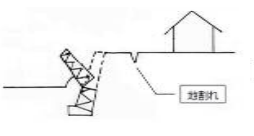
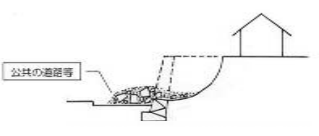
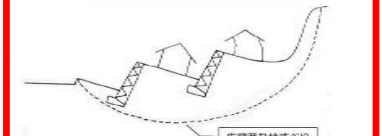
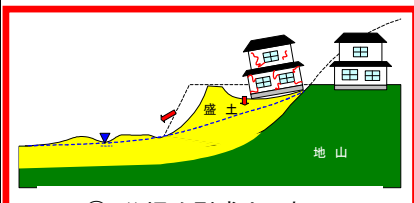

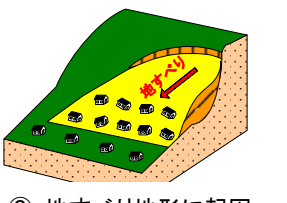

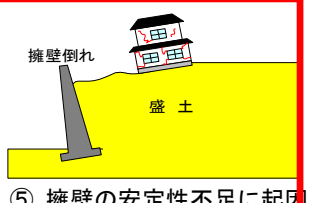
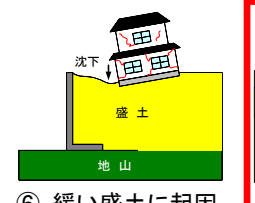
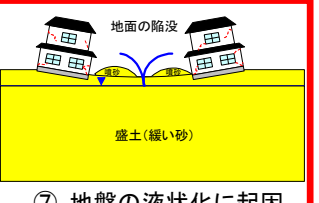


「陣ヶ原地区」

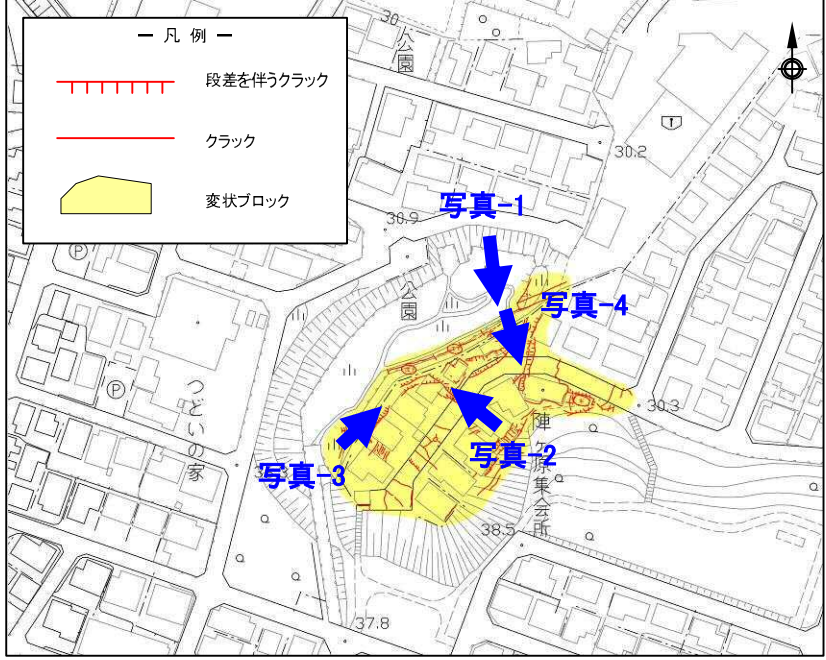
1. 概要書

区 名	泉区	地区名	陣ヶ原	主な街区	31 番街区
-----	----	-----	-----	------	--------

【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 4,000m ²	宅地数	11 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】



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	現地調査や聞き取り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 2	変状範囲と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。
ラムサウンディング	12 孔、延べ 74.78m	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。

作業状況

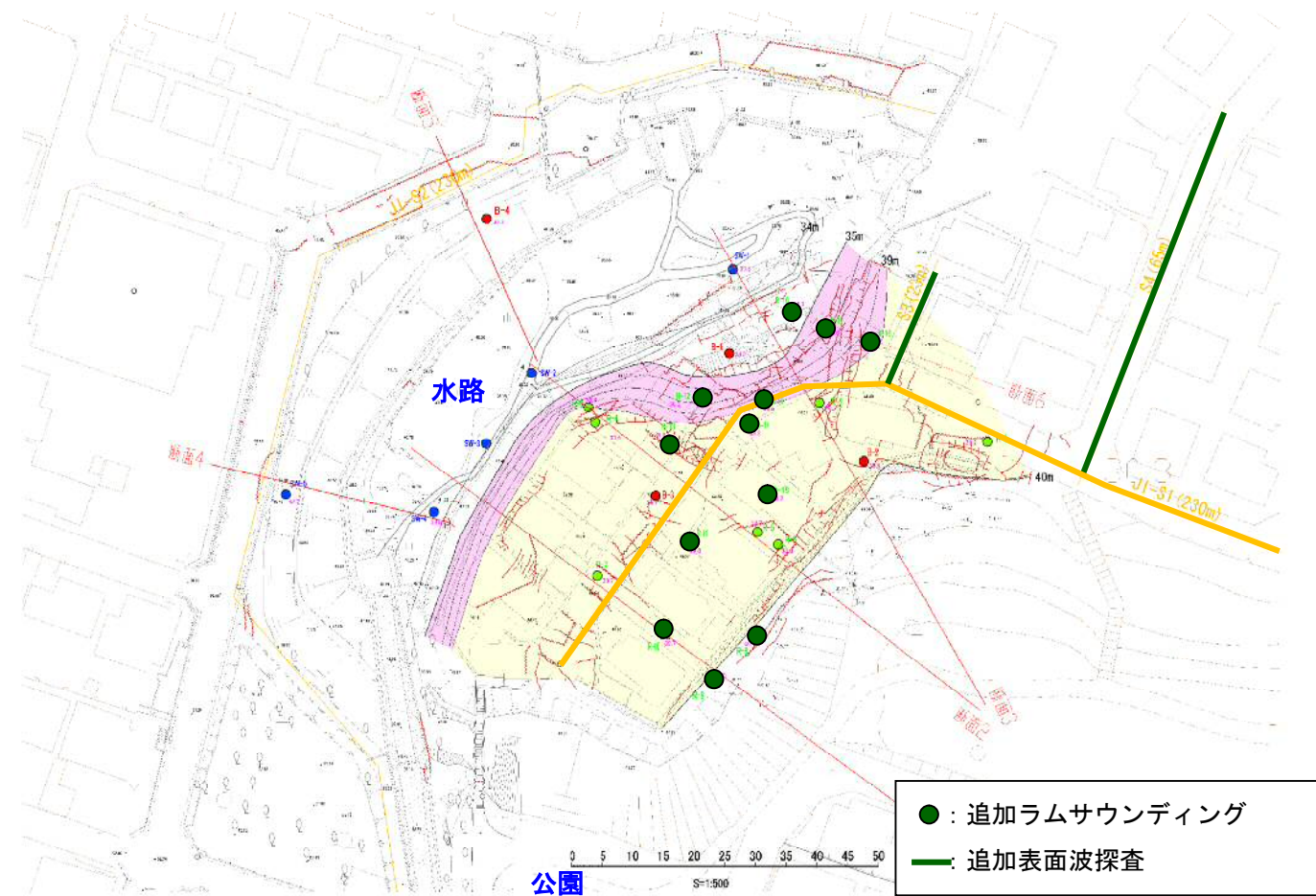
表面波探査



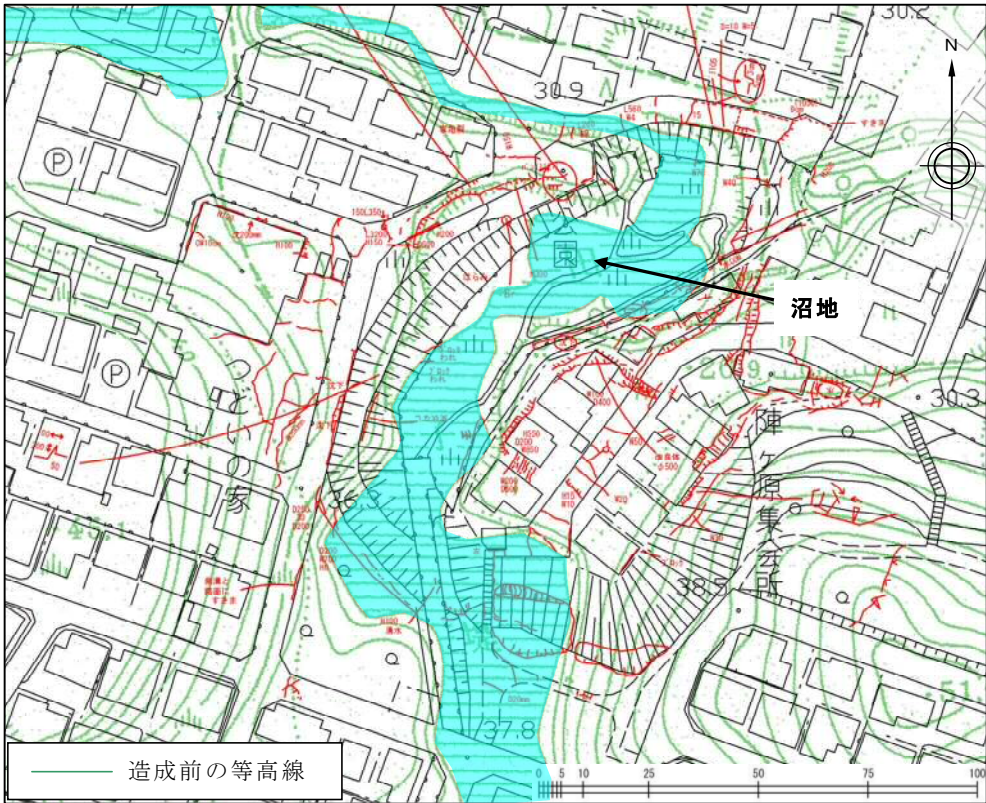
ラムサウンディング



調査等位置図

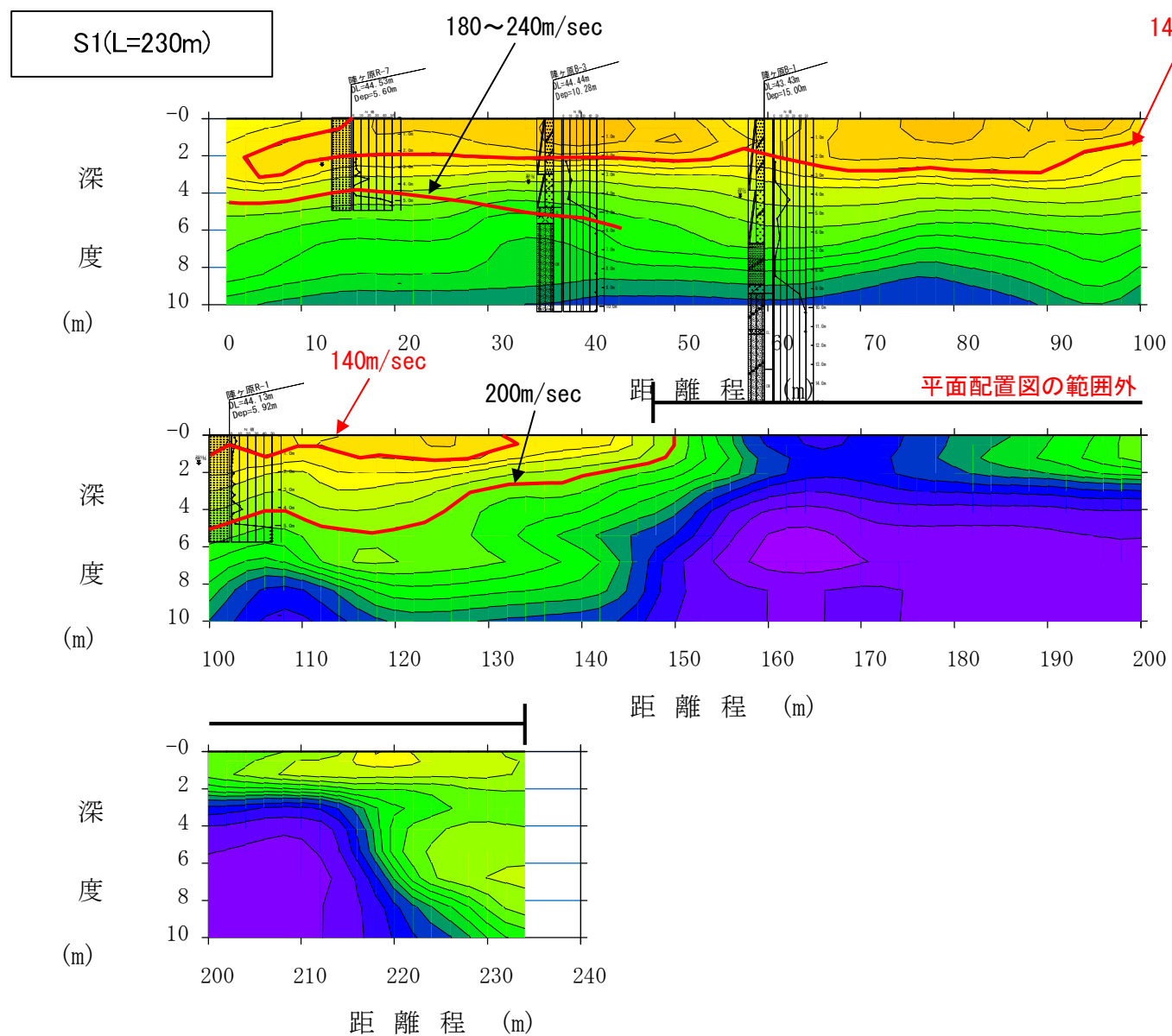


旧地形図

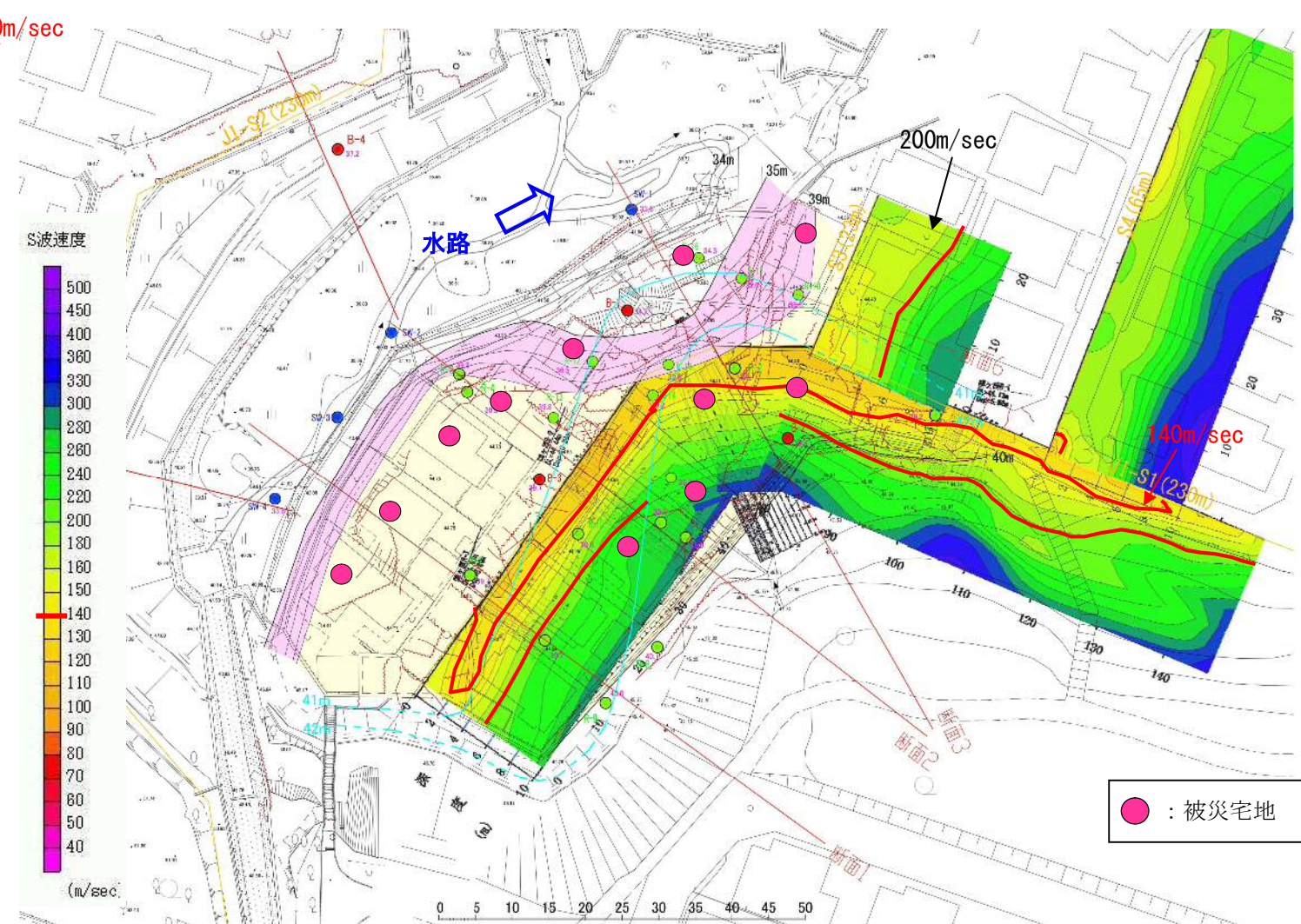


3. 表面波探查結果

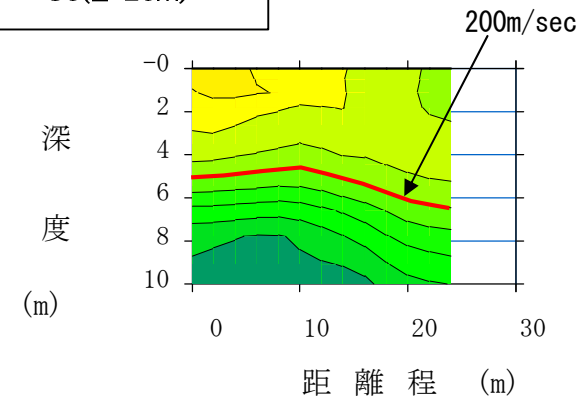
【表面波探查 速度層断面図】



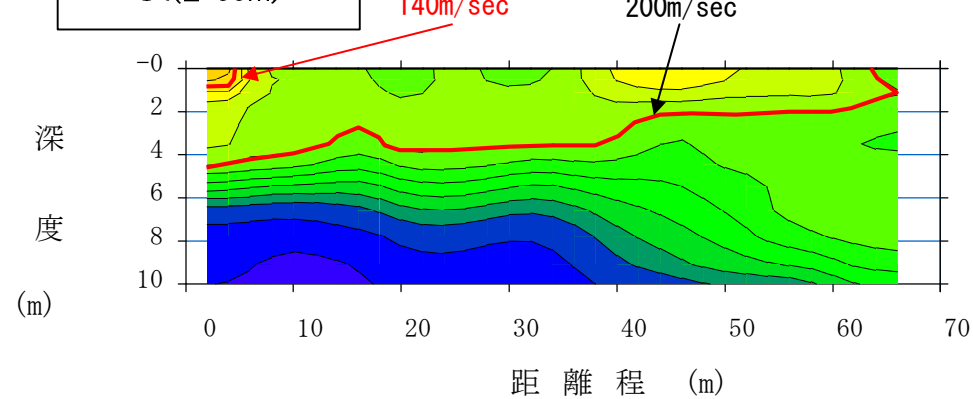
【速度層断面 平面配置図】



S3(L=23m)

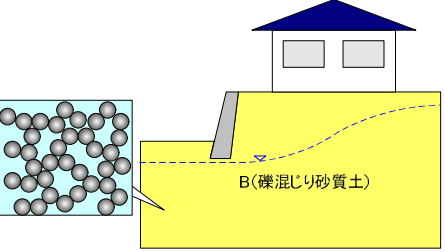
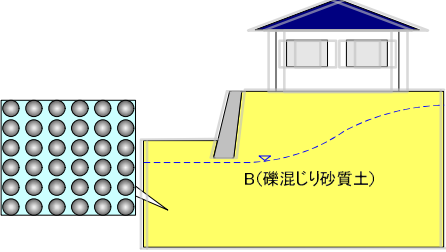
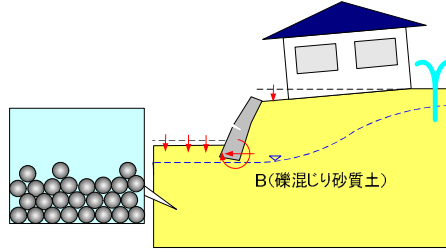


S4(L=65m)

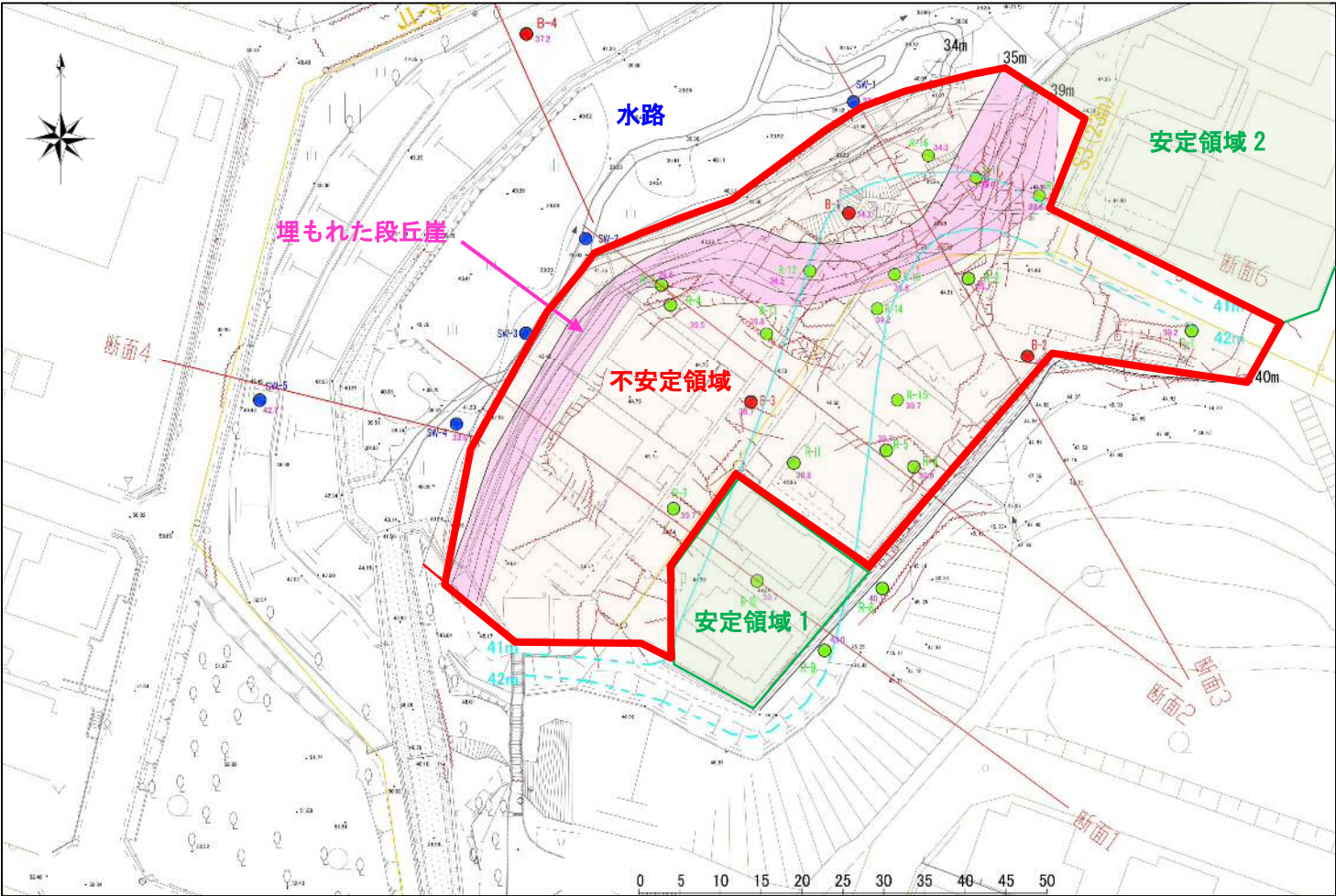


噴砂が確認されたり、変状が著しい箇所は速度値は 140m/sec 未満の領域と考えられる。
R-1, R-7, B-3 より盛土と地山の境界部は $V_s=180\sim240$ m/sec 以上と考えられる
北東部は R-1 より 200m/sec 以上の領域が地山と考えられる。

4. 変状メカニズム

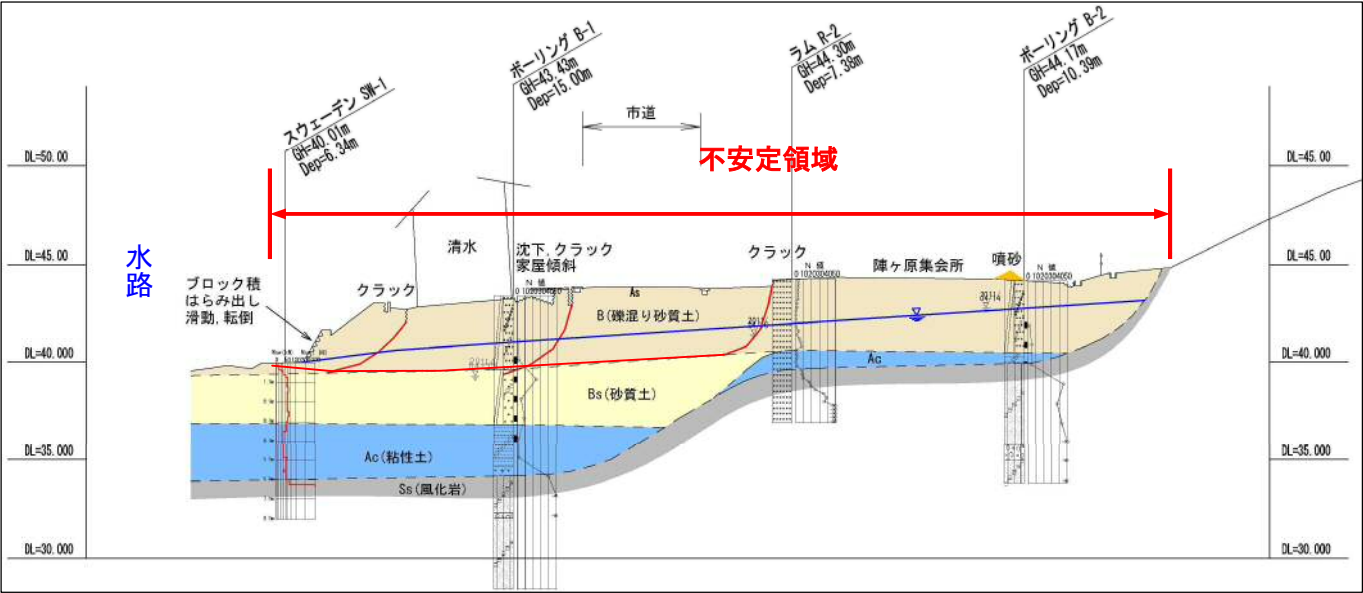
平成 23 年度 検討内容	平成 24 年度 検討内容												
<p>本地区の変状は、盛土地盤の液状化による地盤の側方流動・沈下及び調整池側の擁壁の転倒等が複合した変状である。</p> <p>液状化の発生には盛土材料・強度と地下水が深くかかわっていることから、本地区の地盤と地下水の状況を以下に示す。</p> <p>本地区の地盤は古地形図や造成前の空中写真から古い沼地を盛土により造成して作られており、現在の調整池はその一部に該当する。造成に使用された盛土材料は、主に礫混り砂質土で構成される。盛土の N 値は 2〜3 を主体とし、礫分を含む深度では 10 程度を確認したものの局所的である。一方、地下水位は盛土内に存在することを地質調査により確認した。また、調整池側の斜面は比高約 4m で勾配が約 45° である。</p> <p>本地区の変状は地震に起因して発生しており、変状のメカニズムは以下のように推察される。</p> <p>今回の地震動は、震度 6 弱と大きく、継続時間も長かった。このため、盛土内の地下水位以深において過剰間隙水圧が発生し、盛土は液状化した。調整池側の擁壁基礎は液状化により支持力を失い、滑動やはらみ出し(折れ曲がり)が生じた。続いて盛土が液状化により流動化したため、宅地内には沈下、段差やすべり破壊といった変状が発生し、その変状は徐々に丘陵地側に向けて拡大した。</p> <table><tr><td>素因</td><td><ul style="list-style-type: none">盛土材料は礫混り砂質土、N 値は 2〜3 を主体とし、非常に緩い状態であった。盛土内に地下水が存在した。調整池側の斜面は比高約 4m で勾配が約 45° であった。</td></tr><tr><td>誘因</td><td><ul style="list-style-type: none">最大震度 6 弱（仙台市泉区、2011 年 3 月 11 日）継続時間の長い地震動。</td></tr></table> <p>↓</p> <table><tr><td>変状発生</td><td><ul style="list-style-type: none">継続時間の長い地震動により、過剰間隙水圧が発生した。盛土の液状化により、擁壁基礎の支持力が失われた。擁壁の変状に伴って、液状化した盛土が側方に流動した。</td></tr></table> <p>当該地では、概ね次の変状メカニズムが想定される。</p> <ol style="list-style-type: none">地震動により谷側の盛土材料が液状化し、擁壁基礎の支持力が失われた。擁壁は支持力を失い、滑動・はらみ出し(折れ曲がり)を生じた。盛土の流動化により擁壁背後の地盤には沈下、段差やすべり破壊が発生した <div><div><p>○地震前</p><p>砂粒子がかみ合い安定している。</p></div><div><p>○地震時</p><p>砂粒子のかみ合いがはずれた状態。過剰間隙水圧が発生した。</p></div><div><p>○地震後</p><p>過剰間隙水圧の発生に伴って、盛土 B（礫混じり砂質土）は支持力を失い、擁壁は滑動、転倒し、背後の地盤には沈下、すべり破壊が生じた。</p></div></div>	素因	<ul style="list-style-type: none">盛土材料は礫混り砂質土、N 値は 2〜3 を主体とし、非常に緩い状態であった。盛土内に地下水が存在した。調整池側の斜面は比高約 4m で勾配が約 45° であった。	誘因	<ul style="list-style-type: none">最大震度 6 弱（仙台市泉区、2011 年 3 月 11 日）継続時間の長い地震動。	変状発生	<ul style="list-style-type: none">継続時間の長い地震動により、過剰間隙水圧が発生した。盛土の液状化により、擁壁基礎の支持力が失われた。擁壁の変状に伴って、液状化した盛土が側方に流動した。	<p>本地区の変状は、盛土地盤の液状化による地盤の側方流動・沈下及び調整池側の擁壁の転倒等が複合した変状 内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊に起因したものである。</p> <p>盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊液状化の発生には盛土材料・強度と地下水が深くかかわっていることから、本地区の地盤と地下水の状況を以下に示す。</p> <p>本地区の地盤は古地形図や造成前の空中写真から古い沼地や段丘部を盛土により造成して作られており、現在の調整池水路はその一部に該当する。また、調査結果から盛土により埋もれた段丘崖が存在する。造成に使用された盛土材料は、主に礫混り砂質土で構成される。盛土の N 値は 2〜3 を主体とし、礫分を含む深度では 10 程度を確認したものの局所的である。一方、地下水位は盛土内に存在する（特に断面 3 周辺では高い）ことを地質調査により確認した。また、調整池水路側の斜面は比高約 4m で勾配が約 45° である。より、北西側に開放した斜面である。</p> <p>本地区の変状は地震に起因して発生しており、変状のメカニズムは以下のように推察される。</p> <p>今回の地震動は、震度 6 弱と大きく、継続時間も長かった。このため、盛土内の地下水位以深において過剰間隙水圧が発生し、盛土は液状化した。調整池水路側の擁壁基礎は液状化により支持力を失い、滑動やはらみ出し(折れ曲がり)が生じた。続いて盛土が液状化により流動化したため、宅地内には沈下、段差やすべり破壊といった変状が発生し、その変状は徐々に丘陵地側に向けて拡大した。この時、北西向き斜面及び埋もれた段丘崖周辺で変状が大きくなったと考えられる。このように水路の存在により北西部側が開放されていたため、盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊が発生し、被害が大きくなった。</p> <table><tr><td>素因</td><td><ul style="list-style-type: none">盛土材料は礫混り砂質土、N 値は 2〜3 を主体とし、非常に緩い状態であった。盛土内に地下水が存在した。調整池水路側の斜面は比高約 4m で勾配が約 45° であった。</td></tr><tr><td>誘因</td><td><ul style="list-style-type: none">最大震度 6 弱（仙台市泉区、2011 年 3 月 11 日）継続時間の長い地震動。</td></tr></table> <p>↓</p> <table><tr><td>変状発生</td><td><ul style="list-style-type: none">継続時間の長い地震動により、過剰間隙水圧が発生した。盛土の液状化により、擁壁基礎の支持力が失われた。擁壁の変状に伴って、液状化した盛土が側方に流動した。</td></tr></table> <p>当該地では、概ね次の変状メカニズムが想定される。</p> <ol style="list-style-type: none">地震動により谷側の盛土材料が液状化し、擁壁基礎の支持力が失われた。擁壁は支持力を失い、滑動・はらみ出し(折れ曲がり)を生じた。盛土の北西側への流動化により擁壁背後の地盤には沈下、段差やすべり破壊が発生した。また、北西向き斜面及び埋れた段丘崖周辺で変状が大きくなった。 <p>なお、公園側 2 戸や陣ヶ原集会所の北東側では被害が小さい。公園側 2 戸については地下水位が低いのに加え水路側の斜面および埋もれた段丘崖から離れているため、盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊が発生しなかったとともにその影響が少なかったと考えられる。陣ヶ原集会所の北東側では、埋もれた段丘崖に接しているが、変状が著しい地区に比較して V s の速度が速いとともに、180m/sec 以上の安定地盤が広く分布している。この地区も変状がなく盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊は発生していない。</p>	素因	<ul style="list-style-type: none">盛土材料は礫混り砂質土、N 値は 2〜3 を主体とし、非常に緩い状態であった。盛土内に地下水が存在した。調整池水路側の斜面は比高約 4m で勾配が約 45° であった。	誘因	<ul style="list-style-type: none">最大震度 6 弱（仙台市泉区、2011 年 3 月 11 日）継続時間の長い地震動。	変状発生	<ul style="list-style-type: none">継続時間の長い地震動により、過剰間隙水圧が発生した。盛土の液状化により、擁壁基礎の支持力が失われた。擁壁の変状に伴って、液状化した盛土が側方に流動した。
素因	<ul style="list-style-type: none">盛土材料は礫混り砂質土、N 値は 2〜3 を主体とし、非常に緩い状態であった。盛土内に地下水が存在した。調整池側の斜面は比高約 4m で勾配が約 45° であった。												
誘因	<ul style="list-style-type: none">最大震度 6 弱（仙台市泉区、2011 年 3 月 11 日）継続時間の長い地震動。												
変状発生	<ul style="list-style-type: none">継続時間の長い地震動により、過剰間隙水圧が発生した。盛土の液状化により、擁壁基礎の支持力が失われた。擁壁の変状に伴って、液状化した盛土が側方に流動した。												
素因	<ul style="list-style-type: none">盛土材料は礫混り砂質土、N 値は 2〜3 を主体とし、非常に緩い状態であった。盛土内に地下水が存在した。調整池水路側の斜面は比高約 4m で勾配が約 45° であった。												
誘因	<ul style="list-style-type: none">最大震度 6 弱（仙台市泉区、2011 年 3 月 11 日）継続時間の長い地震動。												
変状発生	<ul style="list-style-type: none">継続時間の長い地震動により、過剰間隙水圧が発生した。盛土の液状化により、擁壁基礎の支持力が失われた。擁壁の変状に伴って、液状化した盛土が側方に流動した。												

5. 変状メカニズムおよび宅地の評価

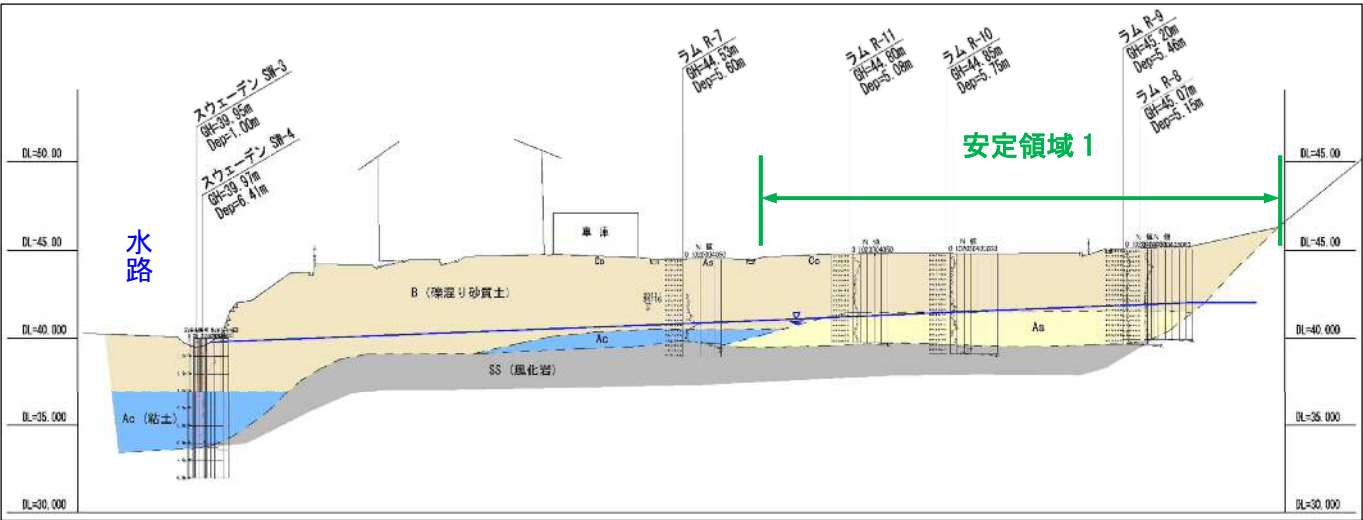


		不安定領域	安定領域 1	安定領域 2
特徴	地形形状	<ul style="list-style-type: none">沼地および段丘部を埋土して作られた造成地背後に切土斜面が存在水路（沼地）側に旧段丘崖が存在地形勾配は平坦（水路沿いの斜面（開放側）は除く）	<ul style="list-style-type: none">沼地および段丘を埋土して作られた造成地背後に切土斜面が存在地形勾配は平坦（水路沿いの斜面（開放側）以外）	<ul style="list-style-type: none">沼地および段丘を埋土して作られた造成地水路（沼地）側に旧段丘崖が存在地形勾配は平坦（水路沿いの斜面（開放側）以外）
	盛土材料の性状	<ul style="list-style-type: none">礫混りの砂質土主体N 値は 0～12 程度を示すが、2 前後を主体とする。層厚 4～7m 程度	<ul style="list-style-type: none">礫混りの砂質土および粘性土他に比べて不均質N 値は 0～10 程度を示すが、2 前後を主体とする層厚約 3.5m	<ul style="list-style-type: none">礫混りの砂質土主体N 値は不明層厚 5m 程度（表面波より推定）
	地下水位	<ul style="list-style-type: none">地下水位≒GL-1.4m（標高 40～43m）高い	<ul style="list-style-type: none">地下水位≒GL-3.4m（標高 41～42m）低い	<ul style="list-style-type: none">地下水位≒GL-4m（標高 41m）低い
	被害状況	<ul style="list-style-type: none">盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊より、変状が顕著に見られる。噴砂が確認される	<ul style="list-style-type: none">地震の揺れに伴う宅地の被害は少しみられる。	<ul style="list-style-type: none">宅地被害なし
評価		<div>× 現地再建は困難である</div> <ul style="list-style-type: none">地下水位が高く、盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊が発生し、滑動崩壊に至った不安定な地盤である地盤改良および地下水低下工により対策を検討したが、地盤改良による透水性の悪化および集水地形により地下水位低下工の効果が不確実であることから、宅地地盤の将来的な安定性の確保が困難である。	<div>○ 現地定住は可能である</div> <ul style="list-style-type: none">地下水位が低いとともに埋もれた段丘崖から離れており、盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊の発生がなかったとともに影響が及ばない領域。生活道路の確保として、市道の補修及び地盤改良工が必要とされる。	<div>○ 現地定住は可能である。</div> <ul style="list-style-type: none">著しく変状した範囲で認められる Vs=140m/sec 以下の速度層がほとんど分布しないとともに 180m/sec 以上の速度層が広く分布。対策工は不要。
宅地としての適切性		宅地地盤の将来的な安定性の確保は困難な区域	宅地地盤に被害が認められない区域	宅地地盤に被害が認められない区域

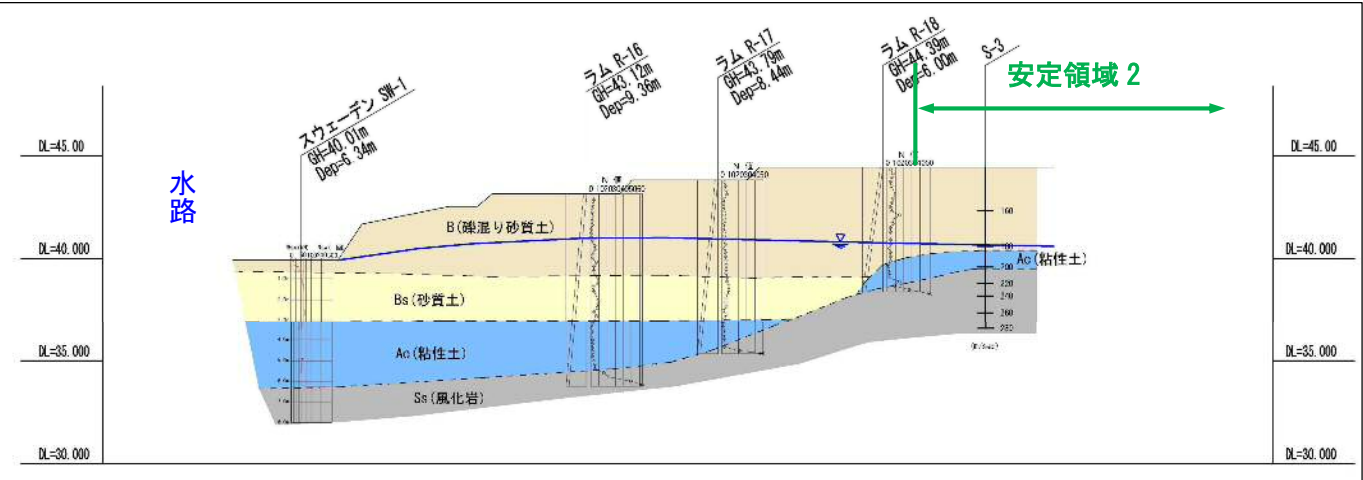
不安定領域 断面-3



安定領域 1 断面-1



安定領域 2 断面-6

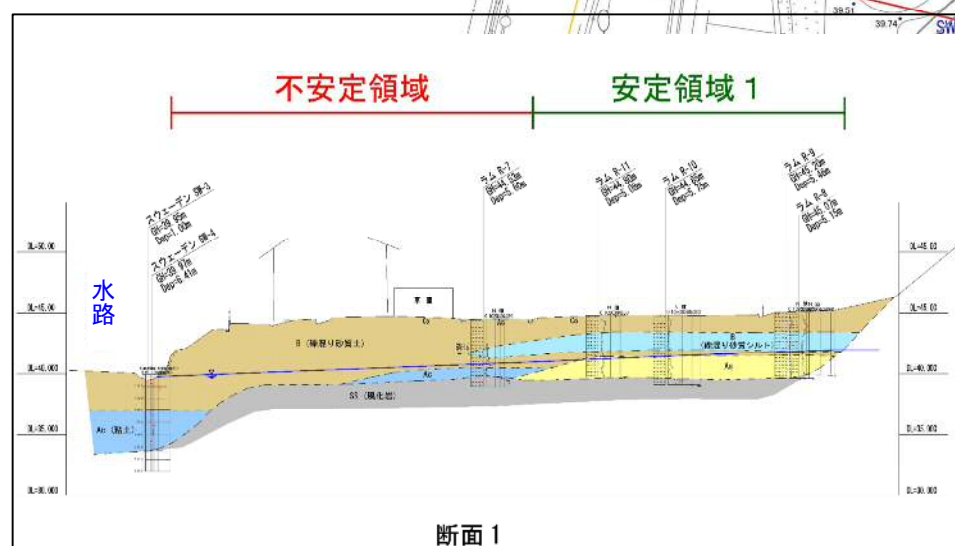
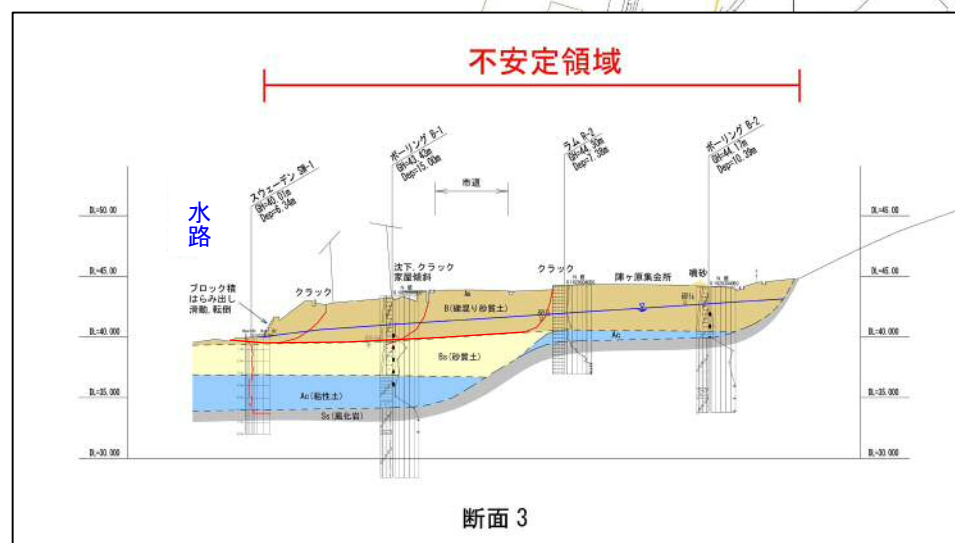
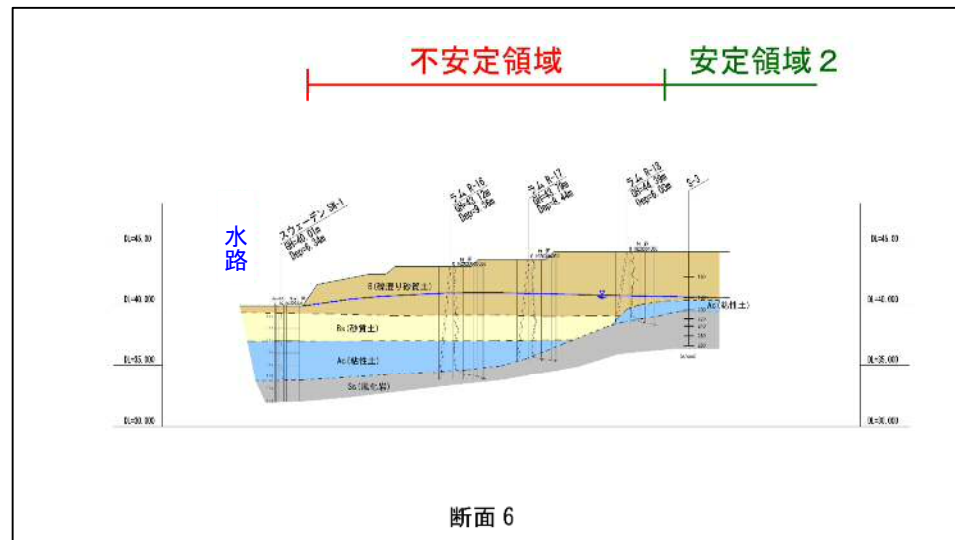


■不安定領域における変状メカニズム

- ・地震動により谷側の盛土材料が液状化し、擁壁基礎の支持力が失われた。
 - ・擁壁は支持力を失い、滑動・はらみ出し(折れ曲がり)を生じた。
 - ・盛土の北西側への流動化により擁壁背後の地盤には沈下、段差やすべり破壊が発生した。
- また、北西向き斜面及び埋れた段丘崖周辺で変状が大きくなった。

■安定領域の状況

- ・安定領域 1 では地下水位が低いのに加え埋もれた段丘崖から離れているため、盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊が発生しなかったとともにその影響が少なかったと考えられる。
 - ・安定領域 2 では、埋もれた段丘崖に接しているが、変状が著しい地区に比較して V_s の速度が速いとともに、180m/sec 以上の安定地盤が広く分布していると考えられる。
- この地区は変状がなく盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊は発生していない。



6. 対策方針

平成 23 年度検討内容	平成 24 年度検討内容
<p>地区を宅地として復旧させるためには、盛土地盤の液状化対策を行うとともに、沼地側に宅地盛土部を支える擁壁の再構築が必要となる。また、宅地南側に位置する盛土斜面の安定化も必要となる。液状化に対する対策工法としては、液状化が発生しないように盛土材の強度を増加させる地盤改良工法と地下水排水工法が考えられる。</p> <p>【説明】</p> <p>被災した沼地側の宅地では、基礎に柱状の地盤改良を採用し、その上にベタ基礎を配置した構造となっており、地盤の悪さを認識した基礎構造となっていた。建物の構造的被害は外観上見られないが、宅地地盤が側方にも変形した。復旧のためには地盤改良が不可欠である。</p> <p>擁壁の再構築</p> <p>地下水水位以下のB（礫混じり砂質土）についてはかなりの部分を地盤改良する必要がある。表層部については、撤去し良質材に置き換えることも良い。</p> <p>地盤改良すると地下水が上昇すると考えられるので、山側には明暗渠、置き換えた良質材の下部には暗渠工を設け、周囲などからの流入水を速やかに排水し、地下水の上昇を防止する。</p> <p>擁壁の再構築</p> <p>地盤改良・盛土の再構築</p> <p>暗渠工・明暗渠工</p> <p>【付帯意見】</p> <p>本地区においては、沢部に面した擁壁の倒壊と盛土の砂質土の液状化現象により大きな変状が生じた。このため、平成 23 年度は、大規模な土質改良と擁壁の設置を対策工法として提案している。本地区においては、これらの対策工法に要する経費は大きなものとなり、便益／費用の観点から、対策工の実施には問題があるものと思われる。また、集水地形であることより、地盤の将来的な安定性の確保は困難であると考えられる。住民の多くが移転を希望しているとのことでもあり、より適切な対処方法は、集団移転等の方法であると考えられる。</p>	<p>盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊に至った不安定領域については、集水地形のため地下水位下工等の効果が不確実のため現地再建は困難であるが、被災を受けた水路に面した擁壁工（ブロック積擁壁）については、水路の保全のために何らかの対策が必要となる。この対策については、勾配を緩くし、法面保護工を行い、滑動やはらみ出し（折れ曲がり）による土砂の水路への流動化を防ぐ方針とする。</p> <p>なお、被災が比較的少ない公園側の家屋が 2 戸残ることなることから、これらの家屋に対する生活用道路の確保が必要となる。生活用道路については、道路直下の地盤が非常に緩い状態のため改良（浅層混合処理ないし置換え）する。</p> <p>水路の保全のために対策必要</p> <p>集水地形であることより、地盤の将来的な安定性の確保は困難であると考えられる。</p> <p>被災を受けたこの市道は生活用道路として利用していることから、この道路を確保する必要がある。</p> <p>水路の保全：法面保護工</p> <p>不安定領域</p> <p>不安定領域</p> <p>市道部の地盤改良工（生活道路の確保）</p> <p>公園</p> <p>【付帯意見に対する対応】</p> <p>不安定領域は地下水位が高く盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊が発生しており、変状が著しい状況にある。このため現地再建の対策を講じたとしても宅地地盤の将来的な安定性の確保が困難なため、この区域に対する滑動崩落対策は実施しない方針とする。ただし、水路に面した擁壁工（ブロック積擁壁）については、水路としての機能を確保するため、法面保護工が必要と判断される。</p> <p>なお、公園側 2 戸への生活用道路の確保が必要である。</p>

參考資料

(1) 平成 23 年度検討 対策工計画 (案)

A 案

■対策工の設置理由と目的

【固結工法（スラリー噴射方式）】

盛土材をセメント改良することにより、盛土材の強度を増加させて、液状化の発生を抑制する対策である。

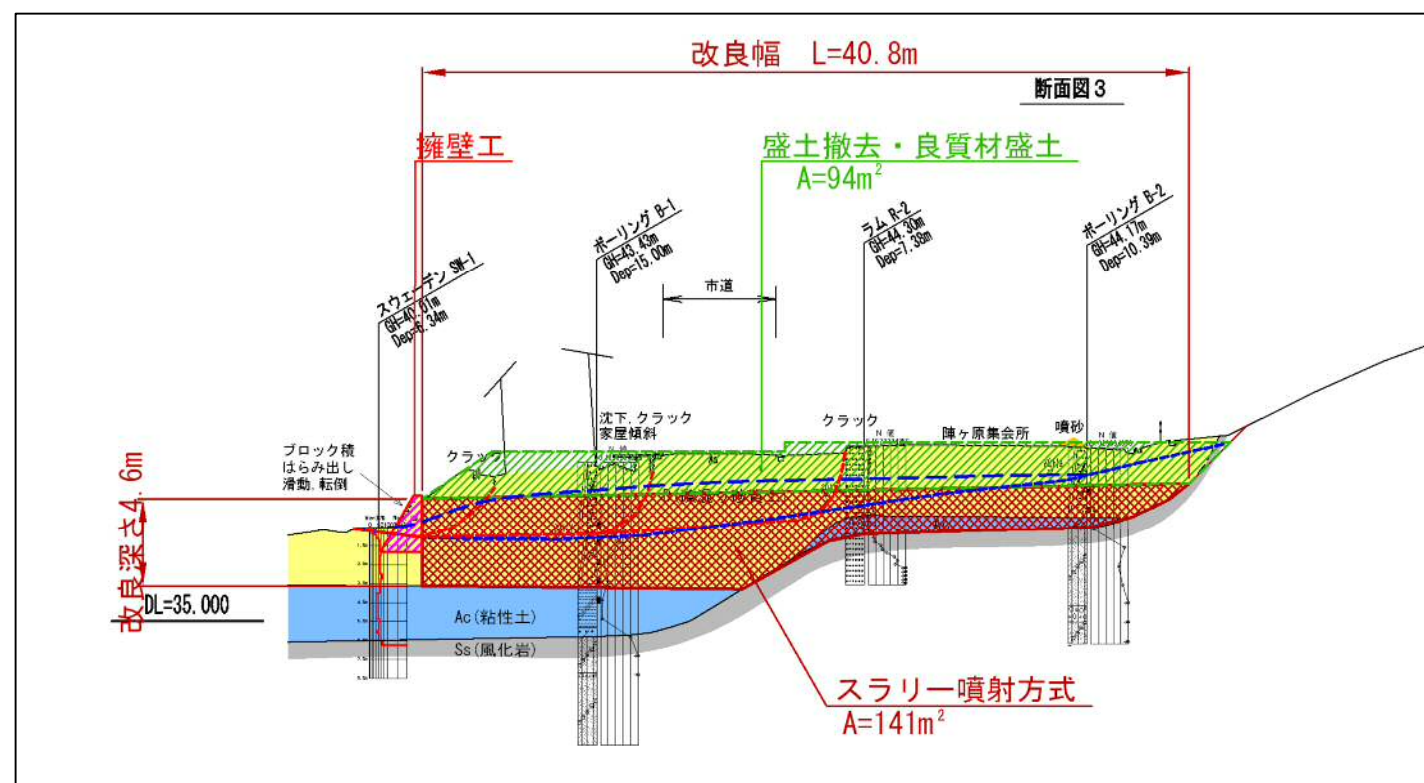
【盛土撤去・良質材盛土】

固結工法の施工基面の整備と、宅盤の基面整正として、強度の低い盛土を撤去・処分し、良質材で盛土を行う対策工である。

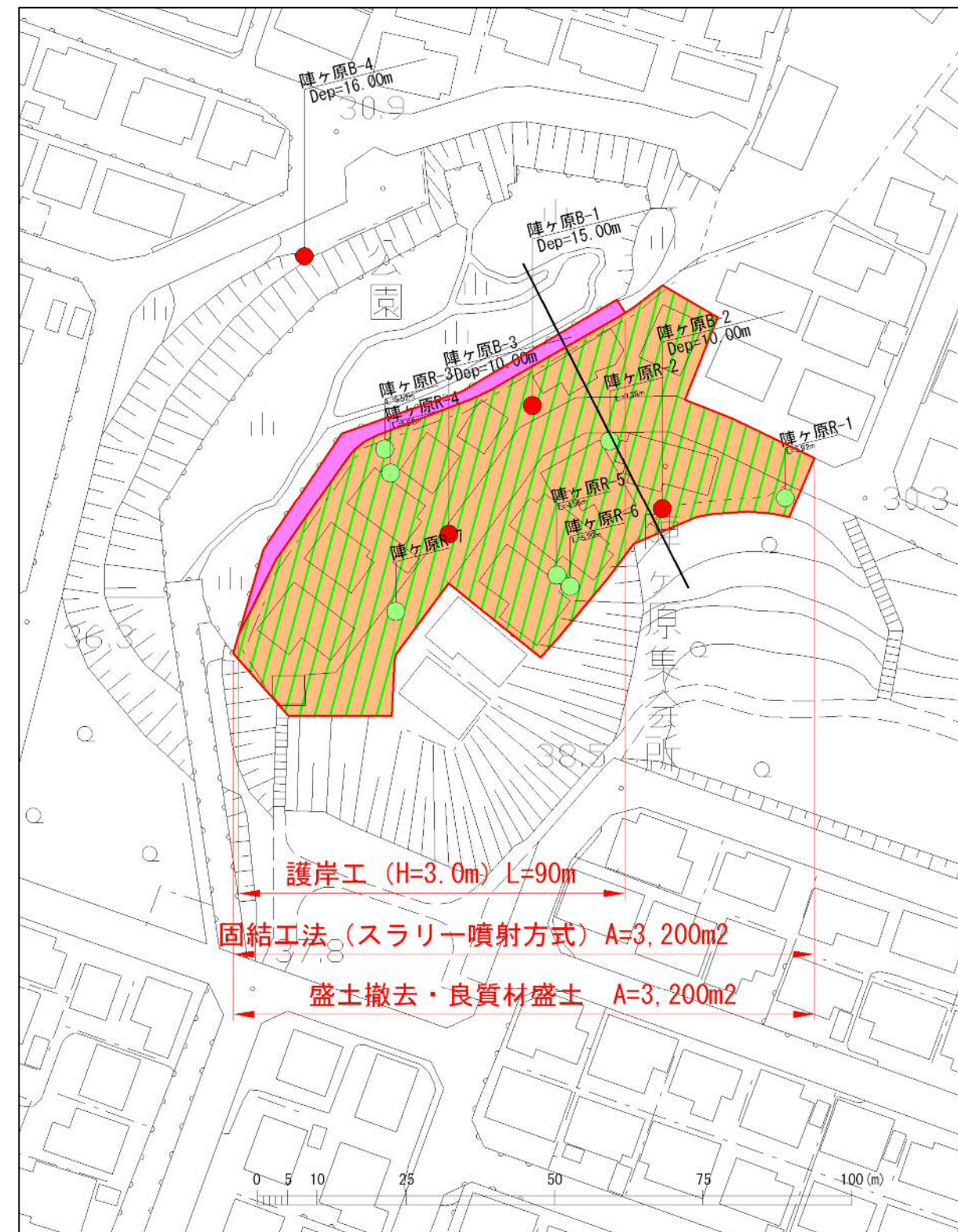
【計画安全率】

常 時 : $F_s = 1.2$

地震時：Fs=1.0



对策工断面図



対策工平面図

B 案

■対策工の設置理由と目的

【静的締め固め工法（SCP 締め固め）】

盛土材にサンドコンパクションパイルを打設することにより、盛土材の強度を増加させて、液状化の発生を抑制する対策である。

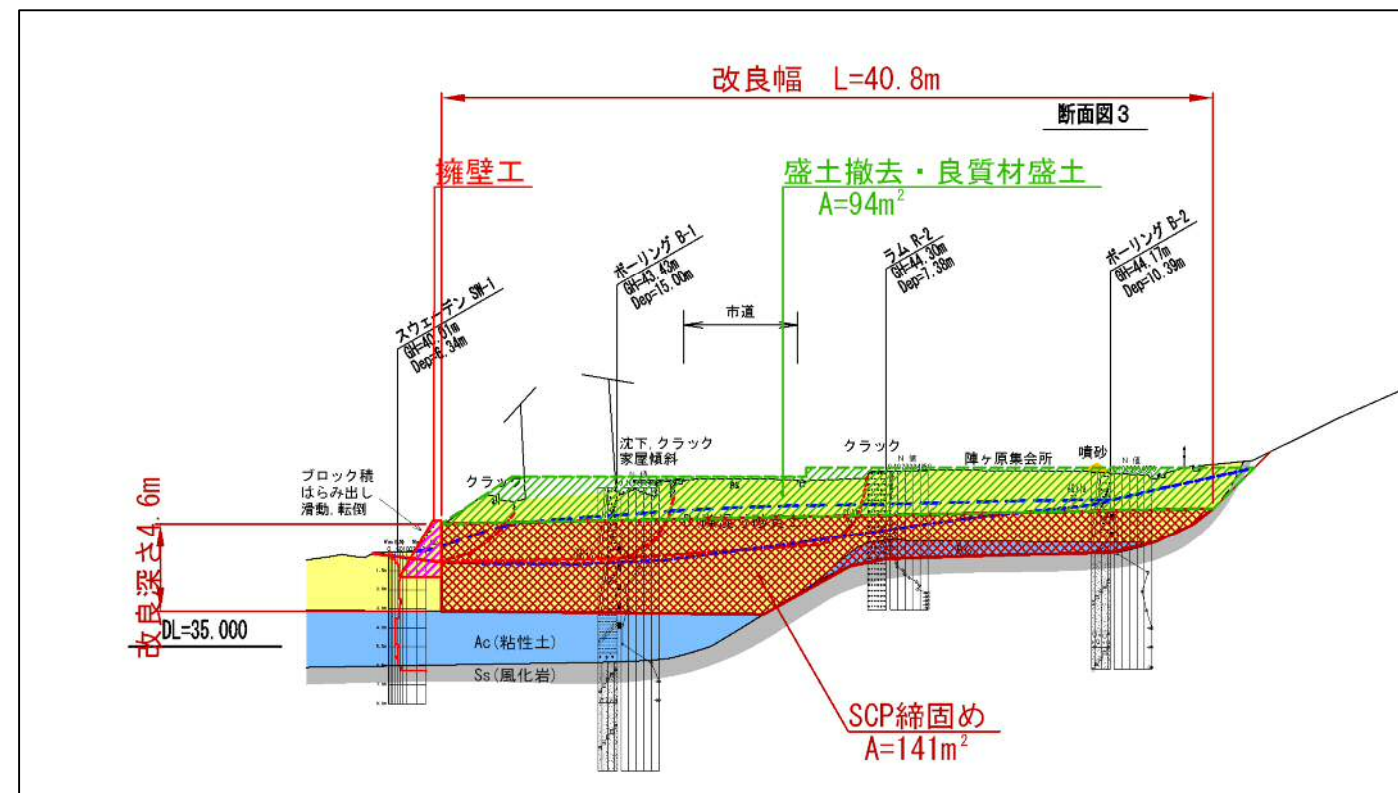
【盛土撤去・良質材盛土】

静的締め固め工法の施工基面の整備と、宅盤の基面整正として、強度の低い盛土を撤去・処分し、良質材で盛土を行う対策である。

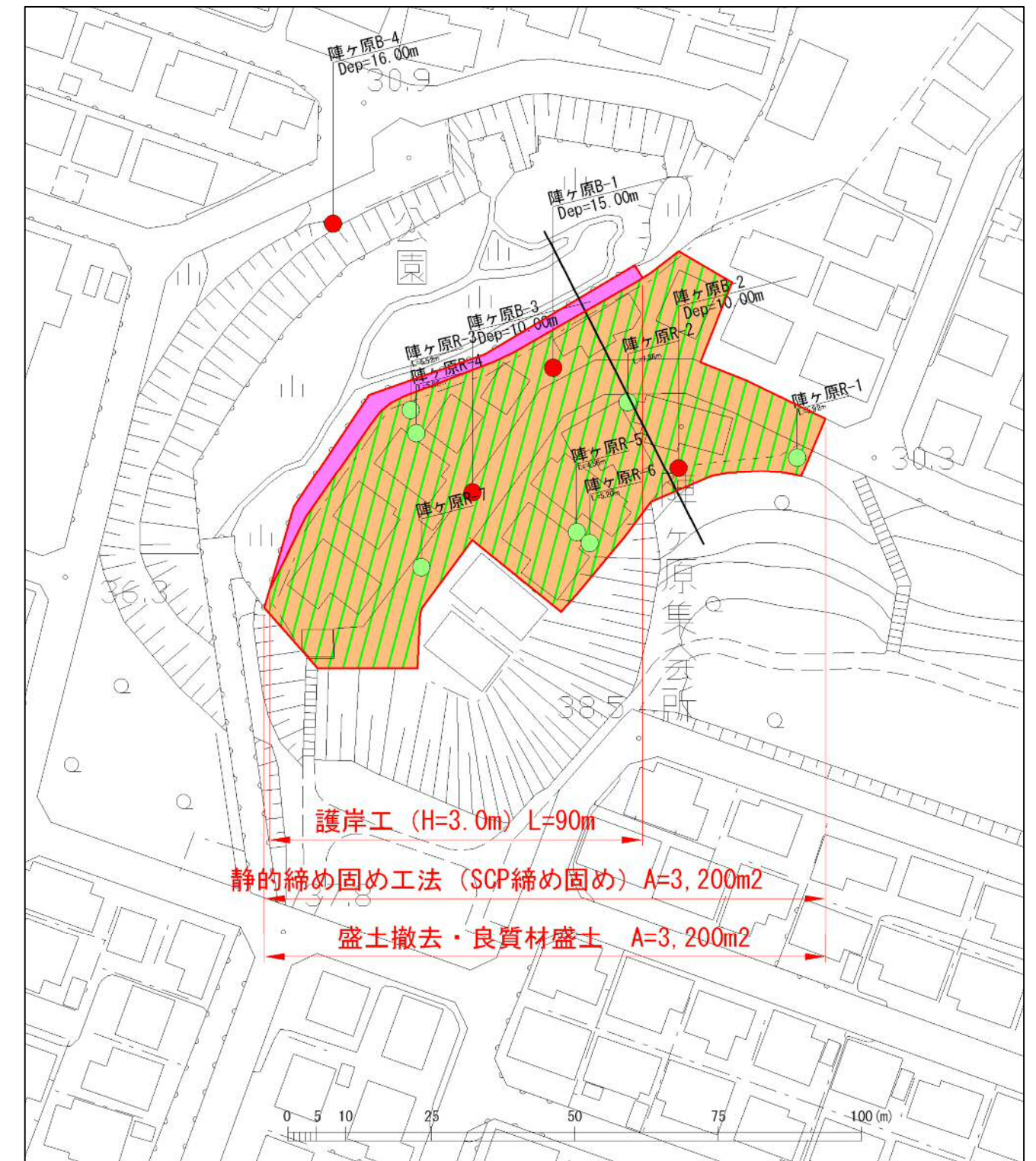
【計画安全率】

常 時 : $F_s = 1.2$

地震時：Fs=1.0



対策工断面図



対策工平面図

C 案

■対策工の設置理由と目的

【固結工法（スラリー噴射方式）】

盛土材をセメント改良することにより、盛土材の強度を増加させて、液状化の発生を抑制する対策である。

【盛土撤去・良質材盛土】

固結工法の施工基面の整備と、宅盤の基面整正として、強度の低い盛土を撤去・処分し、良質材で盛土を行う対策である。

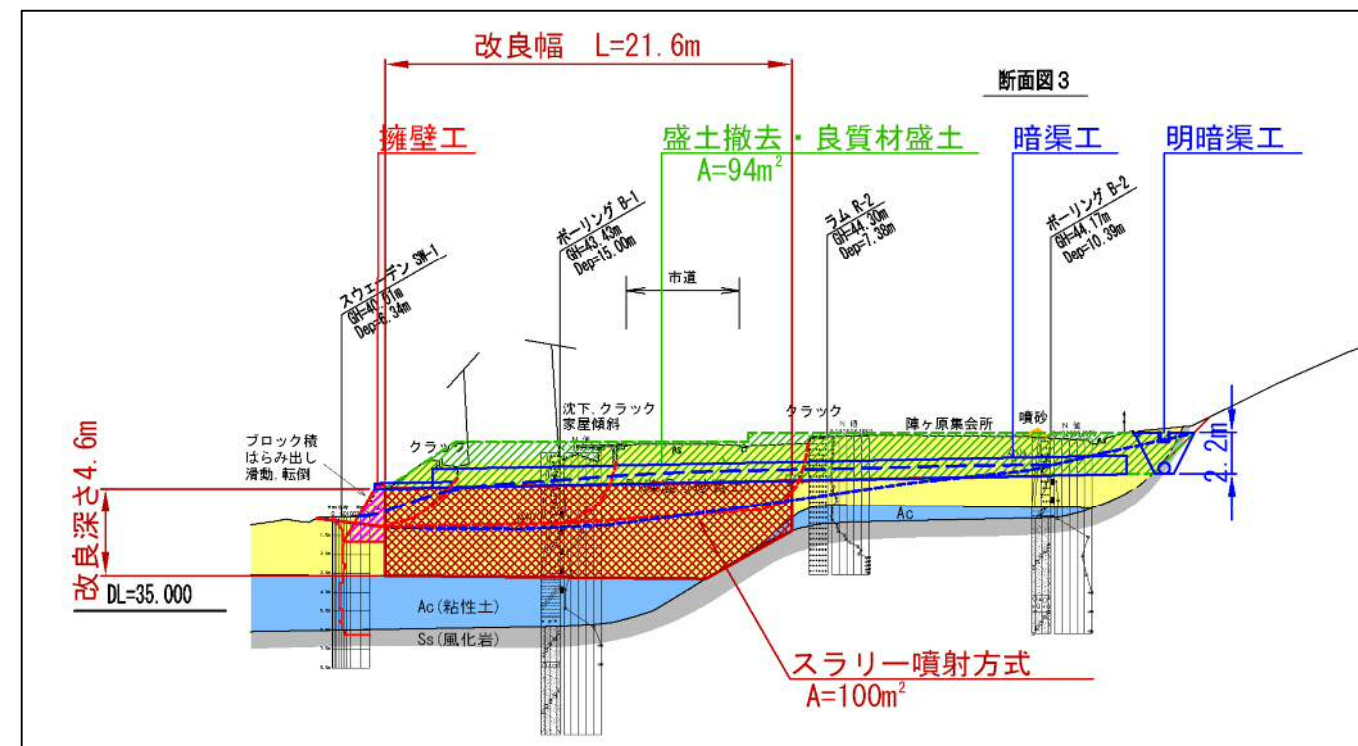
【明暗渠工・暗渠工】

山側から供給される地下水を明暗渠工で排水し、また盛土内に入り込んだ地下水を暗渠工で排水することにより、盛土内の地下水位を低下させ、液状化を抑制する対策である。

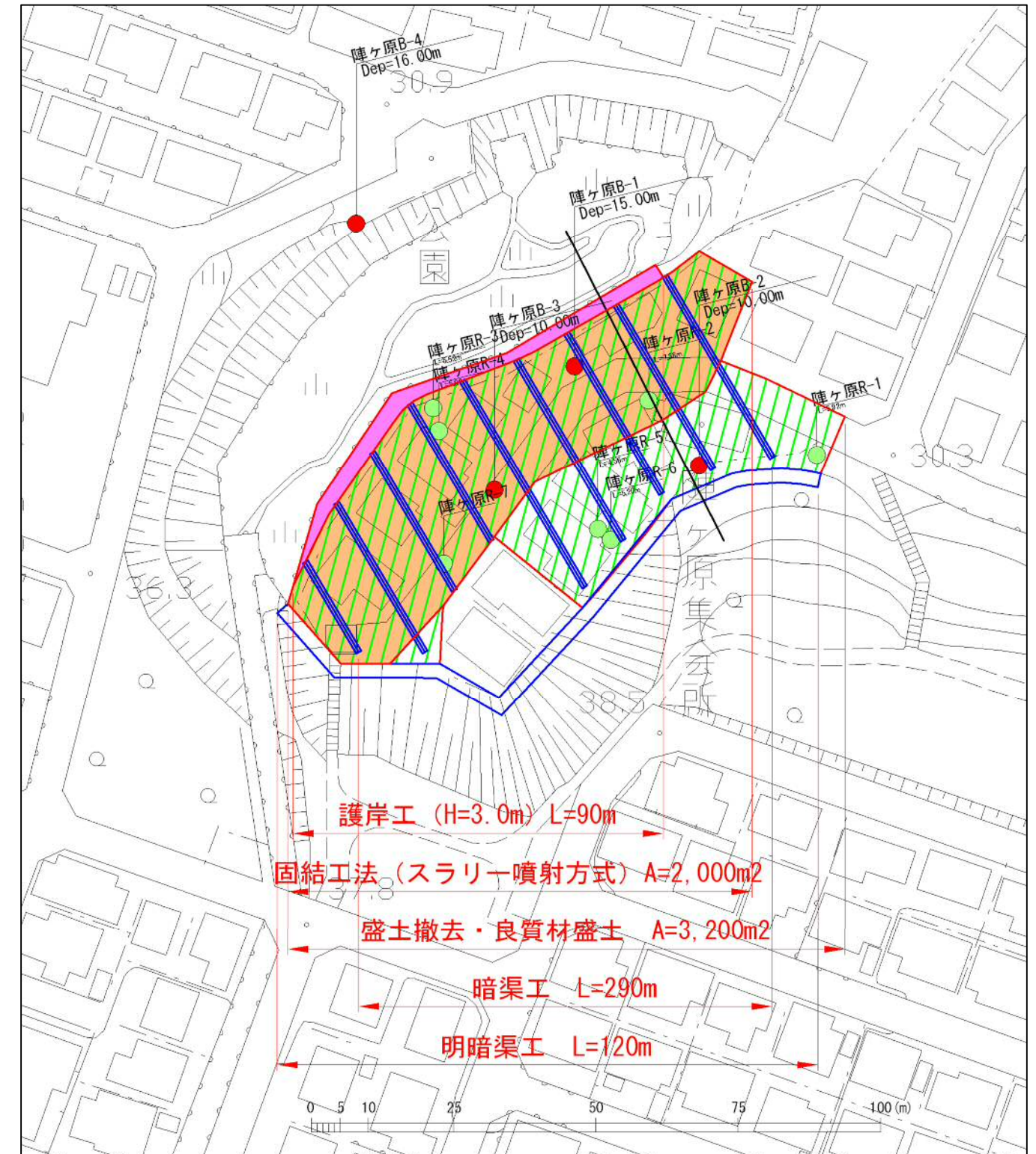
【計画安全率】

常 時 : $F_s=1.2$

地震時 : $F_s=1.0$

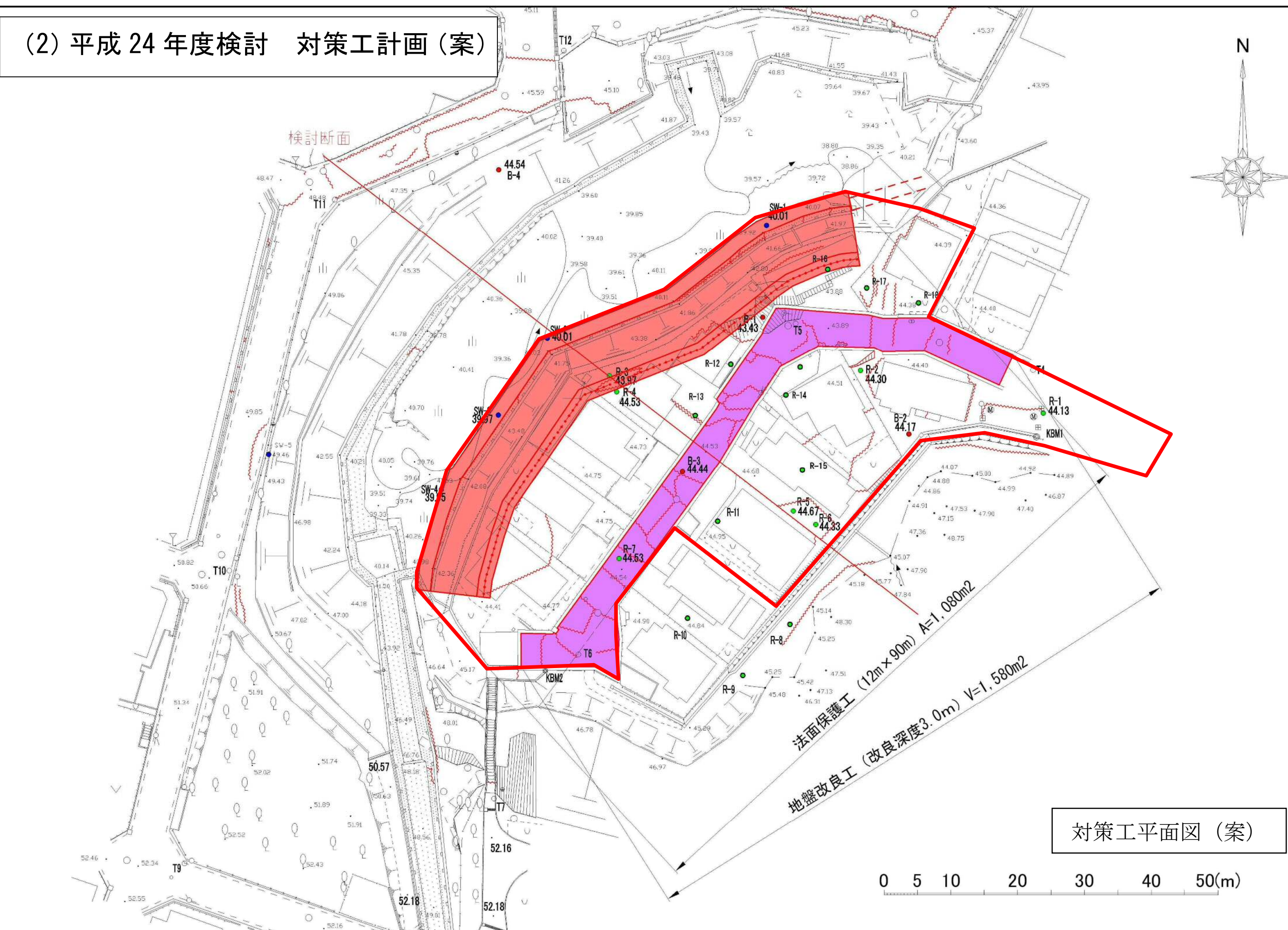


対策工断面図



対策工平面図

(2) 平成 24 年度検討 対策工計画 (案)



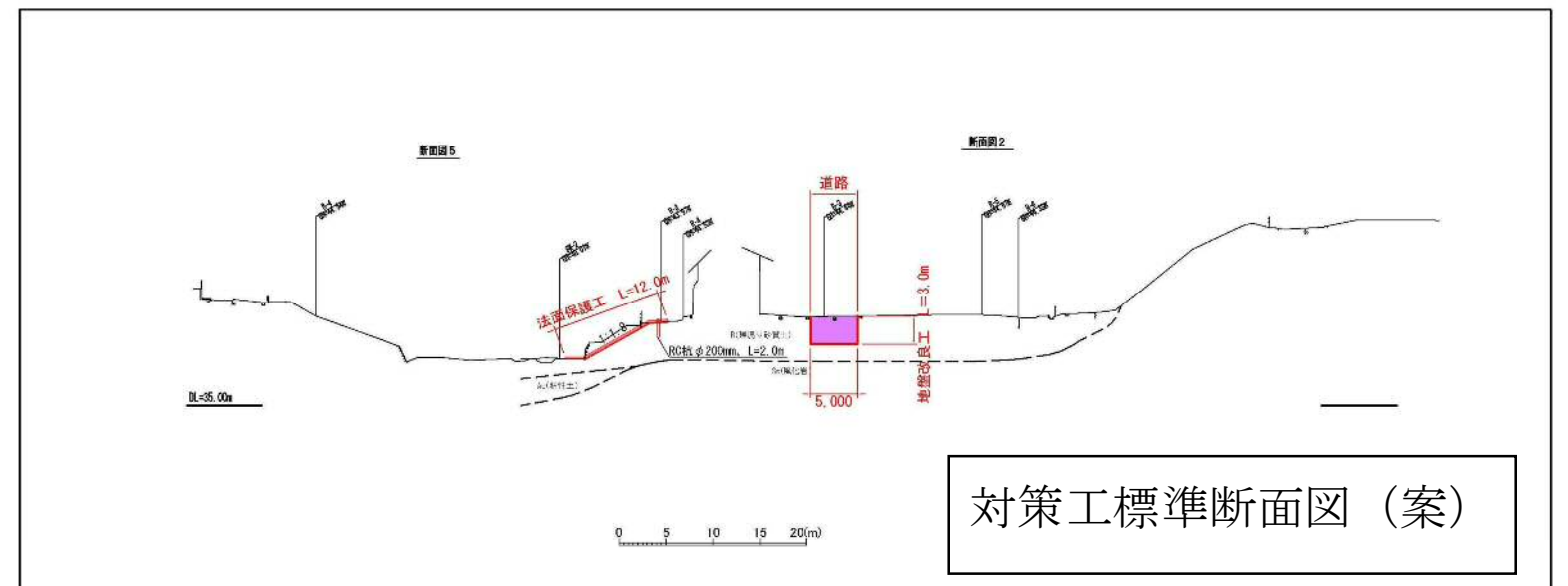
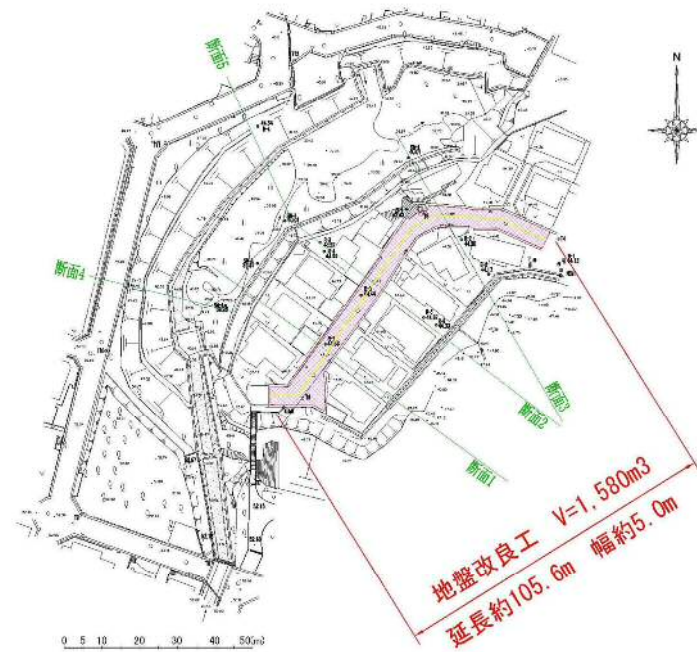
市道縦断（地盤改良工）参考図

対象市道（地盤改良工：改良深度3.0m） $V=A \times B \times W \times L = 1,580\text{m}^3$

$A=B \times L = 316.8\text{m}^2$

35.00m

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50



対策工標準断面図（案）

現地状況写真



写真-1 H23 年度の状況（全景）

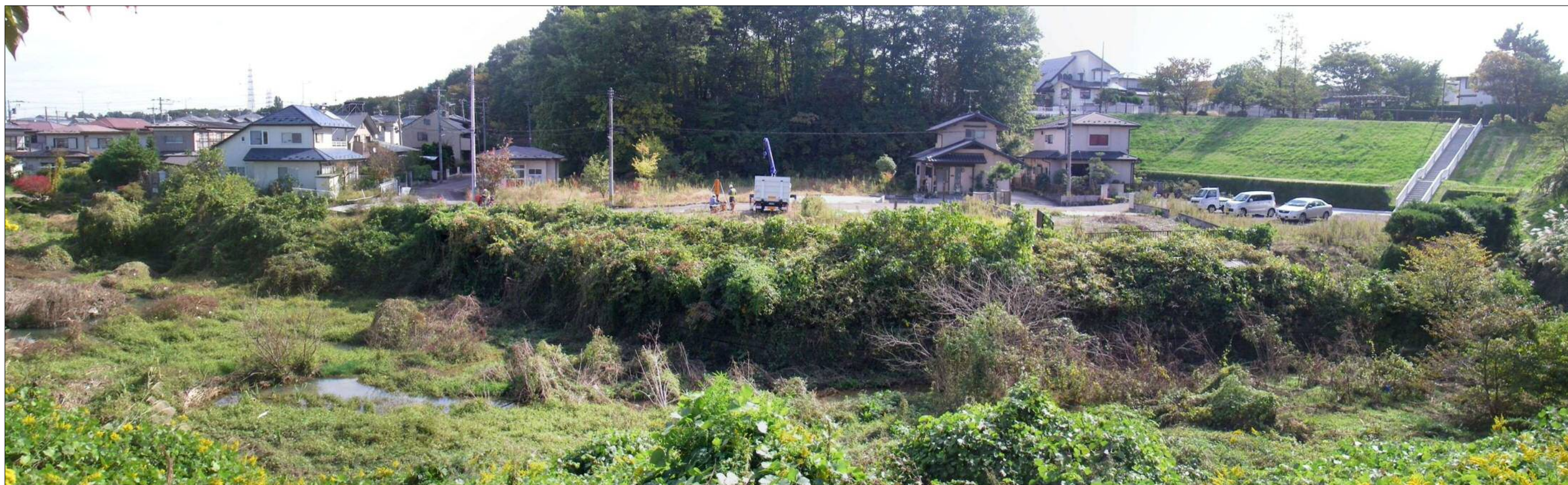


写真-2 H24 年度の状況（全景） 不安定領域の家屋の多くは撤去されている。

【不安定領域の状況】



写真-3 集会所脇で発生した噴砂状況



写真-4 宅盤の変状状況 建物基礎沿いに開口と段差を伴うクラック



写真-5 水路側への移動に伴う段差と開口を伴うクラック



写真-6 流動化に伴う水路側への移動



写真-7 道路に発生した段差（土のうの砂が段差を緩和）

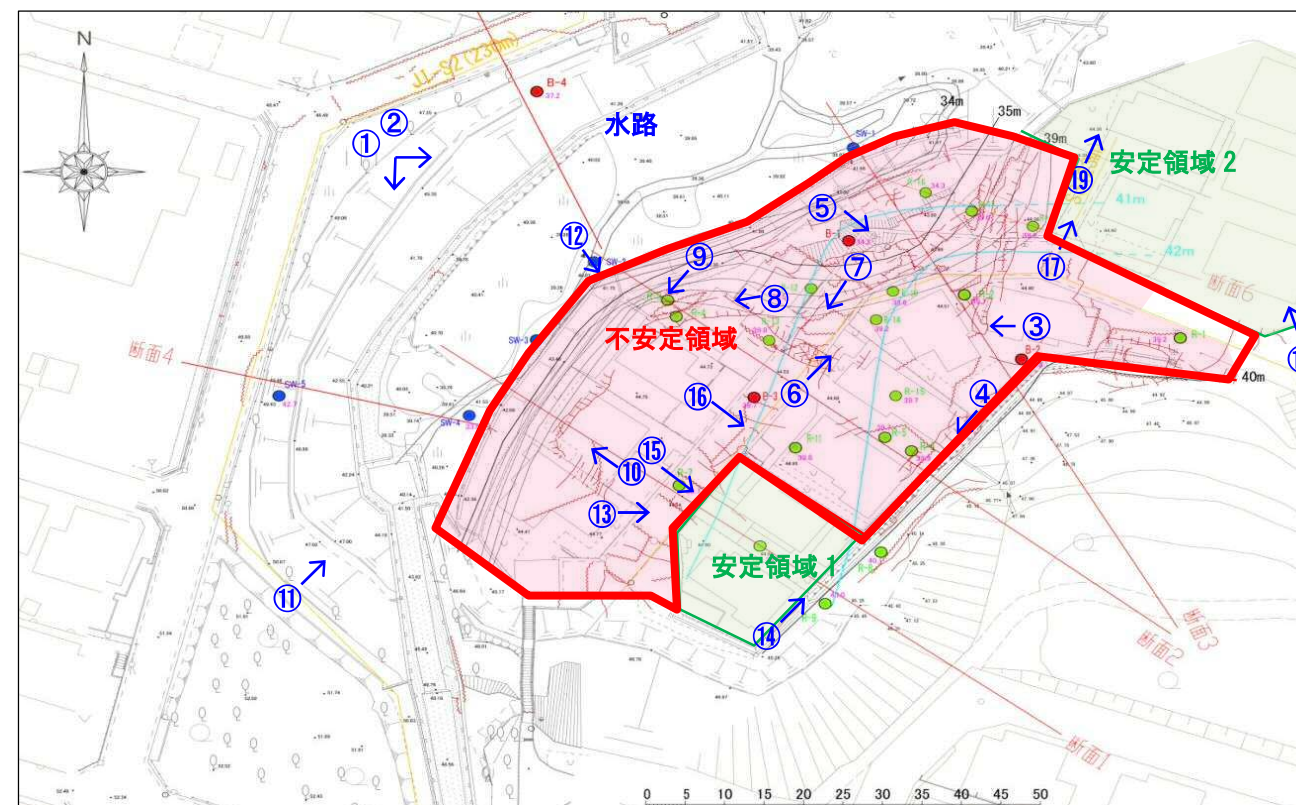


写真-8 液状化と流動化に伴う宅地の宅盤の沈下、杭の露出



写真-9 水路沿いの宅盤の変状状況



写真-10 宅盤に発生した数条の開口クラック



写真-11 水路沿いの擁壁のハラミ出し、水平クラック



写真-12 水路沿いの擁壁のクラック

【安定領域の状況】



写真-13 安定領域 1 に接した不安定領域の変状



写真-14 公園側の宅盤にはほとんど変状なし



写真-15 安定領域 1 の状況

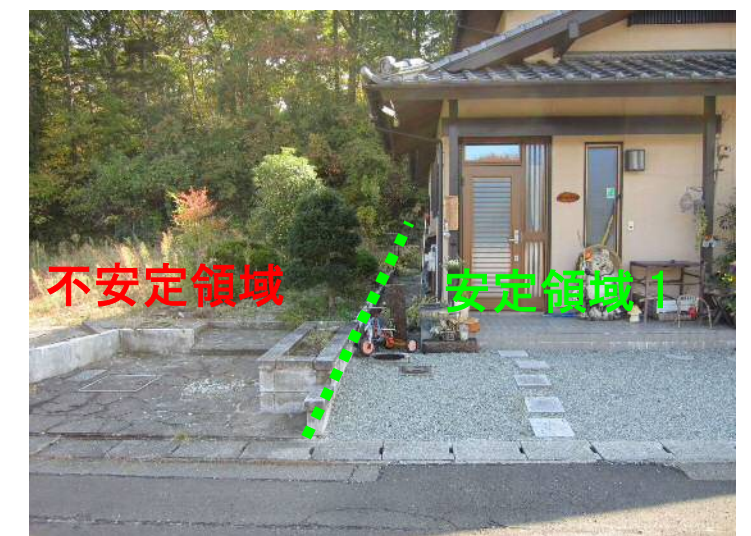
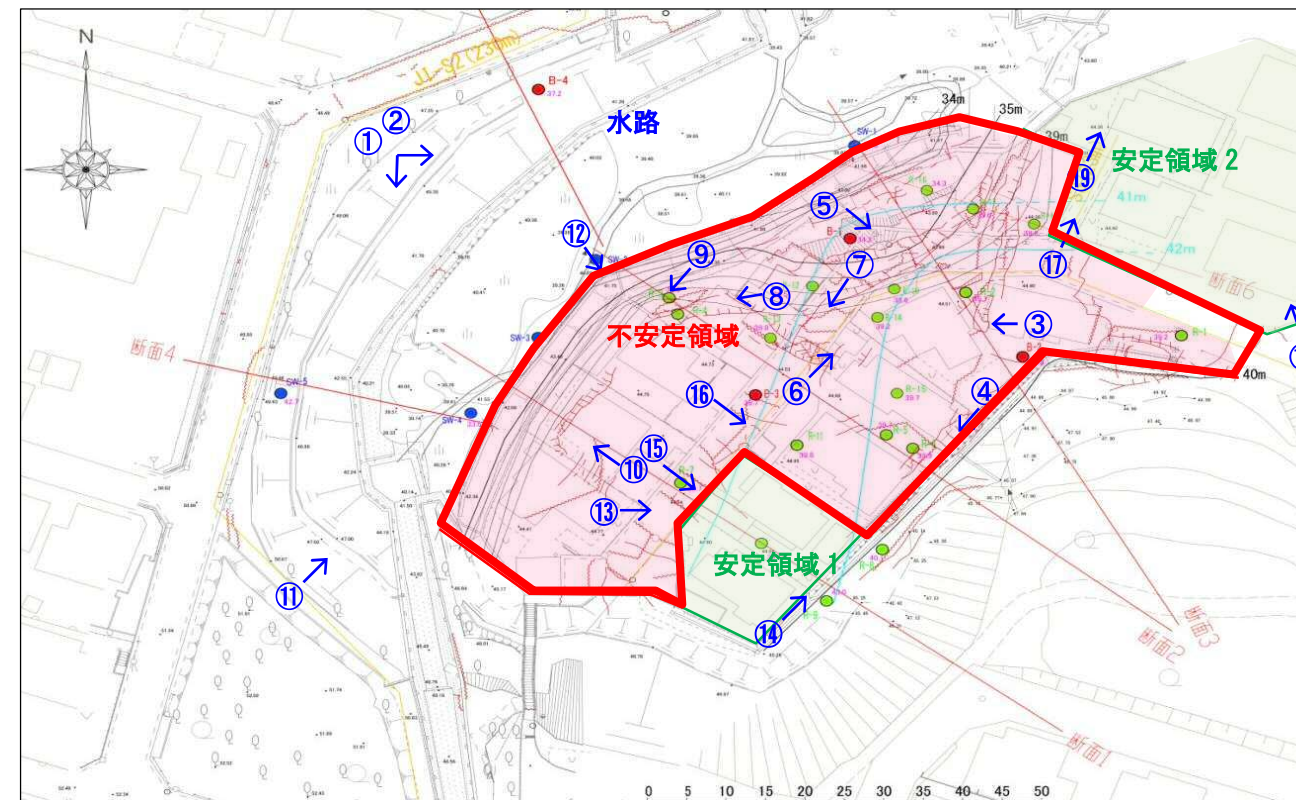


写真-16 不安定領域と安定領域 1 の状況



写真-17 安定領域 2 の状況



写真-18 安定領域 2 の状況



写真-19 安定領域 2 の状況