

山田線斜面崩壊災害の復旧（その2：対策工の設計・施工）

東日本旅客鉄道（株）盛岡支社 設備部 工事課	正会員	○菅原 寛文
東日本旅客鉄道（株）盛岡支社 設備部 工事課	正会員	中村 貴志
東日本旅客鉄道（株）盛岡土木技術センター	非会員	五日市 賢
東日本旅客鉄道（株）盛岡土木技術センター	非会員	風晴 潤司

1. はじめに

対策工は、山田線斜面崩壊災害の復旧（その1）¹⁾を受けて、排土工とグラウンドアンカー工の併用工法とした。設計にあたっては図-1に示すとおり、当初、亀裂Aを頭部とするすべりに対して検討を行った。しかしながら、切土+上部斜面安定工完了後、下部斜面安定工施工前に亀裂Bを頭部としたすべりの斜面に動きが認められたことから安全率を見直して修正設計を実施することとした。本稿では安全率の見直し過程を述べるほか、施工時に工夫した点について記述する。

2. 対策工の設計

(1) 設計方針

対策工による安全率の推移計画、安定計算条件を表-1に示す。グラウンドアンカーは、斜面が変動している場合、施工が困難なことから頭部排土工で変動を緩慢化させることとし、 $F_s=1.05$ まで安全率を上げてから計画することとし、目標安全率 $F_s=1.20$ までの残りの15%分をグラウンドアンカーで負担させる計画とした。

安定計算は、修正フェレニウス法を用い、すべり面強度の粘着力C、内部摩擦角 ϕ は現況安全率を基に逆算法により求めた。また、土の単位体積重量 γ_t はコアの湿潤密度試験より求めた 21kN/m^3 とした。

(2) 修正設計

上部斜面安定工が完了し、下部斜面安定工に移行しようとした際に、上部斜面安定工の排土面の平場に亀裂が確認され、図-2に示すように孔内傾斜計においても変動の累積が確認された。

ここで出現した亀裂は、亀裂の位置等から図-1の亀裂Bであることがわかった。上部斜面崩壊対策の排土工は、亀裂Aに対しては7%程度の安全率の上昇が期待されるが、亀裂Bに対しては、排土がされていないため安全率の上昇分がないことで、斜面が不安定化したものと推察される。

新たな亀裂が見つかり、変動が累積していることから、新たに亀裂Bのすべりに対し、安全率を再設定し、排土後の亀裂Aのすべりの必要抑止力と比較の上、必要抑止力大きい方のすべりに対応するグラウンドアンカー工とすることとした。見直した安全率のフローを図-3に示す。亀裂Bに対して $F_s=1.20$ となるようにグラウンドアンカー工の検討をすることで亀裂Aについても安全率は

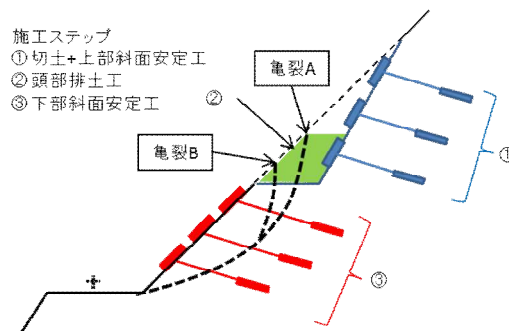


図-1 対策工概略図

表-1 安定計算条件

現況斜面の安全率	$F_s=0.98$ (現在活動中地すべり)
頭部排土計画後の安全率	$F_{sp}=1.05$ (保全対象:JR山田線)
計画安全率	$F_{sp}=1.20$ (保全対象:JR山田線)
地すべり土塊の単位体積重量	$\gamma_t=21\text{kN/m}^3$ (コア重量より測定値)
地下水位	無し
解析手法	修正フェレニウス法 (スライス分割法)

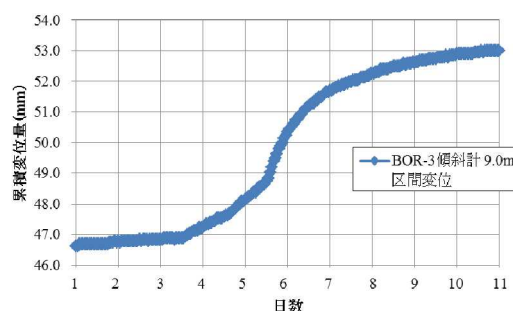


図-2 孔内傾斜計で観測された変動

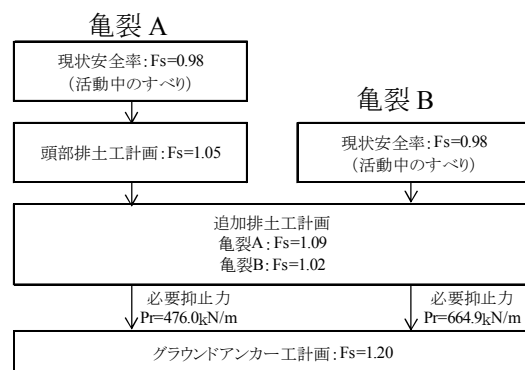


図-3 安全率フロー

キーワード 斜面崩壊、グラウンドアンカー工、クライミングバックホウ、スカイステーション工法

連絡先 〒020-0034 岩手県盛岡市盛岡駅前通 1-41 東日本旅客鉄道(株)盛岡支社工事課 019-625-4065

$F_s=1.20$ 以上となることを確認した。

(3) グラウンドアンカー工

グラウンドアンカー工の設計は、(社)地盤工学会の「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説」²⁾ および NEXCO の「グラウンドアンカー設計・施工要領」に準拠した。

アンカーの打設間隔、打設角度、アンカー長さは、それぞれトライアル計算によって経済性に優れた配置を検討することとした。また、本設計では、図-4 に示すように追加排土工を行うことでアンカーの必要抑止力を低下させ、アンカー段数を2段減じることでコストダウンを図った。設計結果の一覧を表-2 に示す。

3. 対策工の施工

対策工の施工にあたっては斜面の変動が収束してない状況であるため、孔内傾斜計、地表伸縮計によるクラック計測、トータルステーションによる移動杭計測をリアルタイムで行い、斜面の状況を確認しながら実施した。以下に主たる工種について記述する。

(1) 追加排土工および表土除去工

当該斜面は、変動しているために図-5 (左) に示すようにクライミングバックホウを用いた掘削とした。掘削土砂は斜面下部の鉄道敷きを集積し場外に運搬した。

(2) グラウンドアンカー工

グラウンドアンカー工は、ロータリーパーカッションドリルユニットを用いて行った。当現場においては、早期の運転再開を実現するために、削孔能力の高いドリルユニットを用いることとした。また、ドリルユニットを搭載する作業床は、図-5 (右) に示すようにクレーン先端に作業床を搭載した大型高所作業車(スカイステーション工法)を用いることとした。これにより、通常の足場仮設と比較し、約2か月の工期短縮を図った。

(3) 施工中及び施工後の品質管理

施工中の品質管理は、全アンカー本数の3%にあたる7本のアンカーについて、設計荷重の1.25倍の荷重を多サイクルでアンカーを引抜く適性試験を実施し、アンカー頭部の変位量が許容値以内かどうか確認した結果、いずれのアンカーも許容値以内であった。

アンカー施工後の品質管理として、アンカー荷重計での管理を行っている。荷重計については、斜面が変動しようとするアンカー荷重が上がり、アンカー体や定着地盤の劣化等があればアンカー荷重が低下する。通常、アンカー荷重の許容範囲は、設計アンカー力 P_e に対し、 $0.8P_e \sim 1.0P_e$ の範囲とされている。現時点では図-6 に示すとおり、いずれのアンカーにおいても許容範囲内に収まっていることを確認している。

4. まとめ

当災害では、崩壊の発生が懸念される斜面において安全面に配慮しながら工期短縮に向けて取組んだ復旧対策を行い、無事故で斜面崩壊発生から約2年が経過した2017年11月5日運転再開した。

参考文献 : 1) 中村貴志, 菅原寛文, 五日市賢, 風晴潤二 : 山田線斜面崩壊災害の復旧(その1: 調査・対策工の検討), 土木学会第73回年次学術講演会, 2018年8月(投稿中) 2) (社)地盤工学会: グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説, 2012

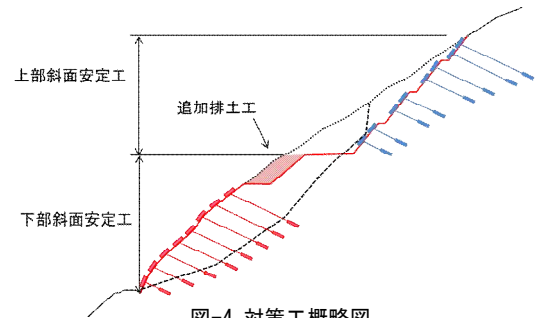


図-4 対策工概略図

表-2 設計結果一覧表

アンカー設置間隔	4m
アンカー設置段数	9段
アンカー打設角度	30°
アンカー体長(定着長)	4m
アンカー受圧板種	FRP製受圧板



図-5 (左) クライミングバックホウ施工状況
(右) スカイステーション施工状況

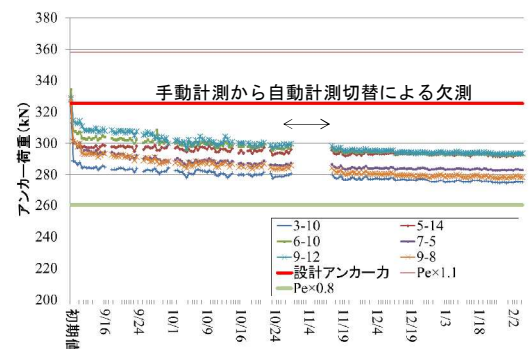


図-6 アンカー荷重計の推移



図-7 試運転列車