

第11回技術専門委員会

平成24年11月30日

資料 2-1

「高野原二丁目、三丁目地区」

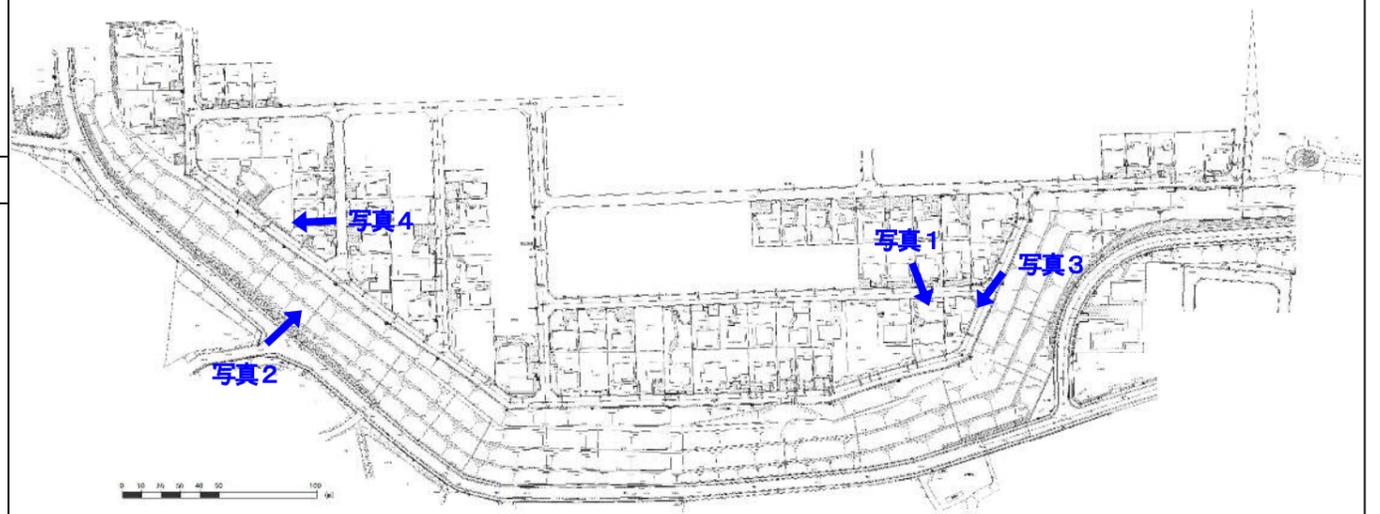
1. 概要書

区名	青葉区	地区名	高野原2丁目、3丁目	主な街区	二丁目5・6・7・8・9・11番街区の一部及び三丁目4・5番街区の一部番街区
----	-----	-----	------------	------	--

【被害概要】

被害分類				
	被災タイプ A	被災タイプ B	被災タイプ C	
被害宅地	面積	約 25,000 m ²	宅地数	41 宅地
被害要因				
	① 谷埋め型盛土に起因	② 腹付け型盛土に起因	③ 地すべり地形に起因	
	④ 切盛境界に起因	⑤ 擁壁の安定性不足に起因	⑥ 緩い盛土に起因	⑦ 地盤の液状化に起因

【平面図（被災状況写真位置図）】



【被災状況写真】



写真-1



写真-2



写真-3



写真-4

【位置図】



2. 平成 24 年度調査事項

H24年度

調査項目	調査位置、孔番号	調査目的
重ね図作成		水平変位量を把握するため
表面波探査	H1 774m	盛土層の緩み範囲および切盛境界を推定するため、表面波探査を実施した。測線は地表面に生じた変状箇所を包括する範囲の既設道路上にて設置し、断波速度の平面・断面分布を把握した。
	H2 70m	
	H3 104m	
	H4 102m	
	H5 254m	
	H6 234m	
	小計 1538m	

作業イメージ



H23年度

調査項目	調査位置、孔番号	調査項目	調査位置、孔番号	
機械ボーリング	盛土および基礎地盤の確認	H23B-1 23m	室内土質試験	
		H23B-2 15m		土粒子の密度試験
		H23B-3 14m		含水比試験
		H23B-4 19m		湿潤密度試験
		H23B-5 23m		突固めによる締固め試験
		H23B-6 16m	地盤伸縮計	S-1
		H23B-7 19m		S-2 ②測線(ⅠA測線)沿い
		小計 129m		S-3 ④測線(ⅠB測線)沿い
	盛土特性の確認	H23B-8 9m		S-4 ⑤測線沿い
		H23B-9 8m		S-5 ⑥測線(ⅠC測線)沿い
		H23B-10 11m		S-6 ⑥測線(ⅠC測線)の東側
		H23B-11 11m		
	H23B-12 11m			
	小計 50m			

調査等位置図

24年度調査凡例

H5-0 表面波探査測線

23年度調査凡例

● H23B-3 ボーリング調査 (水位計・歪計設置)

● 地盤伸縮計

■ S-5 工事に伴い撤去済み

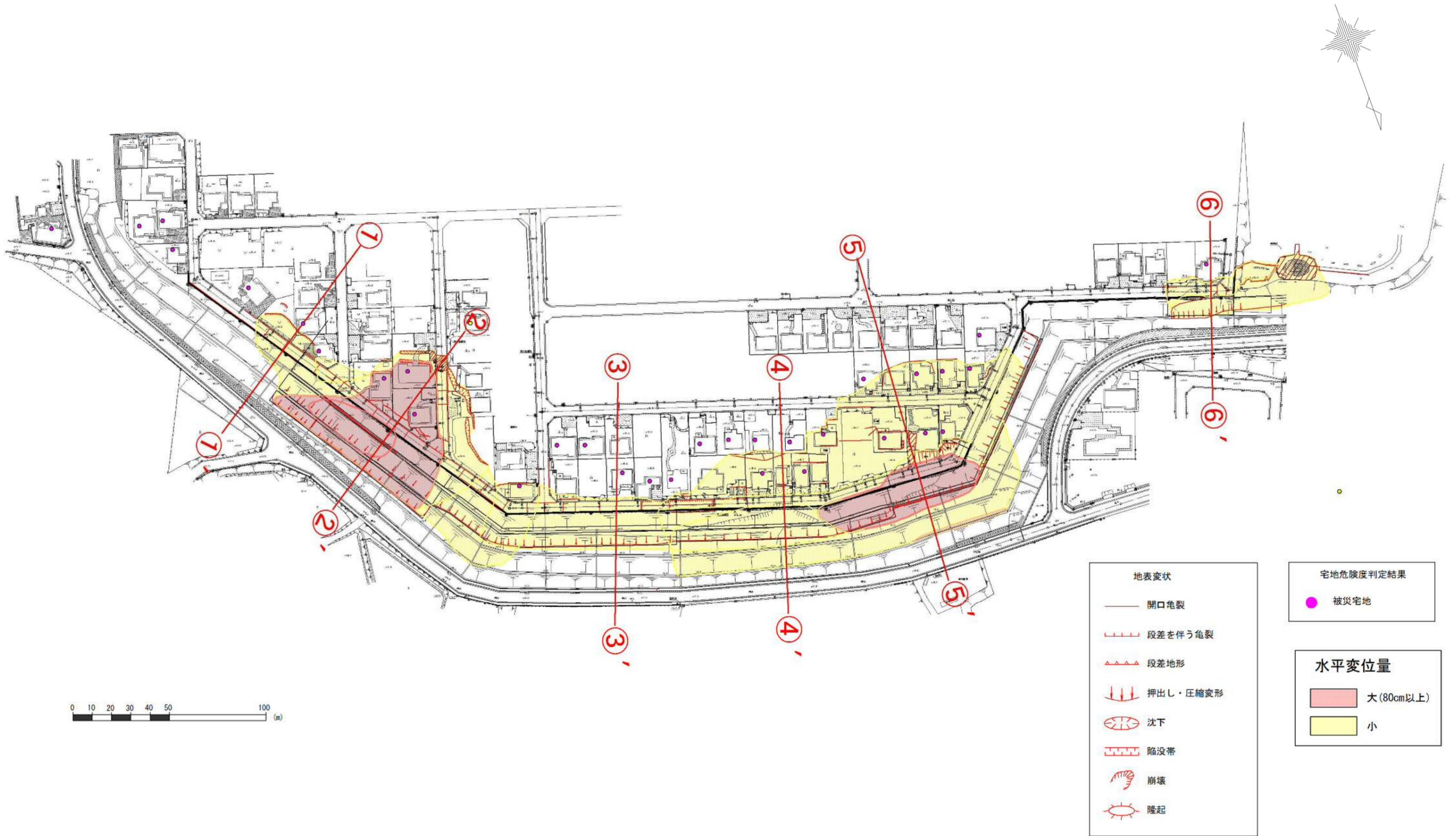


宅地危険度判定結果

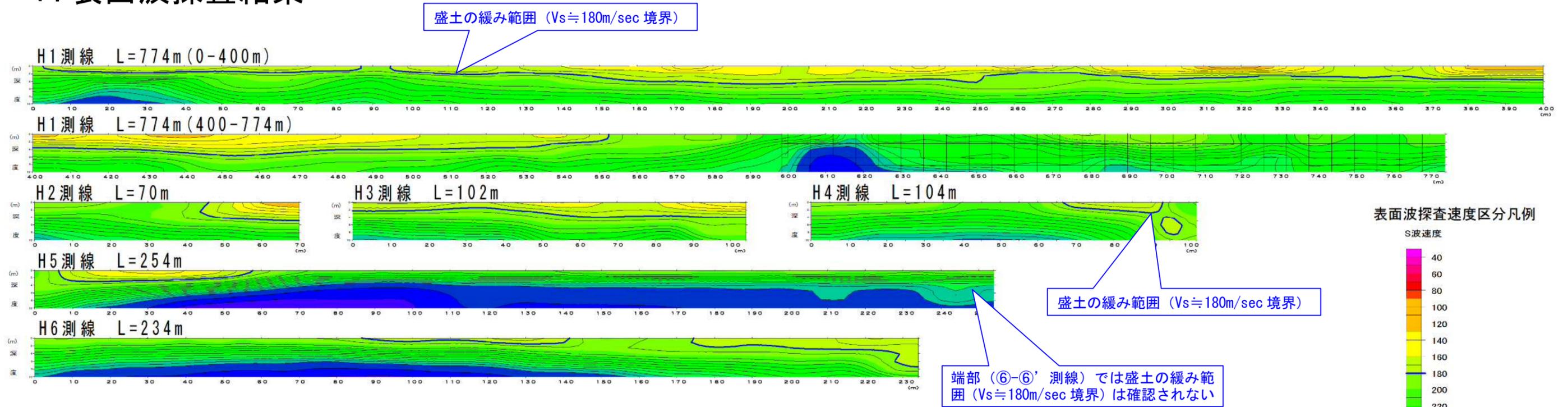
● 被災宅地



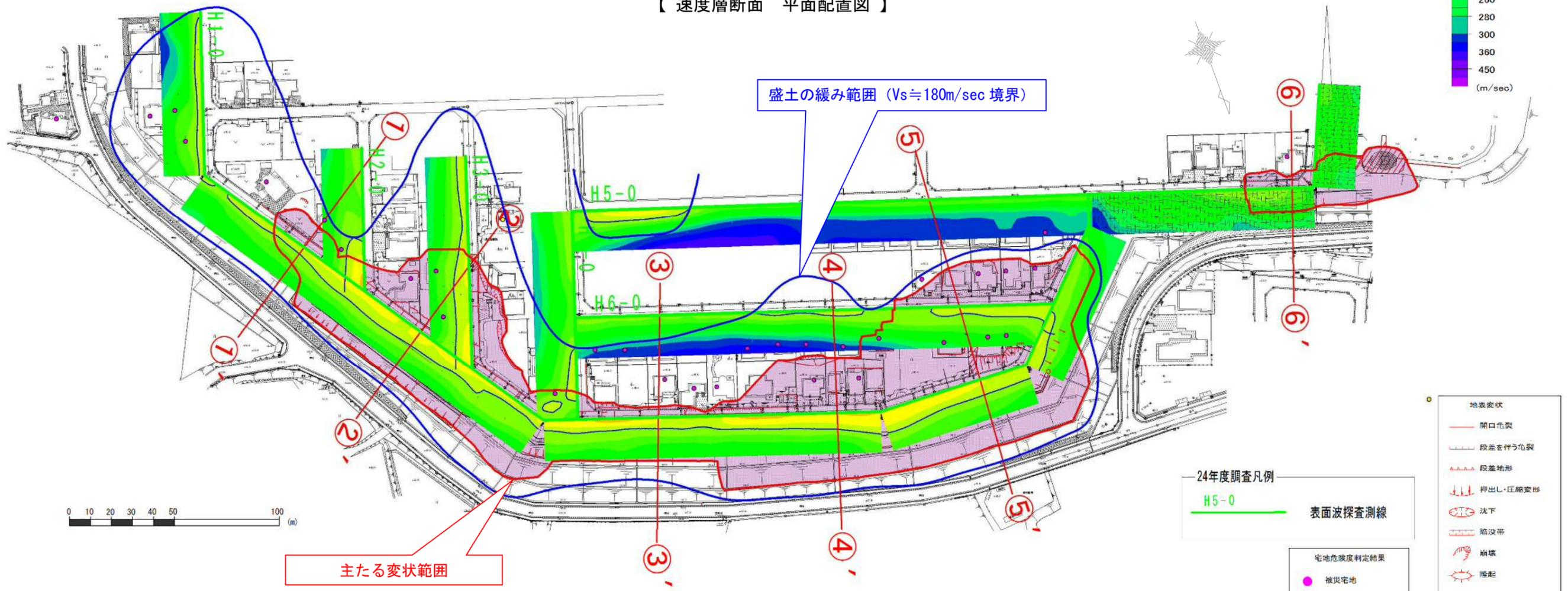
3. 水平変位量平面図



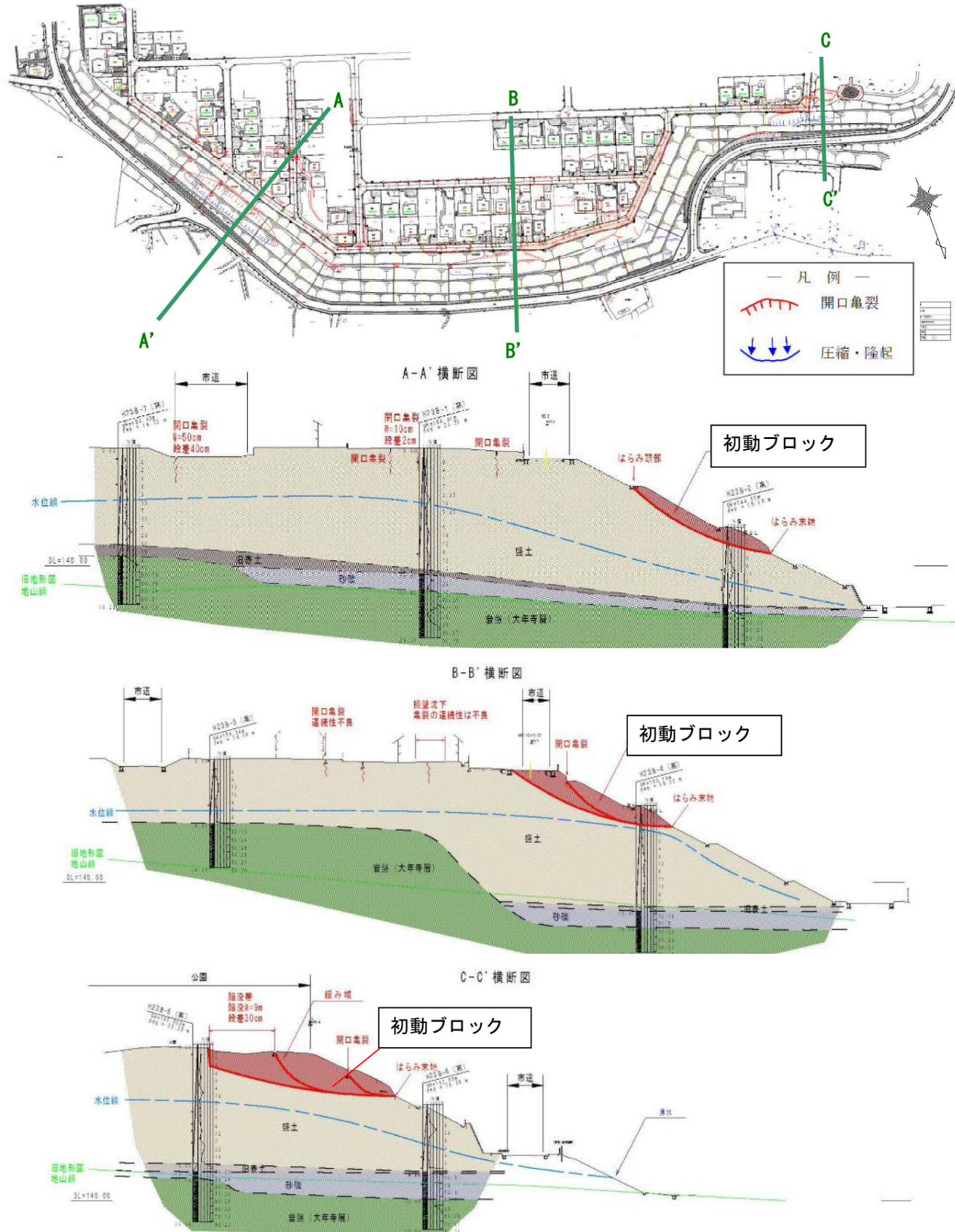
4. 表面波探査結果



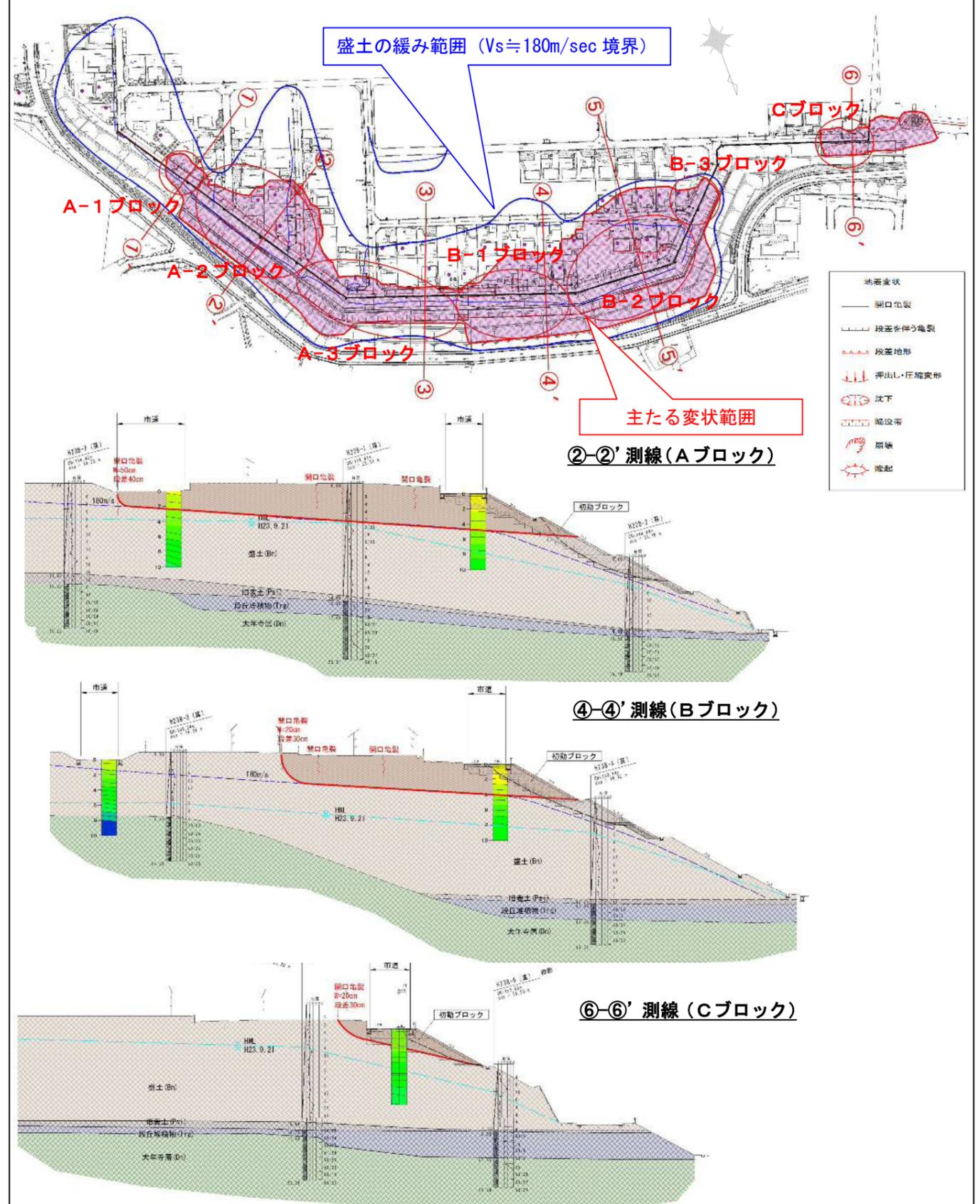
【 速度層断面 平面配置図 】



◆ 平成 23 年度 検討平面図、横断面図



◆ 平成 24 年度 検討平面図、横断面図



5. 変状メカニズム

平成 23 年度検討内容

【宅地被害の状況】

本地区では、幅約 50～90m、長さ約 700m の範囲において、道路を含む宅地造成地で開口亀裂と沈下、道路のり面のはらみ出しが発生した（平面図参照）。

【造成履歴および盛土分類】

本地区は、平成元年から 7 年に造成された場所であり、台地の高い所を切土して谷部を埋め立て、低い土地の嵩上げにより土地の拡幅を行った、いわゆる谷埋め型盛土（東西側斜面）と腹付け型盛土（北側斜面）に分類される。

【盛土および地下水の状況】

盛土材料は、礫混じり粘性土～砂質土に分類され、盛土の層厚は 9～16m が確認された。地盤の相対的な締り程度（砂の場合）または硬さ程度（粘性土の場合）を示す N 値は、宅盤では N=2～26（平均 9）が得られ「緩い」締り状態または「硬い」硬さ程度を示している。また、道路のり面では、表層部の深さ 3m 以浅で N 値=1～3（平均 2）を示す箇所が確認され、「非常に緩い」締り状態または「軟らかい」硬さ程度を示している。

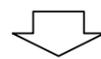
地下水位は、地表面下 6～9m 付近で確認され、比較的低い位置に分布している。

【変状メカニズム】

本地区の変状は、盛土のり面部の初動ブロック（断面図における赤色部分）が変位（移動）し、この部分の押さえが失われたことにより、後方の土塊が順次緩み、現在見られる変状（亀裂）が形成されたものと判断する。したがって、変状は広範囲に及んでいるが、ブロック全体が一度に移動した地すべりではないと判断される。

なお、地下水位は地表面下 6～9m 付近にあることから、地震時の過剰間隙水圧の影響は小さいものと推測される。また変状モニターとしてボーリング孔にパイプ歪計を設置したが、余震および大雨に対しても歪の累積は認められない。

素 因	<ul style="list-style-type: none"> ・「緩い」締りの盛土地盤 ・道路のり面表層部は「非常に緩い」締り状態又は「軟らかい」硬さ程度 ・谷埋め盛土、腹付け盛土
誘 因	<ul style="list-style-type: none"> ・最大震度 6 弱〔仙台市青葉区落合（2011 年 3 月 11 日発生）〕の地震動 ・継続時間が長い地震動



変状発生	<ul style="list-style-type: none"> ・主な変状は、のり面の孕み出しと盛土上の道路及び宅地内に発生した亀裂（一部陥没～沈下）で、盛土のブロック状変位（移動）と判断される。
------	--

N 値と砂の相対密度の関係 (Terzaghi and Peck¹⁾)

N 値	相対密度 (Terzaghi and Peck)	現場判別法
0～4	非常に緩い (very loose)	鉄筋が容易に手で貫入
4～10	緩い (loose)	ショベル (スコップ) で掘削可能
10～30	中位の (medium)	鉄筋を 5 ポンドハンマーで打込み容易
30～50	密な (dense)	同上、30 cm 程度貫入
>50	非常に密な (very dense)	同上、5～6 cm 貫入、掘削には必要、打込み時金属音

注) 鉄筋は φ13 mm

N 値と粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さの関係 (Terzaghi and Peck¹⁾)

N 値	q _u (kN/m ²)	コンシステンシー
0～2	0.0～24.5	非常に軟らかい
2～4	24.5～49.1	軟らかい
4～8	49.1～98.1	中位の
8～15	98.1～196.2	硬い
15～30	196.2～392.4	非常に硬い
30～	392.4～	固結した

のり面

宅盤

(社) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説、平成 19 年 5 月

平成 24 年度検討内容

【宅地被害の状況】

本地区では、幅約 50～90m、長さ約 700m の範囲において、道路を含む宅地造成地で開口亀裂と沈下、道路のり面のはらみ出しが発生した（平面図参照）。

【造成履歴および盛土分類】

本地区は、平成元年～7 年に造成された箇所であり、谷埋め盛土型に分類される。

【盛土および地下水の状況】

盛土材料は、礫混じり粘土を主体とし、盛土の層厚は全体として 9～16m が確認された。地盤の硬さを示す N 値は、1～26（平均 9）が得られ、「硬い」硬さを示す。また、主に変状の大きかった道路部の表層部 3m 以浅では、N=1～3（平均 2）と「軟らかい」硬さを示し、宅盤の表層部では、N=3～9（平均 5）「中位」の硬さを示している。

地表面変形および被災宅地分布は、表面波探査による Vs=180m/sec 程度の速度境界と良い相関性を示す。

地下水位は、地表面下 6～9m 付近で確認され、比較的低い位置に分布している。

【変状メカニズム】

本地区の変状は、盛土のり面部の初動ブロック（断面図における赤色部分）が変位（最大 2.2m 移動）し、この部分の押さえが失われたことにより、後方の土塊が順次緩み、斜面下方へ最大 1m 前後移動している。被害が発生した箇所は、谷埋め型盛土範囲に該当しており、強度境界 (Vs=180m/sec) は緩い流れ盤状を呈し、「盛土内の速度境界を不連続面とする変形」と推察される。地下水位は地表面下 6～9m 付近にあることから、地震時の過剰間隙水圧の影響は小さいものと推測される。なお、初動ブロックの良質土入れ替え時に暗渠工を敷設し地下水対策を実施している（道路災害復旧工事）。

また、変状モニターとしてボーリング孔にパイプ歪計を設置したが、余震および大雨に対しても歪みの累積は認められない。変状の誘因は、今回の地震が震度 6 弱と大きく、また地震動の継続時間が長かったことが挙げられる。

素 因	<ul style="list-style-type: none"> ・「中位」の硬さの盛土地盤 ・道路のり面表層部は「軟らかい」硬さ程度 ・盛土内部の強度境界が緩い流れ盤状構造 ・谷埋め盛土
誘 因	<ul style="list-style-type: none"> ・最大震度 6 弱〔仙台市青葉区落合（2011 年 3 月 11 日発生）〕の地震動 ・継続時間が長い地震動



変状発生	<ul style="list-style-type: none"> ・主な変状は、のり面の孕みだしと盛土上の道路および宅地内に発生した亀裂（一部陥没～沈下）で、盛土のブロック状変位（移動）と判断される。 ・被害の形態は、盛土内の速度境界を不連続面とする変形と考えられる。
------	--

当該地の変状は、概ね次のような機構が想定される。

◆ 地震により「軟らかい」盛土のり面部の初動ブロックが大きく変形（移動）し、一方、背後の盛土地盤内では液状化に類似した流動的な現象によるせん断抵抗の減少で滑動状の変形が発生した。

◆ なお、当該地は大きく 3 ブロックに区分されるが、変状規模の違いから解析上 6 測線を設定して検討する。

A ブロック：①-①'、②-②'、③-③'、B ブロック：④-④'、⑤-⑤'、C ブロック：⑥-⑥'

6. 対策方針

平成 23 年度検討内容

本地区の対策方針として、対策工は初動ブロックを撤去し、適切な転圧管理のもと、再盛土を行う計画とする。

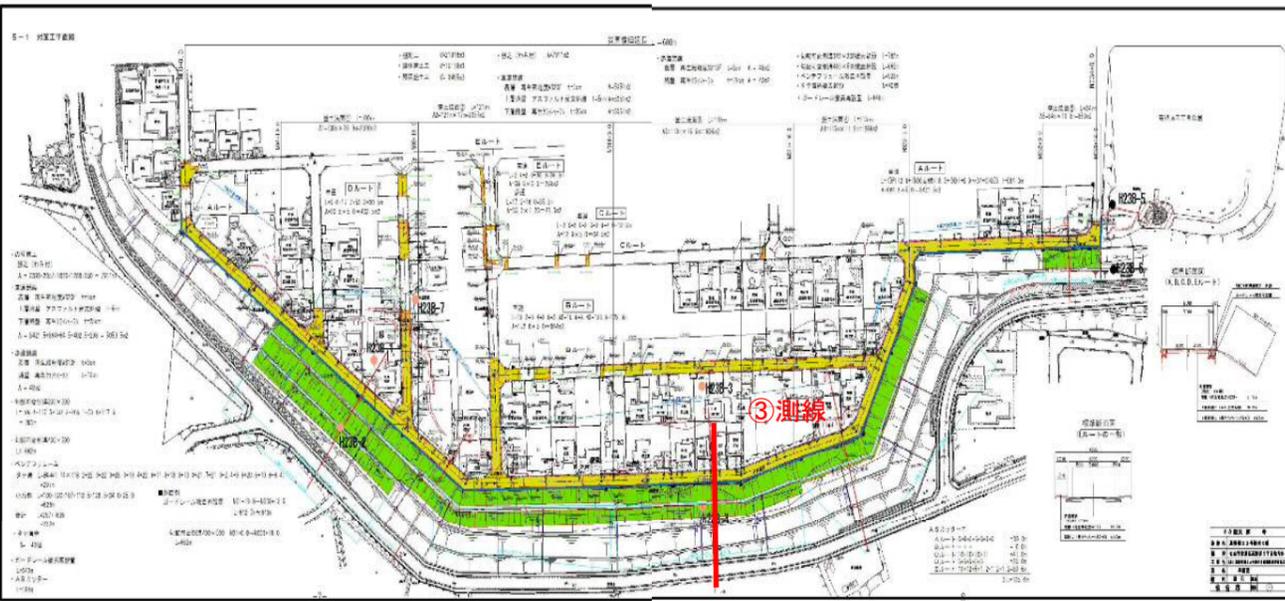
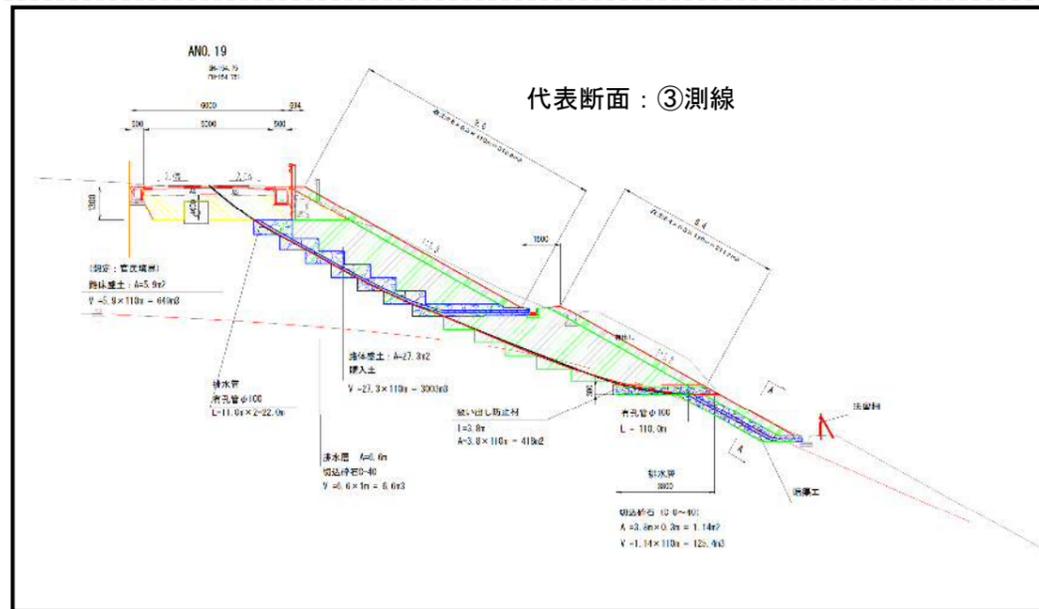
【説明】

本地区の変状機構は、明瞭なスベリ面の存在（ヒズミの累積）や将来すべり面となる恐れのある連続した弱線は認められず、いわゆる「地すべり」ではないことから、初動ブロックに対して対策を検討する。

初動ブロックの範囲としては、のり面の孕み出しが最も明瞭であり、法面の孕みが全体の初動をなし、後背部の変状を促したものと判断されることから、法面部のブロックを初動ブロックとする。断面的な範囲は前頁に示した、

対策工は、初動ブロックを撤去し、適切な転圧管理の基、再盛土を行う計画とする。

なお、地下水位は掘削面よりかなり低く、基本的に排水対策は不要と考える。ただし掘削時、湧水などが確認された場合は排水対策を講じるものとする。



平成 24 年度検討内容

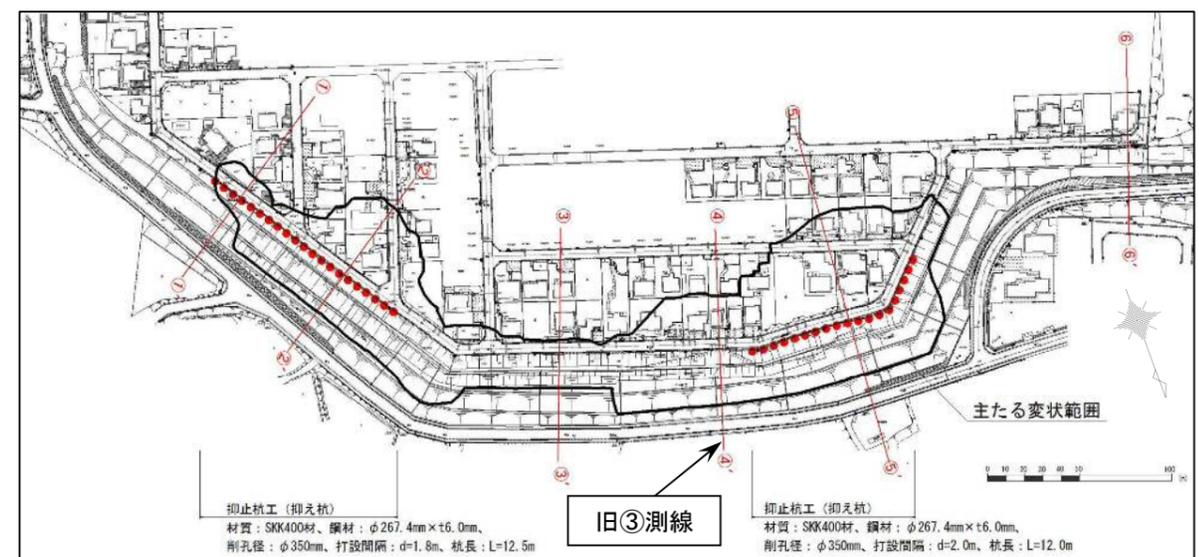
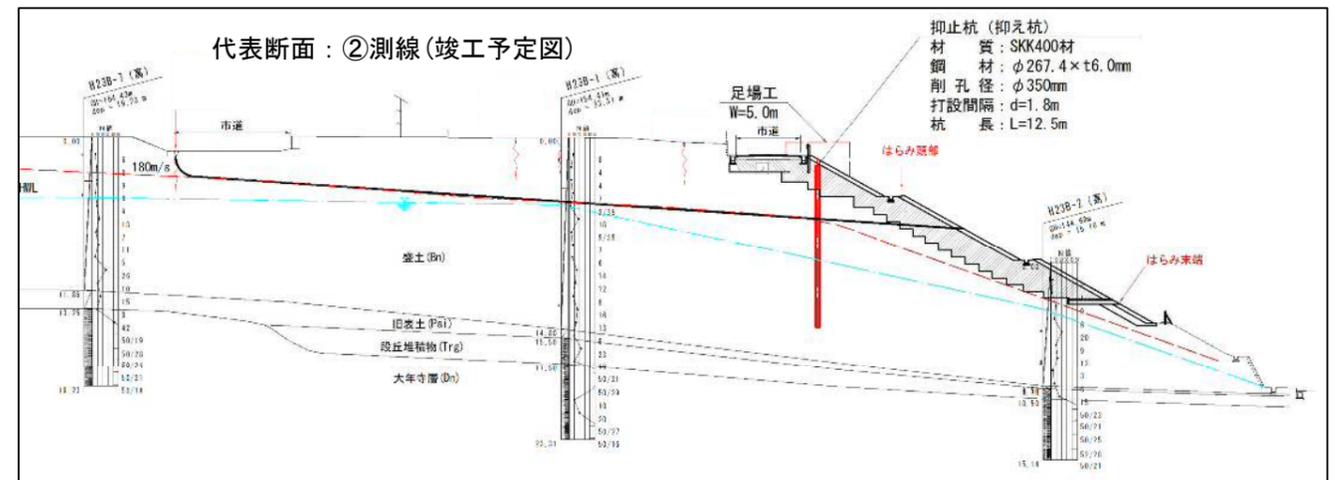
本地区の変状は、盛土内の速度境界を不連続面とする滑動崩落に起因していることから、工法としては地すべりのな移動を防止することを優先する必要がある。滑動崩落への対策としては、用地的制約（市道は道路災害対策済み）および地形形状から杭工あるいはアンカー工が有効と考えられる。また、地下水は地表面下6~9m付近にあることから、直接影響はないと判断している。なお、道路災害復旧時に盛土材の含水が高かったため、良質土との境界及び道路縦断方向に暗渠排水材を敷設している。

【説明】

当該地の変状は、のり面変状地点から水平距離で60~70m後方までの範囲である。初動ブロックである末端道路部は、道路災害として良質土で復旧済みであり安定は図られている。また、背後宅地についても道路災害復旧工事により耐震性の向上は図られているが、造成宅地滑動崩落緊急対策事業において定められている地震力にて安定計算を行った結果、一部の範囲については計画安全率を満足しないため、追加の対策として抑止工が必要となる。

本対策については、4月に公表された「宅地耐震工法選定ガイドライン&解説」に示された対策工法を基本に比較検討により選定を行う。「盛土のり面の不安定化によるすべり崩壊」に適する対策として、以下の工法が挙げられる。「盛土のり面の不安定化によるすべり崩壊：抑止杭工・アンカー工、固結工等」

ただし、固結工が施工できる箇所は、道路上~盛土法面上段付近に限られるが、当該箇所は現在、道路災害復旧工事により、全線に亘って盛土改良を施している。よって、改めて固結工を施工することは現地には適さないと判断する。

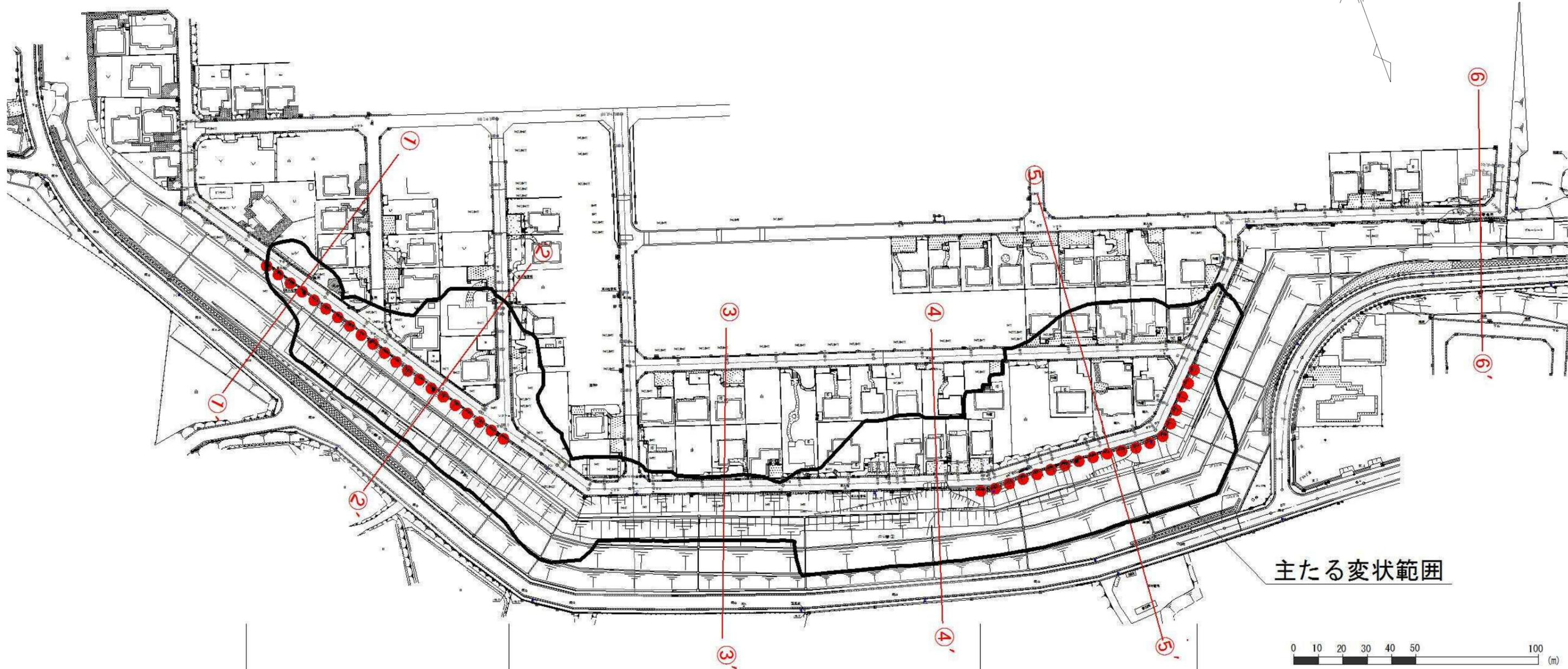


參考資料

平成 24 年度検討 対策工計画 (案)

■ 対策概要

- ・ 鋼管杭を一定のピッチで打設し、杭の曲げ抵抗によって地震時のすべりを抑止する。
- ・ 抑え杭として、想定すべりブロックの末端付近に打設する。
- ・ 杭は市道脇盛土法面肩付近に打設する。



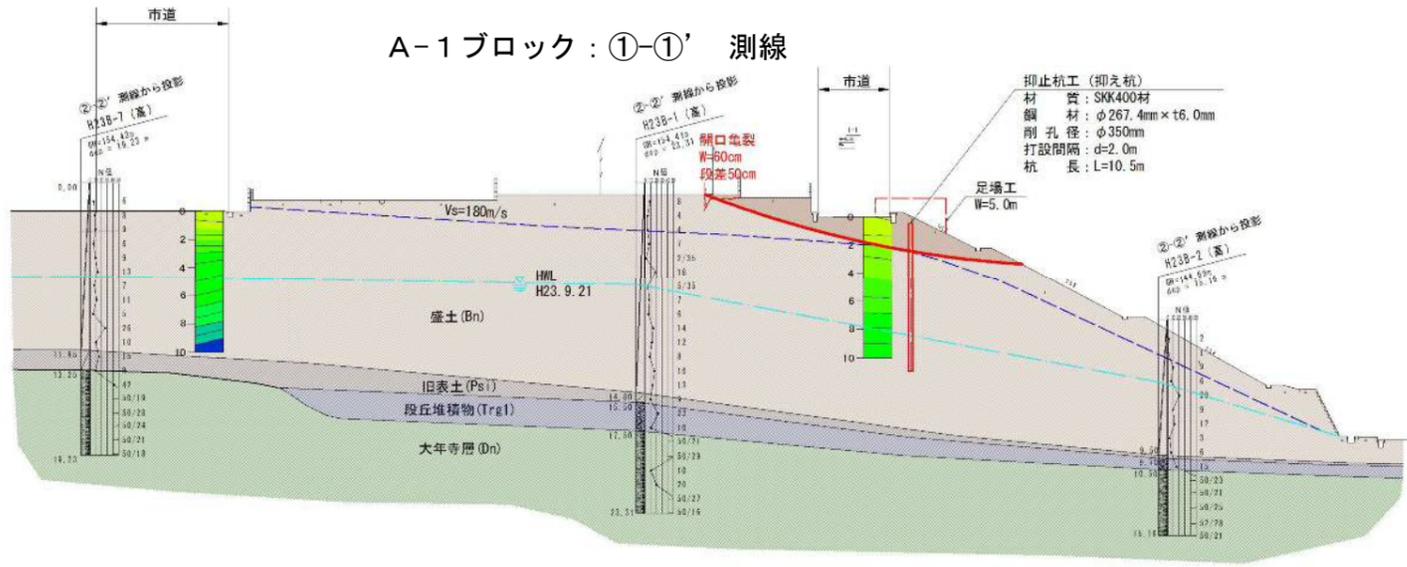
抑止杭工 (抑え杭)

材質：SKK400材、鋼材： $\phi 267.4\text{mm} \times t6.0\text{mm}$ 、
削孔径： $\phi 350\text{mm}$ 、打設間隔： $d=1.8\text{m}$ 、杭長： $L=12.5\text{m}$

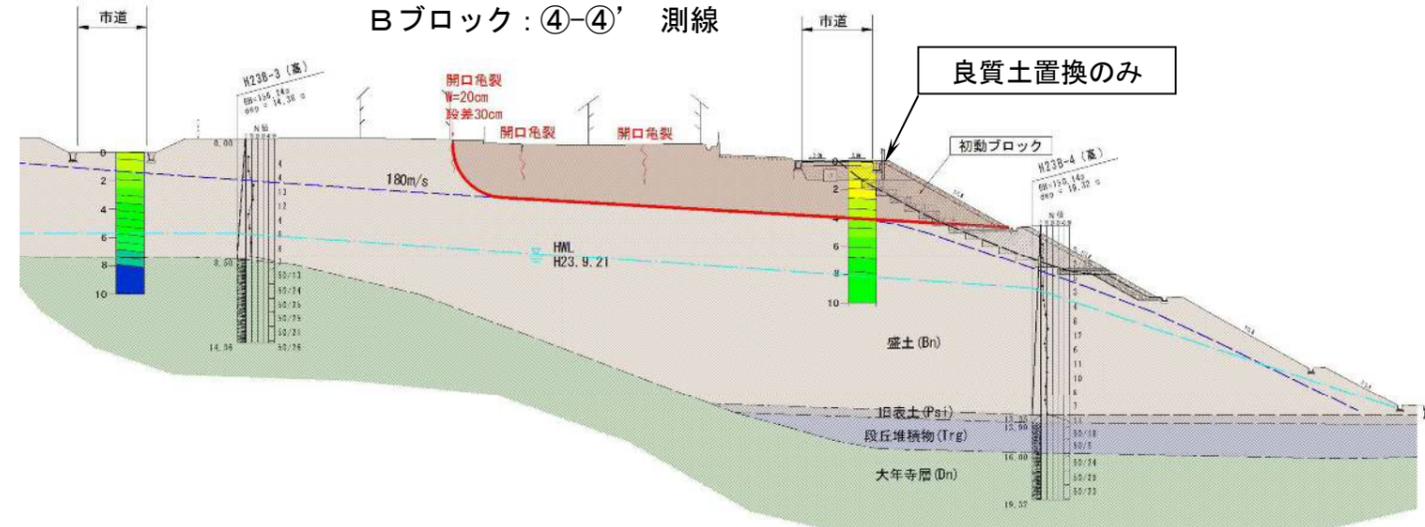
抑止杭工 (抑え杭)

材質：SKK400材、鋼材： $\phi 267.4\text{mm} \times t6.0\text{mm}$ 、
削孔径： $\phi 350\text{mm}$ 、打設間隔： $d=2.0\text{m}$ 、杭長： $L=12.0\text{m}$

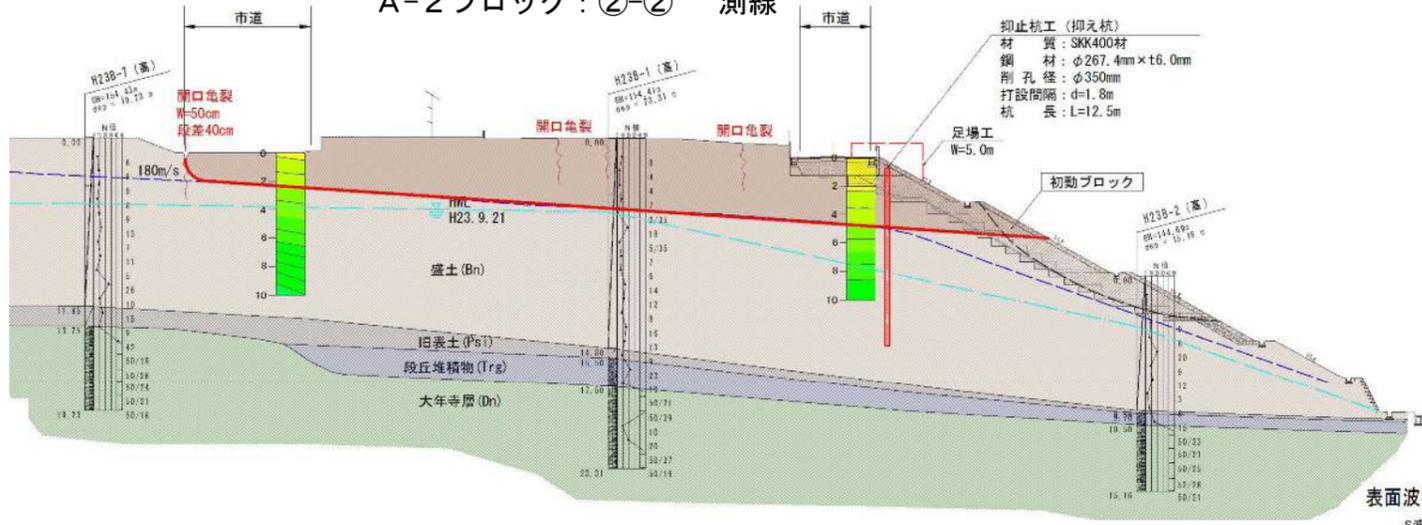
A-1ブロック : ①-①' 測線



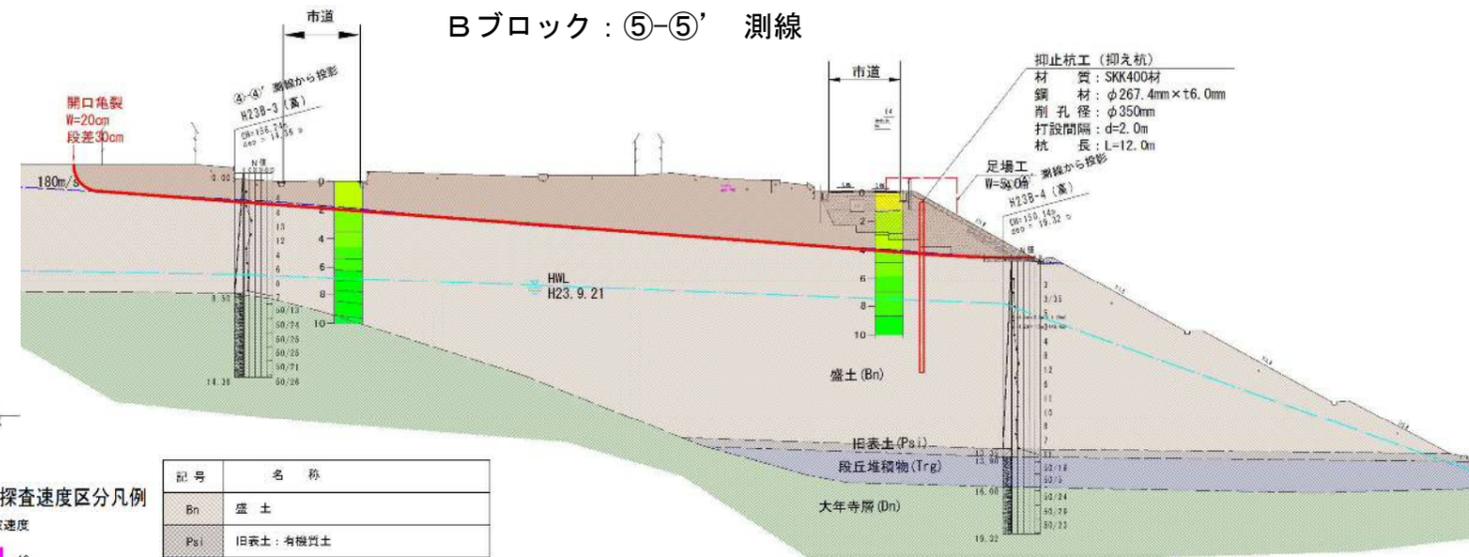
Bブロック : ④-④' 測線



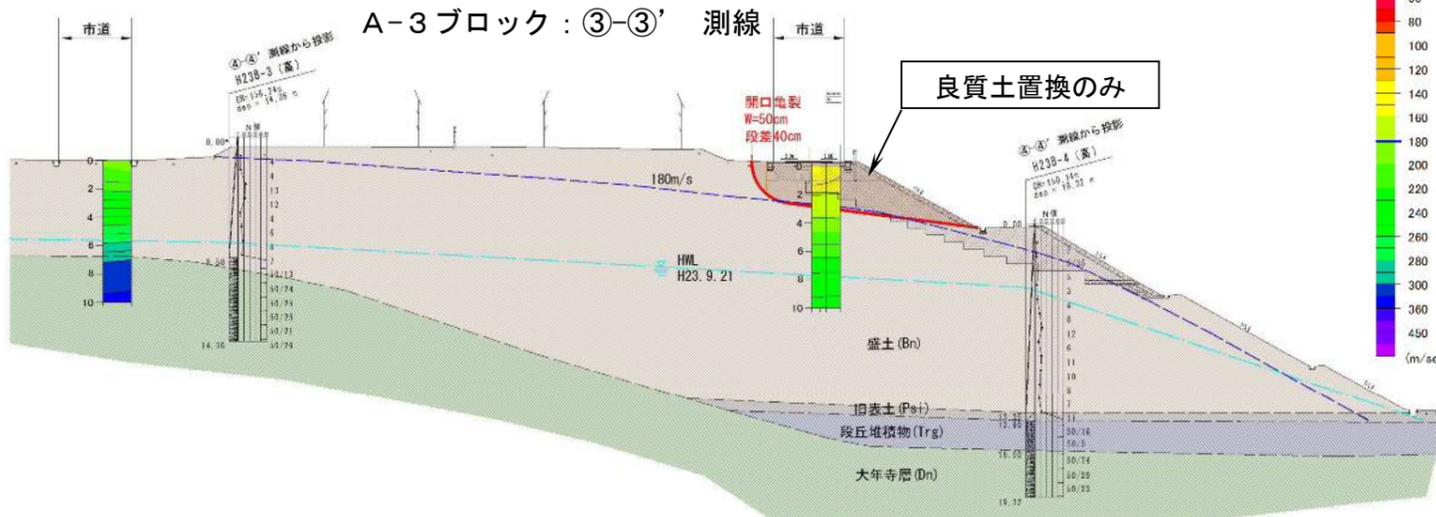
A-2ブロック : ②-②' 測線



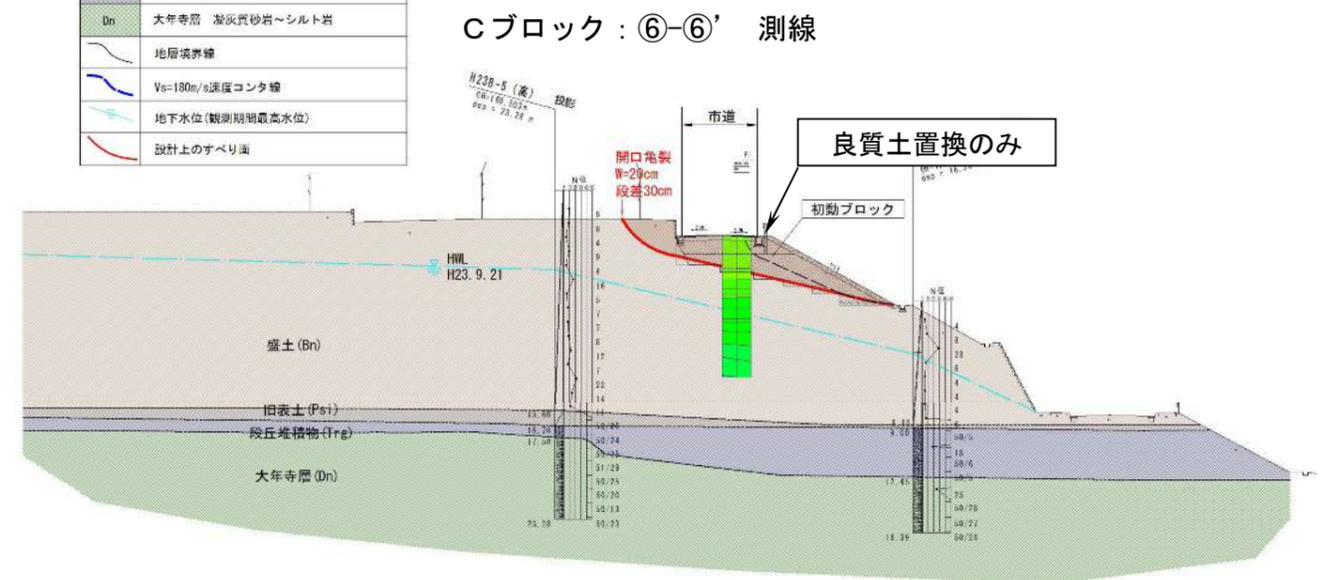
Bブロック : ⑤-⑤' 測線



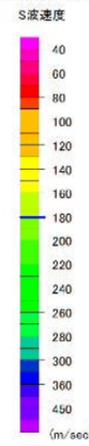
A-3ブロック : ③-③' 測線



Cブロック : ⑥-⑥' 測線



表面波探査速度区分凡例



記号	名称
Bn	盛土
Ps1	旧表土:有機質土
Trg	段丘堆積物
Dn	大年寺層 凝灰質砂岩〜シルト岩
-	地層境界線
-	Vs=180m/s速度コンタ線
-	地下水位(観測期間最高水位)
-	設計上のすべり面

【平成24年度 検討結果】

本地区では、初動ブロックに対しては、道路盛土改良により安定を確保したが、その背後に存在する宅地地盤を含めた緩み域に対しては、一部で地震時安全率0.83~0.97となり、別途抑止対策が必要となる。以下に変状規模に応じて設定した6測線における検討結果を示す。

- ・①-①'測線：水平変位量は小さいが、道路未改良のため、抑止対策が必要となる。
- ・②-②'測線：水平変位量が大きいため、道路改良のほか、抑止対策が必要となる。
- ・⑤-⑤'測線：同上。
- ・③-③'測線：水平変位量が小さく、道路改良により安定が得られており、抑止対策は不要となる。
- ・④-④'測線：同上。
- ・⑥-⑥'測線：同上。

なお、地震時の安全率は、水平変位量および宅地へ及ぼす変状規模を考慮し、以下の通りとした。

- A-2ブロック：Fs=0.80
 - A-1、A-3、B-1、B-2、B-3、Cブロック：Fs=0.95
- 道路盛土改良後の安全率は、右表-1に示す。

表-1 検討結果一覧表（地震時）

	単位	Aブロック			Bブロック		Cブロック	備考
		A-1 ①測線	A-2 ②測線	A-3 ③測線	B-1 ④測線	B-2 ⑤測線	⑥測線	
地震時安全率	—	0.95	0.80	0.95	0.95	0.95	0.95	kh=0.25
改良後安全率	—	—	0.83	1.12	1.02	0.97	1.37	
計画安全率	—	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	地震時
対象地質	—	粘性土	粘性土	粘性土	粘性土	粘性土	粘性土	
湿潤重量	kN/m ³	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	
飽和重量	kN/m ³	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	
内部摩擦角	°	15.0	10.0	15.0	15.0	15.0	15.0	
粘着力	kN/m ²	4.8	5.5	5.0	3.3	2.5	7.0	
必要抑止力	kN/m	12.3	228.6	—	—	36.8	—	
抑止対策工	—	抑止杭工	抑止杭工	不要	不要	抑止杭工	不要	

