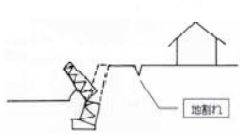
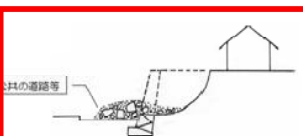
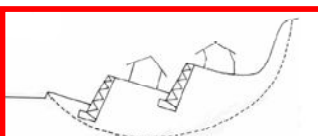
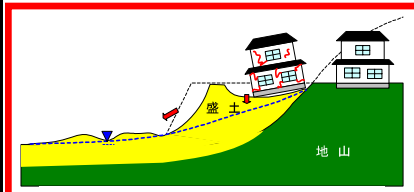
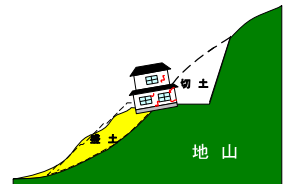
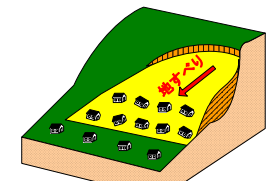
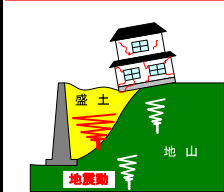
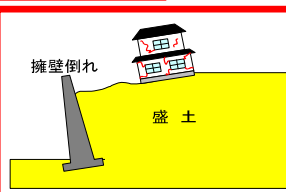
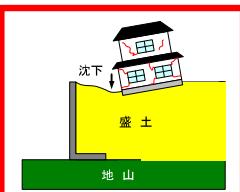
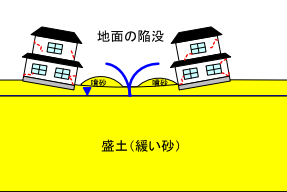


被災宅地の復旧検討 「緑ヶ丘二丁目地区」

1. 概要書

区 名	太白区	地区名	緑ヶ丘二丁目	主な街区	3・4・5・8・9・10番街区の一部
-----	-----	-----	--------	------	--------------------

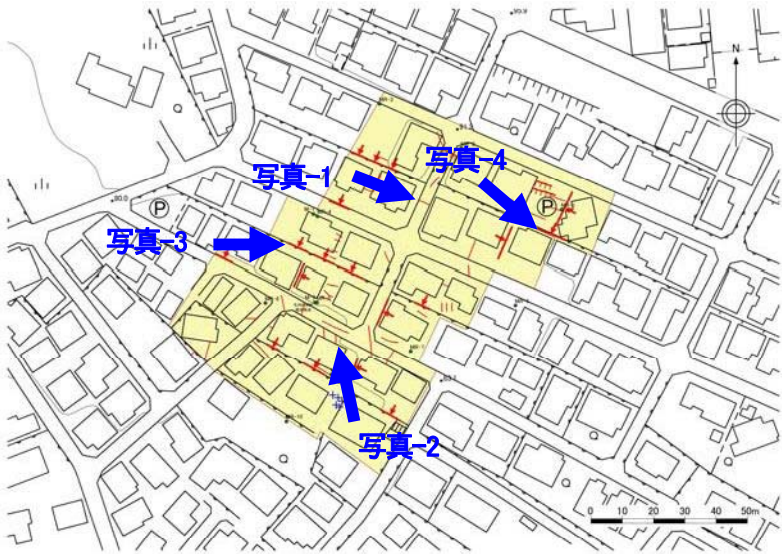
【被害概要】

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7,700㎡	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		

【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. 変状メカニズム

【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^{はら}み、前傾及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 年代に造成された住宅地であり、青葉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め型盛土の土地である。

【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、盛土の厚さは2～8m（平均5m）、谷筋で厚くなっている。また、地盤の相対的な硬さ程度を示すN値はN＝0～4が得られ、「非常に柔らかい～柔らかい」硬さ程度を示している。

地下水位は、斜面上部では盛土の基底面（＝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。）

【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るものの（右の平面図参照）、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^{はら}みや傾倒、重いコンクリート擁壁の水平移動を引起した。

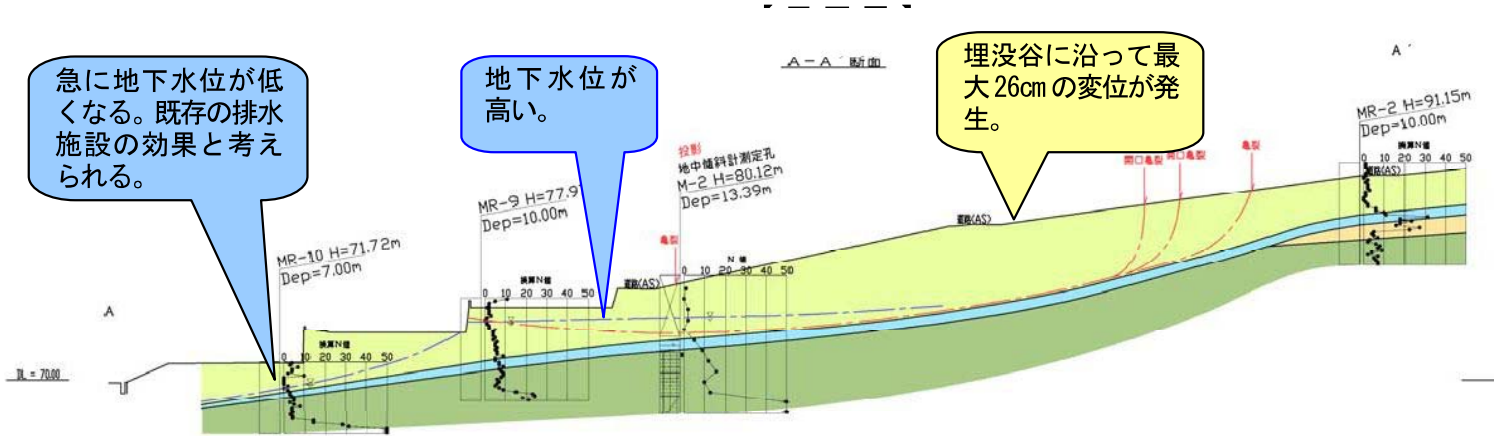
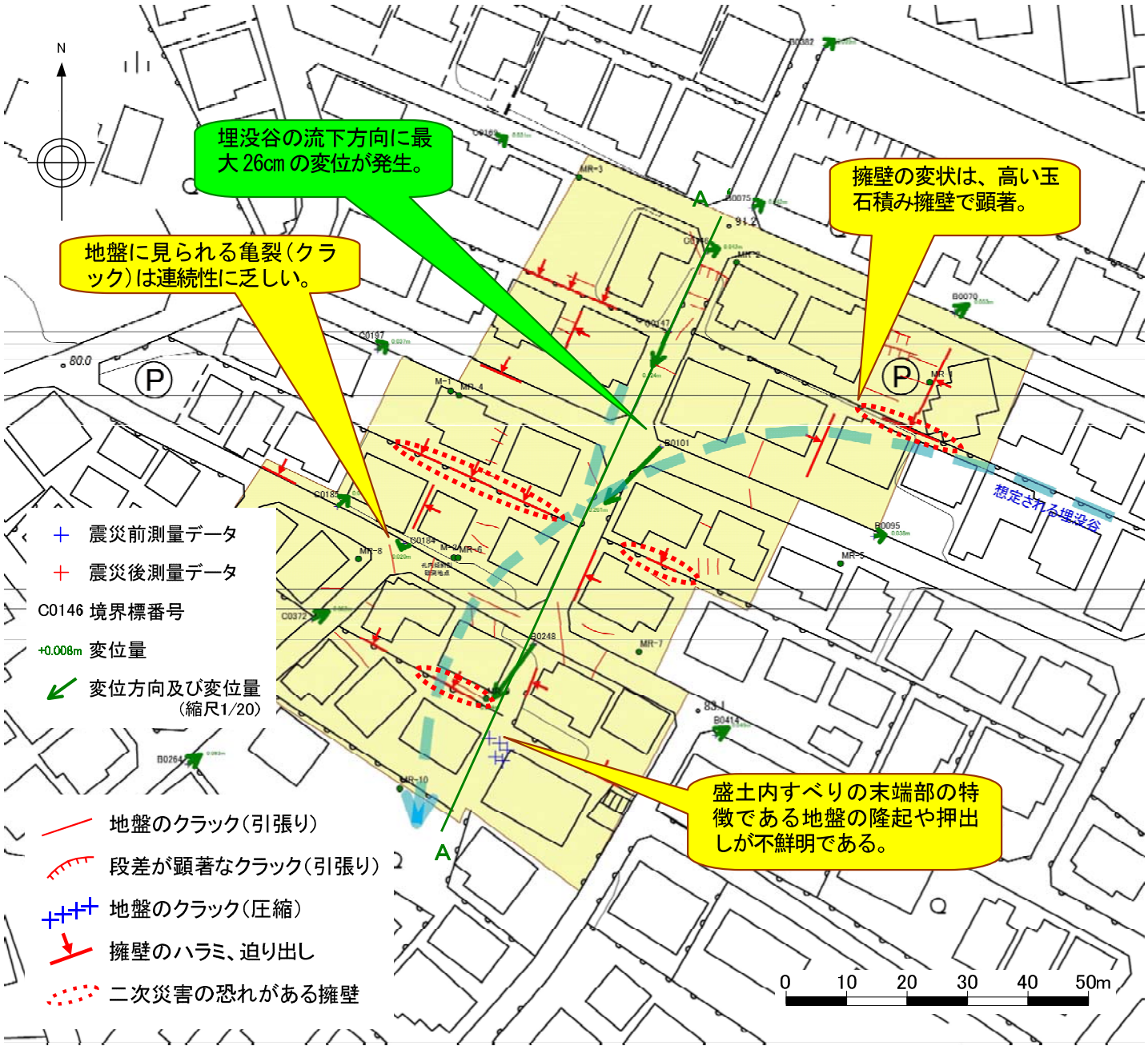
素因	<div>▪ 谷地形に盛られた谷埋め型盛土</div> <div>▪ 盛土は粘土を主体とし、N値は0～4 と脆弱</div> <div>▪ 擁壁の主体が、高さ 3mを超える玉石練積み擁壁</div>
誘因	<div>▪ 最大震度 5 強（仙台市太白区、2011 年 3 月 11 日発生）</div> <div>▪ 継続時間の長い地震動</div>

変状発生	<div>▪ 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。</div> <div>▪ 大きな慣性力は、高い玉石積み擁壁の^{はら}みや前傾、重いコンクリート擁壁の水平移動を引起した。</div>
------	---

N 値と砂の相対密度の関係 (Terzaghi and Peck ¹⁾)			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 Peck ¹⁾)		
N 値	相対密度 (Terzaghi and Peck)	現場判別法	N 値	q _v (kN/m ²)	コンシステンシー
0～4	非常に緩い (very loose)	鉄筋が容易に手で貫入	0～2	0.0～24.5	非常に柔らかい
4～10	緩い (loose)	ショベル (スコップ) で掘削可能	2～4	24.5～49.1	柔らかい
10～30	中位の (medium)	鉄筋を 5 ポンドハンマで打込み容易	4～8	49.1～98.1	中位の
30～50	密な (dense)	同上、30 cm 程度貫入	8～15	98.1～196.2	硬い
> 50	非常に密な (very dense)	同上、5～6 cm 貫入、掘削には必要、打込み時金属音	15～30	196.2～392.4	非常に硬い
			30～	392.4～	固結した

注) 鉄筋は φ13 mm

社) 地盤工学会 2004.6 「地盤調査の方法と解説」 p263 および p267 より引用

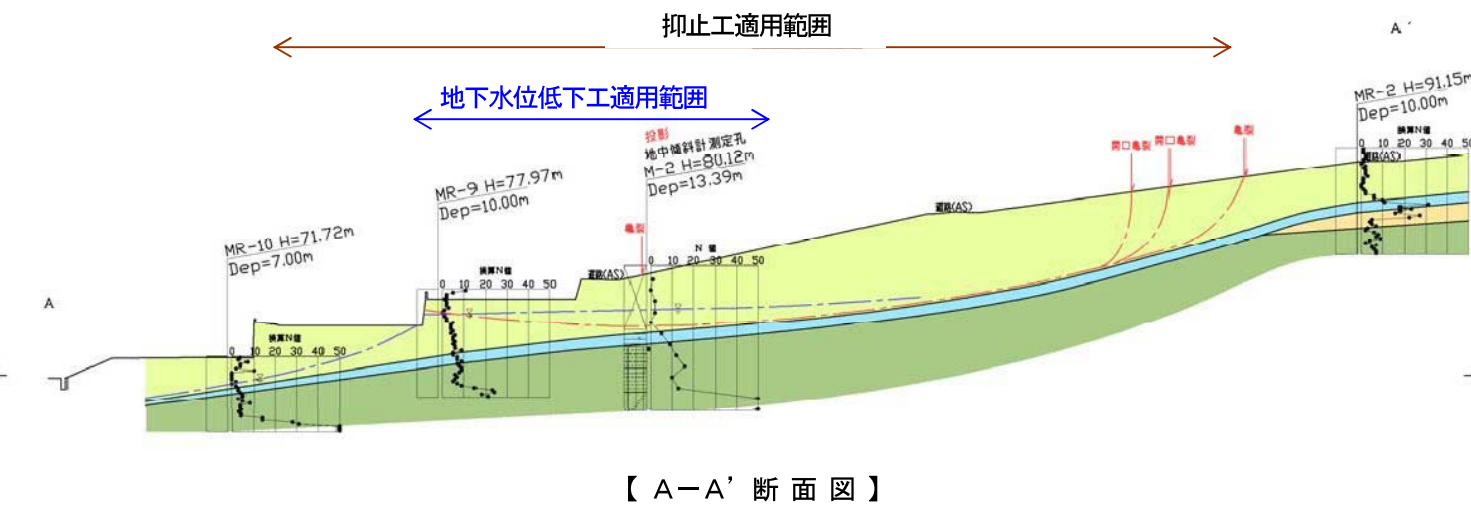


【 A-A' 断面図 】

3. 対策方針

本地区の対策工は、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が必要とされる。

【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、下部の旧沢筋に沿って、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、加えて地下水位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する。



参考資料

対策工例

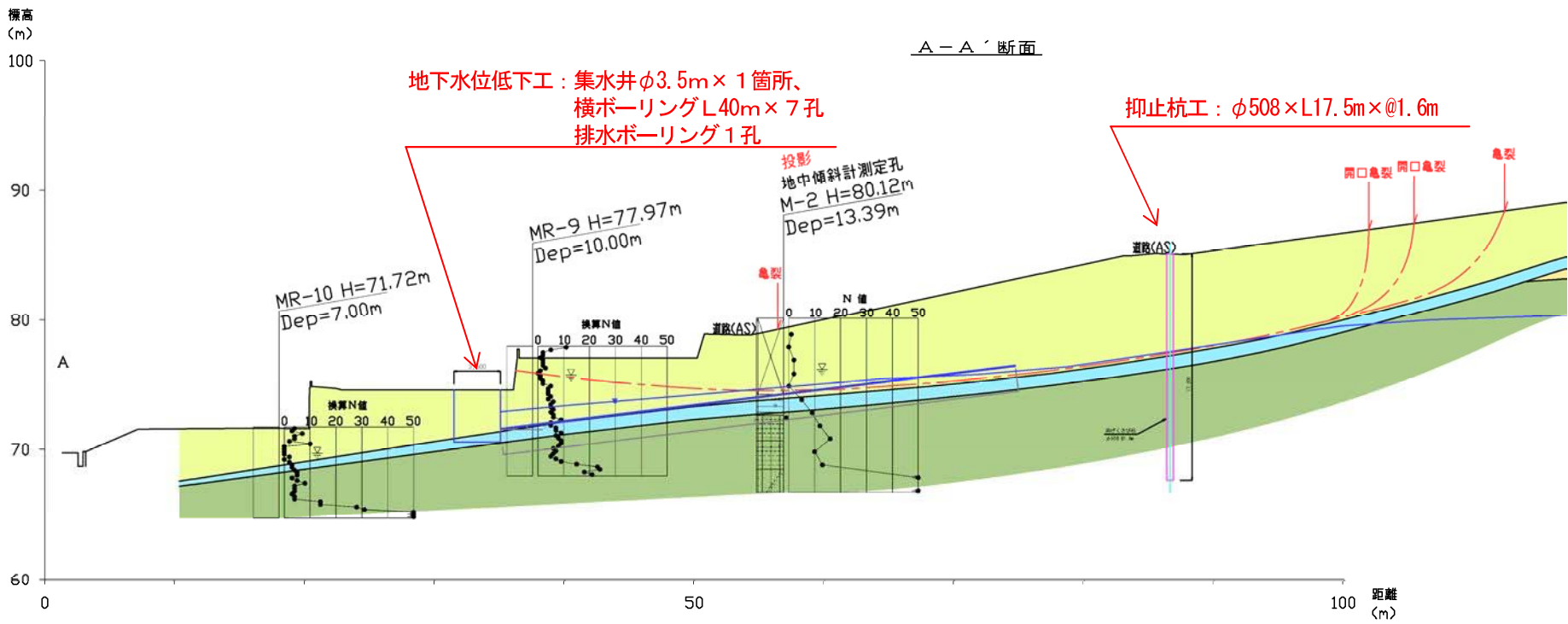
抑止杭＋地下水位低下工

■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： $F_s = 1.2$
地震時： $F_s = 1.0$



地盤のクラック(引張り)
段差が顕著なクラック(引張り)
地盤のクラック(圧縮)
擁壁のハلامي、迫り出し

抑止工適用範囲
地下水位低下工適用範囲

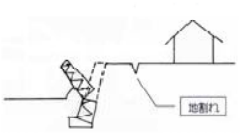

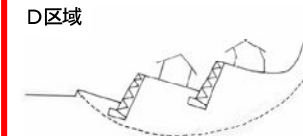
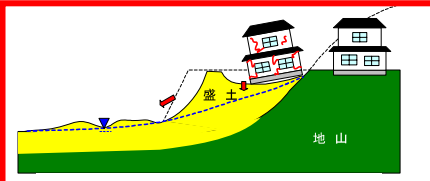
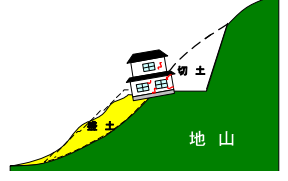
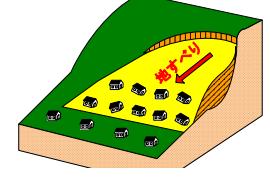
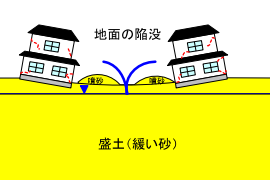

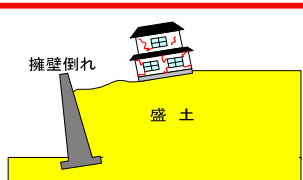
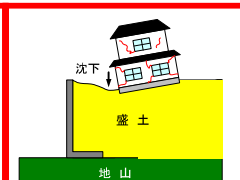
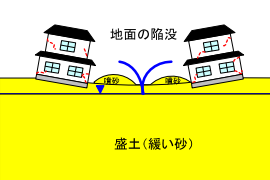
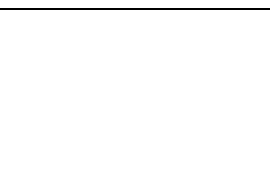
抑止杭
集水井と横ボーリング

被災宅地の復旧検討 「大埴町地区」

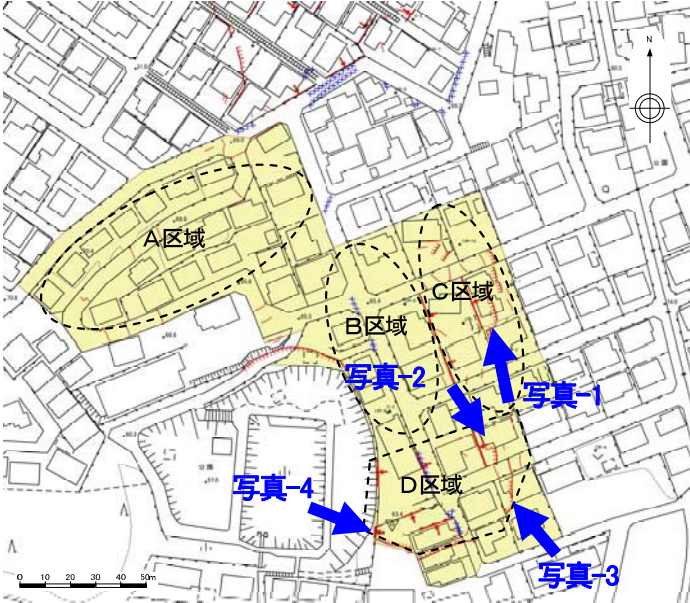
1. 概要書

区 名	太白区	地区名	大埸町	主な街区	14・16・17・18・19・20・23・24番街区の一部
-----	-----	-----	-----	------	-------------------------------

【被害概要】

被害分類				
	<p>被災タイプ A</p>			
被害宅地				
	<p>被災タイプ B</p>		<p>被災タイプ C</p>	
被害要因				
	<p>① 谷埋め型盛土に起因</p>		<p>② 腹付け型盛土に起因</p>	
被害要因				
	<p>③ 地すべり地形に起因</p>		<p>④ 切盛境界に起因</p>	
被害要因				
	<p>⑤ 擁壁の安定性不足に起因</p>			
被害要因				
	<p>⑥ 緩い盛土に起因</p>		<p>⑦ 地盤の液状化に起因</p>	

【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. 変状メカニズム

【宅地被害の状況】

おおとや公園北側の区域（A区域）では、幅 60m×長さ 100m の範囲に、舗装路面の亀裂、舗装と宅地との隙間が生じた。

公園東側の区域（B～D区域）では、概ね北～南に延伸する開口亀裂群とおおとや公園に挟まれる幅 130m×長さ 80m の西向ひな壇型谷埋盛土内に地盤の亀裂、擁壁の迫出し、不同沈下が発生した。

【造成履歴及び盛土の分類】

本地区は昭和 30 年代前半に造成された住宅地であり、青葉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め型盛土の土地である。

【盛土および地下水の状況】

盛土材料は『砂礫質粘土』に分類され、盛土の厚さは0～7m（平均3m）、おおとや公園及び北向に厚くなっている。また、地盤の相対的な締り程度を示すN値はN=0～2のところが多く、『非常に柔らかい』脆弱な地盤に区分される。

地下水位は、概ね盛土の基底面（＝旧表土の上面）に想定され、部分的には比較的高い位置に確認されている。

【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、慣性力を誘因として、斜面上の盛土や構造物が斜面下方向へ移動する変状が多数発生した。

おおとや公園北側の区域（A区域）では地震動の慣性力により、舗装路面の亀裂等を生じたが、地盤の滑動は発生していない。

公園東側の区域（B～D区域）のうち、C区域は旧地形の遷急線沿いに地盤が滑動したものの、前面のB区域が滑動しなかったため、盛土内すべりには至らなかった。

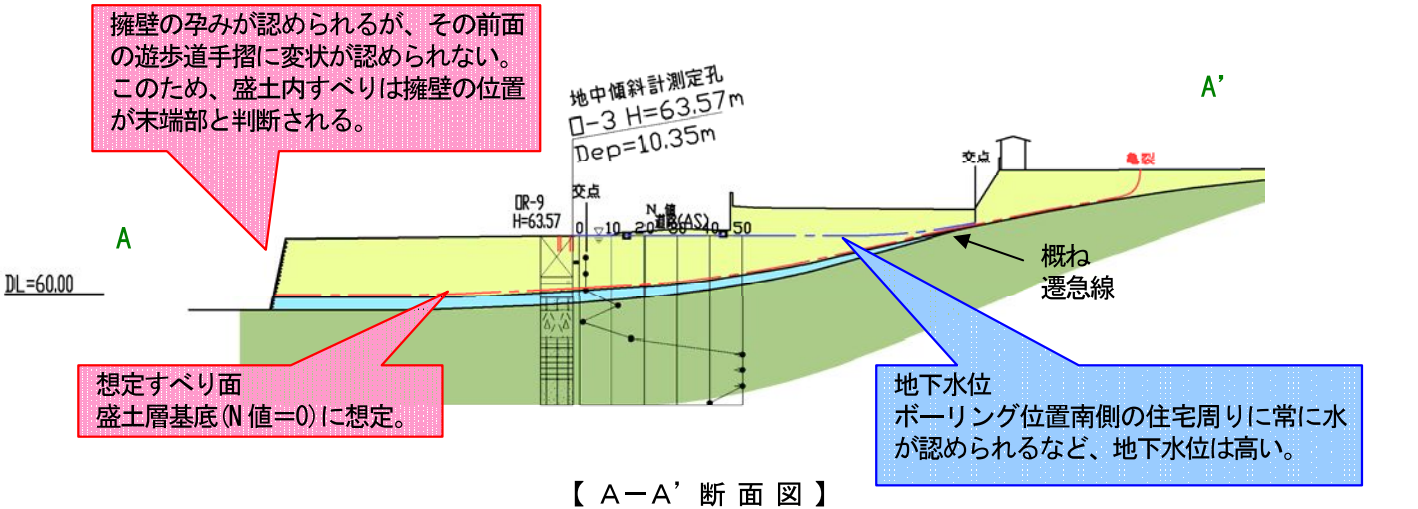
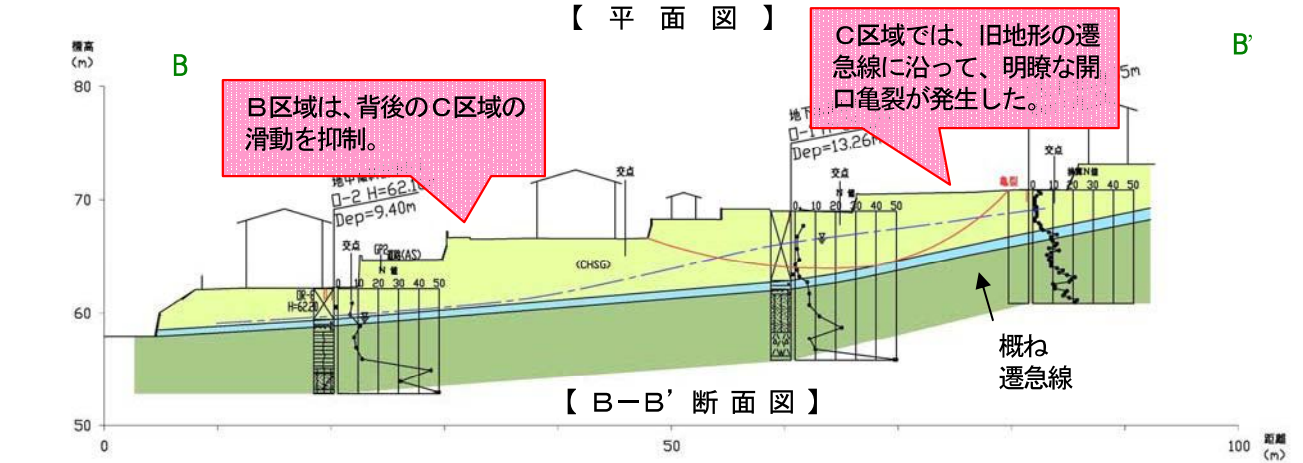
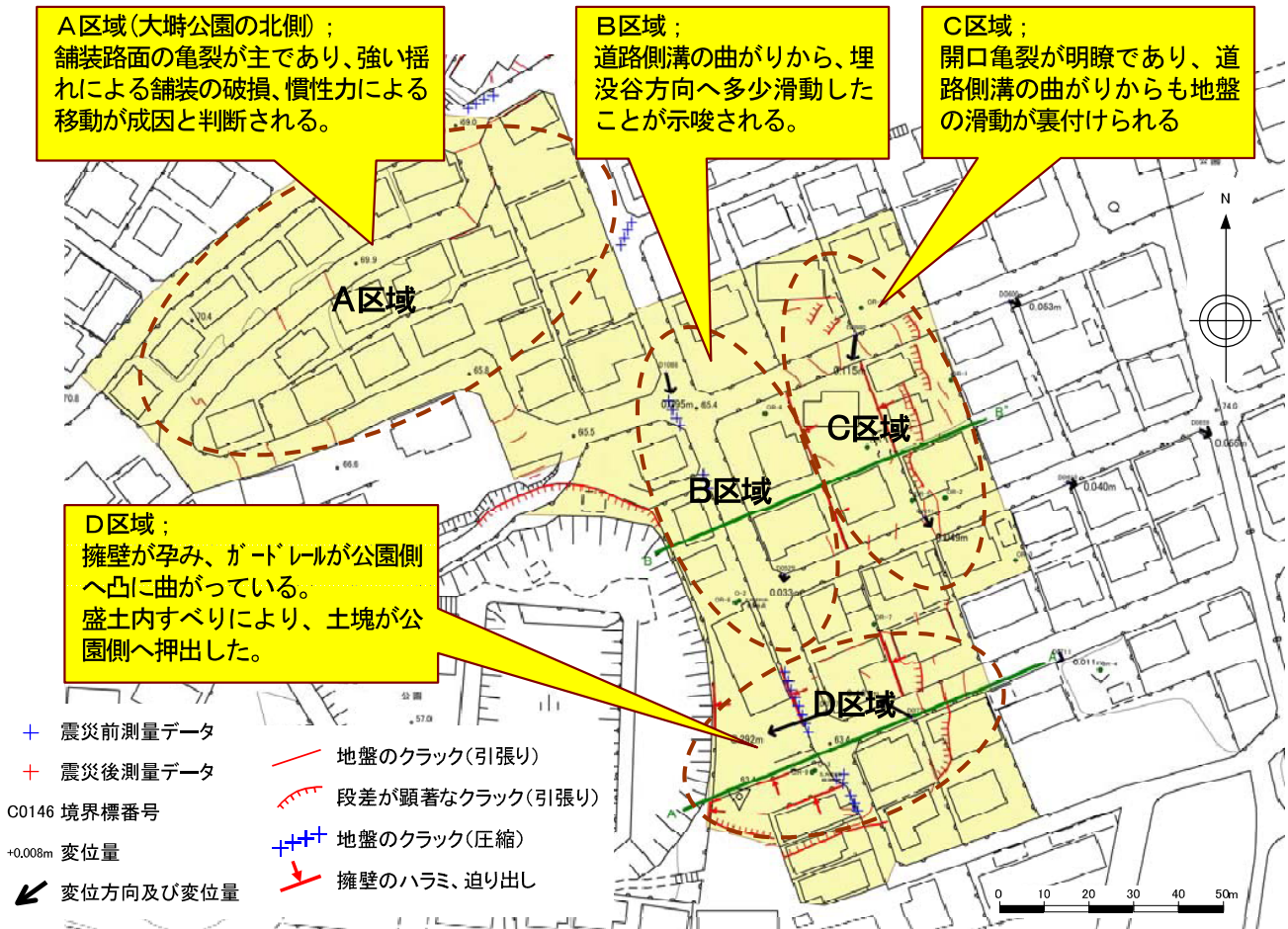
D区域は、東西 70m×南北 40m の盛土地盤が、変位量測定の結果からも 30cm 程度おおとや公園方向へ移動したことが明らかであり、盛土内すべりが生じたと認められる。

素因	<ul style="list-style-type: none">浅い谷地形に盛られた谷埋め盛土盛土のN値は、0～2 と非常に柔らかい地下水位が高い
誘因	<ul style="list-style-type: none">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地下水+地震動+粘性土質の盛土材⇒泥濘化による強度低下

変状発生	<p>A区域およびB区域；</p> <ul style="list-style-type: none">強い地震動が長時間作用したため、慣性力により擁壁および路面の移動が生じた。 <p>C区域；</p> <ul style="list-style-type: none">慣性力により旧地形の遷急線に沿って盛土の滑動を生じた。 <p>D区域；元々軟弱な盛土が地震動により不安定化し、特に脆弱であった旧表土（有機物混じり粘土）との境界面をすべり面として、盛土の滑動が発生した。</p>
------	---

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 Peck ¹⁾)		
N 値	q _u (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	強い
15～30	196.2～392.4	非常に硬い
30～	392.4～	固結した

盛土
腐植物混じり粘土(旧表土)
砂 礫
岩 盤(大年寺層)
--- 想定地下水位
--- 想定すべり面
■ 土質試験実施位置



3. 対策方針

本地区の対策工は、地盤の滑動が明らかなおおとや公園東側の区域（C～D区域）において必要とし、盛土内すべりに至っていないC区域については抑制工を、盛土内すべりに至ったD区域についてはすべり抑止効果を有する抑止工および地下水排水工が必要とされる。

【説明】

上記選定結果に至った理由を説明する。

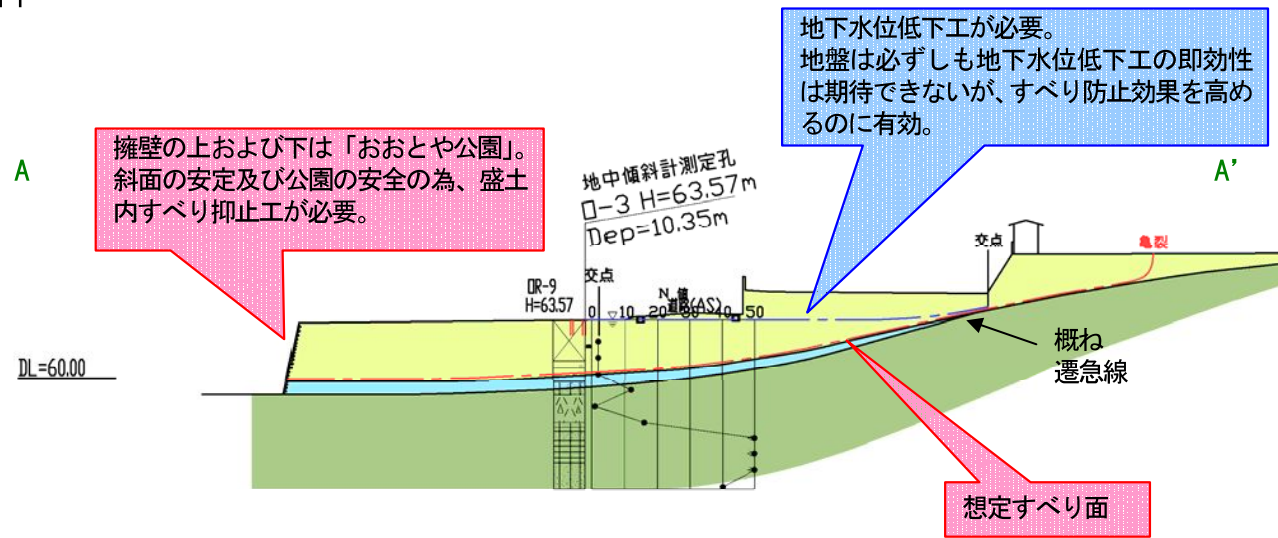
A区域及びB区域は地盤の一体の滑動は生じていないと判断されることから、抑止工、抑制工ともに必要としない。

C区域では開口幅・落差ともに最大 30cm 程度の明瞭な亀裂が発生したが、斜面下方のB区域で地盤の変位が極めて僅かに留まっている（右の平面図参照）。

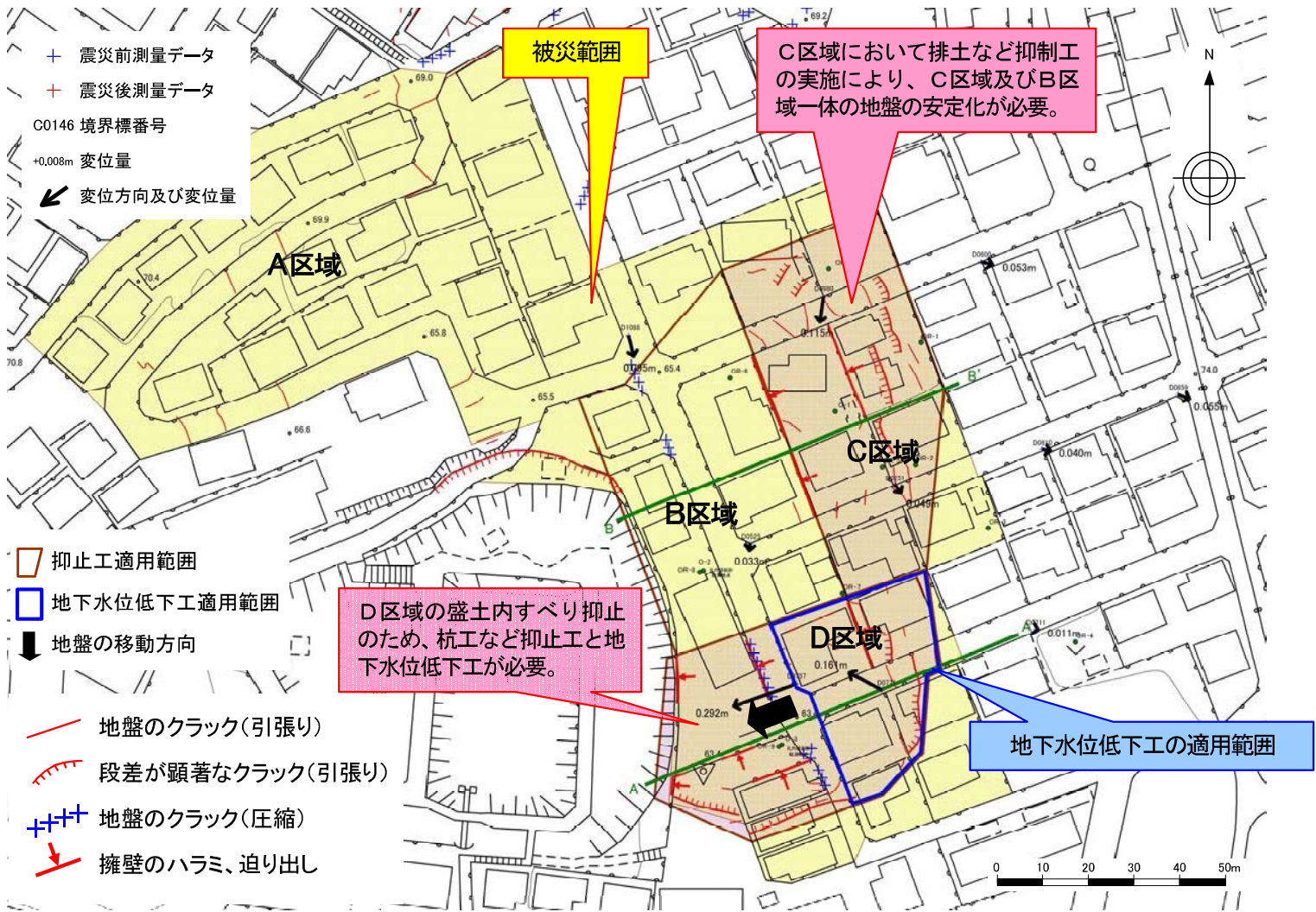
以上のことから、C区域のみを対象に排土などの抑制工を行うことにより、C区域・B区域一体の地盤の安定を図ることができる。

D区域は、現時点での変位量は約 30cm であるが、区域末端部がおおとや公園であることから地盤の安定化が求められ、区域全体の地盤を対象に、すべり抑止効果の高い抑止工と地下水位低下工が必要とされる。

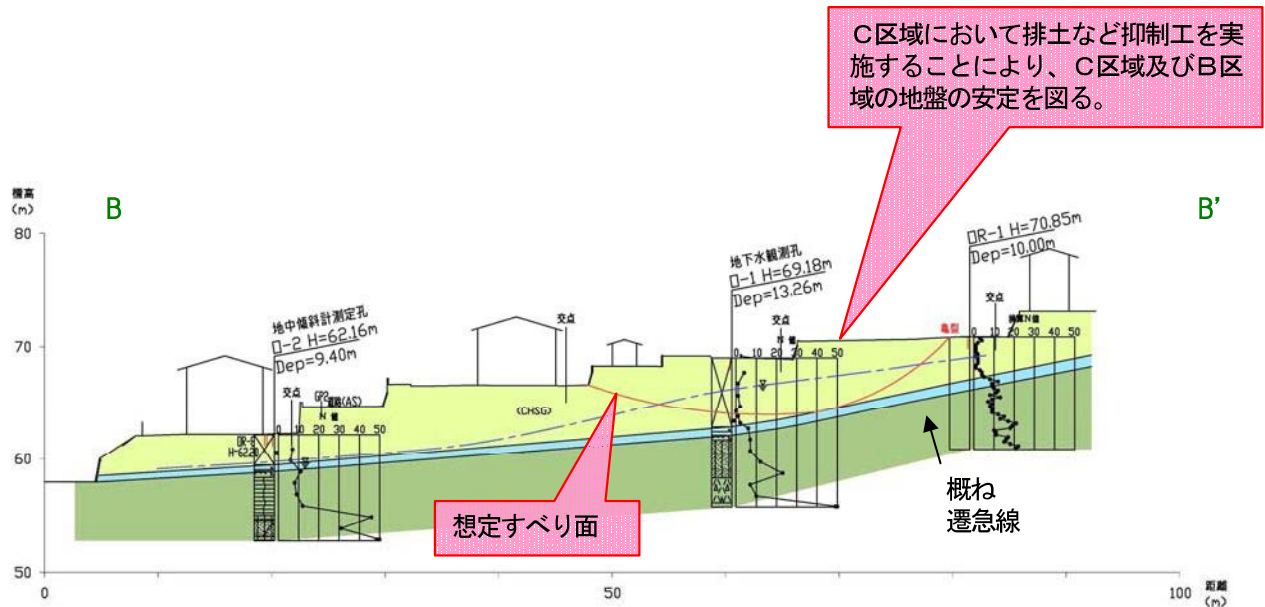
- 盛 土
- 腐植物混じり粘土(旧表土)
- 砂 礫
- 岩 盤(大年寺層)
- 想定地下水位
- 想定すべり面
- 土質試験実施位置



【 A-A' 断面図 】



【対策工平面図】



【 B-B' 断面図 】

參考資料

対策工例

C区域；排土工

D区域；抑止杭＋地下水位低下工

■対策工の設置理由と目的

【C区域 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。

【D区域 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。

【D区域 地下水位低下工】

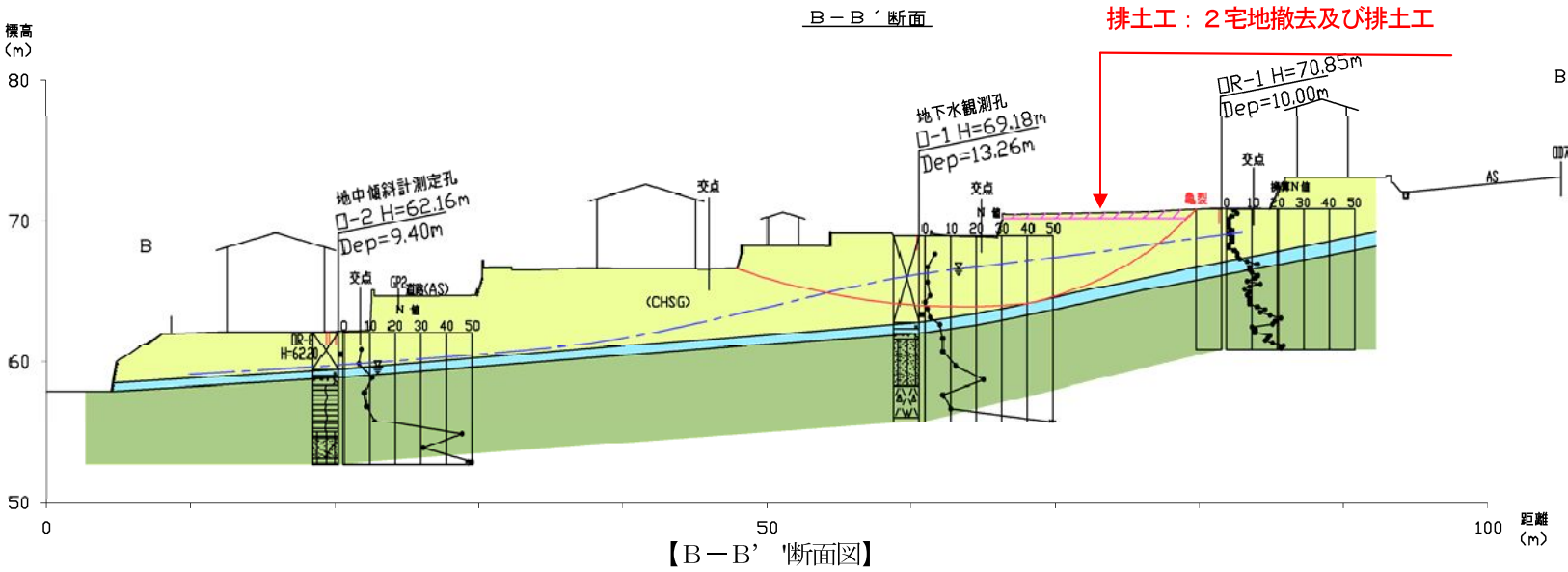
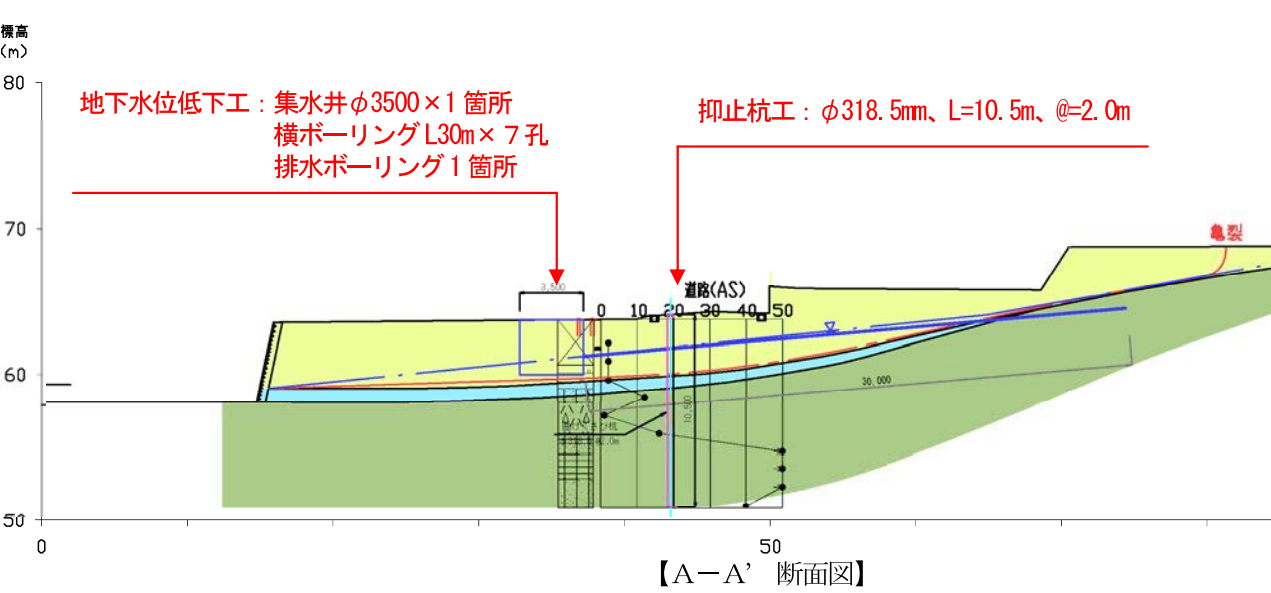
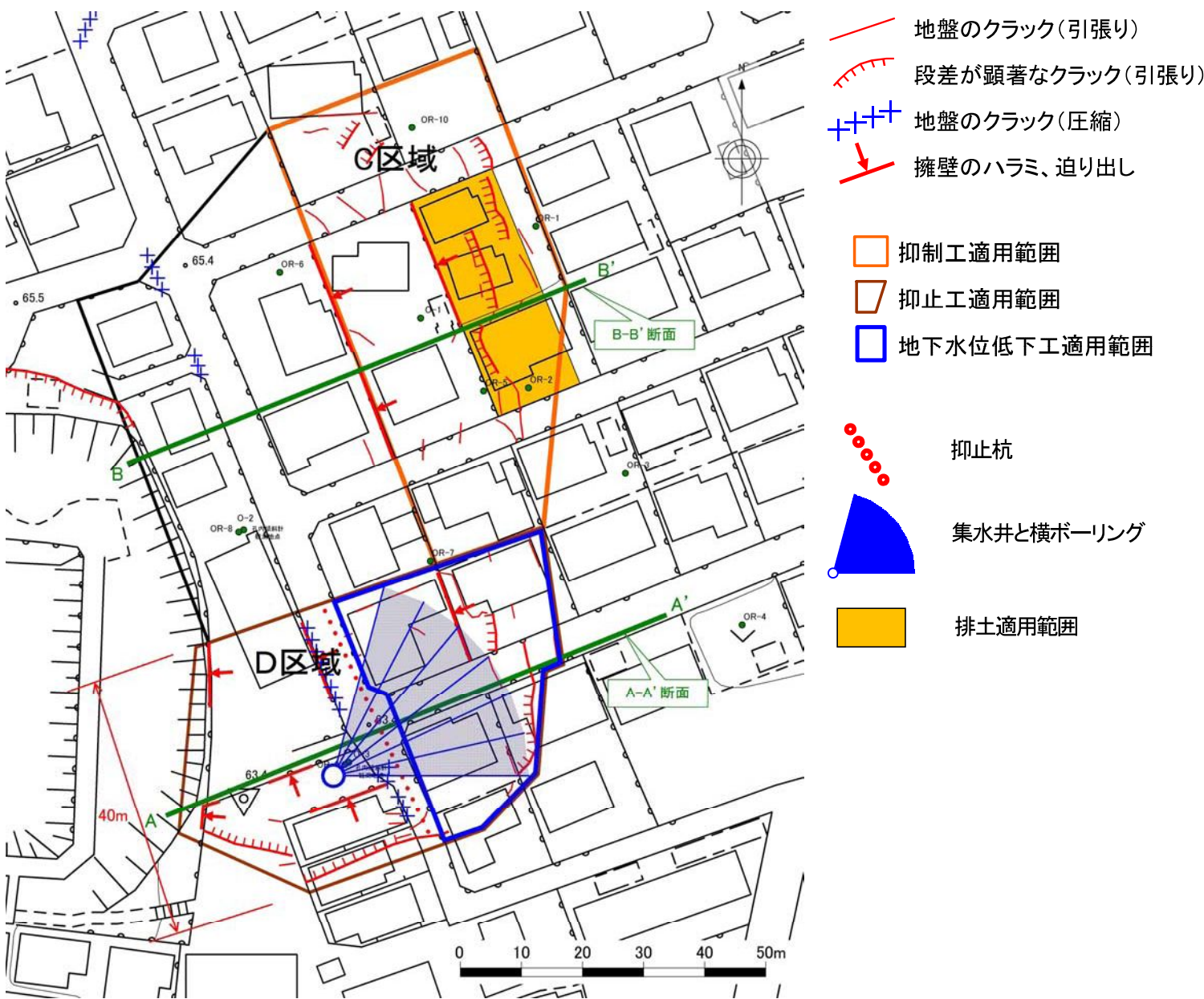
地盤浅部の地下水位を低下させることによって移動土塊中の地下水を排除し、これにより移動土塊の滑動力を低減する。

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： $F_s=1.0$

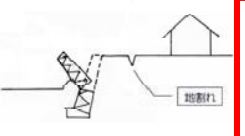
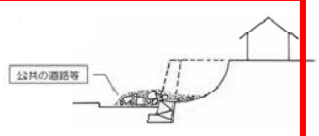
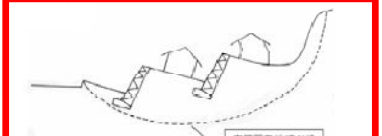
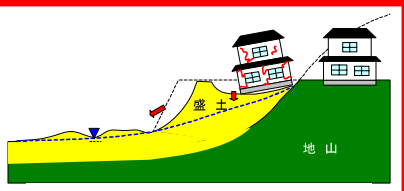
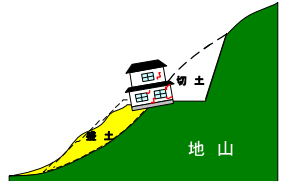
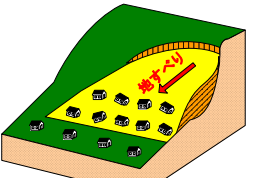

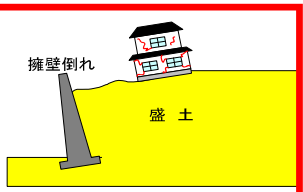
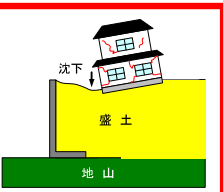
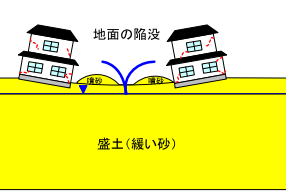


被災宅地の復旧検討 「恵和町地区」

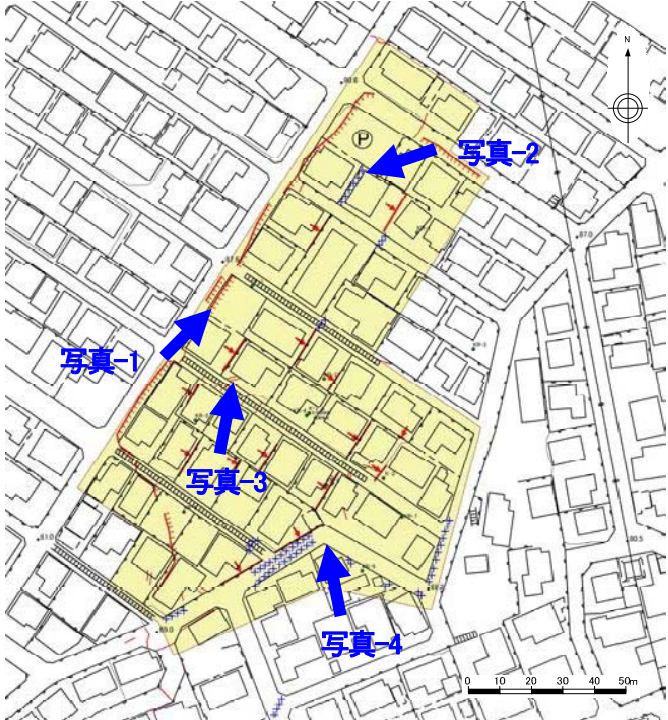
1. 概要書

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	<div>被災タイプ A</div> <div>被災タイプ B</div> <div>被災タイプ C</div>			
被害宅地	面積	約 13,500m ²	宅地数	53 宅地
被害要因	<div>① 谷埋め型盛土に起因</div> <div>② 腹付け型盛土に起因</div> <div>③ 地すべり地形に起因</div> <div>④ 切盛境界に起因</div> <div>⑤ 擁壁の安定性不足に起因</div> <div>⑥ 緩い盛土に起因</div> <div>⑦ 地盤の液状化に起因</div>			

【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. 変状メカニズム

【宅地被害の状況】

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。

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。

【造成履歴及び盛土の分類】

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。

【盛土及び地下水の状況】

盛土材料は『細粒分質砂質礫』に分類され、盛土の厚さは3～15m（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1m程度の高い位置に確認されている。

【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。

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。

素因	<ul style="list-style-type: none">谷埋め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	<ul style="list-style-type: none">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。

変状発生	<ul style="list-style-type: none">地震動が長時間作用したため、谷埋め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。局部的に地盤の液状化が発生。
------	--

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、30cm程度貫入
>50	非常に密な(very dense)	同上、5～6cm貫入、掘削にはし必要、打込み時金属音

注) 鉄筋はφ13mm

社)地盤工学会、2004.6 地盤調査の方法と解説 p263 及び p267 より引用



3. 対策方針

本地区の対策工法としては、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ことが必要とされる。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。

【説明】

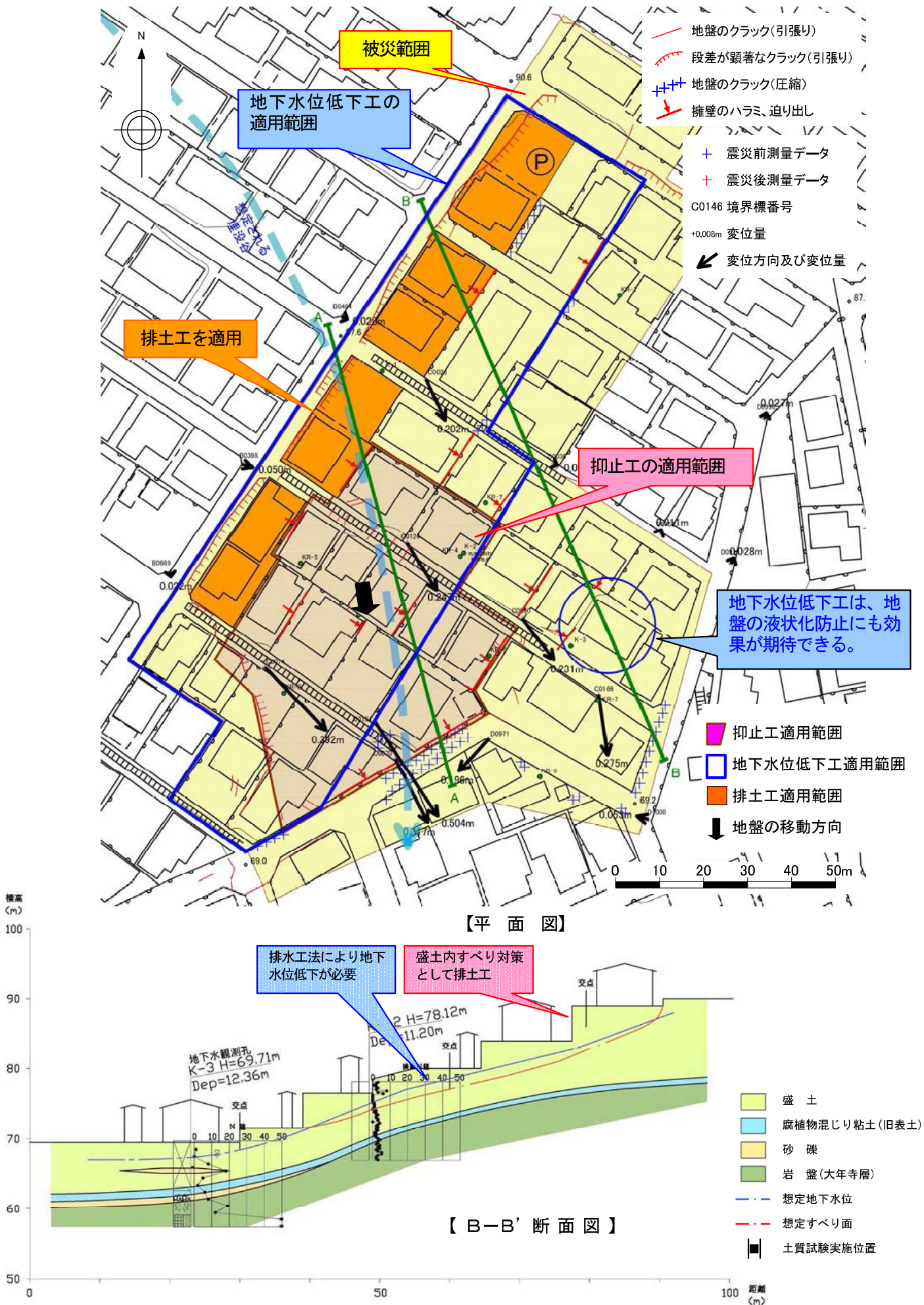
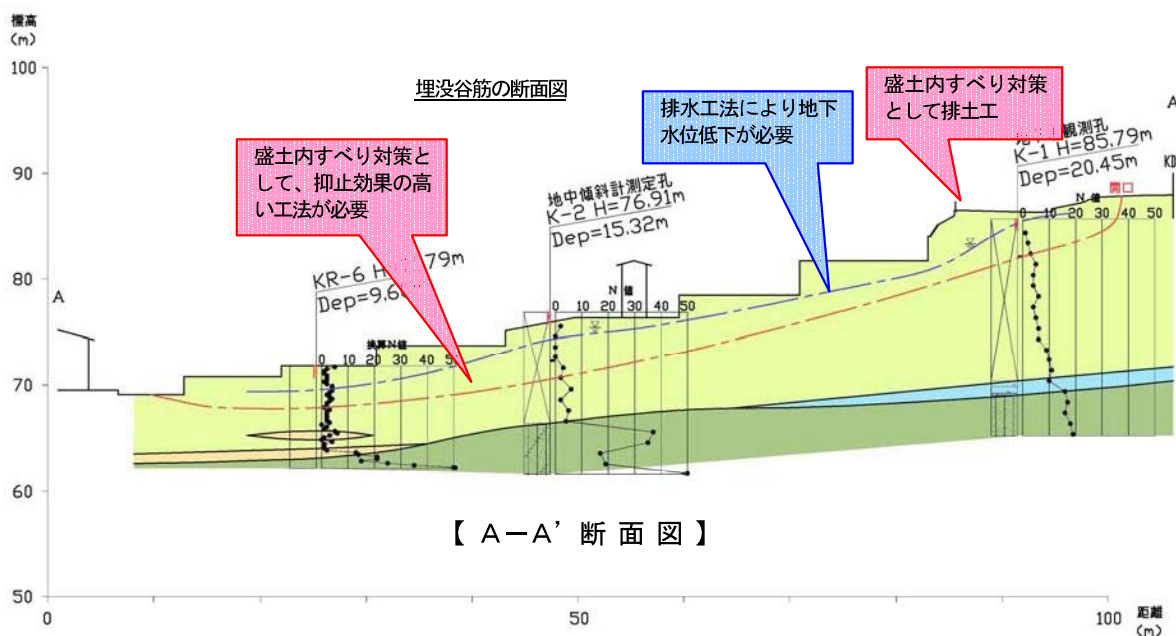
此の地区の地盤変状は、強い地震の慣性力が地盤を滑動させ、擁壁の崩壊・^{せり}迫出しを生じたものである。埋没谷の左岸と、谷筋～右岸とで変動に違いが生じ、左岸は地盤の変形程度の滑動に留まったが、谷筋～右岸は盛土内すべりに至ったと考えられる。ただ何れにおいても地盤の滑動を防止するには、移動土塊と基盤とを一体化する抑止工の採用が考えられる。

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。

- ・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。

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。

- ・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。



参考資料

対策工例

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。

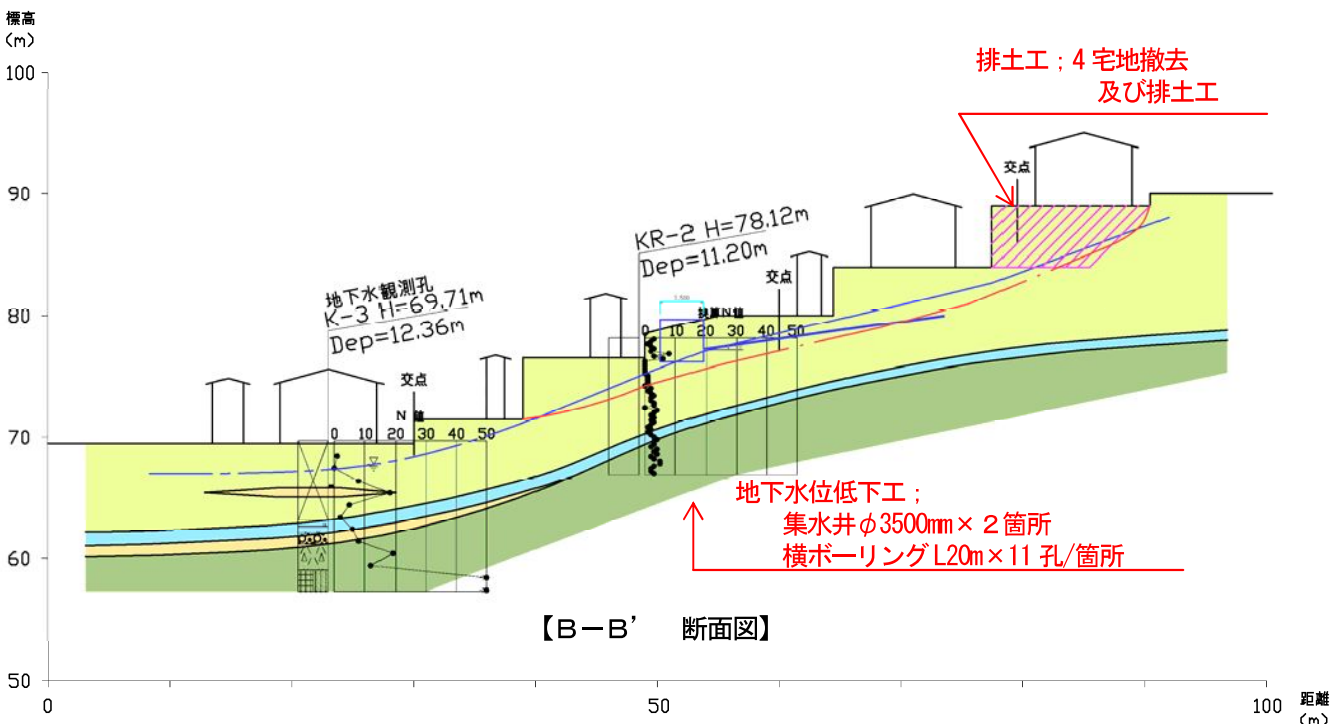
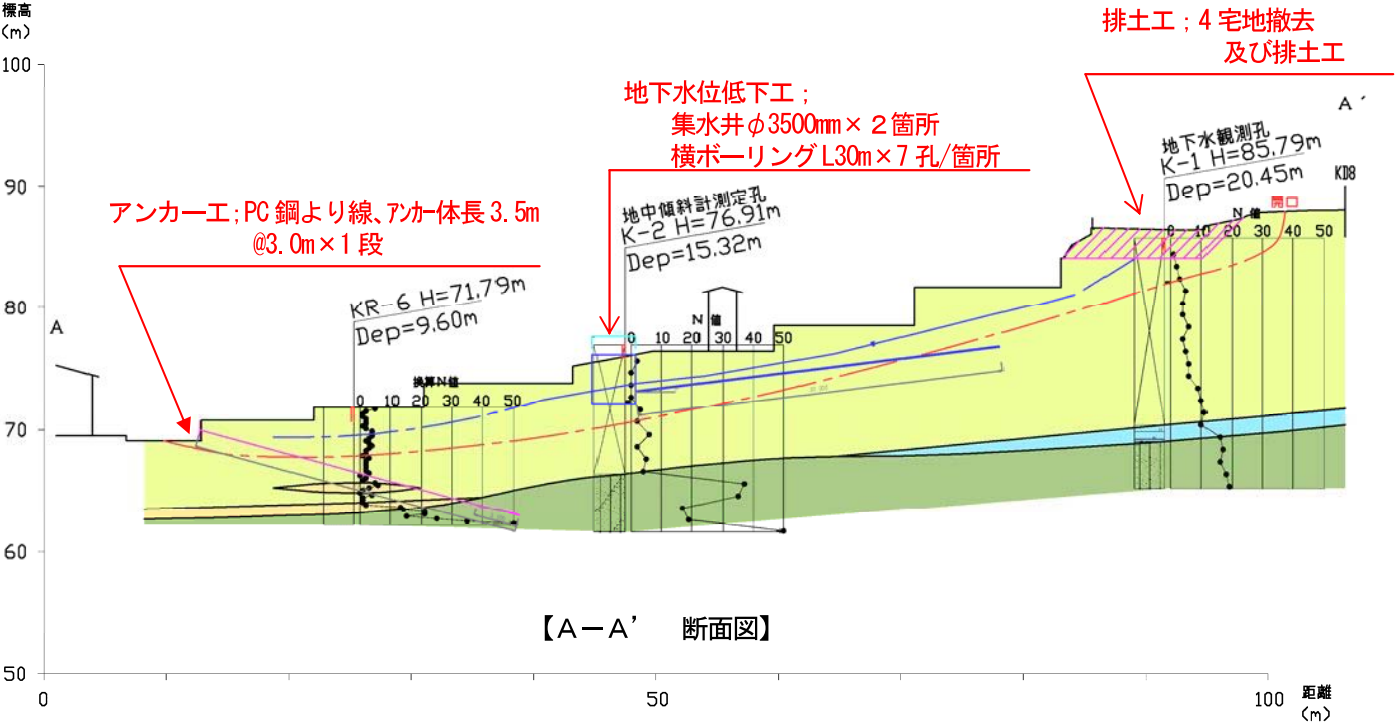
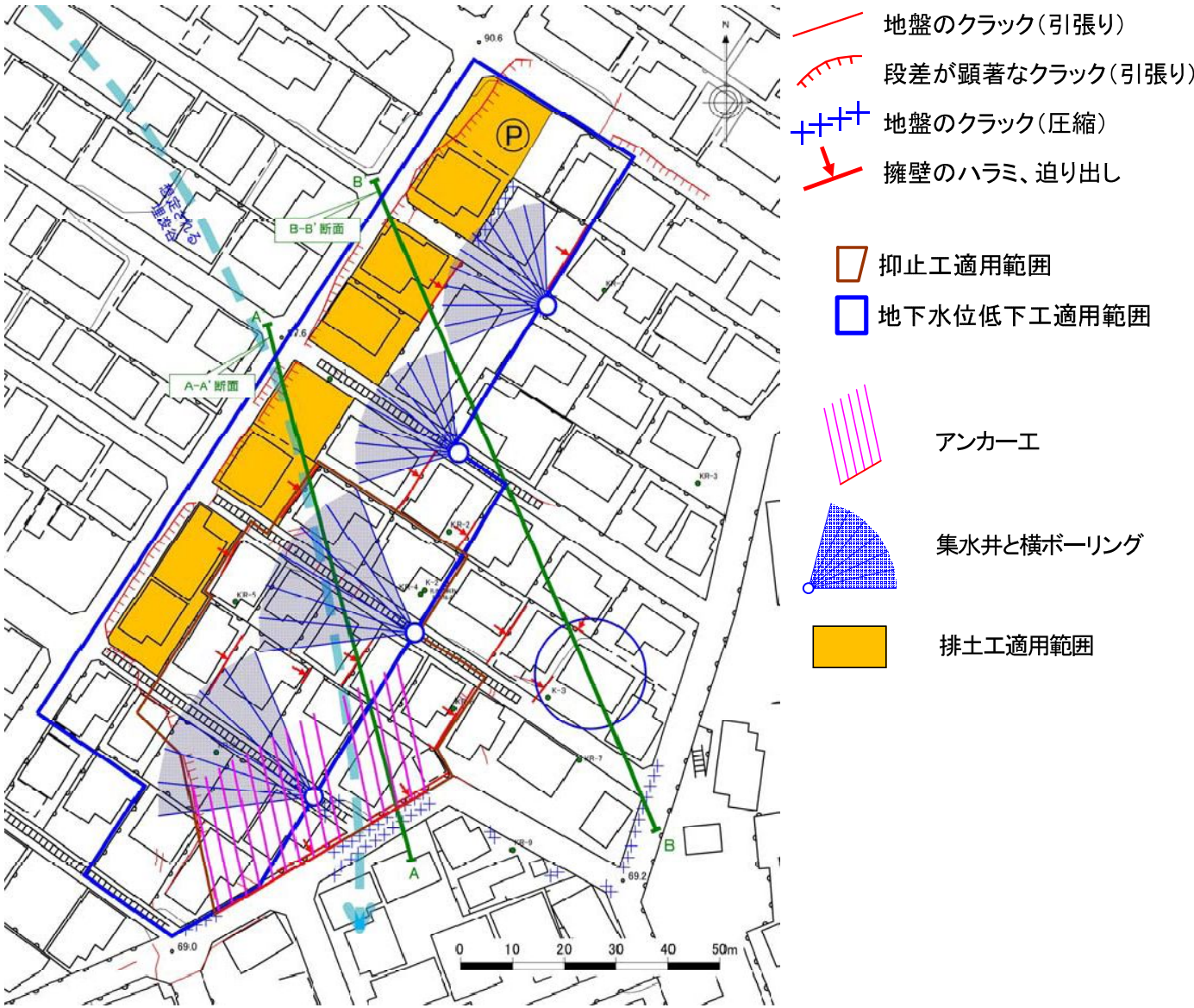
【排土工】
滑動土塊の頭部の荷重を除去することにより、土塊の滑動力を低減する。

【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；Fs=1.2

地震時；Fs=1.0



被災宅地の復旧検討

「高野原一丁目（北）地区」

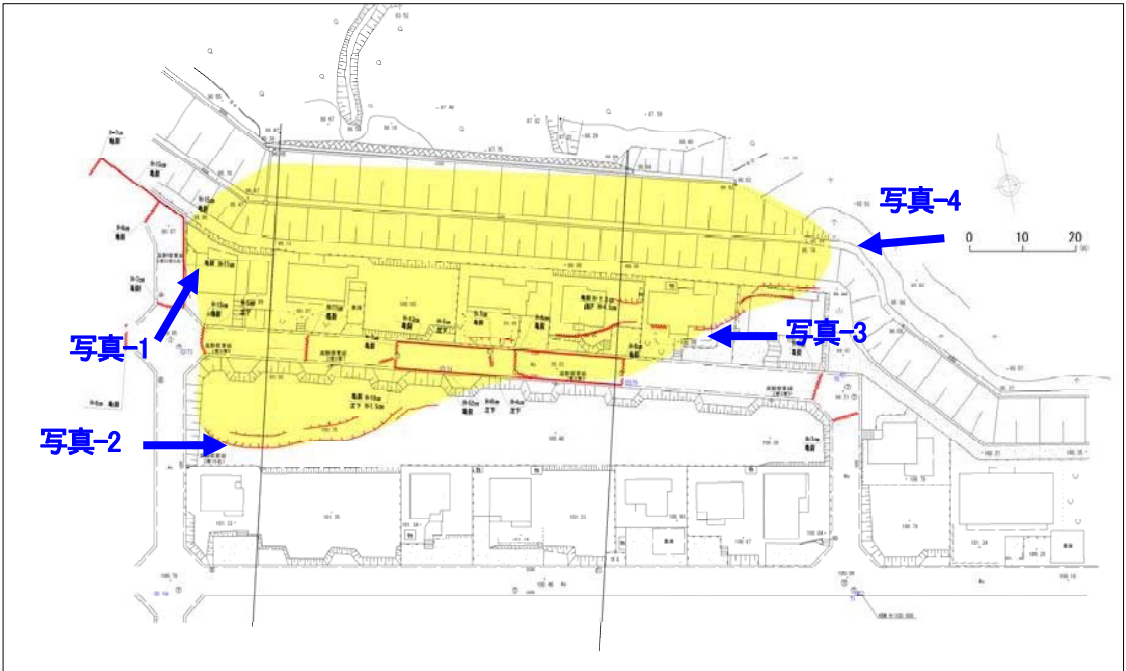
1. 概要書

区 名	青葉区	地区名	高野原一丁目	主な街区	2～4 番街区
-----	-----	-----	--------	------	---------

【被害概要】

被害分類	<div><div>被災タイプ A</div><div>被災タイプ B</div><div>被災タイプ C</div></div>			
被害宅地	面積	約 6,600m ²	宅地数	10 宅地
被害要因	<div><div>① 谷埋め型盛土に起因</div><div>② 腹付け型盛土に起因</div><div>③ 地すべり地形に起因</div><div>④ 切盛境界に起因</div><div>⑤ 擁壁の安定性不足に起因</div><div>⑥ 緩い盛土に起因</div><div>⑦ 地盤の液状化に起因</div></div>			

【平面図（被災状況写真位置図）】



【被災状況写真】



写真-1



写真-2

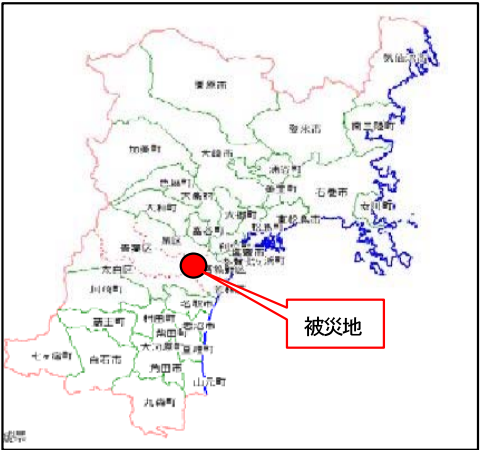


写真-3



写真-4

【位置図】



Yahoo!地図より引用・加筆

2. 変状メカニズム

【宅地被害の状況】

本地区では、幅約 120m、長さ約 55m の範囲において道路を含む宅地造成地の頭部宅盤（空き地）で約 10cm の開口円弧状亀裂が生じた。また、道路は全体に弓なりに変形しており、電柱も谷側へ傾動している。道路は最も大きいところで約 20cm 谷側に変位している。全体的に沈下より水平移動の方が卓越している。

斜面は中腹の宅盤から 2 段の法面が続き末端擁壁に至っているが、末端擁壁は直高 2～3m のブロック積擁壁で、この擁壁には変形や亀裂などの変動の徴候は認められない。

【造成履歴及び盛土分類】

本地区は、平成元年～7 年に造成された場所であり、台地の高いところを切土して谷部を埋め立てたり、低い土地の嵩上げにより土地の拡張を行っ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「礫混じりシルト質砂」に分類され、盛土の厚さは 3～6m（平均 5m）が確認された。地盤の相対的な締り程度を示すN値は N=4～10（平均 6.5）が得られ、「緩い」締り程度である。また、盛土の下位には旧表土（有機物混じり土）が 2m 程度の厚さで確認された。N値は N=2～7（平均 4）を示し、「緩い」締まり程度である。この旧表土は土質試験の結果「シルト質砂」に分類され、湿潤密度 $\rho_t=1.697\text{g/cm}^3$ 、自然含水比 $W_n=52\%$ が得られた。

地下水位は、掘進時に地表面下 1～3m 付近で確認され、比較的高い位置に分布している。

【変状メカニズム】

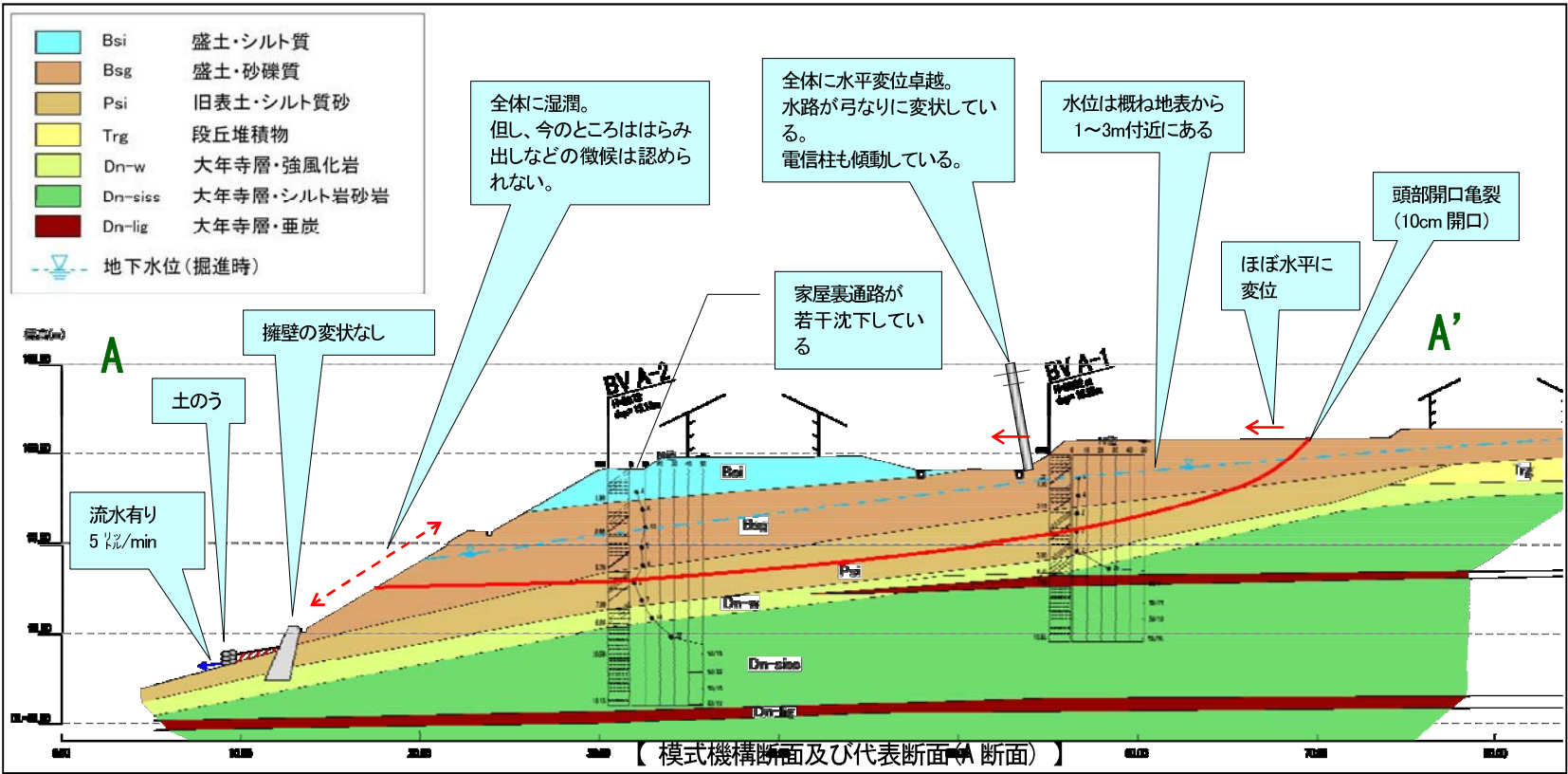
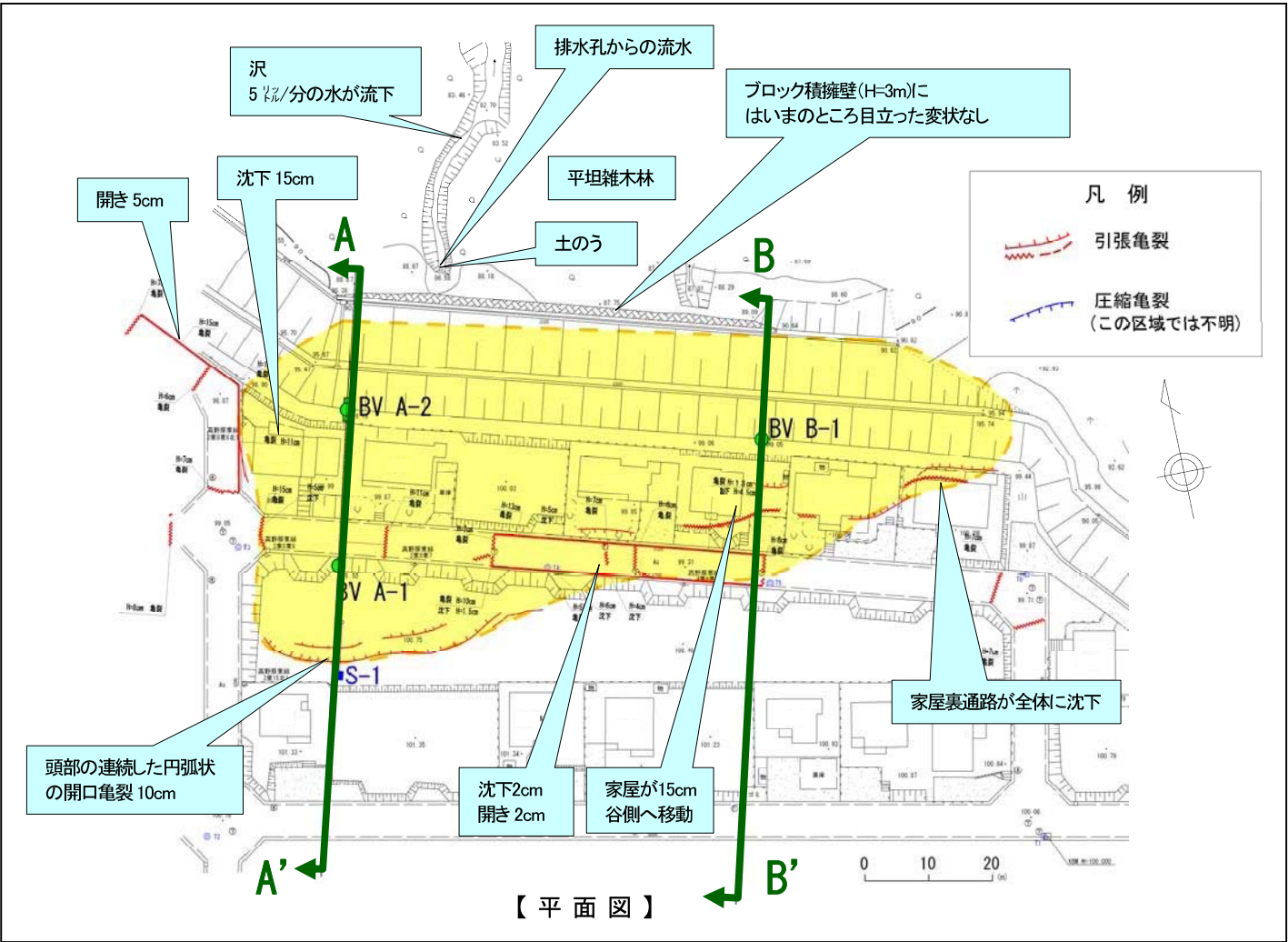
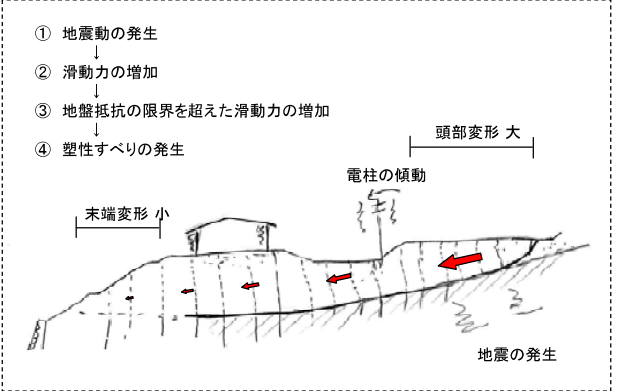
本地区の変状は、開放側である谷側に向かう盛土の変状で、変状箇所の大半は盛土切土境界部に位置する。水平変位が卓越することから盛土土塊が全体に谷側へすべったものと判断される。しかし、末端の擁壁部や法面に明確な変状が生じていないことから、頭部の変位は末端で徐々に吸収されて小さくなっているものと判断される。主たるすべりの変位箇所は N 値が最も小さくなる盛土底面～旧表土付近（深度 4～6m 付近）と想定される。

素因	<ul style="list-style-type: none">やや「緩い」材質の盛土（現地発生土の由来として大年寺層の強風化砂岩）と旧表土（シルト質砂）の存在谷埋め盛土で集水しやすく、地山地下水が全体に高い
誘因	<ul style="list-style-type: none">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	<ul style="list-style-type: none">地震動により盛土中の特に脆弱な部分が上下左右に揺すられ、過剰間隙水圧などが発生し盛土～旧表土（シルト質砂）内ですべりが発生した。すべりの変位は水平方向が卓越するが、頭部から末端に欠けて変位は徐々に吸収され末端変位は少ない。
------	--

N 値と砂の相対密度の関係 (Terzaghi and Peck ¹⁰⁾)		
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 ボンドハンマーで打込み容易
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、掘削にはし必要、打込み時金属腐食
注) 鉄筋は $\phi 13\text{ mm}$		
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 Peck ¹¹⁾)		
N 値	$q_u\text{ (kN/m}^2\text{)}$	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



3. 対策方針

本地区の対策方針としては、まず (1)地震時にすべり助長要因となる過剰間隙水圧を低下させるため地下水排除工を設置し、(2)頭部にある地すべり滑動力を軽減するための滑動力低減工を設置することを提案する。

【説明】

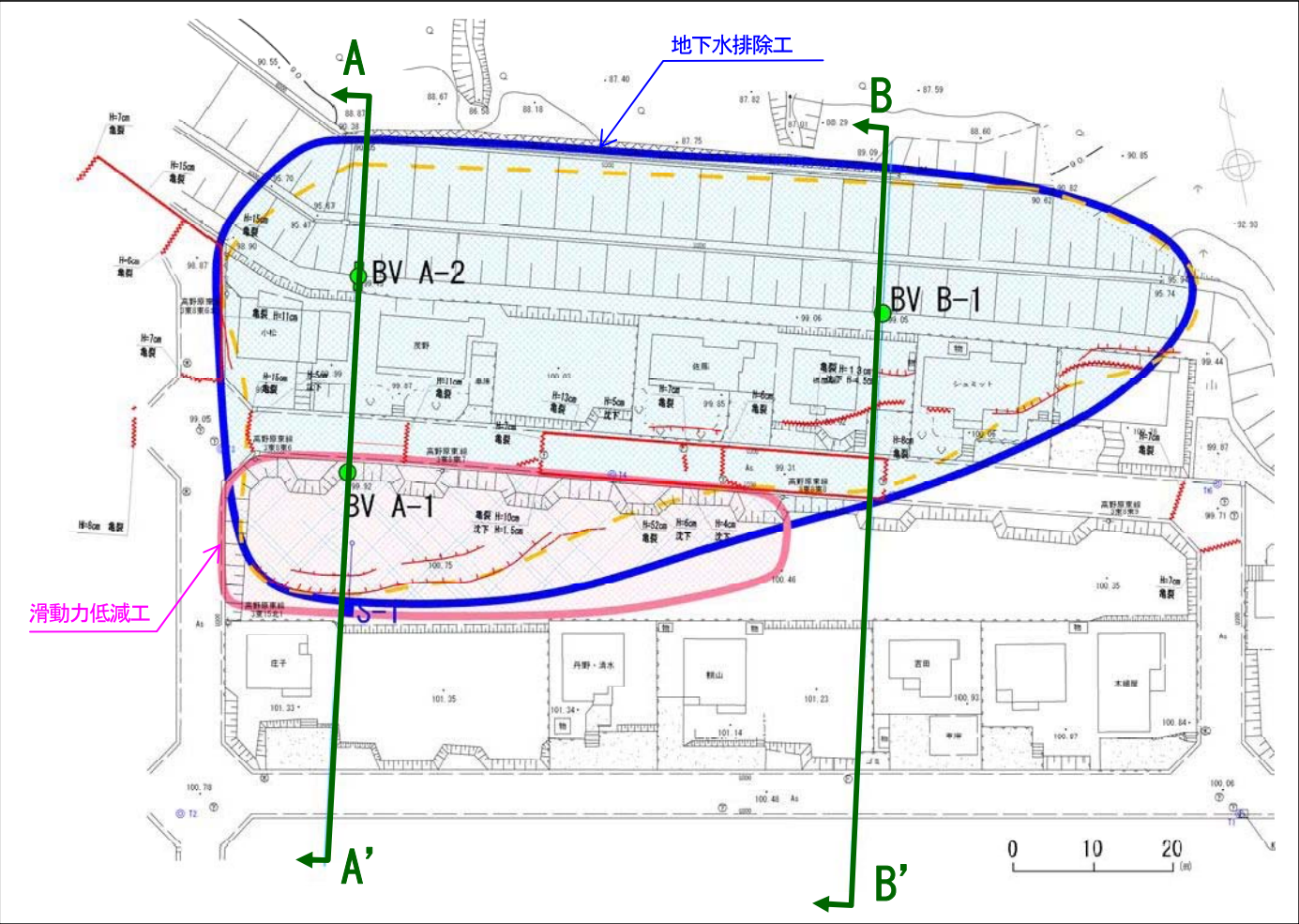
上記選定結果に至った理由を説明する。

(1) 地下水排除工

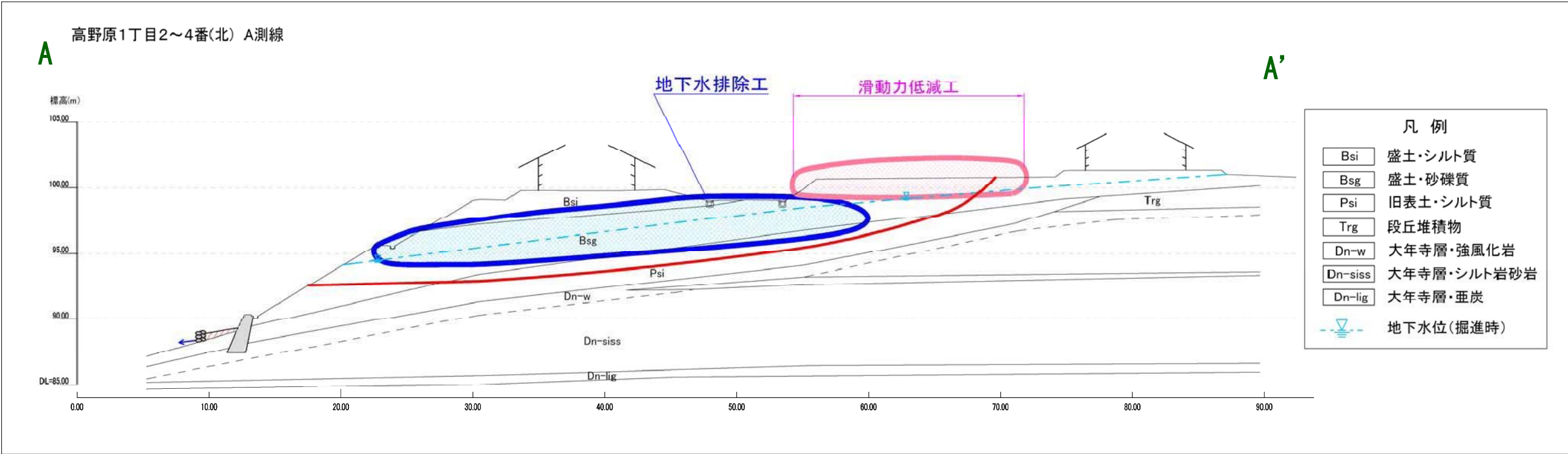
掘進時に地下水が高かったことから、旧表土（Psi 層）付近を地下水制限床とした浅層地下水の存在があって、これが、地震と相まって過剰間隙水圧が発生し、地盤のすべり～変形を助長したと判断される。したがって、まずは暗渠工などによって浅層地下水の排除を行い、地盤の長期安定化を計ることが肝要である。尚、盛土並びに旧表土（シルト質砂）は共に湿潤密度が $\rho_t=1.65\text{g/cm}^2$ 以上で、それほど圧縮性の高い地盤でない。このことから地下水排除による沈下は少ないと予想される。

(2) 滑動力低減工

末端の現象は明確ではないが、頭部の引張現象は明確である。したがって、この部分での切土などの滑動力低減工は有効と判断する。



対策工平面図



対策工断面図

参考資料

1. 工法比較表

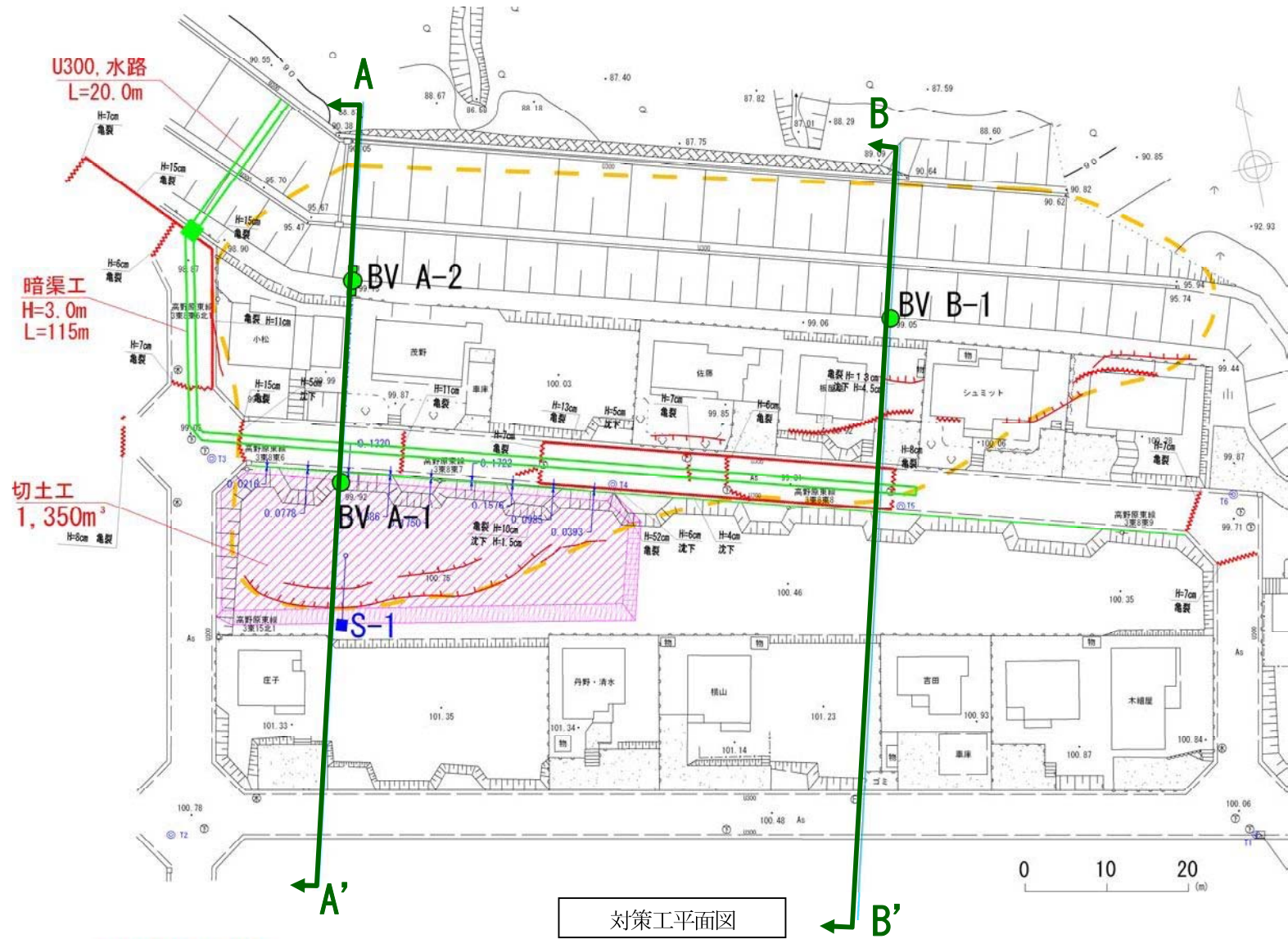
変状メカニズム		<p>当地区のすべりは、幅 120m、奥行き最大 60m の範囲の盛土 (Bsi 層、Bsg 層) もしくは旧表土 (Psi 層) で発生したものと推定される。頭部宅盤 (空地) で約 10cm の開きのある円弧状亀裂の連続などがあり、それは市道及び家屋 (宅地) にも亀裂が及んでいる。道路は全体に弓なりに変形しており、電柱も谷側へ傾動している。道路は最も大きいところで約 20cm 谷側に変位している。全体に沈下より水平移動の方が卓越している。中腹の宅盤からすぐ 2 段の法面が続き末端擁壁に至る。末端擁壁は直高 2～3m のブロック積擁壁で、この擁壁には変形や亀裂などの変動の徴候は認められない。</p> <p>当該地の変状に対し、概ね次の通りの機構が予想される。</p> <ul style="list-style-type: none">◆地震動によって過剰間隙水圧なども発生し、盛土底面～旧表土付近の低 N 値部でせん断強度が低下し、かつせん断強度を上回るような滑動力が生じた。◆その結果、複合円弧状のすべり (塑性変形) が生じ、これにより、宅盤を含めて水平方向に谷側へ変位した。但し、いまのところ末端部では、明確な変位は生じていない。◆今後同等の地震や、梅雨等の長雨、台風の大雨などでも変形量が増大する恐れがある。		
対策方針		<p>当地区の現象は、頭部周辺に開口亀裂があり、弓なり型に谷側へ押し出したような変状を有し、「地すべり」に類似した運動が生じていると予想される。</p> <p>「道路土工 切土工・斜面安定工指針」によれば、地すべり対策工の分類は、大きく抑制工、抑止工に分類されている。抑制工は間隙水圧低減のための「水抜工」と滑動力低減のため排土・盛土などを中心とした「土工」に大別される。</p> <p>当地区は、浅層地下水があり、地震時には過剰間隙水圧の発生も懸念される箇所である。したがって、まずは地下水排除の選定を基本とする。地下水の位置からすると、地表から近い位置に分布する地下水を排除することが重要であり、暗渠工が望まれる。暗渠は、施工位置は限られているが、効率的な場所として道路上に配置することとする。また、現況をできるだけ保全する工法として切土工、杭工、グラウンドアンカー工の 3 案について検討した。</p>		
工法案		A 案 [切土工]	B 案 [グラウンドアンカー (ロータリーパーカッション)]	C 案 [抑止杭工]
概要	図			
	説明	切土はすべりの滑動力を軽減するものである。 頭部は現況空地であるので、切土が可能である。	グラウンドアンカーを打設して、その緊張力により地震時のすべりを抑止する。アンカーは移動層を貫通し、アンカー体を不動層に設置。末端法面にアンカーを設置し、受圧板で定着する。	鋼管杭を一定のピッチで打設し、杭の曲げ抵抗によって地震時のすべりを抑止する。鋼管杭は移動層を貫通し、不動層に根入れする。
対策工		<ul style="list-style-type: none">▪ 切土工▪ 法面工 (張ブロック)▪ 暗渠工	<ul style="list-style-type: none">▪ グラウンドアンカー工▪ 暗渠工	<ul style="list-style-type: none">▪ 地すべり鋼管杭工▪ 暗渠工
評価		<ul style="list-style-type: none">▪ すべりの推進力となっている頭部土塊を軽減し、安定化を計る。▪ 最も安価な工法である。	<ul style="list-style-type: none">▪ グラウンドアンカーを打設し、すべり土塊を末端で全面的に押さえる最も効果的な工法である。▪ 最も高価な工法である。	<ul style="list-style-type: none">▪ すべり土塊を 2m ピッチの鋼管杭で押さえる一般的な抑止工法であるが、変位を伴う。▪ 経済的には 2 番目であるが、アンカー案との差は小さい。

2. 対策工例

2-1 A案

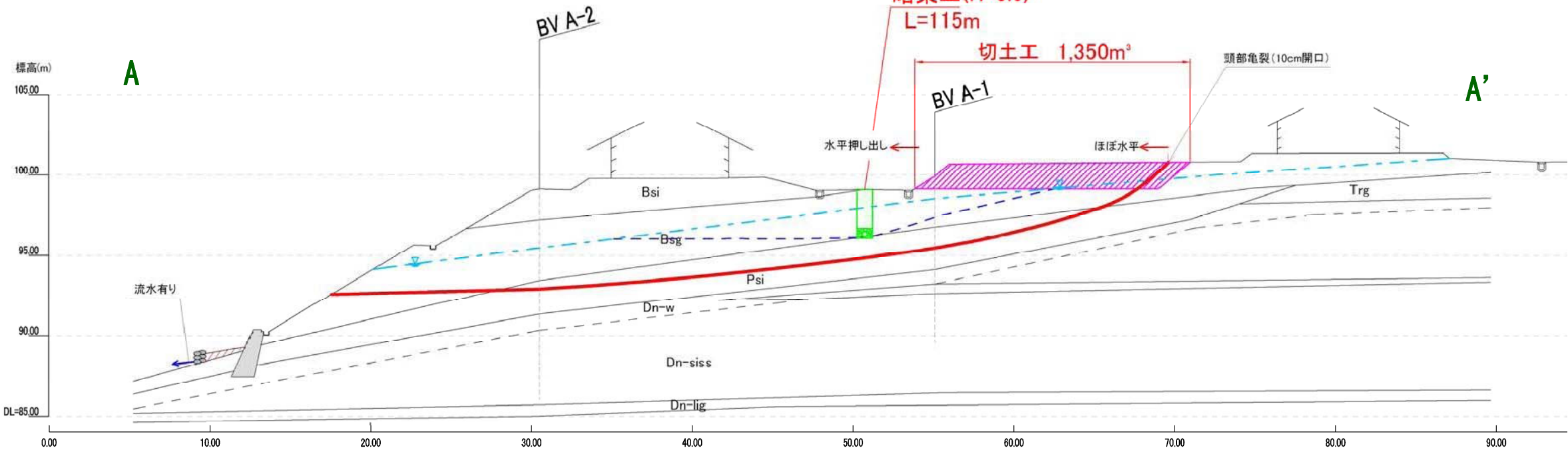
すべりの推進力となっている頭部土塊を軽減し、安定化を計る。
頭部は現況空地であるので、切り土が可能である。

【計画安全率】
常 時 : $F_s=1.20$
地震時 : $F_s=1.00$



対策工平面図

高野原1丁目2～4番(北) A測線



対策工断面図 (A —A' 断面)

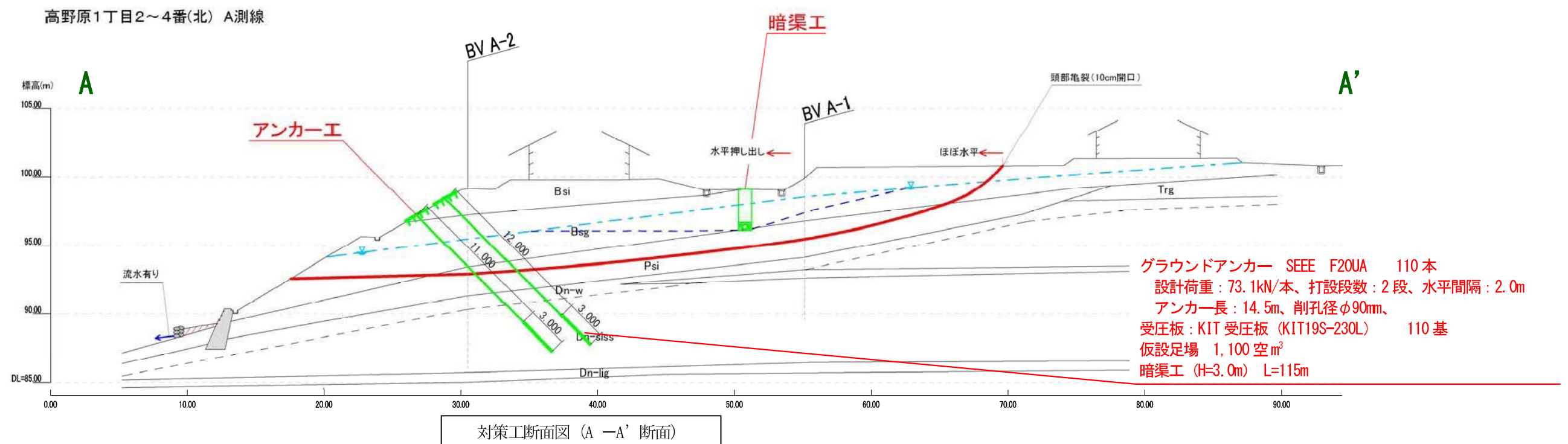
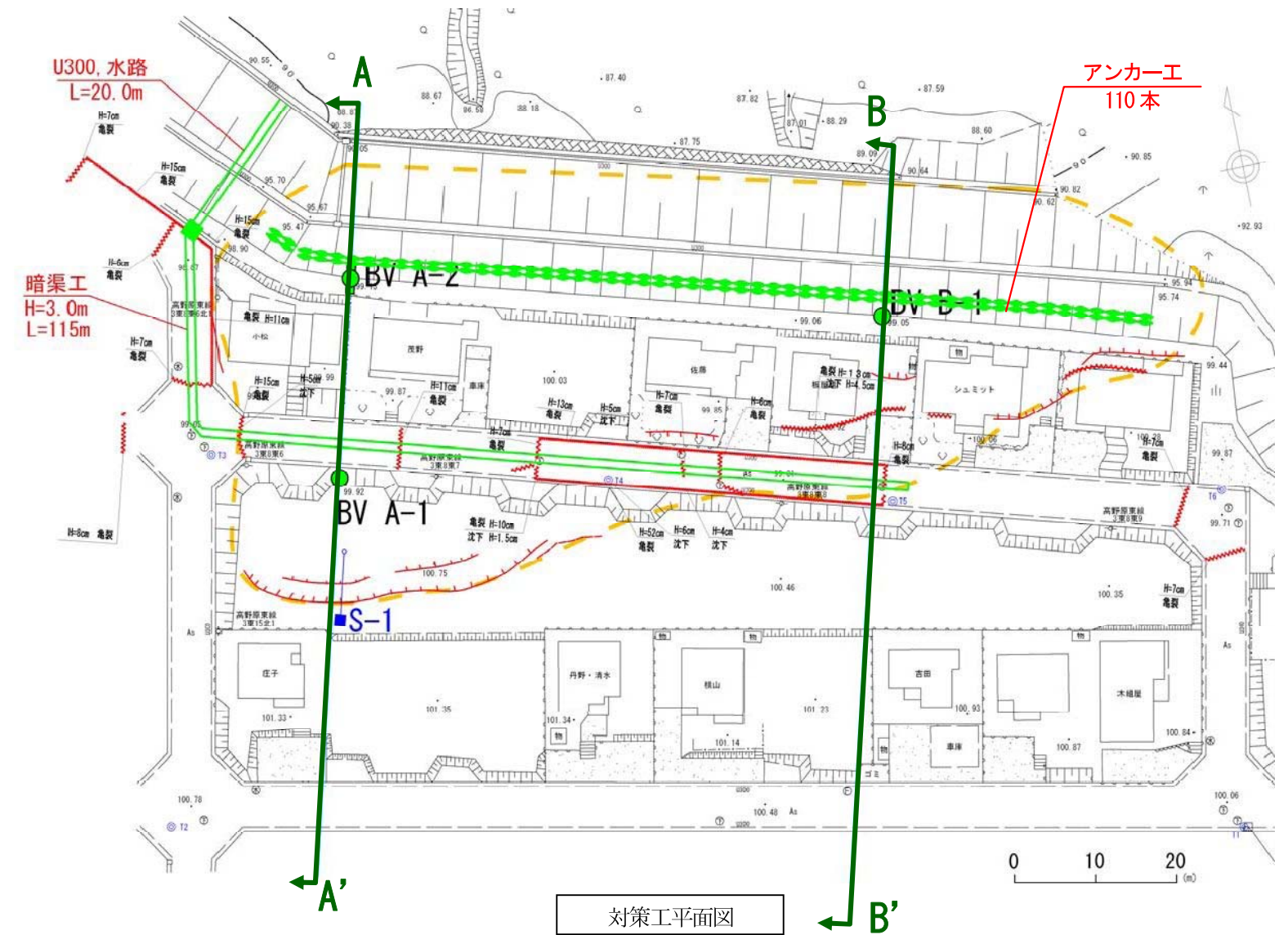
2-2 B案

グラウンドアンカーを打設して、その緊張力により地震時のすべりを抑止する。アンカーは移動層を貫通し、アンカー体を不動層に設置。末端法面にアンカーを設置し、受圧板で定着する。

【計画安全率】

常 時 : $F_s = 1.20$

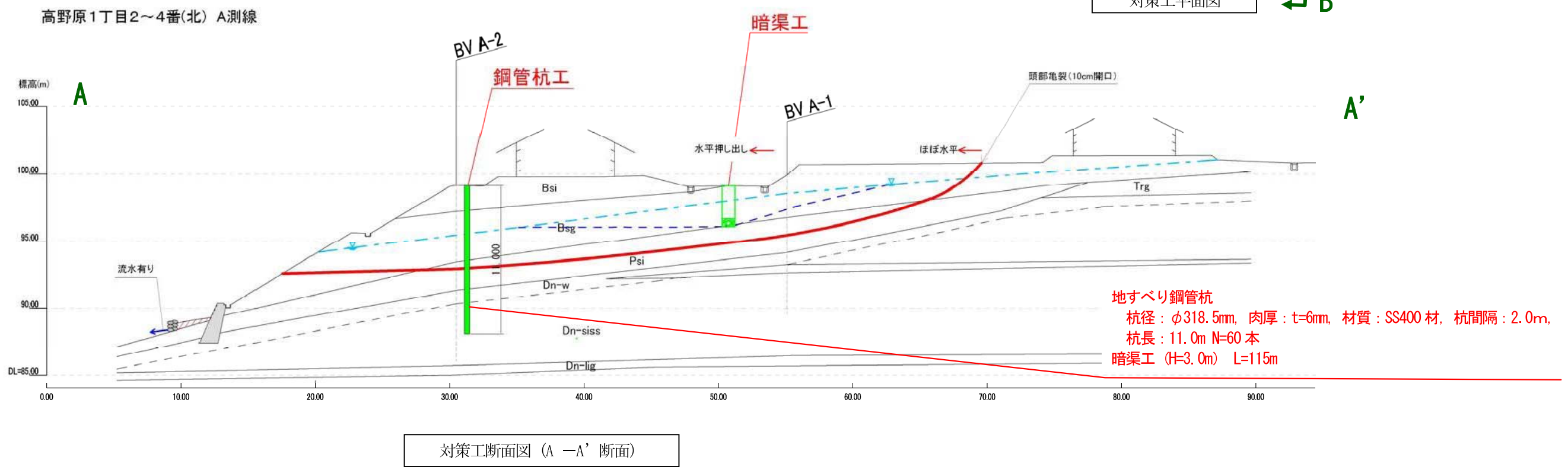
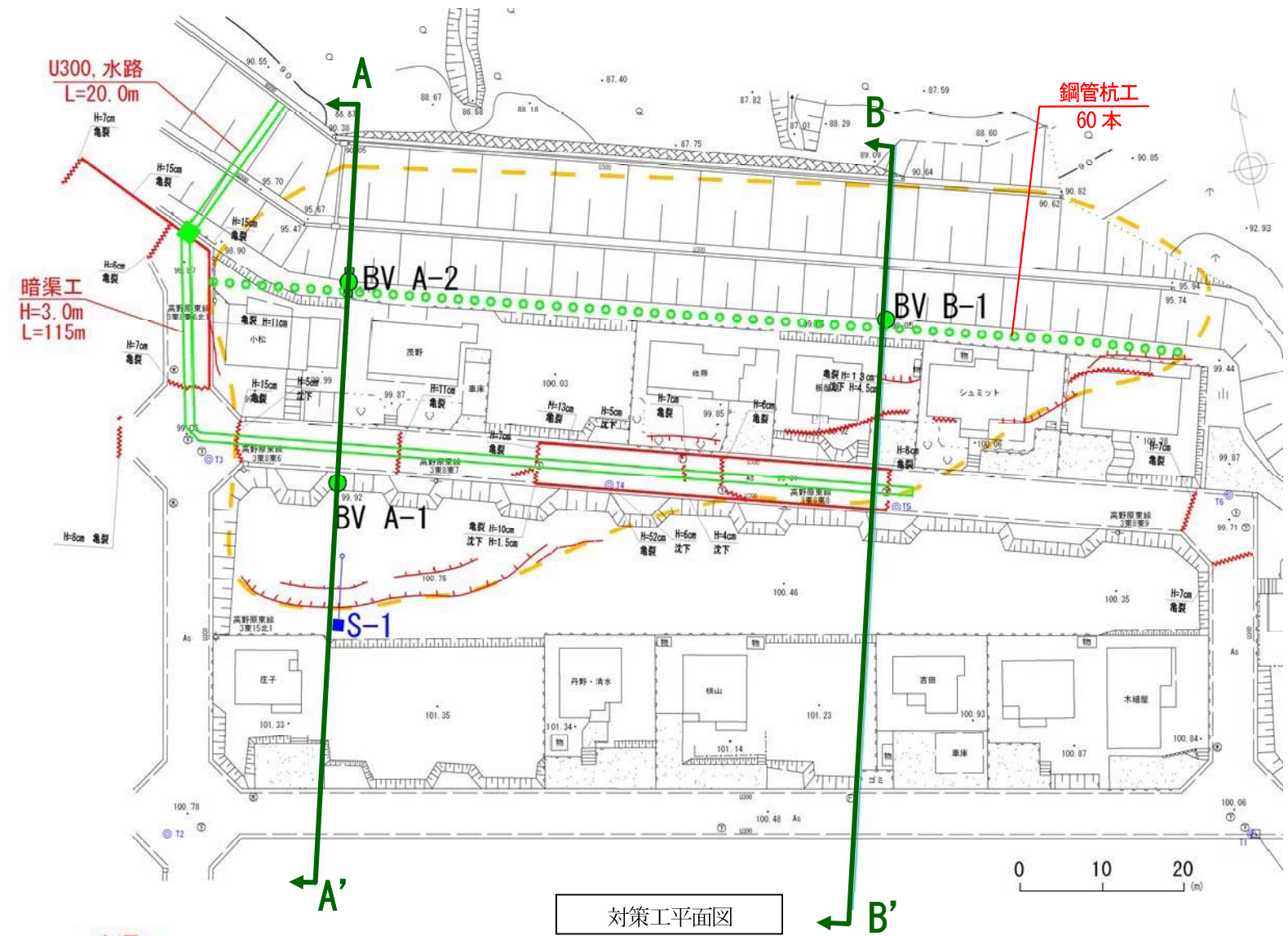
地震時：Fs=1.00



2-3 C案

鋼管杭を一定のピッチで打設し、杭の曲げ抵抗によって地震時のすべりを抑止する。鋼管杭は移動層を貫通し、不動層に根入れする。

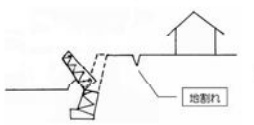

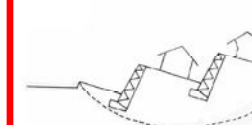
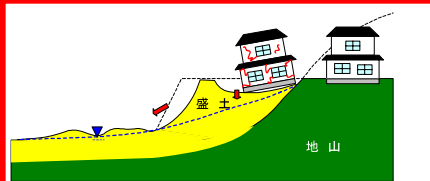
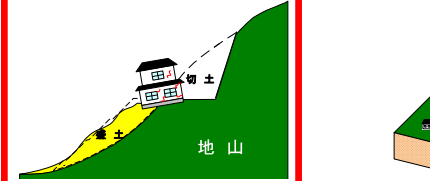
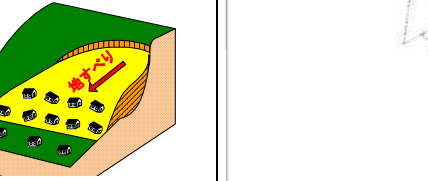
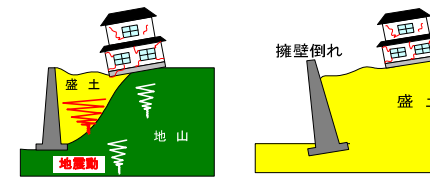
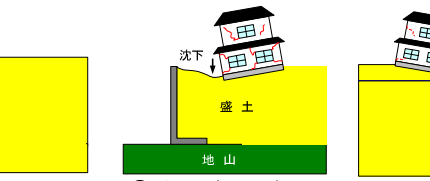
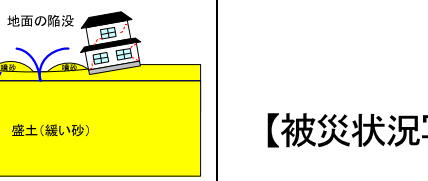

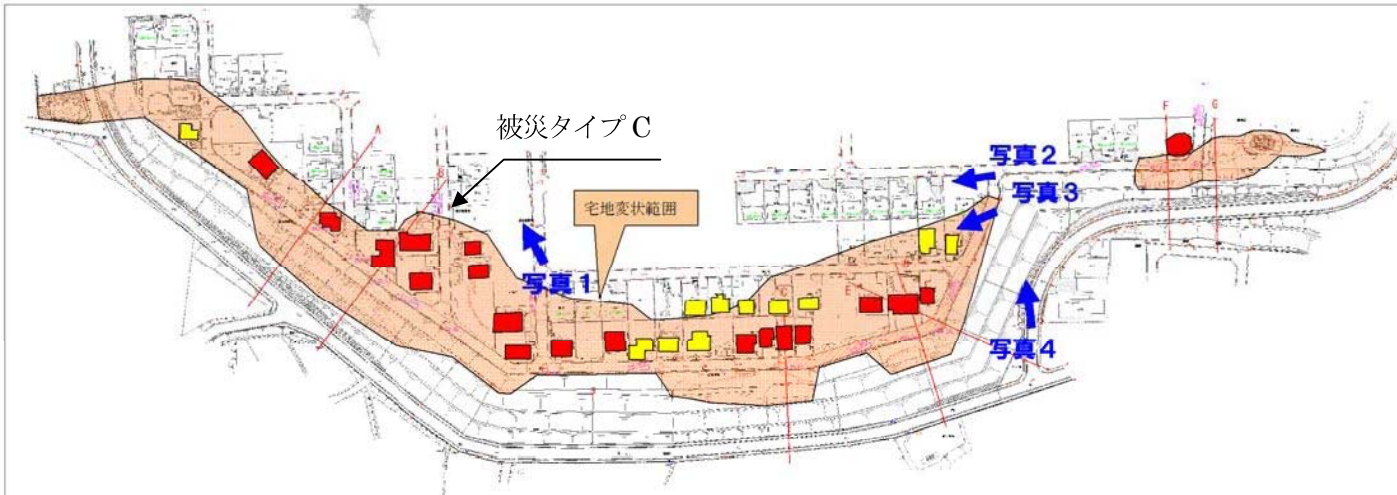






【計画安全率】
常 時 : $F_s=1.20$
地震時 : $F_s=1.00$



被災宅地の復旧検討

「高野原二丁目、三丁目地区」

1. 概要書

区 名	青葉区		地区名	高野原2丁目、3丁目	主な街区	二丁目5・6・7・8・9・11番街区の一部及び三丁目4・5番街区の一部番街区
【被害概要】						
被害分類	<div><div> 被災タイプ A</div><div> 被災タイプ B</div><div> 被災タイプ C</div></div>					
被害宅地	面積	約 25,000 m ²		宅地数	41 宅地	
被害要因	<div><div> ① 谷埋め型盛土に起因</div><div> ② 腹付け型盛土に起因</div><div> ③ 地すべり地形に起因</div><div> ④ 切盛境界に起因</div><div> ⑤ 擁壁の安定性不足に起因</div><div> ⑥ 緩い盛土に起因</div><div> ⑦ 地盤の液状化に起因</div></div>					
【平面図（被災状況写真位置図）】						
						
【被災状況写真】						
<div><div> 家屋部沈下 クラック開口</div><div> 宅盤部 クラック開口</div><div> 宅盤部 クラック開口</div><div> 家屋部沈下 クラック開口</div></div> <div><div>写真 1</div><div>写真 2</div><div>写真 3</div><div>写真 4</div></div>						
【位 置 図】						
<div> 被災地</div> <div> 被災地</div> <div>Yahoo!地図より引用・加筆</div>						

2. 変状メカニズム

【宅地被害の状況】

本地区では、幅約 50～90m、長さ約 700m の範囲において、道路を含む宅地造成地で開口亀裂と沈下、道路のり面のはらみ出しが発生した（平面図参照）。

【造成履歴および盛土分類】

本地区は、平成元年から 7 年に造成された場所であり、台地の高い所を切土して谷部を埋め立て、低い土地の嵩上げにより土地の拡張を行った、いわゆる谷埋め型盛土（東西側斜面）と腹付け型盛土（北側斜面）に分類される。

【盛土および地下水の状況】

盛土材料は、礫混じり粘性土～砂質土に分類され、盛土の層厚は 9～16m が確認された。地盤の相対的な締り程度（砂の場合）または硬さ程度（粘性土の場合）を示す N 値は、宅盤では N=2～26（平均 9）が得られ「緩い」締り状態または「硬い」硬さ程度を示している。また、道路のり面では、表層部の深さ 3m 以浅で N 値=1～3（平均 2）を示す箇所が確認され、「非常に緩い」締り状態または「軟らかい」硬さ程度を示している。

地下水位は、地表面下 6～9m 付近で確認され、比較的低い位置に分布している。

【変状メカニズム】

本地区の変状は、盛土のり面部の初動ブロック（断面図における赤色部分）が変位（移動）し、この部分の押さえが失われたことにより、後方の土塊が順次緩み、現在見られる変状（亀裂）が形成されたものと判断する。したがって、変状は広範囲に及んでいるが、ブロック全体が一度に移動した地すべりではないと判断される。

なお、地下水位は地表面下 6～9m 付近にあることから、地震時の過剰間隙水圧の影響は小さいものと推測される。また変状モニターとしてボーリング孔にパイプ歪計を設置したが、余震および大雨に対しても歪の累積は認められない。

素 因	<ul style="list-style-type: none">「緩い」締りの盛土地盤道路のり面表層部は「非常に緩い」締り状態又は「軟らかい」硬さ程度谷埋め盛土、腹付け盛土
誘 因	<ul style="list-style-type: none">最大震度 6 弱〔仙台市青葉区落合（2011 年 3 月 11 日発生）〕の地震動継続時間が長い地震動
↓	
変状発生	<ul style="list-style-type: none">主な変状は法面のはらみ出しと盛土上の道路及び宅地内に発生した亀裂（一部陥没～沈下）で、盛土のブロック状変位（移動）と判断される。

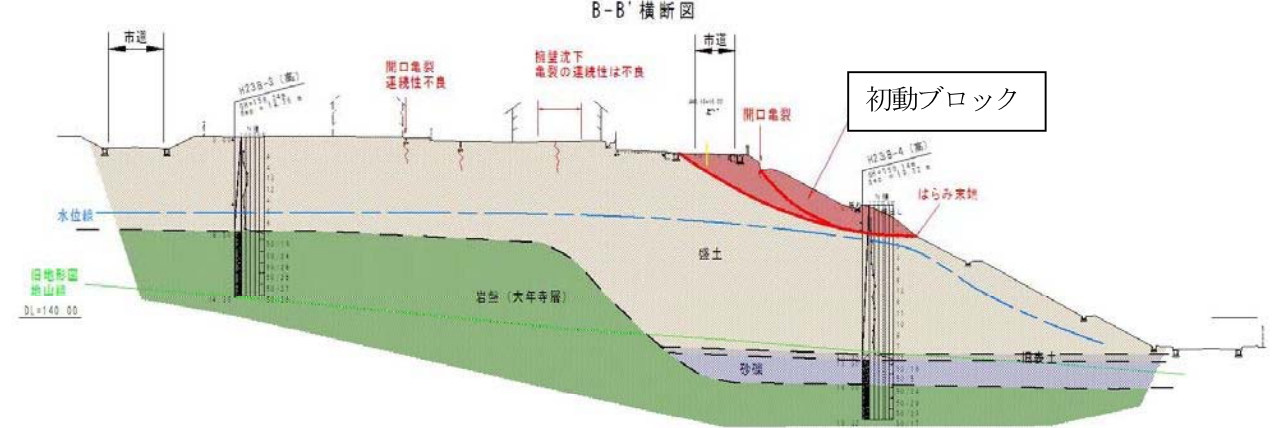
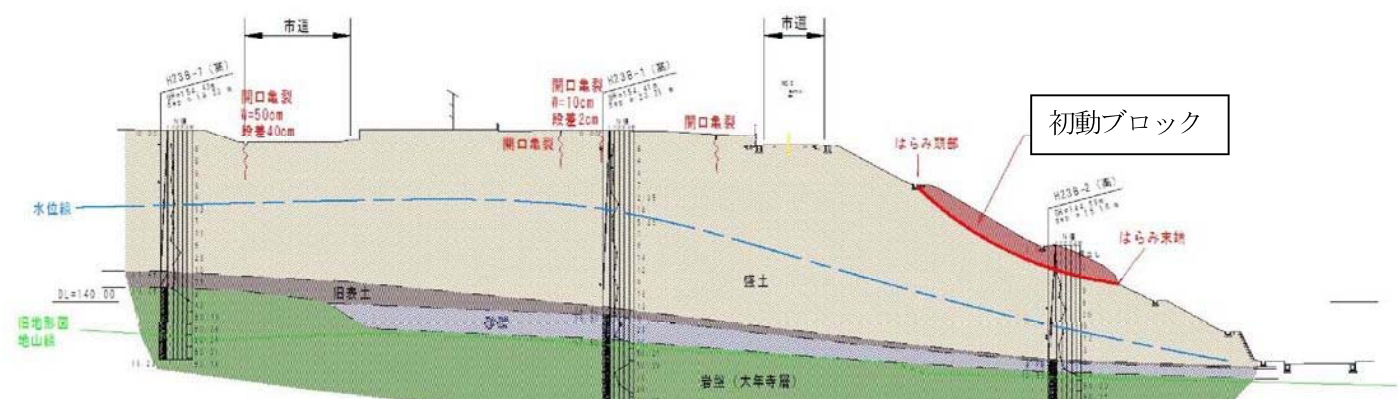
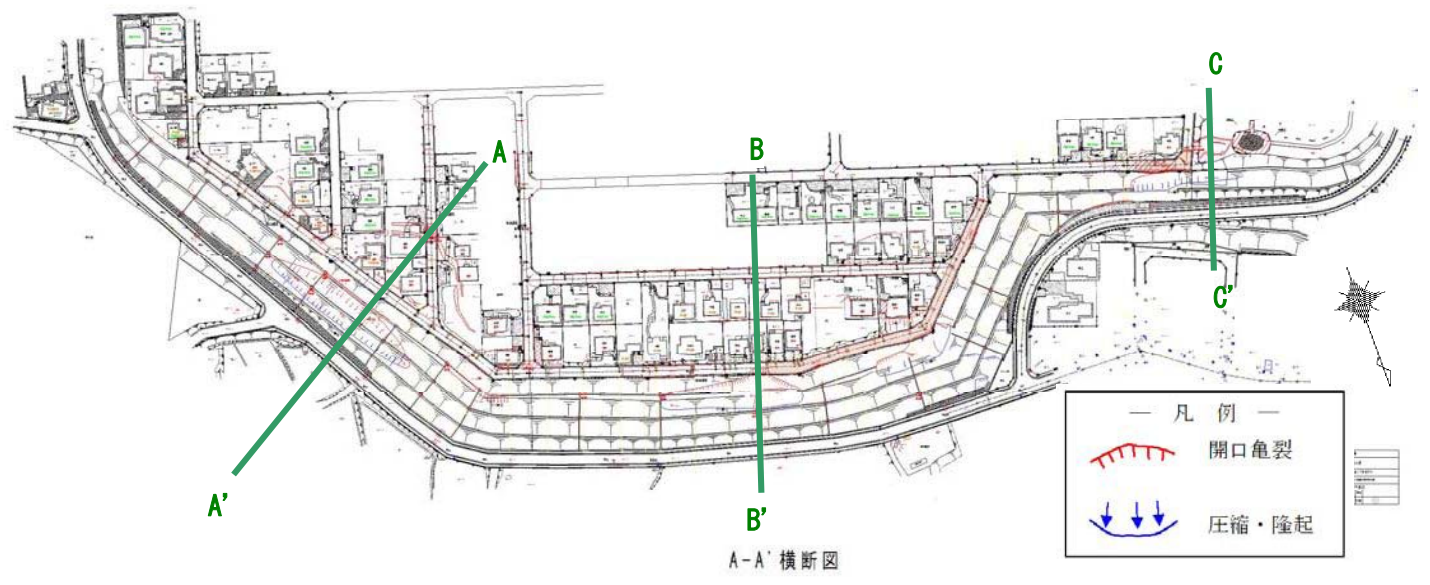
N 値と砂の相対密度の関係 (Terzaghi and Peck ¹⁾)		
N 値	相対密度 (Terzaghi and Peck)	現場判別法
0～4	非常に緩い (very loose)	鉄筋が容易に手で貫入
4～10	緩い (loose)	ショベル (スコップ) で掘削可能
10～30	中位の (medium)	鉄筋を 5 ボンドハンマで打込み容易
30～50	密な (dense)	同上, 30 cm 程度貫入
>50	非常に密な (very dense)	同上, 5～6 cm 貫入, 掘削には必要, 打込み時金属音

注) 鉄筋は φ13 mm

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 Peck ¹⁾)		
N 値	q _u (kN/m ²)	コンシステンシー
0～2	0.0～24.5	非常に軟らかい
2～4	24.5～49.1	軟らかい
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

のり面

宅盤



3. 対策方針

本地区の対策方針として、対策工は、初動ブロックを撤去し、適切な転圧管理のもと、再盛土を行う計画とする。

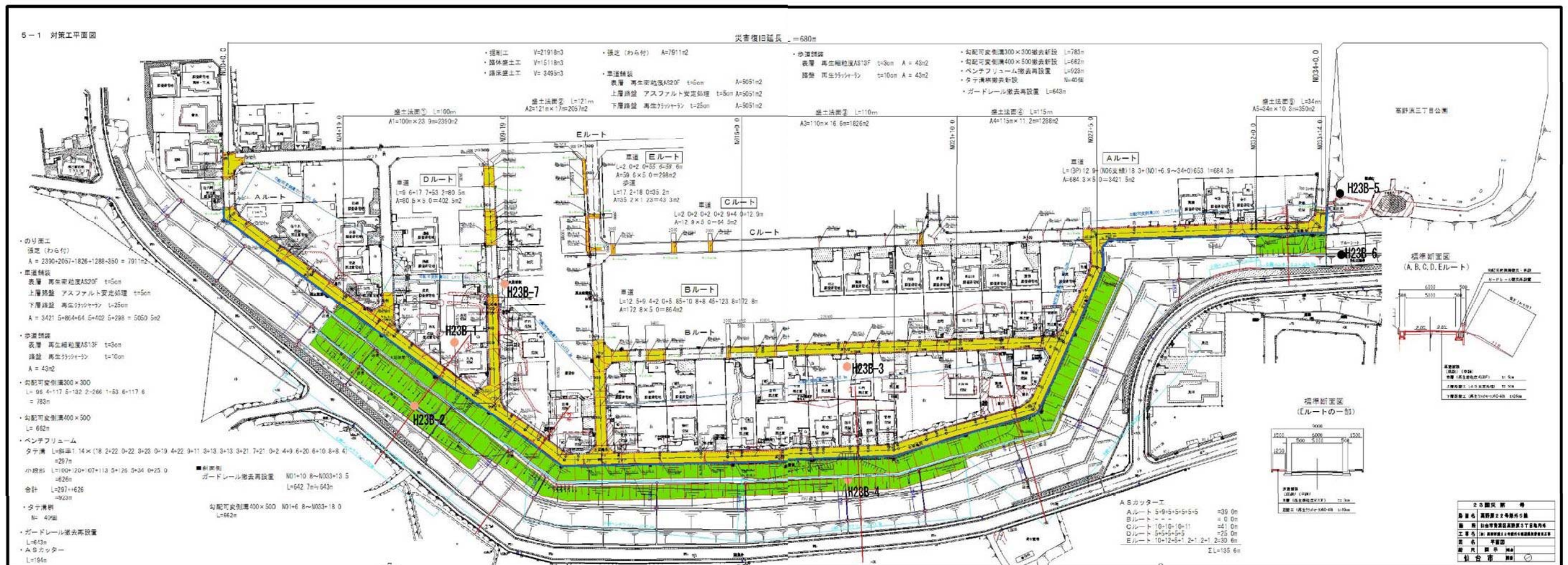
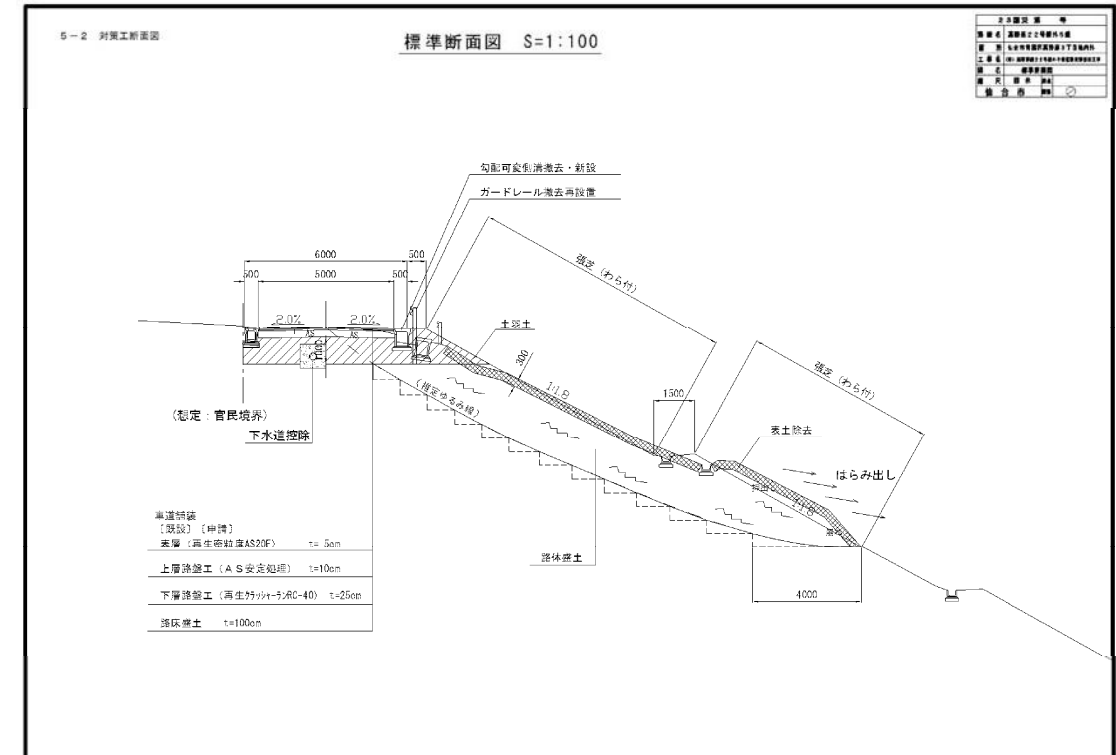
【説明】

本地区の変状機構は、明瞭なスベリ面の存在（ヒズミの累積）や将来すべり面となる恐れのある連続した弱線は認められず、いわゆる「地すべり」ではないことから、初動ブロックに対して対策を検討する。

初動ブロックの範囲としては、のり面の孕み出しが最も明瞭であり、法面の孕みが全体の初動をなし、後背部の変状を促したものと判断されることから、法面部のブロックを初動ブロックとする。断面的な範囲は前頁に示した、

対策工は、初動ブロックを撤去し、適切な転圧管理の基、再盛土を行う計画とする。

なお、地下水位は掘削面よりかなり低く、基本的に排水対策は不要と考える。ただし掘削時、湧水などが確認された場合は排水対策を講じるものとする。



参考資料

動態観測結果

「高野原二・三丁目地区」

観測期間：平成 23 年 5 月 23 日～平成 23 年 12 月 14 日

【12 月 14 日時点における地盤変状の状況】

■ **総合判断**：地盤伸縮計は変動の累積性はない。S-2 については 9 月下旬の集中豪雨により、2.3mm の圧縮変動を記録していることから、A 地区 A 測線において、一時的に僅かな地盤変位が生じたものと思われる。S-4 については変状頭部にも係わらず、圧縮変動であり、変状地形との整合性が認められない。このため、地表面の変動はない～非常に軽微なものと考えられる。また地中変動もないことから、地盤変状の進行はないものと判断される。

・ **地盤伸縮計（地表面の変動）**：

- S-1 は、変動はない。
- S-2 は、9 月下旬の集中豪雨時に 2.3mm の一時的な圧縮変動を記録。
- S-3 は、一時的な変動はあるが累積性はない。
- S-4 は、やや累積性のある準確定変動に分類されるが、圧縮変動である。
- S-5 は、9 月下旬の集中豪雨時に 1.1mm の一時的な圧縮変動である。
- S-6 は、11 月 26 日より追加観測しているが、ほとんど変動はない。

・ **パイプ歪計（地中内の変動）**：

- H23-1～H23-7 孔すべてにおいて、100 μ ストレイン以下であり、変動なし。

変動種別一覧表

出典：いつでも、どこでもすぐに役立つ地すべり観測便覧
(社団法人地すべり対策技術協会地すべり観測便覧編集委員会，平成8年10月)

1. 地表伸縮計の変動形態による解釈

地表伸縮計は，前記2)の中腹部を除いては，同一の方向性をもって変動が累積するはずである。したがって，突発的な変動や一旦変動したものが途中から回復するような場合には，地すべり性の変動とはいいい難い場合がある。

表1.2.1(1)に，標準的な解析判定基準を示す。

表1.2.1(1) 地表伸縮計解析判定基準¹⁾

変動種別	日変位量 (mm)	月間変位量 (mm)	一定方向への累積傾向	変動形態	摘 要
緊急変動	2×10^1 以上	5×10^2 以上	非常に顕著	引張が一般的	崩壊型 泥流型
確定変動	1×10^0 以上	1×10^1 以上	顕 著	引張および 圧縮	表層すべり 深層すべり
準確定変動	1×10^{-1} 以上	2×10^0 以上	やや顕著	引張・圧縮お よび断続変動	粘土すべり 崖錘すべり
潜在変動	2×10^{-2} 以上	5×10^{-1} 以上	ややあり	引張および 圧縮	粘土すべり 崖錘すべり

2. 地盤傾斜計の変動形態による解釈

先に述べたような地盤傾斜計の変動特性を考慮し，表1.2.2(1)に，標準的な解析判定基準を示す。

表1.2.2(1) 地盤傾斜計変動種別一覧表²⁾

変 動 種 別	日 平 均 変 動 量	傾斜ひずみ の集積性	傾斜運動 方向と地 形の関連	合成変動量 ($\sqrt{x^2+y^2}$ /月)	引張・圧縮 地帯との 相関性
確 定 変 動	10秒以上	顕 著	一 致	10^2 秒 以上	顕 著
準確定変動	5秒以上	やや顕著	〃	10^2 秒 以上	やや顕著
潜 在 変 動	1秒以上	やや有り	〃	10^2 秒 以内	やや有り
異 常 変 動	3秒以上	な し (断続変動)	一致せず	10^2 秒 以上	ほとん どな し

3. パイプひずみ計の変動形態による解釈

一般に，パイプひずみ計は同一の方向性をもって変動が累積するはずである。したがって，突発的な変動や一旦変動したものが途中から回復するような場合には，地すべり性の変動とはいいい難い場合がある。

地すべり性変動といえるのは，下図のような継続的か，階段状でも全体に累積性があるものである。表1.2.3(1)に，標準的な解析判定基準を示す。

- タイプ①：確実なひずみの累積があるもの
○タイプ②：変動が一時的であるが、全体として累積しているもの

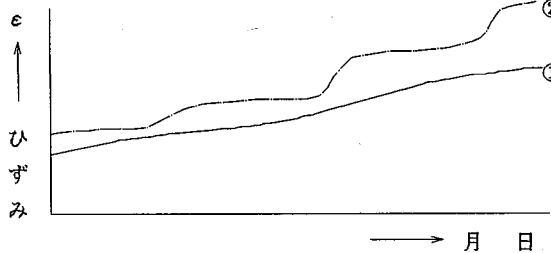
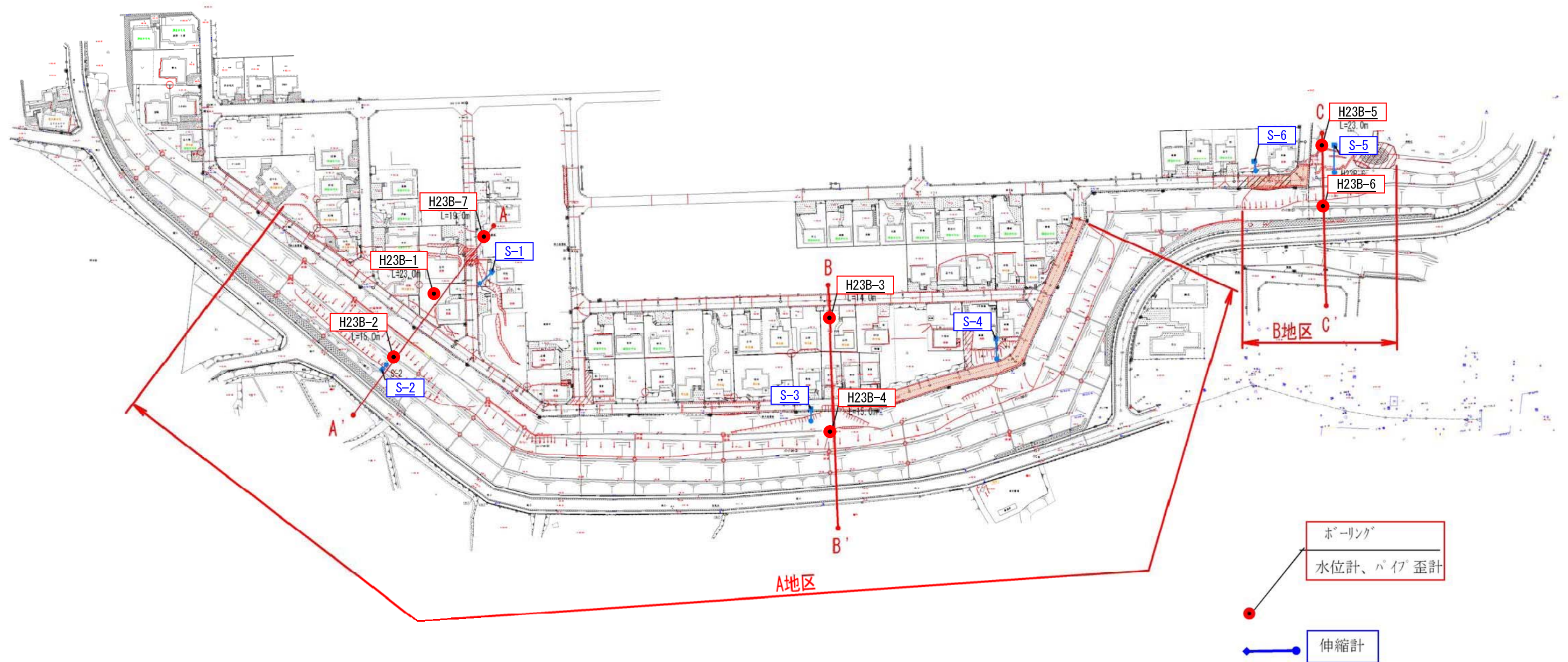


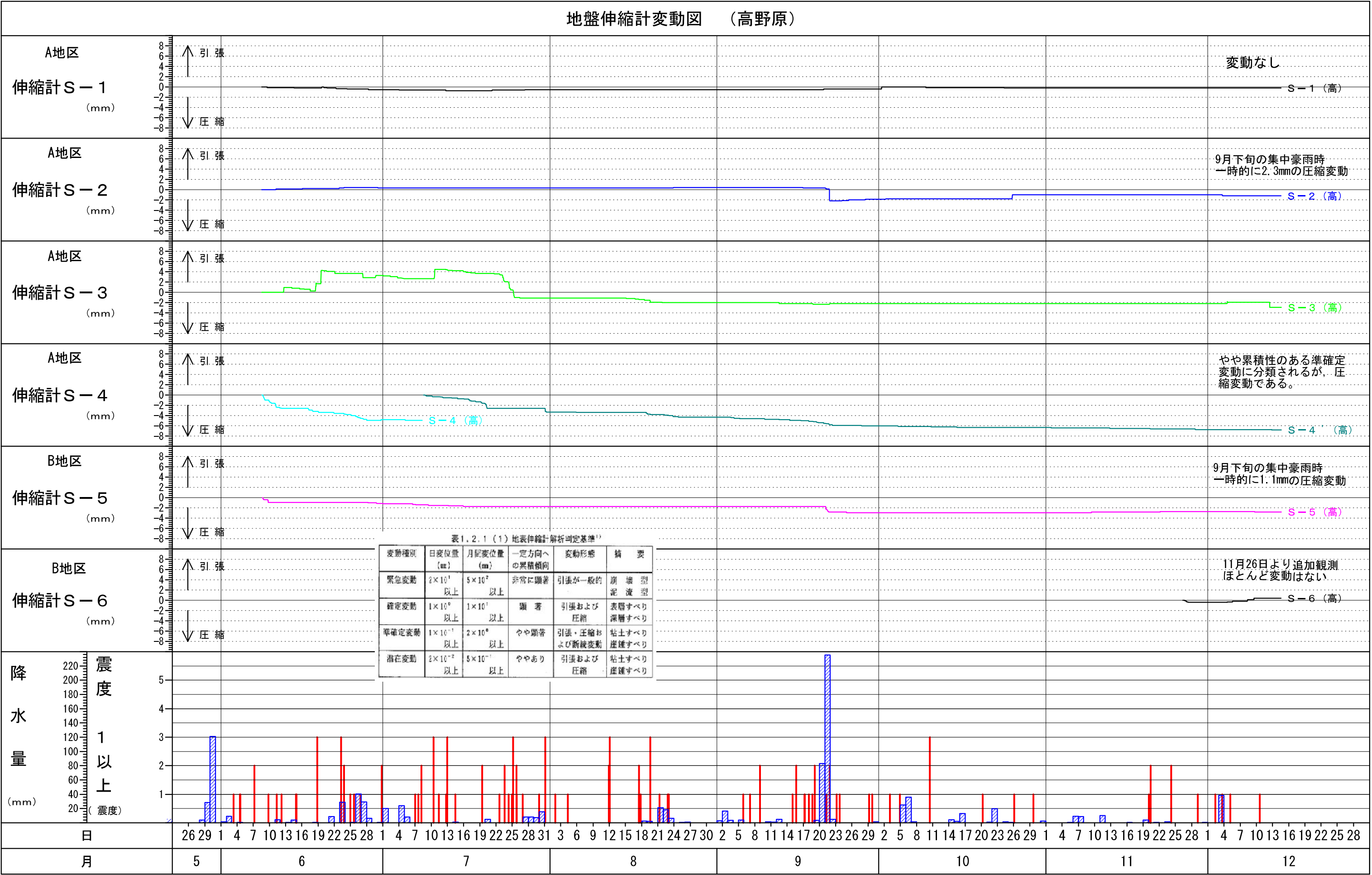
図1.2.3(1) パイプひずみ計の地すべり性変動累積形態

表1.2.3(1) ひずみ変動種別一覧表⁴⁾

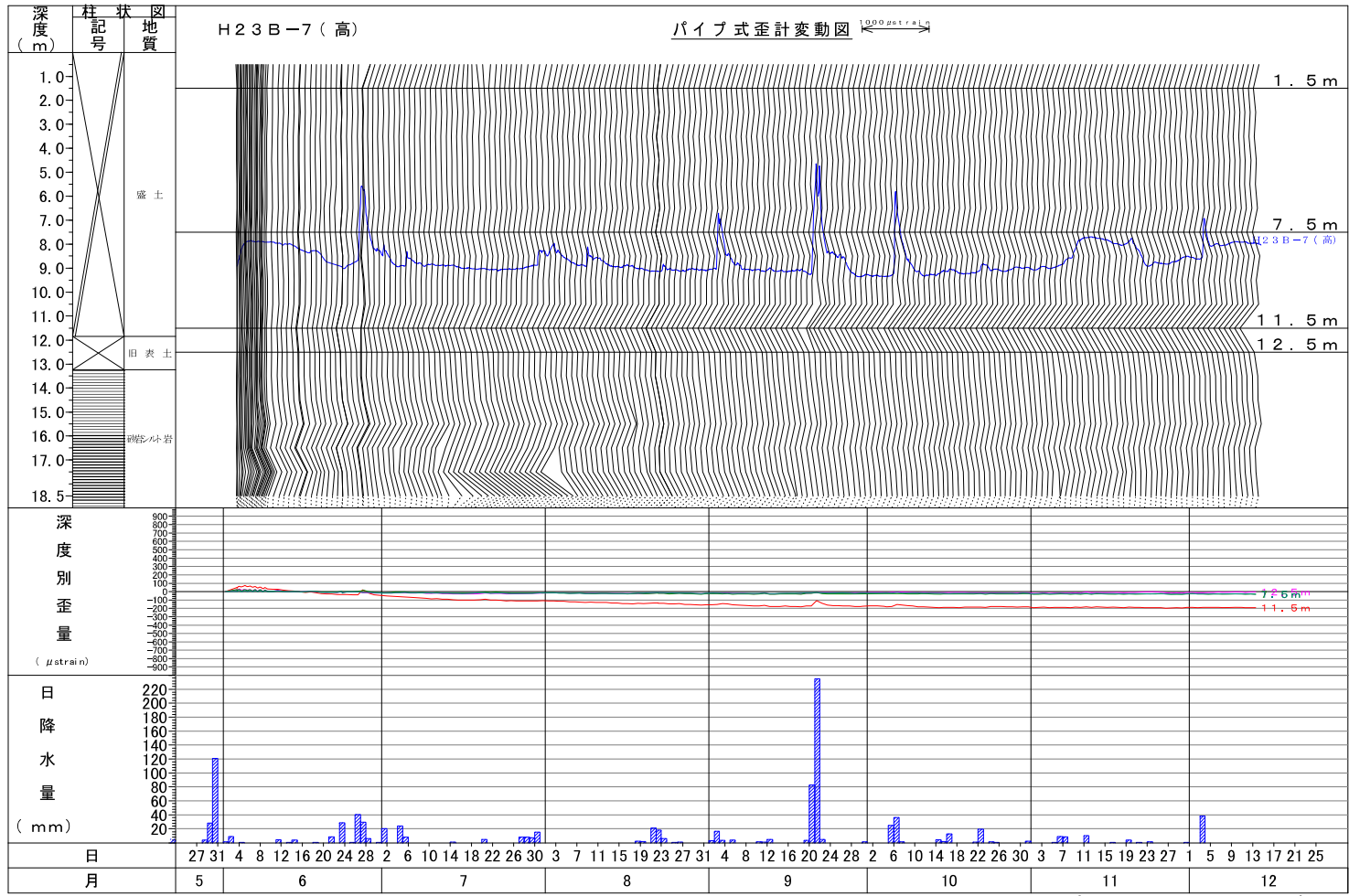
変動種別	日変動 絶対値 (μ)	累積変動 絶対値 (μ /月)	変動形態		すべり面 存在の 可能性	総合判定
			累積傾向	変動形態		
確定変動	10^2 以上	5×10^3 以上	顕 著	累積変動	あ り	確定すべり面
準確定変動	10^2 以上	10^3 以上	やや顕著	累積変動	〃	準確定すべり面
潜在変動	10^2 以下	10^2 以上	ややあり	累積断続 攪乱 回帰	〃	潜在すべり面
異常変動	10^2 以上	10^3 以上	な し	断続攪 乱回 帰	な し	地すべり 以外の要 因

被災平面図 1:2,000

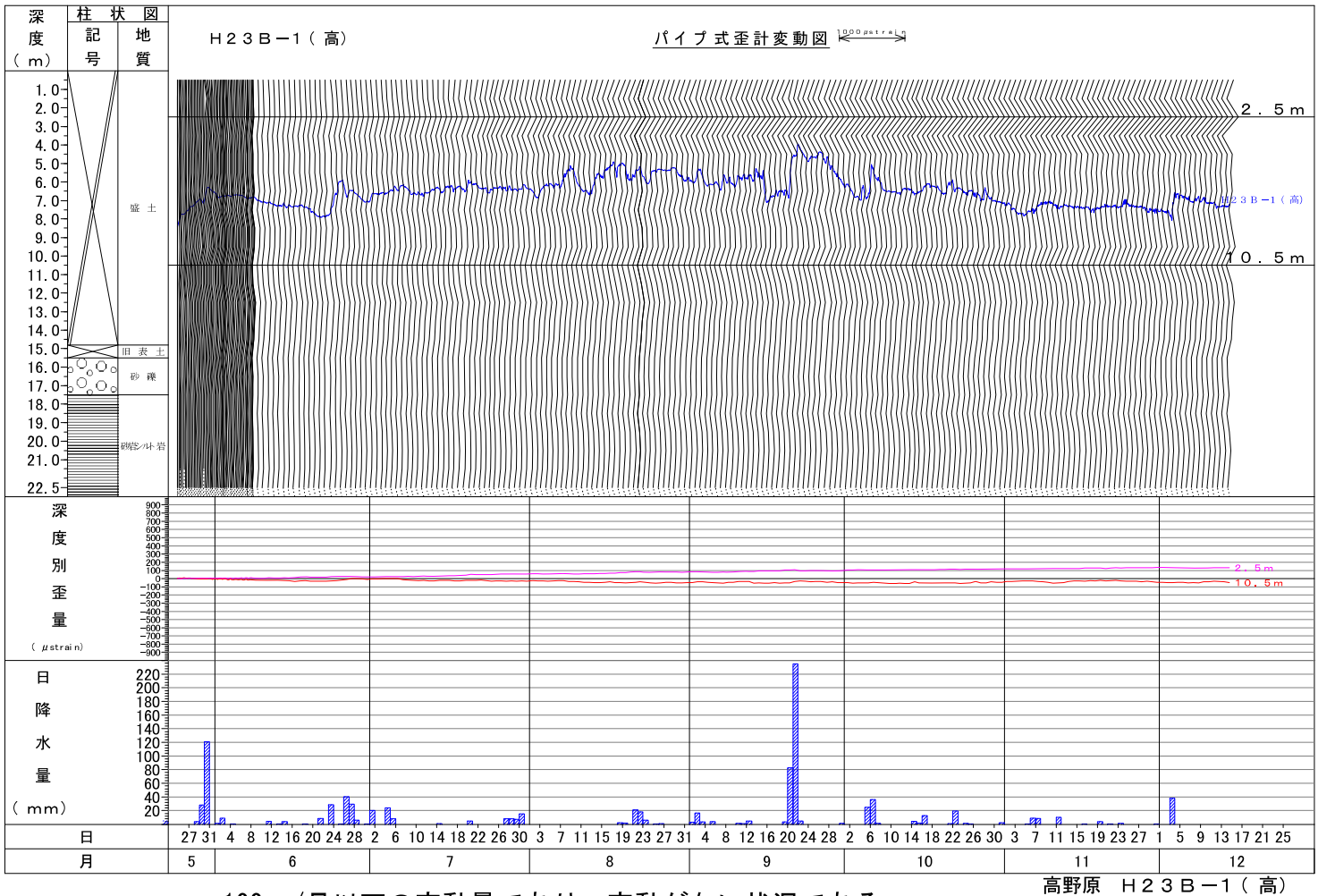




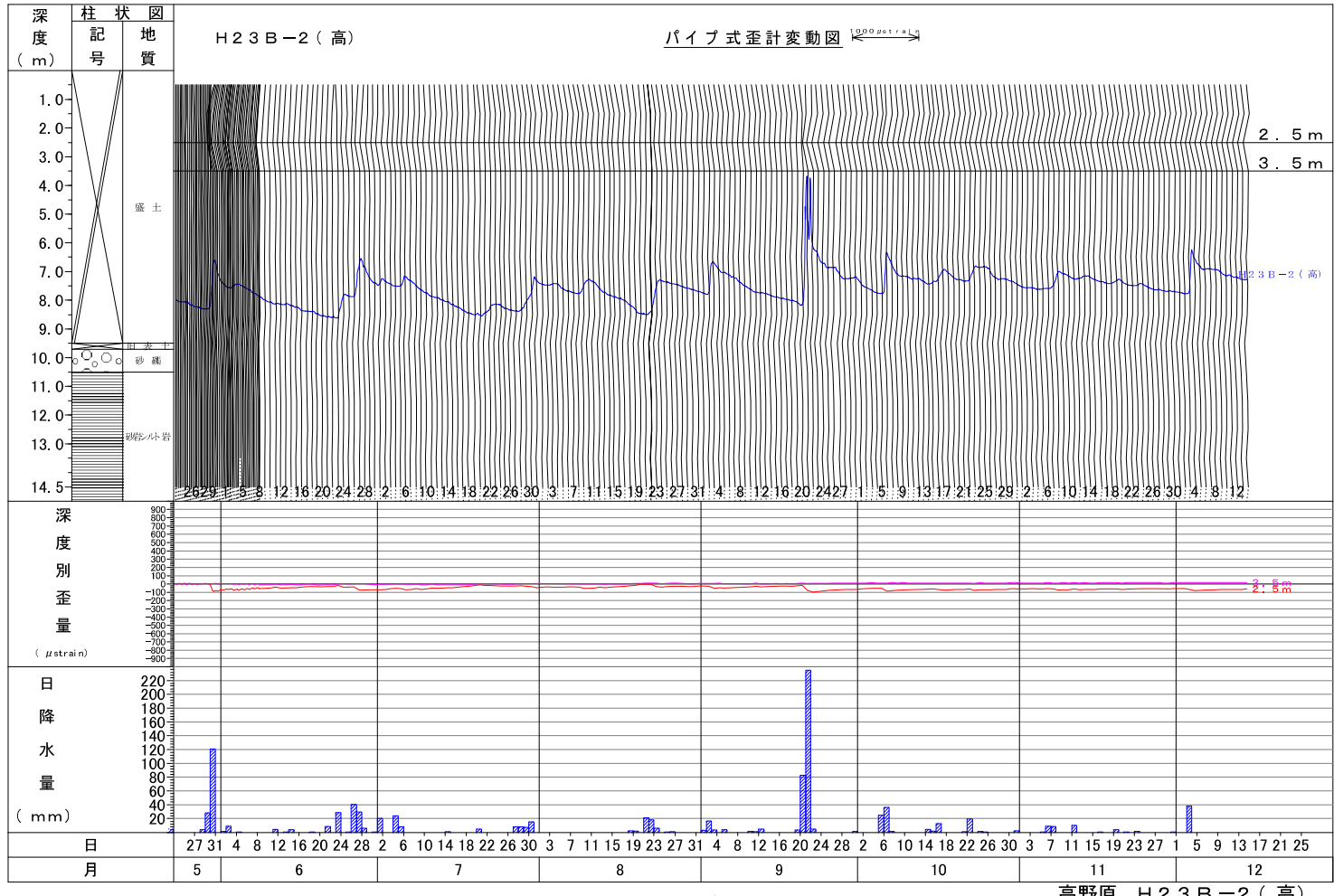
A地区 A測線



100 μ / 月以下の変動量であり、変動がない状況である。



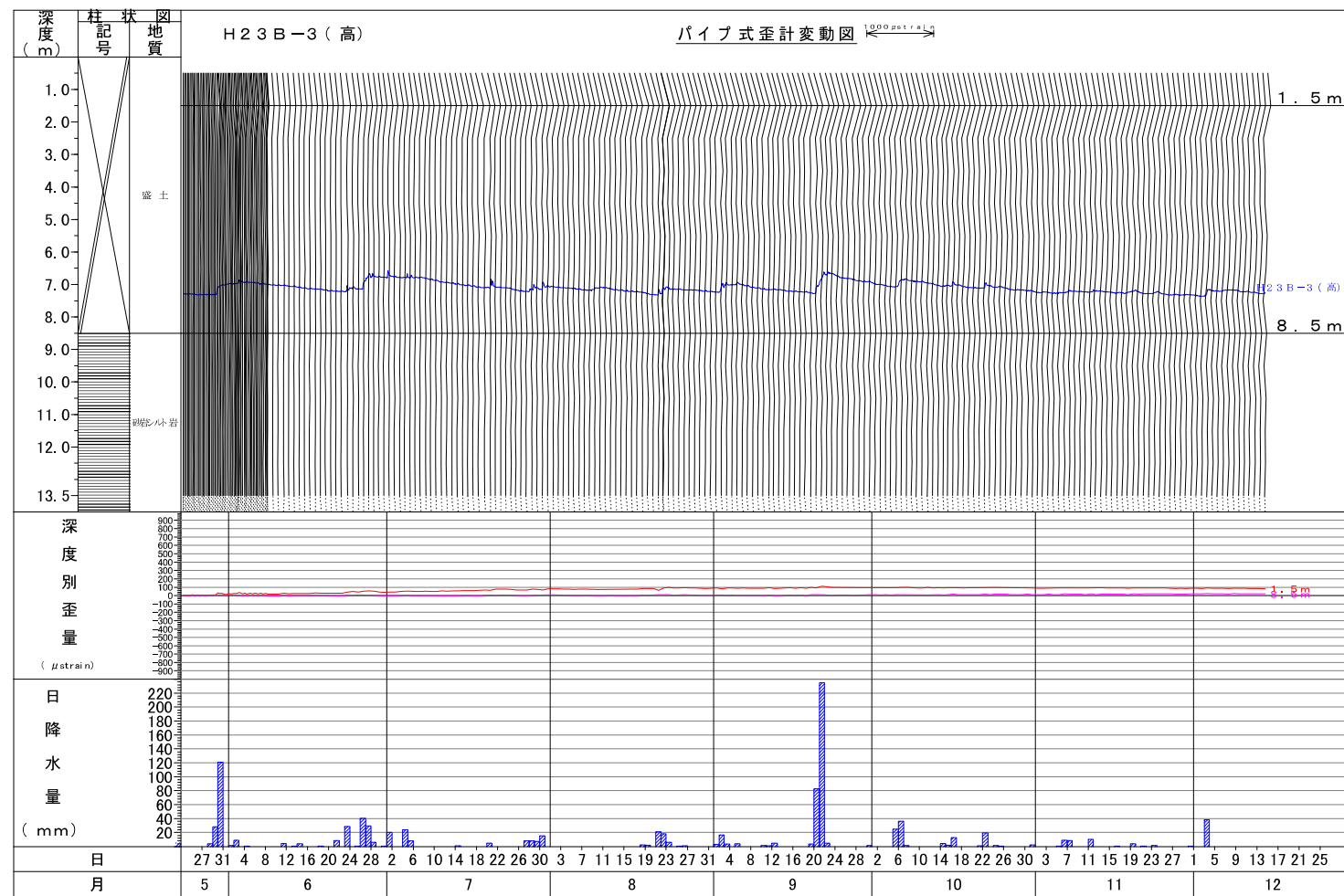
100 μ /月以下の変動量であり、変動がない状況である。



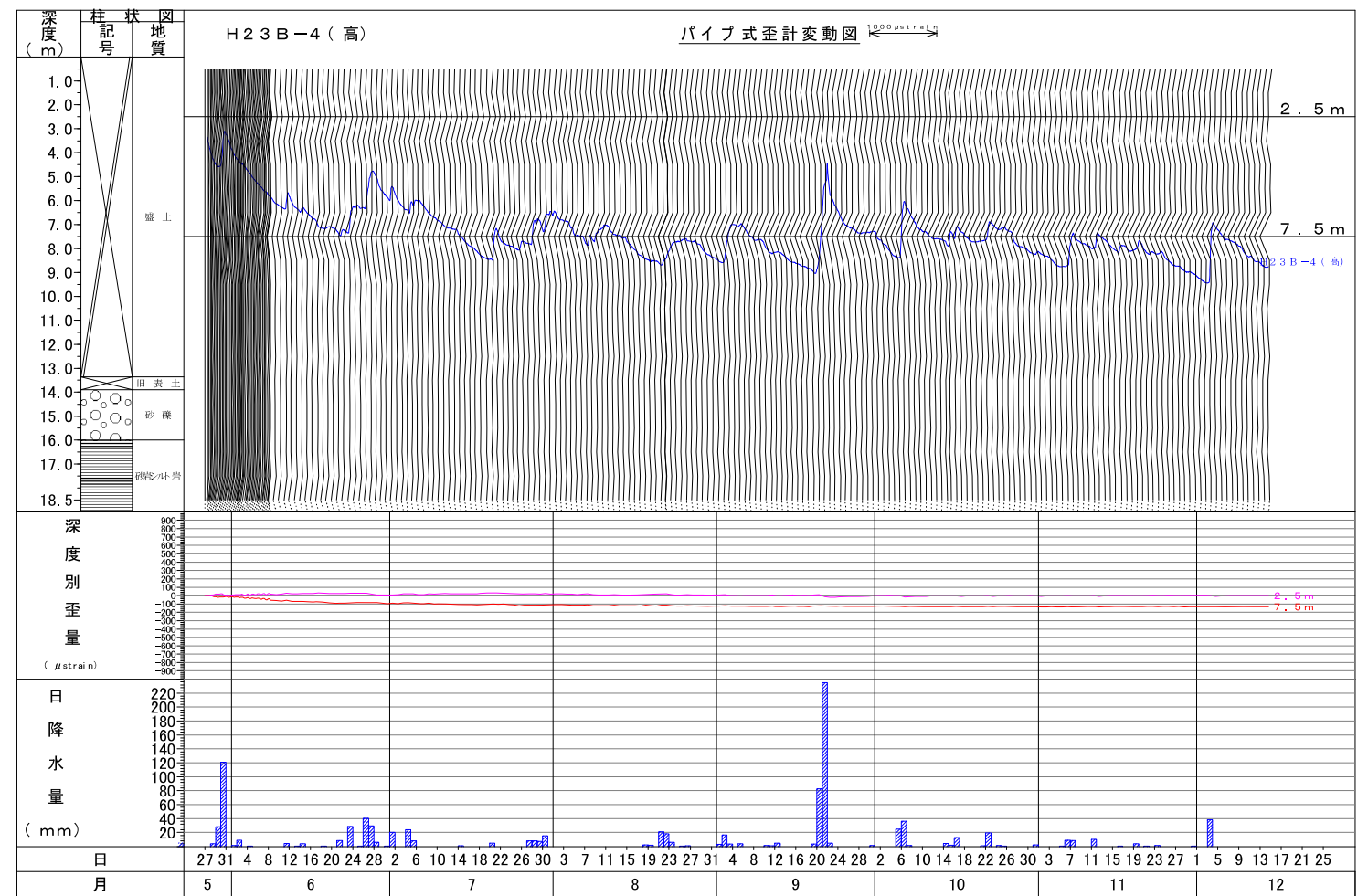
100 μ / 月以下の変動量であり、変動がない状況である。

変動種別	日変動 絶対値 (μ)	累積変動 絶対値 (μ /月)	変動形態		すべり面 存在の 可能性	総合判定
			累積傾向	変動形態		
確定変動	10^3 以上	5×10^3 以上	顕 著	累積変動	あ り	確定すべり面
準確定変動	10^2 以上	10^3 以上	やや顕著	累積変動	〃	準確定すべり面
潜在変動	10^2 以下	10^2 以上	ややあり	累積変動 断続 攪乱 回帰	〃	潜在すべり面
異常変動	10^2 以上	10^3 以上	な し	断続 攪乱 回帰	な し	地すべり 以外の要因

A地区 B測線

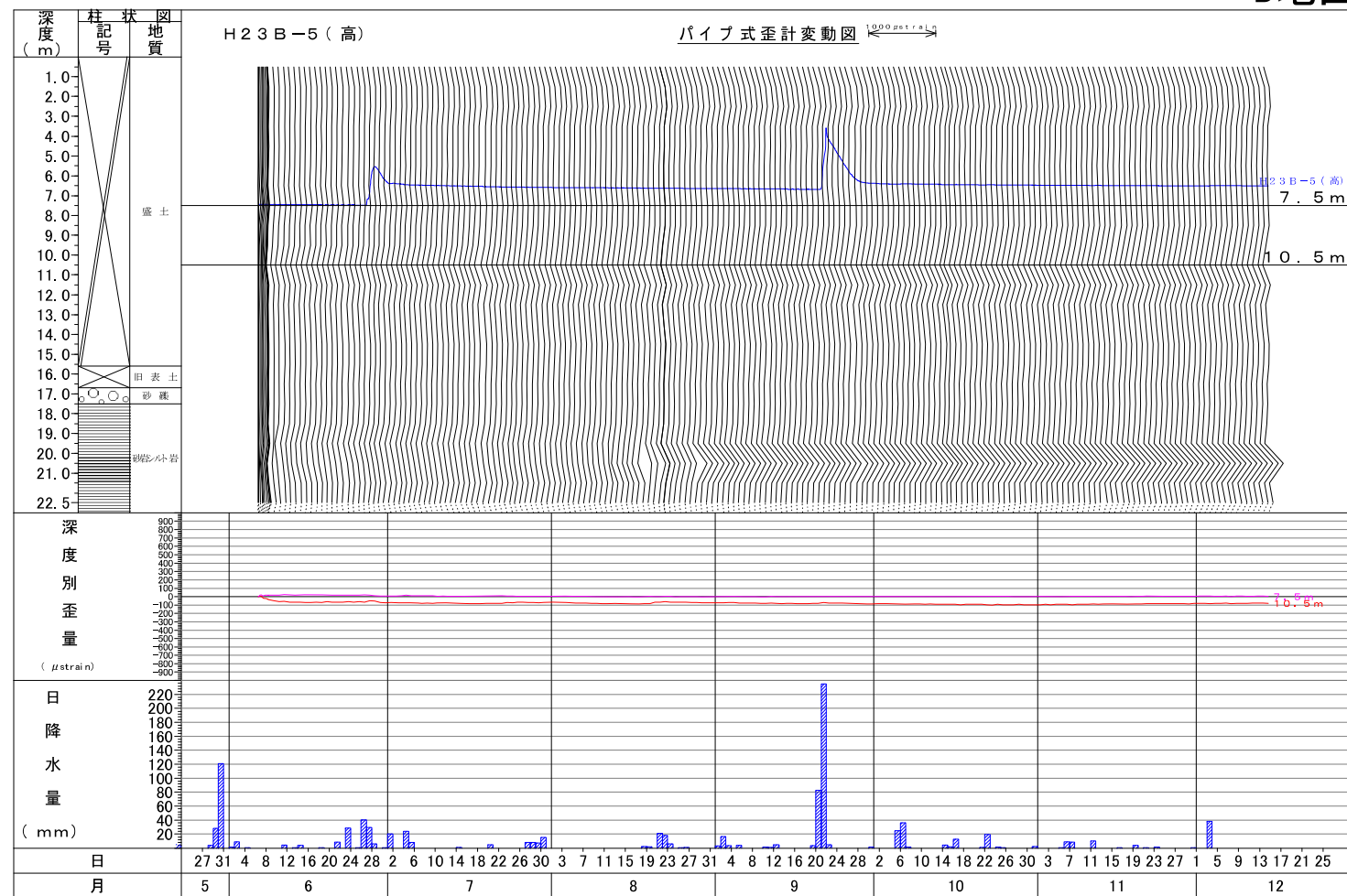


100 μ / 月以下の変動量であり、変動がない状況である。

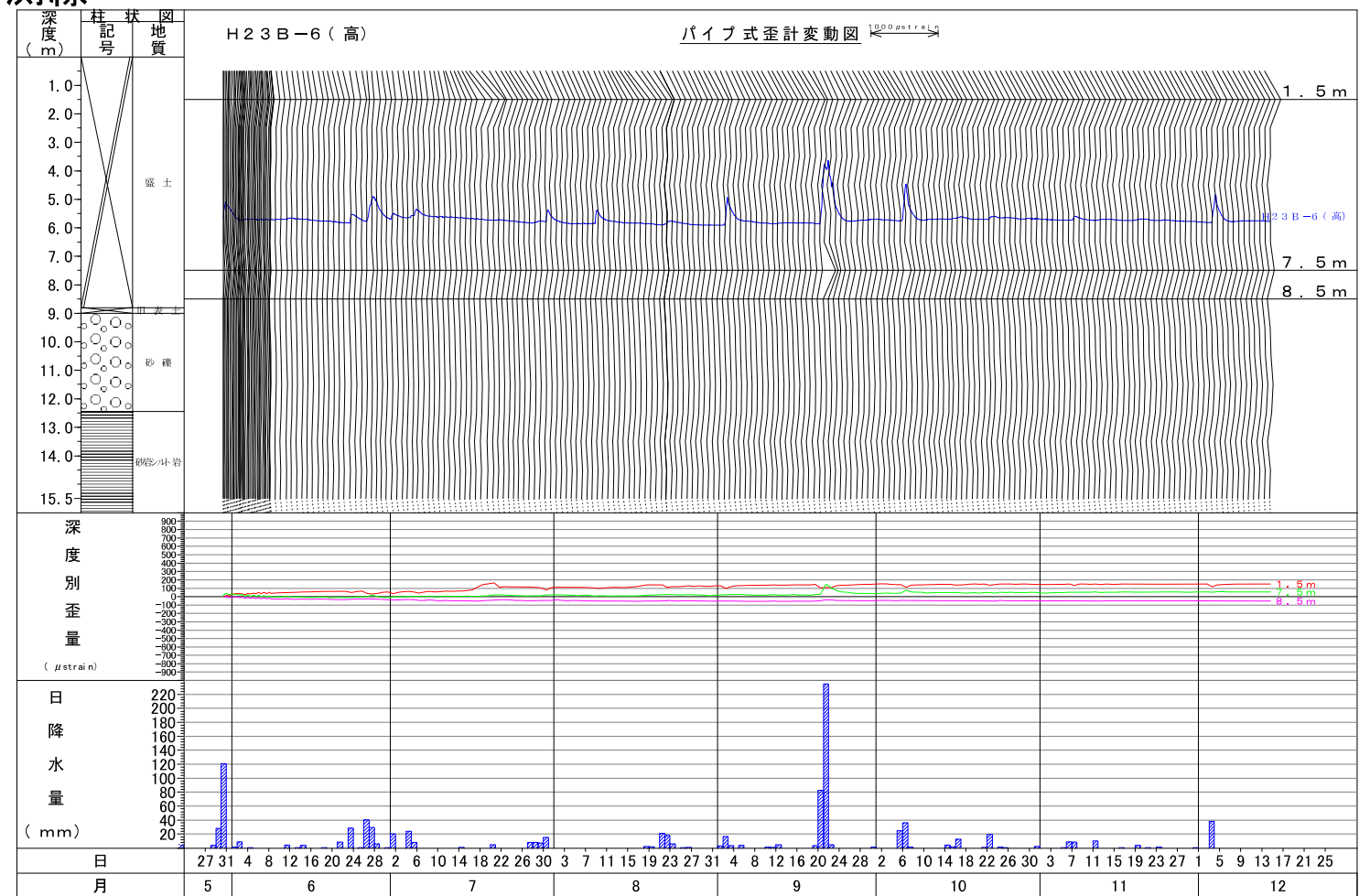


100 μ / 月以下の変動量であり、変動がない状況である。

B地区 C測線



100 μ / 月以下の変動量であり、変動がない状況である。



100 μ / 月以下の変動量であり、変動がない状況である。

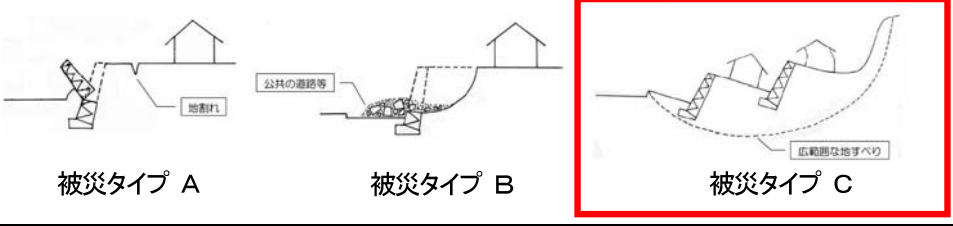
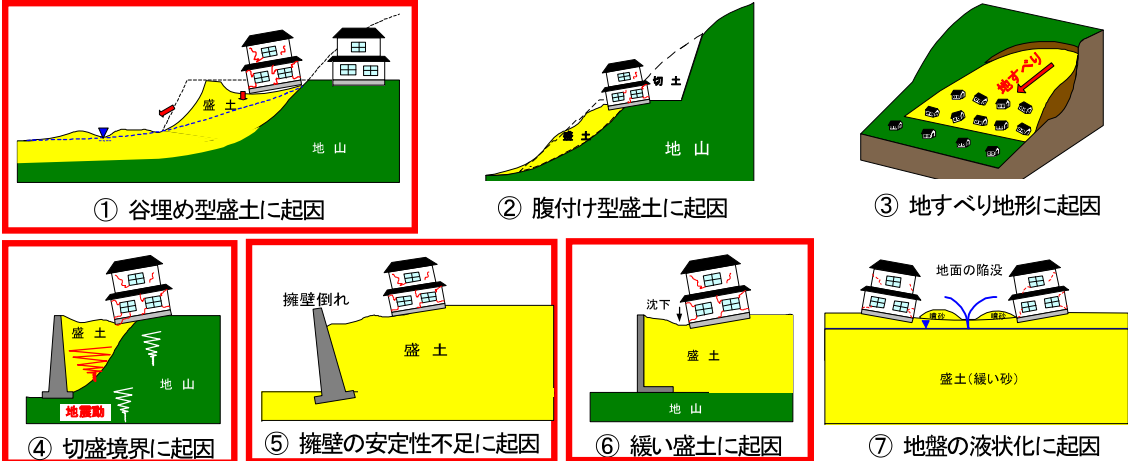
被災宅地の復旧計画

「中山一丁目・滝道地区」

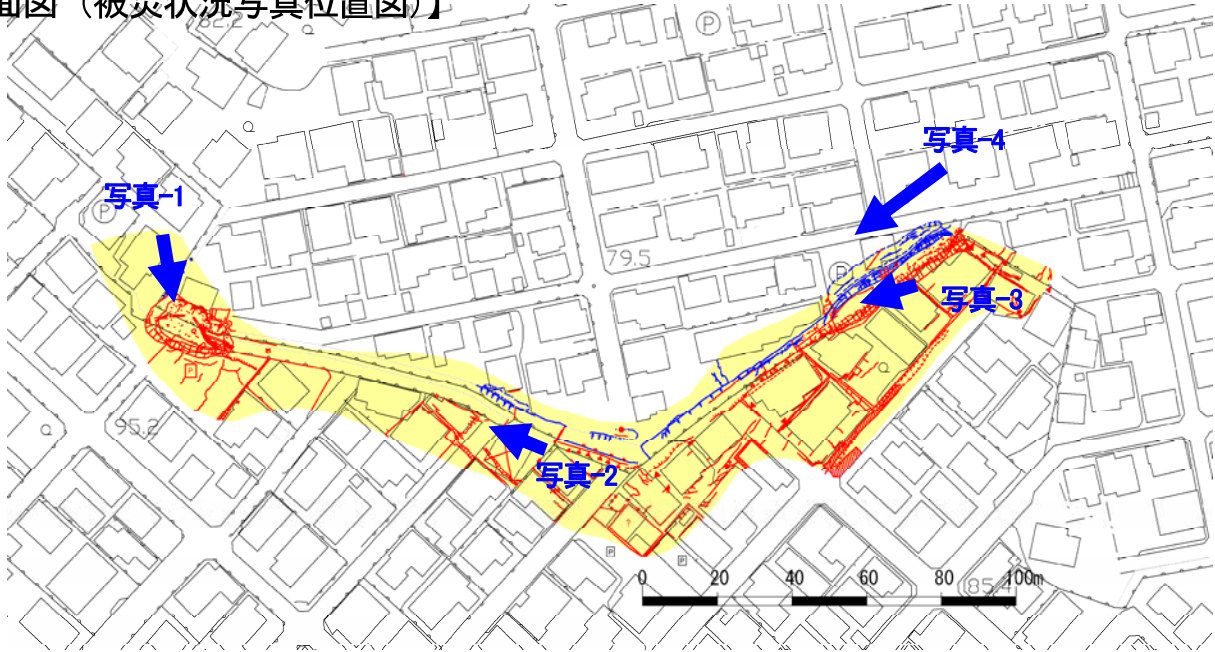
1. 概要書

区 名	青葉区	地区名	中山一丁目・滝道	主な街区	滝道 36、46、47 番街区、中山一丁目 20、21、24
-----	-----	-----	----------	------	--------------------------------

【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 10,000m ²	宅地数	22 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. 変状メカニズム

【宅地被害の状況】

本地区は、南側の中山一丁目と北側の滝道の境界周辺である。この境界には 5～8mの比高差（傾斜 50～60° ）があり、擁壁が設置されている。変状は長さ約 250m・幅約 40m間において、崩壊・開口亀裂と隆起・圧縮亀裂が多数発生している（平面図参照）。特に擁壁は全体にわたって変状しており、西端周辺では擁壁の崩壊、中央部においてははらみ出し・水平移動が見られる。東端周辺では盛土内すべりを伴う擁壁の転倒が見られ、擁壁下に位置していた家屋が、地盤の隆起により被災した。

【造成履歴および盛土分類】

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。

【盛土および地下水の状況】

盛土材料は、主に砂質細粒土に分類され、盛土の層厚は 1～12.5mが確認された。地盤の相対的な固さ程度を示すN値は、宅盤では概ねN=1～3 が得られ「非常に柔らかい」硬さ程度を示している。

地下水位は、地表面下 0～3.6m 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】

本地区の変状として、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、比高 5～8mの崖部（擁壁）周辺が不安定化し、崩壊やすべりなどが発生したと考えられる。変状が見られる擁壁は、造成盛土により形成された崖部（傾斜 50～60°、比高差 5～8m）に設置されたものである。西端周辺の擁壁の崩壊は、擁壁下部の宅地面にほとんど変状が見られないことから、地震動により発生した水平力により擁壁が押し出され、盛土とともに崩壊したのと考えられる。これに対し、東端周辺の擁壁の転倒は、擁壁下部の地盤に 1m 以上の隆起が確認できることから、盛土内すべりを伴っていると考えられる。被災形態が異なる要因としては、西側の擁壁は基礎部分が地山にあるが、東側の擁壁は、基礎部分も盛土で構成され、基礎地盤に比較して強度が小さいため下位地盤まで変状が及んだことが考えられる。

素因	<ul style="list-style-type: none">・擁壁（比高差 5～8m、傾斜 50～60° ）の存在。・盛土材料は粘性土主体、N 値は 1～3 が主体で脆弱。・盛土内に地下水位が存在。
誘因	<ul style="list-style-type: none">・最大震度 6 弱の地震（仙台市青葉区 平成 23 年 3 月 11 日発生）・継続時間の長い地震動



変状発生	<ul style="list-style-type: none">・強い地震動が長く続いたことにより、比高差の大きい盛土の端部において擁壁の押し出しが発生した。・擁壁基礎が基礎地盤に達していない箇所では、斜面下方地盤を隆起させるような盛土内すべりが発生した。
------	---

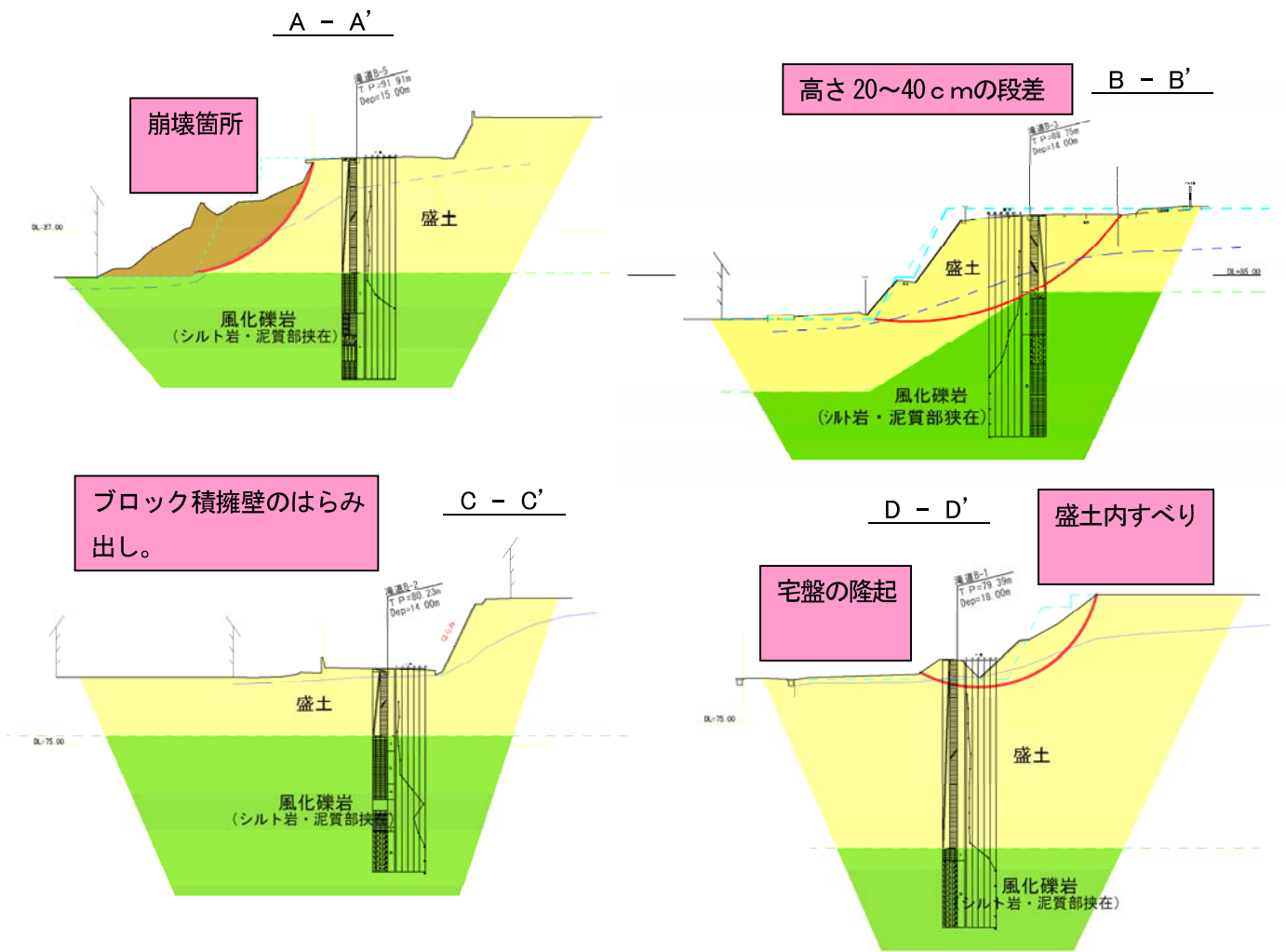
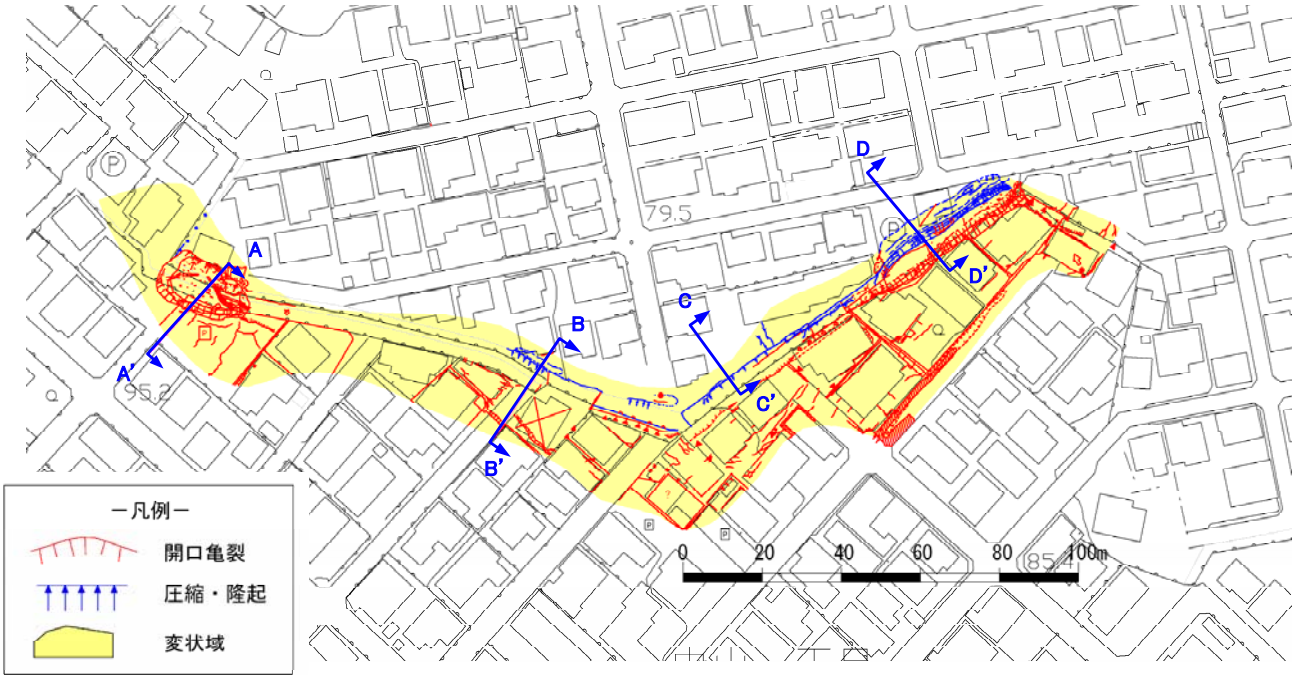
当該地の変状は、概ね次の通りの機構が想定される。

- ◆地震動により擁壁を押し出す方向に盛土の滑りが発生した。
- ◆擁壁に作用した水平力により、西側の擁壁が押し出され、背面地盤とともに崩壊した。
- ◆完全に崩壊しなかった箇所においても、盛土のすべりによって、擁壁の押し出し・はらみ出しが発生した。
- ◆東側の擁壁においては、盛土内すべりを伴う擁壁の転倒が発生し、下方地盤が隆起し住宅が被災した。

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⁾）

N 値	q _v (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

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



3. 対策方針

本地区の対策方針として、擁壁工は、崩壊や盛土内すべりにより大きく変状しているため、擁壁工としての機能を果たしていない状況にある。

したがって、当該地の対策方針としては、変状や崩壊した擁壁工を撤去し、新たな擁壁工を再構築する対策が必要であると判断される。

また、擁壁工を再構築する際に、擁壁工の掘削によりすべり土塊が一部残る箇所については、すべり土塊の崩壊が懸念されることから、別途抑止対策を行うものとする。

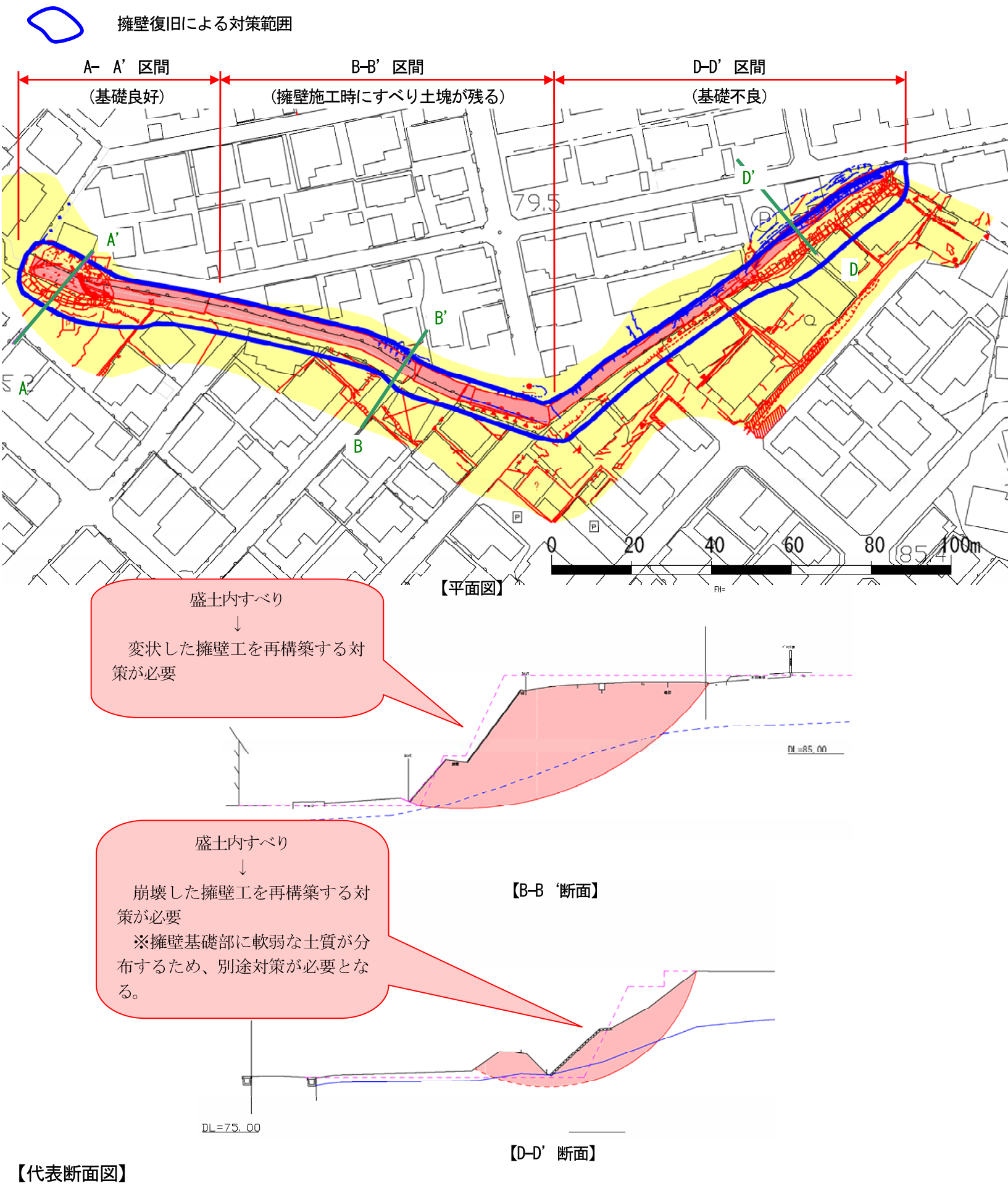
さらに、擁壁基礎地盤に軟弱地盤が分布する箇所については、再構築する擁壁の支持力不足の危険性があることから、別途対策を行うものとする。

【説明】

現況の擁壁工は、ブロック積擁壁の多段積擁壁となっており、現行の基準では不適切な構造となっている。そのため、擁壁工を再構築するためには、現行の基準にあった擁壁工を選定するものとする。

擁壁工の掘削によりすべり土塊が不安定化する箇所については、抑止対策を実施し、施工時の安全性と擁完成時の安全性を確保するものとする。

擁壁工を再構築する箇所で、基礎地盤に軟弱地盤が分布する箇所については、擁壁の支持力不足を満足するような対策を実施する。



参考資料

1. 工法比較表

1-1 A-A' 断面

変状メカニズム		<p>本地区の変状は、擁壁の崩壊・変状である。変状範囲は、擁壁全体にわたっており、西端では擁壁の崩壊が発生しており、中央部において、はらみだし・水平移動が見られる。東端部では、支持地盤の強度が小さいため、円弧すべりを伴う擁壁の転倒が見られ、擁壁下に位置していた家屋が、地盤の隆起により被災した。</p> <p>変状が見られる擁壁は、造成盛土により形成された崖部（傾斜 50～60° ・比高 5～9m）であり、東側の擁壁は、基礎部分も盛土で構成される。西側の崩壊は、擁壁下部の宅地面にほとんど変状が見られないことから、地震動により発生した擁壁の水平移動に擁壁上部の地盤が耐え切れず、崩壊したものと考える。これに対し、東端の擁壁の転倒は、擁壁下部の地盤に 1m 以上の隆起が確認できることから、円弧すべりを伴う擁壁の転倒であると考えられる。</p> <p>これらの変動は、擁壁下の市道への影響が大きく、市道内および擁壁上部の私道内に埋設されたライフラインにも影響する。</p>		
対策方針		<p>本地区の対策工法としては、崩壊した擁壁工を再構築することが考えられる。しかしながら、現況の擁壁工は、ブロック積擁壁の多段積み擁壁となっており、現行の基準では、不適切な形式であることから、この形状に復旧することは困難となる。そのため、ブロック積擁壁で復旧することが考えられるが擁壁高さが 5m 以上となることから、この形式での復旧も適用できない。したがって、擁壁高さが 5m 以上でも適用が可能で地震時にも安定する大型ブロック積擁壁を選定する。</p> <p>大型ブロック積擁壁の掘削により、すべり土塊が一部残る箇所については、すべり土塊の崩壊が懸念されることから、崩壊抑止の目的でアンカー工を適用するものとする。また、擁壁基礎地盤に軟弱地盤が分布する箇所については、基礎地盤を良質土で置き換える工法が適していると判断する。</p>		
工法案		A 案（大型ブロック積擁壁）	B 案（もたれ式擁壁）	C 案（補強土壁工法）
概要	図			
	説明	崩壊土砂をすべて撤去し、新たに大型ブロック積擁壁工を設置する工法である。	崩壊土砂をすべて撤去し、新たにもたれ式擁壁を設置する工法である。	新たに補強土壁工法を用いて擁壁工を再構築する工法である。
対策工		大型ブロック積擁壁	もたれ式擁壁	補強土壁工法
評価		<ul style="list-style-type: none">・コンクリート 2 次製品であるため、施工性がよく、施工期間が短い。・コンクリートブロック前面は、擬岩模様などの製品があり、景観が向上する。・地下水は、擁壁背面の裏込め材で集めて、水抜き管で擁壁前面に適切に排水する。	<ul style="list-style-type: none">・現場打ちコンクリートであり、コンクリートの養生期間が必要となり、施工期間が長くなる。・景観が比較的悪化する。景観を向上される方法としては、化粧型枠が考えられる。・地下水は、擁壁背面の裏込め材で集めて、水抜き管で擁壁前面に適切に排水する。	<ul style="list-style-type: none">・掘削範囲が広いため、隣接する擁壁や宅地に掘削の影響を与える可能性が高い。・掘削土量が多く、また、補強土を敷設し、盛土材を締め固めながら盛土する必要があるため、施工性が悪く、施工期間が長くなる。・地下水は、水平排水材のより壁面背面の裏込め材で集めて、水抜き管で擁壁前面に適切に排水する。

1－2 B-B’ 断面

変状メカニズム		<p>本地区の変状は、擁壁の崩壊・変状である。変状範囲は、擁壁全体にわたっており、西端では擁壁の崩壊が発生しており、中央部において、はらみだし・水平移動が見られる。東端部では、支持地盤の強度が小さいため、円弧すべりを伴う擁壁の転倒が見られ、擁壁下に位置していた家屋が、地盤の隆起により被災した。</p> <p>変状が見られる擁壁は、造成盛土により形成された崖部（傾斜 50～60°・比高 5～9m）であり、東側の擁壁は、基礎部分も盛土で構成される。西側の崩壊は、擁壁下部の宅地面にほとんど変状が見られないことから、地震動により発生した擁壁の水平移動に擁壁上部の地盤が耐え切れず、崩壊したものとする。これに対し、東端の擁壁の転倒は、擁壁下部の地盤に 1m 以上の隆起が確認できることから、円弧すべりを伴う擁壁の転倒であると考えられる。</p> <p>これらの変動は、擁壁下の市道への影響が大きく、市道内および擁壁上部の私道内に埋設されたライフラインにも影響する。</p>		
対策方針		<p>本地区の対策工法としては、崩壊した擁壁工を再構築することが考えられる。しかしながら、現況の擁壁工は、ブロック積擁壁の多段積み擁壁となっており、現行の基準では、不適切な形式であることから、この形状に復旧することは困難となる。そのため、ブロック積擁壁で復旧することが考えられるが擁壁高さが 5m 以上となることから、この形式での復旧も適用できない。したがって、擁壁高さが 5m 以上でも適用が可能で地震時にも安定する大型ブロック積擁壁を選定する。</p> <p>大型ブロック積擁壁の掘削により、すべり土塊が一部残る箇所については、すべり土塊の崩壊が懸念されることから、崩壊抑止の目的でアンカー工を適用するものとする。また、擁壁基礎地盤に軟弱地盤が分布する箇所については、基礎地盤を良質土で置き換える工法が適していると判断する。</p>		
工法案		A 案（アンカー工＋大型ブロック積擁壁）	B 案（杭工＋大型ブロック積擁壁）	C 案（補強土壁工法）
概要	図			
	説明	盛土内すべりをアンカー工で抑止し、新たに大型ブロック積擁壁工を設置する工法である。	盛土内すべりを杭工で抑止し、新たに大型ブロック積擁壁工を設置する工法である。	新たに補強土壁工法を用いて擁壁工を再構築する工法である。
対策工		アンカー工 大型ブロック積擁壁	杭工 大型ブロック積擁壁	補強土壁工法
評価		<ul style="list-style-type: none">掘削土量が少なく、周辺の擁壁や宅地に与える影響が少ない。アンカーにより、掘削法面を面的に保護できるため、安全性が高い。地下水は、擁壁背面の裏込め材で集めて、水抜き管で擁壁前面に適切に排水する。	<ul style="list-style-type: none">掘削土量が少なく、周辺の擁壁や宅地に与える影響が少ない。杭工により、掘削法面を保護できるが、杭の間からの抜け落ち等の危険性がある。地下水は、擁壁背面の裏込め材で集めて、水抜き管で擁壁前面に適切に排水する。	<ul style="list-style-type: none">掘削範囲が広いため、隣接する擁壁や宅地に掘削の影響を与える可能性が高い。掘削土量が多く、また、補強土を敷設し、盛土材を締め固めながら盛土する必要があるため、施工性が悪く、施工期間が長くなる。地下水は、水平排水材のより壁面背面の裏込め材で集めて、水抜き管で擁壁前面に適切に排水する。

1－3 D-D’ 断面

変状メカニズム		<p>本地区の変状は、擁壁の崩壊・変状である。変状範囲は、擁壁全体にわたっており、西端では擁壁の崩壊が発生しており、中央部において、はらみだし・水平移動が見られる。東端部では、支持地盤の強度が小さいため、円弧すべりを伴う擁壁の転倒が見られ、擁壁下に位置していた家屋が、地盤の隆起により被災した。</p> <p>変状が見られる擁壁は、造成盛土により形成された崖部（傾斜 50～60° ・比高 5～9m）であり、東側の擁壁は、基礎部分も盛土で構成される。西側の崩壊は、擁壁下部の宅地面にほとんど変状が見られないことから、地震動により発生した擁壁の水平移動に擁壁上部の地盤が耐え切れず、崩壊したものとする。これに対し、東端の擁壁の転倒は、擁壁下部の地盤に 1m 以上の隆起が確認できることから、円弧すべりを伴う擁壁の転倒であると考えられる。</p> <p>これらの変動は、擁壁下の市道への影響が大きく、市道内および擁壁上部の私道内に埋設されたライフラインにも影響する。</p>		
対策方針		<p>本地区の対策工法としては、崩壊した擁壁工を再構築することが考えられる。しかしながら、現況の擁壁工は、ブロック積擁壁の多段積み擁壁となっており、現行の基準では、不適切な形式であることから、この形状に復旧することは困難となる。そのため、ブロック積擁壁で復旧することが考えられるが擁壁高さが 5m 以上となることから、この形式での復旧も適用できない。したがって、擁壁高さが 5m 以上でも適用が可能で地震時にも安定する大型ブロック積擁壁を選定する。</p> <p>大型ブロック積擁壁の掘削により、すべり土塊が一部残る箇所については、すべり土塊の崩壊が懸念されることから、崩壊抑止の目的でアンカー工を適用するものとする。また、擁壁基礎地盤に軟弱地盤が分布する箇所については、基礎地盤を良質土で置き換える工法が適していると判断する。</p>		
工法案		A 案（大型ブロック積擁壁）	B 案（もたれ式擁壁）	C 案（補強土壁工法）
概要	図			
	説明	盛土内すべりをすべて撤去し、新たに大型ブロック積擁壁工を設置する工法である。	盛土内すべりをすべて撤去し、新たにもたれ式擁壁を設置する工法である。	新たに補強土壁工法を用いて擁壁工を再構築する工法である。
対策工		大型ブロック積擁壁 良質土置換	もたれ式擁壁 良質土置換	補強土壁工法 良質土置換
評価		<ul style="list-style-type: none">・コンクリート 2 次製品であるため、施工性がよく、施工期間が短い。・コンクリートブロック前面は、擬岩模様などの製品があり、景観が向上する。・地下水は、擁壁背面の裏込め材で集めて、水抜き管で擁壁前面に適切に排水する。	<ul style="list-style-type: none">・現場打ちコンクリートであり、コンクリートの養生期間が必要となり、施工期間が長くなる。・景観が比較的悪化する。景観を向上される方法としては、化粧型枠が考えられる。・地下水は、擁壁背面の裏込め材で集めて、水抜き管で擁壁前面に適切に排水する。	<ul style="list-style-type: none">・掘削範囲が広いため、隣接する擁壁や宅地に掘削の影響を与える可能性が高い。・掘削土量が多く、また、補強土を敷設し、盛土材を締め固めながら盛土する必要があるため、施工性が悪く、施工期間が長くなる。・地下水は、水平排水材のより壁面背面の裏込め材で集めて、水抜き管で擁壁前面に適切に排水する。

2. 対策工例（A-A' 断面）

2-1 A案（大型ブロック積擁壁）

■対策工の設置理由と目的

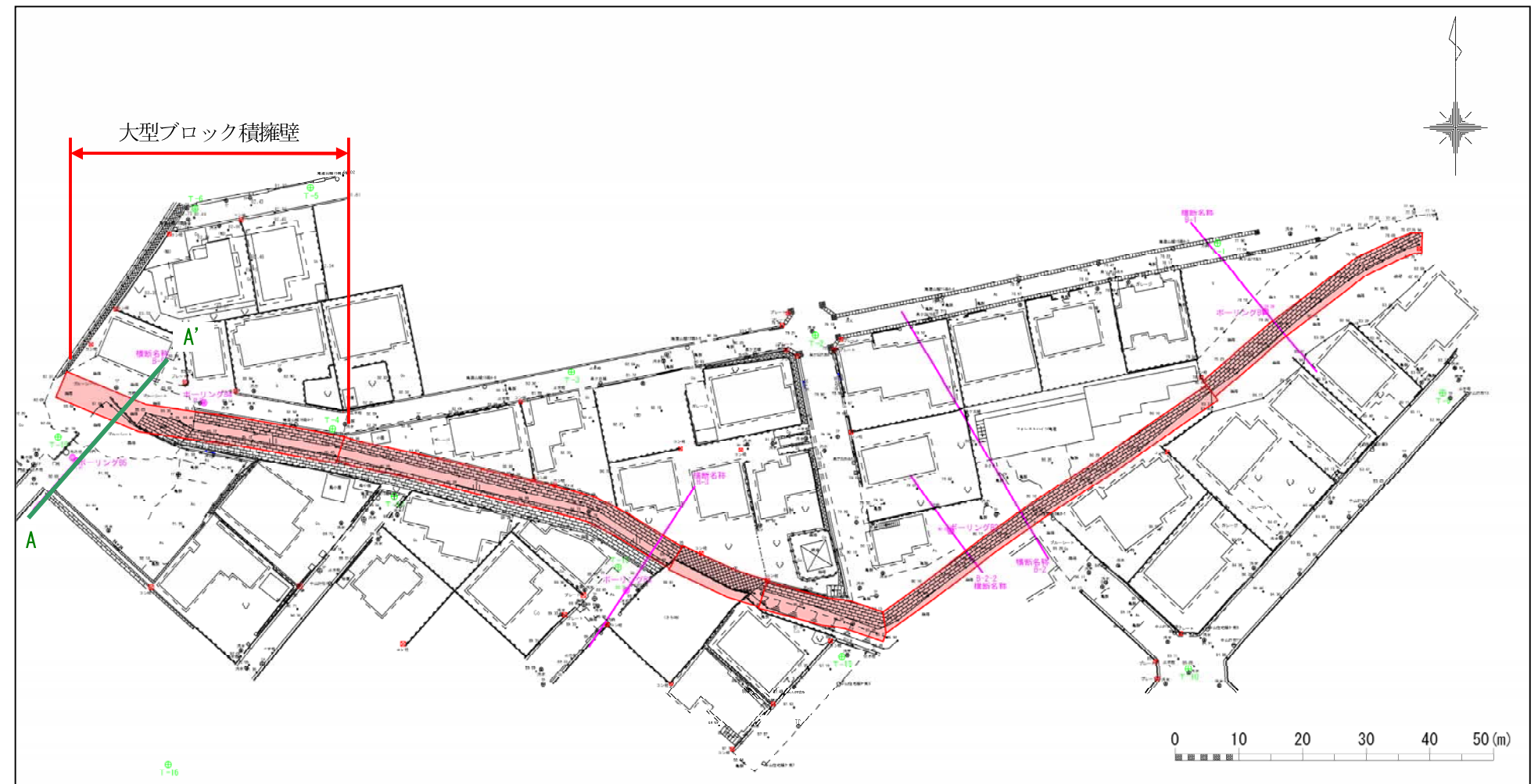
【大型ブロック積擁壁】

崩壊土砂をすべて撤去し、新たに大型ブロック積擁壁を設置する工法である。

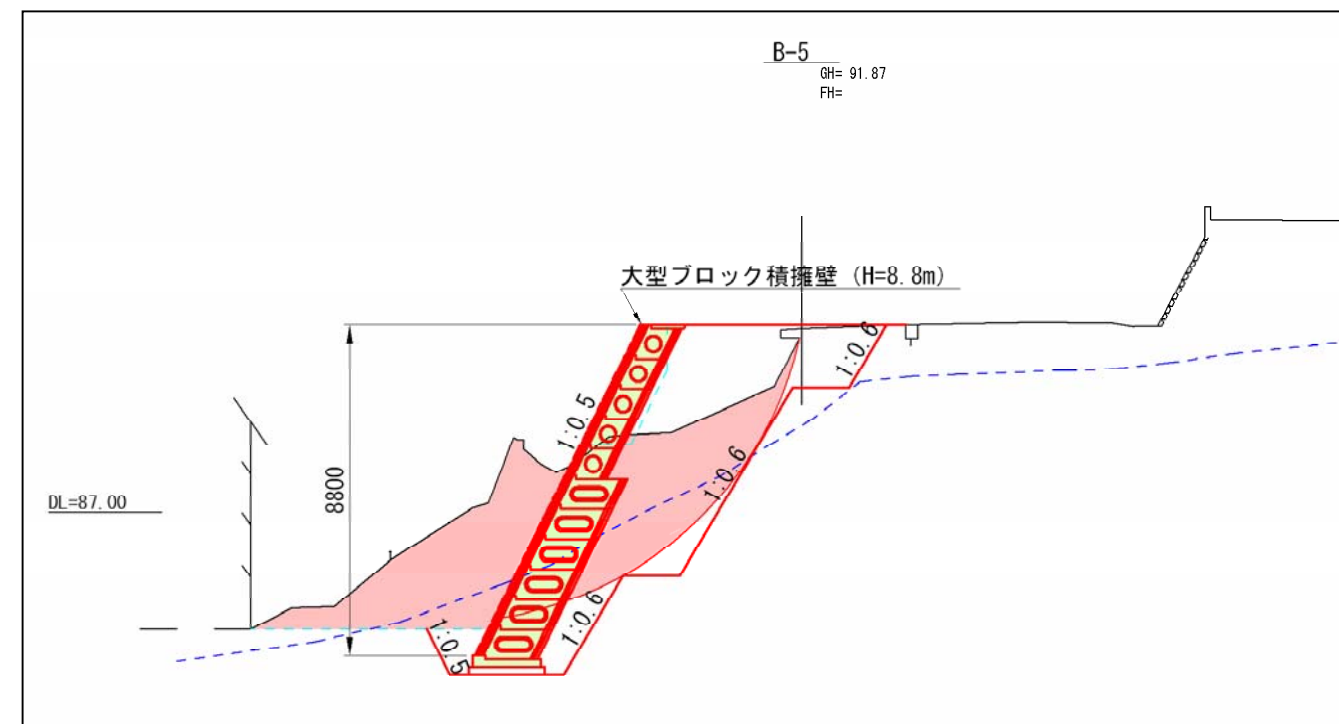
【計画安全率】

常 時 : $F_s=1.2$

※地震時については、既存ブロック積擁壁よりも安全性は向上する。



対策工平面図



対策工断面図 (A - A' 断面)

2-2 B案（もたれ式擁壁）

■対策工の設置理由と目的

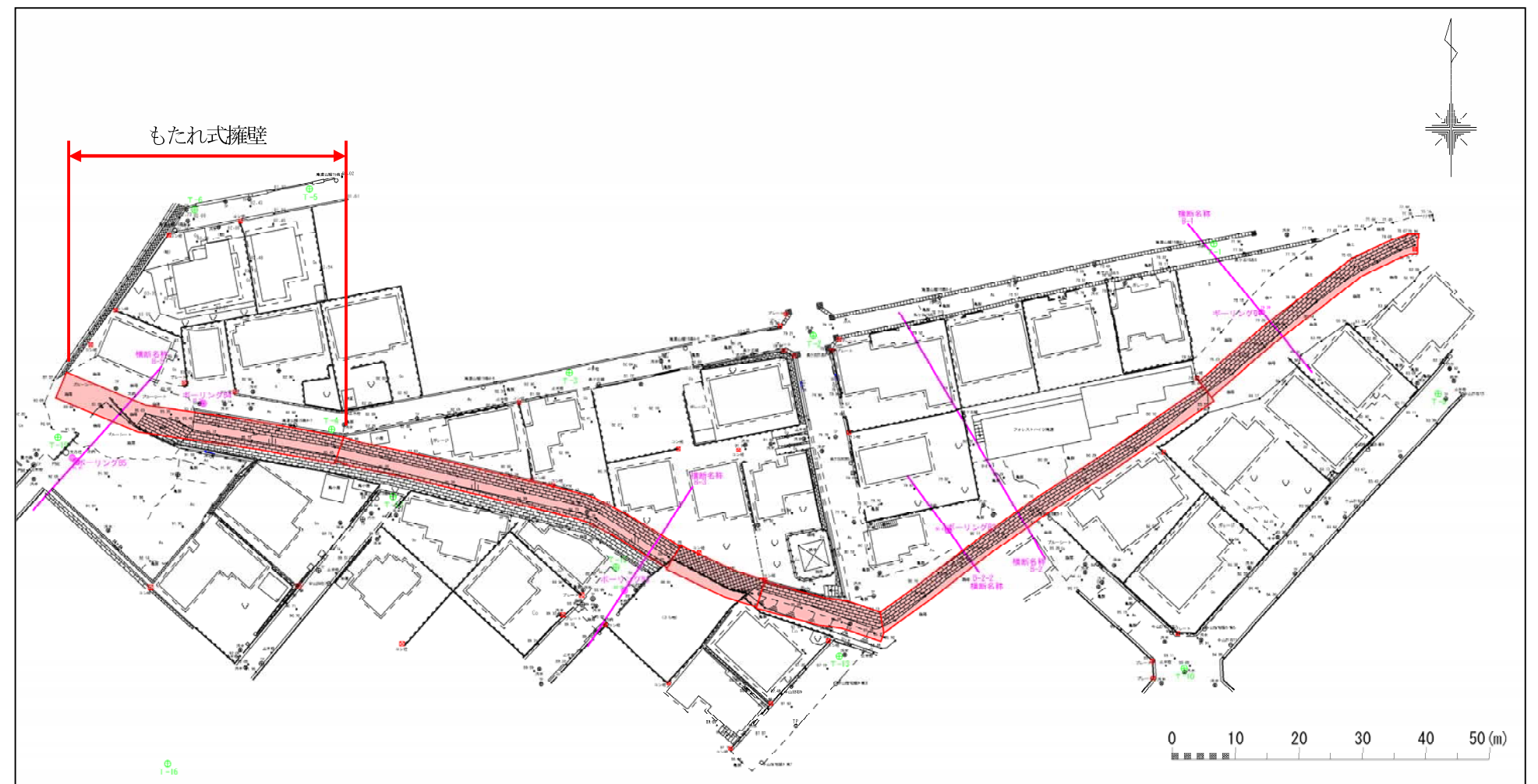
【もたれ式擁壁】

崩壊土砂をすべて撤去し、新たにもたれ式擁壁工を設置する工法である。

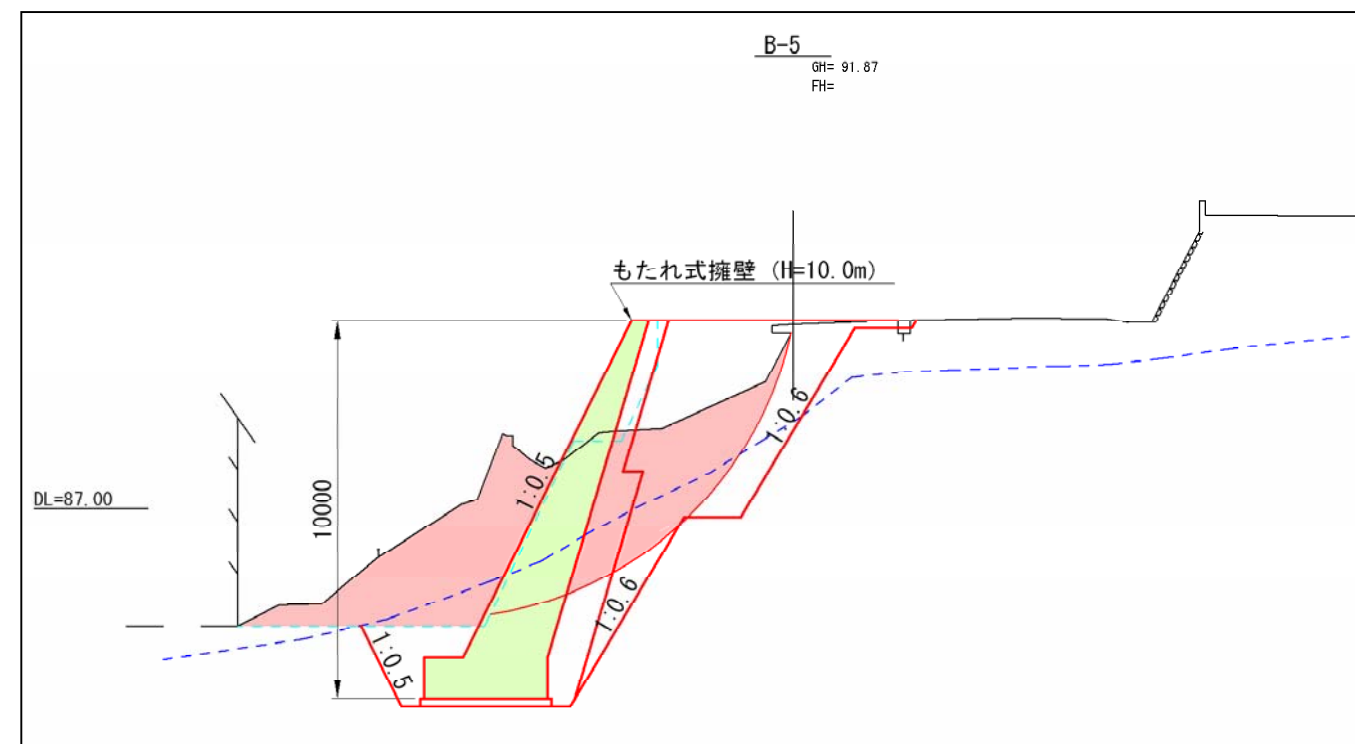
【計画安全率】

常 時 : $F_s=1.2$

※地震時については、既存ブロック積擁壁よりも安全性は向上する。



対策工平面図



対策工断面図 (A -A' 断面)

2－3 C案（補強土壁工法）

■対策工の設置理由と目的

【補強土壁工法】

新たに補強土壁工法を用いて擁壁工を再構築する工法である。

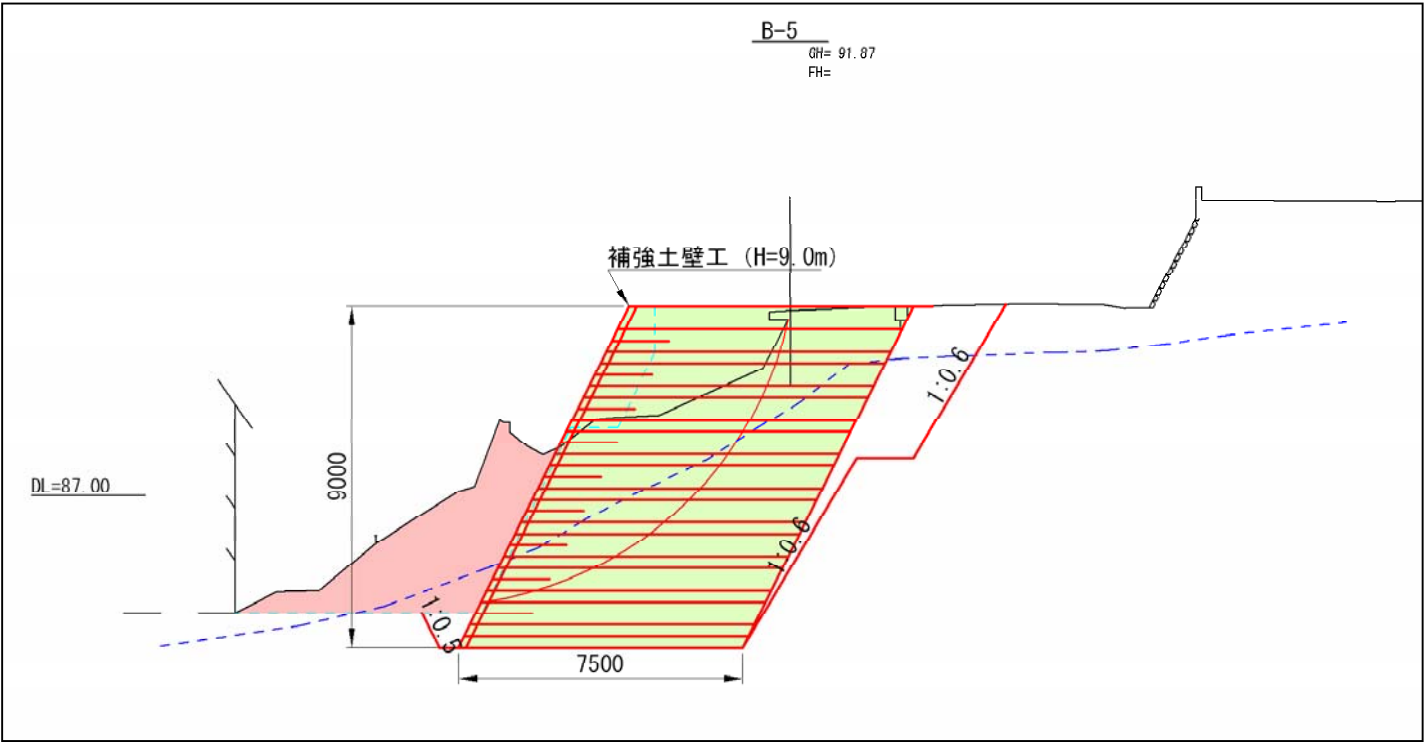
【計画安全率】

常 時 : $F_s=1.2$

常 時 : $F_s=1.0$



対策工平面図



対策工断面図 (A－A' 断面)

3. 対策工例 (B-B' 断面)

3-1 A案

(アンカー工+大型ブロック積擁壁)

■対策工の設置理由と目的

【アンカー工】

盛土内すべりをアンカー工で抑止する工法である。

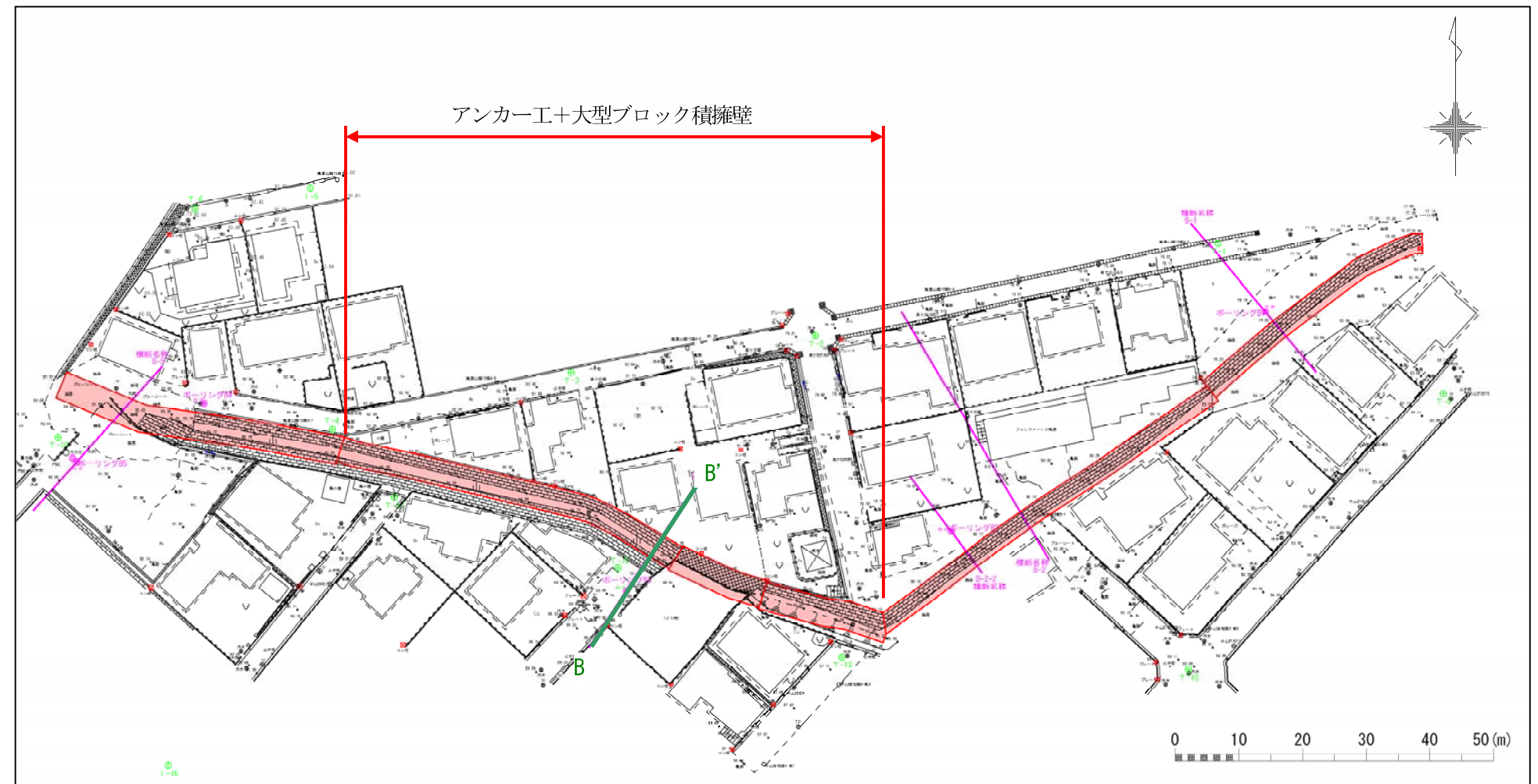
【大型ブロック積擁壁】

新たにもたれ式擁壁工を設置する工法である。

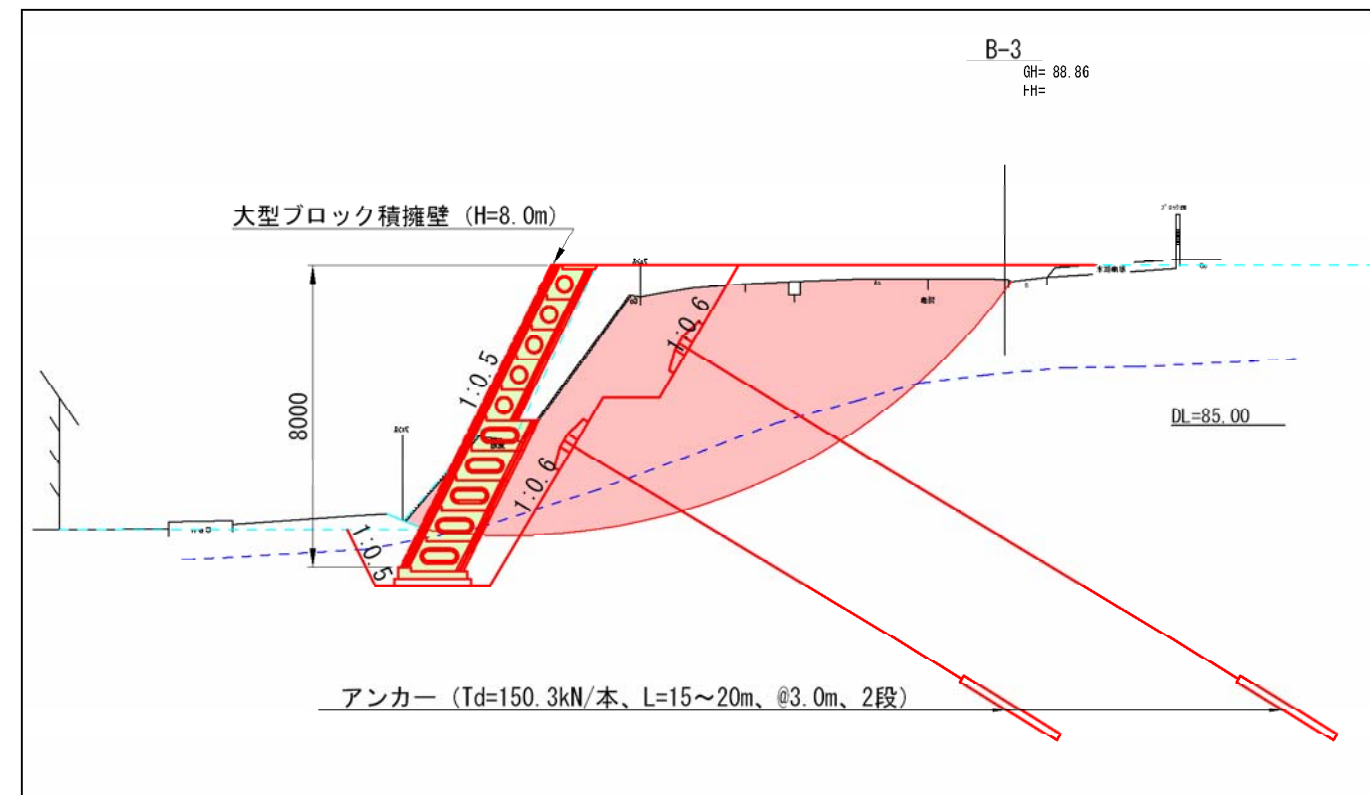
【計画安全率】

常 時 : $F_s=1.2$

※地震時については、既存ブロック積擁壁よりも安全性は向上する。



対策工平面図



対策工断面図 (B-B' 断面)

3-2 B案 (杭工+大型ブロック積擁壁)

■対策工の設置理由と目的

【杭工】

盛土内すべりを杭工で抑止する工法である。

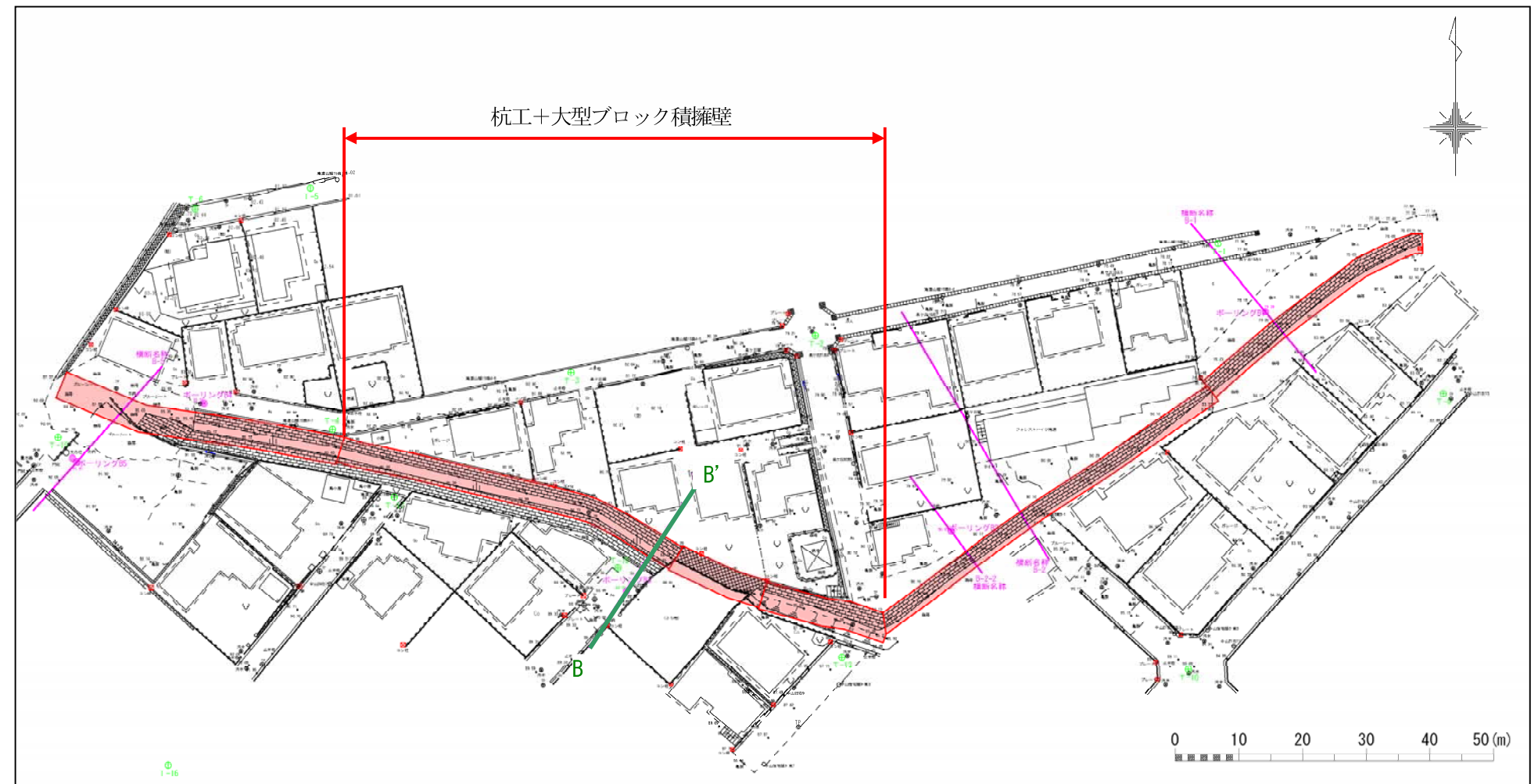
【大型ブロック積擁壁】

新たにもたれ式擁壁工を設置する工法である。

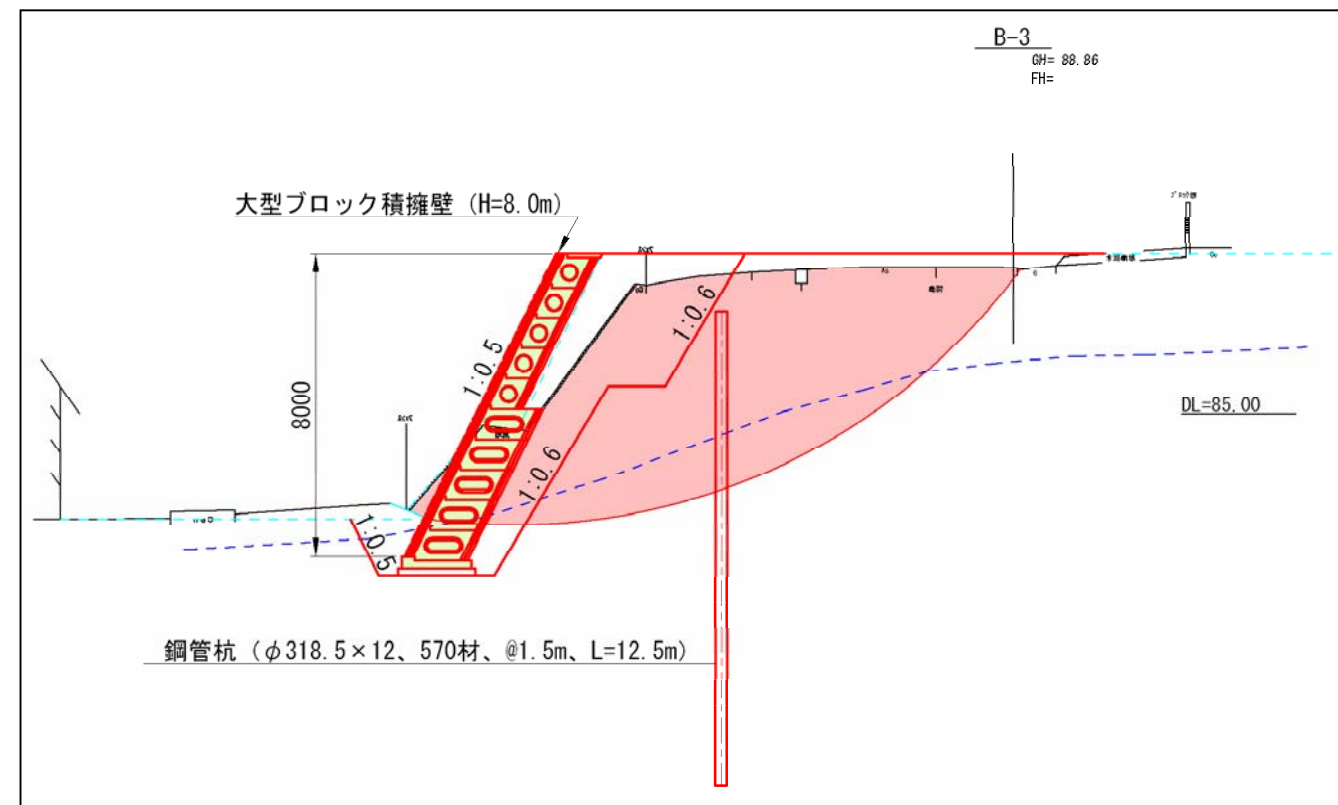
【計画安全率】

常 時 : $F_s=1.2$

※地震時については、既存ブロック積擁壁よりも安全性は向上する。



対策工平面図



対策工断面図 (B-B' 断面)

3-3 C案（補強土壁工法）

■対策工の設置理由と目的

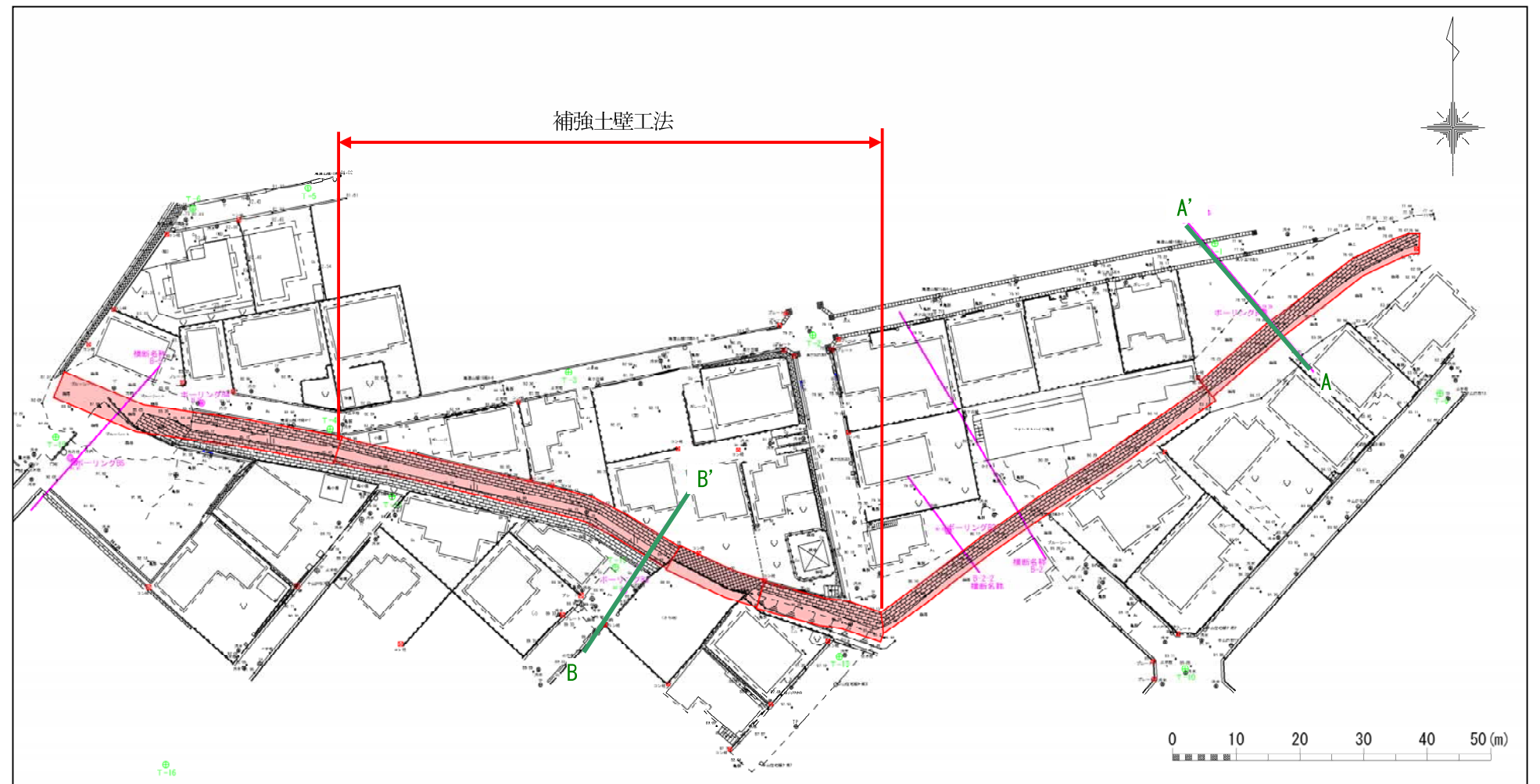
【補強土壁工法】

新たに補強土壁工法を用いて擁壁工を再構築する工法である。

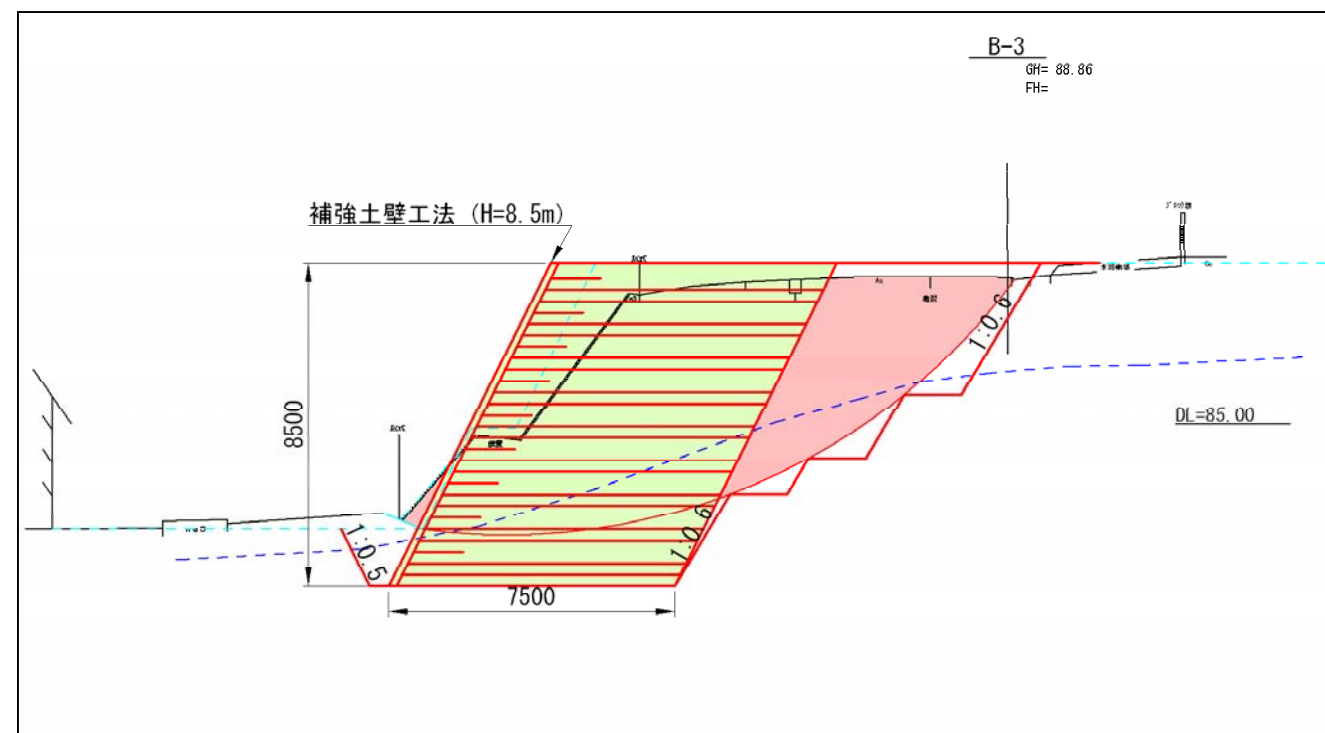
【計画安全率】

常 時 : $F_s=1.2$

常 時 : $F_s=1.0$



対策工平面図



対策工断面図 (B-B' 断面)

4-2 B案（もたれ式擁壁）

■対策工の設置理由と目的

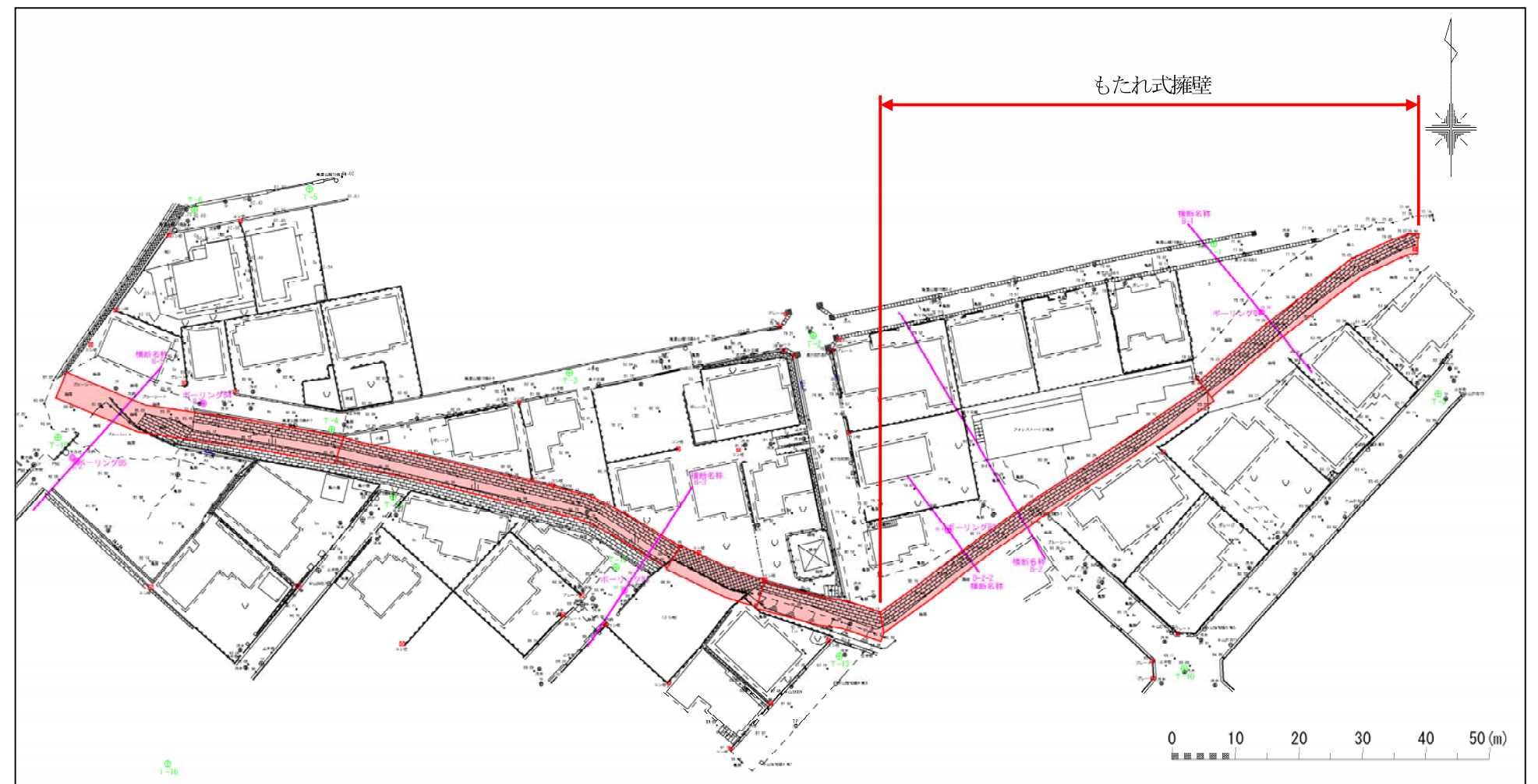
【もたれ式擁壁】

盛土内すべりをすべて撤去し、新たにもたれ式擁壁工を設置する工法である。

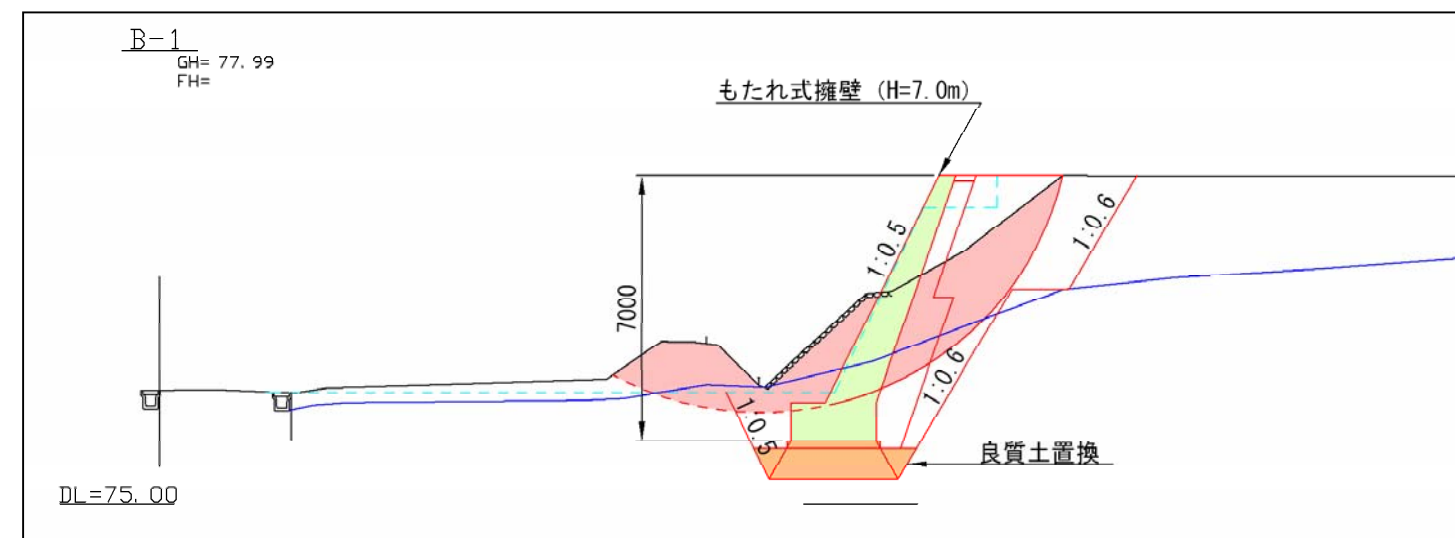
【計画安全率】

常 時 : $F_s=1.2$

※地震時については、既存ブロック積擁壁よりも安全性は向上する。



対策工平面図



対策工断面図 (D-D' 断面)

4-3 C案（補強土壁工法）

■対策工の設置理由と目的

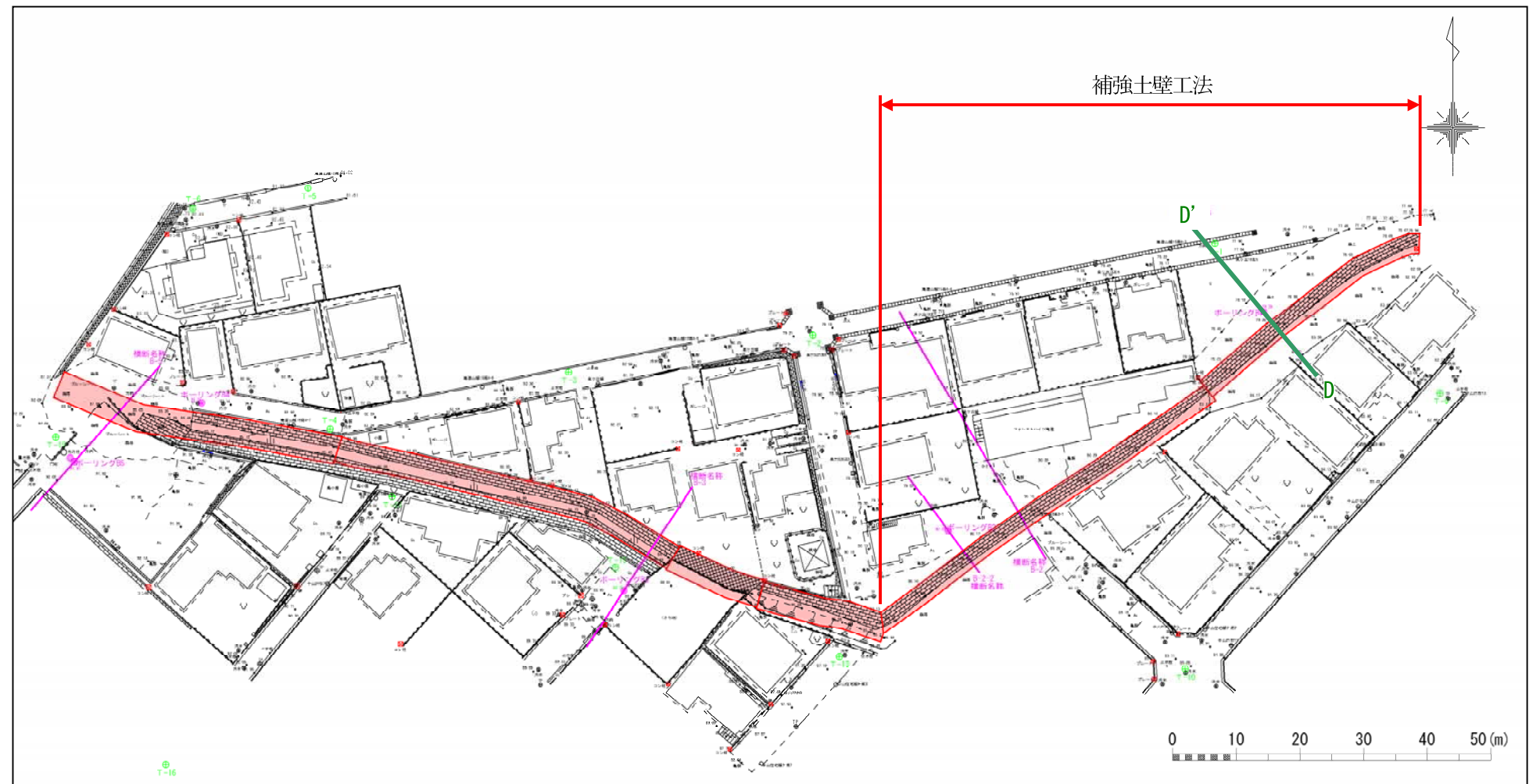
【補強土壁工法】

新たに補強土壁工法を用いて擁壁工を再構築する工法である。

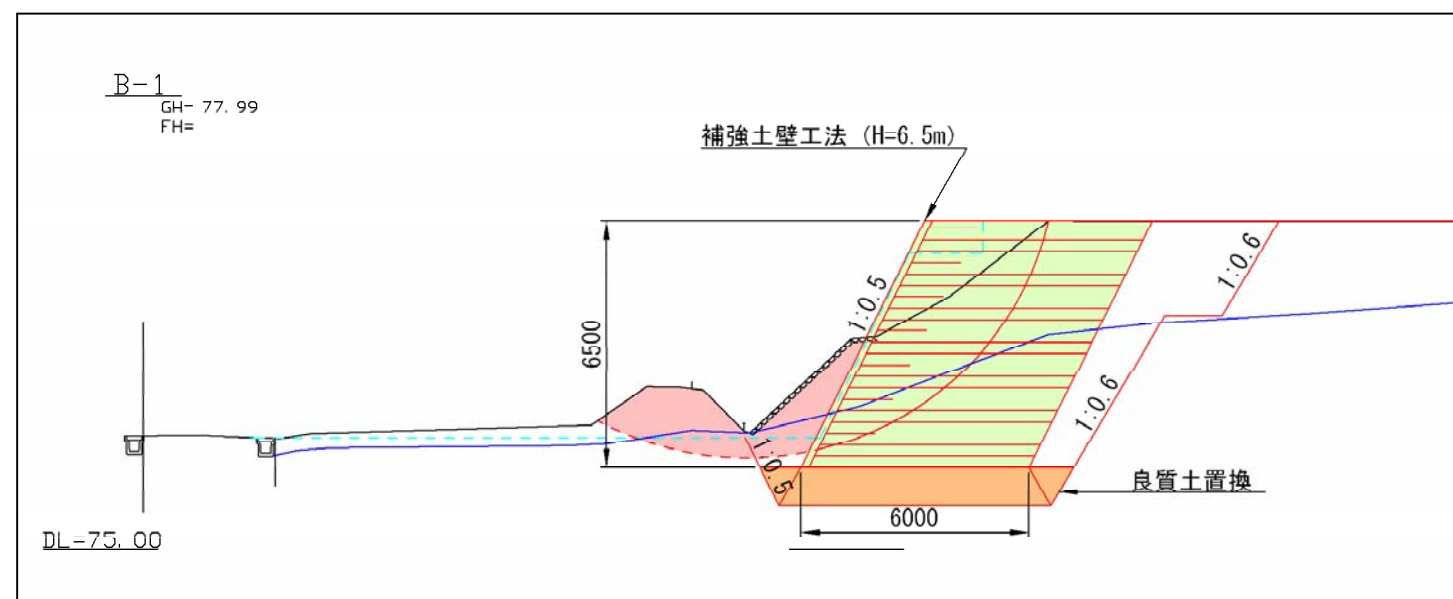
【計画安全率】

常 時 : $F_s=1.2$

常 時 : $F_s=1.0$



対策工平面図



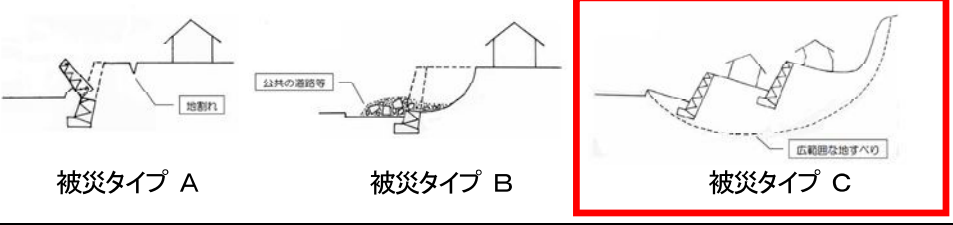
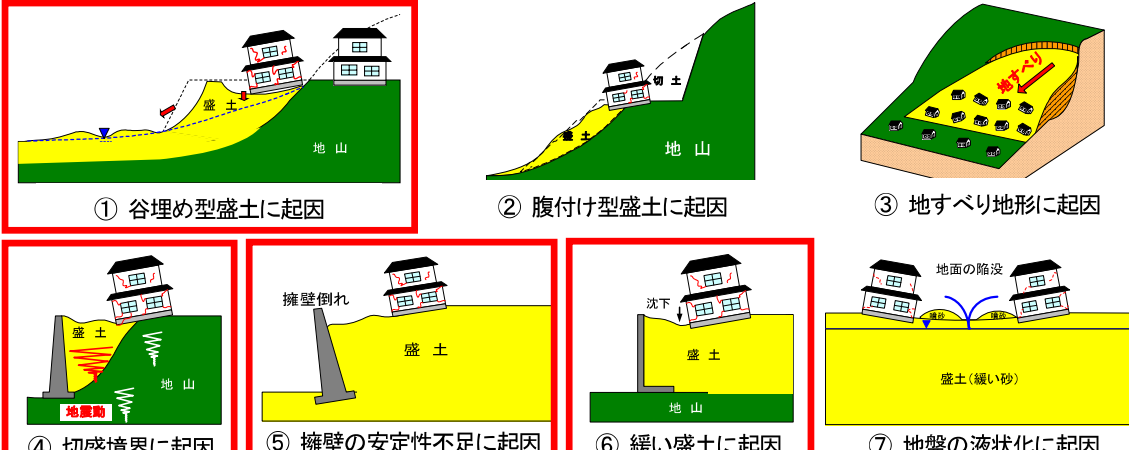
対策工断面図 (D-D' 断面)

被災宅地の復旧計画 「中山五丁目地区」

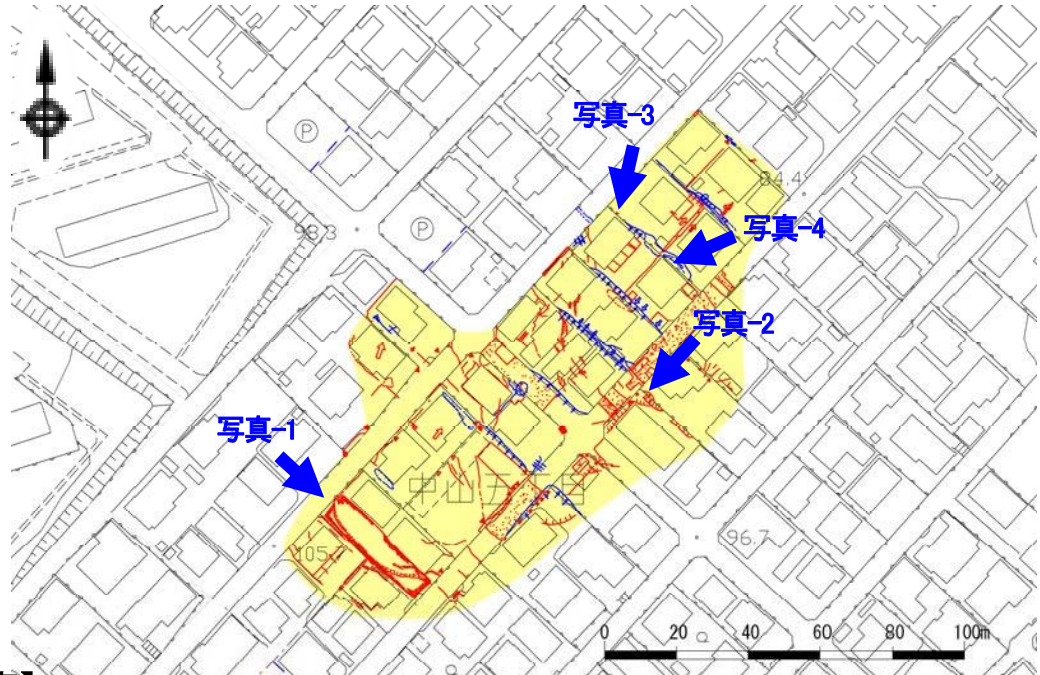
1. 概要書

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. 変状メカニズム

【宅地被災の状況】

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。

【造成履歴および盛土分類】

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。

【盛土および地下水の状況】

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。

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。

【変状メカニズム】

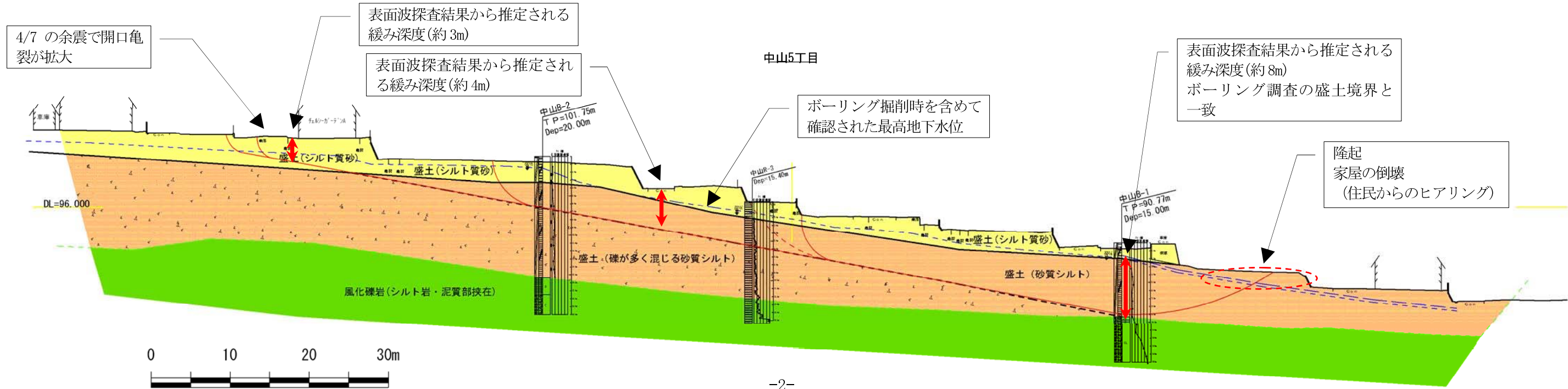
変状域の頭部には馬蹄形の沈下を伴う亀裂がある他、端部では家屋が地盤の隆起により倒壊している。変状範囲の中央部の市道では道路が一体となり、斜面下方側に1～1.5m移動している。盛土内部の強度境界が約10° 程度の流れ盤構造を呈す。被害が発生した箇所は、谷埋め盛土範囲に該当しており、被害状況から盛土内すべりが発生したものと推察される。

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。

素因	<ul style="list-style-type: none">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	<ul style="list-style-type: none">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	<ul style="list-style-type: none">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⁾)

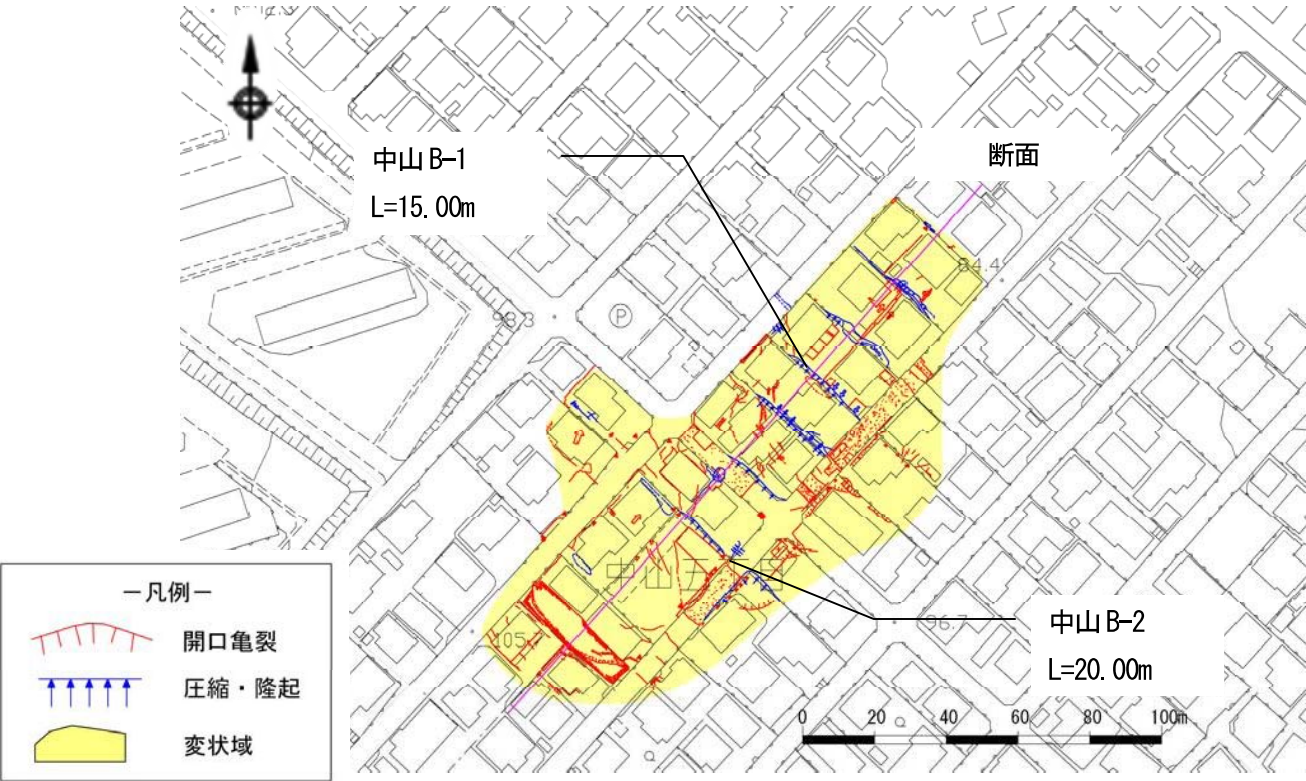
N 値	相対密度 (Terzaghi and Peck)	現場判別法
0～4	非常に緩い (very loose)	鉄筋が容易に手で貫入
4～10	緩い (loose)	ショベル (スコップ) で掘削可能
10～30	中位の (medium)	鉄筋を5ボンドハンマで打込み容易
30～50	密な (dense)	同上、30 cm 程度貫入
>50	非常に密な (very dense)	同上、5～6 cm 貫入、掘削には必要、打込み時金属音

注) 鉄筋はφ13 mm

社)地盤工学, 2004. 6, 地盤調査の方法と解説 p263 および p267 より引用

当該地の変状は、概ね次の通りの機構が想定される。

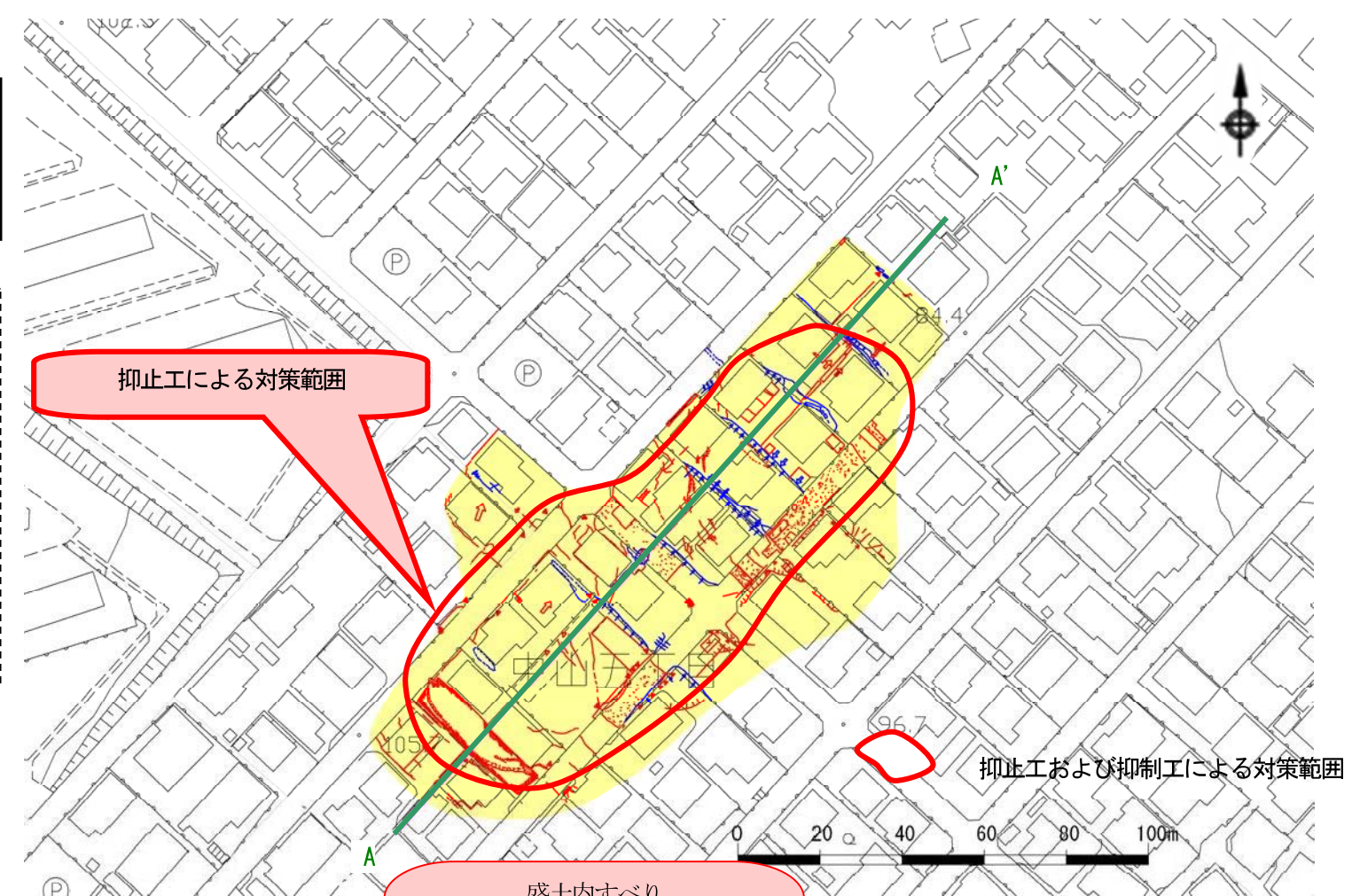
- ◆地震により非常に緩い(柔らかい)盛土地盤内で形成されたすべり面により、土塊とともに移動したために発生した。
- ◆盛土地盤が非常に緩い(柔らかい)ため地震動を増幅させることとなり、地表面で大きな変状となって表れた。



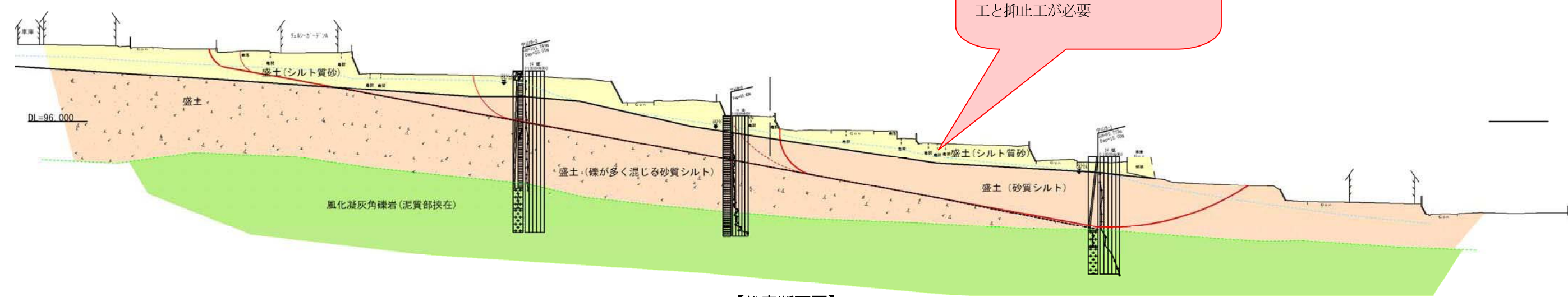
3. 対策方針

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。

【説明】
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。
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。
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。
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。



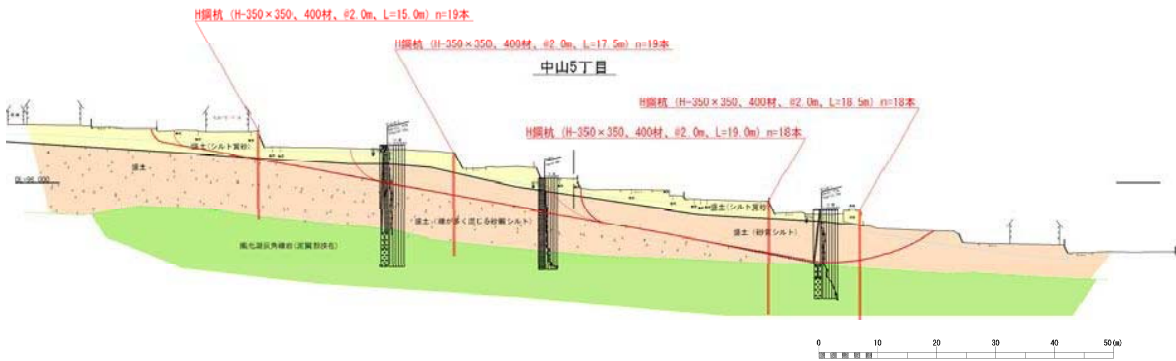
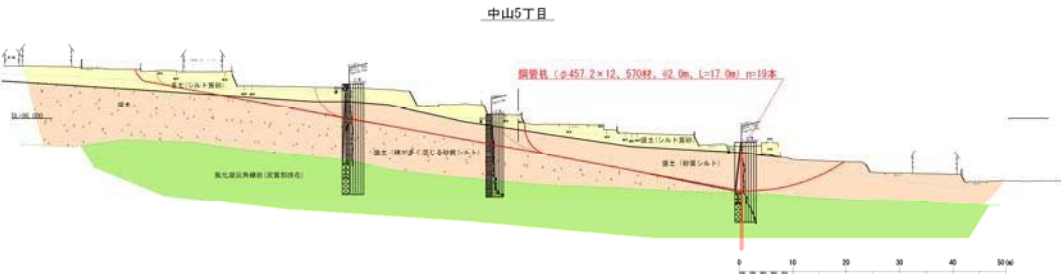
中山5丁目



【代表断面図】

参考資料

1. 工法比較表

変状メカニズム		<p>本地区の被害状況は、盛土内における地盤のブロック移動によるもので、頭部には馬蹄形の沈下を伴う変状により宅地が大きく被災した。また、すべりの側方部では、ブロック積擁壁が斜面下方に押し出すように変形・崩壊した。これに伴って、市道も 1m 以上下方に移動した。また、移動ブロック内の宅地擁壁は、個々に崩壊している。</p> <p>変状のメカニズムは、ブロック変状と宅盤の変状が複合しており、二つを分離することは困難であるが、深さ 4～5m 程度の盛土内すべりが発生した。これと同時に、地震動により盛土内の地盤強度が低下し、移動ブロック内で擁壁の崩壊が発生したものと考えられる。</p>	
対策方針		<p>本地区の対策工法は、抑制工の押え盛土や排土工は、盛土や切土の影響が周辺の宅地にまで及ぶことから適用が困難である。また、盛土内の地下水位が高いことから、地下水排除工があげられるが、盛土材が粘性土と透水性が低い材料であることから、地下水位の効果が低いものと判断されることから、その安全率の効果を 5%以内とする。</p> <p>抑止工としては、地形形状が緩いことから、アンカー受圧板を設置する場所がないアンカーの適用は困難である。地形形状が緩くても施工可能な杭工が適していると判断される。</p> <p>以上のことから、当該地の対策工法としては、「地下水排除工＋杭工」が適していると判断される。</p>	
工法案		A 案（暗渠工＋鋼管杭）	B 案（暗渠工＋H 鋼杭）
概要	図		
	説明	<p>【鋼管杭】 盛土内すべりを多段の杭工（H 鋼杭）で抑止する抑止工である。</p> <p>【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。</p>	<p>【H 鋼杭】 盛土内すべりを杭工（鋼管杭）で抑止する抑止工である。</p> <p>【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。</p>
対策工		H 鋼杭 暗渠工 擁壁復旧	鋼管杭 暗渠工 擁壁復旧
評 価		<ul style="list-style-type: none">盛土が粘性土で透水性が低いことから、地下水位が低下による安全率の上昇を 5%以下とする。地下水低下を考慮した必要抑止力に対して多段に H 鋼杭を計画し、変状した擁壁もこの H 鋼杭により復旧する。	<ul style="list-style-type: none">盛土が粘性土で透水性が低いことから、地下水位が低下による安全率の上昇を 5%以下とする。地下水低下を考慮した必要抑止力に対して鋼管杭を計画している。

2. 対策工例

2-1 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。

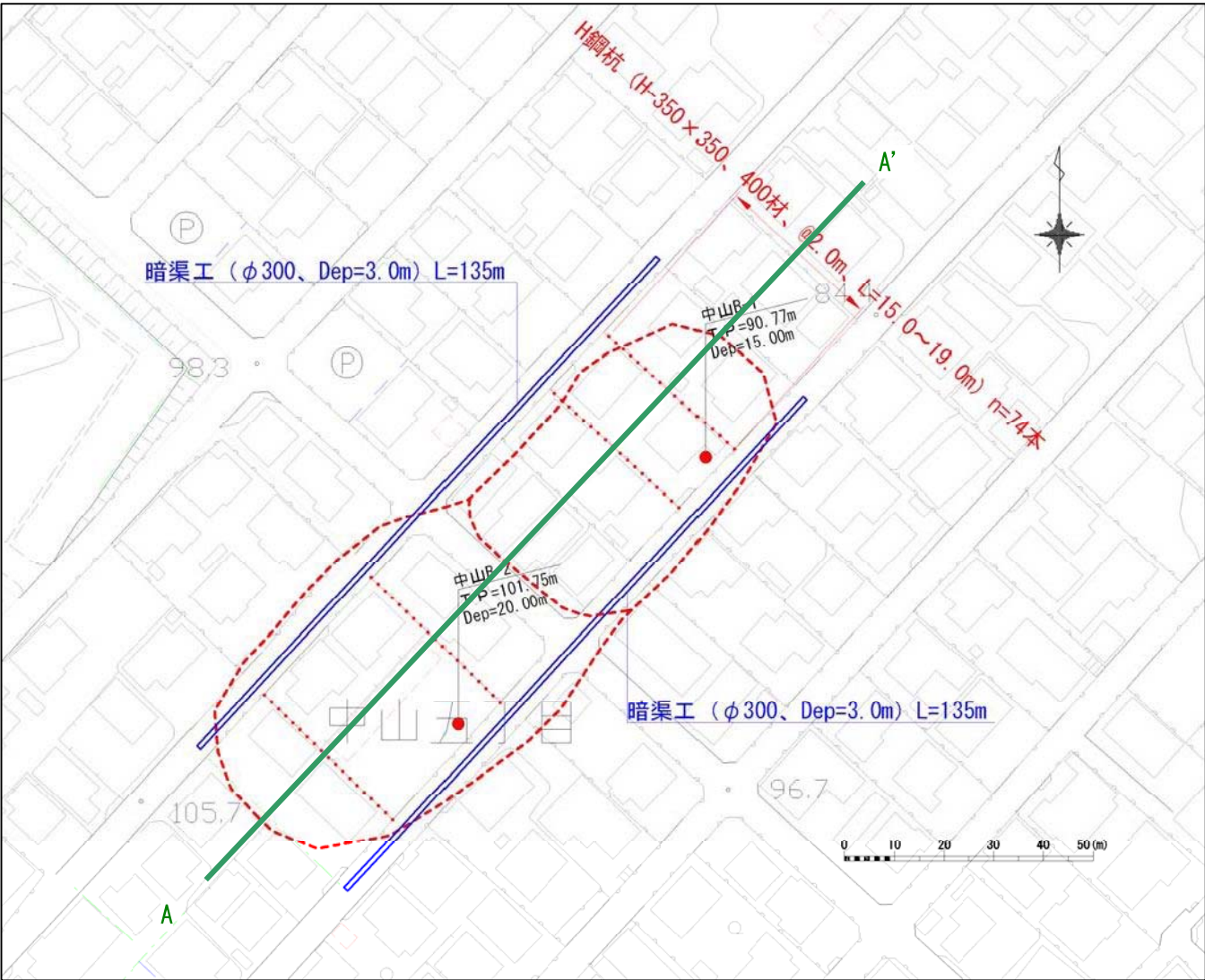
【暗渠工】

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。

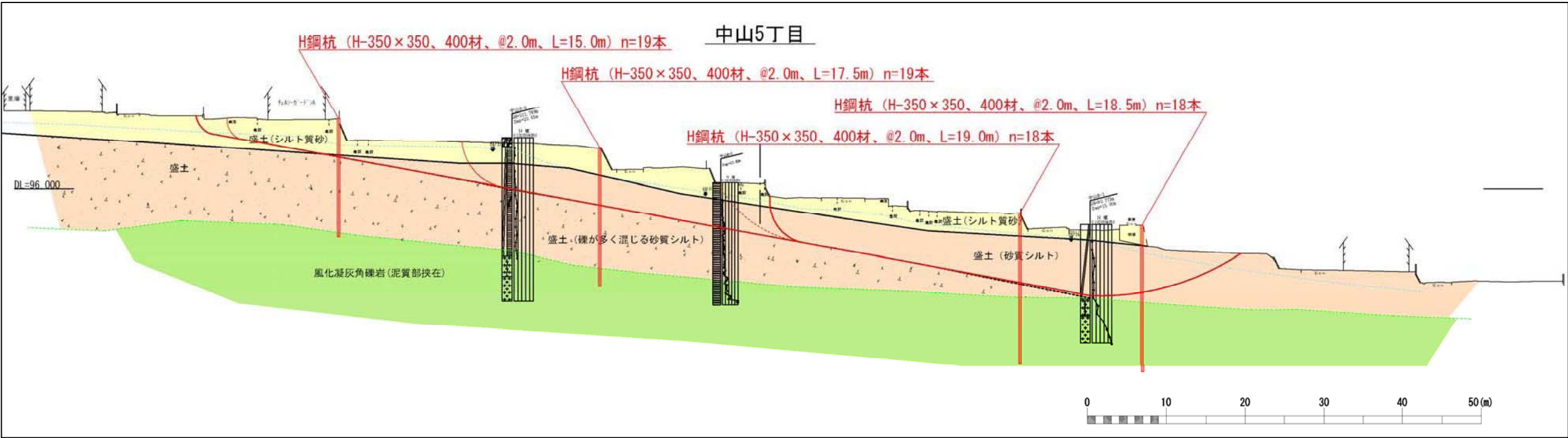
【計画安全率】

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)

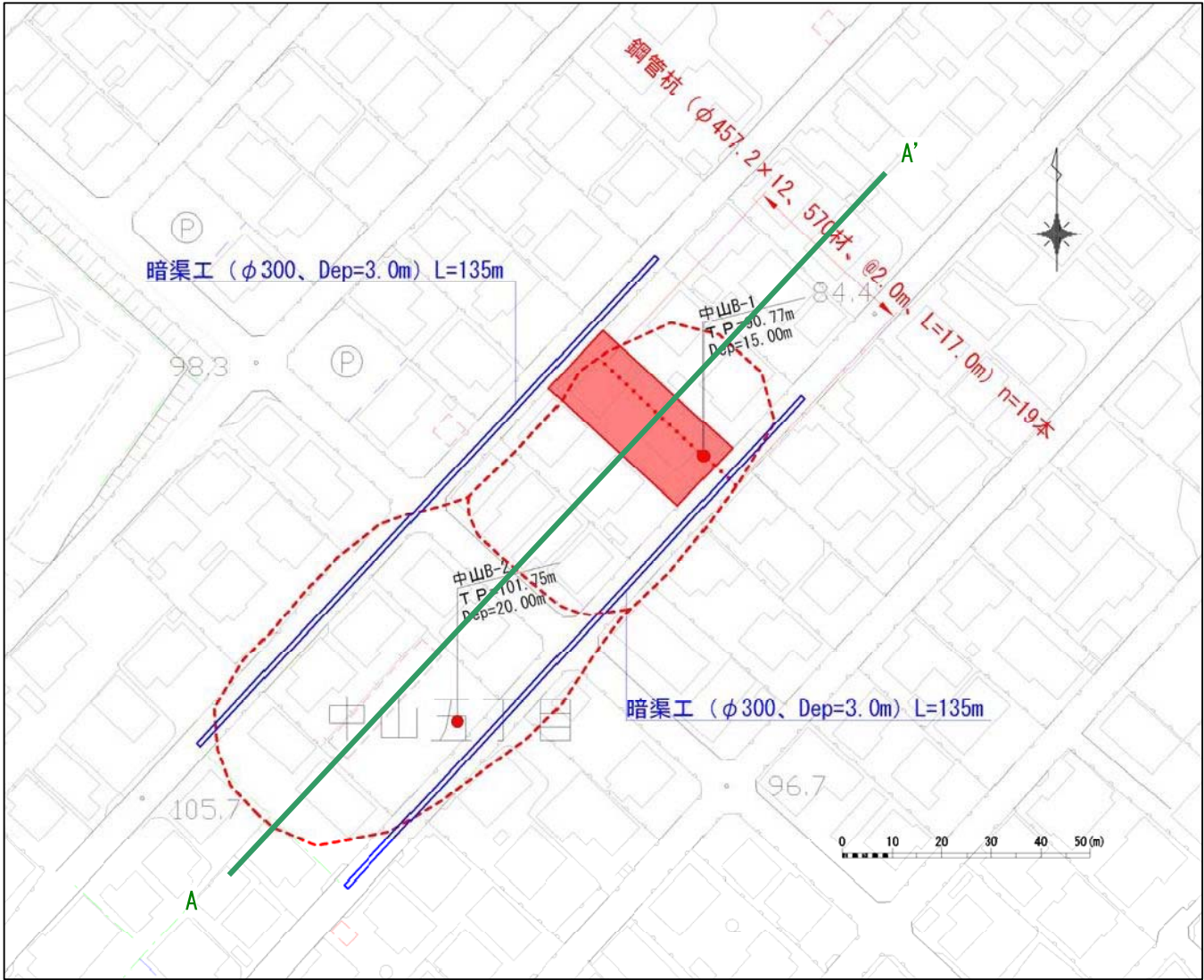
2-2 B案（暗渠工+鋼管杭）

■対策工の設置理由と目的

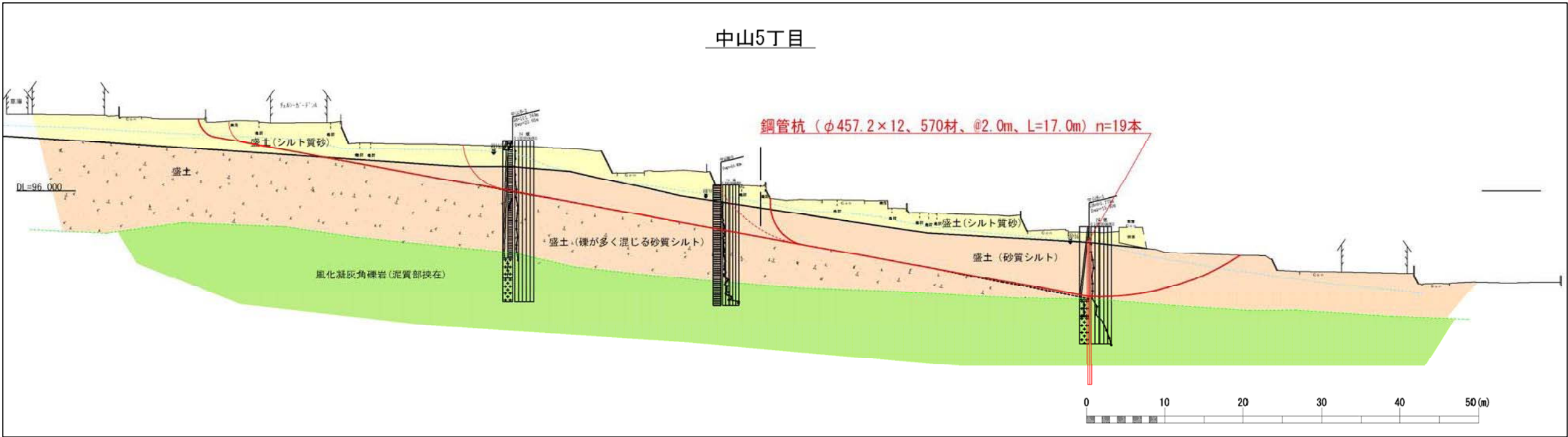
【鋼管杭】
盛土内すべりを杭工で抑止する抑止工である。

【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



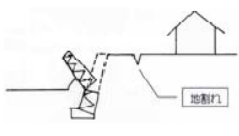
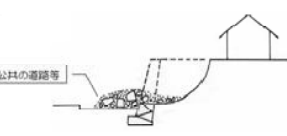
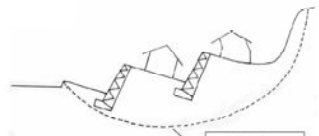
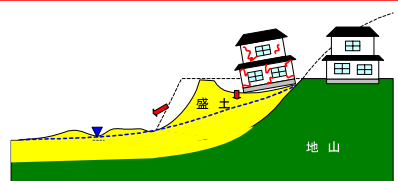
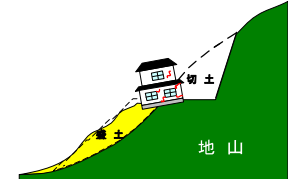
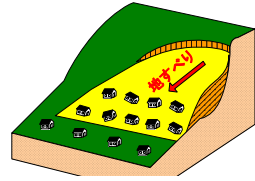

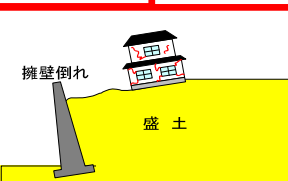
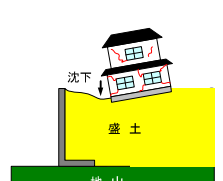
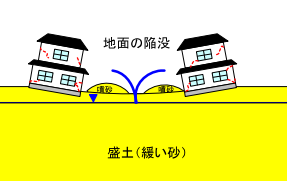


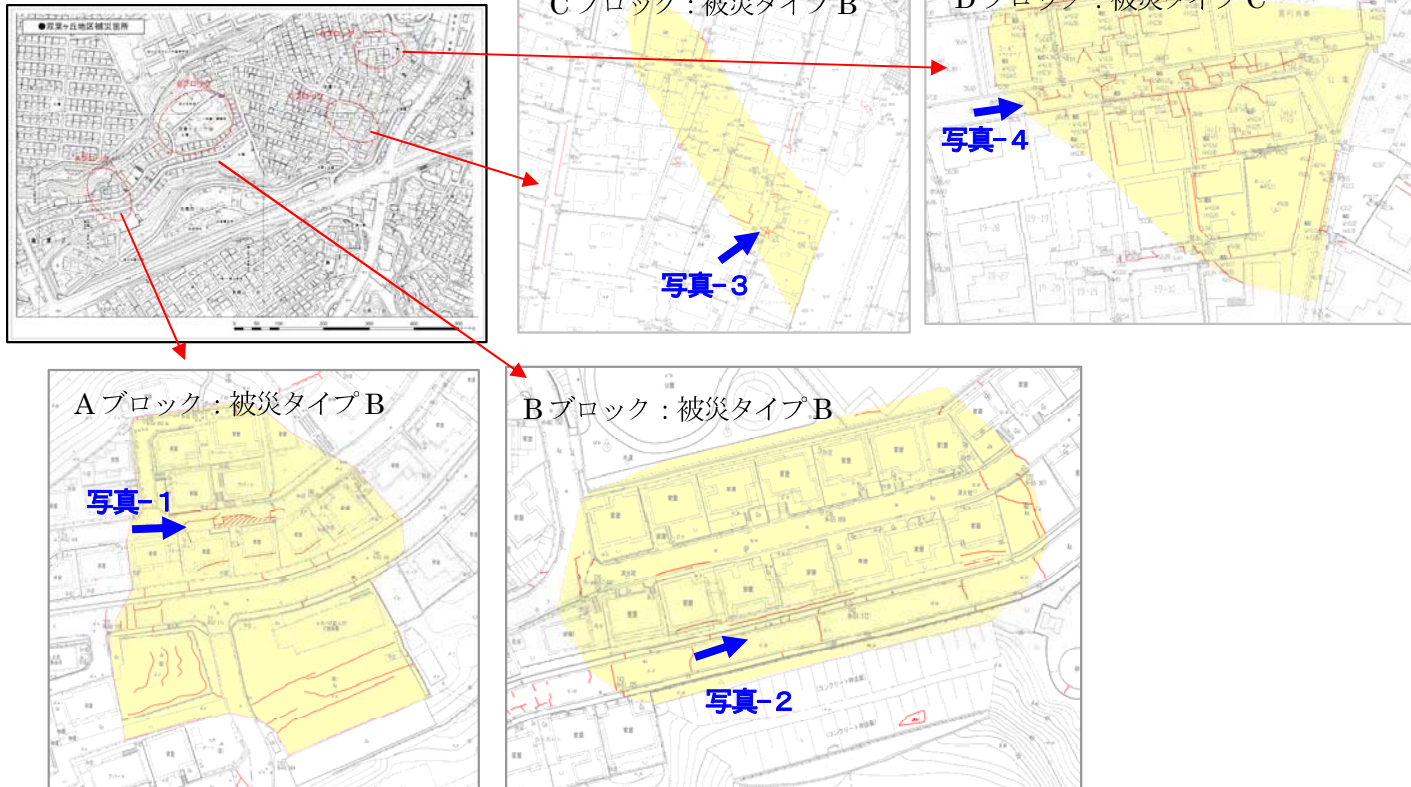




対策工平面図



対策工断面図 (A - A' 断面)

被災宅地の復旧検討 「双葉ヶ丘地区」

1. 概要書

区 名	青葉区		地区名	双葉ヶ丘一丁目・二丁目		主な街区	1 丁目 ; 2, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 27 番街区 2 丁目 ; 6, 7, 8, 9, 11 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	m ²		宅地数	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				
【位 置 図】								
  被災地 Yahoo!地図より引用・加筆 (C)Yahoo Japan, (C)ZENRIN 社会保険協団								
【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. 変状メカニズム

2.1 Aブロック

【宅地被害の状況】

本地区では、幅約85m、長さ約100mの範囲において、全域で道路、宅地および擁壁の亀裂・沈下等の変状が発生した（平面図参照）。

【造成履歴および盛土分類】

本地区は、昭和36年～40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「礫混じり粘土質砂」に分類され、盛土の層厚は5m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2.5m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】

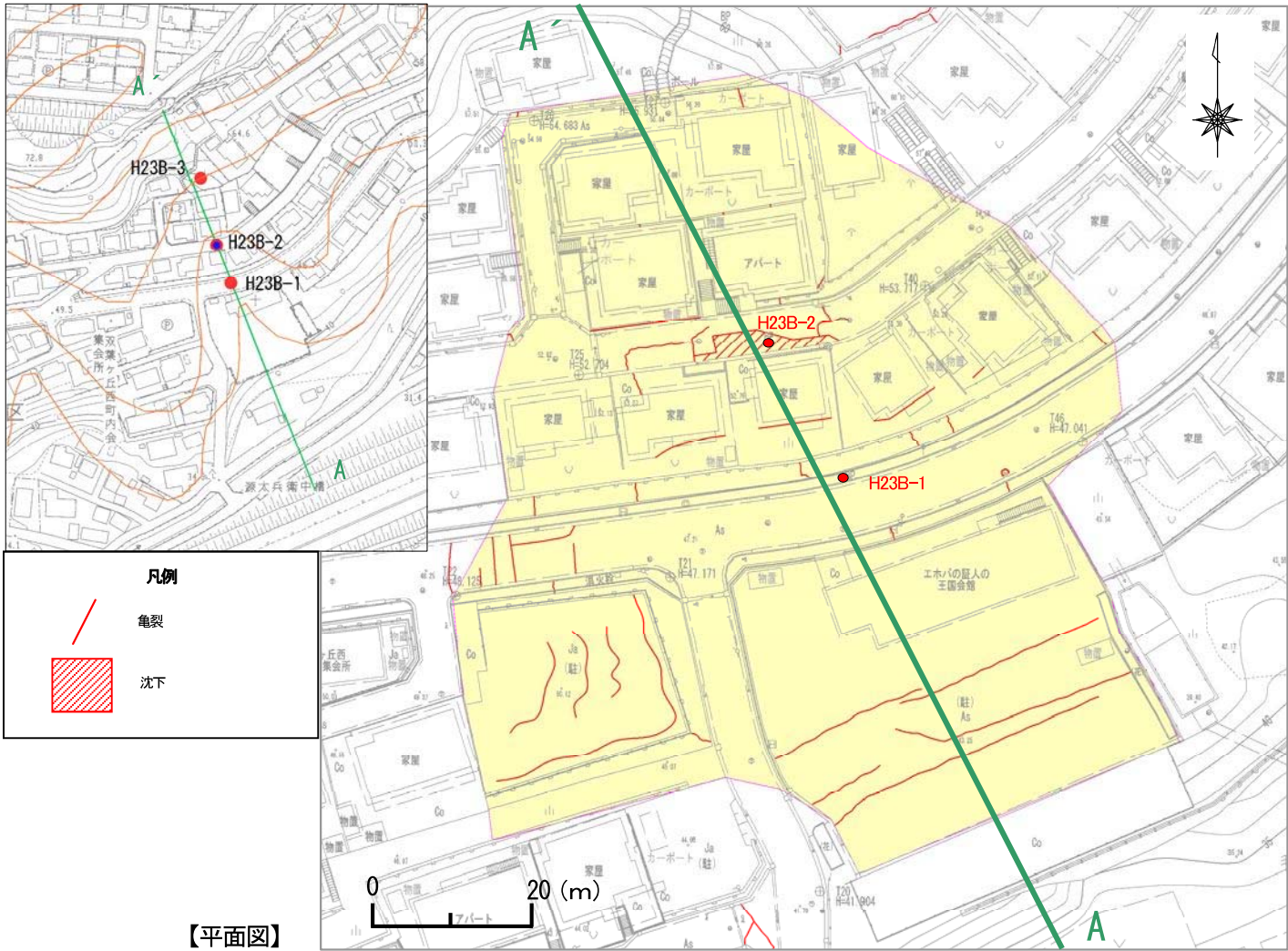
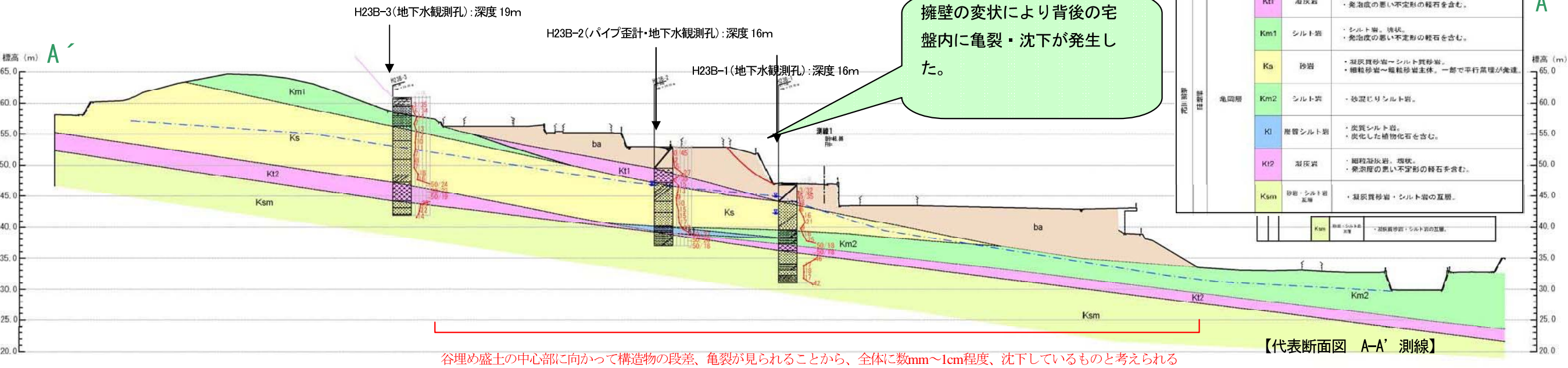
本地区では、市道に面した高さ約5mの宅地擁壁（ブロック積擁壁）が、延長78mにわたって地震の強い揺れで安定性を失ったため、転倒、押出し、孕み等の変状を受けたと考えられる。また、擁壁の変状に伴い裏込め土が変形・沈下し、擁壁の背後にある家屋が軒並み傾倒したと考えられる。擁壁が変状したのは、強い揺れによって擁壁自体が揺れ、かつ背面上に押されたためと推定されるが、擁壁の変状のメカニズムについては、①擁壁の強度、②基礎地盤、③背面上の性状、④谷埋め盛土など、複合的な要因が関わっていると考えられる。

なお本地区については、広範囲に被災を及ぼす地すべり性の変状は認められない。

素 因	<ul style="list-style-type: none">N 値 3 程度の脆弱な谷埋め盛土が分布する。擁壁の安定性が不足している。
誘 因	<ul style="list-style-type: none">最大震度 6 弱【仙台市青葉区（2011 年 3 月 11 日発生）】の地震動継続時間が長い地震動



変状発生	<ul style="list-style-type: none">地震動により、擁壁に押出し、転倒、孕み、亀裂等の変状が発生。擁壁の変状に伴い、背後地盤に亀裂・沈下が発生。
------	--



2.2 Bブロック

【宅地被害の状況】

本地区では、幅約115m、長さ約55mの範囲において、全域で道路、宅地および擁壁の亀裂・沈下等の変状が発生した（平面図参照）。

【造成履歴および盛土分類】

本地区は、昭和36年～40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「礫混じり粘土質砂」に分類され、盛土の層厚は16.5m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=6が得られ「緩い」締り状態を示している。

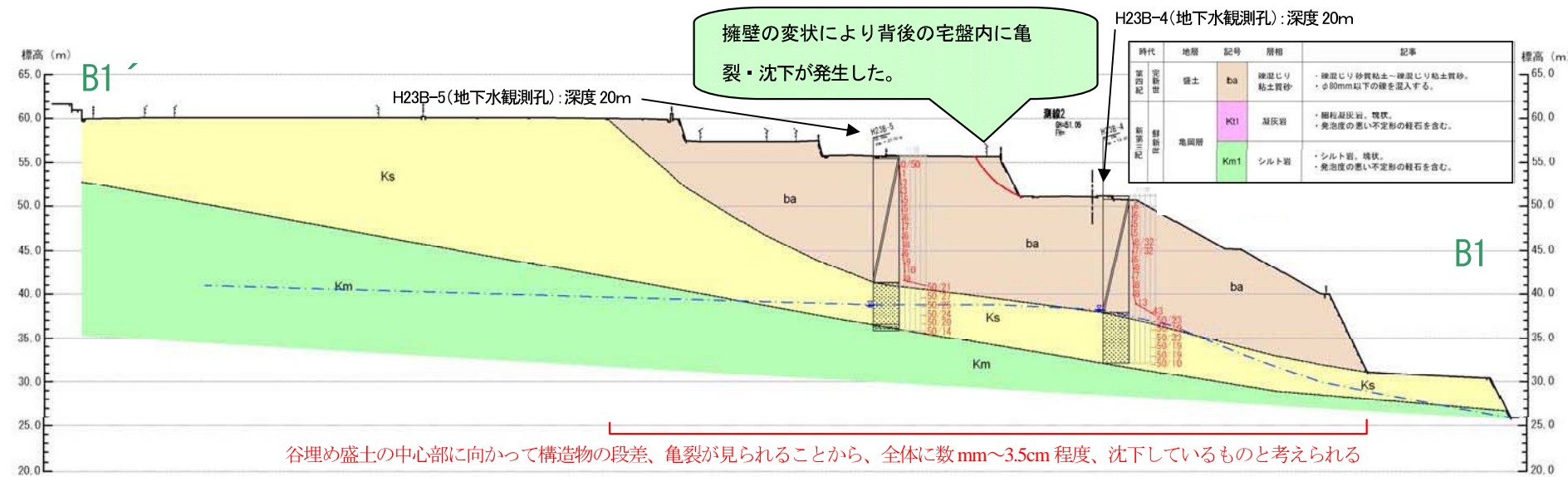
地下水位は、地表面下11.5m付近で確認され、比較的低い位置に分布している。

【変状メカニズム】

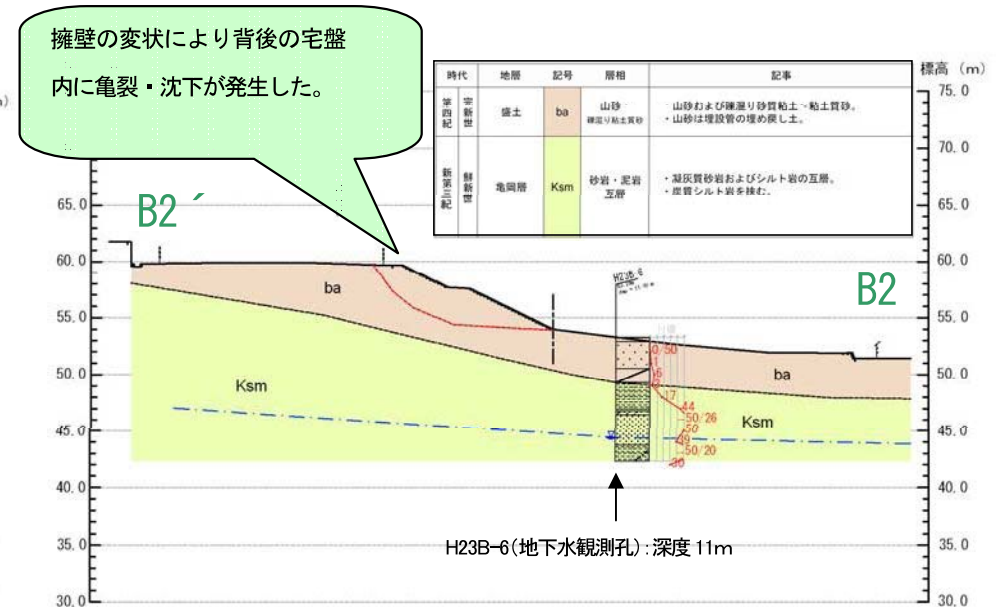
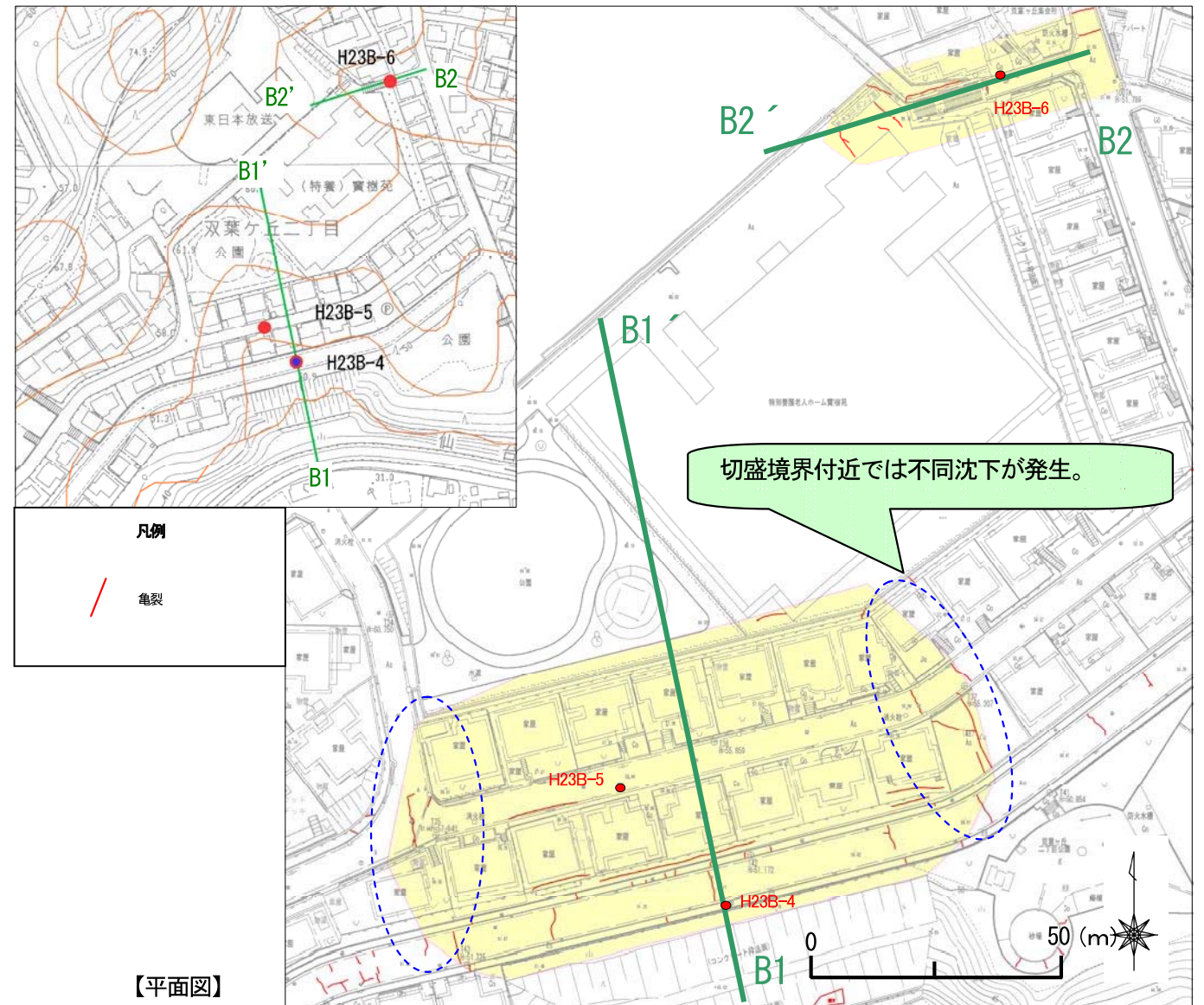
本地区では、Aブロックと同様に市道に面した高さ約4mの宅地擁壁（ブロック積擁壁）が、延長120mにわたって地震の強い揺れにより押出されたため、孕み、亀裂等の変状が発生したと考えられる。擁壁の変状に伴い裏込め土が変形・沈下したため、擁壁の背後にある家屋が軒並み傾倒したと考えられる。擁壁が変状したのは、Aブロックと同様に、強い揺れによって擁壁自体が揺れ、かつ背面土に押されたためと推定されるが、擁壁の変状のメカニズムについては、①擁壁の強度、②基礎地盤、③背面土の性状、④谷埋め盛土など、複合的な要因が関わっていると考えられる。Bブロックでは、擁壁の変状に起因する家屋の損傷の他に、切盛境界上の不同沈下により、その直上の家屋が大きな損傷を受けていた。ただし、Bブロックでは切盛境界上の宅地は数件（2～3件）に留まっており、切盛境界の不同沈下は宅地被害が広範囲にわたっている直接的な原因ではない。

なお本地区については、広範囲に被災を及ぼす地すべり性の変状は認められない。

素 因	<ul style="list-style-type: none">N 値 6 程度の谷埋め盛土が分布する。擁壁の安定性が不足している。
誘 因	<ul style="list-style-type: none">最大震度 6 弱〔仙台市青葉区（2011 年 3 月 11 日発生）〕の地震動継続時間が長い地震動
変状発生	<ul style="list-style-type: none">地震動により、擁壁に押出し、転倒、孕み、亀裂等の変状が発生。擁壁の変状に伴い、背後地盤の沈下が発生。切盛境界で不同沈下が発生。



【代表断面図 B1-B1' 測線】



【代表断面図 B2-B2' 測線】

2.3 Cブロック

【宅地被害の状況】

本地区では、幅約25m、長さ約120mの範囲において、全域で道路、宅地および擁壁の亀裂・沈下等の変状が発生した（平面図参照）。

【造成履歴および盛土分類】

本地区は、昭和36年～40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「粘土質砂」に分類され、盛土の層厚は11.0m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=4が得られ「緩い」締り状態を示している。

地下水位は、地表面下3.5m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】

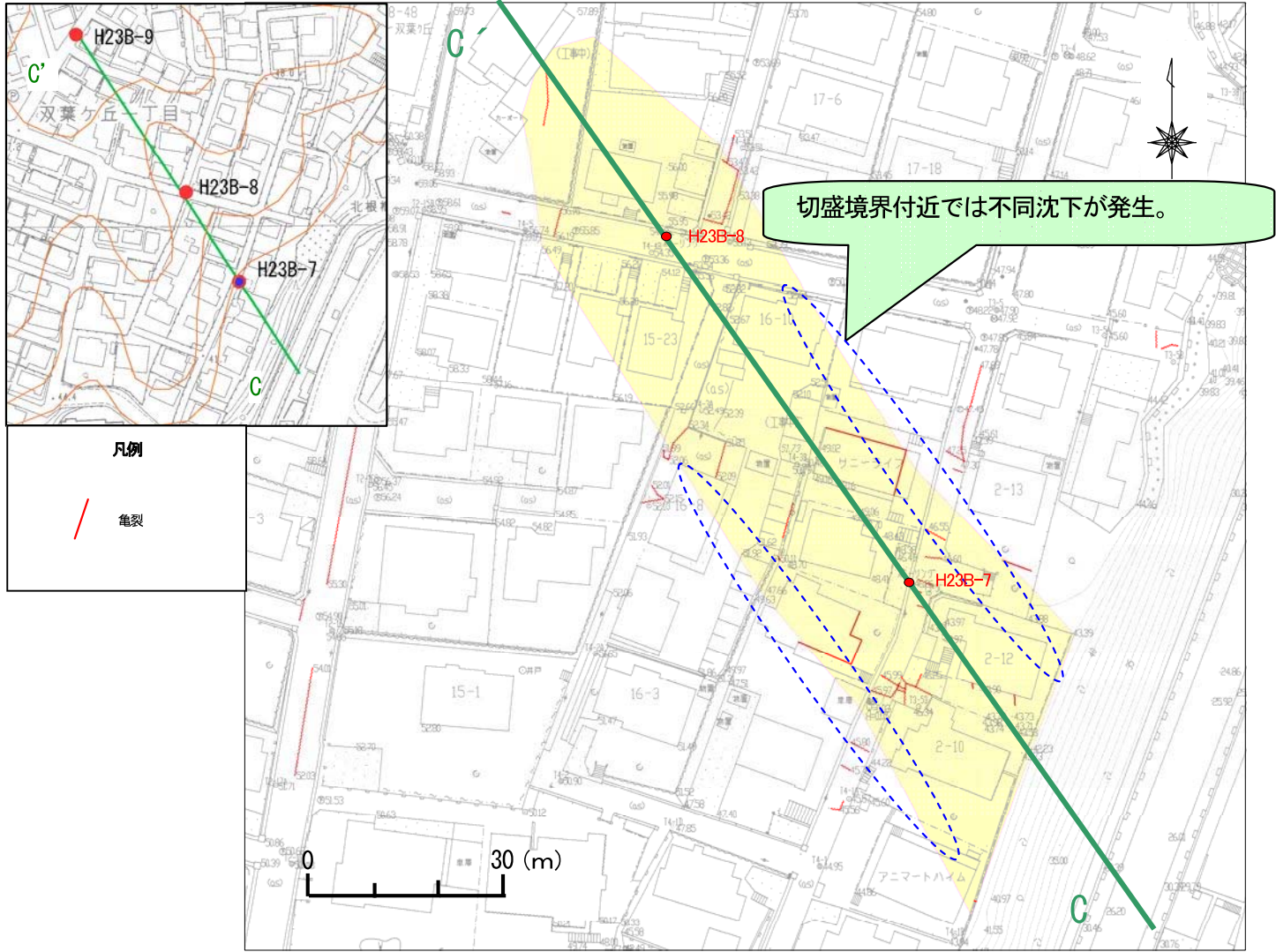
本地区では、切盛境界で地震動の増幅特性の違いにより不同沈下が発生し、多くの家屋の基礎に亀裂が入るなど大きな損傷が発生した。

なお、地すべり地形は認められず、パイプ歪計に変位もみられないことから、谷埋め盛土全体の地すべりの可能性は低い。

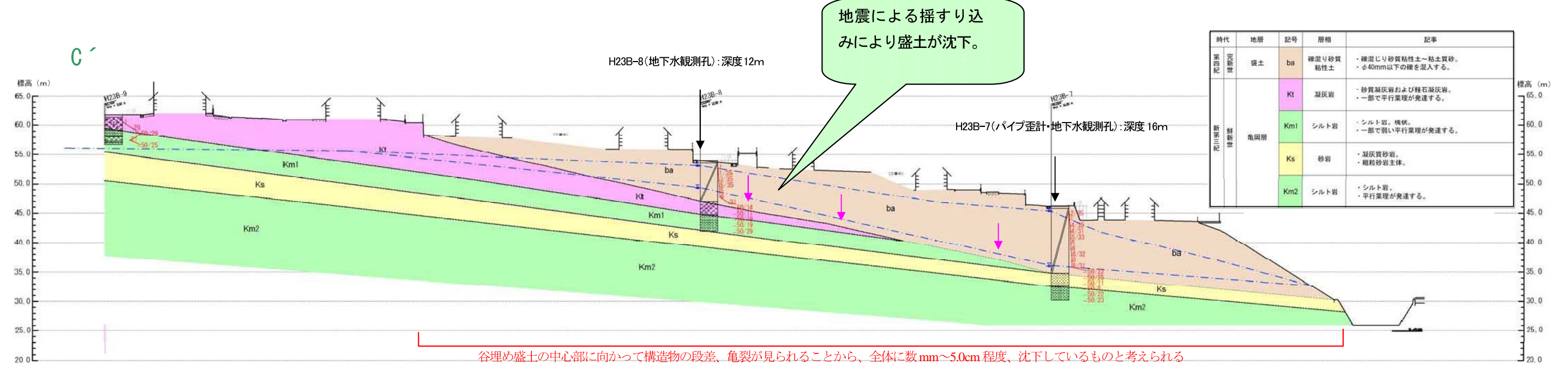
本地区については、広範囲に被災を及ぼす地すべり性の変状は認められない。

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ボルトハンマーで打込み容易
30～50	密な(dense)	同上、30cm程度貫入
>50	非常に密な(very dense)	同上、5～6cm貫入、掘削に はし必要、打込み時金属音

注) 鉄筋はφ13mm



【平面図】



【代表断面図 C-C' 測線】

2.4 Dブロック

【宅地被害の状況】

本地区では、幅約65m、長さ約80mの範囲において、全域で道路、宅地および擁壁の亀裂・沈下等の変状が発生した（平面図参照）。

【造成履歴および盛土分類】

本地区は、昭和36年～40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】

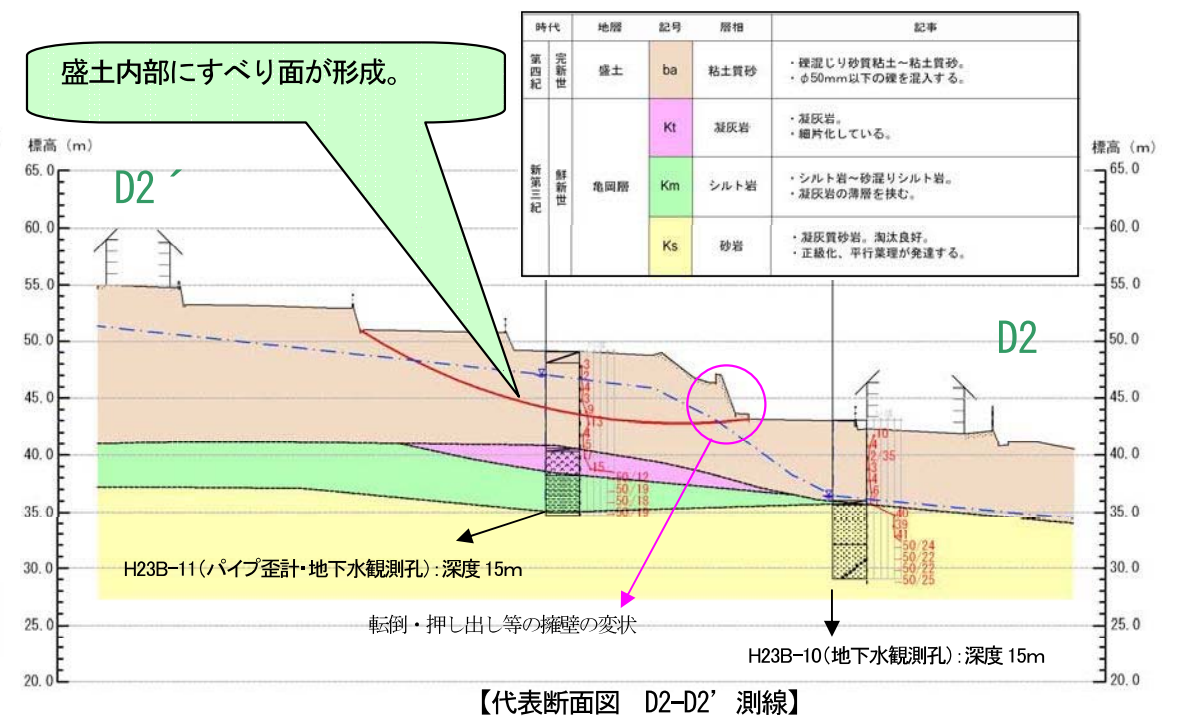
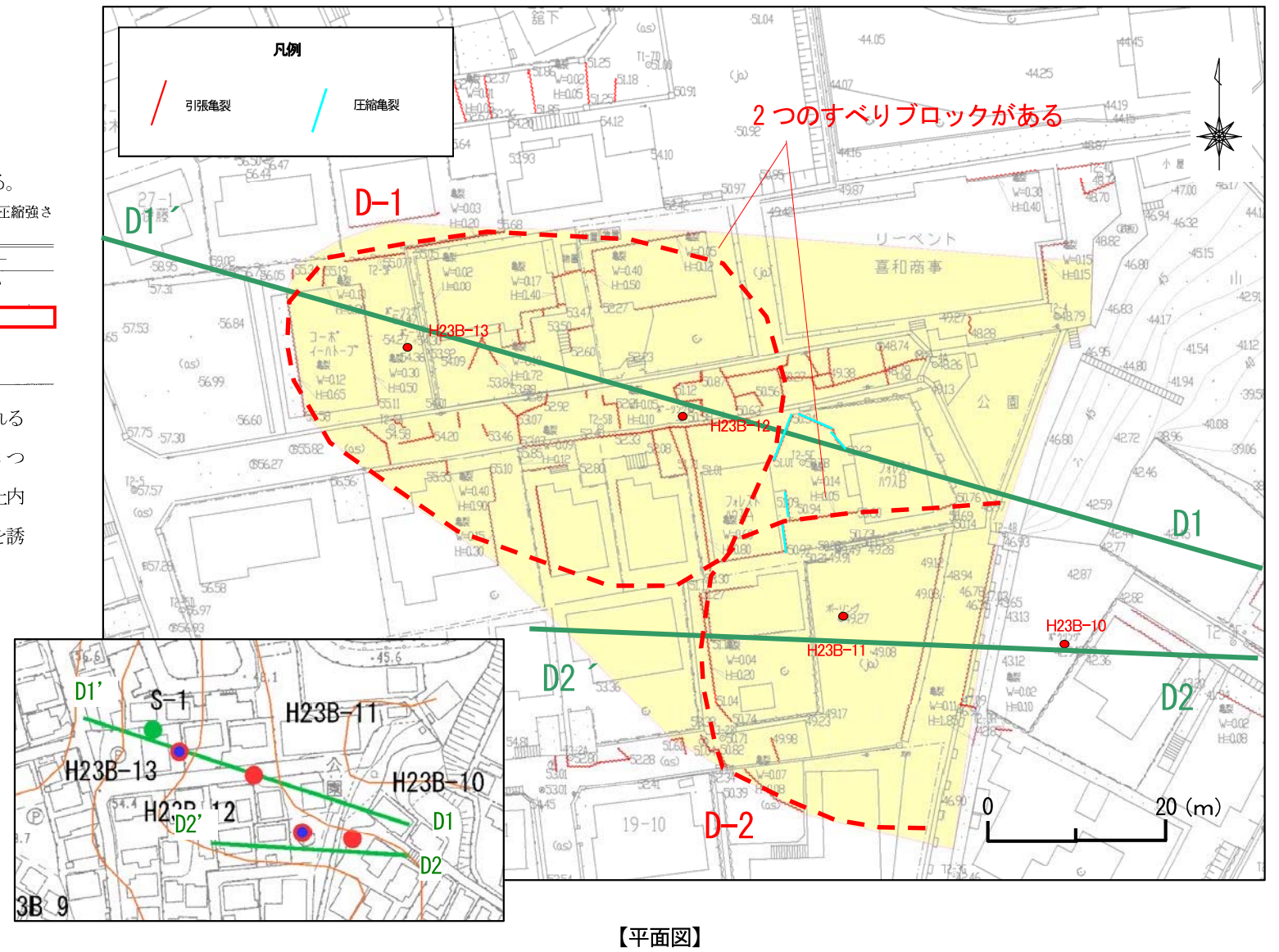
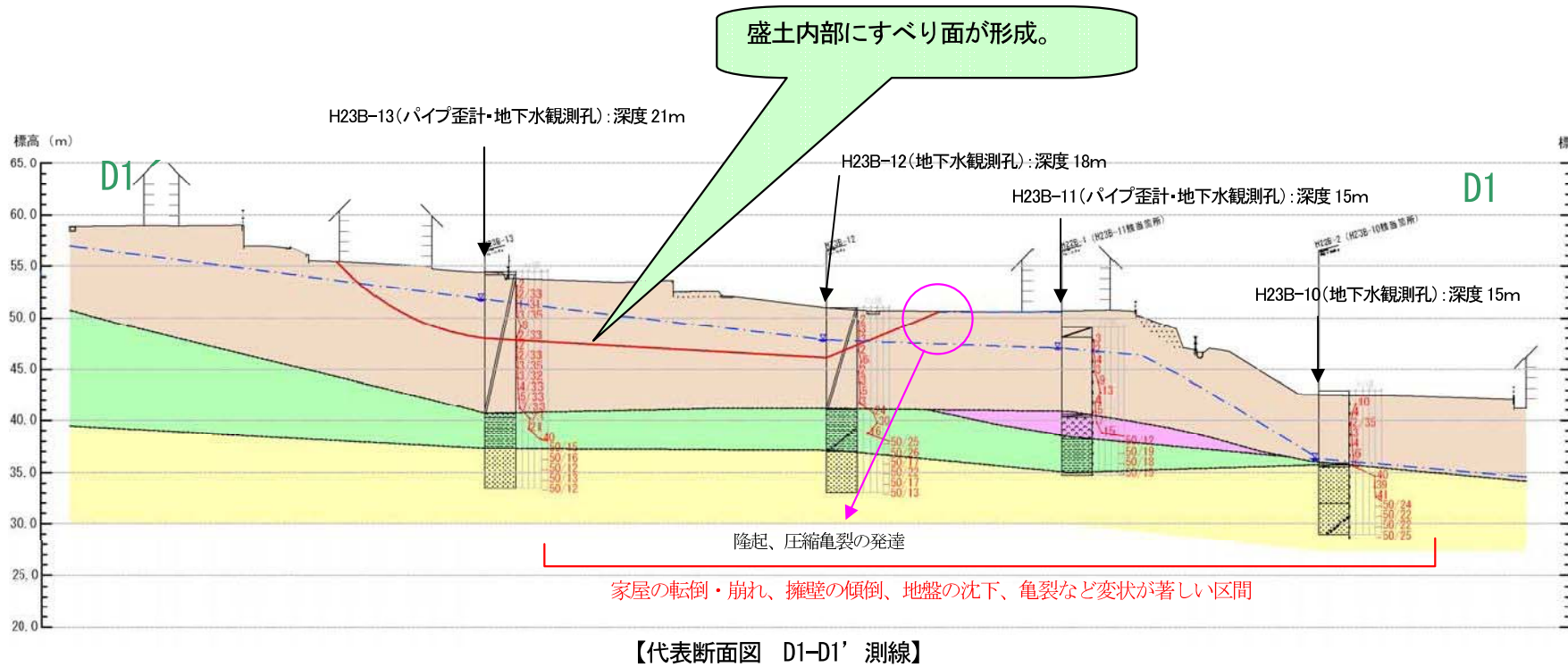
盛土材料「礫混じり砂質粘性土」に分類され、盛土の層厚は13.5mが確認された。地盤の相対的な硬さ程度を示すN値は、宅盤では概ねN=4が得られ「中位の」硬さ程度を示している。

地下水位は、地表面下2.0m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】

本地区は、頭部に明瞭な滑落崖が存在し、移動体末端部の擁壁に変状（押し出し、転倒）および宅地に圧縮による隆起・亀裂が認められることから、盛土内すべりと考えられる。Dブロックの崩壊形態は谷埋めの沢の形状と一致しており、旧沢の部分に変形が拘束される様に2つのすべりブロック（D-1、D-2）が存在する。この2つのすべりブロックは隣接しているが、崩壊運動は連動していないと考えられる。盛土内すべりが発生した素因は高い地下水位（GL-1.0～3.0m）とN値4以下の軟らかい盛土（礫混じり砂質粘性土）であり、地震の強い揺れを誘因としてすべりが発生したと考えられる。

素 因	<ul style="list-style-type: none">谷埋め盛土が分布する。盛土のN値は4以下と小さく、脆弱である。地下水位が高い。
誘 因	<ul style="list-style-type: none">最大震度6弱〔仙台市青葉区（2011年3月11日発生）〕の地震動継続時間が長い地震動
変状発生	<ul style="list-style-type: none">地震動により盛土内部にすべり面が形成され、盛土内すべりが発生。



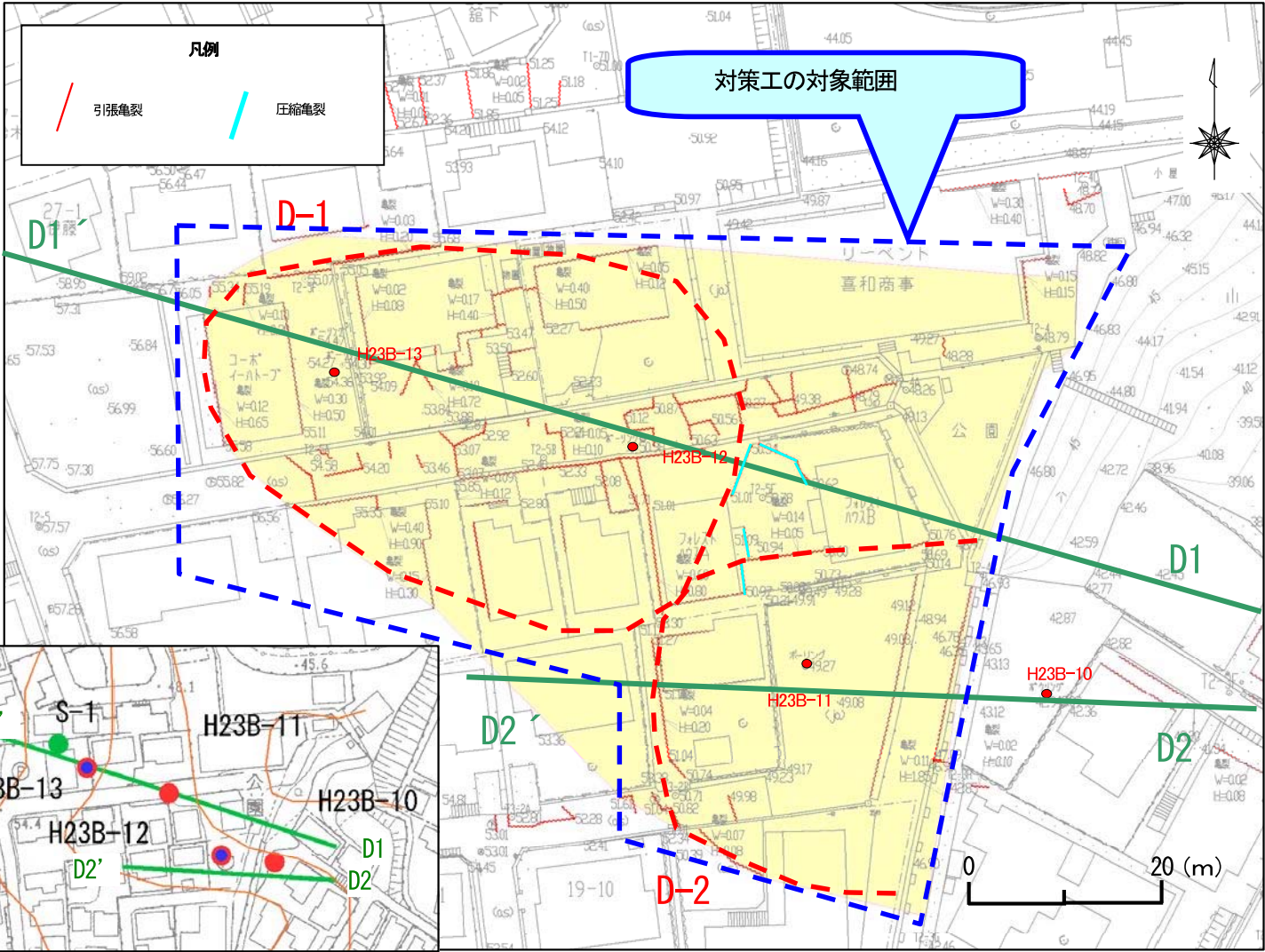
時代	地層	記号	層相	記事
第四紀	盛土	ba	粘土質砂	・ 礫混じり砂質粘土～粘土質砂。 ・ φ50mm以下の礫を混入する。
		Kt	凝灰岩	・ 凝灰岩。 ・ 細片化している。
第三紀	亀岡層	Km	シルト岩	・ シルト岩～砂混りシルト岩。 ・ 凝灰岩の薄層を挟む。
		Ks	砂岩	・ 凝灰質砂岩。淘汰良好。 ・ 正級化、平行葉理が発達する。

3. 対策方針

3.1 Dブロック

本地区の対策方針としては、今後の地震・降雨によるすべり運動を停止させる対策工を提案する。

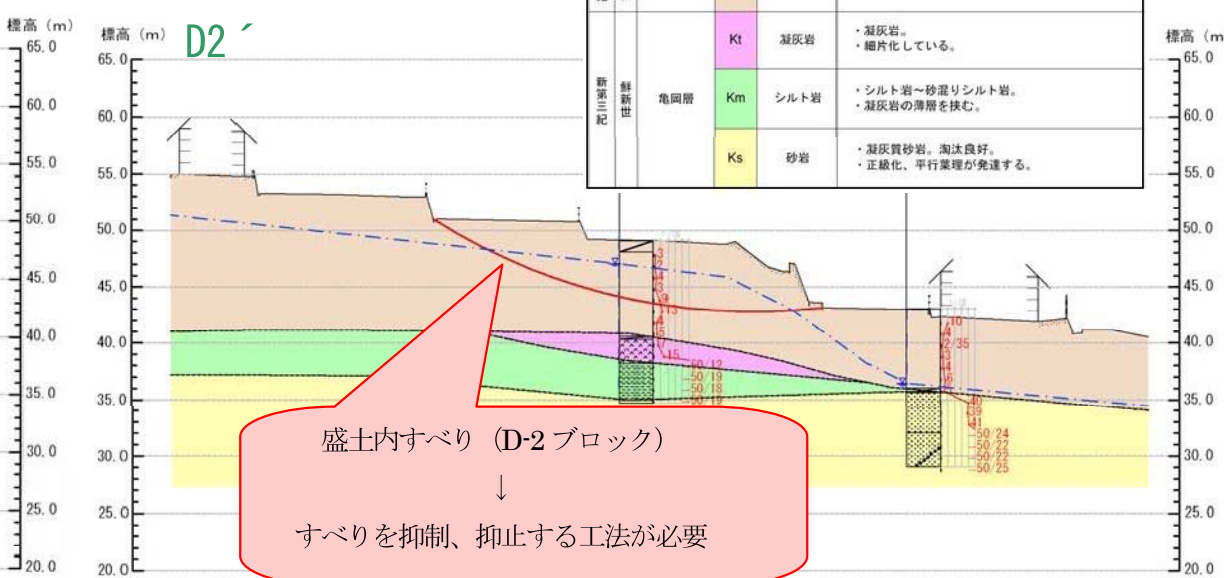
【説明】
Dブロック：今後の地震・降雨による地すべり運動を停止させる。
Dブロックには、2つのすべりブロックがあり、それぞれに対策工を実施する必要がある。当該地は沢を埋め立てた造成地であり、盛土基盤は谷地形を呈している。従って、周辺一帯に降り注いだ降雨が集水する集水地形に相当し、降雨等により容易に地下水が上昇する。地下水位の上昇はすべり運動を誘発させるため、当該地においては地下水を排除する抑制工が有効と考えられる。ただし、抑制工の配置に関して、家屋（杭工を実施している家屋もあり）が密集しており、慎重に検討する必要がある。さらに、抑制工と併せて、すべりに対抗する抑止工も有効と考えられるが、こちらもその配置には宅地の立地状況を考慮して慎重に検討する必要がある。



【平面図】



【代表断面図 D1-D1' 測線】



【代表断面図 D2-D2' 測線】

時代	地層	記号	層相	記事
第四紀	埋土	ba	粘土質砂	・ 礫混じり砂質粘土～粘土質砂。 ・ φ50mm以下の礫を混入する。
		Kt	凝灰岩	・ 凝灰岩。 ・ 細片化している。
第三紀	亀岡層	Km	シルト岩	・ シルト岩～砂混りシルト岩。 ・ 凝灰岩の薄層を挟む。
		Ks	砂岩	・ 凝灰質砂岩。淘汰良好。 ・ 正緑化、平行葉理が発達する。

参考資料

1. 工法比較表

1.1 Dブロック

変状メカニズム		頭部に明瞭な滑落崖が存在し、移動体末端部の擁壁に変状（押し出し、転倒）が認められることから、盛土内すべりと考えられる。D ブロックの崩壊形態は谷埋めの沢の形状とにており、旧沢の部分に変形が拘束される様に 2 つのすべりブロック（D-1、D-2）が存在する。この 2 つのブロックは隣接しているが、すべり運動は連動していないと考えられる。盛土内すべりが発生した素因は高い地下水位（GL-1.0～3.0m）と N 値 4 以下の軟らかい盛土（礫混じり砂質粘性土）であり、震度 6 弱の地震の強い揺れを誘因としてすべりが発生したと考えられる。	
対策方針		D ブロックには、2 つのすべりブロックがあり、それぞれに対策工を実施する必要がある。当該地は地下水位が高く、抑制工として地下水排除工が有効と考えられる。抑止工としては、鋼管杭工およびグラウンドアンカー工等が考えられる。なお、D-1 ブロックに関して、施工条件（住宅地）から、鋼管杭工が採用されるが、D-1 ブロックのすべりはマルチスランピングを呈しており、多段杭が有効と考える。	
工法案		A 案（ グラウンドアンカー工 + 鋼管杭工 + 暗渠工 ）	B 案（ 鋼管杭工 + 暗渠工 ）
概要	図		
	説明	すべりに対抗する鋼管杭工及びアンカー工を施工する。 ・ブロック内に浸透した地下水を暗渠工により排除し、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図る。 ・すべり斜面に鋼管杭を挿入し、杭の抑止効果により斜面の安定化を図る。 ・ ・アンカー工の抑止効果と受圧板の面的効果を期待し、斜面の安定化を図る。	すべりに対抗する鋼管杭工を施工する。 ・ ・ブロック内に浸透した地下水を暗渠工により排除し、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図る。 ・ ・すべり斜面に鋼管杭を挿入し、杭の抑止効果により斜面の安定化を図る。
対策工		グラウンドアンカー工 鋼管杭工 暗渠工	鋼管杭工 暗渠工
評 価		暗渠工による浅層地下水の排除およびグラウンドアンカー工・鋼管杭工のすべり抑止効果により、造成斜面の安定が確保できる。	暗渠工による浅層地下水の排除および鋼管杭工のすべり抑止効果により、造成斜面の安定が確保できる。

2. 対策工例

2-1 Dブロック

(1) A案（グラウンドアンカー工＋鋼管杭工＋暗渠工）

■ 対策工の設置理由と目的

【グラウンドアンカー工】

アンカー工の抑止効果と受圧板の面的効果を期待し、斜面の安定化を図る。

【鋼管杭工】

すべり斜面に鋼管杭を挿入し、杭の抑止効果により斜面の安定化を図る。

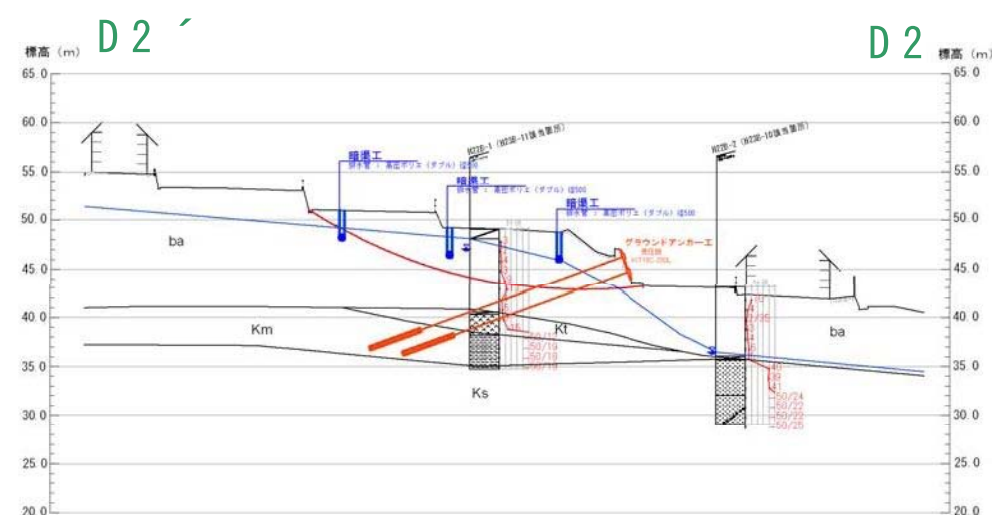
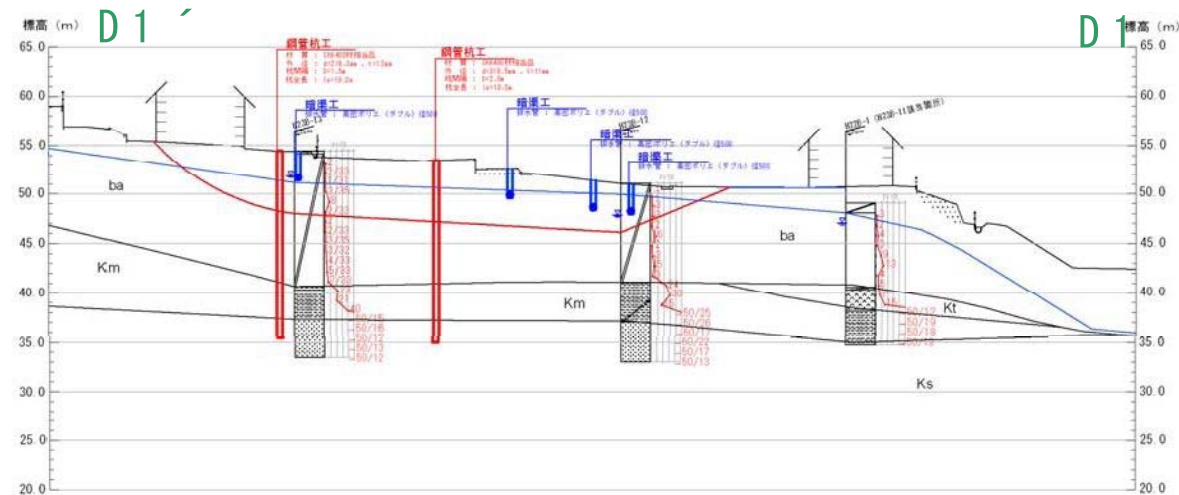
【暗渠工】

ブロック内に浸透した地下水を暗渠工により排除し、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図る。

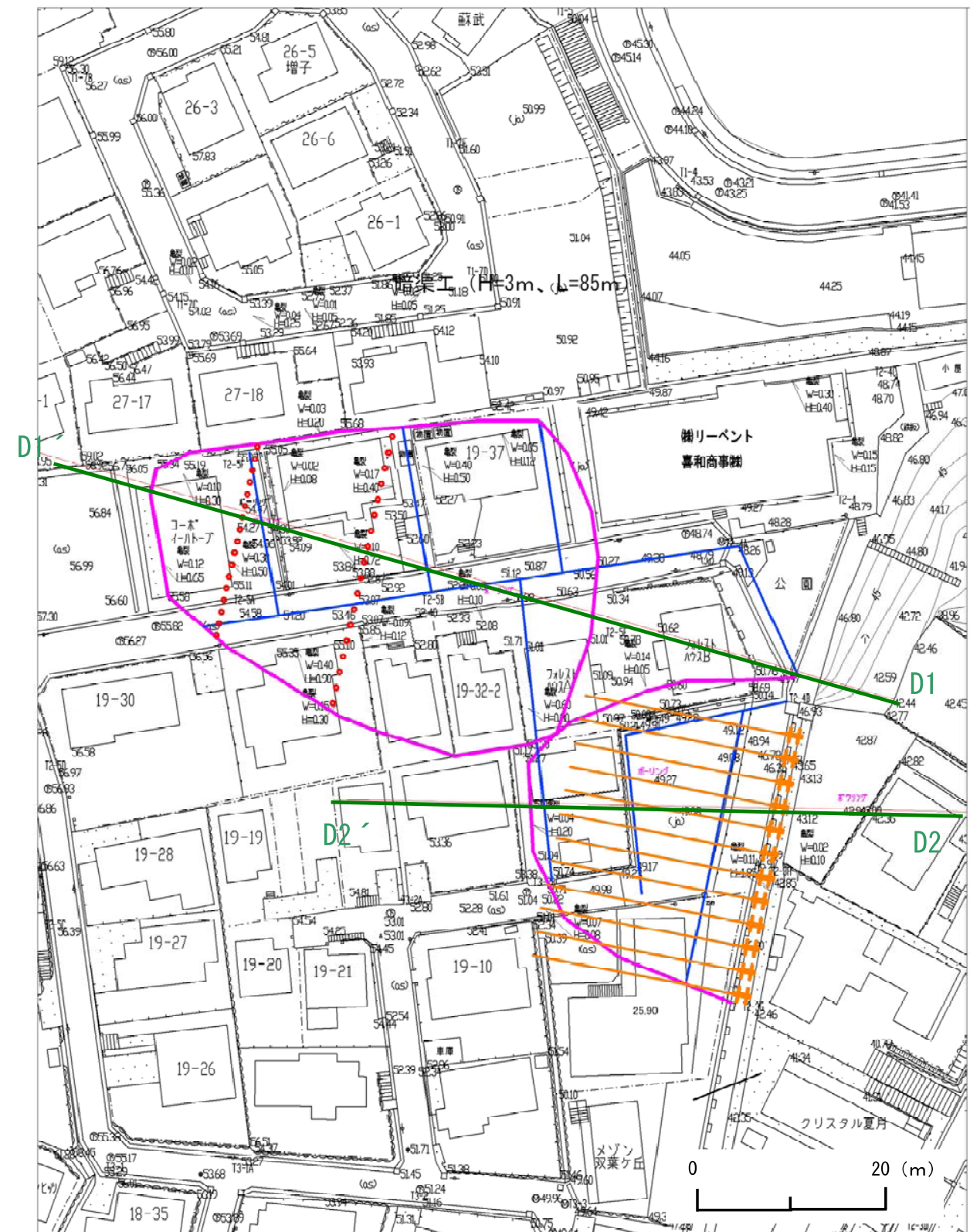
【計画安全率】

常時： $F_s = 1.2$

地震時： $F_s = 1.0$



対策工断面図



対策工平面図

(1) B 案 (鋼管杭工 + 暗渠工)

■ 対策工の設置理由と目的

【鋼管杭工】

すべり斜面に鋼管杭を挿入し、杭の抑止効果により斜面の安定化を図る。

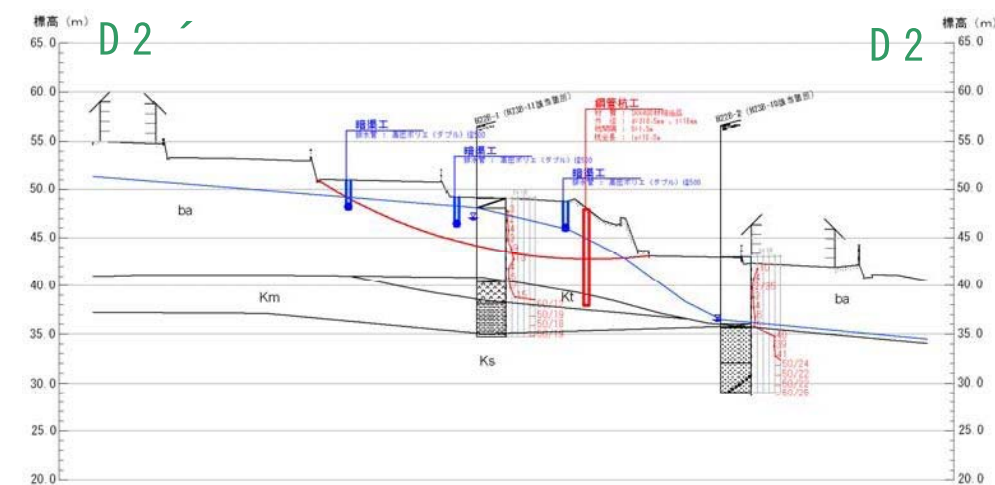
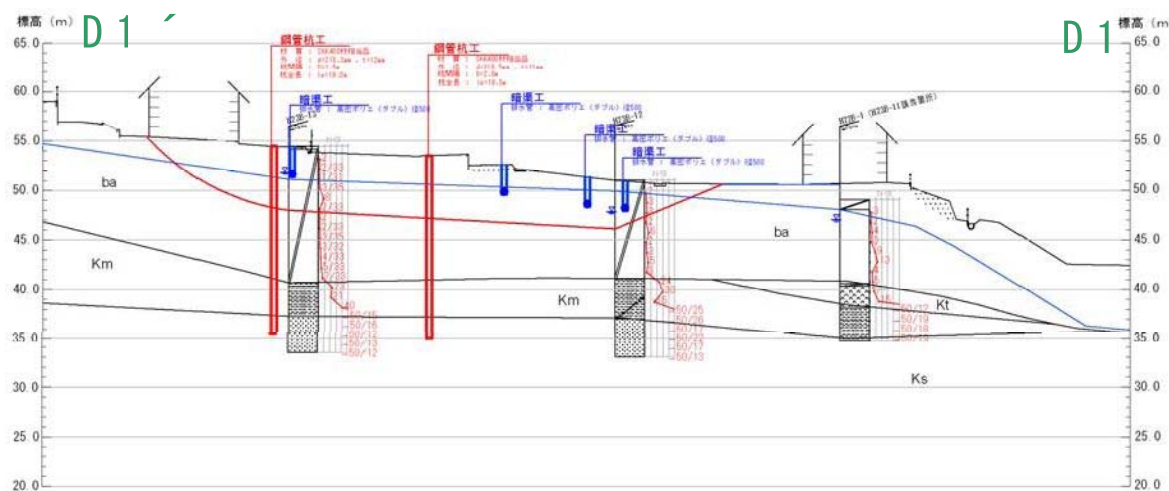
【暗渠工】

ブロック内に浸透した地下水を暗渠工により排除し、すべり面に作用する間隙水圧の低下を図る。

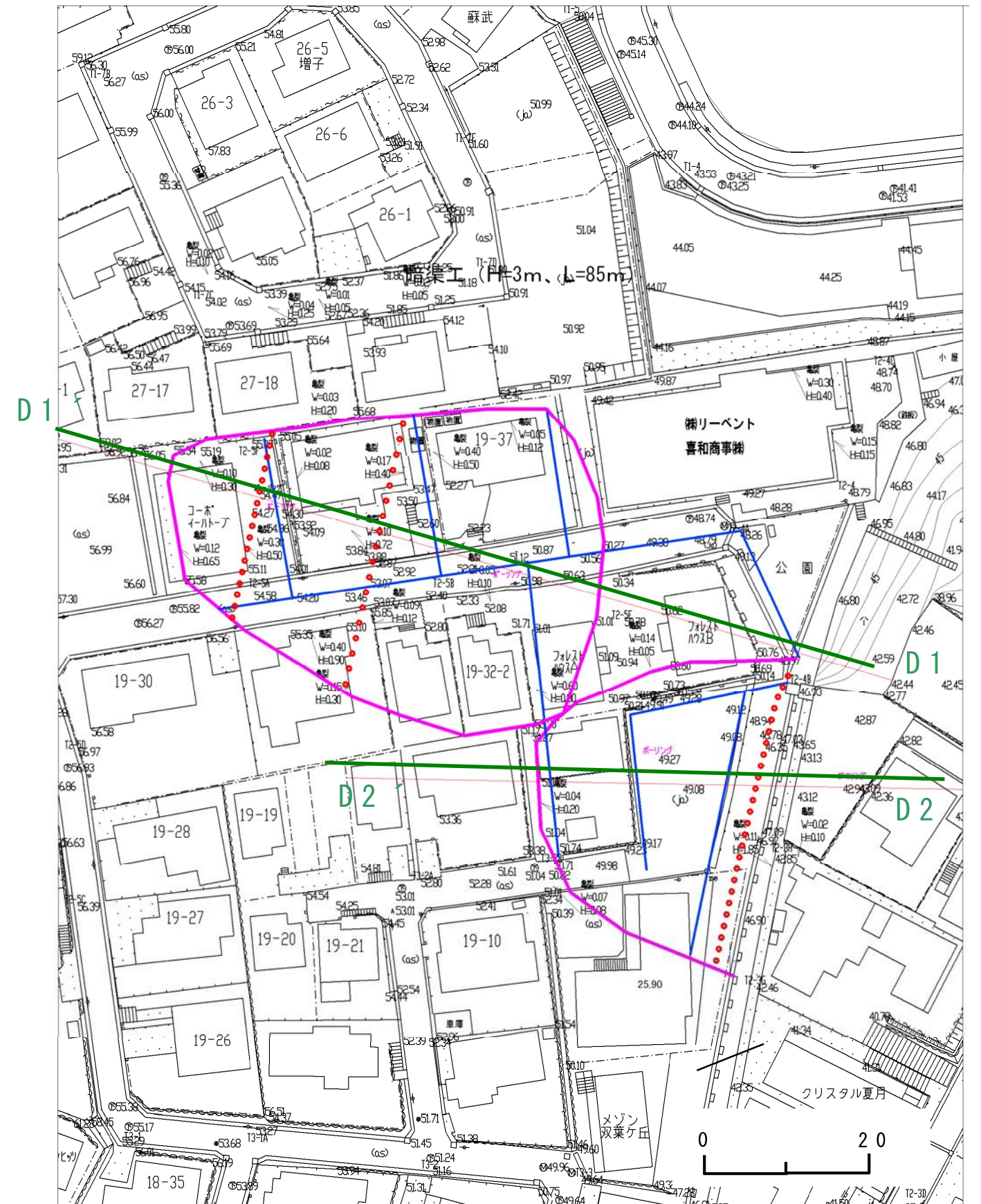
【計画安全率】

常 時 : $F_s = 1.2$

地震時 : $F_s = 1.0$



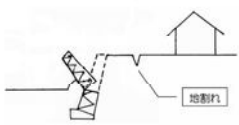
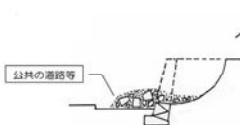
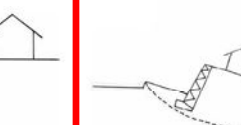
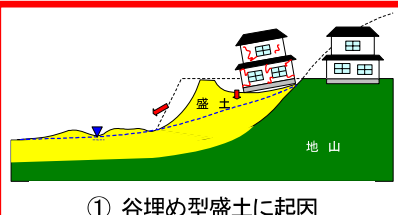

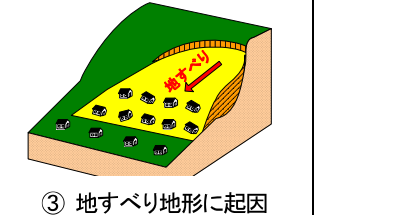
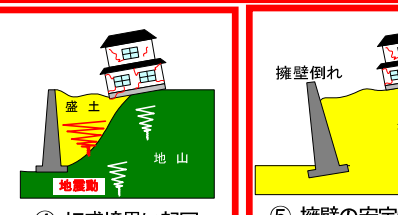
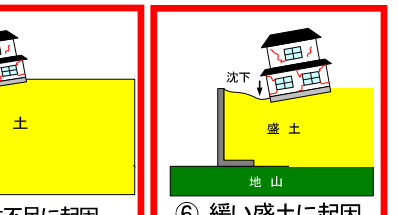
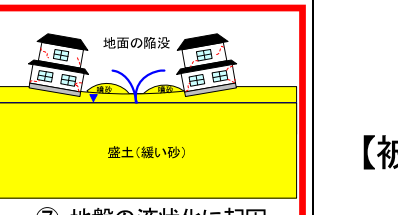






対策工断面図



対策工平面図

被災宅地の復旧検討 「南光台六丁目地区」

1. 概要書

区 名	泉区	地区名	南光台六丁目	主な街区	21, 22, 23 番街区の一部
【被害概要】					
被害分類	<div><div><p>被災タイプ A</p></div><div><p>被災タイプ B</p></div><div><p>被災タイプ C</p></div></div>				
被害宅地	面積	約 4,200 m ²	宅地数	14 宅地	
被害要因	<div><div><p>① 谷埋め型盛土に起因</p></div><div><p>② 腹付け型盛土に起因</p></div><div><p>③ 地すべり地形に起因</p></div><div><p>④ 切盛境界に起因</p></div><div><p>⑤ 擁壁の安定性不足に起因</p></div><div><p>⑥ 緩い盛土に起因</p></div><div><p>⑦ 地盤の液状化に起因</p></div></div>				
【位 置 図】					
<div><p>被災地</p><p>Yahoo!地図より引用・加筆</p></div>					
【被災状況写真】				【平面図（被災状況写真位置図）】	
<div><p>写真-1</p><p>写真-2</p><p>写真-3</p><p>写真-4</p></div>					

2. 変状メカニズム

【宅地被害の状況】

本地区では、幅約 65 m、長さ約 40 mの範囲において、盛土のり面下部の孕みだしや井桁擁壁の傾倒、宅盤及び道路に亀裂や沈下等の変状が発生した（平面図参照）。

【造成履歴および盛土分類】

本地区は、昭和 37 年～60 年に造成された場所であり、丘陵地の高いところ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。

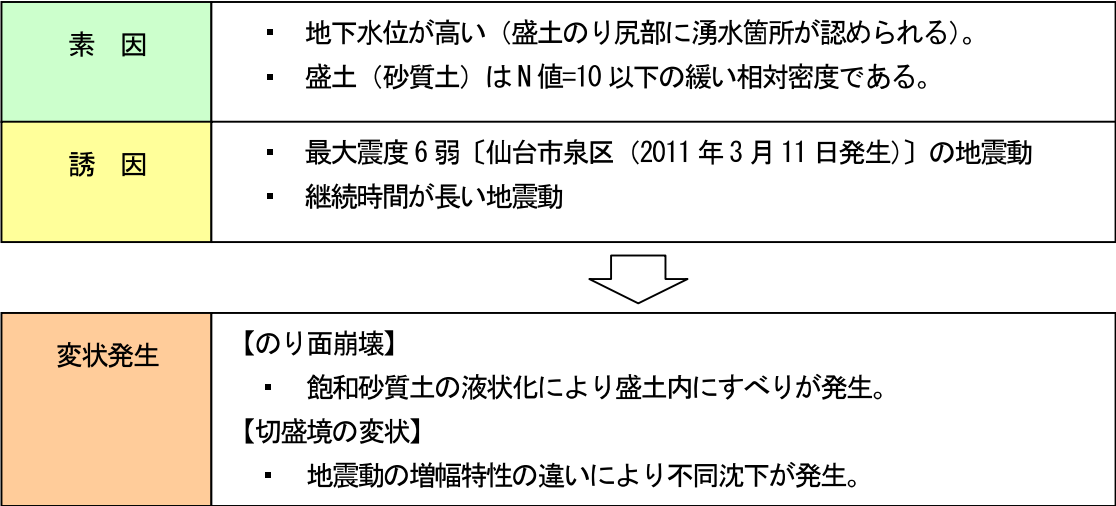
【盛土および地下水の状況】

盛土材料は「礫混り砂質土」に分類され、盛土の層厚は 10m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=1～21(平均 6.6)が得られ「緩い」締り状態を示している。

地下水位は、地表面下 2～4m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】

本地区では、地下水で飽和された緩い砂質土層が地震による長く大きな揺れによって液状化したため、盛土のり面のすべりや盛土の沈下が発生したものとする。また、切盛境界では、地震動の増幅特性の違いにより不同沈下が発生したものとする。



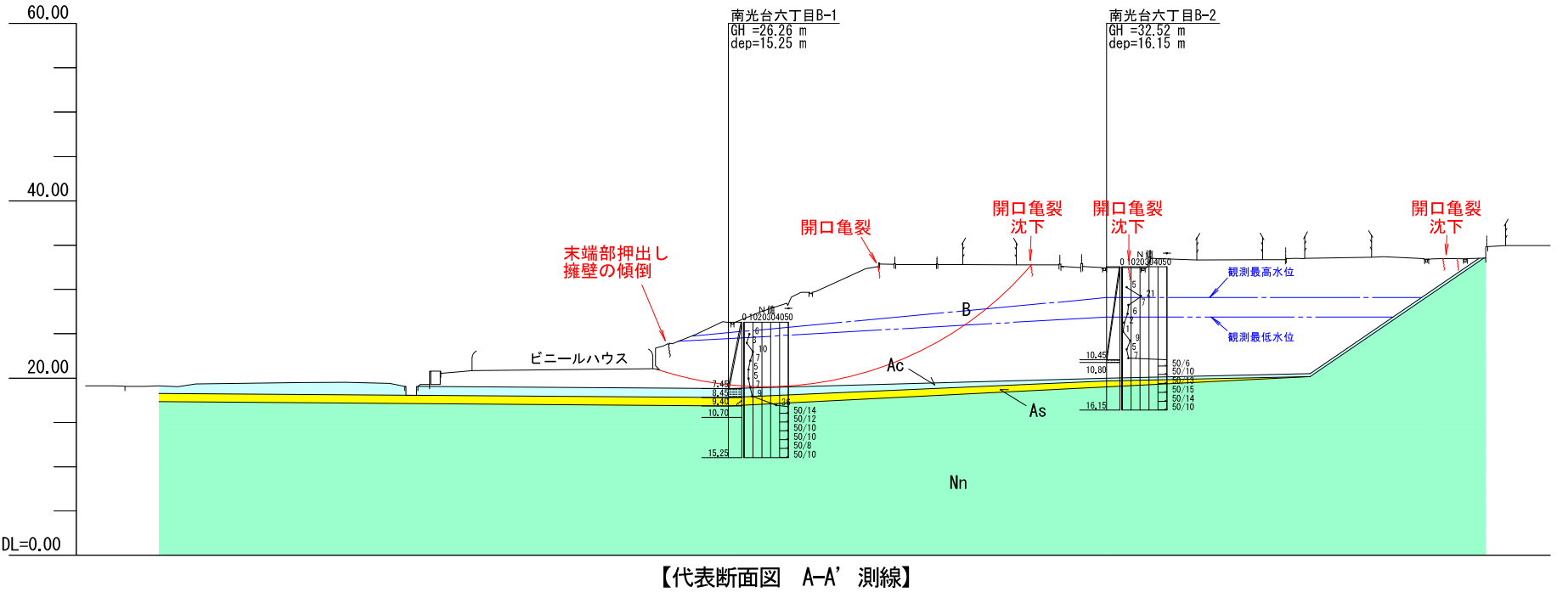
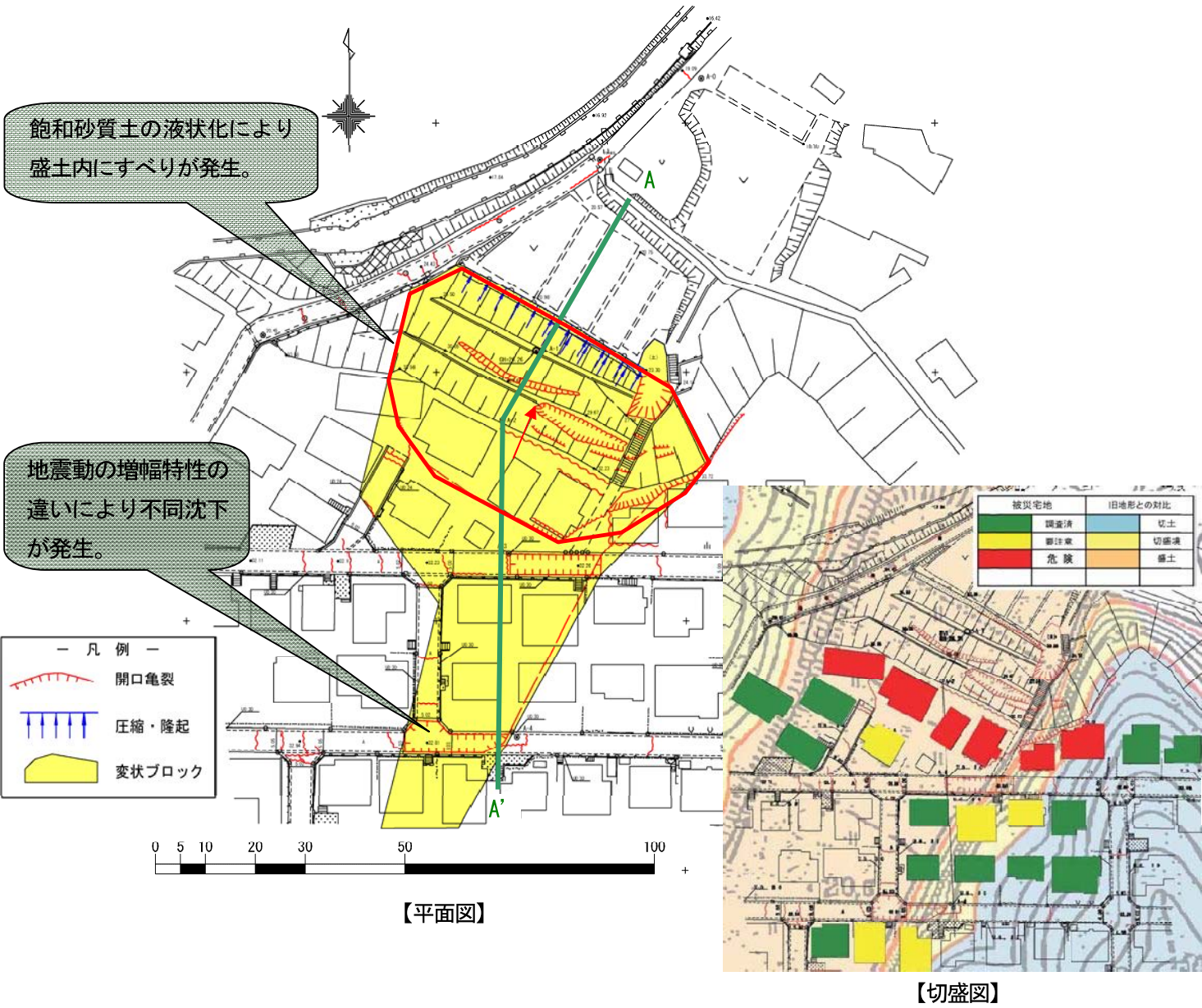
N 値と砂の相対密度の関係 (Terzaghi and Peck¹⁾)

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 50 cm のハンマーで打込み
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、掘削にはし必要、打込み時金属音

注) 鉄筋は φ13 mm

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⁾)

N 値	g _c (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



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

3. 対策方針

本地区の対策方針としては、のり面崩壊対策と液状化対策として、抑制工と盛土内の地下水排除工を計画する。

のり面部は不安定な状態となっているため、すべりに対する抑止対策を行う。

液状化対策としては、盛土内の地下水位を低下させ、液状化の発生を抑制する。

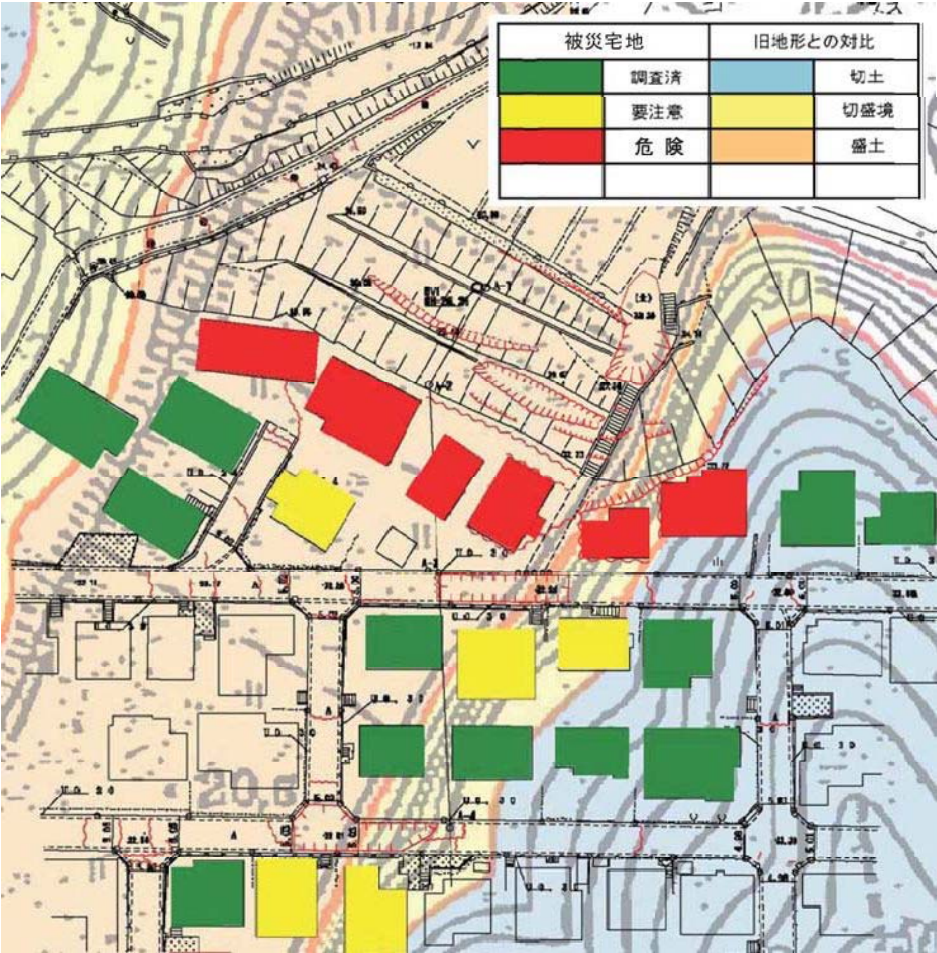
切盛境で顕著な亀裂や沈下による宅地被害については、宅地毎の地盤改良による対策とする。

【説明】

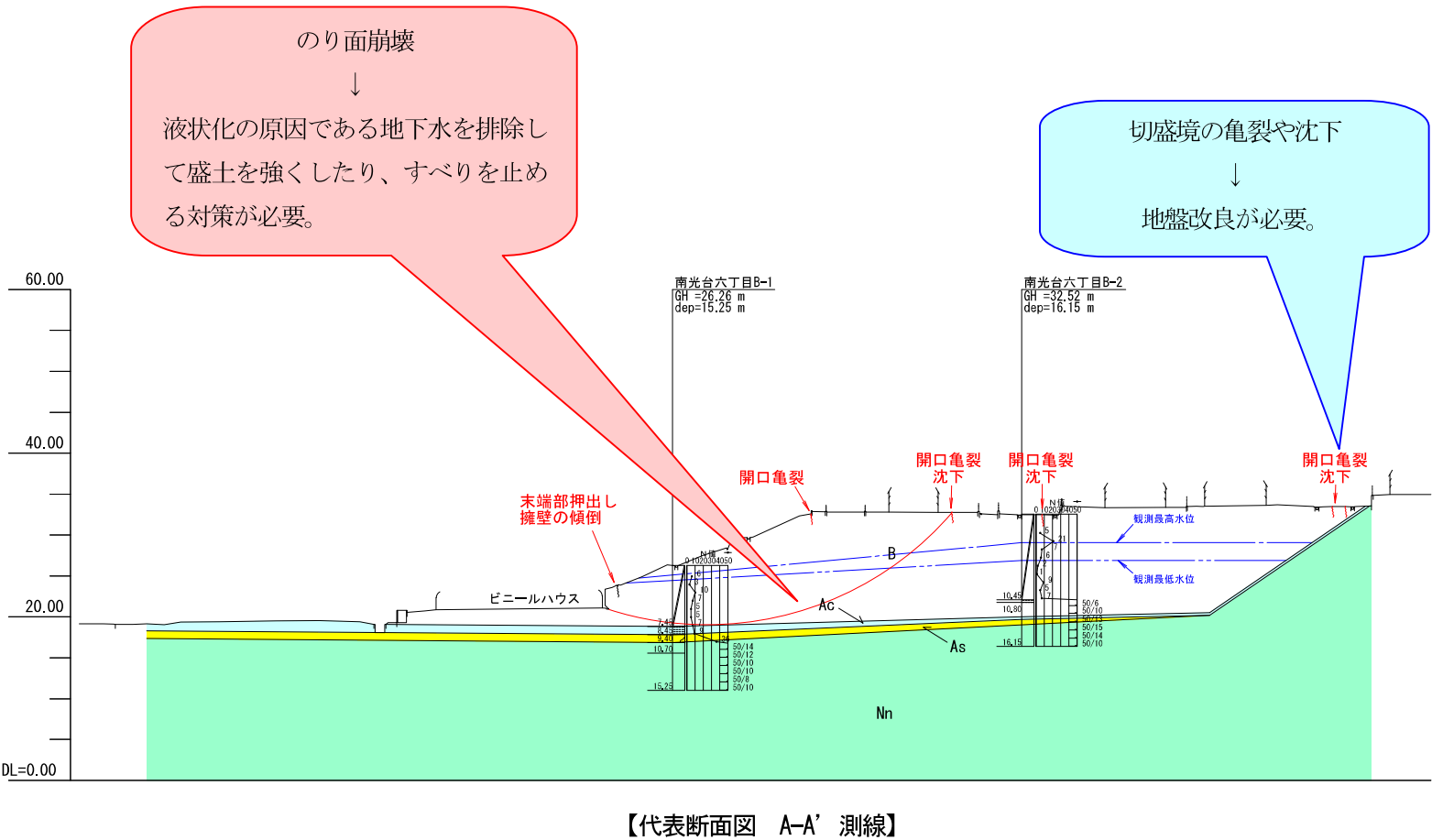
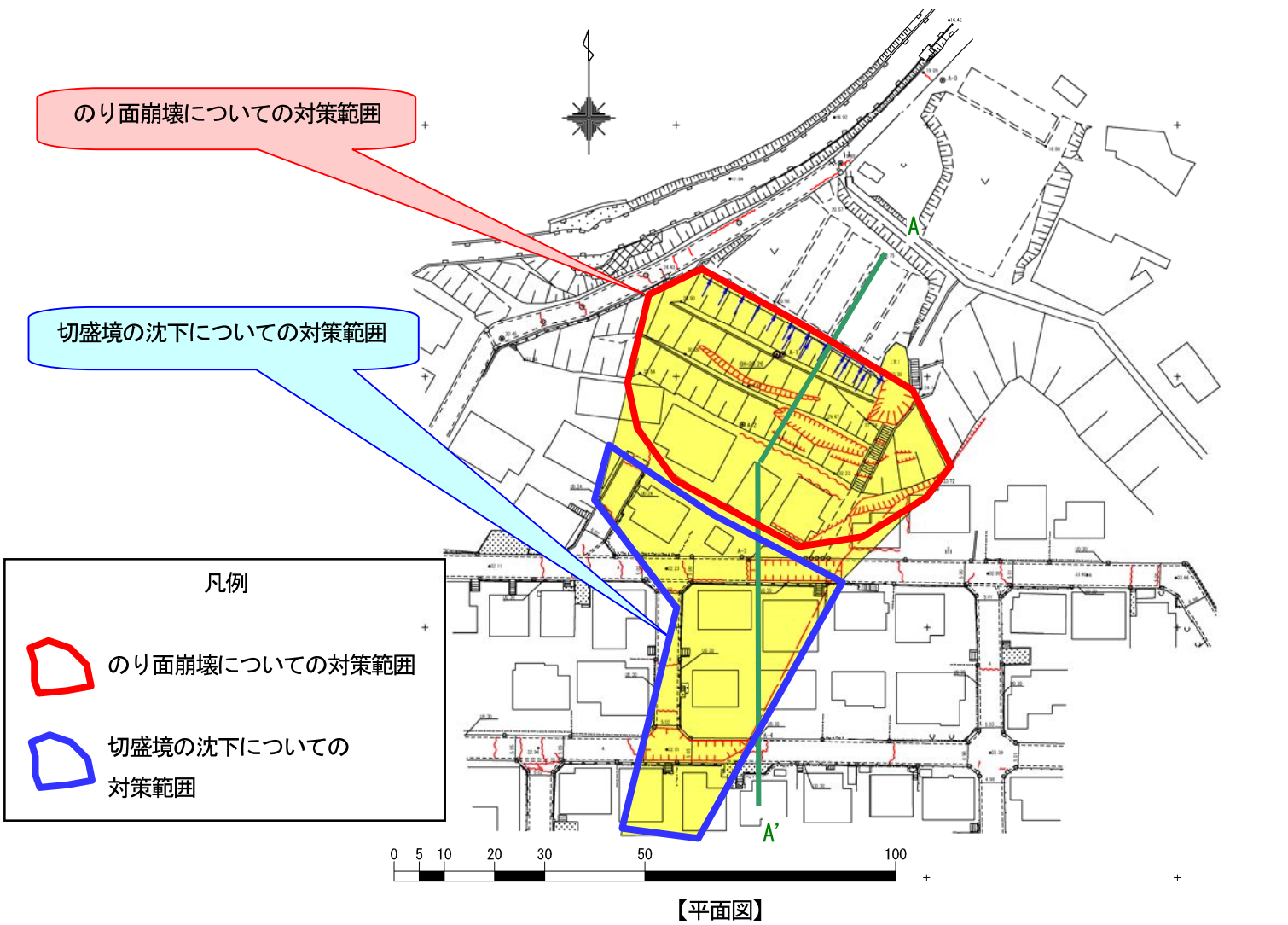
のり面下部には湧水を伴う小崩壊が発生している。のり面内の観測孔では深度 0.5m、のり肩部では深度 2.3m で地下水位を確認した。盛土内に供給される地下水の量は、本地区に連続している谷埋め盛土が長大であり集水面積が広いこと、地下水検層により地下水流動が検出されたことから豊富であると考えられる。このため、地震時に緩い砂質土からなる盛土内で液状化が発生し、変状が発生したものと想定した。地下水排除工は、変状発生の素因の一つである地下水を不安定なのり面部から速やかに排出すると共に、盛土の強度増加を図るものである。

盛土のり面ではのり面崩壊が発生しており、のり肩部では連続的な開口亀裂や段差が認められ、のり面下部には孕みだしが認められる。のり面崩壊はのり尻から水平距離で 40m 上方までの範囲である。今後の余震や大雨によりのり面が完全に崩落した場合、特にのり肩部の宅地においては人命・家屋への影響が大きいので、抜本的な対策として抑止工が必要となる。

旧地形の切盛境では、盛土の変形により亀裂や沈下が発生している。宅地単位での地盤改良となる。地盤改良を行う場合には、地下水を滞留させないような配慮が必要である。



【切盛図】



参考資料

1. 工法比較表

変状メカニズム		本地区では、地下水で飽和された緩い砂質土層が地震による長く大きな揺れによって液状化したため、盛土のり面のすべりや盛土の沈下が発生したものとする。 また、切盛境界では、地震動の増幅特性の違いにより不同沈下が発生したものとする。		
対策方針		本地区の対策は、のり面崩壊対策と液状化対策として、抑制工と盛土内の地下水排除工を計画する。 のり面部は不安定な状態となっているため、すべりに対する抑止対策を行う。 液状化対策としては、盛土内の地下水位を低下させ、液状化の発生を抑制する。 切盛境で顕著な亀裂や沈下による宅地被害については、宅地毎の地盤改良による対策とする。		
工法案		A 案（横ボーリング、鋼管抑止杭、鋼製枠擁壁）	B 案（横ボーリング、鋼製枠擁壁＋押え盛土）	C 案（静的締固め砕石杭、鋼製枠擁壁）
概要	図			
	説明	【横ボーリング工】 盛土の強度増加および不安定化を改善するため、暗渠工を設置し恒常的な地下水位の低下を図るもの。 【鋼管抑止杭工】 盛土内で発生する滑動崩落（すべり）を杭工で抑止するもの。 【鋼製枠擁壁工】 盛土法尻部の安定性を向上させるもの。	【横ボーリング工】 盛土の強度増加および不安定化を改善するため、暗渠工を設置し恒常的な地下水位の低下を図るもの。 【鋼製枠擁壁工＋押え盛土】 のり面崩壊の下部に盛土して安定化させると共に、擁壁により不安定な盛土のり尻部を安定化させるもの。	【静的締固め砕石杭工】 締固めにより盛土の密度を上げ地盤を強化し、液状化を防止するもの。 砕石杭のせん断抵抗により、盛土の安定化を図るもの。 【鋼製枠擁壁工】 盛土のり尻部の安定性を向上させるもの。
対策工		横ボーリング工（および流末排水路工） 鋼管抑止杭工 鋼製枠擁壁工 のり面整形＋プラスチック法枠工	横ボーリング工（および流末排水路工） 盛土 鋼製枠擁壁工 のり面整形＋簡易吹付法枠工	静的締固め砕石杭工 鋼製枠擁壁工 のり面整形
評価		横ボーリング工により、地震時の過剰間隙水圧の発生を抑制できる。またのり面崩壊の安定度を向上できる。 鋼管抑止杭工により、のり面崩壊を抑止できる。 擁壁工により、斜面の安定度を向上させる。枠構造とすることで斜面尻の湧水に対処する。	横ボーリング工により、地震時の過剰間隙水圧の発生を抑制できる。またのり面崩壊の安定度を向上できる。 押え盛土および擁壁工により、斜面の安定度を向上させる。擁壁は枠構造とすることで斜面尻の湧水に対処する。	静的締固め砕石杭工により、地震時の液状化の発生を防止できる。またのり面崩壊の安定度を向上できる。 擁壁工により、斜面の安定性を向上させる。枠構造とすることで斜面尻の湧水に対処する。 施工機械が大きく、仮設規模が大となる問題がある。

2. 対策工例

2-1 A案（横ボーリング、鋼管抑止杭、鋼製枠擁壁）

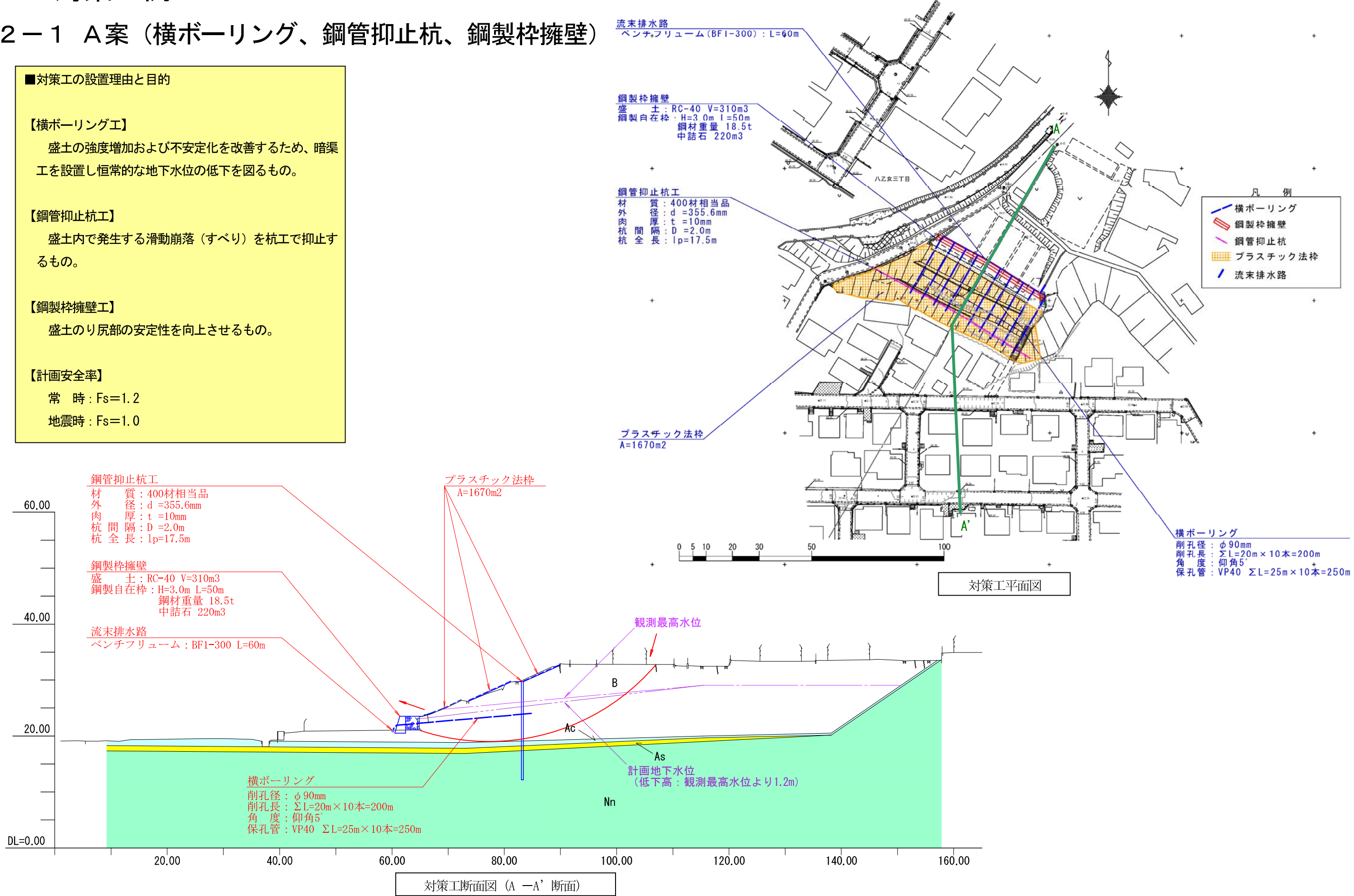
■対策工の設置理由と目的

【横ボーリング工】
盛土の強度増加および不安定化を改善するため、暗渠工を設置し恒常的な地下水位の低下を図るもの。

【鋼管抑止杭工】
盛土内で発生する滑動崩落（すべり）を杭工で抑止するもの。

【鋼製枠擁壁工】
盛土のり尻部の安定性を向上させるもの。

【計画安全率】
常 時：Fs=1.2
地震時：Fs=1.0



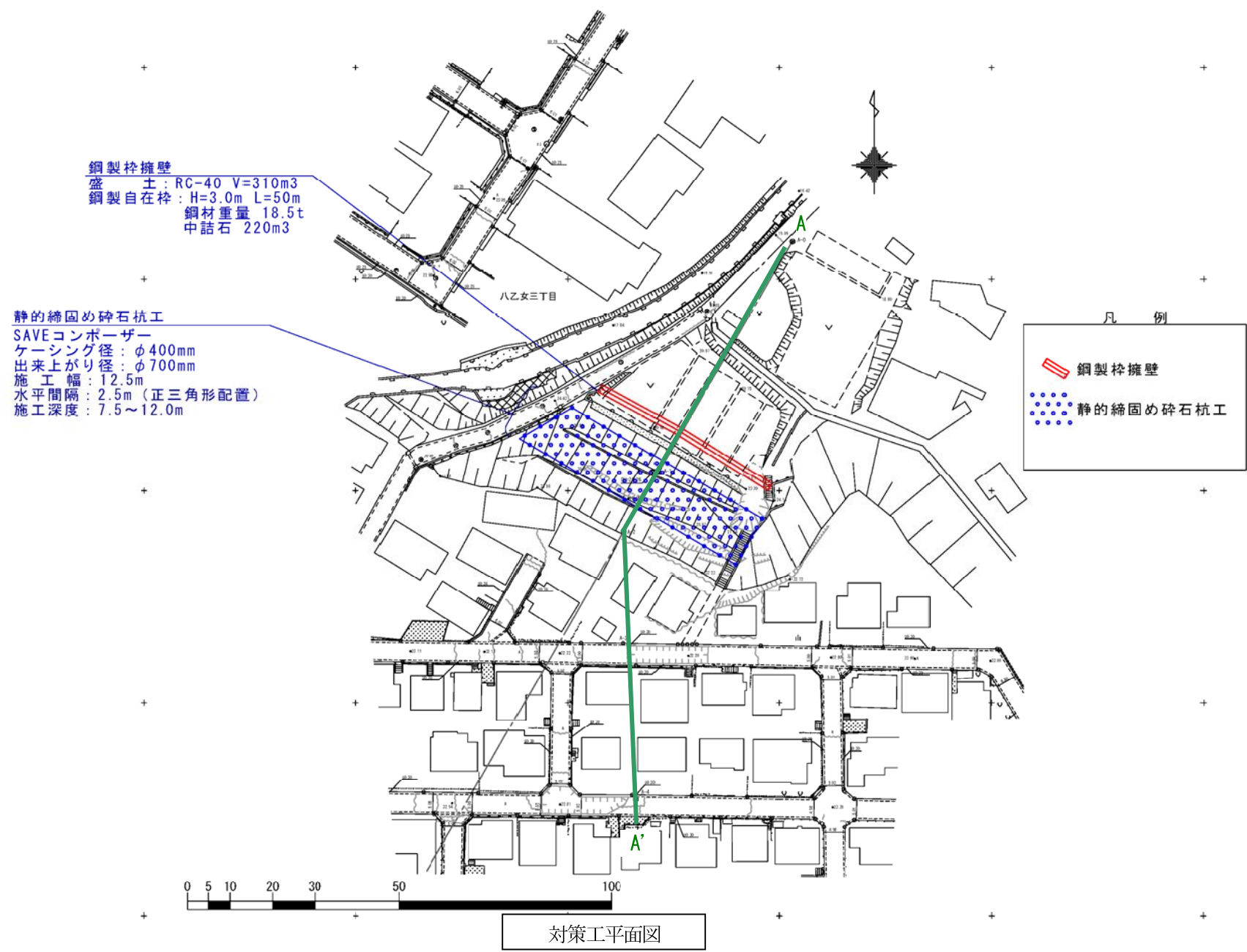
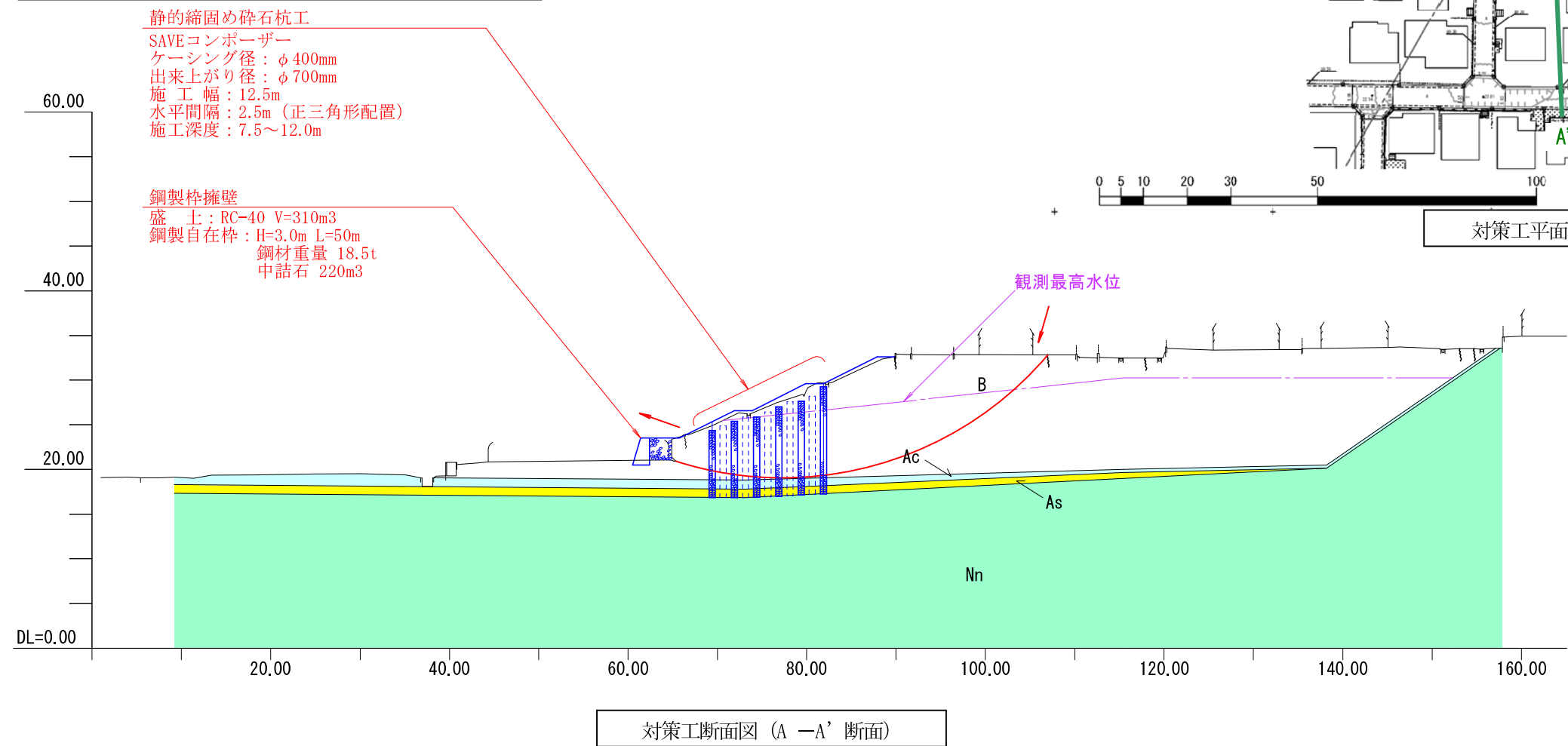
2-2 B案（静的締固め砕石杭工、鋼製枠擁壁）

■対策工の設置理由と目的

【静的締固め砕石杭工】
締固めにより盛土の密度を上げ地盤を強化し、液状化を防止するもの。
砕石杭のせん断抵抗により、盛土の安定化を図るもの。

【鋼製枠擁壁工】
盛土のり尻部の安定性を向上させるもの。

【計画安全率】
常 時：Fs=1.2
地震時：Fs=1.0



2-3 C案（横ボーリング、鋼製枠擁壁＋押え盛土）

■対策工の設置理由と目的

【横ボーリング工】

盛土の強度増加および不安定化を改善するため、暗渠工を設置し恒常的な地下水位の低下を図るもの。

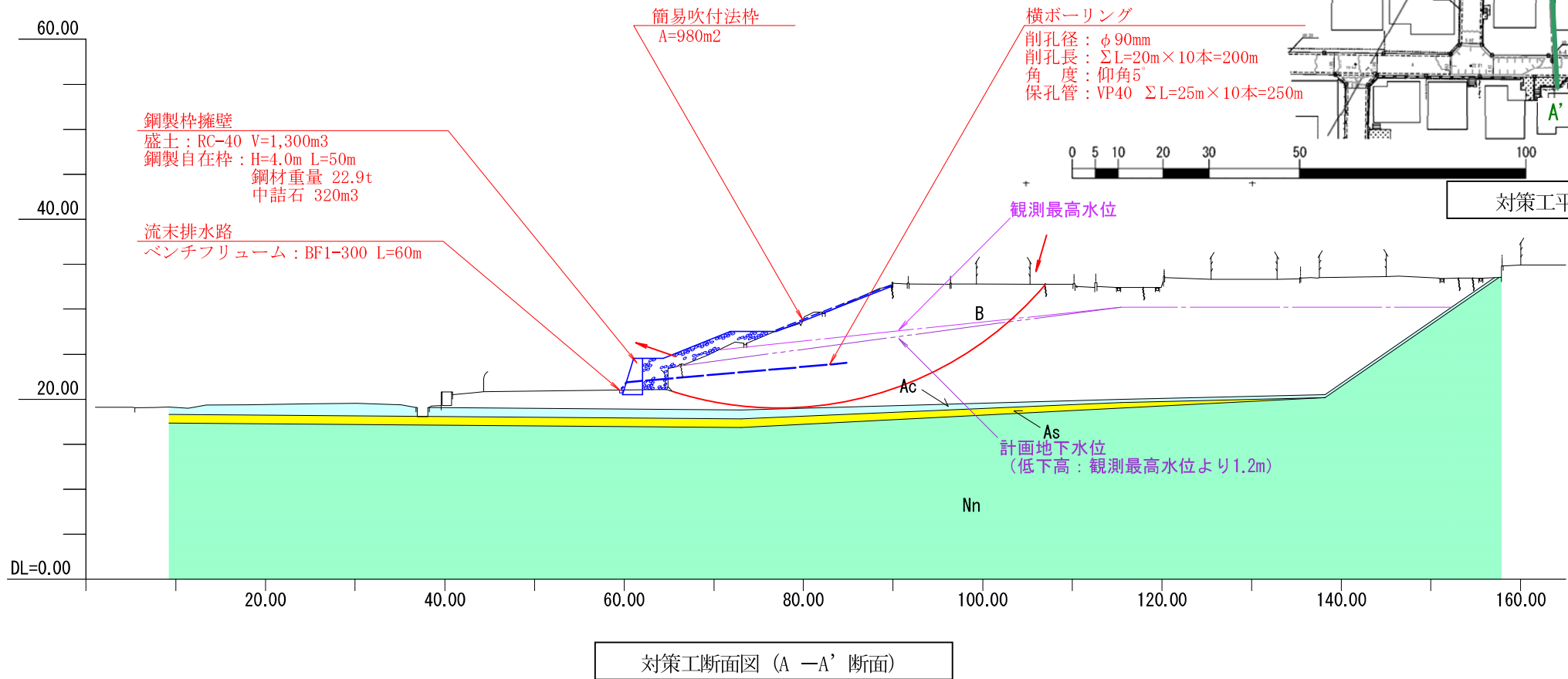
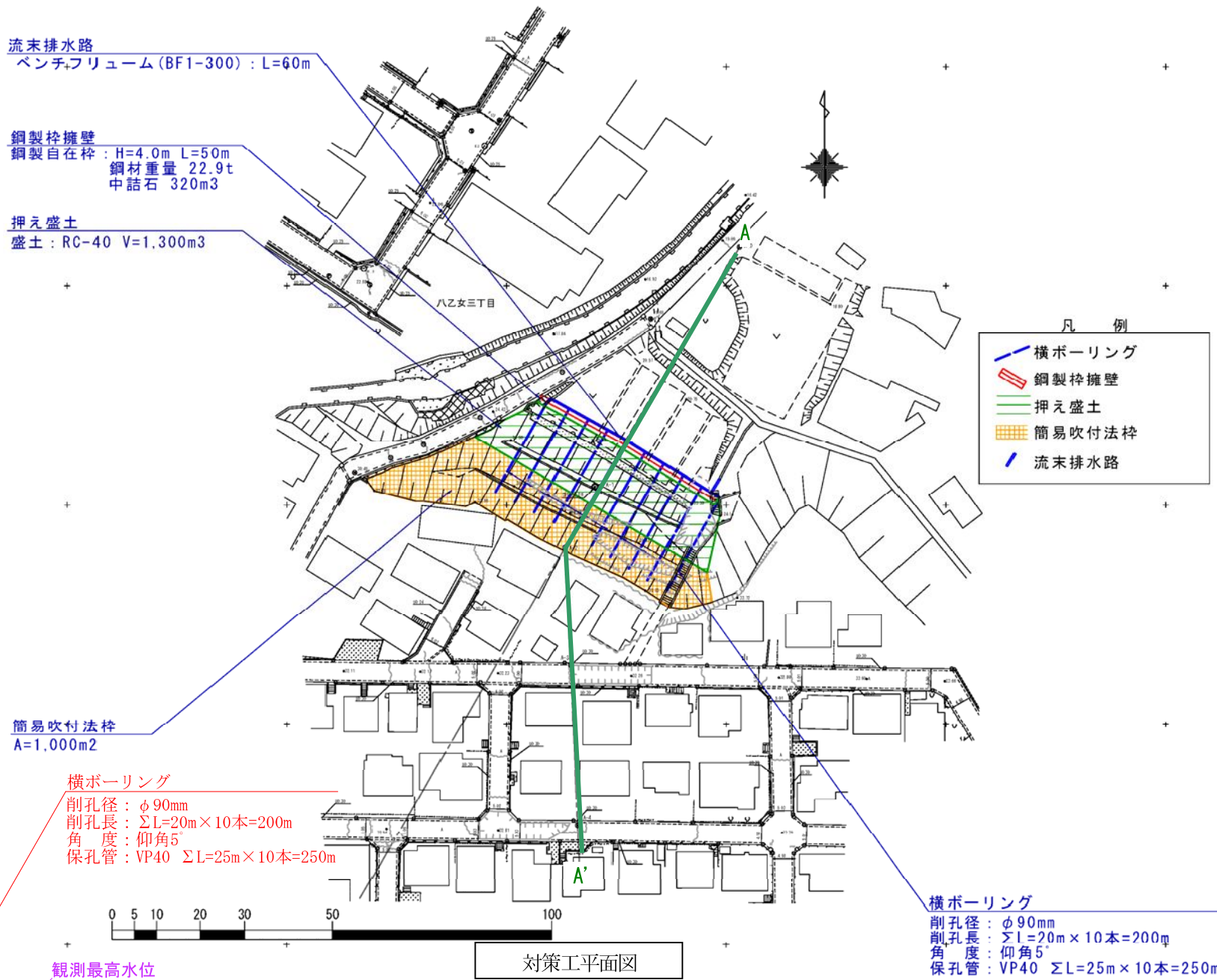
【鋼製枠擁壁工＋押え盛土】

のり面崩壊の下部に盛土して安定化させると共に、擁壁により不安定な盛土のり尻部を安定化させるもの。

【計画安全率】

常時：Fs=1.2

地震時：Fs=1.0



被災宅地の復旧検討 「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				
被害宅地	面積	約 9,900m ²	宅地数	45 宅地
被害要因				

【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. 変状メカニズム

【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。

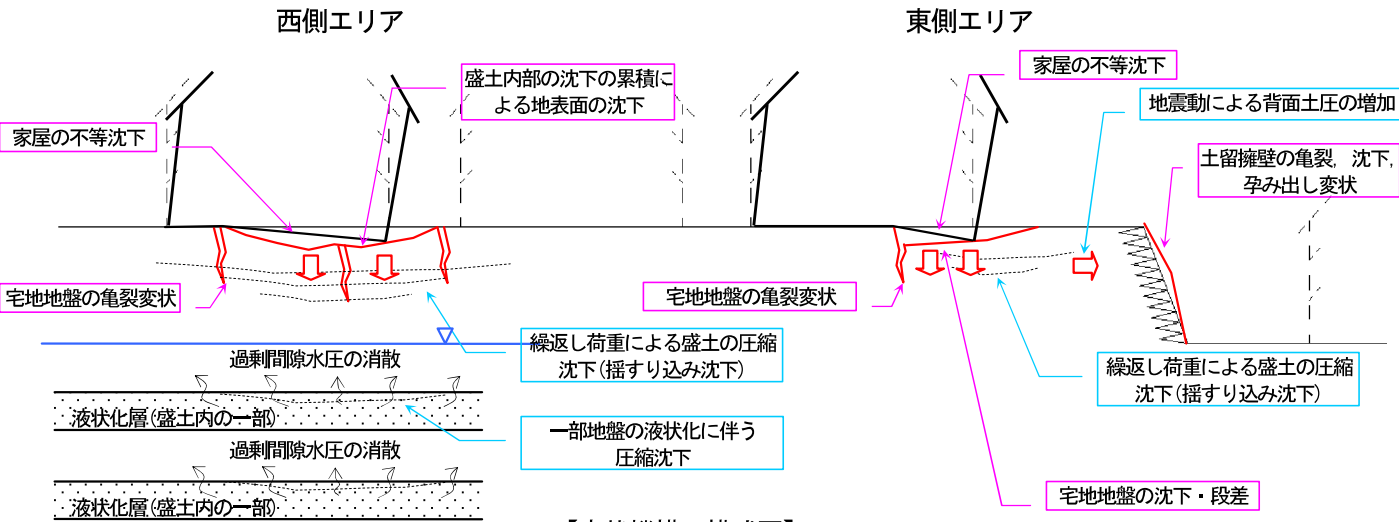
【変状メカニズム】

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）
------	--



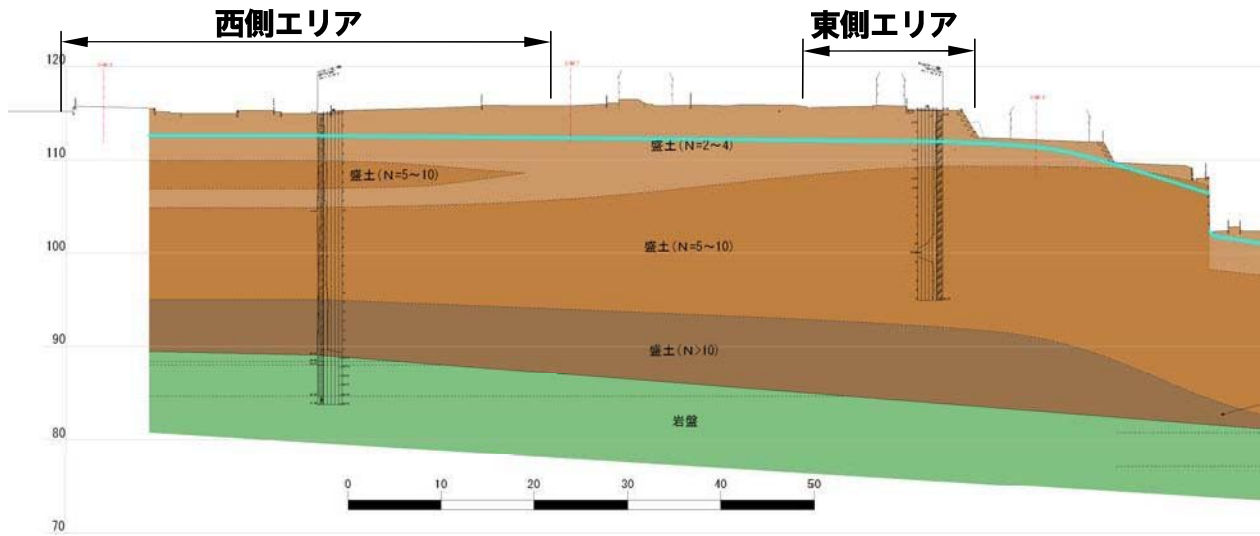
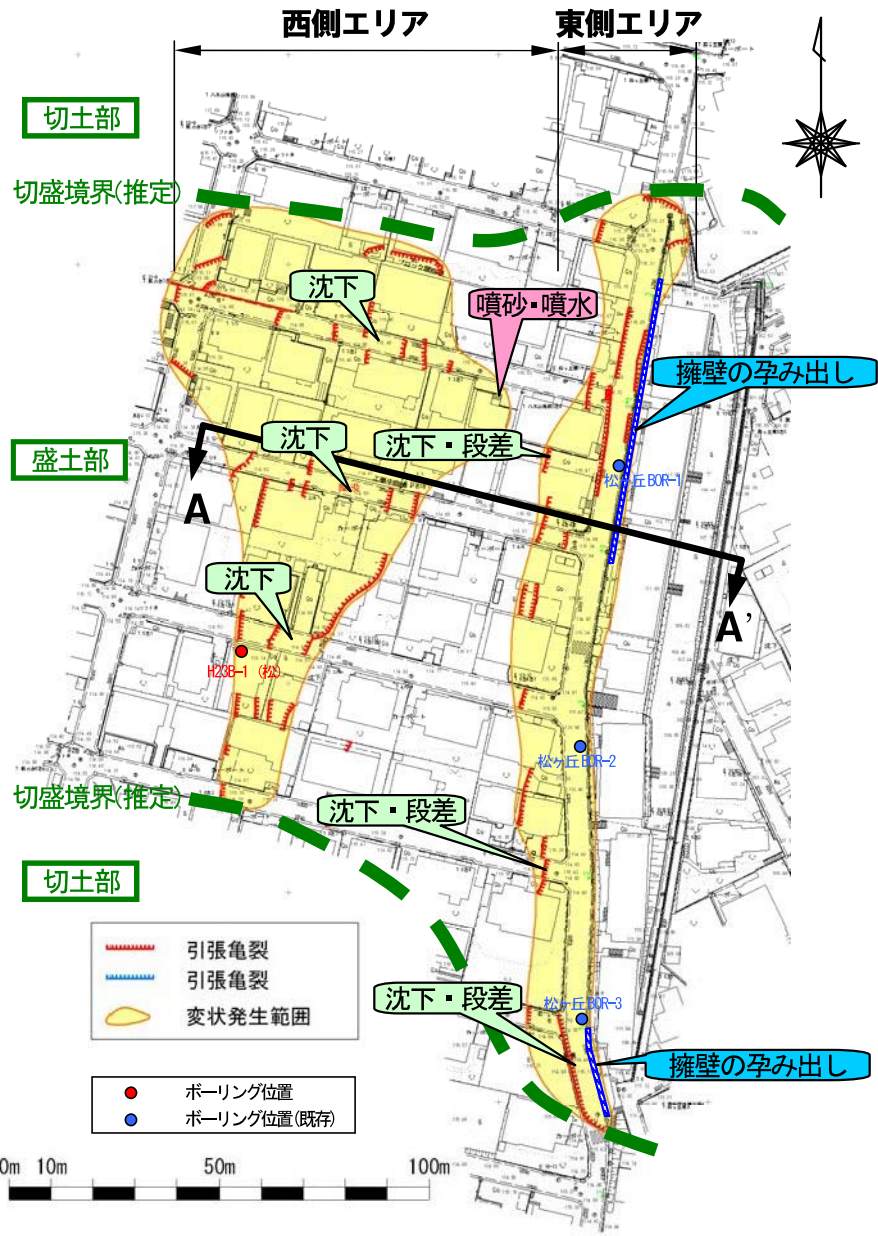
【変状機構の模式図】

N 値と砂の相対密度の関係 (Terzaghi and Peck ^{*)})		
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, 掘削に付はし必要, 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

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。



【A-A' 断面地質断面図】 ※盛土層は N 値をプロフィールとして 3 層に区分

3. 対策方針

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】

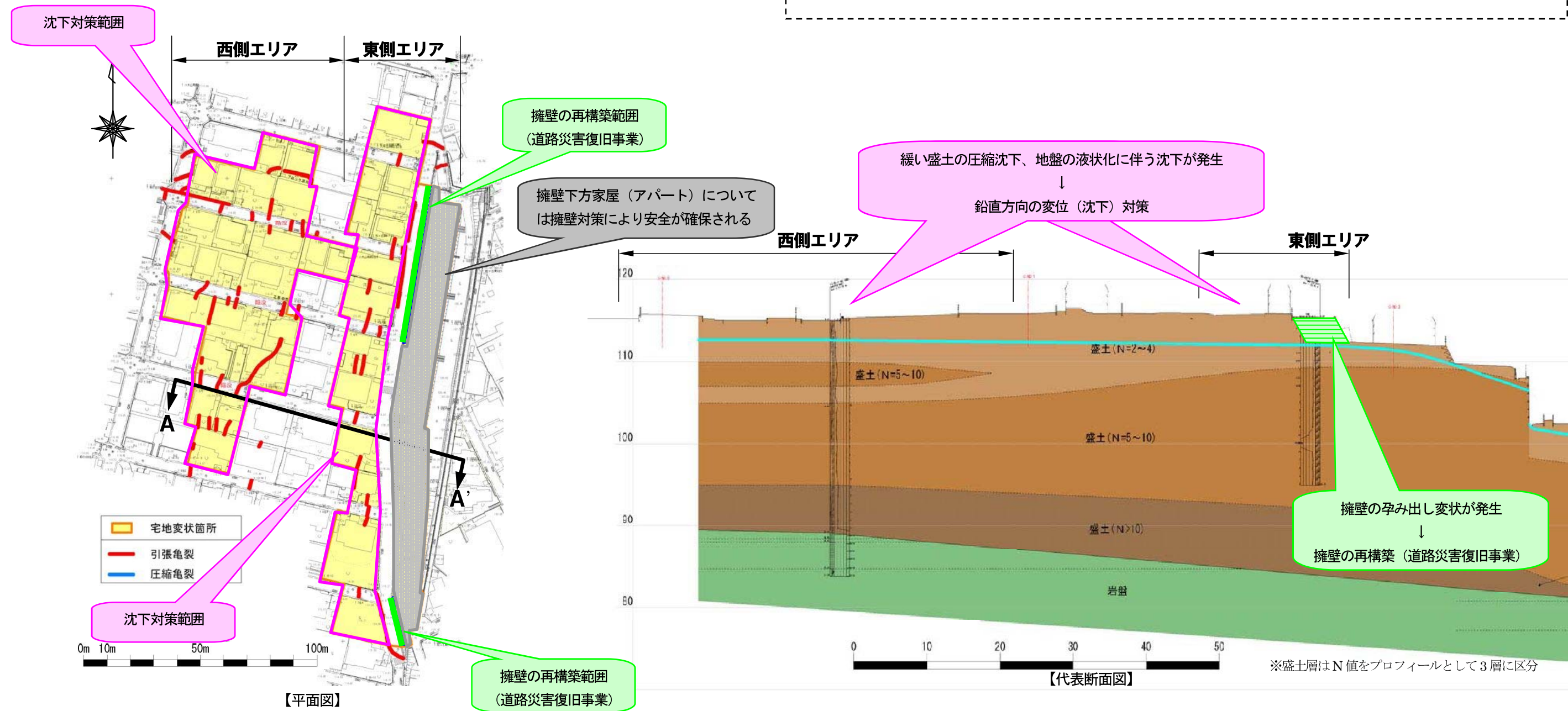
上記選定結果に至った理由を説明する。

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。

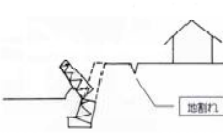
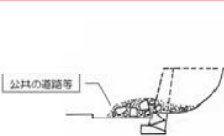
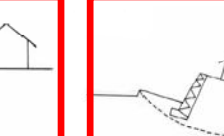
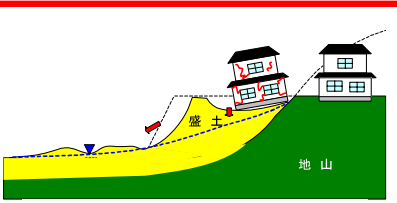
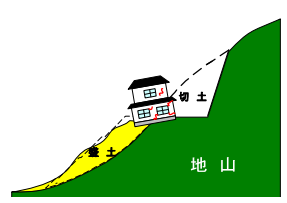
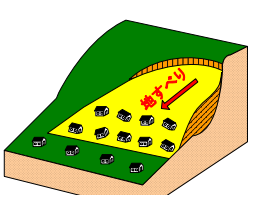

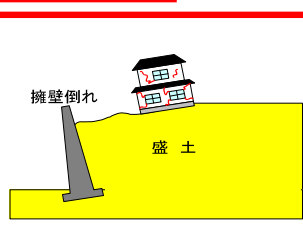
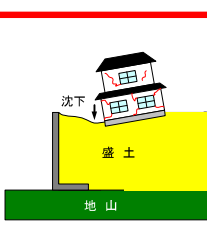
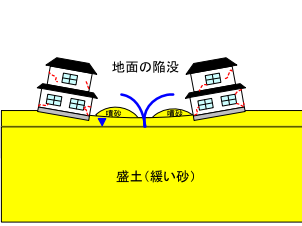


被災宅地の復旧検討 「青山一丁目地区」

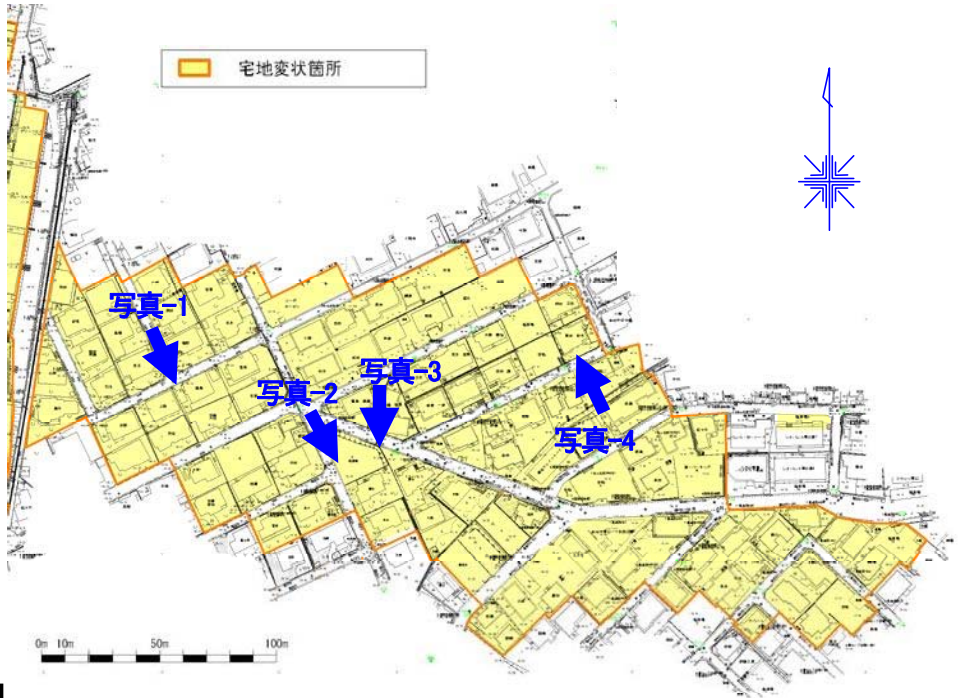
1. 概要書

区 名	太白区	地区名	青山一丁目	主な街区	7, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27 番街区の一部
-----	-----	-----	-------	------	--

【被害概要】

被害分類	<div>被災タイプ A</div> <div>被災タイプ B</div> <div>被災タイプ C</div>			
被害宅地	面積	約 35,000m ²	宅地数	110 宅地
被害要因	<div>① 谷埋め型盛土に起因</div> <div>② 腹付け型盛土に起因</div> <div>③ 地すべり地形に起因</div> <div>④ 切盛境界に起因</div> <div>⑤ 擁壁の安定性不足に起因</div> <div>⑥ 緩い盛土に起因</div> <div>⑦ 地盤の液状化に起因</div>			

【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. 変状メカニズム

【宅地被害の状況】

本地区では、幅約 100～170m、長さ約 400mの範囲で全体に開口亀裂と隆起・圧縮亀裂及び擁壁の変状等が多数発生した（平面図参照）。

【造成履歴および盛土分類】

本地区は、昭和 38 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。

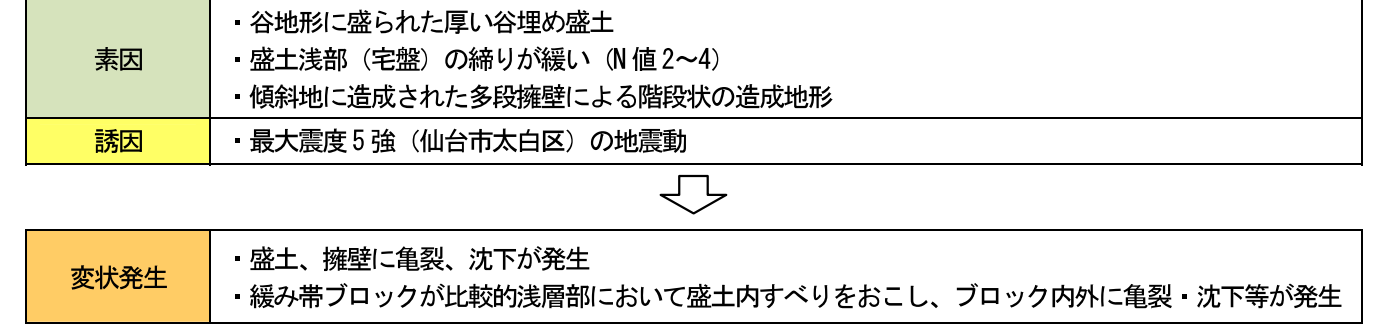
【盛土および地下水の状況】

盛土材料は「礫混じり粘土質砂」に分類され、盛土の層厚は 11～21m が確認された。地盤の相対的な締り程度を示す N 値は、盛土の上部 5～10m 以浅までは N=2～4 程度が得られ「非常に緩い」締り状態を示している。

地下水位は、地表面下 1～15m 付近で確認され、斜面下方では比較的低い位置に分布している。

【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、非常に緩い盛土上に支持された擁壁の安定性不足に起因する変状や、盛土上部（宅盤部分）の非常に緩い盛土の揺すり込み沈下が発生したと考えられる。また、切盛境界では、地震動の増幅特性の違いにより不同沈下や局部すべり等が発生したと考えられる。なお、本地区では、地表面勾配 8 度前後の比較的急な傾斜地に多段擁壁で階段上の造成が行われており、このことが斜面下方への滑動力として作用し、大きな地震動によりさらに擁壁の安定性不足等を助長したものと推測される。



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 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 はし必要、打込み時金属音

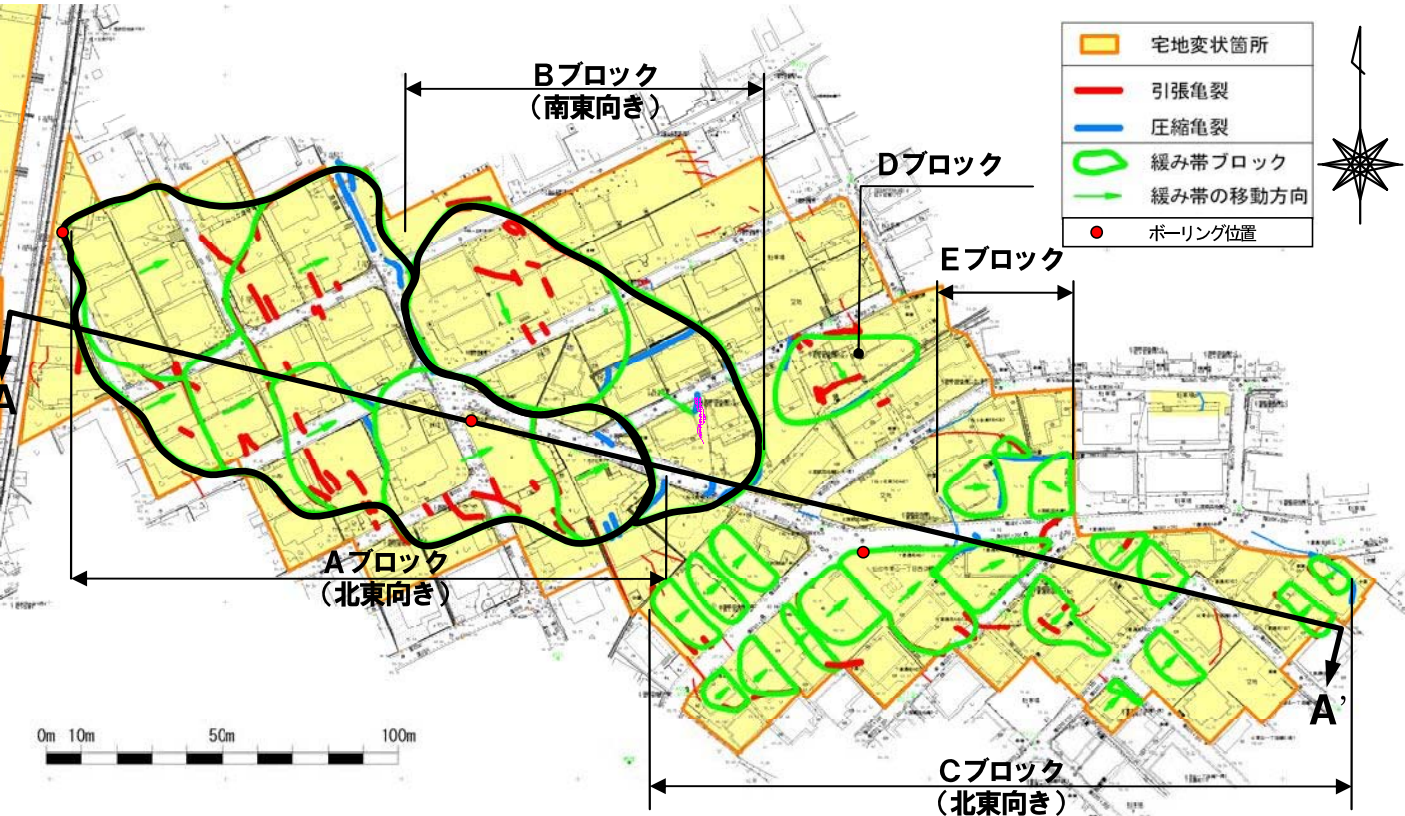
注) 鉄筋は φ13 mm

社)地盤工学, 2004.6, 地盤調査の方法と解説 p263 より引用

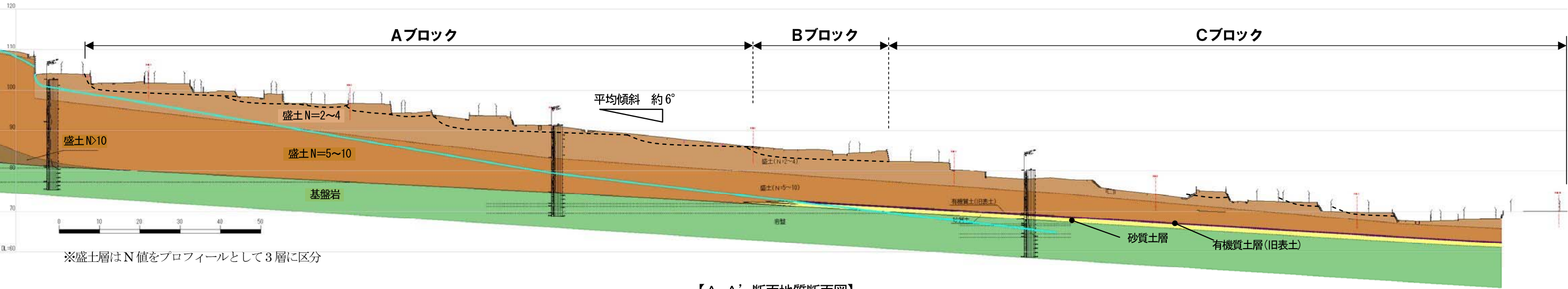
本地区の変状は、概ね次の 2 パターンの機構が想定される。

- ◆宅地 1～2 区画程度の小範囲でみられるのが、『緩い盛土に起因』する変状および『擁壁の安定性不足に起因』する変状（パターンⅠ：対象範囲 C,D,E ブロックおよびブロック以外の変状宅地）。
- ◆宅地 2～6 区画程度の比較的広範囲でみられるのが、『谷埋め盛土に起因』する緩み帯ブロックの盛土内すべりによる変状（パターンⅡ：対象範囲 A,B ブロック）

なお、青山一丁目から西側に隣接する松ヶ丘に続く一連の谷埋め盛土全体を包含する大規模なすべりの可能性については、両地区の境界に位置する擁壁に特に有意な変状が認められないことからすべりは発生していないものと考えられる。



【地表面亀裂分布および緩み帯ブロック区分図】



【A-A' 断面地質断面図】

【変状機構模式図一覧表】

パターンⅠ	『緩い盛土に起因』する変状 パターンⅠ①	
		<p>【概 要】 宅地区画内で発生した繰返し荷重による盛土の圧縮沈下である。宅地土留擁壁は変状が小さいまたは未変状で、比較的健全である。</p> <p>【対象範囲】 ブロック以外の変状宅地</p>
	『擁壁の安定性不足に起因』する変状 パターンⅠ②	
パターンⅡ	『谷埋め盛土に起因』する緩み帯ブロックのすべり変状 パターンⅡ	
		<p>【概 要】 宅地 2～6 区画程度の範囲でみられる盛土内すべり変状である。擁壁の変状や盛土の圧縮沈下を伴う。</p> <p>【対象範囲】 A,B ブロック</p>

3. 対策方針

本地区では、盛土の沈下・亀裂に対しては、「不陸修正、沈下・亀裂の整地」を行う。擁壁の変状に対しては、「擁壁の復旧（補強または再構築）」を行う。盛土内すべりに対しては、「抑止工」によりすべり対策を行う。

盛土の沈下・亀裂に対しては、段差の解消や、雨水等の流入による地盤の脆弱化の進行を防止する必要があることから「不陸修正、沈下・亀裂の整地」を行う必要がある。

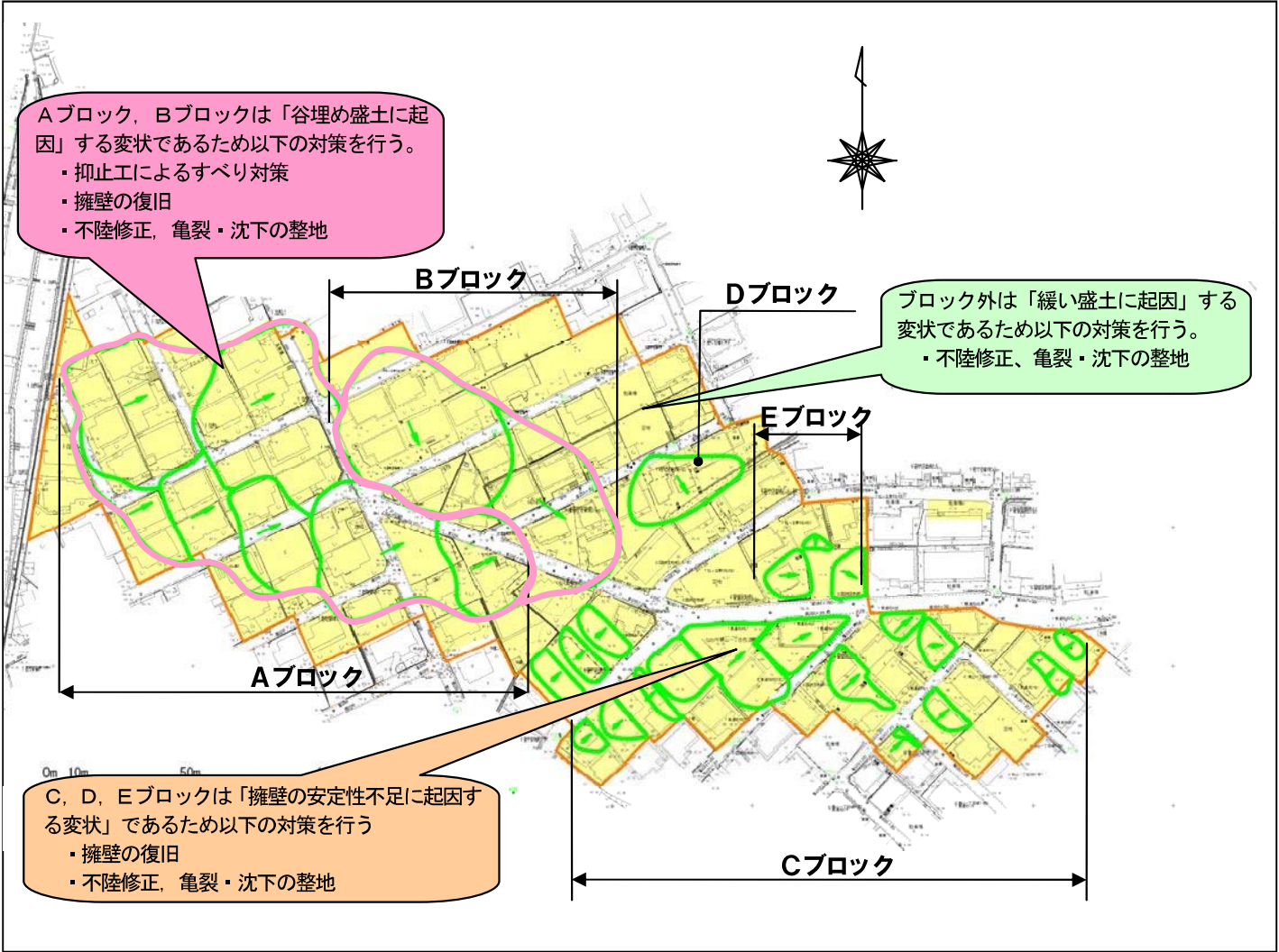
擁壁の変状は主に石積擁壁に対する変状が顕著であり、擁壁の変状に伴って、背面盛土に沈下・亀裂が発生していることから、「擁壁の復旧（補強または再構築）」により、擁壁の安定性を補強する必要がある。

盛土内すべりに対しては、すべり対策をする必要があることから、「抑止工」によるすべり対策を行う。なお、当該地区は地下水位が低く、家屋が密集した住宅地であり、水抜工や、排土工・押さえ盛土工等の抑制工は適応性が低いと考える。

なお、本地区では広大な宅地変状面積に対して3箇所の概略調査ボーリングしか実施していないため、現在、対策工の検討に必要な追加調査を実施中である。

【対策方針模式図一覧表】

パターンⅠ	『緩い盛土に起因』する変状	パターンⅠ①	ブロック外	
	『擁壁の安定性不足に起因』する変状	パターンⅠ②	Cブロック, Dブロック, Eブロック	
	『谷埋め盛土に起因』する緩み帯ブロックのすべり変状	パターンⅡ	Aブロック, Bブロック	



【対策方針平面図】

