

大深度立坑の無支保掘削

大成建設株式会社 正 落合正和・〇正 打田安宏・ 本間直樹

1. はじめに

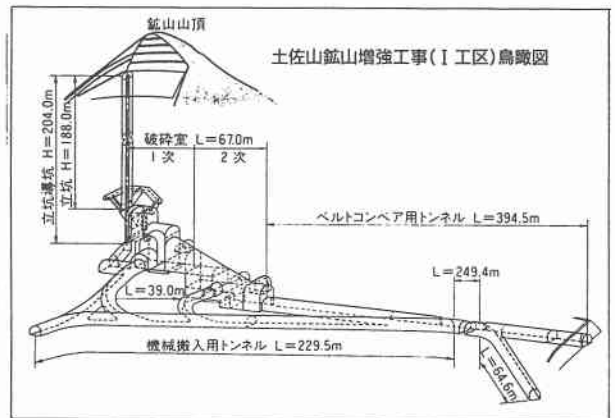
近年、資源開発に代表される地下空間利用などの地下構造物工事は、大深度化・大空洞化し、用途に応じて空洞形状も複雑化し、さらに急速施工までが求められる時代となってきている。しかし、実際には地下深部における複雑形状の大空洞や地下空洞にアクセスする大深度立坑に関する設計や施工実績の報告は少なく、空洞の安全性・安定性・経済性などを追及した合理的設計や施工方法は確立されていないのが現状である。

本報告は、高知県土佐郡土佐山村における御荷鉾構造線以南の秩父帯に属する古生代の石灰岩地山に、石灰岩鉱山の設備増強に伴う大深度立坑（約190m）とその最下底の大規模複雑形状の破碎室（高さ20m以上）及びベルト坑道等を新設した際の設計概要と壁面を素堀状態で完成させた大深度立坑の施工実績概要を紹介するものである。尚、当工事は石灰石の採掘に該当することから鉱山保安監督部による鉱山保安法の適用を受けて施工している。

2. 地質・設計概要

本地点は高知市の北方約7.5kmにあり、秩父帯白木谷層群に属する石灰岩層が北方に45～70度傾斜し、東西性の走向が地形に反映する標高300～500mの起伏に富む山岳地帯にある。

一方、建設に必要な地下の地山情報は、立坑予定地に位置する1本のボーリングのデータとその柱状図だけである。そのデータによると岩石(片)は硬く良好な状態であるが、岩盤としては密にクラックが発達し小ブロック化したCL～Dクラスの亀裂性岩盤に分類される。本破碎室は大断面の粗がいくつも



交差するような複雑な形状を呈し、断面により高さ20m以上にもなる地下発電所規模の大空洞である。この破碎室の支保規模の設計では、地山物性値が不明なために柱状図と写真から深度方向にDr. パートのQ法と岩盤分類評価方法を採用して、地山状態・空洞の大きさ・用途等の要素から空洞各断面の支保規模を目安的に決定した。さらに掘削中に地山状態を視視観察により確認し、計測を併用しながら安定性・施工性も考慮に入れ、実地山に適切な支保工を適用する合理的な情報化施工方法を採用した。

3. 施工概要

1) 立坑の工法検討

石灰岩投入用の立坑であり、商品である石灰石に金属やコンクリート塊等の異物の混入がないように、立坑壁面は無支保の素堀状態で完成させるのが発注者の要望であった。

深さ190mの立坑工事は、如何に地質条件に恵まれた施工であっても、切下り工法で施工する限りはその下に人が入るという状況を考えた場合、安全に対するリスクが余りにも大きすぎ無支保という事は考えられない。まして当鉱山の石灰岩は地質概要の通り、岩盤分類もCL～Dと脆弱である。

これ等の事を考慮し、施工可能な掘削方法を検討した結果、以下の2通りに集約された。

- ① 仮設支保材としてラッパルトを用いた全断面切下り工法。（掘削完了後ラッパルト撤去）
- ② 導坑先進切掘無支保切上り工法。

この内、巻上げ機等大掛かりな仮設備が必要な①案よりも、比較的安価な仮設作業坑道を設けるだけで施工可能な②案の工法を採用した。

2) 導坑の施工方法

当初、導坑の掘削方法は経済面からリマクタイマーを用いた、切上り工法での施工を検討していたが、地質調査ボーリングのデータから導坑掘削時の支保が軽微な物も含めて、延長204mの内70%に必要と想定された。また、導坑は狭小な断面(2.0m×2.2m)のため、過装薬発破になり易く、壁面の円滑な施工が期待出来ない事や掘削中の湧水、崩落に対する補助工法等、施工の確実性や安全に関する不安要因が大きすぎる。これらの事により、経済性では劣るが施工中の安全性に優れ、導坑壁面の円滑な仕上がり期待出来るレイズロー(φ1.45m)による機械掘削工法を採用し、施工した。

3) 切払掘削の機械、施工方法

下部からの切上り工法であるため、立坑上部から導坑を作業坑として昇降する昇降機及び作業床が必要となるが、これにはリマクタイマーを改造、製作して使用した。これは上段に駆動部としてモーターを取り付け、下段に小型ドリフター(TY90型付改造型)を穿孔用として搭載したものである。

積載荷重は500kgで、上段の駆動部に1名(昇降機運転)、下段の作業部に2名が乗って穿孔、装薬、ドリル撤去等を行うものである。

(図-1 施工順序概要図及び穿孔パターン 参照)

4. 実績と問題点及び対策

レイズローによる導坑掘削は鉱山山頂から仮設坑道迄の204mを設備設置から掘削、撤去迄65日間で完了、貫通誤差は1.4m(0.7%)であった。

その後、導坑壁面をワイヤを吊り下げ調査したところ、数カ所の崩落跡と石灰岩特有の脆弱土を介在した亀裂が無数にあることを確認した。これ等の対策は切払作業のドリル設置の入坑時に再点検し、必要に応じてドリル、ネットを利用し土嚢袋等で崩落箇所を充填、また、薄鉄板をアジャで固定等の補強を実施した。

現在は下部からの切払掘削中である。(発表時には掘削完了見込み)

これまでの施工に於いての問題点及び対策は以下の通りである。

- ① 導坑掘削時のレイズローの精度が切払掘削時の施工に大きく影響するため、φ250mmのパイロット孔掘削時30m毎に孔曲がり測定の実施。マシンのフィード圧の管理。泥水逸水時(地質不良箇所)のエア圧送の併用。
- ② 導坑掘削が下部において、最終の設計断面に対して同心円と成らず、偏心した分だけ切払時の穿孔で調整したが、狭隘な場所での長尺な継ぎ継ぎ作業に多大な時間を要した。
- ③ 亀裂の多い脆弱層を介在した区間での下向き40°の穿孔は、孔荒れと繰り粉の排出が悪く予想以上のタイムロスが発生した。

5. まとめ

当工事のこのような立坑の施工方法は、今後とも鉱山(鉱山保安法適用工事)以外では殆どないと考えられる。将来、無支保での立坑掘削が発生した場合は、経済面での比較検討を充分行う必要があるにしても安全性、確実性において昨年、国内に導入、稼働中のφ4,800mmの施工が可能なレイズロー機械での掘削に移行していくものと思われる。(当工事では立坑関連箇所の工程と導入時期の関係で使用出来なかった。)

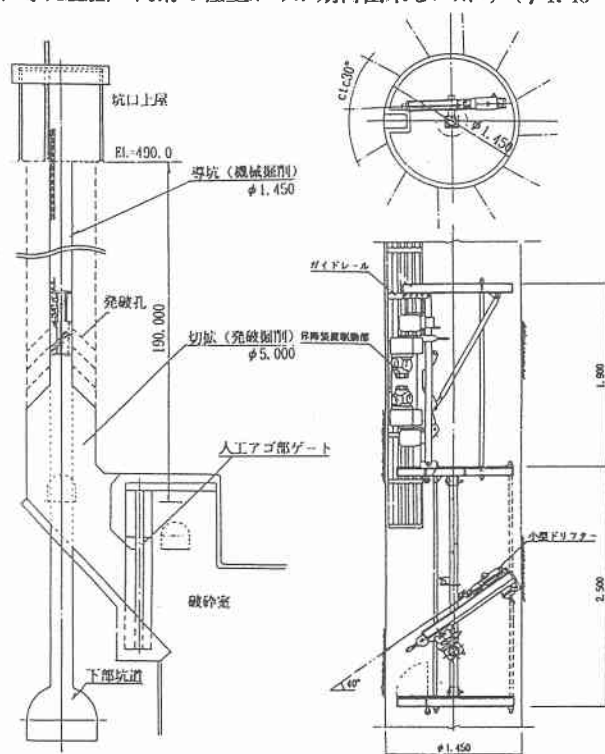


図-1 施工順序概要図及び穿孔パターン