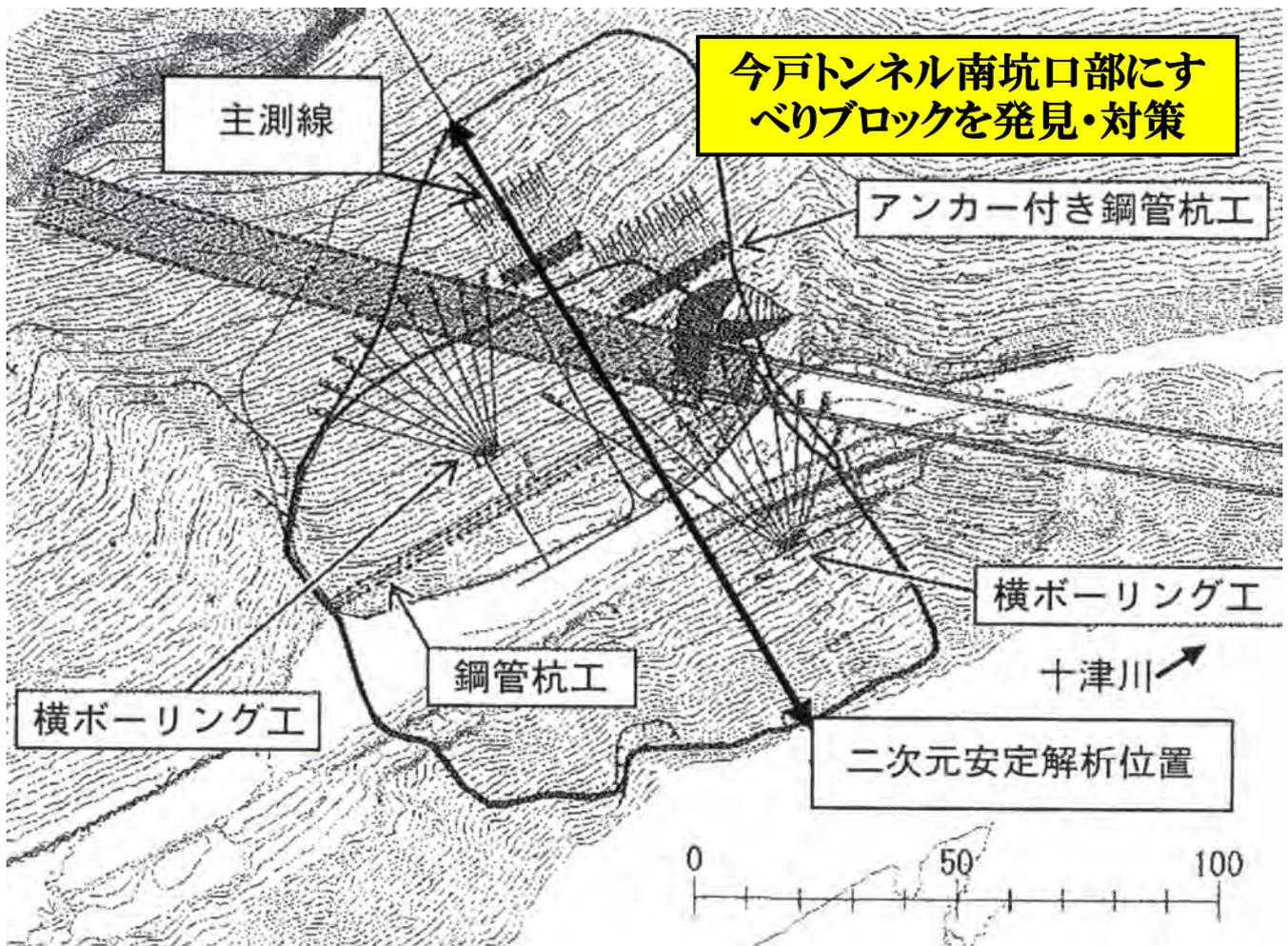
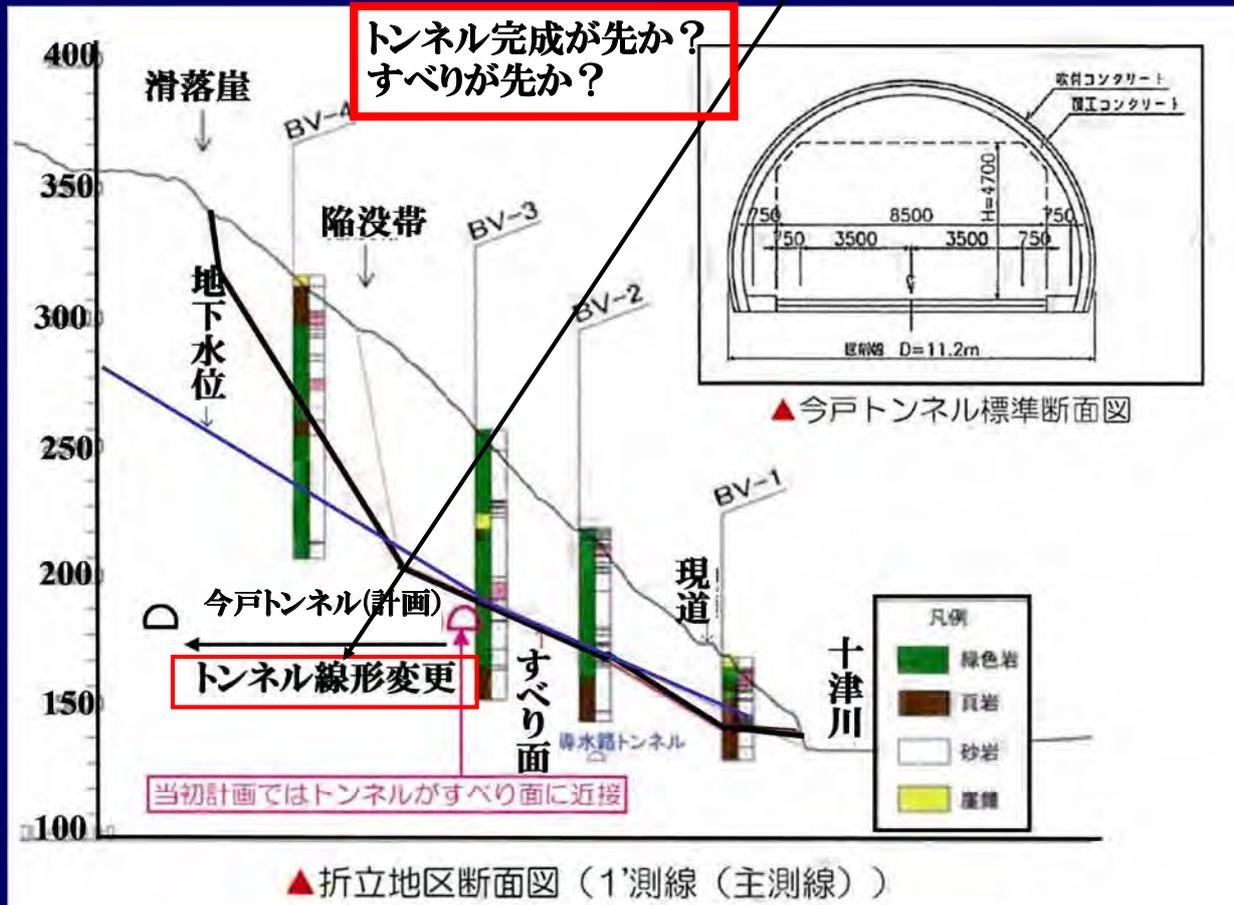


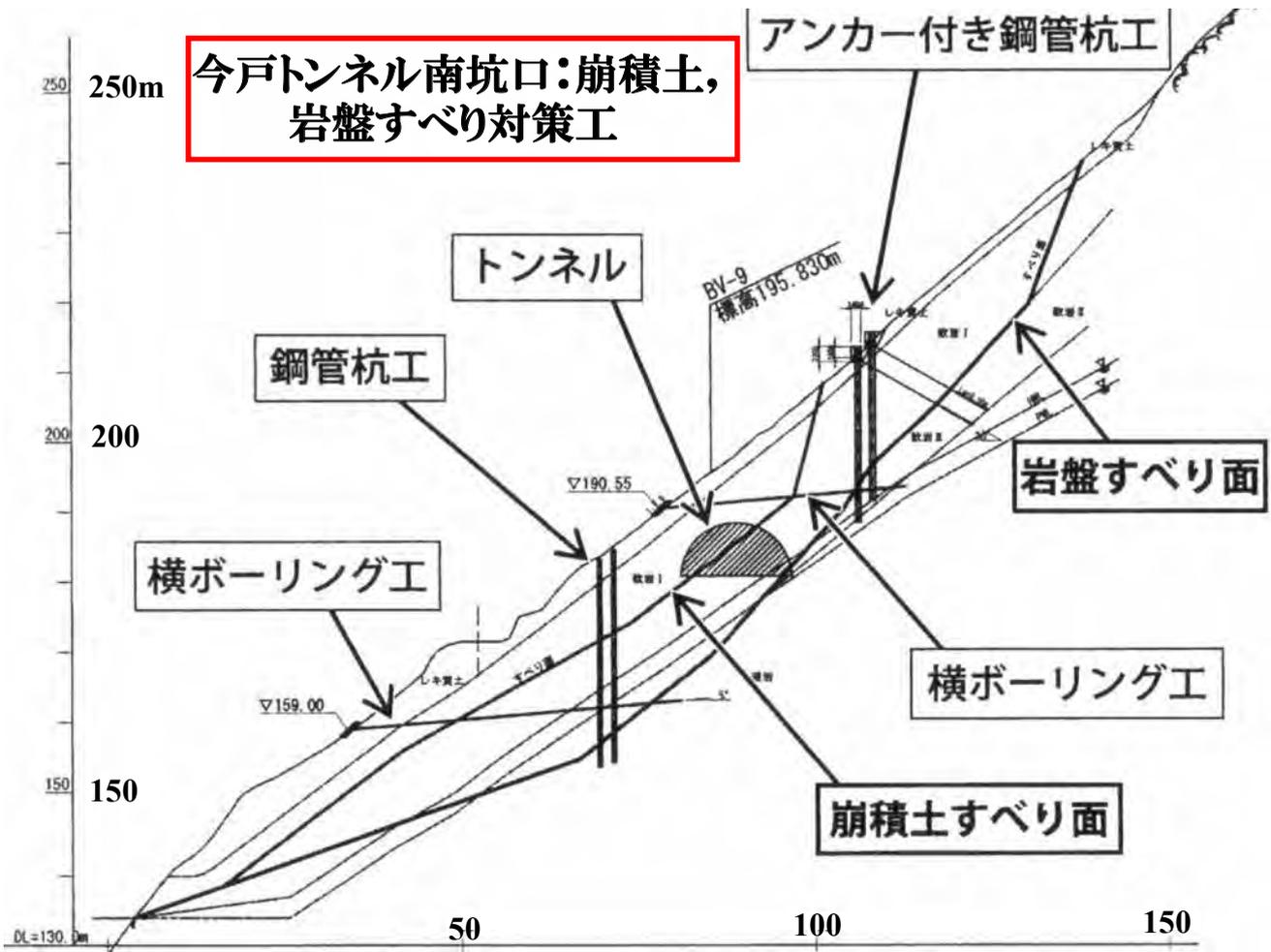
十津川道路区間「国道168号」における2006年以降の土砂崩壊による通行止め状況：迂回路が無く、十津川道路の建設が急務である。



折立地区の地すべり：対策工として、地下水排除工を実施し、施工後は効果判定およびモニタリングを実施すること。

折立地すべりと今戸トンネル:断面図 トンネル線形を変更







2011.9.2~4:紀伊半島大災害

折立すべり発生



現道の被災状況



2012.9.19供用予定

前倒しで供用

今戸トンネル
南坑口

間に合った!



今戸トンネル北坑口

今戸トンネル

車線幅:3.5m

168号線を生かし続けるということで道路改良事業

D4 国道168号線と最近の斜面崩壊

最近の斜面崩壊

- ① 十津川村桑畑 (2015年7月19日)
- ② 五條市西吉野町西野 (2016年4月14日)
- ③ 五條市大塔町小代 (2016年5月16日)

十津川村桑畑



桑畑地区 斜面崩壊 2015年7月19日



桑畑地区 斜面崩壊が拡大 2015年7月21日



近畿地整道路防災ドクター足立 現地に 2015年7月25日



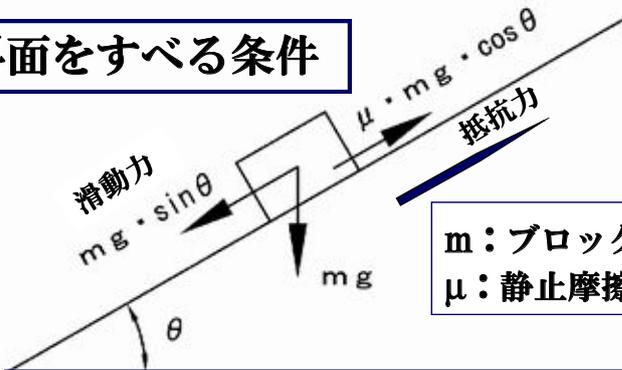


桑畑地区 斜面崩壊拡大 2015年7月31日



村長：どうしたらよいのでしょうか？

斜面をすべる条件



$$mg \cdot \sin\theta > \mu \cdot mg \cdot \cos\theta$$

$$\sin\theta / \cos\theta = \tan\theta > \mu$$

m: ブロックの質量
μ: 静止摩擦係数

$$\mu = 1,$$

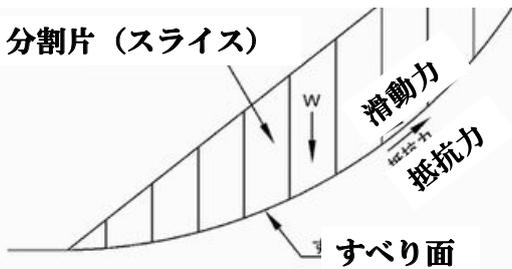
$$\tan\theta > 1$$

$$\theta > 45^\circ$$

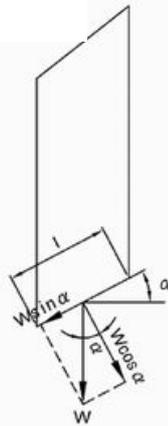
斜面上の剛体ブロックの力の釣合い

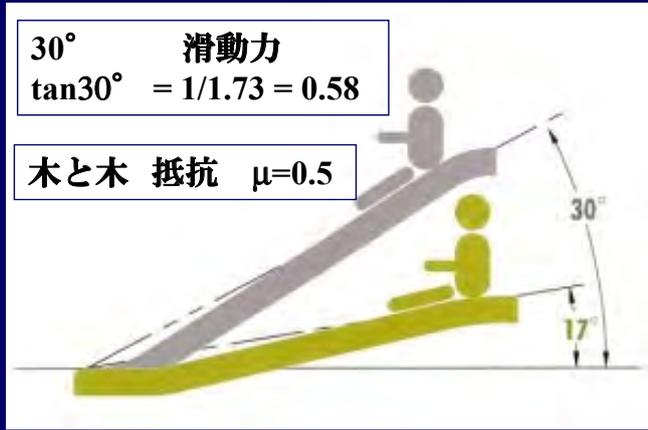
静止摩擦係数

石と土	0.5~0.6
土と土	0.25~1.0
レンガ・レンガ	0.6~0.7
布地と布地	0.44
木と木	0.5 (乾)



円弧すべり：すべり土塊の分割とスライスに働く力





桑畑地区 片側交互通行 2015年9月17日

約2ヶ月不通



恒久対策ではない：一時的復旧であると認識すべき

五條側



新宮側

災害：寺田寅彦

「人間は、何度同じ災害に会っても決して利口にならぬものであることを、歴史が証明する」

D5 国道168号 土河屋(つちごや)トンネル

奈良県と和歌山県の県境直近の、和歌山県田辺市本宮町土河屋地内の山地を南北に貫いて建設された、全長970mの二車線道路トンネル(幅10.5m、高さ4.7m)である。

2004年(平成16年)3月に竣工、2005年(平成17年)3月供用。

2012年(平成24年)7月11日 覆工変状確認、2012年7月17日 通行止め開始。

2012年7月19日:道路防災ドクター(近畿地整)に和歌山県から要請:足立現地視察:

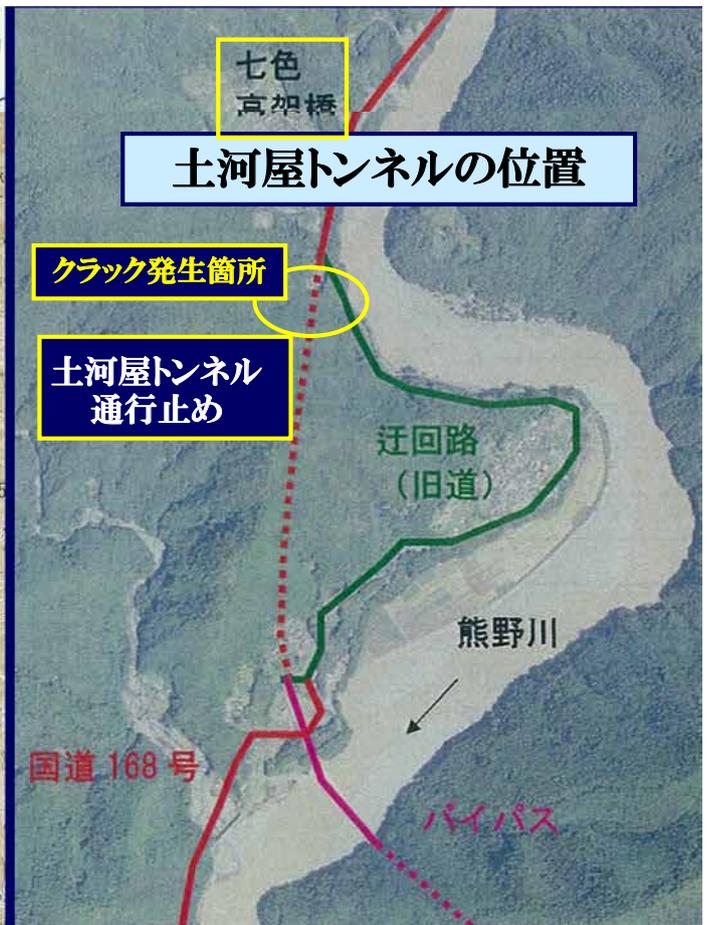
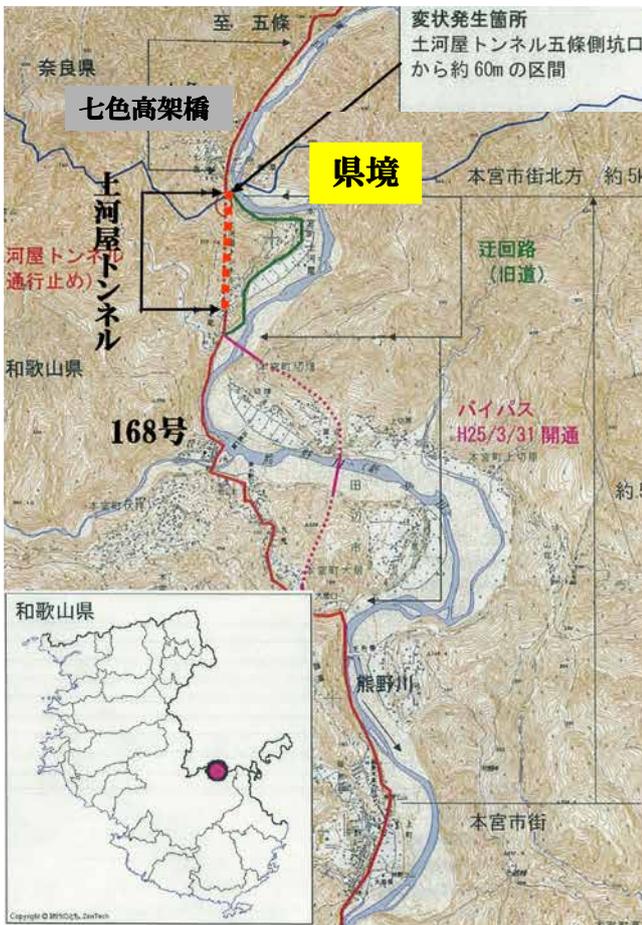
2012年11月2日:168号線委員にも見てもらい、委員会の設置を進言。

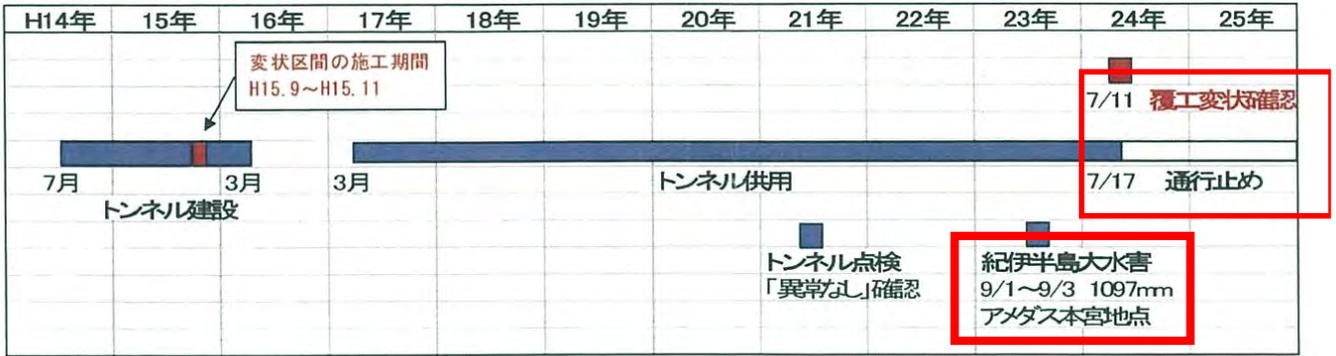
2013年(平成25年)5月23日 土河屋トンネル安全対策検討会を設置。

メンバー:深川立命教授, 真下道路構造物研究部長, 砂金(いさご)道路技術研究グループ上席研究員, 林和歌山高専准教授, 先本近畿地整道路保全企画官, 足立

4回の会合の後

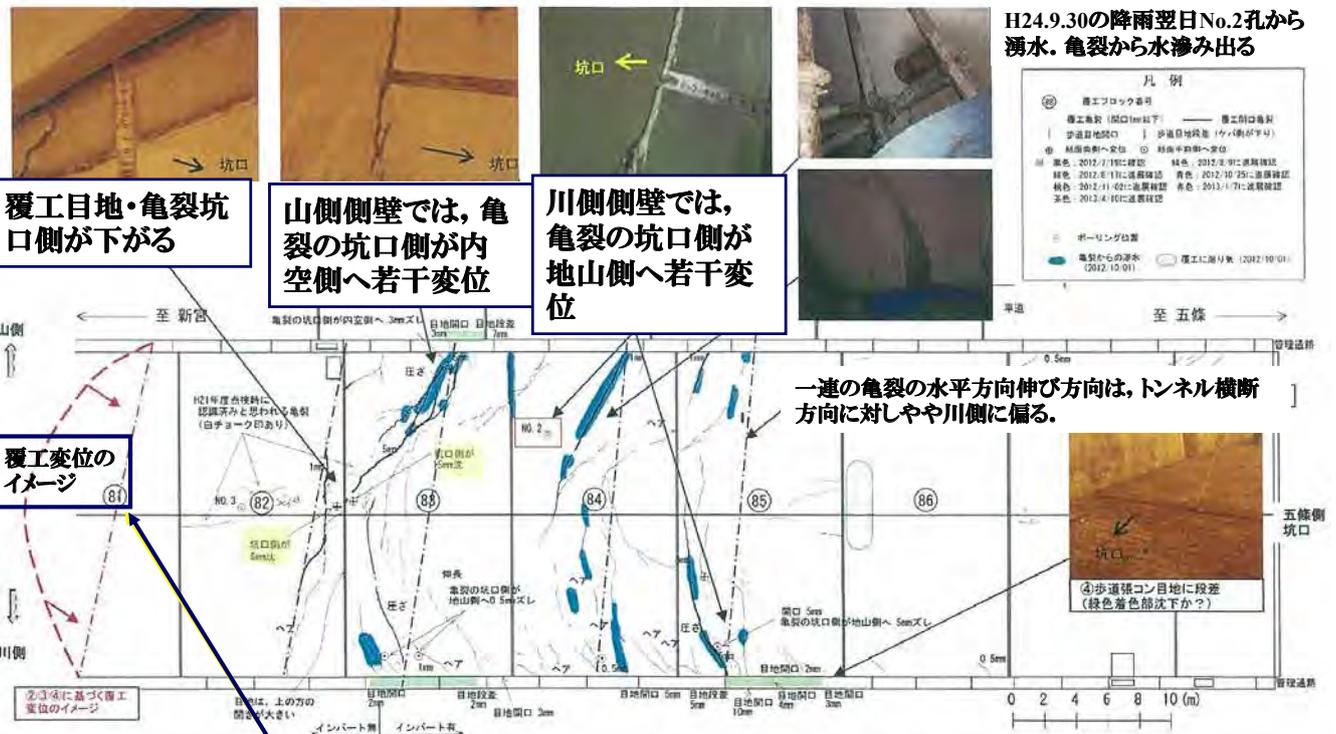
2014年(平成26年)12月1日13時 通行止め解除。



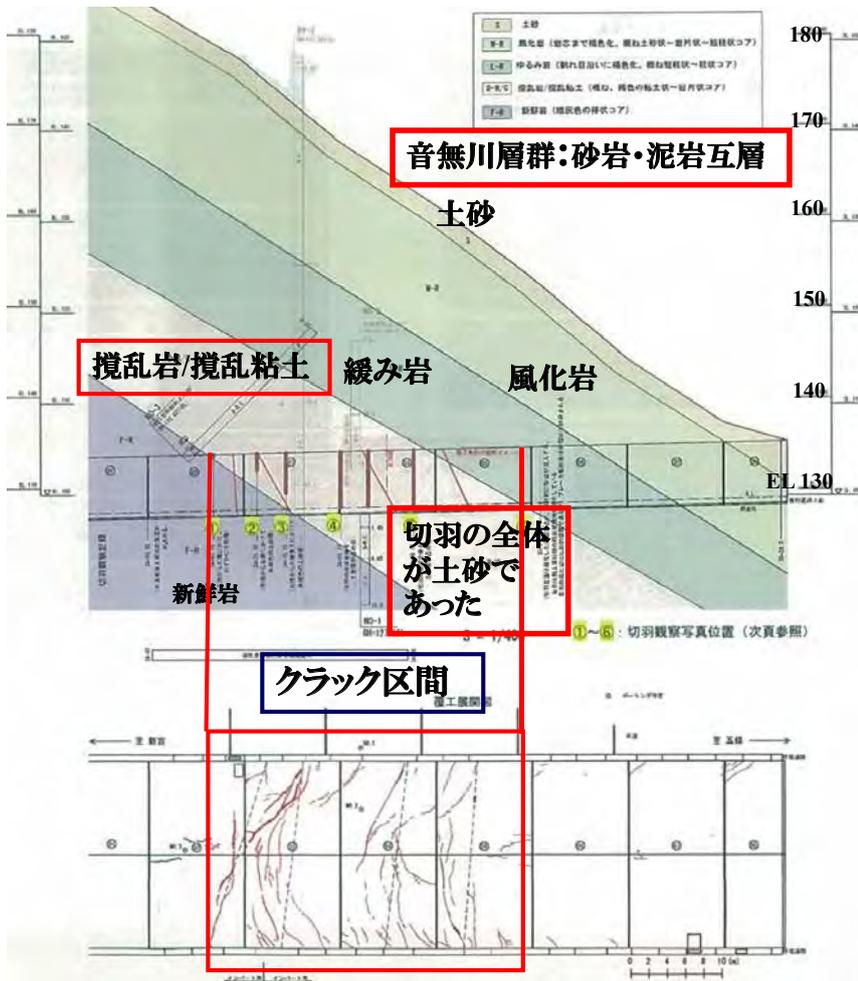


項目	内容	平成24年					平成25年				
		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
調査	縦断測量、亀裂計測	H24/7月~10月 1回/1週頻度					H24/11月~ 1回/1月頻度				
	ボーリング調査(坑内)	11 NO1,2,3					22				
	ボーリング調査(坑外)	18 BV1,2,3					9 BV4,5				
	孔内計測調査	3					H24/10月~1月 1回/1週頻度 H25/2月~4月 1回/1月頻度 5月~1回/1				

土河屋トンネルの建設, 供用, 覆工変状発見, 通行止め:
平成23年9月1日~3日: 紀伊半島大水害: 1097mm: アメダス本宮: 誘因?



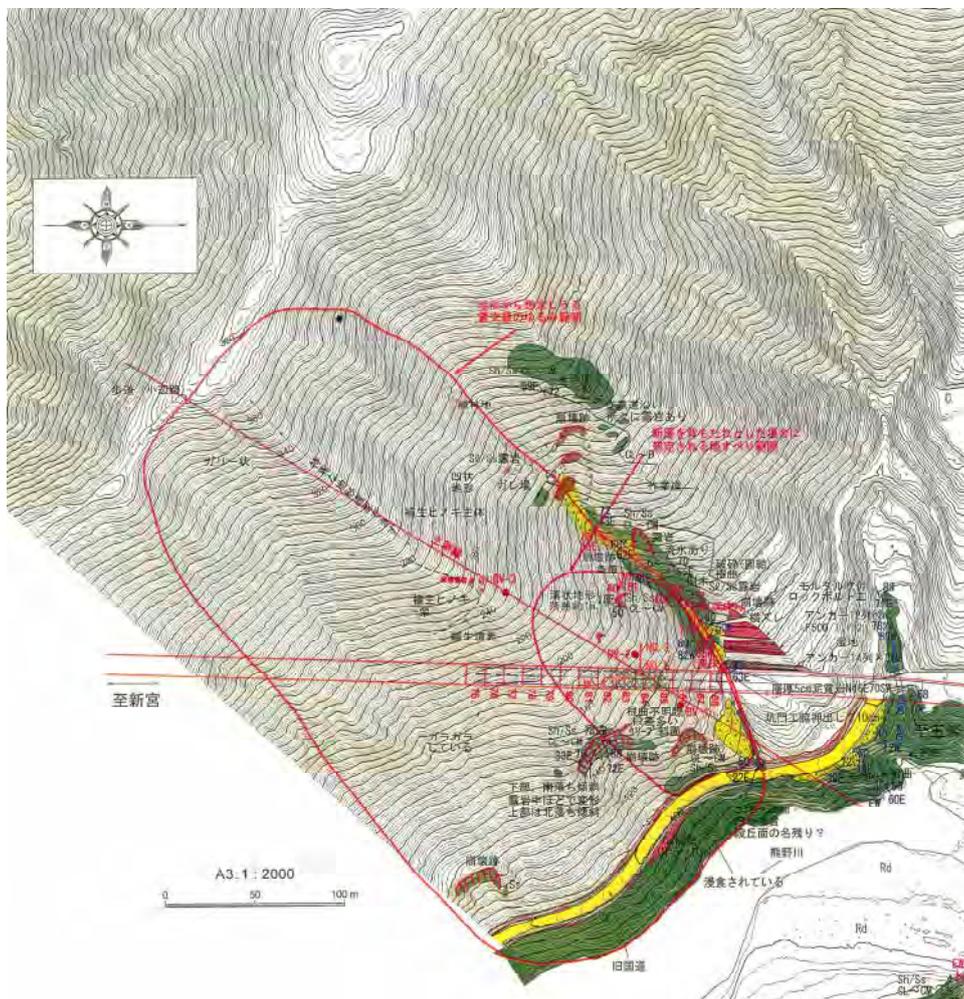
横断クラックが主: ① 覆工目地・亀裂坑口側が下がる, ② 山側側壁では、亀裂の坑口側が内空側へ若干変位, ③ 川側側壁では、亀裂の坑口側が地山側へ若干変位, ④ H24.9.30の降雨翌日No.2孔から湧水。亀裂から水しみ出る, ⑤ 一連の亀裂の水平方向伸び方向は、トンネル横断方向に対しやや川側に偏る。



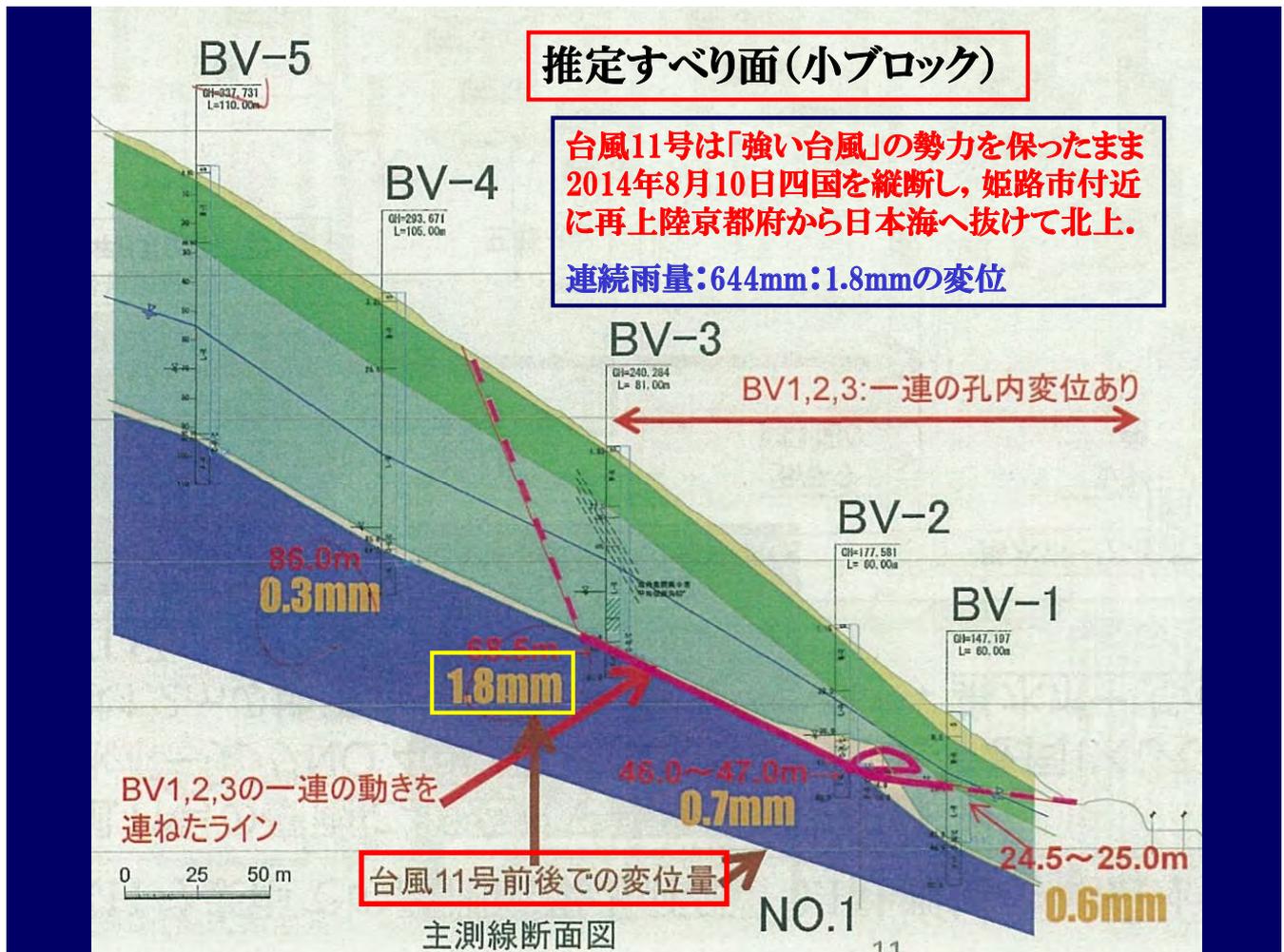
地質: 砂岩・泥岩互層

上から:
土砂,
風化岩,
緩み岩,
攪乱岩(攪乱粘土),
新鮮岩

クラック発生区間:
攪乱岩:
掘削時切羽の全体が土砂であった。



**推定すべりブロック
大, 小ブロック**



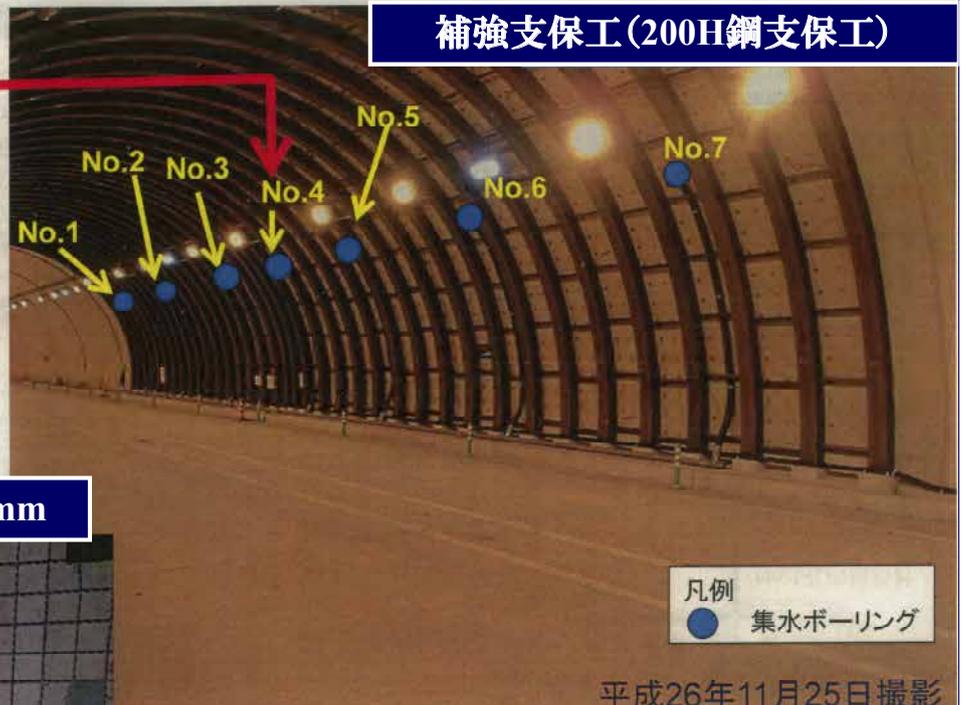
トンネル対策工

集水ボーリング工:7孔



集水ボーリングNo.4出水状況
(平成26年10月14日撮影)

補強支保工(200H鋼支保工)



剥落防止ネット工:25mm



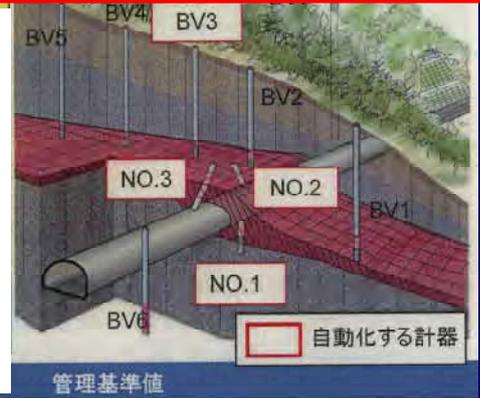
トンネル壁面の変状観測が可能な範囲で、網目の細かい25mmの金網を設置

通行止め解除に向けた観測・監視体制：支保工応力，地中変動

・地中変動計測の管理基準値は、地すべり地における管理基準値の事例から適用。運用しながら変位量やトンネル変状程度に応じて管理基準値の見直しを行なうこととする。

・基準値超過時の対応方針
 「現地確認基準」・・現地を確認し、交通支障となる現象の有無を確認する。「通行止め基準」・・直ちに通行止めを行なう。

・Webカメラの活用
 管理基準値超過時や大雨時など、リアルタイムで現地状況の確認に活用。



計測対象	孔番	項目	頻度	自動	現地確認基準	通行止め基準	基準値の根拠
支保工 応力	-	H鋼歪計	1回/月	-	許容応力度を超過	許容応力度の150%を超過(短期強度)	変動量から応力度を算出し、鋼材の許容応力度と比較・評価 道路土工 仮設構造物工指針
トンネル内 地中 変動	No.2	岩盤変位計	1回/時間	○	1mm以上/10日	5mm以上/5日	地すべり観測便覧P405(孔内傾斜計/施工段階の地すべり計測 高速道路調査会(昭和63年2月))
	No.3	パイプ歪計	1回/時間	○	100μ/日以上	2000μ/日以上	地すべり観測便覧P404(パイプ歪計/施工段階の地すべり計測 高速道路調査会(昭和63年2月)、西嶋1991)
トンネル内 地中 変動	No.1	孔内傾斜計	1回/時間	○	1mm以上/10日	5mm以上/5日	地すべり観測便覧P405(孔内傾斜計/施工段階の地すべり計測 高速道路調査会(昭和63年2月))
	BV-3	孔内傾斜計	1回/時間	○	1mm以上/10日	5mm以上/5日	地すべり観測便覧P405(孔内傾斜計/施工段階の地すべり計測 高速道路調査会(昭和63年2月))

土河屋（土小屋）トンネル 2014.11.26 最終委員会

奈良県側



クラックゲージ



いずれ破壊の可能性あり。
新たな線形を検討しておくこと。

当面の保生



D6 国道168号で道路改良の線形が決まった工区と検討中の工区

- 長殿工区 (決定：国代行)
- 風屋川津工区 (ほぼ決定：国代行)
- 坂本工区 (決定：県)
- 十津川Ⅱ期工区 (検討中：?)
- 新天辻工区 (検討開始：?)

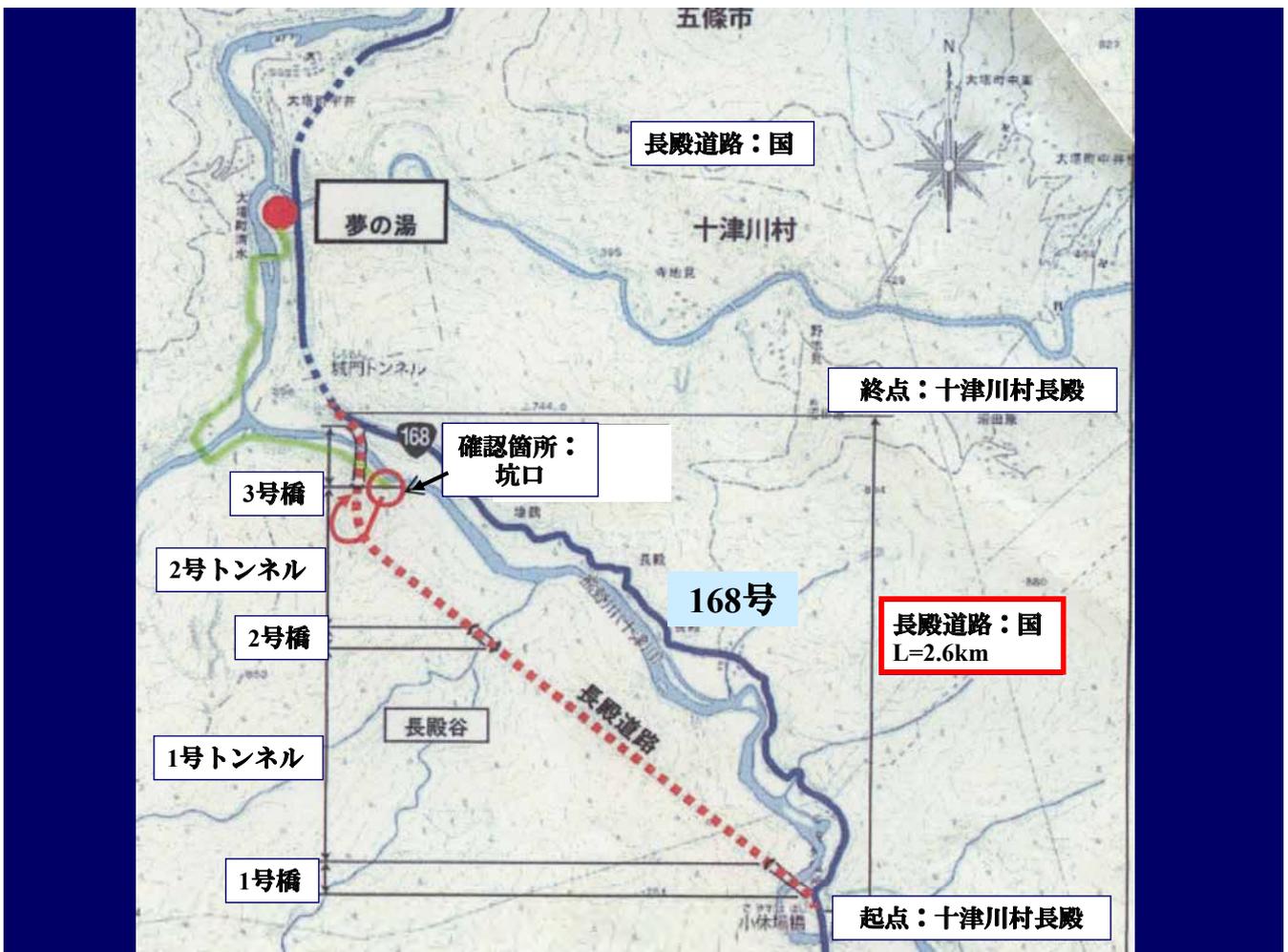


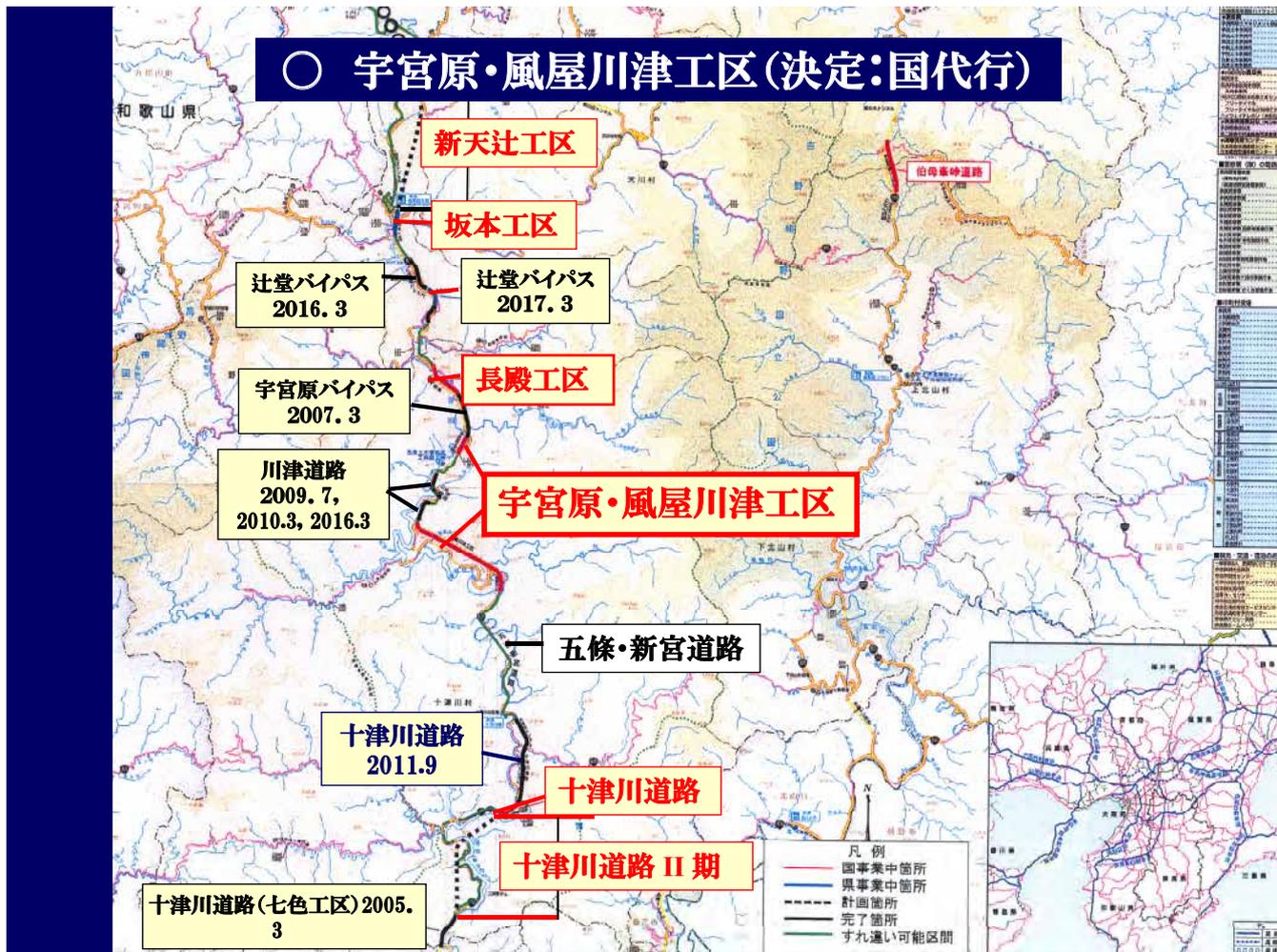
長殿道路 (L=2.6km)

奈良県吉野郡十津川村長殿



平成22年の長殿道路の検討：道路拡幅



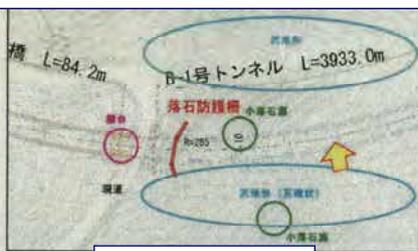


① トンネル坑口位置の再検討：平成25年第1回現地検討会

○ トンネル坑口が沢地形に突っ込んでいる、山側の尾根部に入る線形が望ましい。

対策の考え方

○ ルート変更にあわせて線形を修正。



坑口：計画平面

② 津越野谷の深層崩壊リスク回避対策：平成26年現地検討会

○ 周辺にすべり崩壊地形があるので、谷底だけでなく斜面の上部と下部で地質調査を行い、すべり面を確認すること。

対策の考え方

○ 斜面の上部と下部で地質調査を行い、すべり面を特定。トンネル銃弾検討においてすべり面から2Dの距離を確保する。

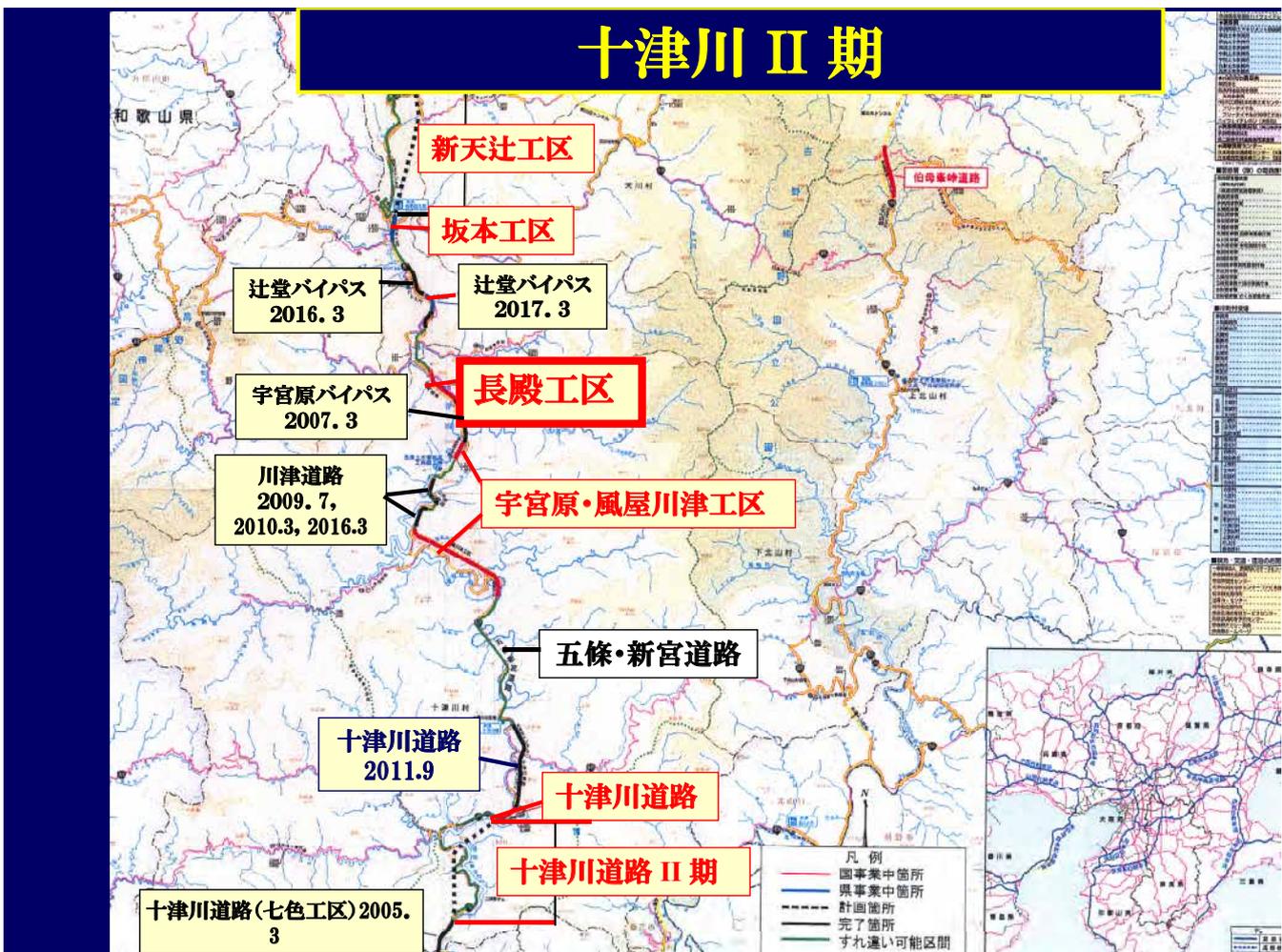


津越野谷部

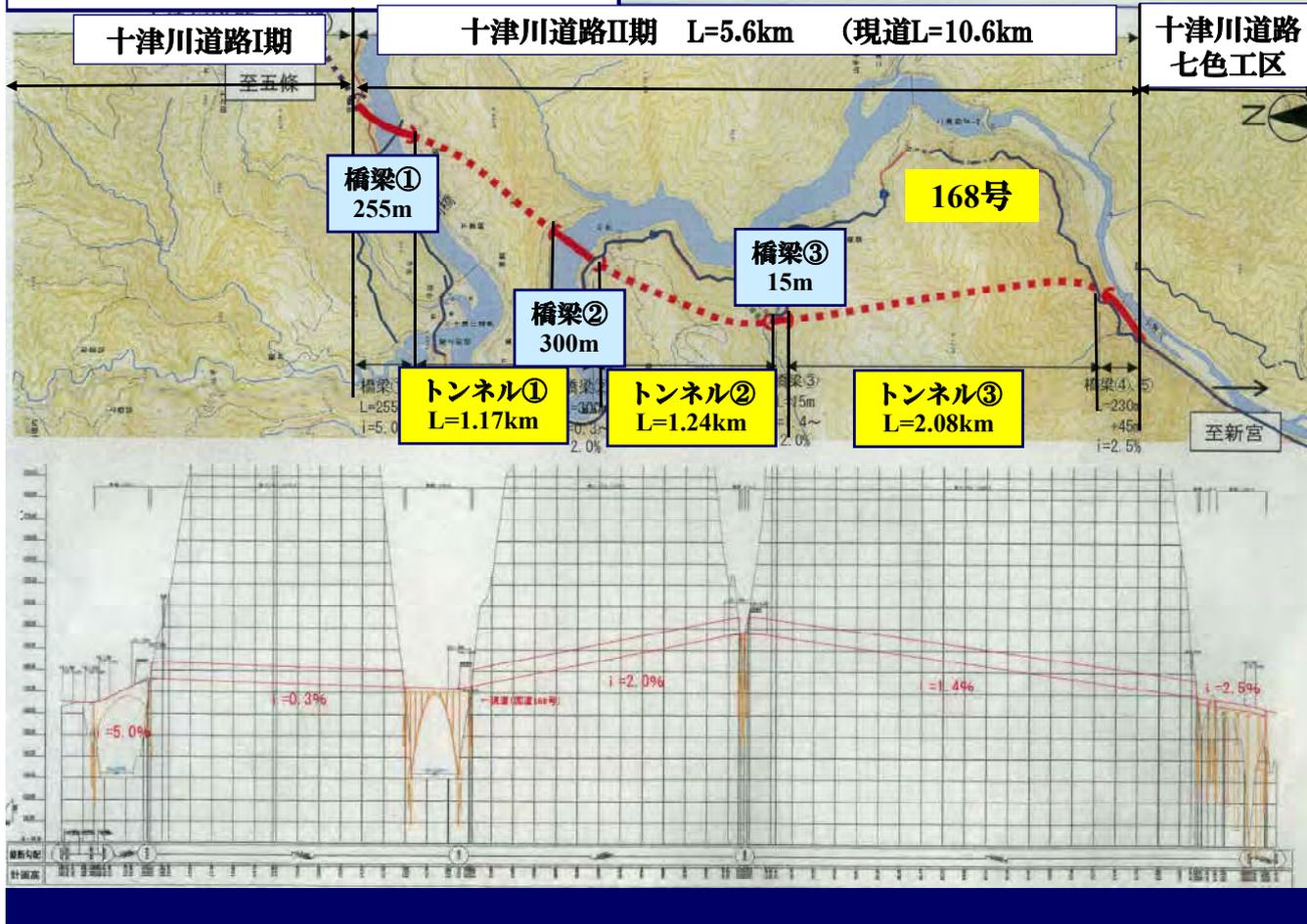


今後の予定

- 津越野谷部及びトンネル坑口部追加ボーリング
- 風屋集落～風屋ダム下流部区間のルート確認後、路線測量・道路予備設計
- ② 新ルートによる坑口部調査結果報告

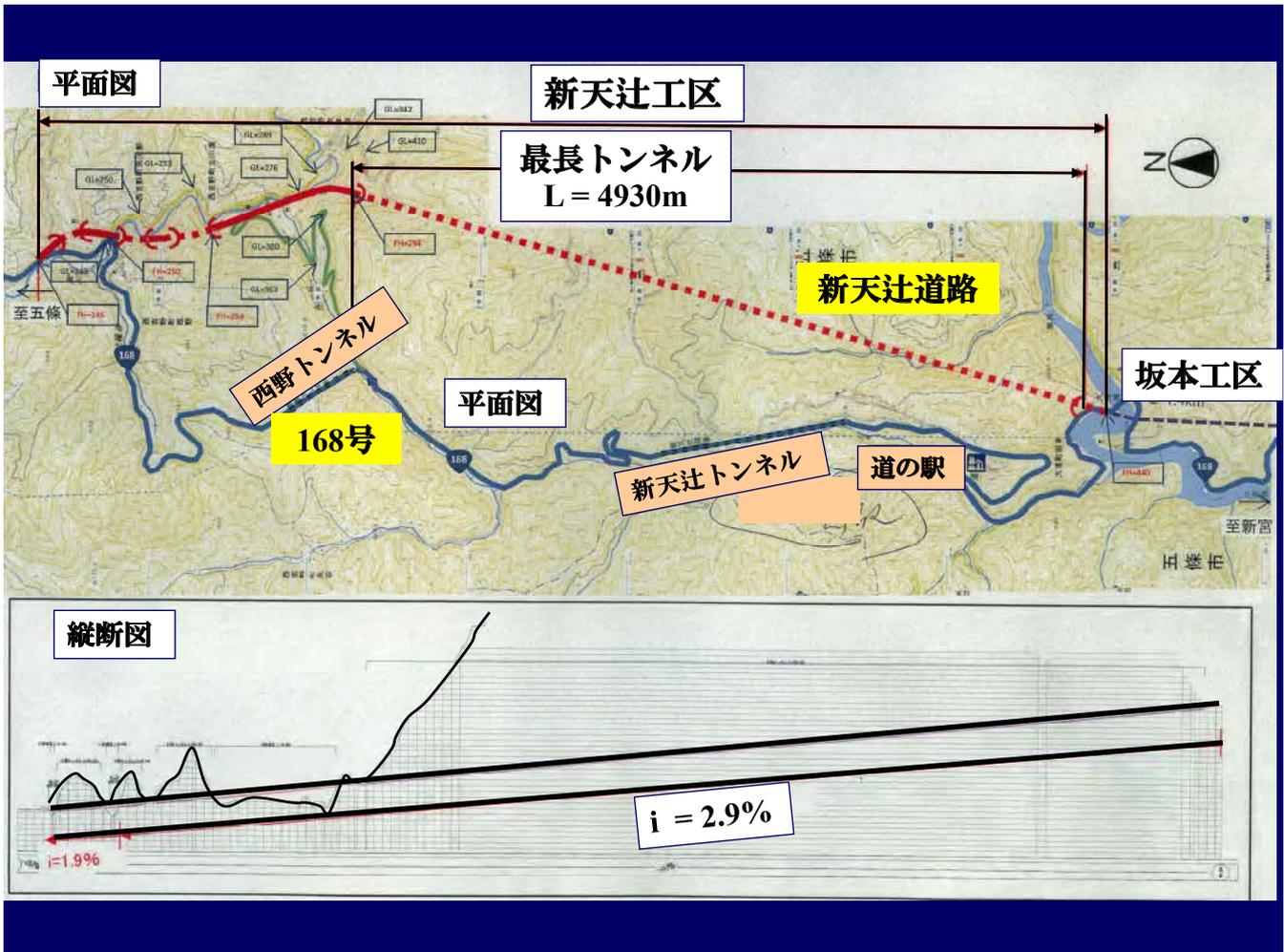


平成27年度防災検討会での提示ルート



新天辻 坂本





斜面崩壊の対応

トンネル+橋梁による幹線の建設





国道168号線は、知事管理の国道である。

現在、国土交通省近畿地方整備局奈良国道事務所と奈良県との連携で整備が行われている。

しかし、知事管理の国道でも168号線のような重要な国道は直轄国道とすべきである。

委員長最終提言

168号の1をとり直轄国道68号とすべきである。

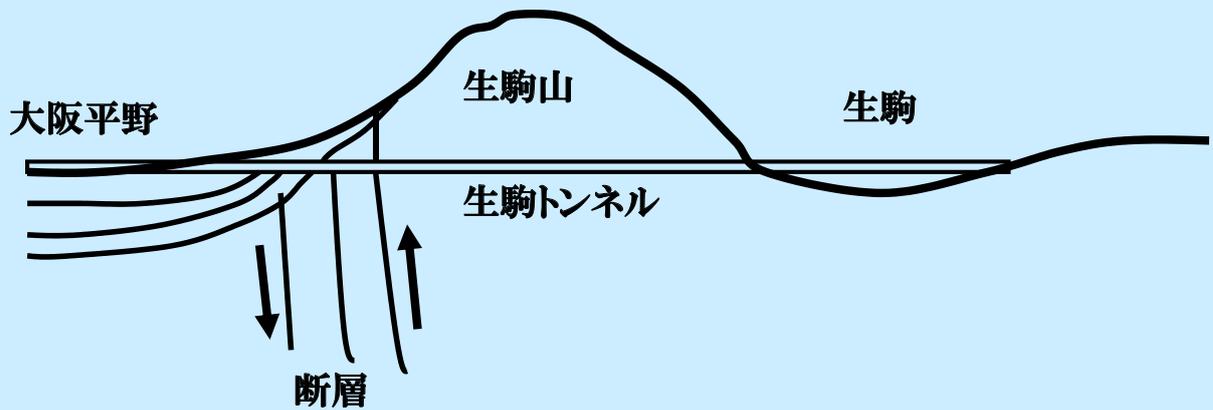
III. トンネル： 事故と対応

A 東生駒鉄道： 生駒トンネルの陥没事故

1985年(昭和60年)4月28日, 東生駒鉄道のトンネル掘削時に, 断層破碎帯において80mの土被りのもとで, 陥没事故が発生した. その原因は, トンネル壁面を起点として, 進行性パイピング破壊が発生し, 上方に進展して地表面までに達し, トンネル内への土砂流失と大規模な陥没が生じた. 石切神社の離れが呑みこまれたが, 人身事故なし.

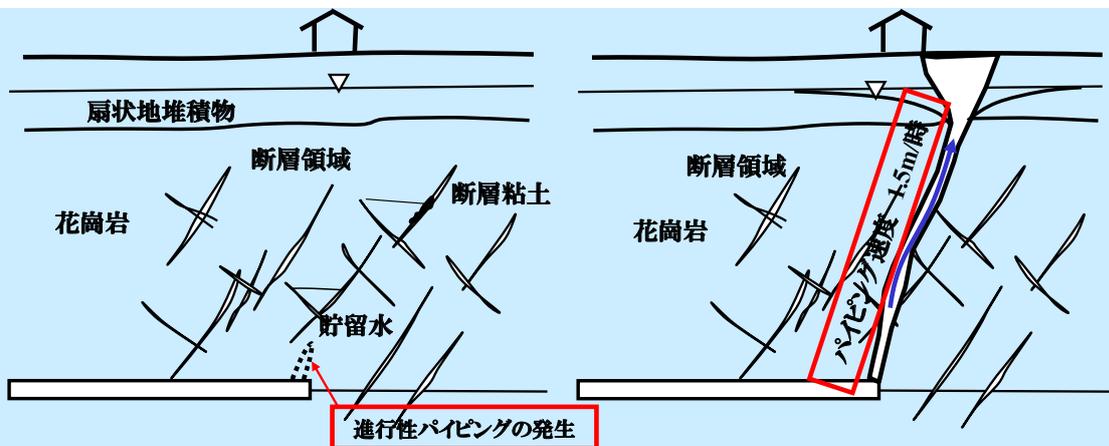
○ 事故調査委員会を設置 (委員)





幅4m, 高さ3.6mの先進導坑が1984年11月20日, 602m地点で 花崗岩に到達した。

- ・1985年(昭和60年)4月26日, 導坑が857mに達した時に, 切羽近傍の側壁上部が湧水を伴わず崩落した. 土砂流出事故の1日半前であった。
- ・4月27日2時, 80m³の土砂が突出, 湧水量は200l/分
- ・15時20分, 200m³の土砂が, 最大10t /分の湧水とともに突出
- ・17時, 大きな山鳴りの繰り返し
- ・4月28日13時15分, 泥流が音を立てて導坑内に流入, 80m上方の地表に直径6mの陥没孔が生じ, 次第に拡大して直径が21mとなった。



進行性パイピングによる崩壊発生機構

生駒トンネルのパイピング破壊の概念図である。破壊は、切羽近傍の崩落が引き金になり、地下水が貯留されていた断層粘土に沿って上方に進展していったと考えられる。

この事故から学ぶべきことは:

1. 先進ボーリングによる前方探査の必要性
2. 水抜き孔が必要

委員会は3ヶ月で終了

陥没直後視察に行った際の市会議員とのやりとり

市会議員：古老の伝え：マサで井戸が掘れない。このようなところでトンネルは掘れないのでは？

足立：水びたしの砂にトンネルが掘れますか？現在の技術ではトンネルが掘れます（水抜き、シールド）

市会議員：もっと調査をすべきだ。

足立：ボージャーが天王星付近。ボージャーはなぜ行けるのですか？

市会議員：???

足立：易しいからです。圧力が1気圧差、光も電波も届きます。しかし、ここでは水でも8気圧、地山の比重2とすると16気圧、光も電波も通らない。調査：ボーリングを一寸刻みにやっても、一寸先は闇。トンネルは横から前方探査をしながら進むが、一寸先は闇。したがって、たまには失敗することもある。

市会議員：???

B 上信越道路：幻の五日市トンネル

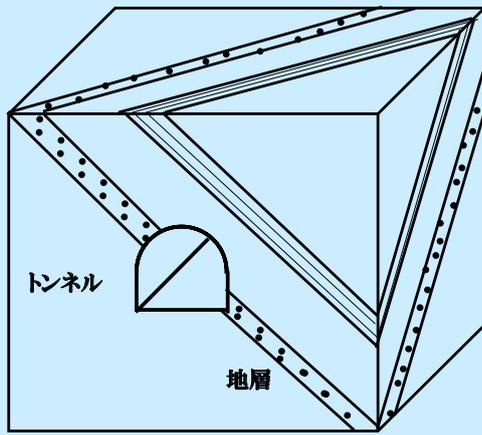
日本道路公団新潟建設局発注の上信越自動車道五日市トンネルにおいて、1996年(平成8年)8月29日23時頃に切羽後方約80m付近より突如崩壊が発生した。これより、切羽付近より坑口の手前50m付近まで約150m区間が崩壊土砂でトンネルが埋没した。

五日市トンネルの施工概要

当初の五日市トンネルの設計はNATMであったが、坑口部のDIII区間終了後、合理的施工法によるモデル施工を実施することとなった。合理的施工法は、ノルウエーで開発されたNMT(ノルウエー式トンネル工法)を参考として、施工速度の向上およびコスト低減を目的として試行した。

NMTは、切羽の地山分類をQ値で定量的に評価し、Q値にしたがって支保を決定・施工する。基本的に二次覆工を施工しないため、吹きつけコンクリートは高強度鋼繊維補強吹付けコンクリート(15cm)を使用し、金網は使用しない。ロックボルトは耐腐食性に優れたファイバーボルト(3m, 4m)を使用し、鋼支保工は使用しない。

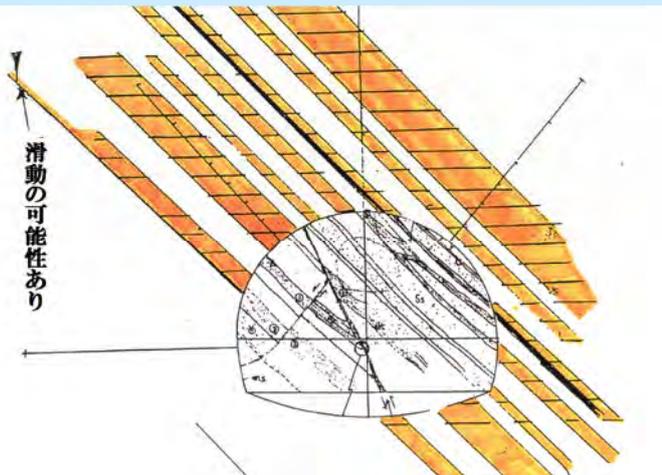
注) 五日市トンネルでは、二次覆工と計測を実施することとした。



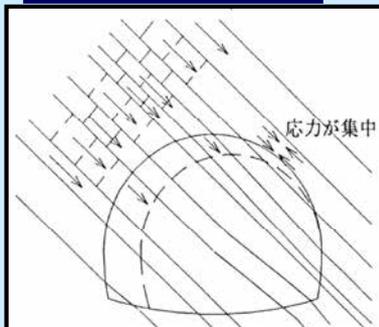
五日市トンネルの地質は、主として新第三系中新統に属する春日山層で、主として細粒～中粒砂岩(一部粗粒～極粗粒砂岩)からなり、中に礫岩およびシルト岩～泥岩を挟む。これらの砂岩およびシルト岩～泥岩はいずれも軟岩に相当する。

地質構造とトンネル位置との関係については、「地層は、北北東-南南西の走行を示し、図のように30～50度傾斜している。

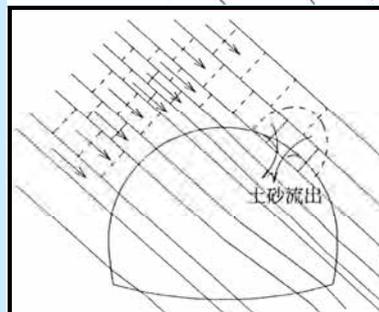
この地層構造とトンネル位置との関係は、左図のとおりであり、土圧は片側から作用することが予想される。



崩壊プロセス



① 地層が流れ盤で偏圧が作用した。

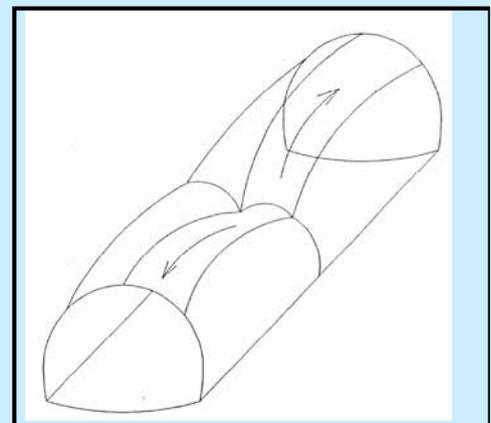


② トンネル掘削による内空変位、降雨による地山強度の低下、モンモリロナイトによる膨張圧等の誘因により地山内の層すべりを誘発した。

③ 谷側肩部の岩盤に応力が集中し、岩盤が崩壊した。

④ これに伴い天端～右肩の吹付けコンクリートが破壊し、一部土砂が流出した。

⑤ 土砂流出に伴い、天端部のゆるみ領域が拡大し、大きなゆるみ土圧が作用し天端部が全面崩壊した。



⑥ 天端部から多量の土砂が流出し、天端崩壊が軸方向に伝播した。

鋼製支保工の有用性： なぜ障子に棧があるのか？ なぜ竹に節があるのか？
掘削の定規になる、吹付けコンクリートの強度増大ならびに破壊の伝播防止

長友成樹氏の所感

定規の役も果たす鋼アーチ支保工類を設置しない吹付けコンクリートシェルは、余吹きも小さく綺麗なアーチとはなり難く波打つ(ウエーブ)ものとなって、アーチとしての強度は相当に割り引く必要があるのではないか。

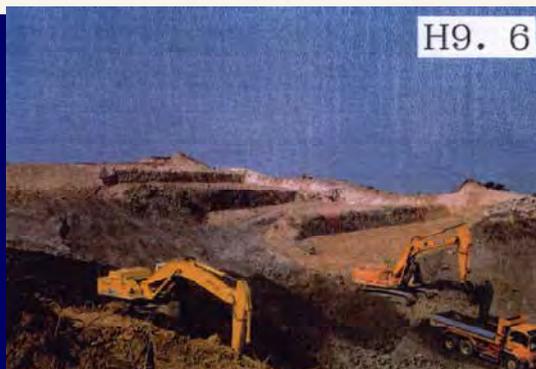
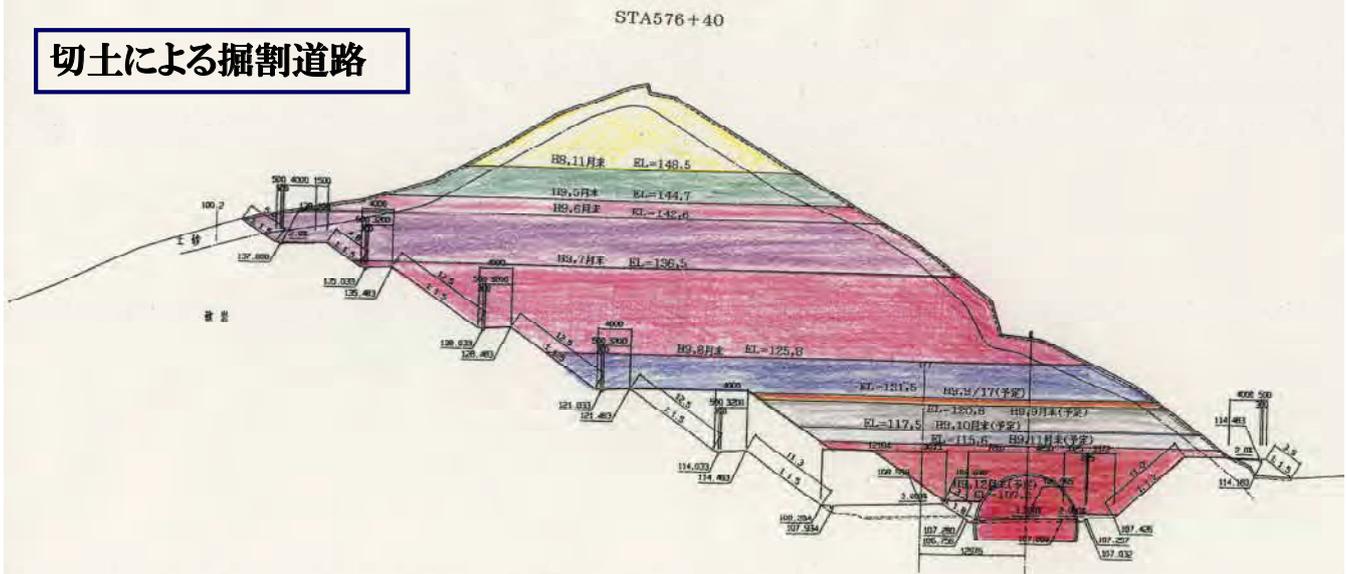
この地山は、30m立方程度のマスとしての変形係数はせいぜい10,000～5,000kgf/cm²と見られるので、地山等級はIV～VIの間で支保工土圧としては15～30tf/m²を考えるべき地山であり、土被りも小さく斜面下にあるので全土被りに近い30 tf/m²とすべきであろう。ロックボルトは+αと考えれば、支保工パターンとしては：

- 1) H-200, 間隔1.5m; 設計吹き厚20cm(余吹き5～10cm): 30 tf/m²
 - 2) H-150, 間隔1.5m; 設計吹き厚15cm(余吹き5～10cm): 25 tf/m²
 - 3) SFRS設計吹き厚25cm(余吹き10cm): 25 tf/m²
- のようなものが必要であったと感じています。

SFが入っていたため、破壊が瞬間的でなく、けが人が出なかったのが、幸いであった。

もし、人身事故となっていたら、私はタッチしない。と西尾理事に云った。

切土による掘割道路



トンネルが消え、掘割道路に：設計変更で創生



- 9.02 道路公団 三浦克氏からTel. 至急現地に。
- 9.03～9.04 道路公団舞鶴道の斜面検討委員会(舞鶴)
- 9.04 奥園先生と上越市に向かう。車中で トンネルをやめ掘割道路：暫定2車線を4車線分掘削することに決める。
- 9.04 20時 宿に到着 翌日現地調査

C 北陸新幹線：飯山トンネルの陥没事故

2003年(平成15年)9月11日 北陸新幹線飯山トンネル上倉工区で、切羽後方肩部の崩壊が、同日午前3時5分から同日の22時5分の19時間の間に相前後して4回発生した。このうち、3回目および4回目のものが比較的大きく、全流入土砂量は30,000m³に達し、坑内の施工機械を流失させた。

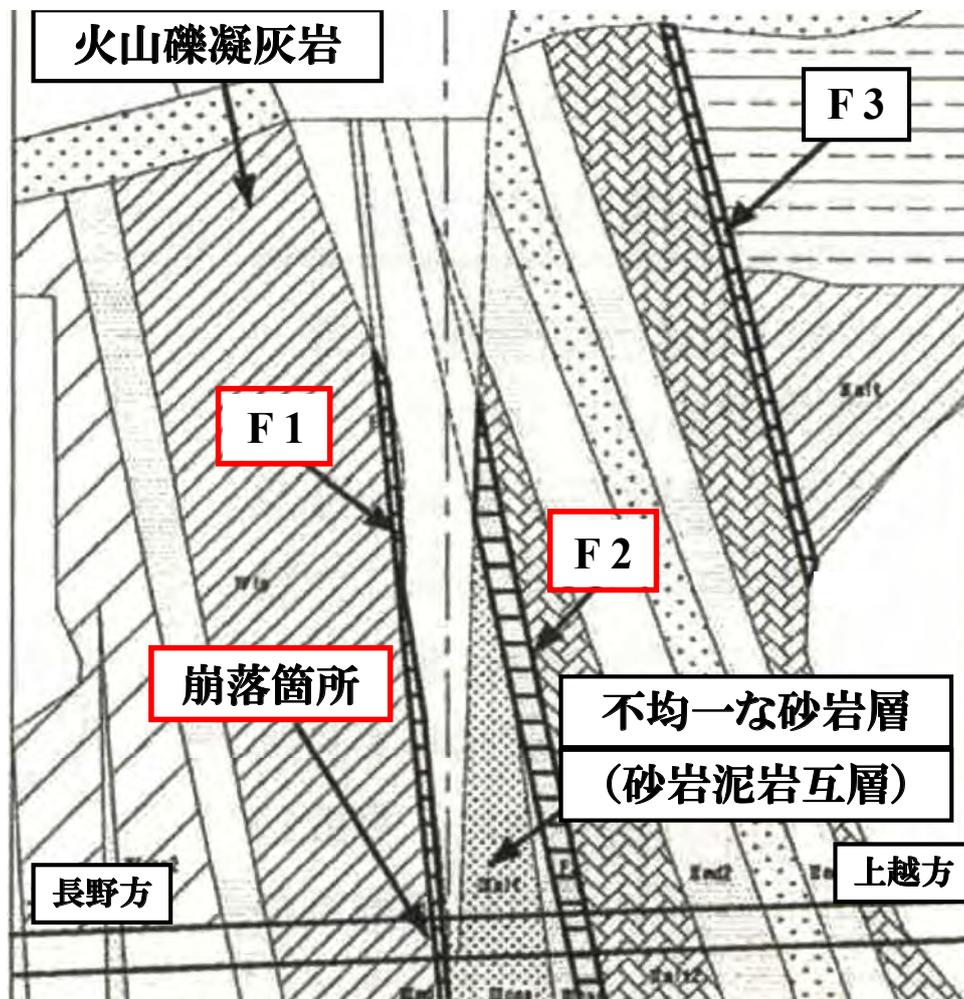
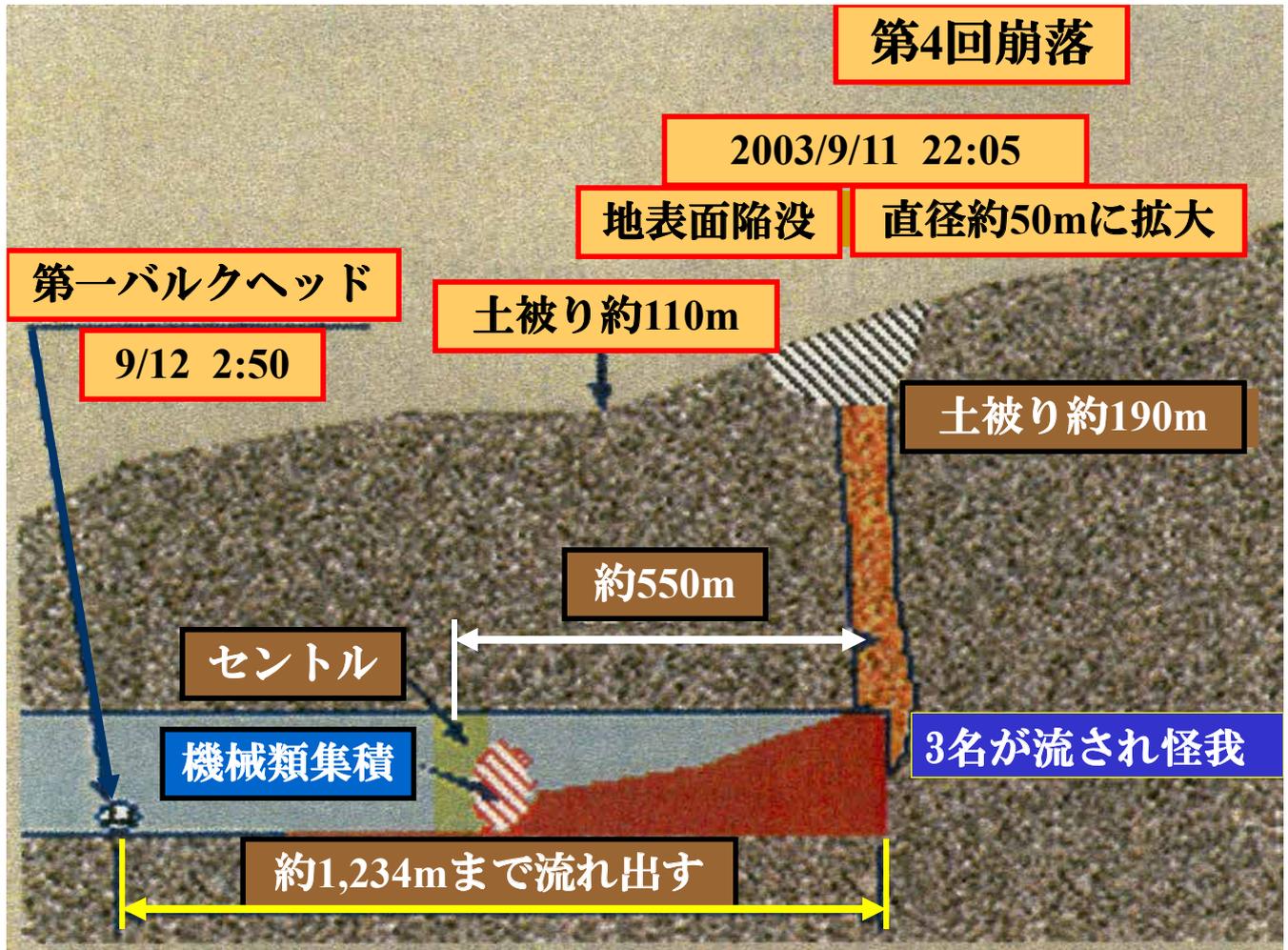
また、地表部の陥没孔は第2回目の崩壊後に確認され、順次拡大していった。3名の作業員が怪我をしたが、死者が出なかったのは奇跡と云える。



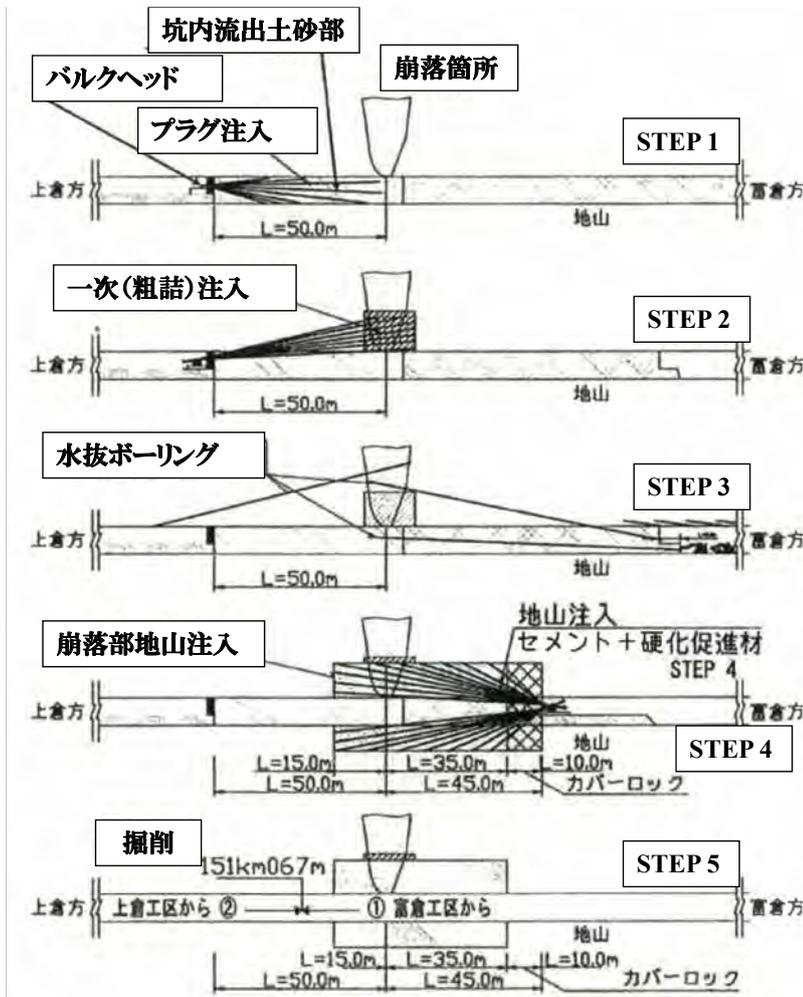
第1回崩落時



190m上の地表における陥没孔



陥没部付近地質
縦断図
火山礫凝灰岩
断層:F1, F2, F3
断層破碎帯



復旧計画ステップ

(1) 事故原因について

事故後の詳細な地質調査:切羽周辺に3つの断層(F1, F2, F3)が存在. 切羽面に現れたF1断層には薄い泥岩等が認められた.

この断層間の狭い領域には破碎・変形した未固結状の脆弱な砂岩層が存在. この砂岩層中には高水圧水が溜まっていた.

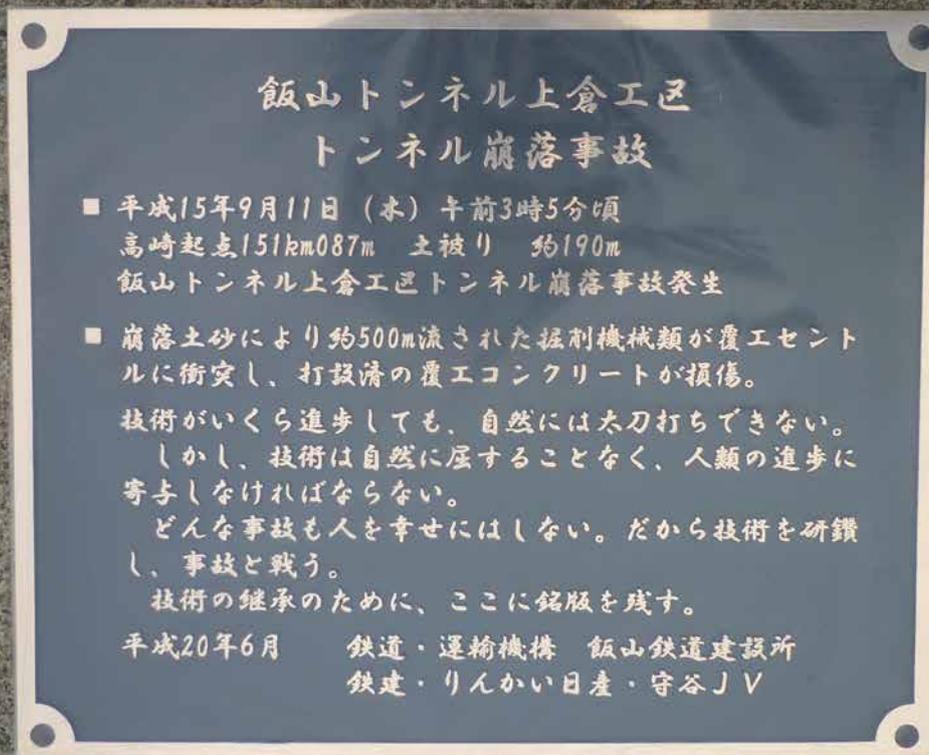
不透水層である泥岩が,トンネル掘削により薄くなり, 高い水圧によって最初に破壊した. さらに, その背後の未固結な砂岩層が地下水と共に流出し, 大崩壊が発生したと推定される.

(2) 事故の予見について

上倉工区では先進ボーリングを実施し, 安全性を確保しながら施工を進めてきた. 当該箇所についても切羽の左右にそれぞれ2孔のボーリングが先行していた状況にあった.

しかしながら, 上記のように崩落の主体と推定される脆弱な砂岩層は, 2つの断層に挟まれ, かつ狭い範囲に限られる. しかも性状は極めて不均質なものであったため, 事前には事故につながる原因の把握が困難な状況であったと判断した.

崩落箇所：パネル？ 問題があった個所に名盤を、保生に活用



飯山トンネル他特別委員会 委員長

記者会見

委員長：委員長として不明を恥じている。怪我をされた
3名の方々の早期の回復を祈っている。

委員長：膨張性地山で、膨張性を気にしており、重力のあ
ることを忘れていた。

記者：膨張性とは何か？

委員長：膨張性は、山が押してくる。やりとりが続く。

記者：理解できない。 結果：トンネルが膨らんだと考え
たようだ。

記者会見は、膨張性論議のみで終わった。

D 東北新幹線：牛鍵トンネルの陥没事故

2005年(平成17年)5月31日23時30分:東北新幹線牛鍵トンネル(全長2070m)で、施工中の切羽後方480mで大規模な崩落が発生し地表部を大きく陥没させた。

上半切羽から460m後方の崩壊箇所は、インバートコンクリート敷設作業のため底盤掘削が実施され、翌日のコンクリート打設を待つ状態にあった。

吹付けコンクリートの破壊音が聞こえたことから、直ちに坑内作業員を退避させたところで、轟音とともに崩落が始まった(23時30分)。トンネル坑口を閉鎖後、地上部を確認したところ田畑部が陥没していた。

事故対応

5月31日:陥没

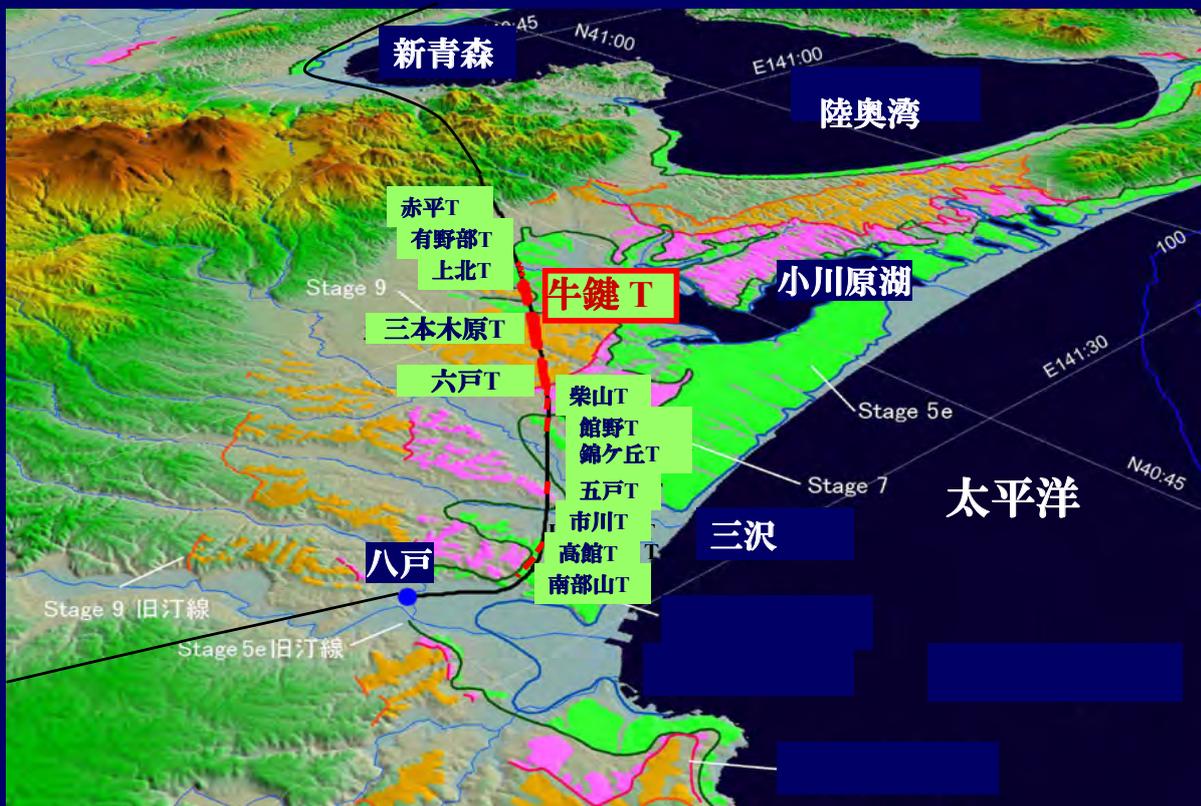
6月4日:第1回事故調査委

6月10日:第2回委:最終委

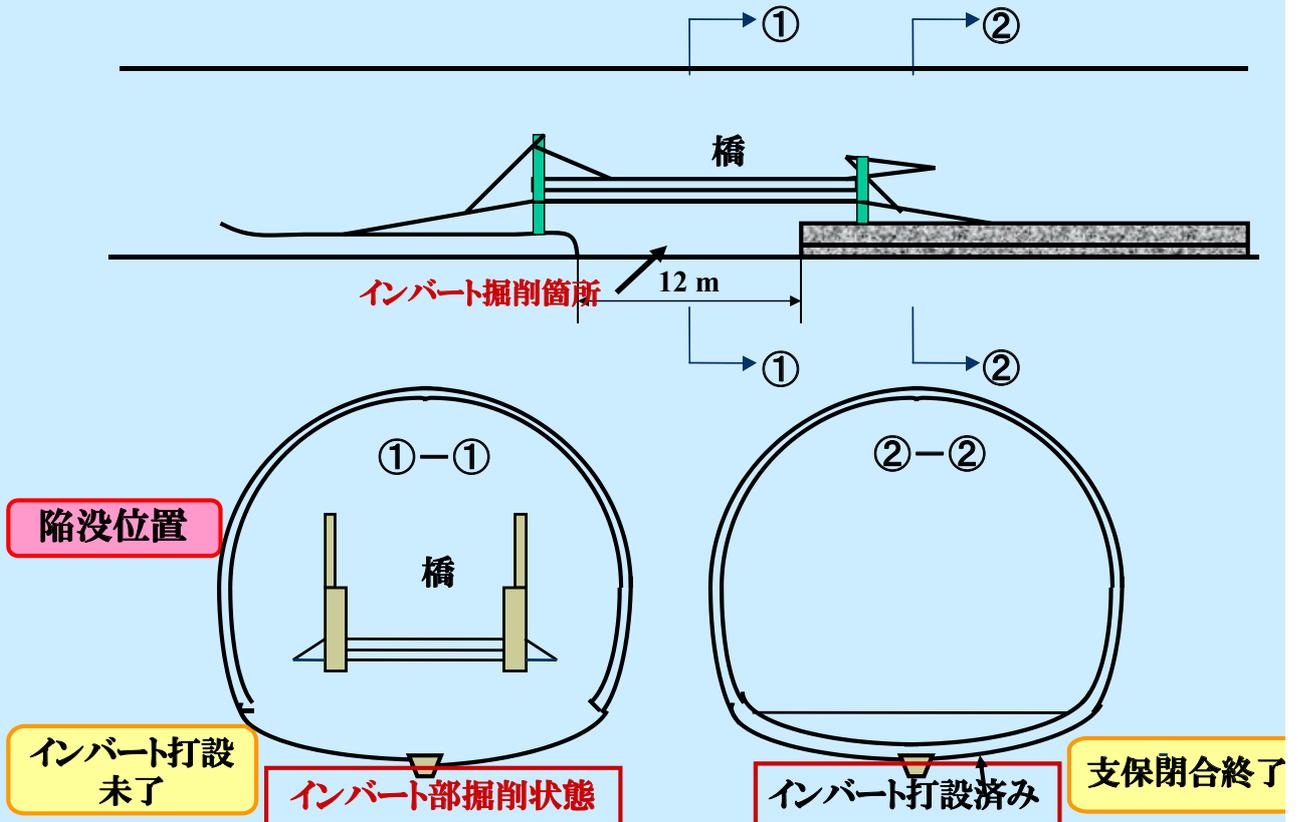


地形とトンネル群：牛鍵トンネル位置

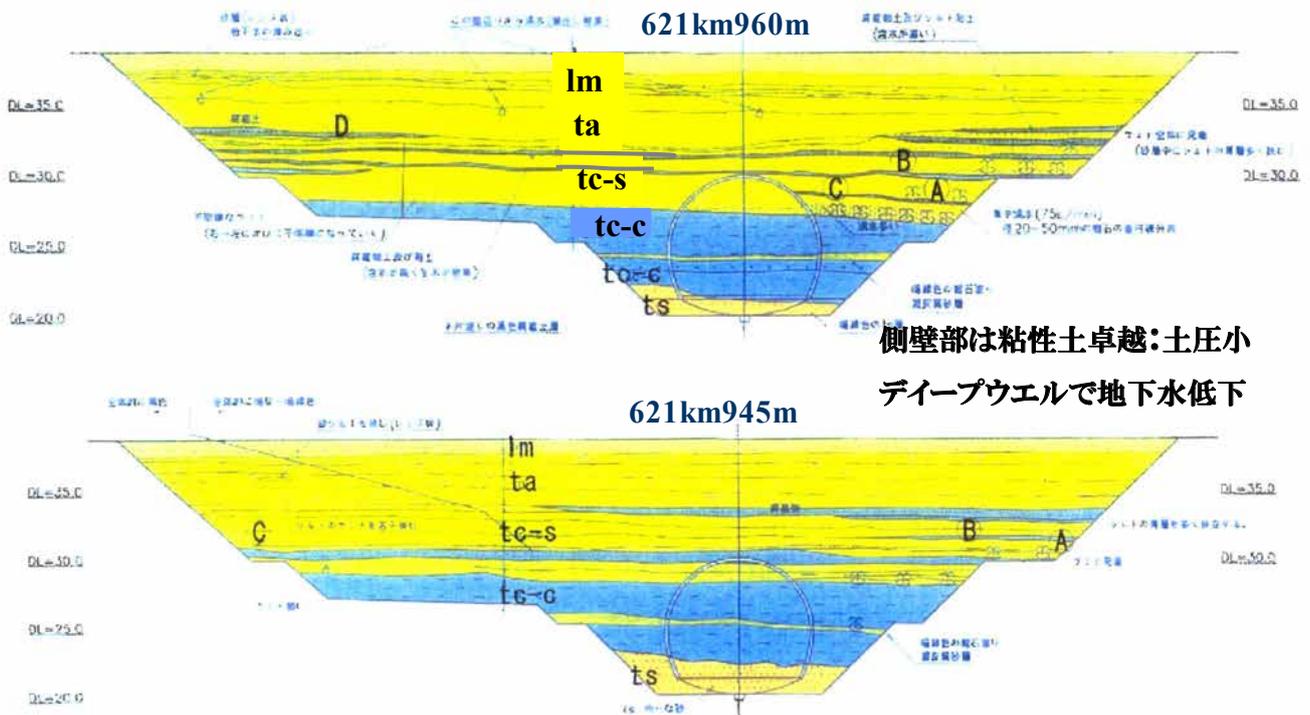
鳥瞰図



陥没時の施工状況

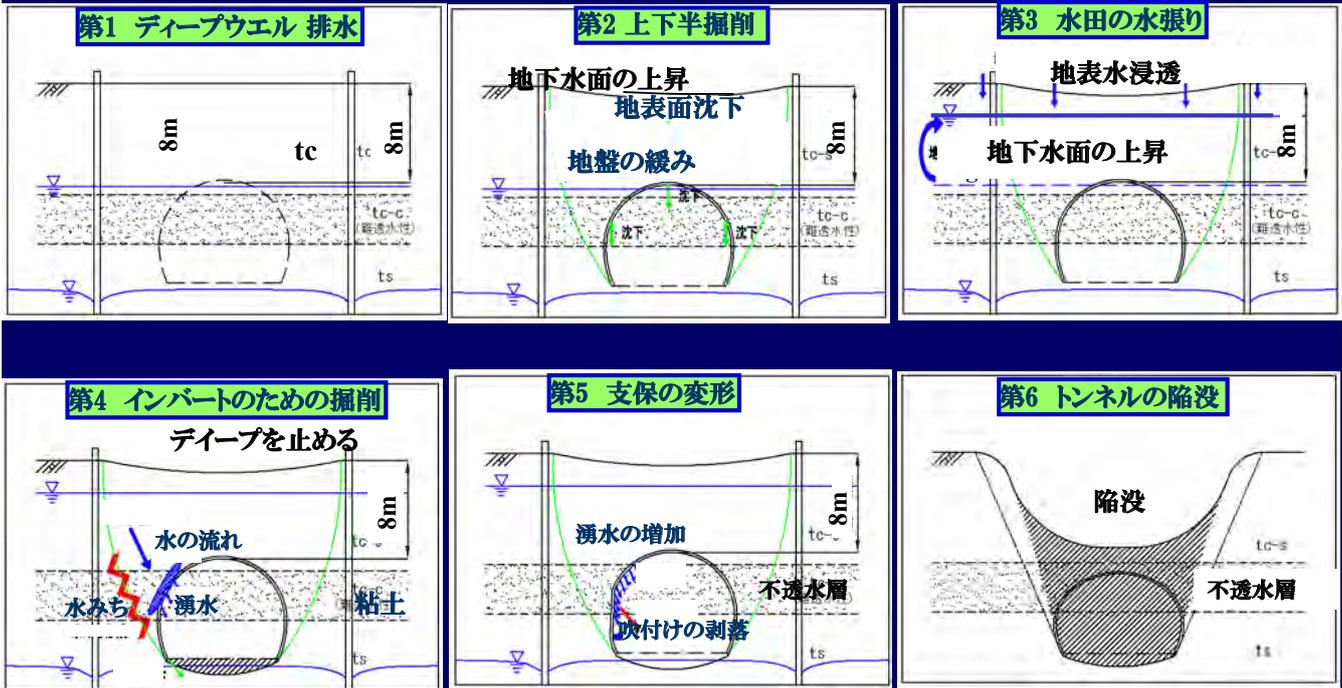


地質横断面



lm-層 (ローム層); ta-層 (軽石混じり火山灰層); tc-s-層 (軽石混じり砂層);
 tc-c-層 (粘性土層); ts-層 (砂質層)

陥没原因の推定



不飽和砂山トンネルを水浸しにした。支保側壁への土圧上昇

(1) 開削

(2) 開削

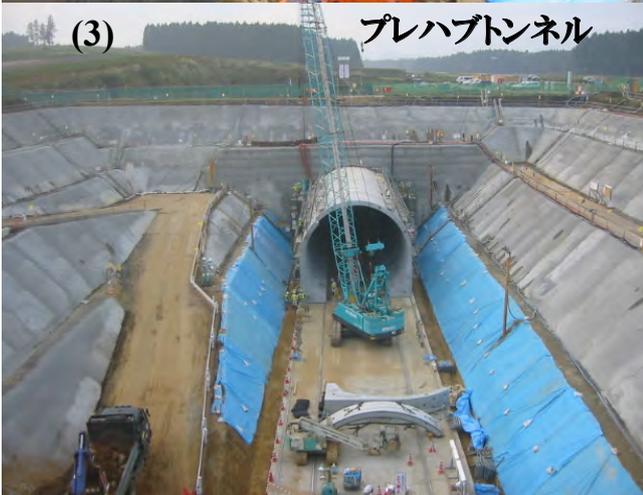
トンネル復旧



(3)

プレハブトンネル

(4) 埋め戻し



東北新幹線トンネル施工技術委員会

6月4日：第1回事故調査委員会：主働土圧が増加，インバート掘削のまま．下端の反力なし．

記者：次回は何時か？

委員長：6月中に開催

帰阪の電車に乗る，鉄建公団の職員が数名集まる．次回の日程は．

委員長：6月10日か17日

担当者：別の車両から上司に電話の後，戻ってくる．

10日や17日は早すぎると怒られました．

委員長：なぜ君が怒られるのか？ 10日，17日は私が言ったのだ．私を怒るならよいが，君が怒られる理由はない．ゆえに．次回は6月10日とする．**みっともない事故は早く決着．**

E 新幹線トンネル等の覆工剥落事故

1999年(平成11年)6月27日，山陽新幹線福岡トンネルにおいて，ユールドジョイントに起因する覆工コンクリート剥落事故が発生した．運輸省は，直ちに原因の究明と保守技術の再検討を目的とする「**トンネル安全問題検討会**」を設置し検討を開始したが，検討中の10月9日には山陽新幹線北九州トンネルで，また11月28日には室蘭線礼文浜トンネルで覆工コンクリートの剥落事故が発生した．検討委員会を計7回行い，「トンネル保守管理マニュアル」を制定し，2000年2月28日に終了した．



1. 山陽新幹線・福岡トンネル

以下は全て朝倉京大教授による



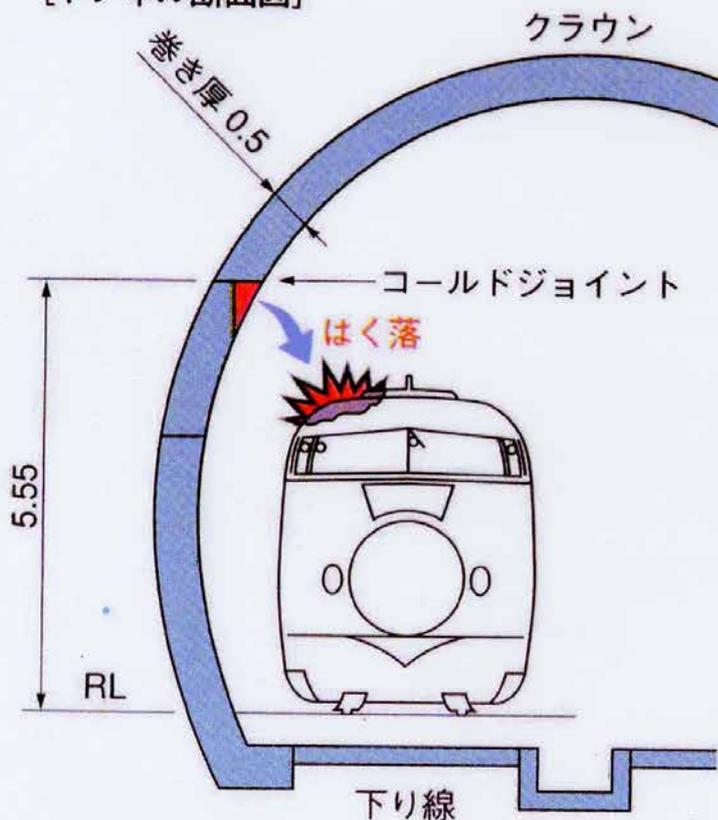
平成11年6月27日(日) 午前9時24分頃

福岡トンネル内で停電が発生し、下り「ひかり351号」が停止した。

調査を行ったところ、12号車のパンタグラフが損傷しており、応急処置お行い、当該列車は博多へ向け運転を行った。さらに、現地を調査したところ、下り線側のトンネル覆工の一部が剥離していた。

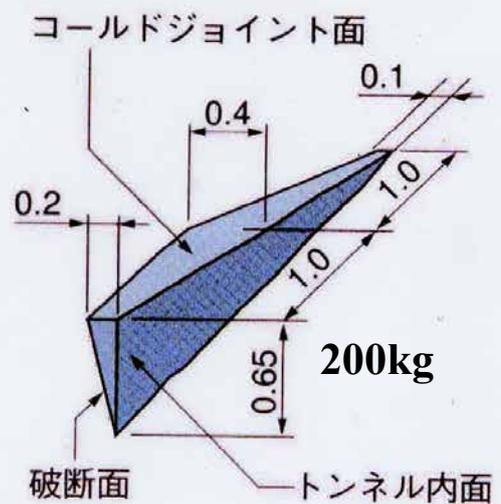
●コンクリートはく落部分の概要

[トンネル断面図]



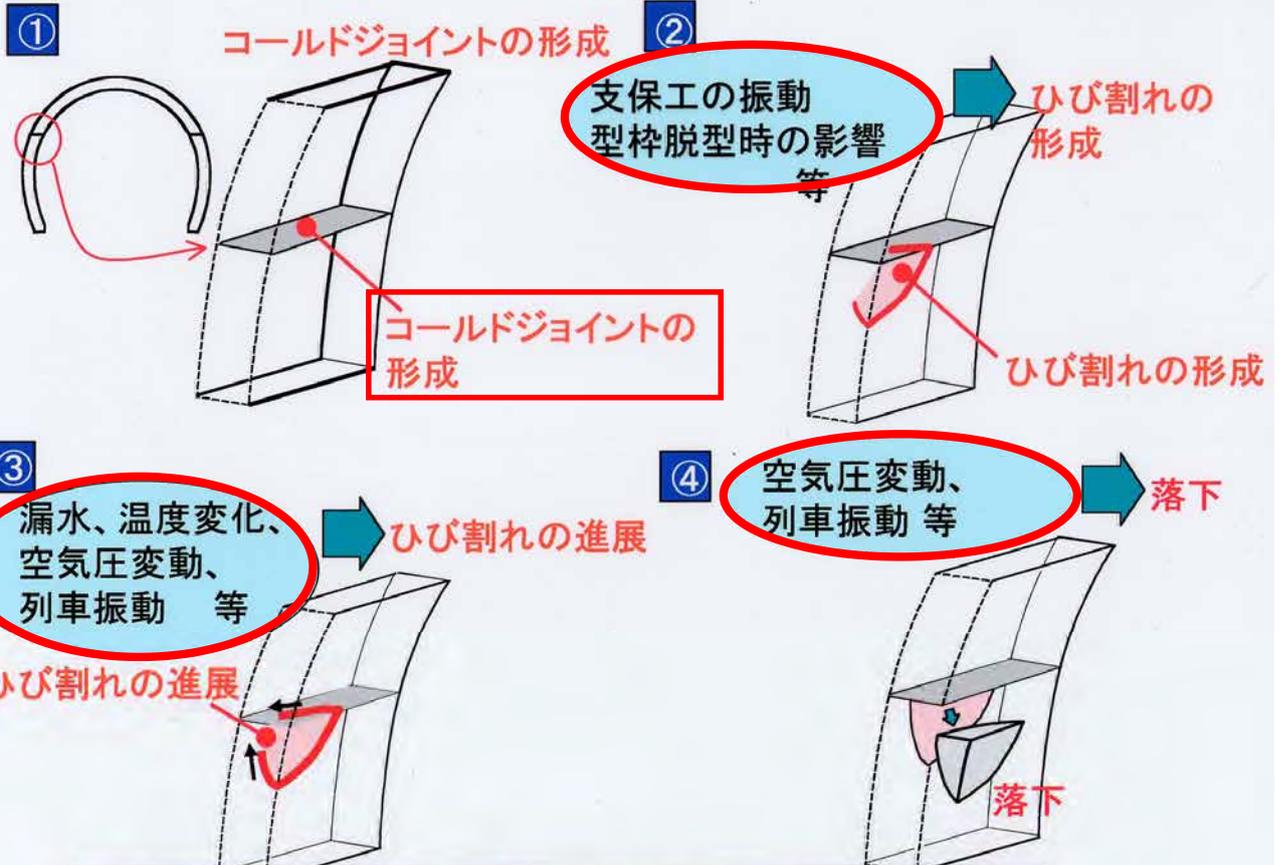
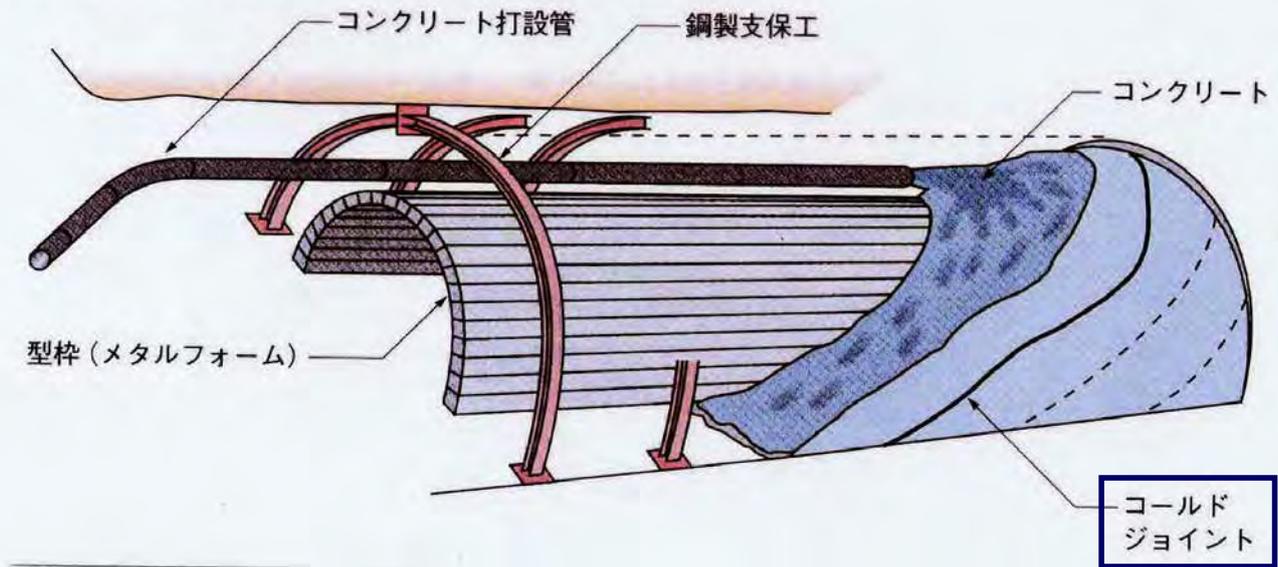
覆工の自損事故

[はく落部分の形状]



コールドジョイント形成

●福岡トンネル建設当時のコンクリート打設イメージ



福岡トンネルの剥落の想定メカニズム

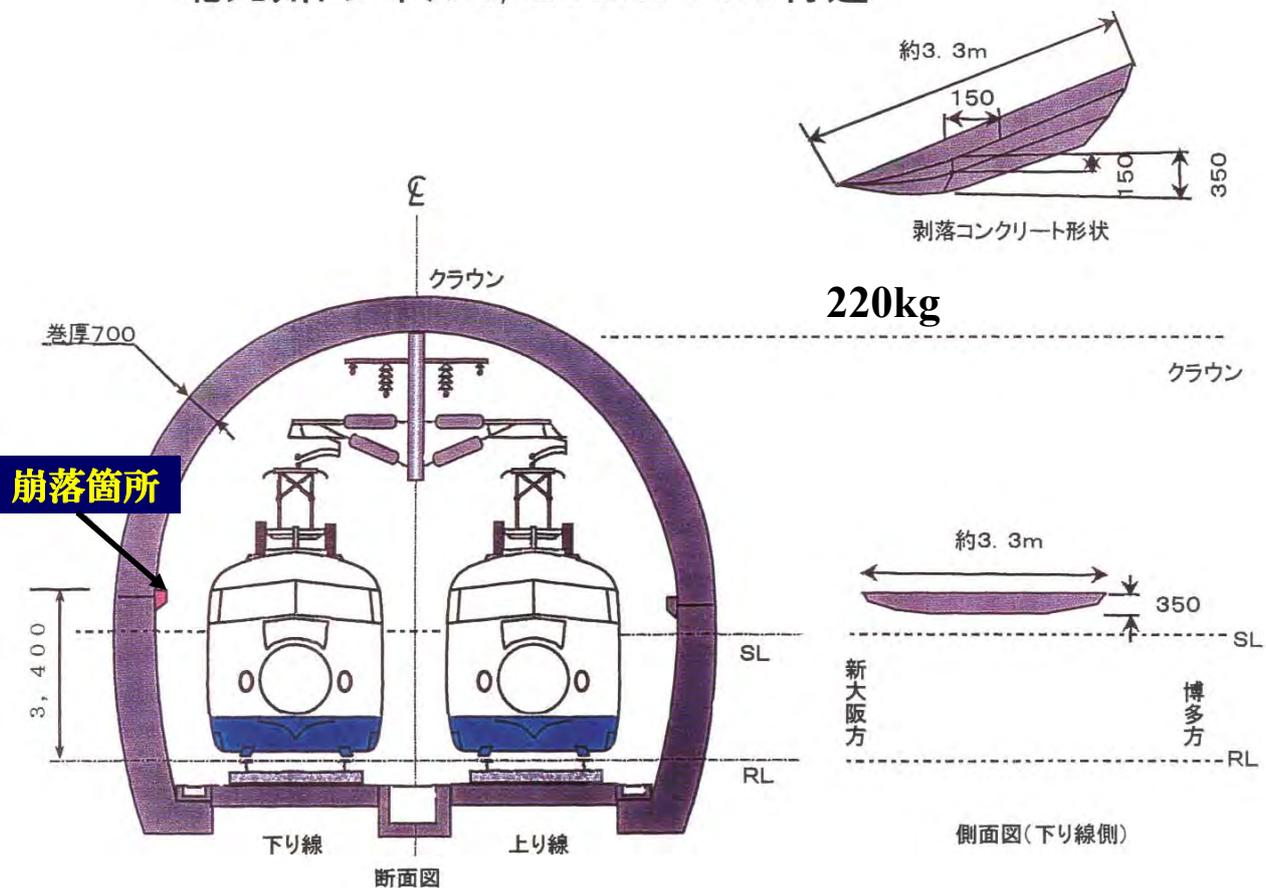
2. 山陽新幹線・北九州トンネル

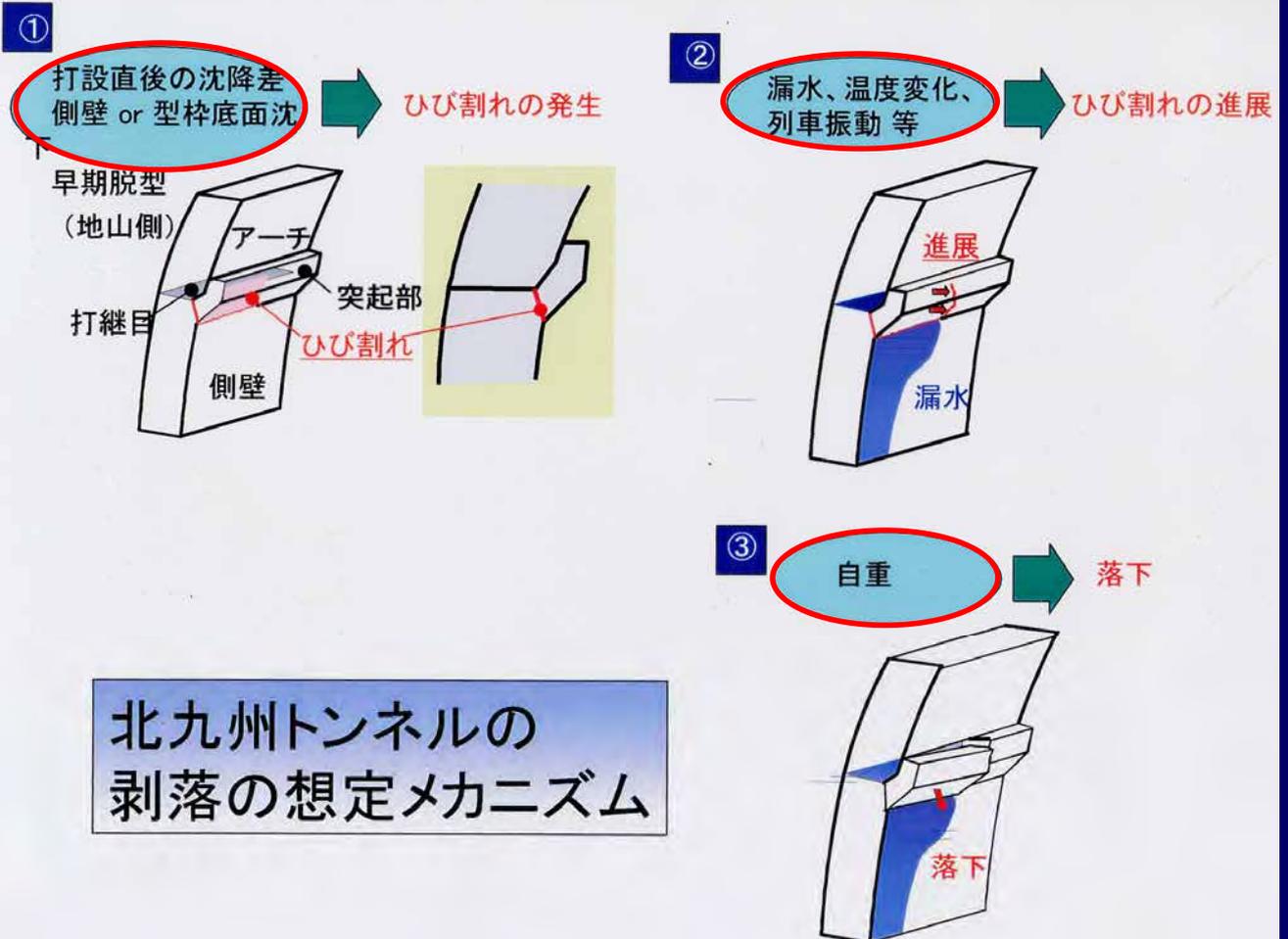
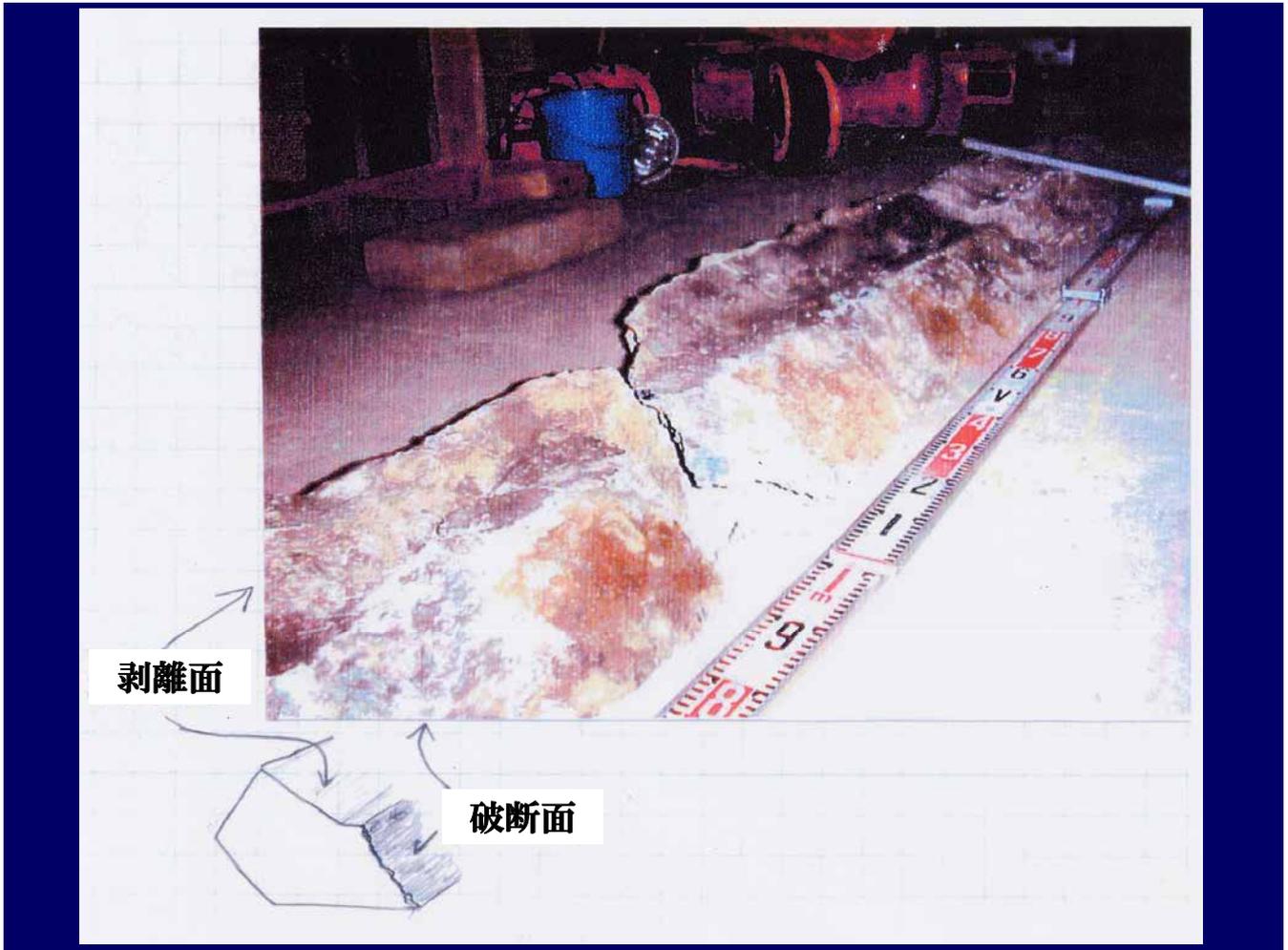


平成11年10月9日(土)山陽新幹線北九州トンネルで、午前4時頃、走行中の確認車が、側壁コンクリートの一部が剥落しているのを発見した。

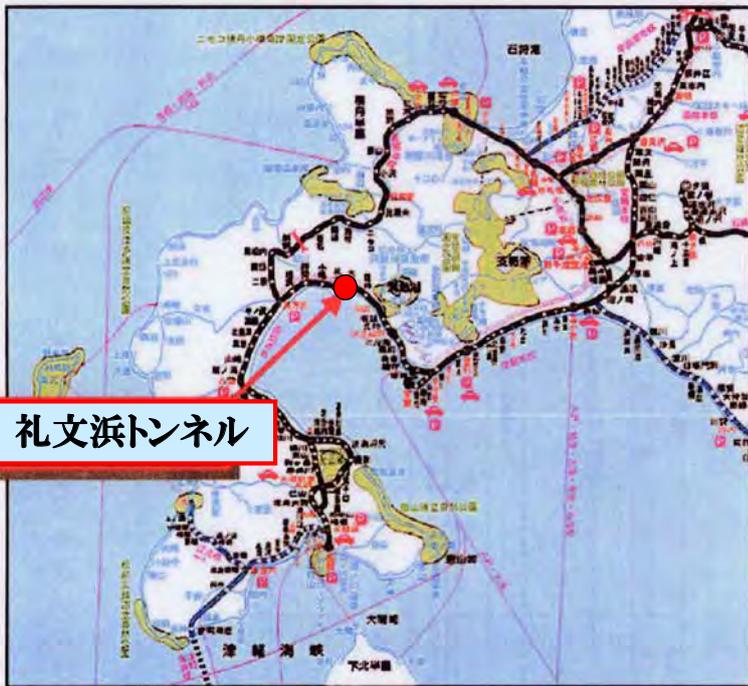
剥落箇所は、側壁コンクリートの打ち込み口(逆巻きの場合、側壁コンクリートを打設するため設けた打ち込み口の残された突起状物)と判明。

北九州トンネル1, 019k914m付近





3. 室蘭本線・礼文浜トンネル



礼文浜トンネル

礼文浜トンネル平面図

平成11年11月28日(日)午前2時35分

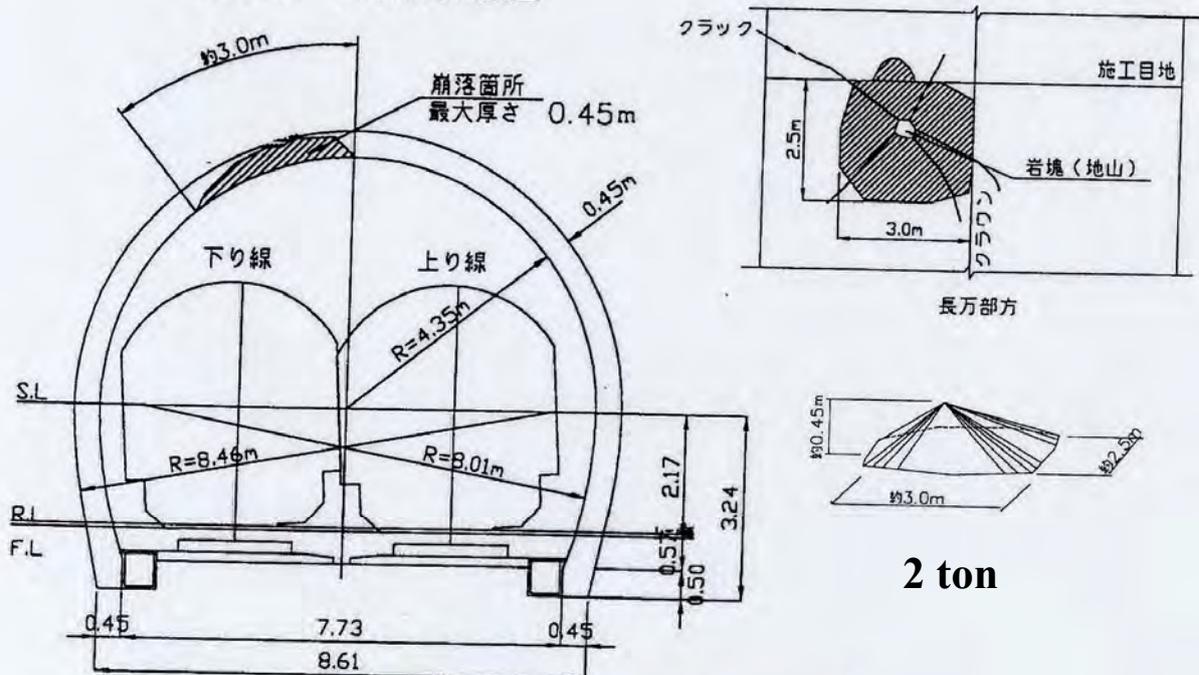
高速貨物3085列車, 20両が走行中, トンネル内に異物があることを50m手前で発見,

非常停止をするも及ばず, 200m行き過ぎて停車.

調査したところ, 機関車の第1軸左側車輪がコンクリート片に乗り上げ, 脱線していた.

また, コンクリート覆工の1部が剥落していた.

コンクリート片剥落概要図



剥落箇所断面図

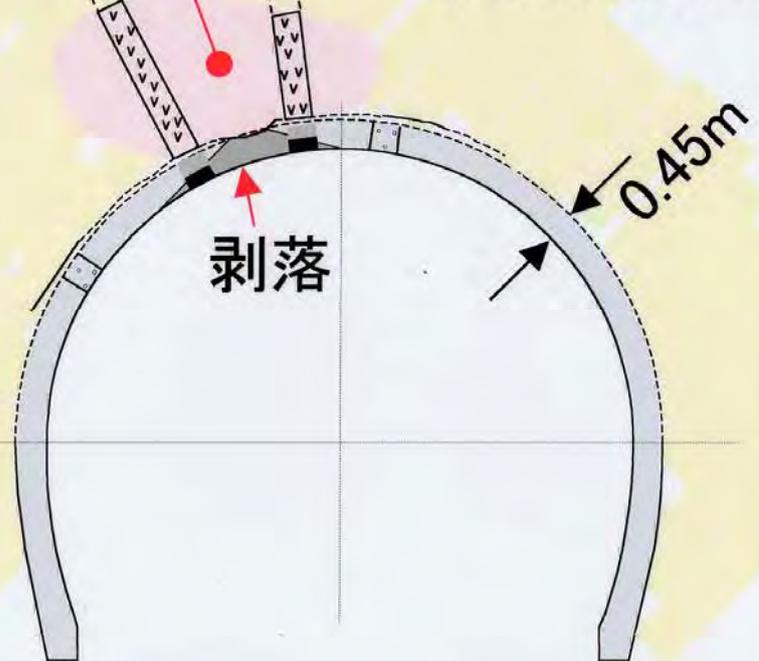


函館

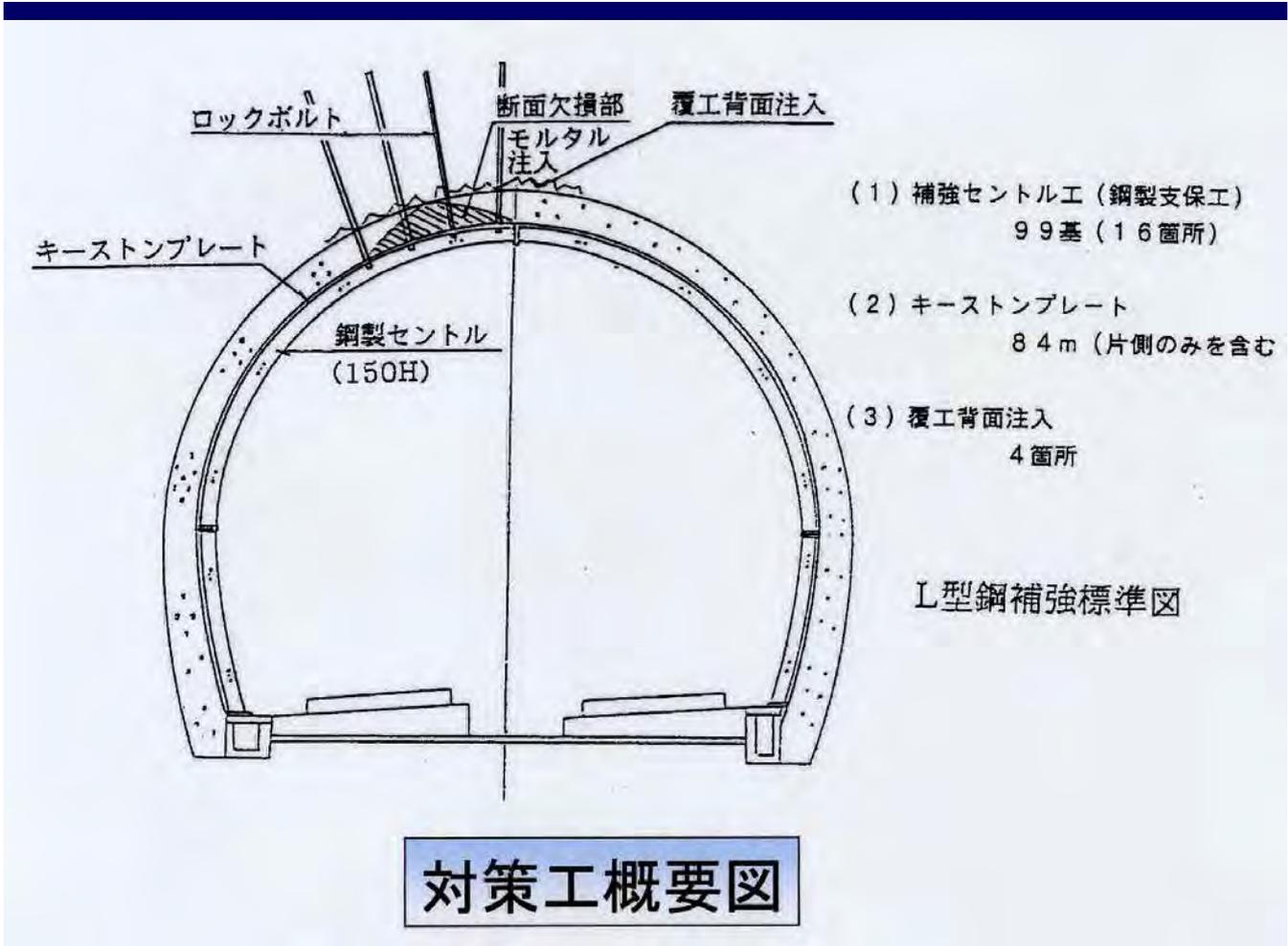
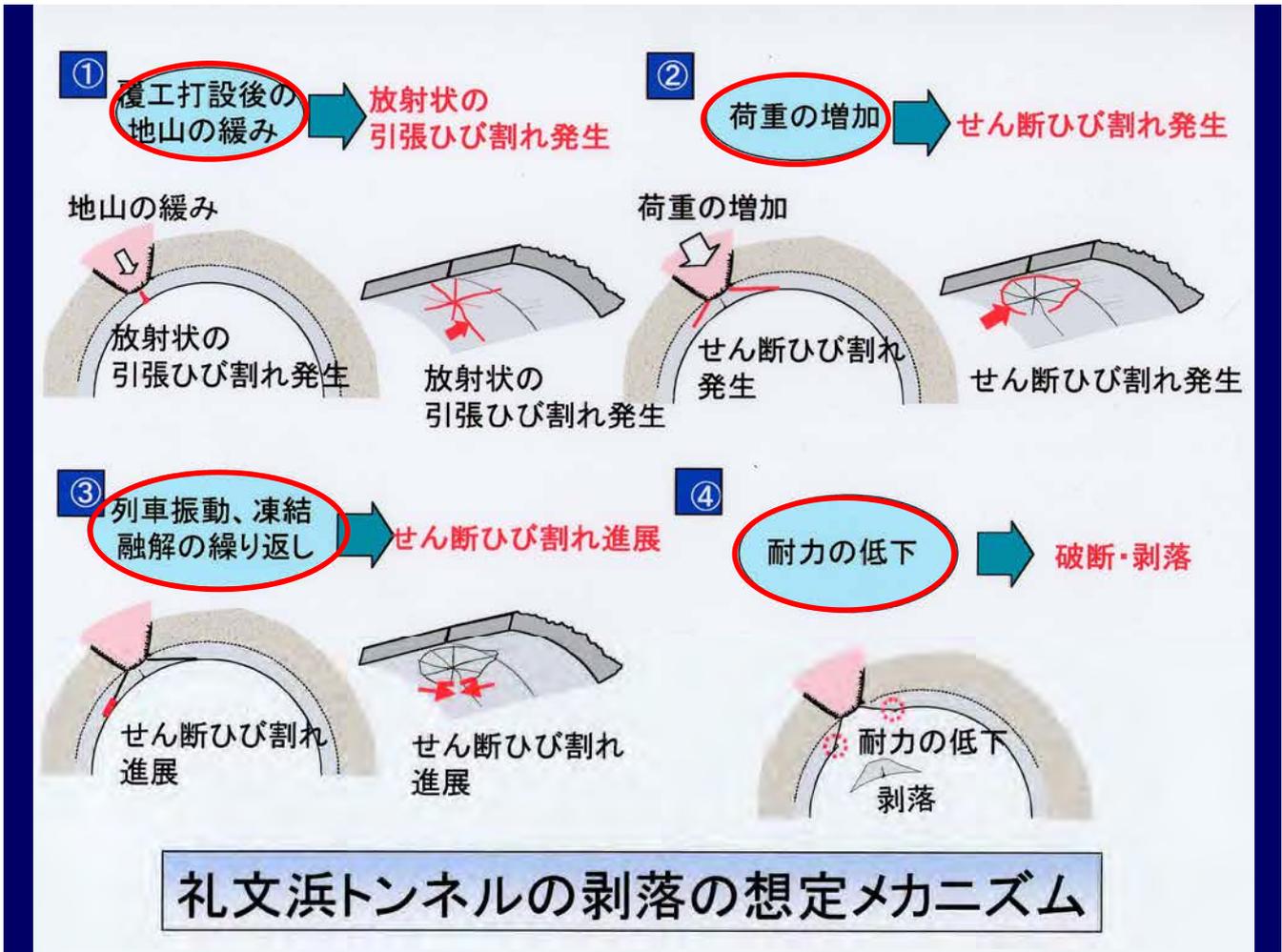
札幌

剥落部付近の状況

安山岩質溶岩 火山碎屑岩



地質ボーリング結果





最も確実な打音検査：
人間センサー：判断と対処

トンネル保生：昼夜の努力



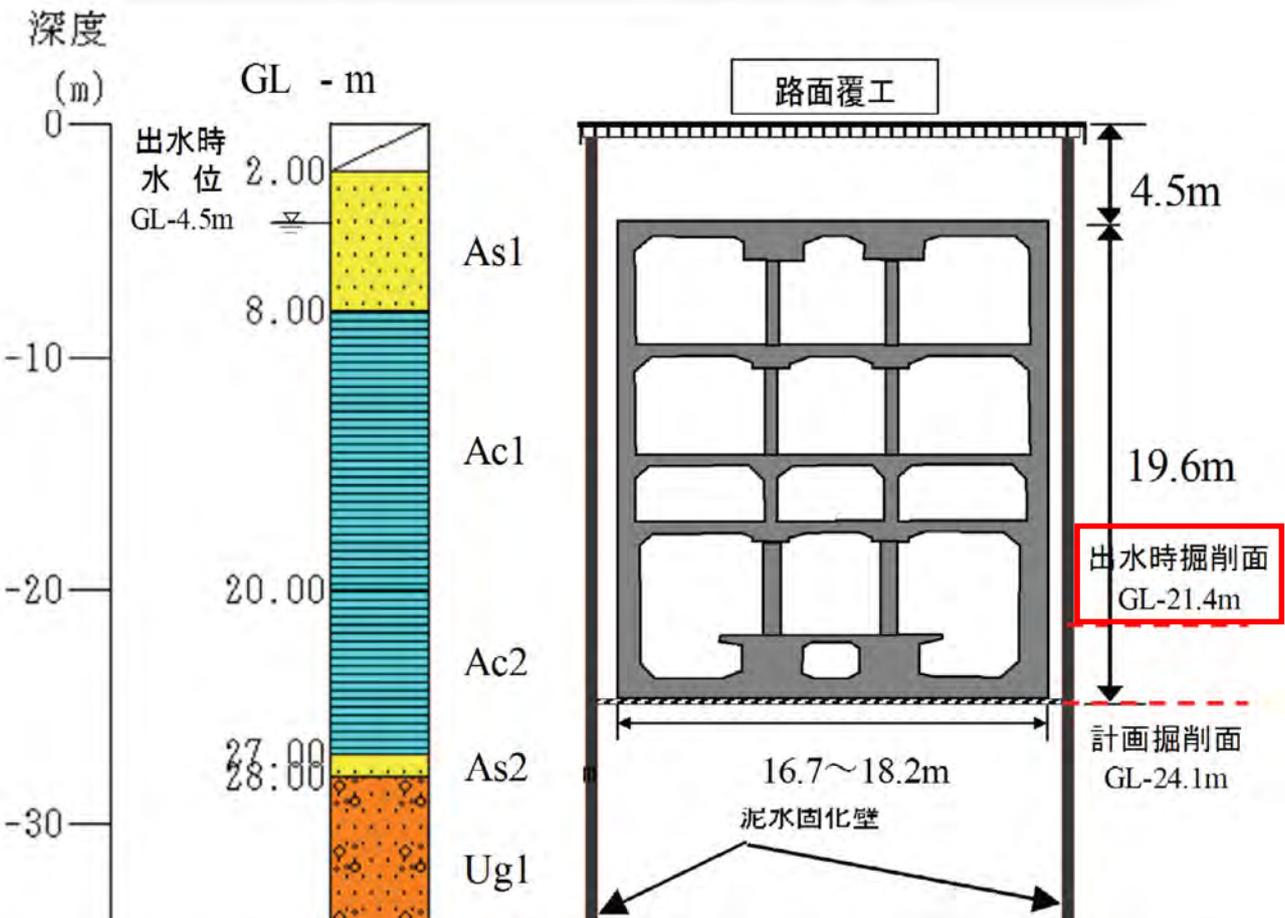
IV. 開削：事故と対応

A 大阪東西線海老江駅開削部水没事故

1992年4月3日（平成4年）

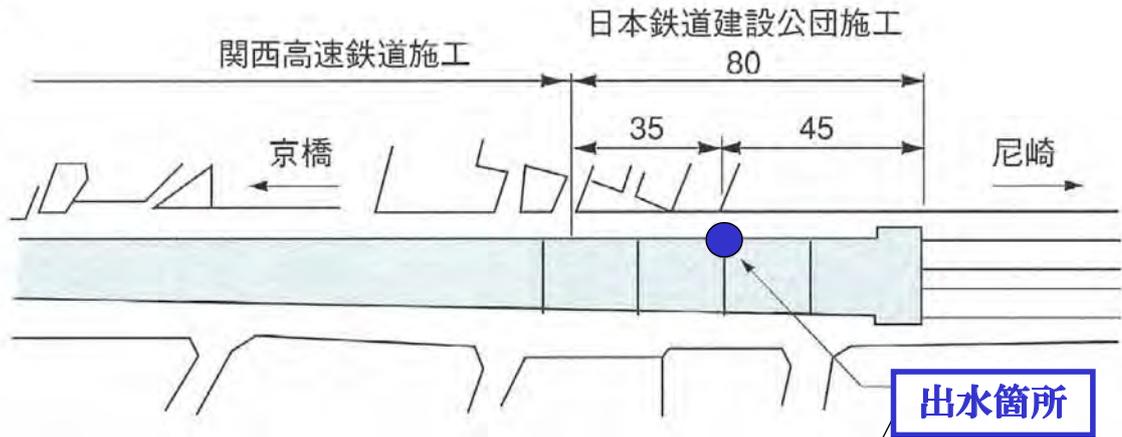
午後2時20分頃、大阪市福島区海老江7の国道2号線で道路の陥没発生。

大阪東西線（片福線）技術検討委員会

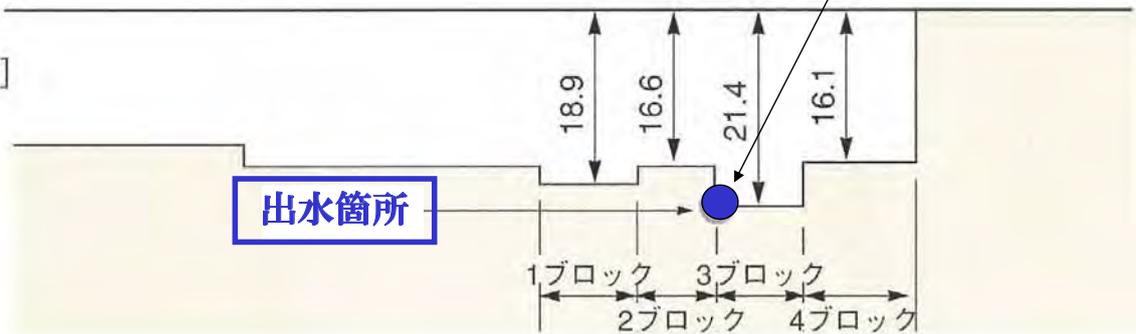


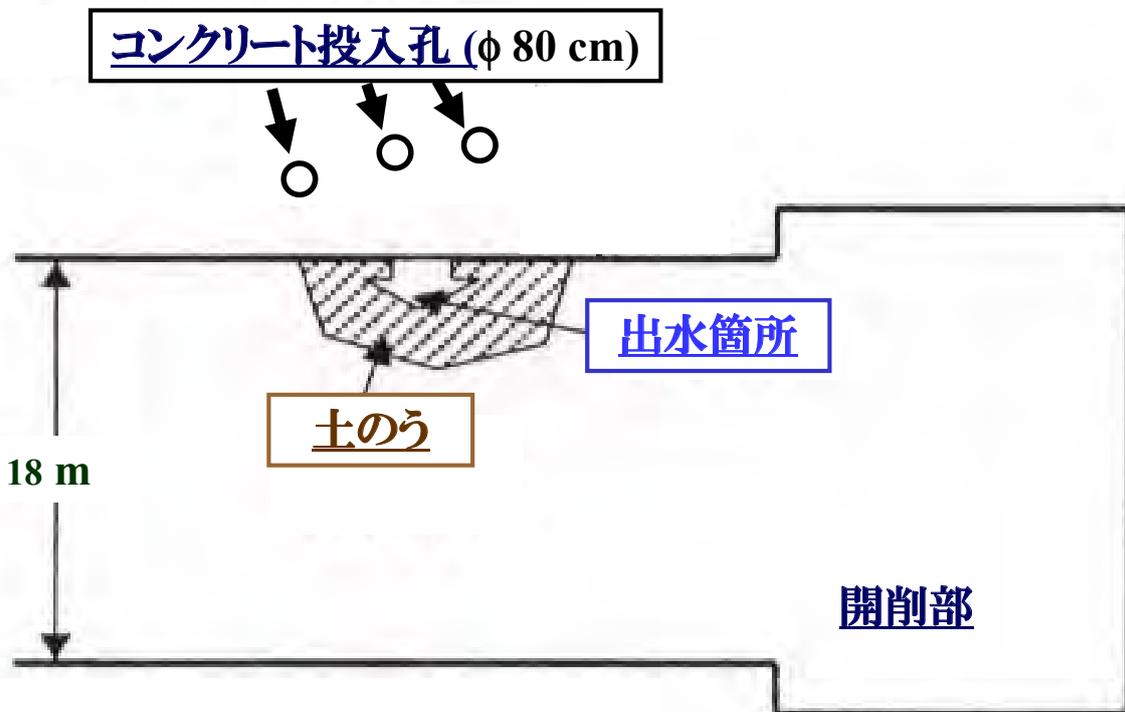
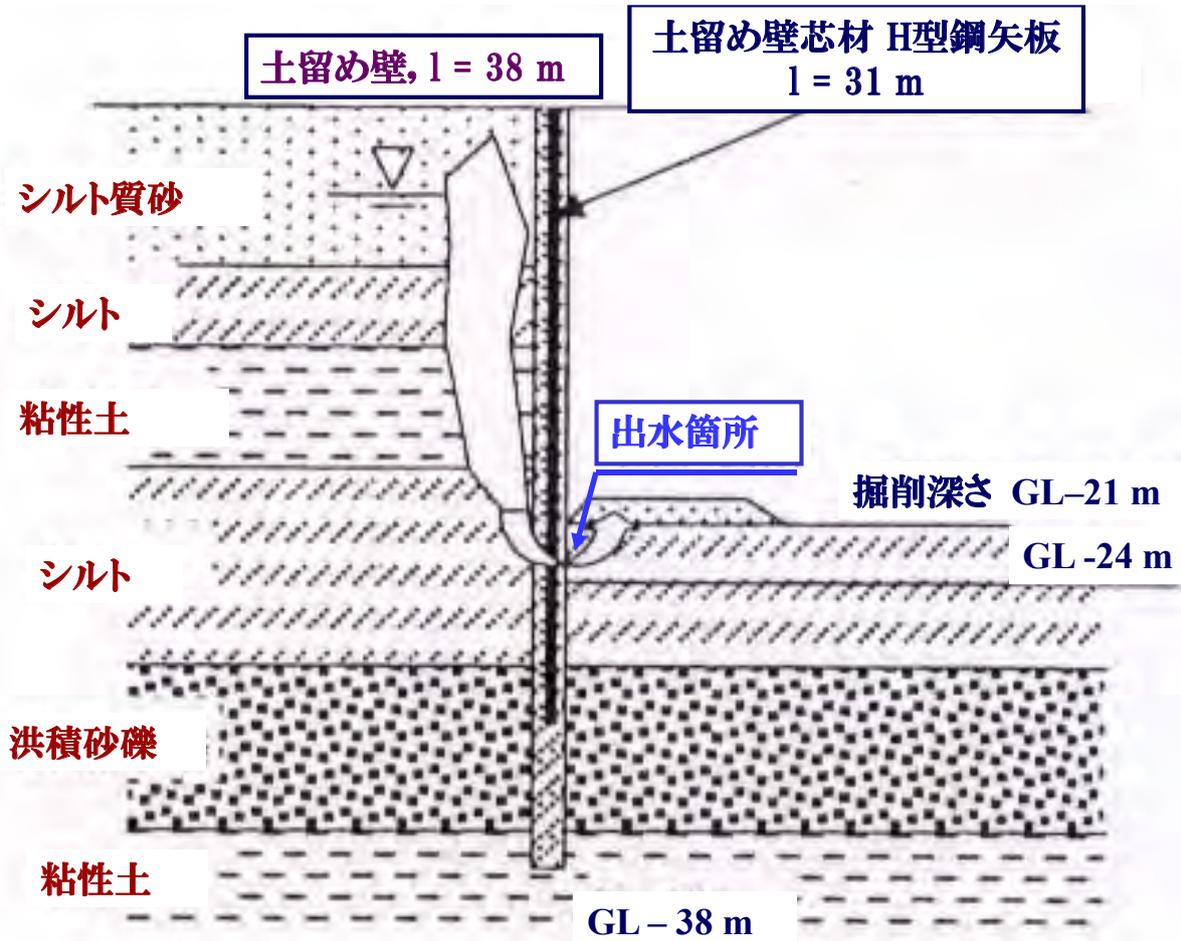
泥水固化壁（安普請）

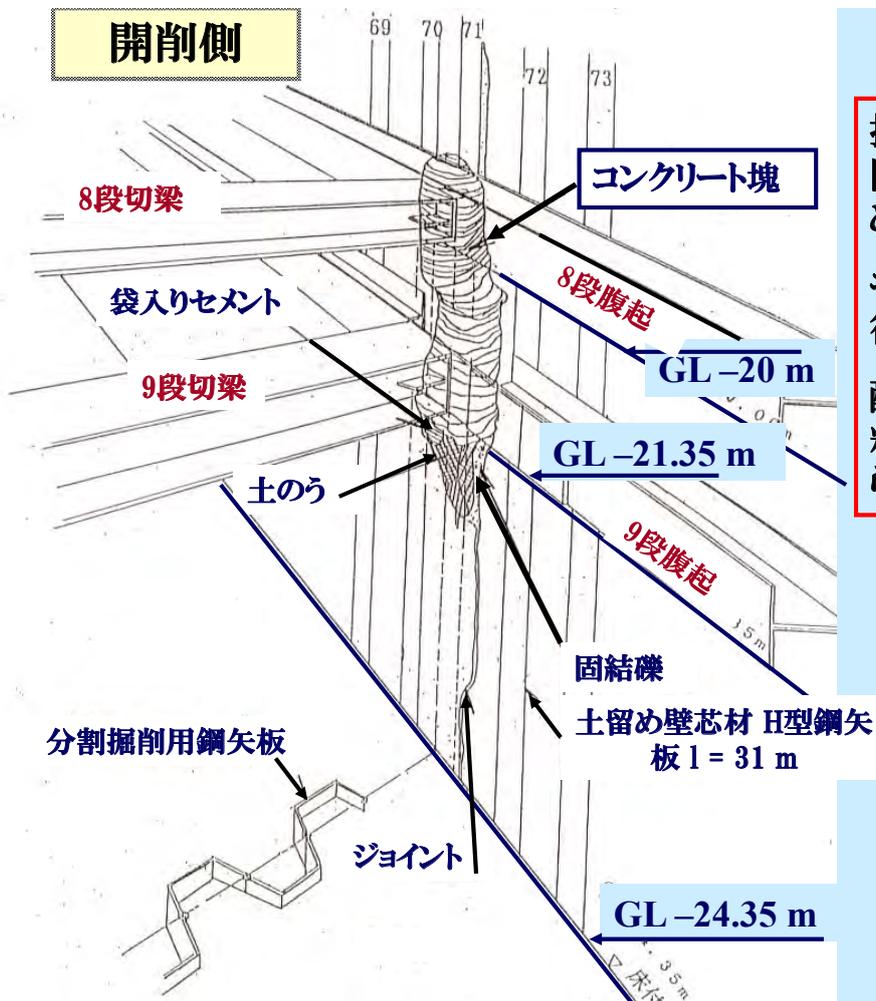
[平面]



[縦断面]







投入コンクリートが掘削側で固まりを形成、出水を止めた。
 モルタルや薬液注入材は役立たず(配合が悪い)。
 配合の良い、粗粒から細粒分を含むコンクリートならこそである。

B 阪神高速淀川左岸線開削部水没事故

1. 概要

1.1 事故概要

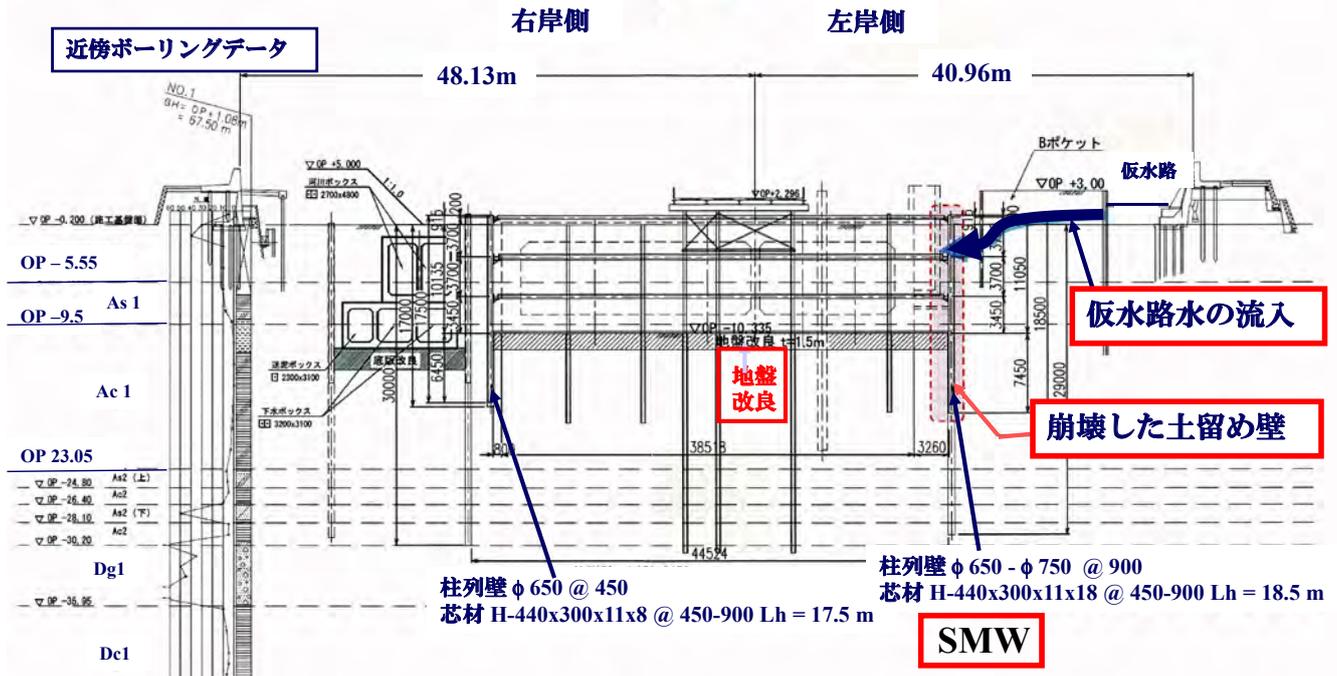
- 発生日時：2011年（平成23年）9月29日(木) 20時37分
- 発生場所：大阪市此花区島屋1丁目付近
- 事故状況：正蓮寺川内において、開削トンネル掘削用の左岸側土留め壁が延長約30mにわたって崩壊した。
- それにより隣接する仮水路用鋼矢板壁が一部崩壊し、水路の水が工事現場内に流入して、開削内部が水没した。

**足立：長野出張中：事故調査委員会委員長を依頼される。
10月1日現場調査**



5ブロック(5BL)

No. 137+9.00
GH=OP- 0.20

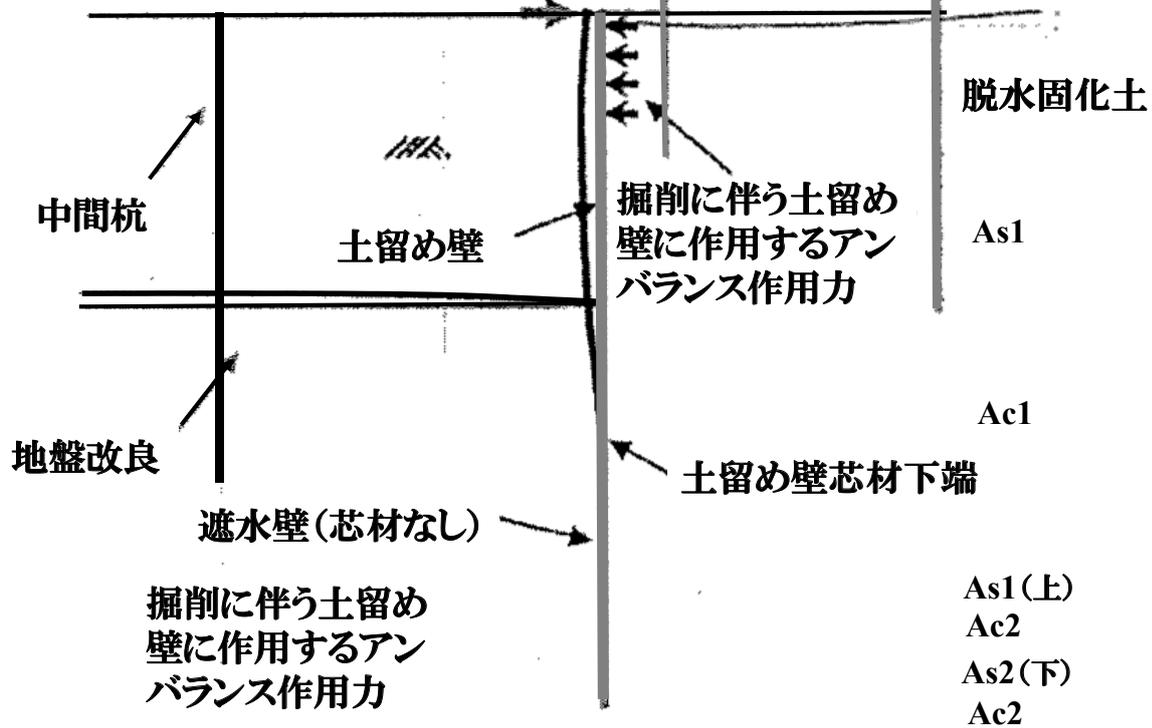


土留め断面図(当初設計)(下流から上流を望む)



① 2次掘削終了時

掘削に伴う土留め壁の変形および掘削側底面のリバウンド



② 土留め崩壊直前

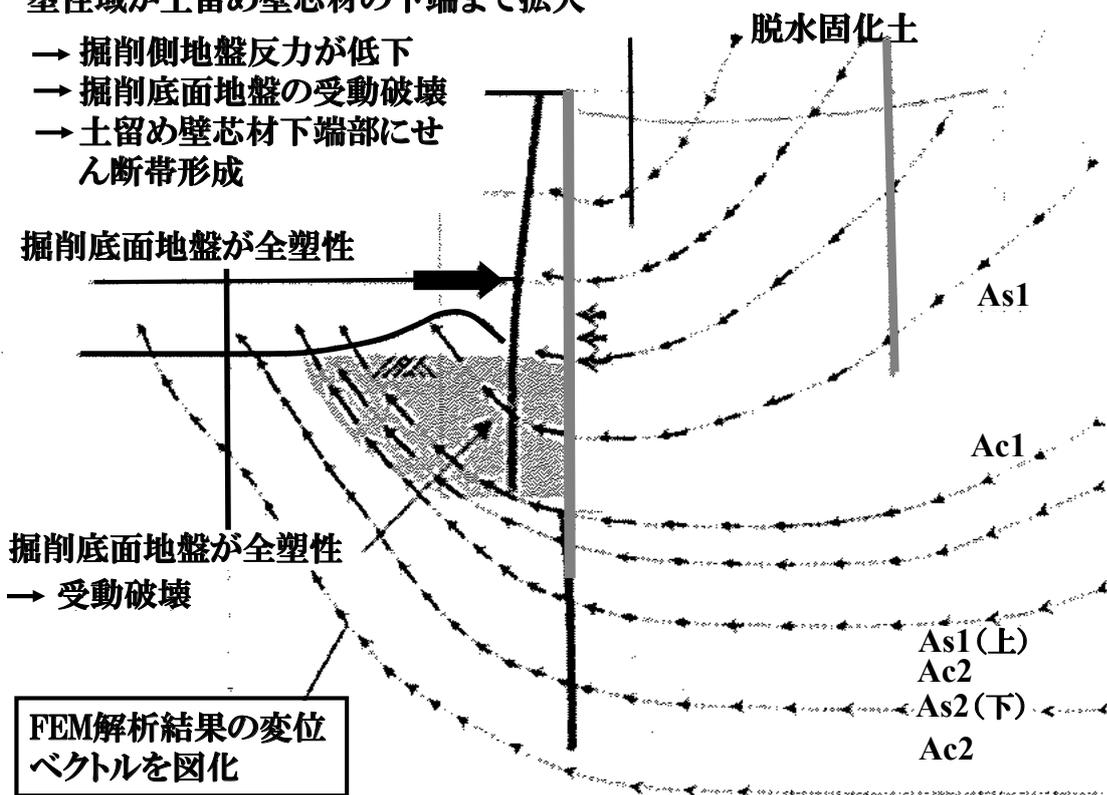
塑性域が土留め壁芯材の下端まで拡大

- 掘削側地盤反力が低下
- 掘削底面地盤の受動破壊
- 土留め壁芯材下端部にせん断帯形成

掘削底面地盤が全塑性

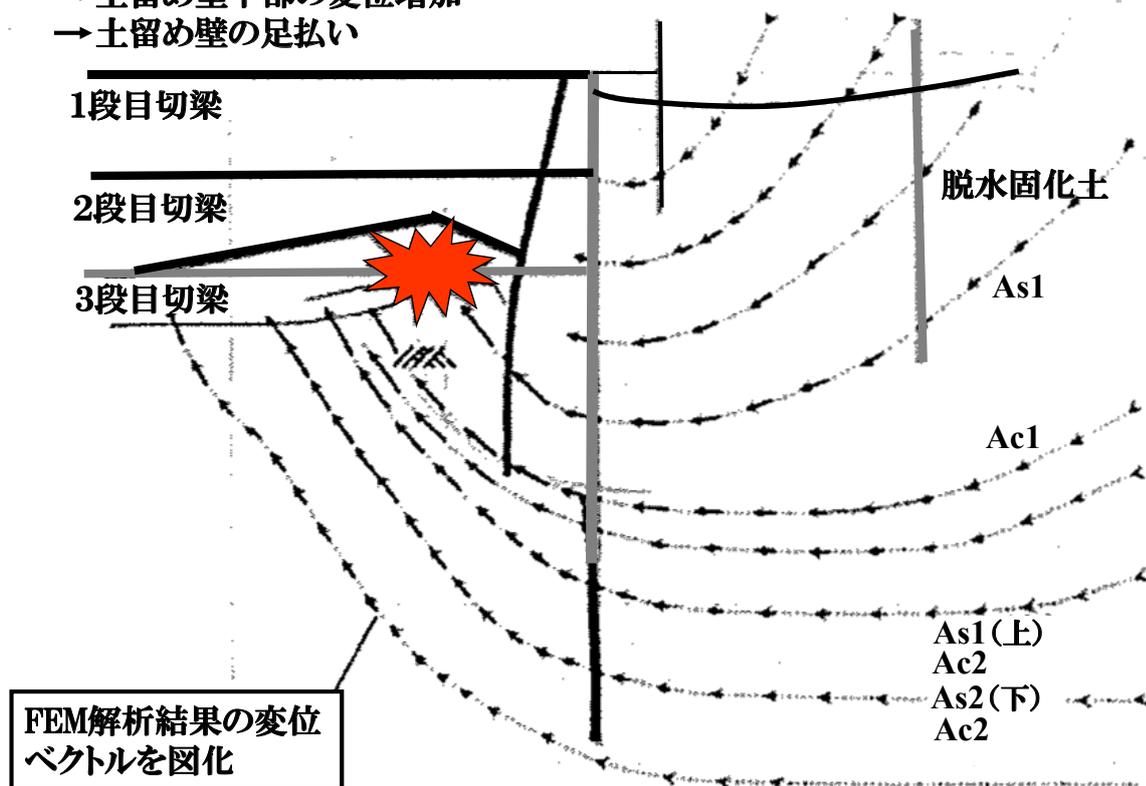
掘削底面地盤が全塑性
→ 受動破壊

FEM解析結果の変位ベクトルを図化



③ 土留め壁下部の変位増加→④ 3段目切梁の座屈

- 3段目切梁の座屈
- 土留め壁下部の変位増加
- 土留め壁の足払い



崩壊当日

土留めの変形：掘削底面部で30cm: 0.3m

開削部幅：40m

開削半分：20m

平均ひずみ： $0.3\text{m}/20\text{m}=1.5\%$ 軟弱粘土でも破壊ひずみ
さらに、ストラットが1本吹っ飛んでいた。

現場で何を見ていたのか！

鋼管杭を崩壊部の土留めに適用：復旧後道路は完成



設計 予測 解析 虚像

施工 実施 計測 実像

現場主義：現場にこそ真実がある

昔：足し算の世 現在：引き算の世

安物買いの銭失い

100年もつテレビは造らないが

土木構造物は100年以上もつものを創る

「これは急ぎの御用だからゆっくりやってくれ」

幕末の外国奉行だった**川路左衛門尉聖謨**(かわじ さえものじょう としあきら)が、下僚にいった言葉。
(阿川弘之「大人の見識」より)

工事は、工期を十分とってゆっくりと丁寧に。

実像

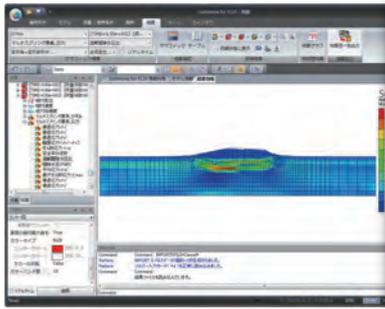


虚像



MIDAS Total Solution

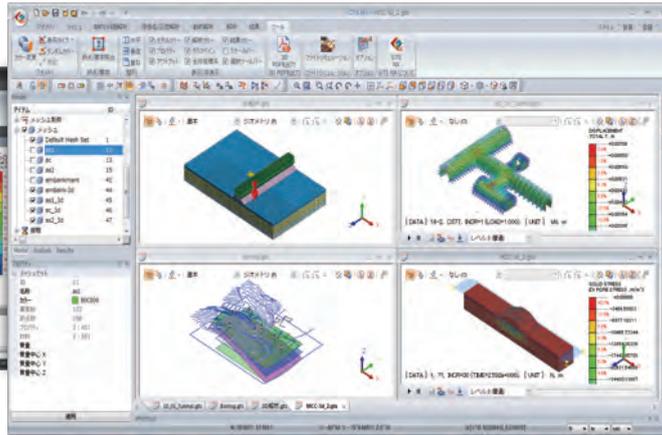
建設分野プログラム



SoilWorks for FLIP

FLIP専用のプリ・ポスト

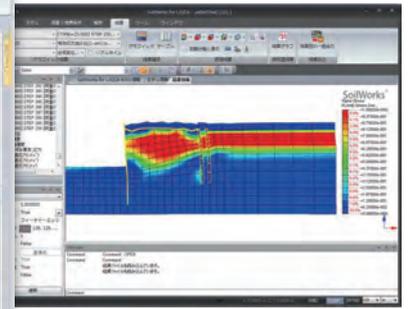
SoilWorks for FLIPはFLIP「地震時の液状化による構造物被害予測プログラム」専用のプリ・ポストです。SoilWorksの操作性をそのまま継承しており、AutoCAD感覚でデータを作成することができます。データ作成後は、FLIPを起動させ計算を実行することもでき、FLIP解析のための統合された作業環境を提供します。



GTS NX

GTS NX - 地盤分野汎用解析システム

GTS NXは最先端プリ・ポストと解析機能を搭載した新しい概念の地盤汎用解析プログラムです。GTS NXは最新のOS環境変化に合わせて64ビット、並列処理を適用した統合ソルバを搭載しており、初心者も使いやすいように直観的なリボンメニュー形式を用意しております。また、様々な解析機能、圧倒的に速い解析速度、優れているグラフィック表現および結果整理機能などを提供します。



SoilWorks for LIQCA

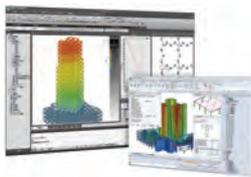
LIQCA専用のプリ・ポスト

SoilWorks for LIQCAはLIQCA専用のプリ・ポストです。SoilWorksの操作性をそのまま継承しており、AutoCAD感覚でデータを作成することができます。データ作成後は、LIQCAを起動させ計算を実行することもでき、LIQCA解析のための統合された作業環境を提供します。
※ LIQCAは1987年京都大学の岡 二三生教授をはじめとするLIQCA開発グループにより開発された有効応力に基づく液状化解析プログラムです。

MIDAS Family Programs

建築

Building Engineering



midas iGen

任意形状構造物の
汎用構造解析
及び許容応力度計算

midas eGen

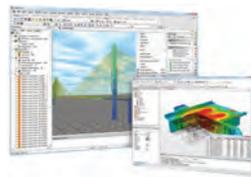
任意形状建物の
一貫構造計算
CAD基盤モデリング

midas Drawing

建築構造図面の
自動生成プログラム

土木

Bridge Engineering



midas Civil

土木分野の
汎用構造解析および
最適設計システム

midas FEA

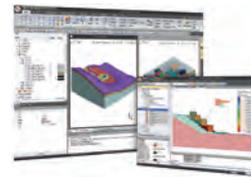
建設分野の非線形解析
および詳細解析システム

midas CIM ※開発中

3D情報モデルを活用した
土木構造物のモデリング/
図面生成/施工管理
ソリューション

地盤

Geotechnical Engineering



GTS NX

2/3次元地盤汎用解析
プログラム

SoilWorks

2次元専用地盤汎用解析
プログラム

SoilWorks for FLIP

液状化解析プログラム
FLIP用のプリ・ポスト

SoilWorks for LIQCA

液状化解析プログラム
LIQCA用のプリ・ポスト

midas GeoXD

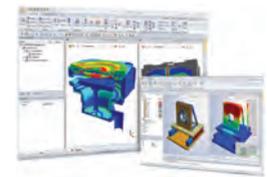
土留め設計図面生成
プログラム

SOLIFLUK PE

河川堤防の液状化
対策設計ソリューション

機械

Mechanical Engineering



midas NFX

機械分野の
汎用構造解析システム

midas NFX CFD

流動解析システム

MIDAS

建設分野 技術講座

Change is Chance



株式会社マイダスイティジャパン

〒101-0021 東京都千代田区外神田5-3-1 秋葉原OSビル7F

TEL 03-5817-0787 | FAX 03-5817-0784 | e-mail g.support@midasit.com

Copyright© Since 1989 MIDAS Information Technology Co., Ltd. All rights reserved.

<http://jp.midasuser.com/geotech>