

# 軟弱地盤における集水井の施工

岩手南部森林管理署 殿美治山事業所 主任 ○三浦幸仁  
治山課長 菅野 聡

## 1 はじめに

地すべり対策工の抑制工として、深層地下水を排除するため多く用いられる集水井工は地すべりに作用する地下水を効果的に集水するため、活動した地すべり地内の地下水位の高い、凹地形部分に計画されることが多く、施工の段階で井壁崩壊やボイリングが発生し作業安全上その対策に苦慮している。

平成14年7月の台風6号に伴う大雨によって発生した、幅150m～200m、斜面長300m、面積約5.1haの地すべりの対策として、7基の集水井が計画され、その施工において各種の軟弱地盤対策を行い実施したことから、その対策例を紹介するとともに今後の対策方法について一応の成果を得たので報告する。

## 2 施工地

当該箇所は岩手県北上市畑入山国有林1604林班そ小班内のオボカ沢で、北上市から奥羽山脈の麓ブナ原生林に囲まれた秘湯夏油温泉に向かう県道122号入畑ダム付近から山手に約3kmに位置し、地すべり地下流には岩手県企業局の発電用入畑ダムと和賀地区の集落や広大な水田が広がっている。

### (1) 地質状況

オボカ沢に分布する地質は、最上部に多量の安山岩礫を含む崩積土（礫混じり粘土主体）、その下位に強風化～風化を受けた国見山安山岩が分布し、最下位には新第三紀中新世（綱取層）の凝灰岩が分布している。これらの地層の特徴を次に説明する。

#### ① 崩積土（礫混じり粘土）

国見山火山岩を起源とする崩積土で、安山岩礫を多量に含有した不安定な地層、集水井掘削時地下水を含むと井壁が崩壊する危険のある地層である。

#### ② 強風化安山岩（国見山安山岩・新規火山噴出物）

国見山安山岩は強風化を受けた岩質が主体で、掘削井壁での観察では岩塊・砂礫状の粘土分が少ない特徴的な地質状況になっている。

地層全体としての固結度は小さく、井壁を見ると水分を多く含み、湧水の多い部分が崩壊しているが突発的な大湧水ではない。

### (2) 地下水位状況

調査ボーリングでの最高地下水位は高いところでGL-7.0m前後、他はGL-12～20mであり、全般的に地下水位は低い。

地下水検層の結果全般的に地下水が豊富で、すべり面付近の崩積土層底面～強風化安山岩に優勢な地下水が流動している。

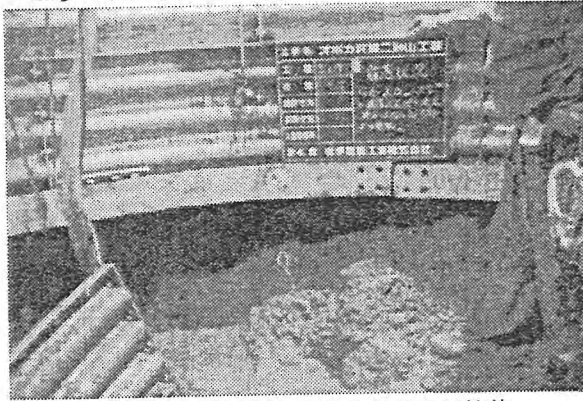
また、地すべり地内には沼が多く点在し全体が湿潤で地下水が豊富と判断される。

### 3 研究の方法と経過

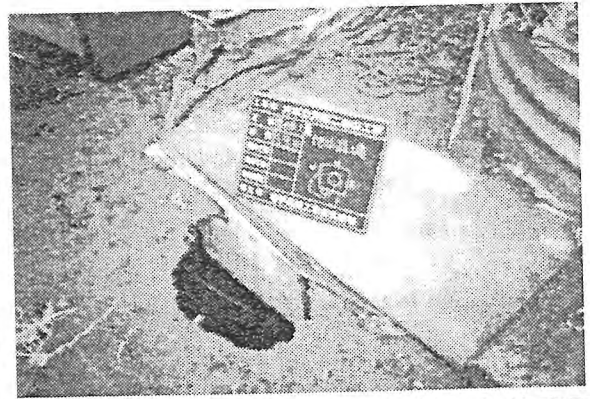
平成15年10月、全体計画7基の集水井のうち優先度の高い1号～5号が着手された。

施工は5号集水井から始まったが、地盤から2.0m～2.5m進んだ所で毎分30リットル以上の湧水があり井壁崩落が発生した。

崩落は、火山噴出物の堆積層が地下湧水によって泥濘状となり集水井内部に流出（写-1）するもので、その取り除きによってさらに拡大し地表面を陥没させる規模のものであった（写-2）。



(写-1)湧水による大規模井壁崩落



(写-2)井壁崩落により陥没した地表面

当初の対策は陥没によって空洞化した内部にコンクリートモルタルを充填し、集水井の固定コンクリートを安定させ集水井の変形を防止した。

しかし、各集水井とも深度は異なるが大小の井壁崩落が頻発し今後の掘削作業が困難になることが予想されたことから、抜本的な対策を次の様に検討した。

#### (1) 井壁崩落の原因

集水井掘削に伴う井壁崩落の大半は突発的な大湧水や軟弱地質（軟質粘性土・軟質砂質土）、あるいは特殊な地質（岩魂玉石状・シラス・膨張性岩）によるものが多い。

オボカ沢における井壁崩落は、地質的には主に岩塊礫や砂礫から構成され、これらに湧水が伴い崩落が発生している。

また、粘性土が少なく粘着力が小さいため、井壁が自立できず崩落に至ったものと判断される。

#### (2) 井壁崩壊防止対策

湧水に伴い井壁が崩落する対策として、多くの対策が挙げられるが、軽微な井壁崩落あるいは崩落発生の兆候がある場合の対策から順次挙げると、鉄筋棒挿入、鋼板矢板打ち込み、セメント系グラウト注入、発泡剤注入工法（ウレタン注入工法）が挙げられる。

井壁崩落が激しい場合の対策として、地下水低下工法であるウエルポイント（スーパ

ーウエルポイント)、地盤改良や止水を目的とした薬液注入工法が挙げられる。

### (3) 検討工法の概要

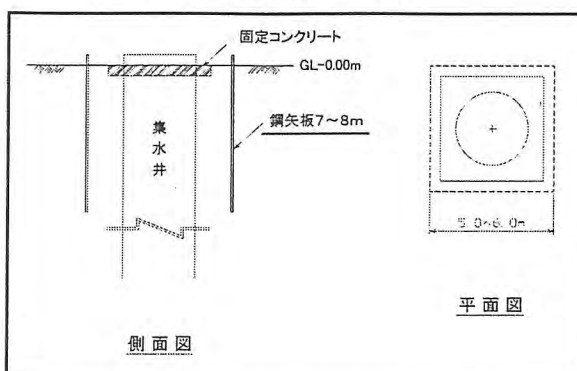
今回の井壁崩落防止対策として、浅層の崩壊落に適用でき比較的簡易な鋼矢板工法、簡易ウレタン注入工法、集水井の外側から対策し深層の崩落にも対応できるスーパーウエルポイント工法、薬液注入工法を検討した。以下にその概要を述べる。

#### ① 鋼矢板工法

鋼矢板工法は砂地盤で7~8m程度の比較的浅い層を対象とした場合適用できる工法で、4.8m×4.8m程度の角形かφ5.0m程度の円形状に鋼矢板を打ち込み、外側からの崩落を防ぎライナープレートを構築し良好な地盤に達した時点で外側の空洞部分を埋め戻し、以降は従来のとおり作業する工法である。

使用機材も汎用機材で可能で、コストも安価で適用し易い工法である(図-1)。

(図-1) 鋼矢板工法



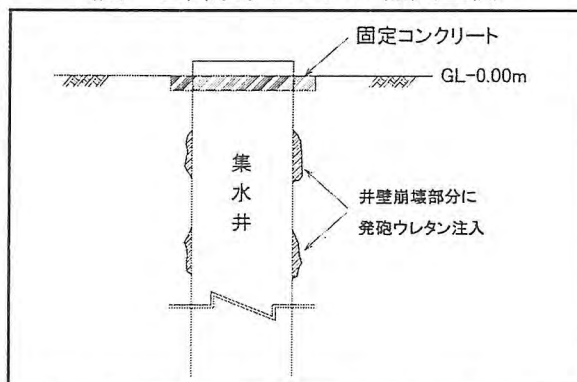
#### ② 簡易ウレタン注入工法

この工法はトンネルや地下構造物等の背面に生じる空隙・空洞を硬質発泡ウレタンで充填する工法で、井内からの注入であるが他のウレタン注入工法と比べ注入装置が小型であることと注入に特別の技術を要しない点があげられる。

また、強度の発現が早いことから、注入後即時掘削作業に入ることができる。

効果は地山への浸透は期待できないため、湧水を伴い大規模な崩落には適さないが部分的な空洞充填や崩落の防止には効果がある(図-2)。

(図-2) 簡易ウレタン注入工法

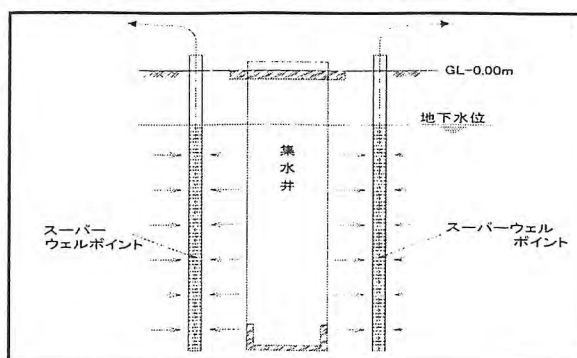


#### ③ スーパーウエルポイント工法

地下水に伴う崩落が激しい場合の対策で、集水井の外側に2基の揚水孔(ウエルポイント)を設置し水位を低下させ掘削組立作業を容易にする工法である。

本工法は従来のウエルポイント工法を改良し、ストレーナー管の内側に内筒管の二重構造とし、真空ポンプで二重管内部を負圧にさせることでより効果的に揚

(図-3) スーパーウエルポイント工法



水し、地下水面を通水孔の位置まで下げることができる工法である。

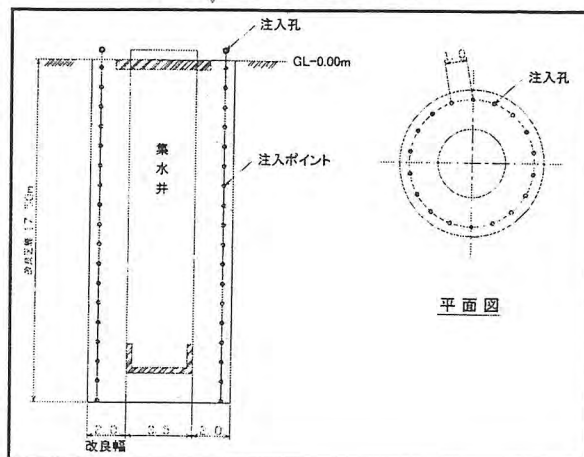
問題は揚水孔設置のため、大口径ボーリングを要することからの多大な経費と作業期間及び集水井掘削作業完了までの全期間揚水を行う必要があることである（図-3）。

#### ④ 薬液注入工法

井壁崩落が顕著で外周の空洞が拡大し、集水井地表陥没に達するような場合に採用にとられる工法で、集水井全周に1.0m～1.5m間隔で鉛直ボーリングを削孔し、土質に応じた注入材で改良するもので、止水と地盤改良に高い効果を発揮する工法である。

施工実績も多く信頼性の高い工法であるが、多大な経費を要することと作業の段取り替えによるロス及び地下水質の監視・検査が必要な工法である（図-4）。

（図-4）薬液注入工法



#### （4）平成15年度の対策

前述の対策工法を比較検討すると次のようになる（表-1）。

以上のことからオボカ沢の場合、土質が岩塊玉石混じり土で、鋼矢板打ち込みが困難なことから、当初は安価なウレタン注入工法で対処し、この工法で対応できない場合に薬液注入工法で対処することとした。

（表-1）対策工法検討表

区分	浅層対策				深層対策			
	鋼矢板工法		簡易ウレタン注入工法		スパーウエルポイント工法		薬液注入工法	
作業日数	6日	△	2日	○	24日	△	15日	○
経済性	8m打ち込みで7万/m	○	平均4断面6万/m	○	102万/m	△	92万/m	○
施工性	岩塊混じり土に不適	△	簡便	○	専門工種	×	専門工種	×
安全性		○		△		○		○
総合評価		×		◎		×		◎

#### （5）実行の結果

結果は、1号、3号、4号集水井は簡易ウレタン注入工法で対処できたが、2号集水井（掘削深16.0m）が-7.0m付近、5号集水井（掘削深12.5m）が-2.5m付近で簡易ウレタン注入工法のみでは崩落を止めることができず、薬液注入工法で対処する結果となった。

### 4 考察と今後の課題

苦労を重ねたが集水井掘削は何とか簡易ウレタン注入工法と薬液注入工法の対策で終えることができた。以下に対策工法の考察と今後の課題を述べる。

#### （1）簡易ウレタン注入工法

小規模崩落に採用した本工法は使用器材、取り扱いが簡便で掘削作業員が崩落状況に



応じて随時対処できることから、掘削作業にロスも少なく効率的に対処できた。

課題、は当初予想のとおり、小規模な崩落・止水には有効であるが湧水量が多く崩落土が流動化してしまうと対処できなかった。

経費面では、注入材が合成樹脂系であることから一連の注入部品は、注入量にかかわらず1セット使う事になり、経済面で臨機の対応性に問題を残した。

## (2) 薬液注入工法

ウレタン注入工法で対処できなかった2号、5号集水井で実施され、集水井周囲の軟弱な土質は改良され、注入後の掘削作業は順調に進んだ。

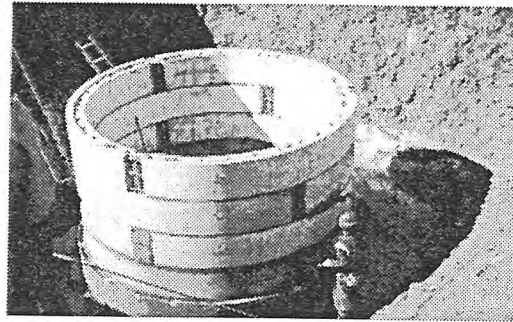
課題は、経費が高いことと、作業段取りの大幅な変更を伴うことから作業工程に大きなロスを生じた。

## (3) 平成16年度計画に当たっての検討

平成16年度に計画された6号集水井を実施するに当たって、前年度の反省からより適切な工法がないか情報を集めた。

軟弱地盤の多い地区ではRCセグメント（写-3）による自重沈下工法が多用されている。

この工法は、重量のあるコンクリート製セグメントを、井筒底部を掘削しながら自重沈下させ沈下した深さに井筒を組み上げ、この作業を繰り返しながら所定の深さに据えるものである。



(写-3)

また、自重沈下できない場合は先端のコンクリート製の刃口を、ジャッキで押し下げ、刃口の内側でRCセグメントを組み立てる工法である。

セグメント工法の難点は

(表-2) 鋼製刃口検討表

その材料費が高価なことで、通常のライナープレートに比べ3倍となることと、材料準備の都合上当初から工法を決める必要があり、臨機の対応が難しい。

以上をふまえ、RCセグメント工法で行われている刃口をライナープレートに応用した、鋼製刃

工法	鋼製刃口工法		RCセグメント工法		薬液注入工法	
作業日数	18日	△	18日	△	15日	○
安全性	空間処理必要	△		○		○
施工性	作業ロス無	○	臨機の対応不可	△	専門工種	×
経済性	刃口掘削280万 刃口溶接 40万 空間処理 50万 計 370万	○	資材 600万 労務費 50万 計 650万	△	92万×18m 計 1656万	×
総合評価		◎		△		×

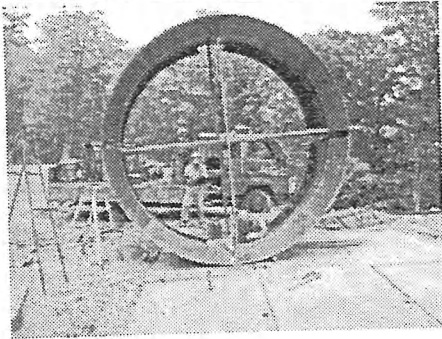
口を用いた掘削方法を他の工法と比較検討し（表-2）採用した。

## (4) 鋼製刃口による集水井掘削

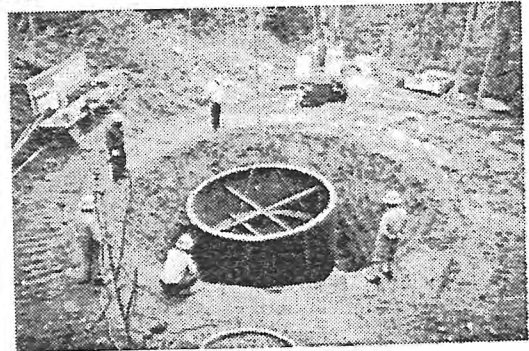
この工法は掘削先端に鋼製の刃口を設置し、その内側にライナープレートを組立て、

刃口を油圧ジャッキで強制沈下させるもので、作業の順序は、

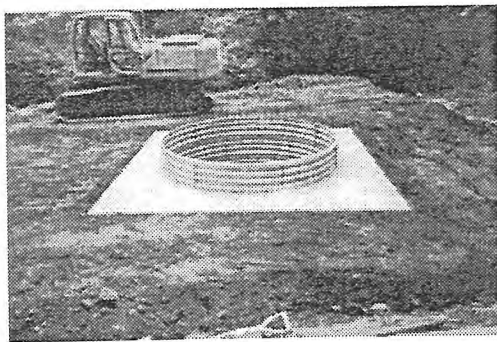
- ① 分割搬入された鋼製刃口の組立・溶接（写－４）
- ② 地上から2.5m程度オープンカットし刃口を設置する（写－５）
- ③ 設置後刃口の周囲を埋戻し、刃口から地上部までライナープレートを組み立てる。
- ④ 固定コンクリートを高さ50cm打設し、集水井の偏心防止とジャッキによる強制沈下の反力荷重とする（写－６）。
- ⑤ 刃口の周りを30～50cm程度掘削し、油圧ジャッキで沈下させた後に中心部の残丘を掘削する（写－７）。
- ⑥ この作業を繰り返し、50cmのライナープレートが取り付けられるスペースが確保できるまで刃口を沈下させライナープレートを組み立てる（写－８）。
- ⑦ 上記作業を繰り返し所定の深さに達する。



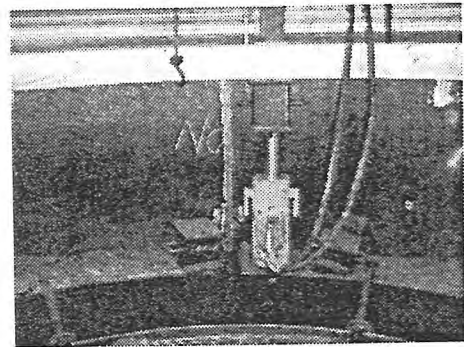
(写－４)



(写－５)



(写－６)



(写－７)



(写－８)

## (5) 鋼製刃口掘削の考察と課題

平成16年度6号集水井、平成17年度7号集水井については鋼製刃口の対策で崩落・ボイリングも施工可能な範囲内におさまり、災害が発生することなく無事掘削を終了することができた。

課題としては、鋼製刃口を採用するような箇所では、表土部分から軟弱な箇所が多く、刃口設置のためのオープンカット掘削部が自立しないことと、油圧ジャッキによる反力荷重とするための固定コンクリートの不等沈下防止のため、掘削埋戻し部分の固化剤による地盤改良が必要であった。

また、厚さ2.7mmのライナープレートにジャッキ推進の圧力がかかるためライナープレート変形の恐れがあり、この防止のため集水井補強リング間に木材で補強し変形を防止する手当とライナープレート外側が空洞になると、ライナープレートが宙づり状態になり変形のおそれがありウレタンやモルタルを一定区間、数カ所充填し集水井と地山を一体化させる必要があった。

## 5 まとめ

### (1) 軟弱地盤対策

オボカ沢地すべりにおいて平成15年～17年まで実施した対策工から今後軟弱地盤対策として適用性の高い工法として、

#### ① 小規模崩落対策

使用器材、取り扱いが簡便で経済的にも低額な、簡易ウレタン注入工法。

#### ② 大規模崩落対策

当初から大崩落や小規模ボイリングが予想される場合は、作業安全性と経済性から、鋼製刃口工法。

### (2) 集水井計画

従来位置の決定は集水効果の面からのみ行われていた傾向を、経済面・安全面からも検討するため、次のような面からも併せて検討する必要性を痛感した。

① 砂地盤、火山灰層（特にシラス層やその他火山灰層）では湧水による崩落・ボイリングが顕著であることを考慮し、湧水地や陥没地帯を避けて計画する。

② 活動の激しい地内に計画する場合、あるいは大量の地下水層分布地内の場合、主活動ブロックを避けて側方からの集水計画とする。

## 6 おわりに

災害の防止と軽減を図るとともに水源の涵養に資する目的で実施される治山事業のなかでも地すべり防止事業は、その現象の把握や対策工の立案に難しい面があるが、規模及び保全対象の重要度に応じて今後も着実な復旧によって国民の生命と財産を守り、親しまれる事業の実施に努めて参りたい。