

(砂) ガン沢の地盤改良工法について

渡邊 輝嗣

長野県建設部 砂防課 (〒380-8570 長野県長野市大字南長野字幅下692-2)

(砂) ガン沢は急峻な地形かつ脆弱な地質という特徴を有した、姫川へと流れる小規模溪流である。下流域の小谷村来馬の被災を防止するため、本溪流に令和元年より透過型砂防堰堤1基を施工している。堰堤の施工にあたり、前述の特徴を踏まえ地盤改良及びその施工方法について検討し、安全かつ効率的に施工可能な工法を採用した。本稿ではその工法及び安全性・施工性向上のための取り組みについて報告する。

キーワード 長野県、砂防、透過型砂防堰堤、湧水、地盤改良、エルニード工法

1. はじめに

北安曇郡小谷村北小谷来馬地籍のガン沢は、浦川が姫川に合流する広大な氾濫原（通称来馬河原）の西方に位置し、姫川へ流れ下る小規模溪流である。また、ガン沢は風吹岳から連なる稜線の東側に広がる斜面を流域とし流域面積 0.10km²、延長約 0.5km、溪床勾配 1/2~1/3 の急峻な地形を流れ下る溪流である。

ガン沢は土石流危険溪流Ⅰであり、流域内の地質は非常に脆弱で、今後の降雨では直下の人家5戸、村道(避難路)に被害のおそれがある。避難路が被災すると、人家10戸の孤立が懸念される(写真-1)。これら下流域の来馬地区の被災を防止するため、現在透過型砂防堰堤を施工中である(写真-2)。



写真-1 (砂) ガン沢



写真-2 施工状況 (R1.11撮影)

2. 2号堰堤工事概要

- ・砂防堰堤工 砂防ソイルセメントJSウォール工法
H=11.5m L=81.0m V=1,700m³
- ・鋼製スリット工 JSリットW=201.3t
- ・基礎処理工 (エルニード工法) V=2,000m³
- ・工事用道路工 盛土工 V=3,800m³ 管理用道路 1式

3. 現場状況

本堰堤の基礎地盤は、崩積土1: dt-1、崩積土2: dt-2及び基盤岩の来馬層: K-gで構成されている(図-2)。施工に先立ち本堤設置予定箇所CL下流部において簡易貫入試験を行ったところ、当初想定よりも支持地盤が軟弱であることが判明した。

そこで、最も許容支持力が必要となる堰堤のR20.0とL20.0で再度調査ボーリングを実施した。(図-2)

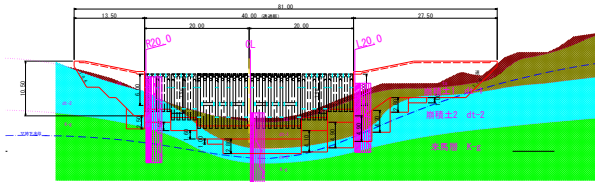


図-2 正面図

調査ボーリングの結果から地層想定線を引き直したところ、当初支持地盤においては支持力不足となった。よって、dt-2層 (200kN/m²) に支持させるため、新たにdt-1層全ての地盤改良工を行うこととした (図-3)。

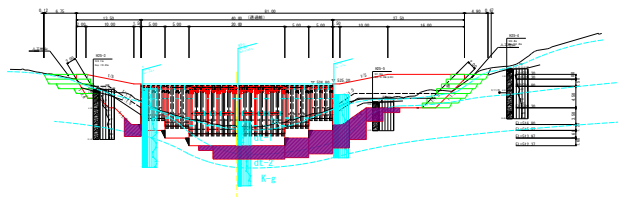


図-3 正面図 (地盤改良工施工範囲)

地盤改良工の工法検討に際しては発注者、受注者、コンサルタント会社において工法検討会の3者会議を設定した。砂防ソイルセメント堰堤を施工する際の地盤改良工法としてはINSEM材の置き換えが一般的である。しかし、本現場では地盤改良掘削によって法面が長大になることによる崩壊が懸念された (図-4)。この法面は改良層底面まで最大で直高20m以上の法面となる。掘削に伴い発生する長大な法面は地盤改良完成までの2ヶ月間崩壊の恐れがあることに加え、掘削時の買収用地範囲外への影響が懸念される。

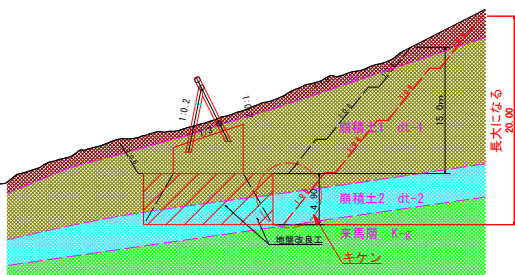


図-4 断面図

また、本現場は地質調査において堰堤計画地の沢底及び左岸袖部に湧水が確認されている。特に沢底の地下水量が多量であるとされ、排水対策の必要性が指摘されている。本会議においては通常の排水対策だけでなく湧水の影響を受けない工法の採用も含めて、改良時の湧水対策について検討することとした。

以上をふまえ、次の地盤改良工法にて比較検討を行った。

- ・砂防ソイルセメント工法 (転圧タイプ)
- ・浅層混合処理工法 (エルニード工法)

- ・中層混合処理工法 (パワーブレンダー工法)
- ・中層混合処理工法 (WILL工法)
- ・中層混合処理工法 (MRC工法)
- ・エルニード工法+砂防ソイルセメント工法
- ・アンカー付き鋼矢板土留め+砂防ソイルセメント工法

比較検討の結果、湧水や巨礫の影響をほとんど受けず、堰堤計画位置上流の地すべりに与える影響が少ない浅層混合処理工法 (エルニード工法) を採用した。砂防ソイルセメント工法 (転圧タイプ) は湧水により締固めが不能となる場合があり、排水処理も必要となるため不適、パワーブレンダー工法及びWILL工法は巨礫や転石の混入する地盤では施工が困難なため不適、MRC工法は最も工事費が高いため不採用とした。

エルニード工法はスラリー状の固化材を添付する固結工法の一つである。この工法は転圧作業が不要であることから、湧水状況化においても有効な地盤改良工法であり、中でもエルニード工法は、フロー値による品質管理のため湧水量に左右されず、安定した地盤を構築することができる工法である。

また、エルニード工法はブロック単位で施工するため大規模な開削が不要となり、法面崩壊及び地すべりの誘発を回避できる。現地発生土と改良材をブロック内で水と攪拌混合するため、湧水も練り混ぜ水として使用することができ、湧水処理が不要であるのも特徴である。改良体内において巨礫を含んでいても専用バケットにおいて選別を行うため、事前の粒系処理も不要となる。

加えて、エルニード工法はプラントや広大な施工ヤード等の仮設備が不要であるため、狭隘な現場や進入路が困難な現場で有用である。仮設備が不要であるので準備及び撤収に必要な日数も抑えることができる。

4. エルニード工法による施工

本工事ではエルニード工法を採用することにより、次のような利点が得られた。

- ・全体の掘削を行わずブロックごとの掘削を行うことで地すべり、崩壊の危険性を排除できた。当初の地質調査報告書では、地下水位はそれほど高くはないものの地下水量は豊潤であると報告されており、大規模な開削による地すべりや崩壊の発生が懸念されていた。
- ・工期短縮：プラント設備が不要なため、準備及び撤収における日数において、短縮が図れた。
- ・改良体の品質管理をフロー値管理で行うため、湧水の流入や、掘削面の崩壊による土質の変化など、スラリーの強度指針である水セメント比の変化に対応することができるため、均一な改良体の造行ができた。
- ・崩壊の恐れがある掘削箇所の高さ確認、写真撮影、湧水処理等で人が近づくことないため、安全に作業を行うことができた。

一方で難点として、現场上流域において想定していた水の確保ができず、約2kmの道のりを散水車にて運搬を行う必要が生じた（最大48kl/日）。また、下流域での民家及び水道水への影響が考えられたが、日々phを確認し、問題は発生しなかった。

5. 現場に即した施工

本工事では地質調査において湧水の存在が指摘されていたため、山側の湧水が想定されるブロックを先行して改良することにより遮水壁を構築、改良範囲への湧水の流入を防ぐこととした（図-5）。

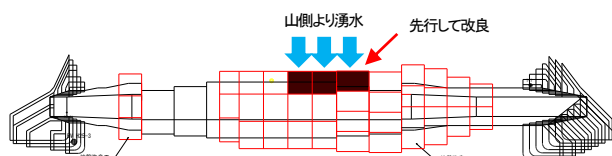


図-5 平面図

該当の山側ブロックの改良では掘削時に想定通り湧水が確認された（写真-3）。該当ブロックの改良以後は改良範囲への湧水は確認されず、遮水壁としての効果を発揮した。



写真-3 掘削時の湧水状況

これにより品質管理がさらに容易となり、施工性が向上した。また、本現場では掘削深が最大で6.65mとなったため、通常5mまでしか施工できないところを、エクステンションアームをバックホウに取り付けることにより、施工を可能とした。2段に分けての改良が必要なくなったため、経済性・施工性ともに向上した。

本工事では、地盤改良工の掘削深さ確認のためにマシンガイダンスを採用した。バックホウに機器を取り付け鉛直方向の確認及びバックホウからの目視確認を可能とすることで、人が掘削ブロックに近づいての高さ確認や写真撮影が不要となった。このことにより確認作業が簡易かつ安全となり、施工性だけでなく安全性も向上した。



写真-4 エクステンションアームを取り付けたバックホウによる掘削

6. まとめ

本現場では湧水の存在が指摘されており、実際掘削時にも想定箇所から湧水が確認されたため湧水の影響を受けない改良工法の選定は適当であったと考える。また、地盤には巨礫・転石の存在が地質調査において確認されていたため、施工が可能な工法の内ではエルニード工法が最も経済的であり、適当であったと考える。エルニード工法の採用により大規模な開削も不要となり、安全に地盤改良工を施工できたと考える。

今回は堰堤掘削を実施する前に地盤改良の検討を行うことが出来たが、掘削後に当初想定していた支持地盤において十分な支持力が得られず、不安定な状態で地盤改良等の検討を行うケースもしばしば見受けられる。一旦掘削を行った後の開削による地盤改良は、長大な法面に対して掘削勾配をより急勾配で掘削を行う、または、土留め工を施し安全を確保した上で開削し地盤改良を行うなど、費用や工程において厳しくなることが多い。

本工事で採用したエルニード工法では、現地盤（必要に応じて支持地盤より高い位置）において現位置の土、セメント系固材、水を特殊バケットを用いて現位置攪拌し地盤改良を行うことが可能である。また、残土の仮置きや設備ヤード等が不要なことから、作業ヤードが狭いことの多い砂防工事において特に有用な工法となりうると考える。他工法にみられる予めの粒系処理や置換等が不要である点、フロー値による客観的な品質管理により湧水があっても施工品質が安定的となる点も、施工性の観点から砂防工事において有用であると考えられる。

本工事ではマシンガイダンスによる高さ確認を導入したが、高さによる管理だけでなくブロックの4隅（3D）の管理が今後可能になると考えられる。3D管理の導入により効率的にオーバーラップして改良することが可能であり、さらなる施工性及び安全性の向上が期待できる。

謝辞：本テーマに関する論文の作成、および発表会への参加を行うにあたり、ご協力いただいた株式会社北野他、関係者の皆様にこの場をお借りして心より感謝を申し上げます。