第 10 回技術専門委員会

平成 24 年 8 月 31 日

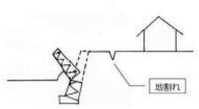
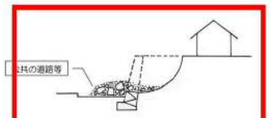
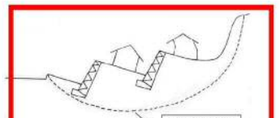
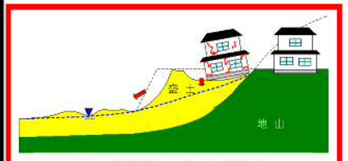
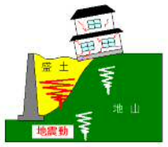
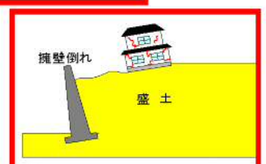
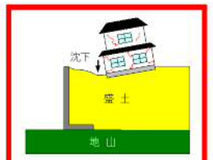
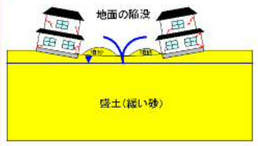
資料１－５

「緑ヶ丘二丁目地区」

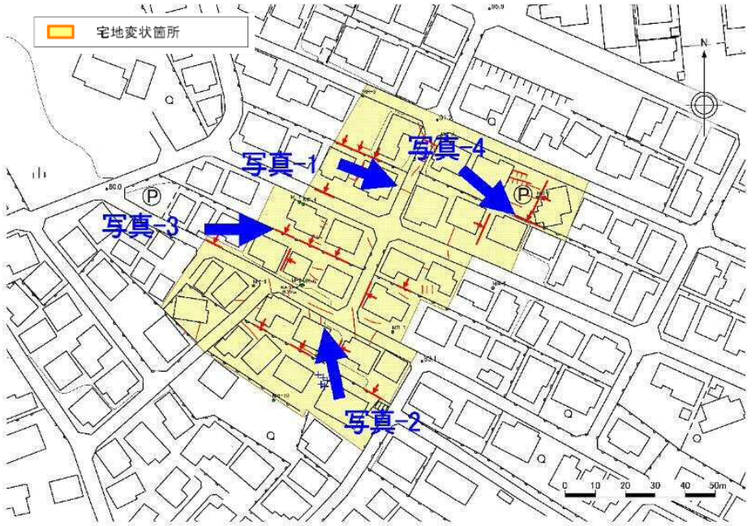
1. 概要書

区　名	太白区	地区名	緑ヶ丘２丁目	主な街区	１・２・３・４・５・８・９・10 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7，７００m²	宅地数	３０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

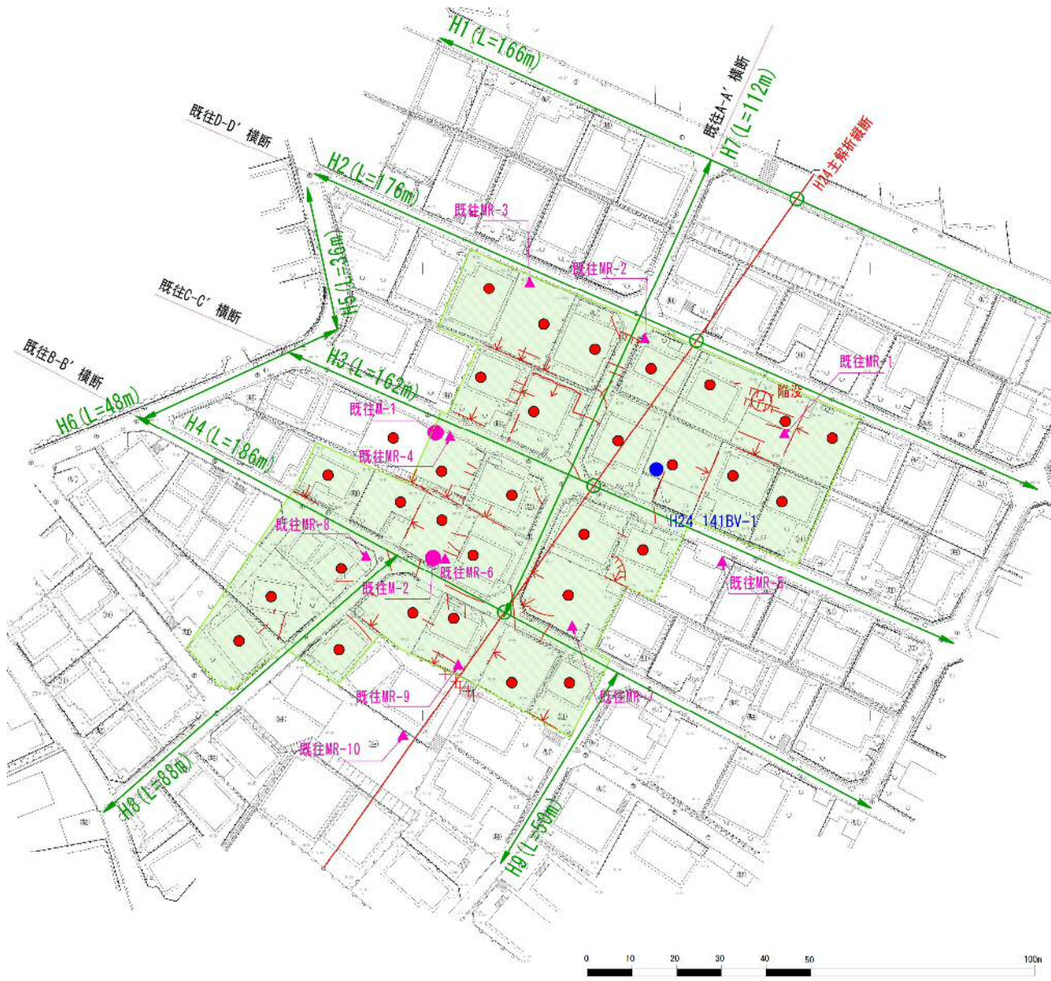
追加調査項目一覧

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	141BV-1 (L=16.0m)	最も盛土層厚が厚い旧谷筋の盛土層厚、地質分布を把握する。
表面波探査	H1～H9	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。
室内土質試験	141BV-1	室内土質試験(土粒子の密度・含水比・粒度(フルイ+沈降)・液性、塑性限界)を実施し、盛土層の物理特性を把握する。

現地作業イメージ

機械ボーリング	表面波探査

調査等位置図



● : 被災宅地

【凡例】

○ 機械ボーリング

△ ミニラムサウンディング

(既往)○○- 既往調査地点(H23 年度)

(H24)○○- 追加調査地点(H24 年度)

H△(○○m) 表面波探査測線(H24 年度)

3. 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 70m、長さ約 100m の範囲で、地盤の若干の滑動と亀裂が発生し、高さ 3m を超える擁壁に孕み、前傾および水平移動が発生した。

【造成履歴および盛土分類】
本地区は、昭和 30 年に造成された場所であり、丘陵地の高い所を切土して谷部を埋め立てたいわゆる谷埋め型盛土に分類される。

【盛土および地下水の状況】
盛土材料は「礫混じり砂質粘土」に分類され、盛土の層厚は 2～8m で谷筋で厚くなっている。地盤の相対的な締り程度を示すN値は N=0～4 が得られ「非常にやわらかい～やわらかい」締り状態を示している。
地下水位は、斜面上部では盛土基底面(=旧表土の上面)に想定され、下部では比較的高い位置に確認されている。
(但し、末端部では既設排水工のため、急に低くなっている)

N 値と砂の相対密度の関係(Terzaghi and Peck[1])

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，掘削につるはし必要，打込み時金属音

注）鉄筋は ϕ13 mm

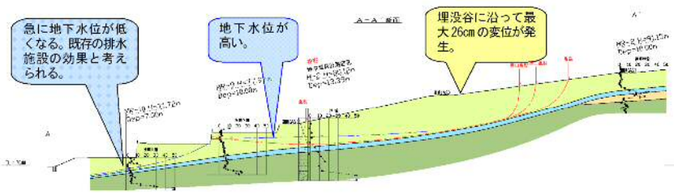
社)地盤工学，2004.6，地盤調査の方法と解説 p263 より引用

【変状メカニズム】
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へ滑動した。測量により土塊の中央で約 26cm の変位量が確認されているものの、さらに大きな変位を生じるには至らず、変位は下方に向かって収斂し、末端部での変状は不鮮明となっている。
また、強い慣性力は、高い玉石積み擁壁の孕みや傾倒、重いコンクリート擁壁の水平移動を引き起こした。

素因	・谷地形に盛られた厚い谷埋め型盛土 ・盛土は粘土を主体とし、N 値は 0～4 と脆弱 ・擁壁の主体が、高さ 3m を超える玉石練積み擁壁
誘因	・最大震度 5 強（仙台市太白区）の地震動 ・継続時間の長い地震動

⇩

変状発生	・大きな慣性力のため、谷埋め型盛土が埋没谷の下方に向かって変位した。しかし、すべり面を形成するには至らなかった。 ・大きな慣性力は、高い玉石積み擁壁の孕みや前傾、重いコンクリート擁壁の水平移動を引き起こした。



【Ａ－Ａ’断面図】

平成 24 年度 検討内容

【宅地被害の状況】
本地区では、幅約 70m、長さ約 100m の範囲において、軽微な段差を伴う亀裂が宅地内や道路に発生し、高さ約 3m の玉石積み擁壁の崩壊や孕み出し、コンクリート擁壁の水平移動などが認められた。変状の発生は散在的であり、連続性に乏しいが、斜面北側では、軽微な段差を伴う亀裂や陥没などが直線上に配列して認められた。また、斜面南側では擁壁の孕み出しや階段の隆起が 1 列のひな壇部に集中して認められている。
段差・亀裂や地盤の変位が、旧谷地形に沿うように集中的に認められていることから、変状の集中している範囲において、一連の盛土の滑動が生じたものと考えられる。(「主たる変状範囲」) また、高さ 3m を超える玉石積み擁壁で構築されるひな壇では、擁壁の部分崩壊や孕み出しに追従する亀裂や宅盤の陥没が認められることから、ひな壇部の変形が併発していると考えられる。

N 値と砂の相対密度の関係(Terzaghi and Peck[1])

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，掘削につるはし必要，打込み時金属音

注）鉄筋は ϕ13 mm

社)地盤工学，2004.6，地盤調査の方法と解説 p263 より引用

【造成履歴および盛土分類】
本地区は、昭和 30 年に造成された場所であり、丘陵地の高い所を切土して谷部を埋め立てたいわゆる谷埋め型盛土に分類される。

【盛土および地下水の状況】
盛土材料は「礫混じり砂質粘土」に分類され、盛土の層厚は 2～8m で谷筋で厚くなっている。地盤の相対的な締り程度を示すN値は N=0～4 が得られ「非常に緩い」締り状態を示している。
~~地下水位は、斜面上部では盛土基底面(=旧表土の上面)に想定され、下部では比較的高い位置に確認されている。(但し、末端部では既設排水工のため、急に低くなっている)~~
地下水位は、調査ボーリングやサウンディングにおいて、GL-2.0m～GL-4.0m 付近に確認されている。

【変状メカニズム】
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、谷埋め型盛土が地震動により埋没谷の下流方向へ滑動した。~~測量により土塊の中央で約 26cm の変位量が確認されているものの、さらに大きな変位を生じるには至らず、変位は下方に向かって収斂し、末端部での変状は不鮮明となっている。~~
土塊の中央付近で最大約 37cm の変位量を示している。変位は現況斜面傾斜方向にやや斜行する方向を示しているが、旧谷地形方向と概ね一致していることから、旧谷地形に沿うように滑動したと考えられる。
また、大きい地震動は、高い玉石積み擁壁の孕みや傾倒、重いコンクリート擁壁の水平移動を引き起こした。
これらの被害状況から、「盛土と地山の境界などを不連続面とする変形」と「盛土表層部（ひな壇部）の変形」が発生したものと考えられる。

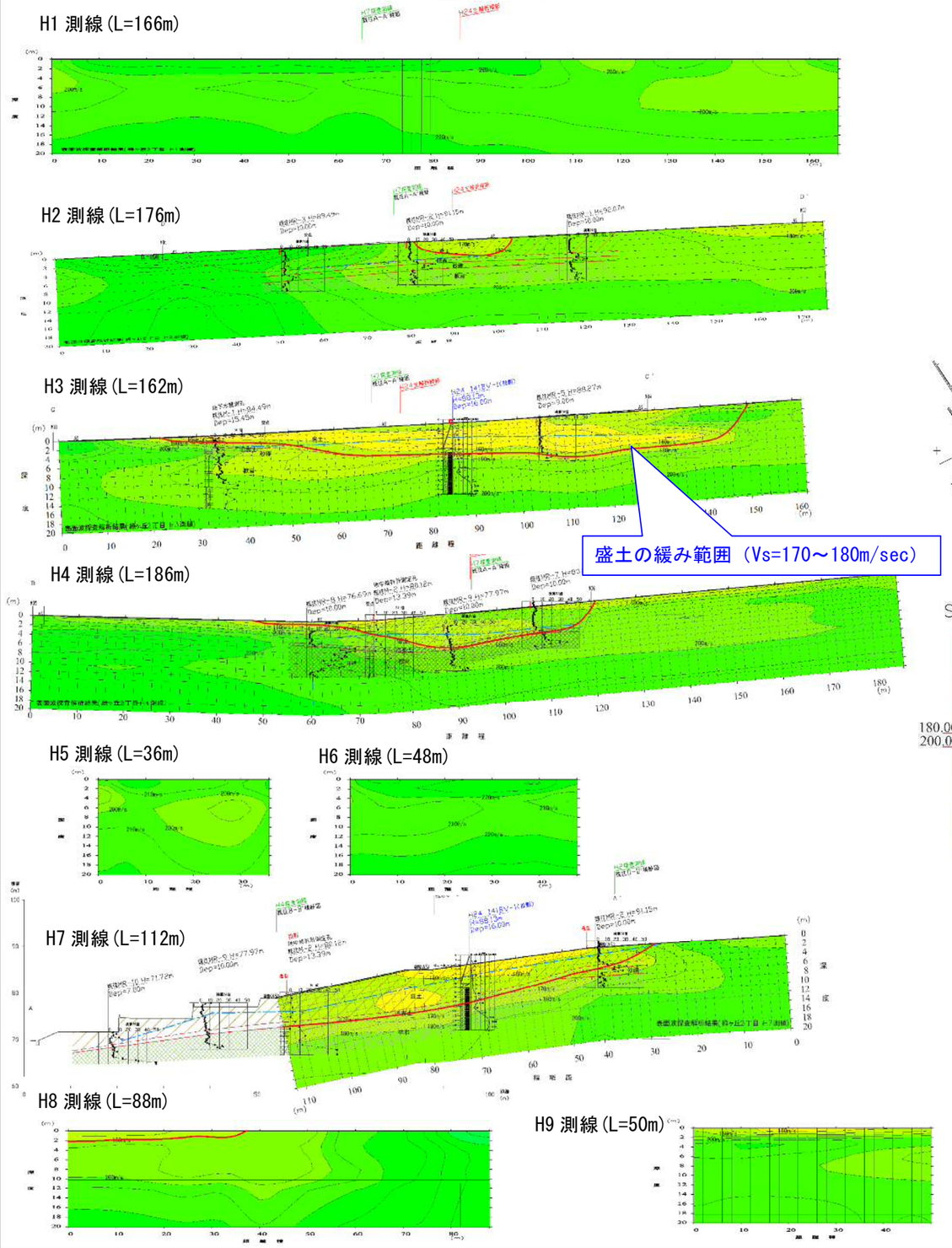
素因	・谷地形に盛られた厚い谷埋め型盛土 ・盛土は粘土を主体とし、N 値は 0～4 と脆弱 ・盛土下位に分布する旧表土も盛土同様に N 値は 3 と脆弱 ・擁壁の主体が、高さ 3m を超える玉石練積み擁壁
誘因	・最大震度 5 強（仙台市太白区）の地震動 ・継続時間の長い地震動

⇩

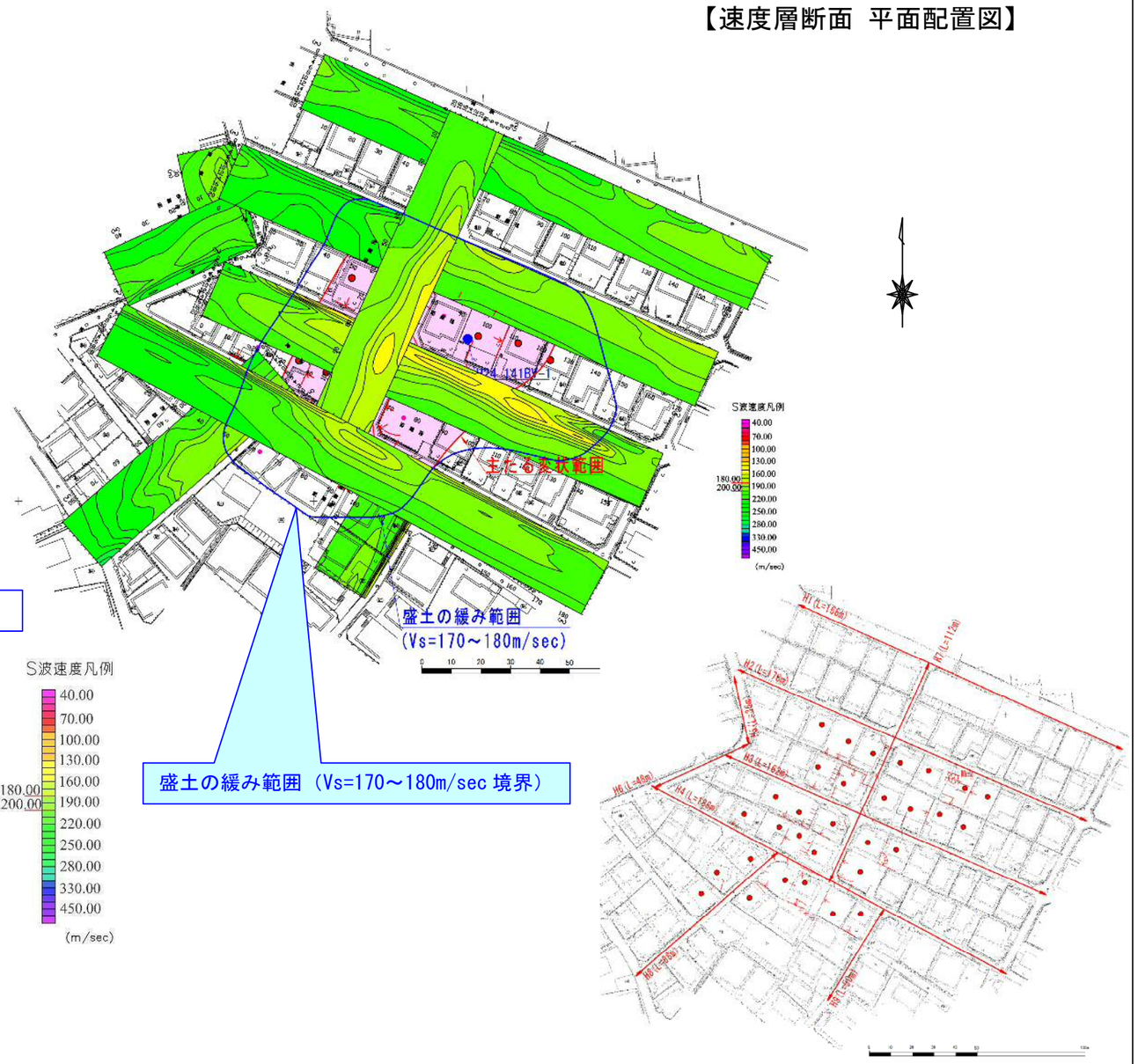
変状発生	・大きな地震動により谷埋め型盛土が埋没谷の下方に向かって変形した。 ・大きな地震動に伴う盛土の滑動やひな壇の変形は、高い玉石積み擁壁の孕みや前傾、重いコンクリート擁壁の水平移動を引き起こした。

4. 表面波探査結果

【表面波探査 速度層断面図】

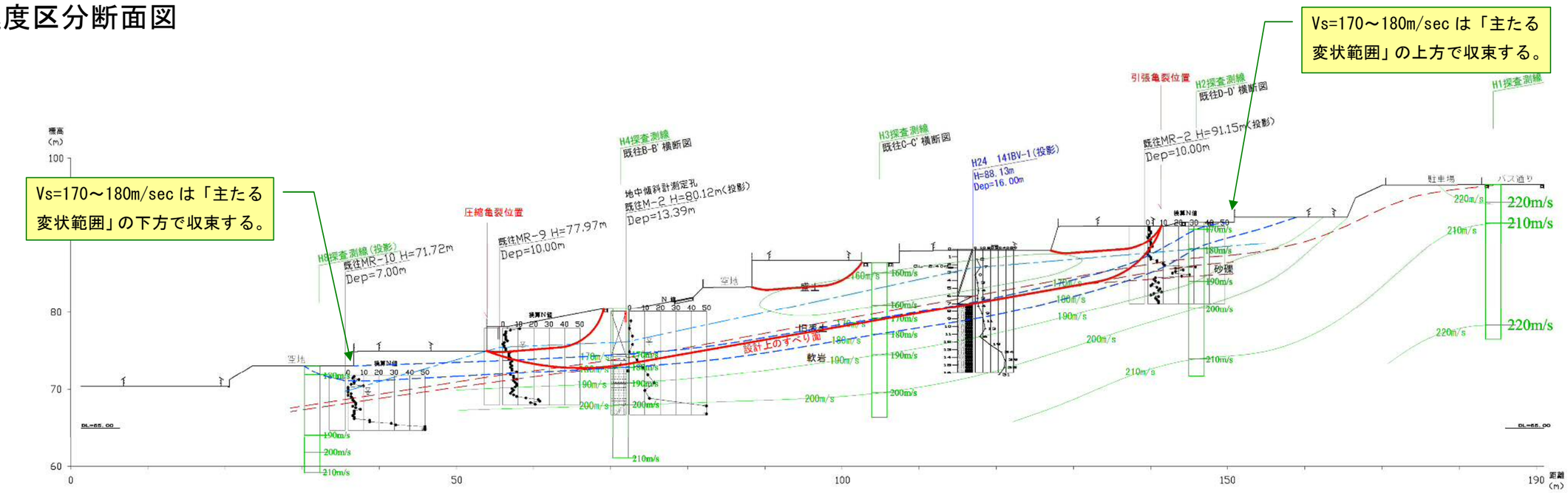


【速度層断面 平面配置図】

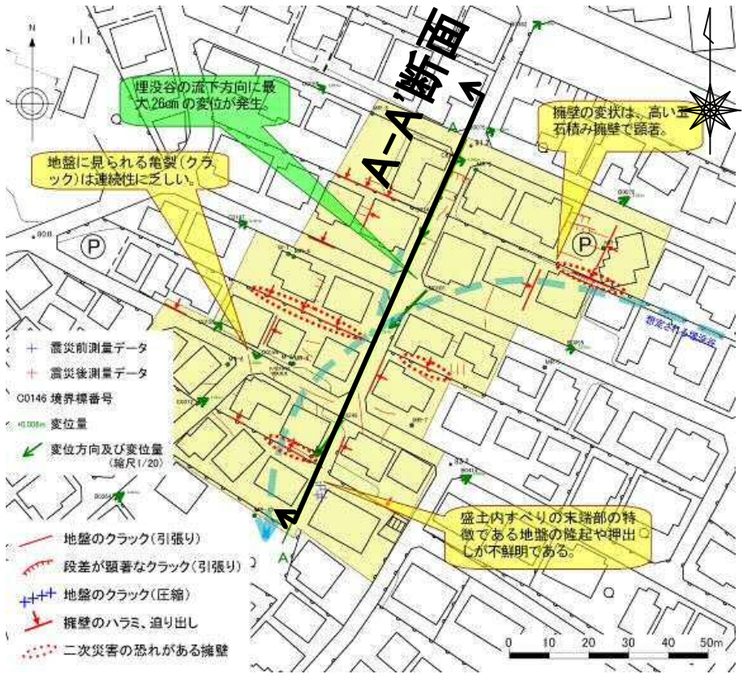


- せん断波速度 Vs=170～180m/sec の境界は、旧表土下面付近に分布する。
- せん断波速度 Vs=170～180m/sec の境界は、主たる変状範囲およびその周囲に確認される被災宅地の分布と概ね一致しており、本境界が盛土の緩み範囲を示すものと想定される。
- 速度層断面図より推定できる盛土の最大緩み深度は、概ね 8m である。
- H2 測線および H4 測線の中央部に谷状の凹地形が認められ、盛土前旧地形の谷部とほぼ一致する。

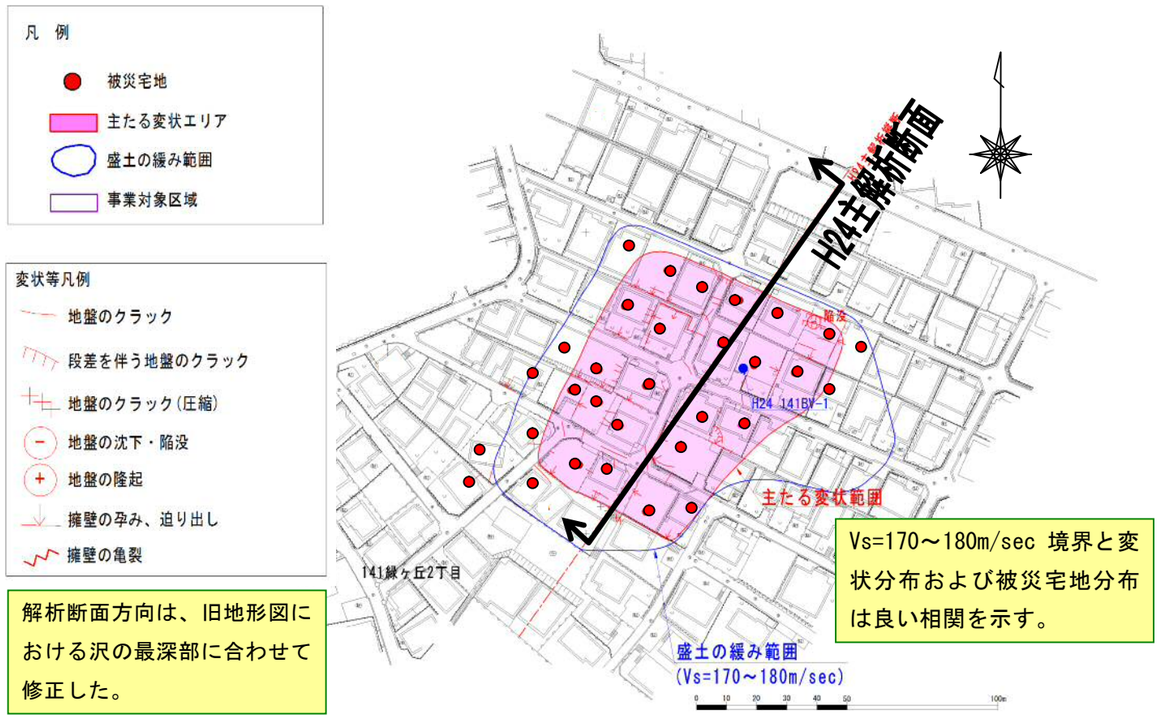
◆速度区分断面図



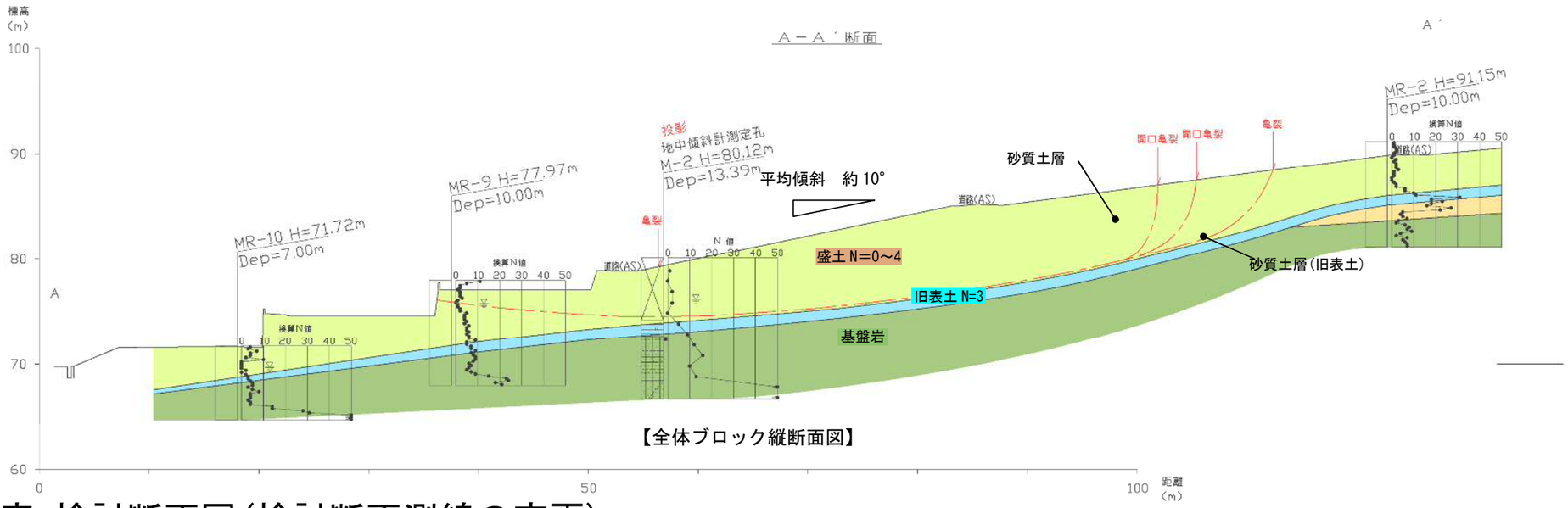
◆平成 23 年度　検討平面図



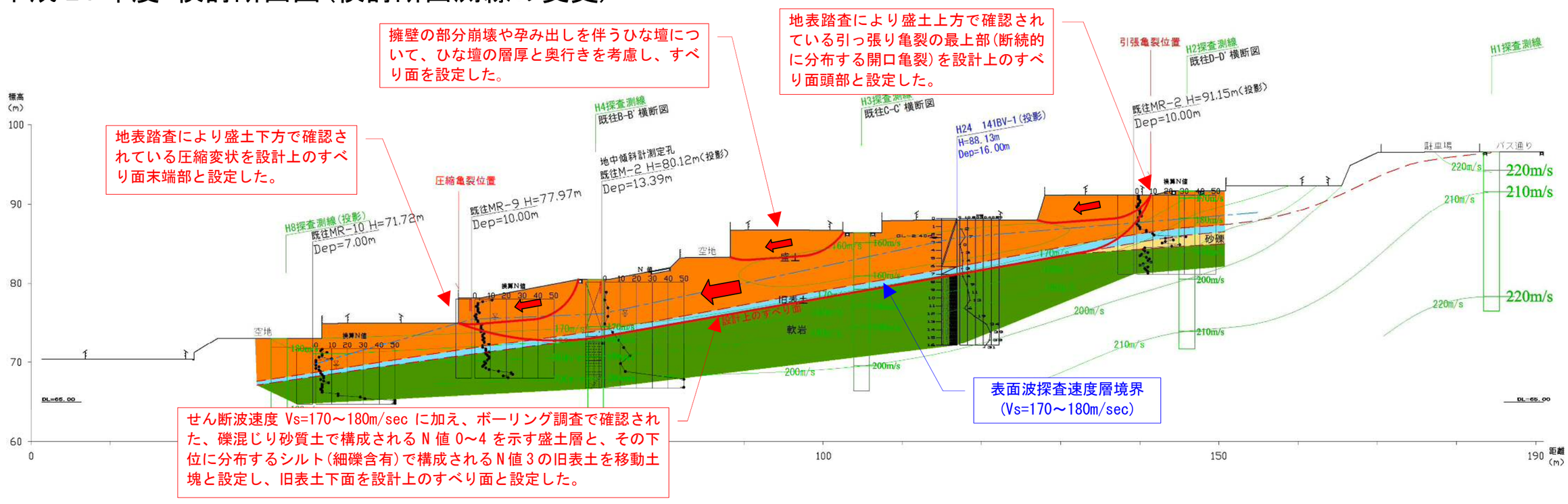
◆平成 24 年度　検討平面図



◆平成 23 年度 検討断面図(A-A’ 縦断面図)



◆平成 24 年度 検討断面図(検討断面測線の変更)



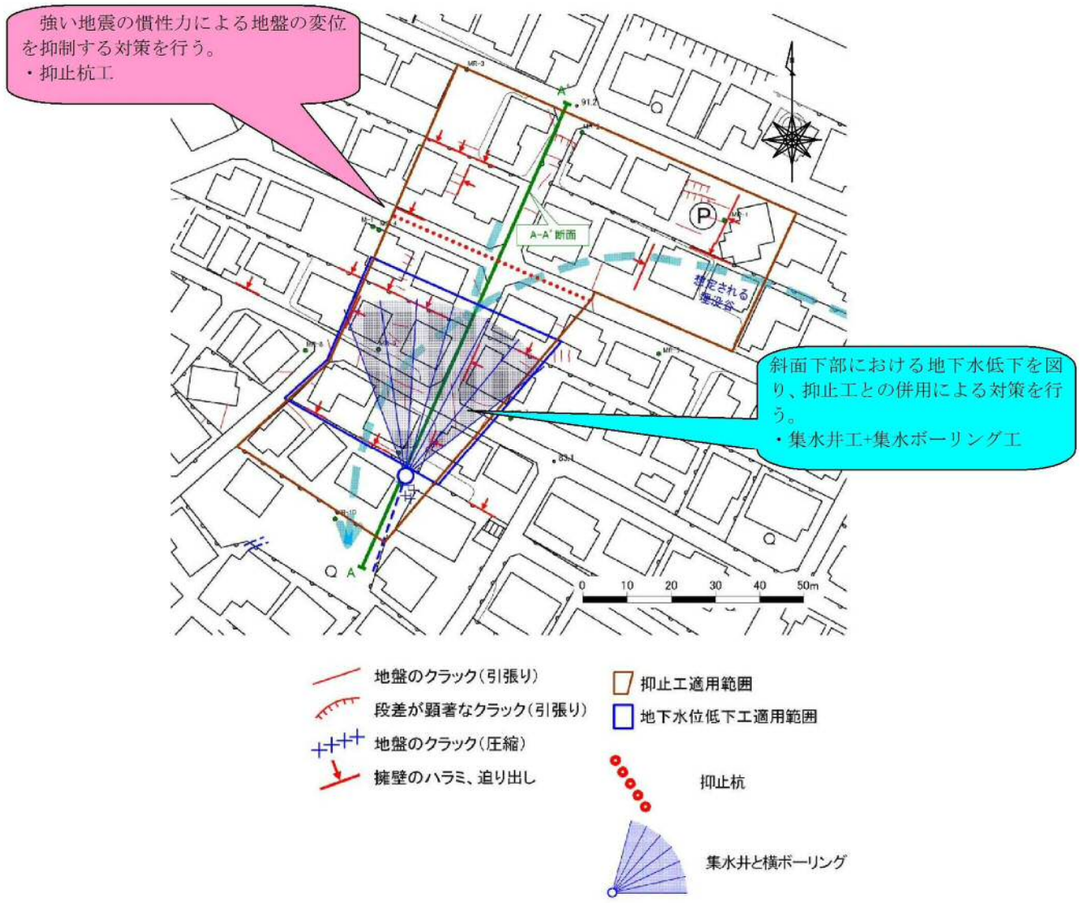
5. 対策方針

平成 23 年度検討内容

本地区の対策方針は、強い地震時の慣性力による地盤の変位を抑制するものとして、杭工などの抑止工と、斜面下部における地下水低下工の併用工とする。

【説明】
今回の地震による本地区の地盤の変状は、最大変位量が 26cm 程度の「変形」に留まったが、今後強い地震が再来する場合には同様の変形により地区内に被害が生じることが予想される。
本地区において谷埋め型盛土が構築された旧谷は、谷の途中で流下方向が変化し、下部は斜面の傾斜方向と概ね等しく、下部の旧谷筋に沿って、地盤の変形量が相対的に大きくなっている。
したがって、対策工は下部に対し横断方向に杭工などの抑止工を配置し、加えて地下水低下を図ることにより、強い地震の慣性力による地盤の変形を抑制できると判断される。

擁壁の変状については、個々の判断により修復されることになるが、地盤が脆弱であることを考慮して、補強土工法による擁壁構築を推奨すべきものと考える。



平成 24 年度検討内容

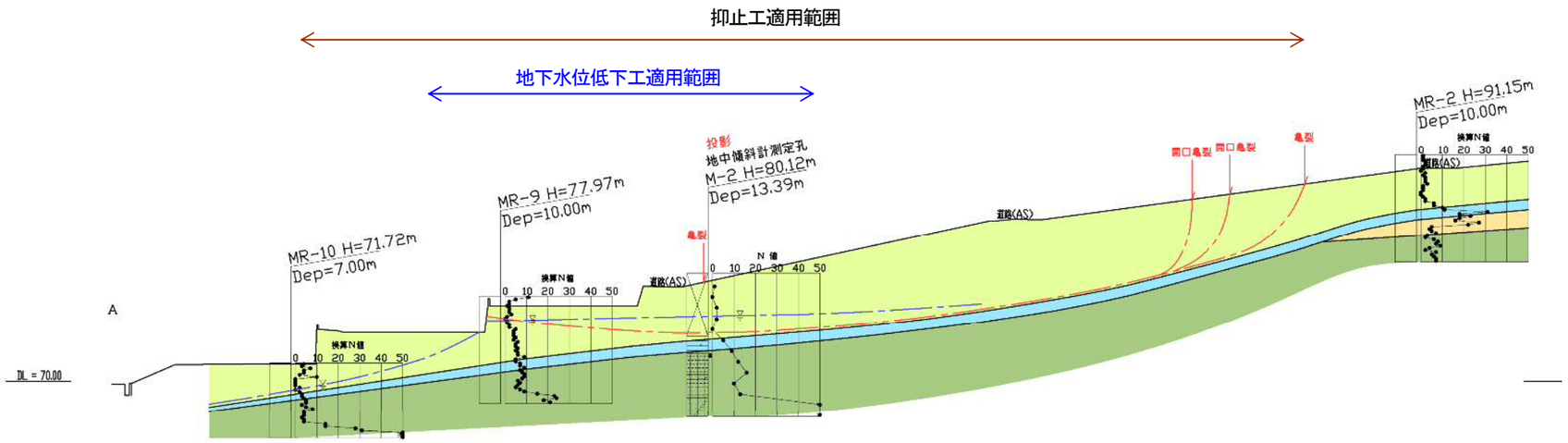
本地区の対策方針としては、想定される盛土内すべりに対して、このすべりを安定させる対策工が必要となる。本地区の対策工は「盛土と地山の境界などを不連続面とする変形」と「盛土表層部（ひな壇部）の変形」のそれぞれについて抑止工が必要である。

【説明】
抑止工は、「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。「盛土内と地山の境界など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
◆盛土内と地山の境界などを不連続面とする変形　：　抑止杭工・アンカー工・固結工
◆盛土表層部（ひな壇部）の変形　：　矢板併用抑止杭工・アンカー工・固結工・網状鉄筋挿入工
また抑止工としては、地形形状や、周辺に住宅が密集していることを考慮して選定する必要がある。

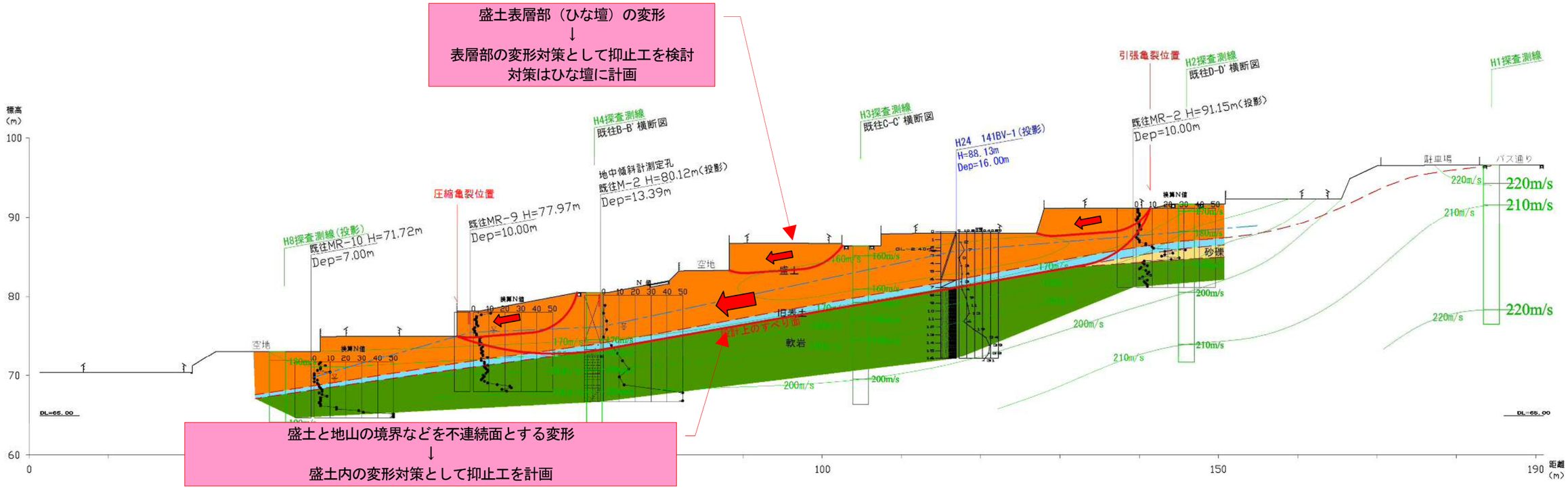
「地下水位低下工について」
- 市道下への暗渠排水工は、地下水位が GL-2.0m～4.0mと推定され、地下水低下効果は低いと考えられる
- 南北方向の市道下へ 1 本程度の横ボーリング工単独工法も考えられるが、効果は限定的と考えられる。

以上の理由より、効果的な地下水位低下工の施工が困難なため、抑止工による対策工を基本とする。

◆平成 23 年度 検討断面図(A-A’ 縦断面図)



◆平成 24 年度 検討断面図(検討断面測線の変更)



参 考 資 料

（1）平成 23 年度検討　対策工計画例

抑止杭＋地下水位低下工

■対策工の設置理由と目的

【抑止杭工】

剛性の高い杭を不動地盤まで挿入することによってせん断抵抗力を付加し、移動土塊の滑動を抑止する。

【地下水位低下工】

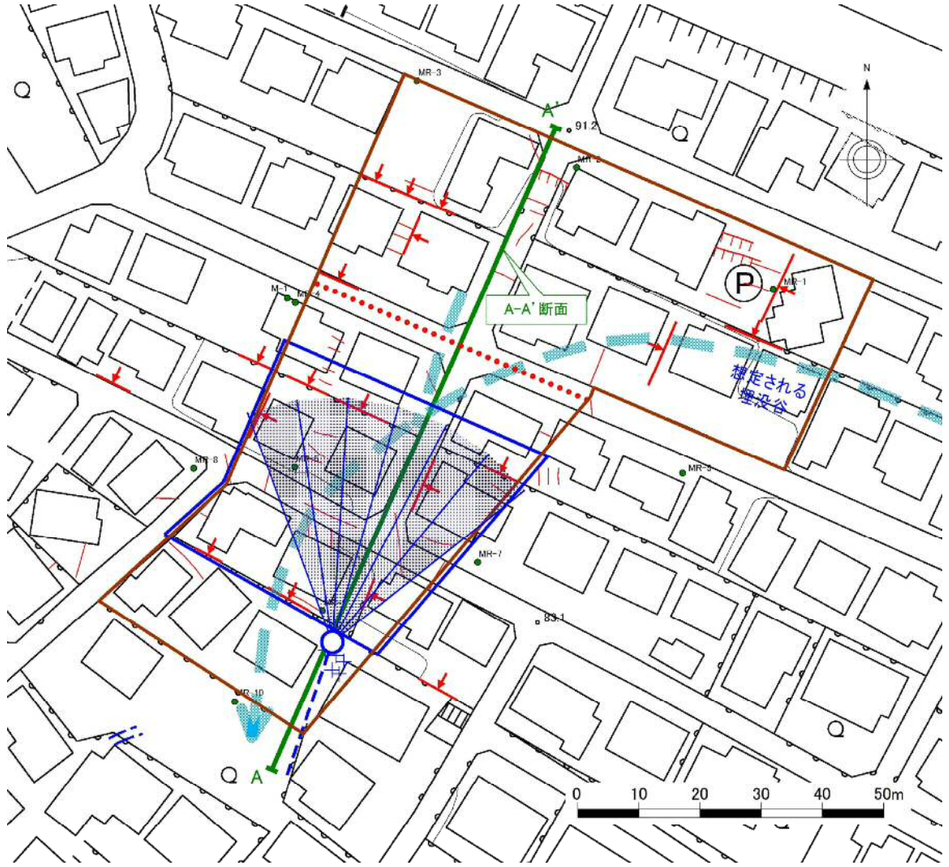
地盤浅部の地下水位を低下させることにより、移動土塊中の地下水を排除し、移動土塊の滑動力を低減する。

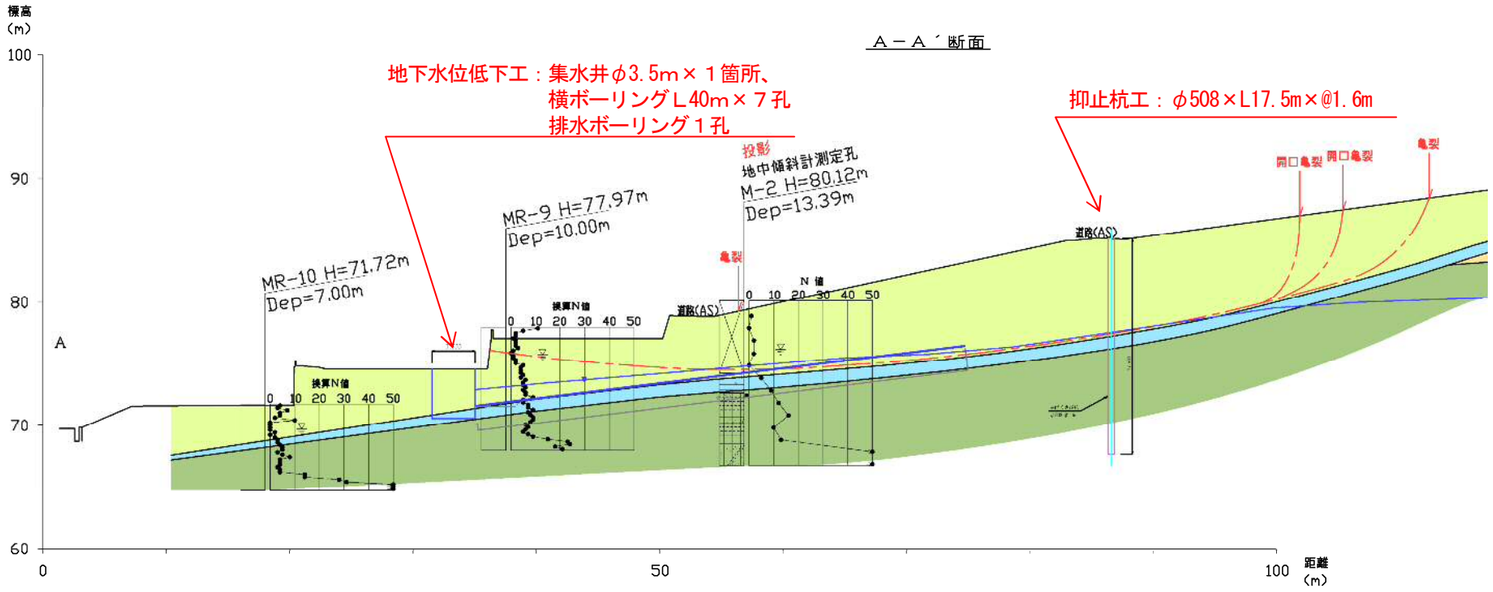
但し、計画安全率への寄与は＋０．０５%までとする。

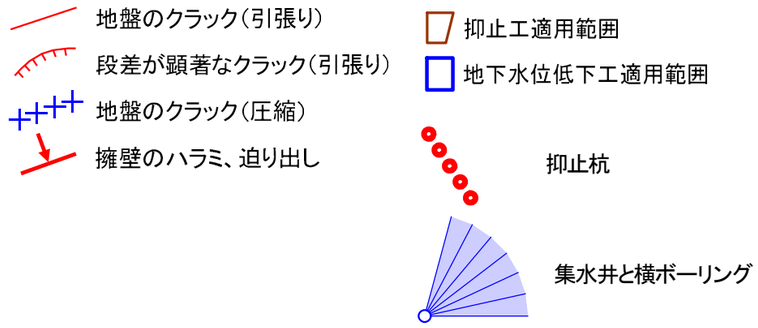
【計画安全率】

常　時：Ｆｓ＝１．２

地震時：Ｆｓ＝１．０







（2）平成 24 年度検討　対策工計画（案）

■対策工の設置理由と目的

【抑止杭工（一部横矢板併用）】

盛土と地山の境界などを不連続面とする変形に対し、移動土塊の抑止を図る。なお、計画する抑止工のうち下段はひな壇すべりの対策も兼用可能な位置とし、擁壁再構築を考慮して横矢板を併用する。

【固結工・固化材盛土・網状鉄筋挿入工】

盛土表層部（ひな壇）の変形に対し、移動土塊の抑止を図る。

（施工の可能性を考慮して選定）

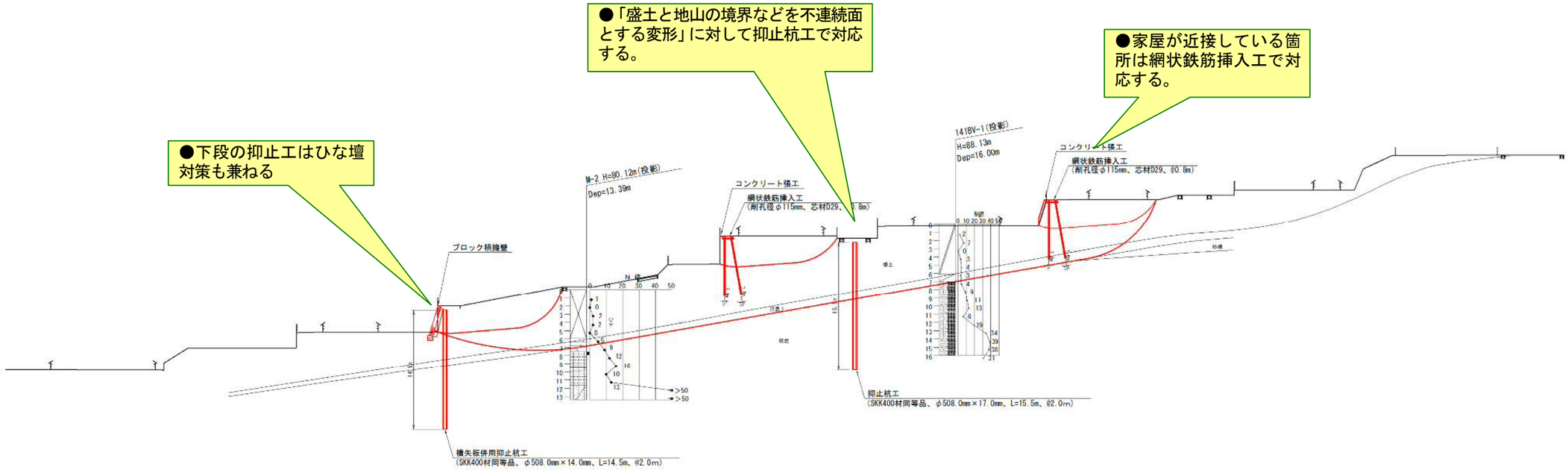
■　計画安全率：

常時：Fs=1.50、地震時：Fs=1.00（大規模地震動を想定）

※ 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。

対策工計画標準断面図 S=1:250

（緑ヶ丘2丁目）



※ 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。