第 10 回技術専門委員会

平成 24 年 8 月 31 日

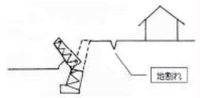
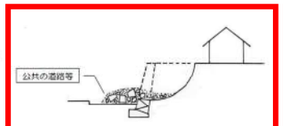
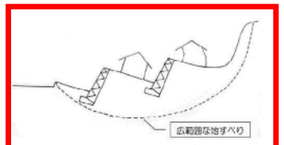
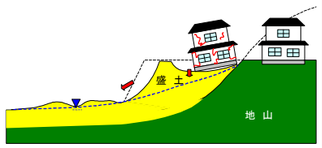
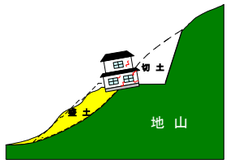
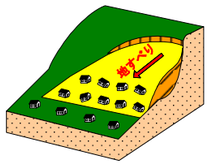
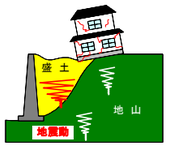
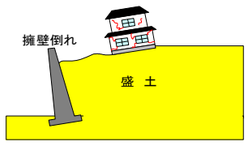
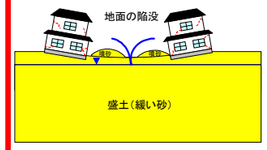
資料１－４

「大塘町地区」

1．概要書

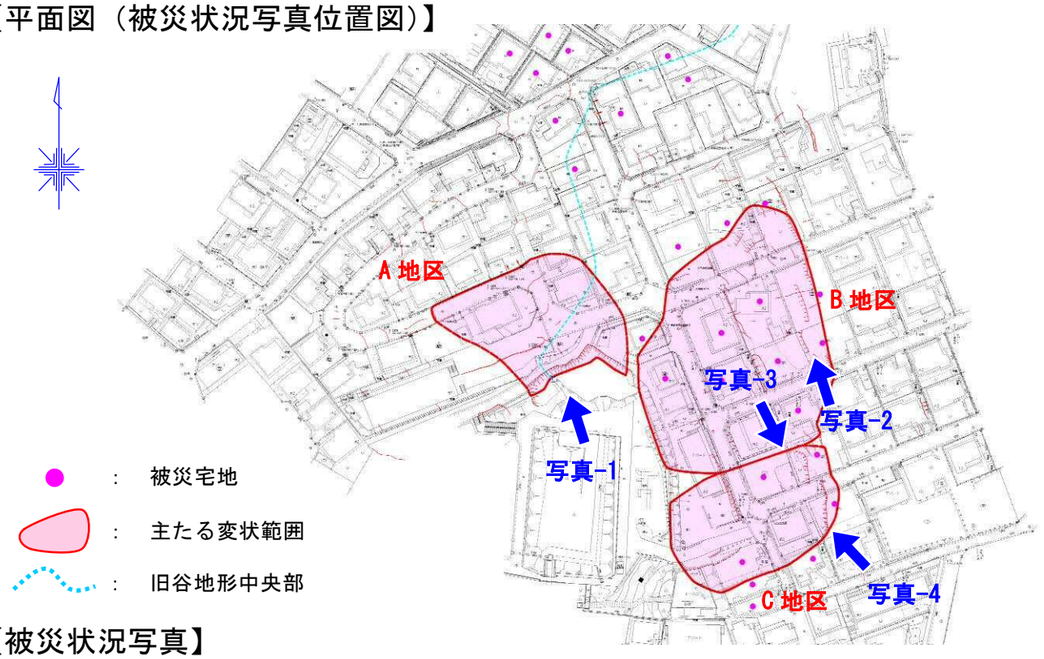
区　名	太白区	地区名	大塘町	主な街区	14, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24 番街区の一部

【被害概要】

被害分類	 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 24, 400m^2	宅地数	59 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．追加調査項目

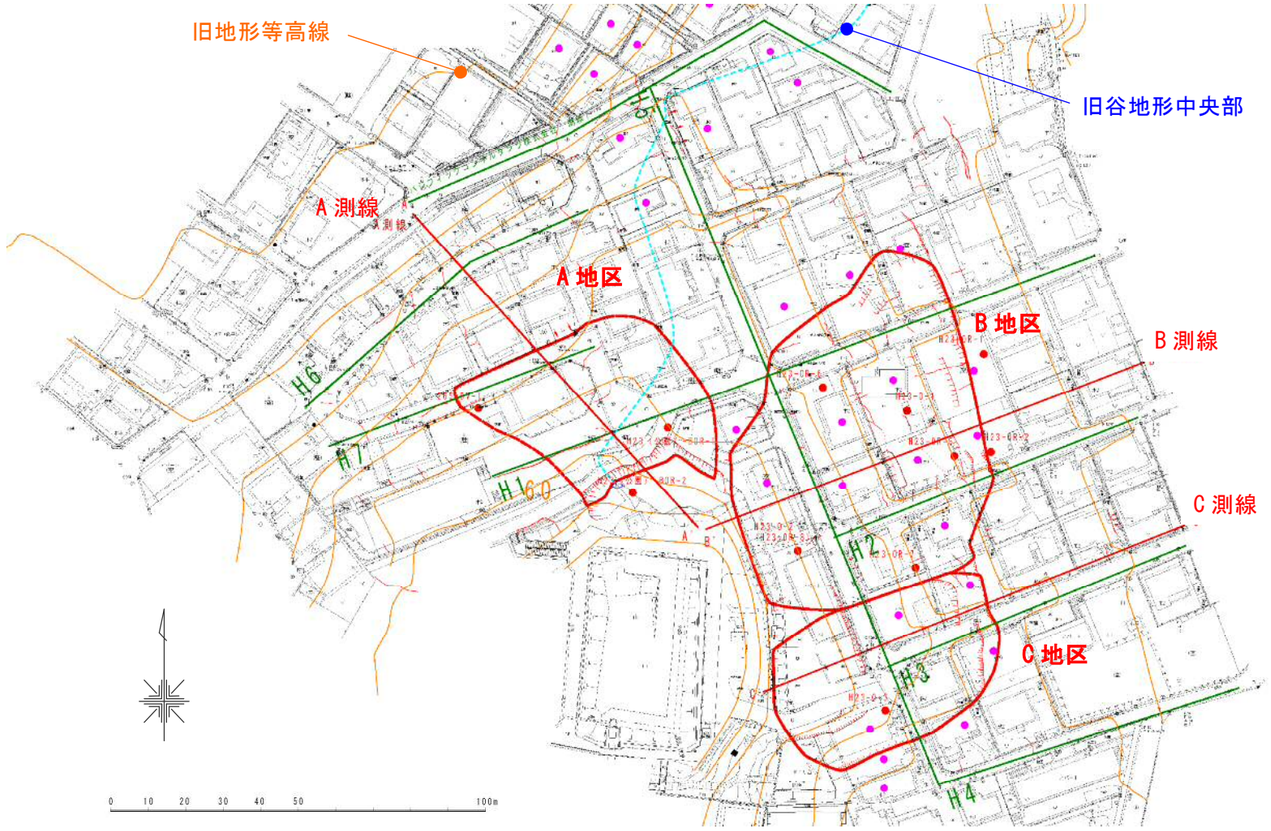
追加調査項目一覧

H24 年度 追加調査項目	調査位置、孔番号	調査目的
調査ボーリング	256-BV-1	A 地区の盛土の分布状況及び盛土の性状を把握するため、調査ボーリングを実施した。解析に際しては、公園災害箇所の既往の調査ボーリングをあわせて実施した。
表面波探査	H1～H7	盛土層の緩み範囲及び切盛境界を推定するため、表面波探査を実施した。測線は地表面に生じた変状箇所を包括する範囲の既設道路上にて設置し、断波速度の平面・断面分布を把握した。
室内土質試験	256-BV-1	室内土質試験（物理試験一式）を実施し、盛土層の物理・力学特性を把握した。

作業写真等

調査ボーリング作業状況	表面波探査起振状況	表面波探査測定状況

調査等位置図



現地変状状況・宅地被災状況凡例

記号	名　称
	開口・段差を伴う亀裂（引張り亀裂）
	亀裂（段差不明）
	圧縮亀裂・隆起
	沈下・水溜り
	水路の座屈
	崩壊地形
	道路の補修跡
	湧水箇所
	写真撮影位置
	調査ボーリング位置
	解析測線
H1-0	表面波探査探査測線
	盛土の緩み範囲
	主たる変状範囲
	被災宅地

３．変状メカニズム

※平成 24 年度は、平成 23 年度の区域名を以下のように変更した。
H23 A 区域 → A 地区、H23 B 及び C 区域 → B 地区、H23 D 区域 → C 地区

平成 23 年度　検討内容

【宅地被害の状況】

おおとや公園北側の A 区域では、幅 60m×長さ 100m の範囲で舗装路面の亀裂、舗装と宅地の隙間が生じた。公園東側の B～D 区域では、概ね南北に延伸する開口亀裂群と公園に挟まれる幅 130m×長さ 80m の西向ひな壇に地盤の亀裂、擁壁のせり出し・倒壊、不同沈下等が発生した。

【造成履歴及び盛土分類】

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「砂礫質粘土」に分類され、盛土の厚さは 0～7m、おおとや公園及び北側に厚く分布する。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、概ね盛土の基底面に想定され、部分的に比較的高い盛土内に確認される。

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/m²)	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 より引用

【変状メカニズム】

今回の地震は震度 5 強と大きく、また地震動の継続時間が長かったため、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して変状が多数発生した。

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。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 30cm 程度（変位量測量結果より）公園方向へ移動し、盛土内すべりが生じた。

素因	・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	・最大震度 5 強（仙台市太白区） ・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	A 区域及び B 区域 ・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。 C 区域 ・慣性力により旧地形の遷急線に沿って盛土の滑動が生じた。 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。

平成 24 年度　検討内容

【宅地被害の状況】

おおとや公園北側の A 地区では、幅 60m×長さ 100m の範囲で舗装路面の亀裂、舗装と宅地の隙間が生じた。公園東側の B～C 地区では、概ね南北に延伸する開口亀裂群と公園に挟まれる幅 130m×長さ 80m の西向ひな壇に地盤の亀裂、擁壁のせり出し・倒壊、不同沈下等が発生した。

表-6.2.2　*N* 値と砂の相対密度の関係（Terzaghi and Peck[1]）

N 値	相対密度 (Terzaghi and Peck)	現場判別法
0～4	非常に緩い (very loose)	鉄筋が容易に手で貫入
4～10	緩　い (loose)	ショベル（スコップ）で掘削可能
10～30	中　位　の (medium)	鉄筋を 5 ポンドハンマで打込み容易
30～50	密　な (dense)	同上，30 cm 程度貫入
＞50	非常に密な (very dense)	同上，5～6 cm 貫入，掘削につるはし必要，打込み時金属音

注）鉄筋は ϕ13 mm

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/m²)	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 より引用

【造成履歴及び盛土分類】

~~本地区~~ B～C 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。一方、A 地区は平成 9 年に造成された新しい住宅地であり、造成年が異なる谷埋め型盛土である。

【盛土および地下水の状況】

A 地区の盛土材料は「粘土質礫質砂」に分類され、盛土の厚さは 0～5m で分布する。地盤の相対的な締り程度を示す N 値は N=1～4 程度で「非常に緩い」締り状態である。地下水位は GL-3m 程度の盛土内に位置する。

一方、B～C 地区の盛土材料は「砂礫質粘土」に分類され、盛土の厚さは 0～7m、おおとや公園及び北側に厚く分布する。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、概ね盛土の基底面に想定され、部分的に比較的高い盛土内に確認される。

いずれの地区も盛土の緩み範囲（Vs=180～200m/sec）に包括される。

【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して変状が多数発生した。

A 地区では、宅地擁壁等の比較的被害は少ないものの、水平変位の測定や表面波探査から地震動の慣性力により盛土と地山の境界（Vs=200m/sec）等を不連続面とする地すべり的変形が発生し、南側開放面の園路ブロック積擁壁の倒壊や舗装路面の亀裂等が生じたものと考えられる。~~が、地盤の滑動は発生していない。~~

B 地区では、旧地形の遷急線沿い及び盛土と地山の境界（Vs=180m/sec）を不連続面とする地すべり的変形が発生、また盛土表層部（ひな壇部）の変形が生じ、周囲で滑動崩落に伴う変状が発生した。~~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。~~

C 地区では、盛土と地山の境界（Vs=180m/sec）を不連続面とする地すべり的変形及び盛土表層部（ひな壇部）の変形が発生し、東西 70m×南北 40m の盛土地盤が 30cm 程度（変位量測量結果より）公園方向へ移動し、周囲で滑動崩落に伴う変状が発生した。~~盛土内すべりが生じた。~~

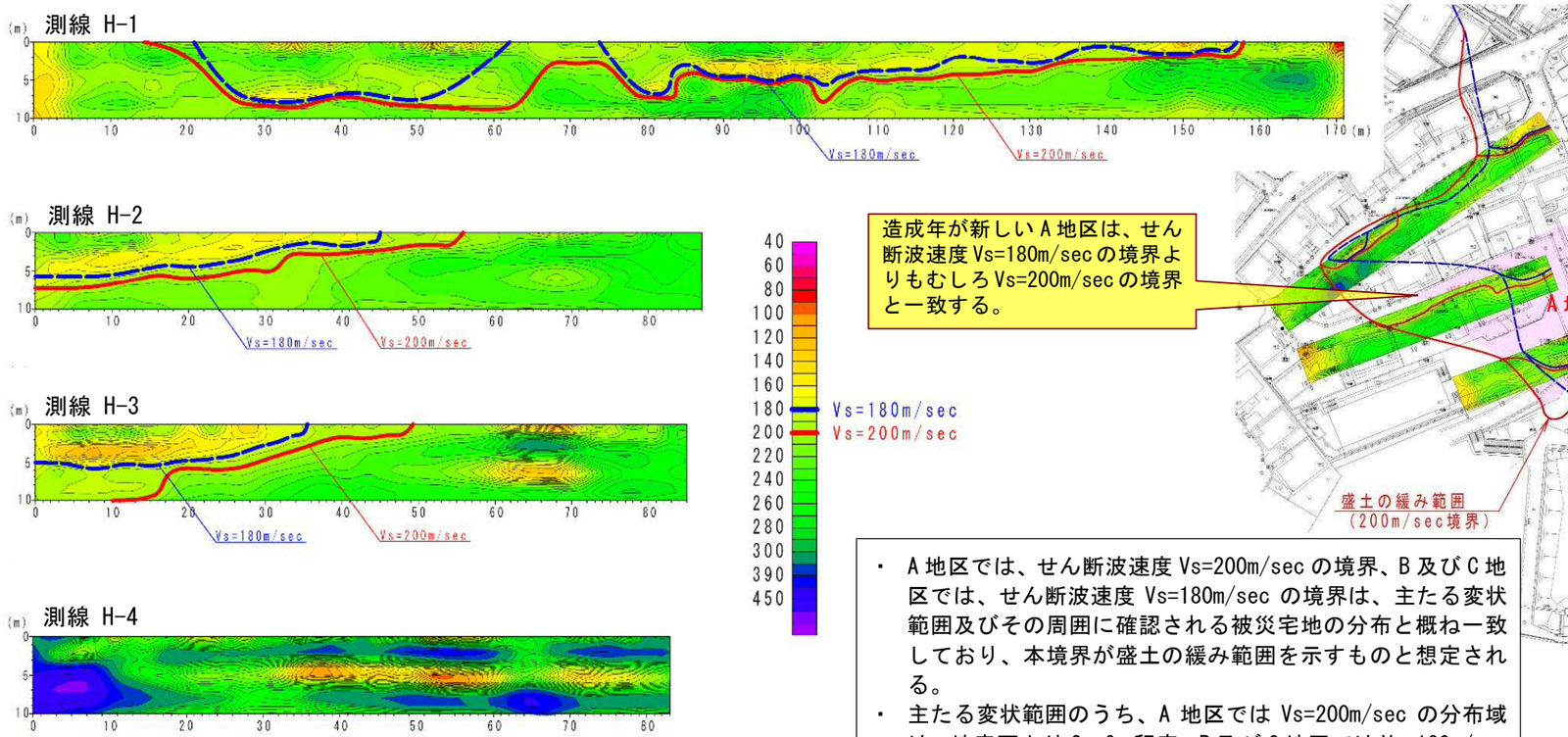
素因	・浅い谷地形に盛られた谷埋め盛土 ・盛土の N 値は、A 地区では 1～4 とで非常に緩い、B,C 地区では 0～2 と非常に柔らかい ・~~地下水位が高い~~
誘因	・最大震度 5 強（仙台市太白区） ・~~地下水+地震動+粘性土質の盛土材⇒泥濘化による強度低下~~

⇩

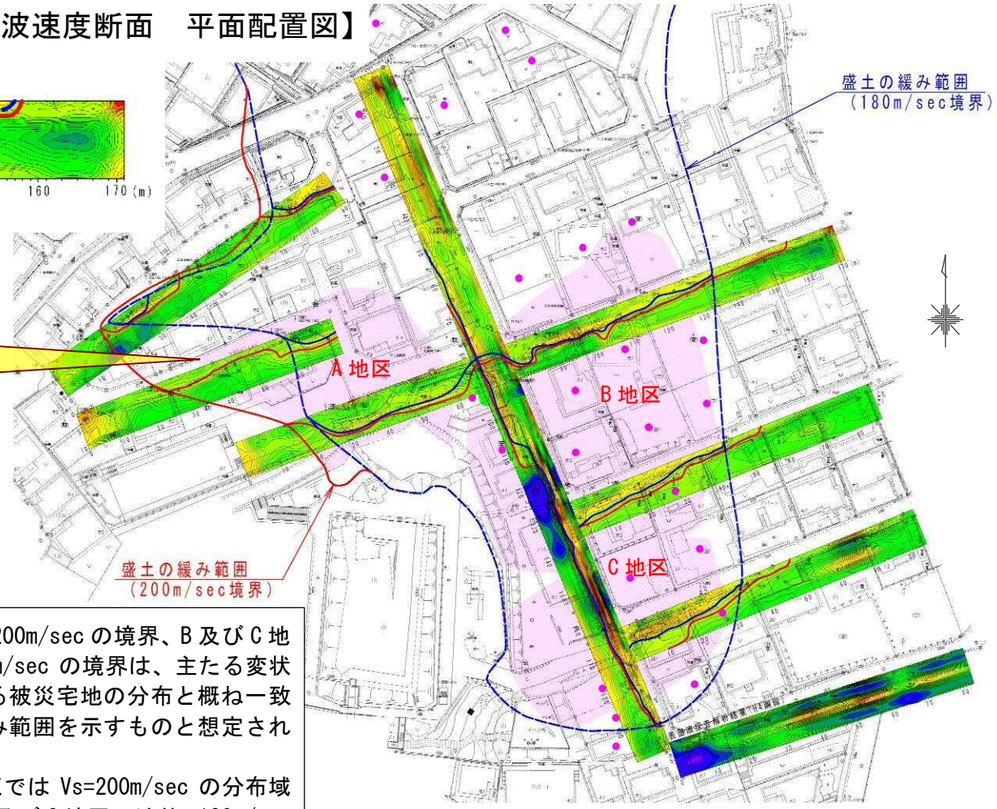
変状発生	A 地区：盛土と地山の境界（Vs=200m/sec）等を不連続面とする地すべり的変形が発生 B 地区：旧地形の遷急線沿い及び盛土と地山の境界（Vs=180m/sec）を不連続面とする地すべり的変形が発生、また盛土表層部（ひな壇部）の変形が発生 C 地区：盛土と地山の境界（Vs=180m/sec）を不連続面とする地すべり的変形及び盛土表層部（ひな壇部）の変形が発生

４．表面波探査結果

【表面波探査　速度層断面図】



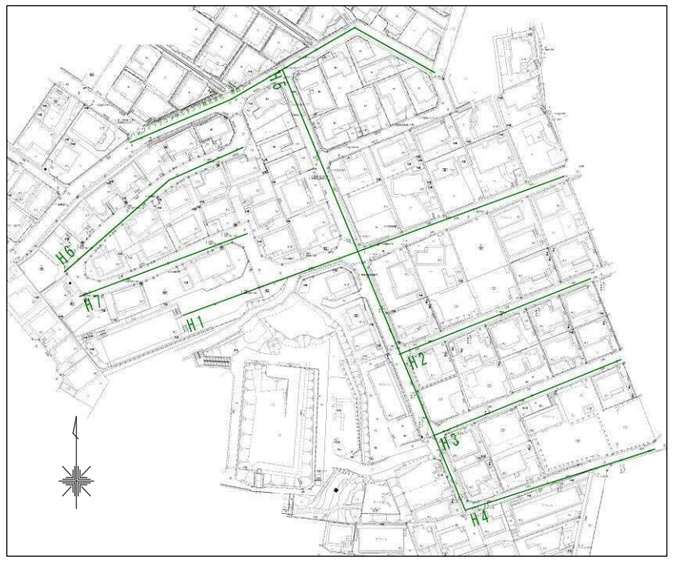
【表面波速度断面　平面配置図】

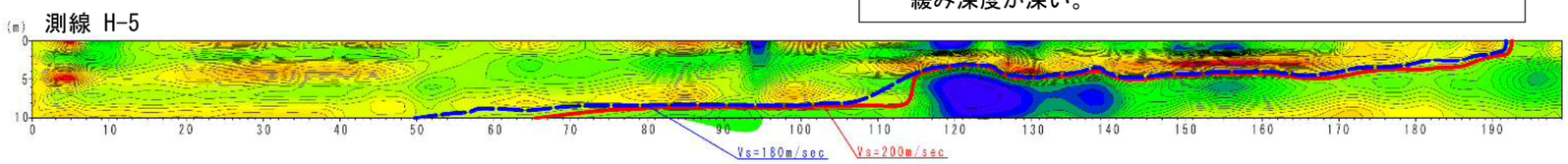


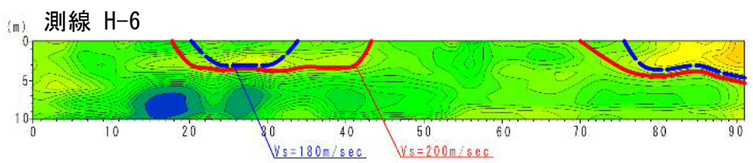
造成年が新しい A 地区は、せん断波速度 Vs=180m/sec の境界よりもむしろ Vs=200m/sec の境界と一致する。

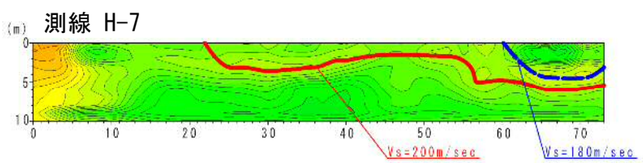
- A 地区では、せん断波速度 Vs=200m/sec の境界、B 及び C 地区では、せん断波速度 Vs=180m/sec の境界は、主たる変状範囲及びその周囲に確認される被災宅地の分布と概ね一致しており、本境界が盛土の緩み範囲を示すものと想定される。
- 主たる変状範囲のうち、A 地区では Vs=200m/sec の分布域は、地表面より 2～9m 程度、B 及び C 地区では Vs=180m/sec の分布域は、地表面より 2～10m 程度で、いずれも公園側が緩み深度が深い。

【表面波探査測線配置平面図】

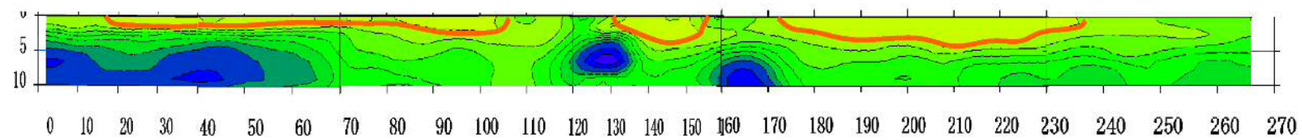








隣接工区　測線 7　125_恵和町表面波探査結果（パシフィックコンサルタンツ株式会社実施）

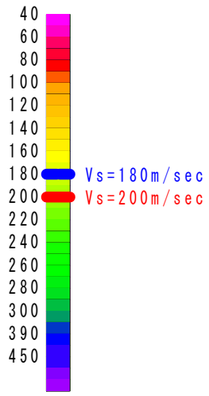


【表面波速度区分　各測線断面図】

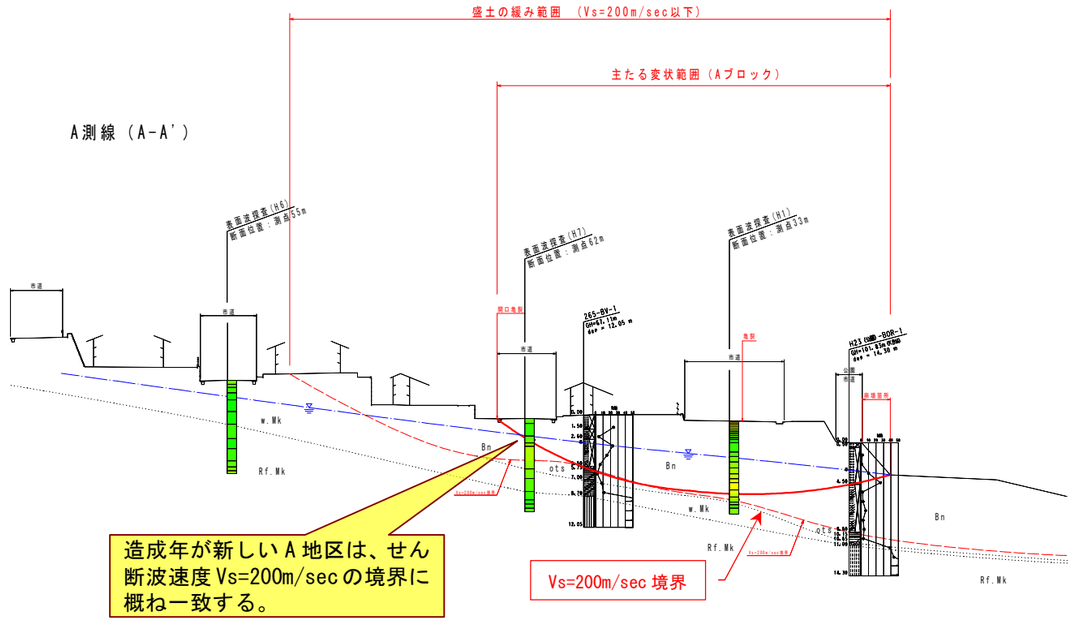
凡　例

記号	名　　称
Bn	盛　　土
ots	旧表土
w.Mk	向山層（風化シルト岩主体）
Rf.Mk	向山層（未風化シルト岩主体）
	地層境界線
	Vs=180m/sec速度コンタ線
	Vs=200m/sec速度コンタ線
	地下水位
	設計上のすべり面

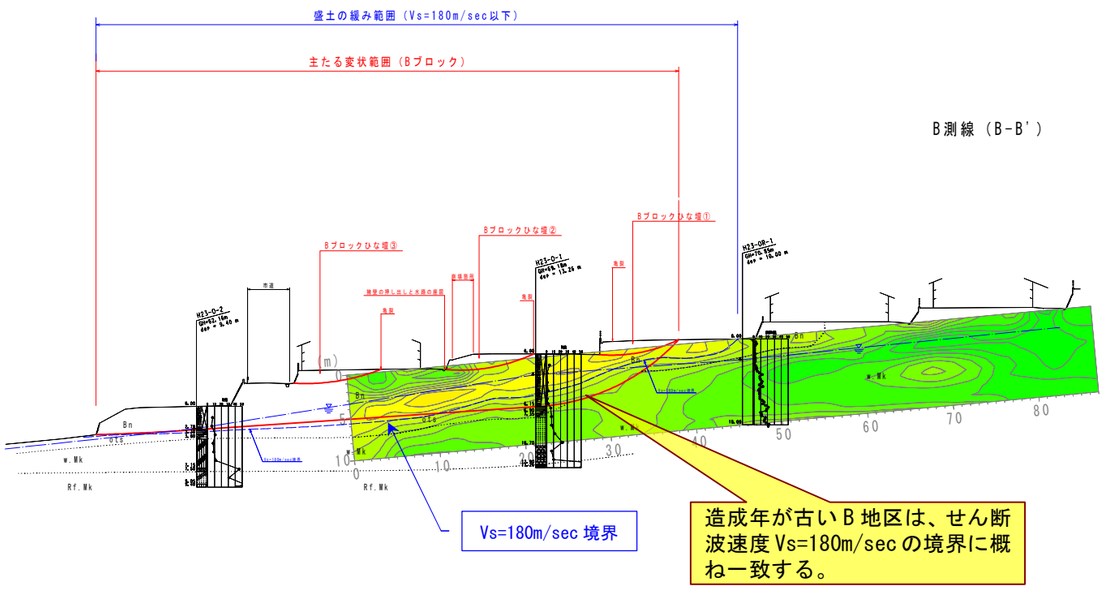
表面波探査速度区分凡例



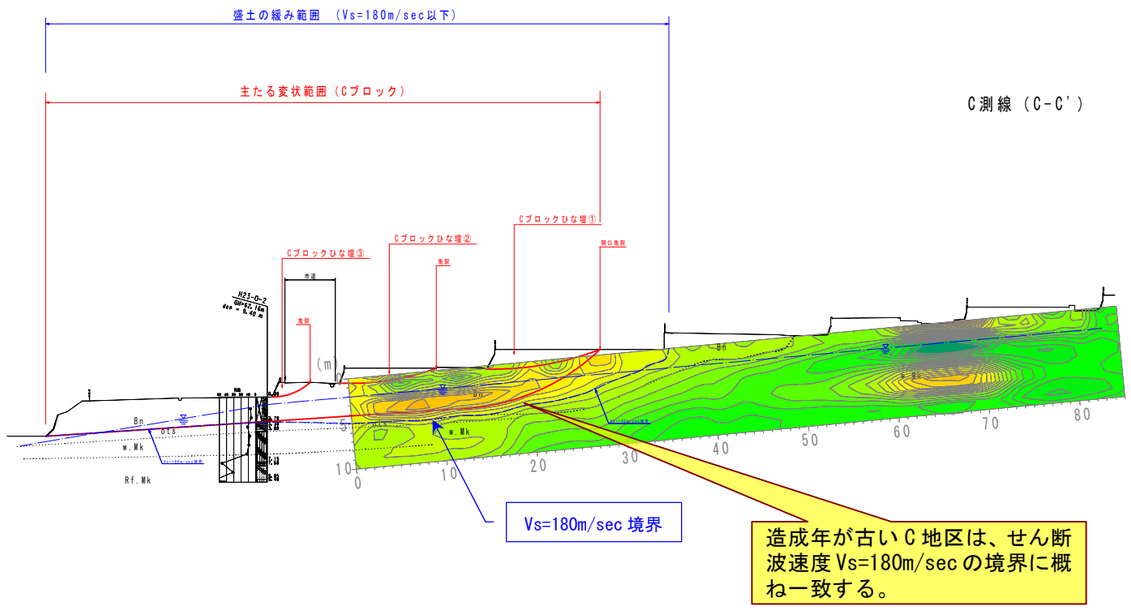
A地区（A測線　A-A’断面）



B地区（B測線　B-B’断面）



C地区（C測線　C-C’断面）



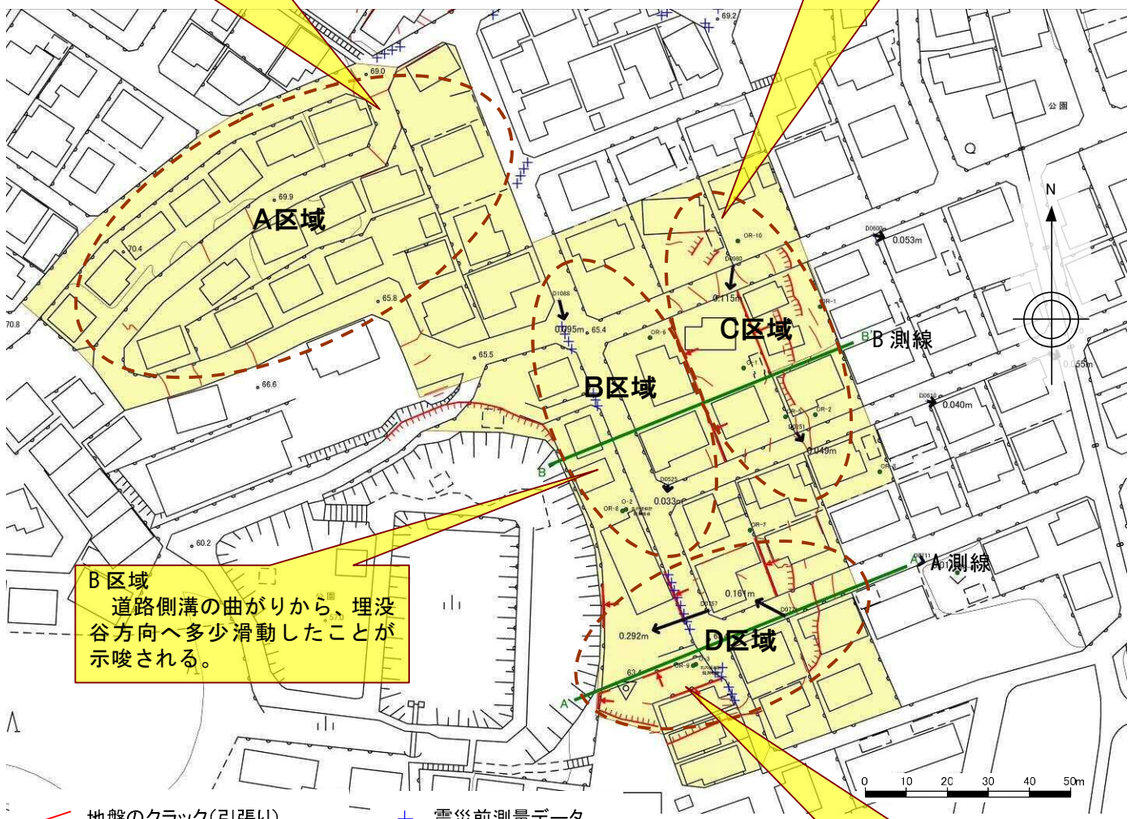
５．検討平面図

※平成 24 年度は、平成 23 年度の区域名を以下のように変更した。
H23 A 区域 → A 地区、H23 B 及び C 区域 → B 地区、H23 D 区域 → C 地区

平成 23 年度　検討平面図

A 区域
舗装路面の亀裂が主であり、強い揺れによる舗装の破損、慣性力による移動が成因と判断される。

C 区域
開口亀裂が明瞭であり、道路側溝の曲がりからも地盤の滑動が裏付けられる。



B 区域
道路側溝の曲がりから、埋没谷方向へ多少滑動したことが示唆される。

D 区域
擁壁が孕み、ガードレールが公園側へ凸に曲がっている。
盛土内すべりにより、土塊が公園側へ押出した。

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)
擁壁のハラミ、迫り出し
震災前測量データ
震災後測量データ
C0146 境界標番号
+0.008m 変位量
変位方向及び変位量

平成 24 年度　検討平面図

A 地区
大塘地区おいて変状が小規模の区域である。
頭部には道路の亀裂、道路と水路の開口亀裂がみられ、末端には擁壁の倒壊が発生した。
側方部は不明瞭であり、表面波探査および水平変位量より推定した。

A 地区では、Vs=200m/sec 境界と変状分布及び被災宅地分布は良い相関を示す。

現地変状状況・宅地被災状況凡例

記号	名　称
	開口・段差を伴う亀裂（引張り亀裂）
	亀裂（段差不明）
	圧縮亀裂・陥没
	沈下・水溜り
	水路の盛土
	崩壊地形
	道路の補修跡
	湧水箇所
	写真撮影位置
	調査ボーリング位置
	解析測線
H1-0	表面波探査探査測線
	盛土の緩み範囲
	主たる変状範囲
	被災宅地

B 地区
大塘地区おいて変状が中規模の区域である。
頭部には、宅地および擁壁に明瞭な開口亀裂が発生し、末端には宅地擁壁の変形や倒壊が発生した。
北側側方部は不明瞭であるが、亀裂や水平変位量より推定した。また南側は C 地区との境界部とした。

C 地区
大塘地区おいて最も変状が顕著な区域である。
頭部および側方の擁壁に明瞭な開口亀裂がみられる。末端には擁壁の変形や倒壊が発生した。

B 及び C 地区では、Vs=180m/sec 境界と変状分布及び被災宅地分布は良い相関を示す。

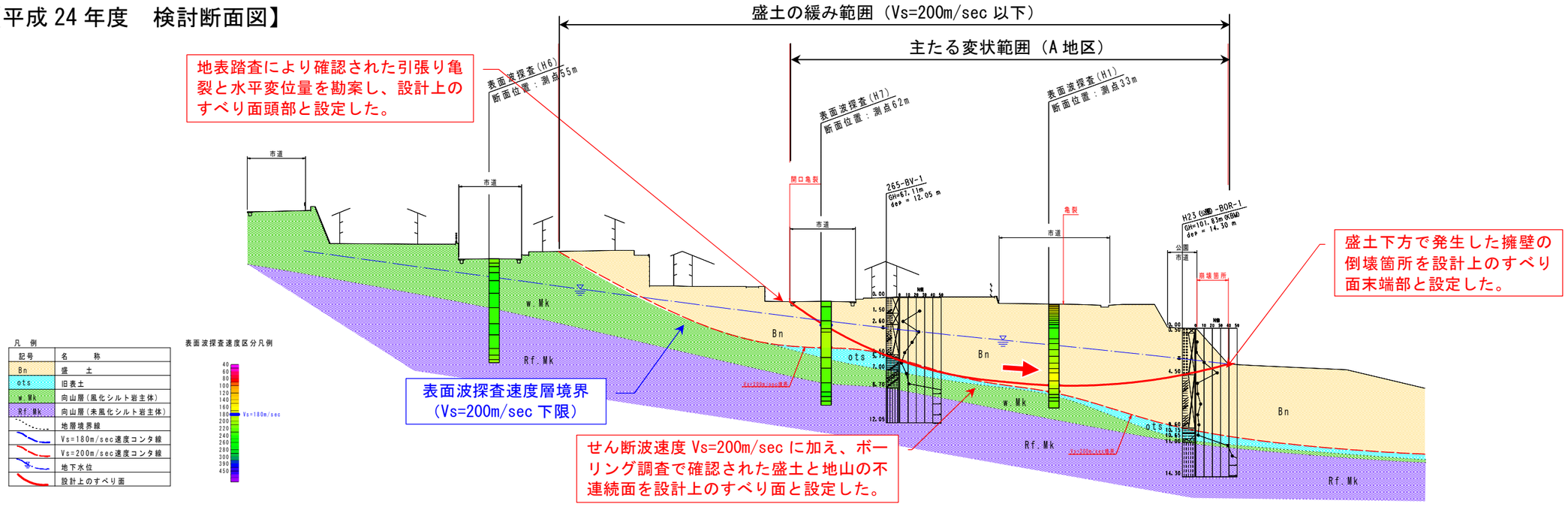
６．検討断面図

A 地区　A 測線　（A-A’ 断面）

【平成 23 年度　検討断面図】

検討対象外

【平成 24 年度　検討断面図】

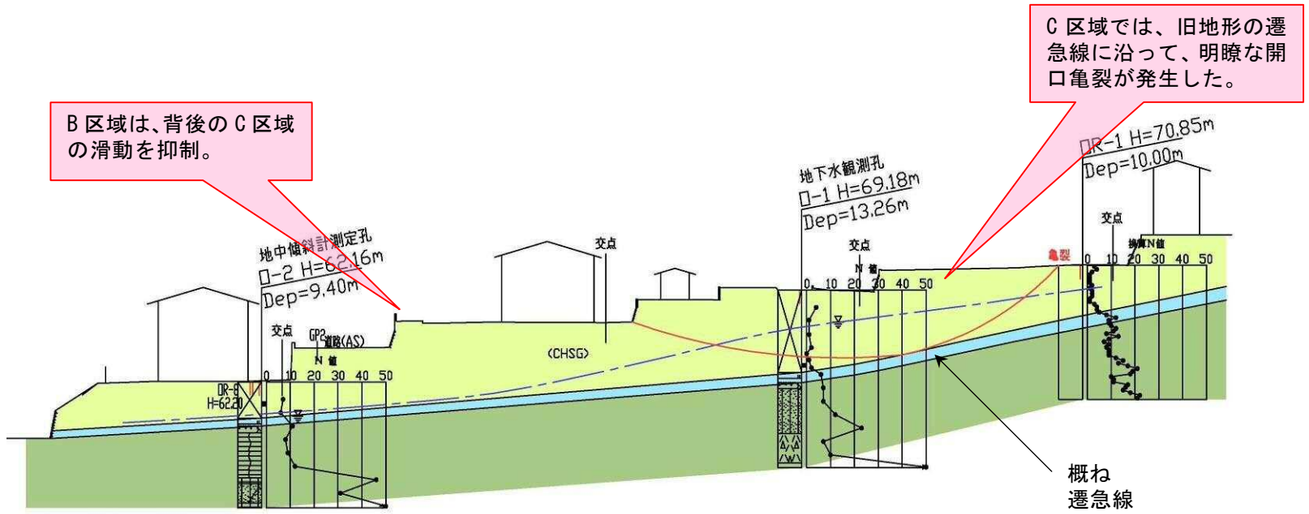


B 地区　B 測線　（B-B’ 断面）

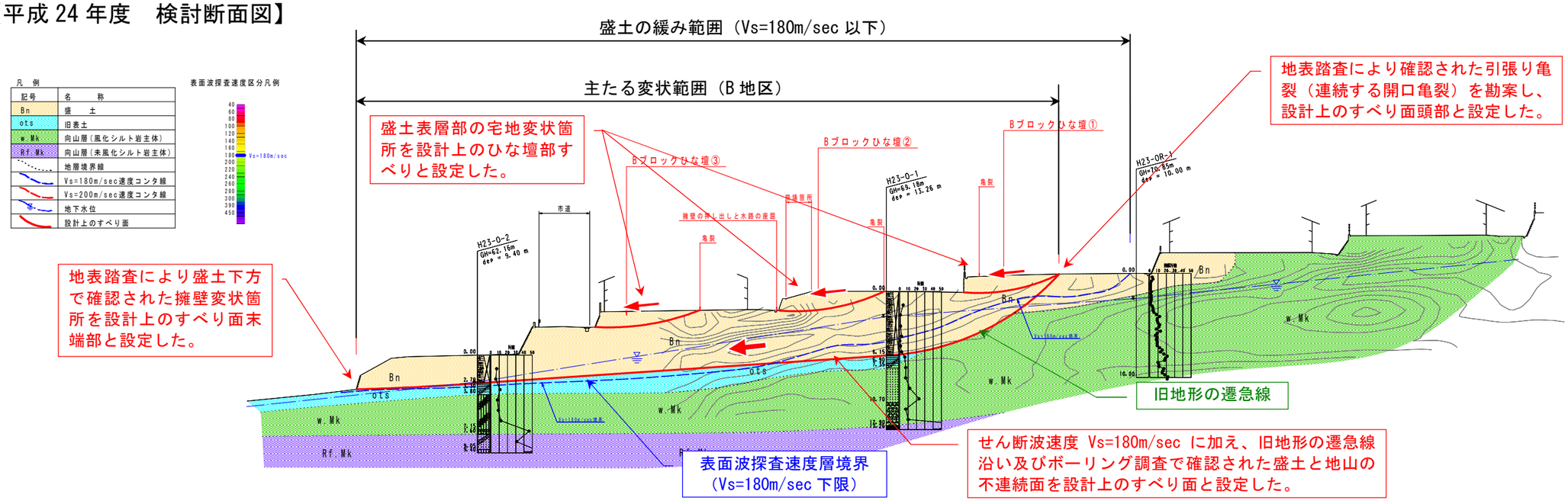
【平成 23 年度　検討断面図】

※平成 23 年度は、平成 24 年度は、平成 23 年度の区域名を以下のように変更した。

H23 B 及び C 区域 → B 地区



【平成 24 年度　検討断面図】

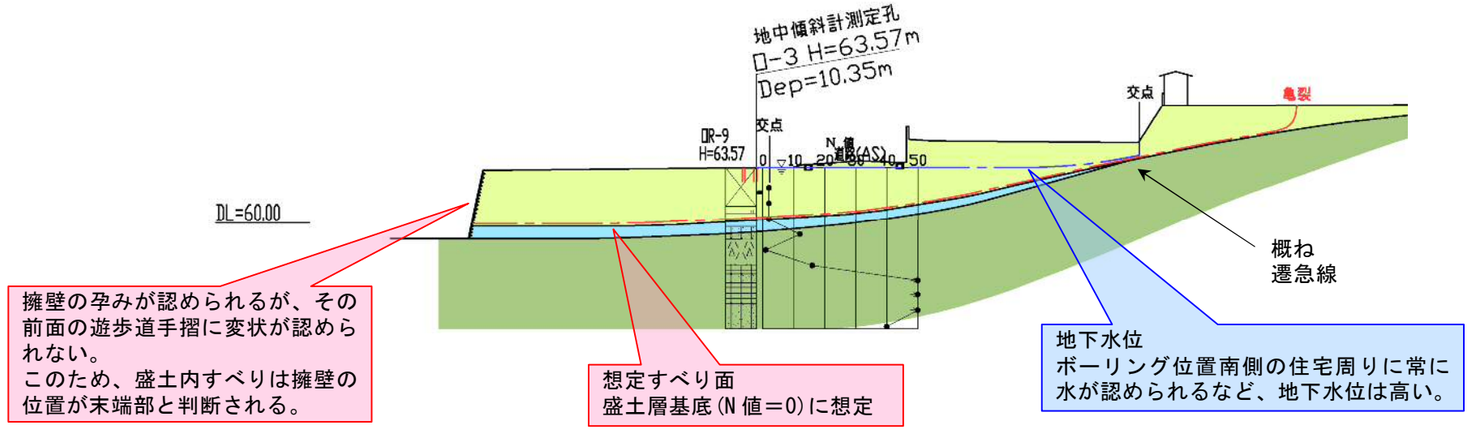


C 地区　C 測線　（C-C’ 断面）

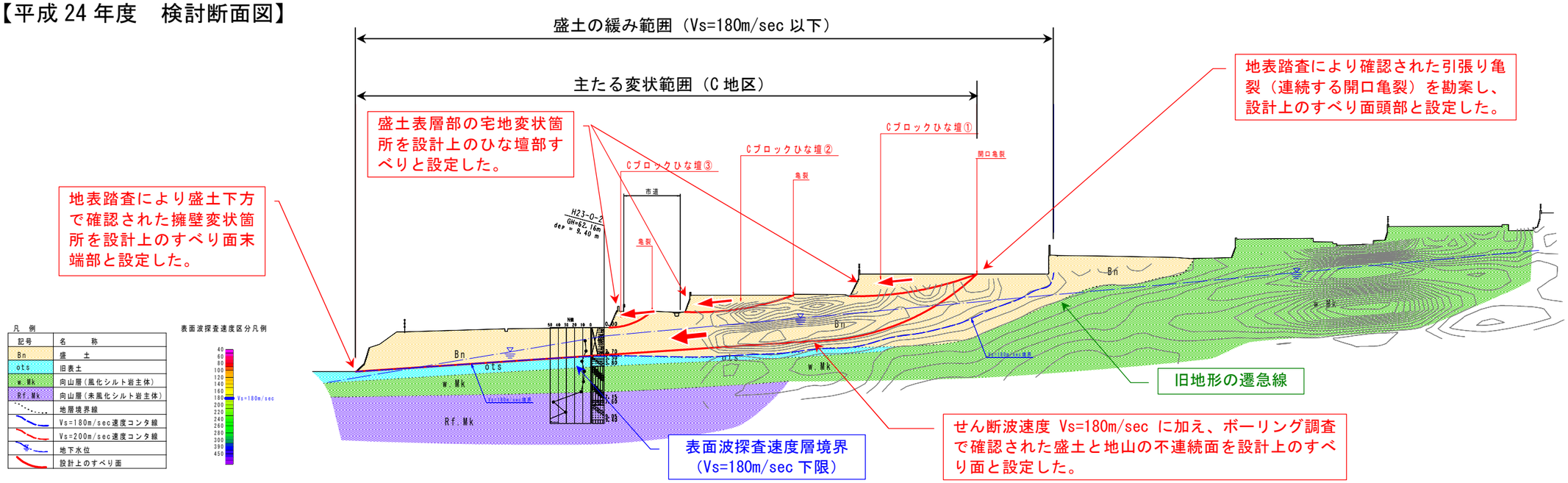
【平成 23 年度　検討断面図】

※平成 23 年度は、平成 24 年度は、平成 23 年度の区域名・断面名を以下のように変更した。

H23 D 区域 → C 地区
H23 A 断面 → C 断面



【平成 24 年度　検討断面図】



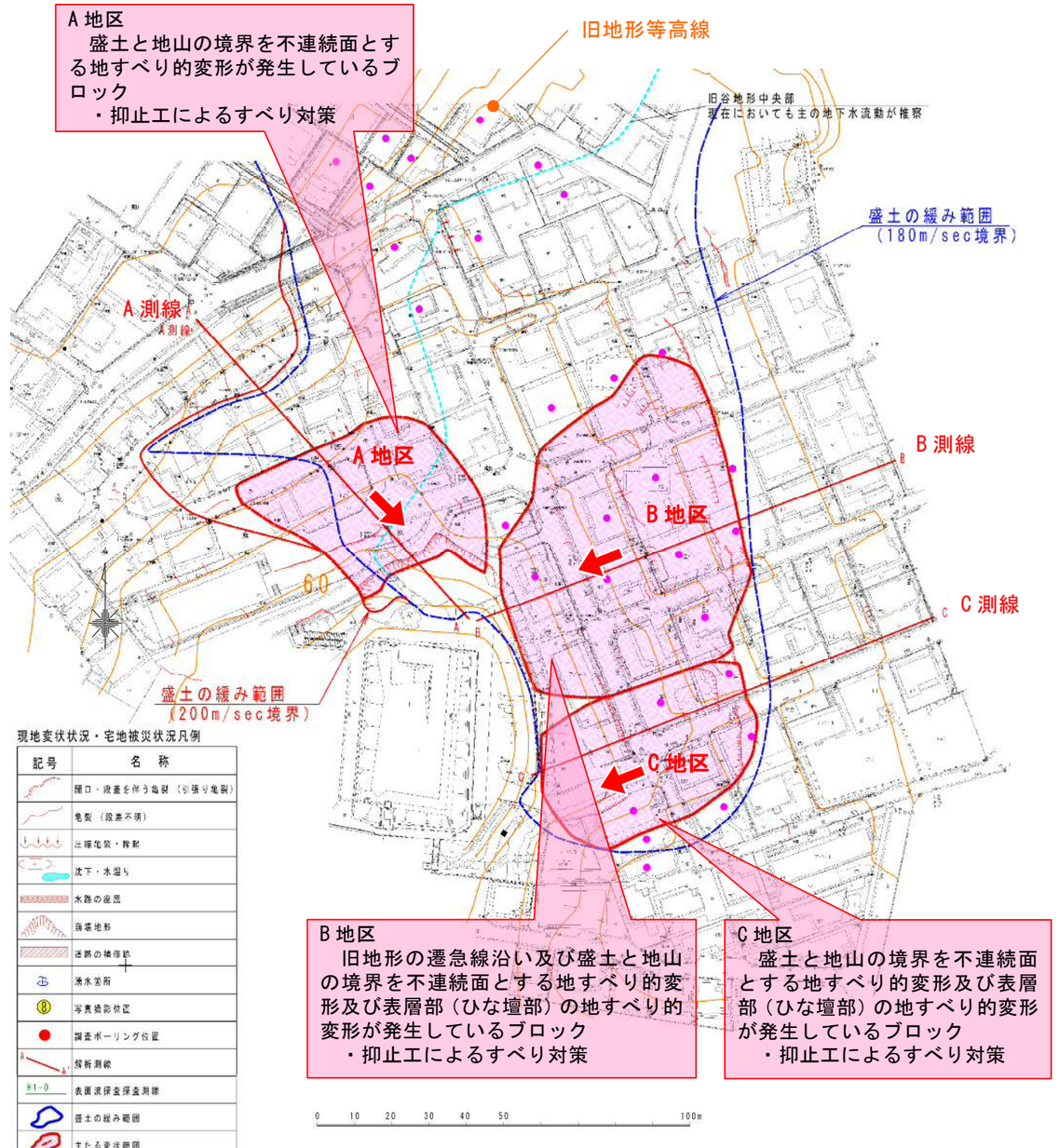
7．対策方針

平成 23 年度　検討内容	平成 24 年度　検討内容
本地区の対策方針は、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、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とする。 【説明】 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。 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。 ※平成 24 年度は、平成 23 年度の区域名を以下のように変更した。 H23 A 区域 → A 地区、H23 B 及び C 区域 → B 地区、H23 D 区域 → C 地区	~~本地区の対策方針は、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、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とする。~~ 対策工は、「宅地耐震工法選定ガイドライン＆解説」及び「対策工（案）基本設計手順書」に示された対策工法を基本に、「盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべり的変形・崩壊等」と「表層部（ひな壇部）の地すべり的変形・崩壊等」の対策を行う。 【説明】 滑動崩落対策は、「盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべり的変形・崩壊等」と「表層部（ひな壇部）の地すべり的変形・崩壊等」の対策を行う。 対策工は、「宅地耐震工法選定ガイドライン＆解説」及び「対策工（案）基本設計手順書」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。 各地区の変状メカニズムは以下に示すとおりである。 「A 地区」：盛土と地山の境界（Vs=200m/sec）等を不連続面とする地すべり的変形・崩壊 「B 地区」：旧地形の遷急線沿い及び盛土と地山の境界（Vs=180m/sec）を不連続面とする地すべり的変形・崩壊、及び表層部（ひな壇部）の地すべり的変形・崩壊 「C 地区」：盛土と地山の境界（Vs=180m/sec）を不連続面とする地すべり的変形・崩壊、及び表層部（ひな壇部）の地すべり的変形・崩壊 それぞれの変状メカニズムに適する対策として、以下の工法が挙げられる。 ◆ 盛土と地山の境界（Vs=180～200m/sec）を不連続面とする地すべり的変形・崩壊 ：　抑止杭工・アンカー工等 ◆ 表層部（ひな壇部）の地すべり的変形・崩壊 ：　矢板併用抑止杭工・アンカー工・鉄筋挿入工・固結工等 なお、C 地区南側で一部地下水位が高い箇所があるが、横ボーリング工等の地下水低下工法は、土被りが十分確保できないこと、盛土材が粘性土で対策効果が十分得られるかどうか不明であること、宅地地盤内に削孔するため維持管理等の課題があることなどから、実施しない方針とする。 ~~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。~~ ~~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。~~

8．対策検討平面図

平成 23 年度　対策検討平面図	平成 24 年度　対策検討平面図

※平成 24 年度は、平成 23 年度の区域名を以下のように変更した。
H23 A 区域 → A 地区、H23 B 及び C 区域 → B 地区、H23 D 区域 → C 地区



参 考 資 料

（１）平成 23 年度検討　対策工計画（案）

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】

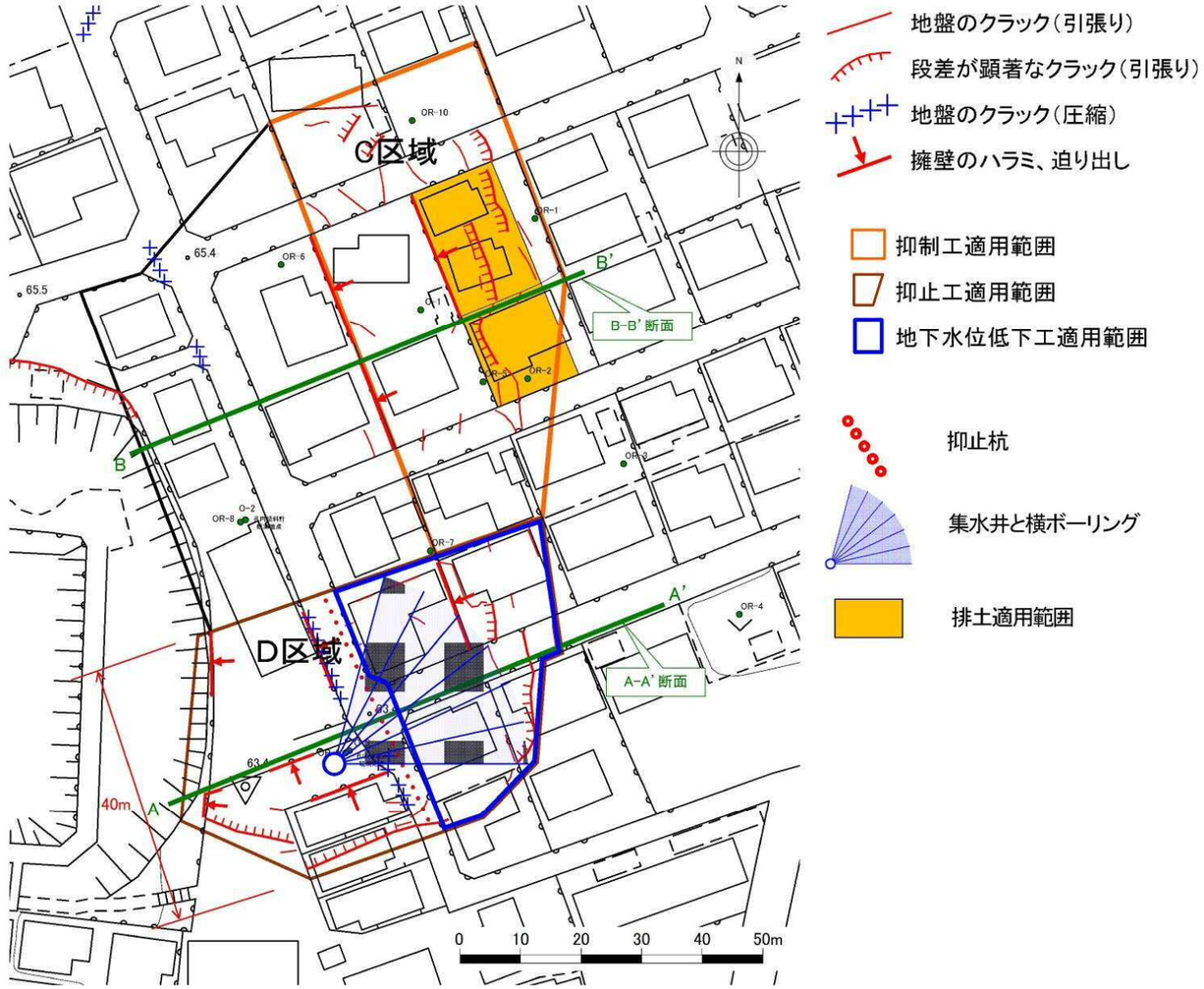
地盤浅部の地下水位を低下させることによって移動土塊中の地下水を排除し、これにより移動土塊の滑動力を低減する。

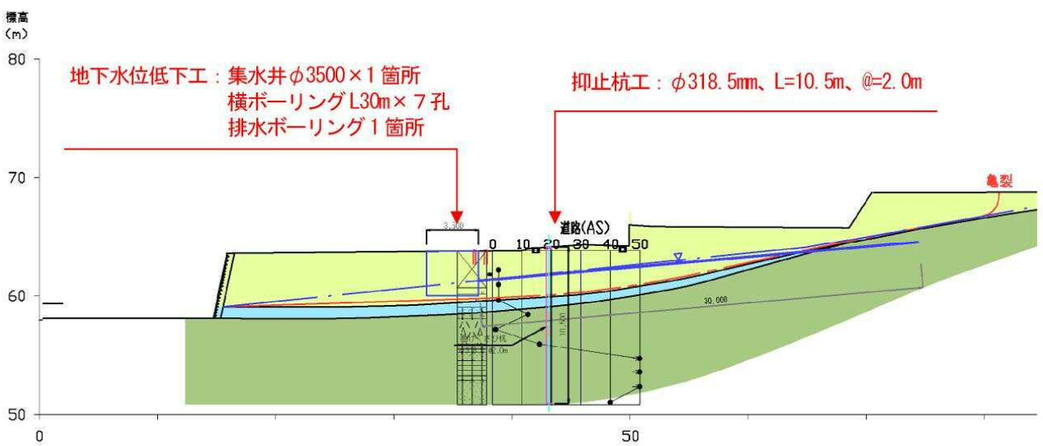
但し、計画安全率への寄与は＋０．０５%までとする。

【計画安全率】

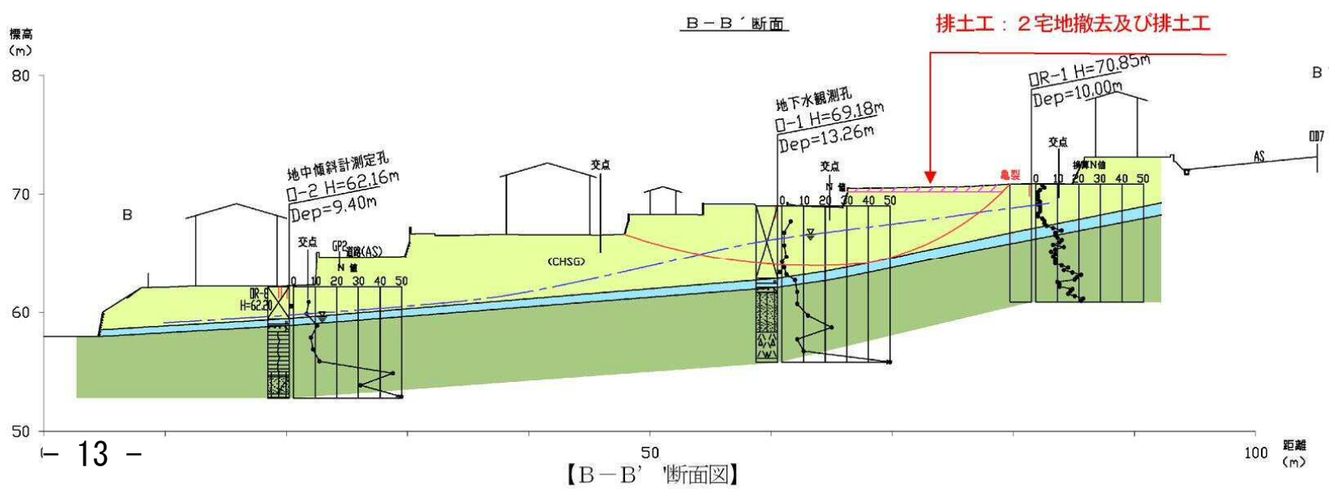
常　時：Ｆｓ＝１．２

地震時：Ｆｓ＝１．０



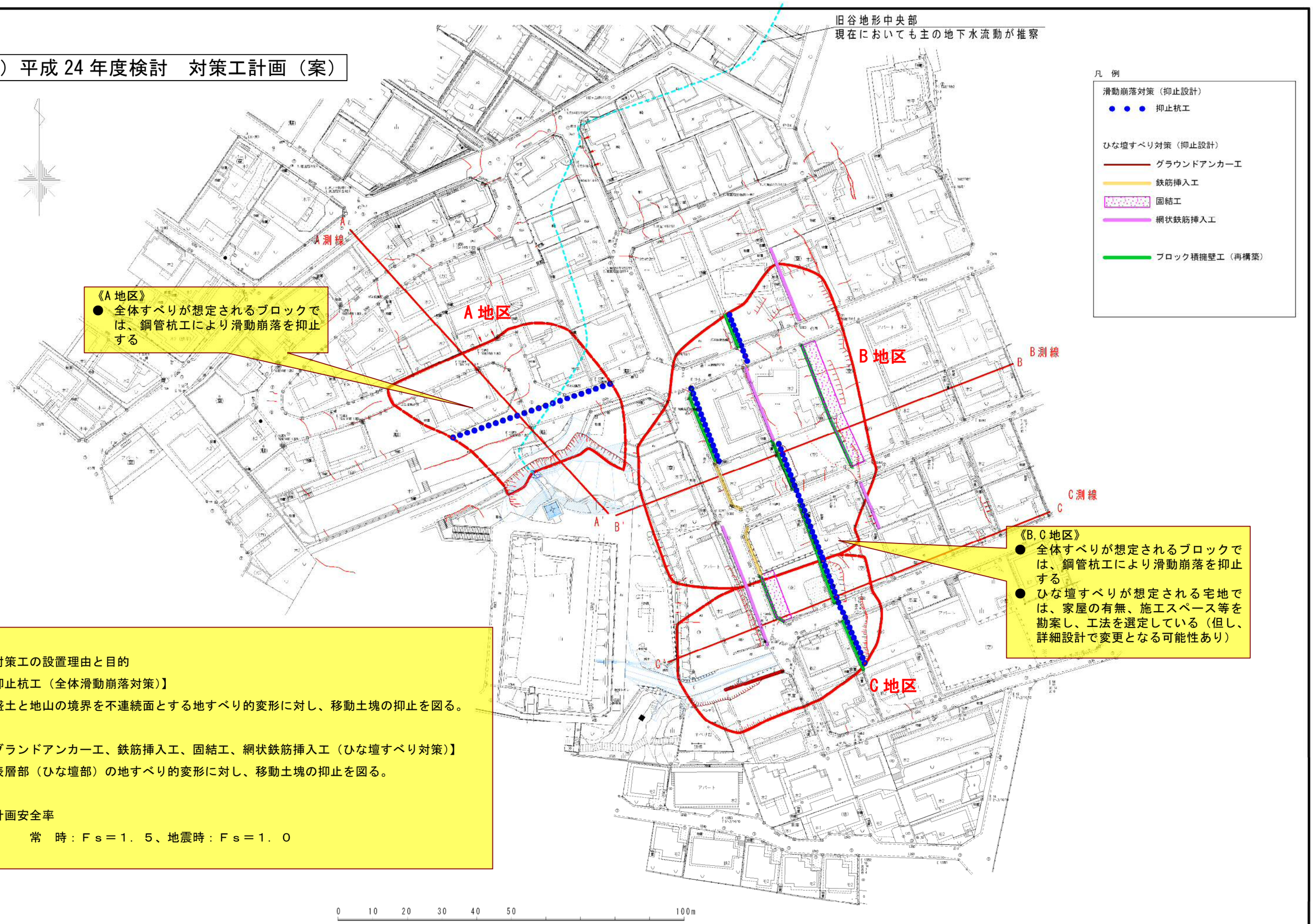


【Ａ－Ａ’断面図】



【Ｂ－Ｂ’断面図】

（２）平成 24 年度検討　対策工計画（案）



■対策工の設置理由と目的

【抑止杭工（全体滑動崩落対策）】

盛土と地山の境界を不連続面とする地すべり的変形に対し、移動土塊の抑止を図る。

【グランドアンカー工、鉄筋挿入工、固結工、網状鉄筋挿入工（ひな壇すべり対策）】

表層部（ひな壇部）の地すべり的変形に対し、移動土塊の抑止を図る。

■計画安全率

常　時：Ｆｓ＝１．５、地震時：Ｆｓ＝１．０

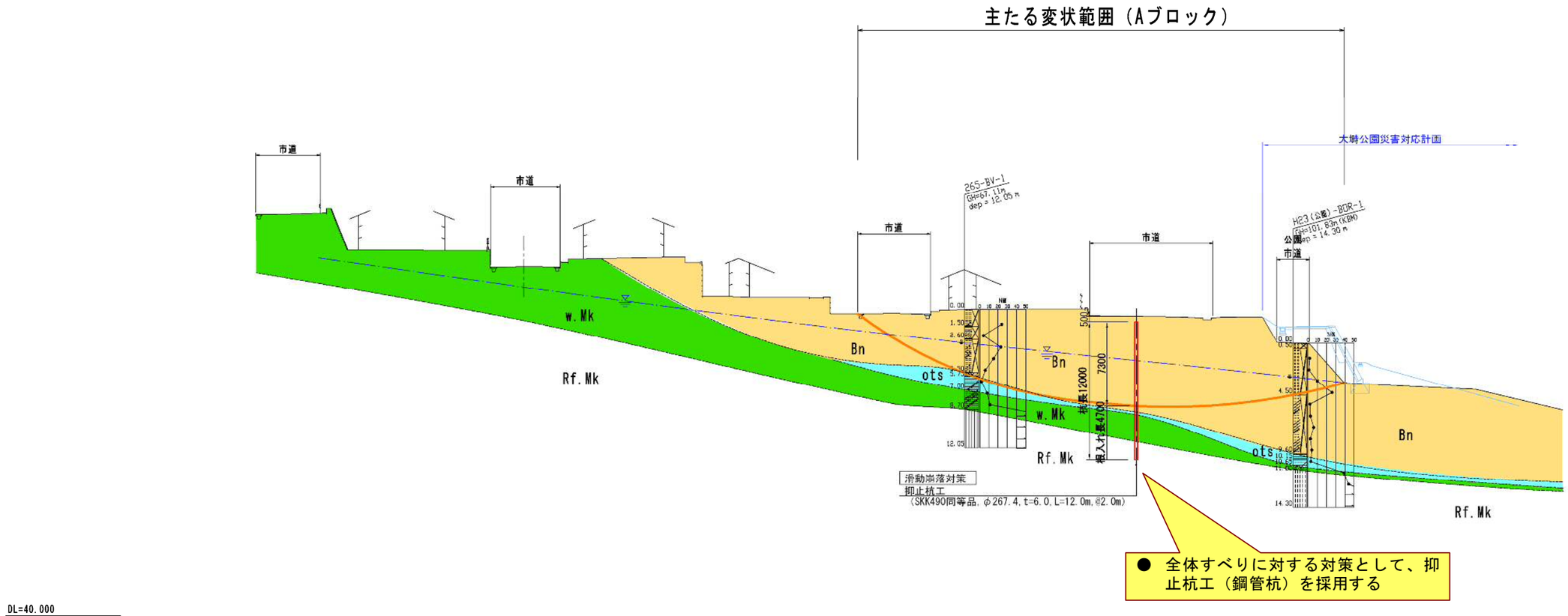
※この対策工計画は案であり、今後の検討により見直しが行われる場合があります。

標 準 断 面 図（1）

S=1/200

265_大塘町　Aブロック

A測線（A-A'）



※測量の基準
標高値：３級基準点成果
H18GP309 h=69.574mより

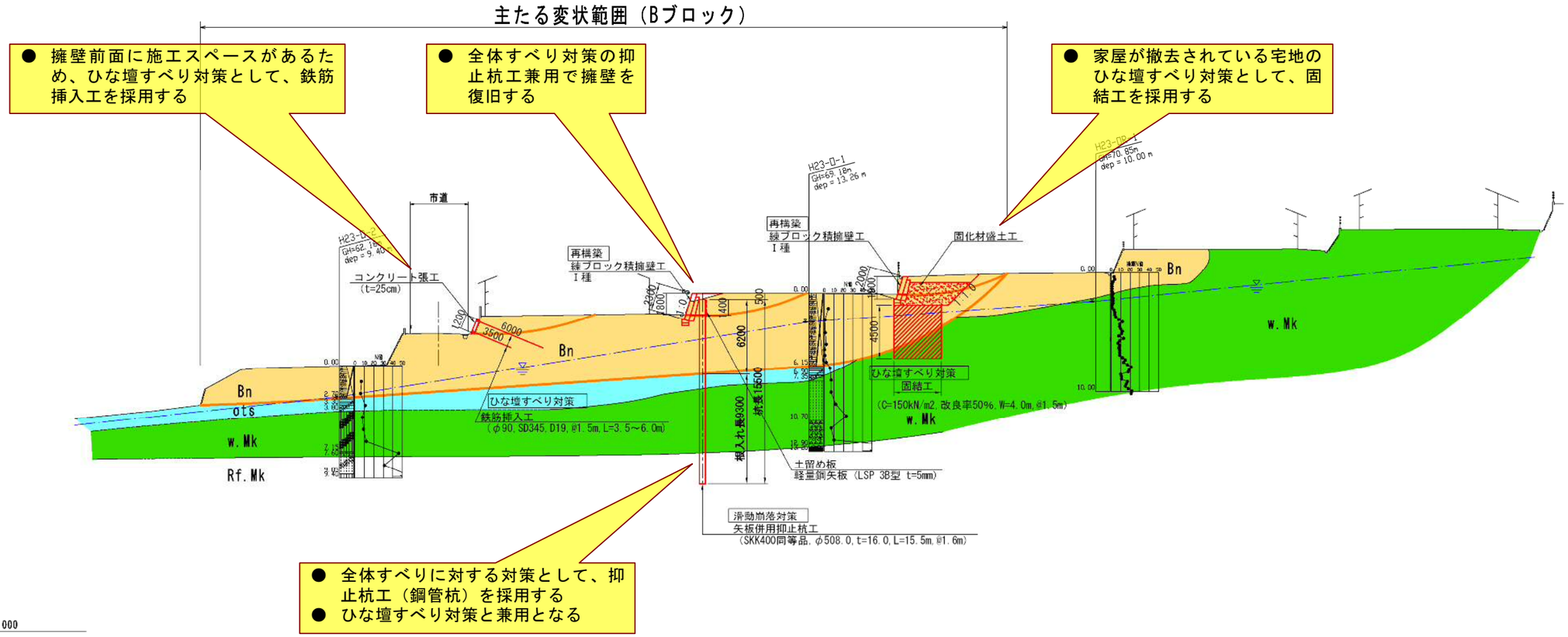
※この対策工計画は案であり、今後の検討により見直しが行われる場合があります。

標 準 断 面 図（2）

S=1/200

265_大塘町　Bブロック

B測線（B-B'）



※測量の基準
標高値：３級基準点成果
H18GP309 h=69.574mより

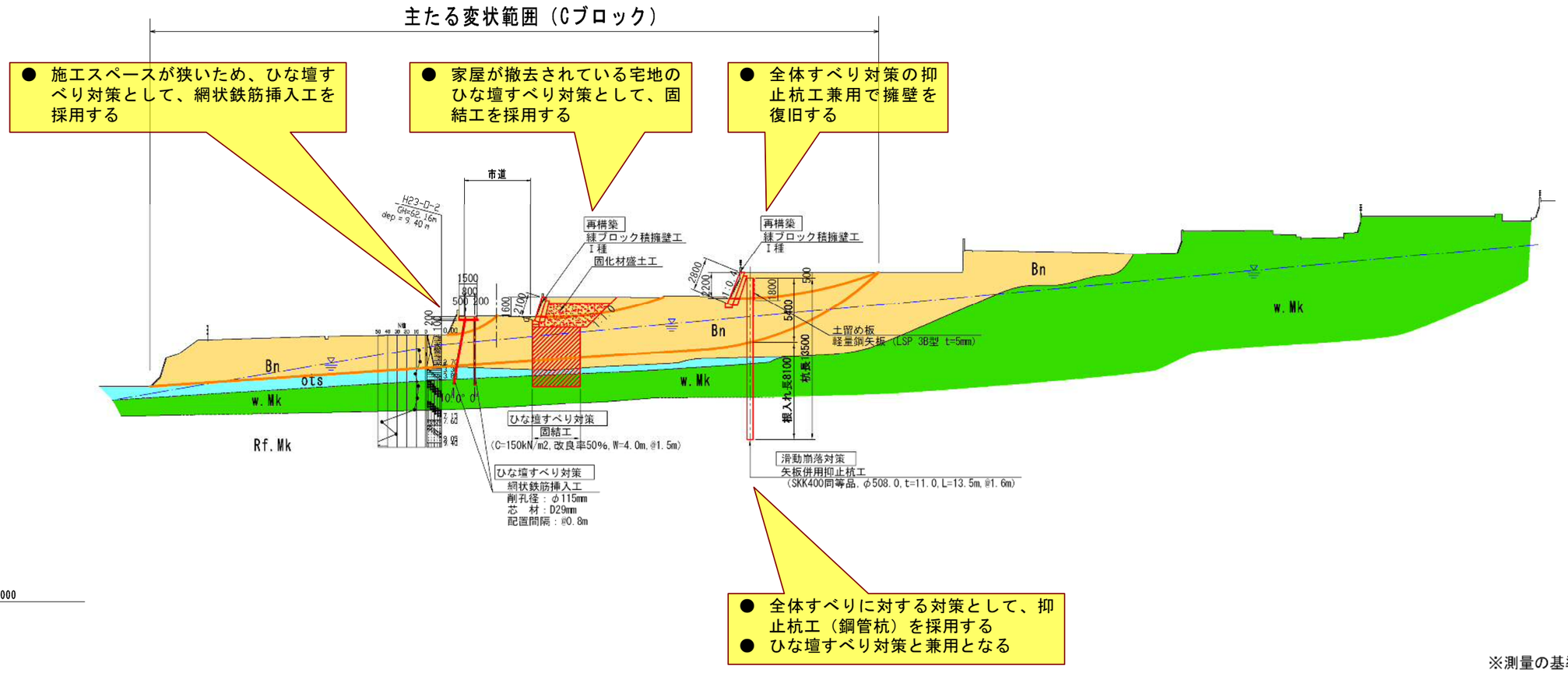
※この対策工計画は案であり、今後の検討により見直しが行われる場合があります。

標 準 断 面 図（3）

S=1/200

265_大塘町　Cブロック

C測線（C-C'）



※測量の基準
標高値：３級基準点成果
H18GP309 h=69.574mより

※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。