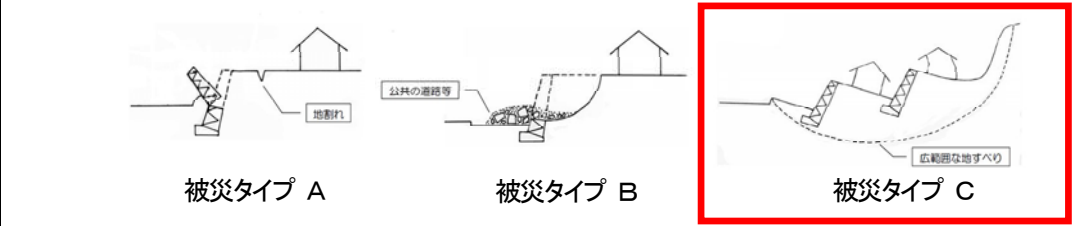
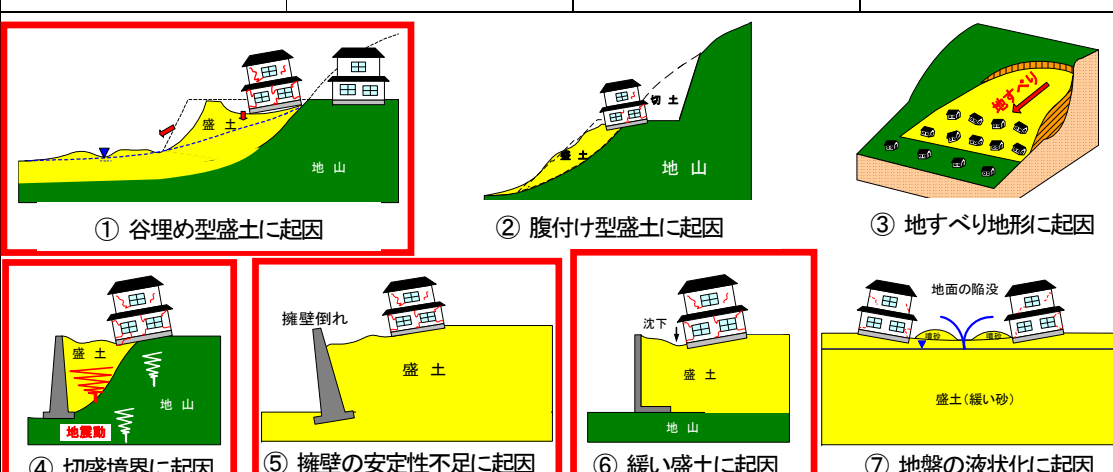


「折立五丁目地区」

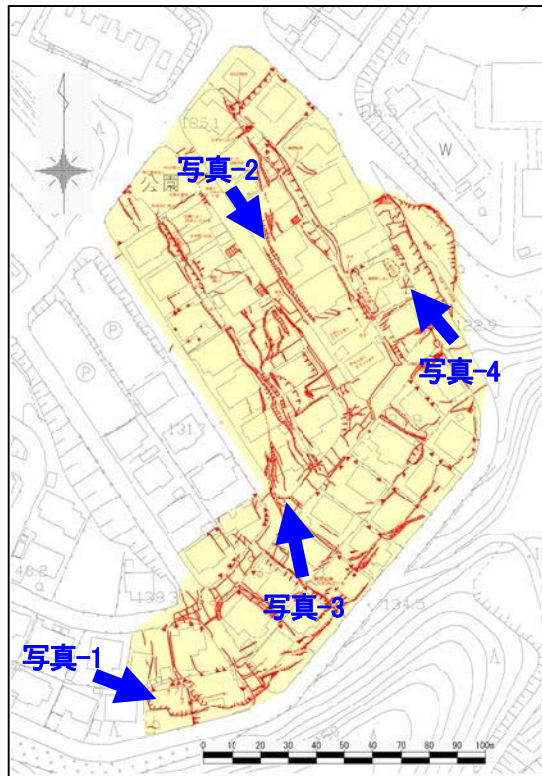
1. 概要書

区 名	青葉区	地区名	折立五丁目	主な街区	5・6・7・8・9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 22,000m ²	宅地数	46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			

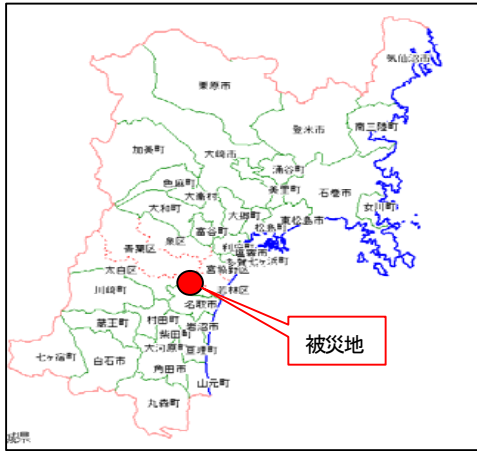
【平面図（被災状況写真位置図）】



【被災状況写真】



【位置図】



Yahoo!地図より引用・加筆

2. 追加調査事項

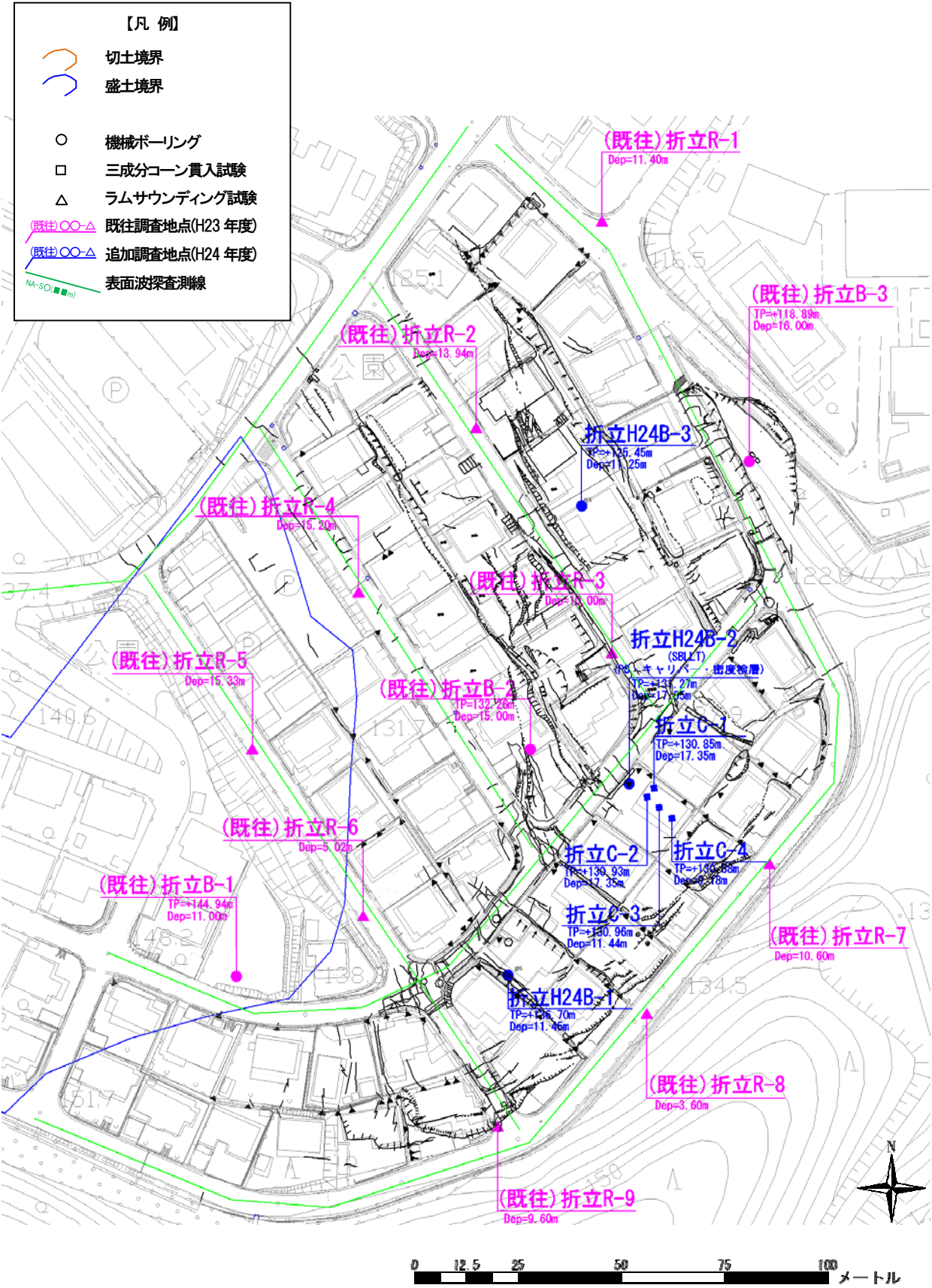
追加調査項目一覧

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～B-3	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)	H24B-2	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。
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。
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 (H23 年度調査) (H24 年度解析)	測線 1～測線 6	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

PS・キャリパー・密度検層	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

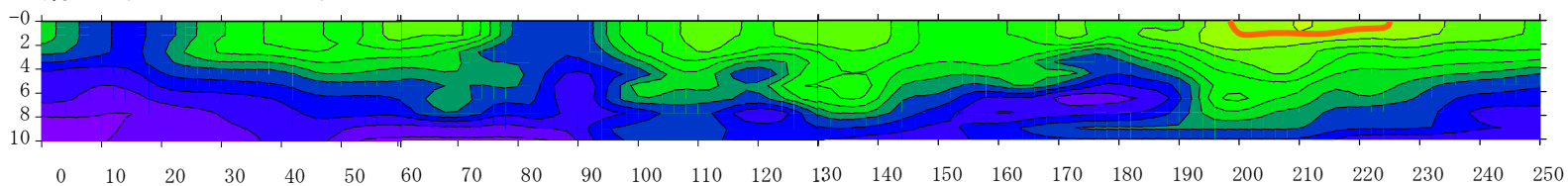


3. 変状メカニズム

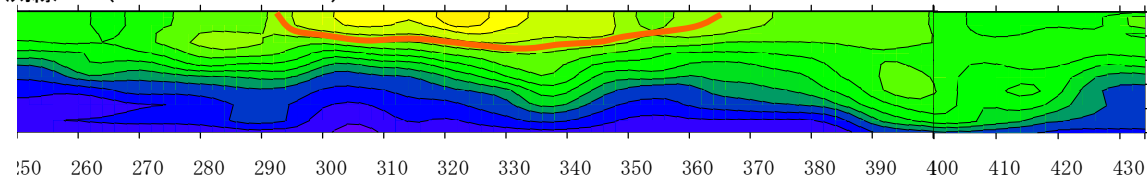
平成 23 年度 検討内容	平成 24 年度 検討内容																																																			
<div>2. 変状メカニズム（滑動崩落）</div> <div>旧地形および地質調査より、当該地は地下水位が豊富であり、地表面に近い盛土は、礫混じり粘性土質でありN値 1～2 の非常に柔らかい性状であることが判明した。脆弱部分の広がりには、表面波探査結果の脆弱領域とも整合が取れている。</div> <div>地表踏査の結果、地表面にみられるクラックや段差には、規則性がみられ、いわゆる雁行状の配列となる。これらの配列は、旧沢地形に沿った斜面下方への移動を示しており、変状範囲がブロック状の滑動により斜面下方に移動したことがわかる。ボーリングの結果、谷埋め型盛土として造成された深度は、変状域上部で6～8 mとなり、下部で8 m程度となる。</div> <div>N値による確認では、盛土と地山の強度差ははっきりしており、地震動により形成されたすべり面は、地山と盛土の境界付近であると考える。</div> <div>今回の地震動は、震度 6 弱と大きく、継続時間も長かった。このため、当該地の変状は、地震動により形成されたすべり面を使って、ブロック状に斜面下方へ宅盤が移動したために発生した、広域的な変状であると考ええる。</div> <div><table><tr><td>素因</td><td>・地下水位が高い ・盛土のN値は、1～2 と非常に柔らかい ・谷地形に盛られた谷埋め型盛土(地山との境界に大きな強度差)</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) ・継続時間の長い地震動</td></tr></table><div>↓</div><table><tr><td>変状発生</td><td>・地震動により形成されたすべり面に沿って、ブロック状に宅盤が広域変形したために、宅地に変状が発生した。 ・脆弱化した土塊内では、部分的に円弧すべりの発生や盛土自体の圧縮沈下がみられ、擁壁の転倒・宅地の陥没等が発生した</td></tr></table><div>表-6.2.2 N 値と砂の相対密度の関係(Terzaghi and Peck¹⁾)</div><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 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><div>注) 鉄筋は φ13 mm</div><div>表-6.2.4 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⁾)</div><table><tr><th>N 値</th><th>q_a (kN/m²)</th><th>コンシステンシー</th></tr><tr><td>0～2</td><td>0.0～ 24.5</td><td>非常に柔らかい</td></tr><tr><td>2～4</td><td>24.5～ 49.1</td><td>柔らかい</td></tr><tr><td>4～8</td><td>49.1～ 98.1</td><td>中位の</td></tr><tr><td>8～15</td><td>98.1～196.2</td><td>硬い</td></tr><tr><td>15～30</td><td>196.2～392.4</td><td>非常に硬い</td></tr><tr><td>30～</td><td>392.4～</td><td>固結した</td></tr></table><div>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</div></div>	素因	・地下水位が高い ・盛土のN値は、1～2 と非常に柔らかい ・谷地形に盛られた谷埋め型盛土(地山との境界に大きな強度差)	誘因	・最大震度 6 弱(仙台市青葉区、2011 年 3 月 11 日発生) ・継続時間の長い地震動	変状発生	・地震動により形成されたすべり面に沿って、ブロック状に宅盤が広域変形したために、宅地に変状が発生した。 ・脆弱化した土塊内では、部分的に円弧すべりの発生や盛土自体の圧縮沈下がみられ、擁壁の転倒・宅地の陥没等が発生した	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	N 値	q _a (kN/m ²)	コンシステンシー	0～2	0.0～ 24.5	非常に柔らかい	2～4	24.5～ 49.1	柔らかい	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	<div>2. 変状メカニズム（滑動崩落）</div> <div>旧地形および地質調査より、当該地は地下水位が豊富であり、地表面に近い盛土は、礫混じり粘性土質でありN値 1～2 の非常に柔らかい性状であることが判明した。</div> <div>地表踏査の結果、地表面にみられるクラックや段差には、規則性がみられ、いわゆる雁行状の配列となる。これらの配列は、旧沢地形に沿った斜面下方への移動を示しており、変状範囲がブロック状の滑動により斜面下方に移動したことがわかる。地表面の変状は、上記ブロック状の滑動範囲の周囲に至っており、この地表面変形および被災宅地分布は、表面波探査による Vs=190m/sec の速度境界と良い相関を示す。</div> <div>ボーリングの結果、谷埋め型盛土として造成された深度は、変状域上部で6～8 mとなり、下部で8 m程度となる。N値による確認では、盛土と地山の強度差ははっきりしており、「盛土と地山の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」が発生したものと推察される。地震動により形成されたすべり面は、地山と盛土の境界付近であると考える。</div> <div>今回の地震動は、震度 6 弱と大きく、継続時間も長かった。このため当該地の変状は、地震動により形成されたすべり面を使って、広域的にブロック状に斜面下方へ宅盤が移動したために発生した、広域的な変状であると考える。その周辺に圧縮・引っ張りが生じブロック周辺の宅地まで被害が生じたものと考えられる。</div> <div><table><tr><td>素因</td><td>・地下水位が高い ・盛土のN値は、1～2 と非常に柔らかい ・谷地形に盛られた谷埋め型盛土(地山との境界に大きな強度差)</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) ・継続時間の長い地震動</td></tr></table><div>↓</div><table><tr><td>変状発生</td><td>・地震動により形成されたすべり面に沿って、ブロック状に宅盤が広域変形したために、宅地に変状が発生した。 ・脆弱化した土塊内では、部分的に円弧すべりの発生や盛土自体の圧縮沈下がみられ、盛土表層部(ひな壇部)は、特に脆弱化が顕著であり、剛性低下による変形により、擁壁の転倒・宅地の陥没等が発生した</td></tr></table></div> <div>当該地の変状は、概ね次の通りの機構が想定される。</div> <div>◆大きな連続した変形は、地山-盛土境界に発生した連続した地すべり的な変形である(A-A’断面)。</div> <div>◆盛土表層部(ひな壇部)は特に脆弱化が顕著であり、剛性低下による変形により擁壁の転倒等が発生した。</div> <div>◆部分的には、円弧すべりが発生しており、擁壁が転倒している(B-B’断面)。</div>	素因	・地下水位が高い ・盛土のN値は、1～2 と非常に柔らかい ・谷地形に盛られた谷埋め型盛土(地山との境界に大きな強度差)	誘因	・最大震度 6 弱(仙台市青葉区、2011 年 3 月 11 日発生) ・継続時間の長い地震動	変状発生	・地震動により形成されたすべり面に沿って、ブロック状に宅盤が広域変形したために、宅地に変状が発生した。 ・脆弱化した土塊内では、部分的に円弧すべりの発生や盛土自体の圧縮沈下がみられ、 盛土表層部(ひな壇部)は、特に脆弱化が顕著であり、剛性低下による変形により、擁壁の転倒・宅地の陥没等が発生した
素因	・地下水位が高い ・盛土のN値は、1～2 と非常に柔らかい ・谷地形に盛られた谷埋め型盛土(地山との境界に大きな強度差)																																																			
誘因	・最大震度 6 弱(仙台市青葉区、2011 年 3 月 11 日発生) ・継続時間の長い地震動																																																			
変状発生	・地震動により形成されたすべり面に沿って、ブロック状に宅盤が広域変形したために、宅地に変状が発生した。 ・脆弱化した土塊内では、部分的に円弧すべりの発生や盛土自体の圧縮沈下がみられ、擁壁の転倒・宅地の陥没等が発生した																																																			
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																																																		
N 値	q _a (kN/m ²)	コンシステンシー																																																		
0～2	0.0～ 24.5	非常に柔らかい																																																		
2～4	24.5～ 49.1	柔らかい																																																		
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																																																		
素因	・地下水位が高い ・盛土のN値は、1～2 と非常に柔らかい ・谷地形に盛られた谷埋め型盛土(地山との境界に大きな強度差)																																																			
誘因	・最大震度 6 弱(仙台市青葉区、2011 年 3 月 11 日発生) ・継続時間の長い地震動																																																			
変状発生	・地震動により形成されたすべり面に沿って、ブロック状に宅盤が広域変形したために、宅地に変状が発生した。 ・脆弱化した土塊内では、部分的に円弧すべりの発生や盛土自体の圧縮沈下がみられ、 盛土表層部(ひな壇部)は、特に脆弱化が顕著であり、剛性低下による変形により、擁壁の転倒・宅地の陥没等が発生した																																																			

【表面波探査 速度層断面図】

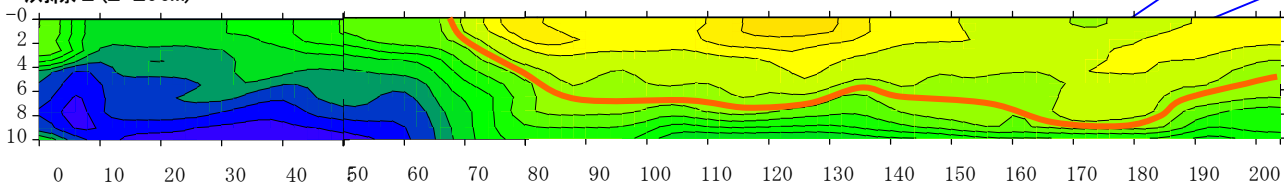
測線 1-1 (L=430m : 0~250m)



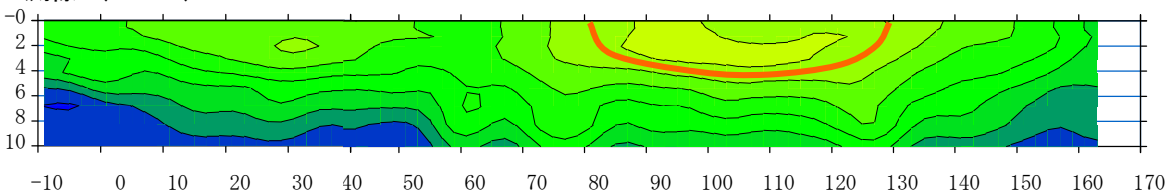
測線 1-2 (L=430m : 250~430m)



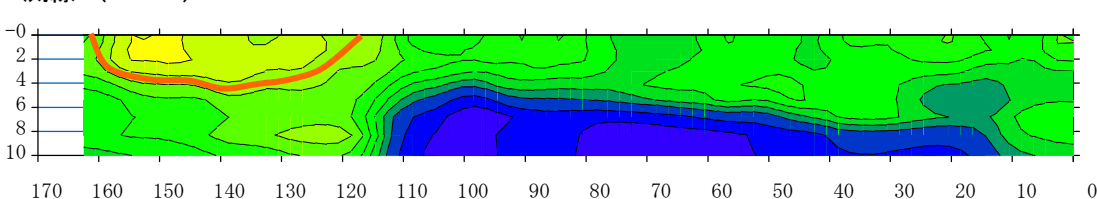
測線 2 (L=200m)



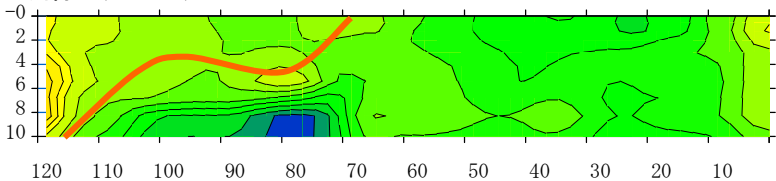
測線 3 (L=160m)



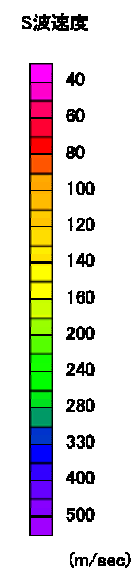
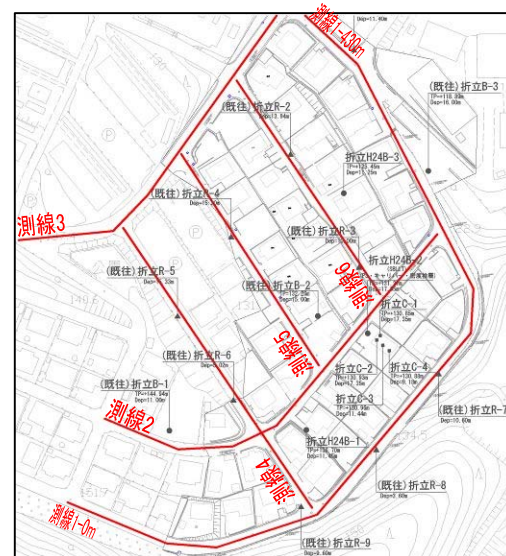
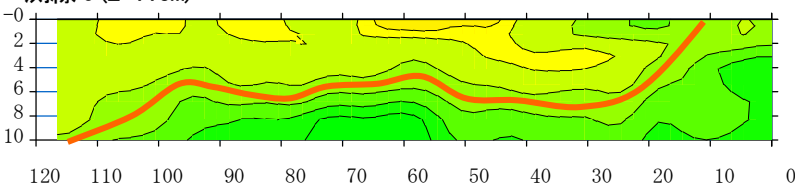
測線 4 (L=160m)



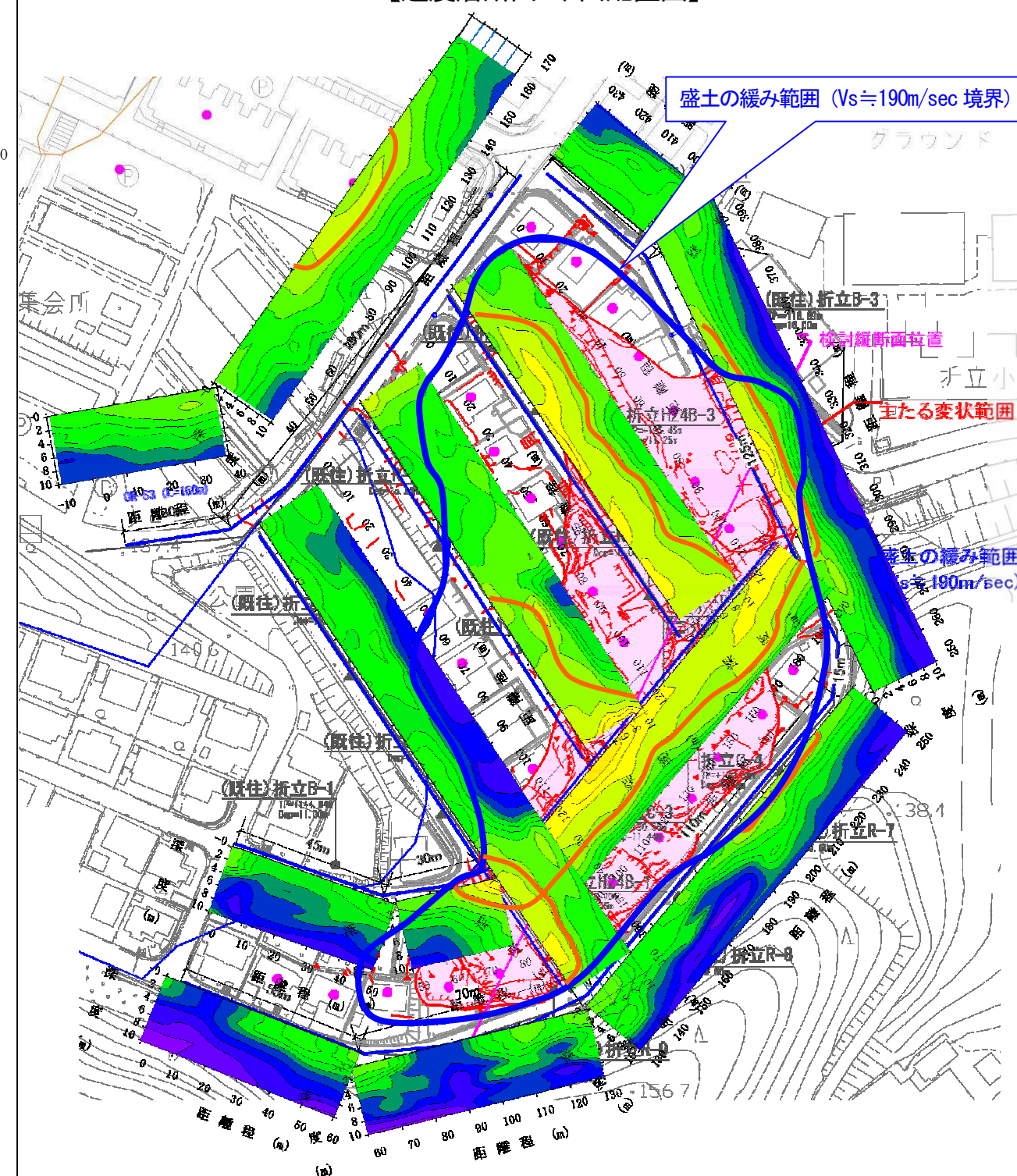
測線 5 (L=115m)



測線 6 (L=115m)

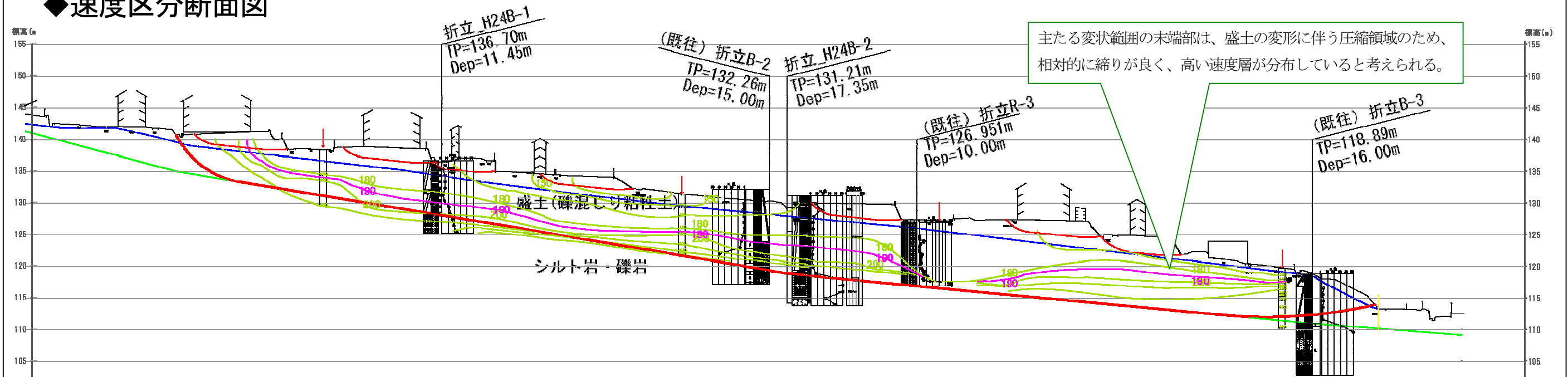


【速度層断面 平面配置図】

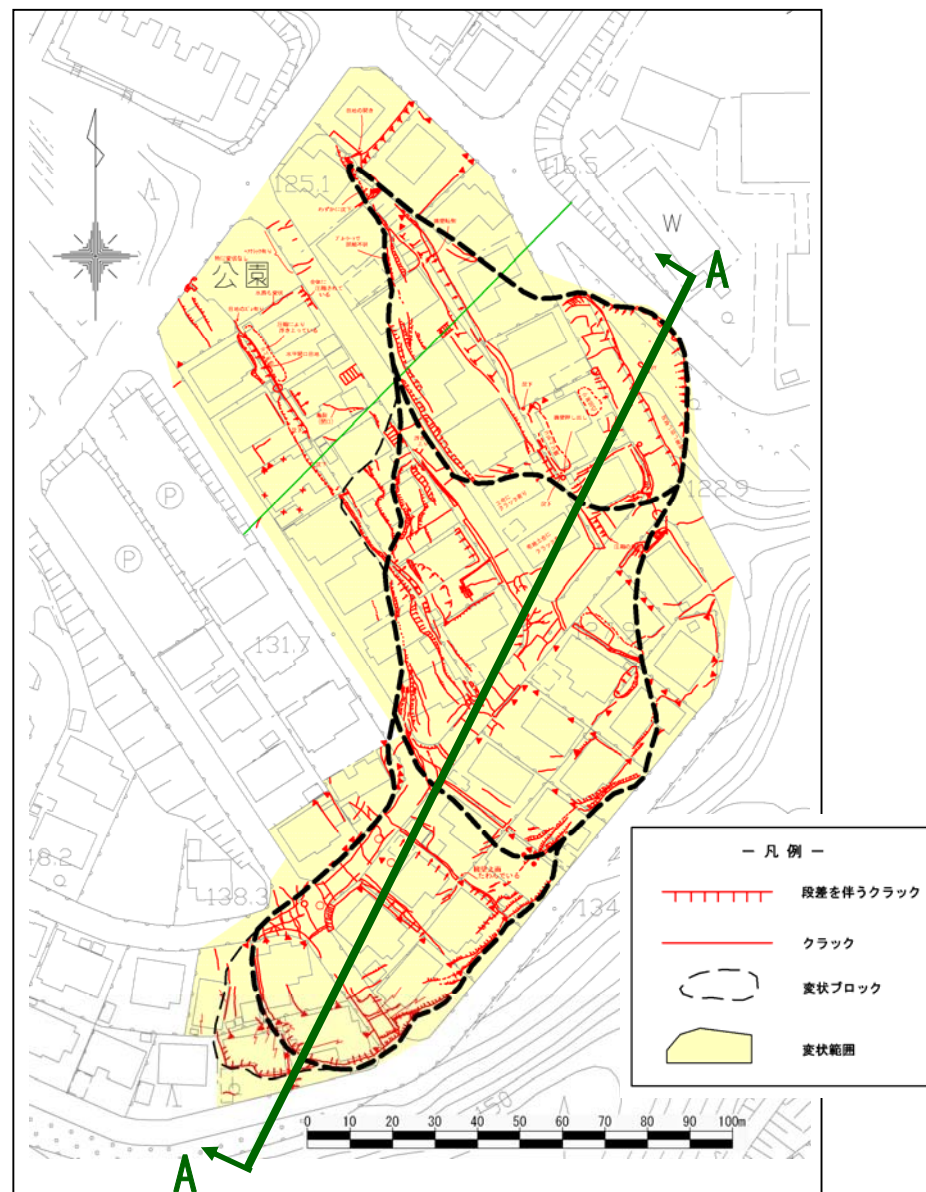


- ・せん断波速度 $V_s=190\text{m/sec}$ の境界は、主たる変状範囲およびその周囲に確認される被災宅地の分布と概ね一致しており、本境界が盛土の緩み範囲を示すものと想定される。
- ・主たる変状範囲の末端、圧縮領域では、 $V_s=280\text{m/sec}$ 程度が分布しており、圧縮による影響で締ったものと推察する。
- ・速度層断面図より推定できる盛土の最大緩み深度は、概ね 10m である。

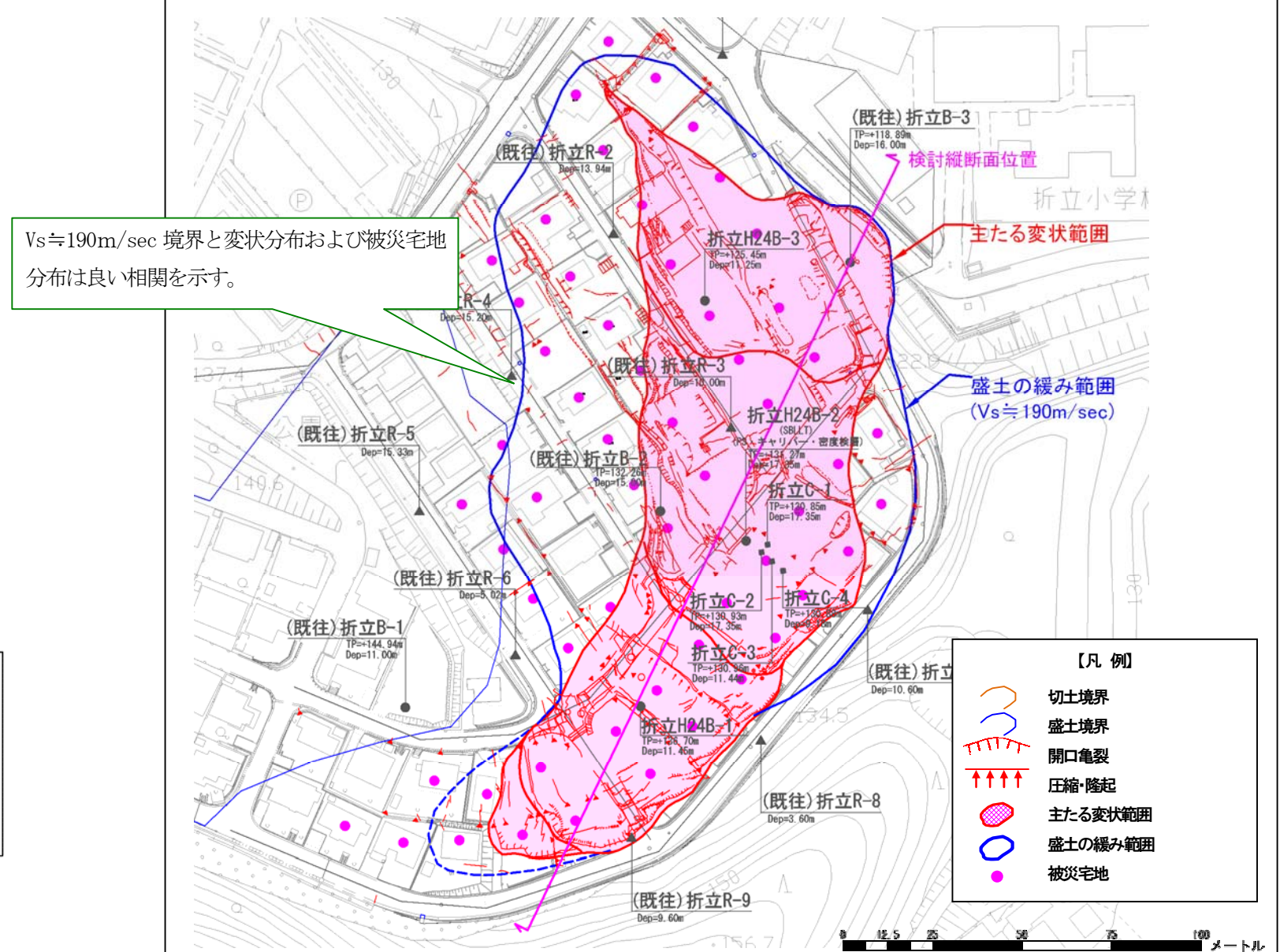
◆速度区分断面図



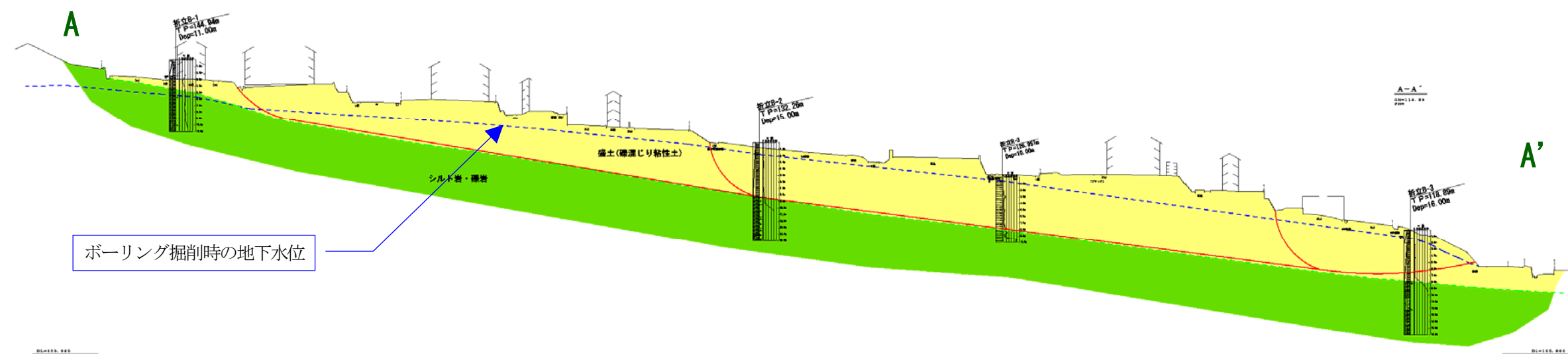
◆平成 23 年度 検討平面図



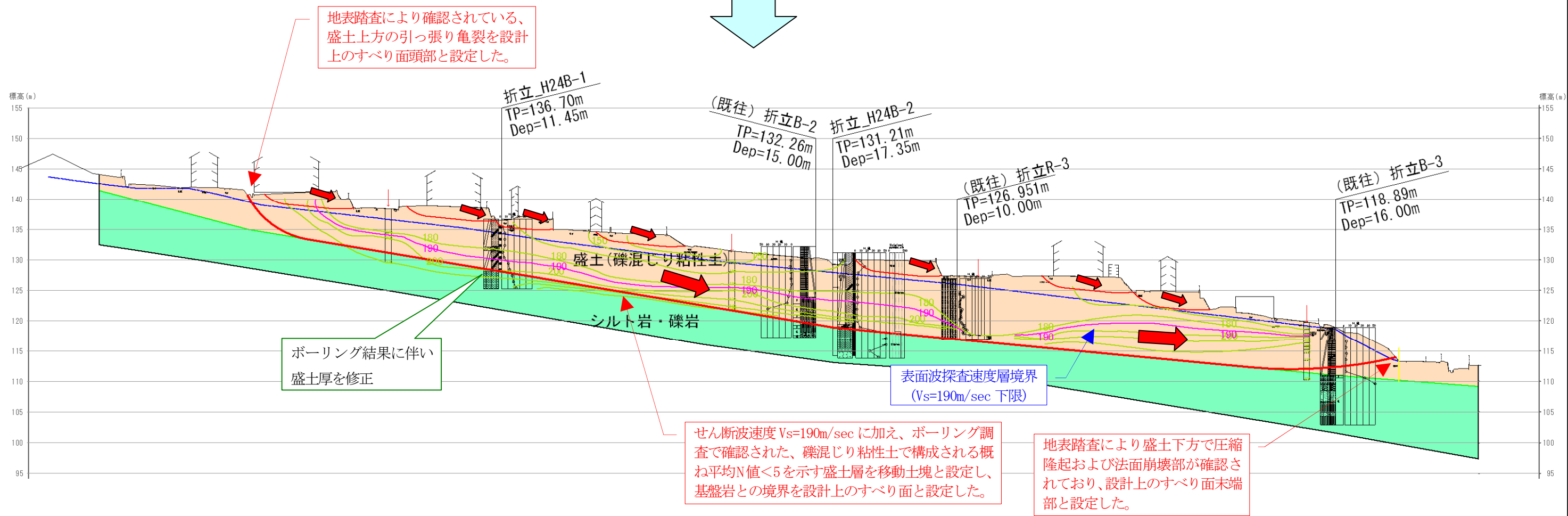
◆平成 24 年度 検討平面図



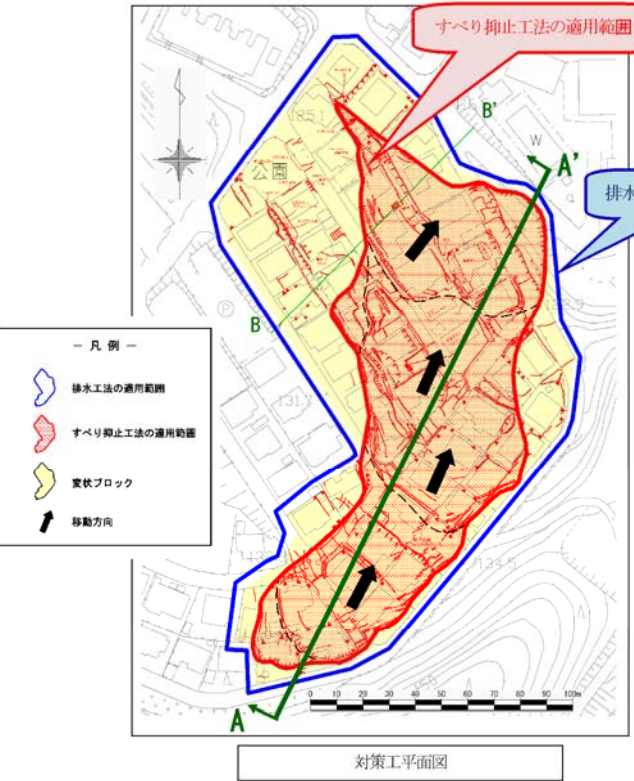
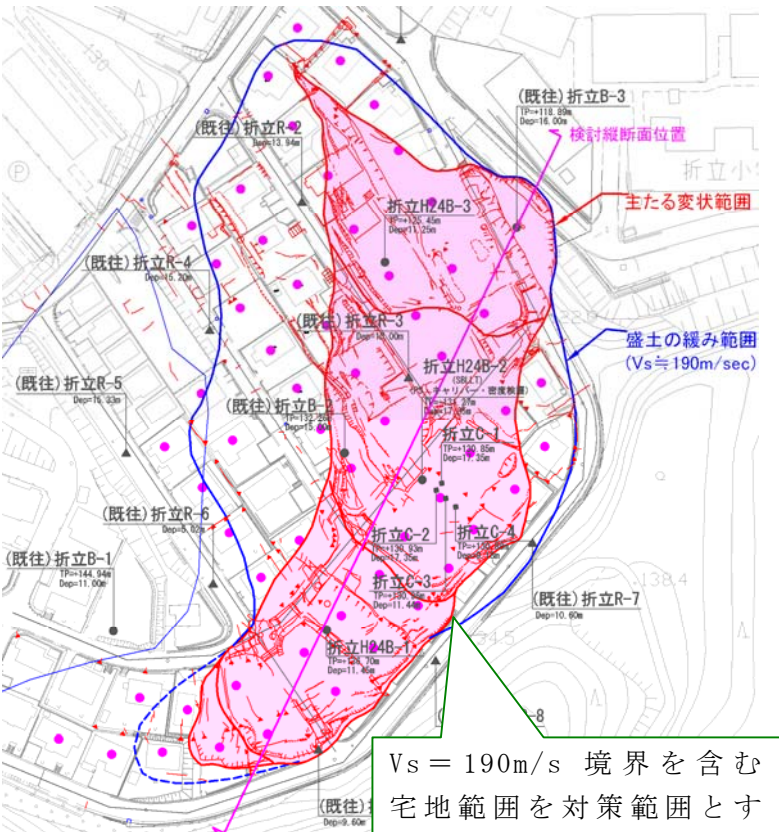
◆平成 23 年度 検討断面図



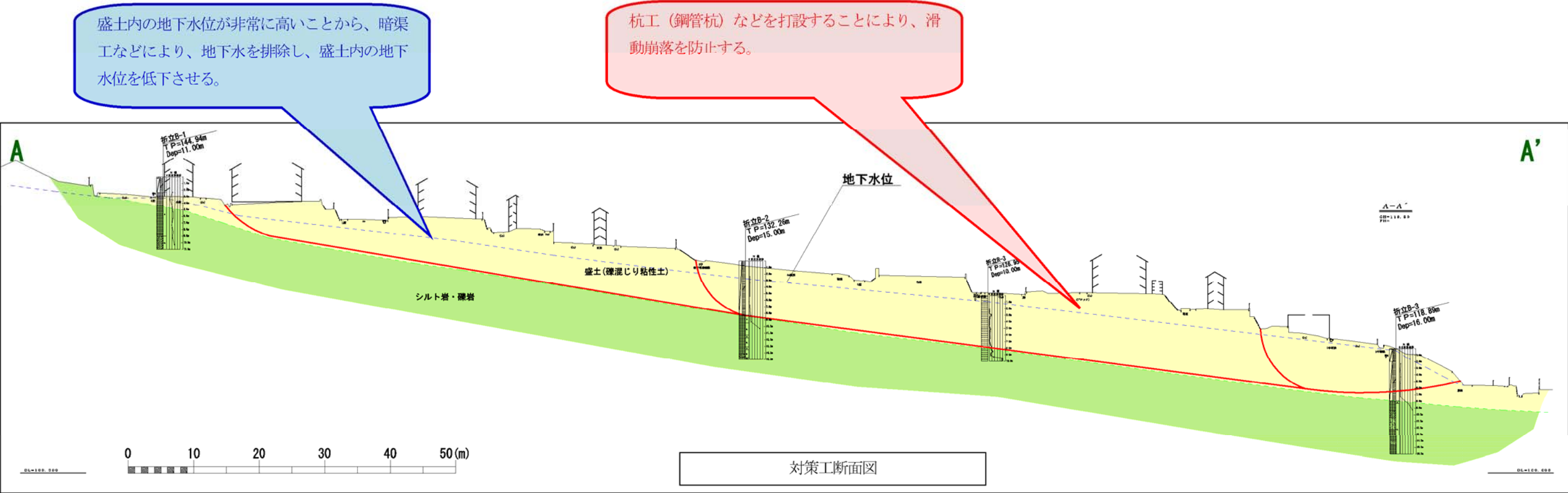
◆平成 24 年度 検討断面図



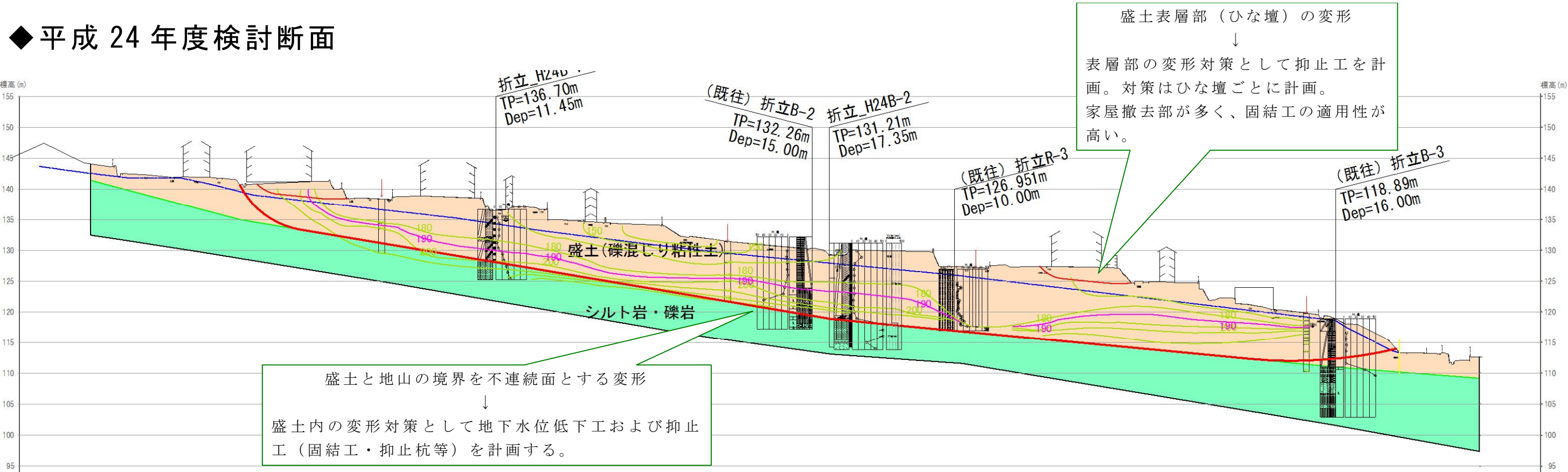
4 . 対策方針

平成 23 年度 検 討 内 容	平成 24 年度 検 討 内 容
<p>本地区の変状は盛土面と地山の境界面での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的な移動を防止することを優先する必要がある。<u>滑動崩落への対策としては、宅地の平均勾配・用地的制約から杭工（ブロックごとに配置）が有効と考えられる。</u>また、地下水が高いことから、地下水排除工（暗渠など）を実施することも重要である。これらを実施したのち、各宅盤の擁壁の補修を実施する必要がある。また、小学校の保全のため、下端の石積擁壁は十分な配慮が必要である。</p> <p>【説明】</p> <p>対策工のうち、抑制対策としては、押え盛土工と排土工が考えられる。押え盛土工は、末端部に折立小学校があることや、地すべり末端部の標高が比較的高いことから、押え盛土の高さが高くなり、その面積も広大となることから、適用が困難である。また、排土工は、変状している宅地と変状していない宅地が隣接しているため、排土の影響が変状していない宅地に及ぶことから適用が困難である。抑止対策としてはアンカー工と杭工が考えられるが、アンカー工は現在想定されるブロック移動の断面形状から、アンカー受圧板を設置する箇所がないことや、宅盤の下にアンカーが配置されることから、用地制約等の問題が発生するため、適用が困難である。杭工については、設置する箇所の面積が少なく、比較的宅地に与える影響面積が少ないことから、当該地の対策工として適していると判断される。また、盛土の地下水位が高いことから、地下水位を低下することは長期わたっての安定を確保するためには有効である。盛土の材質が粘土質であることから暗渠など設置し、できるだけ地下水の排水効果を上げる必要である。</p> <div><div><p>― 凡 例 ―</p><ul style="list-style-type: none">排水工法の適用範囲すべり抑止工法の適用範囲変状ブロック移動方向</div><p>対策工平面図</p></div> <div><p>◆付 帯 意 見</p><p>本地区においては、大規模な変状(宅地盛土地盤全体が地すべり的に移動するような滑動崩落)ではなく、地震時の地山と盛土の地震応答の差異より、比較的浅い地表部に変状(段差・クラック・移動)が広く生じたとの意見もあり、変状メカニズムを同定できなかった。後者の場合には、現在より広域な宅地地盤とし擁壁を設置し、さらに排土や地盤改良も考慮した宅地の再造成が必要と考えられる。</p><p>大規模な変状とした対策の場合には、高い地下水位とゆるい地盤状態であることを考えると安全な宅地とするためには、すべり抑止だけではなく宅地そのものの改良が必要となる。一方、比較的浅い部分の変状対策を実施する場合にも、一時的に家屋を撤去し、宅地の再造成を行うことが必要となる。いずれにしても宅地の安定化を達成するためには、多額の費用と長い時間が必要である、これらのことより、より安全な宅地を別の場所に求めることも視野に入れるべきと考えられる。</p></div>	<p>本地区の変状は盛土面と地山の境界面での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的な移動を防止することを優先する必要がある。<u>滑動崩落への対策としては、宅地の平均勾配・用地的制約から杭工ないし固結工（ブロックごとに配置）が有効と考えられる。</u>また、地下水が高いことから、地下水排除工（暗渠など）を実施することも重要である。これらと併せて、盛土表層部（ひな壇部）の変形についてすべり対策を行なうこととなる。これらを実施したのち、各宅盤の擁壁の補修を実施する必要がある。また、小学校の保全のため、下端の石積擁壁は十分な配慮が必要である。</p> <p>【説明】</p> <p>対策工のうち、抑制対策としては、押え盛土工と排土工が考えられる。押え盛土工は、末端部に折立小学校があることや、地すべり末端部の標高が比較的高いことから、押え盛土の高さが高くなり、その面積も広大となることから、適用が困難である。また、排土工は、変状している宅地と変状していない宅地が隣接しているため、排土の影響が変状していない宅地に及ぶことから適用が困難である。抑止対策としては「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。「盛土と地山の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>◆盛土と地山の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・アンカー工・鉄筋挿入工・固結工等</p> <p>なお、盛土と地山の境界を不連続面とする変形防止対策としては、アンカー工、杭工、固結工が考えられるが、アンカー工は現在想定されるブロック移動の断面形状から、アンカー受圧板を設置する箇所がないことや、宅地の下にアンカーが配置されることから、用地制約が発生する等の課題が挙げられる問題が発生するため、適用が困難である。杭工・固結工については、設置する箇所の面積が少なく、比較的宅地に与える影響面積が少ないことから、当該地の対策工として適していると判断される。また、盛土の地下水位が高いことから、地下水位を低下することは長期にわたっての安定を確保するためには有効である。盛土の材質が粘土質であることから暗渠など設置し、できるだけ地下水の排水効果を上げる必要がある。なお暗渠工等の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。</p> <div><p>◆付 帯 意 見 対 する 対 応</p><p>「盛土表層部（ひな壇部）の変形」と「盛土と地山の境界を不連続面とする変形」が発生したものと推察されるため、それぞれの変形に対する対策を行うこととした。大規模な変状に対する対策を行うとともに、盛土表層部の変形対策をひな壇ごとに実施することで、現地での宅地復旧は可能と判断した。</p><p>対策工としては、「工法選定ガイドライン」に基づき、固結工等を主体とすることで、多額の費用と長い時間を要することなく対応が可能と考えられる。</p></div> 

◆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 対策工計画例

A 案

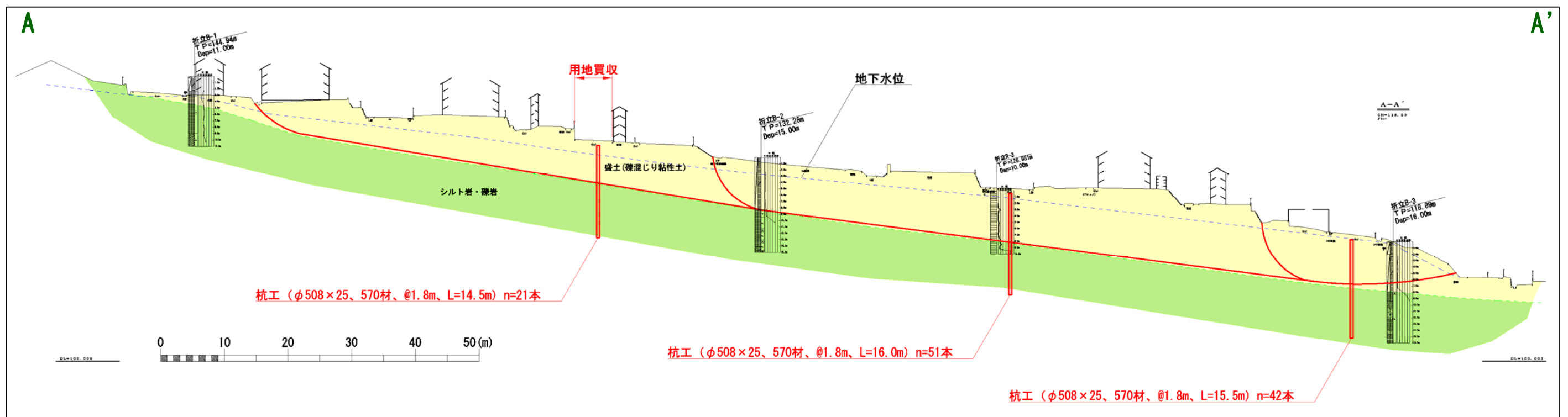
滑動崩壊しているブロック内に杭工（鋼管杭）を打設することにより、安全性を向上させる対策である。
盛土内の地下水位が非常に高い位置にあることから、地下水位低下工法として暗渠工を計画する。

< 計画安全率 >

- ・ 常 時 : $P.F.s = 1.20$
- ・ 地震時 : $P.F.s = 1.00$



対策工平面図



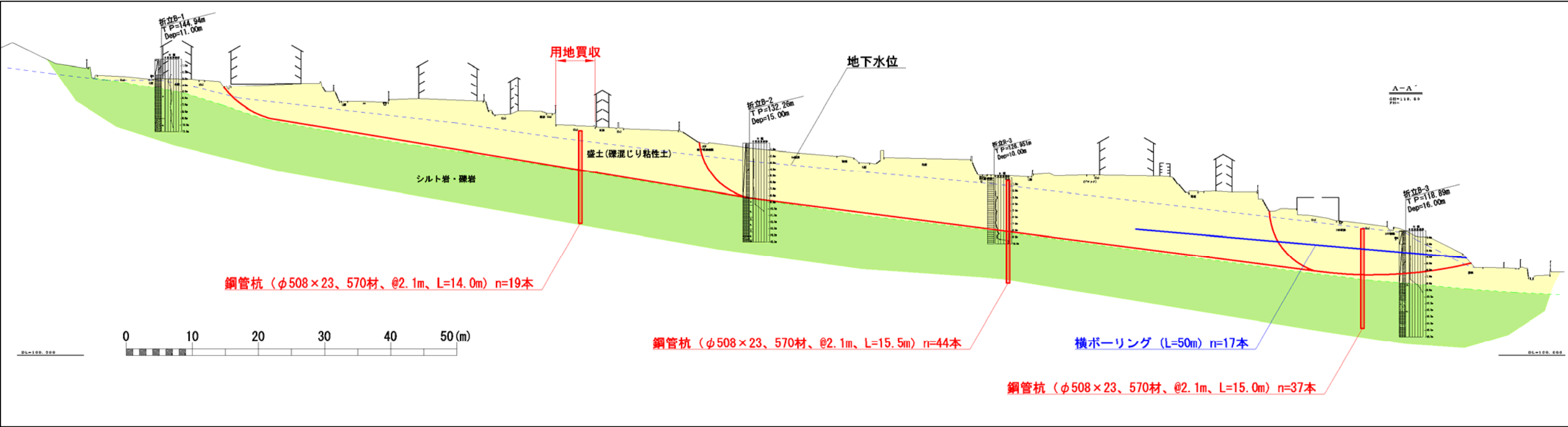
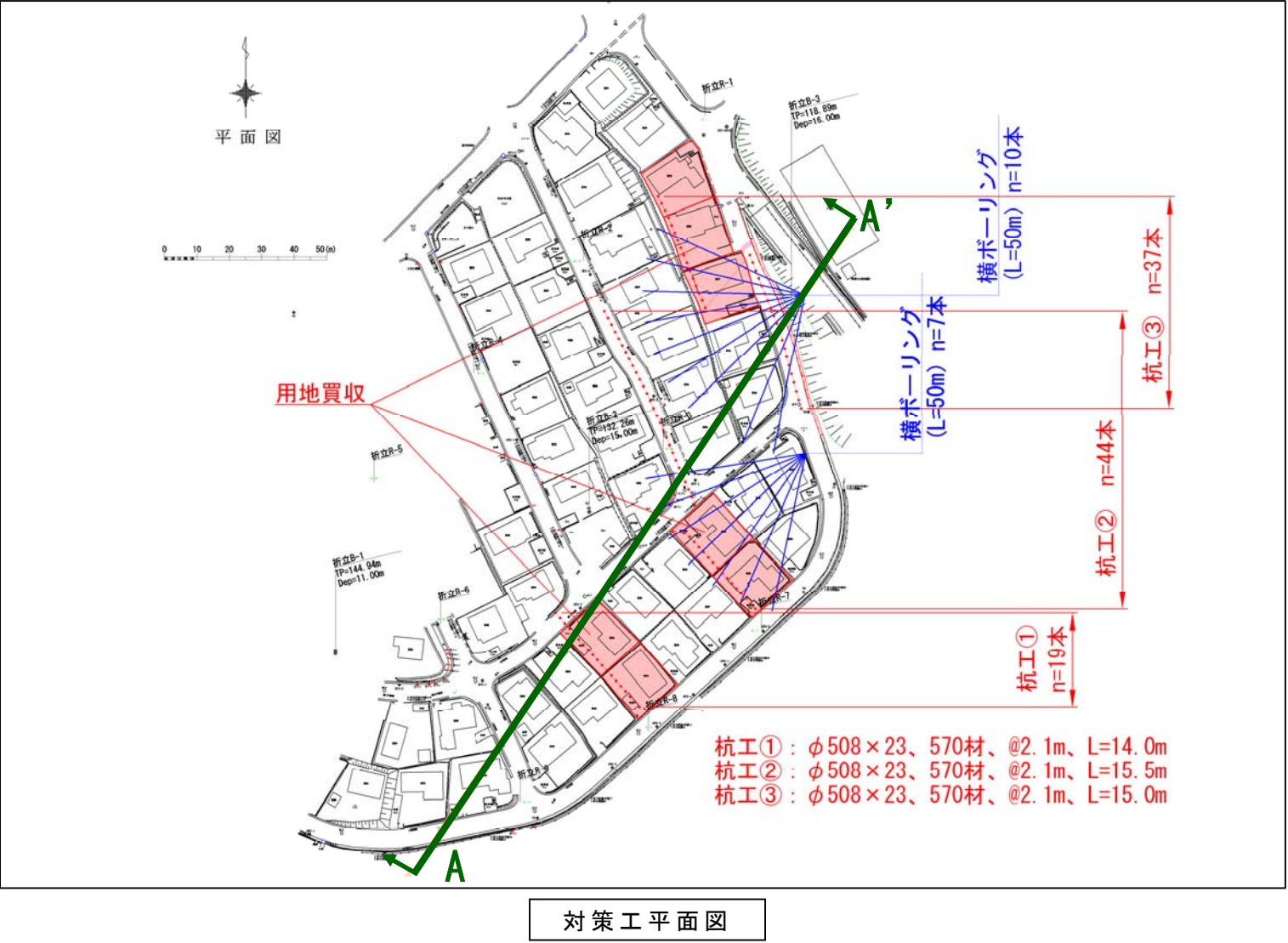
対策工断面図 (A-A' 断面)

B 案

横ボーリング工で盛土内の地下水位を低下させ、滑動崩落の安定性を向上させ、不足分の抑止力に対して、鋼管杭工を設置し、滑動崩落を安定化させる対策である。

<計画安全率>

- ・ 常 時 : P.Fs = 1.20
- ・ 地震時 : P.Fs = 1.00



(2) 平成 24 年度検討 対策工計画(案)

(折立5丁目)

■ 対策工の設置理由と目的

【固結工】

盛土と地山の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。

【グラウンドアンカー工】

末端部の小学校進入路沿い法面の抑止対策を図る。

【地下水位低下工：暗渠工】

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。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； $F_s = 1.0$

● 擁壁高 7.0m と高いひな壇部で、家屋が撤去されていない箇所は、グラウンドアンカー工で対応する。

● 滑動崩落の末端部（折立小学校の通路部）は、グラウンドアンカーで崩壊を抑止しブロック積み擁壁を再構築する。

● 擁壁高 7.0m と高いひな壇部で、家屋が撤去される箇所は、ひな壇部の盛土を固化材盛土で置き換えた上、現場打ちコンクリート擁壁を設置し、変形を抑止する。

● 地下水位が非常に高いため、道路部に暗渠工を設置し、地下水位の上昇を抑制する。

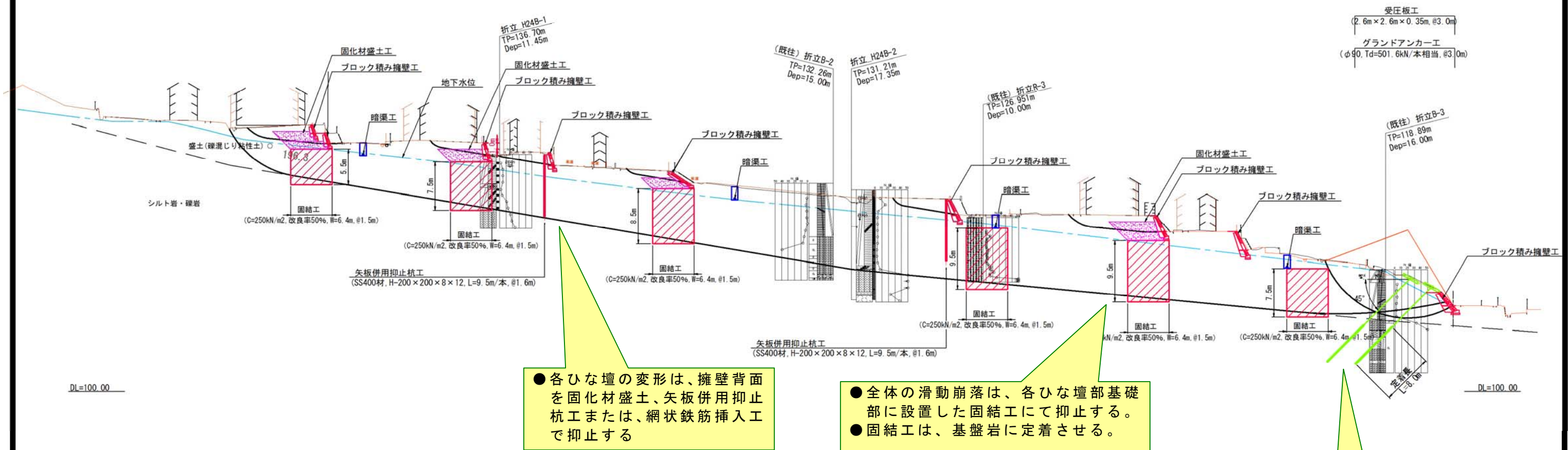
● 全体の滑動崩落は、各ひな壇部基礎部に設置した固結工にて抑止する。
● 各ひな壇の変形は、擁壁背面を固化材盛土、矢板併用抑止杭工または、網状鉄筋挿入工で抑止する。

※ 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。

- 矢板併用抑止杭工
- 網状鉄筋挿入工
- ブロック積み擁壁工
- もたれ式擁壁工
- 固結工（スラリー攪拌）
- 固化材盛土工
- アンカー工
- 暗渠工

0 10 20 30 40 50 (m)

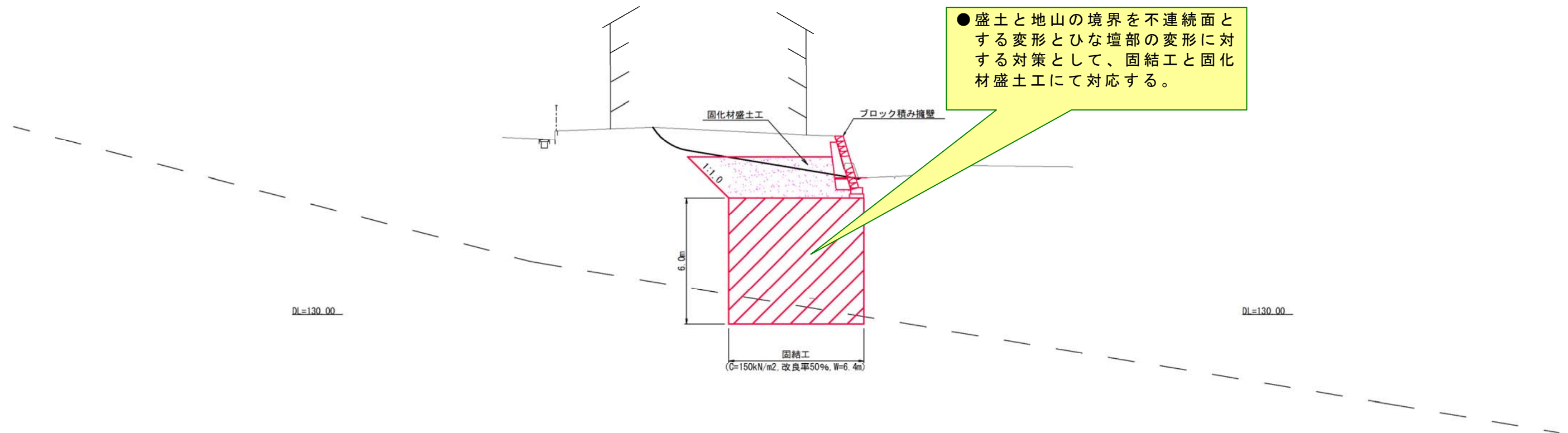
(折立5丁目)



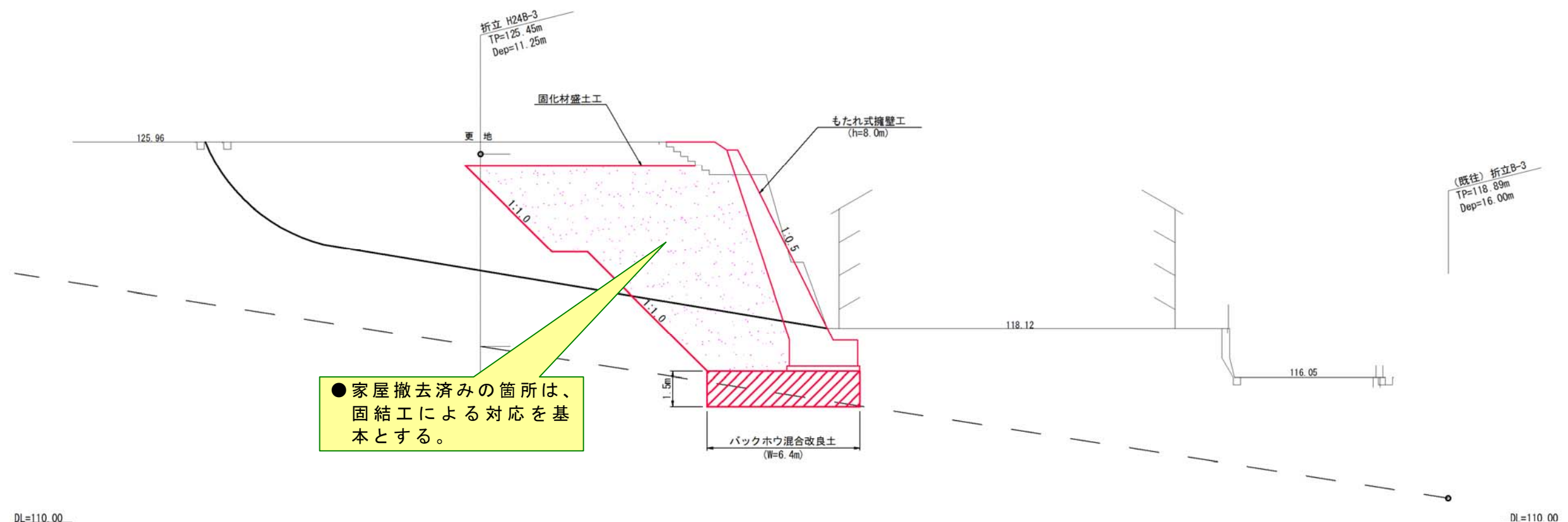
※この対策工計画は案であり、今後の検討により見直しが行われる場合があります。

(折立5丁目)

C-C 断面図



B-B 断面図



※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。