

15. 地下発電所工事における省力機械と安全工法

鹿島建設(株) 川島 一夫 新野 義仁

1. まえがき

水力発電所は大規模化される傾向にあり、現在施工中あるいは計画中の地下発電所は大容量のものが多く、地下発電所工事は発電所の空洞をはじめ、水路、機器搬入坑および作業坑等の各種トンネルを同時に短期間に施工するので、地質への配慮と共に、安全に能率的に施工しなければならない。

本文は地下発電所工事において、施工の合理化を目的に採用したトンネル削孔機械と、水圧管路堅坑の巻揚設備について概略を紹介する。

2. トラックジャンボによるトンネル掘削

発電所を取りまくトンネルは経済性から短く急勾配に設計するので線形は複雑である。発電所本体の工程を支配するこれらのトンネルは同時に施工するので、施工機械はタイヤ式の機種が有利となる。

一般にタイヤ方式のトンネル作業員は、タイヤ式重機械を運転する特殊技能作業員と削孔、発破、支保工等のトンネル作業員とを混成することは難かしく、レール方式と較べて配置人員は多いとされている。この点に対して地下発電所工事は、レイアウトの特殊性から複数トンネルを同時施工する2切羽交互掘削の採用により、トンネル作業と運搬作業を分けてムダのない稼働時間を与えるだけでなく、施工機械も単一トンネルに較べて大幅に縮少できる利点となり、タイヤ方式を有利としている。

2切羽交互掘削の施工機械について特に検討要する機械は削孔機械(ドリルジャンボ)である。

(a) 削孔時間と、ズリ搬出時間および支保工時間とをバランスさせ得る削孔機械。

(b) 2つのトンネル間の移動に必要な機動性を有するもの。

(c) 線形に応じた回転半径を有し、設計勾配を容易に走行できるもの。

(d) ロックボルトの施工が可能なもの。

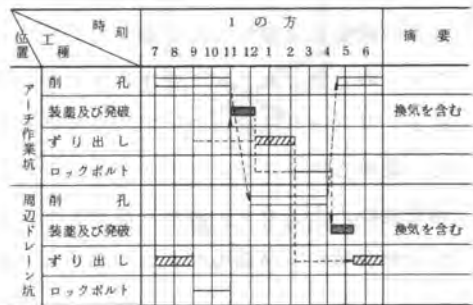


表-1 掘削サイクルタイム

この主旨に従い、当工事では新しい削孔機械として、リフトブルデッキ式4ブームトラックジャンボを採用している。

(1) 4ブームトラックジャンボの仕様

本機はタイヤ式ドリルジャンボの在来型にない新しい試みとして、図-1に示すように上下、2段のデッキを設け、特に上段デッキはリフトブル機構とし、それぞれに2台の油圧ブームドリフターを装着した。下段の油圧ブームはロータリブームとしてロックボルト削孔も可能である。

ベースマシンは 11tトラックを台車とし、トラックの中間部と後部に削孔時に利用するアウトリガーを取付け、下段に油圧ユニット（電動 7.5KW）を装備した。

削孔姿勢は図-1 の上図でトンネル断面 $20\text{m}^2 \sim 50\text{m}^2$ と削孔範囲が広く、移動時は各々のブームが前後にスライドする構造により、下図のように車輛限界内にコンパクトにまとめられ機動性が高い。

(2) 施工実績および考察

2切羽交互施工によるトンネルの組合せは 7 通りで総延長は約 1.7Km である。このうちトラックジャンボにて施工したものは約 1 Km であった。進行実績は平均日進 4.5 m をえ、カーブや斜坑など複雑なトンネルにもかかわらず比較的一定な進行を得ることができた。

削孔は 2 切羽が異なるパターンにて実施しなければならなかったが、支障なく一定のサイクルを確保するとともに機械稼働率もかなり高率であった。

作業員は削孔班と支保工班とに別けて専門化し、仕事に対する熟練を計り、作業効率を高めると共に作業手順の整然化がなされ、遅れがちなロックボルトも切羽に接近して施工する習慣が付き、安全性からも非常に成果があった。

トラックジャンボは移動時の安定性が良く、作業能率の向上に効果的であった。ただ問題点としてドリフターの台数とトラック台車の大きさの関係、あるいはドリフターの性能について一段の研究が必要であった。使用当時のライト・ドリフターの替りに現在では高性能のドリフター、あるいは油圧式ドリフターも開発されているので、これ等を装備するならば少ない台数にて高能率なトラックジャンボが使用出来たものとする。

3. 油圧ジャッキによる竪坑巻揚設備

竪坑、斜坑工事の巻揚設備は鉸山機械にならうものが多い。竪坑上の大きな「やぐら」と、作業用吊足場（スカフォード）、このスカフォードを吊る大型巻揚機と人荷用エレベーター等で、従来の考え方からするならば、竪坑の規模によっては相当大型の巻揚設備が必要となる。

この巻揚機の合理化案として油圧ジャッキを代用したものが本例であるが、このジャッキは土木工事におけるスリップフォーム工法、建築工事等における重量物のリフトアップ工法に使用されているセンターホール式ジャッキにダウン機構を付加したアップダウンジャッキと称する小型な油圧装置で

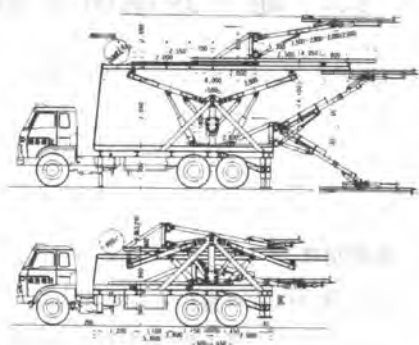


図-1 4ブームリフトトラックジャンボ

要目	型式	個数	備考
ドリフター	古河 F-12	4	レリクター1区
ガイドローラ	3Mオートバック付	4	フォード長 2.5m
ブーム		4	フルオートマチック2, ローター2
パワーポンプ		3	7.5 KW 電動モーター
ラインオイル	Lo 450	4	容量 450cc
＃	45 Lo	1	4.5 l
空気消費量	最大 21m ³ /分		ドリフター及びエアモーター
油消費量	最大 21cc/分		＃ 　＃
総重量	約 13t		台車 3t, ジャンボ 10t

表-2 トラックジャンボ仕様



ある。このジャッキを使用する工法はスウェーデンにて実用化されローダウン工法として色々の事例はあるが、土木工事において一つのクレーンとして使用した例は今回が初めての試みである。

(1) 大断面調圧水槽工事における巻揚設備

図-2の調圧水槽工事を参考に在来方式の巻揚設備とアップダウンジャッキ方式とを比較すると次のようになる。

- ① ジャッキそのものは小型軽量，小動力なので，設計構造内に設置でき余分なスペースを必要としない。
 - ② ジャッキ方式は堅坑断面の大小に対してはジャッキの台数の増減で対処でき，堅坑の延長に対してはスチールロープの長さを替えるだけで，設備の大きさは関係ない。
 - ③ ジャッキ方式はスcaffoldingを簡単にスリップフォームに転用できる。
 - ④ ジャッキ方式の昇降スピードは遅い。
- アップダウンジャッキ図は図-3に示す。

当工事ではスcaffoldingの総重量が30tになるのでジャッキ6台をセット，6点吊りとした。法規上，人荷共用のゴンドラに適用されるので，吊下げロープは安全率を10として破断強度50.4tのものを使用し，ジャッキは余力率2.4倍として5t/1台にて算定している。

ジャッキは歯型コレットチャック式で，上下2台のジャッキが交互に尺取り動作することによって昇降する。掘削時のスcaffoldingは掘削完了後，スリップフォームとしてコンクリート覆工に転用する。覆工時の荷重は60tに達するのでジャッキは12台に増設している。この場合覆工は上昇工程のみとなるので，ジャッキは6台を2つに分けて12台に使用できる利点がある。

(2) 高落差の水圧鉄管堅坑の掘削設備

堅坑部は延長200m余，地質は比較的堅硬で掘削壁面の支持はロックボルト，ラス網張りにて可能であった。堅坑施工法は安全工法として，レーズボラーによる導坑掘削を行い，切抜げは上部より下部に，この

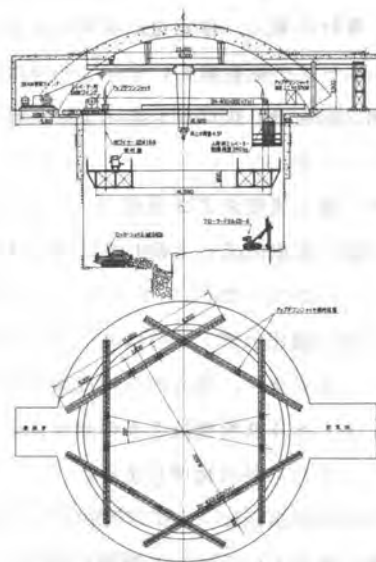


図-2 調圧水槽掘削設備図

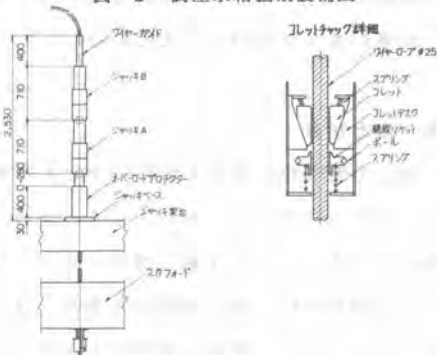


図-3 アップダウンジャッキ図

導坑を利用したグローリーホール方式とした。

掘削設備は図-4に示すとおりで、堅坑上部に4台のアップダウンジャッキを配置しスカーフを昇降するものとした。

スカーフは主作業台と、副作業床よりなり、副作業床はメインに取付けた2台の電動ホストによりメインと別途に昇降する。切羽をスロープカット（傾斜角 40° ）できるように揺鉢状になっており、削孔、ロックボルト等の作業はすべてこの作業床にて行った。主作業台は掘削切羽より15~20mの位置に静止しており、発破時は下部の作業床を巻き上げ発破の影響をさけるようにした。

資材の搬入、作業員の昇降には別に人荷共用のエレベーターを設置し、マンケージはスカーフの開口部を通り抜け副作業床まで到達できるようになっている。

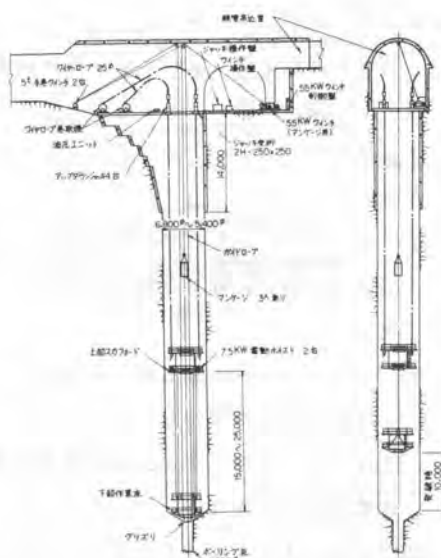


図-4 水圧鉄管路掘削設備図

(3) 施工実績および考察

- ① 従来方式と比較して設備上大幅なコストダウンができた。
- ② 調圧水槽工事ではスカーフの合理化が計れ安全性、能力向上に成果があった。
- ③ 水圧鉄管堅坑工事の親子式作業装置は安全性が高く利用範囲が広い。

2つの事例はアップダウンジャッキによって作業床を吊るという極めて単純な装置であるが、土木工事にこの工法を初めて取り入れることにより、設備の簡素化、それによる経済性と作業率の向上に大い成果があったものと考えている。



4. あとがき

施工の合理化、安全工法の一例として使用機械の概要を記したが、①トラックジャンボの性能向上、②アップダウンジャッキの「つかみ装置」の材質の規格化、等に、なお検討すべき事項があると考えている。トンネル施工機械に新しい試みは、コストの面、汎用性の点でまだ問題点が多い。

2つの事例は、地下発電所工事の、ほんの一部ではあるが、企業者の理解と、指導によって実現しえたもので、一現場の創意にとどめず、全体としてこの種の施工に役立つことを期待している。