



施 工

笹子トンネルの換気立坑 経 済 比 較

佐 藤 和 夫*

1. はじめに

笹子トンネルは、中央道西宮線の一環として、大月で河口湖方面に向かう富士吉田線と大月ジャンクションより別れ、甲府盆地方面に向かい御坂山系を貫く延長4,400mのトンネルであり、本年中の開通を目途とし天井板内装工事も終わり、施設の総仕上げの段階である。

この付近は古くから甲州街道の要衝に当たり、現在の国道20号線は延長2,950m、国鉄中央線は延長4,760mのトンネルで抜いており、各線とも狭い谷間を平行して走り、長大法面、長大橋の連続の典型的な山岳道路である。今回、笹子トンネルで換気用立坑を東西に各2本ずつ掘削したので、経済比較を試みる。

2. 設 計

トンネル断面の決定は、交通量によるわけであるが、基本計画は46年に決められている。ちなみに笹子トンネルは47年に掘削されており、換気については増風計画があり、段階施工となっている。

基本計画は次のとおりである。

- | | |
|--------------|--|
| (1) 設計基本交通量 | 26,000台/日(44年12月調査) |
| | 1,820台/h |
| (2) ディーゼル混入率 | 17% |
| (3) 許容透過率 | 50% |
| (4) CO許容濃度 | 150ppm |
| (5) 所要換気量 | 1,681m ³ /s (上り 965m ³ /s,
下り 716m ³ /s) |
| (6) 換気方式 | 横流式機械換気2分割 |

以上の基本計画に基づきトンネル断面が決定された(表-1)。

換気ダクトはトンネル本体に抱き込み、所要換気量に応じ、L、M、Sの3種を採用し、L、Mについては上り線下り線とで断面が異なるので5種類の断面となる。

立坑は、西坑口に上り線用に送排気各1本、東坑口側には坑口より約500mの位置に上り、下り線に送排気各1本にまとめた立坑を各1本ずつ掘削した(図-2, 3)。

西立坑については単なる送排気ダクト用とし、巻厚54cmとした。支保工は使用せず、偶然中央道の拡幅工事に使用したライナープレートを支保工の代わりに使用した。ライニング中の鉄筋は、リング筋D19を20cmピッチ、縦筋D16を20cmピッチに配置した(図-4)。

東立坑は、立坑を送気、排気およびケーブル・防災用・点検用のダクトの3分割とした。下り線には、点検者の昇降用のエレベーターを点検用ダクトの中に設置することとした。巻厚は1次巻40cm、2次巻40cmの計80cmとした。支保工は地質不良箇所のみ設置することとした。

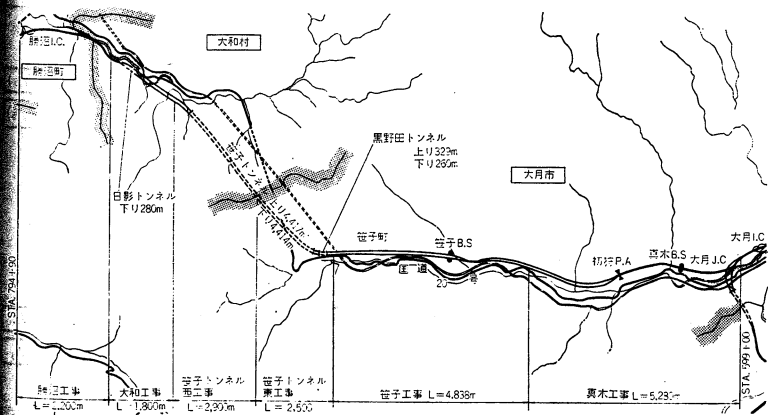


図-1 笹子トンネル位置図

* 日本道路公団東京第二建設局笹子トンネル工事事務所笹子工事長

表-1 トンネルダクト諸元表

項目	断面種別			
	L	M	S	
ダクト断面積 (m ²)	上	22.0	12.2	6.7
	下	15.9	10.0	6.7
代表寸法 (m)	上	4.6	3.3	2.3
	下	3.8	3.0	2.3
掘削断面 (m ²) (最大)	上	139.0	112.4	96.6
	下	123.4	106.8	96.6

(図-5, 6).

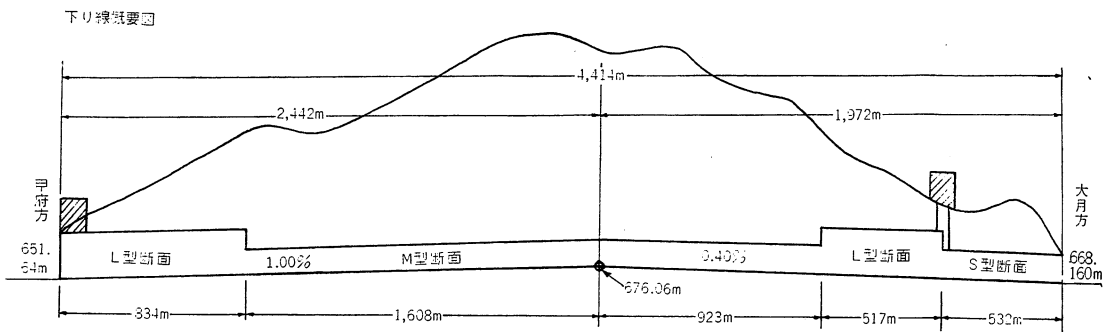
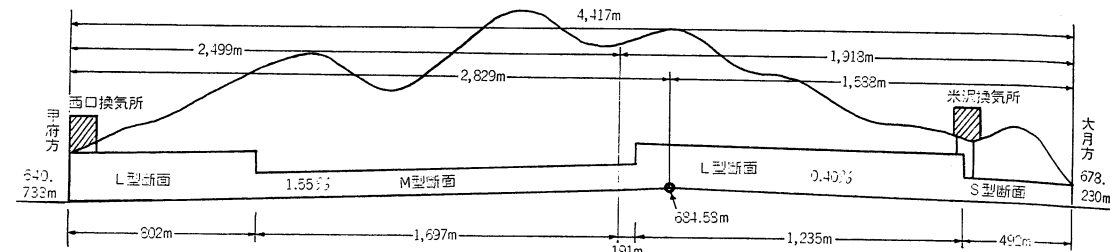


図-2 管子トンネル縦断面図

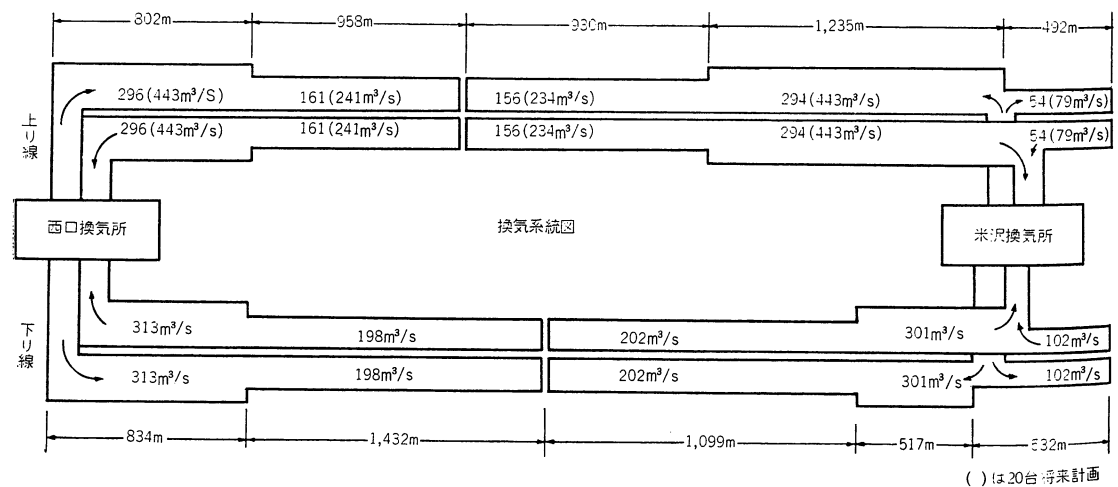


図-3 換気系統図

()は20台/時設計

3. 施 工

西立坑は、上部からのずり出しとし、掘削と平行しながらライナープレートを建て込む工法を採用した。ずり出しにはクラムシェルを使用した。巻立は掘削完了後、下部よりスライドセントルを使用し2.4mずつ打設した。東立坑の掘削は、掘削に先立ちレーズボラーを使用し、立坑上部よりφ250mmのパイロット孔を掘り、その後下部よりφ1,450mmの径でリーミングアップする。この孔に上部より掘削したずりを落とし、送気横坑の下

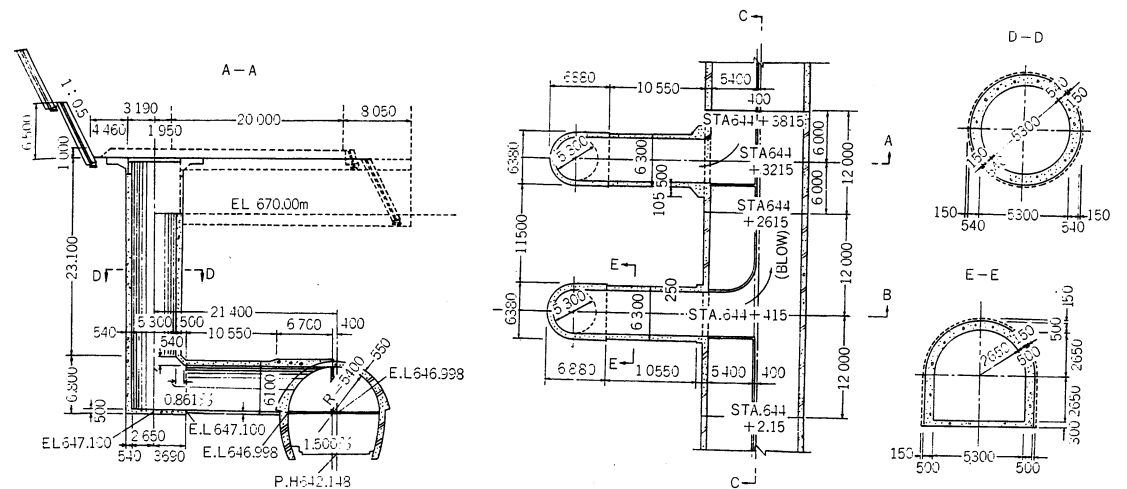


図-4 西立坑一般図

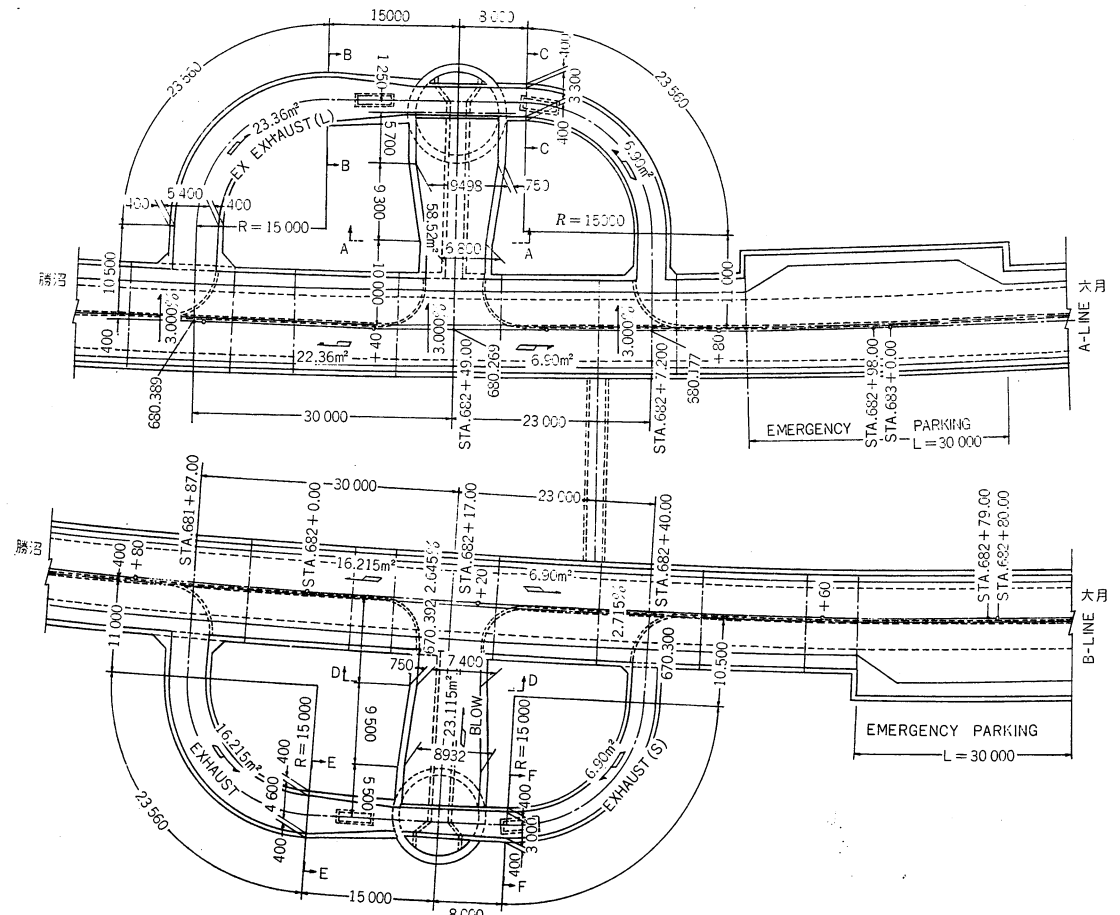


図-5 東立坑平面図

の監視員通路から本線へ出すという方法をとった。1次巻は掘削と平行して打設する、いわゆるショートステッププッシングを採用した。掘削1回75cmを2回繰り返して1.5mずつ打設を行った。型わくはスライドセントルを使用した。2次巻は、上り線はスライディングフォームを使用し、

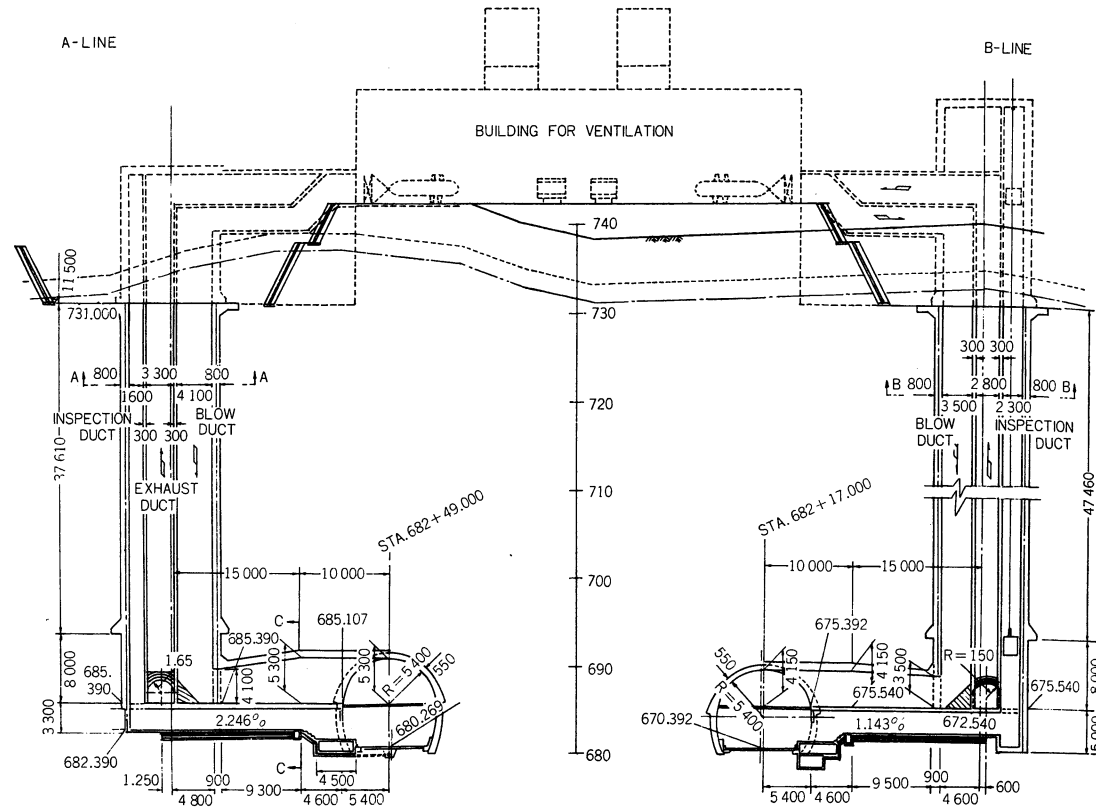


図-6 東立坑送気一般図

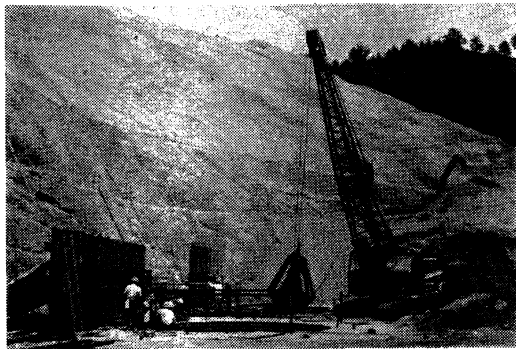


写真-1 西立坑ずり出し



写真-2 西立坑ライナープレート建て込み状況

写真-3 西立坑スライドセントルつり下げ状況

下り線はスライドセントルを使用した。コンクリートの運搬はいずれもコンクリートバケットによった。実績工程および使用機械は表-2, 3のとおりである。

4. 経済比較

立坑掘削の方法の選定に当たり、大きな要因となるものに立坑の長さがあるが、ここでは笹子トンネル立坑の30~60m程度での経済比較を考えるものとする。

前述したように東西に各2本ずつの立坑を、東はパイ



写真-4 立坑に設置されたレズポーター

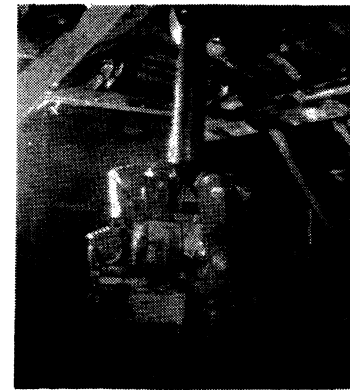


写真-5 立坑下部のリーミングビット



写真-6 東立坑1次巻

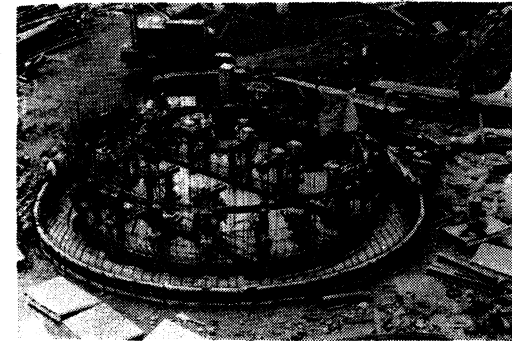


写真-7 東立坑上り線2次巻スライディングフォーム

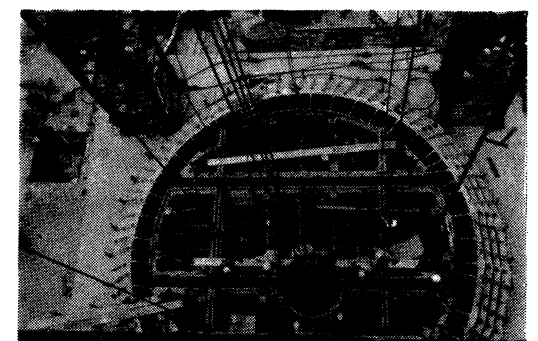


写真-8 東立坑下り線2次巻スライドセントル

表-2(a) 東立坑工程表(実績)

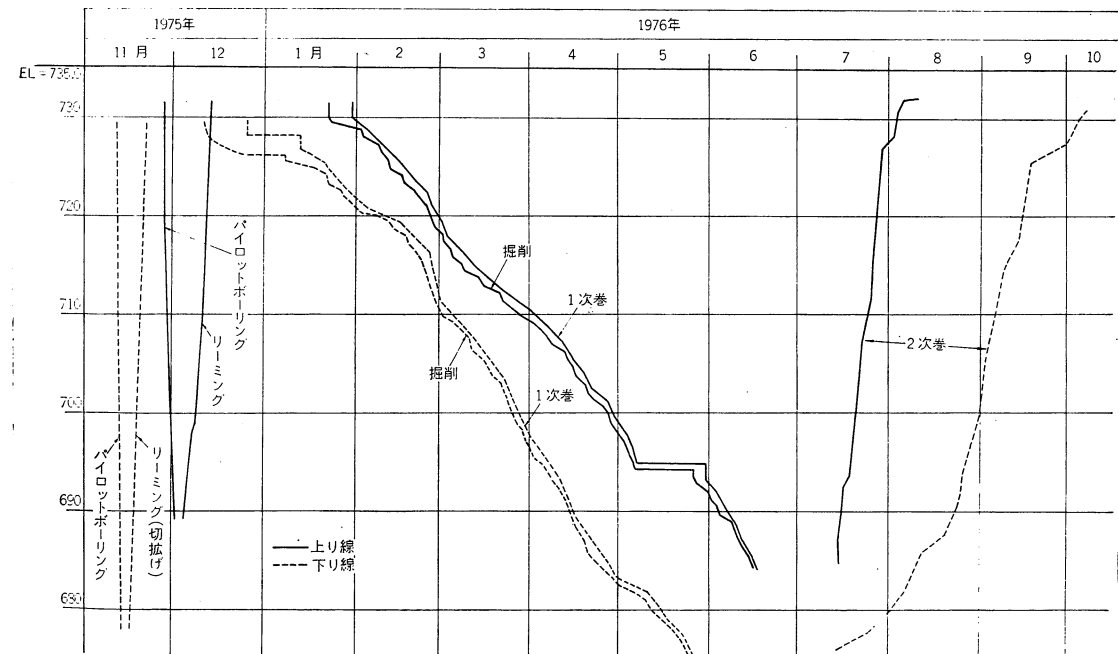


表-2(b) 西立坑工程表(実績)

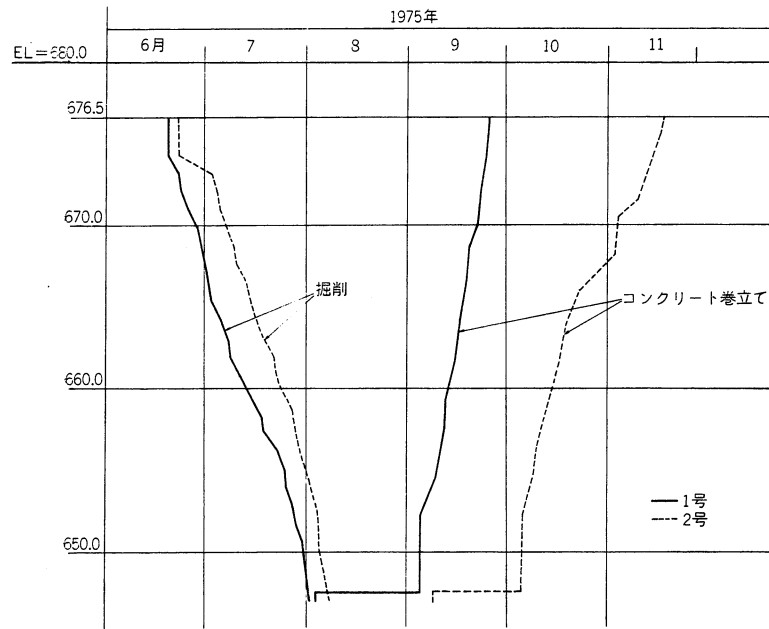


表-3(a) 西立坑工事主要使用機械

使用場所	名称	仕様	台数	摘要
立坑 横坑掘削	ずり積機	バケット容量1.34m ³	1	D55S
	さく岩機	322DL級	6	
	ダンプトラック	11t車級	2	
	レック架台		1	
	エア-ホイスト	2t級		
	コールピック その他	CA-7	2 1式	
立坑掘削	パイロットボーリング機械	φ1.150mm	1式	材料積み降し D55S
	レッカー車	16t級	1	
	ずり積機	バケット容積1.34m ³	1	
	さく岩機	322DL級	6~8	
	ダンプトラック	11t車級	2	
	コールピック	CA-7	3	
	チェンブロック	2t級	5	
クラムシエル	20tつり 0.6m ³	1		
立坑 横坑コンクリート	組み立てセントル	l=4.5m	1	メタルホーム型
	コンクリートポンプ車		1	
	パイプレーター	フレキシブルφ45mm	2	
立坑コンクリート	スライドセントル	l=2.4m	1	メタルホーム型
	コンクリートポンプ車		1	
共通機械	コンプレッサー	200IP自動制御	2	BT-15C 重量物つり上げ用 現場諸材料積 給、排水用 D60S
	門型クレーン	2.5t級	1	
	トラッククレーン	5t級	1	
	ポンプ類	φ2in~5in		
	ドーザーショベル	バケット容積1.80m ³	1	

表-3(b) 東立坑上り線主要使用機械

使用場所	名称	仕様	台数	摘要
立坑掘削工	油圧ショベル	UH-03	2	
	クローラードリル	2ブームD-95	2	
	槽	15t, 2クラブ	1	
	主巻ウインチ	75kW	1	
	補助ウインチ	30kW	1	
	エレベーター	250kg	1	
	スカボート		1	
	スカボート用ウインチ	7.5kW	2	
	ブローワー	1,000φ×22kW	1	
	"	600φ×7.5kW	1	
	トレンコンベヤ	900W×2.5m	1	
	ダンプ	8t	4	
	坑口座張			
	台車	15t	1	
	測深機		4	
	コンプレッサー	150kW	1	
	"	75kW	2	
タイトランス	200kVA	2		
トランス	50kVA	6		
"	30kVA	2		
タービンポンプ	80φ×5S	1		
立坑 コンクリート工	仮巻型わく	リフトl=1.5m	1	
	本巻型わく		1	
	モーターブロック	3t	4	
	アジテーターホッパー	1m ³	1	
アンカー工	コンクリートバケット	1m ³	1	
	フレキシパイプレーター	0.4kW×4.5φ	3	
	ボーリングマシン	UD-5	1	
	グラウトポンプ	NAS-60	1	
連絡工 コンクリート工	モルタルミキサー	MCF-100A	1	
	タービンポンプ	50φ×6S	1	
	プレーサー	1,000l GF	1	
	レシーバー	3m ³	1	
連絡工掘削工	コンプレッサー	160kW	1	
	パイプレーター	0.4kW×4.5φ	1	
	巻立用バラセントル		1	
	トラクターショベル	955L 3点	1	
連絡工掘削工	"	D-305	1	
	タイヤジャンボ	2ブーム D-95	2	
	レック台車		1	
	レックドリル	D322	6	
	リフト	15t	1	
	コンプレッサー	160kW	1	
	エンジンコンプレッサー	100PS	2	
	タービンポンプ	50φ×6S	1	
	ダンプ	8t		
	タイトランス	200kVA	1	
トランス	50kVA	2		
キュービクル		1		

表-3(c) 東立坑下り線主要使用機械

使用場所	名称	仕様	台数	摘要	
立坑	さく孔	トラックドリル	2ブーム D-95	1	立坑に保転
		レグドリル	322D	4	
	ずり積み	トラクターショベル	D-55 S	1	
		"	D-30 S	1	
	ずり出し	ダンプトラック	ZG-13	3	
		コンクリート	鋼製バラセントル	1式	
	坑外設備	コンクリートポンプ	40m ³ /h	1	
		コンプレッサー	37kW	3	
		タービンポンプ	タンク付き φ50mm	1	
	立坑	導坑掘削	立坑掘削機	レースボラ, φ1,450mm	
さく孔			クローラドリル	CD-5級	2
ずり積み		バックホー	0.3m ³ 級	1	外注
		ずり出し	プレートフィダー	250t/h	
コンクリート		コンベヤ	W900mm×20m	1	
		ダンプトラック	10t級	2	
		コンクリート	スチールフォーム	1次, 2次巻	
坑内設備		コンクリートバケット	1.5m ³	各1	
		坑内設備	スカポート	φ9.700mm	
坑外設備		エレベーター	240kg	1	
	坑外設備	タワークレーン	180t・m	1	
	坑外設備	コンプレッサー	225kW	1式	
共通設備	共	タイヤショベル	KLD-6	1	
		ホイールクレーン	4.8tつり	1	
		平ボデー	3.5t積み	1	
		ダンプトラック	4.0t積み	1	
	通	変電用キュービクル		2	
		トランス	1φ 50kVA	9	
	備	"	3φ 150kVA	1	
		オイルスイッチ	6kV 200A	2	
高圧コンデンサー	50kVA	2			

表-4 立坑掘削費内訳

項目	西立坑	東立坑	摘要
純掘削	92%	67%	労務, 材料, 機械損料
仮設	7%	32%	
その他	1%	1%	準備, 雑工

同じであり比較の対称外とする。

立坑工事の数量, 単価について述べると, 西立坑: 掘削1,500m³, 27,700円/m³, コンクリート440m³, 19,100円/m³, 東立坑: 掘削9,900m³, 27,700円/m³, コンクリート(2次巻)1,700m³, 20,000円/m³である。これは契約単価であり, 経費率は両者とも同じである。この単価を細かく見ると表-4のような内訳である。純掘削費の掘削に対する比率の差は, 工法の差を示すものである。さらに東の仮設についてみると, 大口径ボーリングが48%, 巻上設備14%, 立坑特有設備(スカポート, 坑口座張, ふれ止め装置, 昇降設備)18%が主たるものである。

また掘削サイクル中に占めるずり出し時間の比率をみると西立坑では73%, 東立坑では36%である。

立坑についての総体的な比較については一般的に論ずることは難しいが, 次のようなことがいえる。

(1) 全体数量の少ないものについては, 簡単な設備による巻上げが有利である。この場合, バケットの容量についての検討が必要である。

(2) かなり数量の多いものは, 上部巻上げと下部たたき落としのいずれかの比較となる。これは大口径ボーリングずり落としと, ずり積み込みずり巻上げの比較となる。ただし湧水がある場合は別途考慮する必要がある。

5. おわりに

立坑の経済比較という難しい問題をとりあげたが, 地形・地質条件の異なる立坑について一般的に論ずるのは荷が重く, 舌たらずであるが, 何らかの示唆があれば幸いである。