

地下空間

特集

霊峰白山を守る高山地域での地すべり抑制対策事業 —地すべりが進む中での集水井，集排水ボーリング工事—

松本 亀義・河江 直樹・丸山 俊博

甚之助谷地すべり防止対策事業は，地すべり抑制を目的とし，霊峰白山国立公園内の標高 2,000 m 級という全国的にも稀な高山地域において，平成 13 年度から 16 年度までの 4 年国庫債務負担工事として集水井工，集排水ボーリング工等を行っている。現在施工中の 3 号集水井においては，地形的・環境的制約やその他の悪条件，山そのものが地すべりで滑动している場所での施工であり，工事の安全確保を第一に計画から実施，管理までの工程を進めている。

キーワード：索道，モノレール，工事用エレベータ，発泡盛土工法，集水井，地すべりと挙動観測

1. はじめに

甚之助谷地すべり防止工事は，明治から建設された土砂の流出抑制効果を果たす砂防堰堤群を，地すべりによる大規模倒壊から防ぐ目的（33 年間で 10.5 m も移動し，現在も依然として毎年 10 cm 程度の滑动）として，すべり面上部の深層地下水を集水井工により排除する工事である。すべり面も 20 m から 100 m と深く，必然的に集水井の深さも 44 m と通常の集水井工事に比べて 2 倍近い深さとなる。

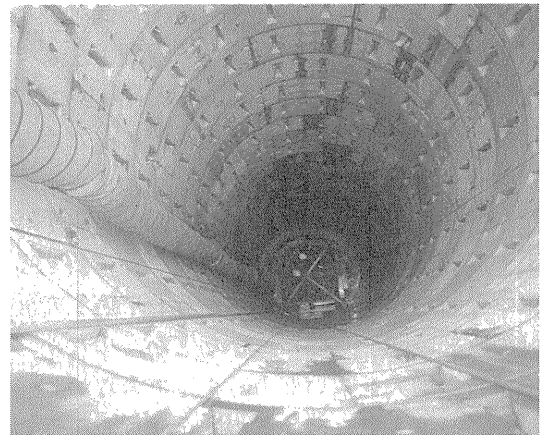
また，山岳地帯であり，地すべりにより滑动しているといった地形的な制約，6 月から 10 月の 5 ヶ月間しか工事ができないといった施工条件の中，いかに安全に早く，品質の良い「製品」を造るかが我々に求められる課題である。

本報文では，特に苦心した集水井本体工事に着手するまでの仮設備関係，施工管理及び地すべりに伴う安全管理関係を報告する（図—1）。

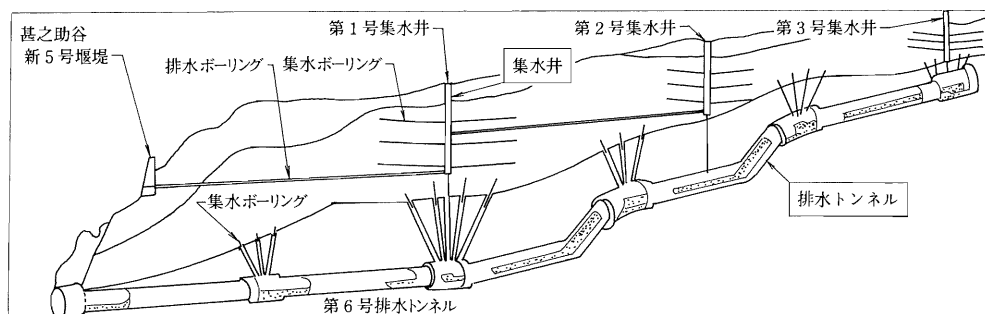
2. 工事概要

甚之助谷地すべり防止工事の概要を以下に記す。

- ・工事名：甚之助谷地すべり防止工事
- ・発注者：北陸地方整備局金沢河川国道事務所



写真—1 3号集水井 GL—24 m 部掘削状況



図—1 6号排水トンネル及び集水井工模式図

- ・施工場所：石川県石川郡白峰村字白峰甚之助谷地先
- ・工期：平成13年8月13日～平成16年11月30日（4ヵ年国債）

また主要工事の工事内容は以下のとおりである。

- ① 集水井工（3号集水井，写真一1）
 - ・内径3.5m，深さ44m
 - ・鉄筋コンクリートセグメント（設計外力200t）
 - ・掘進工法 鋼製羽口を用いたショートステップシンキング（SS）工法
- ② 集水ボーリング工（計画数量）

φ90mm	40m×14本＝	560m
	80m×16本＝	1,280m
	50m×10本＝	500m
	計	2,340m
- ③ 排水ボーリング工
 - φ90mm，L=105m（鉛直：コア）
 - φ116mm，L=62m（鉛直）
 - L=75m（横方向）
- ④ 法面工
 - ・現場吹付け法枠工 2,031m²
- ⑤ 発泡軽量盛土工（集水井施工ヤード）
 - ・配合：KO-10 打設量 220m³
- ⑥ 仮設工
 - ・工事用エレベータ：3人乗り，1基
 - 索道：2.9t吊り，1基
 - ・工事用モノレール：1.5t・0.5t各1基
 - 地すべり観測・警報機器：1式

3. 仮設備計画

（1）運搬計画

今回施工した3号集水井は工事道路から約140m上部にあり，また急峻な地形なため，仮設備計画は工事進行を左右する施工計画上重要な位置付けを占める。しかし詳細な現地踏査により下記の問題点の生じることがわかった。

（a）建設機械の運搬方法

現場へは人道さえもなく35度の急斜面に親綱が1本設置してあるのが現実であった。設計では，この斜面に幅2.5mの重機専用道路を6箇所スイッチバックにより工事機械を現場に搬入する計画であったが，数々の問題点が生じ国土交通省側と協議を重ねた。

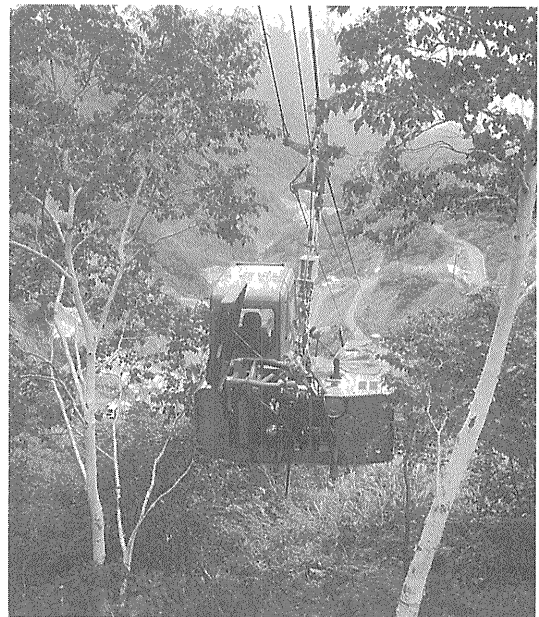
問題点としては，

- ① 白山国立公園内であり，環境省協議により運搬道路造成により地形の形状変化，制約伐採等は厳しく制限される。

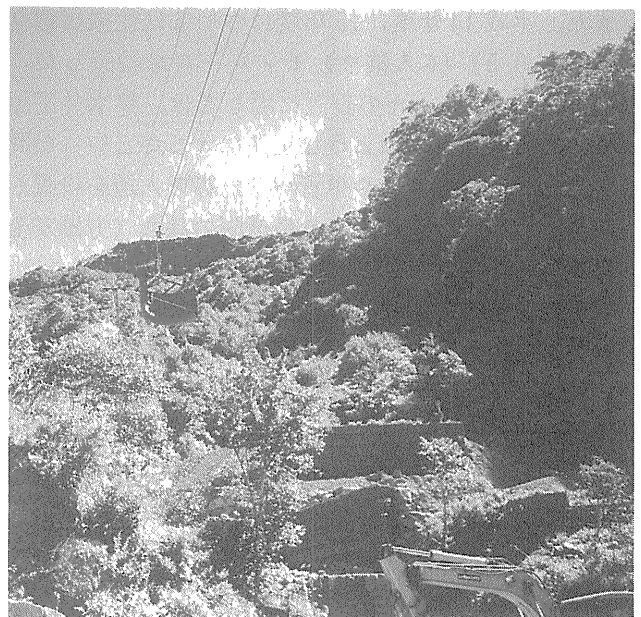
- ② 地すべり計測機器が多数設置してあり，移設工事が巨額となる（概算で2千万円程度）。
- ③ 道路工事により落石の発生することが十分に予想され，現場直下の砂防工事場の安全対策のため大規模で高強度の落石対策設備が必要となる。
- ④ すべり面下部における大規模な切土はさらなる地すべり面の誘発になる。

また，

- ・急勾配面の道路を誰が重機で運転するのか
 - ・落石等により安全に工事ができるか
- といった現実的な問題も生じた。そこで全ての建設機械を2.9t吊索道により分解し運搬することにした（写真一2，写真一3）。



写真一2 バックホー分解運搬



写真一3 集水井資材の運搬状況

(b) 工事用モノレール

本体工事に先立ち、平成13年度に集水井位置において、地質調査及び集水井工事に使用する排水設備として3号集水井直下106mに位置する6号排水トンネルへ向けてボーリングを実施した。この時点ではまだ索道設備が完成していないため工事用モノレールを設置した(写真-4)。



写真-4 モノレール運搬状況

ボーリングマシンは分解により単体質量を500kg程度まで軽減することができるが、ボーリング深度が100mを超えたため油圧ユニットが大型となり配管では鉛直高さ50m程度が限界であり1.5t積みを使用した。

また、平成14年度、15年度については従業員輸送用として0.5t(4人乗り)モノレールを設置した。この0.5tモノレールの設置に際しては、集水井工事場所までの通路をどのような工法にするかといった問題があった。丸太階段や単管パイプ等で人道を設置した場合、作業員の通路となり最低限の基準(労働安全衛生法等)をクリアする必要がある。それに伴ない広範囲の樹木を伐採しなければならない。しかし、白山国立公園内のため樹木伐採の制限(草木1本でも無断で伐採すると処罰の対象となる)があること、また対岸には登山道があり第三者に対して、工事現場裸地等による環境面への景観を損ねることなどは極力避けなければならない。モノレールは、コスト的にも比較的安価で点検整備を十分行えば「歩く」より安全な運搬手段と言える。

(c) 工事用エレベータ

浅い集水井工事においては、一般的に昇降設備は縦はしごを用いることが一般的であるが、この現場のように深度が40m以上にもなると、人力による昇降は疲労が激しく、また転落などの災害も懸念されることから、土石流発生時又、掘削による異常時の際には早期避難対策として3人乗り工事用エレベータを設置した(図-2、写真-5)。

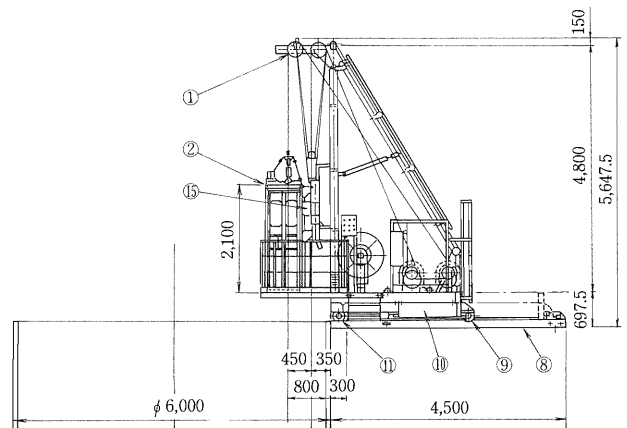


図-2 エレベータ構造図

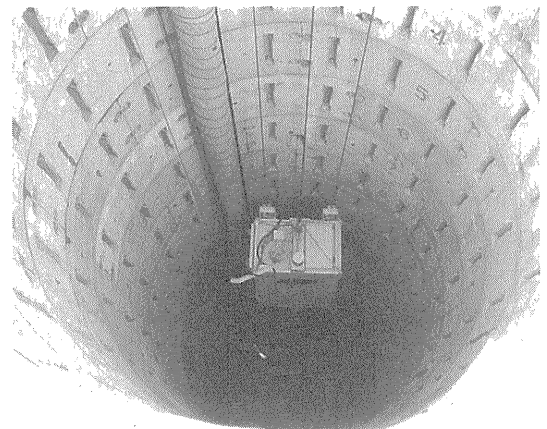


写真-5 エレベータ使用状況

特徴としては、

- ① ビル用の工事エレベータのような固定式ではなく、集水井側面から中央部にスライドし、土砂の排出、コンクリートセグメントの設置に障害にならない構造となっている。
- ② エレベータは、アンカ付きワイヤロープに沿って上下降し、施工位置が日々変わる集水井工事において、ラック等の支持金具の延長作業が無い。

特に問題点はないが、安全装置の数が多いため操作手順を間違えると全く動かないことがあった。有線電話も無い現場であり、高額通話料の衛星電話でしかやりとりが出来なかった。結局エレベータのスライド量不足が原因でセンサが働いたものであった。

4. 発泡軽量盛土工法

集水井工事での施工ヤードの確保はどこの現場でも工事関係者の頭を悩ます一つである。この現場においてもヤードの確保が最大の問題であり、安全対策また工事の良否を決定付ける。

(1) ヤード造成の問題点

問題点の抽出については、平成13年度の受注時点から出張所担当官の指導のもと、問題点を施工性、安全性、経済性の各観点から検討を行った。

- ① 集水井掘削工事及び継続する集水ボーリング工事の作業機械、資材、管轄設備が配置できる面積300m²（一般的に15m×20m）は最低限必要となる。
- ② 索道の架線位置が起点鉄塔の設置位置が限定されているため、作業ヤードでの荷降ろし位置が必然的に決まってくる。
- ③ 工事機材、資材は索道でしか運搬できない（前記仮設計画）。
- ④ 樹木の伐採は必要最小限となる。

(2) 工法の検討

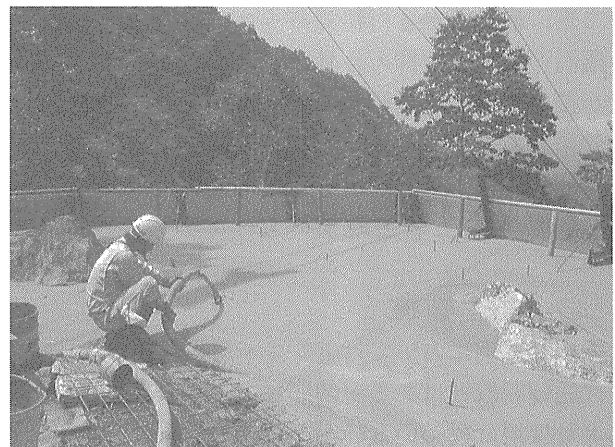
設計図書では、ヤード造成のため3号集井を中心として山側は切土、谷側はふとんかごを土留として盛土を行う設計となっていた。この工法は過去施工した1, 2号集水井ヤードと同じ方法であるが、3号井ヤードに関しては1, 2号集水井と比較して一段と作業条件が悪く、同一工法では作業性が極端に悪く、問題が多いと考えられた。

ふとんかごの施工性の問題点として、何らかの方法により重機を搬入しても、施工上大型重機を必要とし、重機足場を確保するうえでは設計図書に作図されない切土、盛土が生じる。このために周辺樹木の大量伐採を行うことは自然保護、地すべり抑制の観点から好ましい行為ではない。また施工時には工事に起因する落石の発生も考えられ、何処まで影響があるか想定できないといった、施工性・安全性の両面からの問題が生じた。

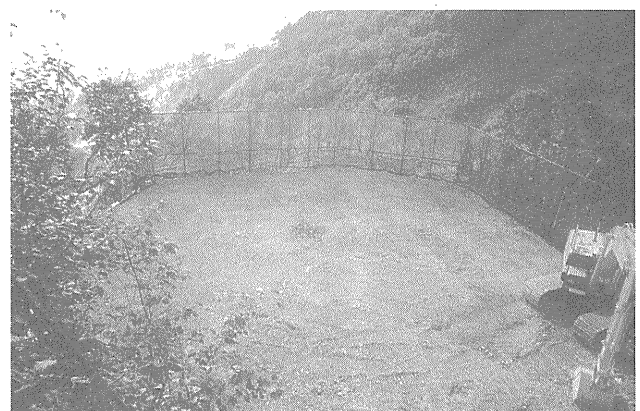
現状の施工方法では、全てを満足することは出来ないとの結論に達し、根本的な工事計画見直しの必要が生じたことから、当社としては、コスト削減も念頭に入れて、問題点を整理して、重機搬入方法、他の施工事例も参考にし、地すべり抑制を考慮した工法の検討を行った。

(3) 発泡軽量盛土工法（FCB工法）の採用

FCB工法は盛土荷重軽減の目的として道路拡幅、構造物の背面盛土等に使用されている。特徴としては単位体積重量が軽く、遠距離のポンプ圧送が可能という点がある。当現場のように機械化施工が期待できず、短期間で施工する必要がある場合や、地すべり地帯の中央部での盛土といった工事には最適な工法と結論に達した（写真—6、写真—7）。



写真—6 発泡軽量盛土施工状況



写真—7 施工完了：茶色のネットは景観対策

(a) FCB工法の利点（〔 〕は施工上の利点）

- ① ヤード盛土側を短期間に造成することができ、また使用資材が軽量なため索道設置工事のため架設する0.5t吊り簡易索道を使用できる〔工期短縮〕。
- ② FCB盛土部を使用して分解型バックホーの組立てが可能〔工費節減〕〔安全施工〕。
- ③ 構造体の比重が軽く（0.5～1.3）地山に対する影響が少なく、3号集水井位置はすべり面の中央部に位置し、少なからず良い方向へ作用する〔地すべり誘発防止〕。
- ④ 流動性に富み、ポンプ圧送では300m程度ま

で運搬可能である。また地山の窪み亀裂等にも充填できる〔省力化〕〔地すべり抑制〕。

- ⑤ ミキシングプラントは、全ての機械を合わせても4t車程度と少なく、道路脇に設置可能。またバイブレータ等の締固め器具は不用である〔省力化〕〔安全施工〕。
- ⑥ ほとんどの作業を人力で施工できる〔現場条件に適合している〕。

FCB工法への変更により、コスト削減はもちろんのこと、最大の懸念材料であった「重機作業に起因する落石」の発生が抑えられたことは、工事は何より安全が優先するという原則の「目標達成」の意味では十分効果があった。

5. 集水井工事と地すべり

(1) 安全管理

集水井掘削においてはトンネル縦坑工事用のような近代的建設機械はあるが地形などの諸条件、コスト等により採用は難しいものがある。やはり人力施工に頼らざるを得ないのが現実であるが、人力施工となれば安全確保が第一条件となってくる。

- ① 工事が輻輳するものと考え、ヤード内をカラーコーンで作業帯を作り、索道、クレーン、作業員との接触事故を防いだ（写真—8）。



写真—8 集水井ヤード：機材配置

- ② 集水井掘削工事において一番危険な作業は集水井内への荷の吊降ろしである。そこで玉掛け用具等は専任の担当者を設け、毎日徹底的に点検を行った。
- ③ TVカメラを設置し、常時現場事務所において監視を行い、またビデオに記録し、安全教育時の題材として使用した（写真—9）。



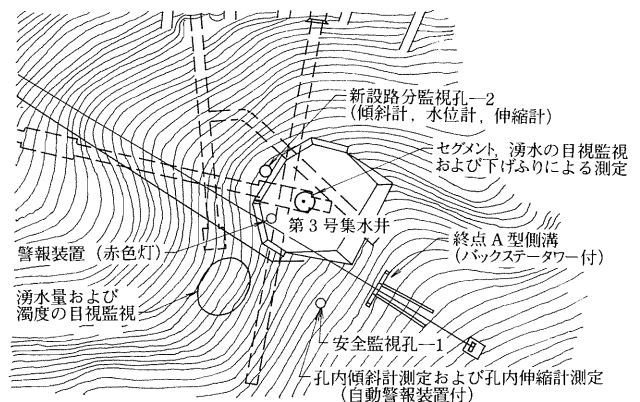
写真—9 現場事務所遠隔監視機器

(2) 地すべり対策

地すべり対策については、平成14年度集水井工事の施工に合わせて集水井の山側に安全監視孔 $L=70$ m（データロガー内蔵孔内伸縮計及び警報装置）を設置し、地盤伸縮量を坂田建設株式会社で計測し、地盤傾斜量を地質コンサルタントにより計測を行っていた。しかし、平成15年7月に集水井下部に設置してあった仮排水管が急に排水不能となった。排水管はすべり面を貫通しており、地すべりの影響ではないかと考え、周囲の調査孔の移動量を緊急に調査したところ昨年設置した安全監視孔の地下 -28 m地点において80mmの変位が観測された。

また、集水井のセグメントにも外圧の影響であろうと思われる亀裂変位が数箇所見つかかり、約2ヵ月間の工事中止となった。これに伴い新たに集水井谷側にデジタル水位計 $L=50$ m/孔、孔内伸縮計（傾斜計） $L=50$ m/孔、伸縮計連動警報装置1基を設けた。2点の変位位置を図表化してみると今までに確認されていないすべり面が発見された。そのすべり面は集水井の中央部を貫通していたことがわかった（図—3、写真—10）。

今まで地盤傾斜量は地質コンサルタントでの測定デー



図—3 観測孔配置図



写真-10 伸縮計連動地すべり警報機器



写真-11 地すべり測定：孔内傾斜計

タを提供してもらっていたが、重要な安全管理を人任せにすることはできず、毎日当社において変位計測、判定を行った。作業開始前には工事の中止を決定する必要があったため、変位計測は朝6時からとなり、かなり苦勞した（写真-11）。

6. 終わりに

白山砂防現場は大自然の素晴らしさを感じる反面、

地すべりにより荒廃した山肌を見ると自然の脅威を直接感じる現場である。また、災害対策、工法協議、などでは迅速な対応が求められるが、今回発注者である国土交通省金沢河川国道事務所及び白峰砂防出張所の関係者のご指導、ご理解のもとスムーズに工事も進行させることができています。

橋やビル工事のような「地図に残る」工事ではないが、「国土保全」の最前線の工事として安全を第一に完工まで努力していきたいと思う。

報文としては現場の紹介程度の記述しかできず、他工事の参考事例となるには程遠いものがあるものの、山岳工事では「現場姿勢に合わせる、柔軟な思考で物事を考える」ことが重要であることを強調したいと思います。

JCM A

【筆者紹介】



松本 龜義（まつもと きよし）
坂田建設株式会社
北陸支店
技術部長



河江 直樹（かわえ なおき）
甚之助谷地すべり防止工事
現場代理人



丸山 俊博（まるやま としひろ）
甚之助谷地すべり防止工事
監理技術者