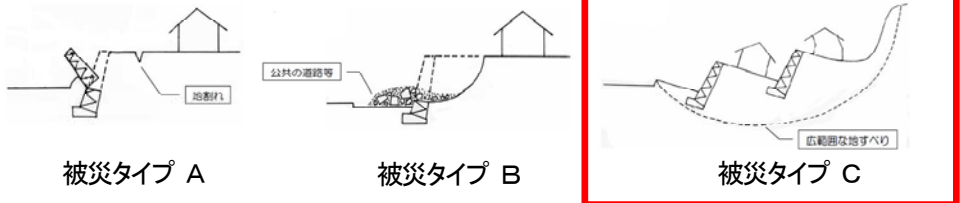
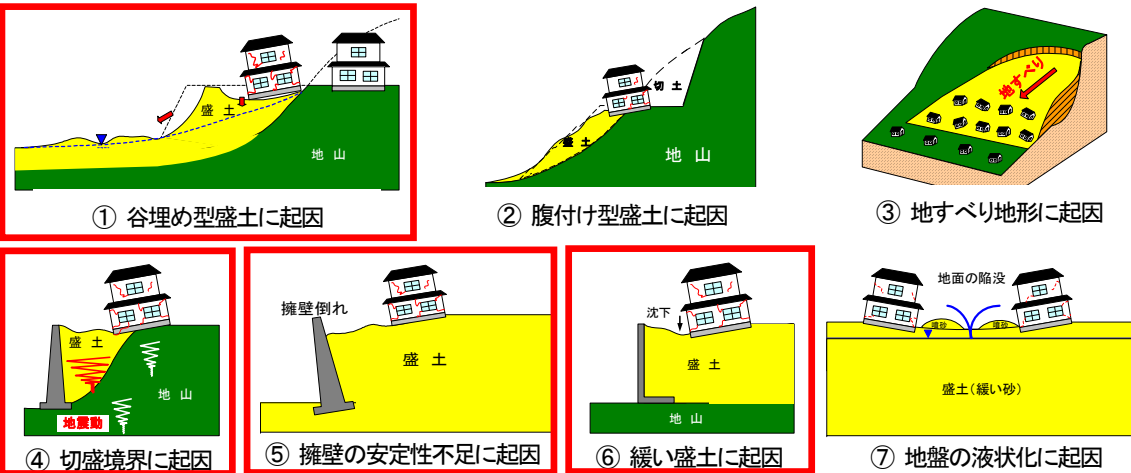


「中山五丁目地区」

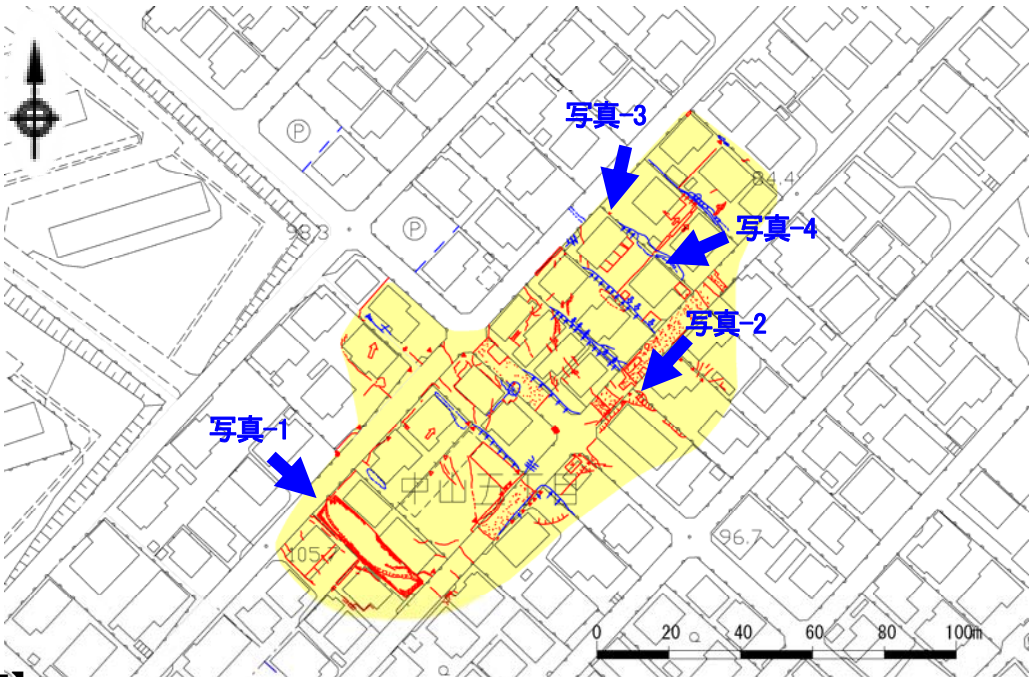
1. 概要書

区 名	青葉区	地区名	中山五丁目	主な街区	7、8、9、10、11、12 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 13,000m ²	宅地数	31 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

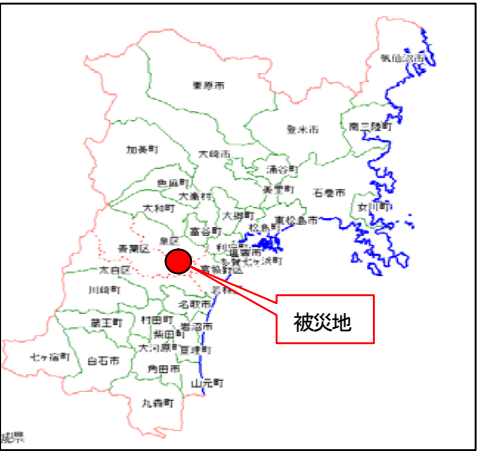


写真-3



写真-4

【位置図】



Yahoo!地図より引用・加筆

2. 追加調査事項

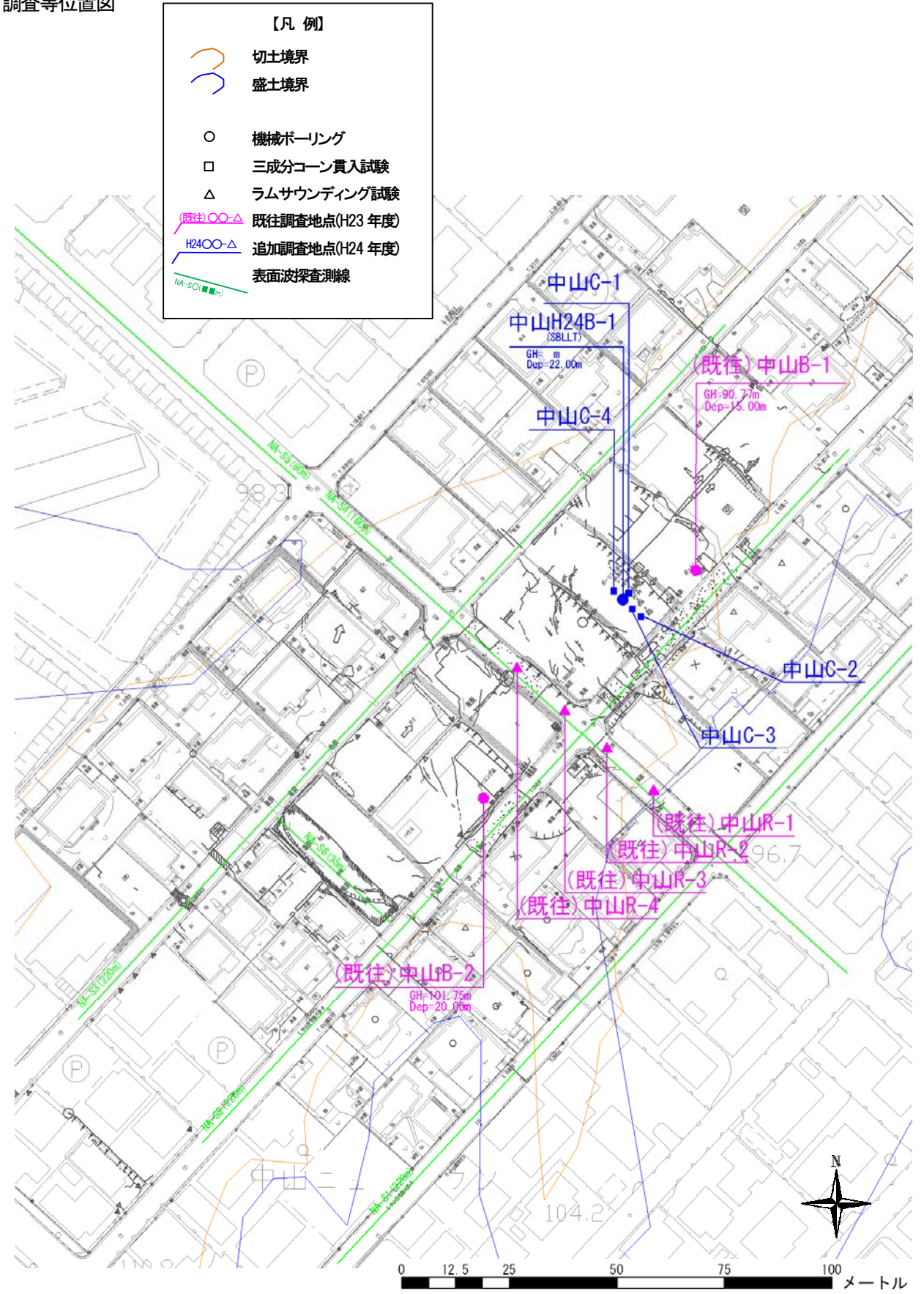
追加調査項目一覧

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	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 (SB-LLT)		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、せん断強度及び変形係数等を推定する。
三成分コーン 貫入試験	C-1～C-4	主たる変状範囲の中央部において、コーンの静的圧入による先端抵抗と間隙水圧を調査し、深度方向の連続的な地質構成及び土質のせん断強度を推定する。
表面波探査 (H23 年度調査) (H24 年度解析)	NA-S1～NA-S6	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	H24B-1	室内土質試験(物理試験一式、三軸圧縮試験、繰り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。



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)
三成分コーン貫入試験	表面波探査

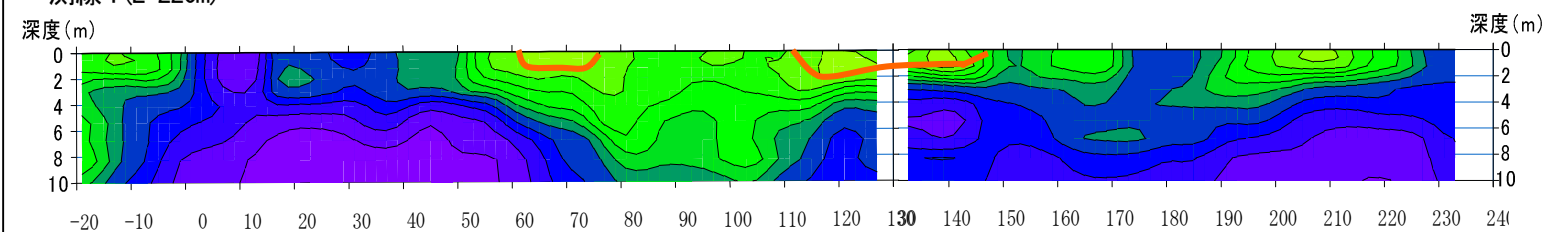
調査等位置図



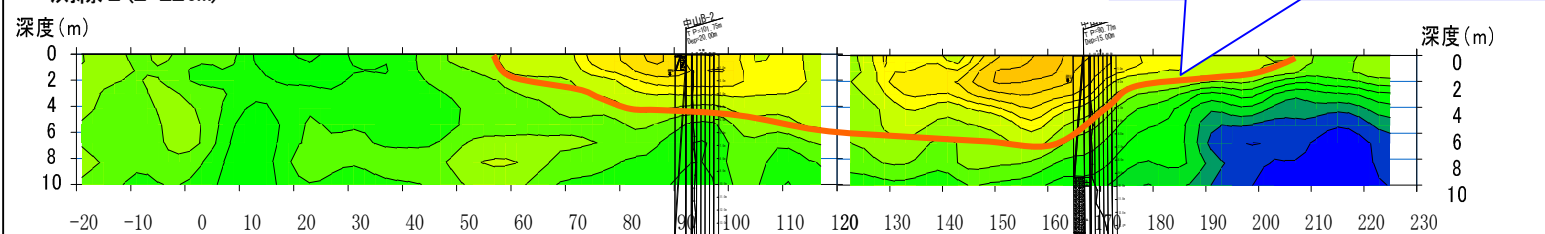
3. 変状メカニズム

平成 23 年度 検討内容	平成 24 年度 検討内容																																	
<p>【宅地被災の状況】</p> <p>本地区では、地表面に段差を伴う沈下や亀裂のほか、擁壁の崩壊、市道の変形、地盤の隆起や沈下による家屋の倒壊といった被害が確認された。変状範囲は、長さ約 170m・幅約 50mである。</p> <p>【造成履歴および盛土分類】</p> <p>本地区は、昭和 40～45 年に造成された場所であり、大部分が丘陵地の高い所を切土(切り崩して土砂を取り除く)して谷部を埋め立てた谷埋め型盛土に分類される。</p> <p>【盛土および地下水の状況】</p> <p>盛土材料は、概ね細粒分質砂に分類され、盛土の層厚は 9～15mが確認された。地盤の相対的な締まり程度を示すN値は、宅盤では概ねN＝0～4 が得られ「非常に緩い」脆弱な地盤と判断される。</p> <p>地下水位は、地表面下 1～3m 付近で確認され、比較的高い位置に分布している。</p> <p>【変状メカニズム】</p> <p>変状域の頭部には馬蹄形の沈下を伴う亀裂がある他、端部では家屋が地盤の隆起により倒壊している。変状範囲の中央部の市道では道路が一体となり、斜面下方側に 1～1. 5m 移動している。盛土内部の強度境界が約 10° 程度の流れ盤構造を呈す。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、被害状況から盛土内すべりが発生したものと推察される。</p> <p>今回の地震動は震度 6 弱と大きく、継続時間が長かったため、盛土内部の強度境界にすべり面が形成され変状が現れたと考えられる。</p> <div><table><tr><td>素因</td><td>・地下水位は高く、地表から 1～3m の位置に分布する。 ・盛土内部の強度境界が約 10° の流れ盤構造。 ・深度 3～5m 程度までがN値 0～4 程度と脆弱</td></tr><tr><td>誘因</td><td>・最大震度 6 弱（仙台市青葉区（2011 年 3 月 11 日発生）の地震 ・継続時間の長い地震動</td></tr></table><div></div><table><tr><td>変状発生</td><td>・長く続いた強い地震動により盛土が谷側へブロック移動し、ブロック端部の家屋は地盤の隆起により倒壊した。また、側部のブロック積み擁壁は斜面下方へ押出すようにせん断変形・崩壊した。 ・市道が斜面下方へ移動した。 ・個々の擁壁が倒壊した。</td></tr></table><div><table><tr><th colspan="3">N 値と砂の相対密度の関係 (Terzaghi and Peck¹⁾⁾</th></tr><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 ポ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><p>社) 地盤工学、2004. 6、地盤調査の方法と解説 p263 および p267 より引用</p></div></div>	素因	・地下水位は高く、地表から 1～3m の位置に分布する。 ・盛土内部の強度境界が約 10° の流れ盤構造。 ・深度 3～5m 程度までがN値 0～4 程度と脆弱	誘因	・最大震度 6 弱（仙台市青葉区（2011 年 3 月 11 日発生）の地震 ・継続時間の長い地震動	変状発生	・長く続いた強い地震動により盛土が谷側へブロック移動し、ブロック端部の家屋は地盤の隆起により倒壊した。また、側部のブロック積み擁壁は斜面下方へ押出すようにせん断変形・崩壊した。 ・市道が斜面下方へ移動した。 ・個々の擁壁が倒壊した。	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, 掘削につらはし必要, 打込み時金属音	<p>【宅地被災の状況】</p> <p>本地区では、地表面に段差を伴う沈下や亀裂のほか、擁壁の崩壊、市道の変形、地盤の隆起や沈下による家屋の倒壊といった被害が確認された。変状範囲は、長さ約 170m・幅約 50mである。変状範囲内は、表層の変動量がひな壇ごとに異なっており、変状の多くはひな壇のすべり・変形に起因するものと考えられる。</p> <p>【造成履歴および盛土分類】</p> <p>本地区は、昭和 40～45 年に造成された場所であり、大部分が丘陵地の高い所を切土(切り崩して土砂を取り除く)して谷部を埋め立てた谷埋め型盛土に分類される。</p> <p>【盛土および地下水の状況】</p> <p>盛土材料は、概ね細粒分質砂に分類され、盛土の層厚は 9～15mが確認された。地盤の相対的な締まり程度を示すN値は、宅盤では概ねN＝0～4 が得られ「非常に緩い」脆弱な地盤と判断される。盛土層のせん断波速度は、Vs=100～300m/sec 程度を示し、概ね 180m/sec の速度境界面が、地表面変形および被災宅地分布と一致する。</p> <p>地下水位は、地表面下 1～3m 付近で確認され、比較的高い位置に分布している。</p> <p>【変状メカニズム】</p> <p>変状域の頭部には馬蹄形の沈下を伴う亀裂がある他、端部では家屋が地盤の隆起により倒壊している。変状範囲の中央部の市道では道路が一体となり、斜面下方側に 1～1. 5m 移動している。盛土内部の強度境界が約 10° 程度の流れ盤構造を呈す。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、被害状況から盛土内すべり「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」が発生したものと推察される。</p> <p>変状の誘因は、今回の地震動は震度 6 弱と大きく、継続時間が長かったため、盛土内部の強度境界にすべり面が形成され変状が現れたと考えられる。ことが挙げられる。</p> <div><table><tr><td>素因</td><td>・地下水位は高く、地表から 1～3m の位置に分布する。 ・盛土内部の強度境界が約 10° の流れ盤構造。 ・深度 3～5m 程度までがN値 0～4 程度と脆弱</td></tr><tr><td>誘因</td><td>・最大震度 6 弱（仙台市青葉区（2011 年 3 月 11 日発生）の地震 ・継続時間の長い地震動</td></tr></table><div></div><table><tr><td>変状発生</td><td>・長く続いた強い地震動により盛土が谷側へブロック移動し、ブロック端部の家屋は地盤の隆起により倒壊した。また、側部のブロック積み擁壁は斜面下方へ押出すようにせん断変形・崩壊した。 ・市道が斜面下方へ移動した。 ・個々の擁壁が倒壊した。 ・被害の形態は、盛土内の速度境界を不連続面とする変形及び盛土表層部（ひな壇部）の変形と考えられる。</td></tr></table></div> <div><div><p>◆地震により非常に緩い(柔らかい)盛土地盤内で形成されたすべり面により、土塊とともに移動したために変形が生じ、地表面に変状が発生した。</p><p>◆盛土地盤が特に地表面付近の地盤は非常に緩い(柔らかい)ため地震動を増幅させることとなり、剛性が低下し、地表面で大きな変状：盛土表層部（ひな壇部）の変形となって表れた。</p></div><div><div><p>道路の側方変形の状況 グレーチングが谷側に押出されている。</p></div><div><p>ブロック積み擁壁の沈下状況 30cm程度の沈下が見られる。</p></div></div></div>	素因	・地下水位は高く、地表から 1～3m の位置に分布する。 ・盛土内部の強度境界が約 10° の流れ盤構造。 ・深度 3～5m 程度までがN値 0～4 程度と脆弱	誘因	・最大震度 6 弱（仙台市青葉区（2011 年 3 月 11 日発生）の地震 ・継続時間の長い地震動	変状発生	・長く続いた強い地震動により盛土が谷側へブロック移動し、ブロック端部の家屋は地盤の隆起により倒壊した。また、側部のブロック積み擁壁は斜面下方へ押出すようにせん断変形・崩壊した。 ・市道が斜面下方へ移動した。 ・個々の擁壁が倒壊した。 ・被害の形態は、盛土内の速度境界を不連続面とする変形及び盛土表層部（ひな壇部）の変形と考えられる。
素因	・地下水位は高く、地表から 1～3m の位置に分布する。 ・盛土内部の強度境界が約 10° の流れ盤構造。 ・深度 3～5m 程度までがN値 0～4 程度と脆弱																																	
誘因	・最大震度 6 弱（仙台市青葉区（2011 年 3 月 11 日発生）の地震 ・継続時間の長い地震動																																	
変状発生	・長く続いた強い地震動により盛土が谷側へブロック移動し、ブロック端部の家屋は地盤の隆起により倒壊した。また、側部のブロック積み擁壁は斜面下方へ押出すようにせん断変形・崩壊した。 ・市道が斜面下方へ移動した。 ・個々の擁壁が倒壊した。																																	
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, 掘削につらはし必要, 打込み時金属音																																
素因	・地下水位は高く、地表から 1～3m の位置に分布する。 ・盛土内部の強度境界が約 10° の流れ盤構造。 ・深度 3～5m 程度までがN値 0～4 程度と脆弱																																	
誘因	・最大震度 6 弱（仙台市青葉区（2011 年 3 月 11 日発生）の地震 ・継続時間の長い地震動																																	
変状発生	・長く続いた強い地震動により盛土が谷側へブロック移動し、ブロック端部の家屋は地盤の隆起により倒壊した。また、側部のブロック積み擁壁は斜面下方へ押出すようにせん断変形・崩壊した。 ・市道が斜面下方へ移動した。 ・個々の擁壁が倒壊した。 ・被害の形態は、盛土内の速度境界を不連続面とする変形及び盛土表層部（ひな壇部）の変形と考えられる。																																	

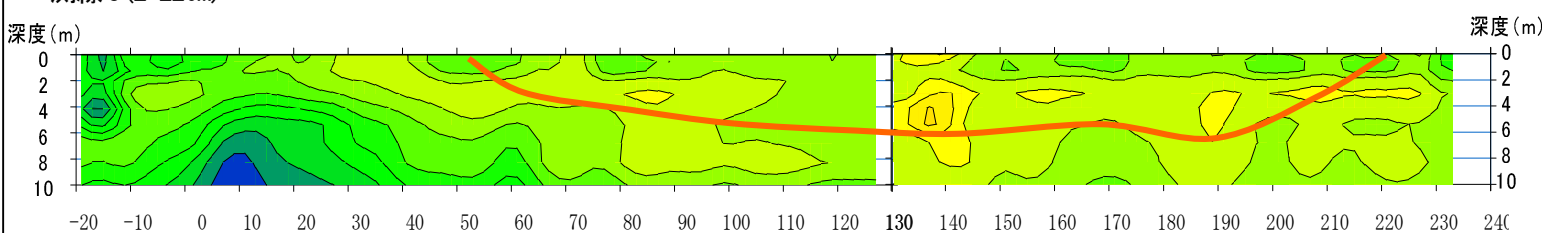
測線 1 (L=220m)



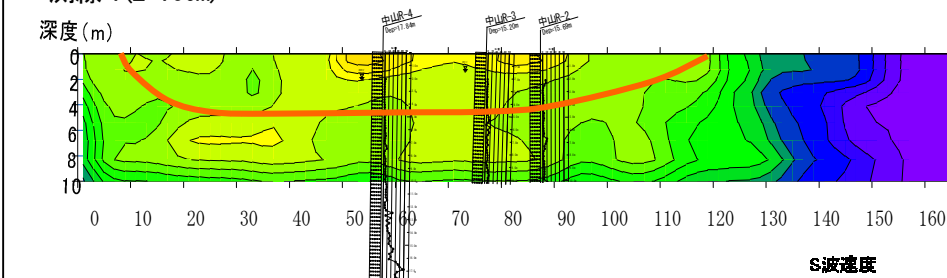
測線 2 (L=220m)



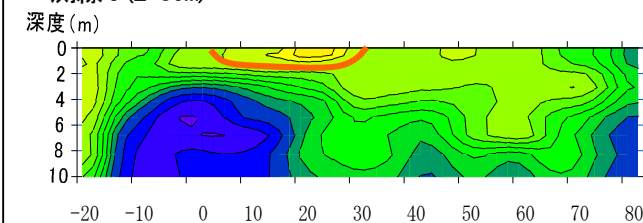
測線 3 (L=220m)



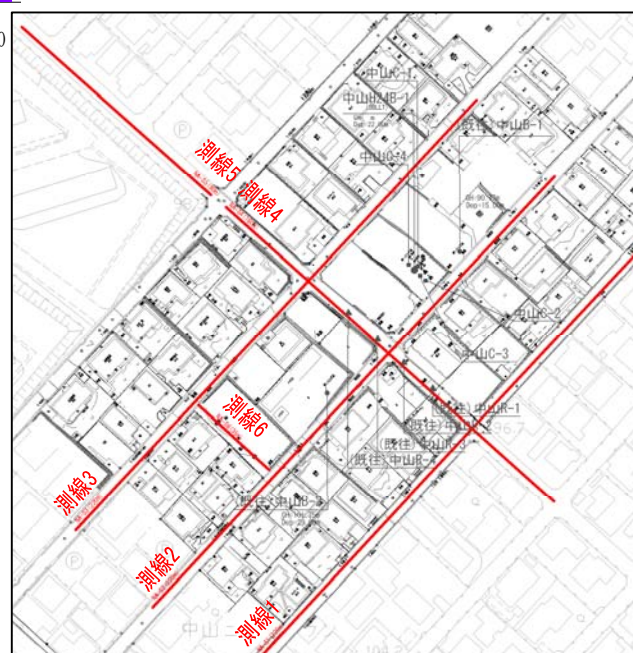
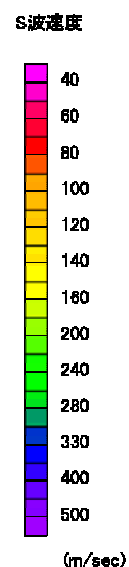
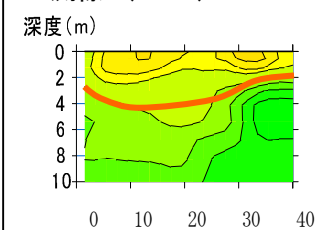
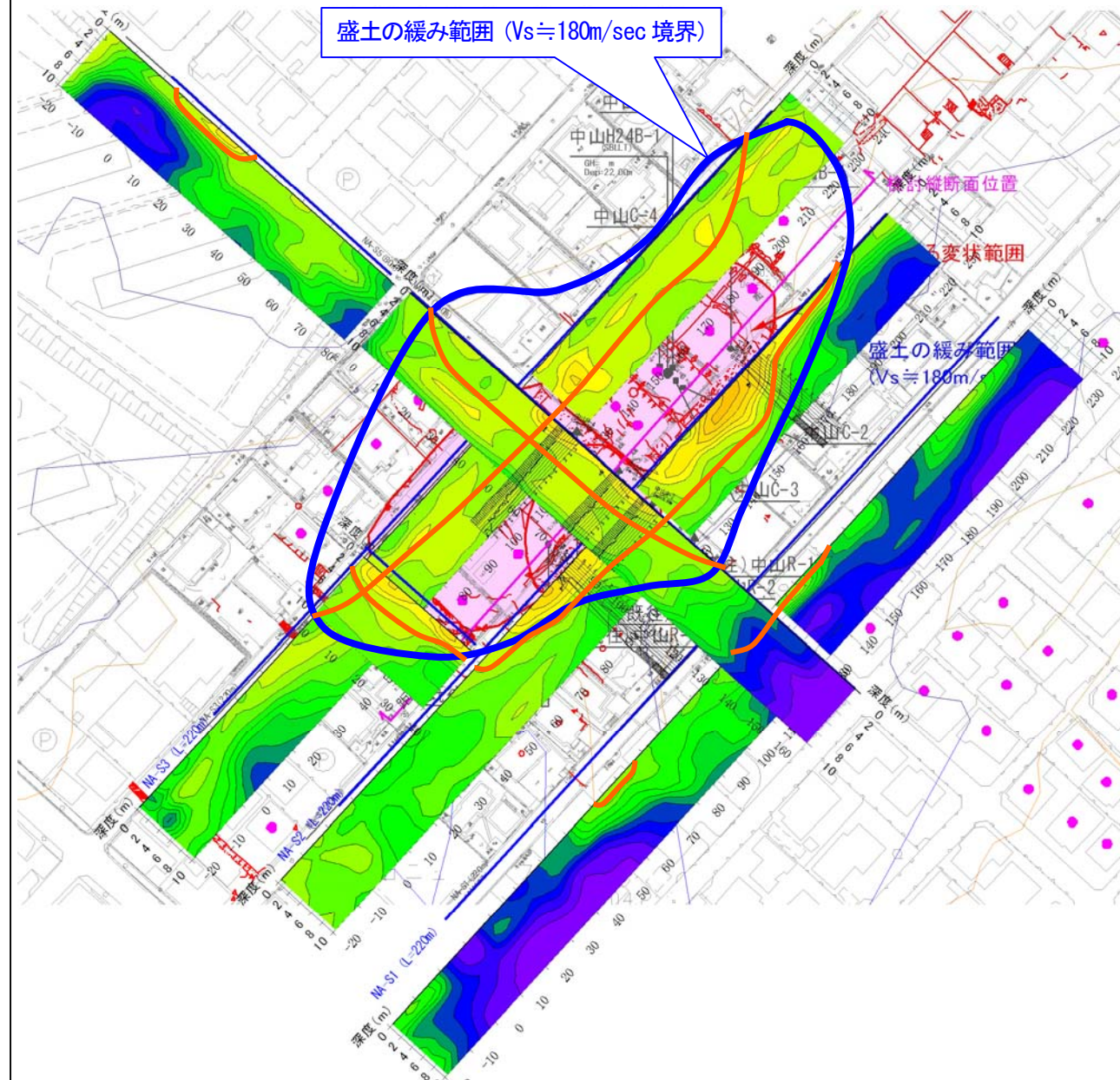
測線 4 (L=160m)



測線 5 (L=80m)

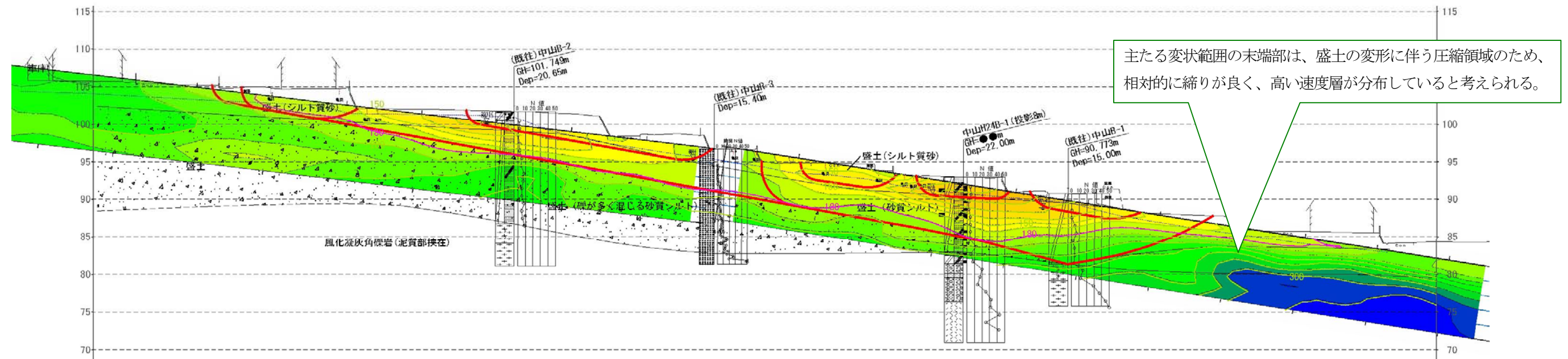


測線 6 (L=40m)

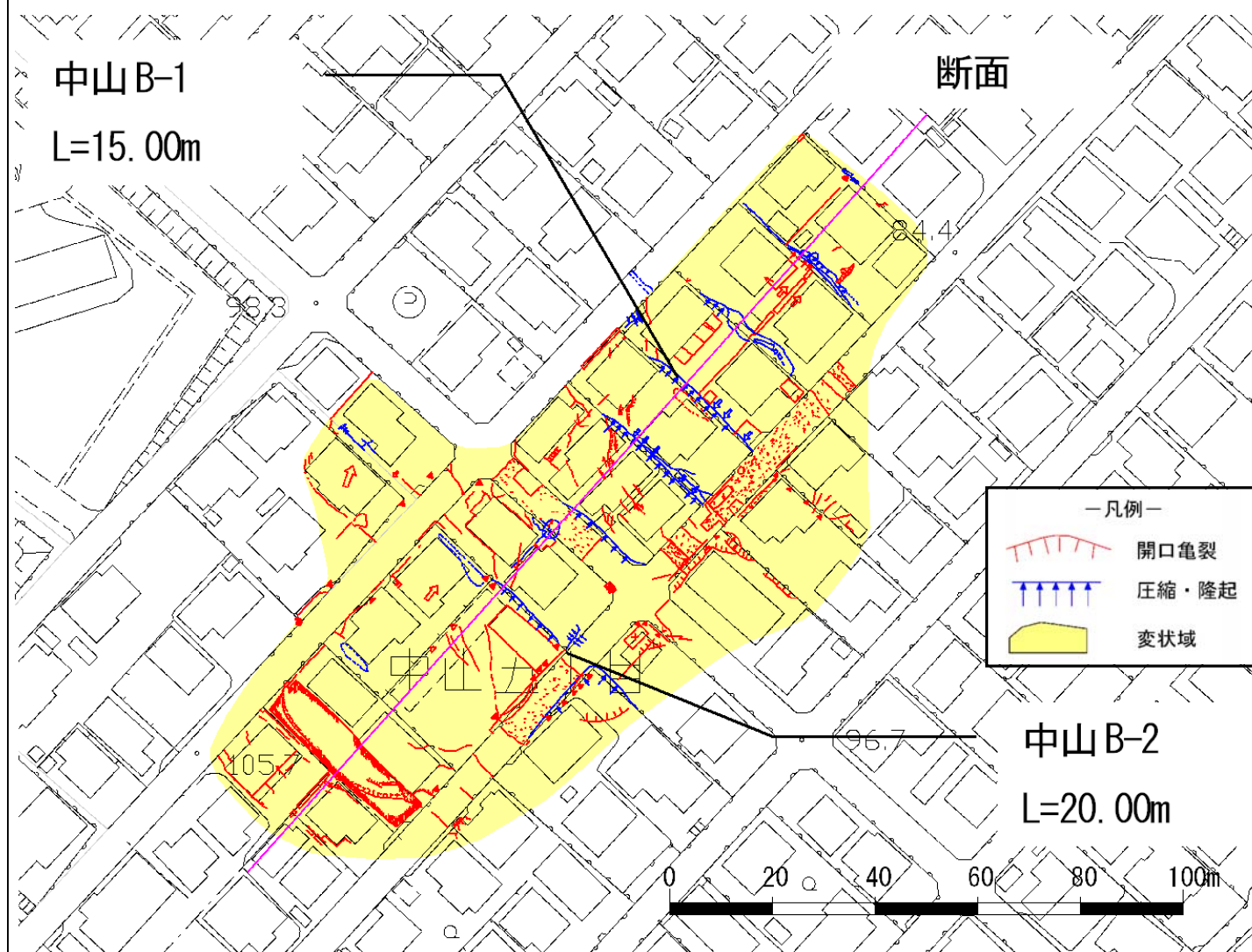
盛土の緩み範囲 ($V_s \leq 180\text{m/sec}$ 境界)

- ・せん断波速度 $V_s=180\text{m/sec}$ 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 7m である。

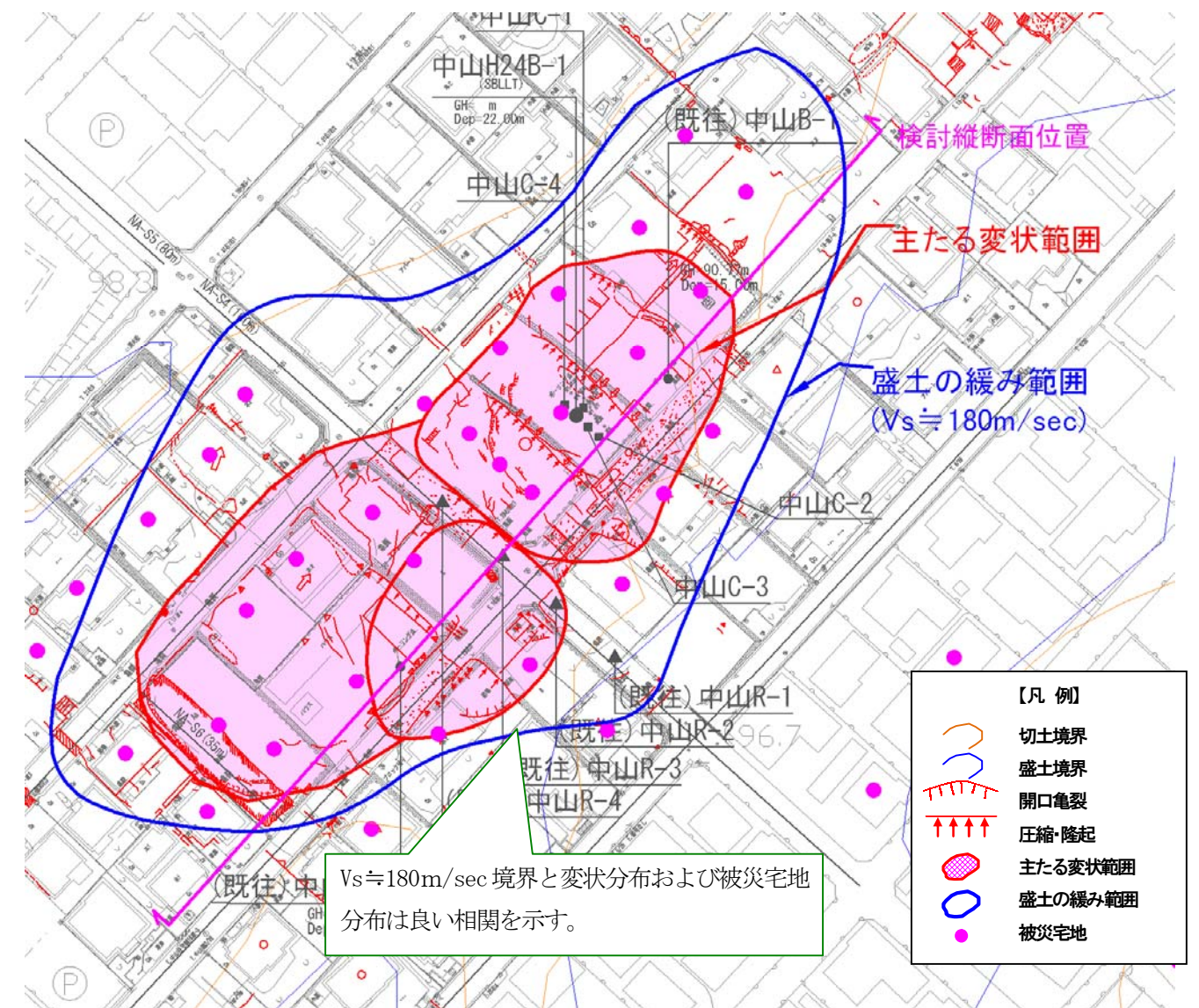
◆速度区分断面図



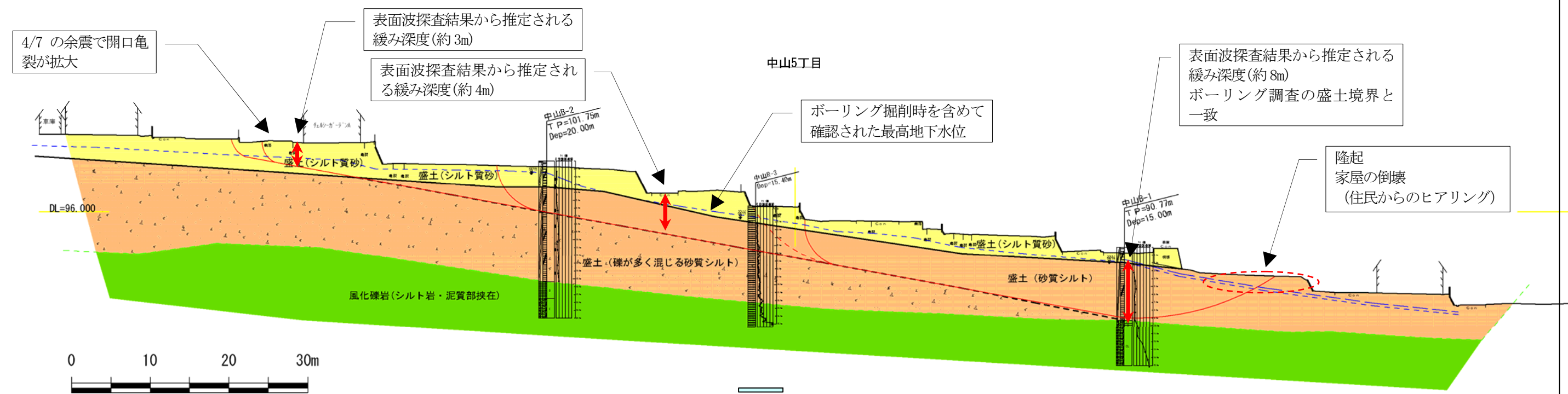
◆平成23年度 検討平面図



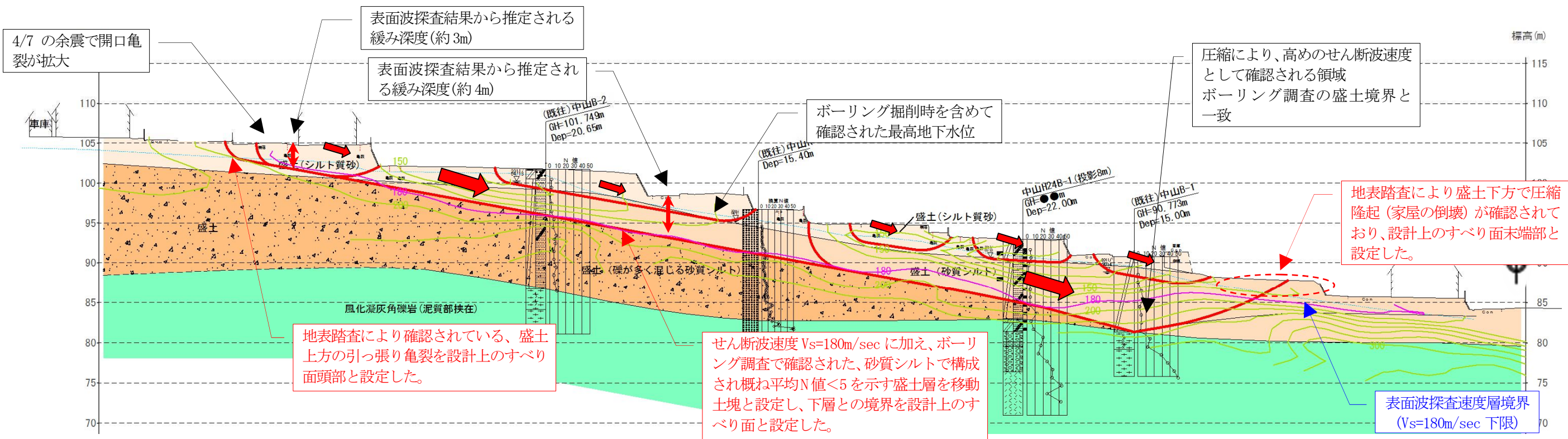
◆平成24年度 検討平面図



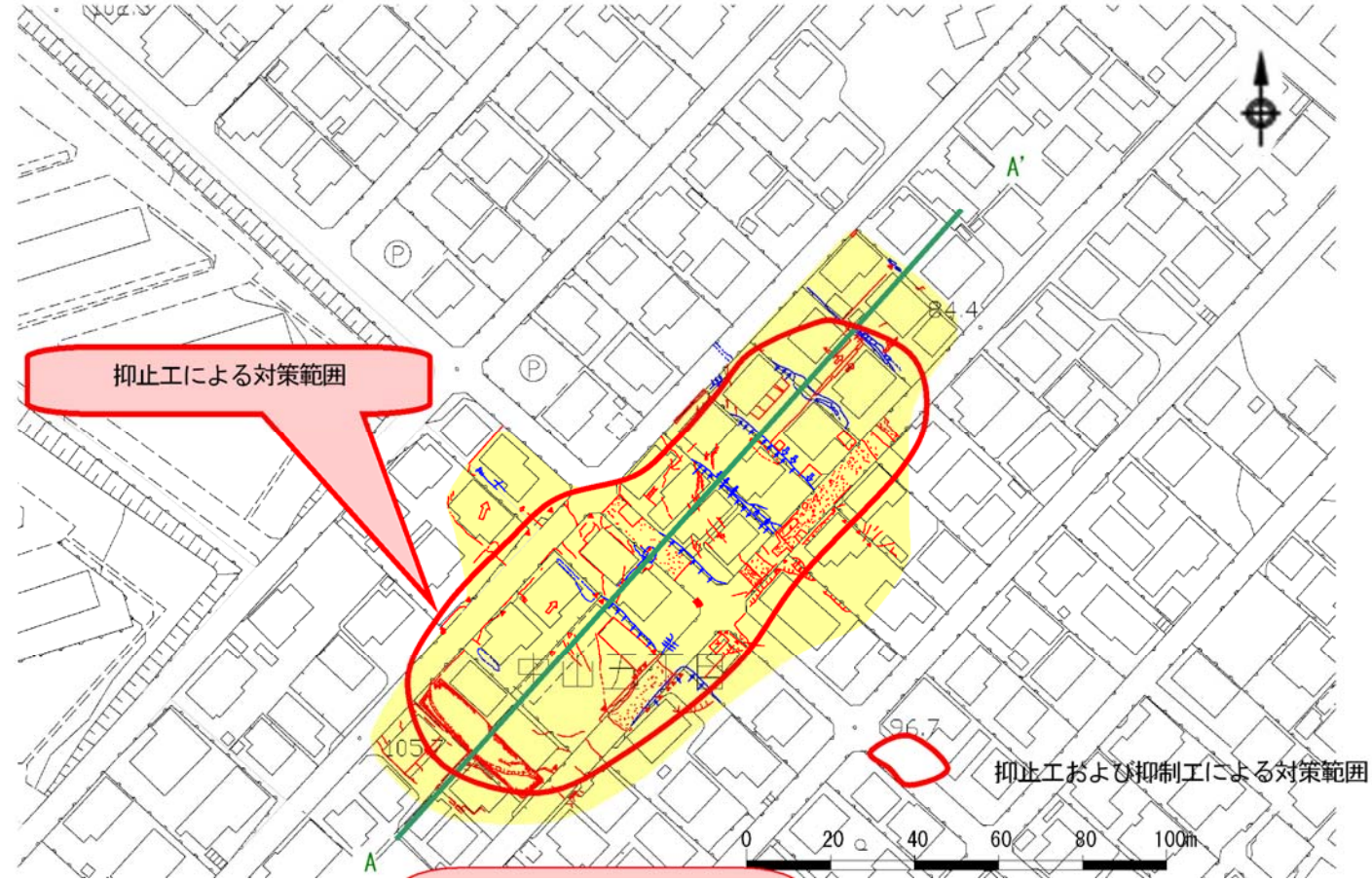
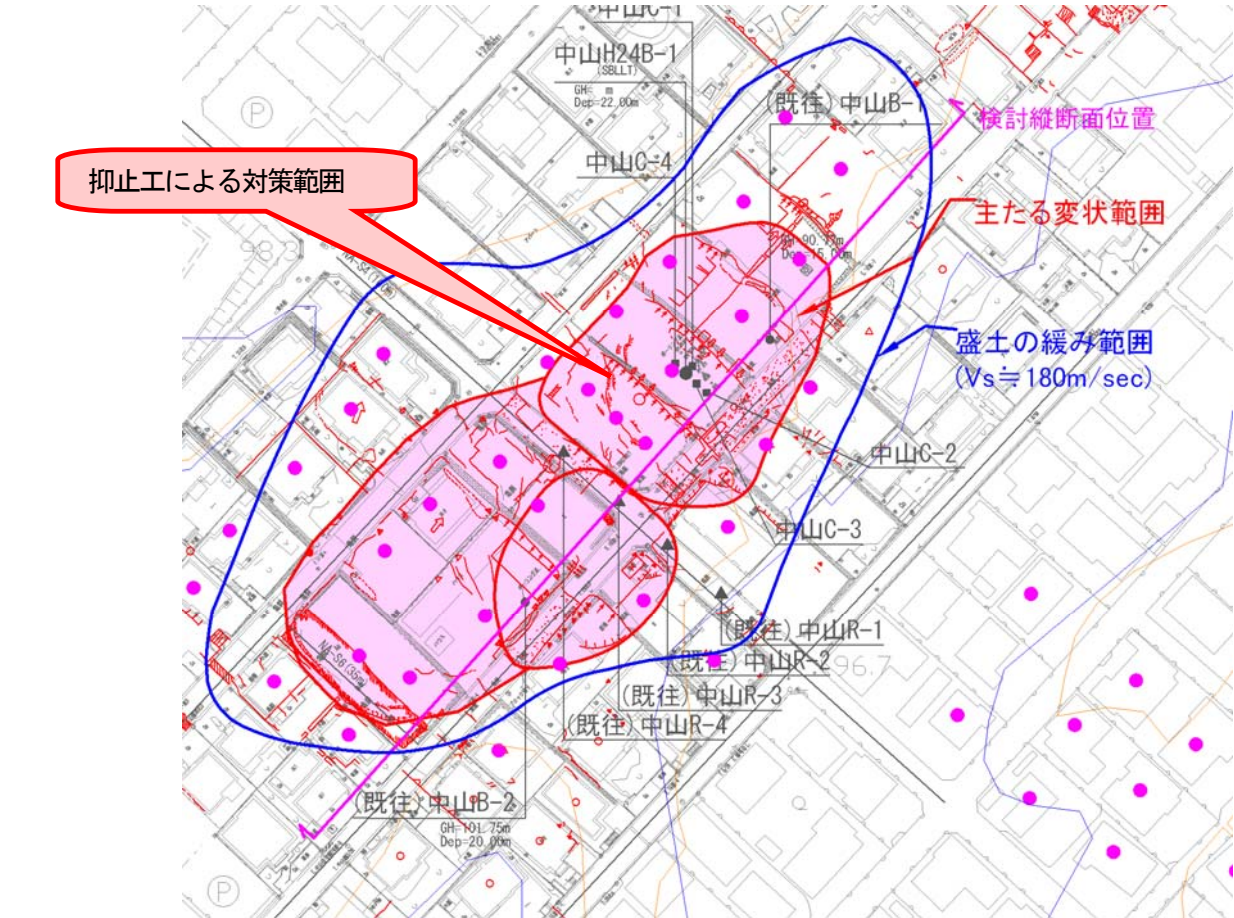
◆平成 23 年度 検討断面図



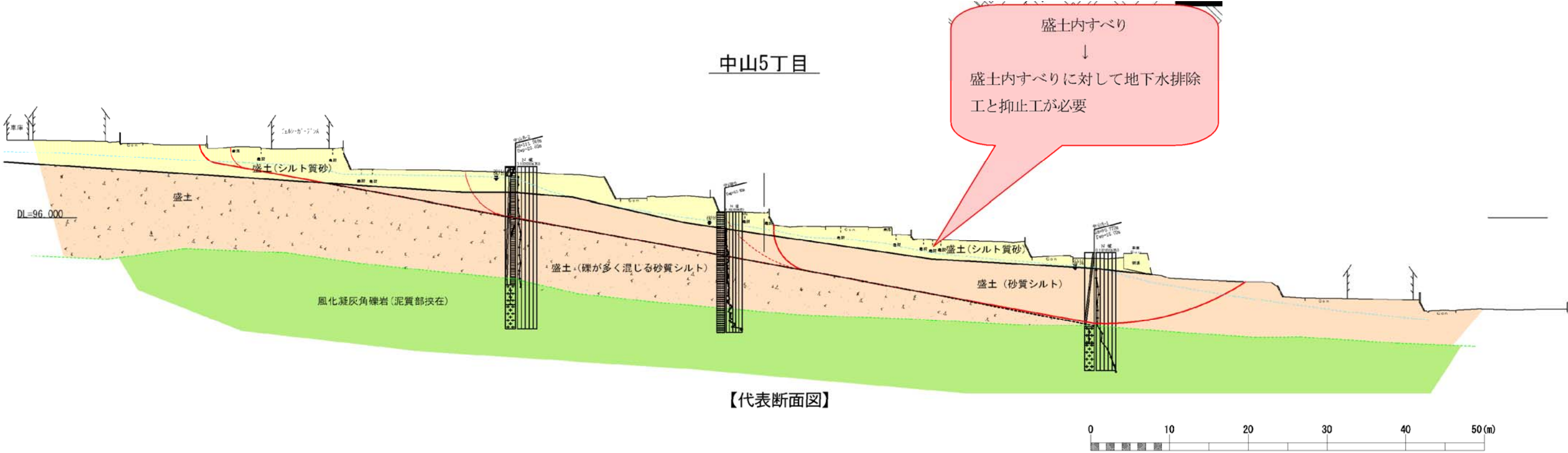
◆平成 24 年度 検討断面図



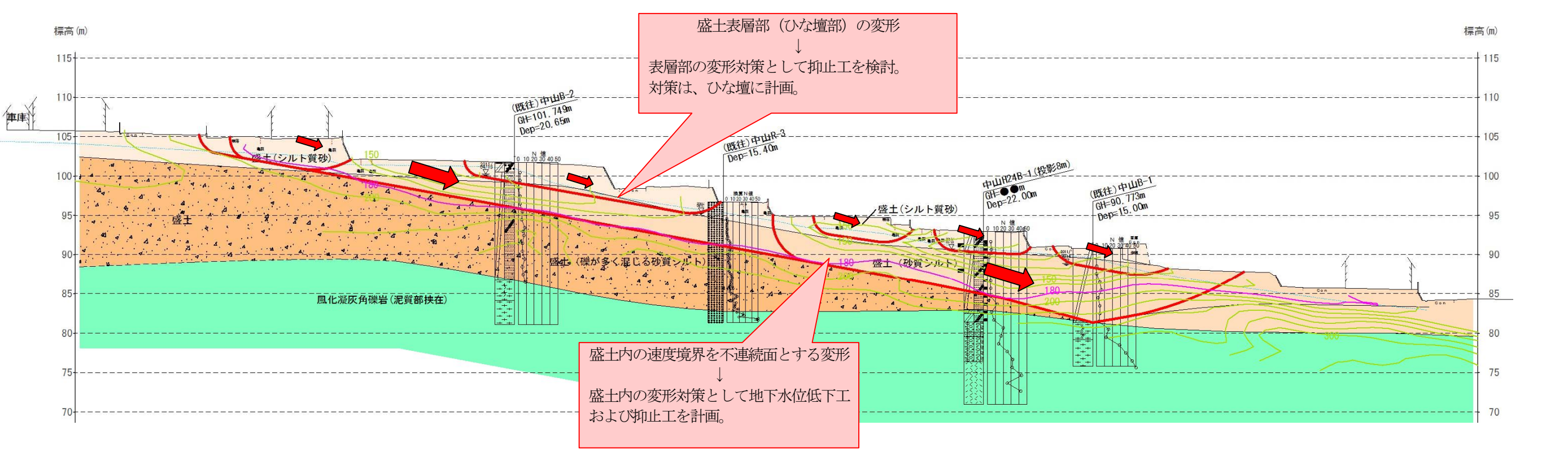
4. 対策方針

平成 23 年度検討内容	平成 24 年度検討内容
<p>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。</p> <p>本地区の対策工は、盛土内の地下水位が地表より 1～3mと高いことから、盛土内すべりの抑制対策として地下水排除工を行うとともに、すべり抑止効果の高い抑止工が必要である。</p> <p>【説明】</p> <p>盛土内すべりが発生した当該地区については、盛土内の地下水位が高いことから、盛土内すべりが発生した原因のひとつとして地下水位があげられる。したがって、盛土内すべりの対策工のひとつとして地下水排除工を選定する。</p> <p>当該地は、地形形状が緩く地下水排除工を行う条件としては厳しいことから、適切に地下水排除ができる対策工を選定する必要がある。</p> <p>抑止工は、地下水排除工だけでは不足する抑止力に対して計画する。</p> <p>抑止工としては、地形形状が緩いことや、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。</p>	<p>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。</p> <p>本地区の対策工は、盛土内の地下水位が地表より 1～3mと高いことから、盛土内すべりの抑制対策として地下水排除工を行なうとともに、「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」のそれぞれについてすべり抑止効果の高い抑止工が必要である。</p> <p>【説明】</p> <p>盛土内すべりが発生した当該地区については、盛土内の地下水位が高いことから、盛土内すべりが発生した原因のひとつとして地下水位があげられる。したがって、盛土内すべりの対策工のひとつとして地下水排除工を選定する。</p> <p>ただし地下水位低下を各宅地内に設置することは困難であり、採用に当たっては公共用地（道路）の埋設管等の支障物状況を考慮することが必要である。当該地は、地形形状が緩く地下水排除工を行う条件としては厳しいことから、適切に地下水排除ができる対策工を選定する必要がある。</p> <p>抑止工は、地下水排除工だけでは不足する抑止力に対して計画する。</p> <p>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> <ul style="list-style-type: none">◆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◆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>また抑止工としては、地形形状が緩いことや、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。</p>
	

◆平成 23 年度検討断面



◆平成 24 年度検討断面



参 考 資 料

(1) 平成 23 年度検討 対策工計画

A 案（暗渠工＋H 鋼杭）

■対策工の設置理由と目的

【H 鋼杭】

盛土内すべりを多段の杭工で抑止する抑止工である。

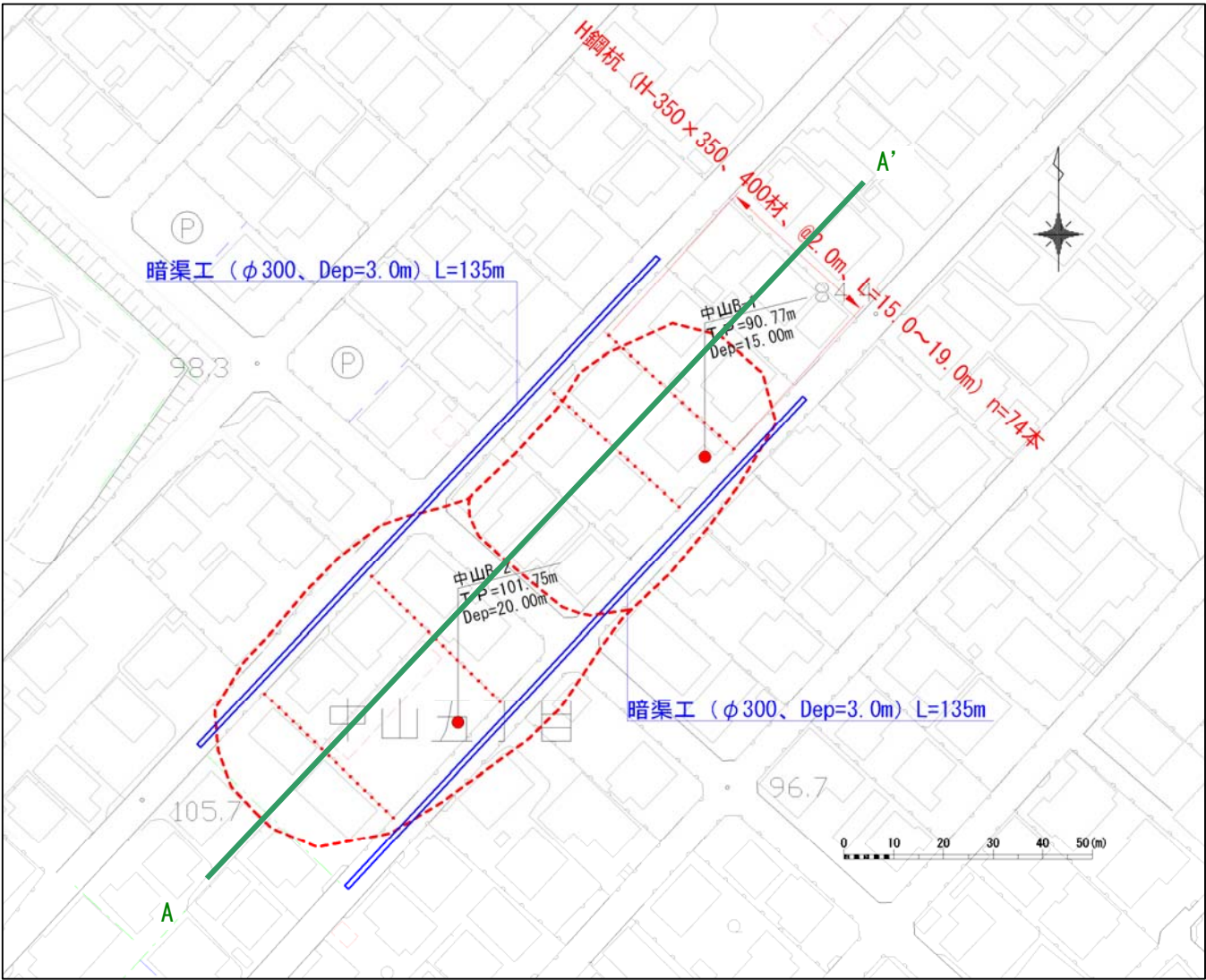
【暗渠工】

盛土内の地下水位を低下させ、盛土内すべりを安定化させる抑制工である。

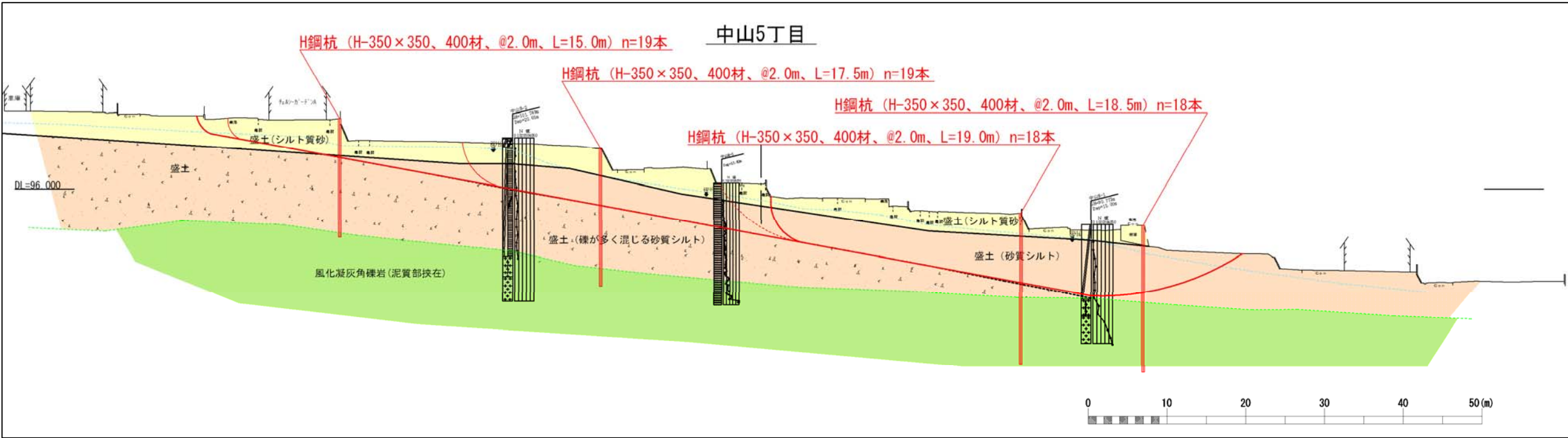
【計画安全率】

常 時 : $F_s=1.2$

地震時 : $F_s=1.0$



対策工平面図



対策工断面図 (A - A' 断面)

B 案（暗渠工＋鋼管杭）

■対策工の設置理由と目的

【鋼管杭】

盛土内すべりを杭工で抑止する抑止工である。

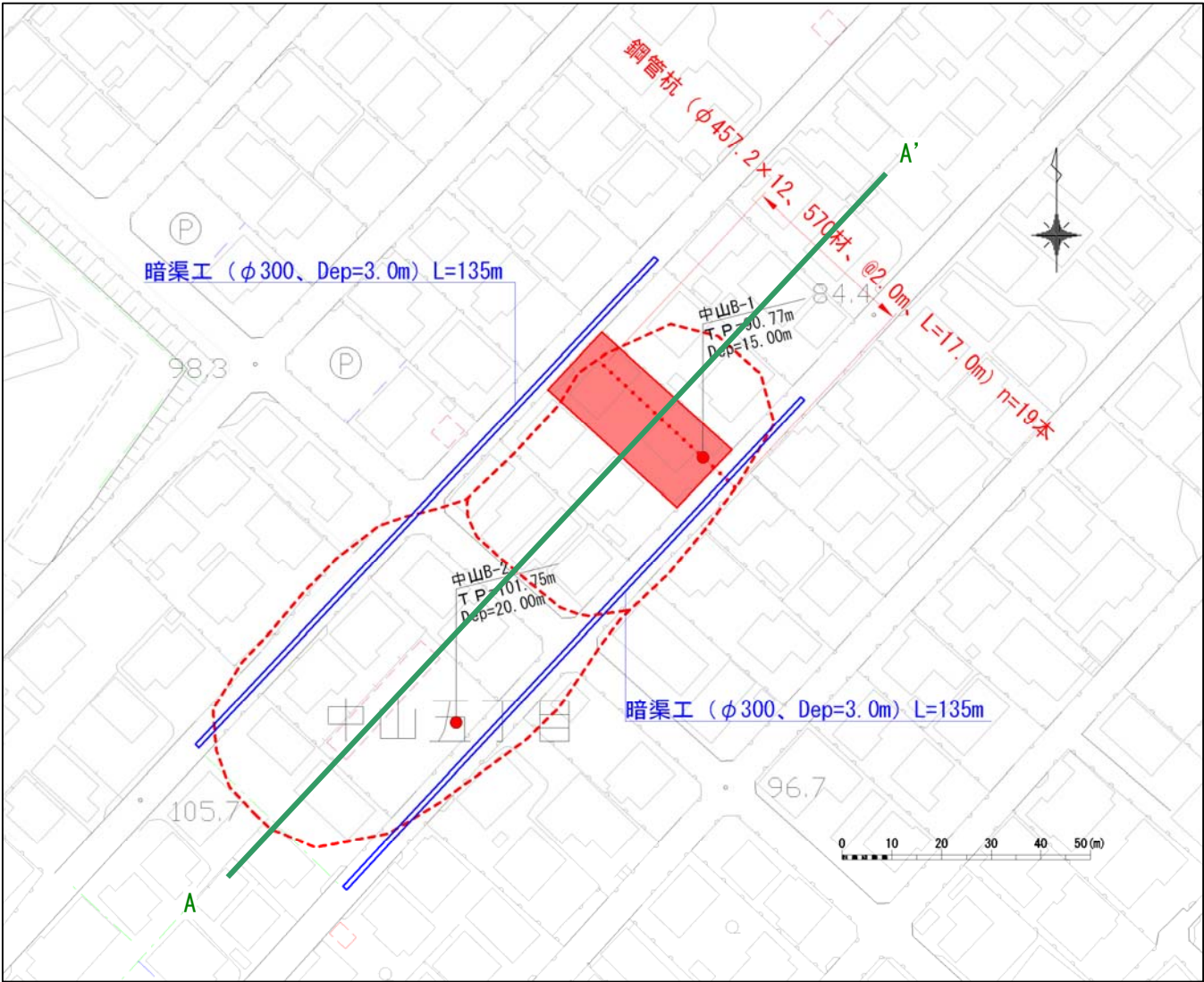
【暗渠工】

盛土内の地下水位を低下させ、盛土内すべりを安定化させる抑制工である。

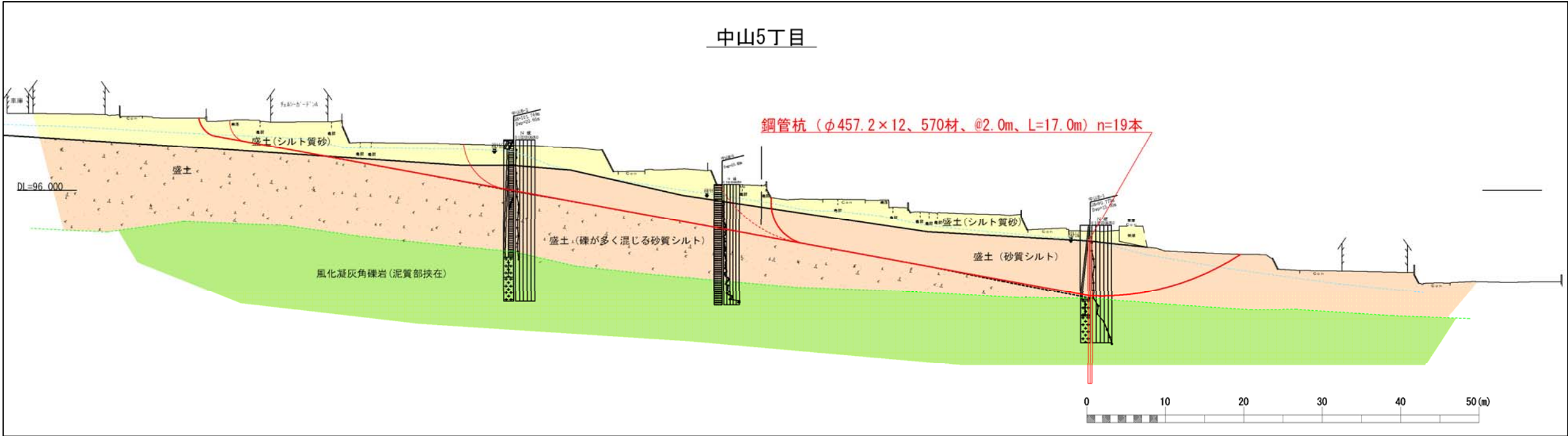
【計画安全率】

常 時：Fs=1.2

地震時：Fs=1.0



対策工平面図



対策工断面図（A－A'断面）

(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

【固結工】

盛土内の速度境界を不連続面とする変形に対し、移動土塊の抑止を図る。

【固化材盛土工・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】

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。補助的な工法と位置づけ、安全率の上昇は考慮しない。

※ 対策工は、主たる崩壊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； $F_s = 1.0$

- 盛土内の速度境界を不連続面とする変形およびひな壇部の変形を固結工で抑止する。
- 地下水を遮断しないため、スリット配置とする。

- 滑動範囲の道路に暗渠工を設置し、地下水位の上昇を防止する。

- 家屋が撤去されていない箇所は、矢板併用抑止杭工や網状鉄筋挿入工等の対策で対応する。

崩落対策+擁壁復旧

- 矢板併用抑止杭工
- 固結工（中層混合改良）
- 固化材盛土工
- ブロック積み擁壁工
- 暗渠工
- 重力式擁壁工
- 網状鉄筋挿入工

※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。

