第 10 回技術専門委員会

平成 24 年 8 月 31 日

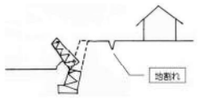
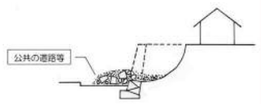
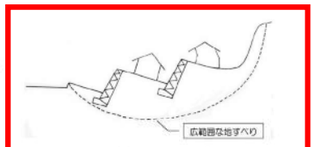
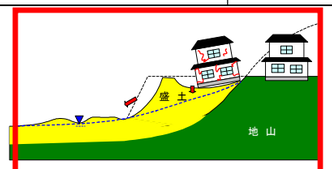
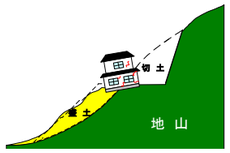
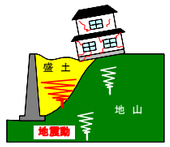
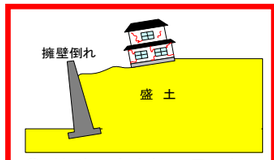
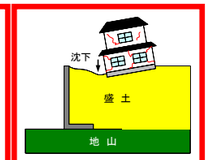
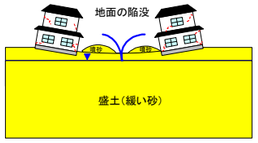
資料 1―3

「中山一丁目・滝道地区」

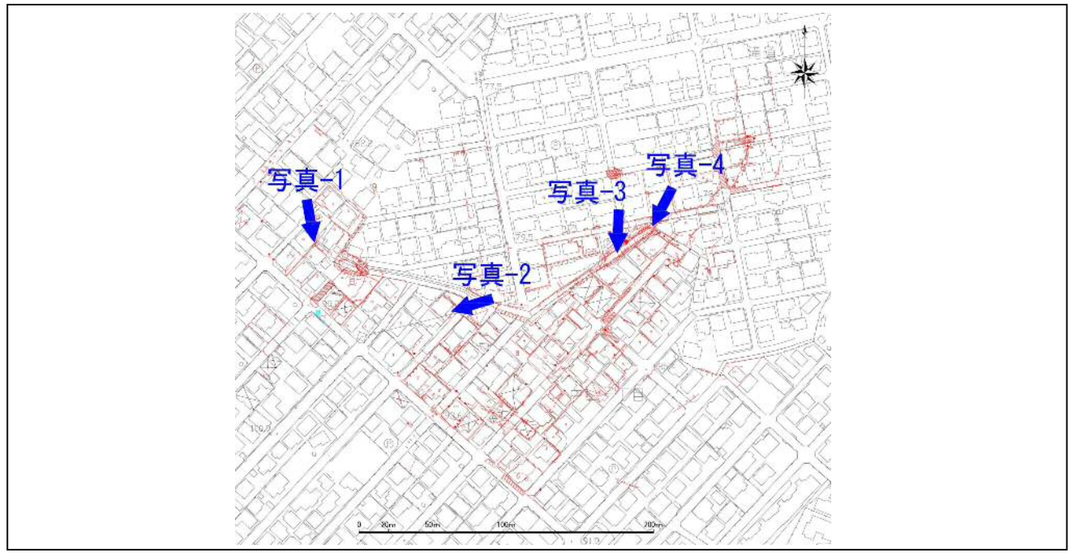
1．概要書

区　名	青葉区	地区名	中山１丁目第１	主な街区	中山１丁目 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24　中山５丁目 1, 2, 4　滝道 26, 35, 36, 46, 47

【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 39, 202m^2	宅地数	103 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）】



写真－１　　2011.4 撮影

写真－２　　2011.5 撮影

写真－３　　2011.4 撮影

写真－４　　2011.4 撮影

【位 置 図】

Yahoo!地図より引用・加筆

２．追加調査事項

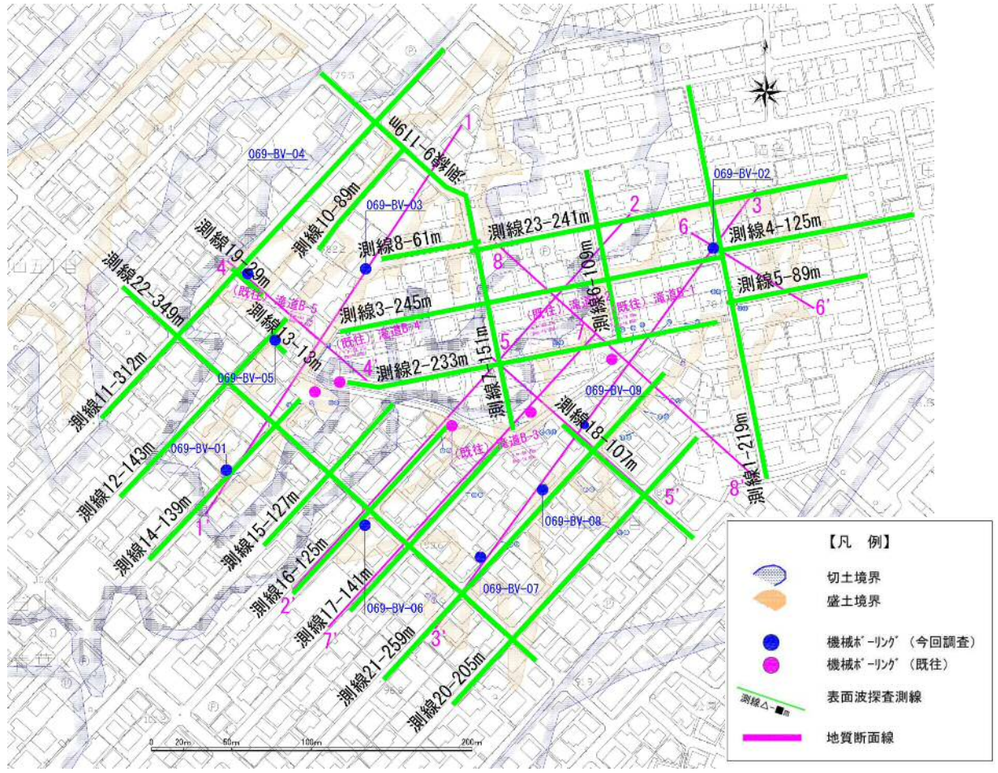
調査項目一覧

H24 年度 調査項目	調査位置、孔番号	調査目的
現地踏査	一式	現地調査や聞込み調査により変状状況を把握し、調査方針の検討や 変状メカニズム検討の資料とする。
表面波探査	測線 1～測線 23	盛土層の緩み範囲及び切盛境界を推定するため、せん断波速度の平面・断面分布を把握する。地表面に生じた変状箇所を包括する、既設道路上にて縦横断方向に実施。
サウンディング	1 孔	地盤の締りの状況を把握する。人力で実施するために、機械ボーリングに比べ調査可能な深度は短いが、狭いスペースでも実施可能である。
機械ボーリング	9 孔、延べ 136．21m	主たる変状範囲の中央部においてボーリング調査を実施し、地質構成及び土質の物理・力学特性を補完する。
室内土質試験	13 試料	室内土質試験(物理試験一式)を実施し、盛土層を主とした地盤の物理特性を補完する。

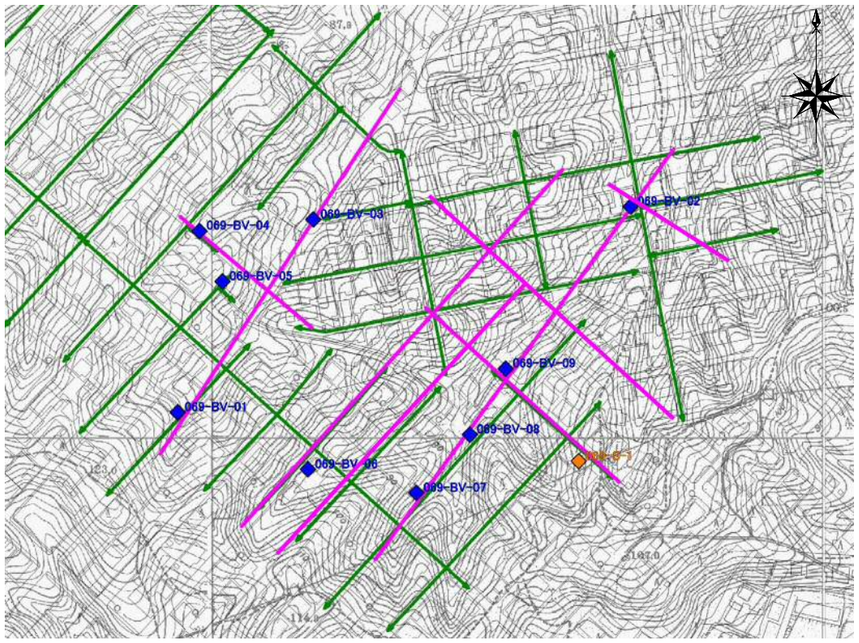
作業イメージ

表面波探査	ラムサウンディング調査	機械ボーリング

調査等位置図



旧地形図



３. 被災状況概要

■平成２３年度と平成２４年度との違い

平成２３年度は中山１丁目・５丁目と滝道の境界に分布する8m程度の急傾斜地（がけ地）を中心とした著しい変状（崩壊・円弧すべり）や擁壁のはらみだし・水平移動がみられた。それらを主たる滑動範囲と捉え、調査・検討を進めた。このため急傾斜地（がけ地）周辺の限られた範囲を対象にしていた。

平成２４年度では広い範囲を対象にして、表面波探査測線及びボーリング調査などを実施した。その結果、急傾斜地（がけ地）を中心にした主たる滑動範囲の背後にも滑動域があることが判明した。当地区は西側に地山が確認されたことからそれを境にして西側ブロックと東側ブロックの二つのブロックに区分される。

これらの二つのブロックについて左側に示す。

西側ブロック（1-1‘断面）概要

西側ブロックは斜面末端の擁壁箇所ですべり崩壊が生じ、現在は切土+ふとんかご工の応急対策が施工されている。崩壊箇所では、地山が斜面尻付近に浅く分布することから、崩壊は擁壁頭部から斜面尻に抜けるような形状となっている。

この崩壊箇所背後には開口クラックや道路の段差等の変状が発生し、側溝のズレなども確認できる。変状範囲は沢地形に一致している。変状の連続から上部と下部の２つのブロックに分けられ、変状の頭部は斜面尻から約 90m まで及んでいる。

ボーリング結果から、斜面尻から約 8°の勾配で連続する盛土と地山の境界が確認された。このことから、斜面尻部で生じた崩壊により、盛土と地山の境界部をすべり面とするすべりが拡大したものと考えられる。また、ひな壇全体が面的に滑動したことを示すような変状が認められないことからひな壇すべりは発生していないと判断する。

東側ブロック（5-5‘～8-8’）概要

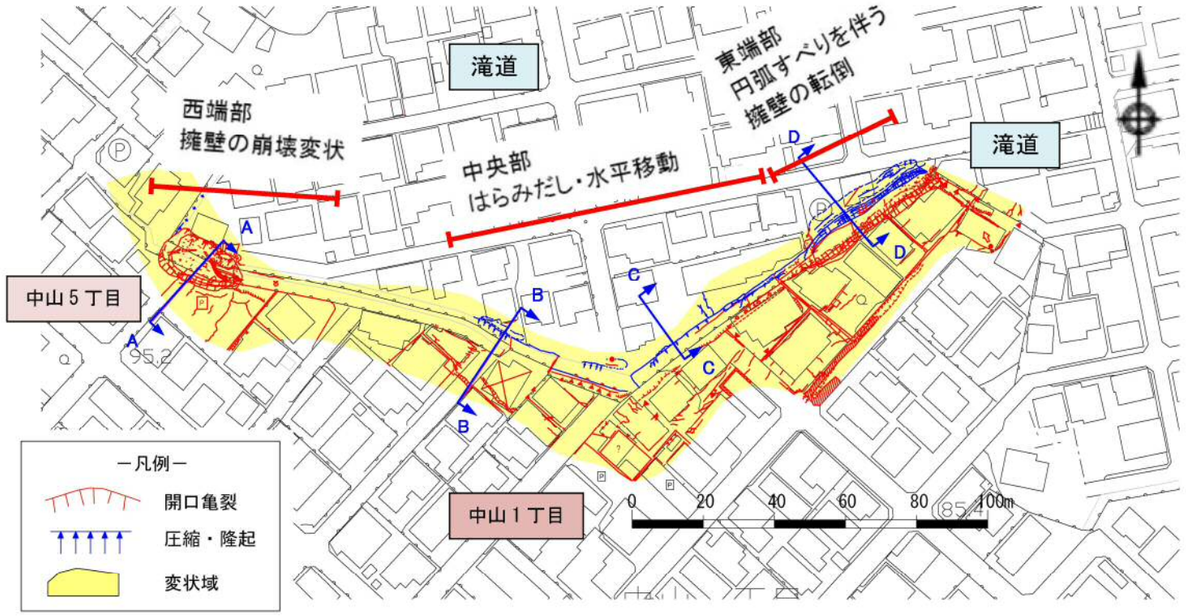
東側ブロックは、斜面末端の擁壁箇所とその背後で変状が生じている。

擁壁箇所の東側部（8-8‘断面）は、斜面末端部ですべり破壊が生じ、末端の隆起や擁壁の背後への転倒が見られる。このことから、この箇所では擁壁基礎下部を通るすべり破壊が生じたものと考えられる。中央部（5-5’断面）～西側部（7-7’断面）は、ブロック積擁壁のハラミ出し、基礎の押出し、それに伴う前面宅地での圧縮変位や盛上りが生じているが、東側部（8-8‘断面）のように完全に崩壊にまでは至っていない。

これら地区では、擁壁の変状に伴い背後宅地にも開口クラックや道路の沈下等の変状が生じている。その変状は、中央部（5-5’断面）で擁壁から約 50m、東側部（8-8‘断面）で擁壁からで約 30mとなっている。

西側部（7-7‘断面）では、擁壁から 20m 背面に開口クラックや段差が見られ、更にこの背後に変状が生じている（約 100m）。この背後のブロックの変状域は、前記した東側部（8-8‘断面）～中央部（5-5’断面）背面の変状域まで連続し、この部分の変状も変状拡大の一因になっていると考えられる。当地区の盛土厚は 10mを超える厚さがあるが、すべり線は盛土上部の緩んだゾーン（N 値 3 程度で、V s =180～200m/sec）と考えられる。また、ひな壇全体が面的に滑動したことを示すような変状が認められないことからひな壇すべりは発生していないと判断する。

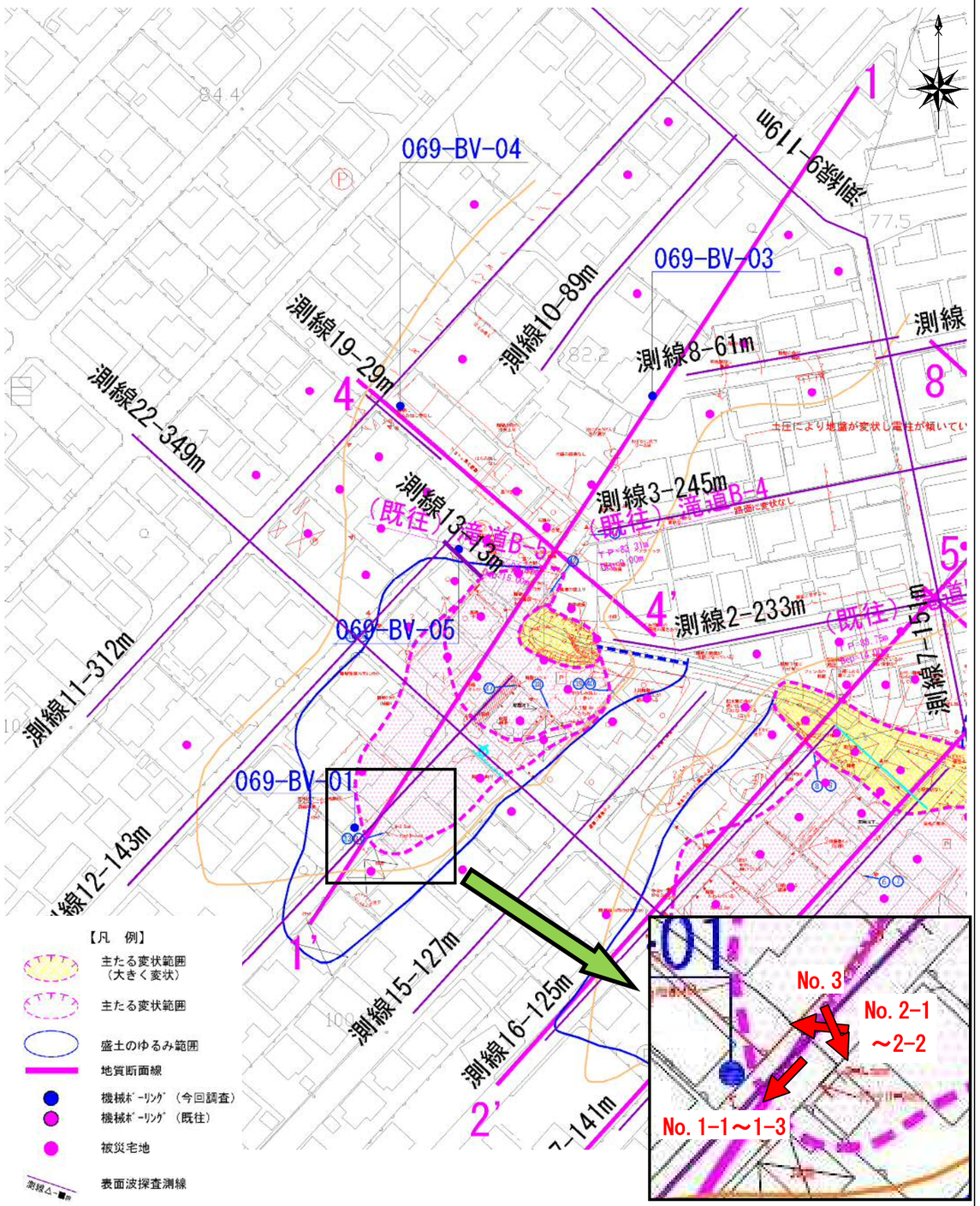
◆平成 23 年度　検討平面図



◆平成 24 年度　検討平面図

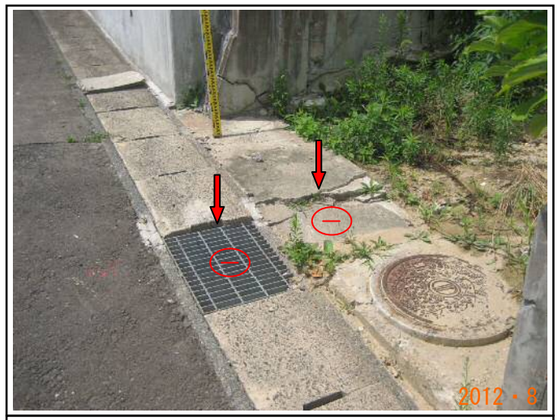
被災状況概要

【写真撮影位置図（西側地区）1/2】



【被災変状状況写真】

No. 1-1：道路にみられる段差

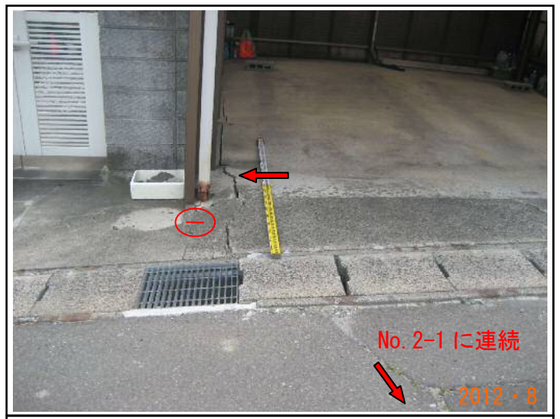


No. 1-2：側溝とｺﾝｸﾘｰﾄに段差を伴うｸﾗｯｸ

No. 1-3：側溝の傾きと開き

No. 2-1：駐車場のｸﾗｯｸ（ﾌﾞﾙｰｼｰﾄ養生）

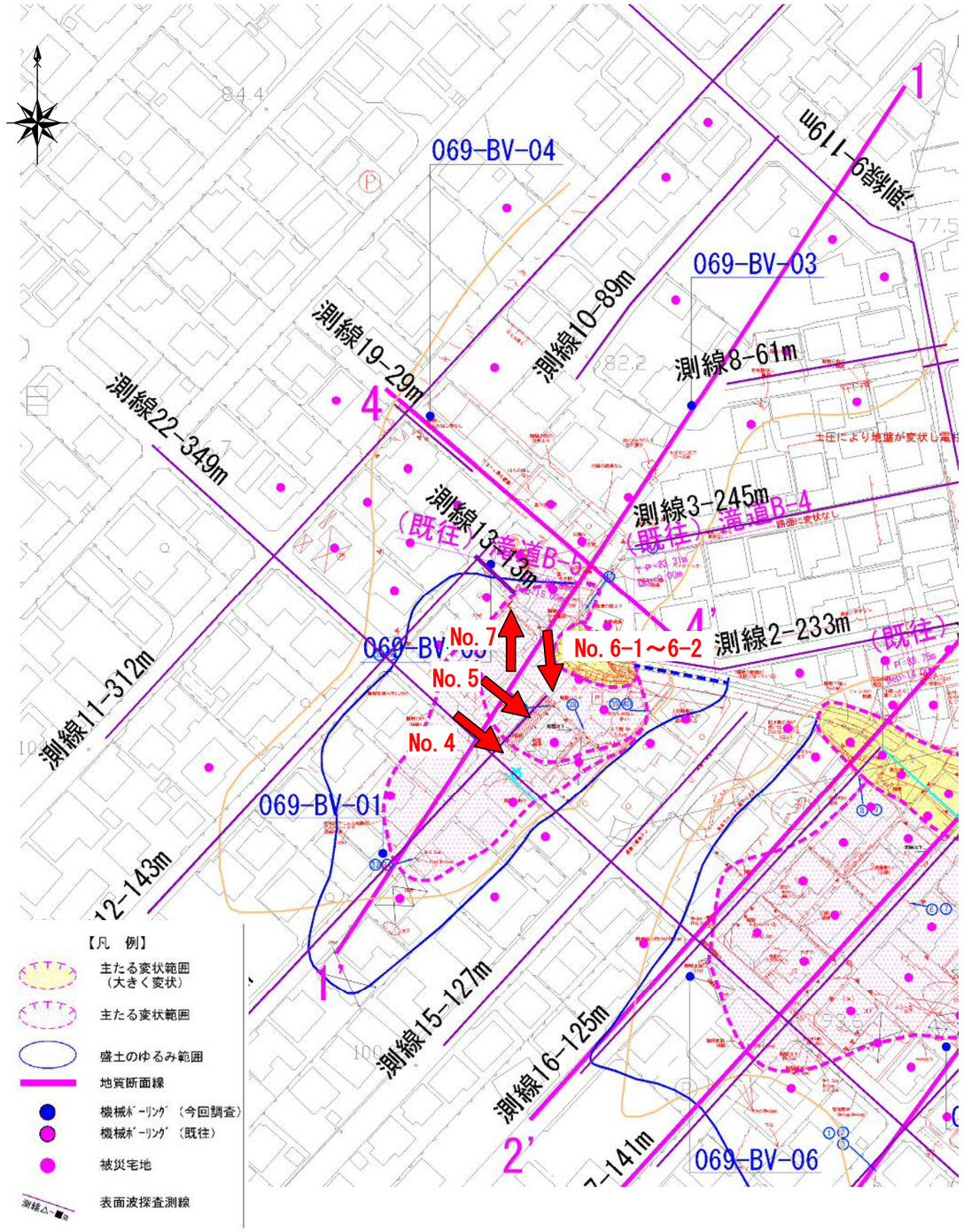
No. 2-2：2-1 部拡大（W=2cm, H=1cm）



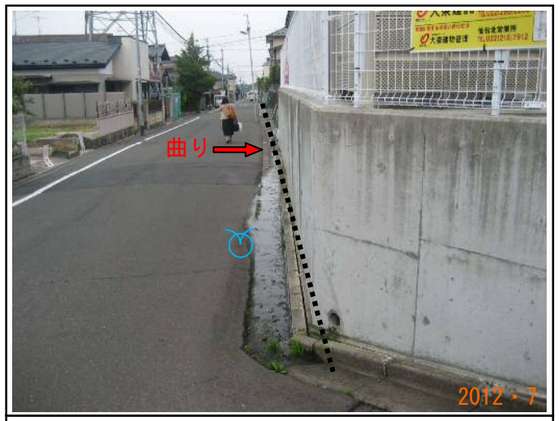
No. 3：駐車場のｸﾗｯｸ（W=4.5cm, H=1cm）

被災状況概要

【写真撮影位置図（西側地区）2/2】



【被災変状状況写真】



No. 4:側溝の曲りと擁壁基礎からの湧水

No. 5:塀・擁壁に見られるｸﾗｯｸが家を横断して連続する

No. 6-1:ﾌﾞﾛｯｸ擁壁の変状(補修済)と段差(矢印)

No. 6-2:No. 6-1 補修前

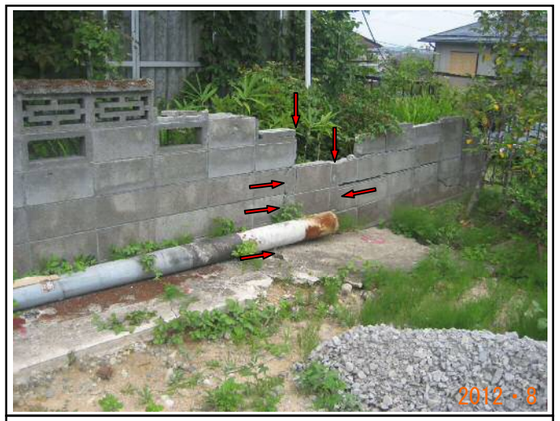
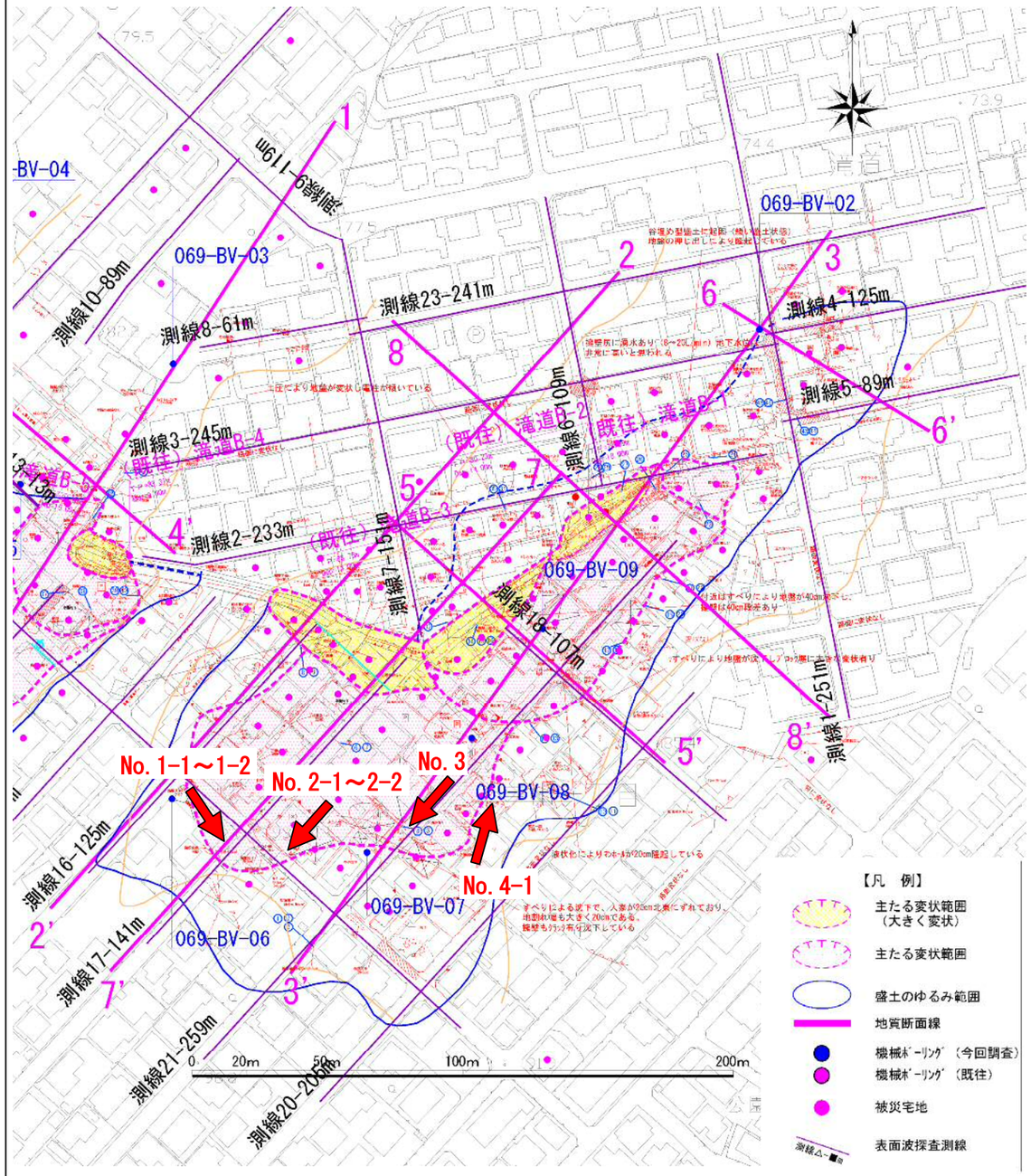


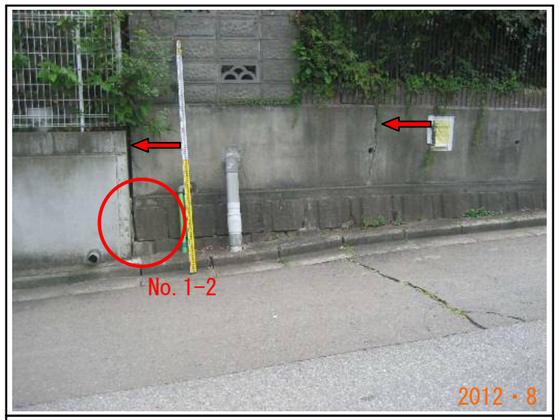
写真 No. 7:ﾌﾞﾛｯｸ塀及び土台ｺﾝｸﾘｰﾄのｸﾗｯｸ

被災状況概要

【写真撮影位置図（東側地区）1/2】



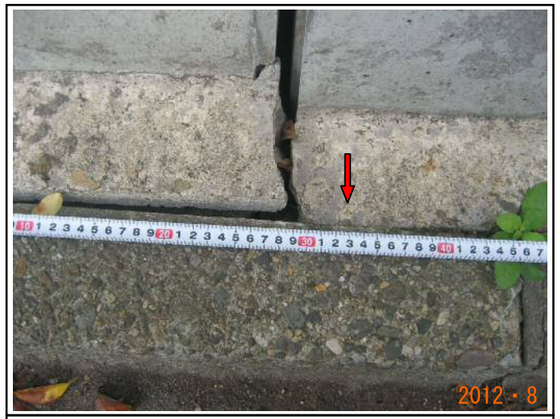
【被災変状状況写真】



No. 1-1:ﾌﾞﾛｯｸ塀及び擁壁に見られるｸﾗｯｸ

No. 1-2:1-1 部拡大 4cm 幅で開口

No. 2-1:擁壁の変状(W=1.5cm,H=2cm)



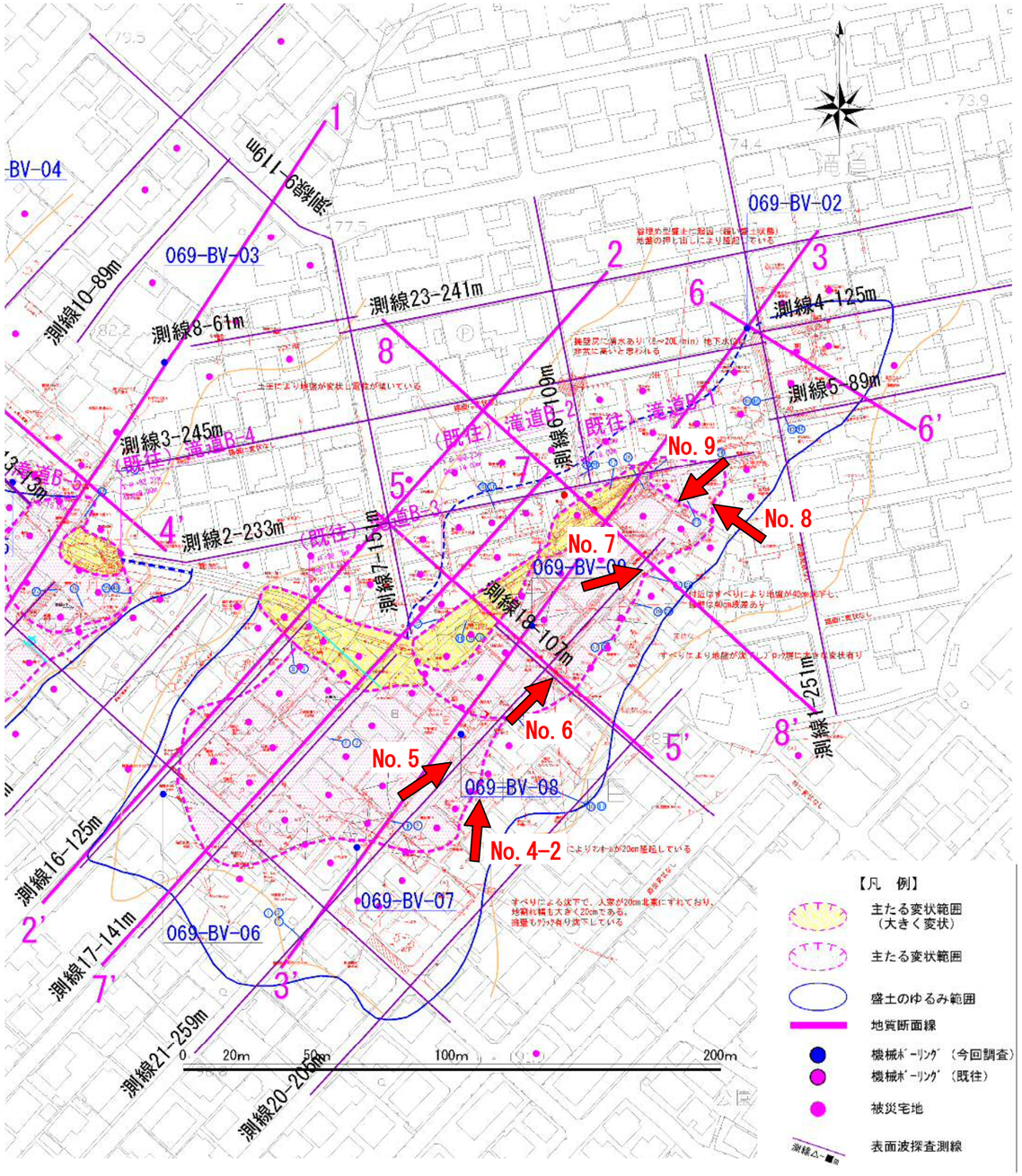
No. 2-2:基礎部に見られるｽﾞﾚ(S=0.5cm)

No. 3:道路及び側溝に見られる段差

No. 4-1:家屋の傾き

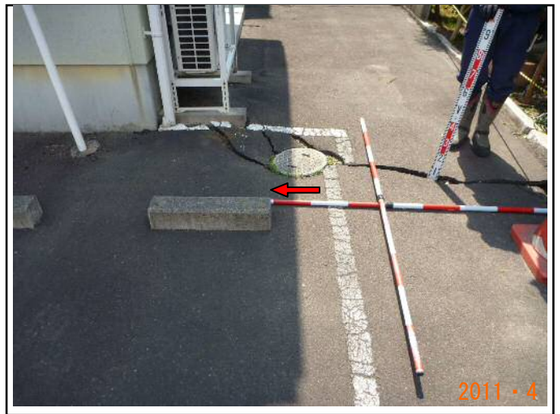
被災状況概要

【写真撮影位置図（東側地区）2/2】



【被災変状状況写真】

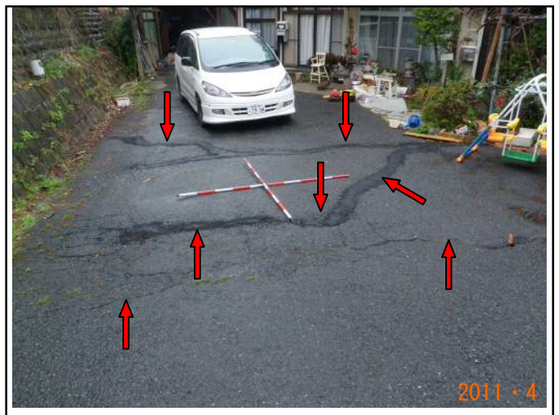
No. 4-2:土間に見られる開口ｸﾗｯｸ



No. 5:ｽﾞﾚを伴うｸﾗｯｸ(白線ｽﾞﾚ S=11cm)

No. 6:ｱﾊﾟｰﾄ土台ｺﾝｸﾘｰﾄのｸﾗｯｸ

No. 7:宅地ﾌﾞﾛｯｸ塀・擁壁のｸﾗｯｸ



No. 8: ｱｽﾌｧﾙﾄのｸﾗｯｸ（一部補修済み）

No. 9:No. 8 ｸﾗｯｸから連続する擁壁のｸﾗｯｸ

4．変状メカニズム

平成 23 年度　検討内容

宅地被害の状況】

本地区は、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ものと考えられる。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	・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	・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	・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。

平成 24 年度　検討内容

【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、その背後の宅地にも開口亀裂や家屋の傾き等の被害が生じている（平面図参照）。擁壁背後の変状は、東側ブロックと西側ブロックに分けられ、これらブロック間にある切土区域（旧地形図や表面波探査で確認）では変状がほぼ見られない。　変状規模は、東側ブロックで、幅 120m、長さ 310m で、西側ブロックで、幅 60m、長さ 100mである。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みられ、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。

【造成盛土及び盛土分類】

本地区は、昭和 40～45 年に造成された場所であり、大部分が丘陵地を切土して谷部を埋め立てた谷埋め型盛土に分類される。

【盛土及び地下水の状況】

盛土材料は、主に砂質細粒土に分類され、盛土の層厚は 1～~~12.5~~13.5m 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~~平均で N=~~1～3~~4～5 であるが、深度 6m付近以浅で小さく、また西側ブロックや滝道地区盛土で小さい傾向にあり、平均で 1.5～2.5 となっている。東側ブロックでは、平均 3～5 である。

一方、表面波探査結果によれば、中山地区でのせん断波速度は、深度 4m 付以浅は Vs=180～200m/sec（N 値に換算して 5～7：道路橋示方書の式）となっている。

~~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、背後に拡大したと考えられる。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ものと考えられる。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たと考えられる。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。

	【東側地区】	【西側地区】
素因	・宅盤の地形傾斜は5°程度で、滝道地区との境界部には7m程度の比高の斜面（擁壁）がある。 ・10mを越える谷埋め盛土区域で、ボーリング結果では表層6m付近以浅、表面波探査結果では4m付近以浅でやや軟質 ・地下水位が高く擁壁尻では湧水が見られる	・宅盤の地形傾斜は6°程度と比較的急で、滝道地区との境界部には7～8m程度の比高の斜面（擁壁）がある。 ・谷埋め盛土地区で、基盤層は平均約8°の傾斜で分布し、斜面尻では基盤層が斜面尻付近に分布している。 ・地下水位が高く、一部湧水が見られる。
誘因	・最大震度 6 弱の強い地震動（仙台市青葉区、2011/3/11） ・継続時間の長い地震動	

⇩

変状発生	・地震動により擁壁基礎部付近に抜けるすべり変状が発生 ・擁壁の変状に伴い、背後宅地でのすべり変位を伴う変状が発生 ・すべりに伴い末端家屋でも盛上がりや圧縮に伴う変状が発生	・地震動により盛土と地山の境界部をすべり面とするすべりが発生 ・斜面下部側でのすべり変状発生に伴い、上部にまですべり変状が拡大

当地区の変状は。概ね次の通りの機構が推定される。

◆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・はらみだしが発生した。

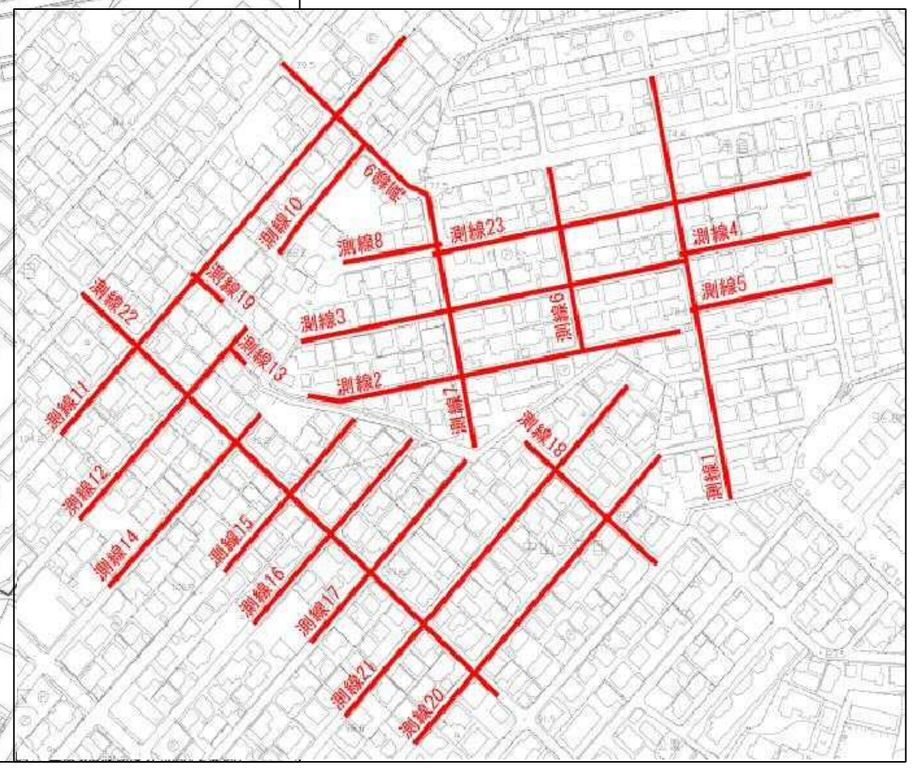
◆東側の擁壁においては、盛土内すべりを伴う擁壁の転倒が発生し、下方地盤が隆起し住宅が被災した。

◆これらの変状に伴い、東側地区では盛土の緩い部分を対象にして「盛土法面の不安定化によるすべり崩壊」・「地形的要因により崩壊までには至らない変形」、西側地区では盛土の緩い部分を対象にして「盛土法面の不安定化によるすべり崩壊」、盛土と地山の境界を対象にした「盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべり変形」が生じた。

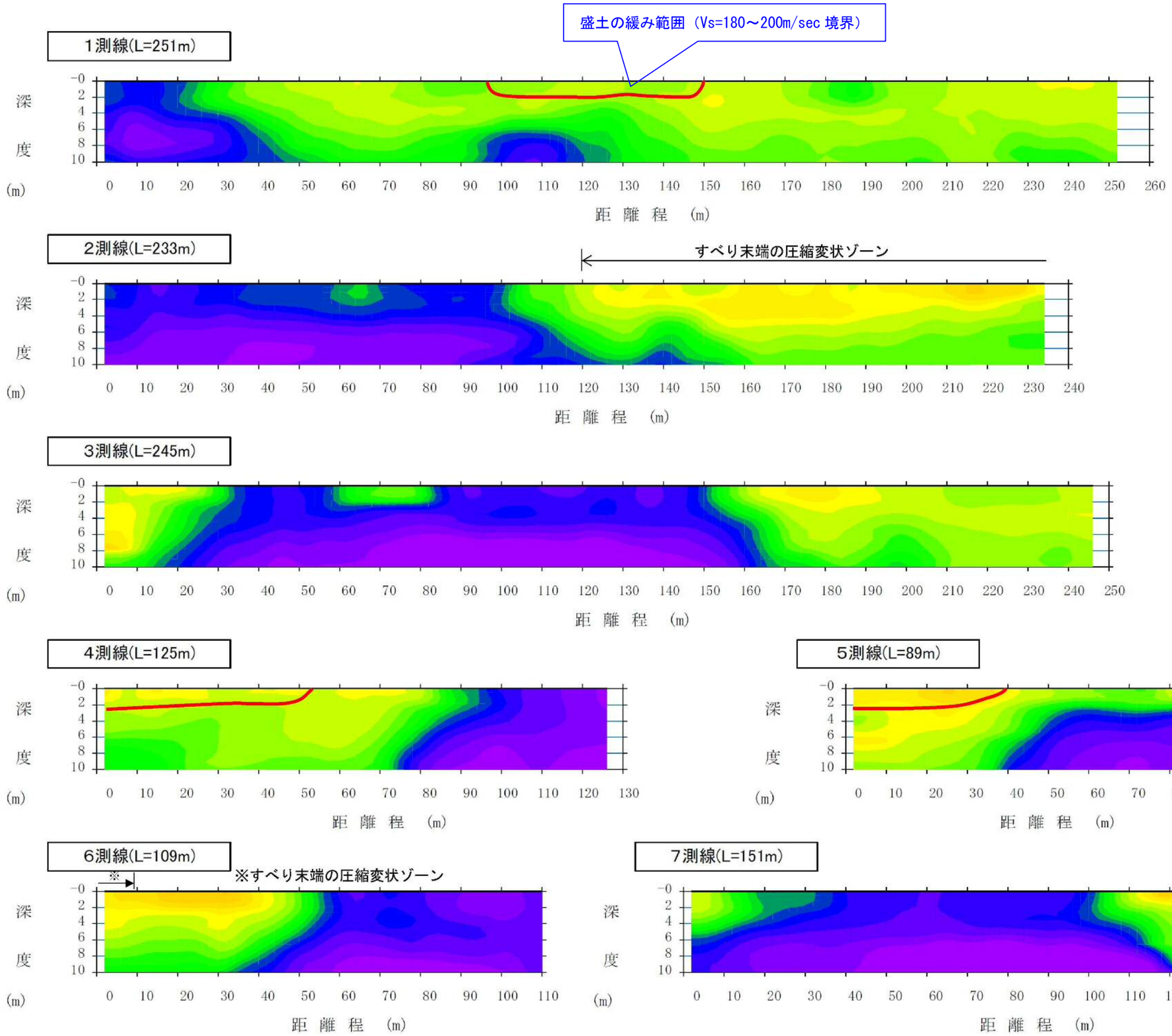
【速度層断面 平面配置図】

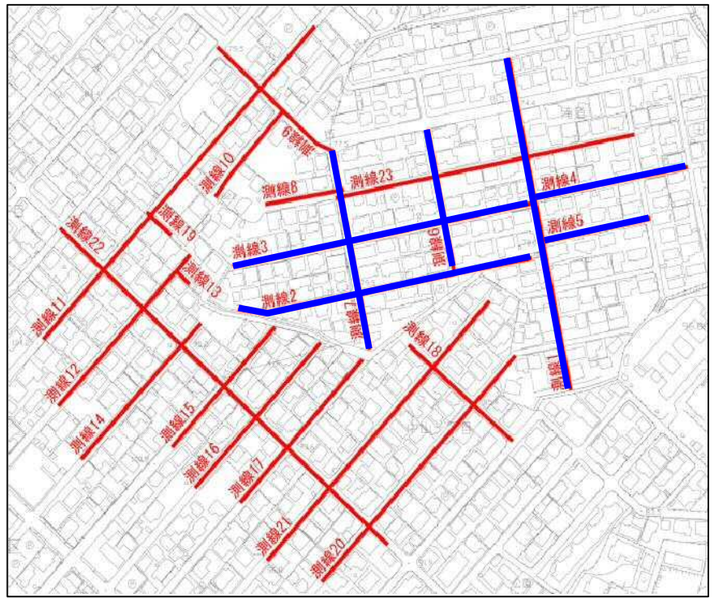
【凡　例】

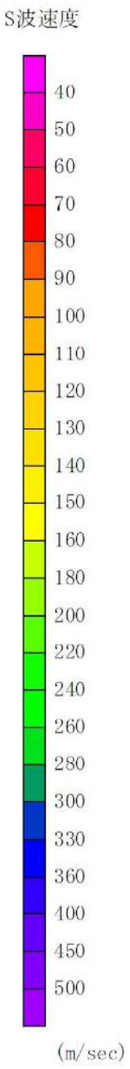
- 主たる変状範囲（大きく変状）
- 主たる変状範囲
- 盛土のゆるみ範囲
- 地質断面線
- 機械ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ（今回調査）
- 機械ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ（既往）
- 被災宅地

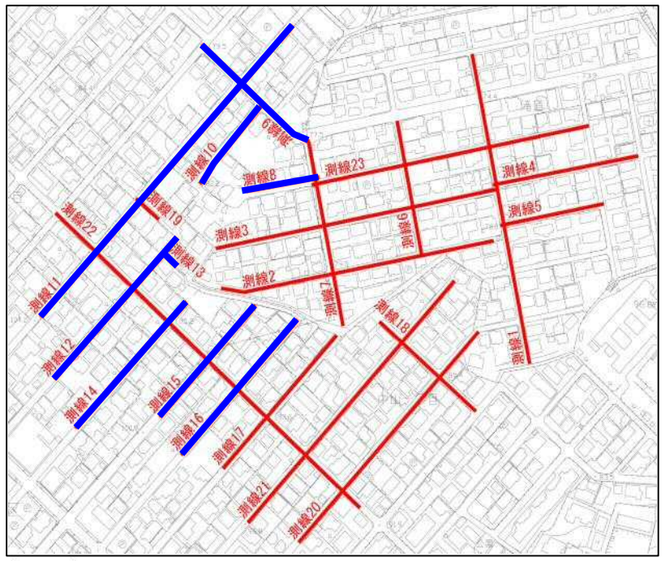


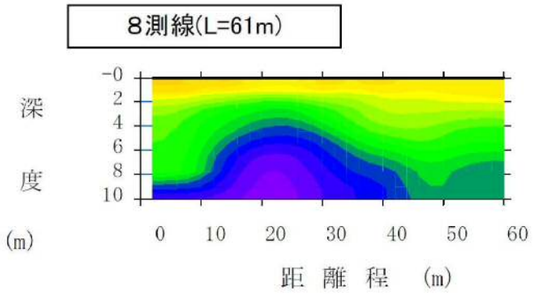
【表面波探査 速度層断面図】

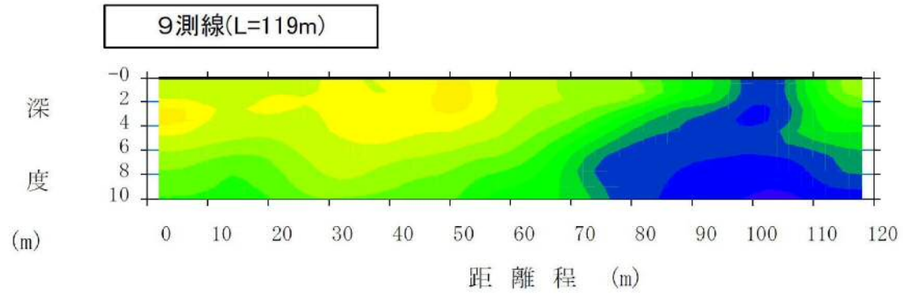


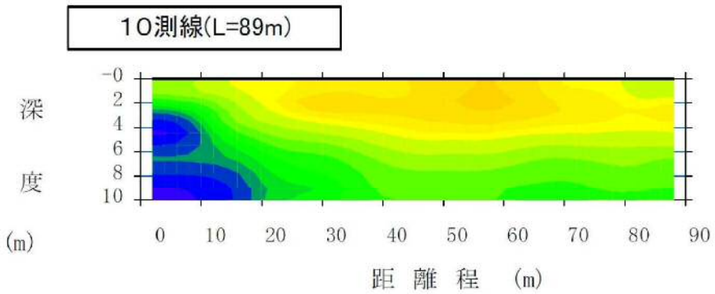


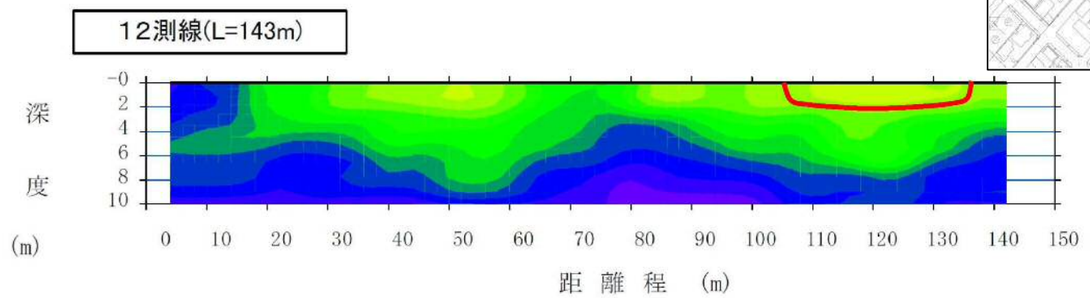


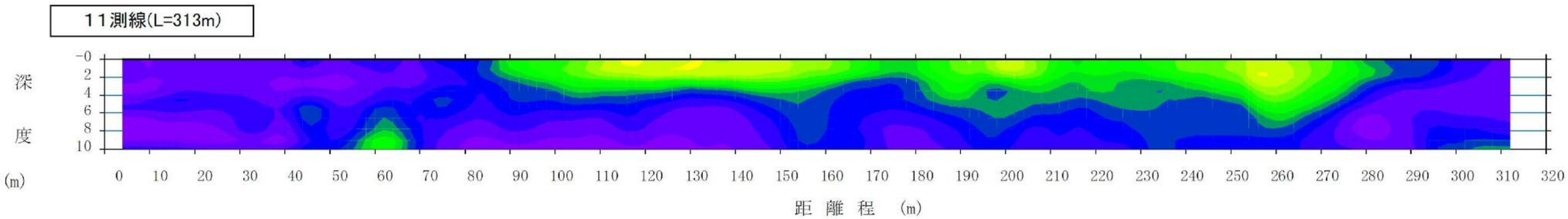


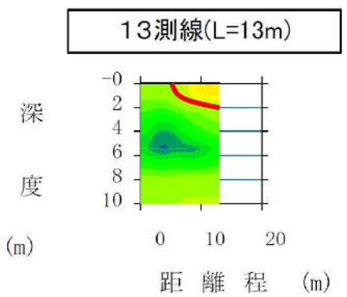


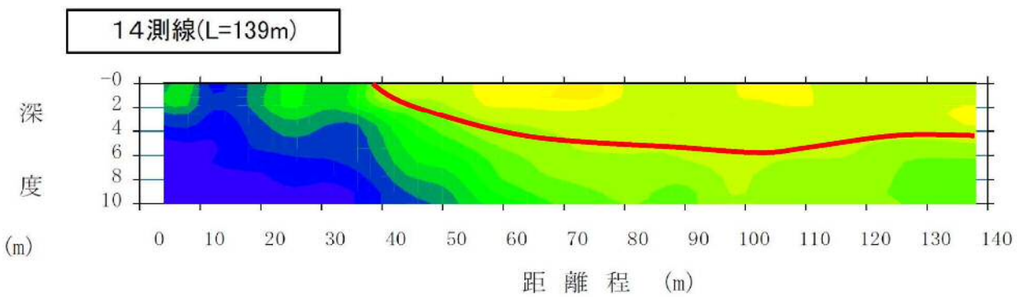


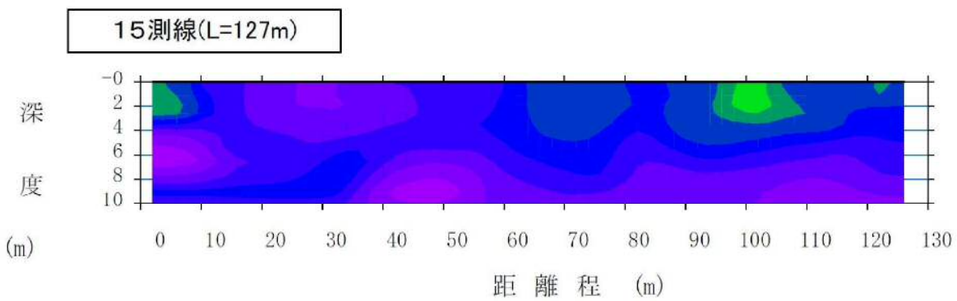


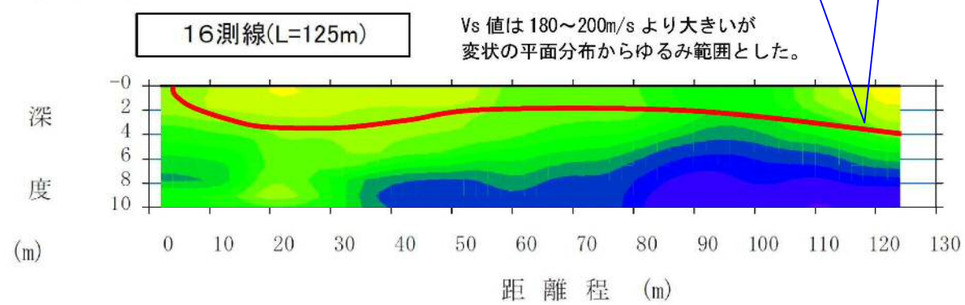






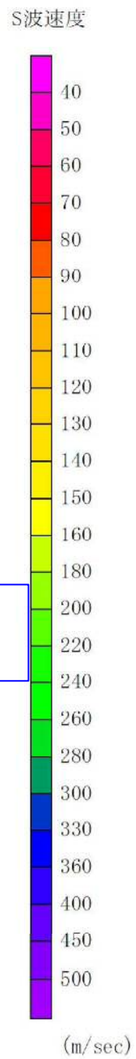


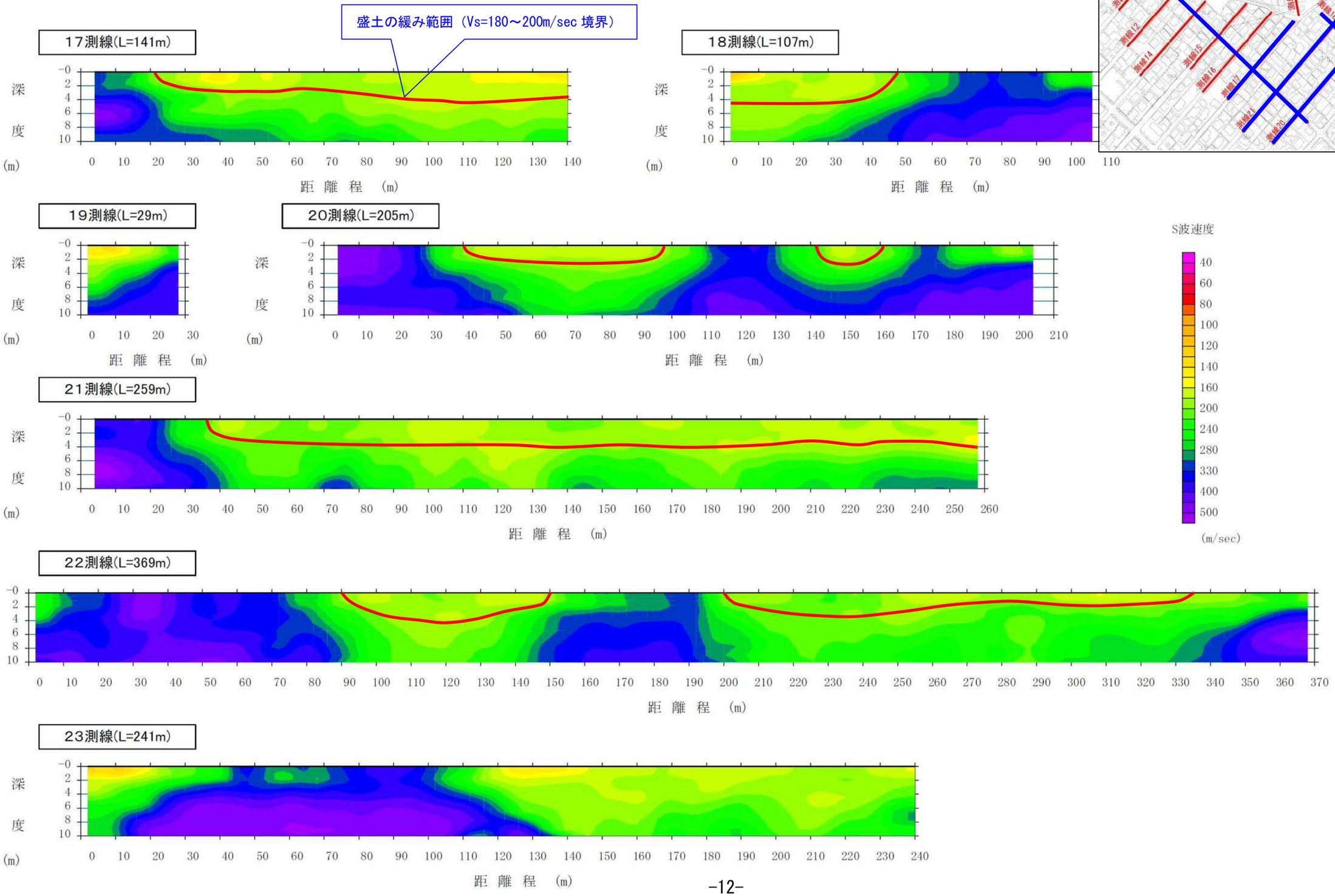




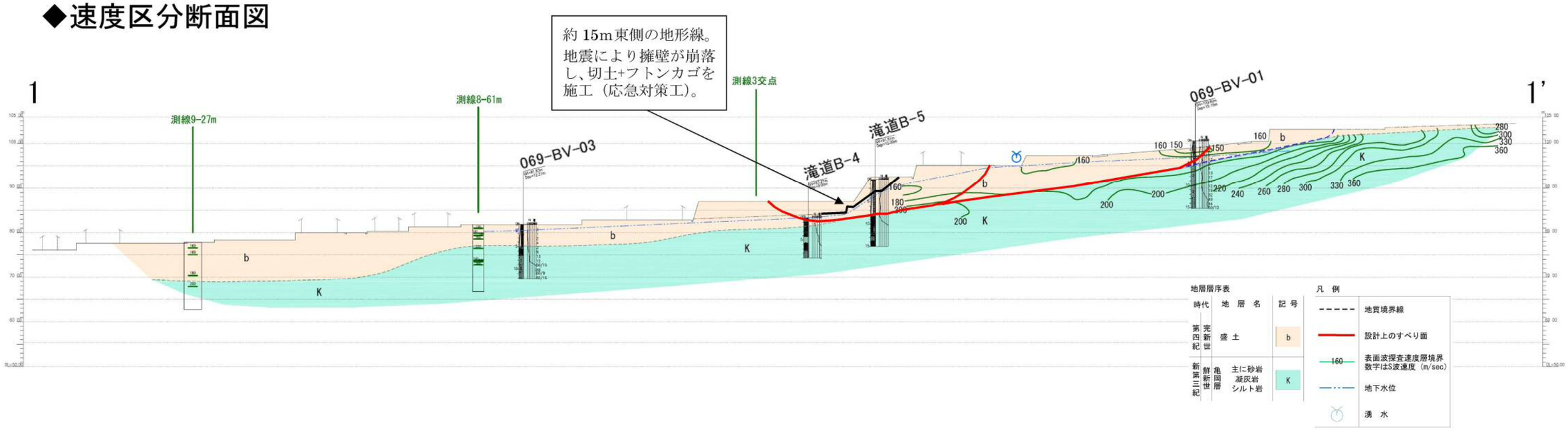
Vs 値は 180～200m/s より大きいが
変状の平面分布からゆるみ範囲とした。

盛土の緩み範囲
(Vs=180～200m/sec 境界)




盛土の緩み範囲（Vs=180～200m/sec 境界）
17測線(L=141m)
18測線(L=107m)
19測線(L=29m)
20測線(L=205m)
21測線(L=259m)
22測線(L=369m)
23測線(L=241m)
深度 (m)
距離程 (m)
S波速度
(m/sec)

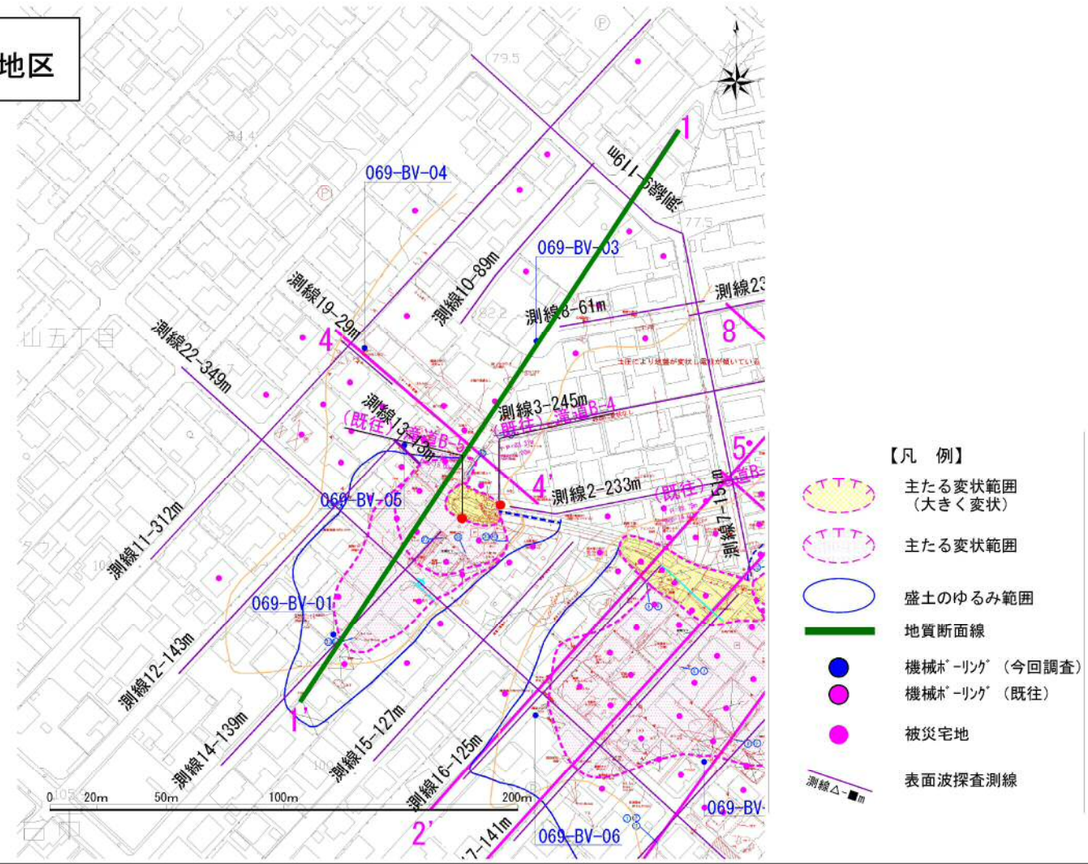
◆速度区分断面図



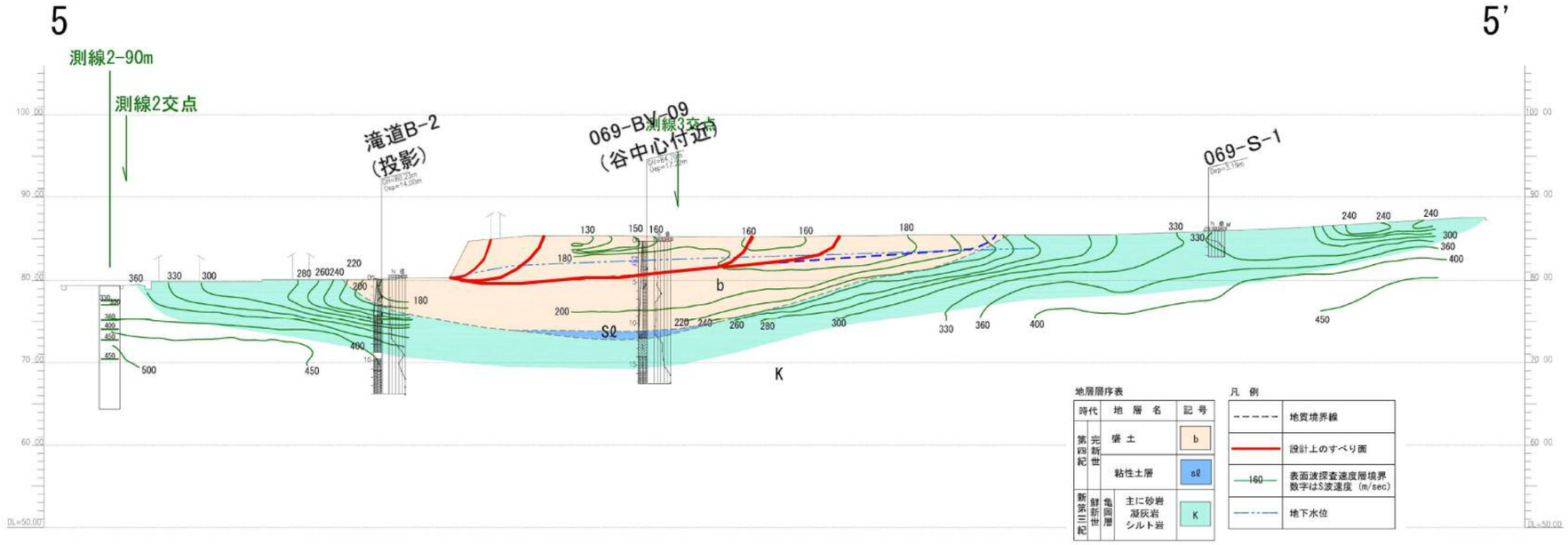
◆平成 23 年度　検討平面図

◆平成 24 年度　検討平面図

西側地区

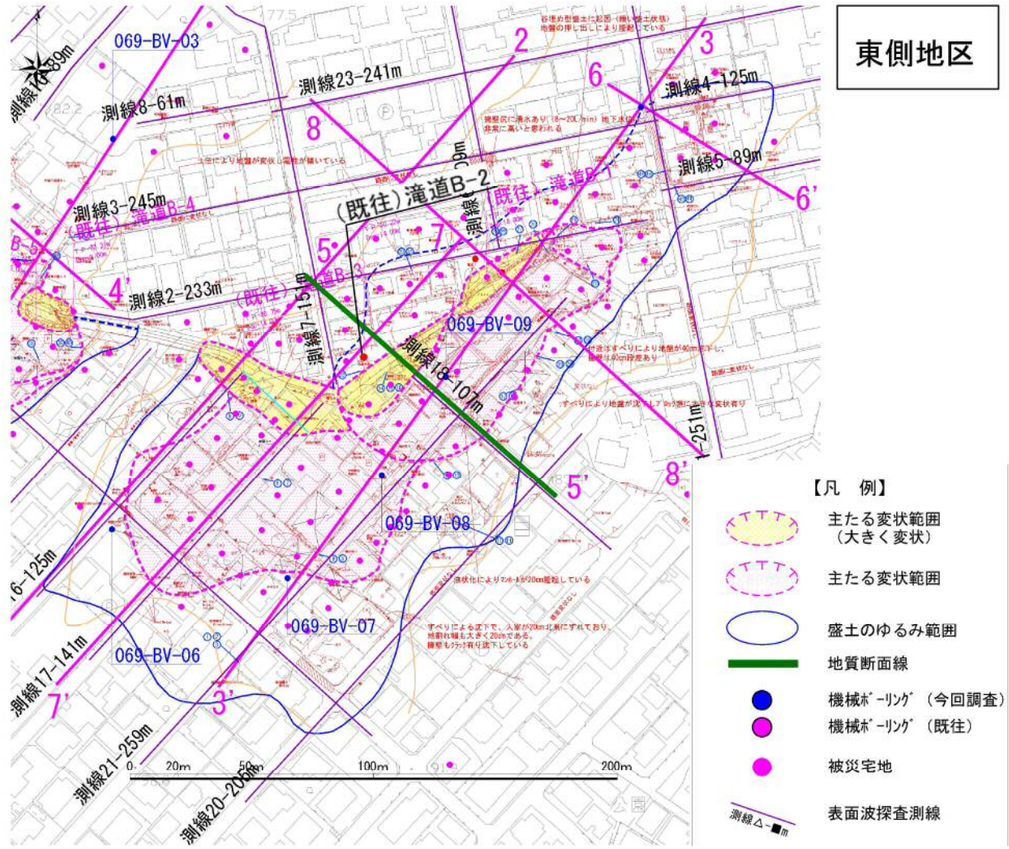


◆速度区分断面図

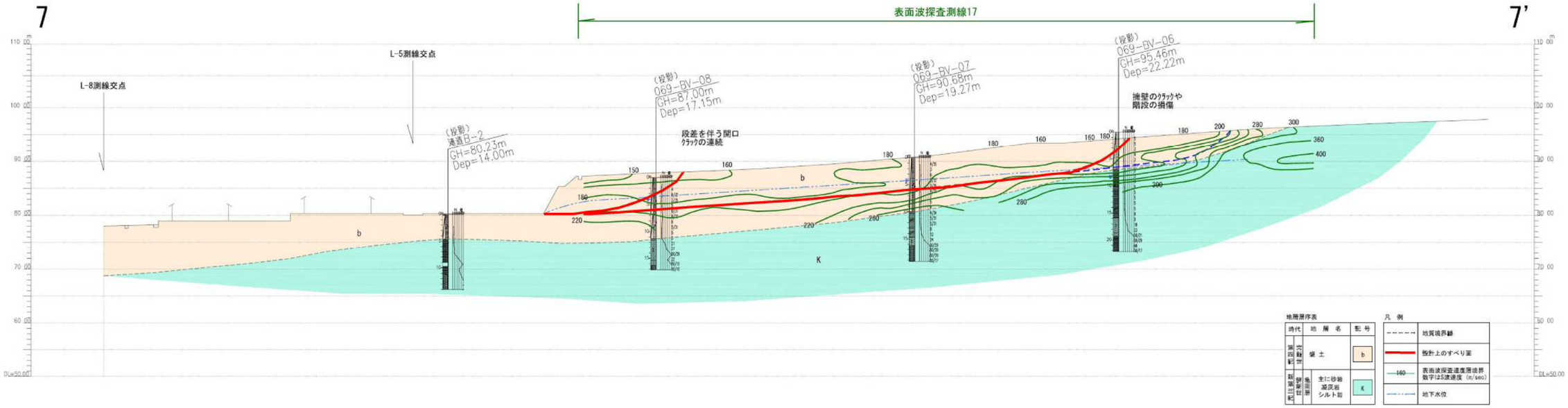


◆平成 23 年度　検討平面図

◆平成 24 年度　検討平面図

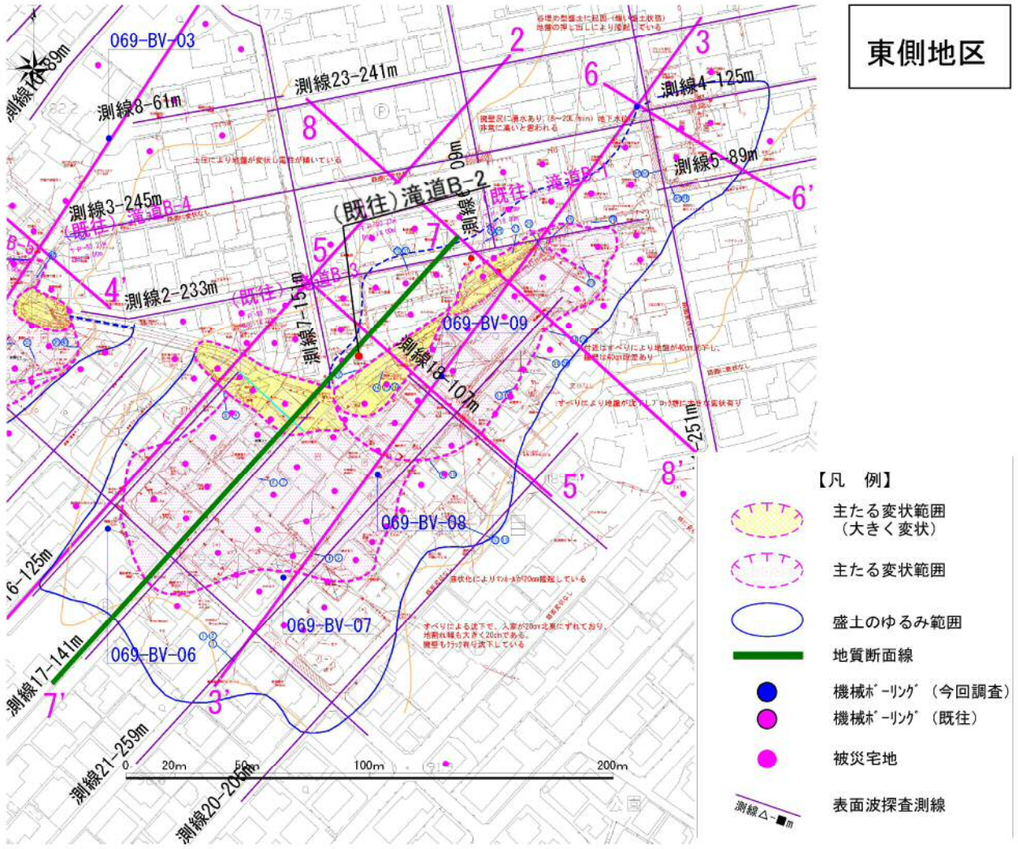


◆速度区分断面図

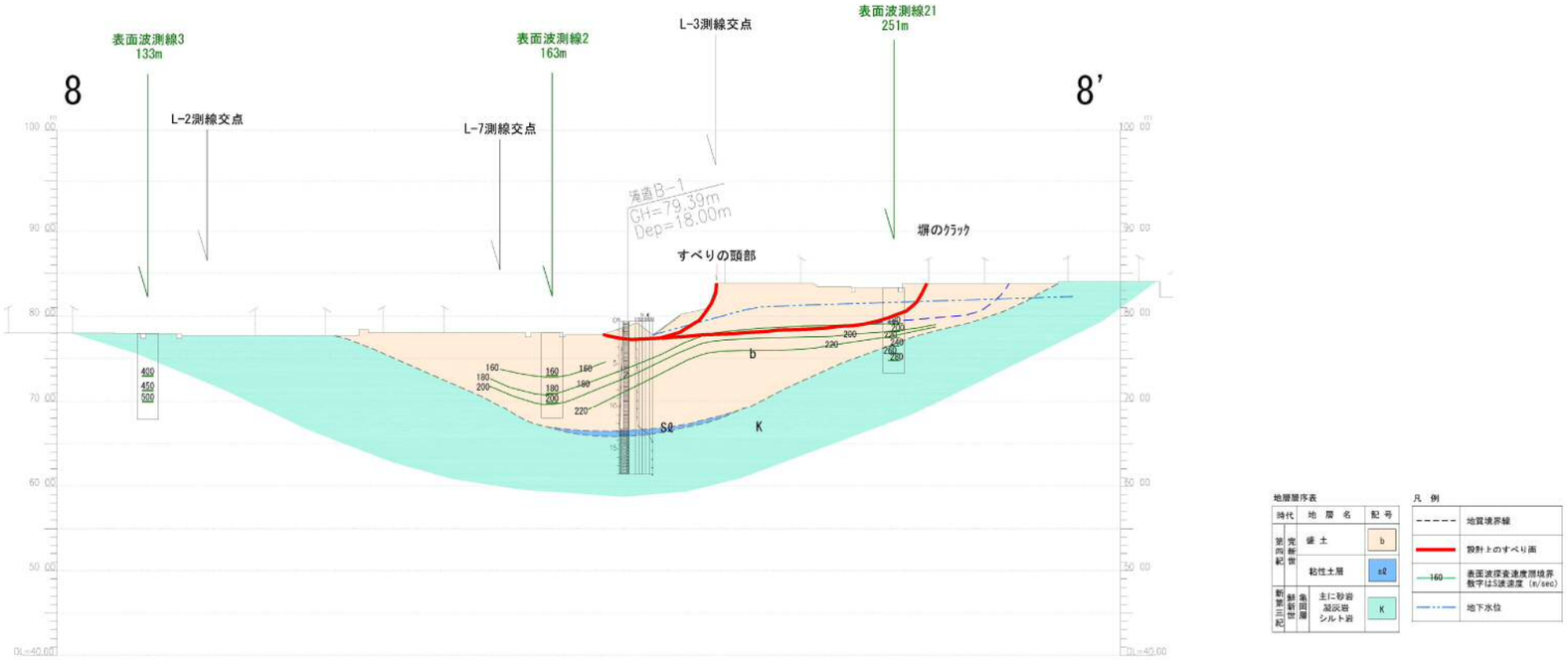


◆平成 23 年度　検討平面図

◆平成 24 年度　検討平面図

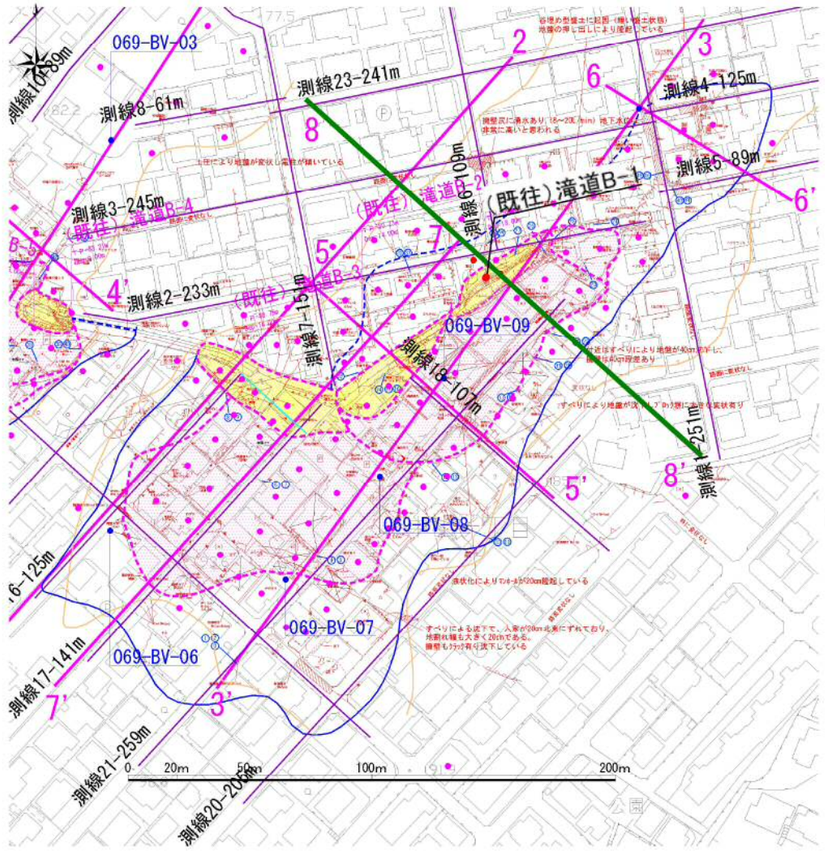


◆速度区分断面図

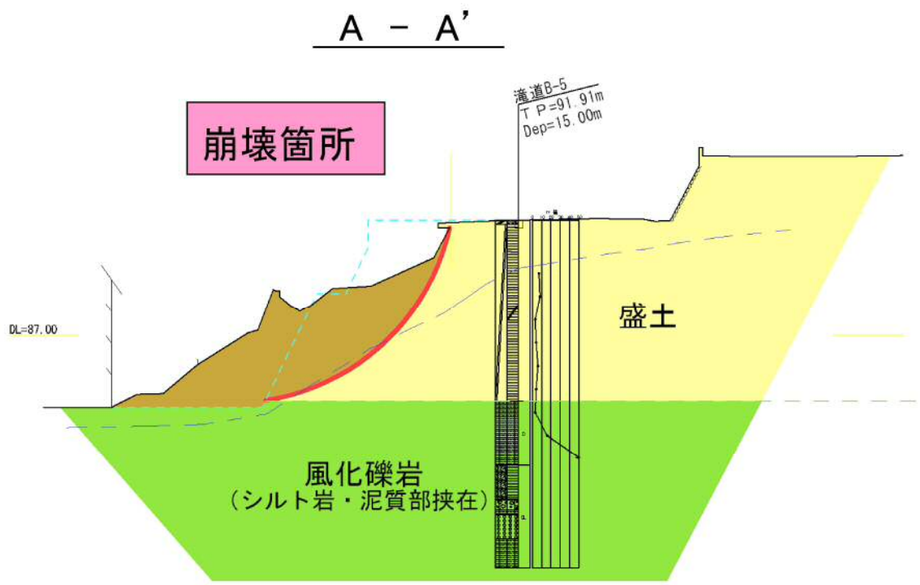


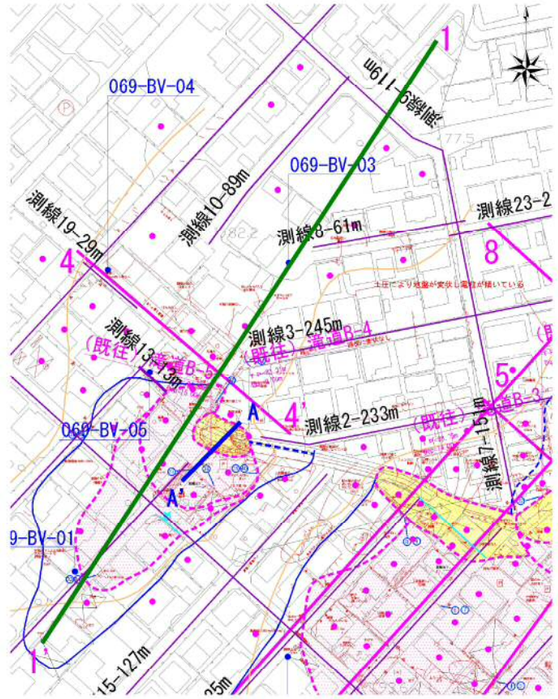
◆平成 23 年度　検討平面図

◆平成 24 年度　検討平面図



◆平成 23 年度　検討断面図

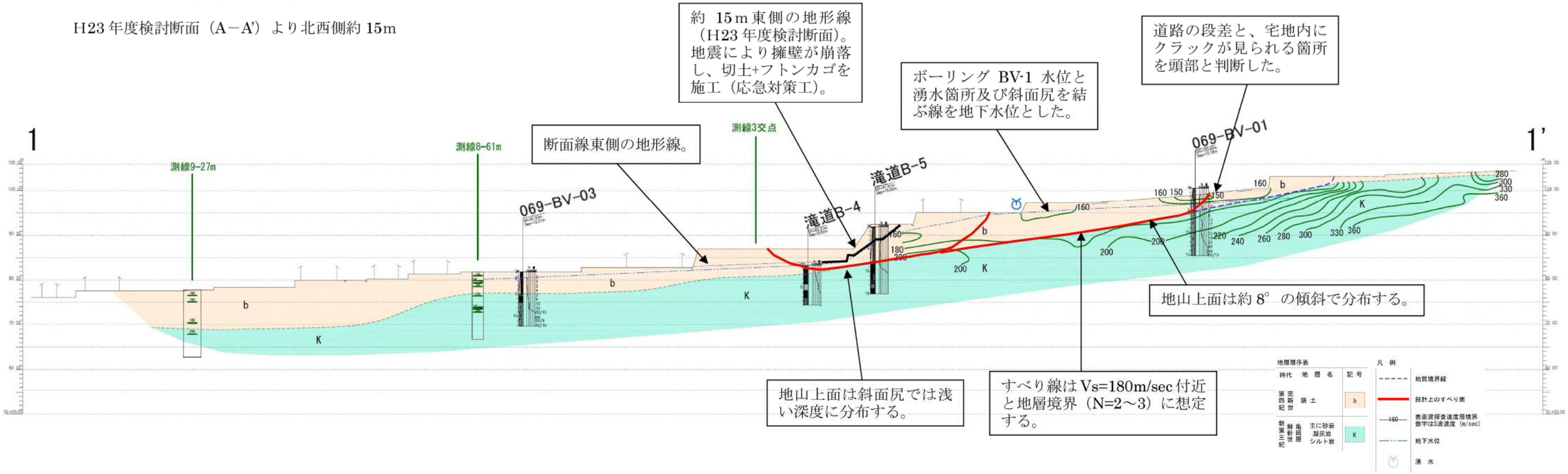




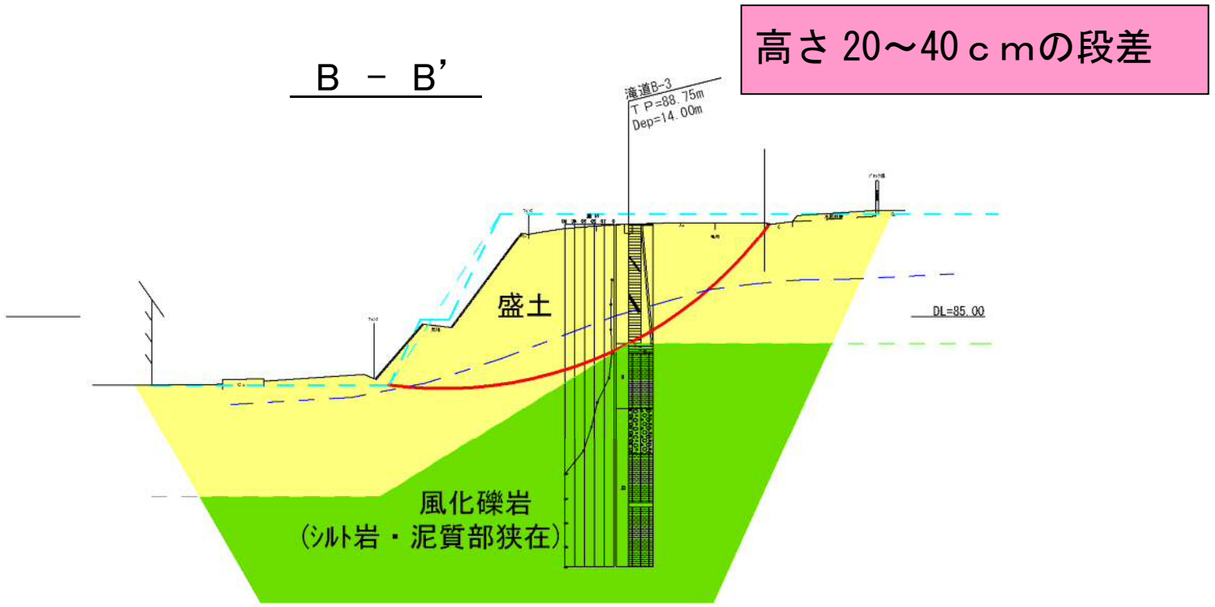
断面位置図

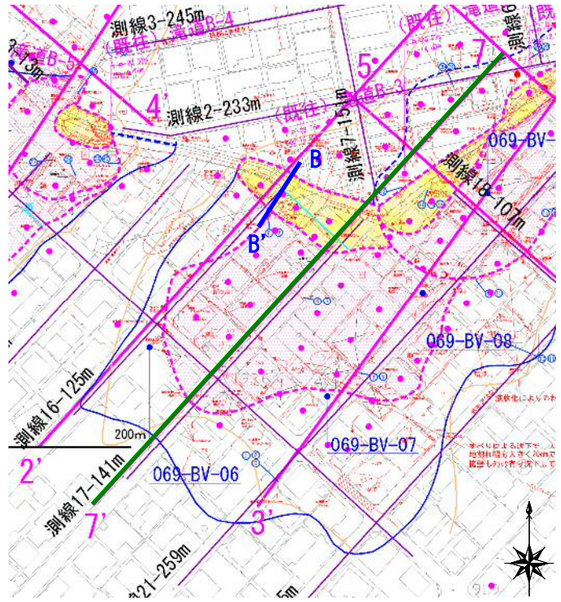
◆平成 24 年度　検討断面図

H23 年度検討断面（A－A’）より北西側約 15m



◆平成 23 年度　検討断面図

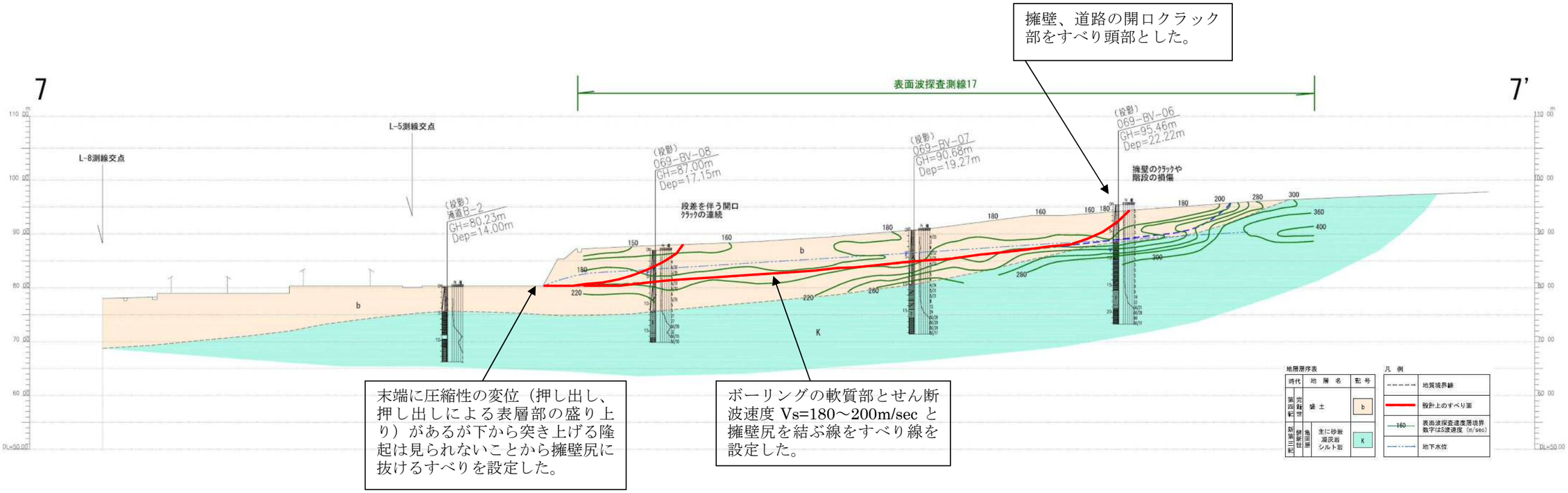




断面位置図

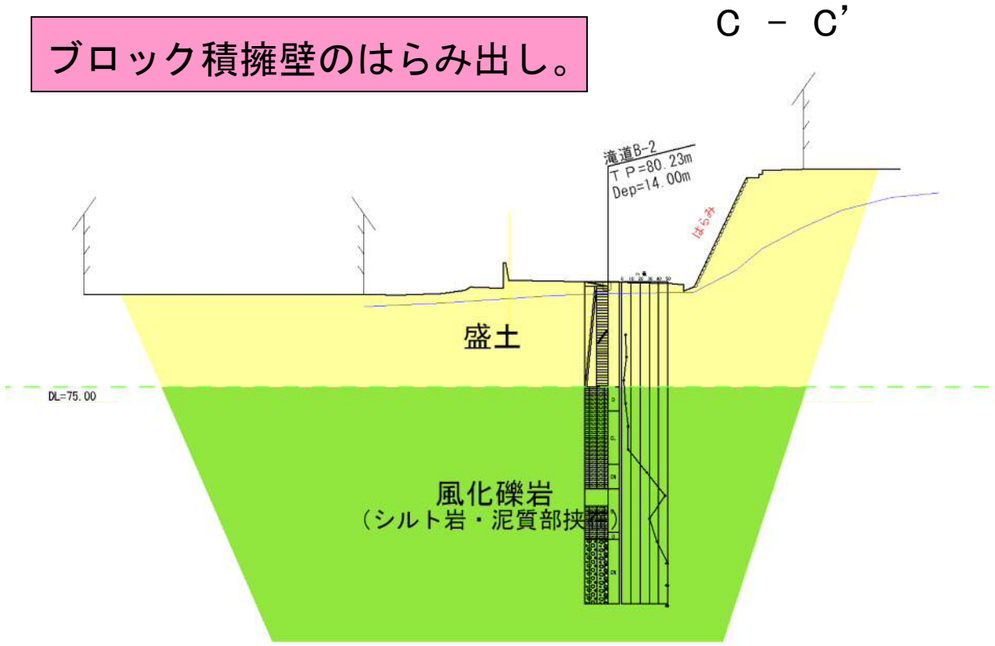
◆平成 24 年度　検討断面図

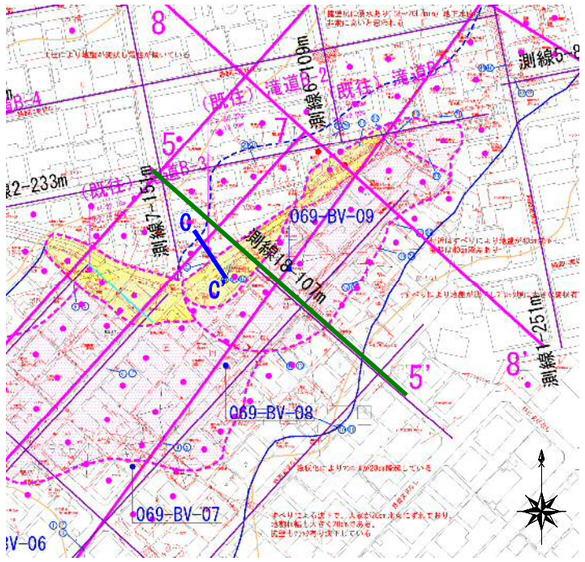
平成 23 年度検討断面図（B－B’）より南東側へ約 30m



◆平成 23 年度　検討断面図

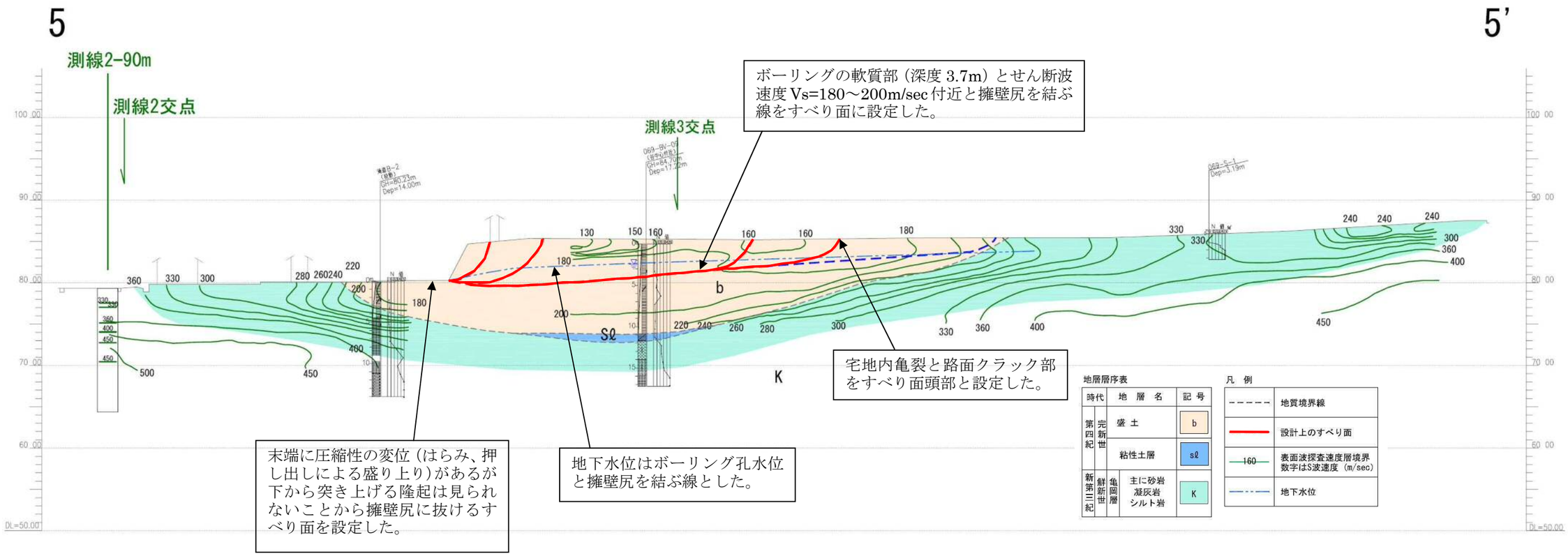
ブロック積擁壁のはらみ出し。





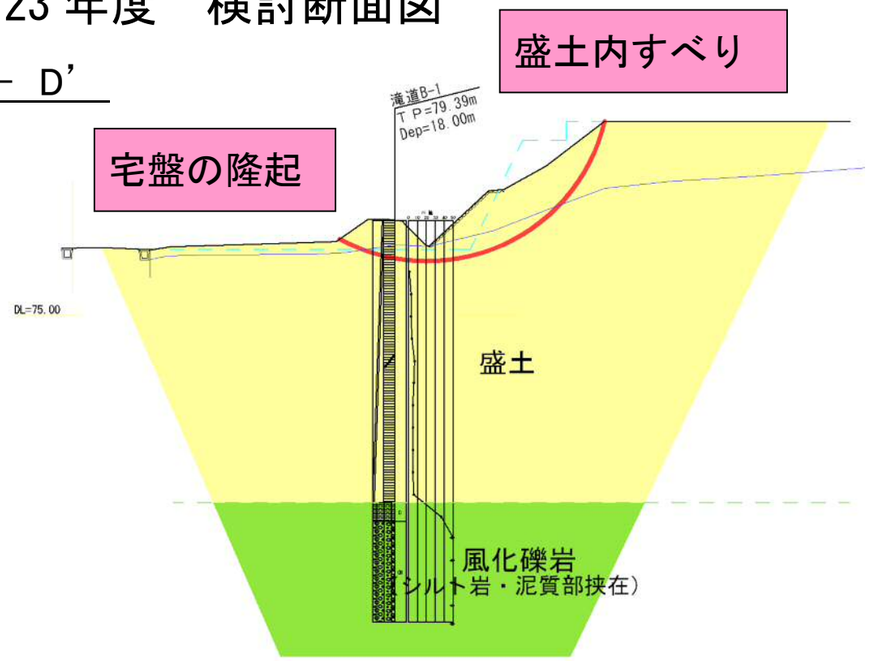
断面位置図

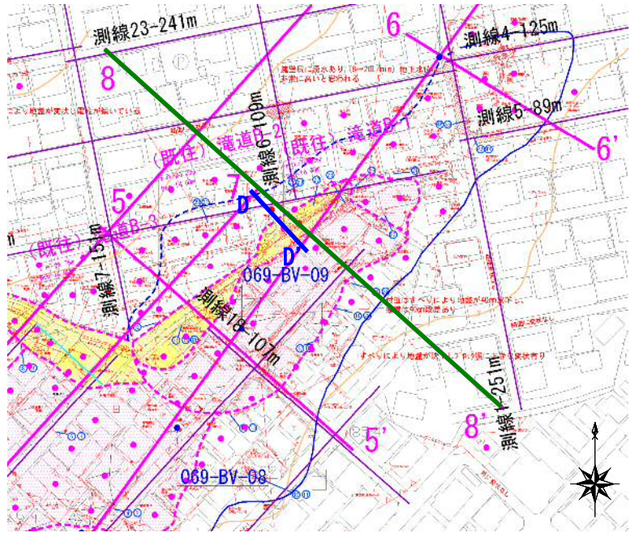
◆平成 24 年度　検討断面図



◆平成 23 年度　検討断面図

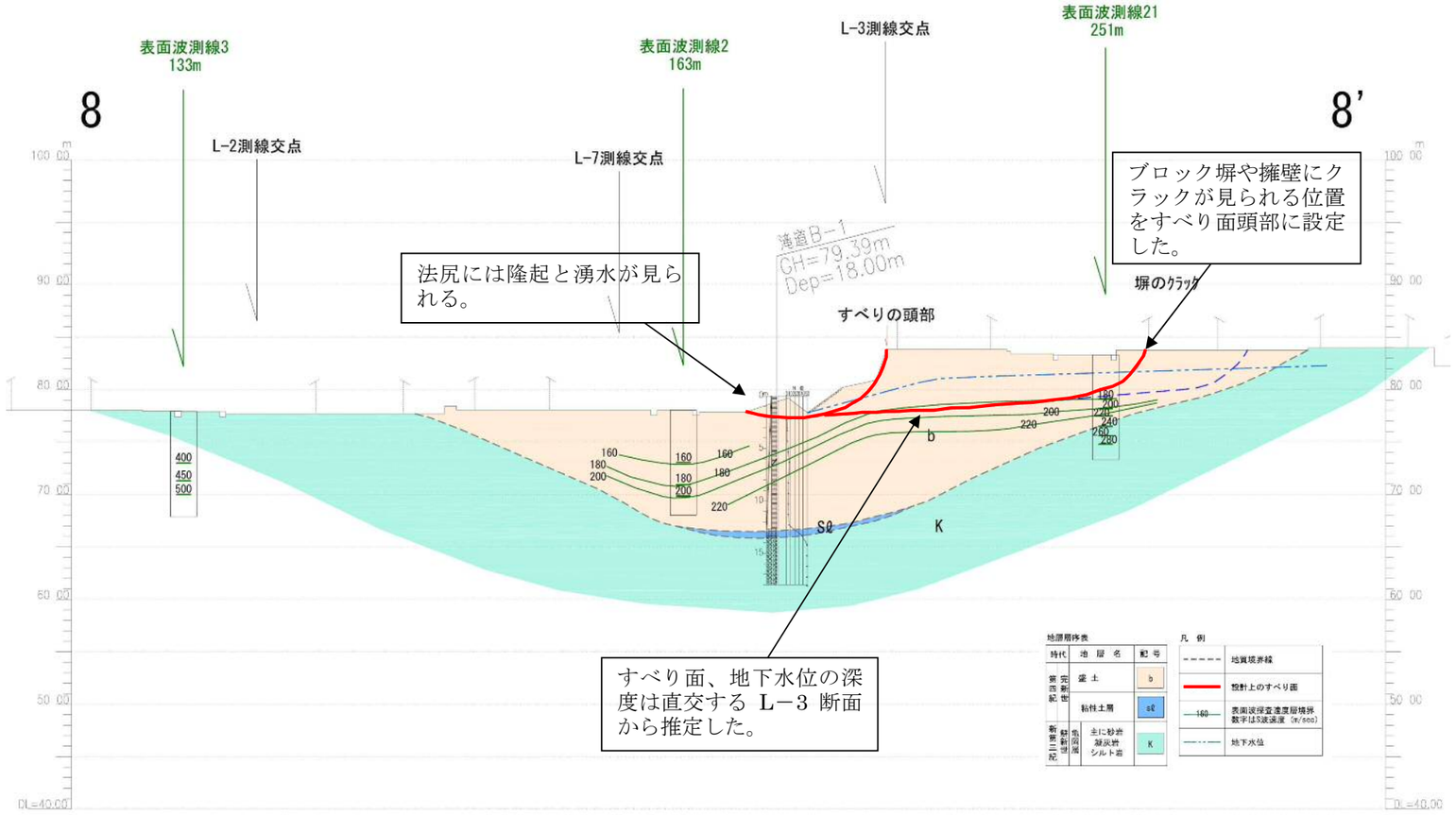
D － D’





断面位置図

◆平成 24 年度　検討断面図



５．対策方針

平成 23 年度　検討内容

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。

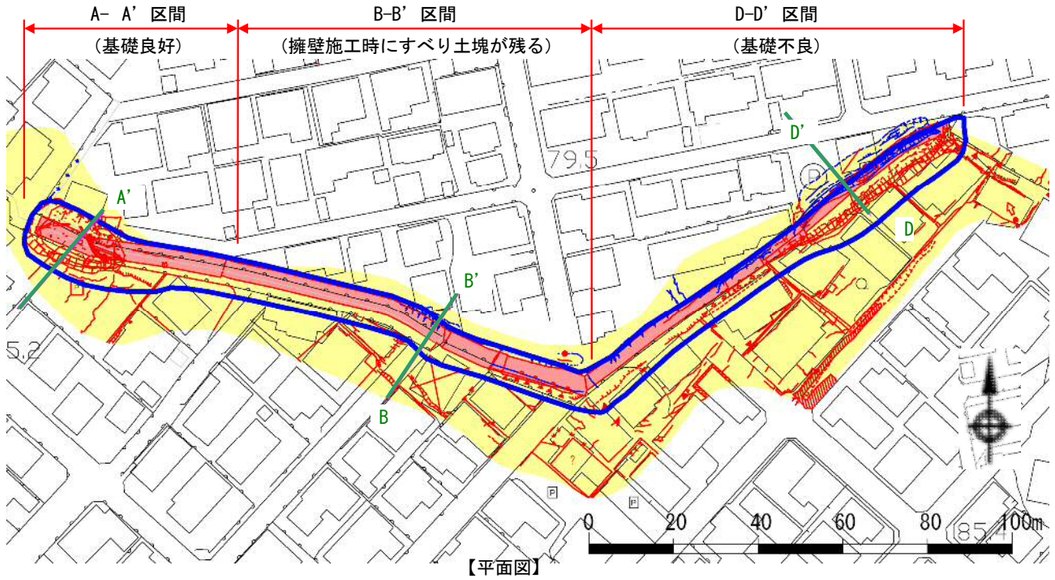
さらに、擁壁基礎地盤に軟弱地盤が分布する箇所については、再構築する擁壁の支持力不足の危険性がることから、別途対策を行うものとする。

【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。



【平面図】

平成 24 年度　検討内容

本地区の対策方針として、~~擁壁工は、崩壊や~~想定される盛土内すべり~~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。~~を安定させる対策工が必要となる。対策工は、盛土内の速度境界を不連続面とする変形について抑止効果の高い対策工が必要である。

~~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~~また、崩壊や変形した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。~~

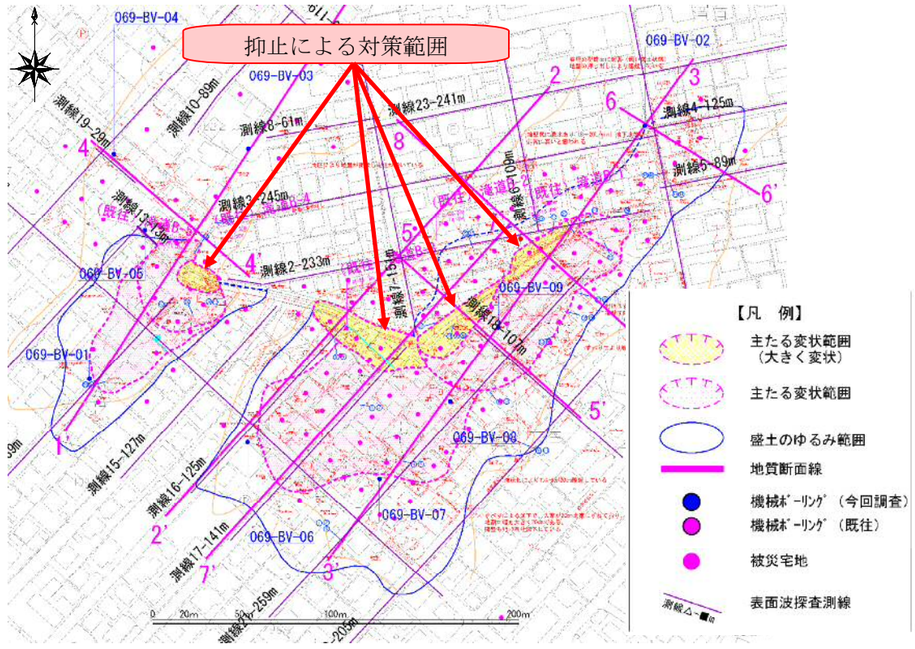
抑止工は、不足する抑止力に対して計画する。

抑止工は、「宅地耐震工法選定ガイドライン＆解説」に示された対策工を基本に比較検討により選定を行う。「盛土内の速度境界を不連続面とする変形」と「擁壁復旧」に対する対策工として以下の工法が挙げられる。

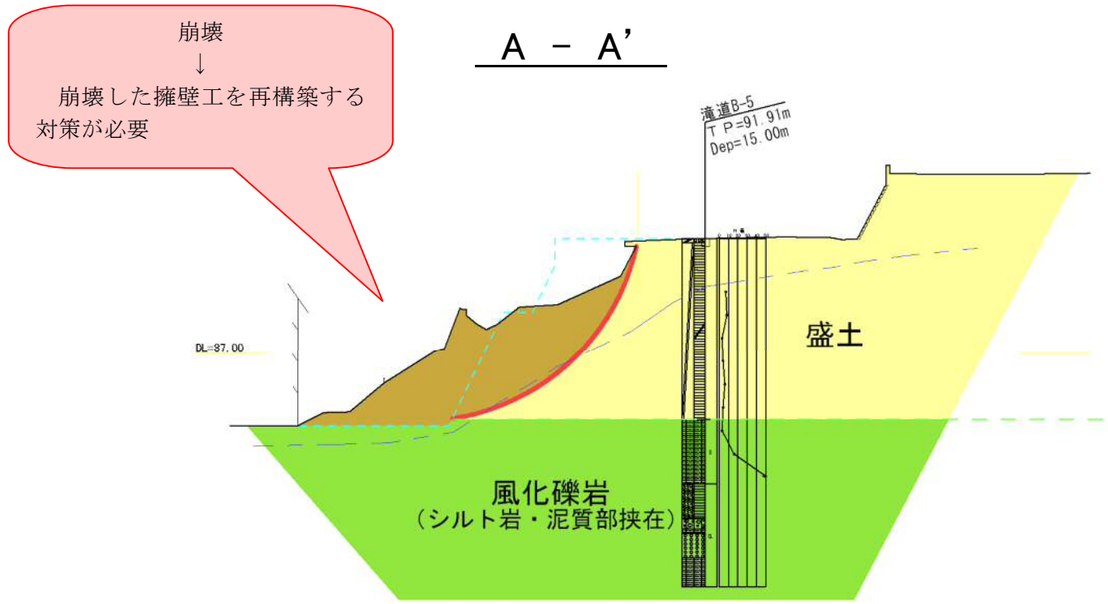
◆盛土内の速度境界を不連続面とする変形　：　抑止杭工・アンカー工・固結工・網状鉄筋挿入工等

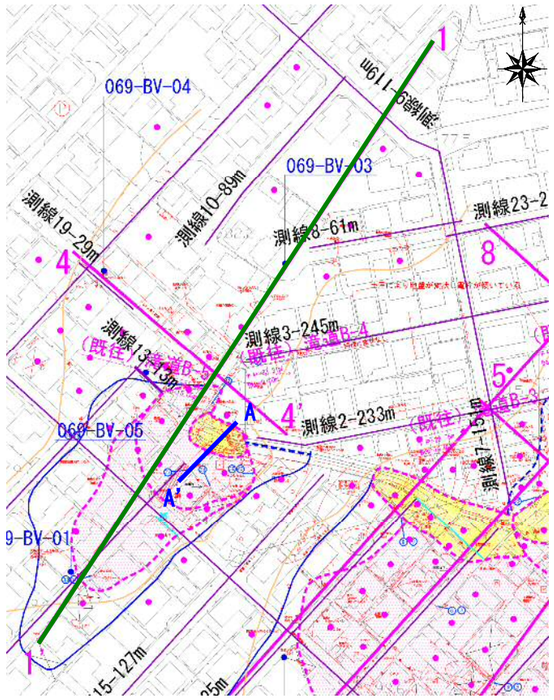
◆擁壁復旧　：　もたれ式擁壁、ブロック積擁壁等

また抑止工としては、急崖部であることや、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。



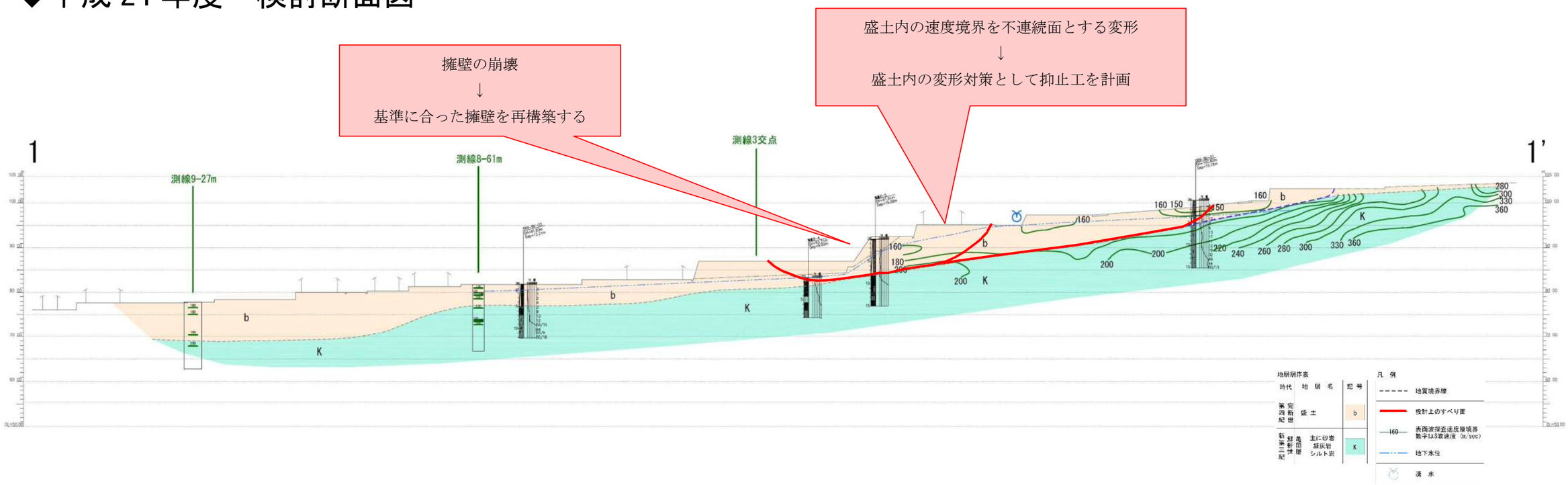
◆平成 23 年度　検討断面図



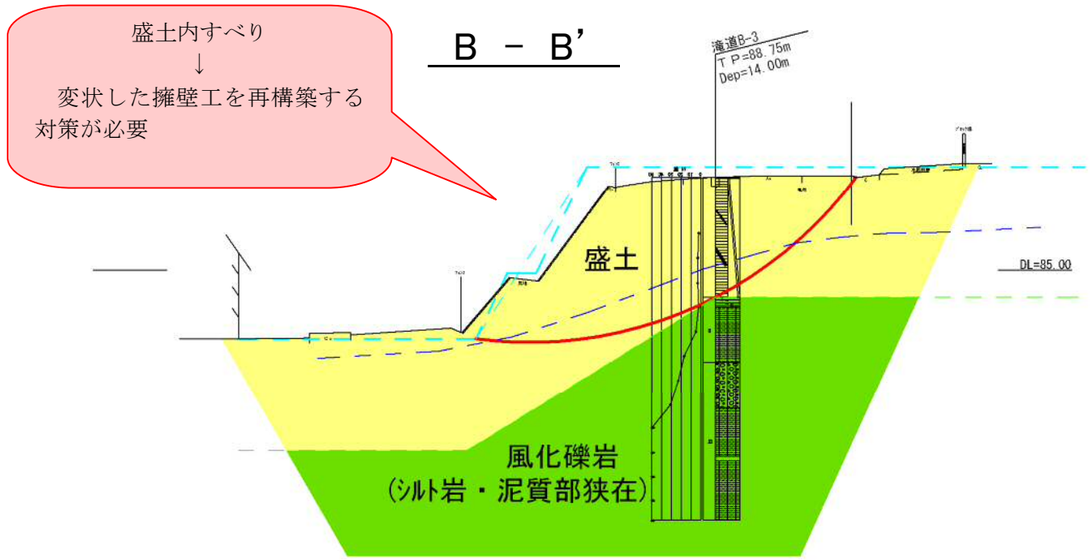


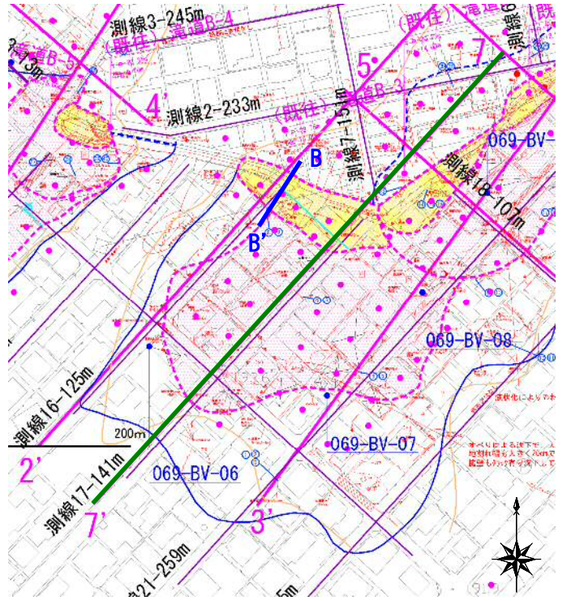
断面位置図

◆平成 24 年度　検討断面図



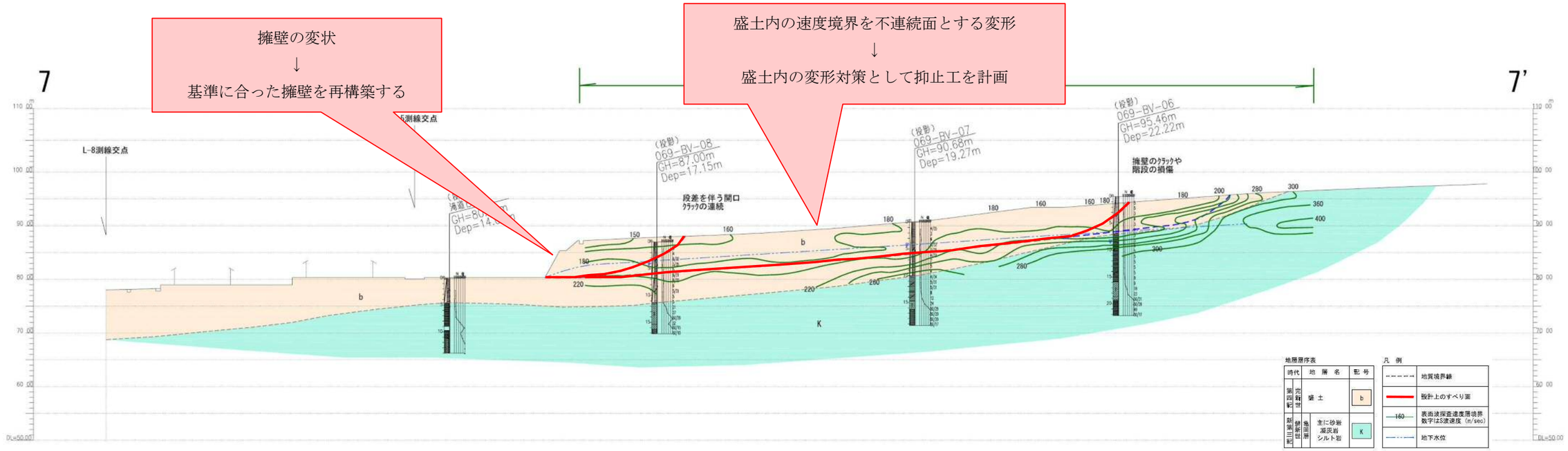
◆平成 23 年度　検討断面図





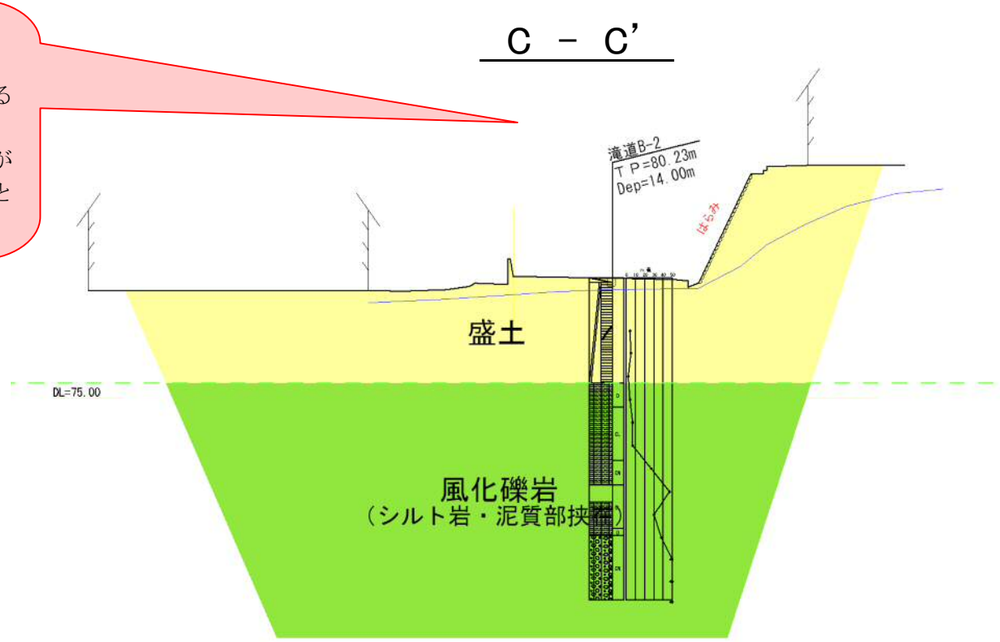
断面位置図

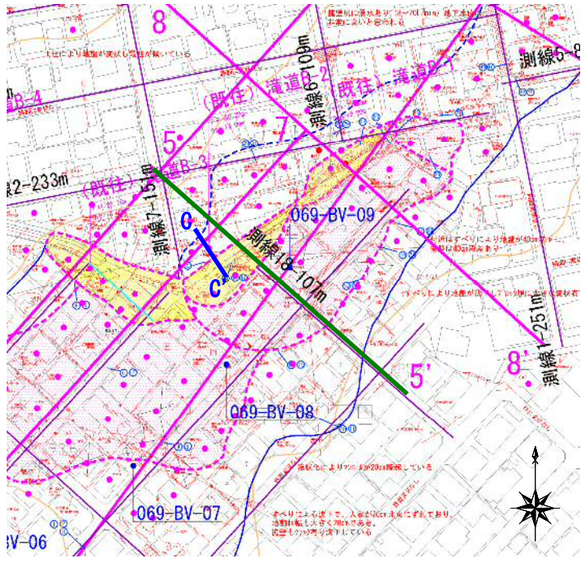
◆平成 24 年度　検討断面図



◆平成 23 年度　検討断面図

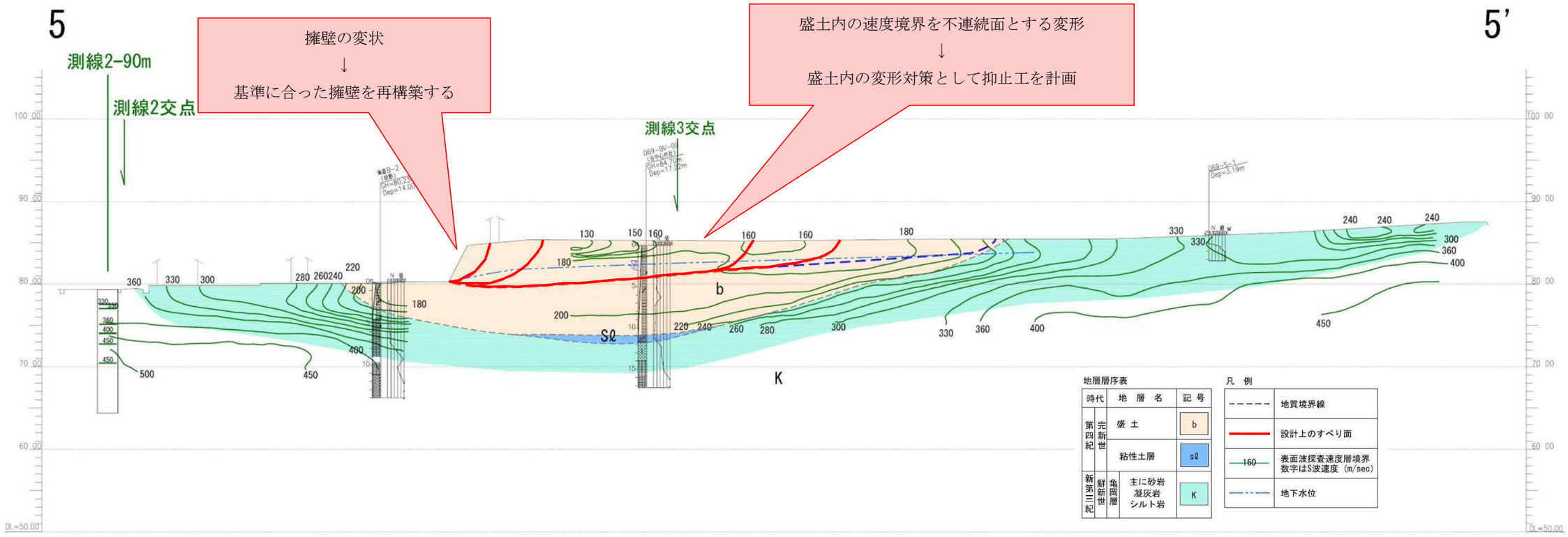
盛土内すべり
↓
崩壊した擁壁工を再構築する対策が必要
※擁壁基礎部に軟弱な土質が分布するため、別途対策が必要となる。





断面位置図

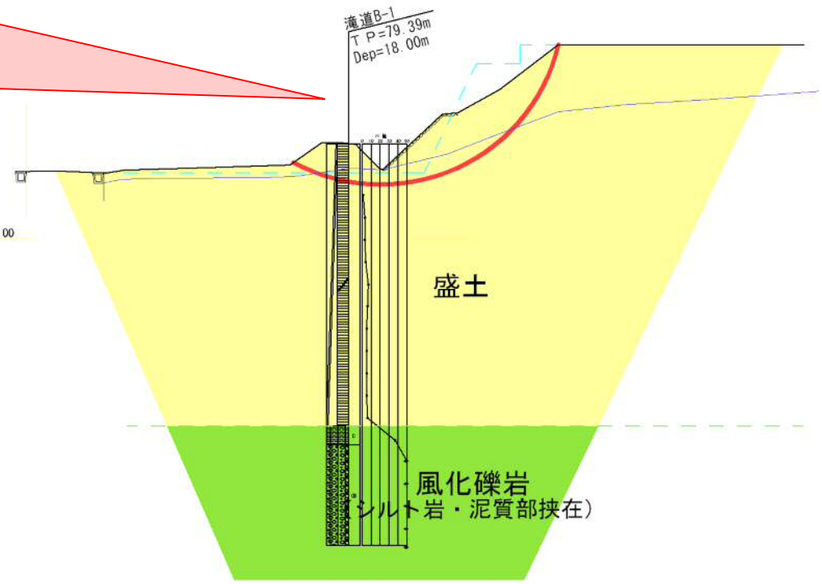
◆平成 24 年度　検討断面図

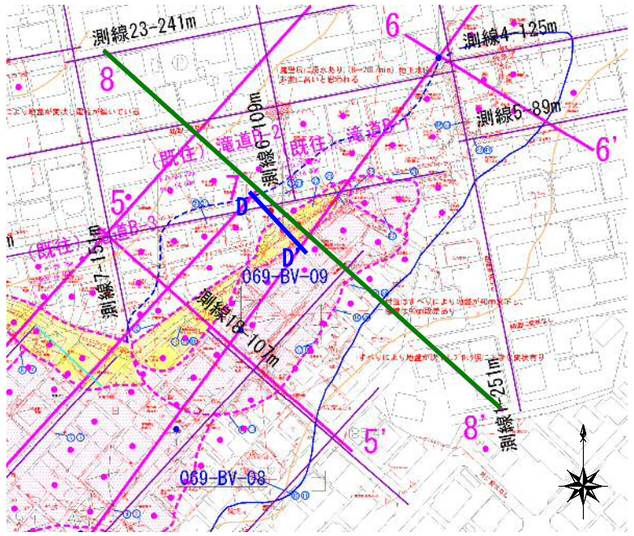


◆平成 23 年度　検討断面図

D － D’

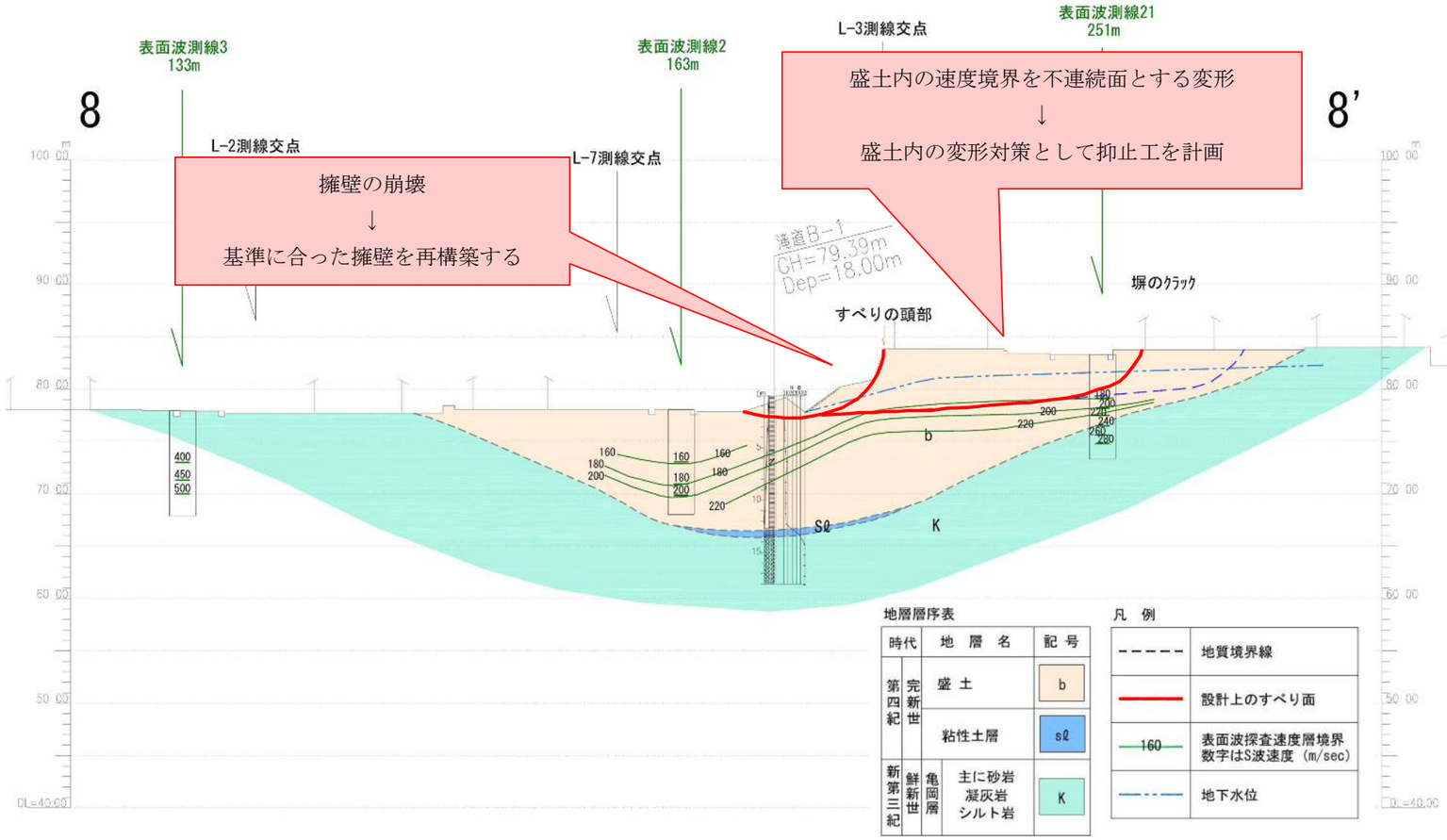
盛土内すべり
↓
崩壊した擁壁工を再構築する対策が必要
※擁壁基礎部に軟弱な土質が分布するため、別途対策が必要となる。





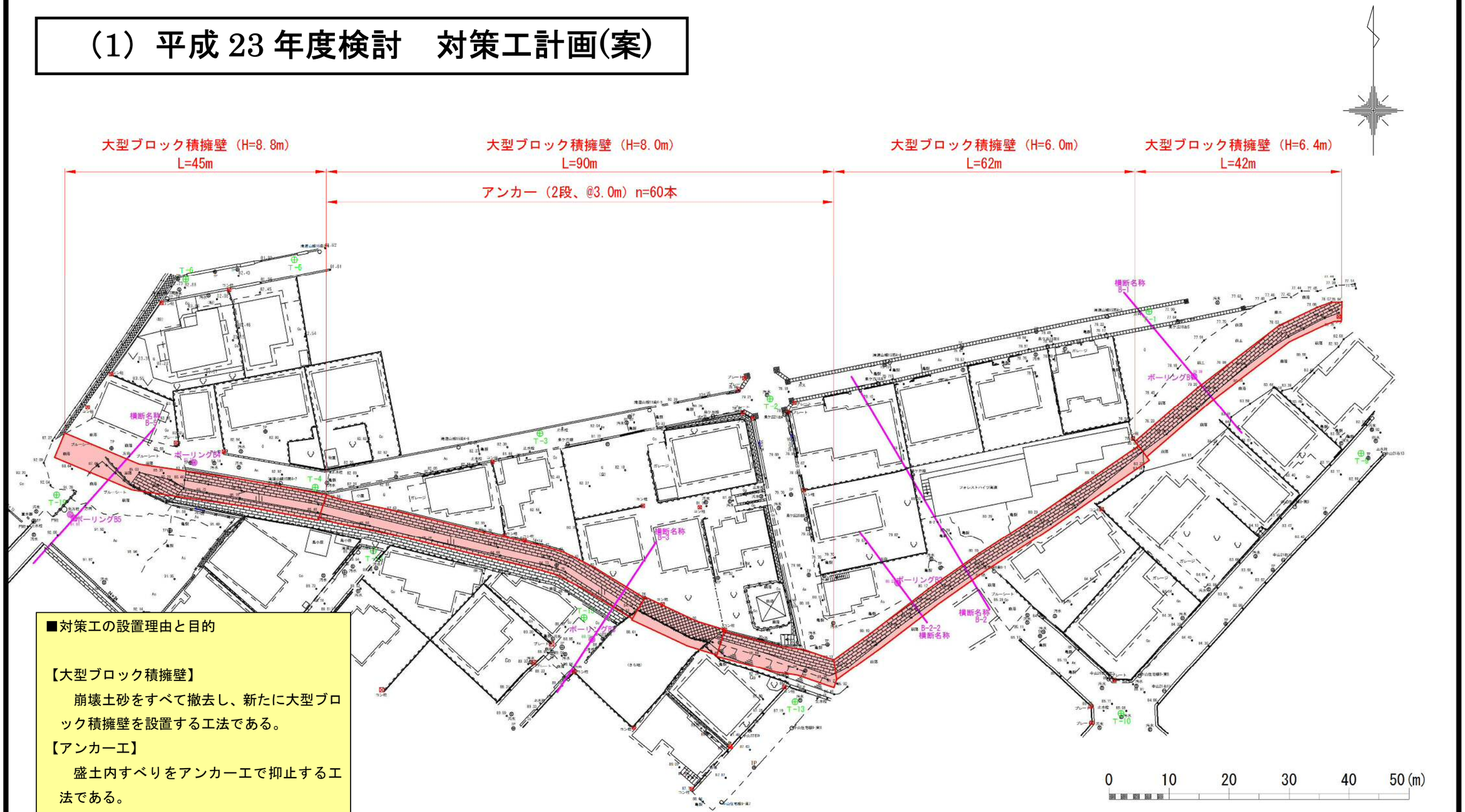
断面位置図

◆平成 24 年度　検討断面図



参考資料

（1）平成 23 年度検討　対策工計画(案)



■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。

【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。

【計画安全率】

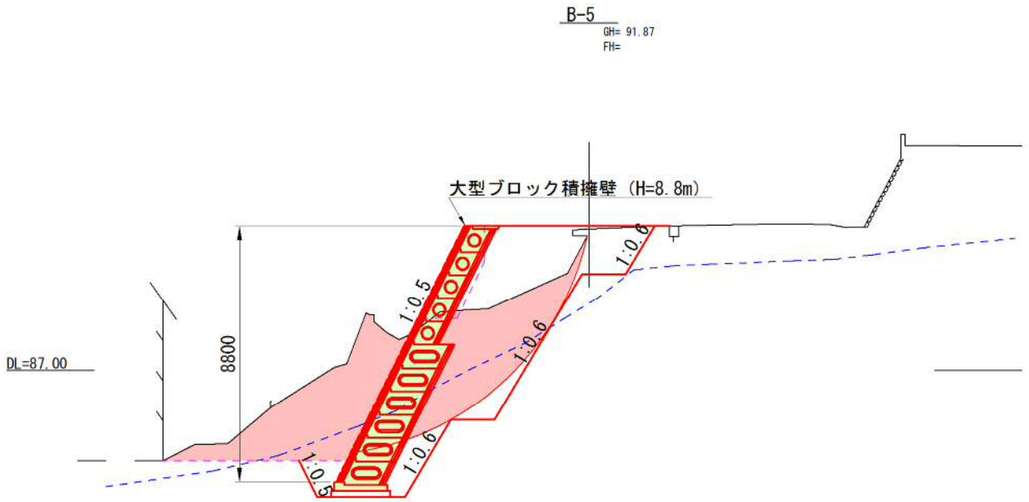
常　時：Fs＝1.2

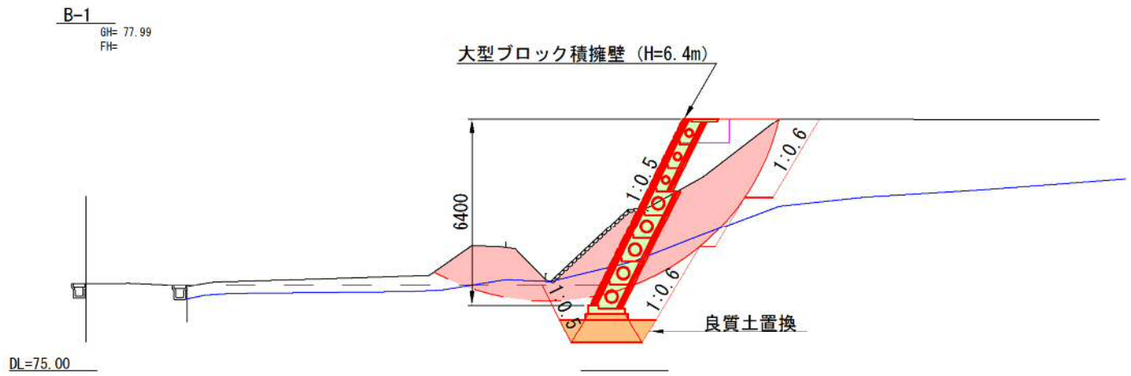
※地震時については、既存ブロック積擁壁よりも安全性は向上する。

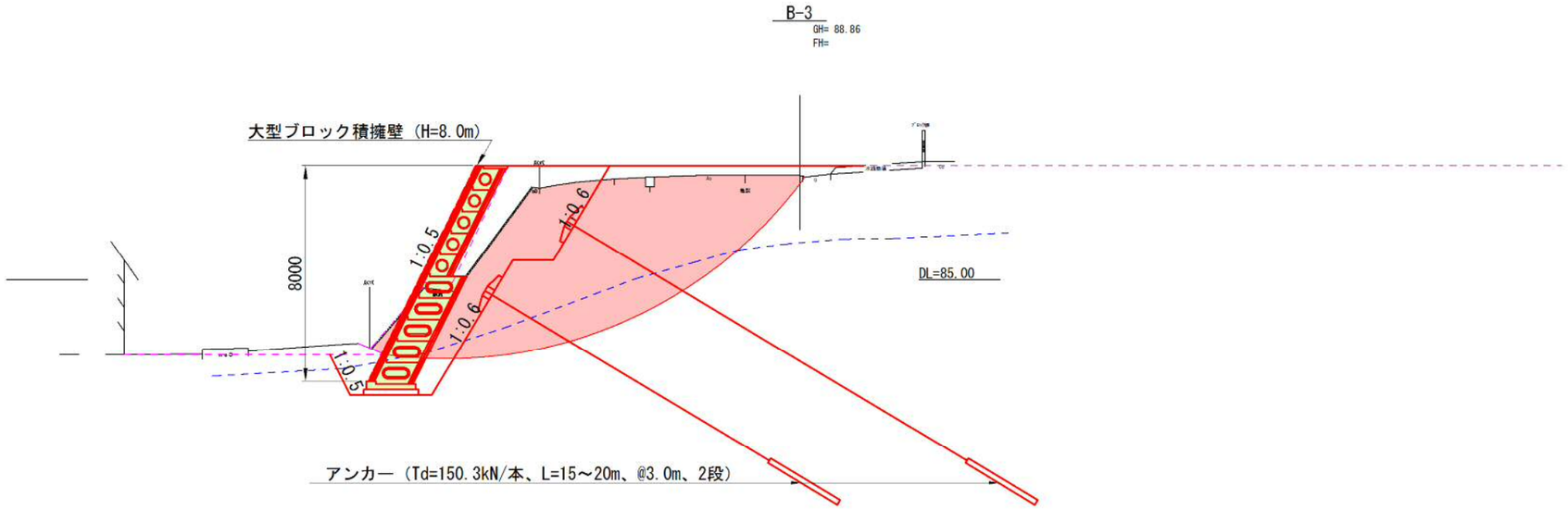
対策工計画(案)平面図

滝道横断図

S=1:100







対策工計画(案)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

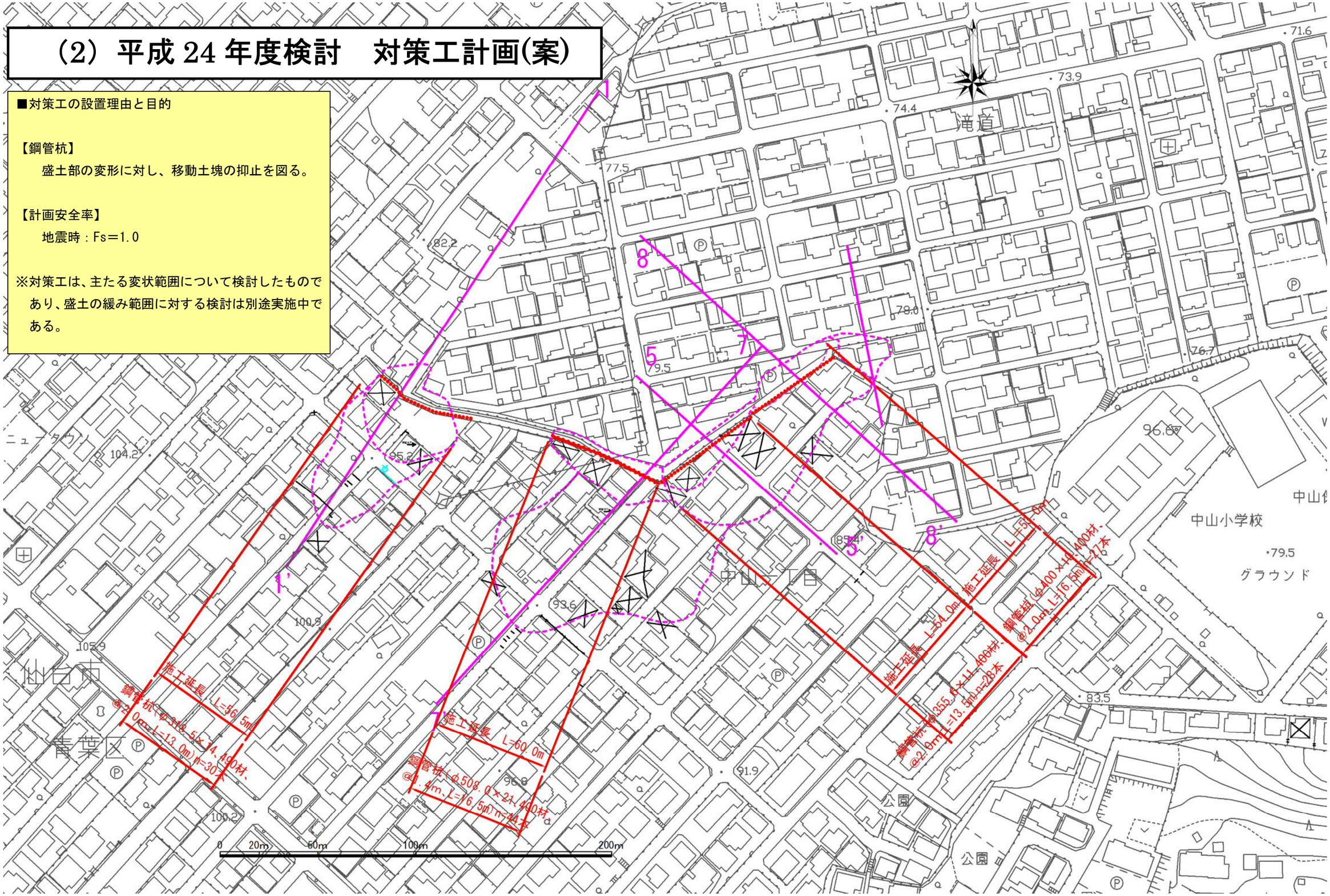
【鋼管杭】

盛土部の変形に対し、移動土塊の抑止を図る。

【計画安全率】

地震時：Fs＝1.0

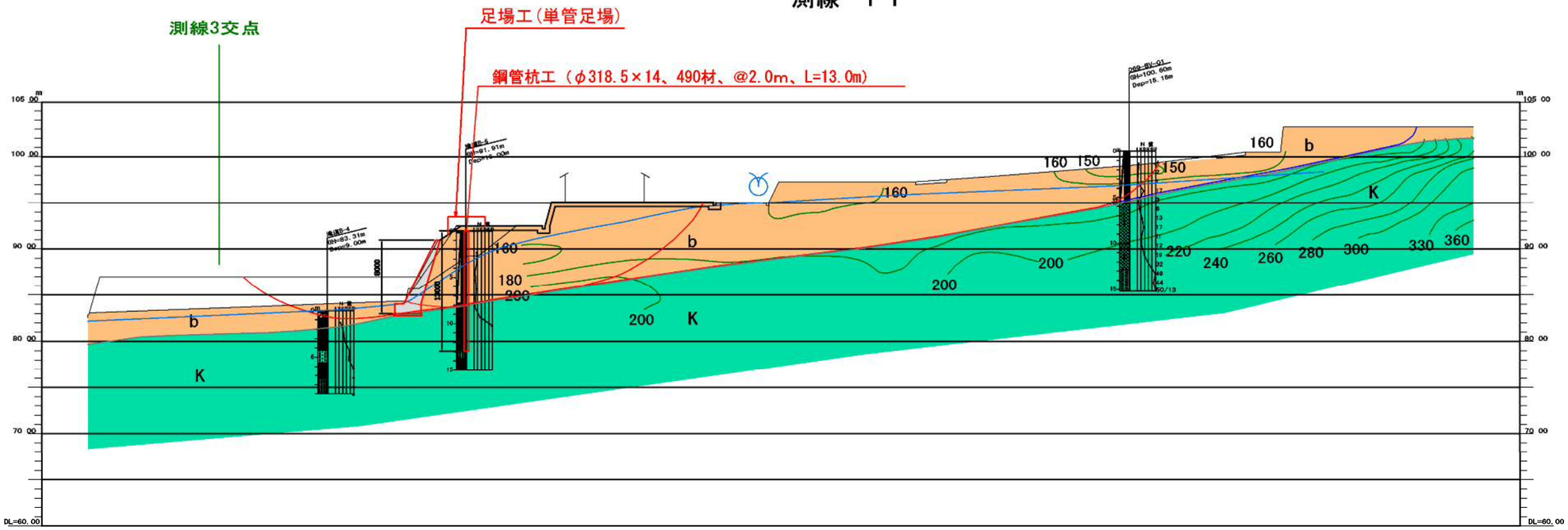
※対策工は、主たる変状範囲について検討したものであり、盛土の緩み範囲に対する検討は別途実施中である。



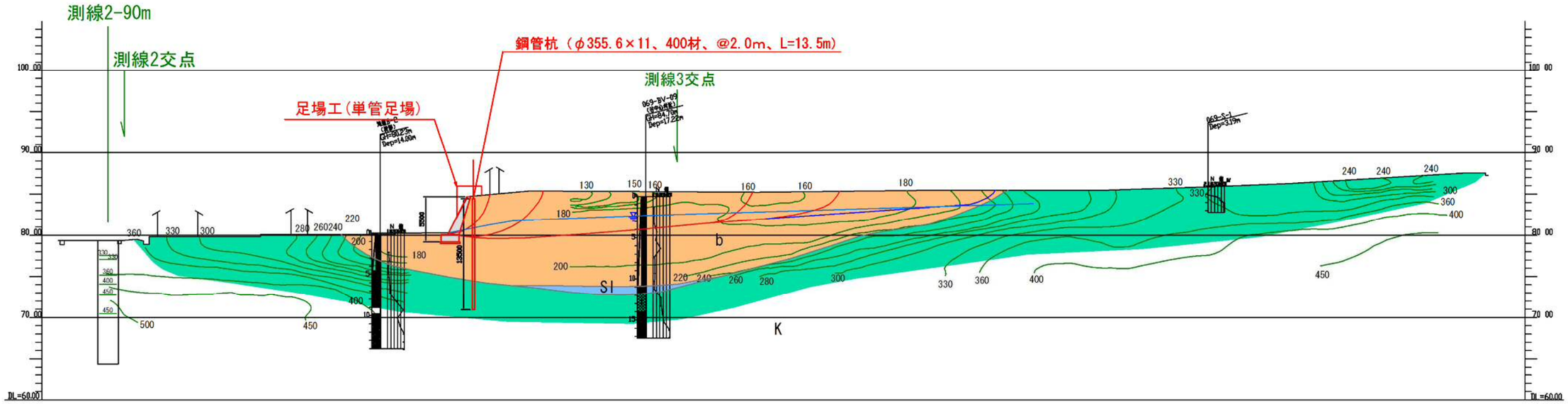
対策工平面図（鋼管杭）

※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。

測線　1-1’



測線　5-5’



地層層序表

時代		地層名	記号
第四紀	完新世	盛土	b
		粘性土層	sl
新第三紀	鮮新世	角田層 主に砂岩 凝灰岩 シルト岩	K

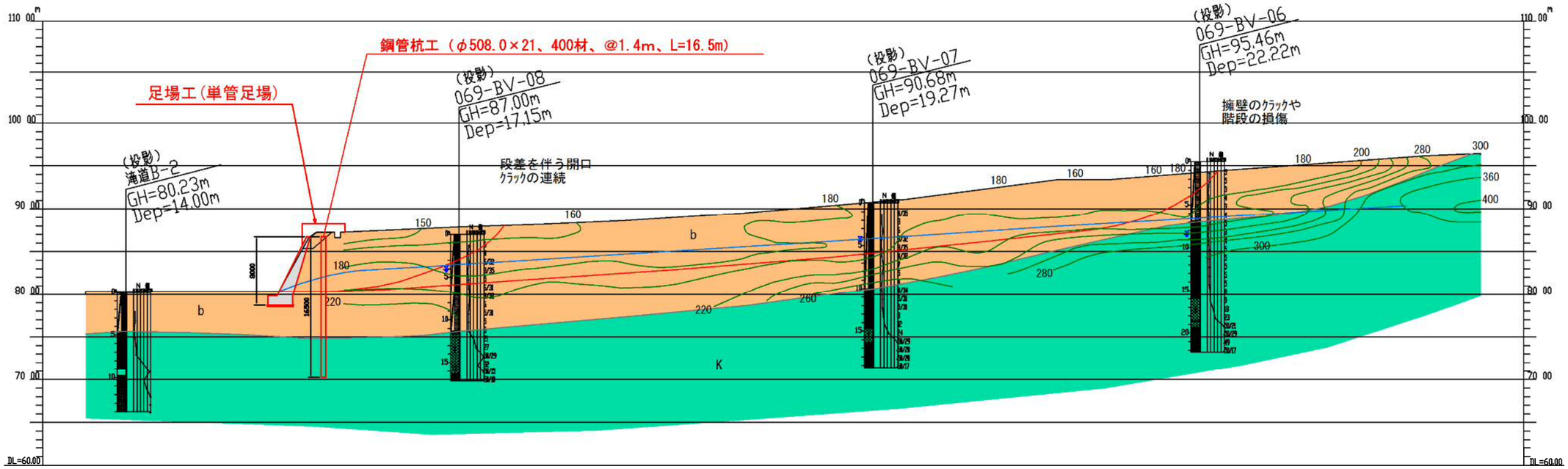
凡例

	地質境界線
	設計上のすべり面
150	表面波探査速度層境界 数字はS波速度 (m/sec)
	地下水位
	湧水

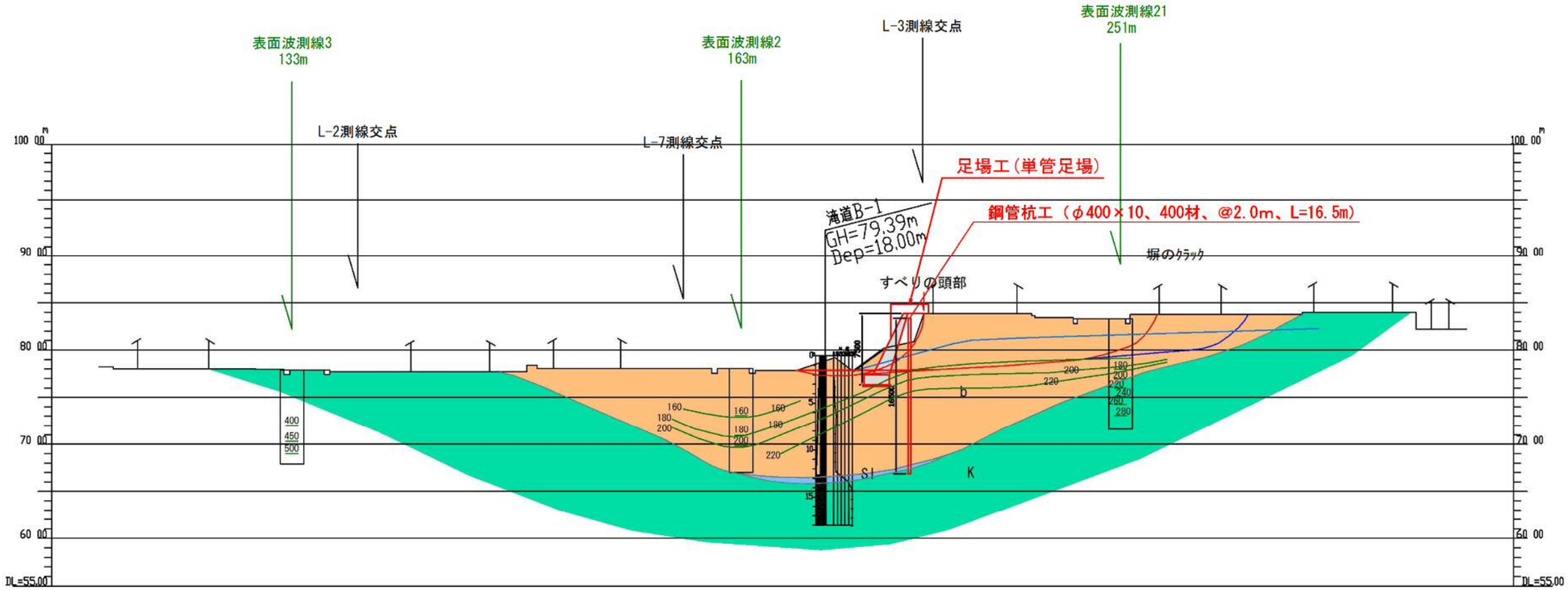
対策工断面図（鋼管杭）

※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。

測線　7-7’



測線　8-8’



地層層序表

時代		地層名	記号
第四紀	完新世	盛土	b
		粘性土層	sl
新第三紀	鮮新世	亀岡層 主に砂岩 凝灰岩 シルト岩	K

凡例

――	地質境界線
――	設計上のすべり面
160	表面波探査速度層境界 数字はS波速度（m/sec）
――	地下水位

対策工断面図（鋼管杭）

※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。