

保坂地区急傾斜地崩壊対策工事中の斜面崩壊について

横山 将希

高島土木事務所 河川砂防課.

平成24年9月21日、高島市今津町保坂地区で高島土木事務所河川砂防課が進めていた急傾斜地崩壊対策工事中に斜面崩壊が発生した。今回、当該大規模崩壊を対象とし、崩壊メカニズムおよび応急対策、恒久対策について報告を行う。なお、崩壊は法面下の人家の手前で止まり、幸い、人命、建物への直接的な被害は発生しなかった。

キーワード 黒色粘板岩、崩壊メカニズム、応急対策、恒久対策

1. はじめに

保坂地区は 人家10件、草の根ハウス（地区避難所）を保全対象とする急傾斜地崩壊対策事業箇所である。当初計画での施工概要は、吹付法枠工（300*300）、鉄筋挿入工（D22 L=2.4m、D25 L=4.0m）を逆巻き工法により上段・下段の順に施工。その後、待ち受け擁壁として重力式擁壁工（H=3.5m）を行うものであった。平成24年2月29日を工期開始とし、崩壊が起こる9月21日までの6ヶ月の間に、上段の切土、上段の吹付け法枠・鉄筋挿入工を完了し、下段の切土を施工していた。

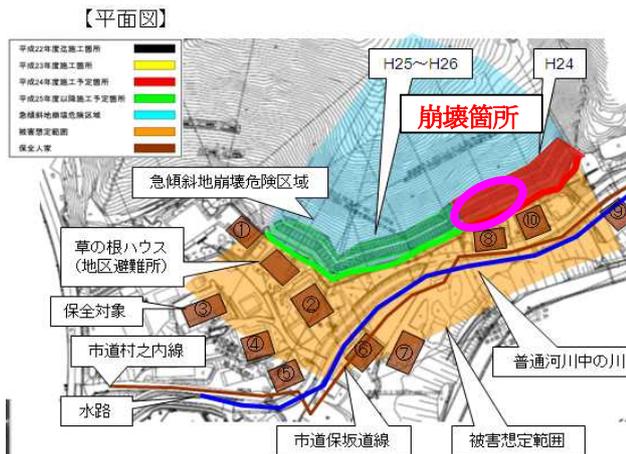


図1.1 対象地付近の平面図

2. 崩壊の状況

大規模崩壊発生前の平成24年9月1日から小段崩壊を主体とする小規模崩壊が数回発生し、9月21日に写真2.1の大規模崩壊に至った。

崩壊の規模は、幅約30m×長さ約20m×深さ約8mで、下段の切土工を施工していた際、施工済みの上段法枠の一部が斜面下部に滑り落ちた。



写真2.1 崩壊発生直後の状況

崩壊は降雨中や降雨直後に発生することが多いが、今回、崩壊と降雨状況の関係は図2.1の通りで、大規模崩壊(9月21日)前の3日間は降雨が無いが、小段を中心とした小崩壊が数回発生した8月31日～9月18日は日雨量1～20mmの雨がコンスタントに続いている。

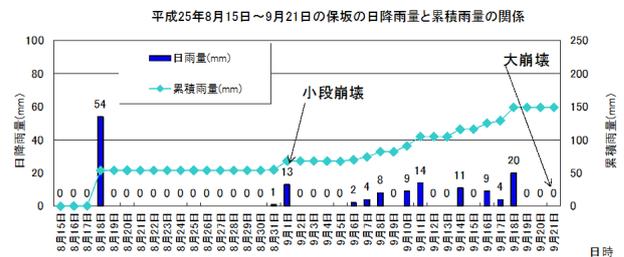


図2.1 大規模崩壊に至るまでの日雨量

大規模崩壊に至るまでの経緯は、表2. 1に示した。

表2. 1 大規模崩壊に至るまでの斜面および施工状況

月 日	斜面状況および施工状況
8月10日	切土上段の鉄筋挿入の確認試験が終了
8月17日	下段部の掘削開始
9月1日	N0. 9+5. 0～N0. 9+15. 0の小段部が小崩壊
9月10日	小段崩壊箇所の仮設モルタル吹付け
11～14日	N0. 10で小段崩壊し、N0. 11方向へ拡大
9月14日	下段の掘削完了
9月15日	崩壊面上部の仮設モルタル吹付け完了
9月20日	下段部法面の整形完了を確認
9月21日	17時、測点No. 9付近の小段が崩壊
	18時、仮設モルタル施工部が崩壊
	22時、測点No.9～No.10で大規模崩壊

3. 崩壊のメカニズム

崩壊のメカニズムは、空中写真で確認できる花折断層に沿った線状模様（リニアメント）の影響と切土が現況斜面に与えた影響を含めて検討した。

(1) 花折断層の影響による崩壊範囲の検討

大規模崩壊は文献と空中写真より、花折断層に並走するリニアメントによって規模が決められたとみてよい。リニアメントとは空中写真で確認される線状模様のことであり、今回の場合、花折断層に付随する小断層が反映されていると専門家によって判断されている。

- ① 崩壊箇所周辺の地質は粘板岩と砂岩で、崩壊箇所は粘板岩主体である。
- ② 対象地周辺は写真3. 1のように花折断層に収束する北北東-南南西方向に伸びる派生断層と同方向に伸びる2本のリニアメントに挟まれる。
- ③ 崩壊地西側のリニアメント沿いの一部は緩斜面が広がることから、崩壊地周辺はリニアメント位置を滑落崖とする岩盤すべりによって地山が緩んでいた可能性がある。
- ④ 大規模崩壊部の滑落崖位置は写真3. 1のリニアメント位置と一致し、同位置に小規模亀裂帯がある。



写真3. 1 花折断層と断層位置、空中写真判読結果

(2) 黑色粘板岩に対する検討

崩壊の素因は、地元が崩れやすい岩として”水つち”と呼ぶ脆い黑色粘板岩である。ここでは黑色粘板岩の特徴を、崩壊前の切土法面状況、崩壊後のボーリングコア状況および伸縮計計測結果から検討した。

1) 崩壊前の切土法面状況

小段の小規模崩壊および大規模崩壊の下面は、写真3. 2の黑色粘板岩が分布していた。黑色粘板岩の傾斜は山側に約60度で、斜面に対しては受け盤である。

黑色粘板岩は粘土化が進み、その直上部の珪質粘板岩は含水が多く、酸化が進んで茶褐色を示す箇所が見られた。小段主体の小規模崩壊は黑色粘板岩とその上位で発生している。

写真3. 3は崩壊派生直前(4時間前)のモルタル面で、黑色粘板岩位置のモルタルの色が濃くなっており、この原因は同岩のせり出しと地下水の絞り出しとみてよい。

黑色粘板岩が切土等で地表に暴露した場合は、上記のように亀裂面に沿って変形すると共に水を絞り出し、上位の岩塊を不安定化させ大規模崩壊に至ると考えられる。



写真3. 2 黑色粘板岩の分布状況



写真3. 3 大規模崩壊直前の法面状況

2) ボーリングコアの黑色粘板岩

調査は大規模崩壊斜面に対してボーリング2本、周囲の切土に対して4本の計6本ボーリングを行い、その中の4本で黑色粘板岩を確認した。

黑色粘板岩は平成20年度の当初調査で確認されておらず、大規模崩壊後のボーリングで初めて状況を確認した。

黑色粘板岩のボーリングコアは写真3. 4の通りで、粘

土化が進むと共に20度～80度の様々な傾斜の亀裂面が多く、コアを押すとこれら亀裂面に沿って容易に剥離する。この状況から黒色粘板岩が切土されて拘束圧が無くなった場合は、亀裂面に沿ってコアが膨れ、雨水等が浸透し易くなると考えられる。

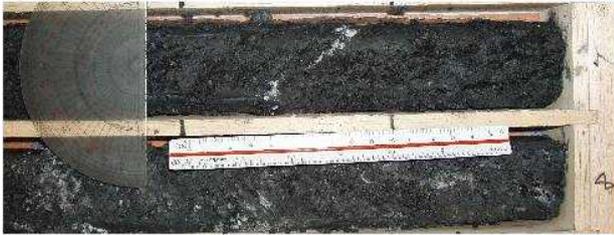


写真3.4 20度～80度の亀裂多く、粘土化が進む。

(3) 計測結果に対する検討

法面の変状状況は、大規模崩壊直後から2点間距離、緊急対策後の平成24年12月15日以降は伸縮計により監視を行った。伸縮計の配置状況は写真3.5、結果の一部は図3.1の通りで、以下の傾向が認められた。

- ① 伸縮計の読みは時々1mm程度読み値が増加する以外は概ね安定している。
- ② 1mm程度の読み値増加時は、平成25年1月1日や16日のように2日前に日降雨量37mmや41mmがある。



写真3.5 伸縮計の設置位置、滑落崖、押え盛土

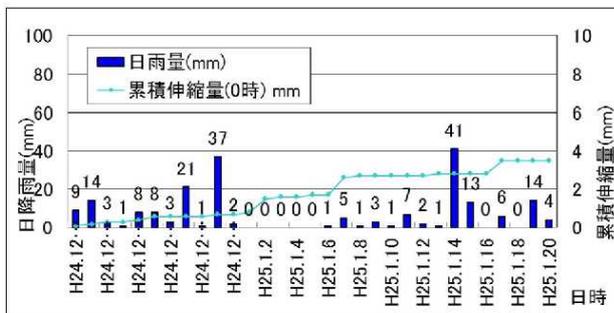


図3.1 日雨量(保坂)と累積伸縮量(抜粋)

(4) 崩壊メカニズムの検討

切土によって表層に出現した”水つち”と呼ばれる脆

い黒色粘板岩は、図3.2①のように緩みが発生し、せん断抵抗力が低下して小段から小崩壊した。小崩壊後の緩み範囲は同図②のように黒色粘板岩の高標高側に拡大し、雨水が数日かけて同粘板岩付近に浸透して強度がさらに低下し、花折断層の影響を受けたリニアメント位置を滑落崖とする大規模崩壊が発生したと考えられる。

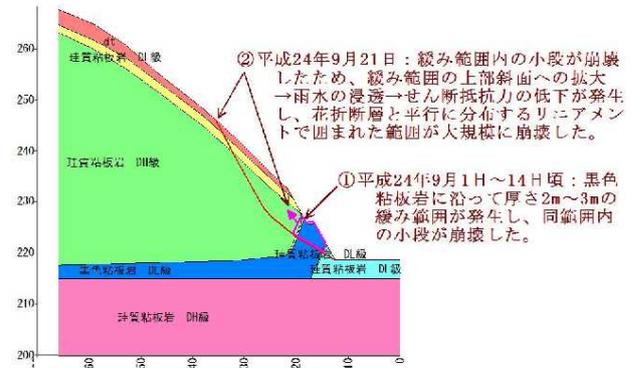


図3.2 黒色粘板岩沿いの緩み領域発生で小段が崩壊し、リニアメントを滑落崖とする崩壊に至った推定図。

4. 応急対策工検討

(1) 緊急対策実施および応急対策工検討範囲

崩壊範囲を図4.1に示す。大規模崩壊箇所は斜面下部の切土に伴って、崩壊が発生している。斜面残存部の法面下には保全人家があり、緊急対策工(押え盛土)を施工した。また、雨水の浸透を防ぐため崩壊斜面全体にブルーシートを設置した。

本節では、大規模崩壊箇所に対する応急対策工計画を主体に記述する。



図4.1 崩壊範囲図

(2) 応急対策工検討方針

大規模崩壊箇所の下部の応急対策工は、一般的な工法である大型土のう積による押え盛土工を計画した。応急対策工検討フローは以下の通りである。

応急対策工については、地質調査等が実施されていない段階での検討であったが、地質踏査や崩壊時の情報により崩壊規模を想定し、計画を行った。対策工施工後については、伸縮計や定点観測による挙動を監視するとともに、地質調査実施後において、対策工の効果検証を行った。

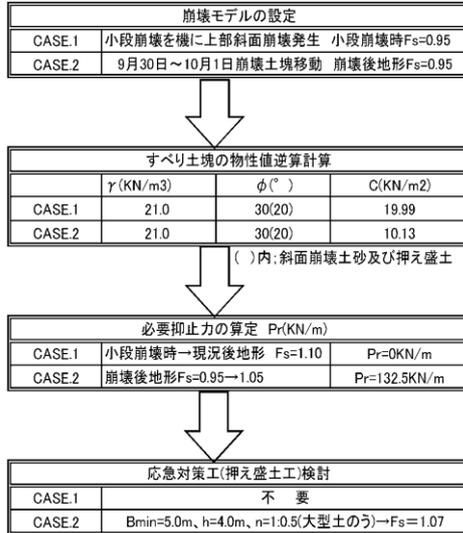


図4.2 応急対策工フロー

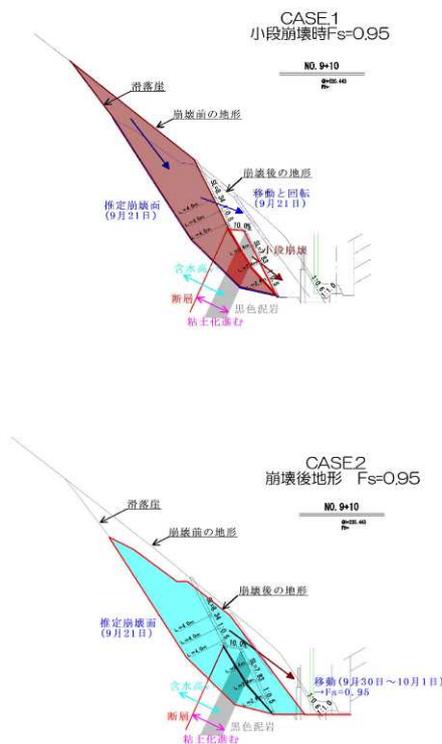


図4.3 緊急対策工検討モデル

(3) 応急対策工計画

応急対策工計画図を図4.4に示す。本復旧対策工までの期間は応急斜面对策としてビニールシートで被覆されることになるが、崩壊箇所は積雪地帯であり冬季におい

て斜面部の積雪が流れ落ちる可能性がある。したがって現実的な応急積雪対策として押え盛土の平場を利用した積雪ポケット工+定期除雪案を併せて計画した。

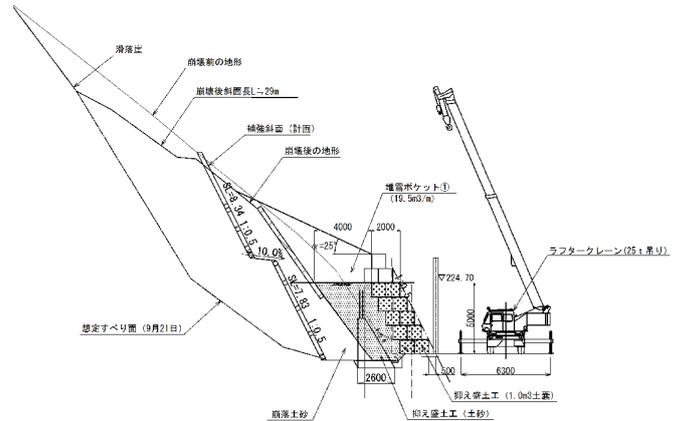


図4.4 応急対策工計画図

(4) 地質調査後の検証

地質調査後において、調査結果に基づき押え盛土工の効果検証を実施した。対策工の効果については、大規模崩壊部においては当初計画と大差がなく ($F_s=1.08$)、斜面残存部は $F_s=1.13$ を確認した。

5. 恒久対策工の検討

(1) 大規模崩壊箇所

1) 恒久対策工検討上の問題点

大規模崩壊箇所 (NO.9 付近～NO.10 付近) における恒久対策工の検討において以下の問題点が考えられた。

- 崩壊箇所下部用地制約
- 急傾斜地崩壊対策工との併用(家屋の保全)
- 黒色粘板岩の位置
- 押え盛土の存置(地盤に対する拘束圧確保)
- 移動土塊の耐力不足
- 残存する吹付け枠及びロックボルト(撤去が困難)
- 周辺地形との整合、取り合い
- 滑落崖(後退性崩壊の防止)
- 地下水排除(地盤の劣化防止)

2) 恒久対策工比較検討工法の抽出

① 対策工比較検討工法の抽出

前節で述べた対策工計画上の問題点、対策方針等により以下の工法を抽出する。

- ・第1-1案 排土工(排土工単独案)

移動土塊の排土により崩壊斜面の恒久的な安全性を確保し、かつ斜面下部に設置する待受け擁壁により、急傾斜地崩壊対策を行う。

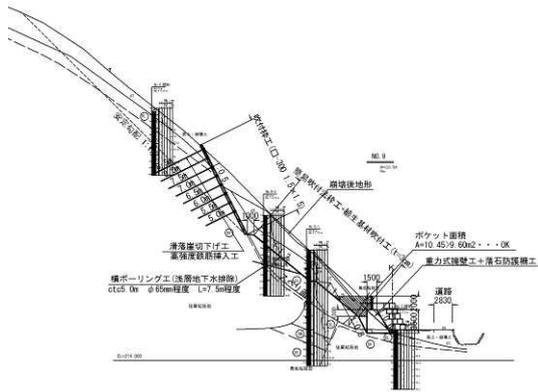


図 5.1 第 1-1 案 排土工(排土工単独案)

・第 1-2 案 排土工(排土規模縮小案)

本案は、崩壊箇所移動土塊の排土及び抑止工(グラウンドアンカー工)によって、崩壊斜面の恒久的な安全性を確保するものである。グラウンドアンカーは崩壊斜面部への打設を回避し、斜面末端部の押え盛土及び H 鋼親杭・腹起し材等を反力体とすることによって、構造的な安全性を確保する。

また急傾斜地崩壊対策として、斜面下部に設置する RC 壁工(アンカー併用自立式待受け擁壁)により、対策が可能となる。

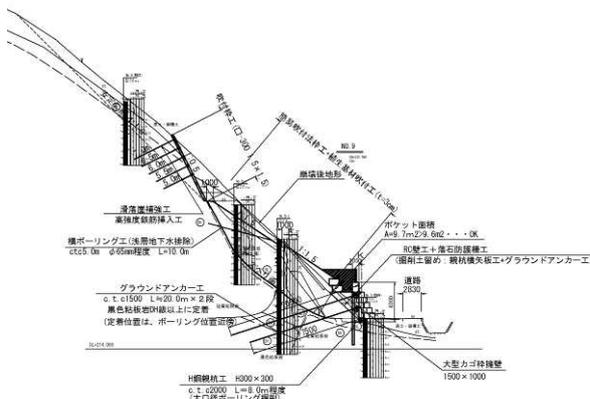


図 5.2 第 1-2 案 排土工(排土規模縮小案)

・第 2 案 押え盛土工(法面整形工併用案)

第 2 案は斜面下部に設置する重力式擁壁と押え盛土の自重による抵抗力(抑止力)によって、崩壊斜面の安全性を確保する。

また急傾斜地崩壊対策として斜面下部待受け擁壁を設置する。

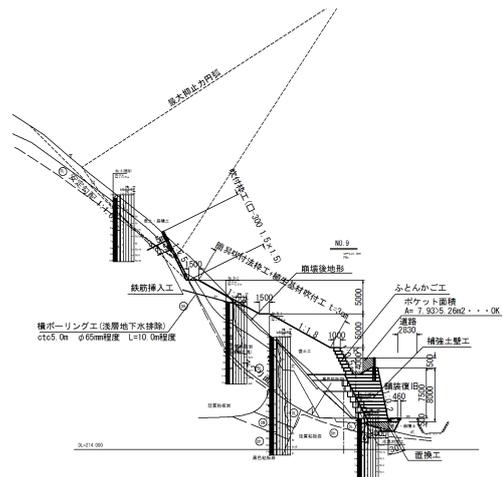


図 5.3 第 2 案 押え盛土工(法面整形工併用案)

・第 3 案 押え盛土工(盛土工単独案)

第 3 案は、斜面下部に設置する補強土擁壁と盛土の自重による抵抗力(抑止力)によって、崩壊斜面の安全性を確保するとともに、斜面下部に設置する待受け擁壁(補強土壁)により、急傾斜地崩壊対策が可能となる。

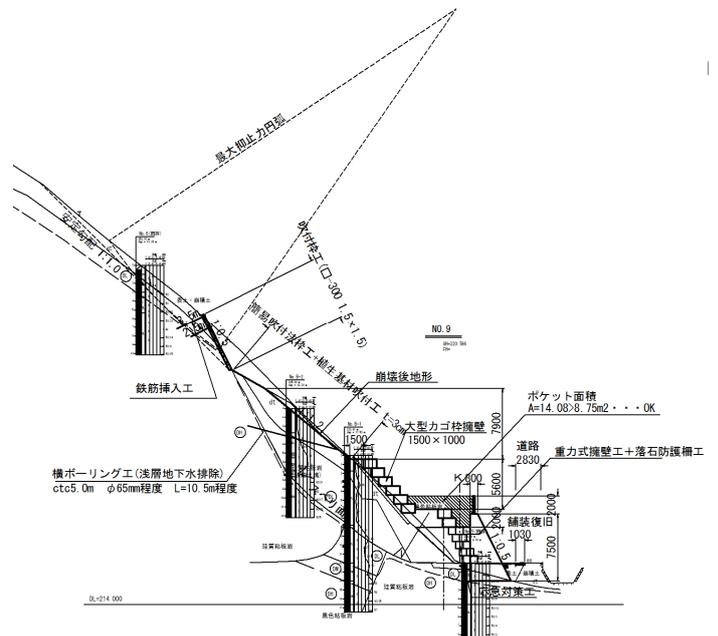


図 5.4 第 3 案 押え盛土工(盛土工単独案)

3) 崩壊対策工工法検討結果

恒久対策工法として「第 1-2 案 排土工(排土規模縮小案)」を選定した。主たる選定根拠は以下の通りである。

- ・第 2 案及び第 3 案は排土案に比べて経済性に優れた案である。ただし、これらの案は用地確保が前提となるが、関係機関協議等より用地確保

が困難であることが明確となり、採用不可となった。

- 第1-1案は、第1-2案と経済性はほぼ同様となるが、滑落崖を大規模に切下げるため切下げ時の安全確保に留意が必要である。また吹付法砕工、ロックボルト撤去が必要となるが施工性が極端に低下する危険性があり、周辺地形との整合性、取り合いにおいて劣ると判断した。

(2) 斜面残存箇所の恒久対策工

1) 急傾斜地崩壊防止工 (NO. 10付近～NO. 12付近)

① 待受け式擁壁工の設置

② 表層崩壊対策工の計画修正

- 下部1段程度のロックボルト規模の見直しが必要となるが、斜面部の末端付近に黒色粘板岩 DL 級が分布するため安全を考慮して、斜面全体を $L=2.4\text{m}$ から $L=4.0\text{m}$ のロックボルトに統一する。
- ロックボルトの見直しに伴い、枠ピッチを小さくし上部斜面と同様とする ($F300@1500$)。

- NO. 10 断面；元設計計画ロックボルト 3 段
 $F_s=1.18 \rightarrow 1$ 段追加時 $F_s=1.23$
- NO. 11 断面；元設計計画ロックボルト 4 段
 $F_s=1.24$
- NO. 12 断面；元設計計画ロックボルト 4 段
 $F_s=1.26$

2) 大規模崩壊防止工 (NO. 10+5.0 付近～NO. 11 付近)

① グラウンドアンカー工の設置 (抑止対策工)

② 地下水排除工 (地盤の劣化防止)

③ 押え盛土の残存 (地盤に対する拘束圧確保)

● 測点 NO. 10+5～NO. 11 間下部斜面小段崩壊部の大規模崩壊対策安定解析結果

- 測点 No. 10+5 $\Rightarrow F_s=1.390$ (無対策時)
- 測点 No. 11 $\Rightarrow F_s=1.138$ (無対策)
- 測点 No. 11 $\Rightarrow F_s=1.105$
- 測点 NO. 11 押え盛土 $\Rightarrow F_s=1.130$ 、
 $Pr=95.4\text{KN/m}$

↓

- 測点 NO. 11 押え盛土+地下水抑制 \Rightarrow
 $F_s=1.150$ 、 $Pr=83.1\text{KN/m}$

↓

○ グラウンドアンカー工

- F20UA@1.5m² 段配置；定着長 $L_a=3.0\text{m}$
- 現場打ち受圧版工 (800×800；許容地耐力 $Q_a=100\text{KN/m}^2$)

3) 斜面残存部対策工

斜面残存部の恒久対策工については、前節の検討結果により、下図のように計画した。

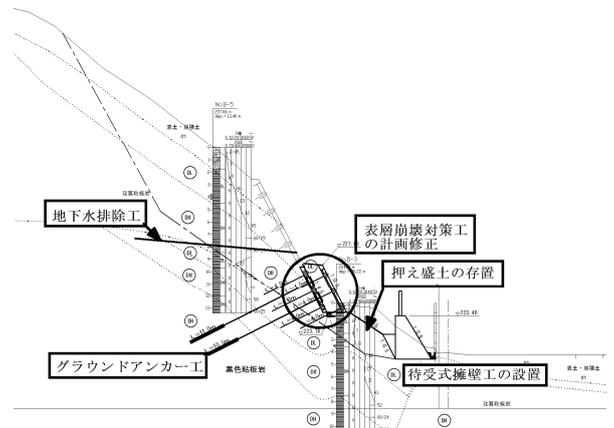


図 5.5 斜面残存部恒久対策工

6. さいごに

本崩壊の特徴は斜面下部に分布する脆弱な黒色粘板岩が素因であり、誘因は切土であったことから、施工方法の重要性を再確認する点でも重要である。急傾斜地対策におけるポケット確保に伴う切土については、今後地質情報の入手を含めて十分留意する必要があると考える。隣接の次工区の既存設計では、切土+法砕工+待ち受け擁壁としており今回崩壊箇所と同工法となっている。このため、修正設計により切土を極力行わない工法へ変更設計を進めている。

今回の事例については、担当として非常に困難なものであったがを今後この経験を活かし、土木技術者としての考察力を身につけたい。

以上