第 10 回技術専門委員会

平成 24 年 8 月 31 日

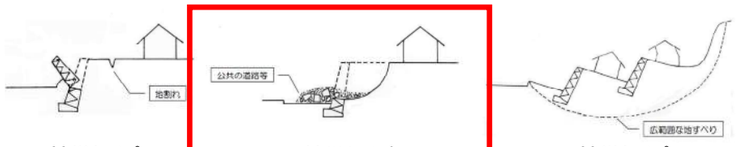
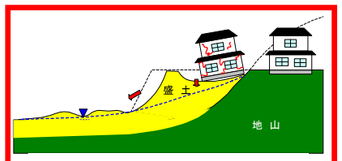
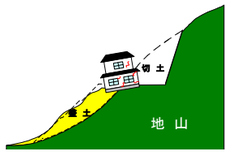
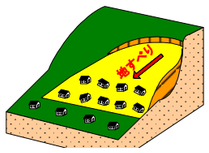
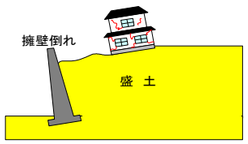
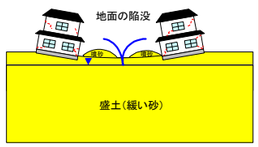
資料１－６

「松ヶ丘地区」

1．概要書

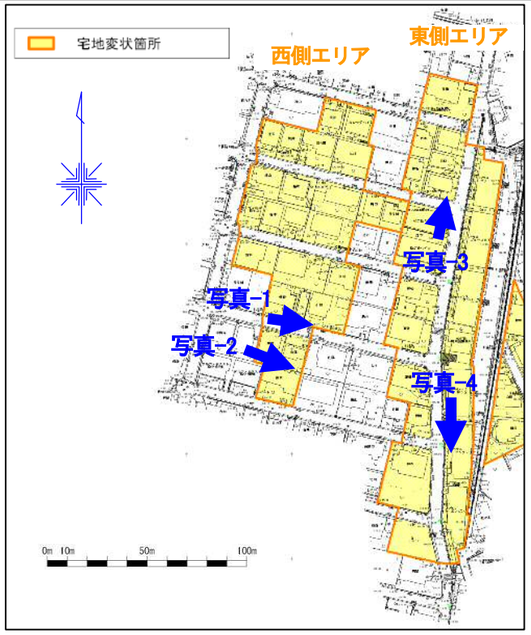
区　名	太白区	地区名	松ヶ丘	主な街区	4・5・12・13・20・21・28・29 番街区の一部

【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 9, 900m^2	宅地数	45 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	
	東側エリア ④ 切盛境界に起因	 ⑤ 擁壁の安定性不足に起因	東西両エリア ⑥ 緩い盛土に起因	西側エリア  ⑦ 地盤の液状化に起因

【位 置 図】

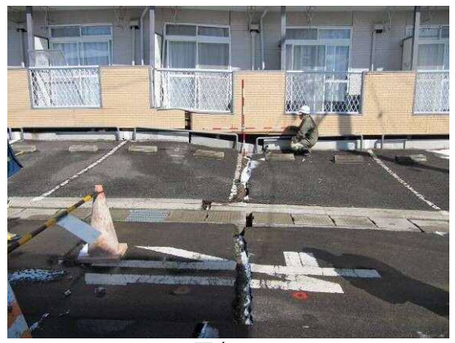
【平面図（被災状況写真位置図）】



【被災状況写真】

写真－1

写真－2


写真－3

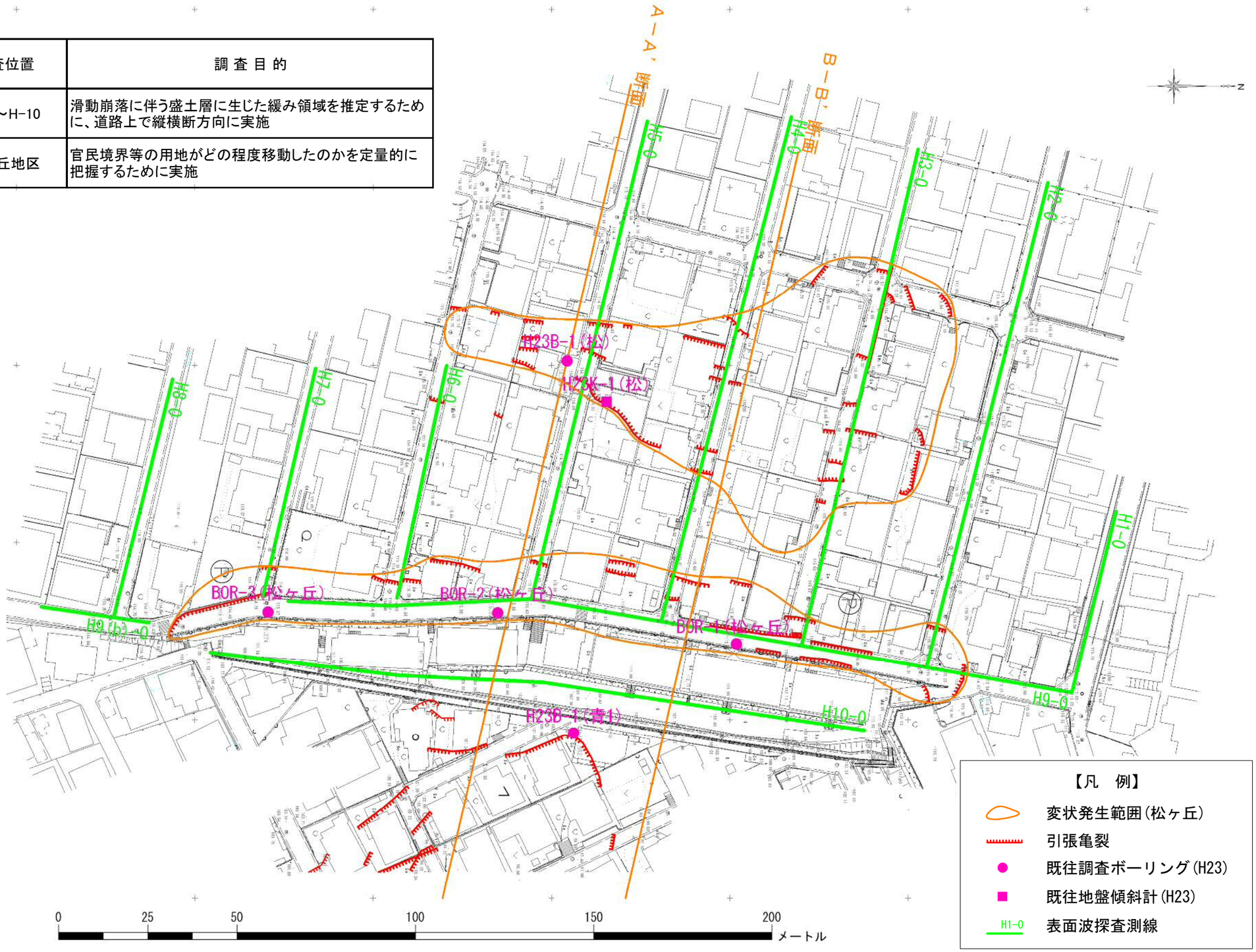
写真－4

２．追加調査事項

追 加 調 査 項 目 一 覧

H.24年度 追加調査項目	調査位置	調 査 目 的
表面波探査	H-1～H-10	滑動崩落に伴う盛土層に生じた緩み領域を推定するために、道路上で縦横断方向に実施
重ね図作成	松ヶ丘地区	官民境界等の用地がどの程度移動したのかを定量的に把握するために実施

調 査 等 位 置 図



３．変状メカニズム

平成 23 年度　検討内容

【宅地被害の状況】

本地区の変状は、主に西側エリアと東側エリアに区分される（平面図参照）。

西側エリアでは、幅約 150m、長さ約 60～80mの範囲において、平坦な盛土造成面に沈下および亀裂が発生した。また、東側エリアでは、道路土留め擁壁（H=3m）の孕み出しおよびそれに沿った背面宅地に沈下、亀裂および段差が発生した。

【造成履歴および盛土分類】

本地区は、昭和 35 年～42 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「礫混じり粘土質砂」に分類され、盛土の層厚は 26m 程度が確認された。地盤の相対的な締り程度を示すN値は、宅盤では概ねN=3～4 が得られ「非常に緩い」締り状態を示している。地下水位は、地表面下 3m付近で確認され、比較的高い位置に分布している。

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】

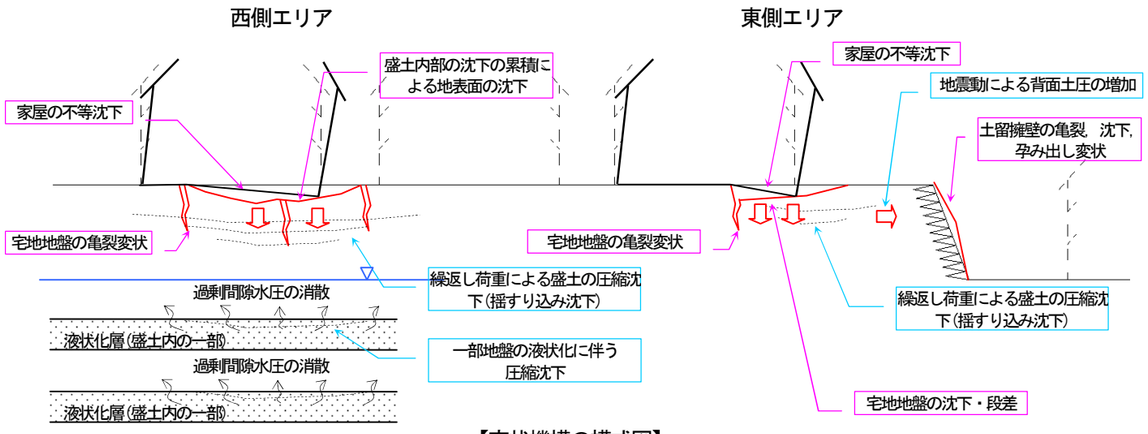
西側エリアについては、亀裂は引張亀裂が卓越し、沈下は凹地状を呈すること、および地震翌日まで噴砂・噴水がみられたとの住民情報が得られたことから、一部地盤の液状化が発生したものと推察される。

また、東側エリアについては、亀裂は引張亀裂が卓越し、擁壁方向への開きであることから、擁壁の変状に伴う宅地変状と考えられる。なお、東西両エリアの変状発生範囲の南北境界は概ね切盛り境界と整合している。

素因	・谷地形に盛られた厚い谷埋め盛土。（西側・東側エリア） ・地下水位が高く、盛土材は細粒分の多い砂質土で構成されている。（西側エリア） ・盛土浅部は特に締まりが緩い（N 値 3～4 程度）。（西側・東側エリア） ・緩い盛土上に偏土圧構造物（ブロック積擁壁）が位置している。（東側エリア）
誘因	・最大震度 5 強（仙台市太白区）の地震動

⇩

変状発生	・盛土内部の一部が圧縮沈下し、地表面に、沈下を主体とする変状が発生。（西側エリア） ・擁壁が孕み出し、背面宅地を引き込む形で宅地に沈下および段差が発生。（東側エリア）



【変状機構の模式図】

平成 24 年度　検討内容

【宅地被害の状況】

本地区の変状は、主に西側エリアと東側エリアに区分される（平面図参照）。

西側エリアでは、幅約 150m、長さ約 60～80mの範囲において、平坦な盛土造成面に沈下および亀裂が発生した。また、東側エリアでは、道路土留め擁壁（H=3m）の孕み出しおよびそれに沿った背面宅地に沈下、亀裂および段差が発生した。

【造成履歴および盛土分類】

本地区は、昭和 35 年～42 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「礫混じり粘土質砂」に分類され、盛土の層厚は 26m 程度が確認された。地盤の相対的な締り程度を示すN値は、宅盤では概ねN=3～4 が得られ「非常に緩い」締り状態を示している。

表-6.2.2　*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

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。なお、Vs=180 m/sec 程度の速度境界は、変状と同様に西側エリアと東側エリアとに分かれている。地下水位は、地表面下 3m付近で確認され、比較的高い位置に分布している。

【変状メカニズム】

今回の検討内容では、追加調査の表面波探査結果と重ね図の作成によって、西側エリアと東側エリアの変状メカニズムの違いがより明確となったといえる。

西側エリアについては、亀裂は引張亀裂が卓越し、沈下は凹地状を呈すること、および地震翌日まで噴砂・噴水がみられたとの住民情報が得られたことから、一部地盤の液状化が発生したものと~~推察される~~判断される。

また、東側エリアについては、~~亀裂は引張亀裂が卓越し、擁壁方向への開きであることから、擁壁の変状に伴う宅地変状と考えられる~~水平変位の測定の結果、擁壁変状のみられない部分についても孕み出している部分と同様に斜面下方への移動が確認されたことから、盛土層において盛土内の速度境界を不連続面とした「盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊」を生じ、宅地内に引っ張り亀裂を生じたものと考えられる。なお、東西両エリアの変状発生範囲の南北境界は概ね切盛り境界と整合している。

素因	・谷地形に盛られた厚い谷埋め盛土。（西側・東側エリア） ・地下水位が高く、盛土材は細粒分の多い砂質土で構成されている。（西側エリア） ・盛土浅部は特に締まりが緩い（N 値 3～4 程度）。（西側・東側エリア） ・緩い盛土上に偏土圧構造物（ブロック積擁壁）が位置している。（東側エリア）
誘因	・最大震度 5 強（仙台市太白区）の地震動

⇩

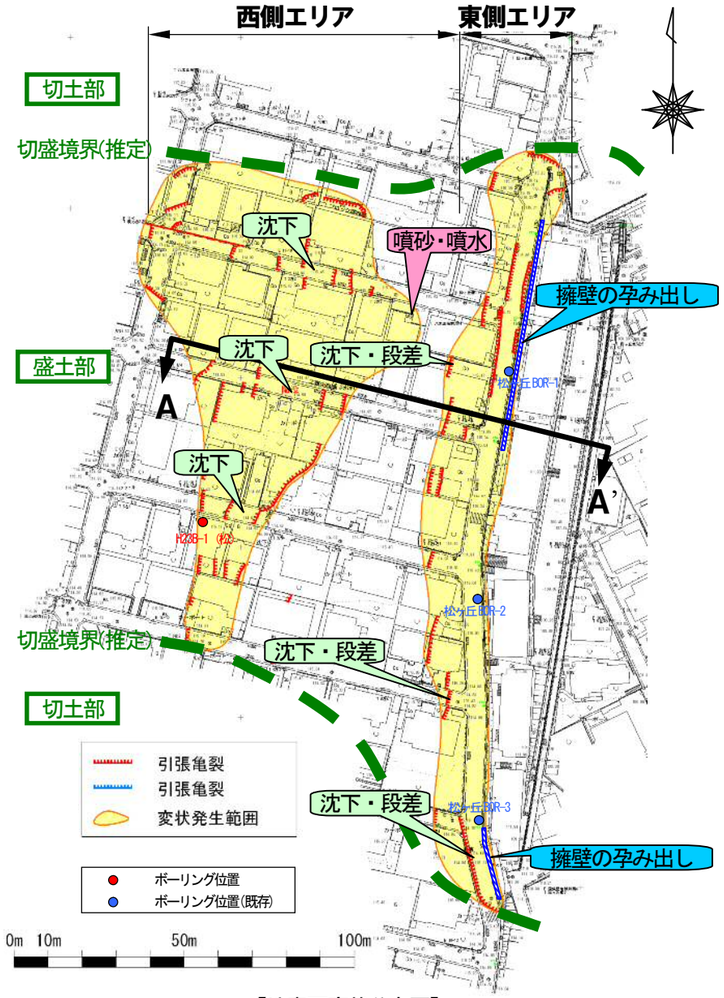
変状発生	・盛土内部の一部が圧縮沈下し、地表面に、沈下を主体とする変状が発生。（西側エリア） ~~・擁壁が孕み出し、背面宅地を引き込む形で宅地に沈下および段差が発生。（東側エリア）~~ ・「盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊」をおこし、宅地内の引張り亀裂や擁壁の孕み出しが発生（東側エリア）

平成 23 年度　検討内容

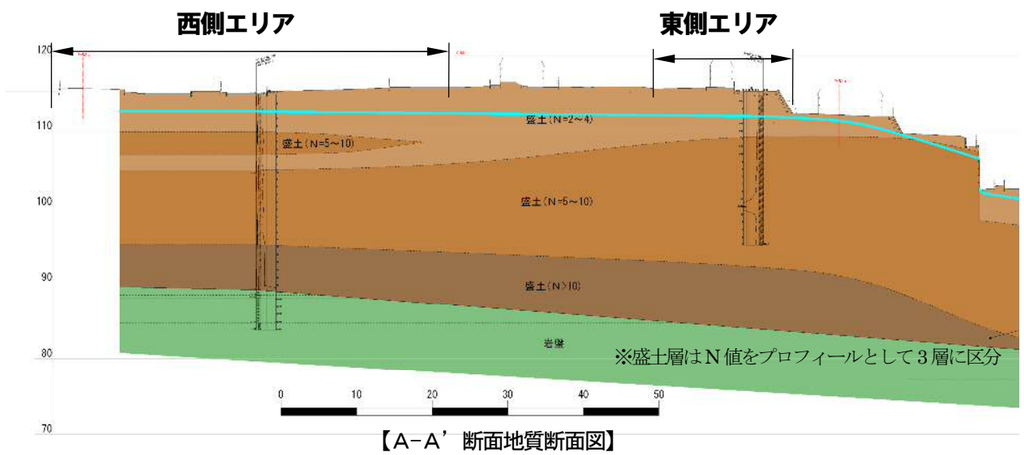
本地区の変状は、主に西側エリアと東側エリアに区分され、概ね次の２通りの機構が想定される。

◆ 西側エリアでは、地震動の継続時間が長かったため、盛土内の一部が『地盤の液状化』し、圧縮沈下が発生したことに加え、盛土浅部の締まりの『緩い盛土』に地震動の繰返し荷重が作用したことによる圧縮沈下（揺すり込み沈下）を起こし、これらが累積し地表面において沈下として変状が発生した。

◆ 東側エリアでは、南北の切盛り境界付近で地震動の慣性力により、背面の土圧が著しく増加したため、『擁壁の安定性が不足』し孕み出し、背面宅地を引き込む形で宅地に沈下および段差が発生した。併せて、擁壁背面の『緩い盛土』に地震動による繰返し荷重が作用したことにより圧縮沈下を起こしたと考えられる。



【地表面変状分布図】



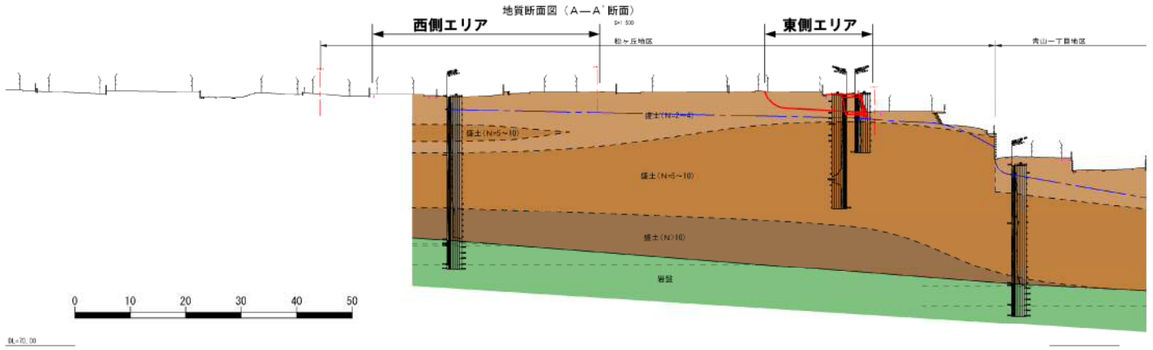
【Ａ−Ａ’断面地質断面図】

平成 24 年度　検討内容

本地区の変状は、主に西側エリアと東側エリアに区分され、概ね次の２通りの機構が想定される。

◆ 西側エリアでは、地震動の継続時間が長かったため、盛土内の一部が『地盤の液状化』し、圧縮沈下が発生したことに加え、盛土浅部の締まりの『緩い盛土』に地震動の繰返し荷重が作用したことによる圧縮沈下（揺すり込み沈下）を起こし、これらが累積し地表面において沈下として変状が発生した。

◆ 東側エリアでは、~~南北の切盛り境界付近で地震動の慣性力により、背面の土圧が著しく増加したため、『擁壁の安定性が不足』し孕み出し、背面宅地を引き込む形で宅地に沈下および段差が発生した。併せて、擁壁背面の『緩い盛土』に地震動による繰返し荷重が作用したことにより圧縮沈下を起こしたと考えられる。~~盛土内の速度境界を不連続面とした「盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊」をおこし、宅地内に引張り亀裂生じたり、道路擁壁の孕み出しが発生したと考えられる（沈下もすべり崩壊に伴う変状のひとつと解釈される）。



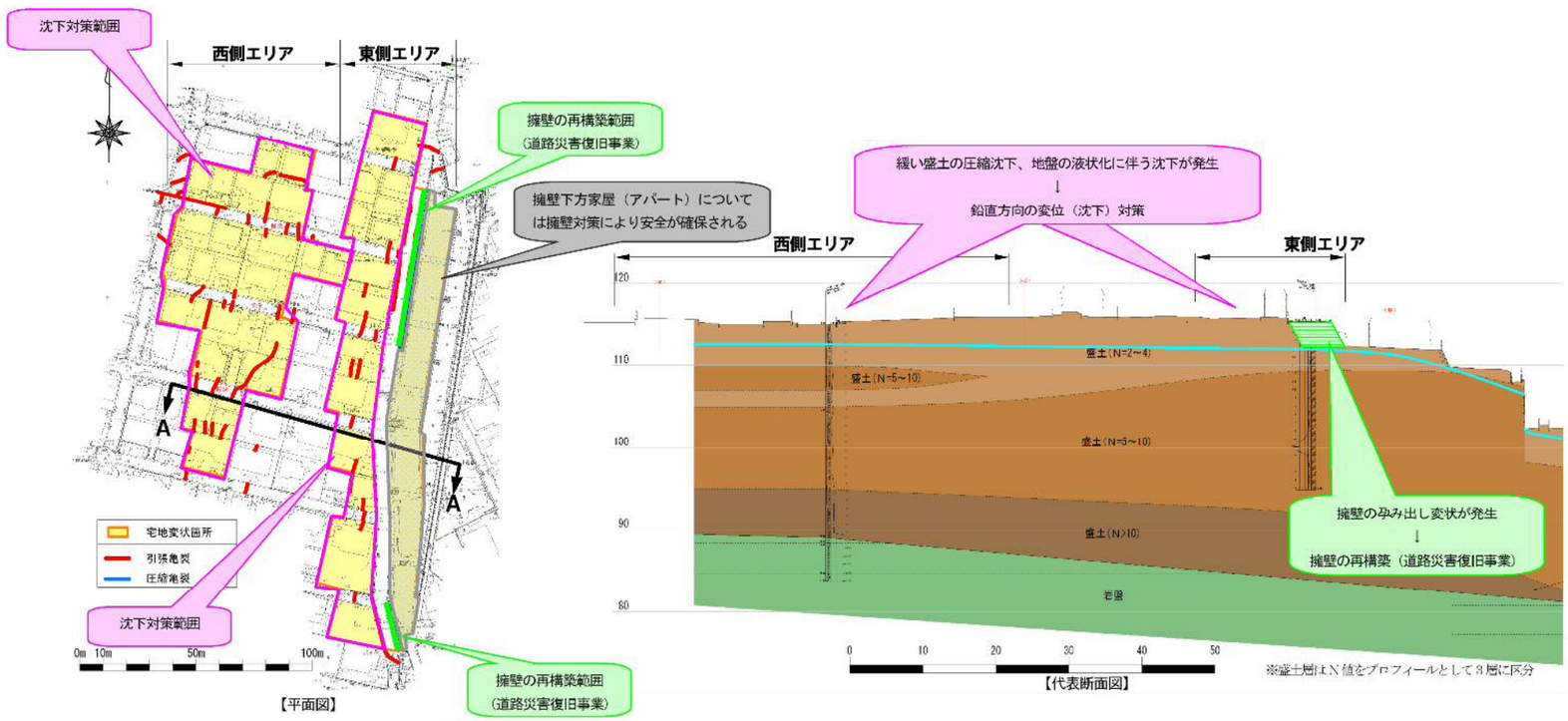
※盛土層はＮ値をプロフィールとして３層に区分

【Ａ−Ａ’断面地質断面図】

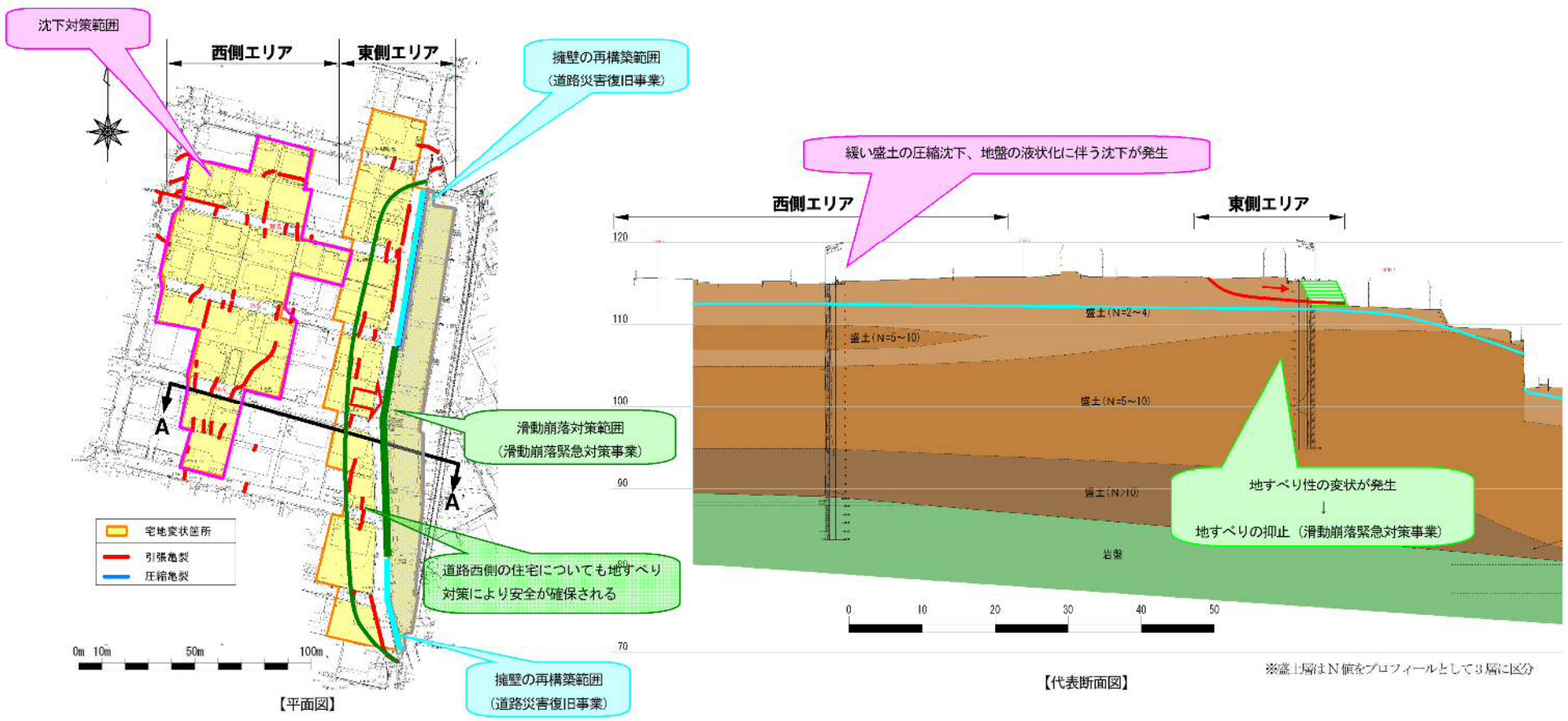
４．対策方針

平成 23 年度　検討内容	平成 24 年度　検討内容
本地区では、圧縮沈下（一部地盤の液状化を伴う）が発生した西側エリアにおいては「沈下対策」、擁壁の変状が発生した東側エリアにおいては「擁壁復旧対策」が必要である。 沈下対策は、沈下変状が発生している範囲を対象に、地盤改良などによる既設戸建て住宅を対象とした復旧対策が適用可能と考えられる。 また、擁壁復旧対策は、擁壁の孕み出し変状が発生し倒壊の危険性がある範囲を対象に擁壁の再構築による復旧対策が適用可能と考えられる。 【説明】 上記選定結果に至った理由を説明する。 西側エリアの変状は、緩い盛土に起因する圧縮沈下（揺すり込み沈下）と一部地盤の液状化による沈下が原因と考えられる。 東側エリアの変状の主たる要因は、擁壁の孕み出しと考えられる。また，東側エリアで擁壁が変状していない範囲における宅地変状箇所については、緩い盛土に起因する圧縮沈下（揺すり込み沈下）が原因と考えられる。 このため、擁壁の変状箇所を再構築することにより、擁壁ならびに道路部分の安定化を図る。ここに、当該擁壁ならびに道路については、道路災害復旧事業にて「ジオテキスタイル（補強土擁壁工）」を計画している。 なお、沈下範囲の対策については、今後補足調査を行い詳細な検討を行う予定である。	~~本地区では、圧縮沈下（一部地盤の液状化を伴う）が発生した西側エリアにおいては「沈下対策」、擁壁の変状が発生した東側エリアにおいては「擁壁復旧対策」が必要である。~~ 本地区の対策方針としては、擁壁の変状が発生した東側エリアの一部では、「道路災害復旧事業」による擁壁の再構築が行われているが、擁壁が変状していない範囲についても「盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊」に対する抑止工が必要である。 なお、道路災害復旧対策がなされている部分については、安定計算の結果、地震時の安定が確保されていることが確認されたため、対策工は行わない。 ~~沈下対策は、沈下変状が発生している範囲を対象に、地盤改良などによる既設戸建て住宅を対象とした復旧対策が適用可能と考えられる。~~ ~~また、擁壁復旧対策は、擁壁の孕み出し変状が発生し倒壊の危険性がある範囲を対象に擁壁の再構築による復旧対策が適用可能と考えられる。~~ 【説明】 ~~西側エリアの変状は、緩い盛土に起因する圧縮沈下（揺すり込み沈下）と一部地盤の液状化による沈下が原因と考えられる。~~ ~~東側エリアの変状の主たる要因は、擁壁の孕み出しと考えられる。また，東側エリアで擁壁が変状していない範囲における宅地変状箇所については、緩い盛土に起因する圧縮沈下（揺すり込み沈下）が原因と考えられる。~~ ~~このため、擁壁の変状箇所を再構築することにより、擁壁ならびに道路部分の安定化を図る。ここに、当該擁壁ならびに道路については、道路災害復旧事業にて「ジオテキスタイル（補強土擁壁工）」を計画している。~~ ~~なお、沈下範囲の対策については、今後補足調査を行い詳細な検討を行う予定である。~~ 抑止工は、「宅地震災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。 「盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊」に適する対策としては、以下の工法が挙げられる。 ● 固結工・グラウンドアンカー工・抑止杭工 なお、当地区の道路災害復旧箇所において施工した、ジオキテスタイル（補強土擁壁工法）を含め検討を行う。 「地下水排除工について」 ・今回の検討では、平常水位はすべり面以深にあるため、地下水排除工は採用しないものとする。

◆平成 23 年度　検討平面図、断面図



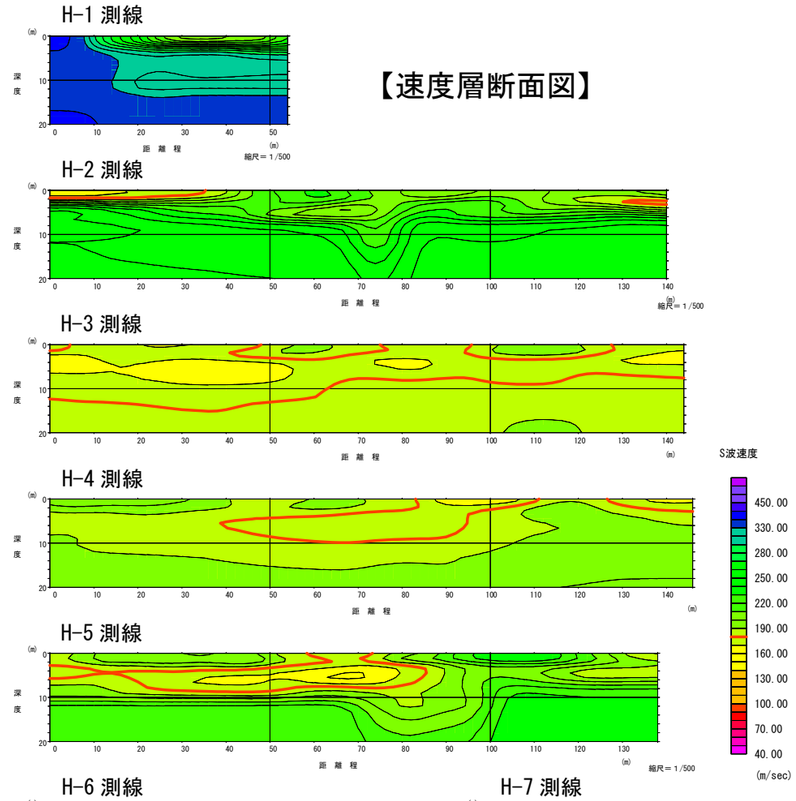
◆平成 24 年度　検討平面図、断面図



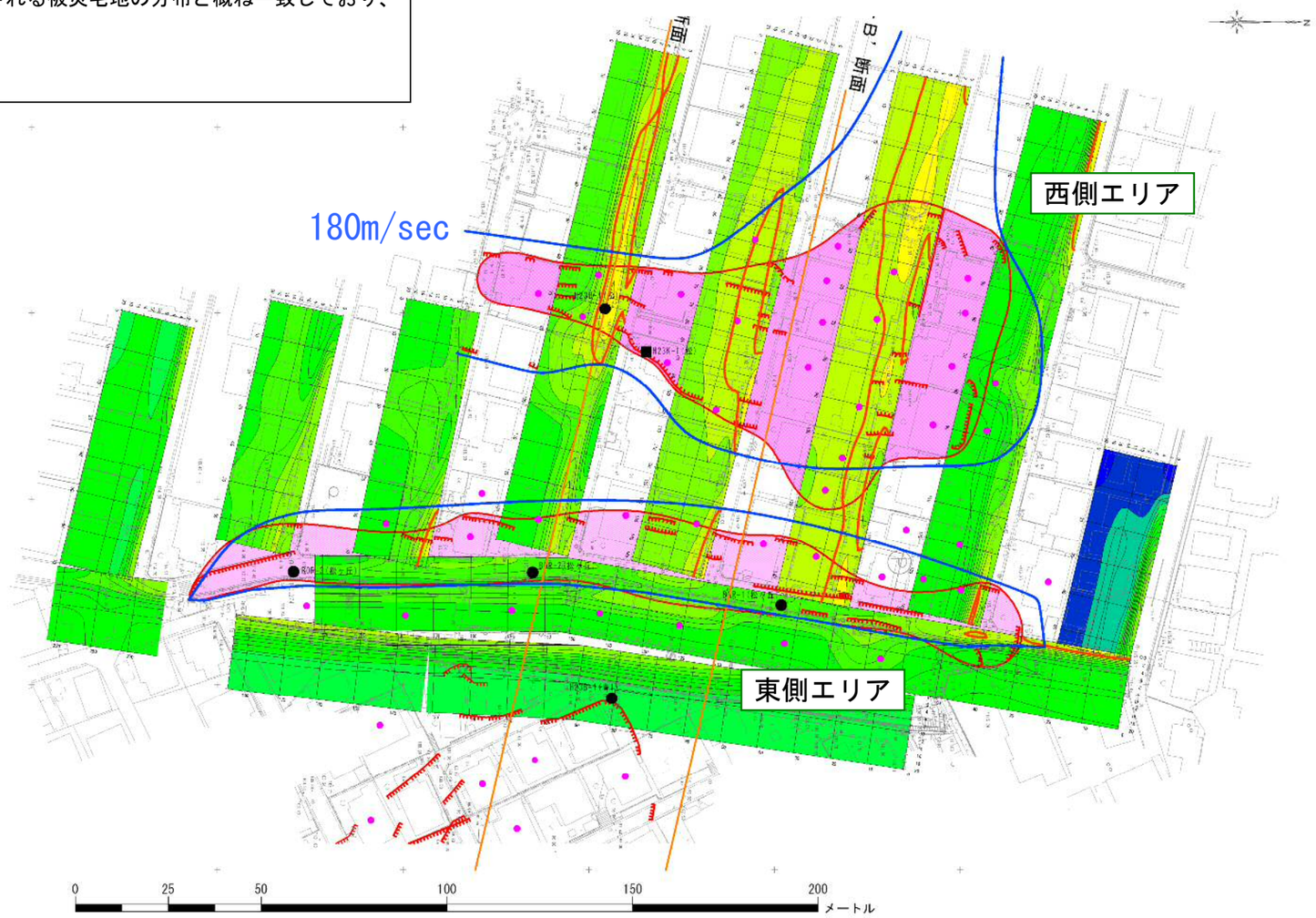
【表面波探査　結果の概要】

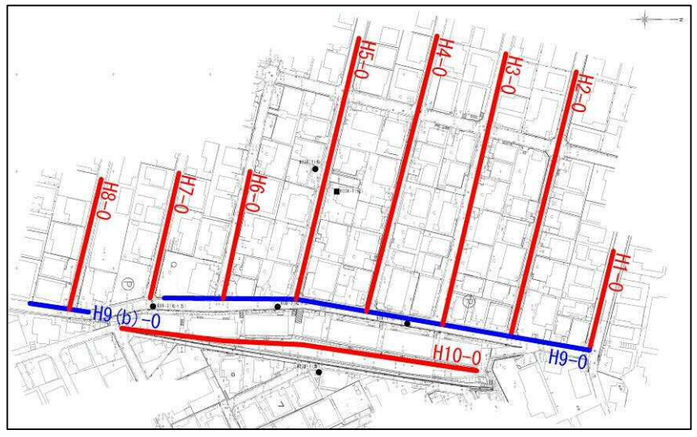
- せん断波速度 Vs=180m/sec の境界は、主たる変状範囲およびその周囲に確認される被災宅地の分布と概ね一致しており、本境界が盛土の緩み範囲を示すものと想定される。
- この盛土の緩み範囲は、大きく西側エリアと東側エリアに区分される。

【速度層断面図】



【速度層断面　平面配置図】

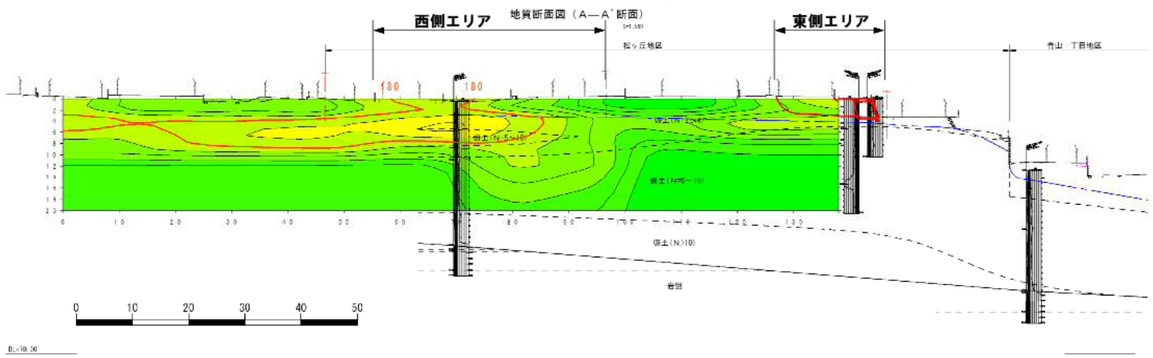




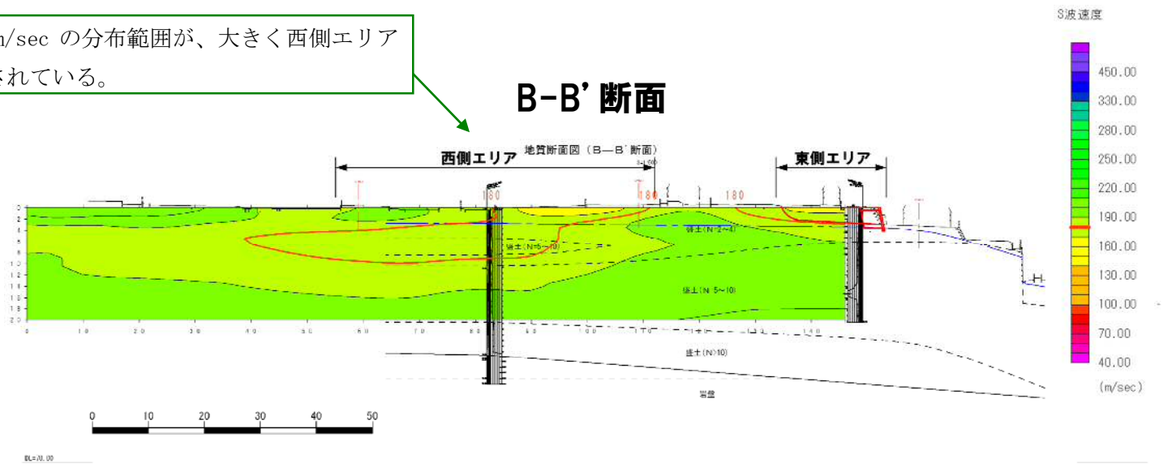
◆速度区分断面図

せん断波速度 Vs=180m/sec の分布範囲が、大きく西側エリアと東側エリアに区分されている。

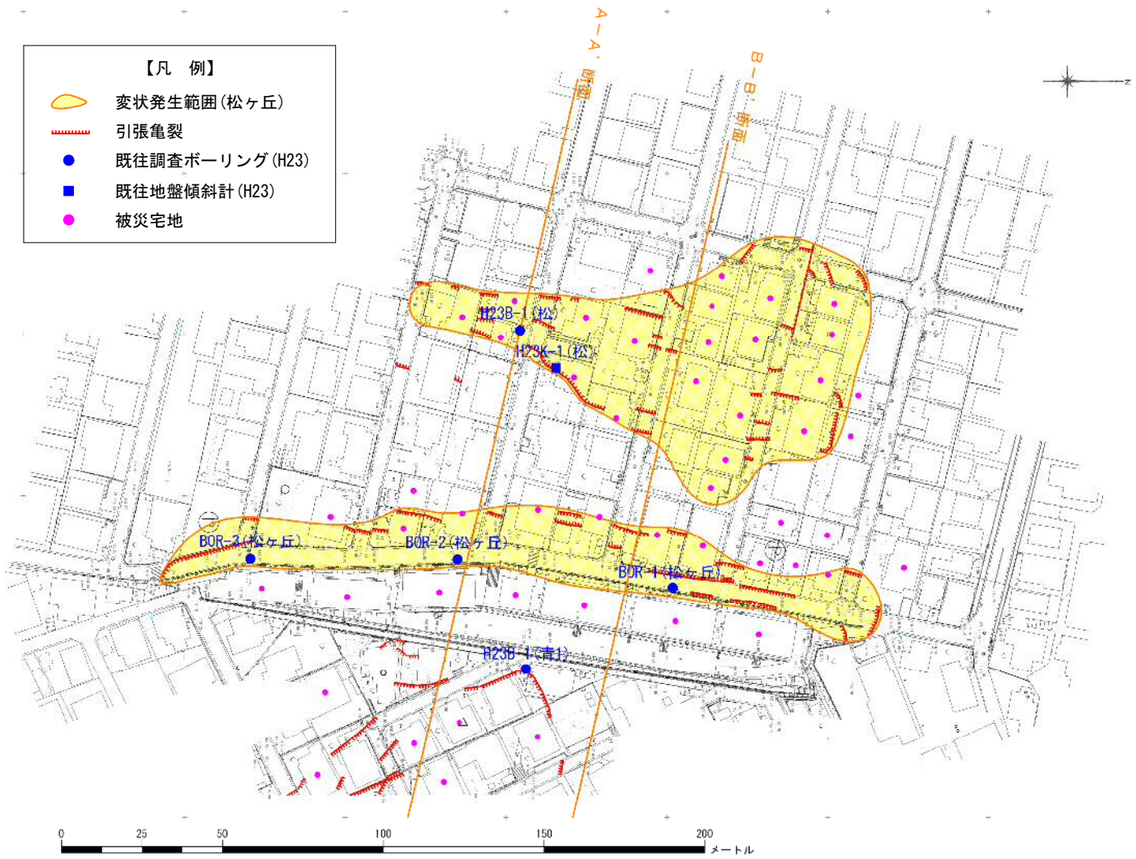
A-A' 断面



B-B' 断面

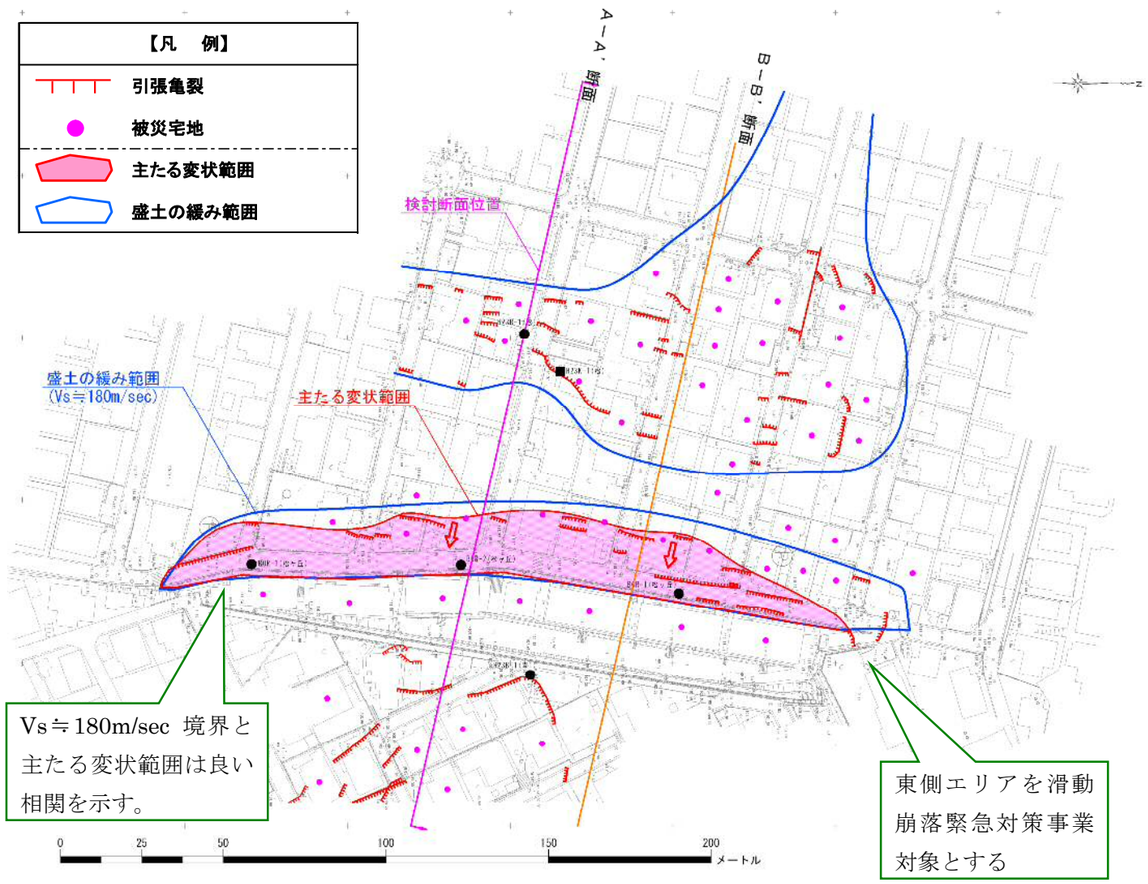


◆平成 23 年度　検討平面図



【地表面変状分布図】

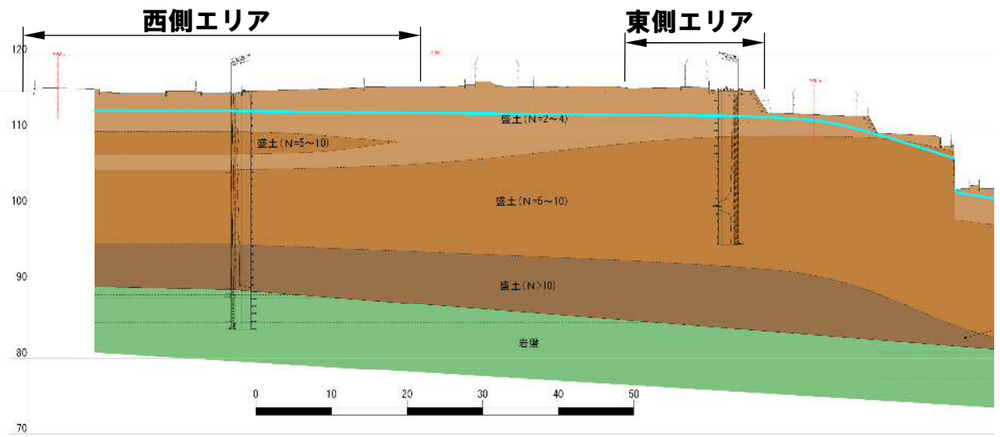
◆平成 24 年度　検討平面図



Vs≒180m/sec 境界と主たる変状範囲は良い相関を示す。

東側エリアを滑動崩落緊急対策事業対象とする

◆平成 23 年度　検討断面図（A-A’断面）



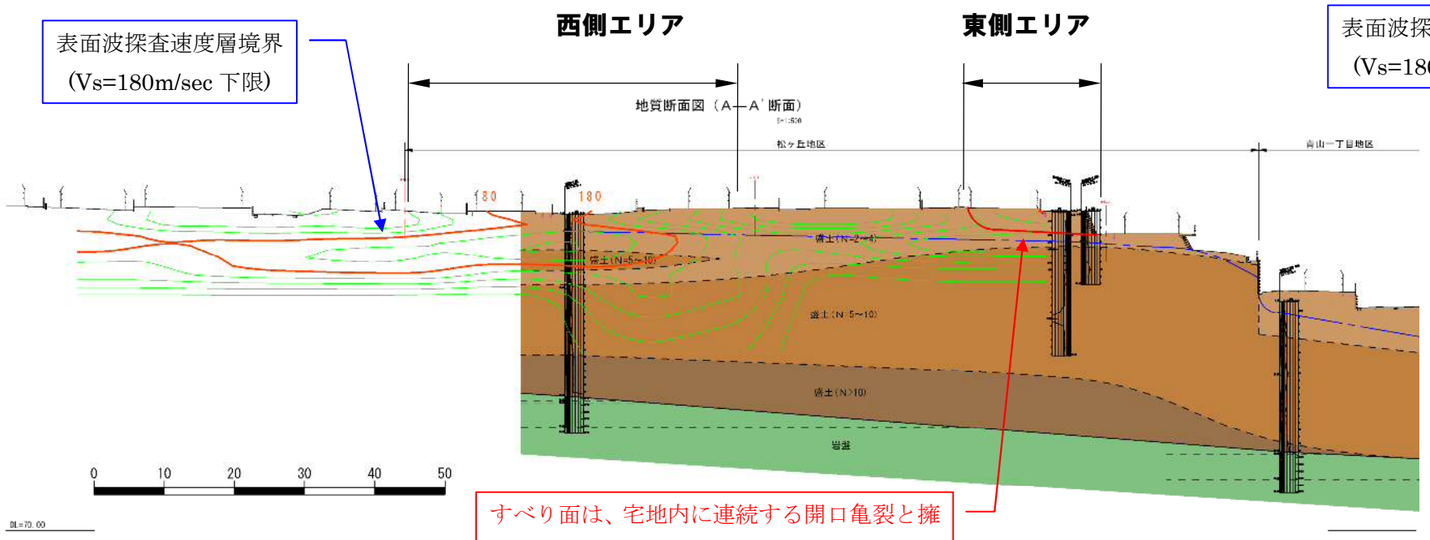
※盛土層はＮ値をプロフィールとして３層に区分

【Ａ-Ａ’断面地質断面図】

平成 23 年度時点では、西側エリアと東側エリアに区分して、対策方針を考察するまでの検討がなされた。

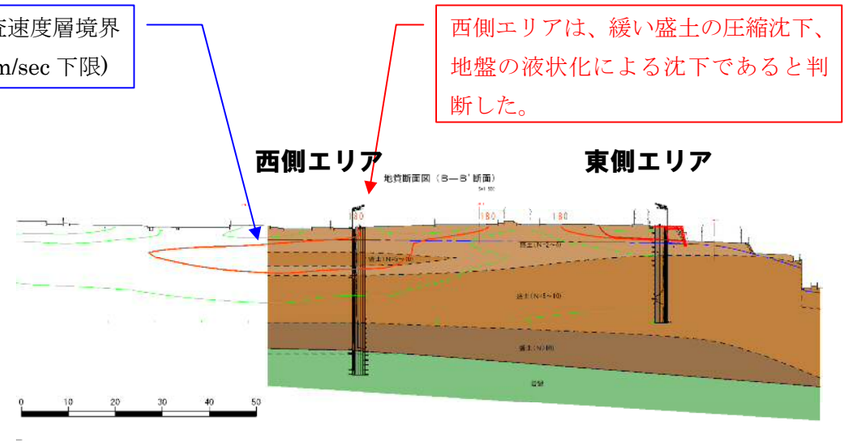
◆平成 24 年度　検討断面図（H23 断面図への追加調査結果の反映）

A-A’断面



すべり面は、宅地内に連続する開口亀裂と擁壁の孕み出し等の変状状況、表面波探査速度層境界（180m/sec）を勘案し、設定した。

B-B’断面



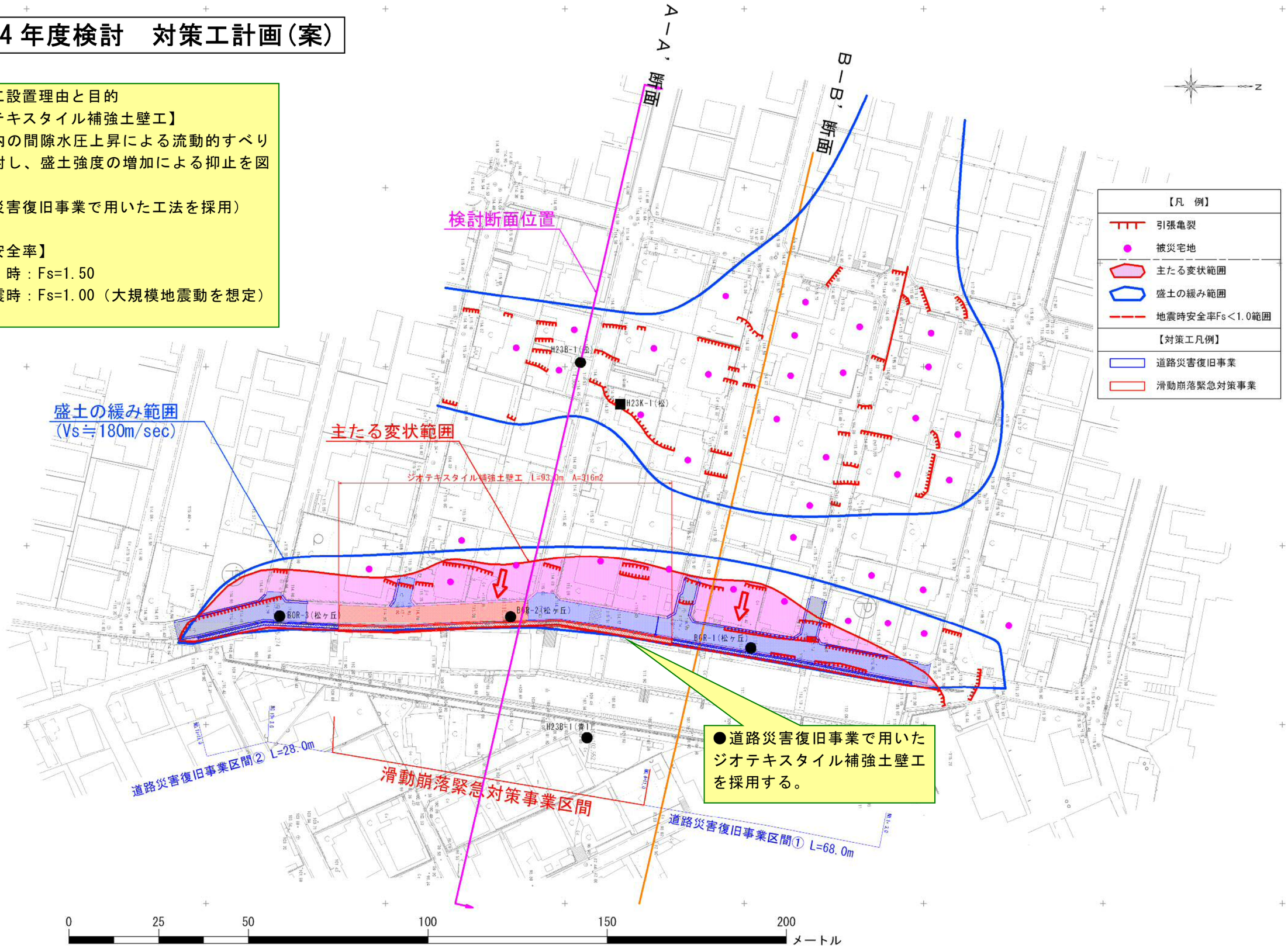
西側エリアは、緩い盛土の圧縮沈下、地盤の液状化による沈下であると判断した。

参 考 資 料

平成 24 年度検討　対策工計画(案)

■対策工設置理由と目的
【ジオテキスタイル補強土壁工】
　盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊に対し、盛土強度の増加による抑止を図る。
（道路災害復旧事業で用いた工法を採用）

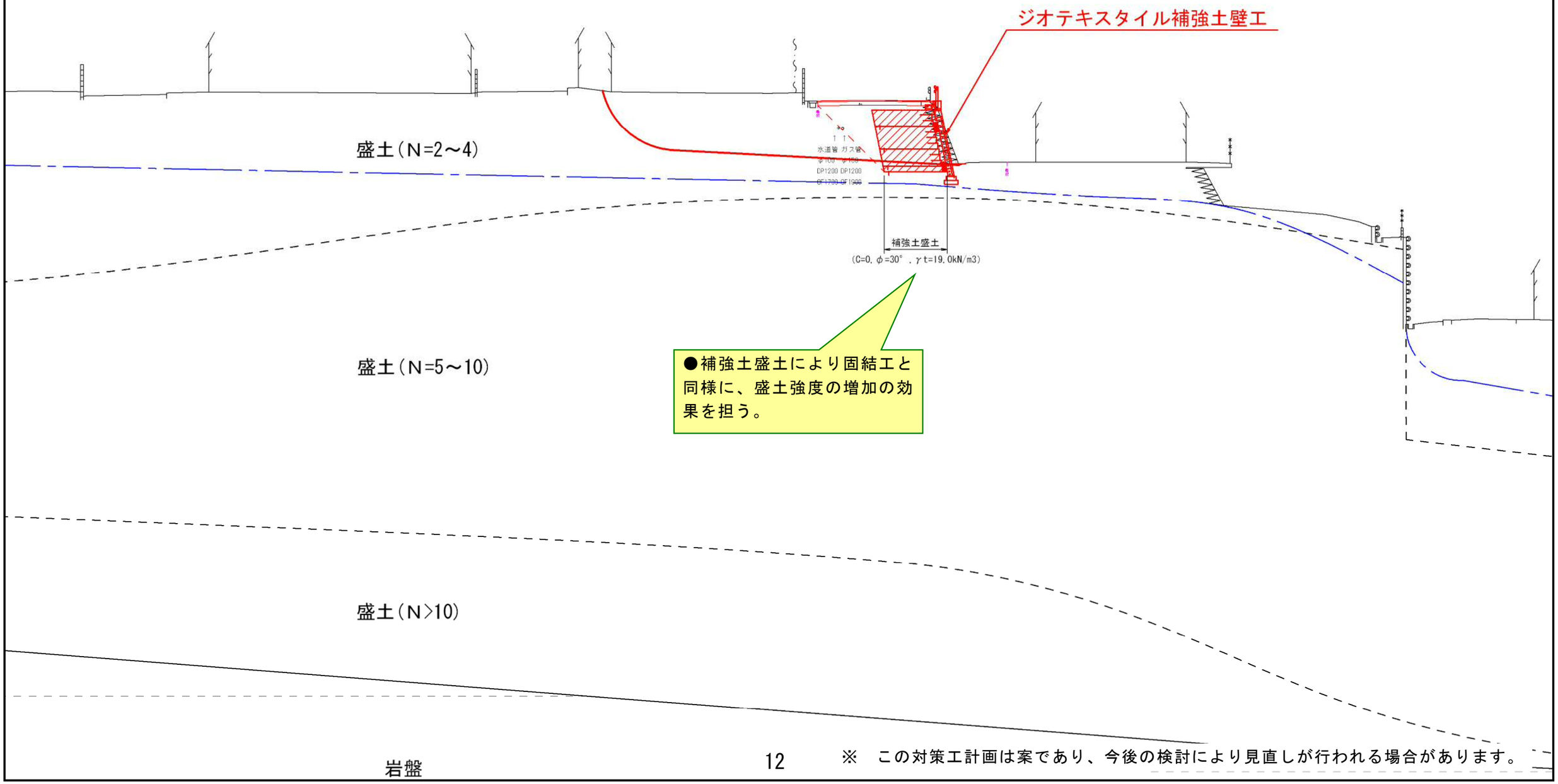
【計画安全率】
　常　時：Fs=1.50
　地震時：Fs=1.00（大規模地震動を想定）



※　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。

A—A’断面

S=1:200



※　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。