

# 広島高速5号線トンネル安全検討委員会 委員会報告

平成24年(2012年)9月11日

広島県・広島市

# はじめに

## ■経緯

○平成11年 3月 都市計画決定

○平成12年 9月 高速5号線の事業化

◇平成13年 7月 高速1号線福木トンネルで地表面沈下観測

◇平成16年 6月 高速1号線福木トンネルにおける沈下メカニズム判明

○平成18年 2月 整備内容の変更(4車線⇒暫定2車線)

○平成19年度 事業(追加調査を含む)の住民説明(牛田東一丁目、三丁目)

福木トンネルの沈下を契機にトンネル建設に伴う  
地表面沈下や土砂災害等を危惧する声があがる

高速5号線の本体工事は一旦休止

# はじめに

## ■委員会設置

平成21年9月

**「広島高速5号線トンネル安全検討委員会」を設置**

### ●目的

委員会は広島高速5号線トンネルに係る「地域の住民生活等の安全性を確認する」ため、高速5号線トンネルの建設に伴う地表面沈下や土砂災害等の周辺地域への影響について、公正・中立な立場で客観的データに基づき、科学的に審議・検討を行うことを目的とする。

# はじめに

## ■委員会概要

### ○検討事項

- (1) 詳細な地質調査等の方法
- (2) 地質調査等の結果整理・評価
- (3) **トンネル施工に伴う地表面沈下の解析及びその対応策**
- (4) **トンネル施工に伴う斜面崩落や植生への影響の可能性**
- (5) その他、委員会が必要と認めるトンネルに関する技術的事項

主要な検討事項

### ○委員構成

検討事項に関連する専門性を有する学識経験者で構成

# はじめに

## ■ 審議・検討内容(1)

第1回 (平成21年9月)	○現地視察 ○地質・水文・植生等に係る既存調査結果について
第2回 (平成21年12月)	○追加調査計画について →詳細な内容を調整することで実施を合意 ○福木トンネルの概要
第3回 (平成22年8月)	○追加調査について →地質関係:6箇所を追加ボーリング調査を実施することで合意 (必要に応じて調査を追加) →植生関係:継続審議 ○沈下解析について →解析手法の見直しと必要な土質定数の慎重な選定が必要 ○宅地耐震化推進事業の概要及び広島市の取組み状況

# はじめに

## ■ 審議・検討内容(2)

第4回 (平成22年9月)	<ul style="list-style-type: none"><li>○委員から提案追加ボーリングにおける地質調査項目について →の調査項目を実施することで合意</li><li>○水文調査 →追加調査を実施することで合意</li><li>○植生に関する追加調査 →継続審議</li></ul>
第5回 (平成22年11月)	<ul style="list-style-type: none"><li>○植生調査 →必要最小限の範囲で実施することで合意</li><li>○地表面沈下に関する一般的な解析手法 →地質関係の追加調査の結果を踏まえて継続審議</li><li>○答申時期 →平成23年度中を目標とする案が提示</li></ul>
第6回 (平成23年11月)	<ul style="list-style-type: none"><li>○議論の再確認 →これまでの審議内容の確認</li><li>○今後の審議方針 →追加調査結果に基づいて実施</li></ul>

# はじめに

## ■ 審議・検討内容(3)

<p>第7回 (平成24年4月)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>○追加地質調査結果について →追加調査結果に基づく地質平面・縦断図提出</li><li>○沈下解析について →応力解放と圧密沈下の両解析結果を合算する解析方法で合意</li><li>○沈下目標値 →「小規模建築基礎設計指針2008」を説明</li><li>○植生調査 →関委員案の調査を実施することで合意</li></ul>
<p>第8回 (平成24年6月)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>○地表面沈下解析結果 →厳し目の条件設定の解析結果については妥当との意見が大勢であった</li><li>○植生調査の実施手法 →調査方法について合意</li><li>○安全に対する技術的総合評価 →牛田地区については、いずれの工法でも安全に施工が可能との意見が大勢 →中山地区については、防災的な観点から工法を見直したほうがよいという意見があった</li></ul>
<p>第9回(平成24年8月)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>○委員会報告書の確認</li></ul>

# (1) 詳細な地質調査等の方法

## ■調査の内容

### (1) 追加地質調査

- **6箇所** (牛田東地区4箇所, 中山地区2箇所) の追加ボーリング
- 土質試験

### (2) 追加水文調査

- **地下水位**観測 (追加ボーリング箇所)
- 既往水文調査**再開**



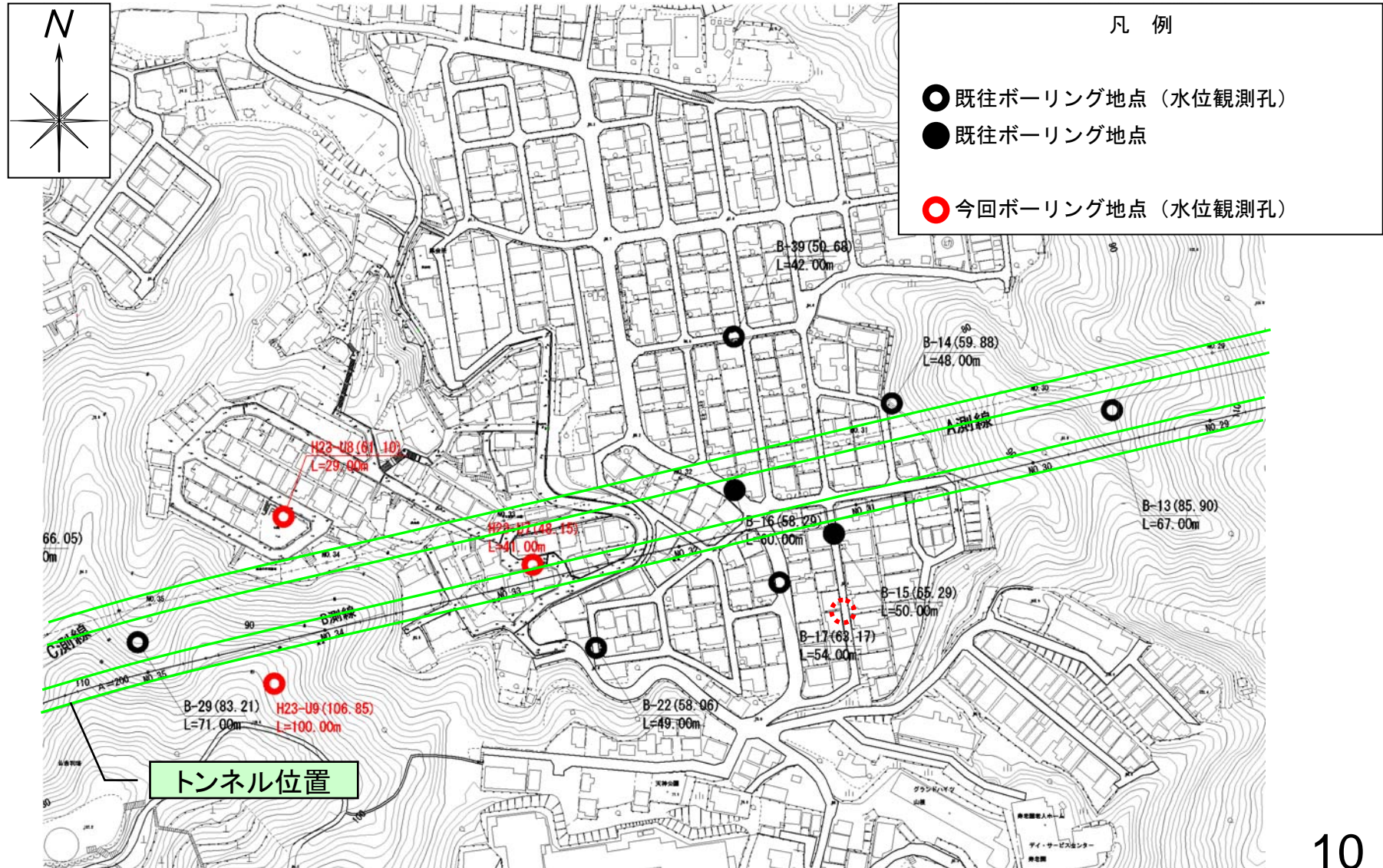
# (1) 詳細な地質調査等の方法

## ■ 調査項目

区 分	細 目
地表部	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 現地踏査（地質専門委員による現地踏査結果も含む）</li><li>・ 地形図</li><li>・ 推定盛土厚分布図</li></ul>
ボーリング	<ul style="list-style-type: none"><li>・ ボーリング調査位置図</li><li>・ ボーリングコア</li><li>・ 柱状図</li><li>・ 掘削中水位記録</li></ul>
原位置試験	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 標準貫入試験</li><li>・ 孔内水平載荷試験</li><li>・ 透水試験</li><li>・ PS検層，密度検層</li><li>・ ボアホールスキャナー</li><li>・ 砂置換法による土の密度試験</li></ul>
室内土質試験	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 物理試験（土粒子の密度、含水比、粒度）</li><li>・ 土の湿潤密度試験</li><li>・ 土の圧密試験</li><li>・ 土の三軸圧縮強度試験（CD，CUB条件）</li></ul>
室内岩石試験	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 岩石の一軸圧縮強度試験</li><li>・ 岩石の引張り強さ試験</li><li>・ 岩石の超音波速度試験，密度試験</li></ul>

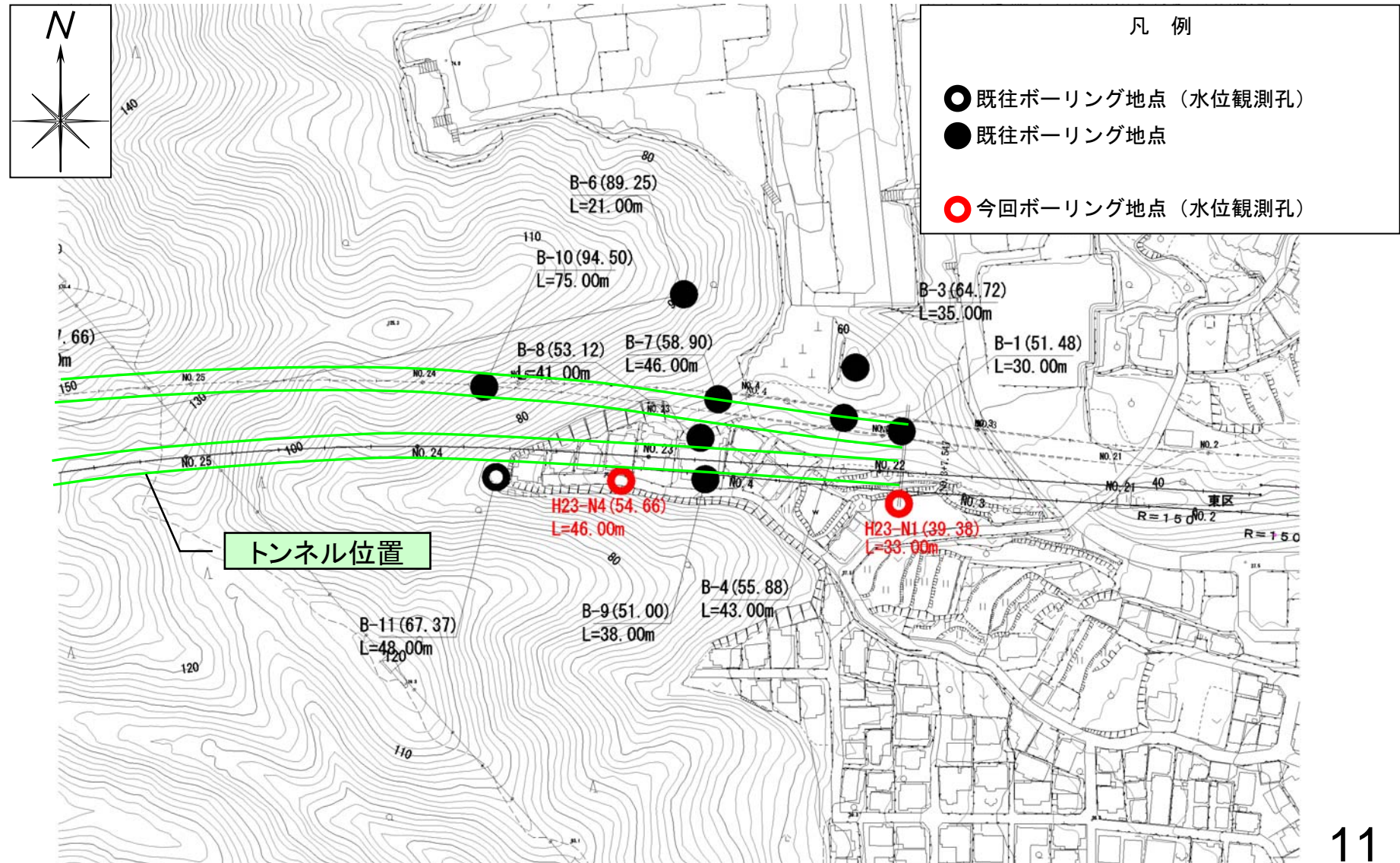
# (1) 詳細な地質調査等の方法

## ■ボーリング調査位置(牛田地区)



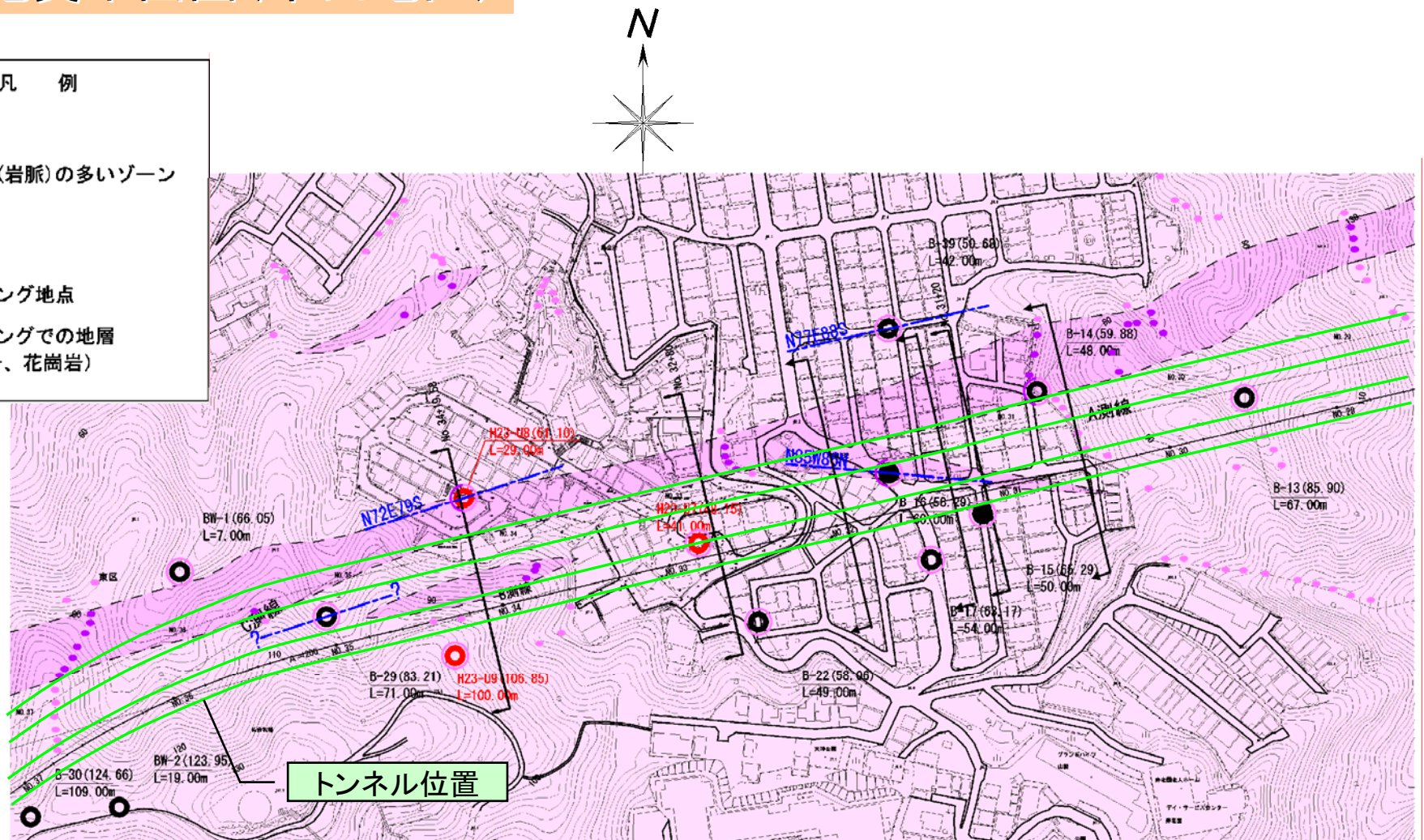
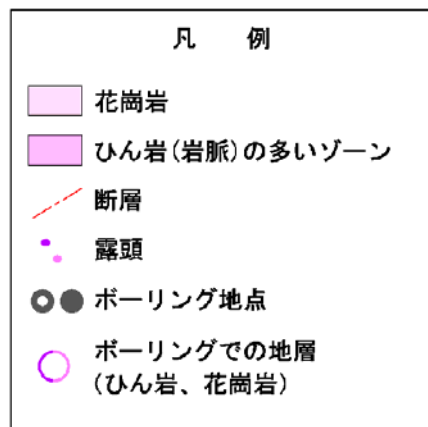
# (1) 詳細な地質調査等の方法

## ■ボーリング調査位置(中山地区)



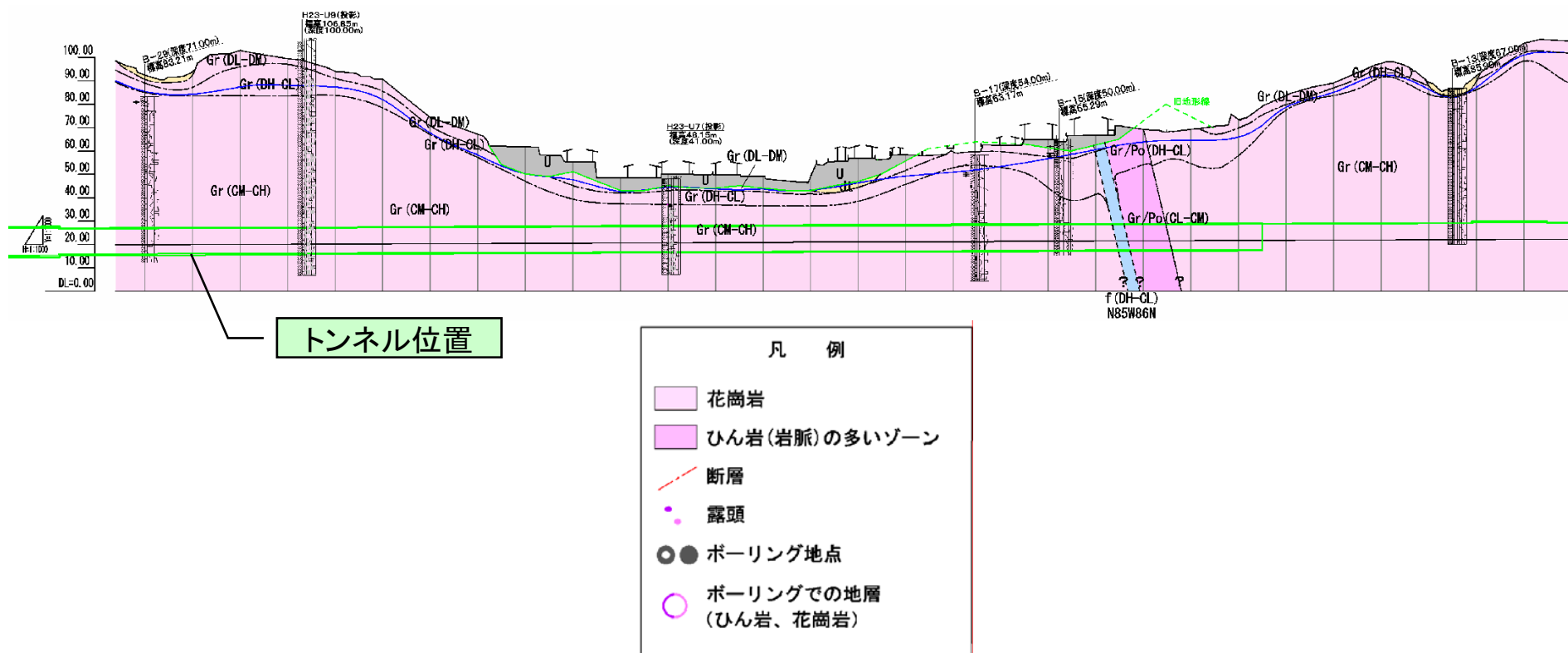
## (2) 地質調査等の結果整理・評価

### ■ 地質平面図(牛田地区)



## (2) 地質調査等の結果整理・評価

### ■ 地質縦断図(牛田地区)



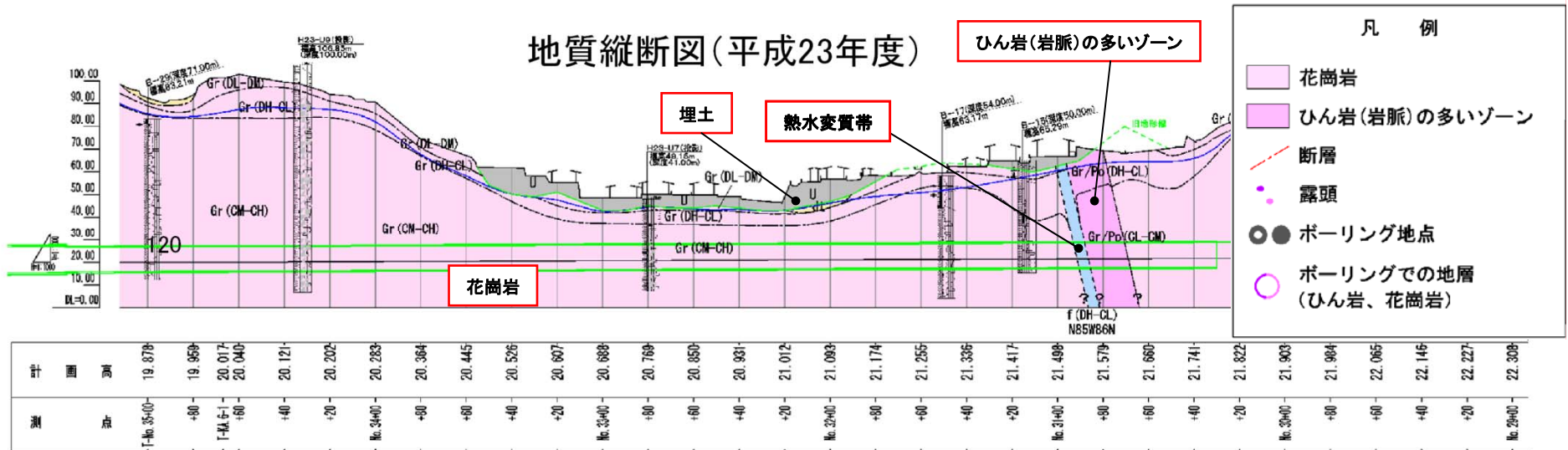
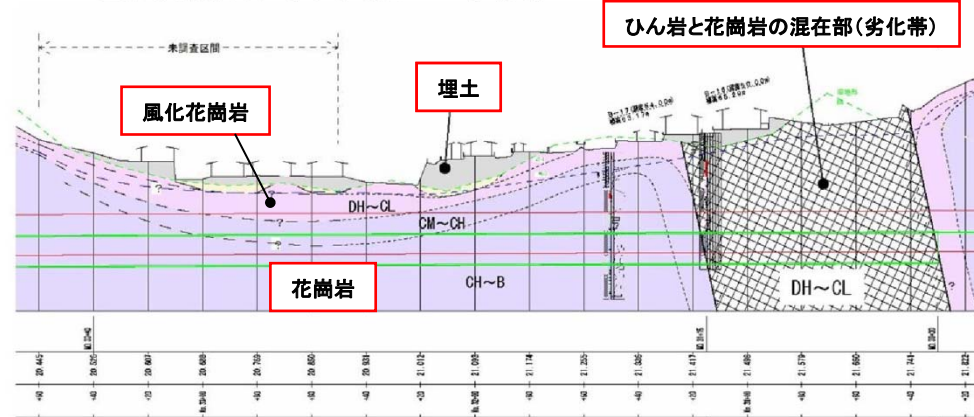


# (2) 地質調査等の結果整理・評価

## ■ 追加調査前と追加調査後の地質縦断図比較(牛田地区)



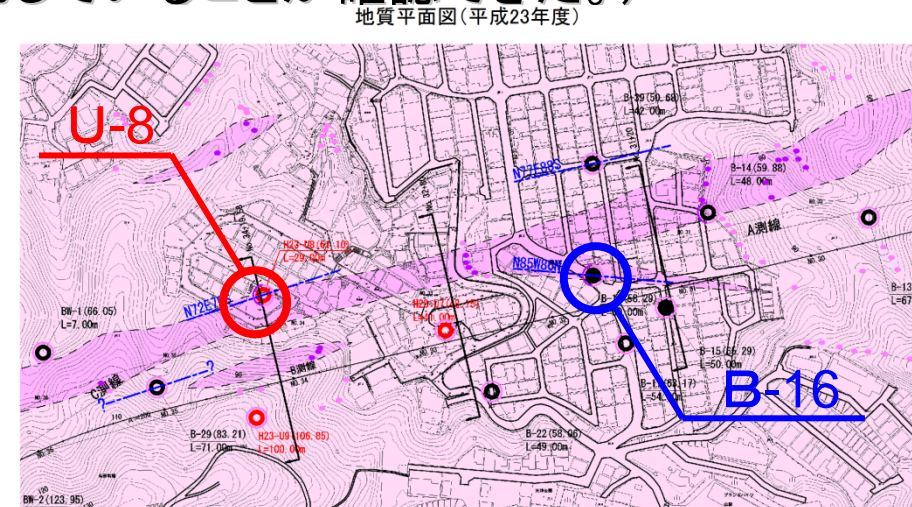
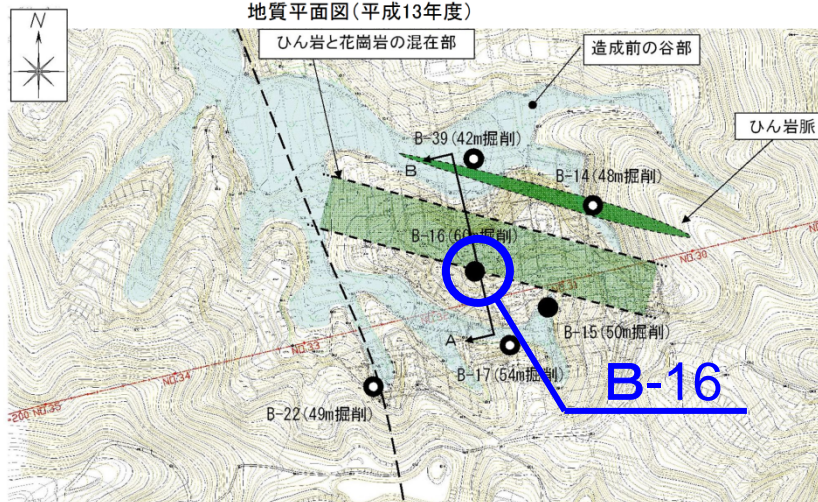
地質縦断図(平成13年度)



## (2) 地質調査等の結果整理・評価

### ■ 牛田地区の地質図が変わった理由(1)

- 平成13年度の調査において、**B-16地点**で花崗岩とひん岩が劣化している状態であることが確認され、『**ひん岩と花崗岩の混在部(劣化帯)**』と表現して、**岩級区分を低めに設定**していた。
- 今回の追加調査において、**U-8地点**で同様の劣化部が確認され、**地質専門委員が鑑定**した結果、**断層と熱水変質によって断層周辺が劣化したものと判明**。
- したがって、劣化しているのは、断層分布域周辺のみで、ひん岩だから劣化しているのではないということが明らかになった。  
(過去のB-16も同様の理由で劣化していることが確認できた。)



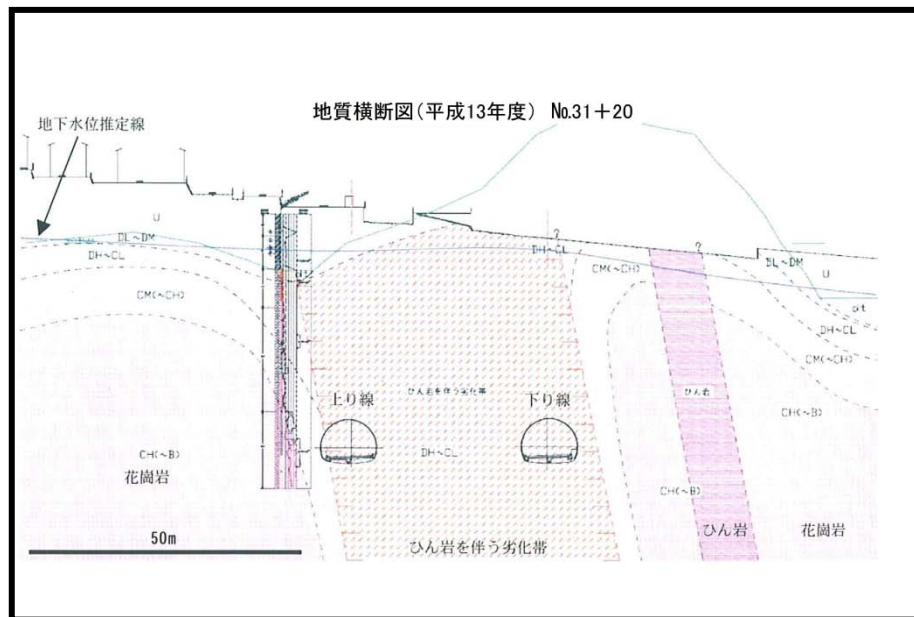


## (2) 地質調査等の結果整理・評価

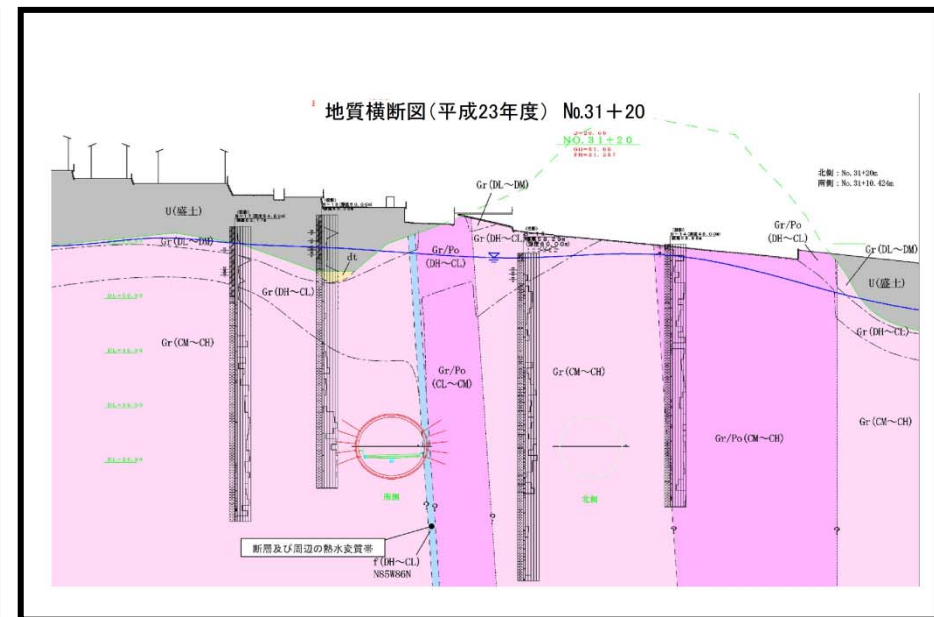
### ■ 牛田地区の地質図が変わった理由(2)

#### ● 地質横断図の比較(牛田地区)

追加調査前



追加調査後

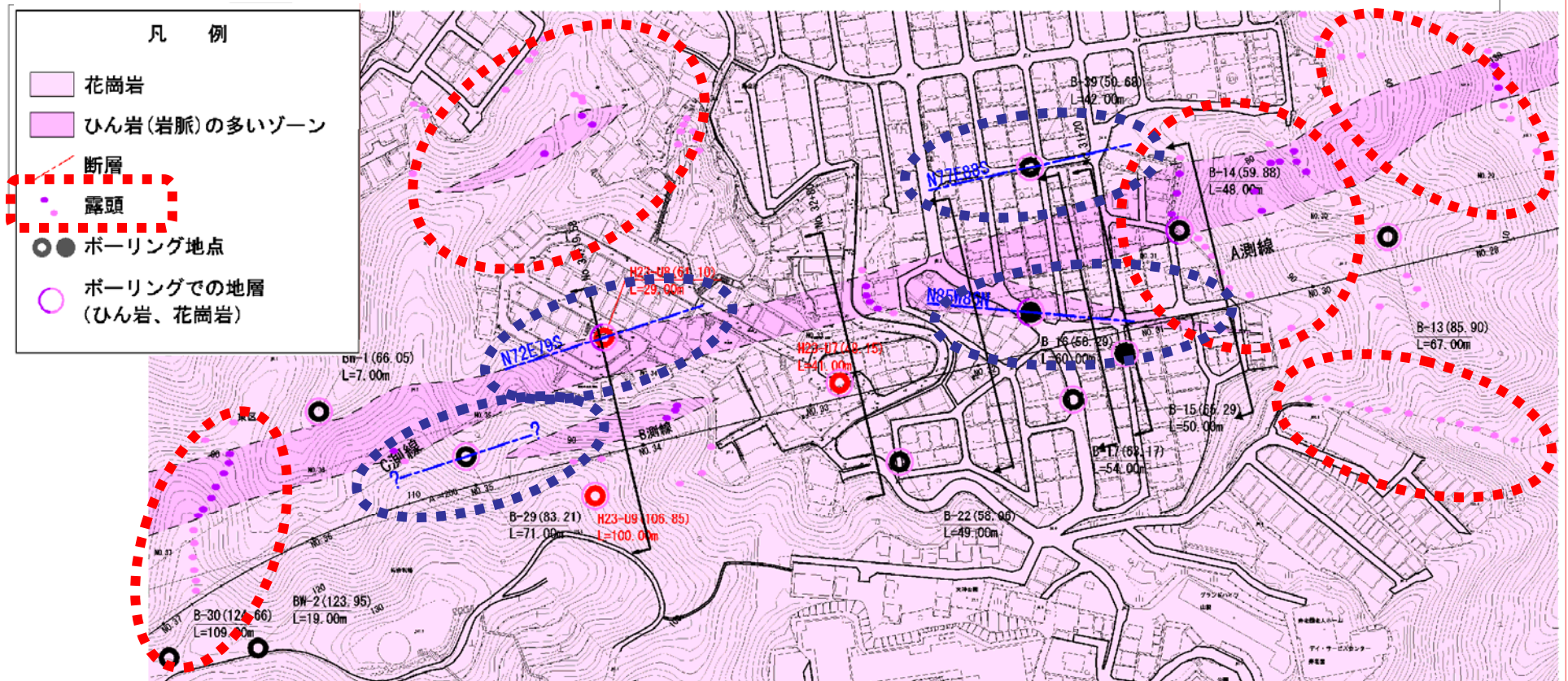
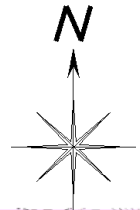


## (2) 地質調査等の結果整理・評価

### ■ 牛田地区の地質図が変わった理由(3)

#### ● ひん岩と花崗岩の平面分布

- ・ボーリングカメラにより確認出来た『**割れ目の方向**』を反映
- ・地質専門委員の現地踏査による『**ひん岩, 花崗岩の露頭分布**』を反映

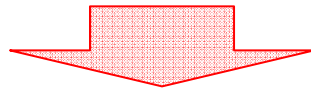


## (2) 地質調査等の結果整理・評価

### ■ 牛田地区の地質図が変わった理由(4)

#### 【既往の調査結果】

- ひん岩と花崗岩が、なぜ一部で劣化しているのか、どこに分布しているのかが不明確



#### 【今回の調査結果】

- ひん岩と花崗岩の劣化部は断層と熱水変質によるものと明らかになった。  
(ひん岩だから劣化しているのではない)
- 平面分布については、追加調査結果と地質専門委員の現地踏査結果により既往の地質図を修正。

## (2) 地質調査等の結果整理・評価

### ■ 追加ボーリング調査結果

当初予定 6箇所 ⇒ 実施 5箇所(1箇所未実施)

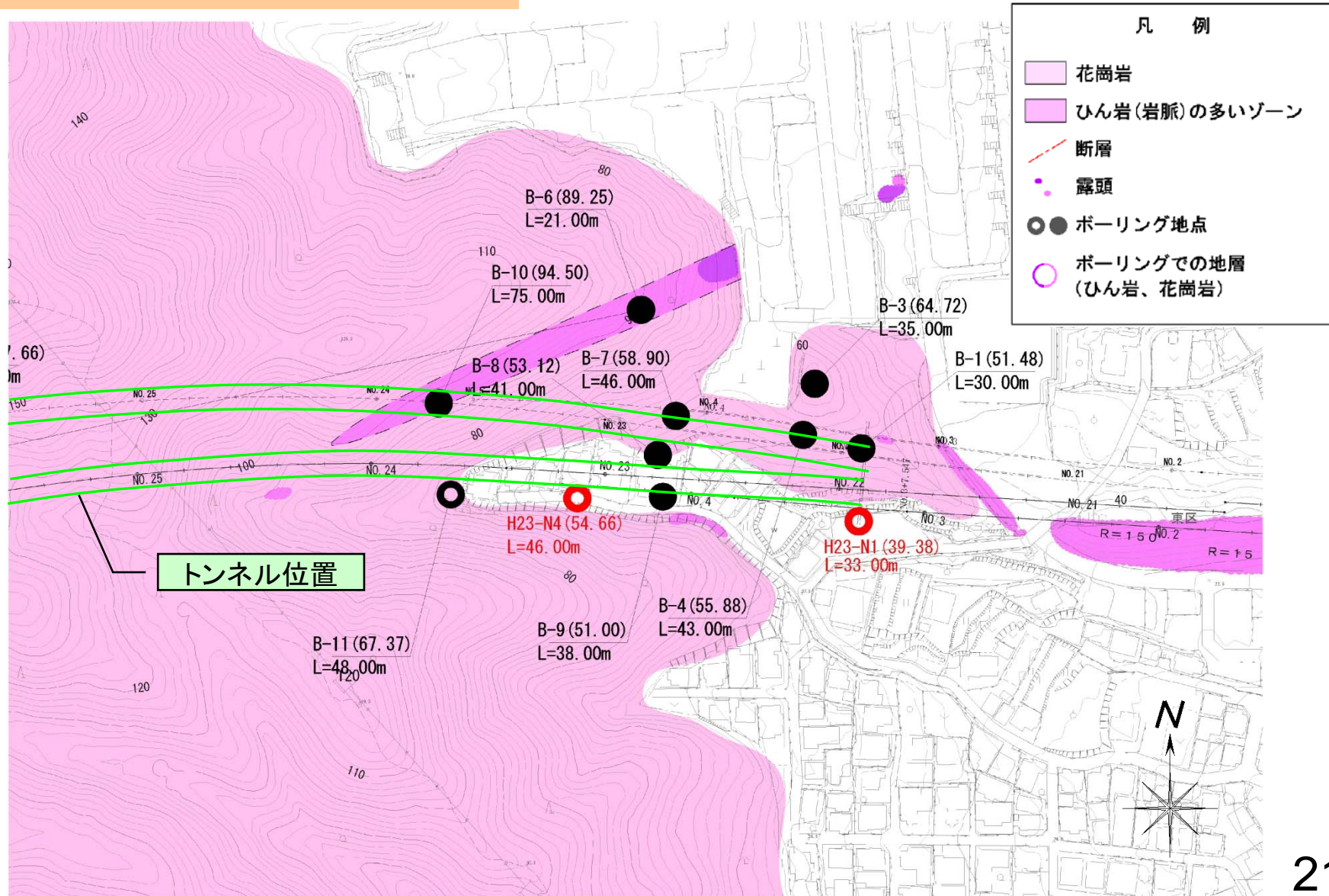
未了箇所(U3)の主な調査目的 : 盛土の物性値

- 盛土を含むU7, U8箇所の盛土データとU3付近の過去のボーリング結果との関係性(密度, 粒度分布)を基に算出が可能であった
- 上記も踏まえ, 基本的には牛田団地の盛土の特性は同一
- 今回得られた中山地区の盛土の物性値とも比較

解析に必要な物性値の設定が可能

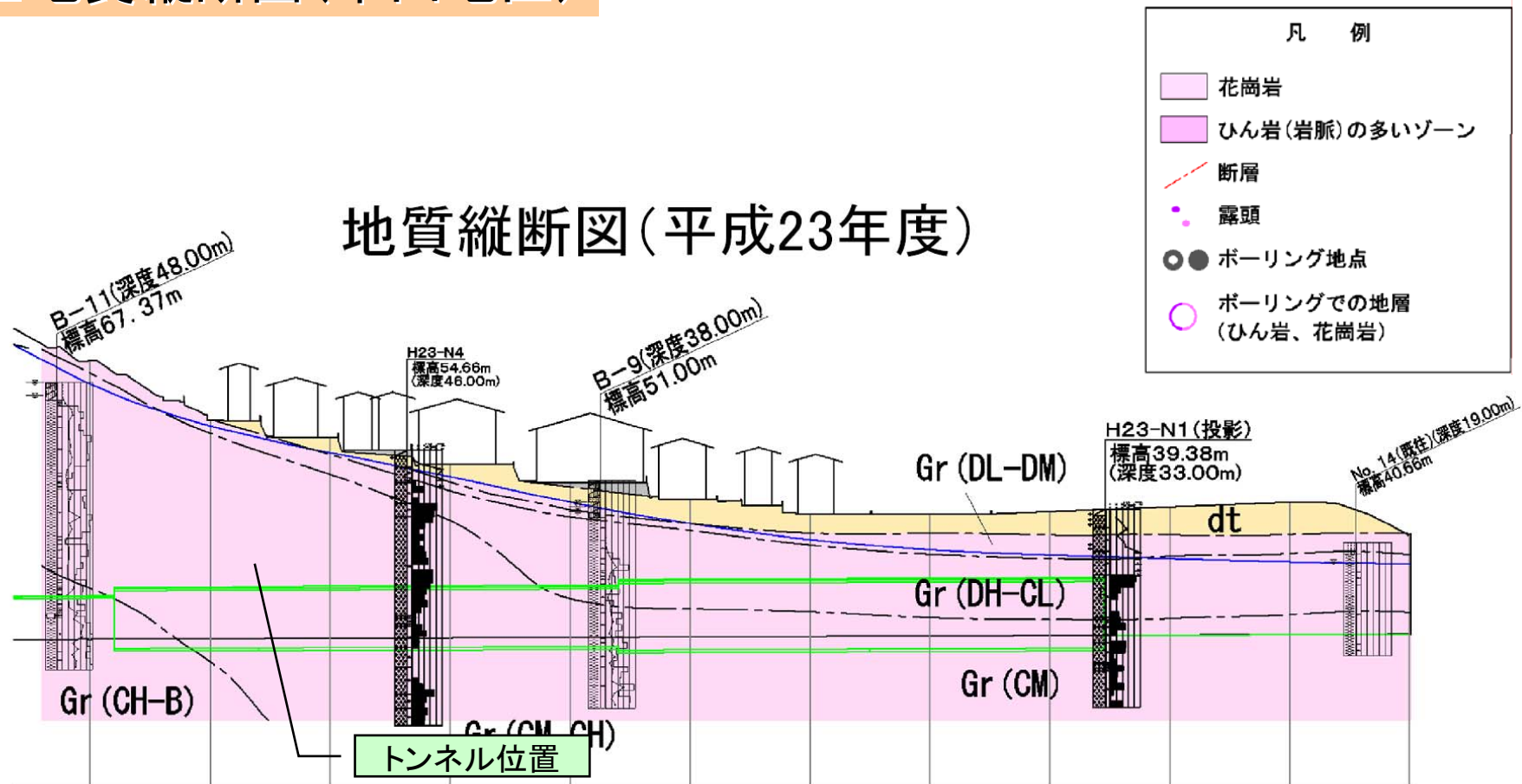
## (2) 地質調査等の結果整理・評価

### ■ 地質平面図(中山地区)



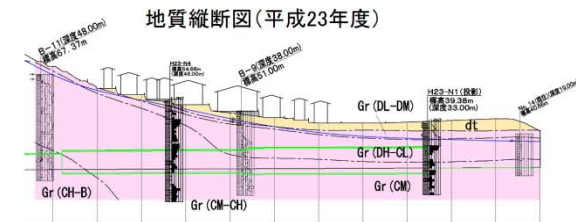
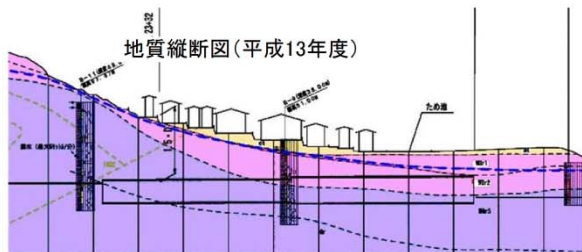
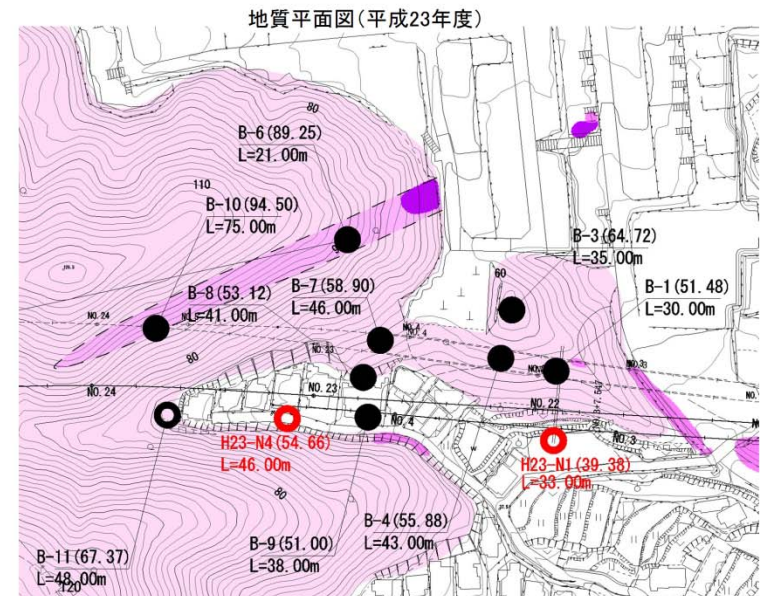
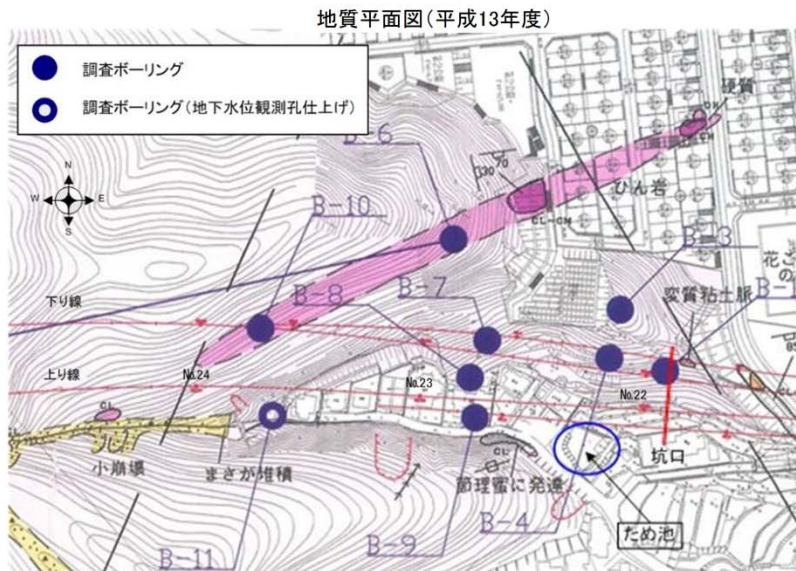
## (2) 地質調査等の結果整理・評価

### ■ 地質縦断図(中山地区)



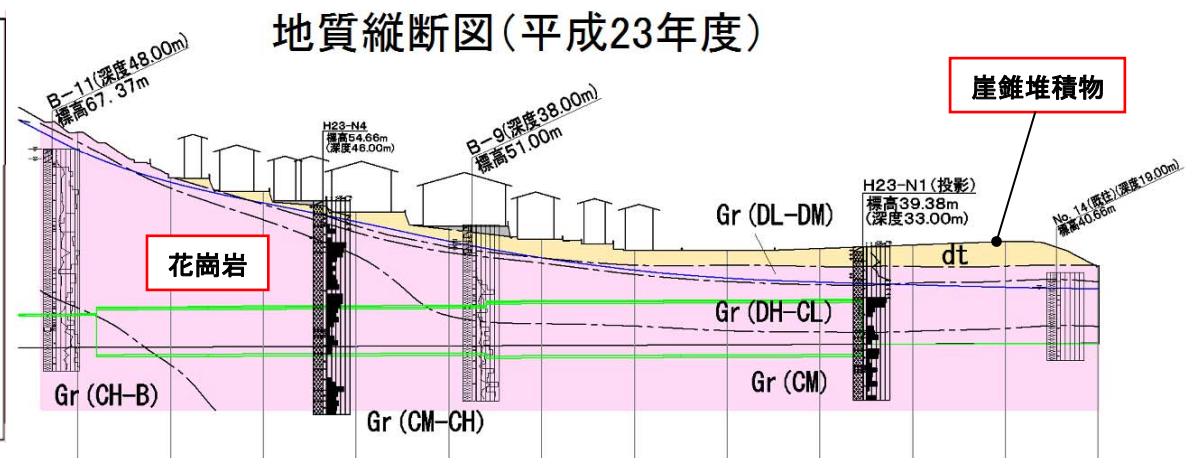
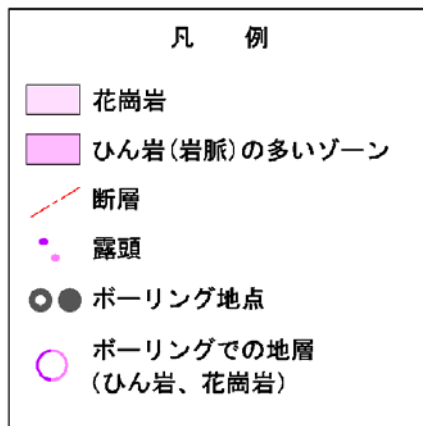
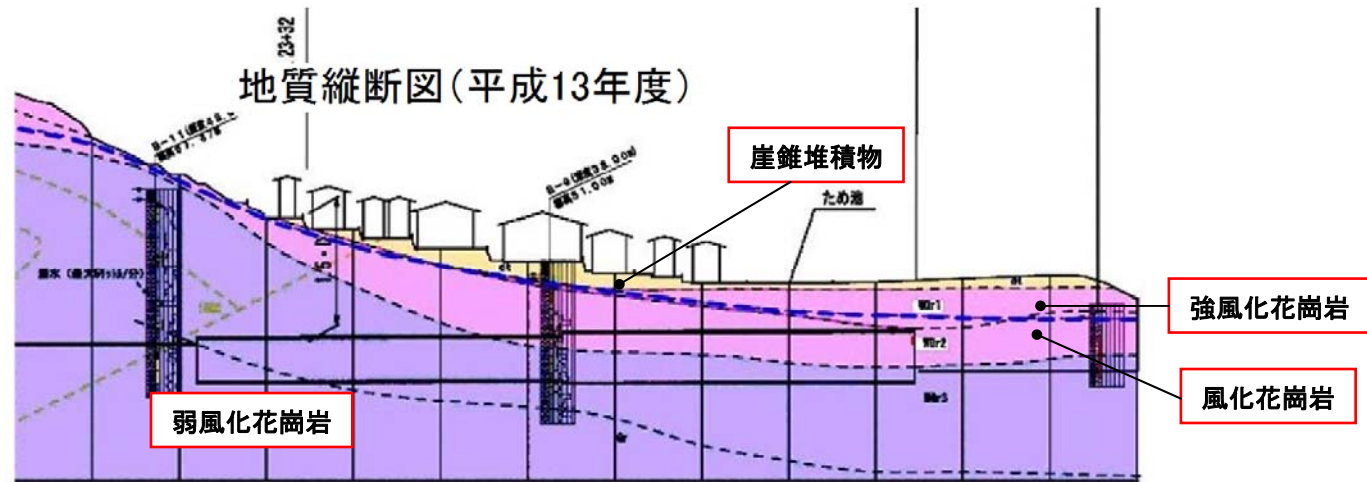
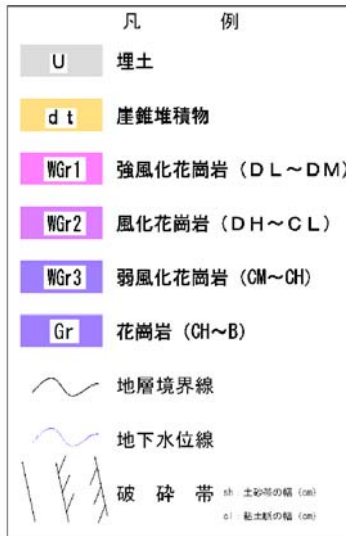
## (2) 地質調査等の結果整理・評価

### ■ 追加調査前と追加調査後の地質図比較(中山地区)



# (2) 地質調査等の結果整理・評価

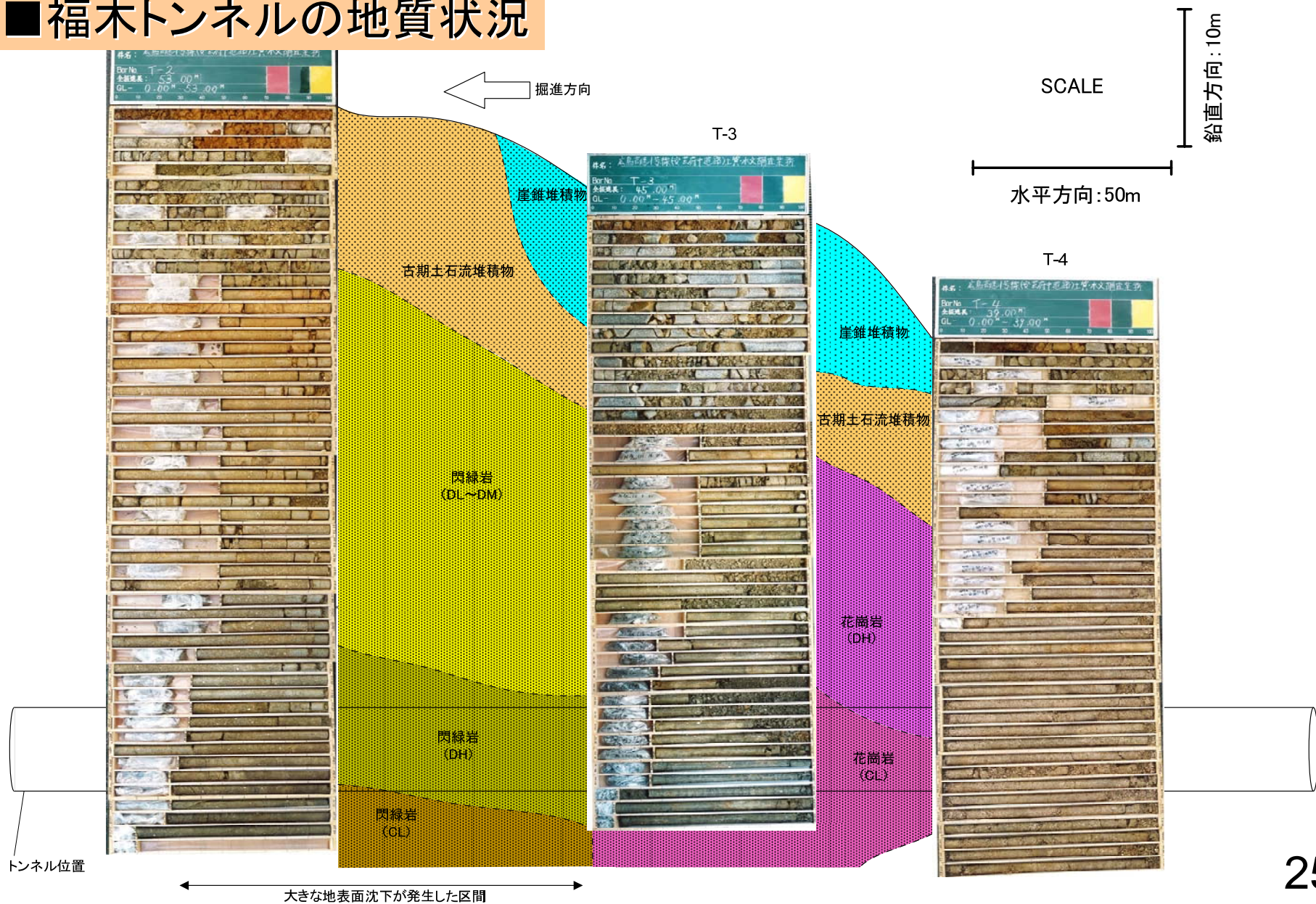
## ■ 追加調査前と追加調査後の地質縦断図比較(中山地区)





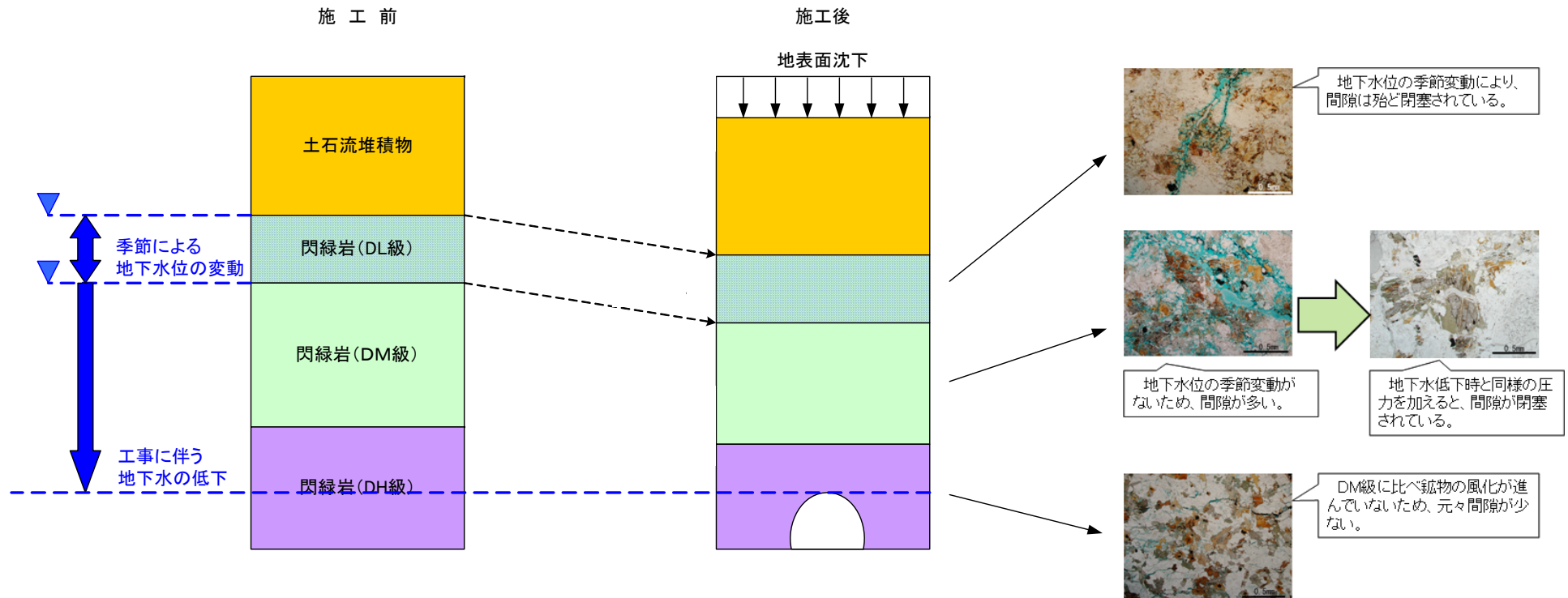
# (2) 地質調査等の結果整理・評価

## ■ 福木トンネルの地質状況



## (2) 地質調査等の結果整理・評価

### ■ 福木トンネルの沈下発生メカニズム



### ○ 地表面沈下発生メカニズム

1. 掘削に伴う地盤の緩みによる沈下
2. 地下水位低下に伴う、浮力の低減により、著しく間隙を有した閃緑岩地盤が有効応力の増加に耐えられず圧縮変形し沈下(圧密沈下)

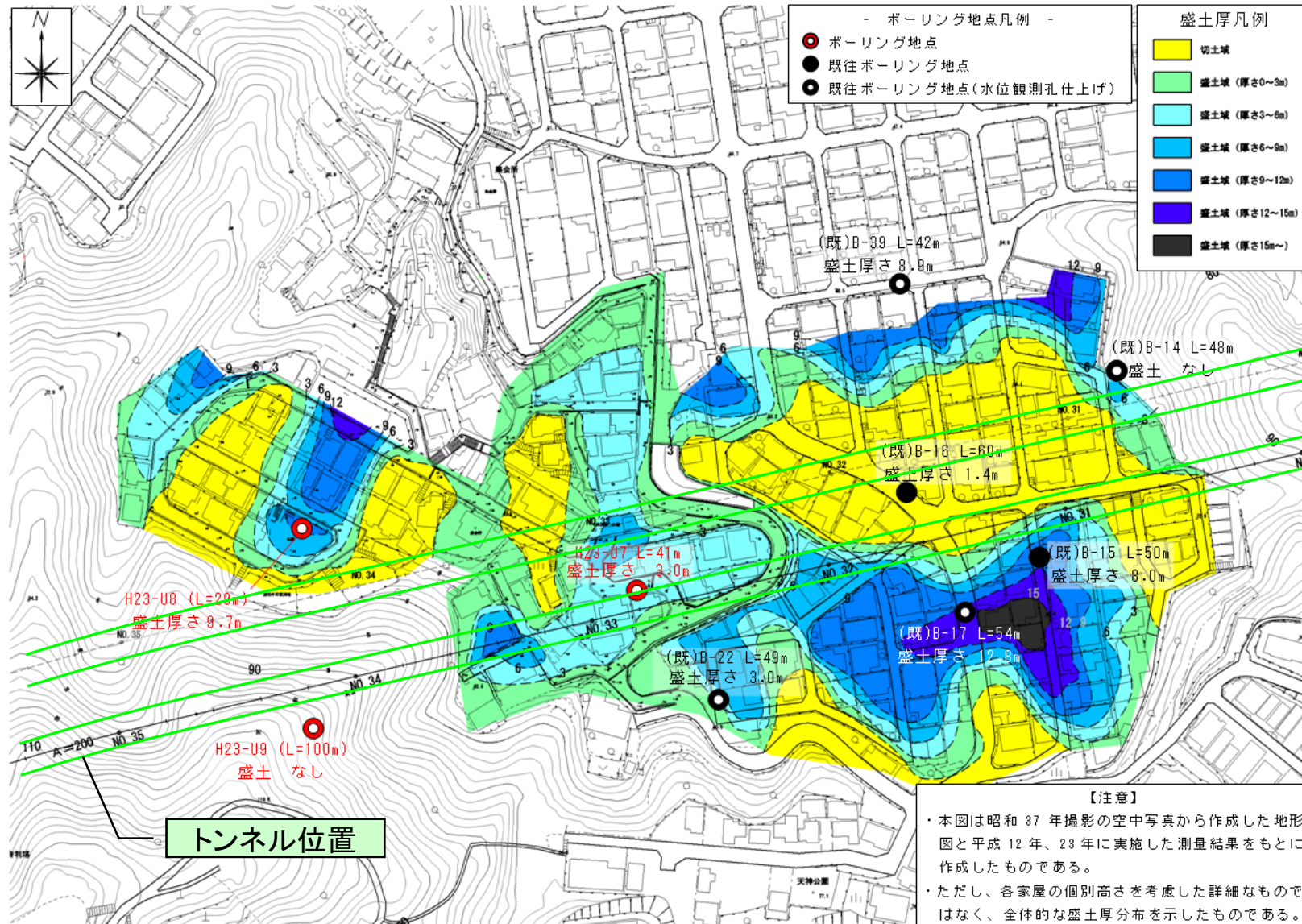
## (2) 地質調査等の結果整理・評価

### ■ 福木トンネルと高速5号線の比較

項目		福木トンネル	高速5号線トンネル	
			牛田地区	中山地区
地盤	基盤岩	閃緑岩 (マサ状風化) D <sub>H</sub> ~C <sub>L</sub> 級 【沈下発生箇所】	花崗岩及びひん岩 (硬い)	花崗岩
	上位地盤	土石流堆積物 埋土	崖錐堆積物 埋土	崖錐堆積物 埋土
	トンネル 付近 岩級区分	D <sub>M</sub> ~C <sub>L</sub> 級	C <sub>M</sub> ~B級	D <sub>L</sub> ~C <sub>H</sub> 級

# (2) 地質調査等の結果整理・評価

## 盛土厚分布



# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

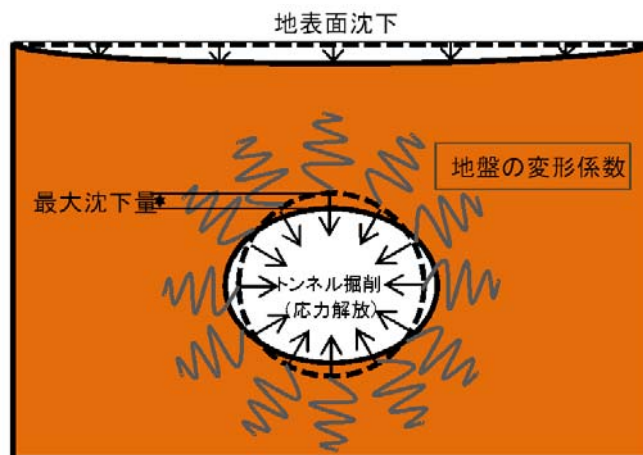
## ■ 沈下予測解析

地中応力解放による地盤変形

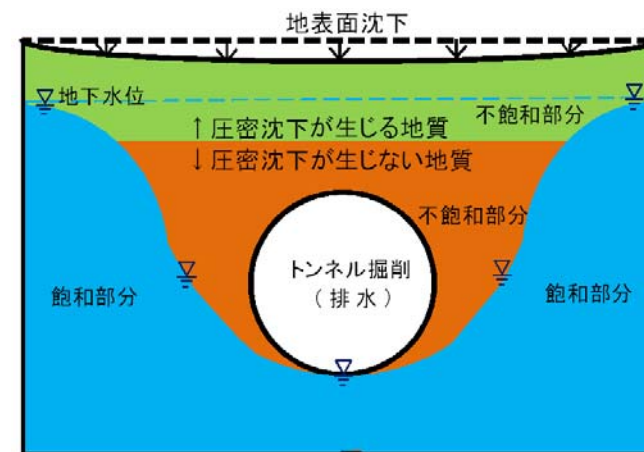
地下水位低下による圧密沈下

重ね合わせ

地表面沈下



地中応力解放による地盤変形

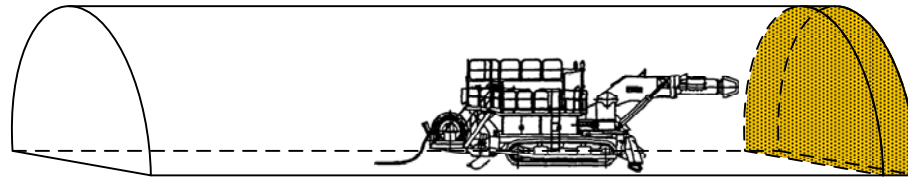


地下水位低下による圧密沈下

# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

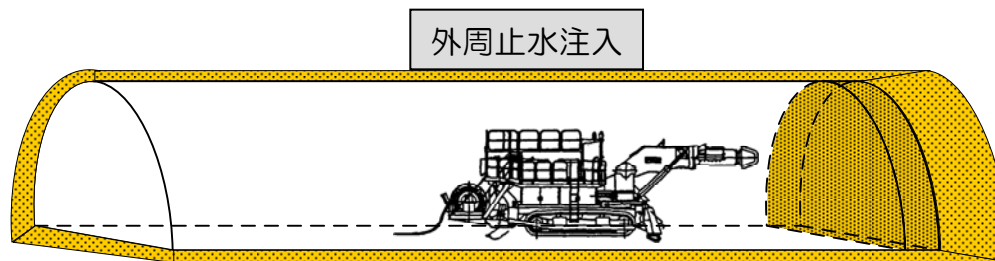
## ■ 工法

- NATM(排水型)



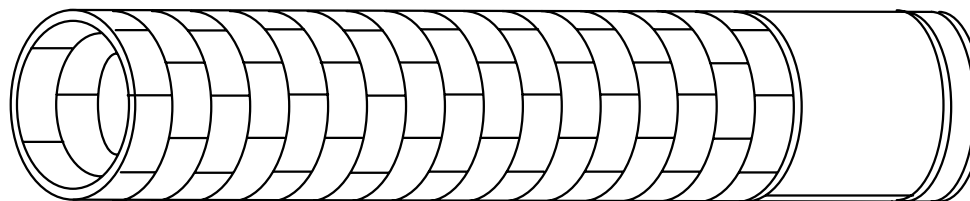
施工中: 水位低下  
完成後: 水位回復

- NATM+止水工法(非排水型)



施工中: 水位維持  
完成後: 水位維持

- シールド(非排水型)



## (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

### ■ 物性値

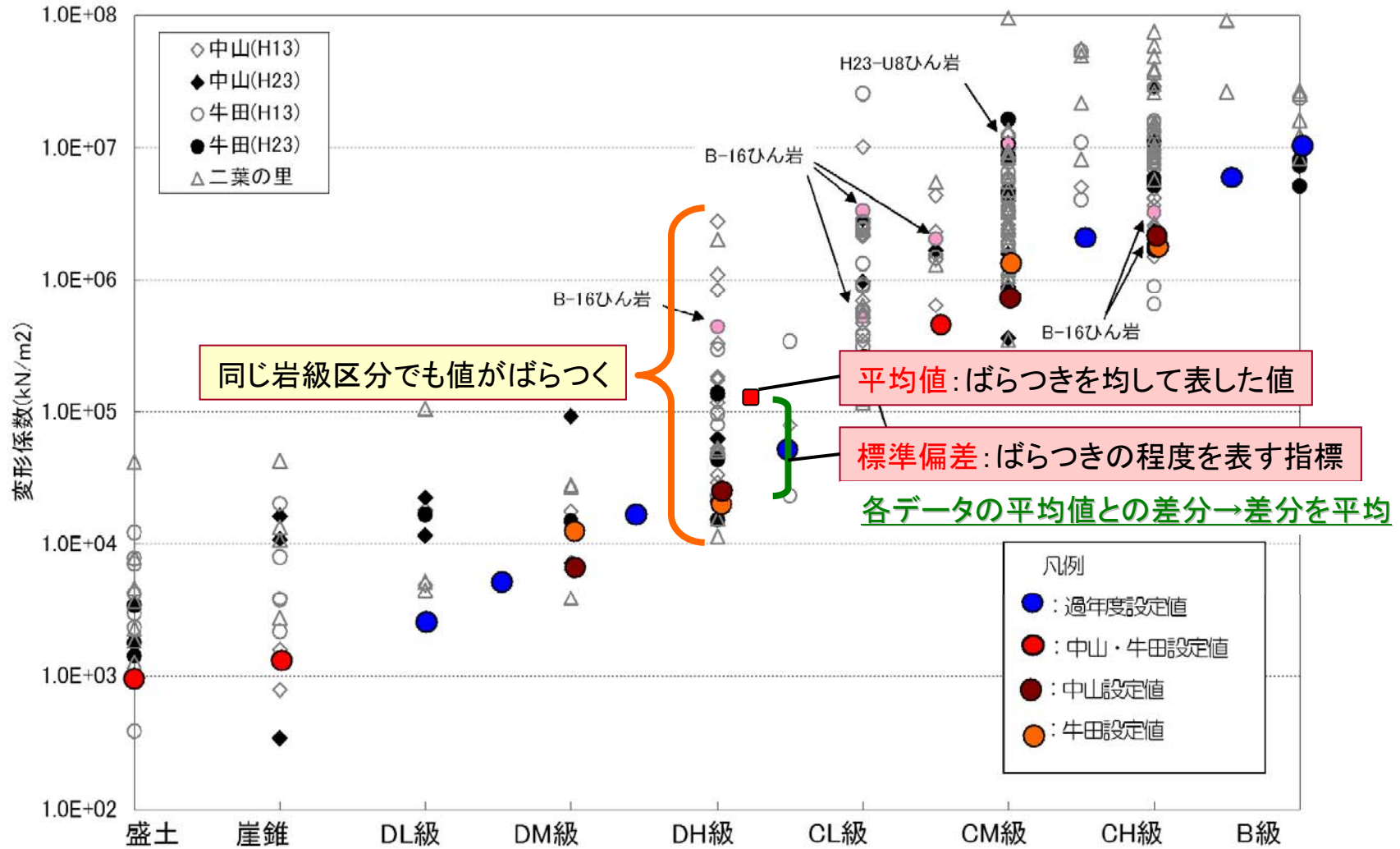
- 追加ボーリング調査結果に基づいて設定
- 沈下を大きく見積もる設定 ⇒ 厳し目の検討

◆物性値(変形係数など) = 試験結果の平均値－標準偏差  
(通常は平均値)

◆年間降雨量 = 最も地下水位低下した平成6年データ使用  
(観測データを有する間)

# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

## ■ 試験結果の平均値－標準偏差

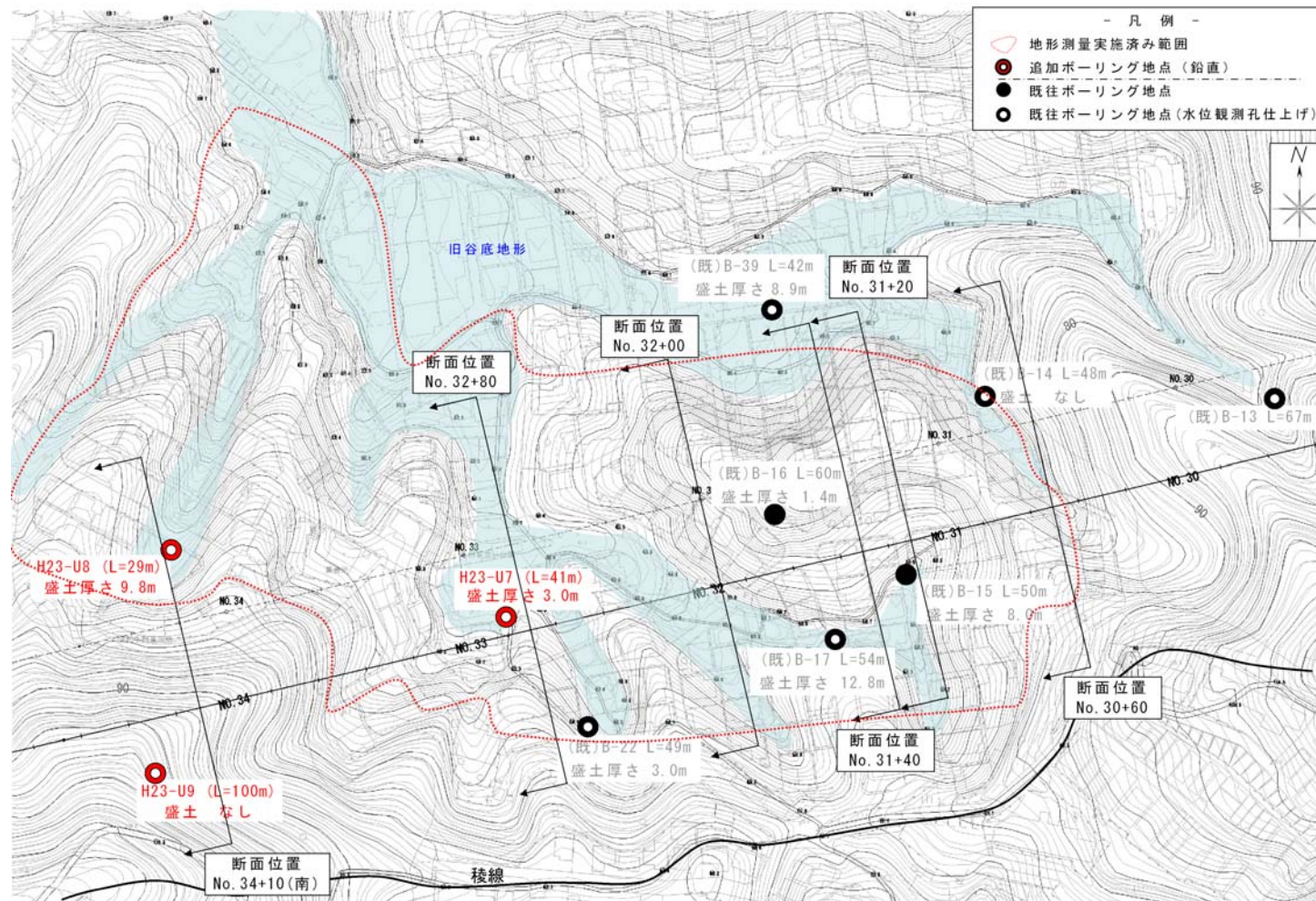




# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

## ■ 解析断面(地中応力解放による地盤変形解析)

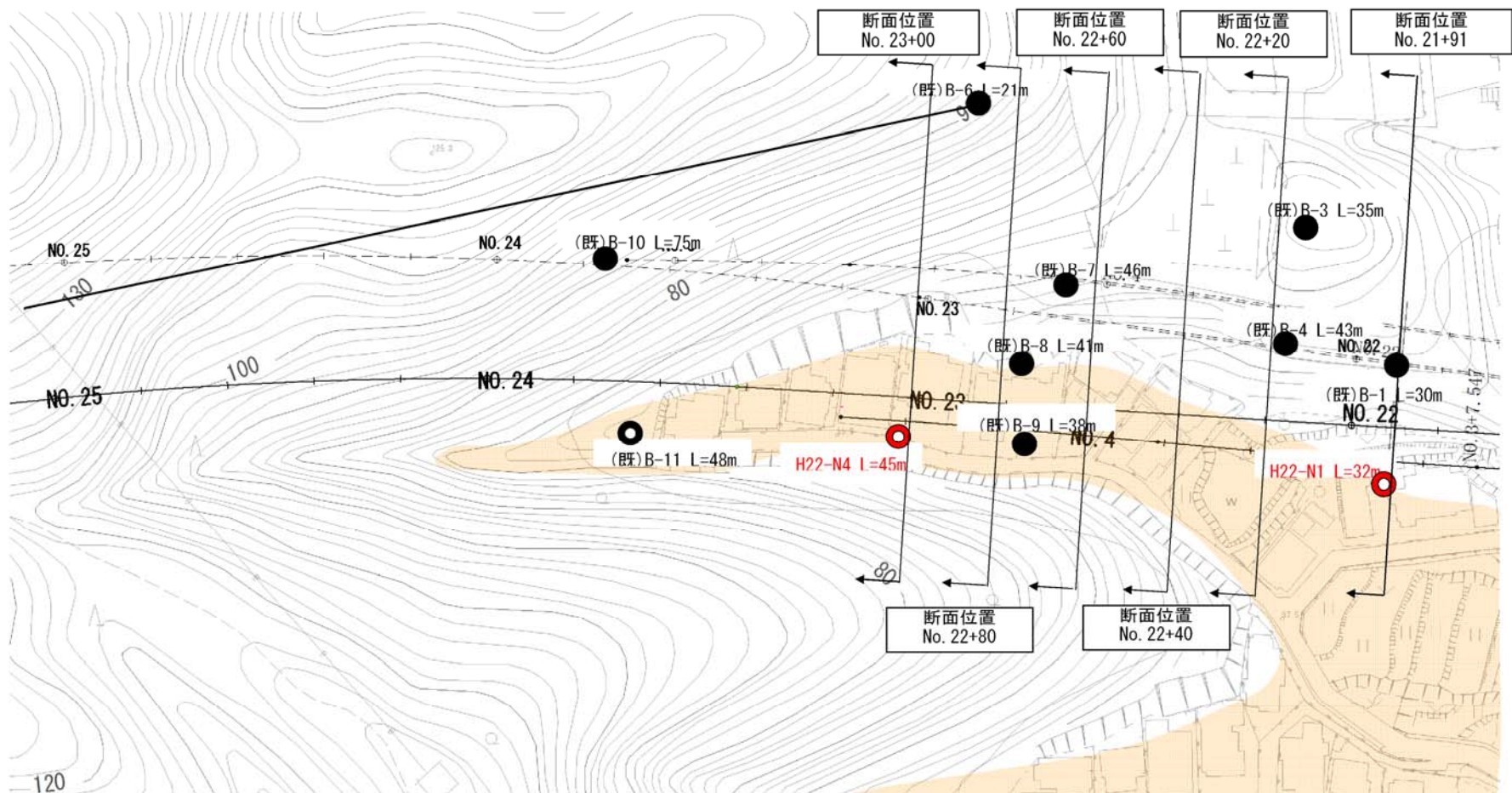
### ● 牛田地区



# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

## ■ 解析断面(地中応力解放による地盤変形解析)

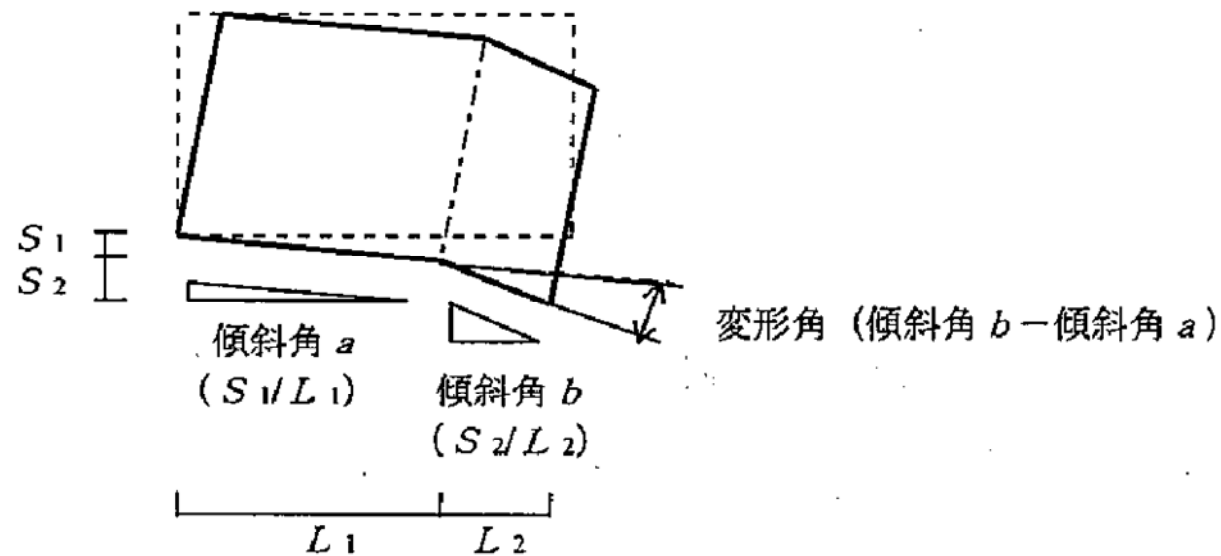
### ● 中山地区



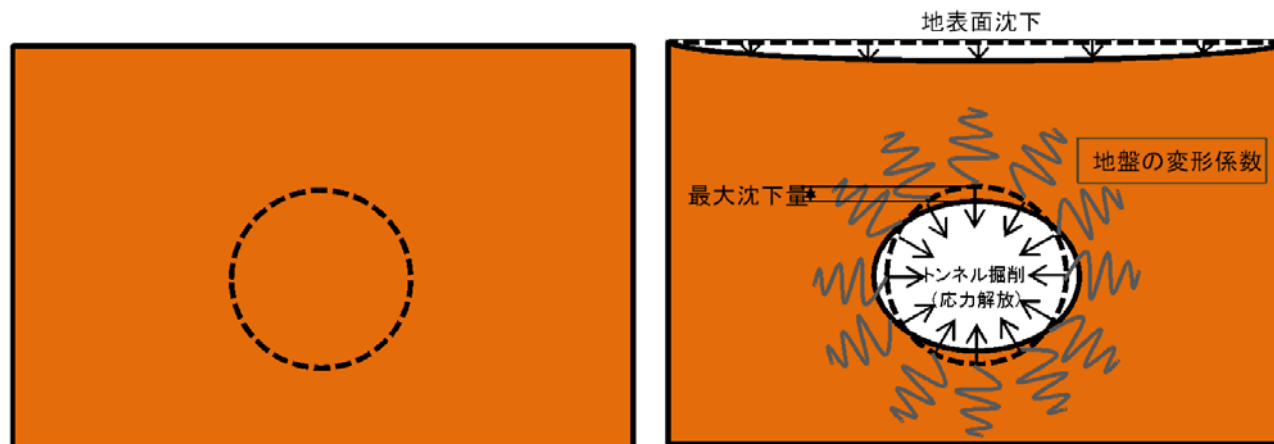
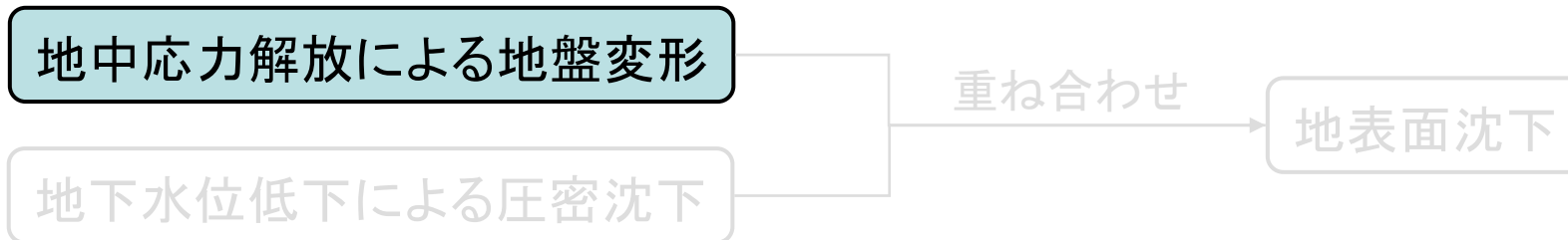
# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

## ■参考

- 「小規模建築基礎設計指針2008」
- 傾斜角：3/1000



# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策



# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

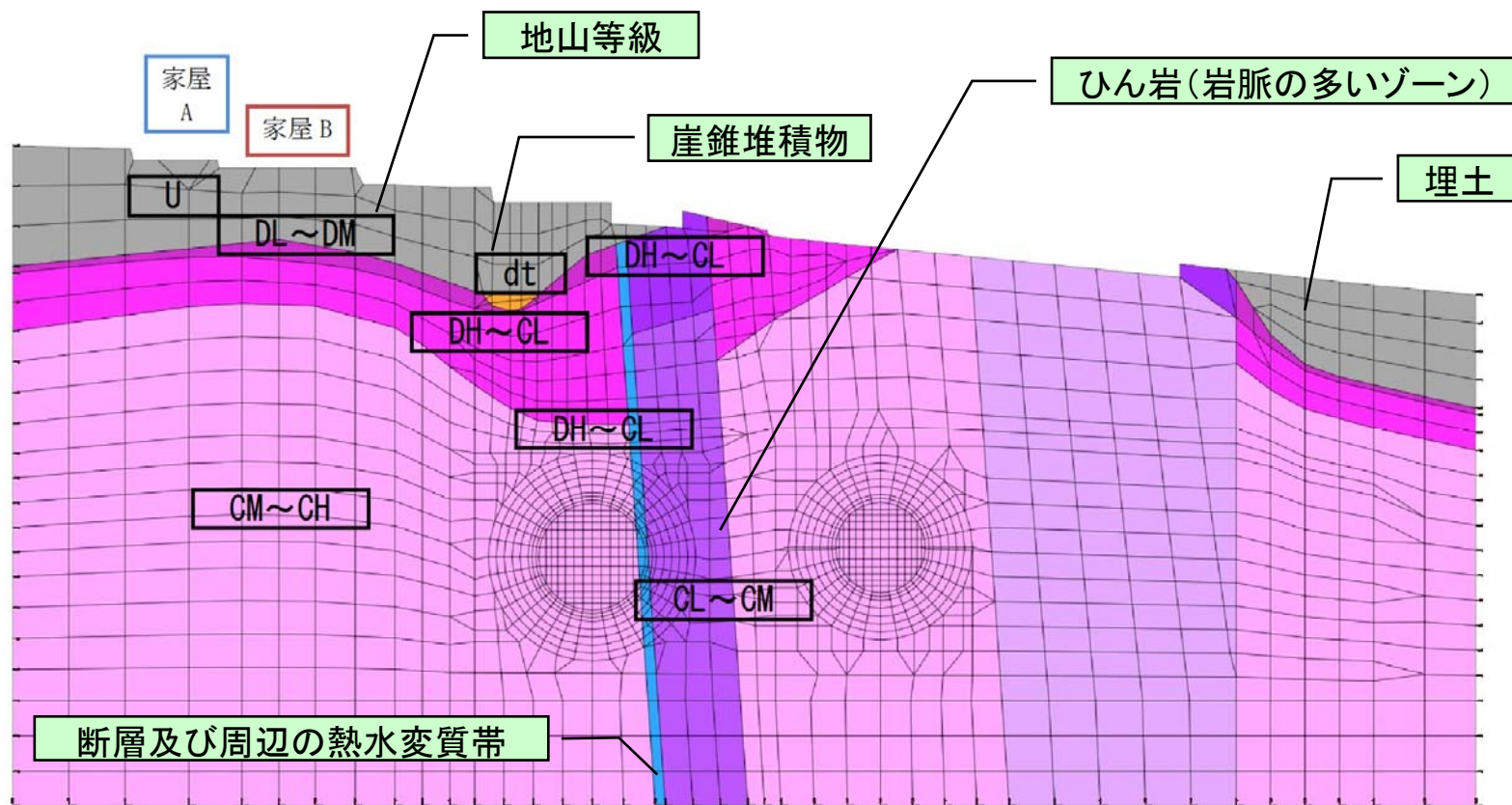
地中応力解放による地盤変形

地下水位低下による圧密沈下

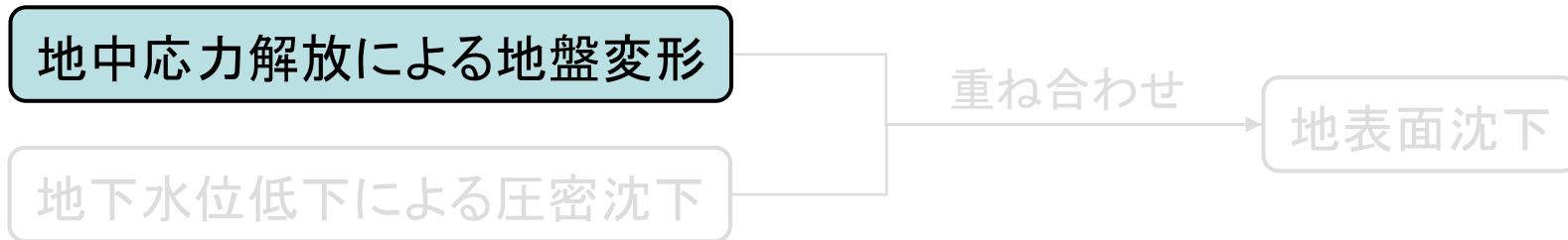
重ね合わせ

地表面沈下

## ■ 解析モデルのイメージ



# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策



## ■ 解析結果

### ● 牛田地区

工 法		最大沈下量(mm)※
排水型	NATM	2.0 ~ 6.3
非排水型	NATM+止水工法	2.0 ~ 6.3
	シールド	0.7 ~ 2.7

### ● 中山地区(坑口部)

工 法		最大沈下量(mm) ※
排水型	NATM	2.5 ~ 16.7
非排水型	NATM+止水工法	2.5 ~ 16.7
	シールド	0.8 ~ 16.0

※最大沈下量：解析断面（6断面）のうちの最小値と最大値

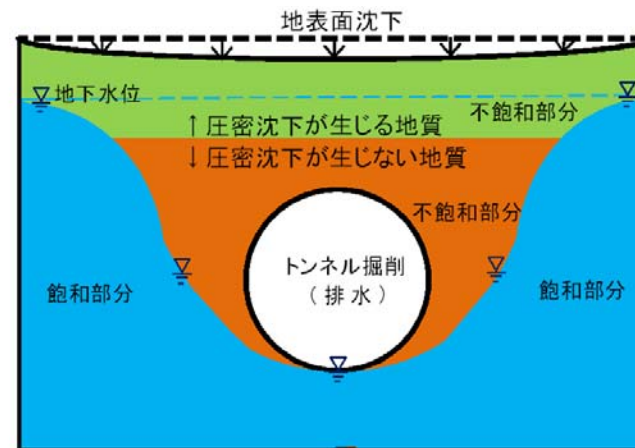
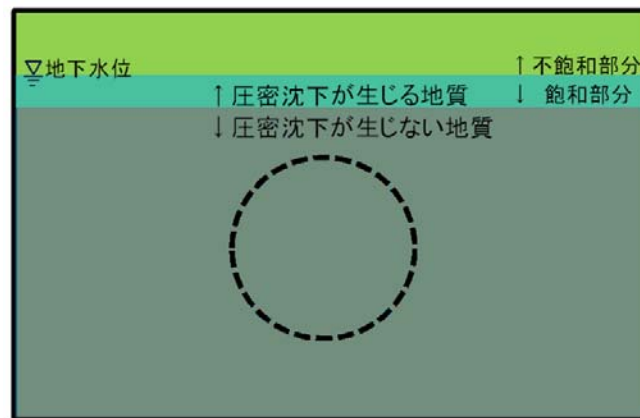
# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

地中応力解放による地盤変形

重ね合わせ

地表面沈下

地下水位低下による圧密沈下



# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

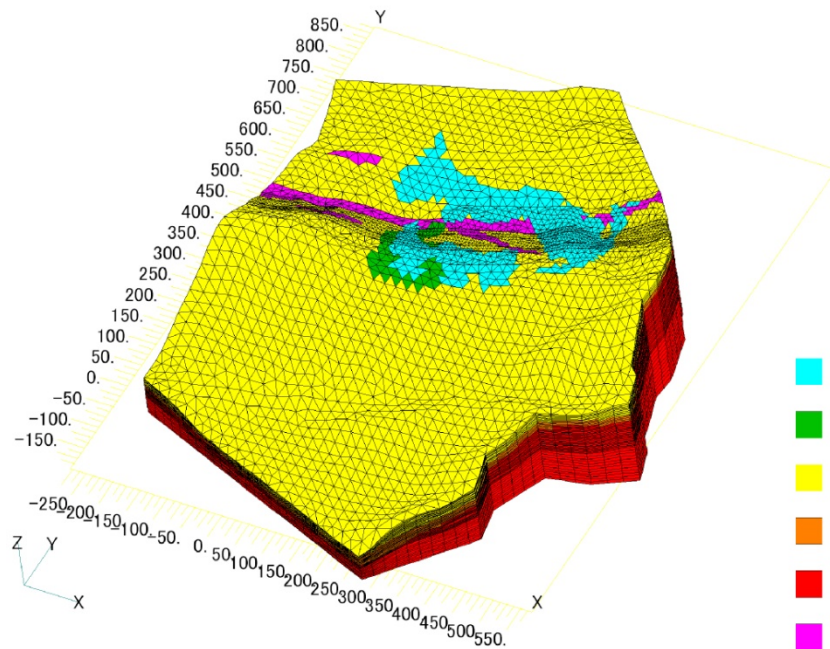
地中応力解放による地盤変形

地下水位低下による圧密沈下

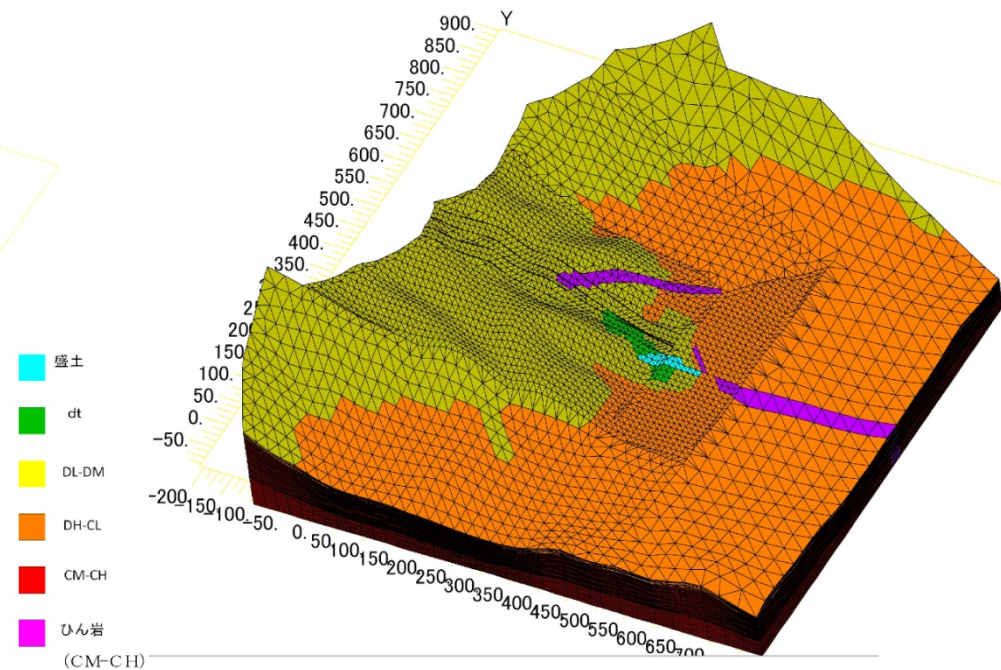
重ね合わせ

地表面沈下

## ■ 解析モデルのイメージ



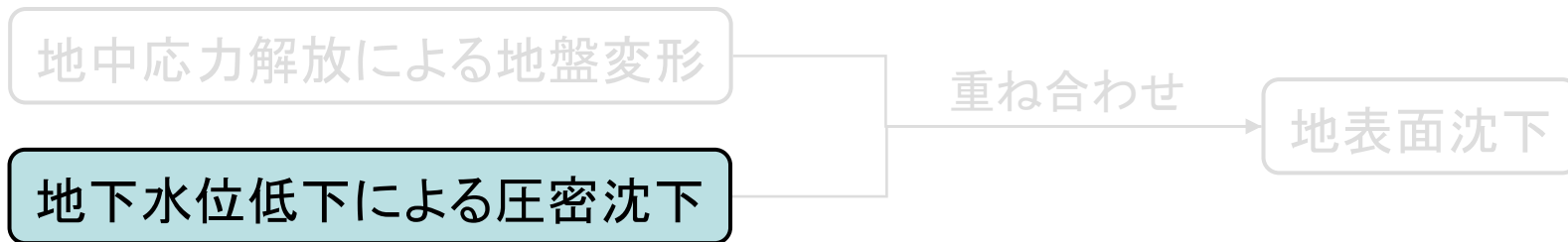
牛田地区



中山地区



# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策



## ■ 解析結果

### ● 牛田地区

工 法		最大沈下量(mm)※
排水型	NATM	3.2 ~ 11.8
非排水型	NATM+止水工法	—
	シールド	—

} ※※

### ● 中山地区(坑口部)

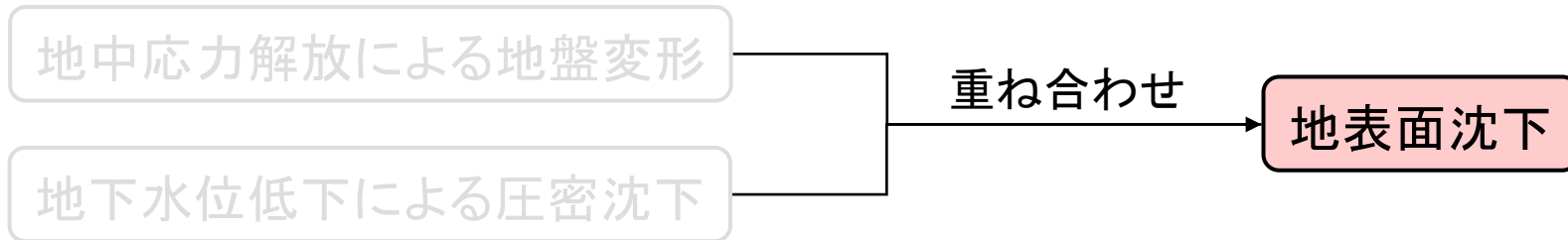
工 法		最大沈下量(mm) ※
排水型	NATM	21.2 ~ 35.9
非排水型	NATM+止水工法	—
	シールド	—

} ※※

※最大沈下量：解析断面（6断面）のうちの最小値と最大値

※※水位低下ないため対象外

# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策



## ● 牛田地区

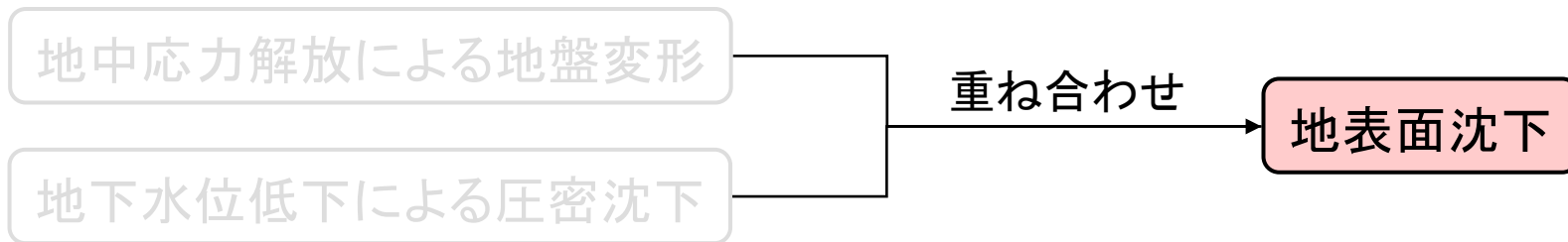
参考値: 3/1000

工 法		最大沈下量※(mm)	最大傾斜角※※
排水型	NATM	5.3 ~ 14.2	0.2/1000 ~ 0.9/1000
非排水型	NATM+止水工法	2.0 ~ 6.3	0.1/1000 ~ 0.5/1000
	シールド	0.7 ~ 2.7	0.1/1000 ~ 0.3/1000

※最大沈下量：解析断面（6断面）のうちの最小値と最大値

※※最大傾斜角：解析断面（6断面）のうちの最小値と最大値

### (3) 地表面沈下の解析及びその対応策



#### ● 中山地区(坑口部)

参考値: 3/1000

工 法		最大沈下量※(mm)	最大傾斜角※※
排水型	NATM	26.1 ~ 51.0	0.5/1000 ~ 3.5/1000
非排水型	NATM+止水工法	2.5 ~ 16.7	0.2/1000 ~ 2.5/1000
	シールド	0.8 ~ 16.0	0.1/1000 ~ 2.4/1000

※最大沈下量：解析断面（6断面）のうち最小値と最大値

※※最大傾斜角：解析断面（6断面）のうち最小値と最大値

# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

## (1) 牛田地区

### 【総括】

- 地質工学的に良好な岩盤を通過
- 沈下を大きく見積もる解析⇒傾斜角小
- 多数の委員：**安全なトンネル工事可能**

### 【審議未了とする委員の意見】

- ・局所的な家屋変形が大となる可能性あり
- ・1号線の検証未了
- ・不安定な大規模盛土あり(盛土厚さ・性状に不安)
- ・シミュレーション精度に課題
- ・沈下予測の信憑性が得られていない

# (3) 地表面沈下の解析及びその対応策

## (2) 中山地区

### 【総括】

- 沈下値＝牛田地区と比べてやや大きめ
- 補助工法を施せば沈下を抑えることが可能
- 地形的に土砂災害可能性を要考慮
- 多数の委員：

**地形条件を考慮した施工方法必要(開削工法等)**

### 【審議未了とする委員の意見】

- 砂防工事等の妥当性を要検証
- 1号線の検証未了
- 土石流の危険性
- 非常に条件が悪い
- 予測手法に欠陥あり

## (4) 斜面崩落や植生への影響の可能性

### 【総括】

- 多数の委員：

トンネル施工に伴い植生に影響を及ぼし、斜面崩落が発生するとは考えられない

(仮に事業実施の際には)

植生の実態を把握しておくため、施工前に現況調査を行うことが望ましい

### 【審議未了とする委員の意見】

- ・年輪解析調査も必要
- ・地下水位低下による影響の追跡調査不十分のため評価できない
- ・トンネル掘削による地下水位低下により土石流、斜面崩落の危険が高い

## (4) 斜面崩落や植生への影響の可能性

### ■ 調査内容

#### ● 調査項目

- ・尾長山における細密植生図の作成
- ・二葉山, 尾長山における毎木調査
- ・二葉山, 尾長山における植生調査

#### ● 調査期間および調査時期

- ・調査期間: 約1年
- ・調査時期: 工事実施決定された場合すみやかに実施

# 留意事項

仮に事業実施の判断がなされた場合には、地域住民の安全を第一に考え、丁寧かつ適切な施工が必要  
住民の安心に繋がるよう、トンネル施工に関する留意事項を列挙

## 1 家屋等の事前調査の範囲設定について

- 盛土分布・地下水位低下範囲考慮, できるだけ広く

## 2 透明性の高い計測計画について

- 地表面沈下等の計測管理, 結果は開示



# 留意事項

## 3 施工時の管理基準

- 厳しめの基準設定, 常時計測値と比較
- 基準値を超えそうな場合は即時の対策

## 4 トンネル掘削に伴う振動について

- 周辺状況を十分考慮し実績ある工法から選定

## 5 牛田地区の大規模擁壁の事前調査について

- トンネル施工が原因となる盛土滑動崩落の可能性なし
- 現状把握のため擁壁の調査実施, 必要に応じて対策

# おわりに

## ■委員長

- 広島県，広島市及び広島高速道路公社にあっては，地域の住民生活等の安全性の確保を第一とした適切な対応をされることを期待する。
- 仮に，事業実施の判断がなされる場合には，留意事項と合わせ，万が一の補償についても誠実かつ適切に対応されるべきである。