

崩壊のり面の復旧に併用した2種類の補強土工法—地山補強と補強盛土—

○ 相鉄建設(株) 正会員 早川 邦雄*
正会員 山菅 正人*
(株)クレアテック 正会員 鄭 光司**

1. はじめに

本工事は平成10年8月末、南東北から北関東に大きな被害をもたらした豪雨(後に激甚災害指定)により崩壊した栃木県北部地方におけるのり面復旧工事である。崩壊を引き起した豪雨は8月26日の降りはじめから31日までに総雨量で1200mm、ピーク時で90mm/hと激しいもので、近隣県も含め数多くの土砂災害を発生させた。本稿はそれらの土砂災害のうち、大規模崩壊のり面に2タイプの補強土工法を用いて復旧した事例を報告するものである。

2. 被災のり面概要

本被災地は道路と河川に挟まれたのり面であり、高低差12.5m、延長約45mにわたり道路中心から崩壊し、概ねのり尻崩壊の様相を呈している。のり面の大半を構成する地盤は崩積土で、全体に固結度の低い砂質の凝灰質粘土を主体とし、礫、玉石、軽石を混入している(写真-1)。

また、上部の道路には上水道、温泉、および下水道が埋設されていたが、崩壊により全て露出した。このことから、崩壊の主原因としては、上部道路からの大量の表面水によるのり表面の洗掘と河川増水に伴う法尻付近の洗掘が考えられ、これとともに破断した水道管等からの流水が被害をさらに大きくしているものと考えられる。

3. 復旧計画

崩壊したのり面の復旧方法には、信頼性、経済性および景観等に配慮し補強盛土工法(ジオシンセティクスあるいはジオテキスタイル)を選定した。

また、一般に崩壊後ののり面は目視では観察できないクラックや水みちなどが存在することが多く、不安定な状態と判断されることから、施工途中における段切りや崩土撤去時の斜面安定対策として、ロックボルトを用いた鉄筋補強土(ストップウォール)工法を併用した。

4. 設計検討

1) 設計地盤定数の決定

設計定数を推定するため、崩壊断面で観察されたすべり面形状をもとに円弧および直線の複合すべり面として、未崩壊断面では多数の試行円弧をもとにして修正フェレニウス法を用い、双方について(c , ϕ)の逆解析¹⁾を実施した。このときの基準安全率は、崩壊断面豪雨時で $F_s=1.00$ 、未崩壊部断面常時では $F_s=1.10$ とした。また、原地盤における(c , ϕ)の決定に際しては、着目する c の値に応じた ϕ の組み合わせが数多く考えられるが、豪雨時に c は容易に消失することから $c=0\text{kN/m}^2$ として原地盤の ϕ を決定した。なお、補強盛土の設計では、面状水平排水材の設置により土のサクシオン効果が保持され、設計上みかけの粘着力が積極的に期待できることから $c=10\text{kN/m}^2$ の粘着力を付加し、表-1に示すような設計定数を決定した。

2) 鉄筋補強土の設計

鉄筋補強土の設計は疑似擁壁理論にもとづいて行った。のり面の段切り形状、寸法等により形状が複雑に異なるが、



写真-1 被災状況

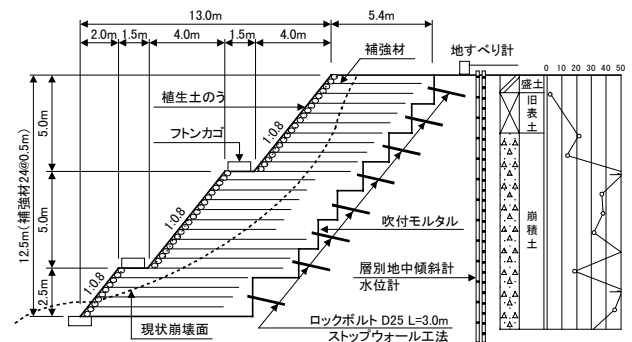


図-1 復旧断面

キーワード: 災害復旧工事, 補強土工法

* 〒221-0052 神奈川県横浜市神奈川区栄町5番地1 横浜クリエーションスクエア TEL:045-451-8997 FAX:045-451-8836

** 〒107-0052 東京都港区赤坂4丁目11-19 新陽赤坂ビル3F TEL:03-3568-7630 FAX:03-3568-7667

高さ $h=12.5m$, 平均勾配 $\theta=60^\circ$ と仮定し, ロックボルトには D22 (SD345), 打設長 $L=3.0m$ (頭部処理部を除外した有効長 $L_e=2.8m$) を用い, その打設間隔を $e_v \times e_h=1.5m \times 1.5m$, ロックボルトの穿孔径を $D=42mm$ とした.

3) 補強盛土の設計

盛土体は高さ $12.5m$, のり勾配 $1:0.8$, 補強材各層の敷設間隔 $0.5m$ とし, 壁面工については盛土体の安定性と景観を考慮し, 植生土のうを用いた補強材巻込み形式として計画した. 設計計算では盛土体の内的および外的の安定について, 補強土壁としての設計手法²⁾を適用した(表-2).

5. 施工

1) 鉄筋補強土工

法面を段切り形状としたことから, より効率的な地山の補強効果を得るためロックボルトを千鳥配置に打設した(写真-2).

一方, 地盤が礫等を混入する崩積土であり, 穿孔時の孔壁が保持できないこと、礫の穿孔時にロッドの引抜きが困難となることから自穿孔タイプのロックボルトを使用した.

2) 補強盛土工

補強盛土工では, 盛土材の状況に応じセメント安定処理を行い良質な盛土とした. このとき, 盛土の締固め度の測定には RI 法を用いて品質管理を行った.

さらに, 補強材の敷設に併せて盛土の通水性向上と, 過剰間隙水圧の消散を目的とし面状水平排水材を各段ごとに敷設し, のり面の侵食防止や地下水の排除を目的としてのり尻, のり面端部, 及び小段ではふとんかごを施した. (写真-3).

6. 地盤の挙動

施工に先立ち, 地すべり計 3 セット, 水位計 2 セット, 層別地中傾斜計 1 セットを配置し, 2 ヶ月間の事前計測の後, 工事期間 5 ヶ月を経て, 現在事後計測(1 年間で予定)を行っている. このとき管理基準値は表-3 のようにを定めた. 補強盛土完了時までの地盤の挙動は段切り開始後約 1 ヶ月で谷側へ $6mm$ 程度の変位が観察され, さらに 1 ヶ月程度を経て収束傾向を示し, その後は安定していると判断される(図-2).

表-3 計測管理基準値

	レベル 1	レベル 2	レベル 3	レベル 4
のり肩およびのり面の水平変位ひずみ $\delta \max/H$	0.15% 以下 (18.75)	0.15~0.20% (1.875~25)	0.20~0.40% (25~50)	0.40% 以上 (50)
表面保護工の変状	なし	小変形	大変形	破壊, 破断
掘削面の状態	安定	小亀裂	大亀裂	剥離崩壊
地表面の状態	安定	小亀裂	大亀裂	多大な沈下

() 内の数値は基準水平変位量

7. おわりに

のり面の災害復旧工事に仮設時, 本設時のそれぞれに 2 種類の補強土工法を採用した事例を紹介した. 現在, のり面は周囲の景観となじみ良好な状態を保っており, 応急的に復旧した一般盛土のり面に比べ, 安定性が高く恒久的な復旧とすることができた. 補強土工法は設計, 施工が合理的であるとともに, 経済性に優れることから, 広範な用途への拡大が期待される工法であり, 今後も計測・管理を継続的に行い本工法の信頼性を確認していきたいと考えている.

【参考文献】

- 1) 「道路土工 のり面工・斜面安定工指針」昭和 61 年 11 月 (社) 日本道路協会
- 2) 「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル」平成 6 年 2 月 (財) 土木研究センター

表-1 設計地盤定数

	単位体積重量	内部摩擦角	粘着力
のり面	$\gamma_i=18kN/m^3$	$\phi=30^\circ$	$c=10kN/m^2$
のり面基部	$\gamma_i=18kN/m^3$	$\phi=35^\circ$	$c=10kN/m^2$

表-2 補強盛土計算結果

	有効敷設長	安全率 F_{smin}
のり上部のすべり(内的安定)	$L=5.0m$	$1.43 \geq 1.20$
のり下部のすべり(内的安定)	$L=7.0m$	$1.27 \geq 1.20$
のり底部のすべり(外的安定)	—	$1.24 \geq 1.20$

※補強材の品質管理強度 $T_{max}=70kN/m$



写真-2 鉄筋補強土



写真-3 復旧完了

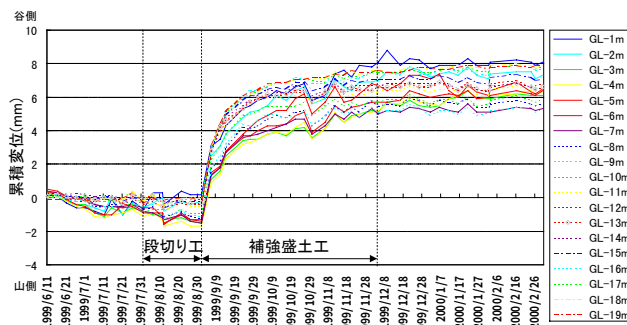


図-2 傾斜計の実測値