

# 排水トンネルにおける立体接続工

～蟹ヶ沢地すべり対策事業施工事例～

置賜森林管理署 藤井健司

## 1. はじめに

蟹ヶ沢地すべりは、活動面積が 100ha に及ぶ大規模な地すべりであり、恒久的な対策工として排水トンネル工と落込ボーリング工を組み合わせた立体排水工を施工してきたところである。

しかし、落込ボーリング工事が転石地での大深度掘削になるなど困難を極めた。今回は適切な日常管理・最終位置確認を行うことにより良好な結果を得ることができたのでここに報告する。

## 2. 地すべりの概要

蟹ヶ沢地区は山形県米沢市の南東 20km に位置する、阿武隈水系の一級河川松川支流蟹ヶ沢の左岸東向き斜面であり、標高約 800～1,000m の区域である(図-1)。

地すべりの規模は、斜面長約 1,800m、幅 800m、活動面積約 100ha、すべり面深度 15～110m であり、その活動は非常に激しく、平成 8 年 12 月から 11 年 8 月までの 2 年 8 ヶ月の間に、ある測点では 48m の水平移動量が観測された。

地質は第 3 紀層を基盤とし、吾妻火山噴出物

及び泥流堆積物が広く覆っている。

また、この地域は県内でも屈指の豪雪地帯であり、積雪は 3m を超える。

## 3. 立体排水工

蟹ヶ沢地すべりにおいては、地すべり面が浅い区域は集水井工等により抑制工を実施し、地すべり面深度が深い(100m 程度)区域はすべり面下を掘進する排水トンネル工と、地上部からの落込ボーリング工とを組み合わせた立体排水工を施工し、地下水の排除を図ることとした(図-2,3)。

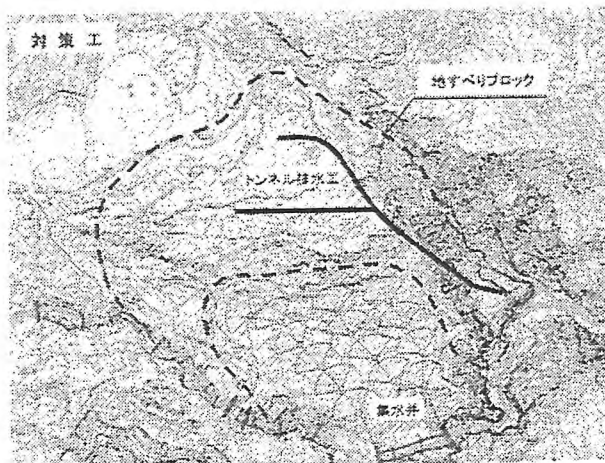


図-2 蟹ヶ沢地すべり対策工



図-1 蟹ヶ沢地区位置図

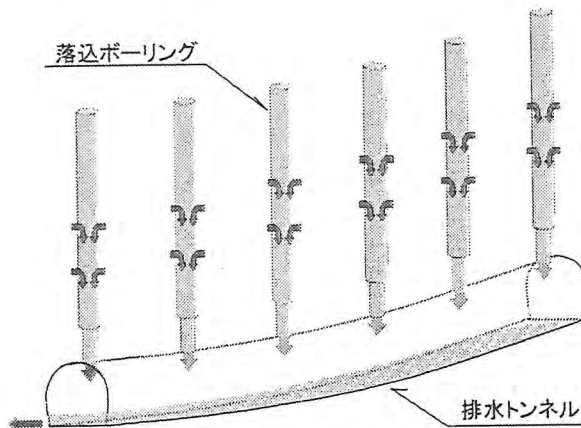


図-3 立体排水工概念図

#### 4. 落込ボーリング工

当地区の落込ボーリングについては、地下約110m、幅3.5mの排水トンネルに地上からφ200mmのボーリングを命中させるという厳しい施工管理が要求された。

また、落込ボーリング工における掘削土質区分は図-4のとおり平均掘削長113.25mのうち、地上より平均12.16mがシルト・粘土、その下27.07mが礫質土、32.33mが岩塊・玉石層、最下層が軟岩Iとなっていた。この岩塊・玉石層は、軟らかい粘性土中に硬質の転石が存在し、ビットが軟らかい方向へ逃げることにより、孔曲りが発生したため施工は困難を極めた。

このため、落込ボーリング工を施工するに当たり、次に述べる日常管理と最終位置確認を行った。

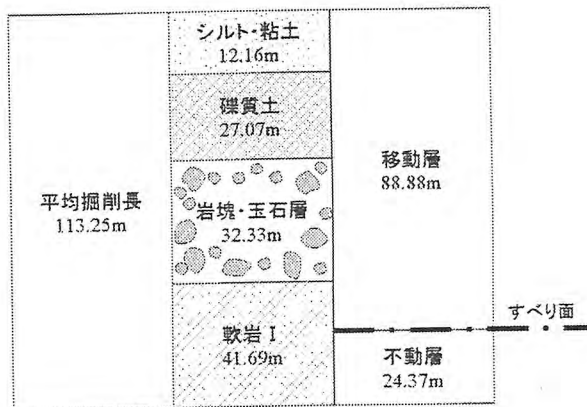


図-4 掘削土質区分

##### (1) 管理基準

地下水を効率的にすべり面外へ排出するためには、落込ボーリング孔と排水トンネルとを接続させる必要がある。このため、落込ボーリング孔の施工管理基準値を図-5に示す数値とした。この基準値については、鉛直度が重視される地震計の許容値が3°であることから、その基準がかなり厳しいものである。

##### (2) 日常管理

日常管理は、孔曲り測定器として広く使用されている坑井記録傾斜儀(図-6; 榎村田製作所:

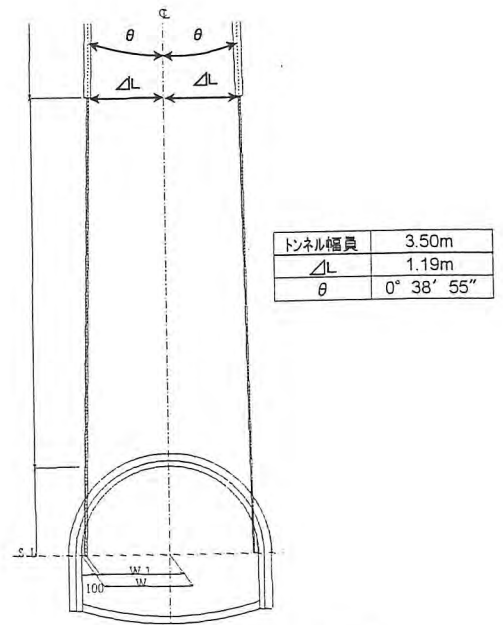


図-5 孔曲り管理基準

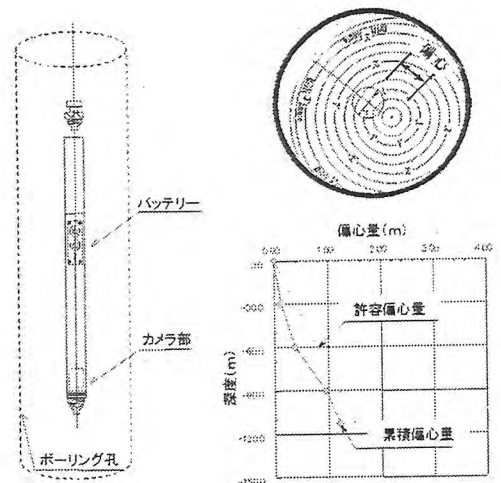


図-6 坑井記録傾斜儀

シングルショットSR(0-3°))によって測定を行った。この測定器をボーリング孔に挿入し、孔内にて写真撮影を行うことにより中心からの偏心を測定するものであり、今回は掘削作業の能率を低下させないよう掘削深度30m毎にこの測定を行った。この測定器は、傾斜角と方位を測定することにより孔曲りを判定する原理であるが、磁性体(ロッドや保孔管)内では方位が

測定不能なため、3次元 (X,Y,Z) 方向の管理を行うことはできなかった。しかし、累積偏心量が許容偏心量以内であれば掘削を継続し、大幅に上回るようであれば削孔角度の修正を検討する、といった大まかな判定を行うことができた。

### (3) 最終位置確認

日常管理では傾斜角のみの測定となり、正確な座標が測定不可能であるため、排水トンネルとの接続前に最終位置を確認する必要がある。この最終位置確認については、磁性体の中でも測定可能なジャイロ式孔曲り測定器(図-7; 榊村田製作所: ジャイロオンライン)を採用した。この測定器は、図-8のグラフのように深さごとにX,Y軸方向の偏心量を測定することができる。図-8の場合では、一度中心から逸れた掘削孔が再び中心付近に戻り最終的に許容範囲内(トンネルの幅)に収まったことを示している。

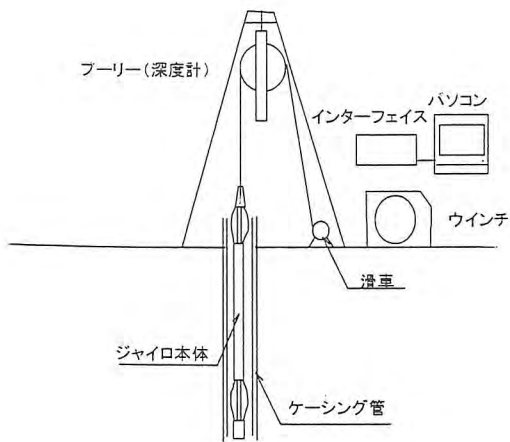
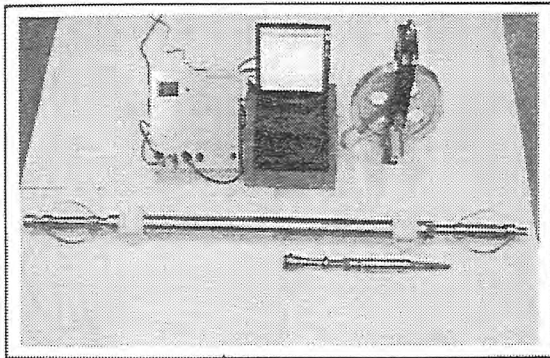


図-7 ジャイロ式孔曲り測定器

## 5. 迎え堀工

こうした施工管理の結果、落込ボーリング孔44本のうち、36本が排水トンネルに直接接続することができた(写真-1)。しかし、残りの8本は排水トンネルの幅内に収まらず、直接接続できなかった。最も排水トンネル側壁から離れて削孔されたものは、1.7mであった。

これらの直接接続できなかった落込ボーリング孔については、排水トンネル坑内よりその位置を探索し、迎え堀を行って接続することとした。

位置探索は、電磁波による埋設物探索機(レディオディテクション・ジャパン(株): RD400)を使用した。ジャイロ式計測器で大まかな位置を推定した後、排水トンネル坑内に電磁波受信機を、落込ボーリング孔に発信機を設置しその正確な位置を探索することとした(図-9)。

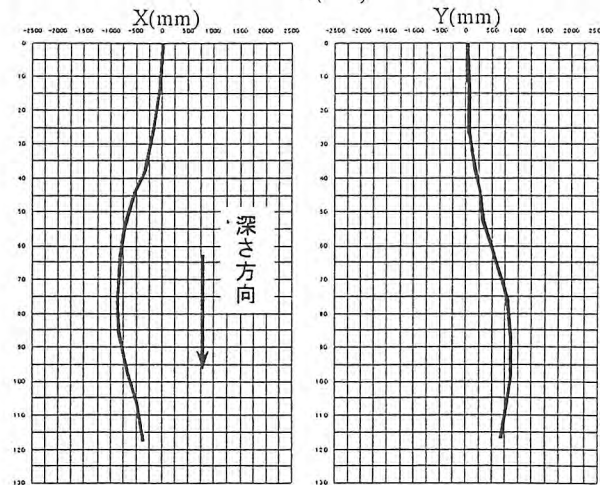
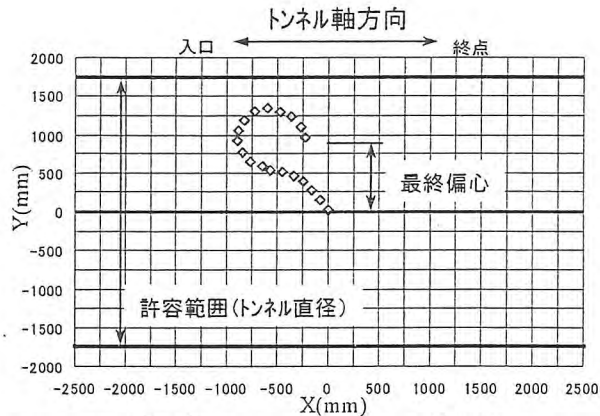


図-8 孔曲り計測例

一次掘削としてφ42mm、削孔角度0°（水平）、SLラインの高さでライトアタッチドリルにより削孔した(写真-2)。次に、一次削孔した孔をガイドとしてφ120mmのビットで削孔し、落込ボーリング孔と鋼管で接続した後、無収縮モルタルにより間詰を行った。この方法により直接接続することができなかった落込ボーリング孔を排水トンネルに接続することができた。

## 6. おわりに

大深度のボーリング掘削機については、適切

な施工管理手法や横トンネルとの立体接続工法について、未だ確立されているとはいえない。

今回は試行錯誤の末、坑井記録傾斜儀による日常管理とジャイロ式孔曲り測定器による最終位置確認を行ったことにより、的確な施工管理と正確な現位置確認を行うことができた。また、電磁波による掘削位置計測とアタッチドリルによる迎え堀工法により、排水トンネルより外れてしまった落込ボーリング孔を接続し、これらを有効に活用することができた。

我々の工事实績が今後の大深度掘削工の技術向上に貢献できれば幸いである。

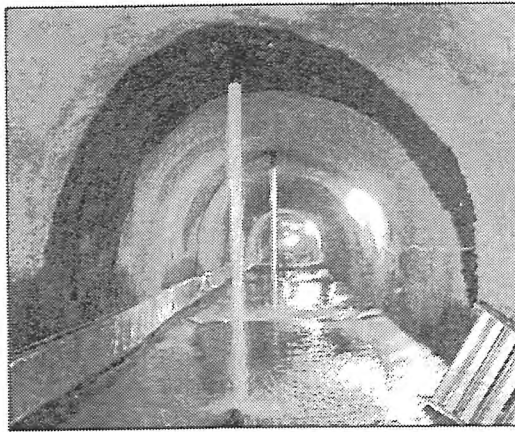


写真-1 直接接続できた落込ボーリング孔



写真-2 迎え堀工

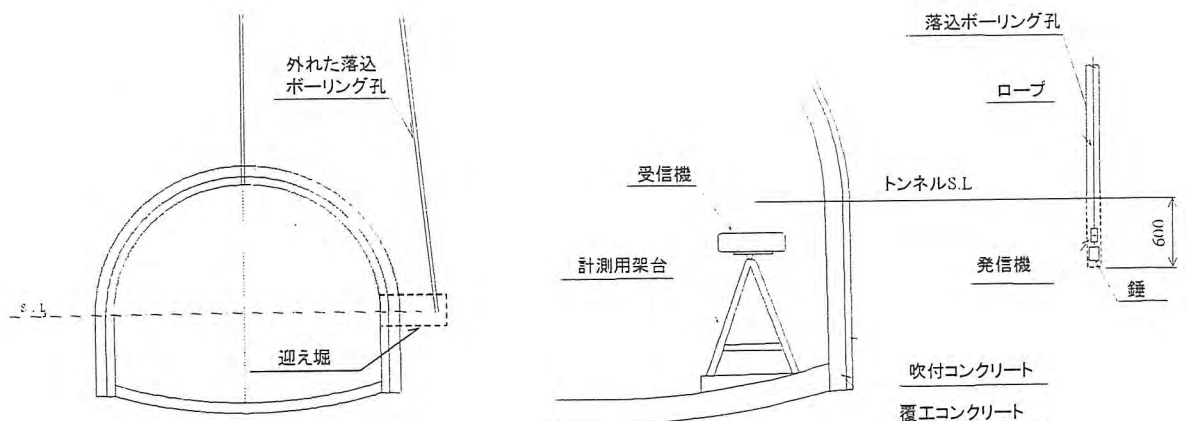


図-9 迎え堀工位置探査