

添付資料（１）

保管場所及び屋外アクセスルートに関する地震・斜面の安全性評価

１．切土部、堆積層部及び盛土部の分布

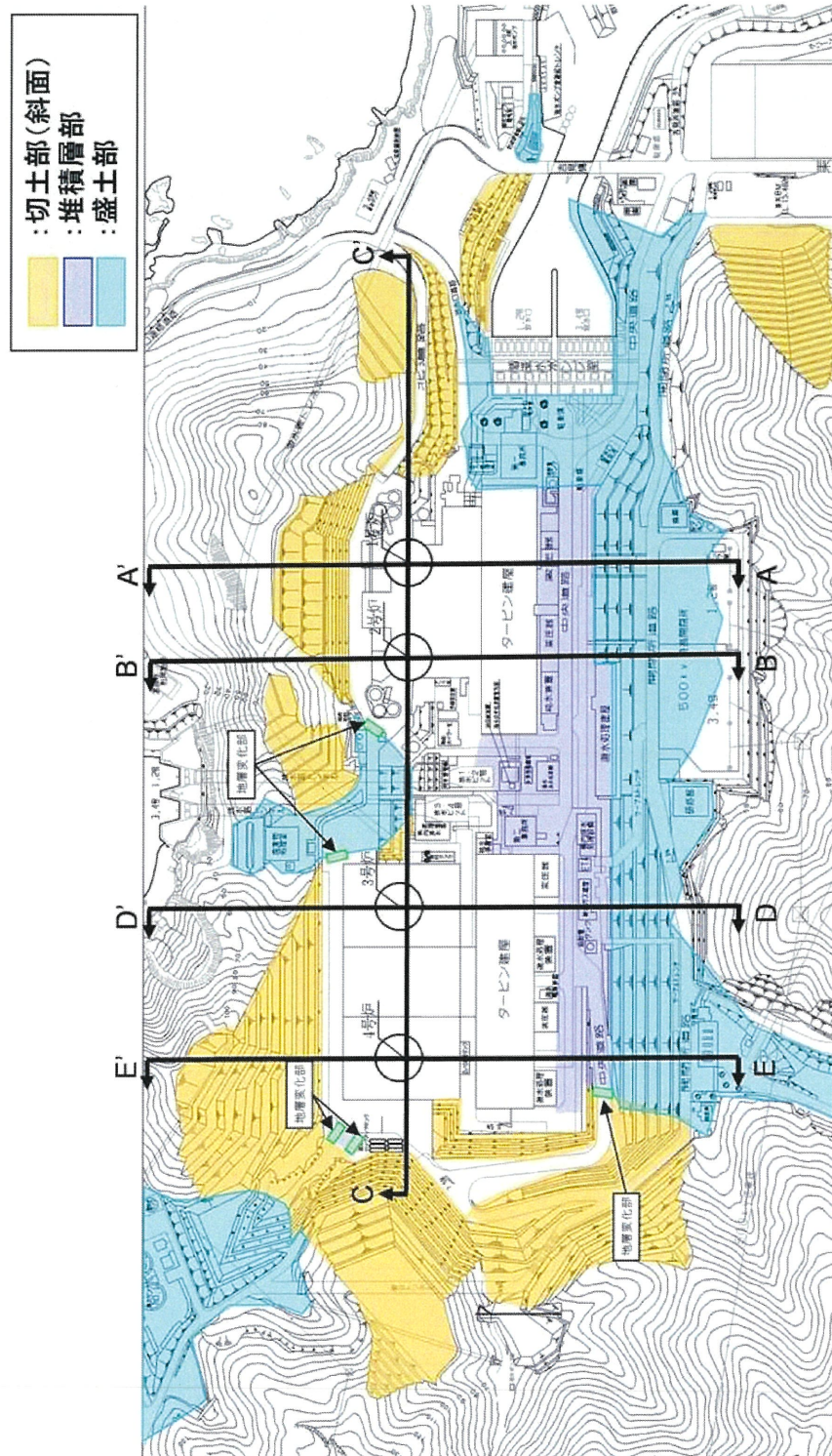
アクセスルート全ての行程について、過去の地質調査・地盤調査を網羅的に調査した上でアクセスルートの地震時の被害を想定した。

（１）ボーリング位置図

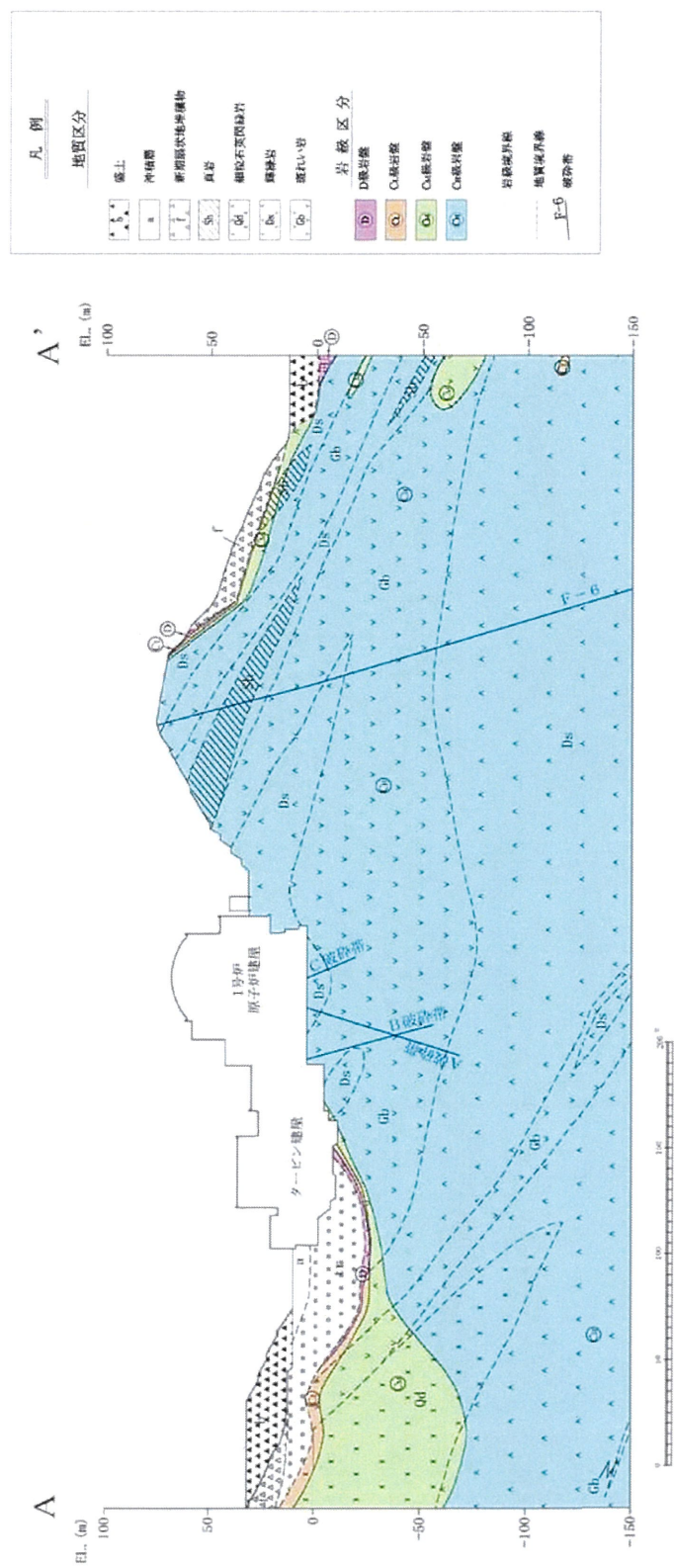


(2) 平面分布図

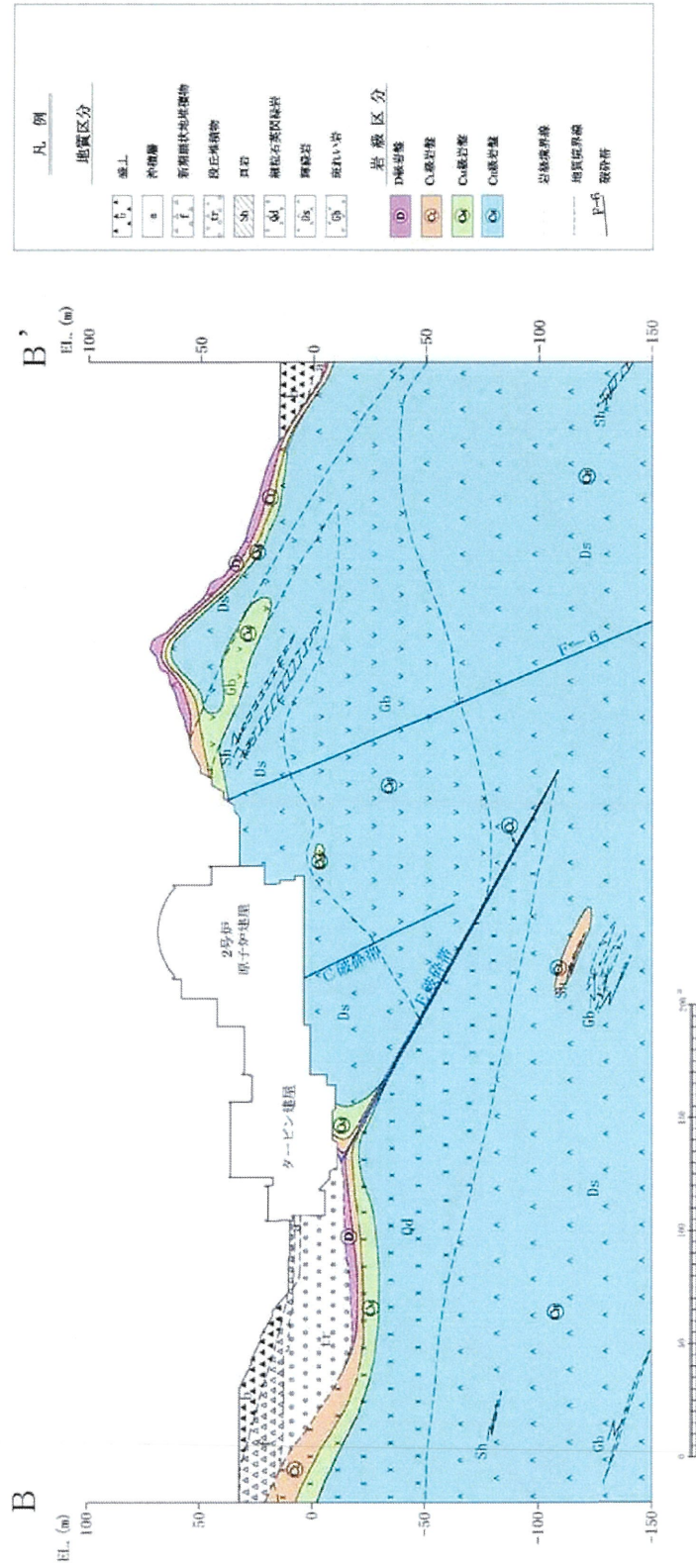
切土部、堆積層部及び盛土部の平面的な分布より、地層変化部を抽出した。



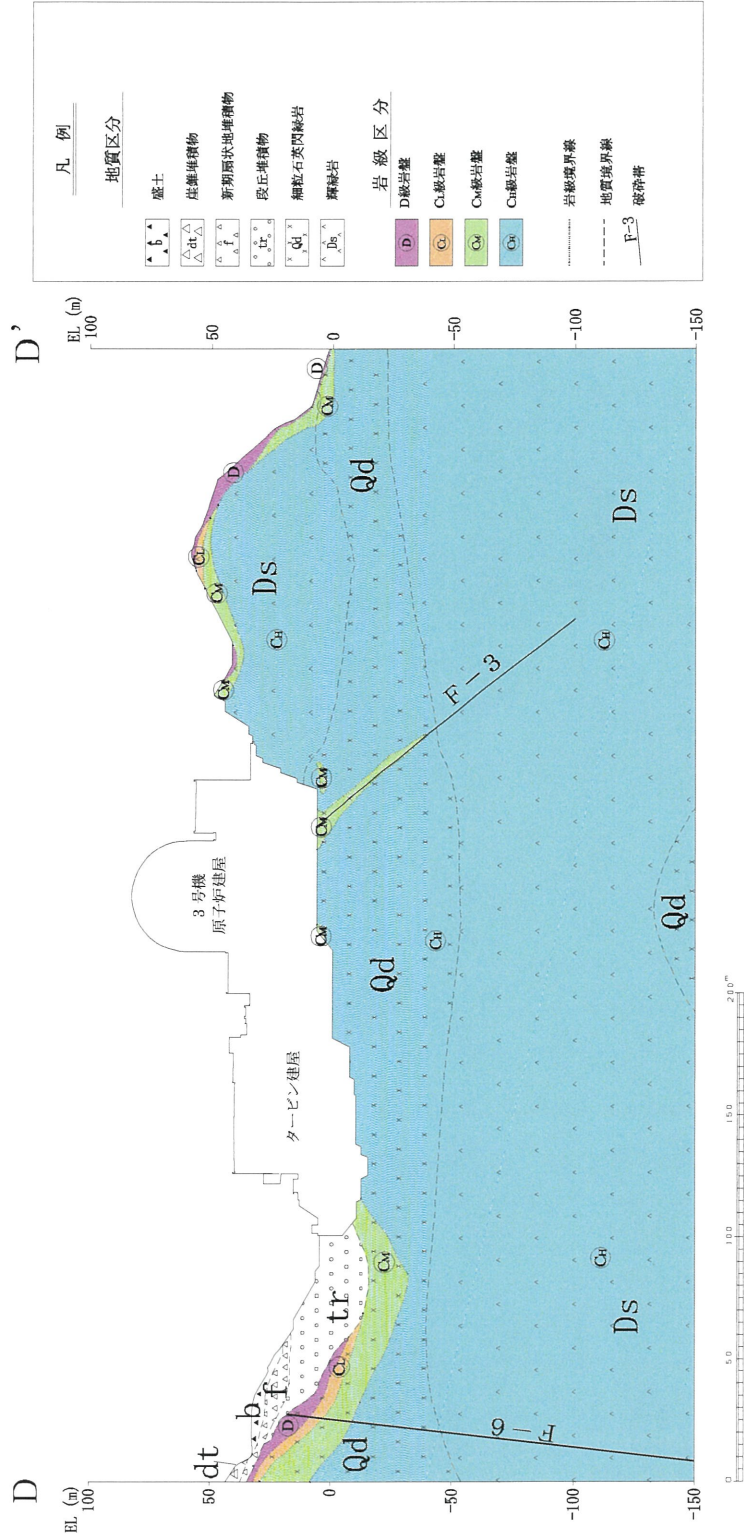
1) 1号炉直交地質断面図



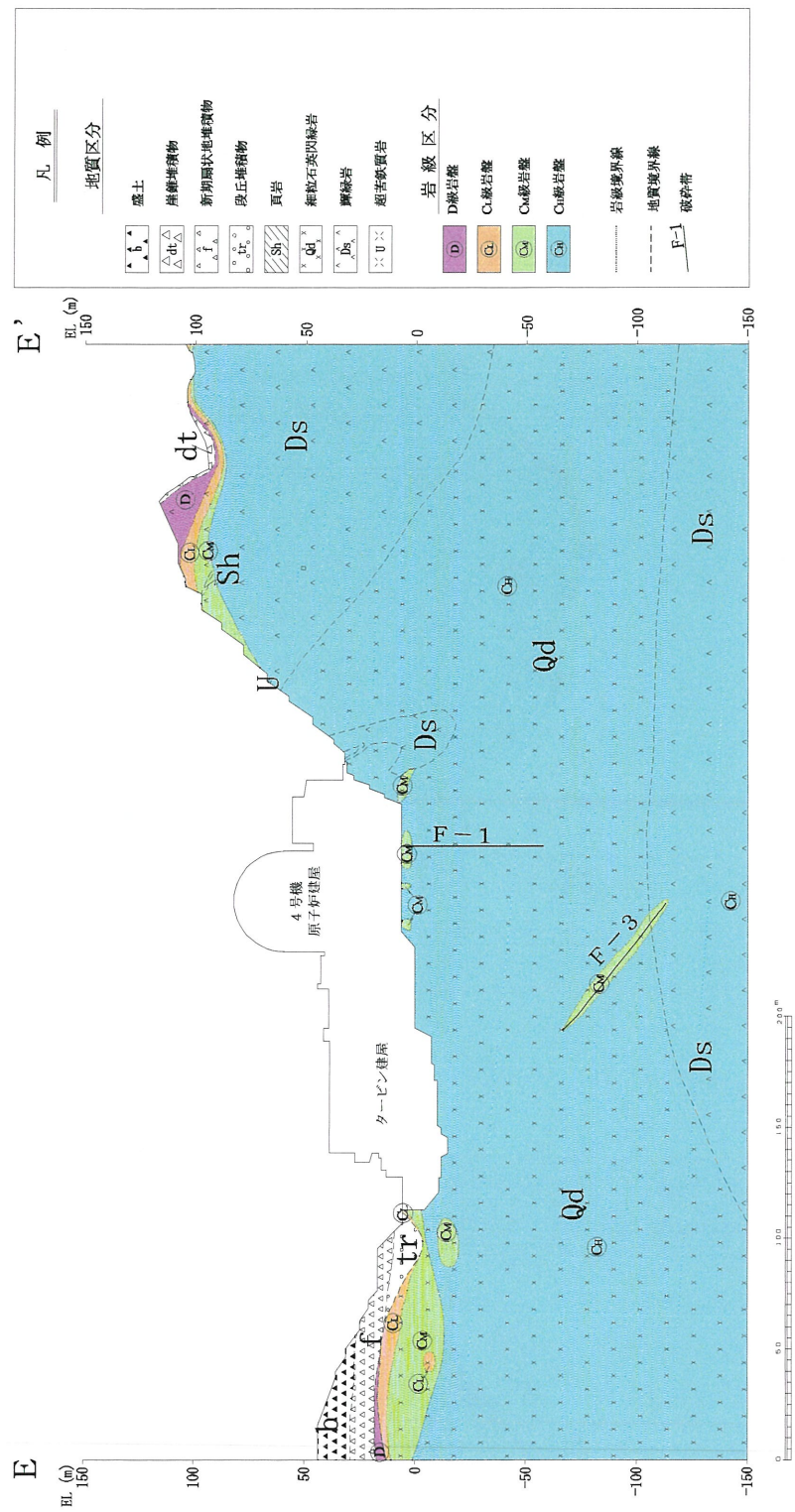
2) 2号炉直交地質断面図



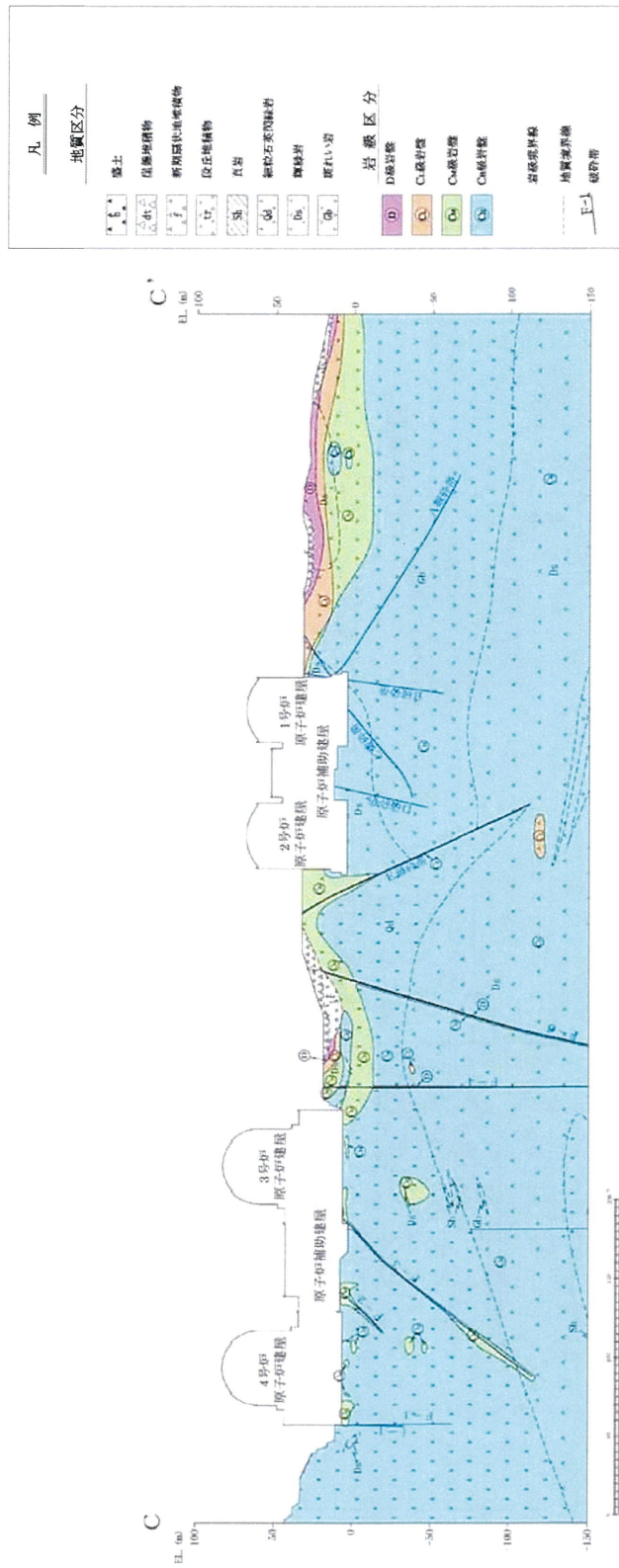
3) 3号炉直交地質断面図



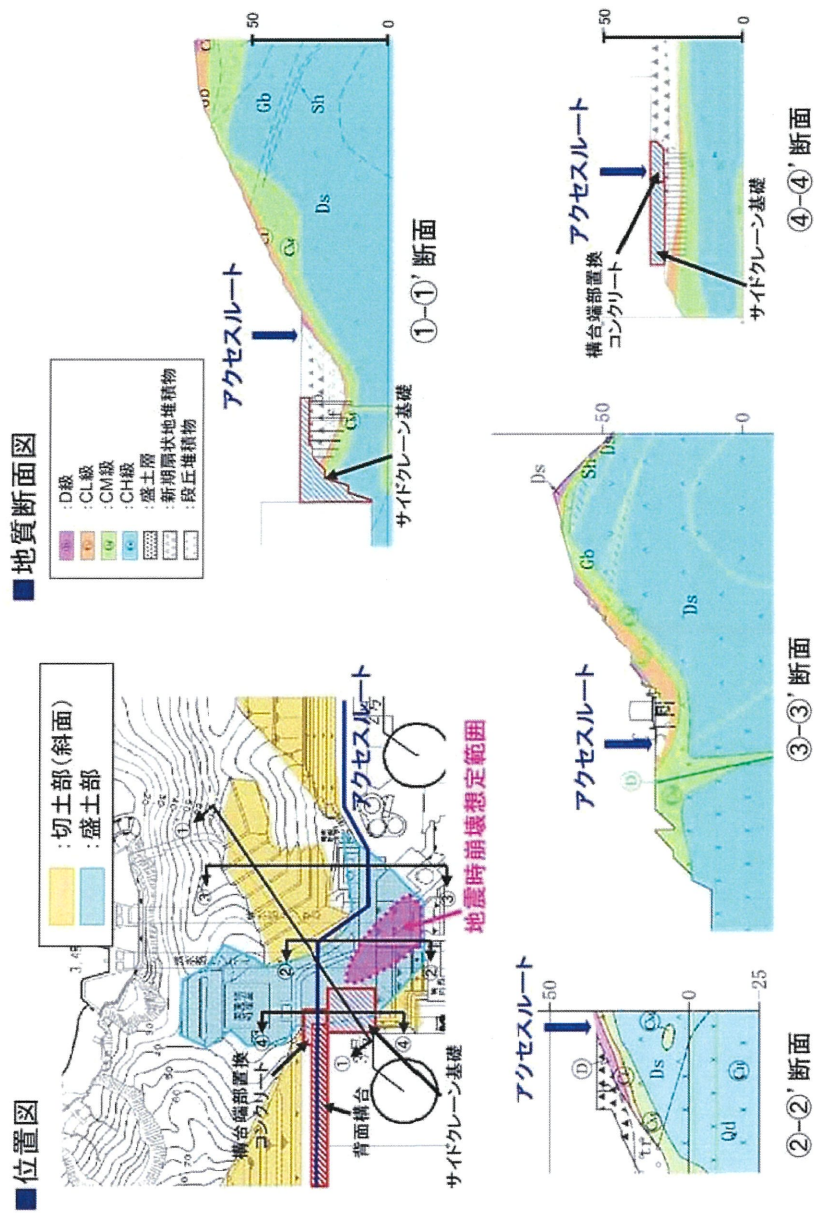
4) 4号炉直交地質断面図



5) 1～4号炉横断地質断面図



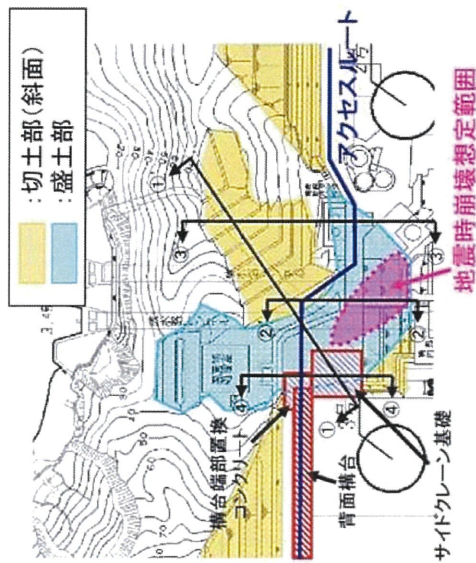
- (3) 背面道路盛土部のアクセスルート
 1) 盛土部の崩壊のアクセスルートへの影響



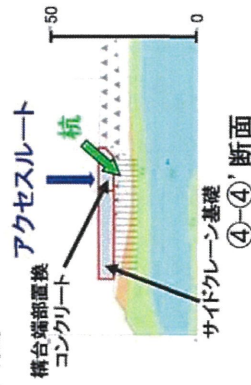
・2号機3号機間背面盛土部のアクセスルートについては、盛土部が崩壊したとしても、全ての盛土が無くなるわけではなく、通行可能である。

2) 盛土部の崩壊範囲の想定

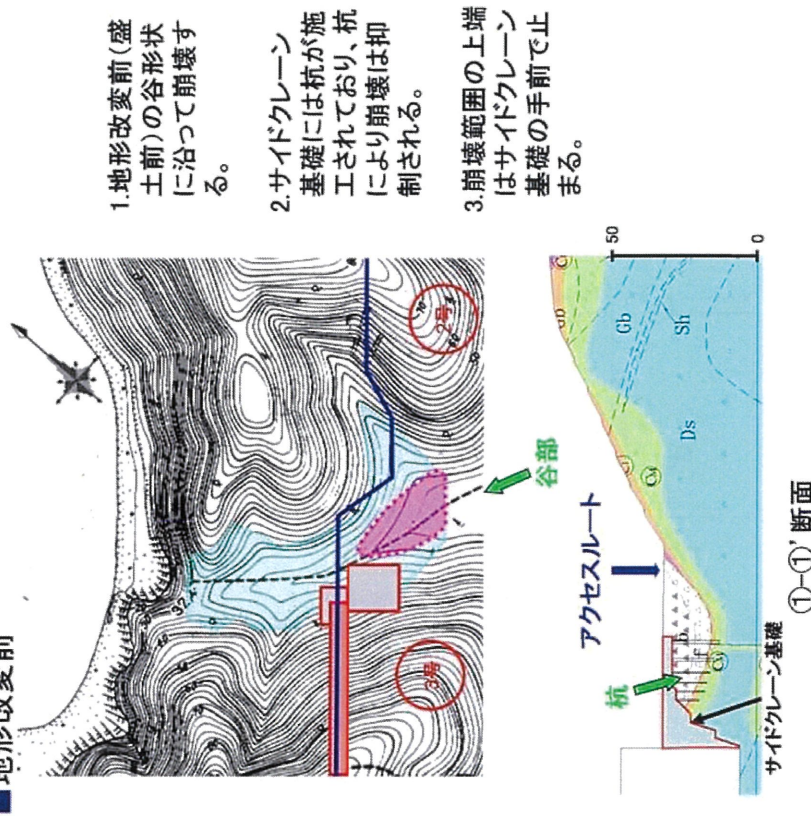
■現在の地形



■地質断面図



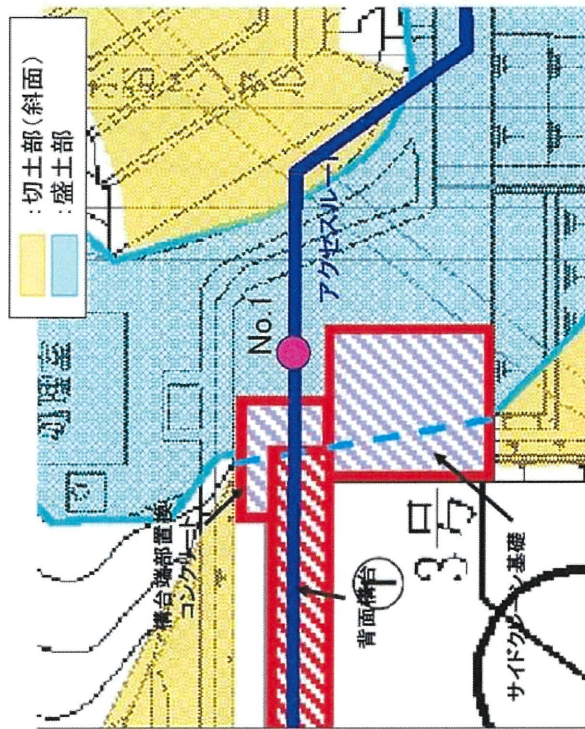
■地形改変前



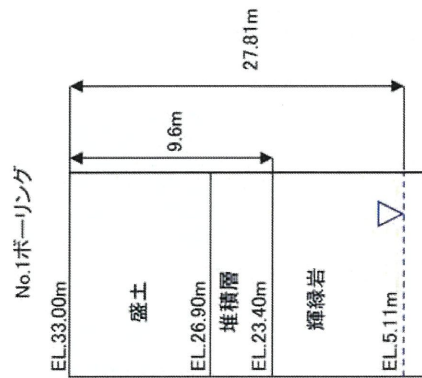
・地震時崩壊想定範囲については、地形改変前の谷の形状や、サイドクレーン基礎に杭が施工されていること等を考慮し、崩壊範囲を想定した。

3) アクセスルートの岩盤部と盛土部の段差

■位置図



■概略地質図

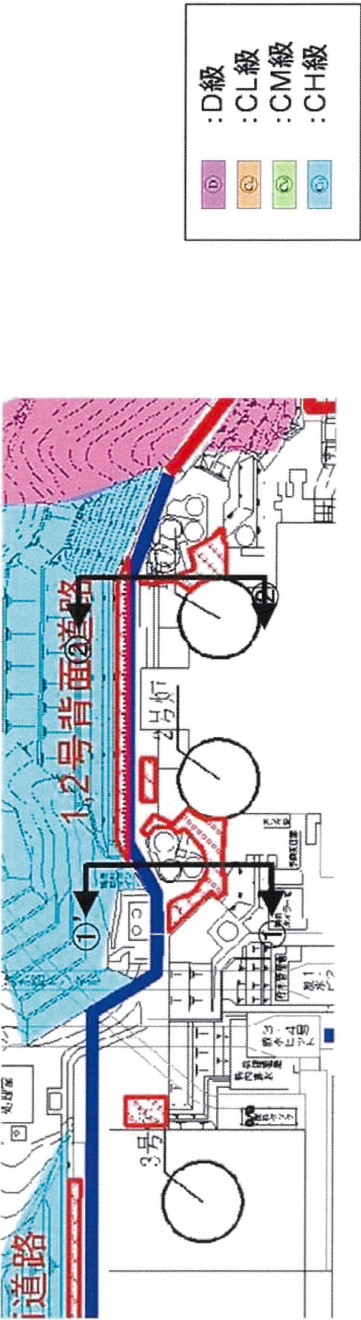


・3, 4号背面道路の岩盤部(構台端部置換コンクリート)と盛土部の境界に発生する沈下量は、緊急用車両が徐行により通行可能な許容段差量(15cm※)を超えないため、可搬型重大事故等対処設備の移動に支障をきたさない。

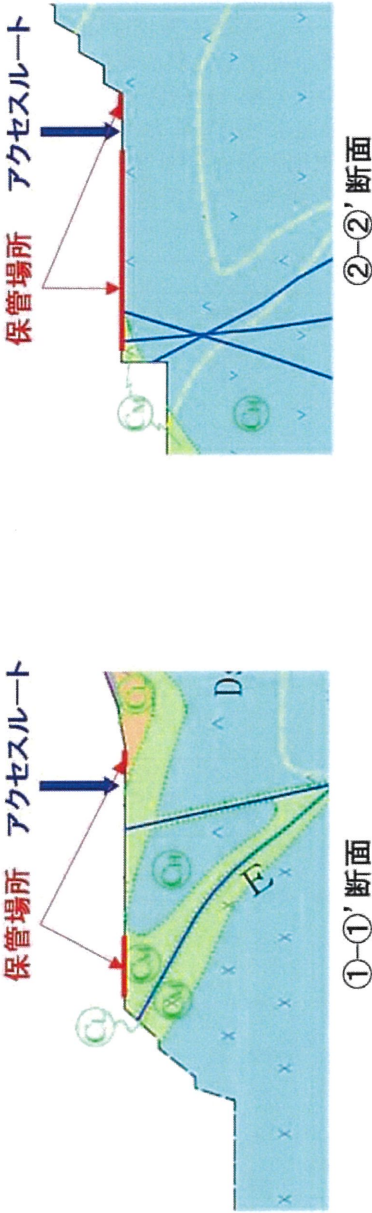
※緊急用車両が徐行により通行可能な段差量
佐藤ら:地震時の段差被害に対する補修と交通開放の管理・運用
方法について[平成19年度近畿地方整備局研究発表会]より

(4) 1, 2号背面道路エリアの地質断面図

■位置図



■地質断面図



2. 検討断面選定理由

○検討断面の選定における基本的な考え方

保管場所及びアクセスルートの計算断面の選定にあたっては、まず保管場所及びアクセスルートに影響を及ぼす周辺斜面及び敷地下斜面を抽出する。続いて斜面のすべり方向を考慮し、抽出した斜面をいくつかのブロックに分割し、分割したブロックにおいて、斜面高さ・斜面勾配・岩級区分を考慮して検討断面の選定を行う。検討断面の選定におけるフロー図を図1に示す。また、保管場所及びアクセスルートに影響を及ぼす可能性のある周辺斜面及び敷地下斜面を図2に、各ブロックの分割及び検討断面位置を図3に示す。検討断面の選定の詳細については、次ページ以降に示す。

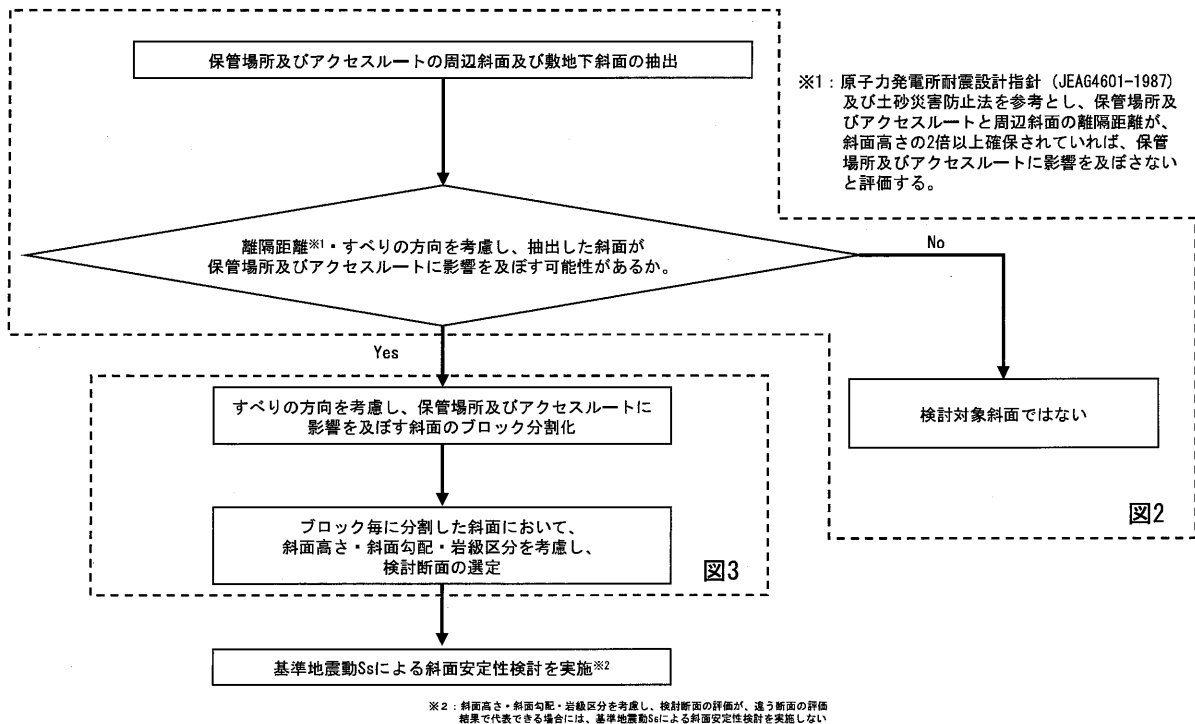


図1 検討断面の選定フロー

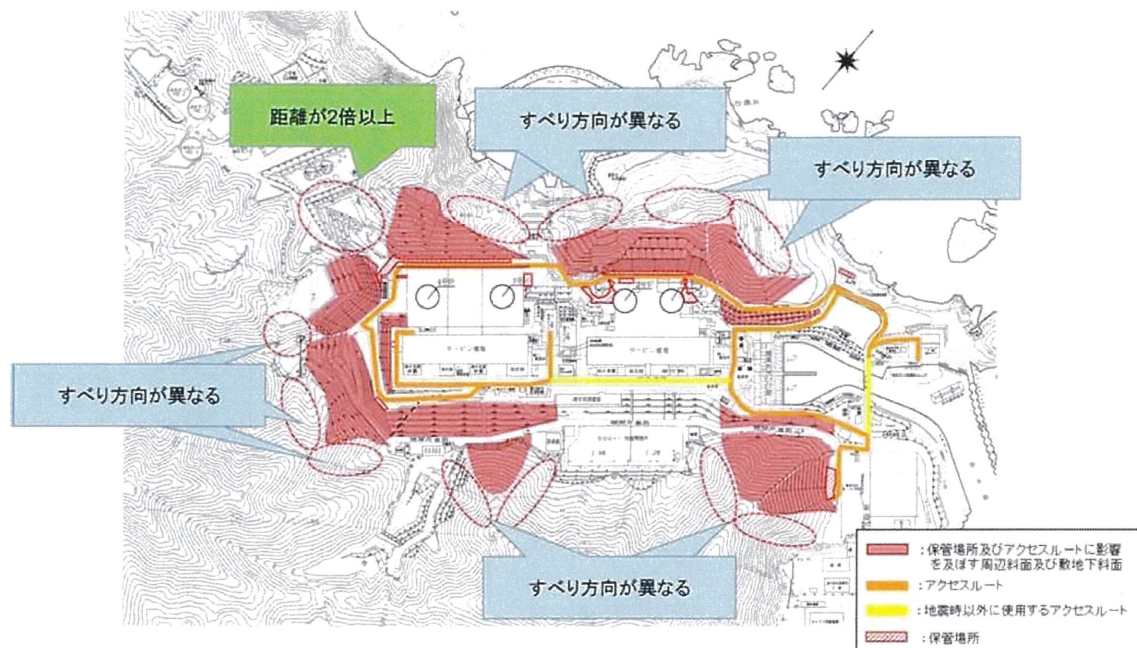


図2 保管場所及びアクセスルートに影響を及ぼす周辺斜面及び敷地下斜面

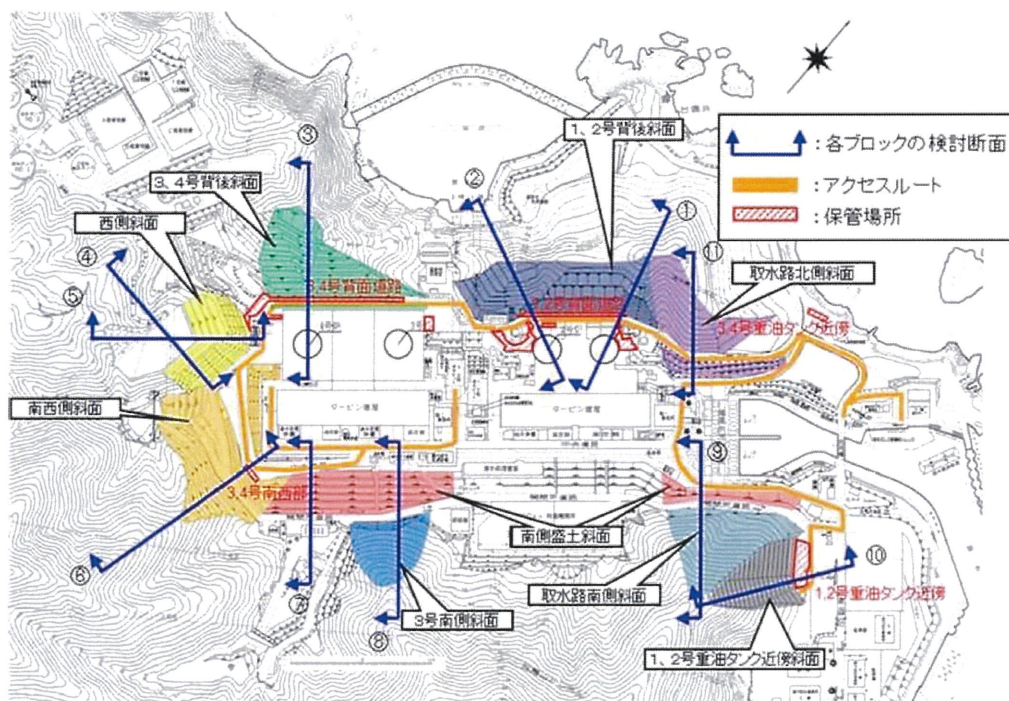
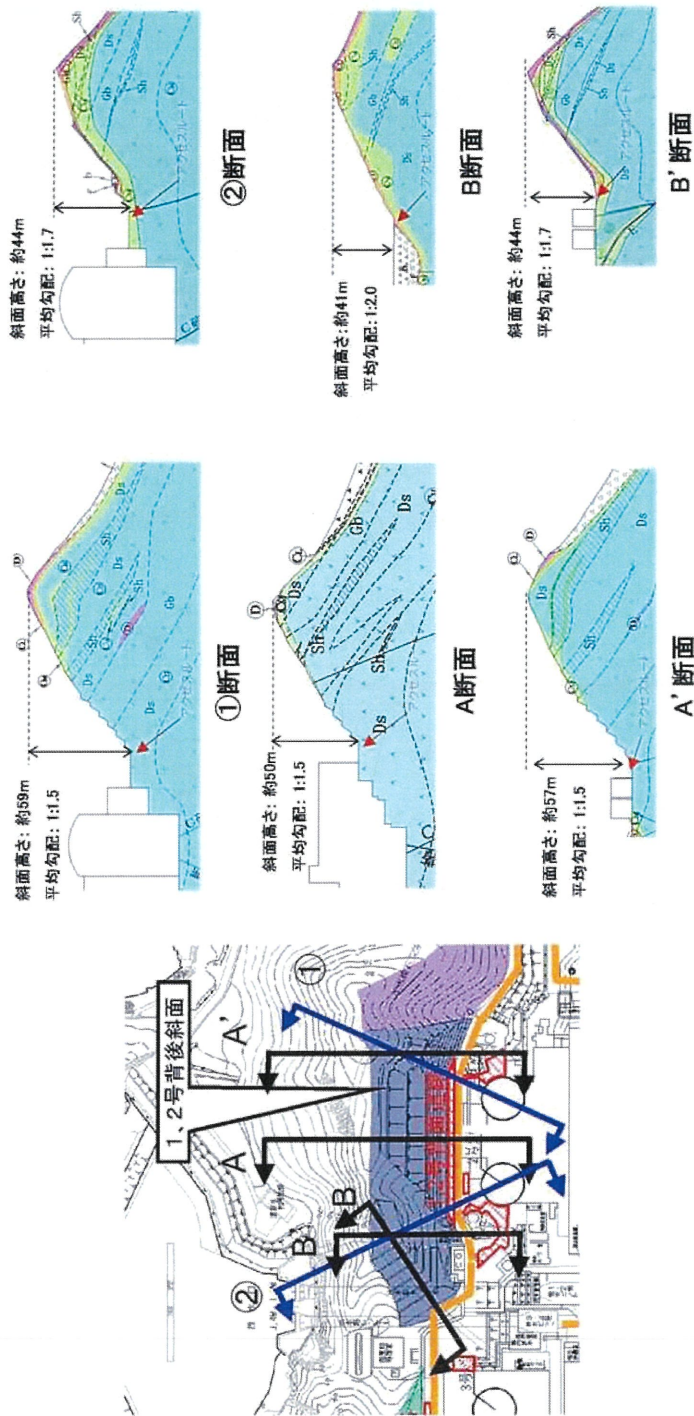


図3 各ブロックの分割及び検討断面位置

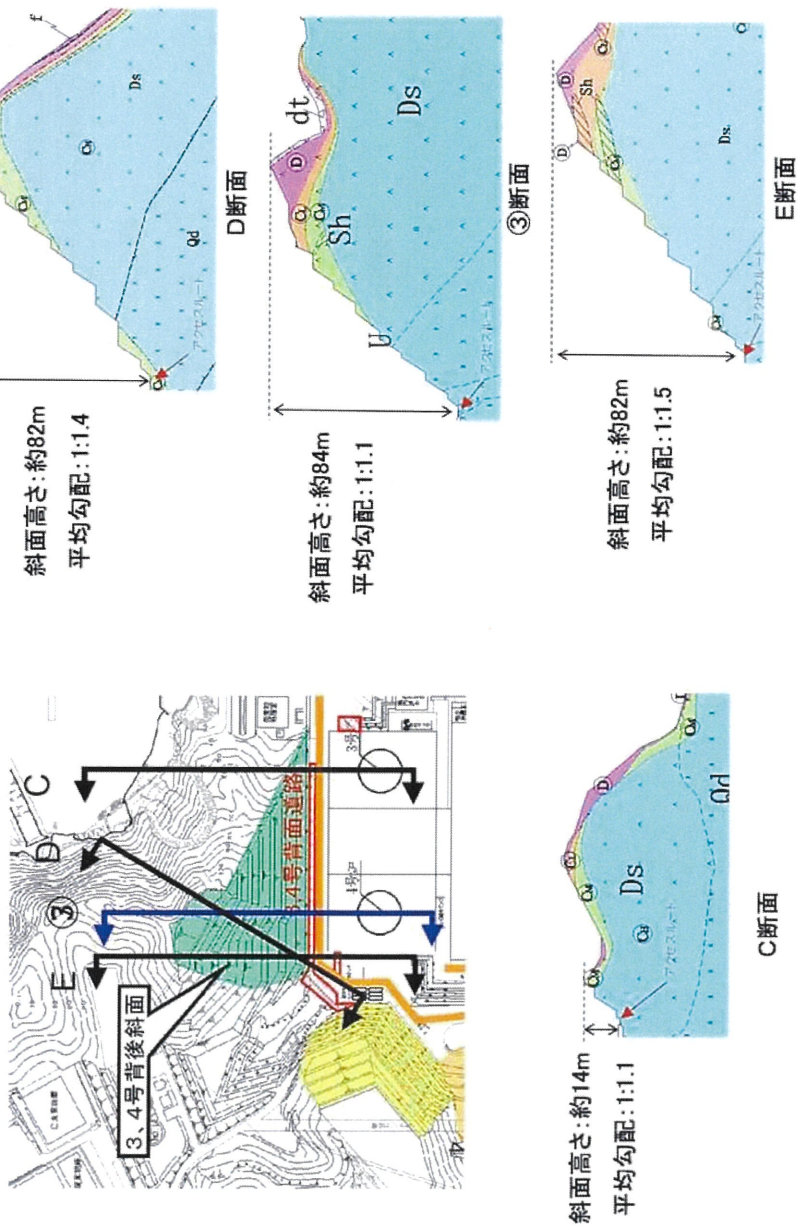
1) 検討斜面の選定 (1, 2号背後斜面)



斜面高さ、斜面勾配および岩級区分を考慮し、①断面及び②断面を検討断面として選定した。

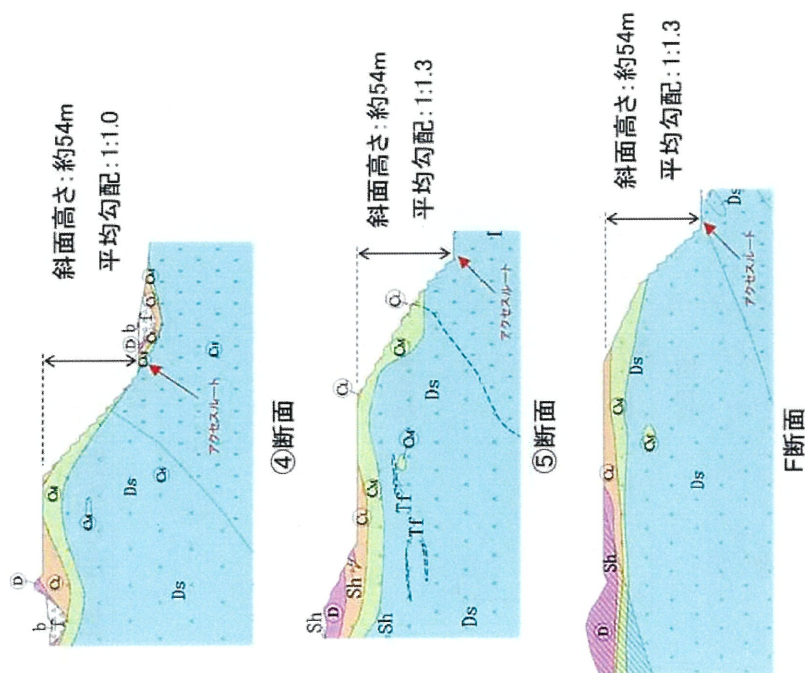
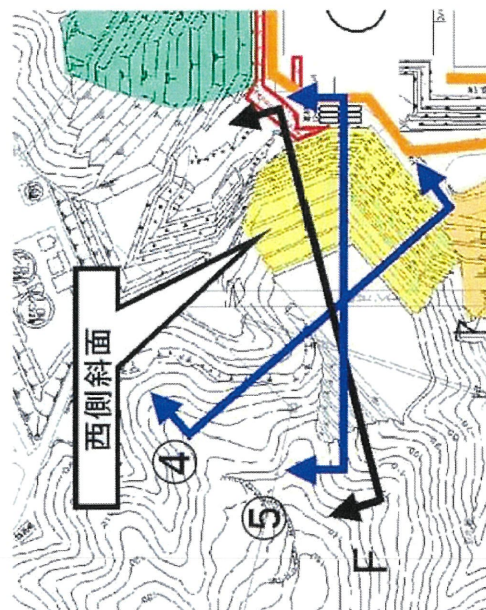
- ・①断面とA断面は、①断面のほうが斜面高さが高く、斜面勾配及び風化岩の分布がほぼ同等であることから、①断面を検討断面として選定する。A'断面は、①断面と斜面の勾配は同等であるが、①断面の方が斜面高さが高く、風化岩層が厚く分布することから、①断面の評価に代表させる。
- ・②断面とB'断面は、斜面高さ・斜面勾配・地質状況が同等であることから、②断面を検討断面として選定する。B断面は、②断面と地質状況はほぼ同等であると考えられるが、②断面の方が斜面高さが高く、勾配が急であるため、②断面の評価に代表させる。
- ・①断面では法尻付近にCH級岩盤が分布し、山頂部に風化岩層が分布するのに対して、②断面では、法尻付近に風化岩層が分布し山頂部には風化岩層が分布せず地質状況が異なることから、①断面、②断面のそれぞれを検討断面として選定する。

2) 検討斜面の選定 (3, 4号背後斜面)



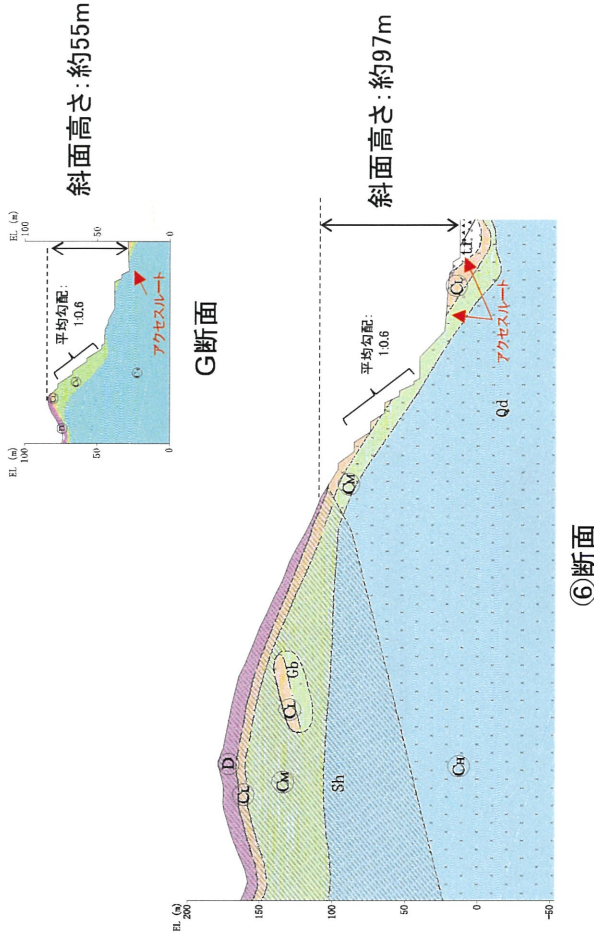
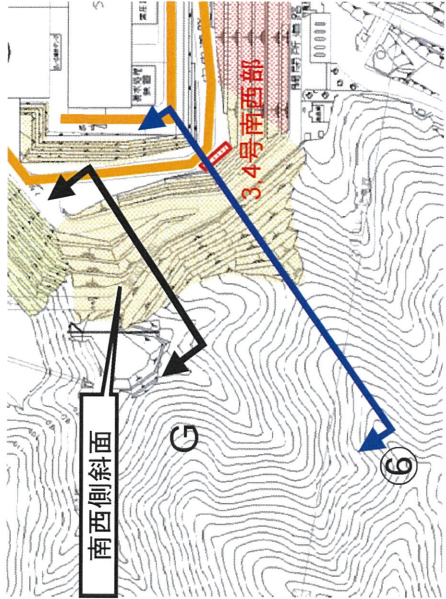
・各断面の地質断面図を比較した結果、C断面については、他の断面(③、D、E断面)に比べて、斜面高さが低く、風化岩層も薄い。また、③、D、E断面については、③断面の斜面高さが最も高く、斜面勾配が急であることから、③断面を検討断面として選定した。

3) 検討斜面の選定 (西側斜面)



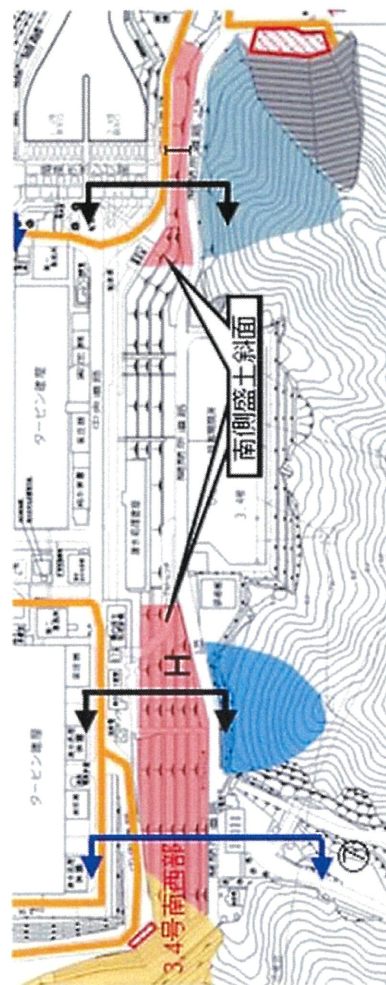
・各断面の斜面高さはほぼ同等であり、④断面の斜面勾配が急であり、⑤断面においてCM級が最も厚く分布することから④断面及び⑤断面を検討断面として選定した。なお、F断面は、⑤断面と斜面高さ及び斜面勾配がほぼ同等であり、⑤断面と比べCM級の分布が薄いことから、⑤断面の評価に代表される。

4) 検討斜面の選定 (南西側斜面)

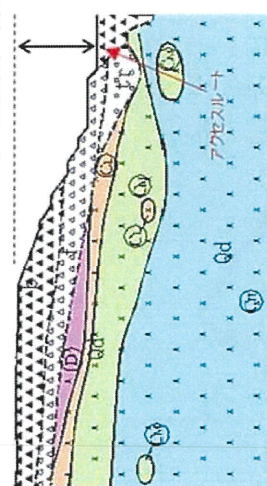


- ・⑥断面とG断面の斜面勾配及び地質状況はほぼ同等であり、G断面と比べ⑥断面のほうが斜面高さが高いことから、⑥断面を検討断面として選定した。

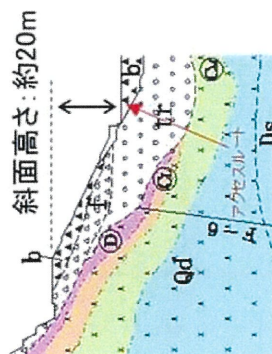
5) 検討斜面の選定 (南側盛土斜面)



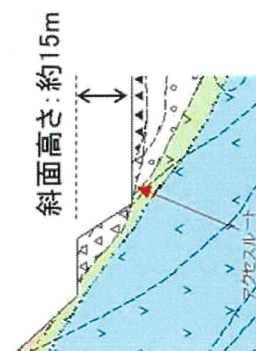
斜面高さ: 約27m



⑦断面



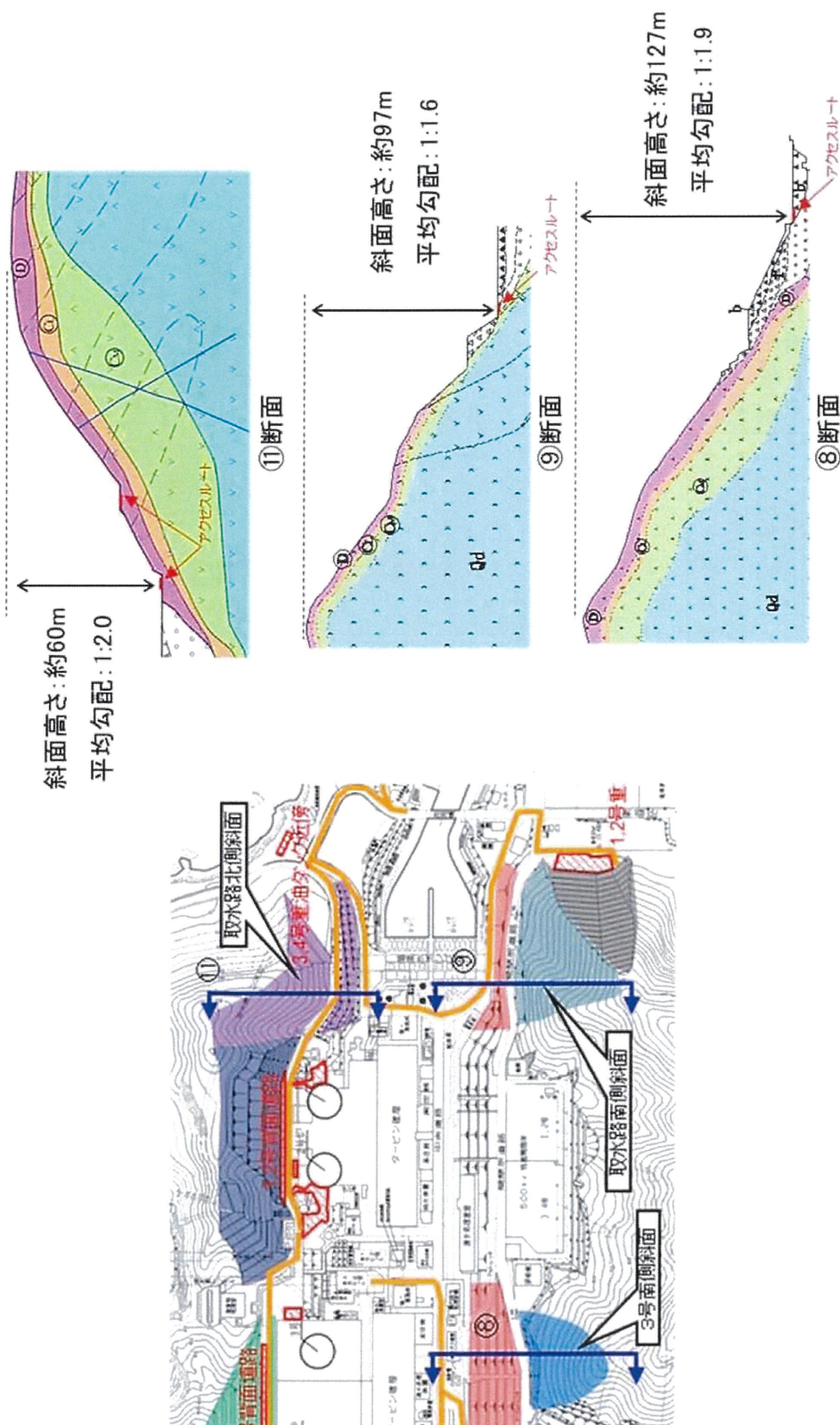
H断面



I断面

・⑦断面はH断面より斜面高さが高く、⑦断面の方がH断面の方が盛土の奥行きが深いことから⑦断面を検討断面として選定した。なお、I断面は⑦断面と比べ斜面高さが低く、奥行きが浅いことから、⑦断面の評価に代表される。

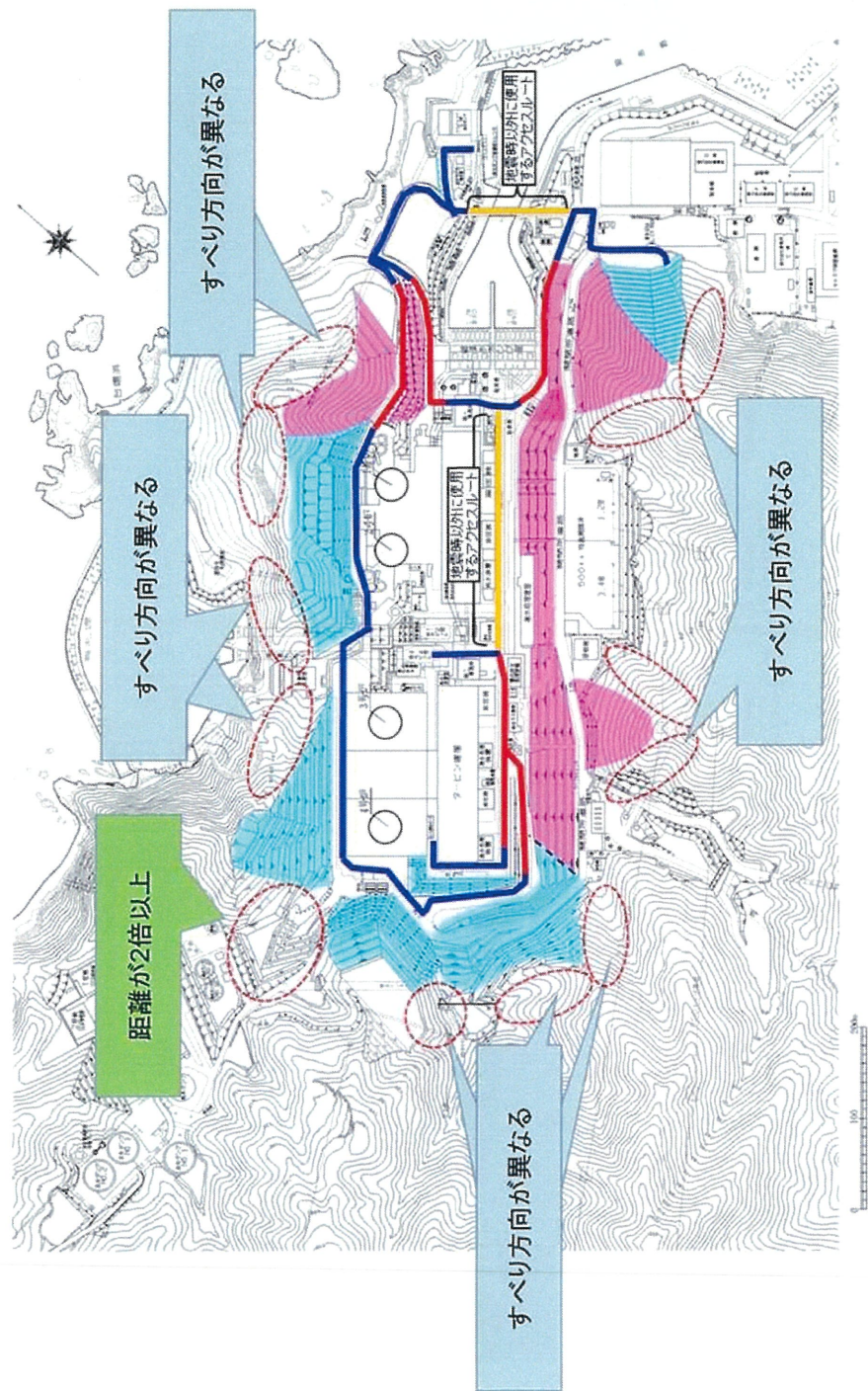
(参考) 検討斜面の評価 (取水口北側斜面、3号南側斜面及び取水口南側斜面)



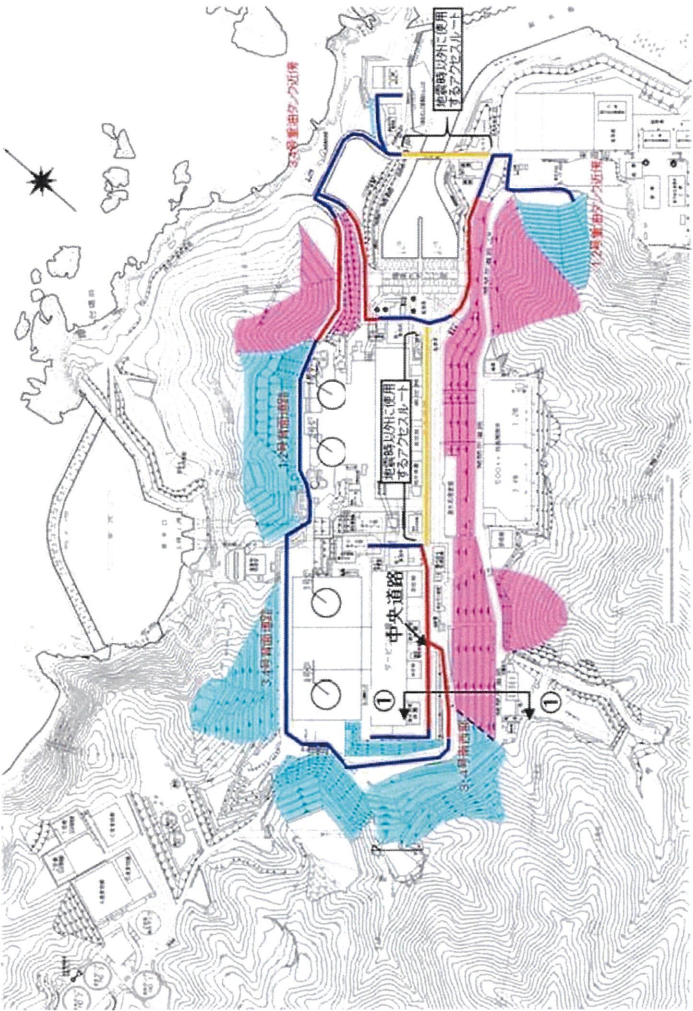
- ・⑪断面については、基準地震動 S_s に対する斜面安定性評価として、評価基準値1.0を下回ると想定した。
- ・⑧断面及び⑨断面は⑪断面と比較して、風化層の分布は同程度であるが斜面高さが高く、斜面勾配も急であることから、⑧断面及び⑨断面は、⑪断面と同様に評価基準値1.0を下回ると評価する。

3. 周辺斜面リスクマップの基本的な考え方について

- 斜面が崩壊しアクセスルートに影響を及ぼす可能性がある斜面を対象斜面とする。斜面のすべりの方向が違いアクセスルートに影響を及ぼさない斜面やアクセスルートから斜面までの距離が2倍以上ある斜面は、対象斜面から外している。
- 対象斜面のうち、動的解析にて安全率が1.0以上の斜面及びその斜面に代表されると評価した斜面は水色（崩壊のおそれがない）で、それ以外の斜面については、ピンク色（崩壊の可能性が否定できない）で明示している。



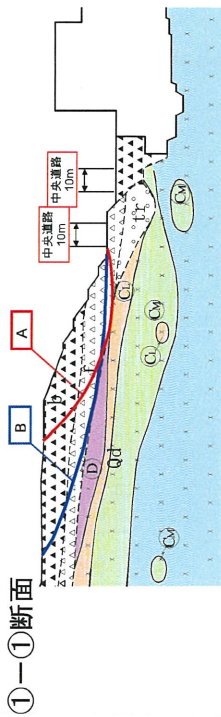
4. 斜面崩壊に伴う中央道路への影響
検討断面位置



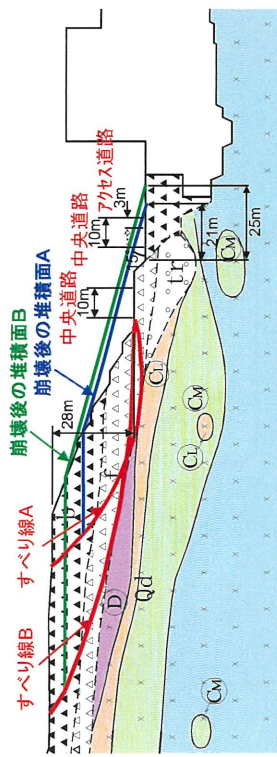
アクセスルート上の斜面リスクの基本的な考え方

凡例	斜面の判断基準	道路の判断基準	復旧対応
：リスク無し ：リスク有り	斜面による評価を行い、Sdに於いて最も小さい断面が1.0以上の断面 ・斜面による評価を行い、Sdに於いて最も小さい断面が1.0を下回るため、崩壊の可能性が否定できない斜面(主に富士斜面) ・崩壊の可能性が否定できない断面(主に自然地形が崩壊に陥っている箇所)	道路の液状化及び揺すり込みによる不平等低下が発生せず、道路に影響を与えないと想定される箇所(道路周辺道路のリスクがリスク有り)の場合は道路のリスクもリスク有りとする 道路の液状化及び揺すり込みによる不平等低下が発生することにより、道路への影響が大きいと想定される箇所	フルドレーザーの1車の半分(2mm/h)で走行する。 特殊10mmの道路を敷く程度の土砂搬入を想定したことから、フルドレーザーにて道路を復旧、通行ルートを確保する。

○①ー①断面について、簡便法によるすべり安全率が最小のすべり線(すべり線(A))に加えて、これよりすべり土塊が大きく基準地震動に対する地震応答解析による安全率が1を下回るすべり線(すべり線(B))について検討した。



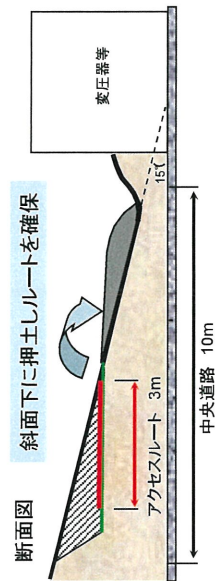
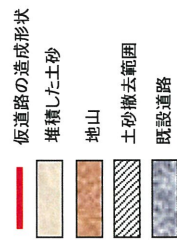
○すべり線(A)とすべり線(B)で崩壊した場合の、崩壊後の崩土の堆積面を比較した。なお、崩壊後の崩土の堆積面は、崩壊前後の土量変化率(1.3倍)を考慮している。



どちらのすべり線で崩壊した場合も堆積面は、中央道路全体を覆うと想定される。

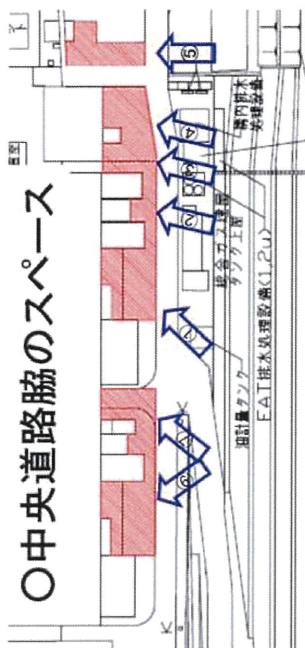
土砂の堆積想定と仮復旧の考え方

- 道路を塞ぐ土砂の堆積として10m区間を想定
- ブルドーザーで斜面下に土砂を押しつけた後、転圧を行い仮設道路とする
- 大容量ポンプ車等の通行を考慮し、幅員3mの道路を復旧



アクセスルート上に堆積した土砂は、ブルドーザーで斜面下に押し、道路面を転圧することによりルートを確保する。

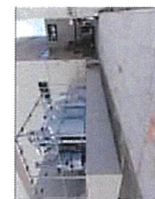
○中央道路脇のスペース



写真①



写真②



写真③



写真④



写真⑤

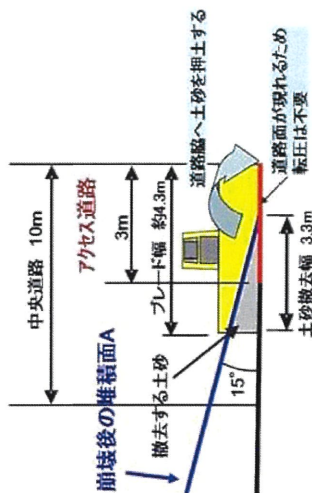


写真⑥



写真⑦

○すべり線(A)で崩壊した場合の道路復旧イメージ図
(道路の一部のみ覆う場合)



- ・すべり線(A)で崩壊した場合の堆積面Aは、場所によっては中央道路の全体を覆わず一部のみを覆う場合がある。崩壊した土砂を押し出すスペースが道路脇に十分にある場合は、土砂の押土のみで道路を復旧することができる。
(土砂の押土のみで道路面が現れるため転圧の必要はない。)
- ・復旧時間の想定では、道路面が全て埋まることを想定し、土砂の押土及び転圧の時間を考慮し時間算出を行っていることから、余裕を十分考慮した時間評価となっている。

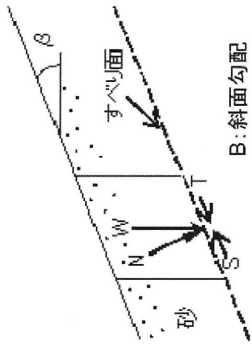
- ・中央道路脇のスペースは、道路付近の機器・タンク等の瓦礫を撤去するスペースとしても活用することが可能である。

安息角 (angle of repose)



自然にとりうる土の最大傾斜角。
土質工学用語集(地盤工学会)

砂の安息角と内部摩擦角



B: 斜面勾配
W: 砂の重量
N: 垂直応力
T: すべり力
S: 抵抗力

図の応力状態の時、斜面が安定するには、すべり力Tと抵抗力Sの間に、 $T \leq S$ の条件が成り立つ必要がある。これを展開すると、以下のようになる。

$$W \cdot \sin \beta \leq W \cdot \cos \beta \cdot \tan \phi$$

$$\tan \beta \leq \tan \phi$$

$$\therefore \phi \geq \beta$$

すなわち、内部摩擦角φは斜面勾配β以上の値であり、安全率1.0の極限状態では、内部摩擦角φは斜面勾配と等しくなる。

土砂の移動時の内部摩擦角

【土砂災害防止に関する基礎調査の手引き(財)砂防フロントティア整備推進機構, H13.6】

急傾斜地の崩壊に伴う土石等の内部摩擦角φ

15度～40度

【砂防設計公式集(マニュアル):(社)全国治水砂防協会, S.59.11】

土石流の力や高さの検討に用いる土砂の内部摩擦角φ

普通土(固いもの)25度～35度

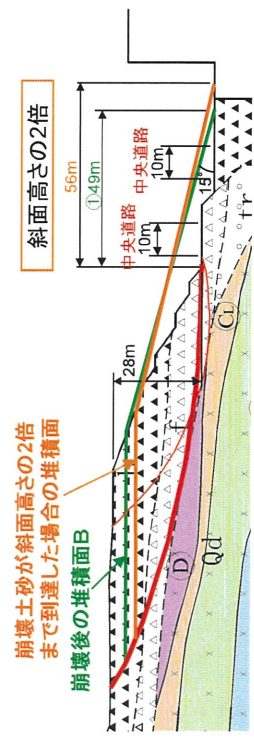
普通土(やや軟らかいもの)20度～30度

普通土(軟らかいもの)15度～25度

安息角と内部摩擦角の関係及び土砂の移動時の内部摩擦角の下限値を考慮し、崩壊土砂の堆積時の角度を15度と設定する。

○宅地防災マニュアルの解説に記載されている被害影響範囲「斜面高さの2倍」を考慮した場合の、道路復旧の時間評価に及ぼす影響を検討する。

【崩壊土砂が斜面高さの2倍まで到達した場合の堆積形状(⑧断面)】



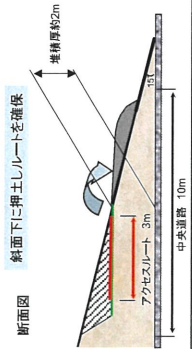
・斜面高さの2倍まで崩壊土砂が到達すると仮定した場合、中央道路付近では、堆積角度15度とした場合より若干堆積面が上側にシフトする。

【土砂の堆積想定と仮復旧に及ぼす影響】

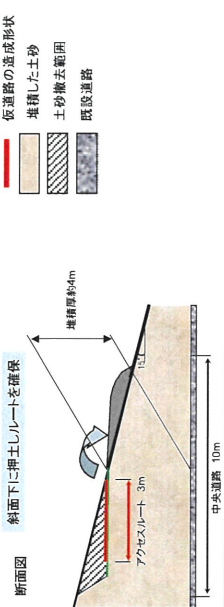
復旧方法

- ・ブルドーザで斜面下に土砂を押しつけた後、転圧を行い仮設道路とする
- ・大容量ポンプ車等の通行を考慮し、幅員3mの道路を復旧

【崩壊土砂が15度で堆積した場合】



【斜面高さの2倍まで崩壊土砂が到達した場合】



・斜面高さの2倍まで崩壊土砂が到達したとしても、堆積面が多少上側にシフトするだけで仮復旧の方法(アクセスルートの仮復旧)は崩壊土砂の上に3m幅の道路を整形)は変わらないことから、時間評価に影響を及ぼすことはない。

6. 斜面崩壊の不均一性の影響

斜面崩壊後の土砂堆積の設定における考え方について以下に示す。

(1) 盛土部背後の自然斜面の崩壊の考慮

盛土部の背後に自然斜面が存在しその自然斜面の崩壊による土砂がアクセスルートにまで到達することが想定される場合には、盛土斜面の崩壊に加えて盛土部背後の自然斜面の崩壊を考慮することにより土砂の堆積形状を検討する。

また、自然斜面のすべり範囲については、山体の形状（地形）を考慮することにより、アクセスルート上への土砂崩壊が想定される範囲を検討する。

斜面崩壊の不均一性の影響について、アクセスルートを復旧する上で最も厳しくなる条件として、短い区間内で大きな高低差が生じた場合である。よって、崩壊土砂による形状は、アクセスルート通過部の崩壊土砂高さが高くなり、その両端は崩壊しない場合として評価する。

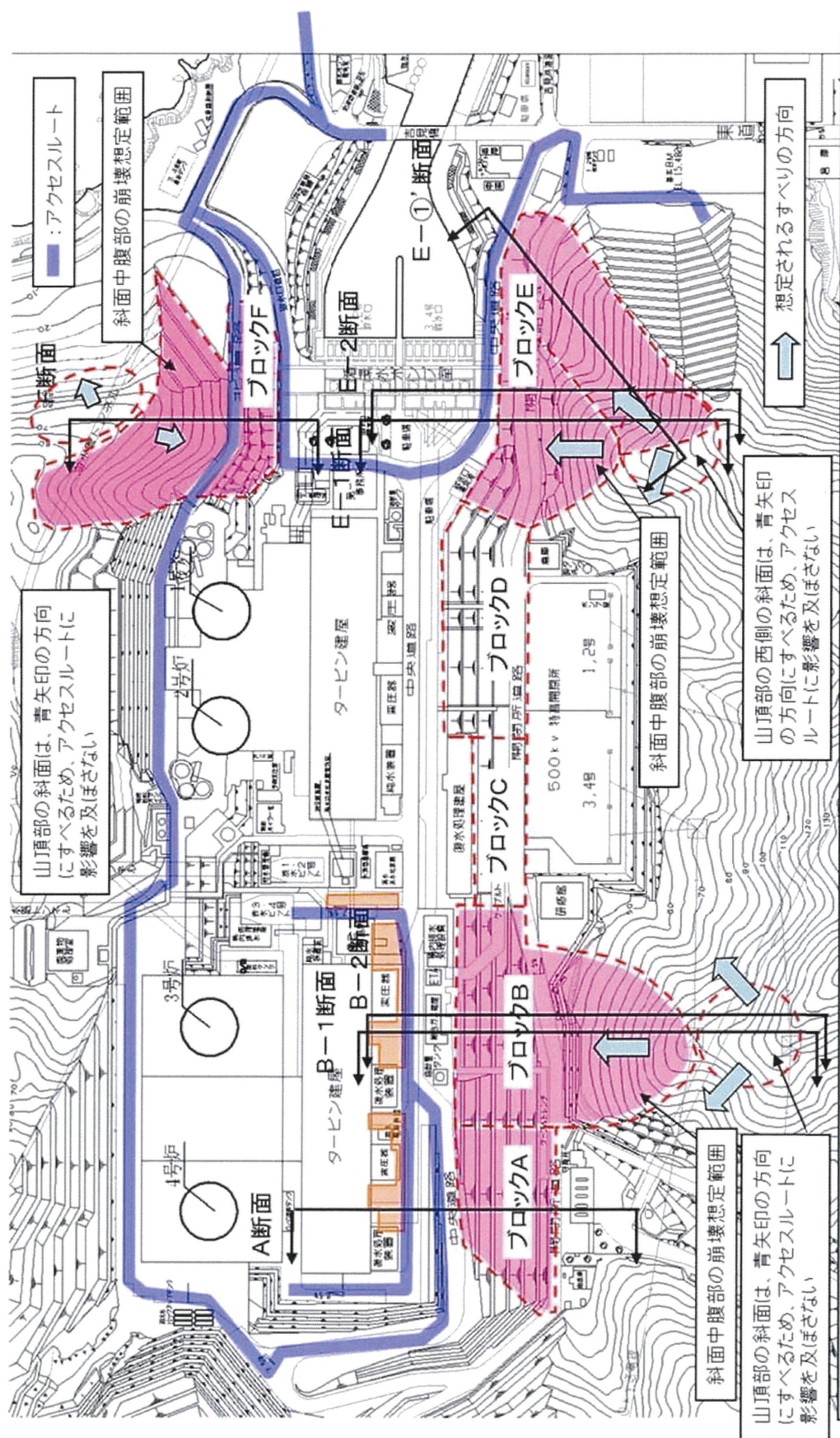
(2) すべり線の設定

基準地震動に対するすべり安全率が1を下回るすべり線の中で最も大きなすべり線を考慮する。（斜面のすべりは、すべり安全率が最も小さいすべり線において先ずすべり、より安定な状態となることからその後により規模の大きなすべり線ですべることはないと考えられる。しかし、ここでは、時間評価に対する影響をより保守的に評価する観点から、基準地震動に対するすべり安全率が1を下回るすべり線の中で最も大きなすべり線を考慮する。）

(3) 崩壊土砂の堆積形状の設定

崩壊土砂の堆積形状を以下のように設定した。

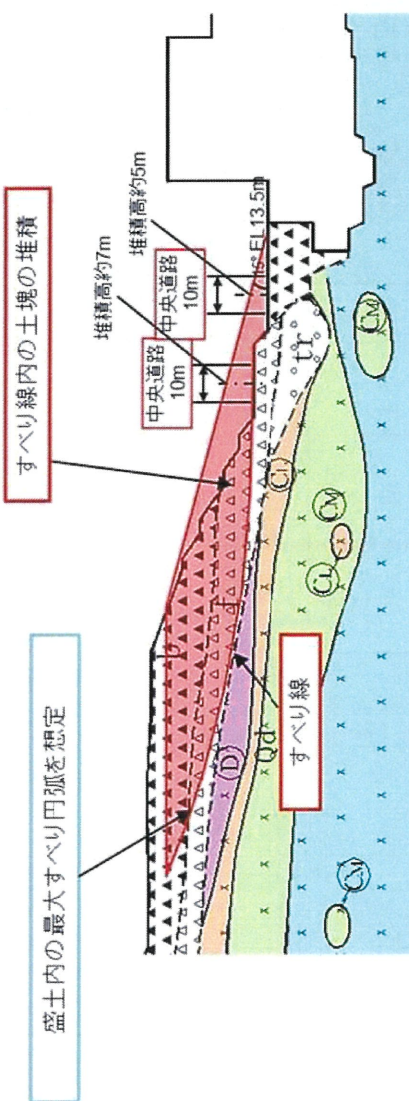
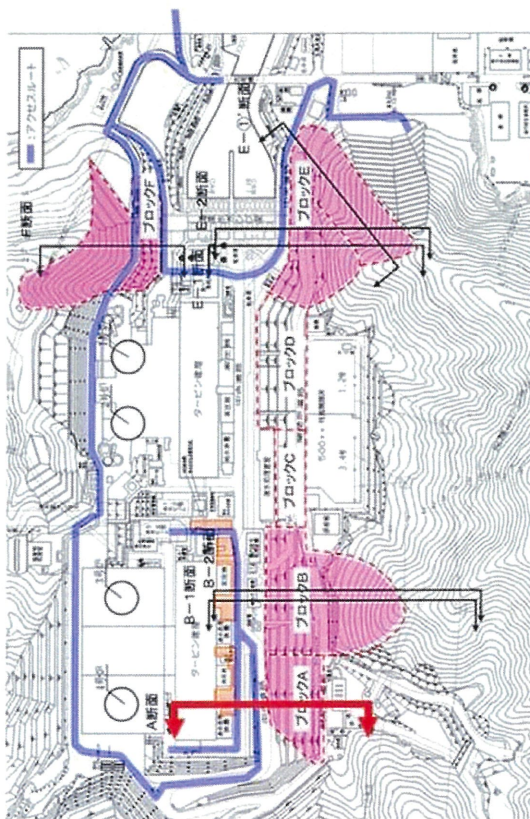
- 1) 崩壊土砂の堆積量
すべり土塊の土量に対して土量変化率1.3を考慮する。
- 2) 崩壊土砂の堆積時の角度
崩壊土砂の堆積時の角度は15度とする。
- 3) 崩壊土砂の堆積時の障害物の考慮
崩壊土砂の堆積範囲に変圧器等が存在する場合は、これらが障害となり土砂が盛り上がる形状を想定する。



・現地盤の形状およびアクセスルート周辺斜面の崩壊の仕方を考慮し、アクセスルート通過部をA、B、E、Fの4つのブロックに分け、各ブロックの標準断面における斜面崩壊後の形状を検討した。

A: 盛土部のみがすべる箇所、B: 盛土部および盛土部背後の地山斜面がすべる箇所、E: 盛土部および盛土部背後の地山斜面がすべる箇所、F: 切土部および切土部背後の地山斜面がすべる箇所

A断面



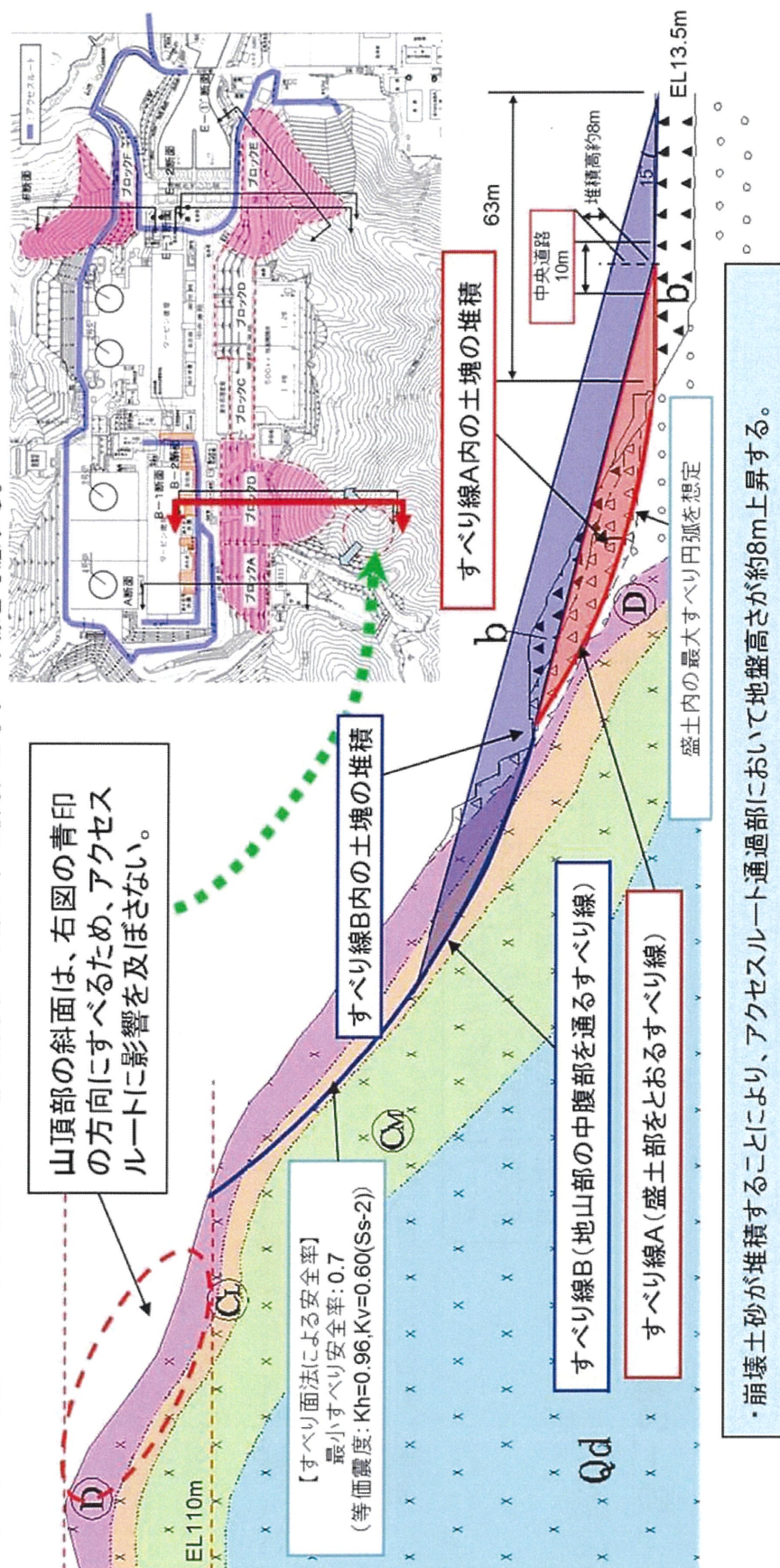
・崩壊土砂が堆積することにより、アクセスルート通過部において地盤高さが約7m及び約5m上昇する。

B-1断面(障害物がない場合)

土量算定のための滑り形状については、すべり面法により設定した。滑り範囲については、大飯発電所における他の斜面での二次元的有限要素法での結果を踏まえ、CL級での滑る可能性は否定できないことから、D級及びCL級を対象とし、すべり面法により形状を想定する。

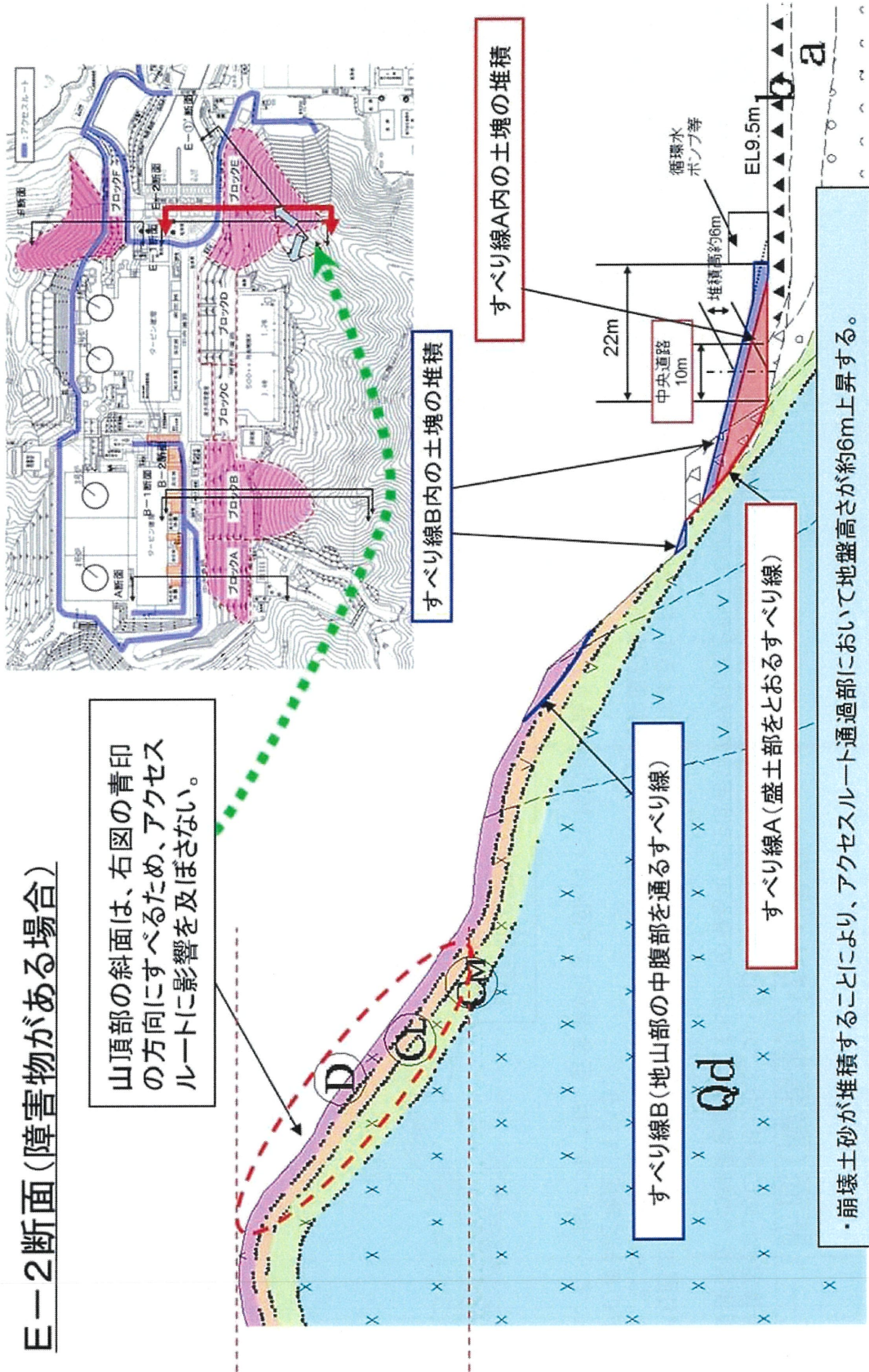
すべり面法を用いる際の、等価震度については、基準地震動 S_s によるすべり土塊の応答加速度を一次元波動論により評価したものをを用いた。なお、等価震度は全 S_s の内、水平震度が最大となる S_s と鉛直震度が最大となる S_s を抽出しており、抽出した S_s については鉛直動上下の反転を考慮している。

また、すべり線については、安全率が1を下回るすべり線の中で最も大きなすべり線を考慮する。

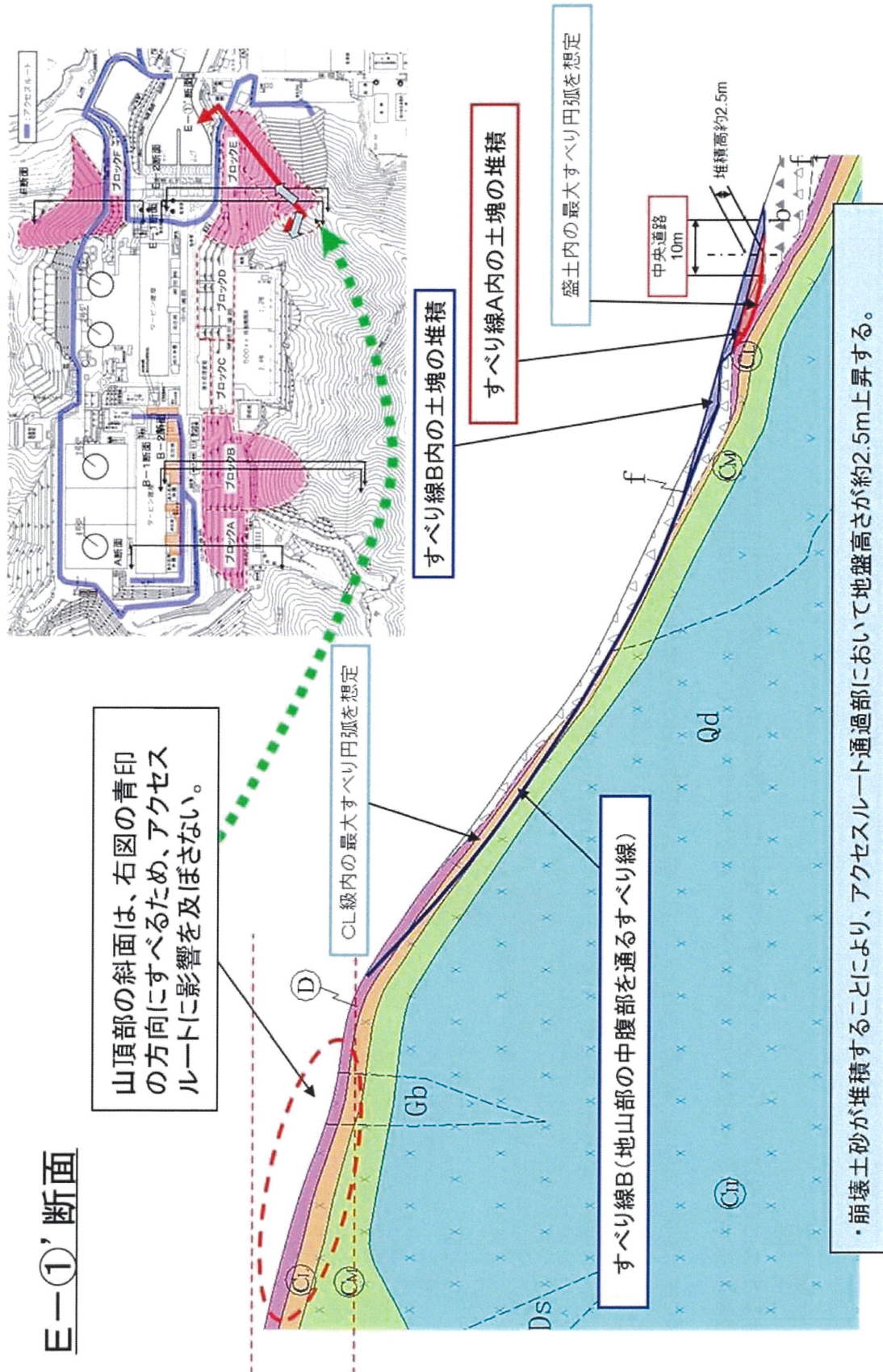


E-2断面(障害物がある場合)

山頂部の斜面は、右図の青印
の方向にすべるため、アクセス
ルートに影響を及ぼさない。



E-①'断面

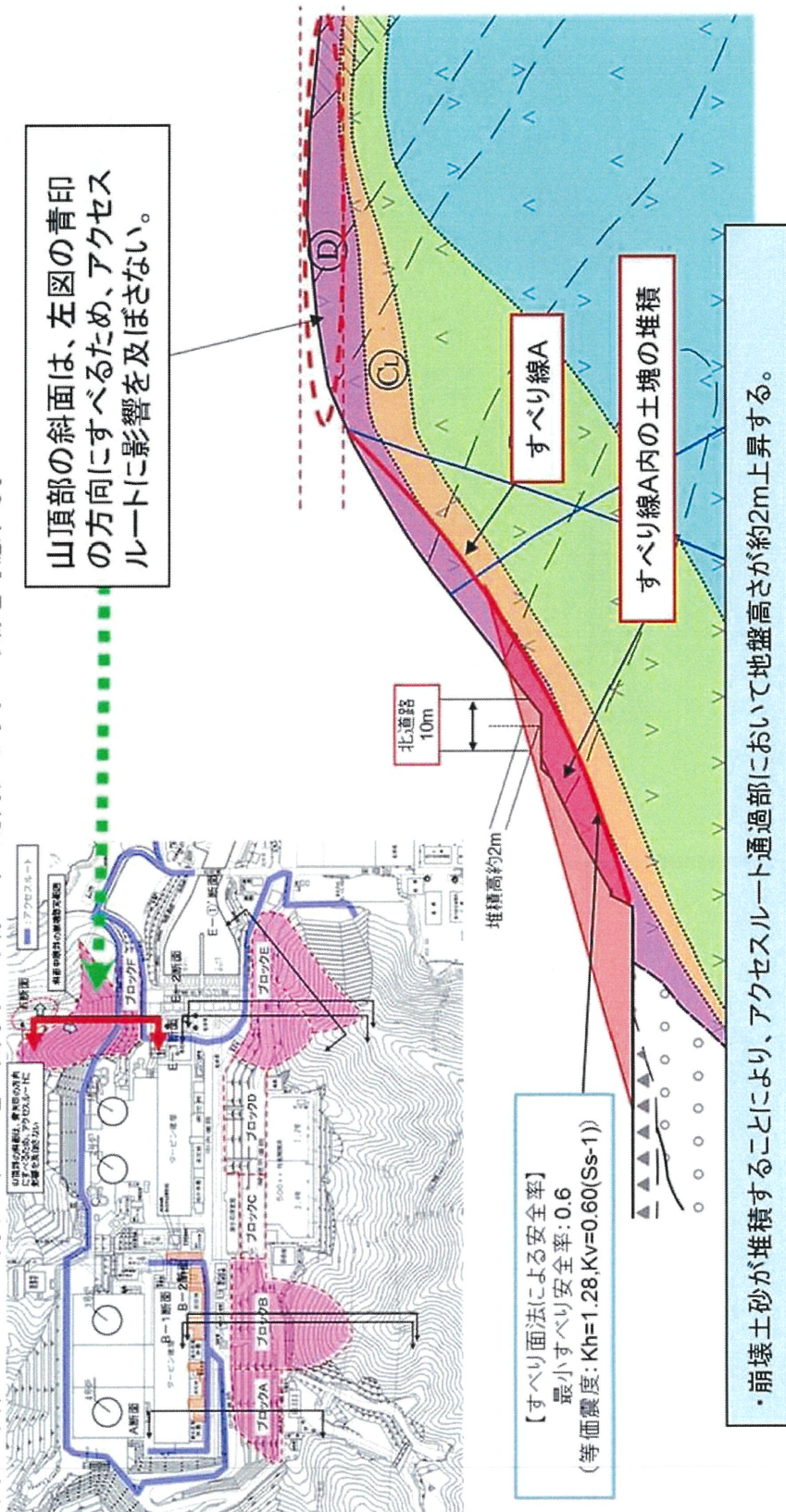


F断面

土量算定のための滑り形状については、すべり面法により設定した。滑り範囲については、大飯発電所における他の斜面での二次元的有限要素法での結果を踏まえ、CL級での滑る可能性は否定できないことから、D級及びCL級を対象とし、すべり面法により形状を想定する。

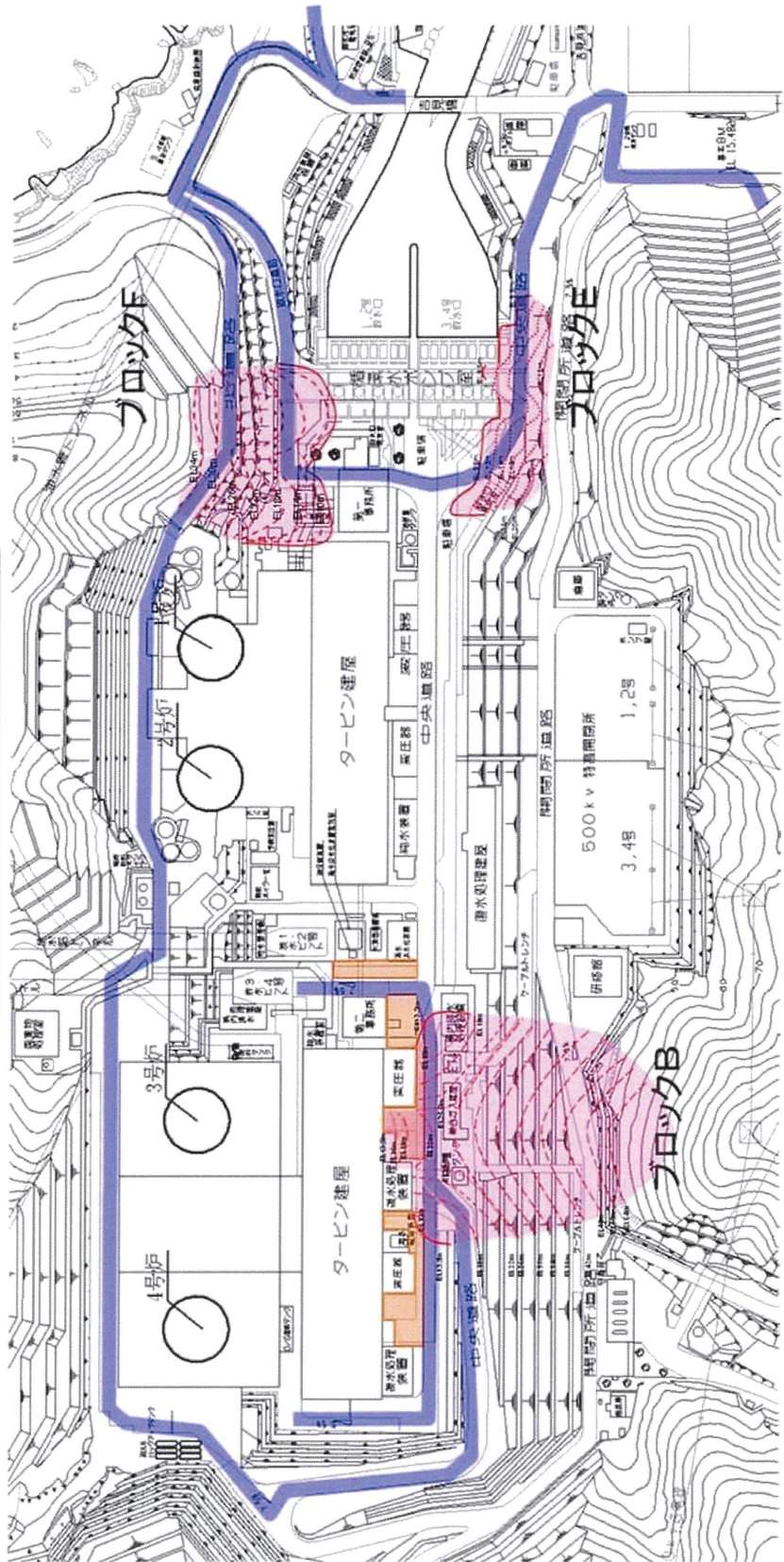
すべり面法を用いる際の、等価震度については、基準地震動Ssによるすべり土塊の応答加速度を一次元波動論により評価したものを用いた。なお、等価震度は全Ssの内、水平震度が最大となるSsと鉛直震度が最大となるSsを抽出しており、抽出したSsについては鉛直動上下の反転を考慮している。

また、すべり線については、安全率が1を下回るすべり線の中で最も大きなすべり線を考慮する。

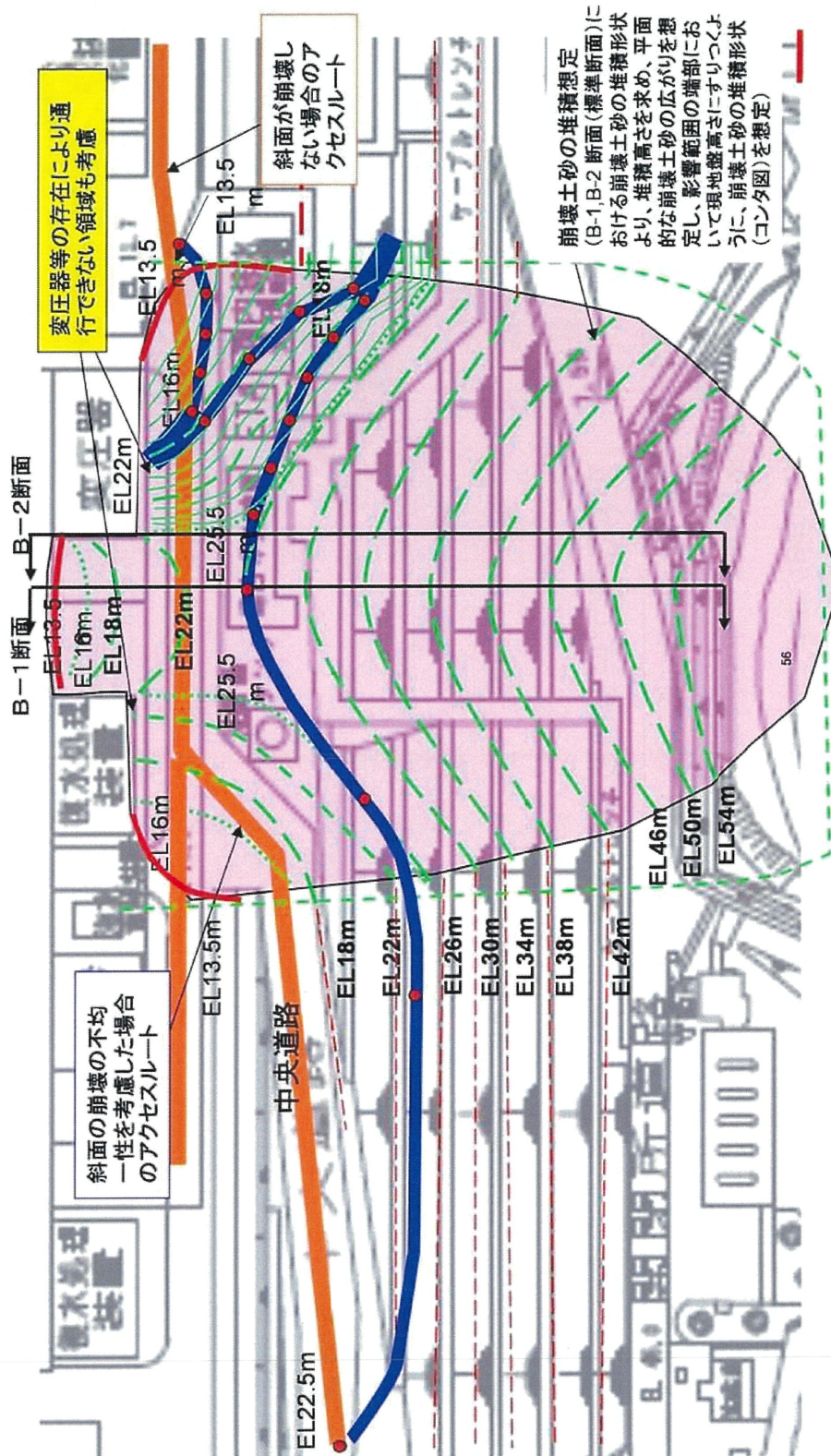


- ・斜面の崩壊の不均一性により、アクセスルートを復旧する上で条件が最も厳しくなるケースは、崩壊土砂によりアクセスルート通過部の地盤高さが高くなる箇所が崩壊せずに道路が残っている場合である。
- ・上記のケースとして、盛土部と盛土部背後の地山斜面がともなすべるブロックBおよびブロックEのみが崩壊した場合を想定し、アクセスルートに及ぼす影響を検討した。
- ・ルートの取り方としては、アクセスルートに沿い原則標高が一定となるルートを選定する。標高をまたぐ際には、ルート勾配が10°以下となるルートを選定する。
- ・また、ルート1について、ブロックFが崩壊した場合を想定して、斜面の崩壊の不均一性を考慮した影響を検討した。

斜面崩壊後の堆積土砂の分布



○崩塌箇所B拡大図



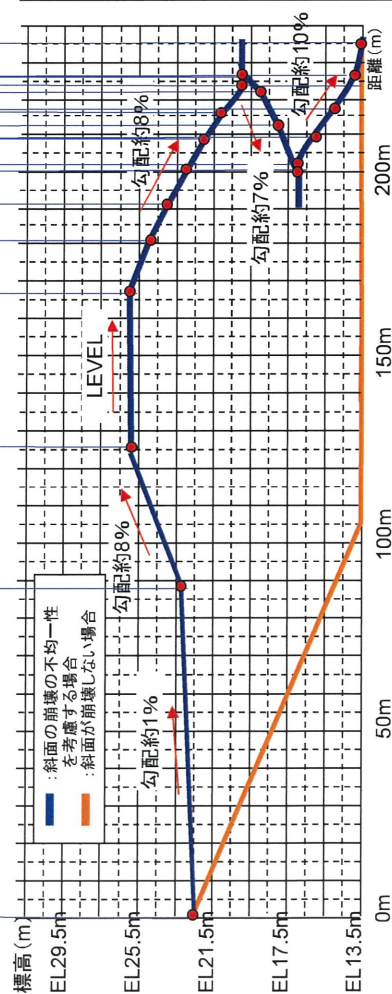
- ・崩壊土砂の堆積形状より、斜面勾配を考慮し、走行ルートを想定

平面図

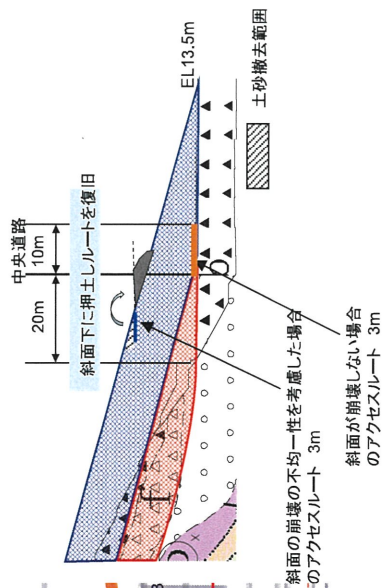
→ 正面図



正面図

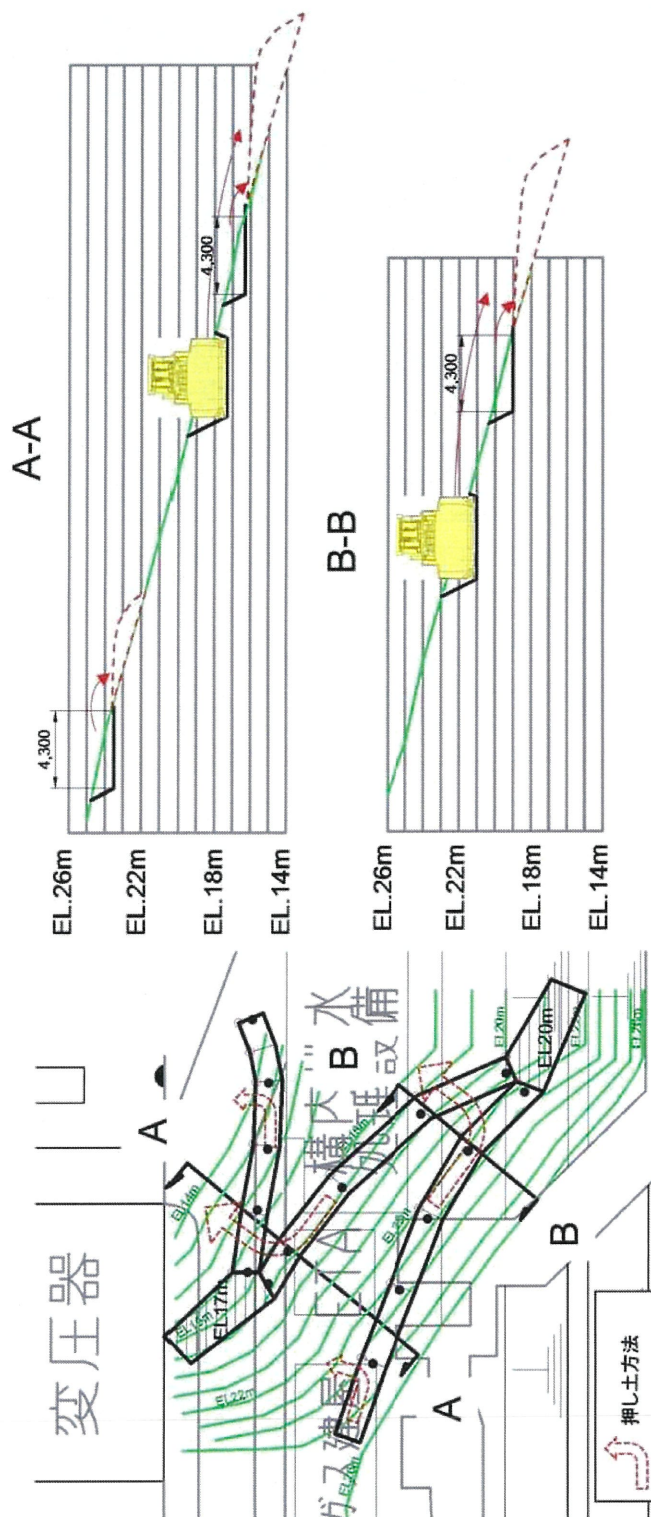


ルート断面図



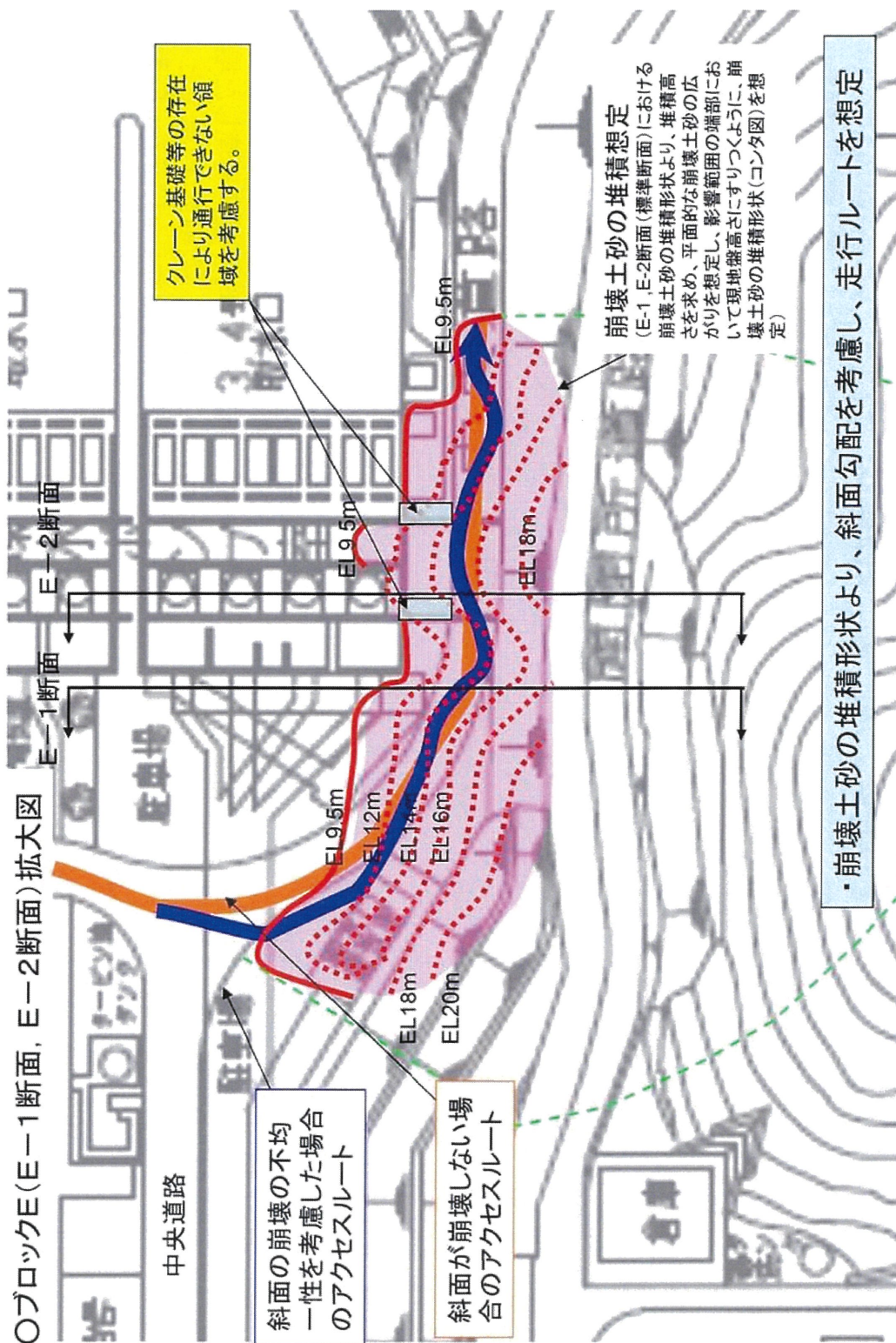
- ・走行ルート上の最大勾配は約10%であり、車両の通行に支障は生じない。
- ・斜面の崩壊の不均一性を考慮した場合の復旧距離は、考慮しない場合と比べて116m程度増加することから、不均一性の復旧時間は147分(ガレキを含んだ土砂の押し土延長度:50m/h、V字箇所(の押し土延長増分として7分考慮)である。

復旧ルート詳細図



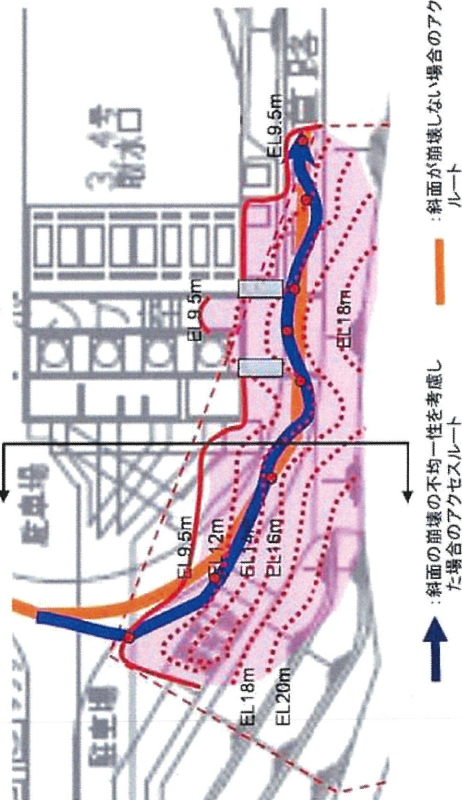
復旧ルートのうち、V字箇所隣接ルートの相互影響について確認した。

- ・ルート幅を考慮した場合においても、ルート同士は干渉しない。
- ・土砂撤去の押し土については、隣接ルートに影響しないよう押し土可能である。

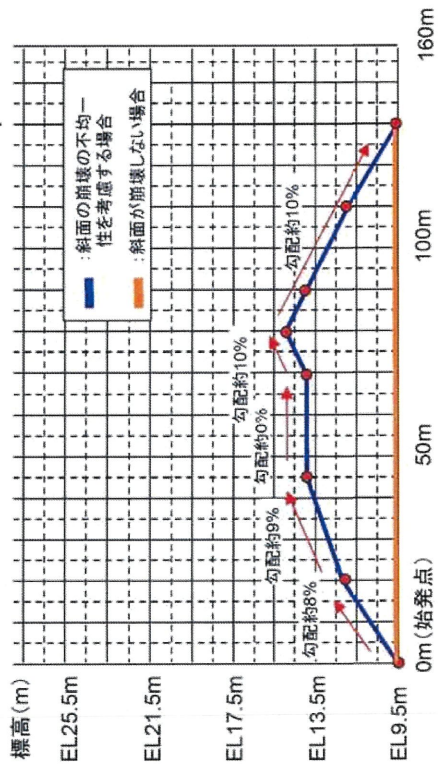


平面図

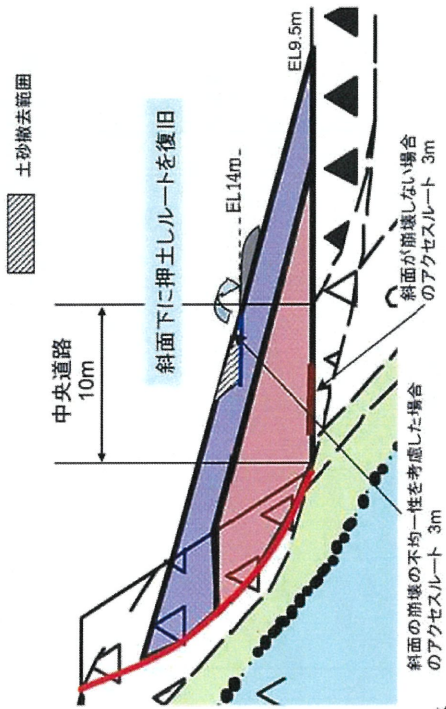
正面図



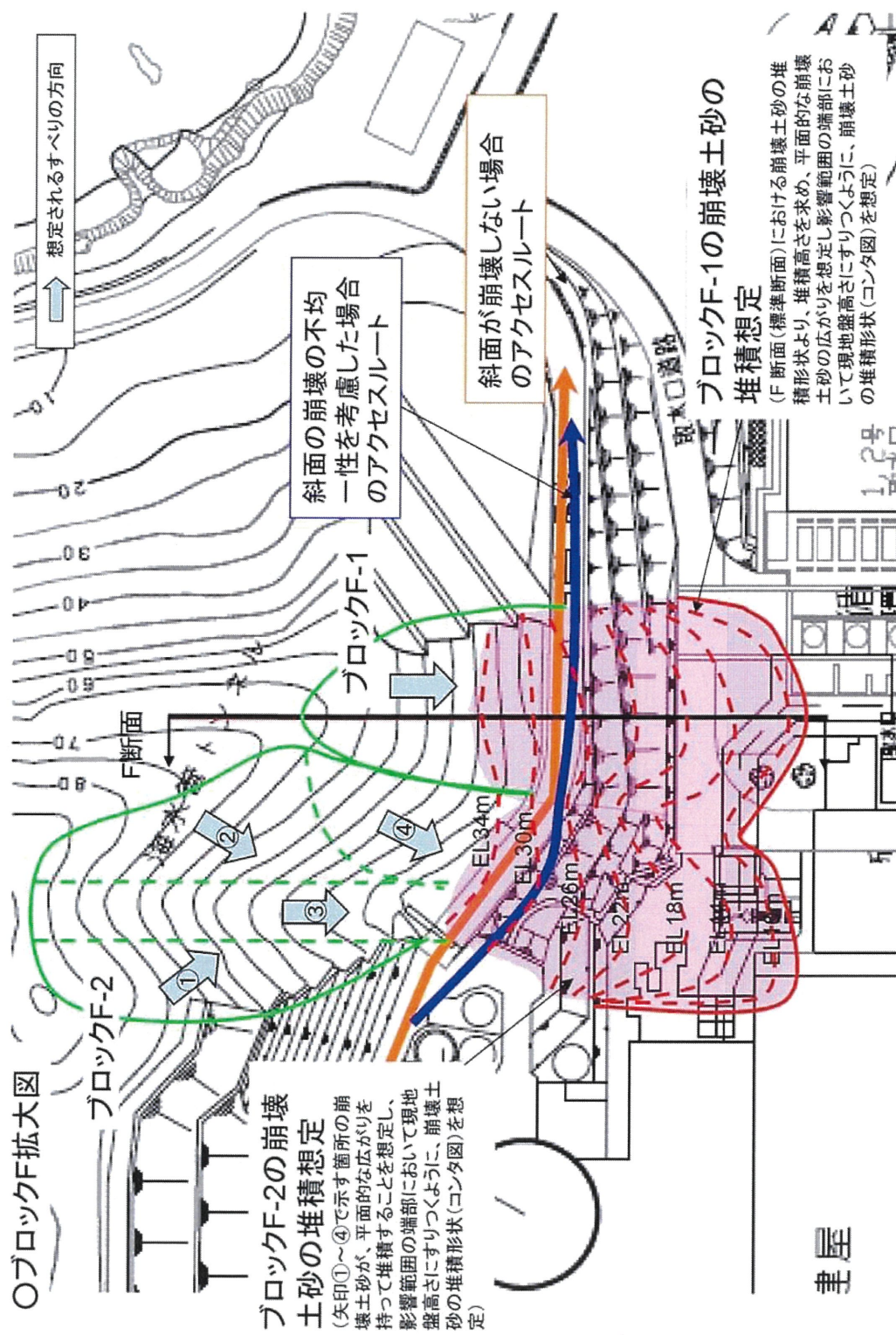
正面図



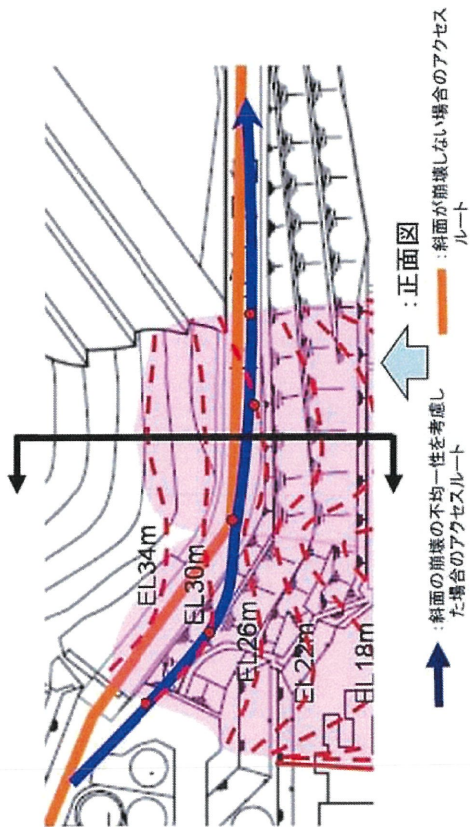
ルート断面図



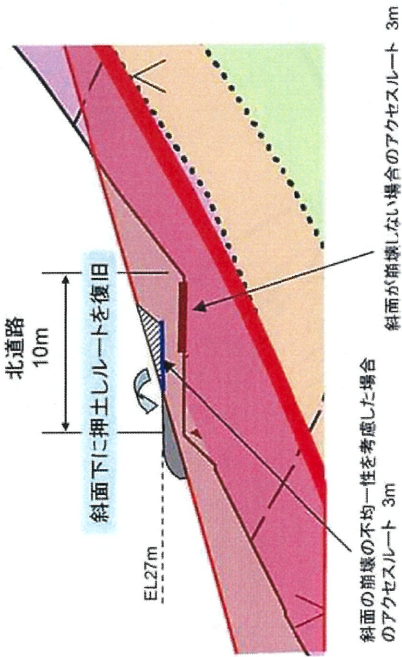
- ・走行ルート上の最大勾配は約10%であり、車両の通行に支障は生じない。
- ・斜面の崩壊の不均一性を考慮した場合の復旧距離は、考慮しない場合と比べてほとんど変わらないため、時間評価に影響は及ぼさない。



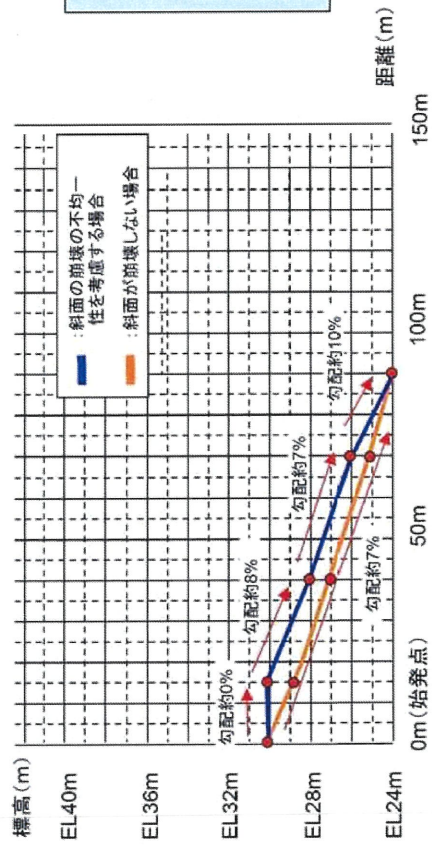
平面図



ルート断面図

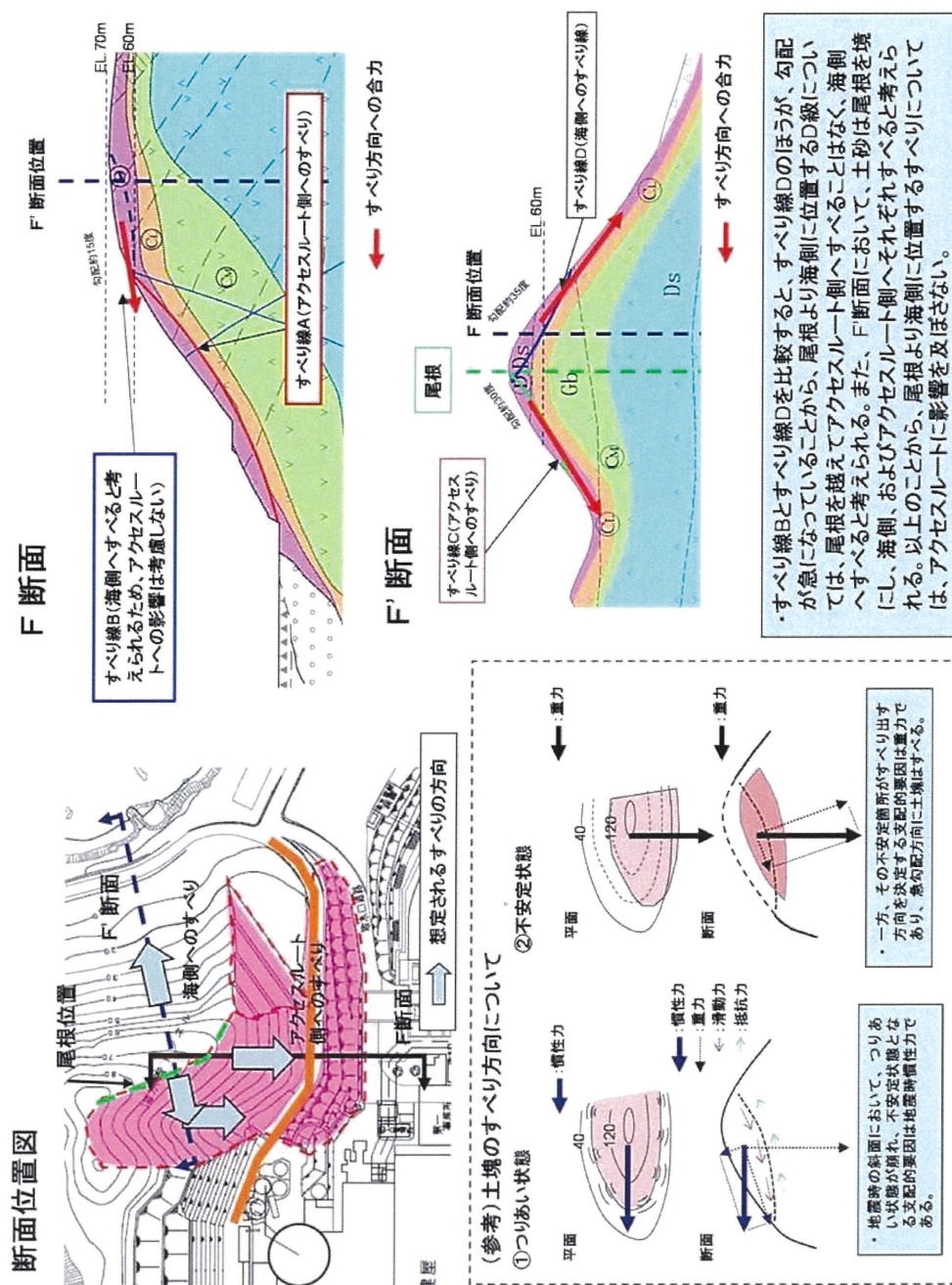


正面図



・走行ルート上の最大勾配は約10%であり、車両の通行に支障は生じない

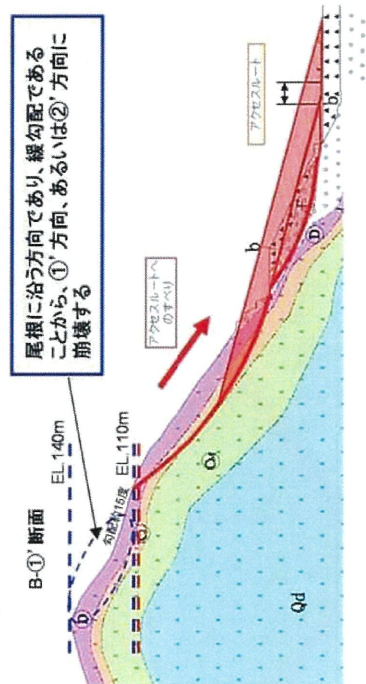
・斜面の崩壊の不均一性を考慮した場合の復旧距離は、考慮しない場合と比べてほとんど変わらないため、時間評価に影響は及ぼさない



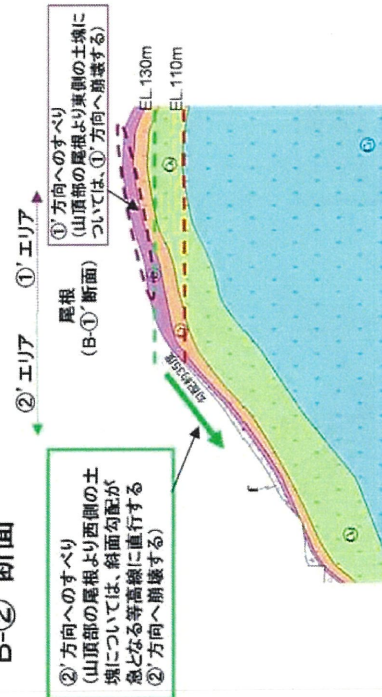
断面位置図



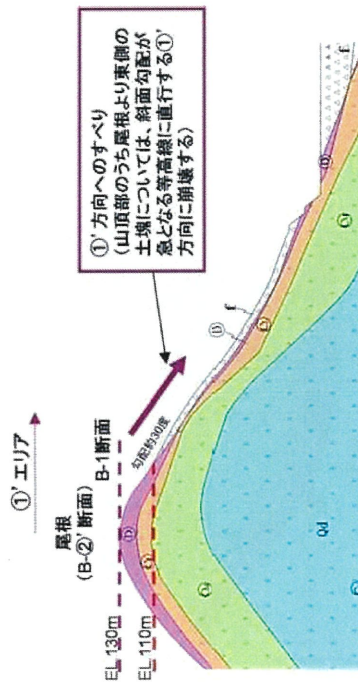
B-1断面



B-2'断面

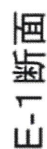


B-①'断面



・山頂部の土塊は、①'方向、および②'方向へ崩壊するためアクセスルートへ影響を及ぼさない

(参考3)



1.0-248