

VI-62

深さ481m・直径11mの大換気用立坑の施工

清水建設㈱

正会員 井上 孝俊

星 幸夫

1. はじめに

我が国における立坑の施工は鉱業部門に多く、施工総延長は約40000m程の実績がある。それに対し道路の換気用立坑の施工総延長は現在まで約5000m程である。また鉱業部門での最大深度は1044mに対し、道路の換気用立坑は中央高速道路恵那山中津川立坑の620mである。図-1及び2に日本の

立坑施工実績のヒストグラムを示す。過去に日本で施工された立坑の標準的な規模は掘削深度で100m~300m 仕上り径で4m~6mであり、今回施工の深さ481m、掘削径11mの立坑は大深度、大断面の日本でも有数の大規模立坑である。現在掘削工事を完了したところであるが、現在までの施工状況等について報告する。

2. 阪奈トンネル中央立坑の概要

表-1に工事概要一覧表を、図-3に標準断面図を示す。工法は掘削断面積95㎡を全断面発破切下がり工法でショートステップ方式の交互築壁工法を採用している。

3. 地質概要

生駒山系の基盤岩は、領家複合岩類の花崗岩、閃緑岩、片麻岩類及び、これらを貫く脈岩類より構成されて

いる。中央立坑の地質は中粒閃緑岩が主体で、一軸圧縮強度2,000kgf/cm²以上の堅硬緻密なものが多い。

4. 使用機械計画

本工事の使用機械の特徴は、大断面大深度立坑に相应して大型化している。またほとんどが電動機械で、一般の横トンネルに比べてシステムチックに制御され、いわば工場化された作業となっている。

立坑は、大断面大深度になるほど、ずり処理時間が工程を左右する為、巻上設備、ずり積込設備、搬器設備等の機械設備がコストや作業能率、省力化の面で合理的になるよう計画を定めている。

巻上速度とキブルの容量(巻上荷重)の関係は

$$P = \frac{W \cdot V}{6120 \eta} \quad \begin{array}{l} W: \text{巻上荷重 (kg)} \\ V: \text{巻上速度 (m/min)} \\ \eta: \text{機械効率 0.8} \\ P: \text{巻上機動力 (kW)} \end{array}$$

で表わせる。したがって巻上機所要動力を定めた時に巻上速度と巻上荷重は反比例する。今回工事では巻上機所要動力600kW、ずりキブル6m³で最大荷重20t、巻上速度140m/minをコストや能率

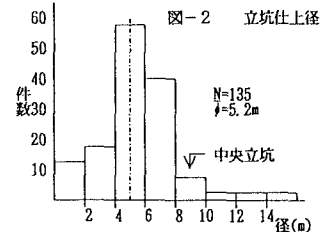
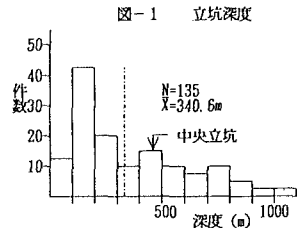


表-1 工事概要一覧

工事件名	第二阪奈有料道路建設工事(中央立坑工区)
工事場所	大阪府東大阪市山手町
発注者	大阪府道路公社
施工者	清水・三井・日本国土・竹中土木共同企業体
工事内容	施工深さ 481m 掘削径 11m
	掘削断面積 95m ²
	一次覆工 8,500m ³
	二次覆工 7,000m ³

図-3 標準断面

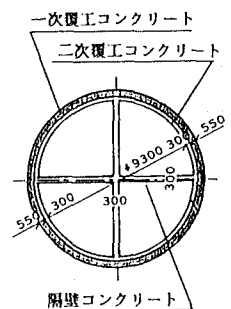


表-2 主要機械一覧

項目	名称	仕様	備考
掘孔	シャフトジャンボ	油圧4連装	150kg級
ずり積み	シャフトマッカー	0.55m ³	二重旋回
ずり運搬	ずりキブル	6.0m ³	自動転倒装置
	キブル巻ウインチ	600kW DC	140m/min
	スカーフ巻ウインチ	55kW×2	3m/min
巻上機	エレベーター巻ウインチ	75kW	10人用95m/min
	ガイド巻ウインチ	15kW	
立坑構	構設備	高さ25mH型	
坑内吊足場	スカホード	2段φ9.5m	耐風φ3.5m
一次覆工	スライドセントル	L=1.8m	
コンクリート運搬	コンクリートキブル	3.0m ³	エアシリンダ
二次覆工	スリッパフォーム	L=1.5m	

の面で最も合理的であると判断した。これらの機械設定を基本にずりキブルの自動転倒装置による省力化や巻上機の巻上速度の自動制御、ブレーキ系統の二重の安全性等を組み込み、立坑の運搬に関わる機械システムを計画している。またこの運搬システムにコンクリート打設システム、ずり積込みシステム、削孔システム等を組み合わせて一連の立坑機械システムを完成させている。

5. 施工状況

(1) 削孔・発破作業

削孔は4ブーム油圧シャフトジャンボを使用しており、3~4l/minの削孔水に0.3~0.5%の界面活性剤を混入し発泡装置によってビット先端から泡を噴出し、粉塵防止と孔荒れ防止を目的とする泡削孔を行った。この泡削孔によって空繰りに比べてかなりの粉塵を防止でき、また、繰り粉が泡と一緒に完全に排出されるため孔尻がほとんど残らない。

(2) ずり搬出

ずりの搬出はスカホードに取り付けている0.55m³の二重旋回タイプシャフトマッカーで6m³のずりキブルに積み込み搬出している。1回の発破により6m³のずりキブルで45回前後のずりが発生する。ずりキブルは1時間に3~4回程度搬出し、櫓の自動転倒装置によりキブルをシュート上へ転倒させ坑口のずり仮置場に集積した。

(3) 一次覆工

覆工はショートステップ工法のため、短時間でセントル直下の残りずりの掘削とセントルの脱型が行われる。したがってコンクリートは早期強度を必要とし、コンクリート打設後セントル直下のずりが掘削されるのは7時間後で、そのときの必要強度は計算上では約9 kg/cm²である。またセントルが脱型されるのは24時間前後で、そのときの必要強度は30 kg/cm²である。これらを踏まえ、試験練りを行った結果、次のように要約できる。

表-3 試験練り結果一覧

No	セメント (kg)	ポゾリス	塩カリ (kg)	平均圧縮強度 (kgf/cm ²)		
				6H	24H	7日
1	370(早強)	10L	7.4	75.2	193.0	329.0
2	370(普通)	10L	7.4	11.4	119.0	273.0
3	370(")	70	なし	測定不能	59.0	220.0
4	350(")	10L	7.4	7.3	101.0	244.0
5	320(")	10L	7.4	5.2	65.7	204.0
6	320(早強)	10L	7.4	26.9	149.0	267.0

- ① 6時間圧縮強度では、当然の事ながら早強セメントの強度が高い。また、塩化カルシュウムの早強性も高い。

- ② 早強セメントを使用したものは短時間で硬化が進み、シュート打ちでの流動性に問題がある。

以上の事から必要強度を満足し、施工性もよい配合は普通ポルトランドセメントを370kg、混和剤として塩化カルシュウムを2%、ポゾリスNo.10Lを0.5%用いたものを示方配合と定めた。

6. サイクルタイム

立坑掘削延長481mのうち、240mの位置での標準サイクルタイムは昼夜2交替作業で、1サイクル1.8mが約30時間となっている。そのうち50%はずりの搬出、20%が削孔・発破、20%が一次覆工、その他10%となっている（岩質区分C、鋼製支保工なしの場合）。

立坑本体部の掘削工事は平成4年10月に開始し、平成6年3月に完了したが、この間の掘進スピードは平均月進26m、最高月進34.2mを記録した。

7. おわりに

日本における立坑の施工は鉱業部門の衰退により数少なくなっている。しかし今後は長大道路トンネルの施工に伴う換気用立坑、また地下揚水発電所、核廃棄物処理に伴う立坑の施工が考えられ、さらなる大深度大断面立坑の設計施工に参考になれば幸いである。