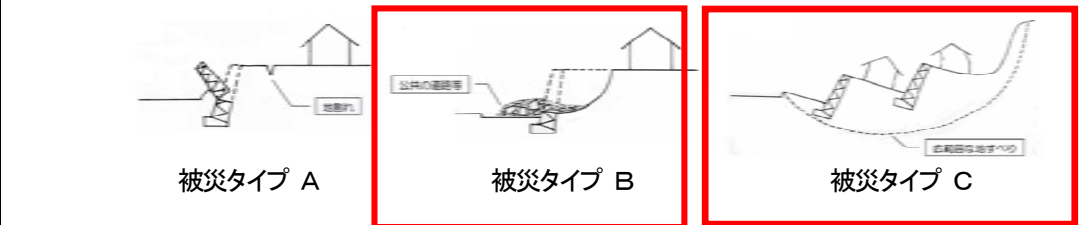
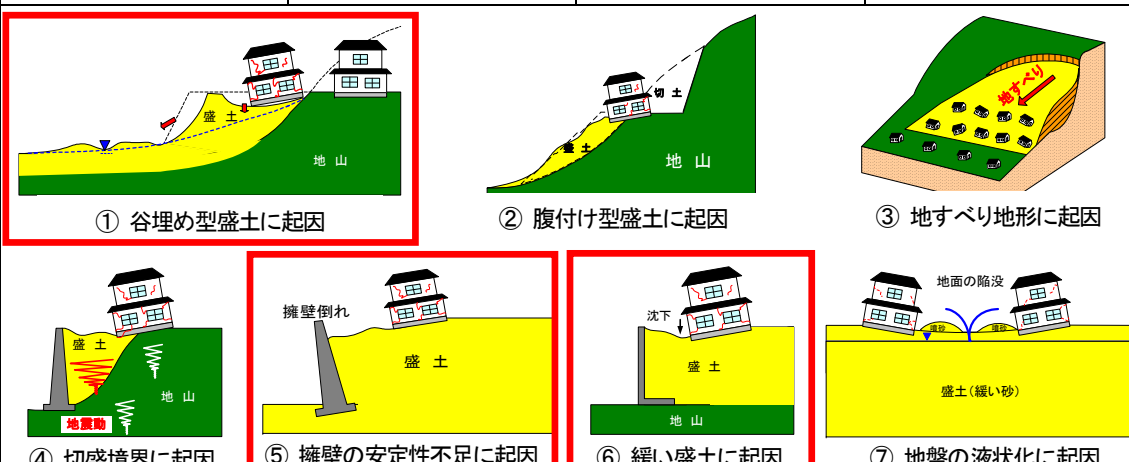


「恵和町地区」

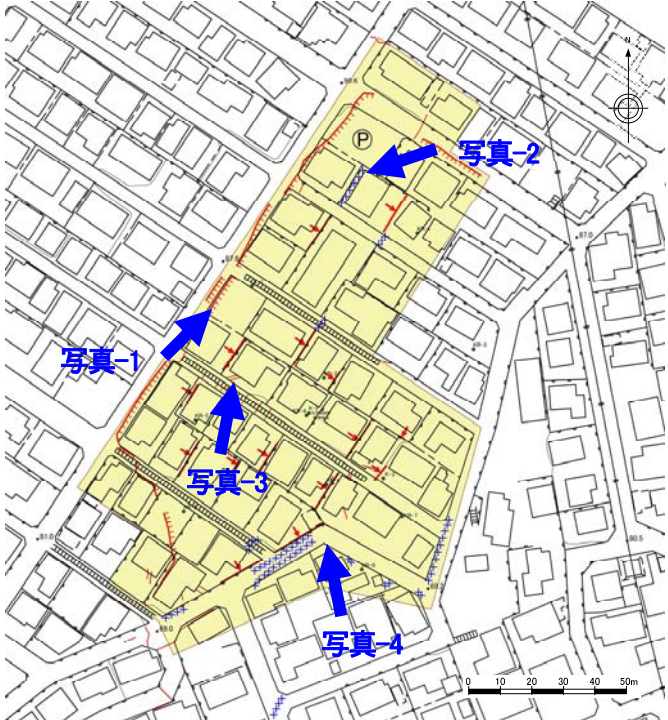
1. 概要書

区 名	太白区	地区名	恵和町	主な街区	9・14・15・20・21・25番街区の一部
-----	-----	-----	-----	------	------------------------

【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 13,500m ²	宅地数	53 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. 追加調査事項

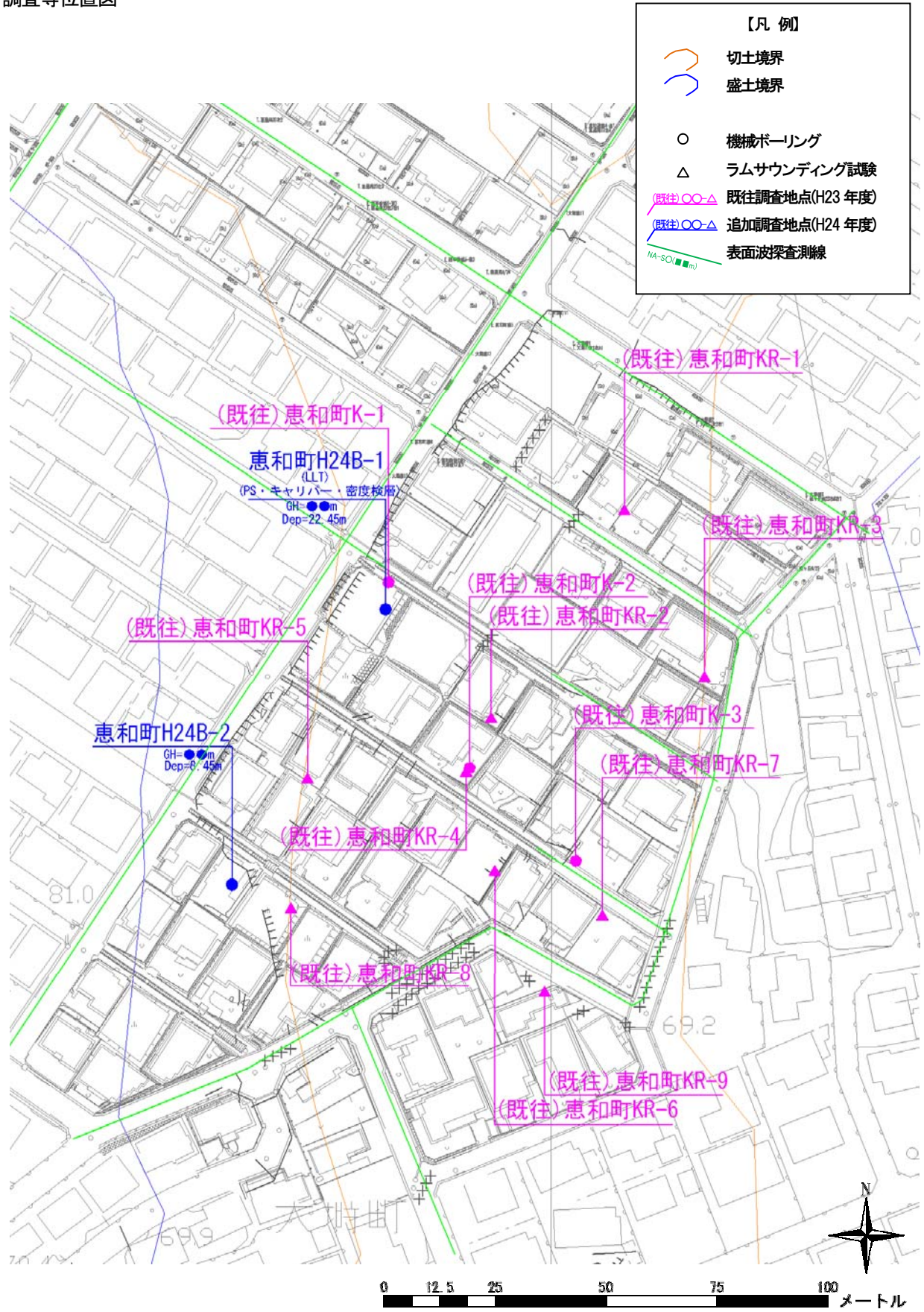
追加調査項目一覧

H24 年度 追加調査項目	調査位置、孔番号	調査目的
機械ボーリング	H24B-1、H24B-2	主たる変状範囲の中央部においてボーリング調査を実施し、地質構成及び土質の物理・力学特性を補完する。
原位置せん断試験 (LLT)	H24B-1	主たる変状範囲の中央部において、地盤のせん断剛性率を調査し、構造物の設計に資する変形係数及びせん断定数を推定する。
PS・キャリパー・ 密度検層		主たる変状範囲の中央部において、調査孔を用いてせん断波速度の深度分布を把握する。
室内土質試験	H24B-1 H24B-2	室内土質試験(物理試験一式、三軸圧縮試験、繰返し非排水三軸試験、締固め試験、岩石試験一式)を実施し、盛土層を主とした地盤の物理・力学特性を補完する。
表面波探査	測線 1～測線 9	盛土層の緩み範囲及び切盛境界を推定するため、せん断波速度の平面・断面分布を把握する。地表面に生じた変状箇所を包括する、既設道路上にて縦横断方向に実施。

作業イメージ

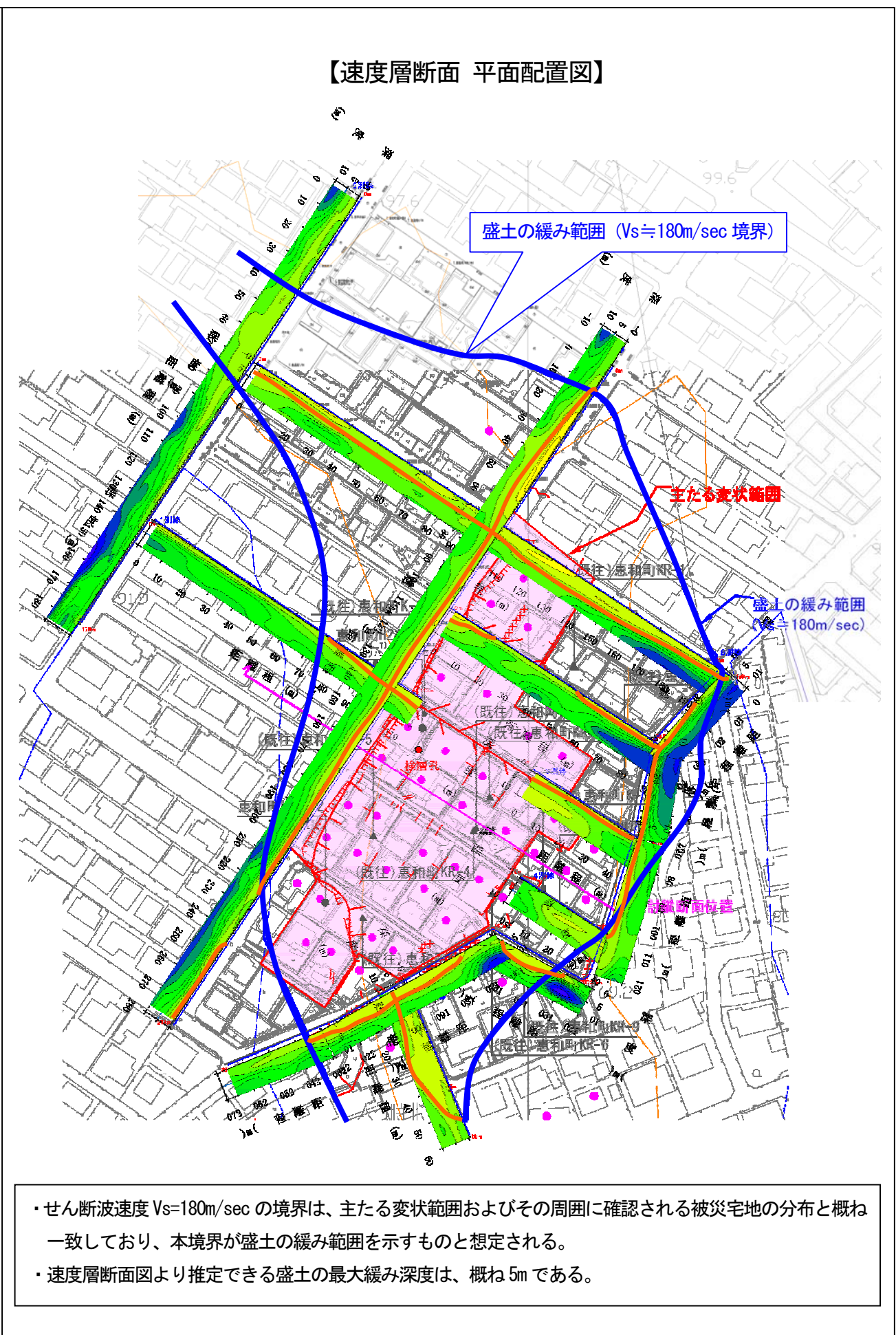
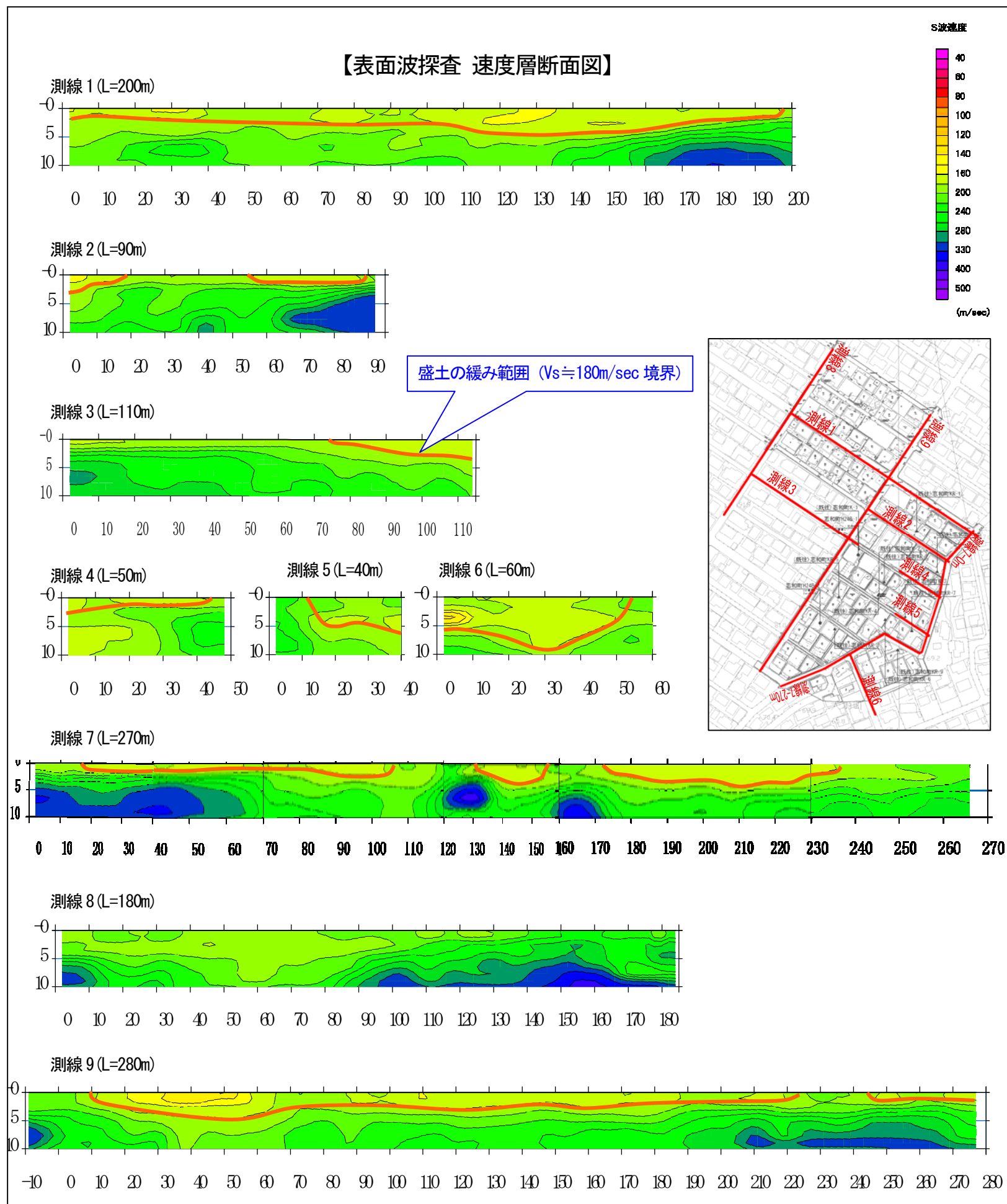
機械ボーリング	原位置せん断試験(SB-LLT 試験)
	
PS・キャリパー・密度検層	表面波探査
	

調査等位置図



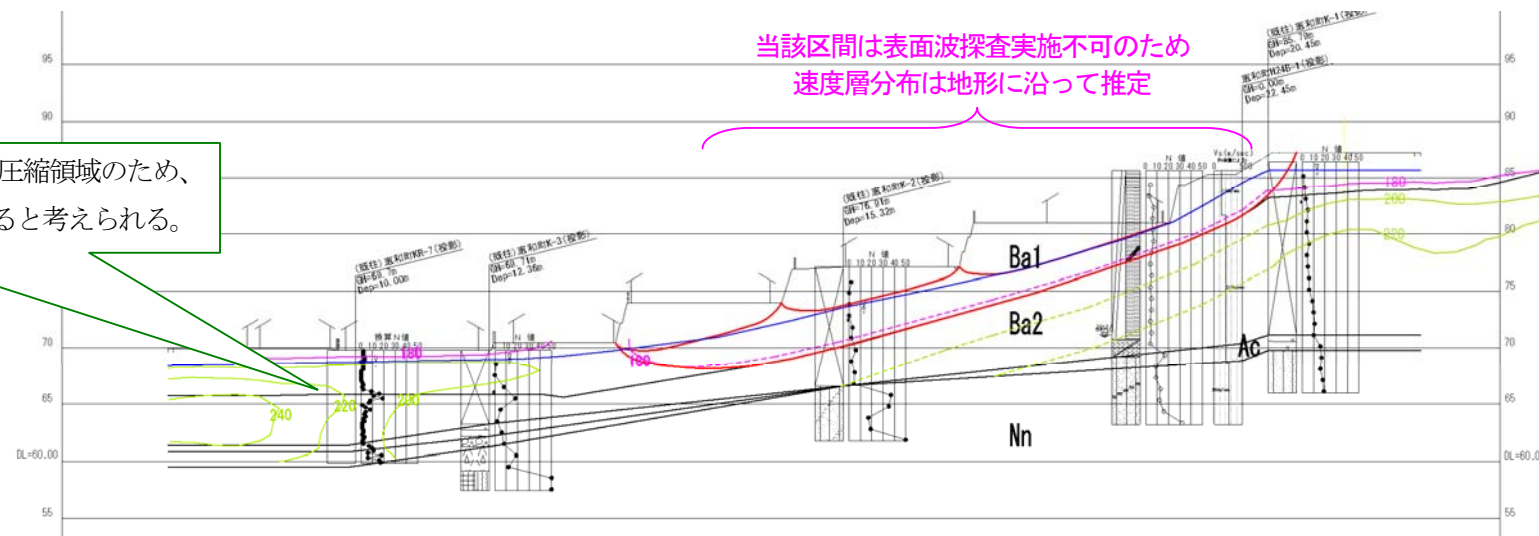
3. 変状メカニズム

平成 23 年度 検討内容	平成 24 年度 検討内容																		
<p>【宅地被害の状況】</p> <p>本地区では、幅約 170m、長さ約 110mの範囲で、地盤の滑動と亀裂、並びに高い擁壁で孕(はら)み、前傾及び水平移動が発生した。</p> <p>また、斜面下の平坦地の一部に、地盤の液状化が生じたと思われるところがある。</p> <p>【造成履歴及び盛土の分類】</p> <p>本地区は昭和 30 年代の前半に造成された住宅地であり、八木山丘陵の高いところを切土し、それらを用いて低いところを埋め立てた谷埋型盛土の土地である。</p> <p>【盛土及び地下水の状況】</p> <p>盛土材料は『細粒分質砂質礫』に分類され、盛土の厚さは3～1 5 m（平均8m）が確認された。また、地盤の相対的な締り程度を示す N 値は N=0～10 が得られたが、地盤の滑動に影響する表層の土壌部の N 値は N=0～4 が得られ「非常に緩い」締り程度を示している。</p> <p>地下水位は、高い位置に分布し、特に斜面上部と下部では地表面下 1 m程度の高い位置に確認されている。</p> <p>【変状メカニズム】</p> <p>今回の地震は震度 5 強と大きく、また地震動の継続時間が長かったため、谷埋め型盛土が慣性力により埋没谷の下流方向に向かって滑動し地盤に亀裂が生じた。測量結果によると、地震による地盤の変位量（水平方向）は埋没谷の左岸(東側)で 20cm 程度に留まり（右の平面図参照）、谷筋～右岸(西側)の変位量は最大 50cm（右の平面図参照）で、末端部の土塊の迫出しや地盤の隆起が明瞭である。このことから、左岸の地盤は変形程度の滑動に留まり、谷筋～右岸の地盤は盛土内すべりに至ったと考えられる。</p> <p>地盤の液状化が生じたと思われるところは地下水位が地表面下 1m 程度に確認されているところであり、地震動による地盤中の間隙水圧の急上昇が土砂噴出を引起したことが考えられる。</p>	<p>【宅地被害の状況】</p> <p>本地区では、幅約 170m、長さ約 110mの範囲で、地盤の滑動と亀裂、並びに高い擁壁で孕(はら)み、前傾及び水平移動が発生した。</p> <p>また、斜面下の平坦地の一部に、地盤の液状化が生じたと思われるところがある。</p> <p>【造成履歴及び盛土の分類】</p> <p>本地区は昭和 30 年代の前半に造成された住宅地であり、八木山丘陵の高いところを切土し、それらを用いて低いところを埋め立てた谷埋型盛土の土地である。</p> <p>【盛土及び地下水の状況】</p> <p>盛土材料は『細粒分質砂質礫』に分類され、盛土の厚さは3～1 5 m（平均8m）が確認された。また、地盤の相対的な締り程度を示す N 値は N=0～10 が得られたが、地盤の滑動に影響する表層の土壌部の N 値は N=0～4 が得られ「非常に緩い」締り程度を示している。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。</p> <p>地下水位は、高い位置に分布し、特に斜面上部と下部では地表面下 1 m程度の高い位置に確認されている。</p> <p>【変状メカニズム】</p> <p>今回の地震は震度 5 強と大きく、また地震動の継続時間が長かったため、谷埋め型盛土が慣性力により宅地傾斜方向に埋没谷の下流方向に向かって変形し地盤に亀裂が生じた。測量結果によると、地震による地盤の変位量（水平方向）は埋没谷の左岸(東側)で 20cm 程度に留まり（右の平面図参照）、谷筋～右岸(西側)の変位量は最大 50cm（右の平面図参照）で、末端部の土塊の迫出しや地盤の隆起が明瞭である。このことから、左岸の地盤は変形程度の滑動に留まり、谷筋～右岸の地盤は盛土内すべりに至ったと考えられる。本変状をもとにしたブロック区分ごとの被害形態は、谷筋～右岸の地盤では「盛土内の速度境界を不連続面とする変形」、左岸の地盤では「盛土表層部（ひな壇部）の変形」と推察される。</p> <p>地盤の液状化が生じたと思われるところは地下水位が地表面下 1m 程度に確認されているところであり、地震動による地盤中の間隙水圧の急上昇が土砂噴出を引起したことが考えられる。</p>																		
<table><tr><td>素因</td><td>・谷埋め型盛土による比較的急傾斜の地盤。 ・盛土表層部の N 値が 0～4 と脆弱。 ・地下水位が高い。</td></tr><tr><td>誘因</td><td>・最大震度 5 強(仙台市太白区、2011 年 3 月 11 日発生) ・継続時間の長い地震動。</td></tr></table>	素因	・谷埋め型盛土による比較的急傾斜の地盤。 ・盛土表層部の N 値が 0～4 と脆弱。 ・地下水位が高い。	誘因	・最大震度 5 強(仙台市太白区、2011 年 3 月 11 日発生) ・継続時間の長い地震動。	<table><tr><td>素因</td><td>・谷埋め型盛土による比較的急傾斜の地盤。 ・盛土表層部の N 値が 0～4 と脆弱。 ・地下水位が高い。</td></tr><tr><td>誘因</td><td>・最大震度 5 強(仙台市太白区、2011 年 3 月 11 日発生) ・継続時間の長い地震動。</td></tr></table>	素因	・谷埋め型盛土による比較的急傾斜の地盤。 ・盛土表層部の N 値が 0～4 と脆弱。 ・地下水位が高い。	誘因	・最大震度 5 強(仙台市太白区、2011 年 3 月 11 日発生) ・継続時間の長い地震動。										
素因	・谷埋め型盛土による比較的急傾斜の地盤。 ・盛土表層部の N 値が 0～4 と脆弱。 ・地下水位が高い。																		
誘因	・最大震度 5 強(仙台市太白区、2011 年 3 月 11 日発生) ・継続時間の長い地震動。																		
素因	・谷埋め型盛土による比較的急傾斜の地盤。 ・盛土表層部の N 値が 0～4 と脆弱。 ・地下水位が高い。																		
誘因	・最大震度 5 強(仙台市太白区、2011 年 3 月 11 日発生) ・継続時間の長い地震動。																		
<table><tr><td>変状発生</td><td>・地震動が長時間作用したため、谷埋め型盛土中の特に緩い部分（GL-4m～-6m 付近）のせん断強度が低下し、これをすべり面とする盛土の移動が発生。 ・大きな地震動が作用したため、慣性力により重量の大きいコンクリート擁壁は前方へ移動し、玉石積み擁壁では崩壊が発生。 ・局所的に地盤の液状化が発生。</td></tr></table>	変状発生	・地震動が長時間作用したため、谷埋め型盛土中の特に緩い部分（GL-4m～-6m 付近）のせん断強度が低下し、これをすべり面とする盛土の移動が発生。 ・大きな地震動が作用したため、慣性力により重量の大きいコンクリート擁壁は前方へ移動し、玉石積み擁壁では崩壊が発生。 ・局所的に地盤の液状化が発生。	<table><tr><td>変状発生</td><td>・地震動が長時間作用したため、谷埋め型盛土中の特に緩い部分（GL-4m～-6m 付近）のせん断強度が低下し、これをすべり面とする盛土の移動盛土内変形が発生。 ・他地区に比べひな壇の変形は不明瞭。 ・大きな地震動が作用したため、慣性力により重量の大きいコンクリート擁壁は前方へ移動し小規模な傾倒を生じ、玉石積み擁壁では崩壊が発生。 ・被害形態は、盛土内の速度境界を不連続面とする変形、および盛土表層部（ひな壇部）の変形と判断される。 ・局所的に地盤の液状化が発生。</td></tr></table>	変状発生	・地震動が長時間作用したため、谷埋め型盛土中の特に緩い部分（GL-4m～-6m 付近）のせん断強度が低下し、これをすべり面とする盛土の移動 盛土内変形 が発生。 ・ 他地区に比べひな壇の変形は不明瞭。 ・大きな地震動が作用したため、慣性力により重量の大きいコンクリート擁壁は前方へ移動し 小規模な傾倒を生じ 、玉石積み擁壁では崩壊が発生。 ・ 被害形態は、盛土内の速度境界を不連続面とする変形、および盛土表層部（ひな壇部）の変形と判断される。 ・局所的に地盤の液状化が発生。														
変状発生	・地震動が長時間作用したため、谷埋め型盛土中の特に緩い部分（GL-4m～-6m 付近）のせん断強度が低下し、これをすべり面とする盛土の移動が発生。 ・大きな地震動が作用したため、慣性力により重量の大きいコンクリート擁壁は前方へ移動し、玉石積み擁壁では崩壊が発生。 ・局所的に地盤の液状化が発生。																		
変状発生	・地震動が長時間作用したため、谷埋め型盛土中の特に緩い部分（GL-4m～-6m 付近）のせん断強度が低下し、これをすべり面とする盛土の移動 盛土内変形 が発生。 ・ 他地区に比べひな壇の変形は不明瞭。 ・大きな地震動が作用したため、慣性力により重量の大きいコンクリート擁壁は前方へ移動し 小規模な傾倒を生じ 、玉石積み擁壁では崩壊が発生。 ・ 被害形態は、盛土内の速度境界を不連続面とする変形、および盛土表層部（ひな壇部）の変形と判断される。 ・局所的に地盤の液状化が発生。																		
<p>N 値と砂の相対密度の関係 (Terzaghi and Peck⁽¹⁾)</p> <table><tr><th>N 値</th><th>相対密度 (Terzaghi and Peck)</th><th>現場判別法</th></tr><tr><td>0 ～ 4</td><td>非常に緩い (very loose)</td><td>鉄筋が容易に手で貫入</td></tr><tr><td>4 ～ 10</td><td>緩い (loose)</td><td>ショベル (スコップ) で掘削可能</td></tr><tr><td>10 ～ 30</td><td>中 位 の (medium)</td><td>鉄筋を 5 ボンドハンマで打込み容易</td></tr><tr><td>30 ～ 50</td><td>密 な (dense)</td><td>同上, 30 cm 程度貫入</td></tr><tr><td>> 50</td><td>非常に密な (very dense)</td><td>同上, 5 ～ 6 cm 貫入、掘削につらはし必要、打込み時金属音</td></tr></table> <p>注) 鉄筋は φ13 mm</p>		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 ボンドハンマで打込み容易	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、掘削につらはし必要、打込み時金属音
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 ボンドハンマで打込み容易																	
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、掘削につらはし必要、打込み時金属音																	

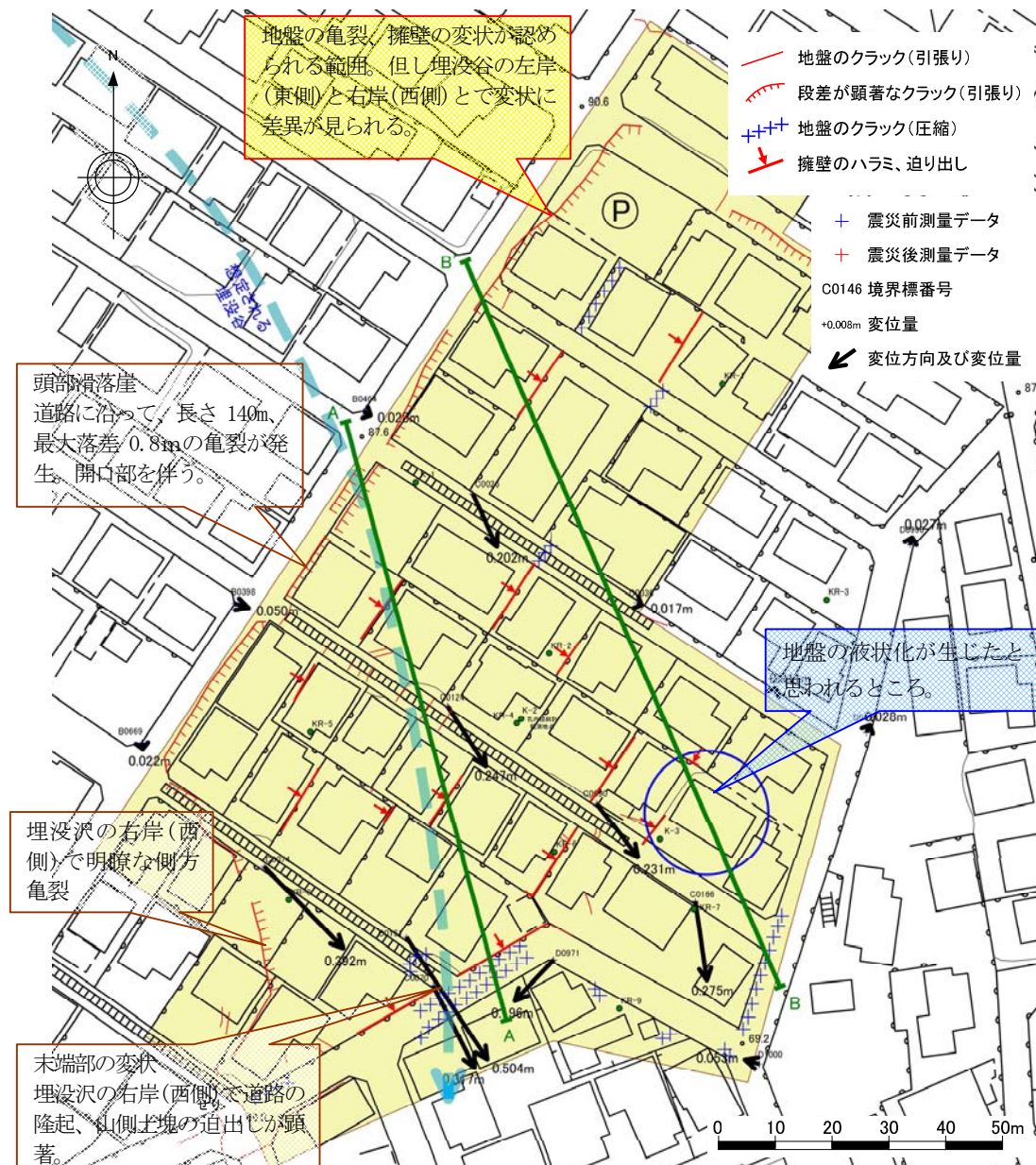


◆速度区分断面図

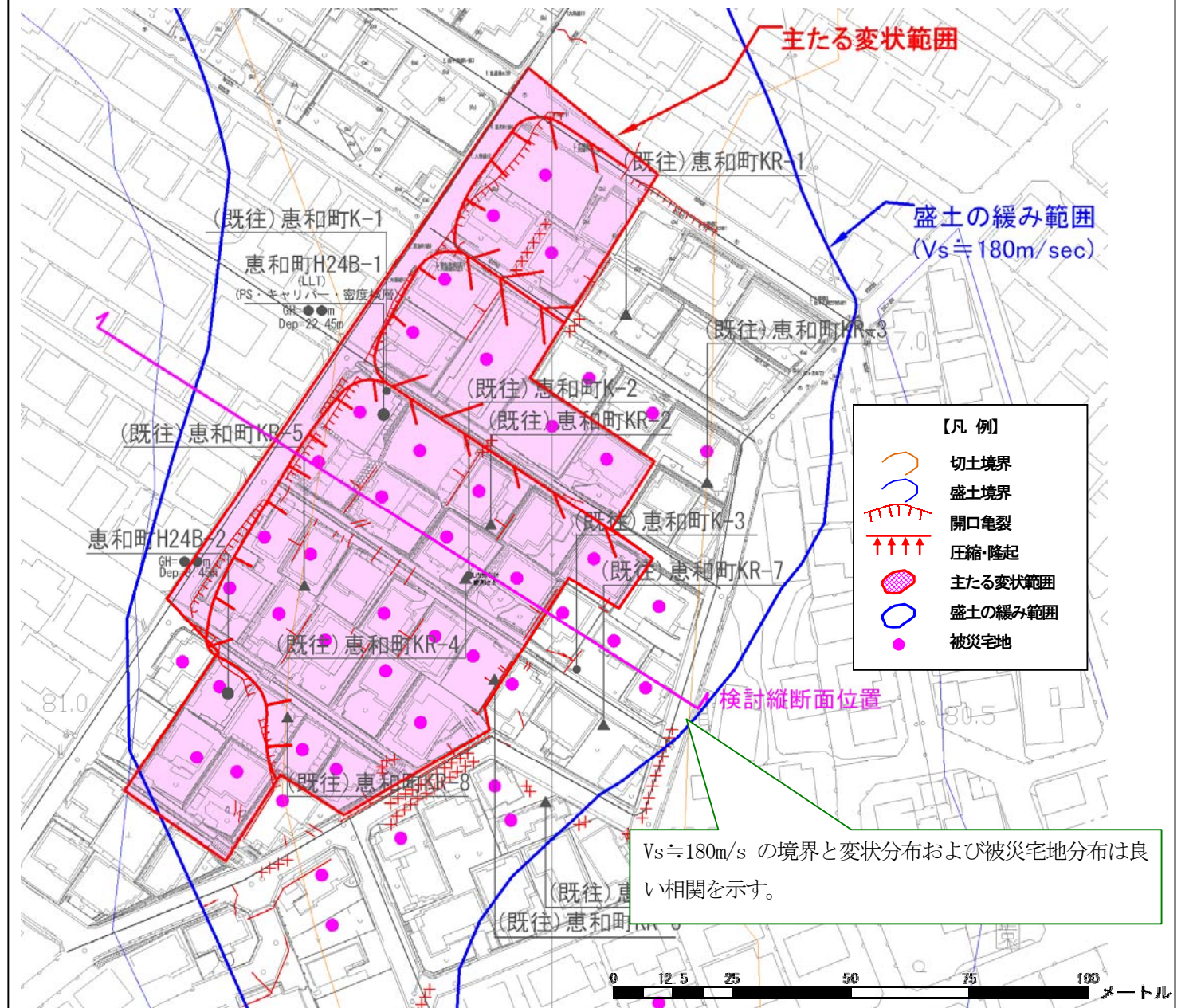
主たる変状範囲の末端部は、盛土の変形に伴う圧縮領域のため、
相対的に締りが良く、高い速度層が分布していると考えられる。



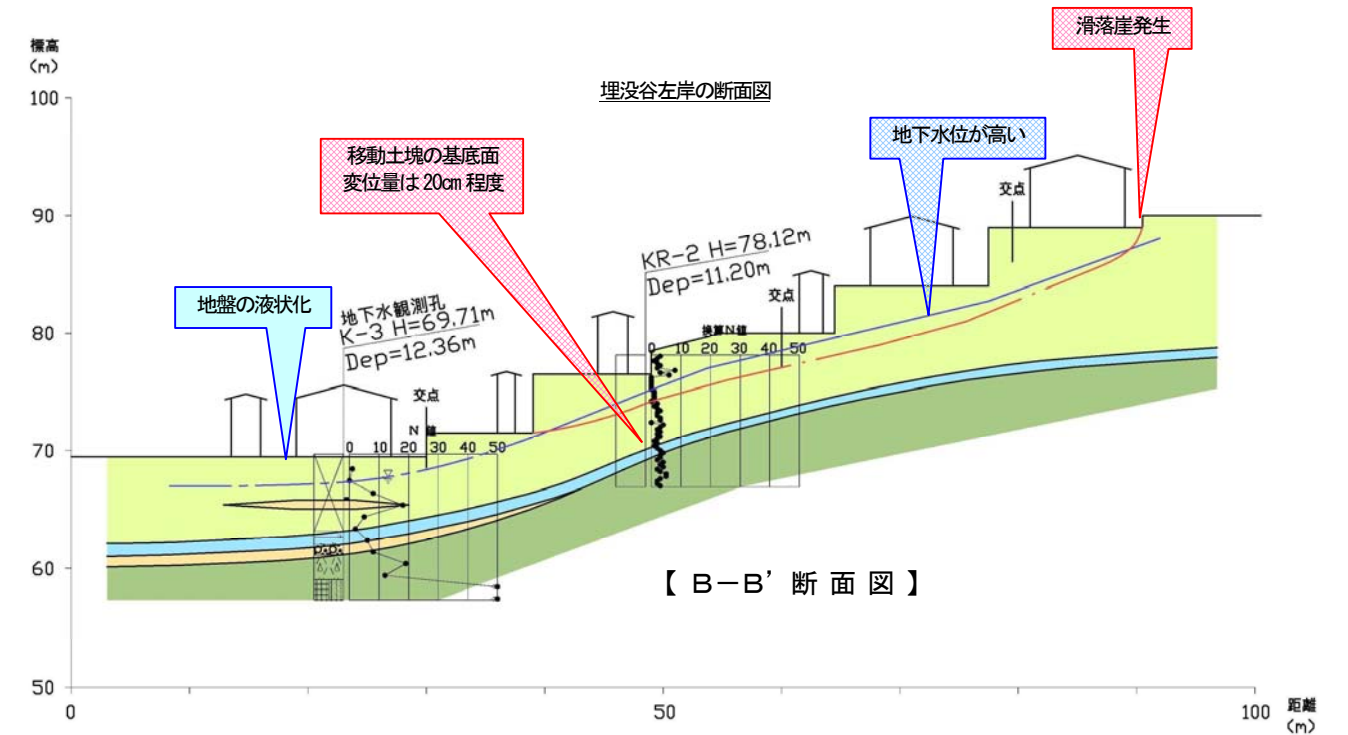
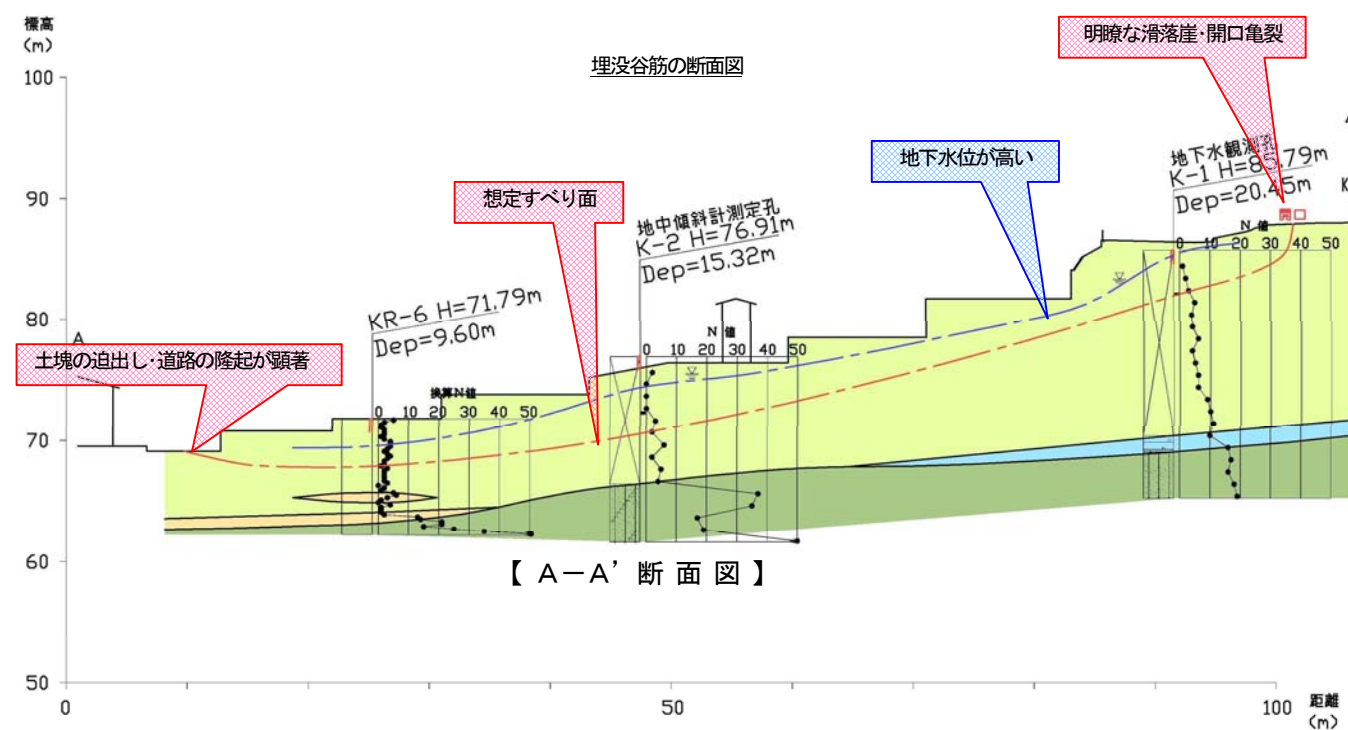
◆平成 23 年度 検討平面図



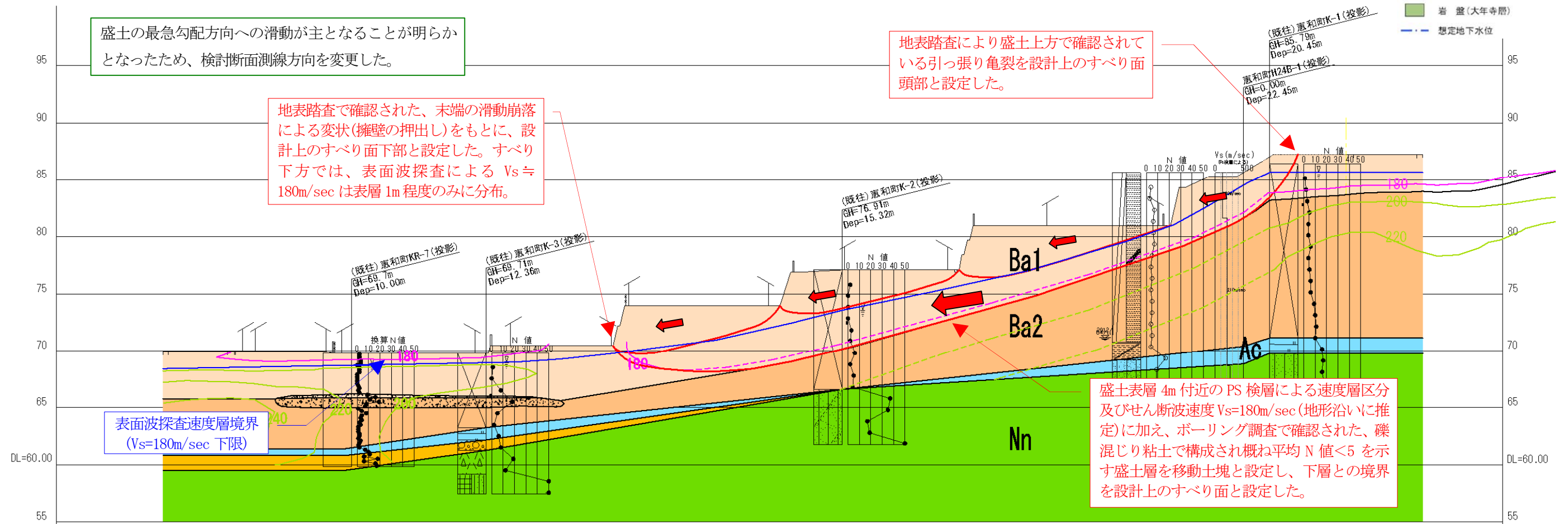
◆平成 24 年度 検討平面図



◆平成 23 年度 検討断面図(旧地形より判読される谷方向)



◆平成 24 年度 検討断面図(検討断面測線の変更)



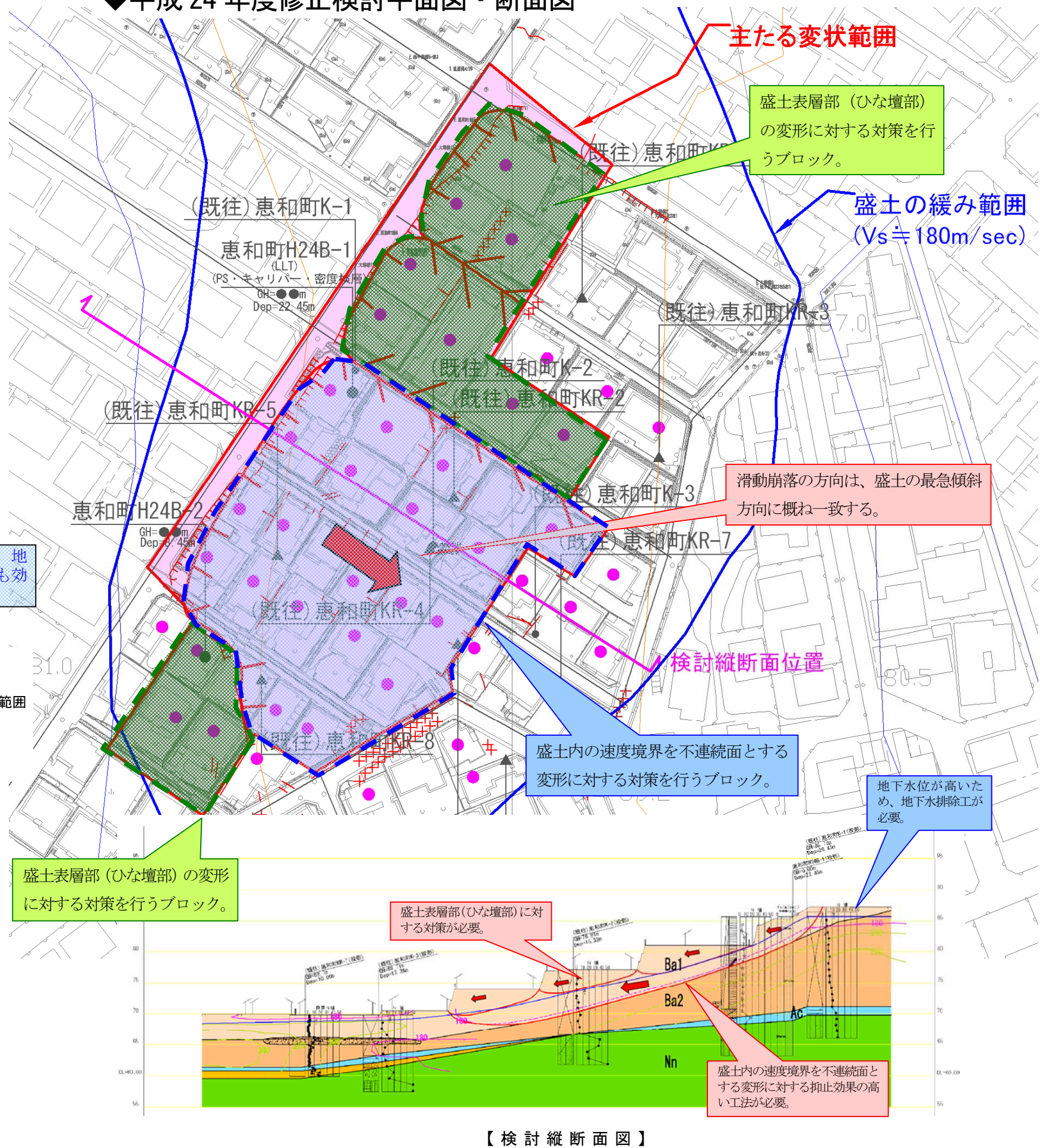
4. 対策方針

平成 23 年度検討内容	平成 24 年度検討内容
<p>本地区の対策方針としては、埋没沢の左岸（東側）に対して排土及び地下水排水による滑動抑制を図り、谷筋～右岸（西側）に対しては、これらに加えて不安定土塊と基盤を一体化する抑止工を併用する。なお、地下水排水工は、地盤の液状化防止にも有効な工法である。</p> <p>【説明】</p> <p>この地区の地盤変状は、強い地震の慣性力が地盤を滑動させ、擁壁の崩壊・^{せり}迫出しを生じたものである。埋没谷の左岸と、谷筋～右岸とで変動に違いが生じ、左岸は地盤の変形程度の滑動に留まったが、谷筋～右岸は盛土内すべりに至ったと考えられる。ただ何れにおいても地盤の滑動を防止するには、移動土塊と基盤とを一体化する抑止工の採用が考えられる。</p> <p>しかし、当該地区は谷を埋めて造成された住宅地としてはかなり急傾斜（12° ～14° ）のひな壇型宅地であり、地区内の一部の市道は車両の進入が困難な階段道となっているほか、以下のような地域特性を有している。</p> <ul style="list-style-type: none">・変状斜面の頭部から末端部まで、住宅が密集する。・住宅と住宅の境は高さ 2m～4m の擁壁で区画され、擁壁と前面住宅との空間が狭い。・大型重機を必要とする対策工の実施には、重機進入路確保のための住宅の解体撤去が必要となる。・斜面上部ほど盛土が厚く、且つ地下水位は高い。 <p>これらの特質および地盤変状の地域差を勘案したとき、以下の事項を踏まえて対策方針を策定した。</p> <ul style="list-style-type: none">・実現可能な工法であること。・住宅の解体撤去等、対策工のための住民の負担をできる限り小さくする。・不確定要素があるものの、地盤の液状化防止のためにも地下水位低下工を組み入れる。	<p>本地区の対策方針としては、埋没沢の左岸（東側）に対して排土及び地下水排水による滑動抑制を図り、谷筋～右岸（西側）に対しては、これらに加えて不安定土塊と基盤を一体化する抑止工を併用する。なお、地下水排水工は、地盤の液状化防止にも有効な工法である。</p> <p>本地区の対策方針としては、埋没沢の左岸（東側）・右岸（西側）で変形量の差はあるものの、いずれも滑動崩落を生じていることから、滑動崩落範囲全体を対象に「盛土内の速度境界を不連続面とする変形」と「盛土表層部（ひな壇部）の変形」に対する抑止対策を行う。また地下水が高いことから、宅地に影響しない範囲で水位低下工による滑動抑制を図る。</p> <p>【説明】</p> <p>この地区の地盤変状は、強い地震の慣性力が地盤を滑動させ盛土を変形させ、道路面のクラック・擁壁の崩壊・^{せり}迫出し等の変状を生じたものである。</p> <p>埋没谷の左岸と、谷筋～右岸とで変動変形量に違いがあるが、ただ何れにおいても地盤の滑動を防止するにはいずれも盛土変形によるものであり、移動土塊と基盤とを一体化する抑止工の採用が考えられる。</p> <p>しかし、当該地区は谷を埋めて造成された住宅地としてはかなり急傾斜（12° ～14° ）のひな壇型宅地であり、地区内の一部の市道は車両の進入が困難な階段道となっているほか、以下のような地域特性を有している。</p> <ul style="list-style-type: none">・変状斜面の頭部から末端部まで、住宅が密集する。・住宅と住宅の境は高さ 2m～4m の擁壁で区画され、擁壁と前面住宅との空間が狭い。・大型重機を必要とする対策工の実施には、重機進入路確保のための住宅の解体撤去が必要となる。・斜面上部ほど盛土が厚く、且つ地下水位は高い。 <p>これらの特質および地盤変状の地域差を勘案したとき、以下の事項を踏まえて対策方針を策定した。</p> <ul style="list-style-type: none">・実現可能な工法であること。・住宅の解体撤去等、対策工のための住民の負担をできる限り小さくする。・不確定要素があるものの、地盤の液状化防止のためにも地下水位低下工を組み入れる。 <p>なお対策工は、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。「盛土内の速度境界を不連続面とする変形」と「盛土表層部（ひな壇部）の変形」に適する対策として、以下の工法が挙げられる。</p> <p>◆盛土内の速度境界を不連続面とする変形 ： 抑止杭工・アンカー工・固結工等</p> <p>◆盛土表層部（ひな壇部）の変形 ： 矢板併用抑止杭工・鉄筋挿入工・固結工等</p>

◆平成 23 年度検討平面図・断面図



◆平成 24 年度修正検討平面図・断面図



参 考 資 料

(1) 平成 23 年度検討 対策工計画例

埋没谷筋～右岸（西側、A-A' 断面）；

アンカー工+排土工+地下水位低下工

左岸（東側、B-B' 断面）；

排土工+地下水位低下工

■対策工の設置理由と目的

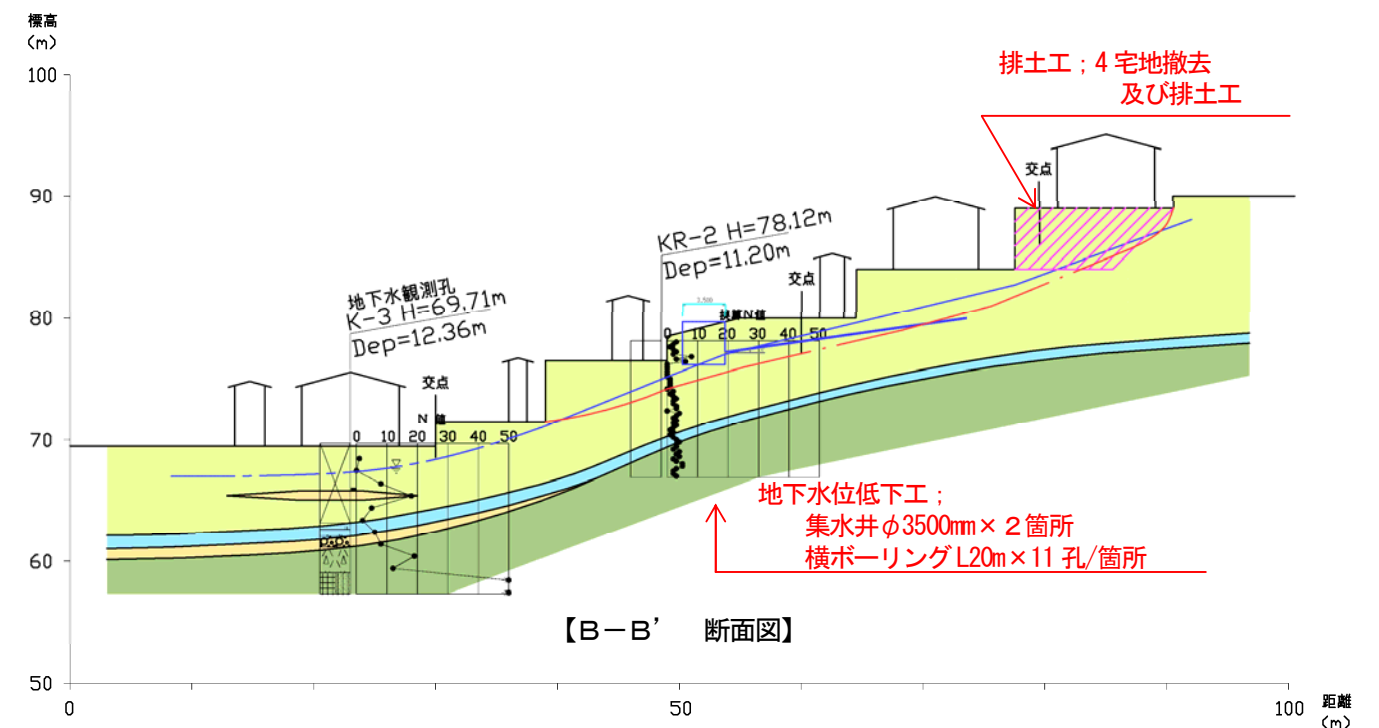
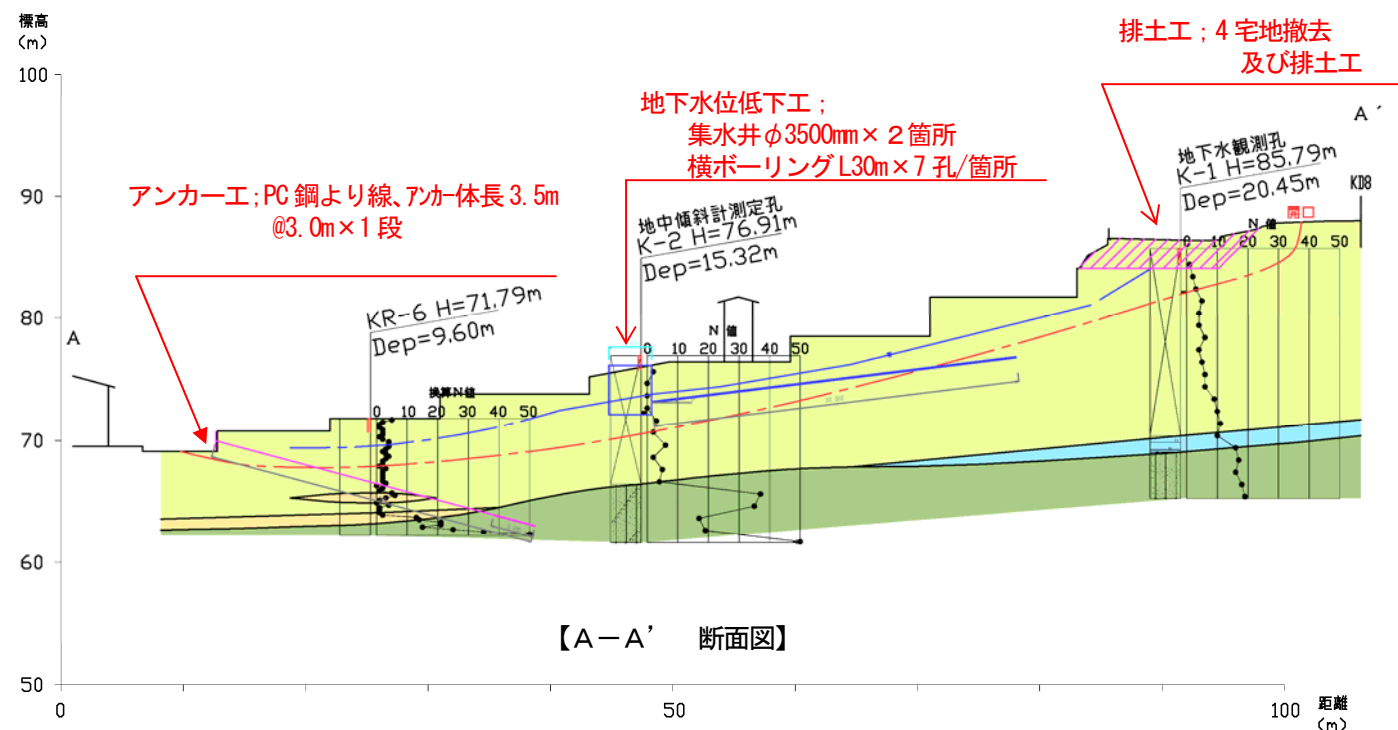
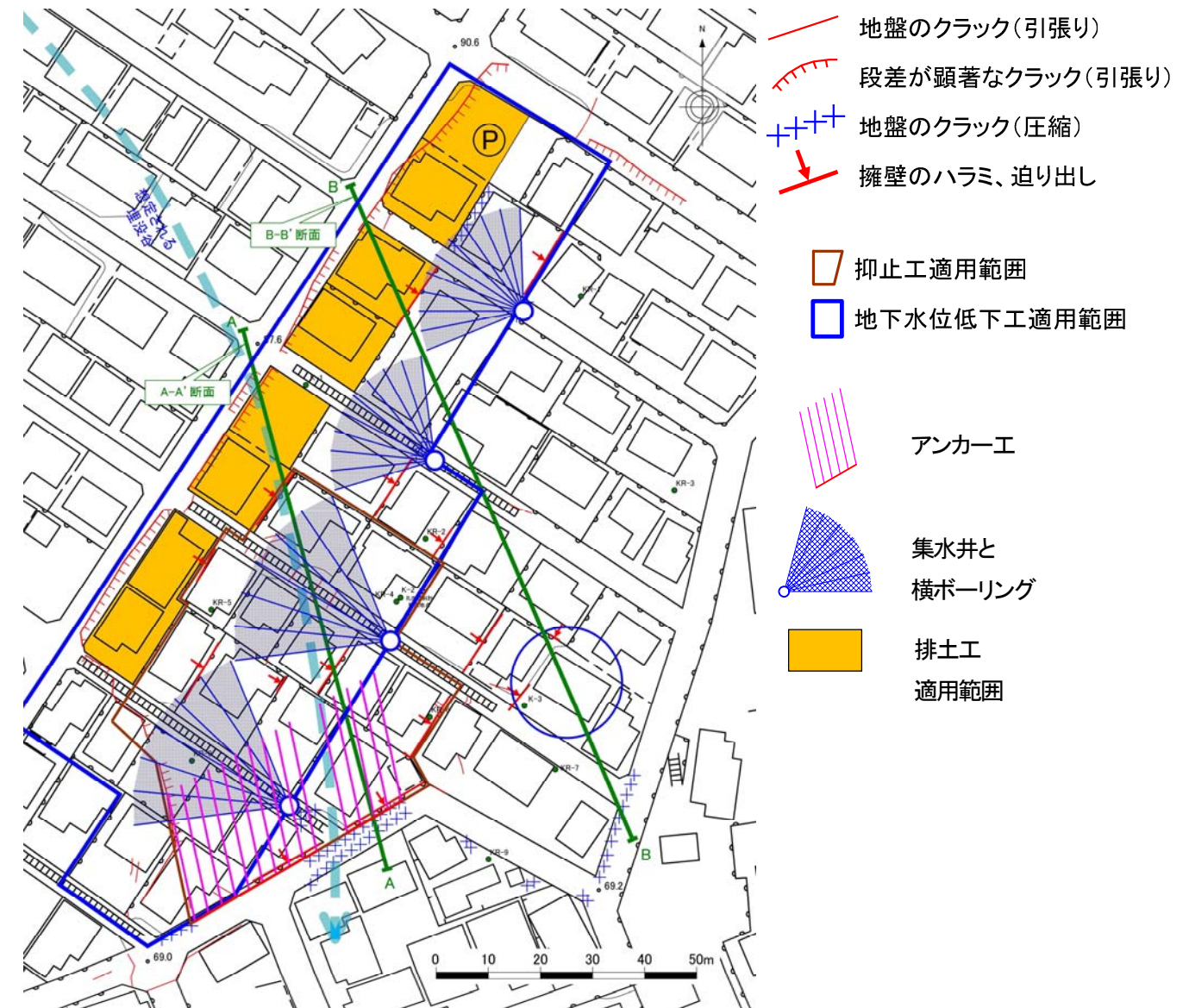
【アンカー工】
盛土内すべり末端部の擁壁を受圧構造物としてアンカーを打設することにより、移動土塊の引止めを図る。

【排土工】
滑動土塊の頭部の荷重を除去することにより、土塊の滑動力を低減する。

【地下水位低下工】
地盤浅部の地下水位を低下させることによって移動土塊中の地下水を排除し、これにより移動土塊の滑動力を低減する。
但し、計画安全率への寄与は+0.05%までとする。

■計画安全率

常 時； $F_s = 1.2$
地震時； $F_s = 1.0$



(2) 平成 24 年度検討 対策工計画(案)

●ほぼ全ての箇所に家屋が存在するため、抑止杭工、矢板併用抑止杭工や網状鉄筋挿入工での対応が必要である。
●盛土内の変形に対する対策は鋼管杭により抑止する計画とし、盛土表層部（ひな壇部）の変形に対する対策は家屋と擁壁の離隔をもとに決定している。

●地下水位が高いため、地下水排除工として、暗渠工を公共用地（道路部）に設置する。

●地下水位が高いため、地下水位低下工として、横ボーリング工を公共用地（階段部）に設置する。

- ブロック積み擁壁工
- 矢板併用抑止杭工
- 網状鉄筋挿入工
- 鋼管杭工
- 横ボーリング工
- 暗渠工

主たる変状範囲

盛土の緩み範囲
($V_s \approx 180\text{m/sec}$)

■対策工の設置理由と目的

【鋼管杭工】

盛土内の速度境界を不連続面とする変形に対し、杭の曲げ応力で移動土塊の抑止を図る。

【矢板併用抑止杭工、網状鉄筋挿入工】

盛土表層部（ひな壇部）の変形に対し、移動土塊の抑止を図る。

【地下水位低下工：暗渠工・横ボーリング工】

地盤表層の地下水位を低下させることによって移動土塊中の地下水を排除し、これにより移動土塊の滑動力を低減する。宅地内の配置が困難であり十分に打設できないことから、安全率の上昇は考慮しない。

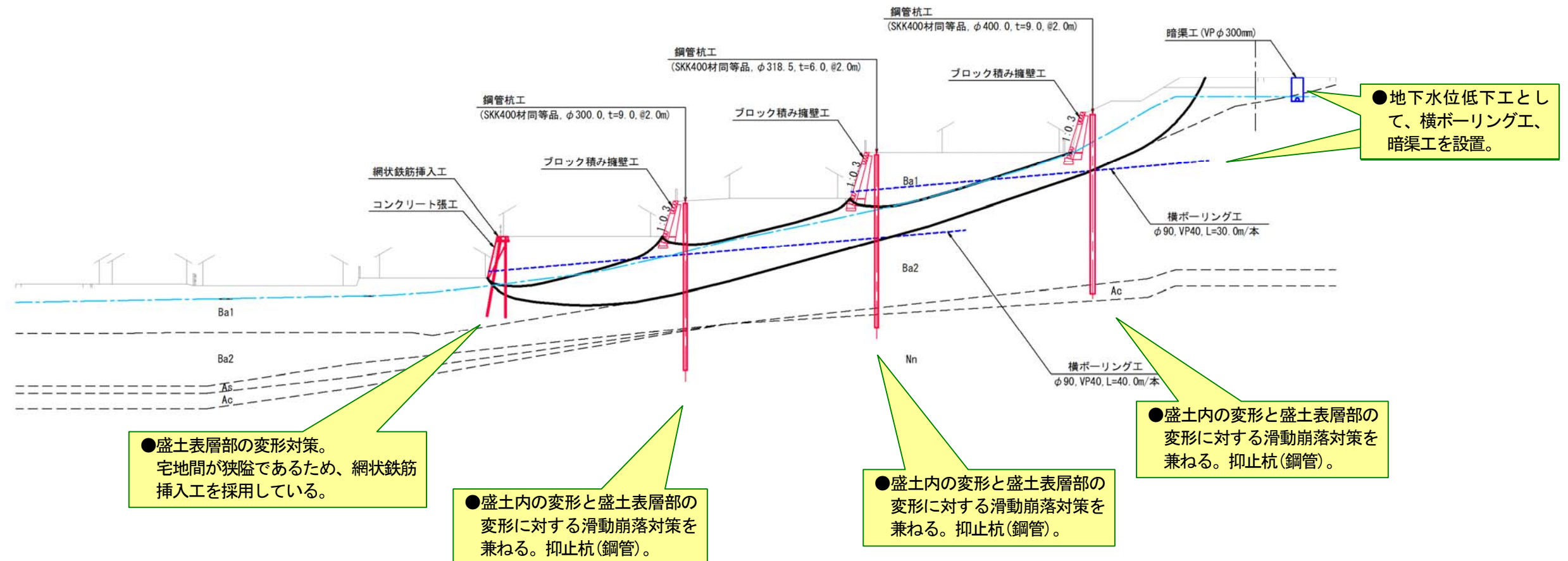
※ 対策工は、主たる変状範囲について検討したものであり、盛土の緩み範囲に対する検討は別途実施中である。

■計画安全率

常 時； $F_s = 1.5$ ，地震時； $F_s = 1.0$

※ この対策工計画は案であり、今後の検討により見直しが行われる場合があります。

(恵和町)



※ この対策工計画は案であり、今後の検討により見直しが行われる場合があります。