★★ 論文・報告 ★★

UDC 622. 25

大夕張排気立坑開さくについて*

— 昭和31年度渡辺賞牌受賞 —

正 会 員 松 岡 辰 男**

On the Sinking of Upcast-Shaft at Ôyubari Mine

Tatsuo MATSUOKA

We began to sink a 776m deep up-cast shaft at Ôyubari coal mine in 1954 for the purpose of improving mine ventilation. The sinking method was the ordinary one, but we obtained good results by using a kibble of large capacity (1.7m^3), which is the largest ever known in Japan. The following article is a report on the sinking plans, instruments and working processes.

1. 概 説

大夕張鉱は夕張炭田の東部に位し、現在の主要稼行区域である本坑は、昭和2年3kmの通洞により開坑されたものであるが、すでに切羽の深さは坑口水準下520mの10片レベルに達し、運搬通気等の坑内条件は悪く、かつガス湧出も急激に増加の傾向となり、稼行は著しく困難となつて来た。このため深部発展の合理化として、昭和30年8月通洞坑口側から開さくされた新斜坑（昭和16年に着工されたが湧水圧 $60\text{kg}/\text{cm}^2$ の出水のため一大難工事となつたもの）の集団ベルト、人車及び材料の巻上設備を完成し、引続き、昭和31年5月10日、直径6m、深さ776m、わが国最深の排気立坑の開さく工事を完了した。（第1図参照）

当坑の鉱区は嶮峻な山岳地帯で坑口の拠点に恵まれず、かつ高圧の含水層が賦存するので、排気立坑の坑口位置は、海拔565m、通洞、新斜坑両坑口より（+）245m、材料の運搬距離7km、冬期は降雪が多く材料の運搬も杜絶するという悪条件にあつたが、開さく工事開始以来完成までの工事期間は、付帯坑道の接続工事、試錐、湧水、ガス止め、セメント注入工事等を含んで、2年4カ月であつた。第1表に工事の総括統計表を示す。

開さくの方法は、従来一般に行なわれてきた単胴巻と一段床スcaffordの組合せによるステップシンキング

で、約30mを目標として（実際は32階段、1階段平均24.2mとなつた）掘さくと築壁を交互に実施し、 1.7m^3 の大型キブルを使用して手積によるズリの巻上、築壁用コンクリートの持込施工及び坑内水の汲上げを行ない、特に排水用の試錐孔を設けなかつた。水、ガスに対する対策は特に慎重を期し、予定地層に対しては30mのカバ

第1図 大夕張鉱坑内図

* 昭和32年4月25日受理 昭和32年4月本会春季大会において講演

** 三菱鉱業株式会社大夕張鉱業所立坑開発課長、現在同社高島鉱業所立坑開発課長

2・3 地 質

第4図に示す通り深さ280m付近で過褶曲による向斜軸を通過する。幌内頁岩層は地表下15m付近で極く僅かの地表水の浸透(晴天のとき $0.3\text{ft}^3/\text{min}$ 、降雨のとき $1\text{ft}^3/\text{min}$)があつた他は好条件であつたが、軸部前後約100mの間は少量の出水とガス湧出があり、打込んだコンクリートが吹き破られるので、linパイプによるガス抜きを行ない、コンクリートの硬化を待つてセメント注入を実施した。若鍋砂岩層は硬砂岩、礫岩及び頁岩の互層で、新斜坑掘進の時は、 $60\text{kg}/\text{cm}^2$ という高压の出水があり、非常な難工事となつたので、先進試錐を慎重に行ない、僅かの湧水でも能力 $70\text{kg}/\text{cm}^2$ の圧気動注入ポンプを使用して、坑底よりセメント注入工事を実施した。湧水圧は $8\text{kg}/\text{cm}^2$ 、試錐孔1本当り湧水量は $1\text{ft}^3/\text{min}$ 、注入後の湧水は $0.3\text{ft}^3/\text{min}$ 程度に止めることができた。

夕張夾炭層は三枚の炭層(上層1.5m、中層1m、下層4.5m、計7m)のほか砂岩、頁岩の互層で数枚の含煤層が介在する。先進試錐のガス圧が、 $17\text{kg}/\text{cm}^2$ あつたので、セメント注入ガス止め工事を実施したが、そのために含煤層の膨出を生じ、坑底の盤膨れによる打設コンクリートの破壊または掘さく時の仮支保の変形等を生ずる原因ともなり難工事となつた。

3. 開さく法の選定

坑内の状況から準備工事を含めて4年後には扇風機の切換運転が要求されたこと、坑口立地条件が著しく悪いこと、若鍋砂岩層の湧水、夕張夾炭層のガス湧出が予想された事などにより、当初開さく方法については全工程を3段階に分け、大口径試錐孔を設けてズリと湧水を坑底に落とし、同時に掘さくと築壁を行なう方法。通洞中段まであらかじめ導坑で貫通し材料の巻上げを行ないながら追切築壁を行なう方法。グラブアーを採用してズリ積の機械化による合理化を図る方法等色々検討したが、いずれも準備に相当の期間と経費を要し、かつ工事方法の確立が期し難いため、次のような条件のもとに大型キブルを採用して、掘さくズリの搬出と築壁用コンクリートの持込の能率並びに施工強度の合理化を図り、開さく速度を全体的に促進する事にした。

条件(1)最も早く工事に着手出来る。(2)開さく法が最も簡単で未経験者でも短期間に教育、訓練が出来る。(3)開さく設備が簡易で経費が安い。(4)工事能率の推定が確実で安定した計画が樹てやすい。

第5図 排気立坑坑外設備図

4. 開さく設備

坑所各種施設の配置と開さく設備を第5図、第6図に示す。掘さくズリの搬出、築壁コンクリートの搬入には 1.7m^3 のキブルを常に2個使用し、前者の場合は坑口に設けたスライディングドアの上で、直接キブルよりダンプカーにズリの転覆積換を行ない、後者の場合は坑口(中段)で実・空キブルの交換を実施しコンクリートはスcafford上に直接開放した。

第6図 大夕張排気立坑

中段ドアは設置面積を最小限にするため、フォールディング式を採用したが、キブルが大きいため開口面積が大きくなり、開閉ともに圧気操作とし、軽快迅速に行なう様にした。

4.1 巻上設備

(1) 檣 鉄骨4本柱、重量54t、高さ20m（シーブ中心まで）背柱角度 $57^{\circ}34'$ 、キブル巻用シーブ1個、キャプスタン巻用シーブ2個、過巻制限装置、ライダー受け装置を取付ける。

(2) キブル巻上機 単胴400kW、圧気制動、巻上速度300m/min、巻綱28mm F (A+4s/10w+6s/10w) を使用、キブル回転防止の方法は採用せず。

(3) キャプスタン巻上機 40HP 複胴、巻上荷重片胴6.5t、巻上速度5m/min、巻綱32mm 19w+6sで、スカフォードを吊下げ、捻回防止としてS捻とZ捻とを組合せ使用した。

(4) 付属機器 (a) キブル(第7図)1.7m³3個(常時2個使用)重量886kg、側板厚12mm、安全装置として転覆止の爪にコッターを取付けた。吊下げは7tレバー付フックを使用し、リンク、シャックルを使用して巻綱のレイランス型コース元に取り付ける。

(b) スカフォード(第8図)1段床直径5.4m~6.5m、振止兼補助座張により有効面積を増減出来る様に設計した。自重3.147kg、キブル通過孔2.1m ϕ 。

(c) ライダー(第9図)重量210kg 砲金シューとロープとの間隔5mm。

(5) 安全装置 立坑の深度が大でキブル巻の速度も従来の開さく用仮巻としては比較的早いので、保安の万全を期し一般の非常遮断、過巻、過速の制限装置の外に

第8図 スカフォード

次のものを新しく付加した。

a. スカフォードの位置が移動しても、常にキブル巻の深度指示装置に自動的に明示され、運転工が絶えず確認出来る装置、すなわち、キャプスタン巻の中間軸によりセルシン発信機を回転させ、キブル巻のインジケーターに受動装置を取付けた。

b. インジケーターの拡大装置。坑口坑底部分を拡大し、坑底拡大装置は立坑の進展に伴なつて、運転工が簡単にフィード出来る様にした。

c. 坑口坑底付近の速度監視装置。必要な加速減速区間は、ブザーが運転工に警告を発すると同時に、規制速度を超過した時は、自動的に制動する様、G. L 安全器を設備した。

4.2 坑口設備とズリ捨設備

a. 坑口座張とスライディングドア(第10図坑口設備組立図)坑口座張は坑口 G. L 面とドア上面の2段座張とし、ドアを閉めると坑口が完全に閉塞される様に設計した。坑口ドア電動10HP、ストローク2.4m、開閉

第7図 60Δ キブル

第9図 ライダー

第 10 図 坑口設備組立図

速度18m/min, キブルが入坑中は閉められない様, 制限器を付す。

b. ターンテーブル1基, ブリ捨軌道とドアとの連絡。

c. 20HPホイス1基及び1.7m³ダンプカー4台。ブリ捨用。

d. 坑口信号所 信号司令及び坑口監視

e. ケーブルドラム 5P×2台 坑内照明及び発破ケーブル吊下げ用。

f. 中心出設備 坑口座張下 手動ウインチ5台, 立坑中心と中心を通る十字方向線を出す設備, 重錘 20kg×5個。

4.3 その他設備と仮設建物

第3表, 第4表にその他の設備と建物を示す。

5. 管理機構と教育訓練

5.1 管理機構

工事の合理的運営を期し開さく課を設けたが, 工事にはすべて請負業者の鉱員を充当した。工事の監督は鉱業所からの通勤が困難であるため, 鉱員は勿論, 会社の係員も全部入山し, 請負業者との密接な連絡を図った。第5表, 第6表は管理機構を示す。

第5表 開鑿課機構

開鑿主任 1人	開鑿係員 1人×3交代=3人
工作係主任 1人	開鑿係運転維持 1人
	附帯工事設計監督 1人
	材料計画, 管理, 工事統計 1人
事務係主任 1人	予算統計, 工事統計, 伝票管理 計 10人

第6表 請負業者機構

責任技術者 (出張所長) 1人	工事係主任 1人	工事係員 1人×3交代=3人
	工作係主任 1人	
	労働係主任 1人	
	事務係主任 1人	
	計 8人	

5.2 鉱員の配置 (実働76人/日)

直 接 夫	間 接 夫
掘りさく場 坑内 12人×3交代=36人 坑外ブリ捨 4人×3交代=12人 計 48人/日	巻運転工 1人×3交代=3人 信号夫 1人×3交代=3人 坑口 1人×3交代=3人 中段 1人×3交代=3人 圧気運転 1人×2交代=2人 鍛冶工 2人 工作夫 1人×2交代=2人 機器整備 1人×2交代=2人 大倉庫役 1人×2交代=2人 雑 5人 計 28人/日
築壁の場合 坑内 5人×3交代=15人 坑外 ミキサー 2人 セメント 1人 骨材投入 6人 材料運搬 3人 計 12人×3交代=36人 51人/日	

5.3 教育訓練

(1) 予備教育 準備工事期間中の教育として月2回実施した。工事設計, 仕様書を細分, 分解シートを作り, 作業サイクル, 作業規格, 開さく心得を定めた。これを教材として質疑を繰返したが, この結果意欲の高揚と予備知識の普及に効果が大きかった。文献, 資料による知識の習得には輪読の方式を採用し, 前記教育の裏付としての効果を期待し, 計画の遂行に対する係員の確信を植付けることを主眼とした。

(2) 工事開始後の教育と訓練 定例教育と各方作業日誌の様式選定による日々訓練を実施した。前者は月末会議と保安会議とに分け, 月末会議は実績検討と工事計画の説明会とし, 会社係員と業者の連絡を主眼とした。保安会議は現場点検後に実施し, 係員の提案事項の検討,

第 3 表 そ の 他 の 設 備

掘 さ く 設 備	築 壁 設 備	圧 縮 機	鍛 冶 場	ボイラー	通 気
ジャックハンマー ASD 26 18台 ビット HCA 7 15台 トリディア 22×A ビットがね 長さ 620mm 発破器 100発掛 3台 220V電源発破 1式	ミキサー 12切 1台 (予備3台) ベルトコンベヤー 24"×30m 15P 骨材投入用 コンクリートバイブレーター 3A-54型 3台	150P×1台 100P×1台	火 床 1基 グラインダー 2P×1 電気ガス溶接器	立型 1基	15HP 水柱 120mm 風量 400m ³

第 4 表 仮 設 建 物

巻 上 機 室	圧 気 室	鍛 冶 場	木 工 場	セメント倉庫	ケーブルドラム室	ボイラー室	鉱員控室	宿舍事務所	材料巻150P
84坪 鉄骨ラスモルタル板屋根	23.25坪 木造平家葺	21坪 同 坪左	21坪 同 坪左	50坪 同 坪左	7坪 同 坪左	12坪 同 坪左	9坪 同 坪左	102坪 木造二階建	18坪 木造平家葺

分解シートの作製発表会とした。後者は日誌の様式を工程表の型式に定め、係員の作業反省シートと呼び、1方の作業経過が項目毎に10分単位で記入出来る様にした。作業係員には開始前の計画と実績、問題点、上司に解決を仰ぐ事項を記入させ、監督者のチェックを容易にすると共に、上、下の考え方の一致を図る様にした。

6. 開さく工事

6.1 掘さく

3交代制、発破掘進、仮柰間1.2m、坑底人員12人(0.3m²/人)と規格を定め、常時2個のキブルを使用して手積によるブリの巻上げを行なつた。

作業の目標は1方1発破のサイクル確立におき、穿孔と装薬、ブリ積と砕入は平行作業とする様に努力した。全階段を通じての平均実績は10.8人/方、0.813m/方で、平行作業を実施した時間の1方8時間に対する割合は、13%~19%であつた。第7表に深度別掘さく作業表、第8表に掘さく1方当時間分析表、第9表掘さく工事実績及び第11図ブリ積時の巻運転サイクルを示す。

掘さく作業において従来の方法を改めた点は、圧気管の延長法である。従来圧気管は1階段30m掘進中、スカフオード固定位置まで延長しアニホールドを取付けゴムホースにより3~5台のドリルに配分したので、1本の長さは40m以上を必要とした。このため圧気効率の低下、穿孔、発破作業時の巻下し巻上げに時間を要し、かつホースの損傷、脱落等作業上の煩雑と保安上の問題が多かつた。この弊害を除くため掘進の進展につれ、逐次4in短管を坑底から1.5mの距離までソケット接手により延

第7表 掘さく作業工程表

深度	200m付近	450m付近	700m付近
穿孔	173回	159回	159回
装薬	4回	3回	3回
ブリ積	2枚	3枚	3枚
砕入	2枚	3枚	3枚
延米	3.7m	3.2m	3.2m

第11図 深度別キブル巻運転サイクル表

長し、仮柰に支持する様にした。このためホースの長さは8~10mで間に合う様になつた。発破の時は簡単にアニホールドより取はずしキブルに入れて退避したが、圧気管の損傷は1回もなく、上記準備作業を省くことが出来た。

第8表 掘さく作業時間分析例

階 段 種 類 作 業	深度200m付近 第7階段 階段長30m 所要方数33方 進行0.9m/方						深度450m付近 第17階段 階段長20.2m 所要方数23方 進行0.87m/方					
	回数	所要時間 min	%	時間/回 min	回/方	時間/方 min	回数	所要時間 min	%	時間/回 min	回/方	時間/方 min
さく 薬 リ の 計 行 作 業	33	1,950	12.4	59	1	59	22	1,040	9.4	47	0.96	45
	33	2,180	13.9	66	1	66	22	1,620	14.7	73	0.96	71
	1,420	10,000	63.2	7	43	304	1,032	7,050	69.2	6.8	45	332
	23	1,180	7.5	51	0.7	36	14	750	6.9	53	0.6	33
	39	1,530	9.6	39	1.2	46	23	900	8.1	39	1	39
平 行 作 業	-	1,620	10.2	-	-	49	-	16.40	13.3	-	-	64
	-	18,460	116.6	-	-	560	-	12,820	121.1	-	-	582
	-	2,620	16.6	-	-	80	-	1,780	21.1	-	-	102

備考 坑外ブリ捨場大吹雪のため故障多し。

註 その他：キブル排水、作業準備、故障等を含む。

第9表 掘さく工事実績

階 段	階 段 長 m	掘 さ く 量 m ³	所要方数 方	工 人 数	1 方 当			1 m 当		1 人 当		地山1m ³ 当		
					工 数 人	延 米 m	掘 さ く 量 m ³	工 数 人	掘 さ く 量 m ³	延 米 cm	掘 さ く 量 m ³	工 数 人	火 薬 g	
7	29.415	1,154.5	33	A B C	327.1 544.6 871.7	9.91 16.49 26.4	0.9	34.9	10.9 18.15 29.05	38.48	9.1 6.4 3.4	3.52 2.49 1.32	0.283 0.472 0.755	610
17	20.200	839.43	23	A B C	225.0 407.7 632.7	9.78 17.72 27.5	0.878	36.49	11.1 20.09 31.19	38.156	8.9 6.0 3.1	3.73 2.53 1.32	0.260 0.470 0.730	510
平 均	24.252	986.03	30.1	A B C	298.09 509.40 807.49	10.79 16.49 27.28	0.813	41.07	15.75 18.31 34.06	40.75	8.8 6.5 2.99	3.82 2.63 1.229	0.243 0.499 0.852	495

註 A：坑内直接夫 B：坑外ブリ捨場、諸運転工、他雑夫 C：A+B 平均：坑口階段15mを除く全階段の平均。

	直径	掘間隔	円 周	穿孔数	穿 孔 間 隔	装 薬 量
心	2,000	1,000	6,280	6	1.040	6×4=24 2,700
2	3,200	600	10,050	8	1.312	8×3=24 2,700
3	4,700	750	14,760	12	1.230	12×3=36 4,050
4	5,800	550	18,210	14	1.138	16×3=48 5,400
5	6,400	300	20,100	22	0.913	22×3=66 7,425
計	-	-	-	64	-	198本 22,275g

進行 1,000 6,800本 1m³当爆薬使用量 580g。

第12図 砂岩発破規格

	孔 数	1孔当火薬量	計
心	2	3	6
2	3	4	12
3	3	2	6
4	6	3	18
計	18	2	36
1 掘 起 碎 量	32		78
1m ³ 当火薬量		43.58m ³ (地山)	
		201g	

第13図 幌加別頁岩層発破規格

	心 抜	2 段	3 段	4 段	計
直 径	2,000	3,600	5,200	6,600	-
各 段 掘 間 隔	-	800	800	700	-
1 掘 起 碎 量	1,200	1,000	1,000	1,000	38,500
穿 孔 本 数	4	9	14	20	47
穿 孔 間 隔	1,570	1,260	1,360	1,000	-
1m ³ 当装薬量	5 本	4 本	3 本	3 本	17,775g
1m ³ 当爆薬量	-	-	-	-	462g

第14図 発破規格と結線図

(1) 穿孔と発破 発破規格図第12図、第13図に示す様に穿孔長は短かくした。その理由は次の通りである。

- 1 方全面発破とし作業サイクルを確立する。
- 1 孔の穿孔時間が短い(≒2min/本)たがね抜きを容易にし、またノミ取替の無駄を省き、全穿孔時間を短縮する。
- 発破ズリが割合に小さく長孔発破を行なうと、湧水のため下積みの粉化したズリが沈積して、ピック掘が多くなる性質がある。
- 軟質頁岩が多く、発破の震動による坑壁の損傷を出るだけ少なくする。

使用爆薬 1号特白梅 28mmφ×112.5g

雷 管 段発電気雷管 脚線長 1.8m~2.1m

結線の方法は第14図に示す通り、各組の抵抗値を揃える様に設計した。現場において各系統の結線が終るとそれぞれ抵抗測定を実施し、異常抵抗、結線洩れ等を点検した後、母線にまとめて連結した。この結線は必ず坑内照明の送電を停止し、キャップランプの照明で実施し、迷送電流等異常による事故防止を計った。

(2) 仮支保 第15図に示す。枠の外径は仕上り内径6m、壁厚40cmの規格に対し、6.6mに設計した。仮支保の取付はとかく偏心を生じやすく、このため余分掘さくや、側壁の切付け箇所が出来たりするので、検収の方法を厳重に実施した。すなわち各施枠毎に主任、係員、先山立会いの上リング枠の中心設定と、矢木の入れ方について採点し、請負給より減点することにした。掘さく径規格6.8mに対する余分掘さくは、径7m 5.5%の増加となつた。

第15図 仮支保規格図

6・2 築 壁

(1) **ブロック積築壁** ブロックの形と積上方法は第16図に示す。ブロックの基脚はコンクリート基脚として、高さ1.2m 施工しこの上に積上げた。目地の厚さは横10mm 縦15mm とし、ブロックの大きさは、厚さ350mm、高さ190mm、長さ300mmの中空ブロック、1個の重量40kg、1周60個のものを使用し、1回の積上げ高さ60cm(3段)ごとに裏込コンクリートを充填した。ブロック施工の当初1月～3月までは、まだ立坑も浅く坑内の気温は零下10°～15°まで降下したので養生に困難した。

養生の方法としては、坑内水に蒸気を吹き込み、約40°以上の温湯とし、さらにスcafford上にストーブ2基を据付け、常時坑内空気の温度を、6°～8°に保つ様に苦心した。

ブロック積築壁の人員配置

坑内	ブロック積	2人×2組=4人/組 (先山1人後山1人)
	裏込コンクリート充填	1人×2組=2人
	計	6人
坑外	ミキサー	2人
	器材、セメント	5人
	ブロック集積、水洗、坑内搬入	5人
	計	12人

圧縮強度 σ_7 日——140kg～200kg

1周60個——40kg/個

コンクリート配合——1:2:4

個当りセメント——5.5kg

砂 ——0.0077m³

砂 利 ——0.0154m³

第16図 コンクリートブロック築壁

(2) **キブル持込場所詰コンクリート築壁** 昭和13年勝田鉱業所の立坑開さく工事に画期的な工法として、パイプ流込によるコンクリート工法が実施されて以来、わが国のほとんどの立坑がこの方法を実施して来た。最近に至りコンクリートの分離の問題や、水、セメント比等ウォーカービリティに制限を受け、施工強度に問題があるため、一部小径の立坑には持込コンクリートを実施したものもあるが、直径6m程度の立坑に採用された例はなかった。

当所においては1.7m³のズリ積用キブルを持込みキブルとして使用すれば、従来の流込工法の能率すなわち、12切～14切程度のミキサーの混合能力を実現し得るという考え方から、実際にコンクリートブロック積の裏込コンクリートの搬入に、スcafford上のコンクリートの開放操作を実験し、本格的な実施に移した。

当所における実施の結果深さ500mにおけるコンクリート1キブルの搬入時間は、坑口操作、坑底操作、巻運転時間を含めて1サイクルの所要時間は6分であつた。したがって搬入能力は(1.7m³×80%)/3分で、約24

第12表 立坑築壁壁成果表

立坑深さ300m, 直径6m, 築壁厚さ40cm

工事費=固定費+工賃

固定費内訳 (1m当り)

種類		資 材 費	設 備 費	運 搬 費	計	
施工法		円	円	円	円	
ブロック積	ブロック 目地モルタル 裏込コン クリート セメント 材	83.377	0	5.538	88.915	
持込	セメント 材	59.256	鉄板型枠	4.500	4.173	67.929
流込	セメント 材	59.256	鉄板型枠 パイプ流 込設備	9.840	4.204	73.260

摘要 原単位 @166円, ブロック40kg/個, モルタル配合1:2, コンクリート配合1:2:4 @セメント465円/袋, 砂1,080円/m³, 砂利1,312円/m³.

第17図 築壁1m当工事費比較表

第10表 築壁作業時間分析例

階 段	種類	深度220m付近 第8階段 31.580m				深度500m付近 第18階段 35.500m			
		所要時間 回数	所要時間 min	%	所要時間 回数	所要時間 min	%	所要時間 回数	所要時間 min
切	付し	10	360	4.16	36	0.59	21.8	14	710
仮	外組	23	940	10.82	40.8	1.35	55.2	27	1,180
型	枠	26	1,650	18.4	63.5	1.53	97.2	30	1,650
中	枠	26	1,420	16.46	54.6	1.53	83.6	30	1,610
コン	組	26	2,890	34.54	98.7	1.53	169.0	30	3,120
クリ	出	17	660	7.62	38.8	1	38.8	-	3,340
ー	他	17	700	8.09	41.2	1	41.2	-	1,020
打	憩	17	8,580	104.84	-	503.7	-	12,630	101.52
ソ	計	-	420	4.84	-	23.7	-	150	1.52
休		-	-	-	-	-	-	-	-
平		-	-	-	-	-	-	-	-
行		-	-	-	-	-	-	-	-
作		-	-	-	-	-	-	-	-
業		-	-	-	-	-	-	-	-

註 その他とは作業準備, キブル排水及び事故により作業を休止した時間。

第11表 築壁工事実績表

階 段	階 段 長 m	所要方数 方	工 人 人	1 m 当		1 方 当	
				コンクリート量 m³	工 人 人	延 米 m	工 人 人
8	31.34	17	451.5	8.88	A 3.13 B 11.27 C 14.4	1.85	A 5.12 B 21.43 C 26.55
18	35.5	26	683.3	8.51	A 3.46 B 15.77 C 19.23	1.365	A 4.73 B 21.54 C 26.27
平 均	24.221	25.5	760.3	10.65	A 5.46 B 26.27 C 31.13	0.997	A 6.29 B 24.26 C 31.05

註 A: 坑内直接夫 B: ミキサー廻り, 諸機械運転工, 工作夫, 他雑夫 C: A+B

階 段	山 谷 方 向		風 巻 方 向	
	直径 (mm)	半径 (mm)	直径 (mm)	半径 (mm)
10	5.998	3.002	2.996	6.007
11	6.009	3.000	3.009	5.999
12	5.994	2.994	3.000	6.007
13	5.990	2.998	2.992	5.988
14	5.998	3.006	2.992	5.990
15	5.986	2.990	2.996	5.996
16	6.002	3.000	3.002	6.000
17	6.000	3.002	2.998	5.994
18	6.008	3.002	3.006	5.991
19	5.997	2.996	3.001	5.995
20	6.003	3.002	3.001	5.996
21	6.011	3.001	3.010	5.989
22	5.999	3.005	2.994	6.006
23	5.996	3.008	2.988	5.992
24	6.006	3.006	3.000	5.994
25	6.009	3.000	3.009	6.010
26	5.990	2.998	2.992	5.992
27	6.001	3.001	3.000	5.994
28	6.000	2.992	3.008	5.992
29	5.989	2.999	2.990	5.998
30	6.007	3.001	3.006	6.004
31	6.002	2.998	3.004	6.011

測定位置略図

切程度のミキサの混合能力に匹敵する。

コンクリートはスカフォードのキブル通過孔の上に補助座張を組み, この上に直接キブルを転倒開放し, 3人でショベル搬入としたが, 1回の処理時間は約4分であった。第17図に築壁工法別経費比較表, 第10表に築壁作業時間分析, 第11表に築壁工事実績表を示す。

築壁作業の順序は第10表の分析表の順序に, 高さ1.2mの鉄板型枠を組立て繰返し, 1階段分の施工を終了するが, 型枠の中心設定固定後の許容誤差は, 半径に対し±3mm (1/1,000) を目標としたが, 完成後の実測結果は第12表に示す。

(a) 型枠 組立 中心出し 折込み 第18図, 第19図

に型枠及び場所詰コンクリート概念図を示す。

1階段の掘さくが終ると坑底を小ズリで水平に均し, 坑口中心を20kg プラムで坑底に移し, 上下を結ぶ中心線を基準として型枠の組立, 固定を行なう。

型枠は最下段のみ70°の傾斜を外側に付け, 各階段打継ぎ目のコンクリート投入口及び, ウォーターリングの施工位置とした。

坑口立地条件が悪く坑口のミキサープラント設備では, 工事の遂行が至難であるので, 中段貫通後は第20図に示すように坑内に移設した。ドアは幅2.350mのライダーを通過するので, 開口が2.650m×3.400mという従来にない大きなものとなつたので, 開閉操作は圧気動とし, シリンダー2組4個を

第22図 第21階段セメント圧入詳細図

第23図 試錐および注入機配置図

したが、実際の施工は仮枠取外しの時側壁が崩落するので、厚いところは最大1m、平均45cmとなった。

コンクリートの厚さは地圧のかかり方が偏圧として作用するものと仮定し、偏圧比最大1.4（九技連会誌第7巻5号、6号永井三郎氏論説参照）として計算し、従来実施されて来た仮枠をそのまま埋込み、25mm鉄筋を補助として配筋した場合とを比較し決定した。この工事は甚だ難工事となり55万/14.5mを要し、平均能率は僅かに0.26m/方であつた。

（3）築壁の破損と修理 第22図に示す区域は若鍋砂岩と夕張夾炭層の移りかわりで、厚さ約2.5mの含煤層が介在し、かつ落差約2mの断層を伴う。

地層の傾斜は概ね30°断層の走向は地層の走向方向にほとんど同一で、傾斜60°断層面は厚さ5~10cmの、岩屑混りの粘土をはさんでいる。

掘さくは断層にかかつてから枠間を60cmとして進行したが、含煤突破直前浸出水のため、幅1.5m、奥行1.3m、高さ5.3mに亘つて崩落した。築壁は湧水を1inパイプに集水し、厚さ60cm単鉄筋施工としたが、施工後2カ

月の後型枠を取り外したところ、図に示すような亀裂を円周の半面に亘り発見した。原因は築壁施工後上位の湧水が、築壁裏特に断層線に沿つて下降し、含煤層の吸水膨出によるものと思われる。

修理補強の方法は壁裏をセメント注入により充填し、水位を地山の良好な旧湧水箇所まで押上げ、そこに水抜孔を設けて集水し、立坑ウォーターリングに導くことにした。

注入圧は7kgに制限し、亀裂発生位置より下約2mの位置にまず水注入を実施し、このレベルの壁裏には水を通ず隙間のないことを確認して、逐次9段階に分けて水位をあげ、第36孔目に集水を完了した。セメントミルクの注入濃度は、 $1/20 \sim 1/2$ まで変化させ、漏洩の多いときは0.3mm~0.6mmのフルイをとおした砂を使用し、バイパスを通して注入した。注入に使用したセメント87袋、所要時間は連続1週間を要した。

7. そ の 他

7.1 試錐注入

深度503mより674mまで171mの区間は、湧水、ガス対策として、先進試錐、セメント注入を実施したが、これに費した実日数は78日、315万（4交代制）で、所要人員4,213人であつた。機器の据付配置は、第23図に示すように、15kgリング軌条上の台車に取付け坑底に集約し、試錐作業と注入作業を簡単に同時に実施し得る様、機動性を持たせた。

7.2 通気、排水、信号

（1）通気 通洞中段坑道を入気として吹込通気を行ない、立坑口を排気として冬期間坑口凍結の防止を兼ねた。

局扇15HP 水柱120mm 風量400m³/min 風管24in 風管延450mにおける有効風量300m³/min。

（2）排水 立坑完成後の全湧出量0.28立方尺/minで極く僅かに止まつたので、キブル排水に困難はなかつた。

掘さくに及ぼす影響であるが、破碎ズリに付着しズリと共に巻き上げられるものが相当あり、発破前1キブル程度の汲上げですむので、普通は大した支障はないが、公休明け作業開始に当り、5~6回汲上げを要する。所要時間約50分。

築壁に及ぼす影響としては坑底に溜水のまま作業が出来るので支障はないが、1階段終了後掘さく準備として汲上げには12時間~18時間を要した。

この時間は1階段開さく30mの所要時間に対し、約3.2%、掘さくmに換算すると0.96%となる。

（3）信号 通常の作業では工事完了まで叩合図で充分であつたが、築壁作業中は中段ミキサーの騒音のため伝達不能となるので引綱信号を使用した。この他信号連

場所	信号			連絡			
	即信号	電気信号	引細信号	電話	伝声管	ノーベルホーン	電灯
巻座		↑ ↓		↑ ↓	↑ ↓		
坑口	↑ ↓	↑ ↓		↑ ↓		↑ ↓	↑ ↓
中段		↑ ↓				↑ ↓	
坑底			↑ ↓				↑ ↓

【備考】巻座、運転工は受信したら必ず坑口に確認応答信号を返す。坑口、信号夫→運転工の発信は自動的に中段信号夫への応答信号となる。ノーベルホーンの使用は発破ケーブルを利用、坑口からは電灯、坑底からは叩き連絡により呼出す。

第24図 信号、連絡系統図

絡用として、第24図に示すような設備を行つた。

8. 立坑開さく能率の検討

炭研1954年第5巻第4号参照「立坑掘り下げに於ける能率と工程の研究」の方式により、当立坑の実績能率を検討すると、第25図の通りである。ただし同論文中の条

- ④ 中段通洞貫通前 } 実績より1時間以上の故障を除き坑底
 ⑤ 中段通洞貫通後 } 人員別に開さく速度を算定したもの
 ⑥ 各階段別の実績開さく速度
 ⑦ 全平均実績 ⑧ 平均実績坑内夫

第25図 能率検討表

件は(1)地質 ルール地方の普通開さく法の地層で砂岩と頁岩の比1:2。(2)立坑底における鉱員の作業能率は、全期間を通じて平均すると個人差はない。(3)開さく巻上機は速度は12m/minにまで及ぶので、深度の増加による開さく速度の影響はない。(4)キブルの大きさは1~1.5m³であるから、立坑径の大小に応じて選択すればよい。(5)掘さく断面積と築壁断面積の比は

大体一定である。実績による偏差にもとずく誤差は約2.3%であるから無視できる。

以上の条件にもとずき、坑底投入人員密度を変化させ、開さく速度の変化を算定してある。したがって当立坑の実績から一応1時間以上作業を中断した故障を除き、正常作業と思われるものを抜き取り、投入人員別に算定したものを作図した。なお各階段の工事に要した実方数から、1方当りの立坑出来上り開さく速度を算定したものを参考のため追加し、算定値と実績の比較を行なつた。

なお参考のために同論文による算定値をあげると、ステップシンキング、単胴キブル巻上設備の場合、開さく速度の最大計算値は42m/月で、実際の遂行率は故障、人員不足等により、80%すなわち33.6m/月となっている。

9. 結 び

当立坑の開さくは大部分の係員が初めての経験であつた。しかも坑口立地条件は著しく不利で、工事に着手してみると、冬期間の工事には降雪のため思わざる障害もあり、コンクリート作業には特に難渋した。また地質条件も湧水は少なかつたが、予想以上に悪い所も多く、規格を変更して築壁厚を増し、鉄筋鉄骨構造としなければならなかつた。しかしながら幸いに予期以上の能率をもつて完成出来たことは、大型キブルの使用により、従来最も低能率であつた掘進速度が向上したことと、パイプ流入にまさるとも劣らない築壁能率の確保にあると考えられる。

したがって従来わが国で実施されてきた、最も簡単な単胴巻によるステップシンキングも、掘さく径に応じた合理的なキブルの容量を選定し、合理的な作業工程を実施することのみでも、かなりの開さく速度の向上と、工事費の低減を期待し得ることが実証されたと思う。

まだ工事の実際に当つて細部を検討すると、多々改善の余地もあると思われるが、当工事においても中段坑道にコンクリート設備を設置しなければならぬ条件にあつたため、ミキサーの能力に制限をうけ、コンクリートの搬入が阻害されたこと、また中段座張通過によるズリ巻速度に制限を受け、充分な能力を発揮し得なかつた事は残念であつた。