

被災宅地の復旧検討

「高野原一丁目（南）地区」

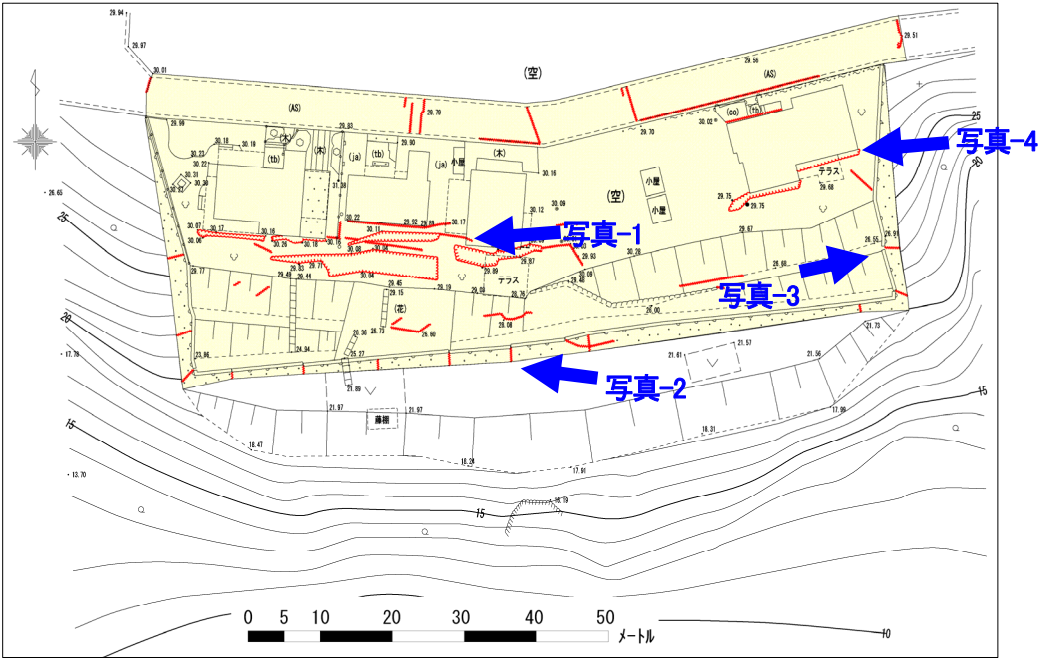
1. 概要書

区 名	青葉区	地区名	高野原一丁目	主な街区	7 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 4,000m ²	宅地数	6 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

当地区の現況の変状は「腹付け盛土」内で発生したもので、幅約 100m の間でコの字状にブロック積擁壁に囲まれた領域である。変状の範囲から A、B ブロックに分けられ、Aブロックは幅 80m、奥行 30m、Bブロックは幅 30m、奥行 30m である。

亀裂は家屋庭先において多段状に発生し、概ね A 測線、B 測線の中心に向かって円弧状にとりまいている。擁壁はブロック積み擁壁で、最も高いところで 6m 以上と高く、A 測線を中心として大きく腹んでおり弓なりになっている。また、向かって右側（東側）の一部は水平クラックがあって座屈している。さらに、擁壁前面地盤に圧縮があり、全体にも若干山側へ傾動している。盛土の N 値は概ね 5 前後のやや軟質な礫混じりシルト～粘土である。これらより当地区の変状メカニズムは、震度 6 弱の地震動により、もとより地震動の揺れの影響を受けやすい凸地形をしたところにおいて、盛土底面付近での円弧状のすべり形成が生じた。このとき、このすべりせん断力に対し末端圧縮の存在から擁壁は基礎を含めて抵抗したものの、それを上回り、「円弧状のすべり」が生じ、その結果家屋を含め庭前から壁部にかけて沈下し多くのの亀裂が発生したと判断される。

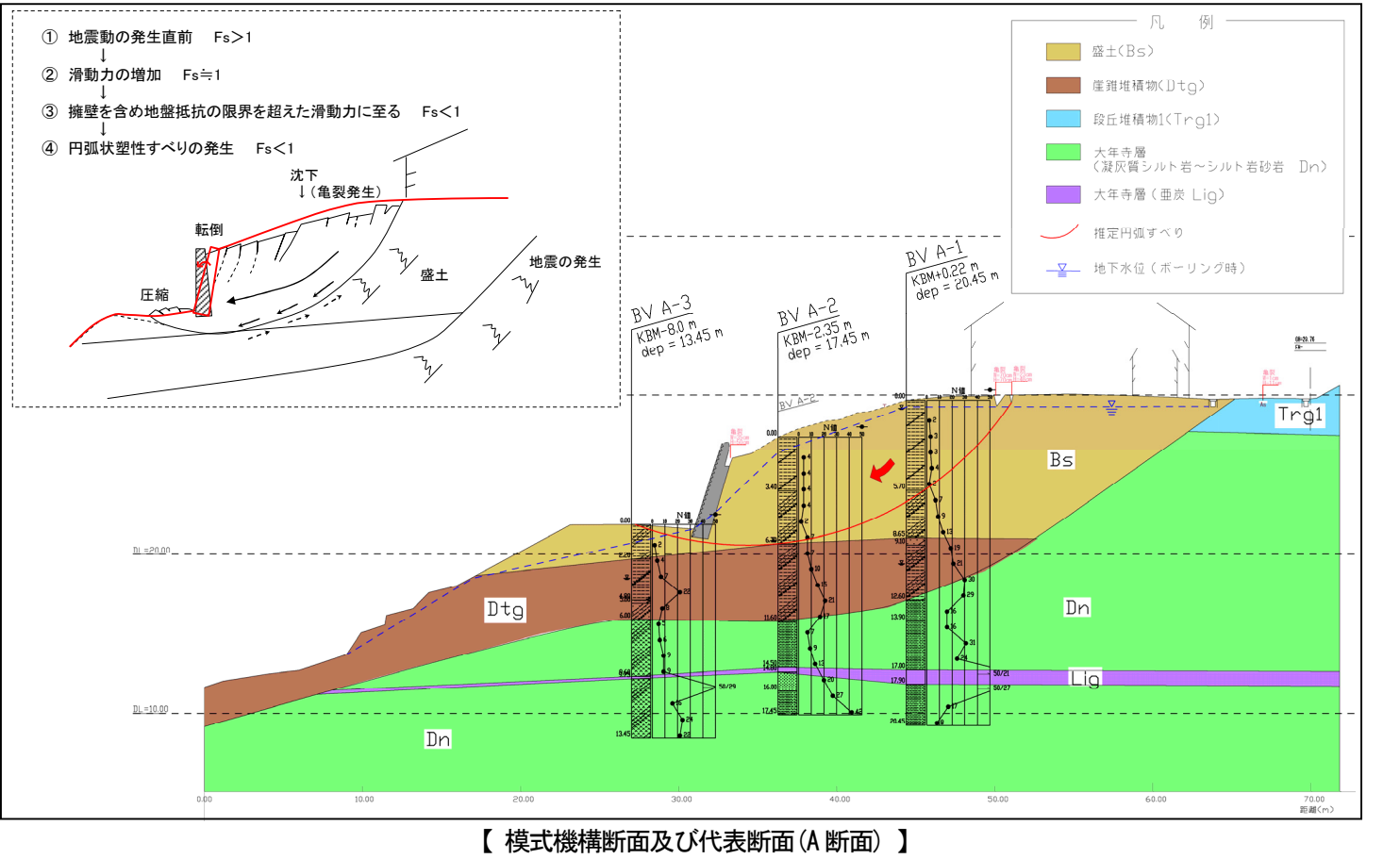
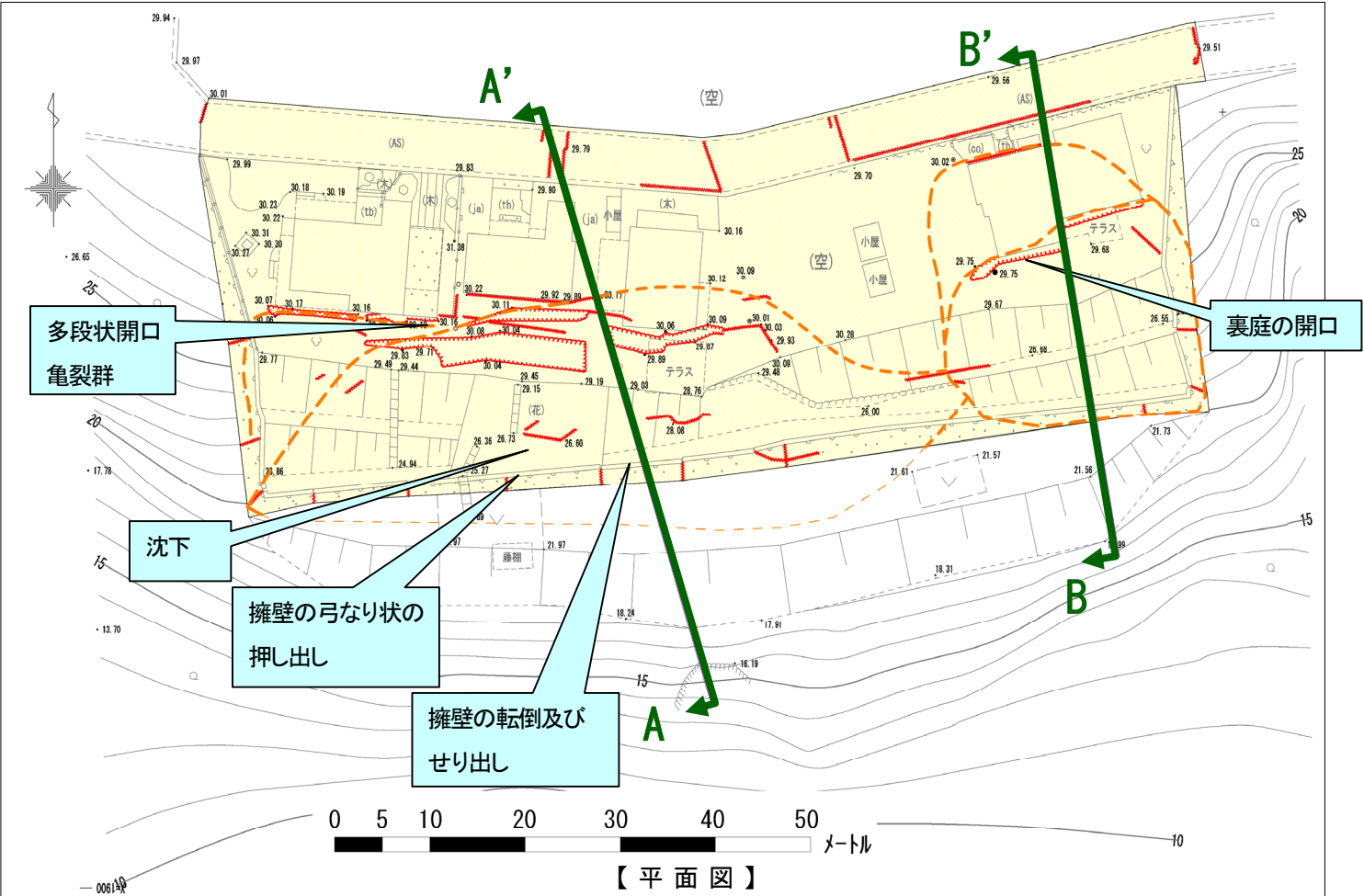
素因	<ul style="list-style-type: none">・ やや軟質 (N 値 5 前後) な材質の盛土 (現地発生土の一部として強風化シルト～砂岩)・ 傾斜地の盛土 (締め固めが難しい地形)・ 高い擁壁で囲まれ、地震の揺れを受けやすい形状
誘因	<ul style="list-style-type: none">・ 最大震度 6 弱 (仙台市青葉区、2011 年 3 月 11 日発生)・ 継続時間の長い地震動



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振幅し、盛土での円弧すべり状の変形が発生した。・ 擁壁は崩壊を免れたが、一部水平クラックや開口亀裂が生じ、末端が隆起した。
------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

当該地の変状は、概ね次の通りの機構が想定される。

- ◆地震動によって盛土地内に円弧状のすべりが生じ、その結果家屋を含め庭先から擁壁部にかけて沈下し無数の亀裂が発生し、また擁壁に変形や亀裂が発生した。
- ◆地震動による揺れは時に擁壁の角地（隅角部）に集中する傾向があり、そのために B ブロックでは角地の亀裂が多い。
- ◆大雨などで盛土内の地下水が急激に上昇する傾向があり、これにより変状の拡大傾向が見受けられる。すなわち今後も地下水上昇によっても盛土内斜面が不安定化する恐れがある。



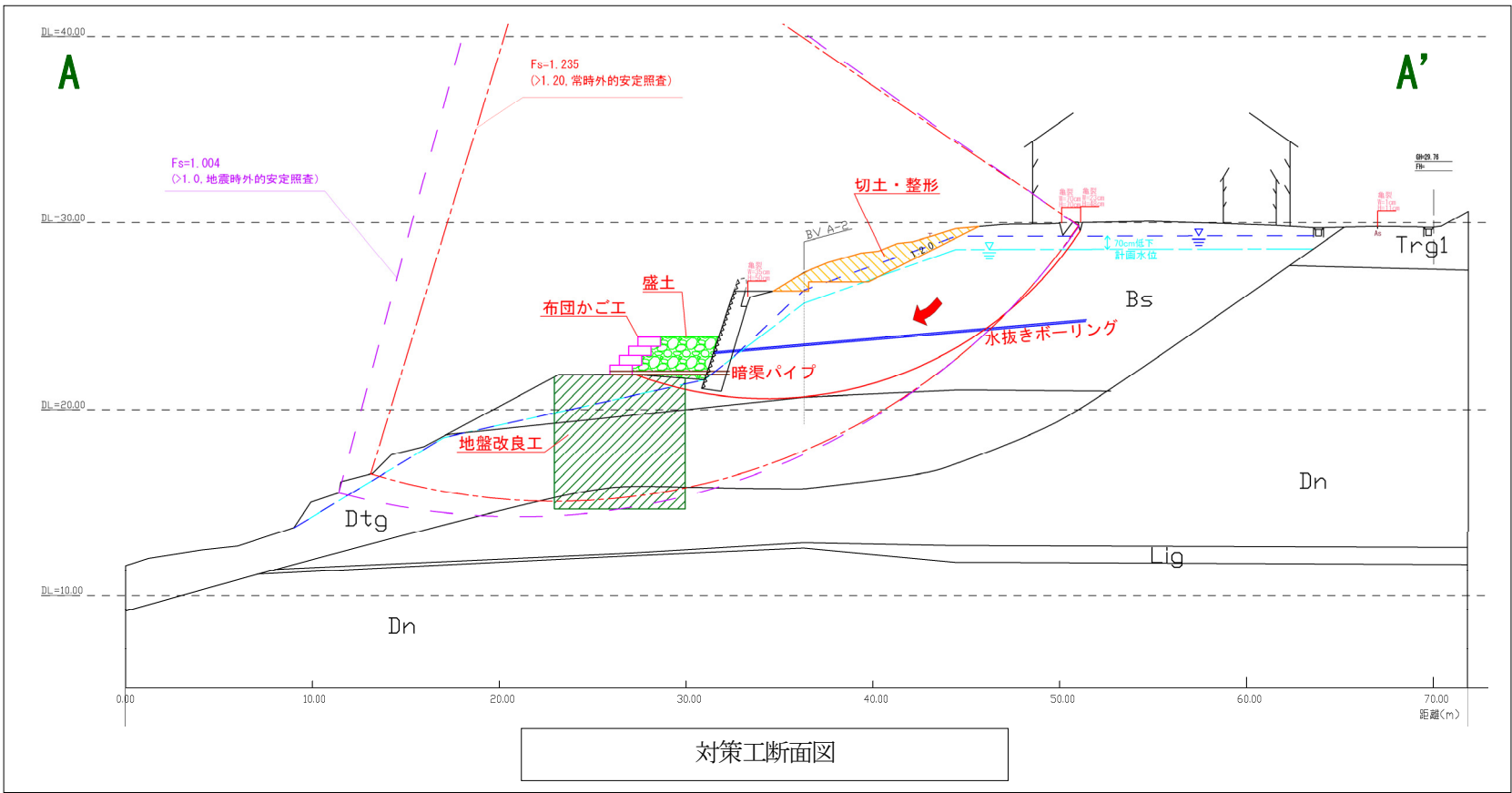
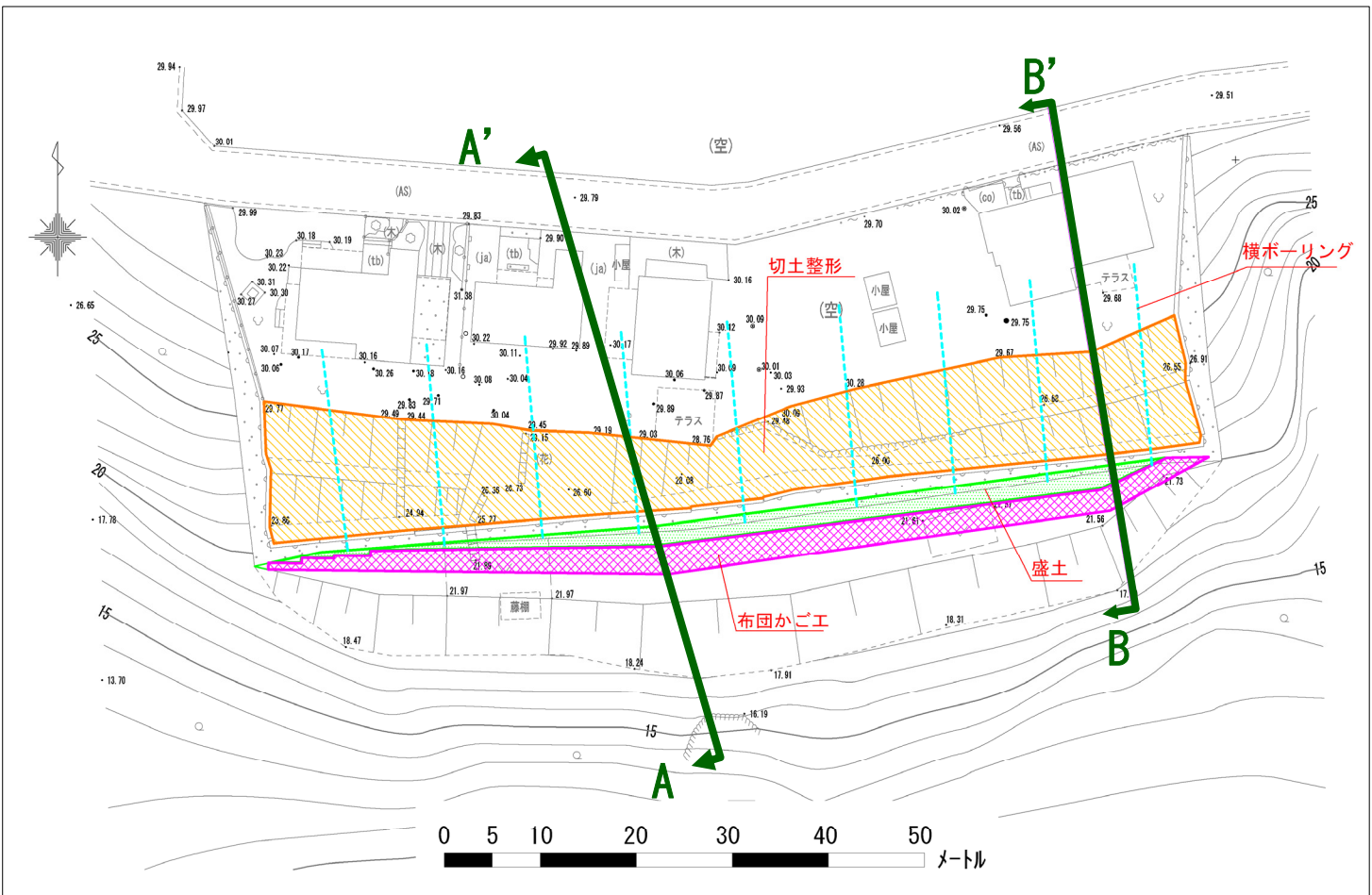
3. 対策方針

擁壁の前面に押さえ盛土（カウンター）として、布団かご工を設置し、末端抵抗力を増大させる工法。頭部も滑動力の低減のため薄く切土（整形）する。布団かごの基礎として底面に地盤改良を実施。地盤改良工は表層よりある程度までの深度を改良する工法とし、パワーブレンダー工法とする。大雨時に地下水が上昇することから地下水排除として横ボーリングを設置する。

【説明】

上記選定結果に至った理由を説明する。

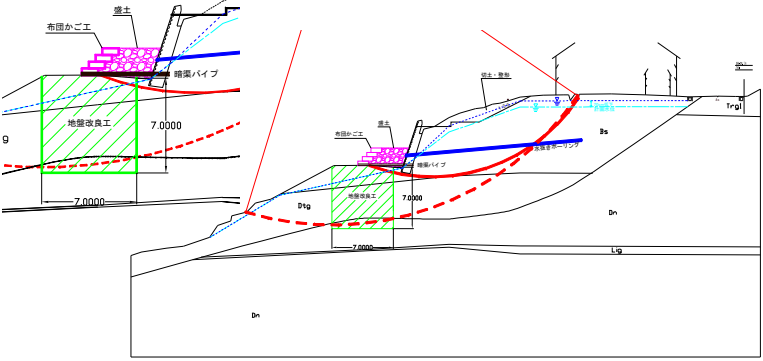
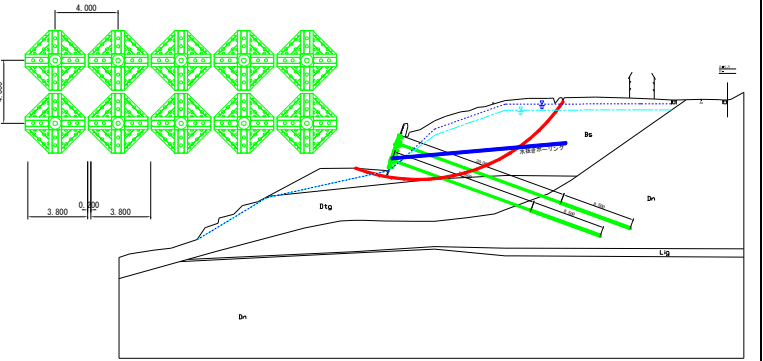
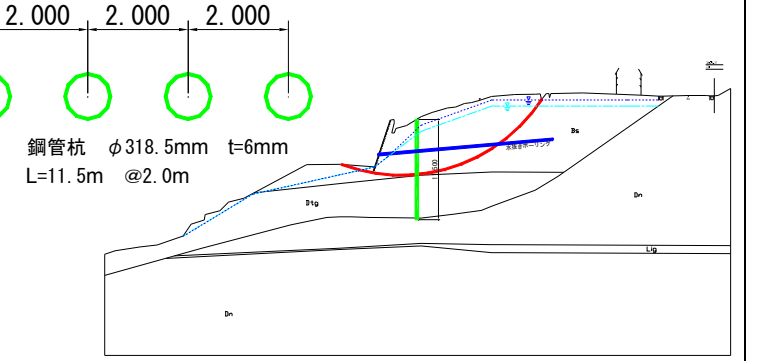
- (1) 当地区は擁壁が押し出され、転倒気味である。今のところギリギリにおいて倒壊を免れている擁壁について押さえ盛土を行うことが効果的と判断される。円弧すべりの計算では 常時 15%、地震時 8% の安全率上昇が期待できる。
- (2) 当地区では、5/30 の大雨（121mm/日）などで、水位が地表付近まで上昇し、この時わずかに、伸縮計や歪計などに変動の増大などが確認された。すなわち現状では強い降雨等があると、間隙水圧が上昇し不安定化する可能性が高い。従って、すべり面近くの地下水の上昇を未然に防止する上で、横ボーリングを設置することが重要である。当工法の効果は最大 5% と見積られ（災害手帳）、計算結果では最高水位から 70cm の水位低下を期待するものである。
- (3) 当地区の基本工法は、押さえ盛土であるが、基礎となる地盤が N 値 10 以下（地表近く 3m まで 5 以下）であることから、押さえ盛土することで下方斜面の不安定化を招く恐れもあり、地盤改良が必要である。深さ 7m について地盤改良することで外的安定（円弧すべり）も所定の安全率をクリアする。



対策工平面図

参考資料

1. 工法比較表

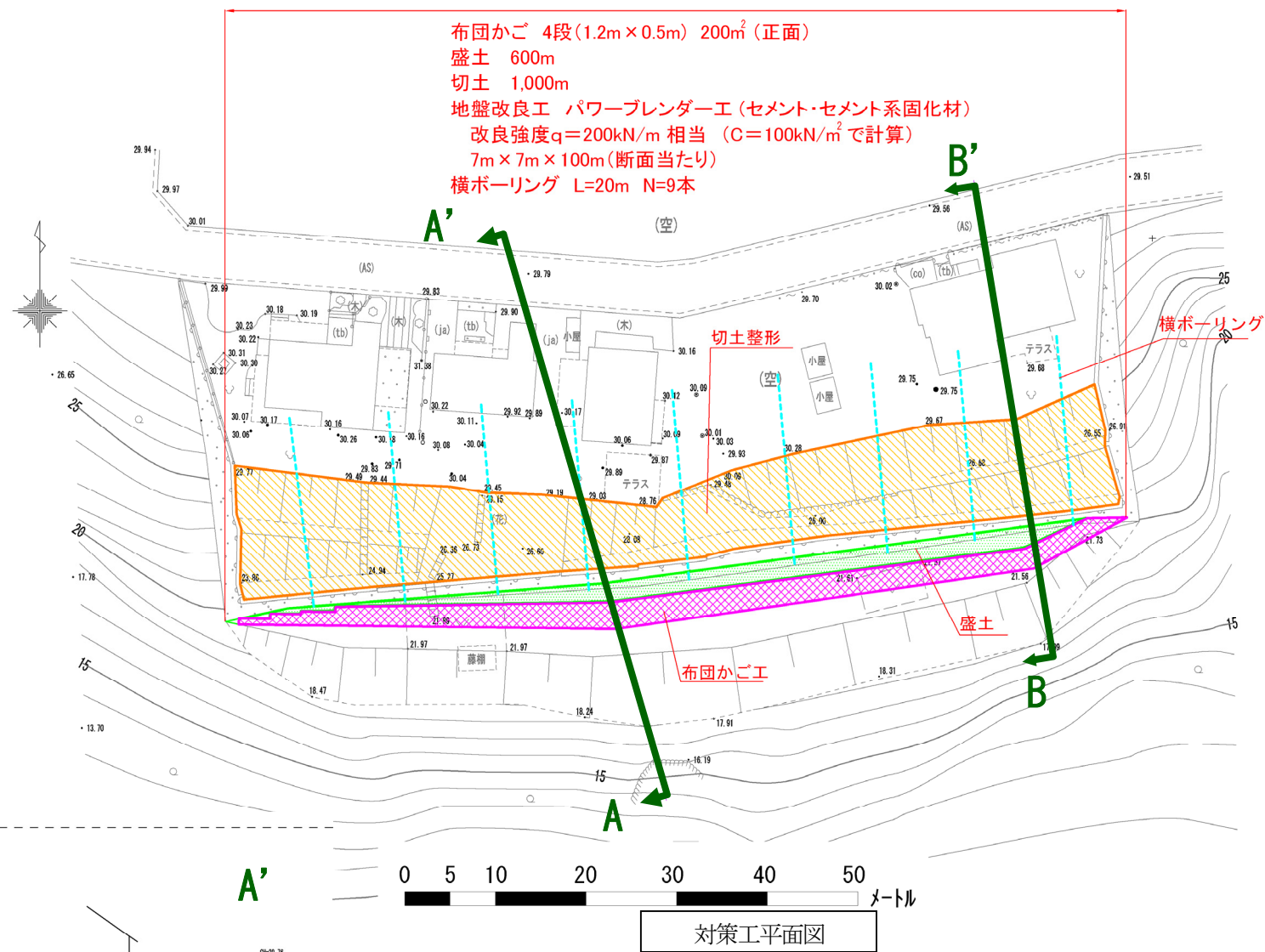
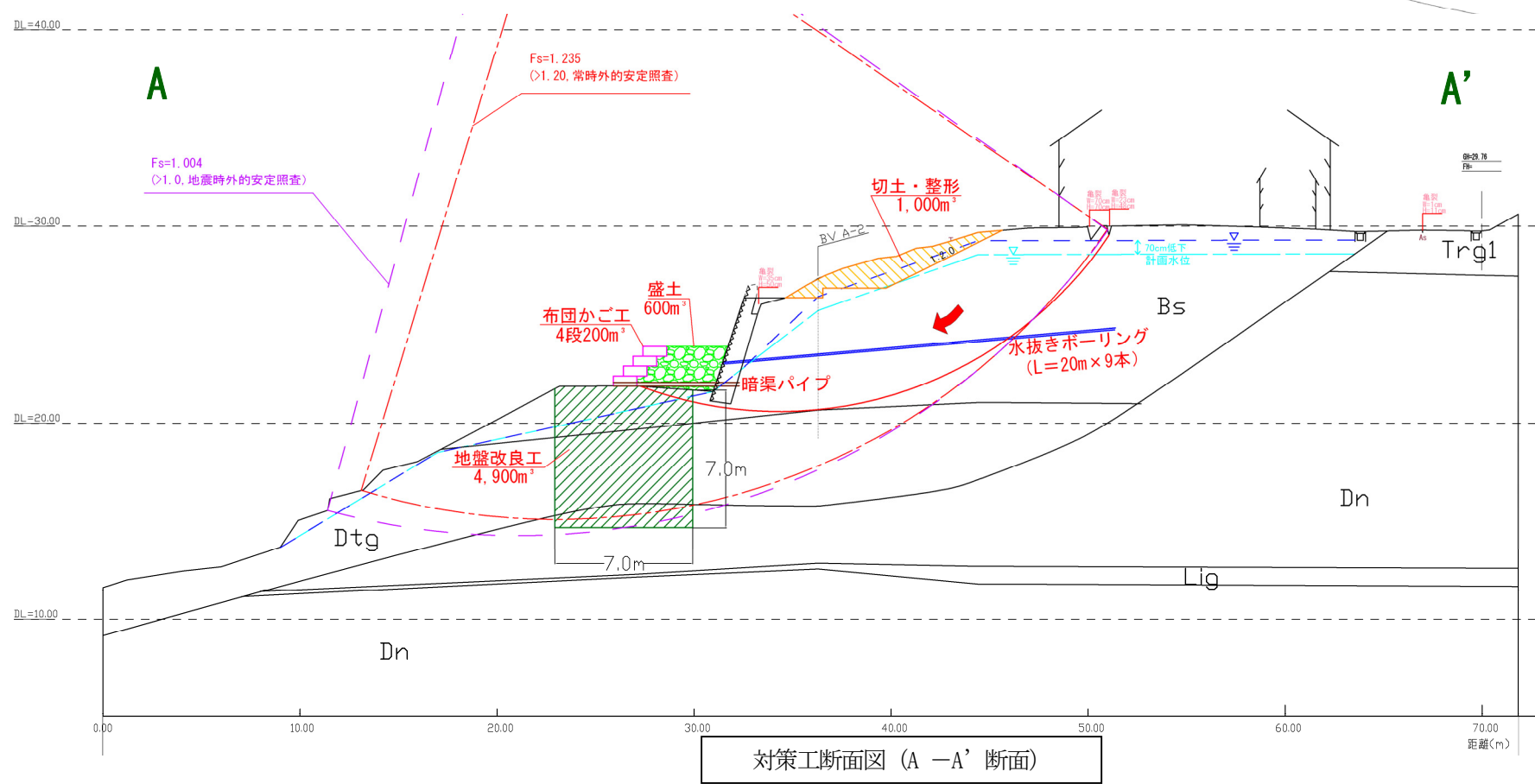
変状メカニズム		<p>当地区の現況の変状は「腹付け盛土」内で発生したもので、幅約 100m の間でコの字状にブロック積擁壁に囲まれた領域である。変状の範囲から A、B ブロックに分けられ、A ブロックは幅 80m、奥行 30m、B ブロックは幅 30m、奥行 30m である。</p> <p>当該地の変状は、概ね次の通りの機構が想定される。</p> <ul style="list-style-type: none">◆地震動によって盛土地内に円弧状すべりが生じ、その結果家屋を含め庭先から擁壁部にかけて沈下し無数の亀裂が発生し、また擁壁に変形や亀裂が発生した。◆地震動による揺れは時に擁壁の角地（隅角部）に集中する傾向があり、そのために B ブロックでは角地の亀裂が多い。◆大雨などで盛土内の地下水が急激に上昇する傾向があり、これにより変状の拡大傾向が見受けられる。すなわち今後も地下水上昇によっても盛土内斜面が不安定化する恐れがある。		
対策方針		<p>当地区の現象は、擁壁側からみると土圧による変状と見ることも可能であるが、地下水上昇による変状の増大もあり、すべり面特有の歪変状などもあって塑性論的には円弧すべりによる破壊と見なせることが可能であり、外的安定も含め対策手法は「地すべり」と同等の手法を用いるものとする。</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水・盛土などを中心とした「土工」に大別される。</p> <p>当地区は、大雨時に地下水が急上昇しており、また、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、盛土下面付近に分布する地下水を抜くことが重要であり、横ボーリングが望まれる。また、現況をできるだけ保全する工法として盛土工、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 [盛土工(布団かご工)＋ 地盤改良工(パワーブレンダー工法)＋切土整形]	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	擁壁の前面に抑え盛土（カウンター）として、布団かご工を設置する。頭部も滑動力の低減のため薄く切土（整形）する。布団かごの基礎として底面に地盤改良を実施。地盤改良工は表層より 7m 程度改良するものとし、パワーブレンダー工法とする。	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。擁壁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">・布団かご工・盛土工・切土整形工・地盤改良工(パワーブレンダー工)・横ボーリング工	<ul style="list-style-type: none">・グラウンドアンカー工・横ボーリング工	<ul style="list-style-type: none">・地すべり鋼管杭工・横ボーリング工
評価		<ul style="list-style-type: none">・すべり土塊を末端盛土で押さえる一般的土工であり、効果的であるが盛土部の支持地盤の改良が必要となる・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・2 番目に安価な工法である	<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・最も高価な工法である

2. 対策工例

2-1 A案

擁壁の前面に押さえ盛土（カウンター）として、布団かご工を設置し、末端抵抗力を増大させる工法。頭部も滑動力の低減のため薄く切土（整形）する。布団かごの基礎として底面に地盤改良を実施。地盤改良工は表層より7m程度改良することとし、パワーブレンダー工法とする。大雨時に地下水が上昇することから地下水排除として横ボーリングを設置する。

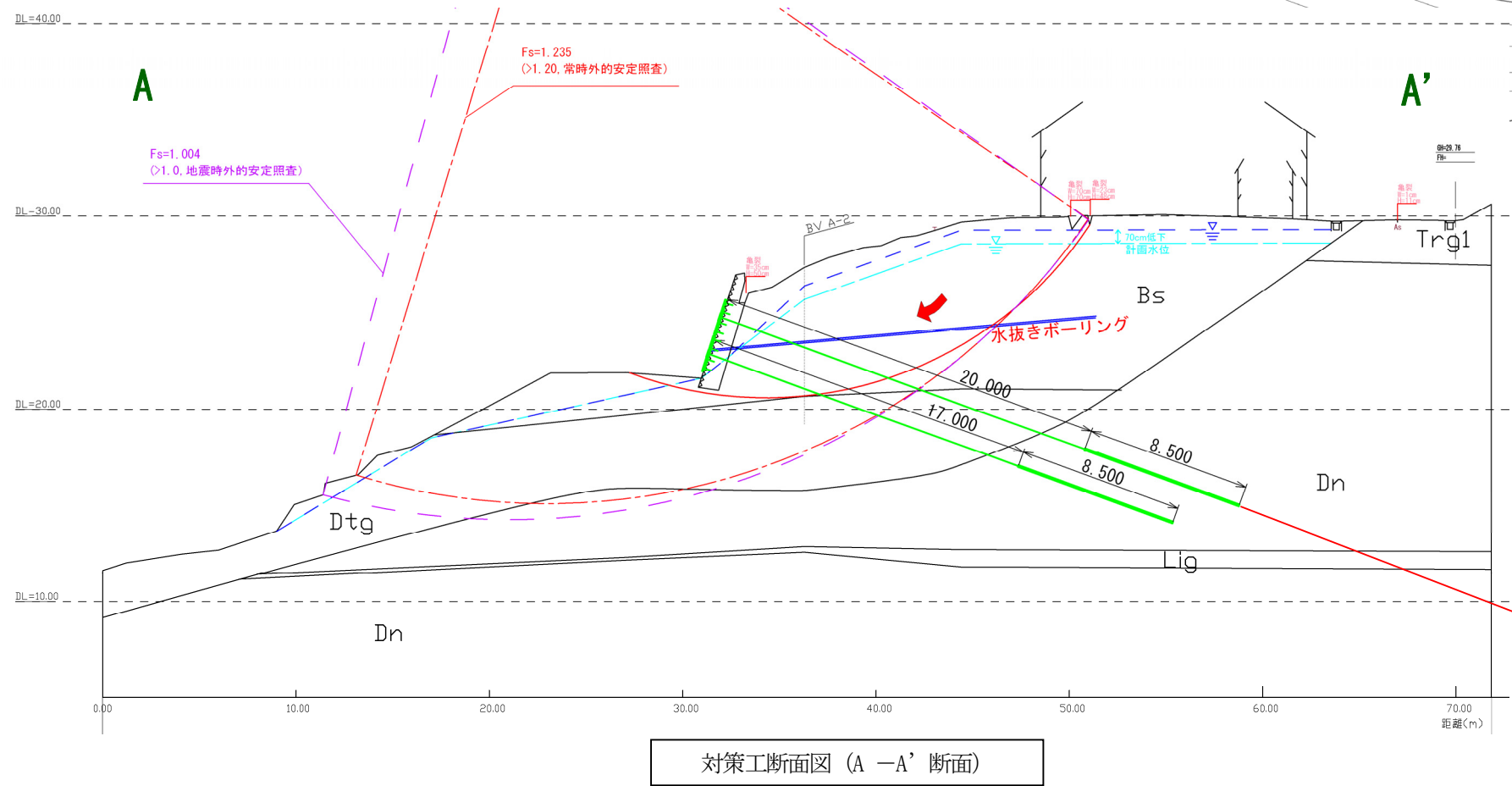
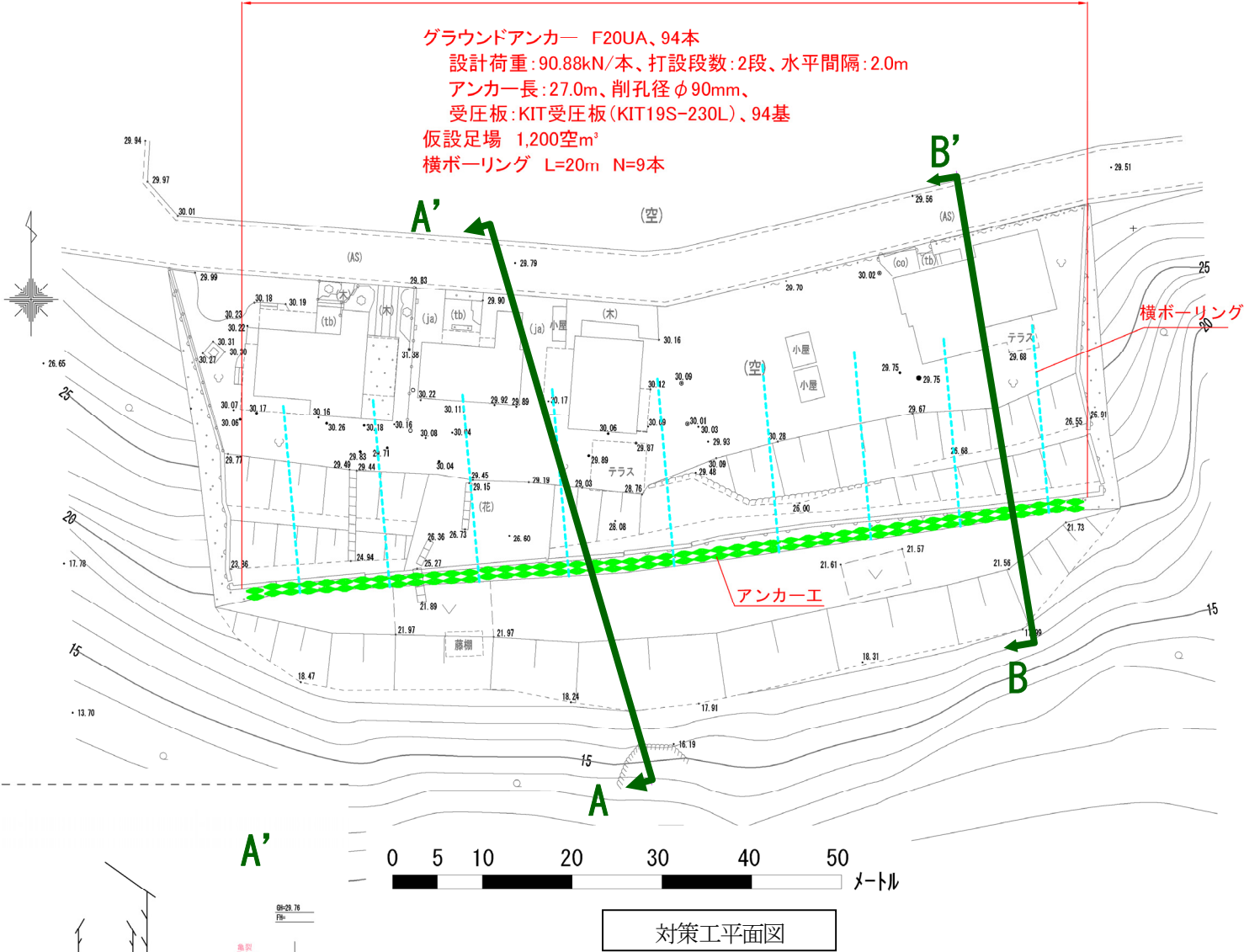
【計画安全率】
常 時 : $F_s=1.20$
地震時 : $F_s=1.00$



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。擁壁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 : $F_s=1.00$

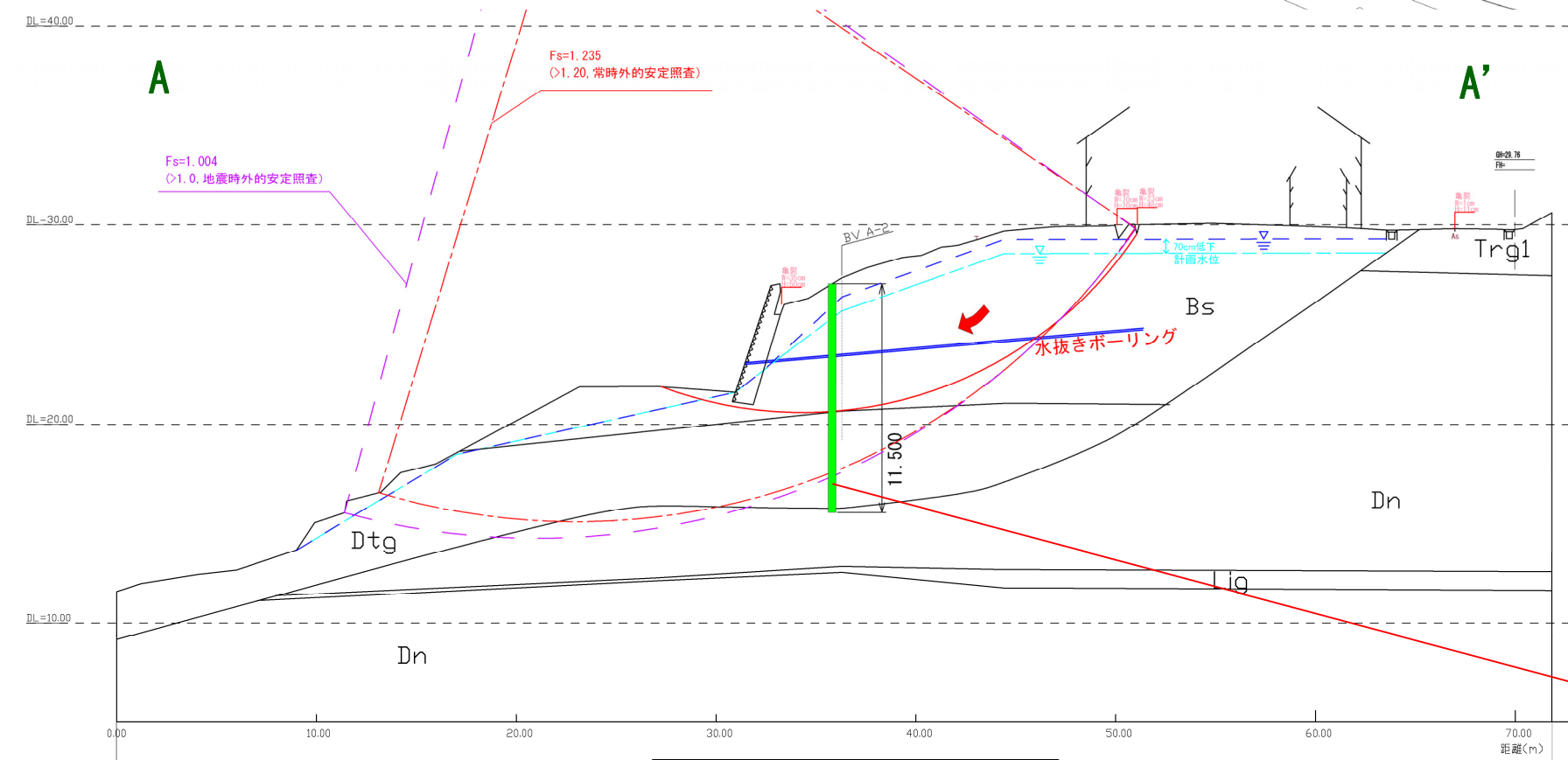
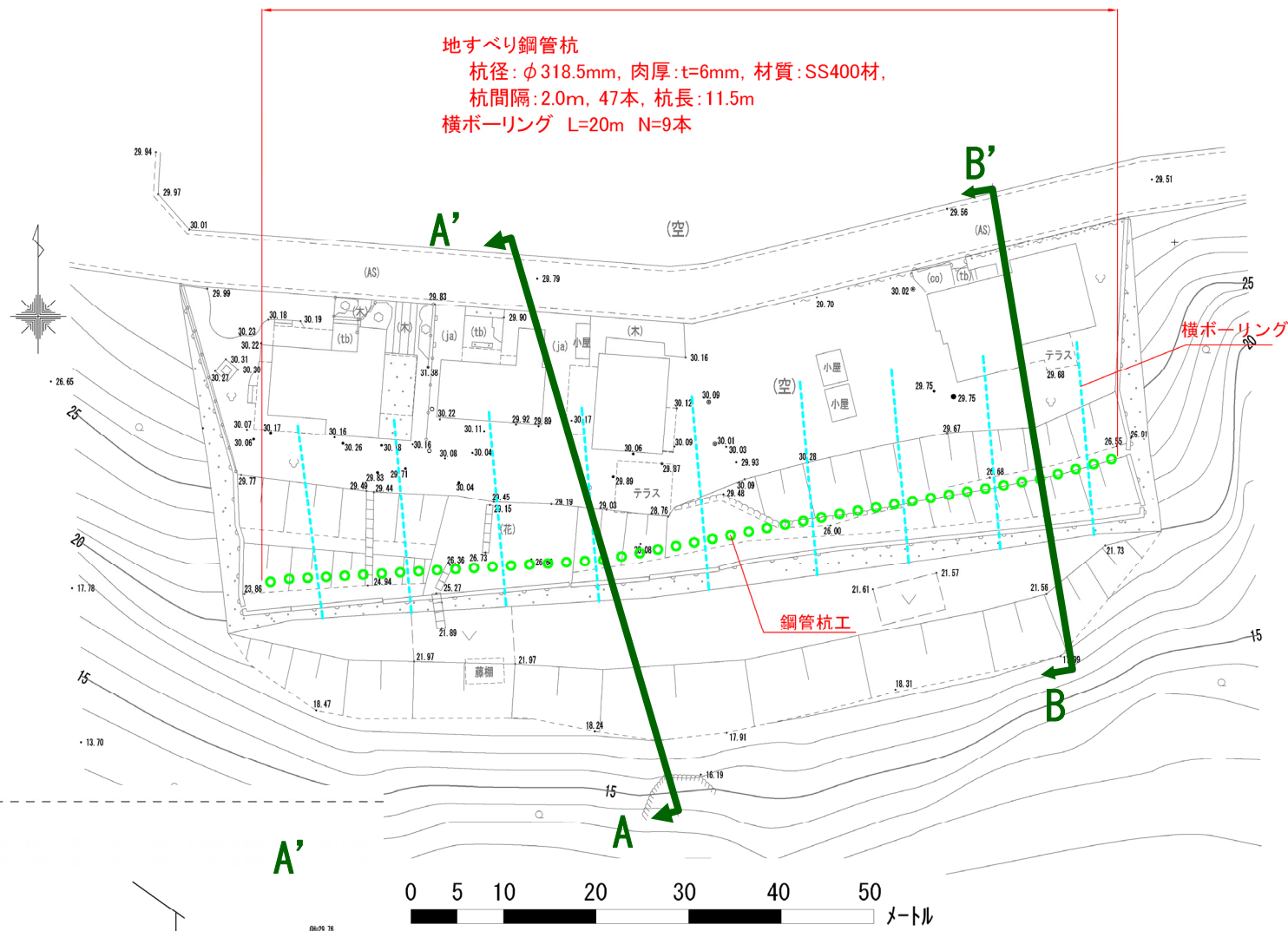


グラウンドアンカー工
F20UA 94本、
設計荷重 : 90.88kN/本、打設段数 : 2段、
水平間隔 : 2.0m、アンカー長 : 27.0m、削孔径 $\phi 90$ mm
受圧板 : KIT受圧板 (KIT19S-230L)、94基
仮設足場 1,200空 m^2
横ボーリング L=20m N=9本

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 : $F_s=1.00$



地すべり鋼管杭工
杭径 : $\phi 318.5\text{mm}$, 肉厚 : $t=6\text{mm}$, 材質 : SS400 材,
杭間隔 : 2.0m, 47 本 杭長 : 11.5m
横ボーリング工 L=20m N=9 本