

高速ケーブルクレーン

High Speed Cable Cranes

赤木 進*
Susumu Akagi

内容梗概

コンクリート・ダム施工機械として、ケーブルクレーンは最も有効な機械である。打設能力をあげるために、巻上能力は大きくなり、運転速度はスピードアップされた。従来から使用したボタンロープ式キャリヤは高速(300 m/min以上)で横行すると破損がはなはだしく、安心して使用できない。各国ともキャリヤの改良に苦心しているが、まだ完全なものとはできていない。

本文は日立製作所の新型高速キャリヤにつき詳しく述べている。これはロープ牽引式キャリヤでいかなる高速運転でも、無衝撃で、部品の摩耗がなく、動作も確実な画期的改良である。

最後に最近の成果として、今春完成した記録製品、田子倉ダムの25 t×600m高速ケーブルクレーンについて、詳細に説明している。

〔I〕 緒 言

日本における、コンクリート・ダム建設事業は、最近急速に発展し、今やその成果は世界的水準をしのぎつつある。これには工事用建設機械の改良進歩によるものが多く、大規模なダム工事が驚くべき短時日に完成されるに至った。ケーブルクレーンはダム・コンクリート施工機械として最も重要な機械で、その性能の良否は工期にも関連するから、計画の当初から慎重に検討されなければならない。

打設能力をあげるためには、大型でしかも高性能のケーブルクレーンが要求される。日立製作所では1957年春、田子倉ダムのコンクリート施工用主機として、25 t×600 m高速ケーブルクレーン1台を完成した。本機は規模の大きいことはもちろん、そのすぐれた性能とともに、世界記録的製品である。本稿は高速ケーブルクレーンの問題点、特に高速キャリヤの改良について論述し、あわせて上記の高速ケーブルクレーンの概要を記述することとする。

〔II〕 打 設 能 力

打設能力を増すためには、どのような方法がよいであろうか。それには次の事項が最も重要である。

(1) 台数とバケツ容量

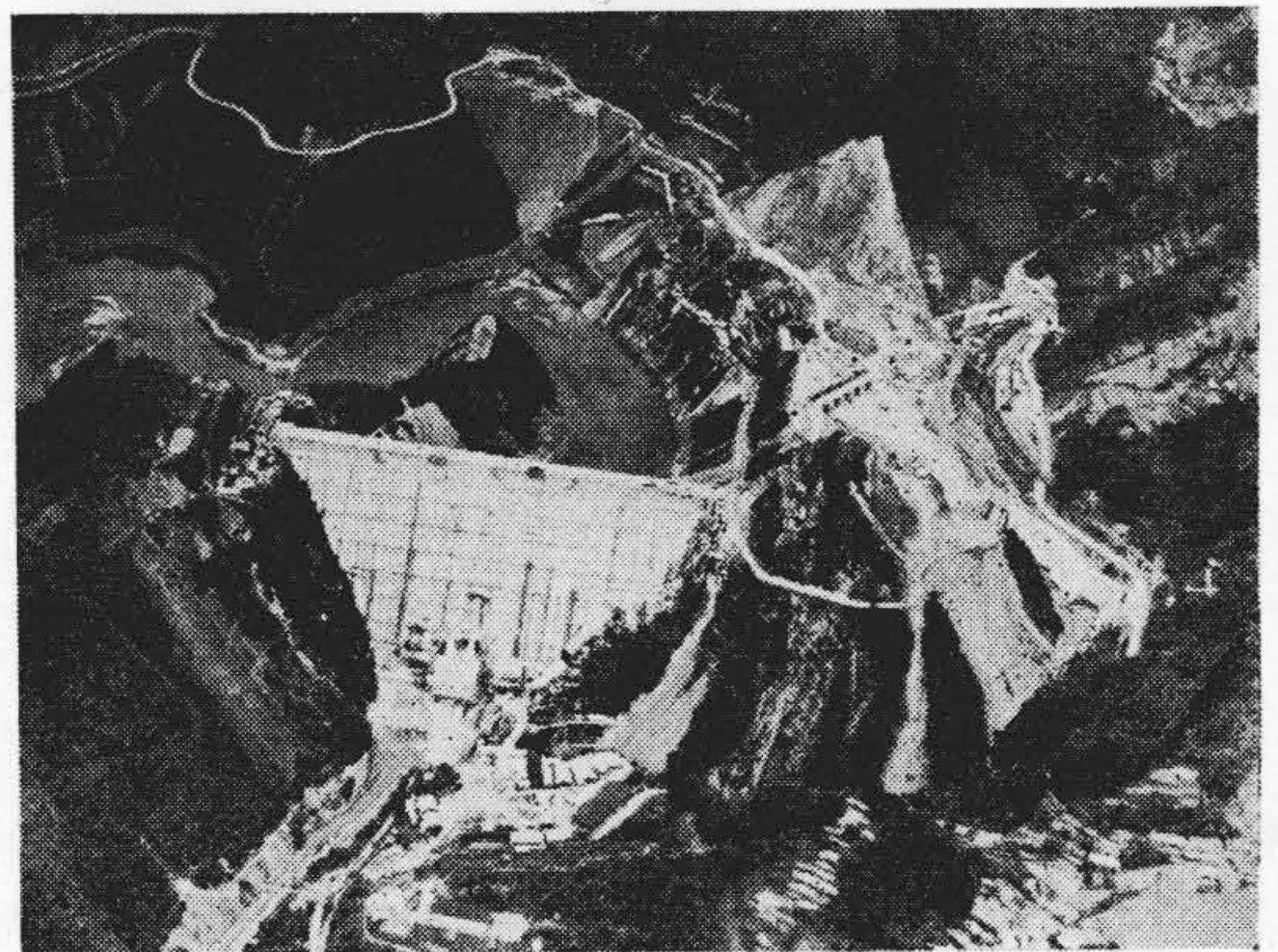
同一地点では設置台数を増すことは、互いの干渉のため必ずしも台数に比例した効果は望めない。同一レーン上に2台までならよいが、それ以上になると1台あたりの稼働率が低下する。

容量、すなわちコンクリート・バケツの容積を増すことは最も効果的である。現在では6 m³が最大で、それより大型のバケツはまだ使われていない。

(2) 運転速度

運転速度を増すこともまた効果が大きい。高速となる

* 日立製作所亀有工場



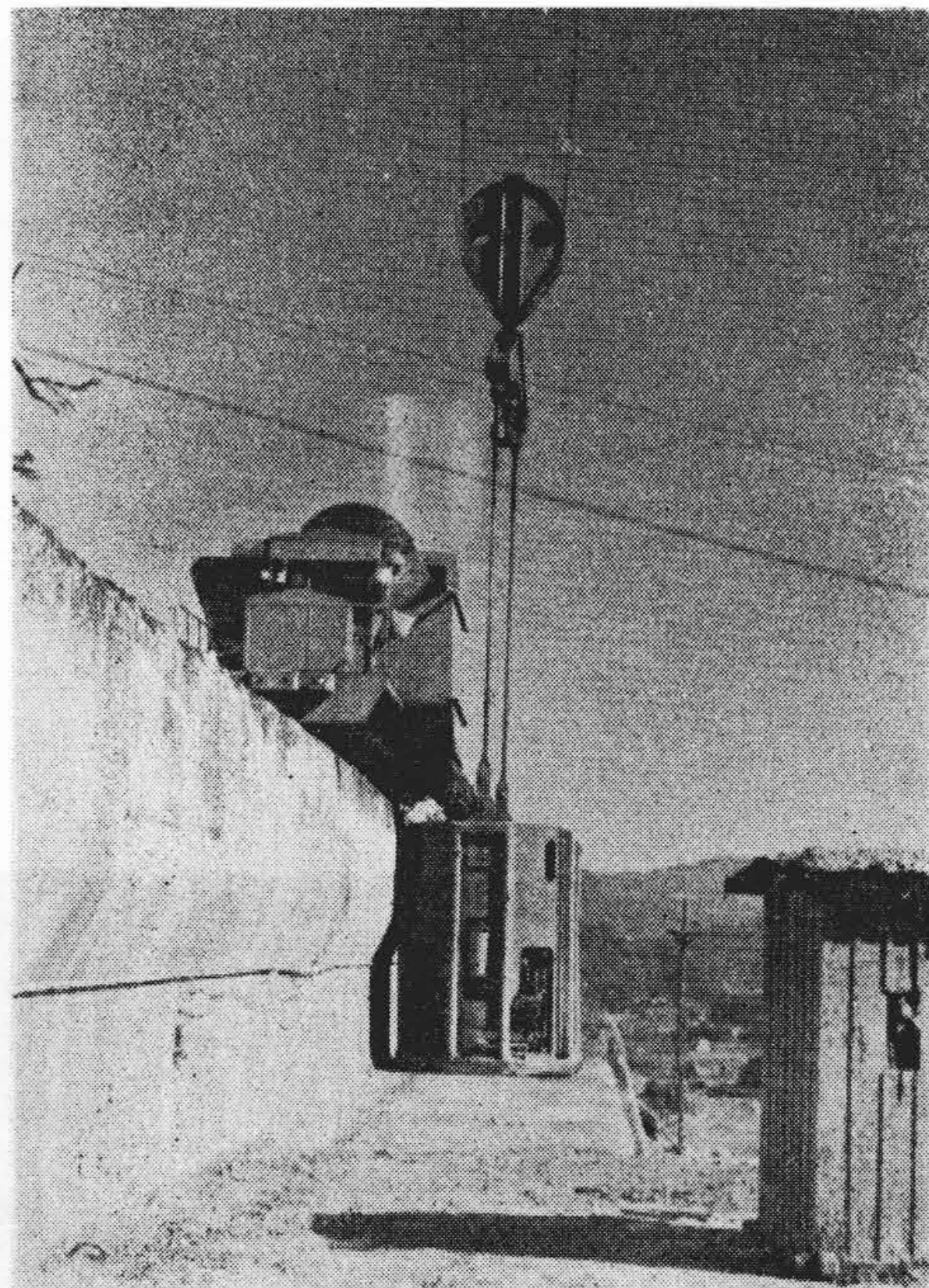
第1図 完成せる小河内ダムの全景

と電動機も大型となり、速度制御も複雑となる。大型機の巻上、横行ウインチは直流電動機で駆動され、ワードレオナード方式で、その特性に合致した理想的制御が行われている。現在25t機では巻上ウインチは全負荷巻上時160 m/min、軽負荷(空バケツ時)巻上時200 m/min、横行ウインチは全負荷時500 m/minの速度が実用されるようになった。

このような高速運転を行う場合には、従来から使用されてきたボタンロープ式キャリヤでは全速横行時の衝撃によつて、キャリヤ装置の損耗が速度の二乗に比例して増し、はなはだしきは破損部品の落下によつて危険を伴うこととなるので、いつそう安全な方式に改良する必要がある。

(3) 機外遠方操作

運転室の位置選定も重要な事項である。操縦者は常に作業地域全部が直視可能なことが望ましい。しかし打設ブロックによつては障害物にさえぎられて見えない場合も多い。これに反してパンカー線は一定であり、しかもここで毎回コンクリートの受け渡しをするのであるから、運転室の位置はバケツがここに着岸するのが、完全に正視できる地点を選ばねばならない。通常パンカー



第2図 トランスファーカーとコンクリートバケット (田子倉ダム)

線の延長線上の一点，上流側か，下流側かに決めるのが最もよい。そこでこのように機外運転室より遠方操作を行うためには，この運転室内に操作器具，表示器，信号装置，計器などを完備しなければならない。

(4) トランスファー・カー

ケーブルクレーンのバケットは，バンカー線上において，毎回つり替えられていたが，運搬車上の操作に少なからざる時間（約20～40秒）を要するので，トランスファー・カー方式の方が能率が上がる。この方式ではバケットは常にケーブルクレーンのフックに固定されたままでよいから，着岸より出発まではわずかな時間（熟練すれば10秒くらい）でよい。この作業を最も円滑に行うためには，前記のように運転室の位置を決めねばならない。

(5) 運転保守

クレーンは運転しやすいことはもちろんであるが，保守面より事故がなく，摩耗や損傷部分がないことが望ましい。点検・保守が簡易なことは稼働率をよくする。理想としては，ダム工事期間中は部品の取り替えも不要で，常に確実な動作をすることが望まれる。

以上諸項については，筆者はさきに本誌で記述した部分もあるので⁽¹⁾詳記しないが，(2)運転速度については重大な問題がある。すなわちスピードアップについて派生的に起きたボタンロープ式キャリヤの破損による頻発事故は難問題で，その解決には少なからざる犠牲を払ったので，これに焦点をあわせて最近の成果を発表したい。

〔III〕 無衝撃キャリヤ

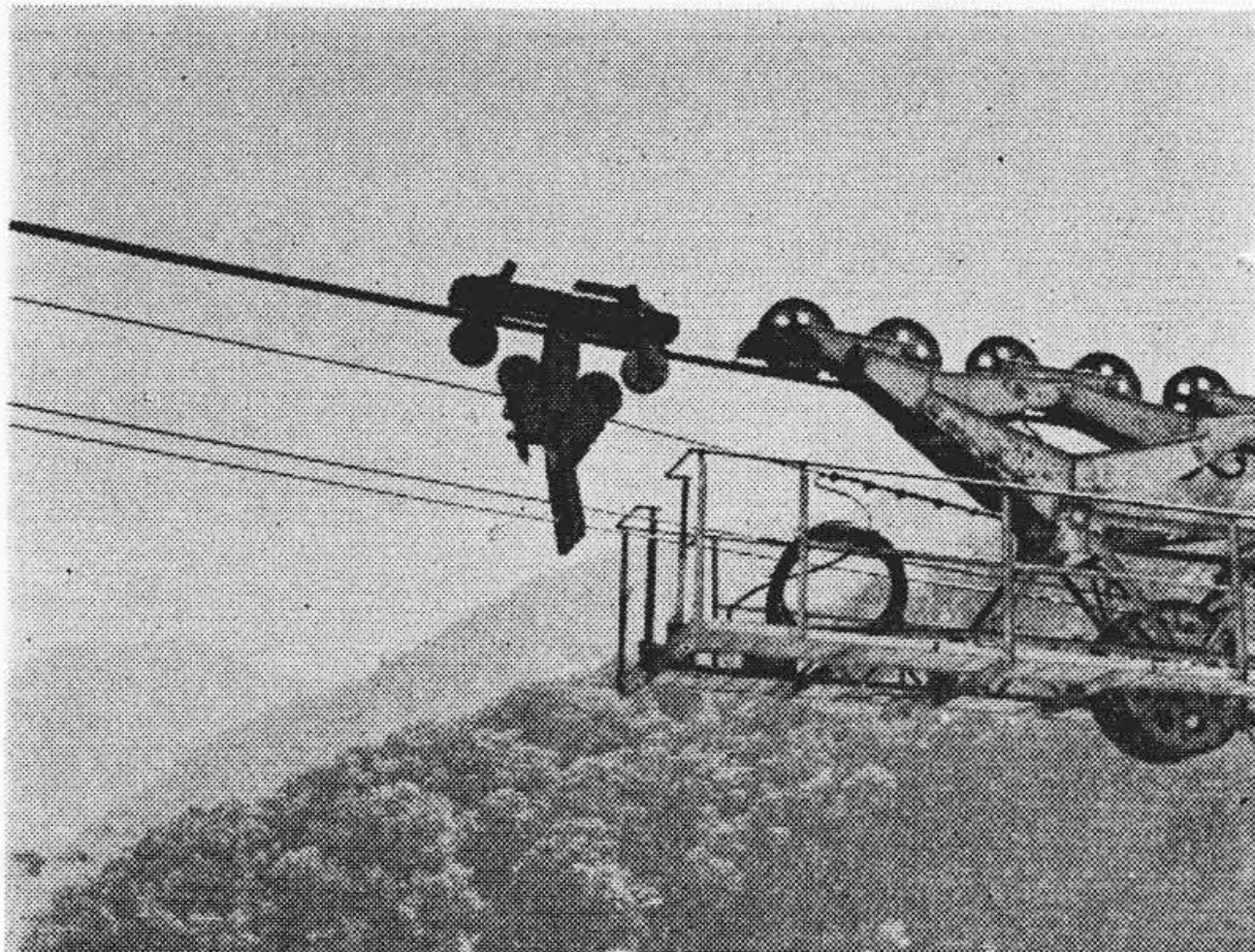
(1) 問題の焦点

ケーブルクレーンは長径間（300～600m）であるから，巻上ロープはそのたるみを除くためにトロリとの間を数個のキャリヤによつて支持される。このキャリヤを常に等間隔に配置するために，従来のケーブルクレーンでは必ずボタンロープが使用された。しかるに横行速度のスピードアップにしたがつて，ボタンロープ式キャリヤでは横行時の衝撃（全速で横行中のトロリ上のキャリヤが一瞬にして，ボタンによつてつり出されるかまたは配置されたキャリヤが瞬時にトロリ上にすくい上げられるときの衝撃）のため，キャリヤ装置の摩耗・損傷は避けられなかつた。横行速度がスピードアップされ300 m/min以上の高速になるに伴つて事故もますます頻度を加え破損部品の落下によつて，直下にいる作業者の危険を伴う結果ともなる。これは日本ばかりでなく，欧米でも同じように問題視され，各国の当事者の焦点が期せずして，高速キャリヤの改良の一点に集中されたのはここ数年間のことである。

アメリカでは新機軸のロープエンジン式トロリが試みられた⁽²⁾。この方式は，トロリ上に巻上ドラムを設けて，バケットの昇降を行うものである。巻上ドラムは，エンジンタワー上の巻上用エンドレス，ウインチのロープで駆動される方法である。この駆動ロープは，巻上ドラムとのすべりを防ぐため，常に高張力で張られているので，長径間でも撓みが少なく，途中のキャリヤを必要としない。この方式は高速運転用として機構上よい着想である。しかし，トロリ部分の自重が過大となること，巻上駆動ロープの摩耗がはなはだしいことなどの理由で，期待した成果は得られなかつたと聞いている。

またこれとは別に Pine Flat ダムでは摩擦駆動式キャリヤによつて，横行速度 2,000 ft/min（≒600 m/min）までスピードアップして成果をあげたと報ぜられた⁽³⁾。この機械は，その後日本に輸入され，佐久間ダム用主機として使用された（今回はさらに田子倉ダムの補助機として転用されている）。その稼働実績は無衝撃で，スピードアップにはかなつてはいるが，位置のすべりが多いため，たびたび修正を必要とすること，複雑な機構のため調整がむずかしいこと，部品損耗のため少なからざる予備品を必要とするなどの点もあげられている。

ドイツでは Pohlig 社が，スイスの Oberaar ダム工事用として，20 t × 325 m ケーブルクレーンに特殊な固定式キャリヤを用いたが，横行速度は 300 m/min が限度で，それ以上は困難であつた。また同じく Sambuco ダムの 10 t × 350 m（横行速度 300 m/min）と Mauvoisin ダムの 20 t × 514 m ケーブルクレーン（横行速度 360



第3図 摩擦駆動式キャリヤ (藤原ダム)

m/min には Lambert 式を改良して高速用を造つた。これは横行ロープによる摩擦駆動式であるが、さらに補助ロープで調整させる複雑な機構である⁽⁴⁾。

日本でも同じ目的の試みが同じころに実施された。すなわち糖平ダムの 18 t × 360m ケーブルクレーン (横行速度 420 m/min) には横行ロープによる摩擦駆動式キャリヤが付けられた⁽⁵⁾。

日立製作所では1932年より高速ケーブルクレーン用キャリヤにつき独自の研究を進めた。従来のボタンロープ式では、キャリヤが静止から全速へ、または全速から静止へ、瞬時に移るので衝撃は避け得られないことに着目し、キャリヤがトロリと常に一定比の関連した運動を行う方式を考案し、摩擦駆動式とロープ牽引式の二種のキャリヤを設計、試作した。これらを当時稼動中のケーブルクレーンに取り付けて比較研究した。

(2) どの方式が成功したか

(A) 摩擦駆動式キャリヤ

藤原ダムの 13.5t × 323m ケーブルクレーンは、戦後最初の大型高性能クレーンである。巻上、横行ウインチには、直流電動機を用いて、ワードレオナード制御を行い、巻上ウインチは全負荷巻下 125 m/min、軽負荷巻上 180 m/min の高速としたが、横行速度は 250 m/min にとどめた。これはボタンロープ式キャリヤでは高速では部品の破損が増すので、これ以上速くしなかつた。その後試作の新形摩擦式キャリヤができたので、ボタンロープ式を取り替えて稼動状況を調査した。

このキャリヤはトロリの前後に2個宛配置され、それらはトロリと塔との間を常に等間隔に区分して走るように製作した。キャリヤは2組4個の車輪を有し主索上を走る。動力

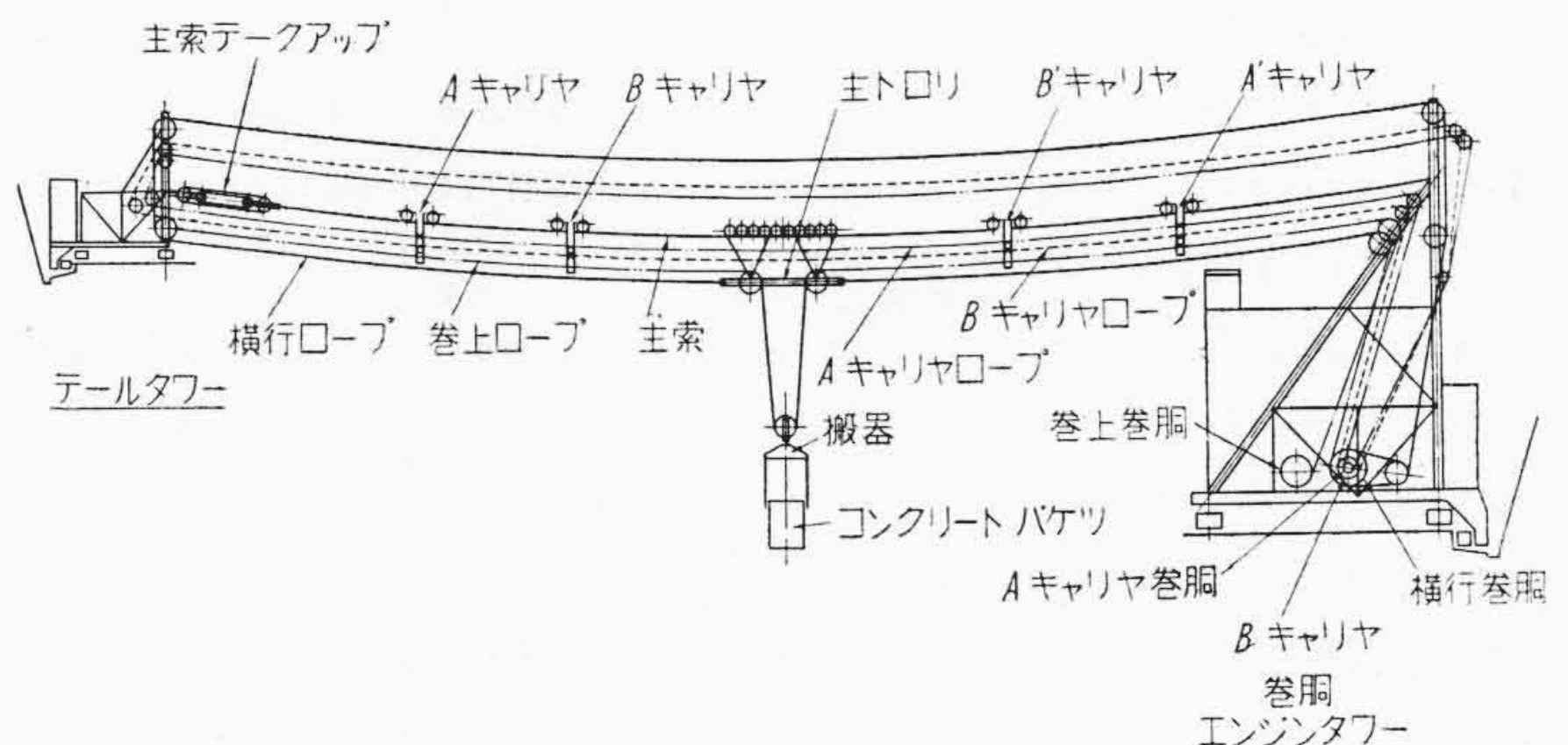
は横行ロープより挟圧シーブを経てチェーンによつて車輪に伝えられる。車輪が主索とすべらないように上下の車輪は主索を挟圧する構造である。キャリヤまたはトロリが互いに接触した場合は自動的にクラッチがゆるんで、不当な衝突をしないような安全装置も設けた。

主索、横行ロープはロープ油を十分に塗つてあるので車輪、シーブがすべり、運転中に位置がくるつてくる。横行両端近くでは、主索の傾斜が急となりすべりが多く、数時間ごとに調整しなければならなかつた。駆動装置の部品は摩耗のため途中で取り替えた程度で、たいした事故はなかつたので、この装置はそのまま残してダム完成の最後まで使用された。

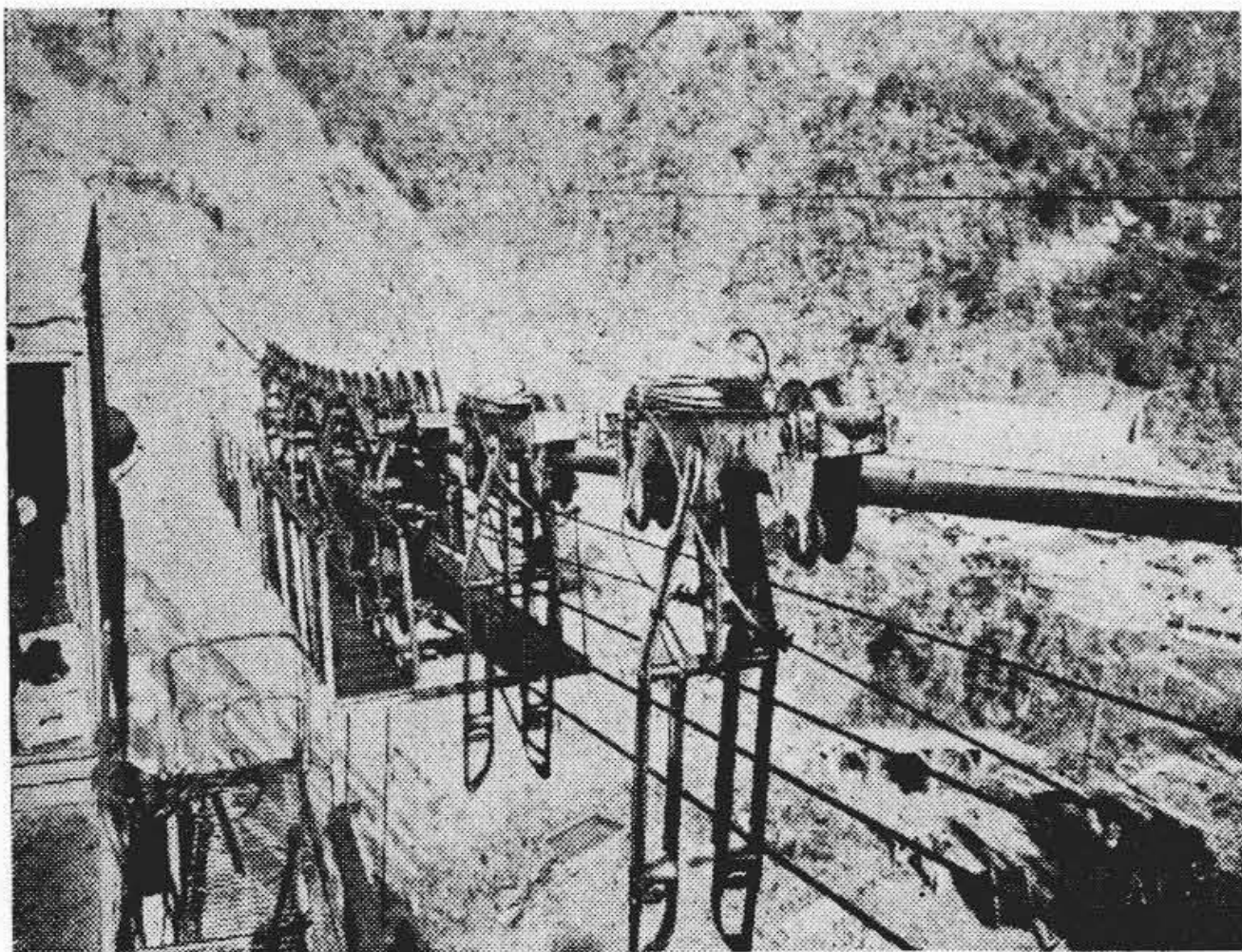
(B) ロープ牽引式キャリヤ

この装置は作用としては、前記摩擦式と同じく、トロリと塔との間を等間隔に走るものであるが、キャリヤごとに備えた専用のロープで牽引されて走る新型キャリヤである。したがつてキャリヤ自体の構造はいたつて簡単で、なんら調整を要しない。

東京都水道局、小河内貯水池のダム工事用「たま号」25t × 418m ケーブルクレーン (横行速度 370 m/min) は1954年2月25日より稼動した。本機は当初ボタンロープ式キャリヤを使用したが、高速で横行するため、ボタンロープの消耗が早く、キャリヤ装置の保守に困つたので、同年7月28日新形牽引式キャリヤと取り替えるとともに、横行ウインチの駆動ドラムにキャリヤロープ用シーブを2個取り付けた。そのシーブの直径とウインチの胴径との比を 1:2:3 とし、トロリの前後に配置された各2種のキャリヤのロープをこれにエンドレスにかけた。試験の結果は非常に好成績をおさめた。試験では横行速度を 535 m/min までスピードアップしたが、衝撃・振動・異音・発熱部分はまつたくなく、円滑な運転をすることを確めた。キャリヤはキャリヤロープに固定されているから、キャリヤロープと



第4図 「たま号」高速ケーブルクレーンのロープ牽引式キャリヤ説明図



第 5 図 「たま号」のロープ牽引式高速キャリヤ

横行ロープとの関係すべりがなく正しく正確である。正常運転なれば、特にキャリヤの位置の修正は必要がない。またトロリを塔付近まで横行させれば自動的に位置の誤差は修正されるから修正も簡単である。この装置は以来無事故でよく稼動し、約1,000,000m³以上のコンクリートを打設して小河内ダムは本年完成した。

また中部電力株式会社、井川ダム用 10 t × 320m 高速ケーブルクレーン（横行速度 350 m/min）は最初から、この新しいキャリヤ方式を採用した。本機は1956年 4 月より運転を開始し、1957年春ダム完成まで、無事故で能率よく稼動し、打設記録 1,700 m³/day (3 m³ バケツ, 20時間稼動) を出し、非常に好成績をおさめた。

(C) 最もすぐれたキャリヤ

実験の結果をまとめると第 1 表に示すとおりである。本表は、能力 25 t、径間 500~600m の高速ケーブルクレーンを基準にとつた場合の比較である。ボタンロープは、従来の経験より割り出したものを記入したものである。本表で明らかとなっており、ロープ牽引式が最もよいことがわかる。この方式によると、主トロリ

にキャリヤ集放装置（ボタンロープ式キャリヤの場合に必要な部分）が不要になるので、主トロリの自重が著しく軽減されたこと（25 t 機で約 1,700kg 軽くなつた）も大きな収穫である。

この新型キャリヤの完成によ

第 1 表 キャリヤ方式比較表

キャリヤの方式	ボタンロープ式	摩擦駆動式	ロープ牽引式
動作の确实性	良	不良	良
運転時の衝撃	過大	皆無	皆無
キャリヤの損耗	過多	有	無
ロープの摩耗	過多	不詳	微小
保守難易	難	難	易
キャリヤ部分の単位重量比 (100%)	45	175	100
キャリヤ所要数 (個)	12	6	6
トロリの重量比 (%)	130	100	100
キャリヤ用ロープ所要量 (索径×数)	20φ×2	横行ロープを兼用するから不用	16φ×3

つて、高速ケーブルクレーンの最も大きな障害が解決されたので、横行速度の上昇には機構上なんらの制約がなくなり、600 m/min またはそれ以上どんな高速にも、なんらの懸念なく適用することができるようになった。しかしケーブルクレーンの径間は、ダムの規模・経済的運搬距離・主索の強度などを考慮すると 600 m くらいが限度ではないかと考えられる。したがって横行速度も実用的には 600 m/min くらいが最高で、1,000 m/min にもスピードアップする必要は当分ないものと思う。

この新型キャリヤは上記のように非常に好成績をみたので、以後の日立高速ケーブルクレーンにはすべてこの方式を用いている。

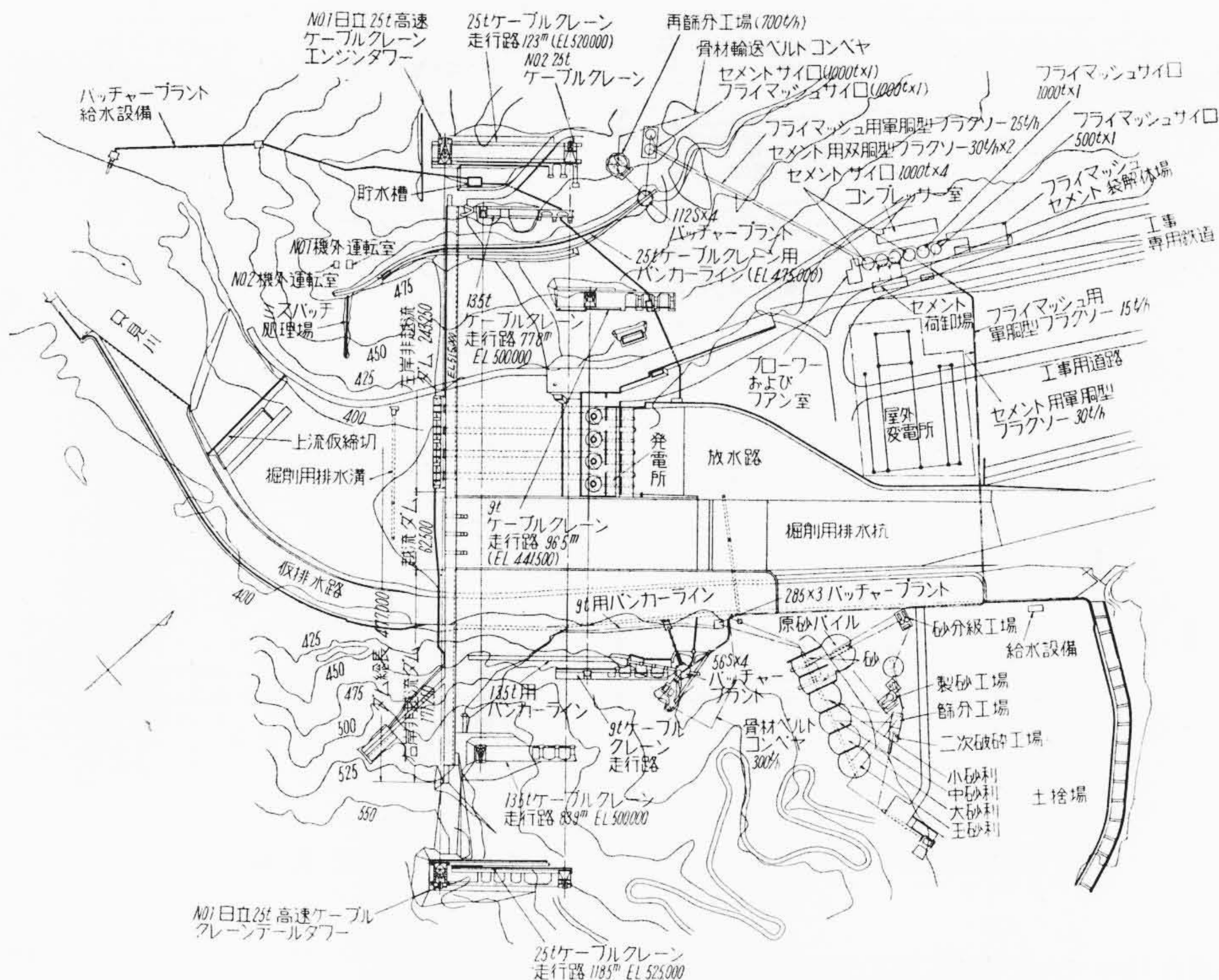
〔IV〕 田子倉ダムの 25 t 高速ケーブルクレーン

(1) 田子倉発電所計画概要

田子倉発電所は只見川電源開発計画の最大地点で、福島県南会津郡只見村田子倉地内において、只見川本流を横断して、コンクリートダムを築造し、直下の発電所に

第 2 表 日立高速ケーブルクレーン製作年表

ダム	地点名	藤原	宮川	小河内	秋葉	井川	田子倉	黒部第四
	堤高 (m)	94.5	84	149	55	100	145	186
	堤長 (m)	230	223.4	345	270	240	477	526
	堤体積 (m ³)	424,500	413,500	1,680,000	216,000	367,000	1,920,000	1,600,000
	型式	FRH-TC	FRH-SC	FRH-TC	FRH-TC	FRH-SC	FRH-TC	FRH-TC
	巻上能力 (t)	13.5	13.5	25	23	10	25	25
	バケツ容量 (m ³)	4.5	4.5	6	6	3	6	6
	径間 (m)	323	290	418	360	330	599.68	598
	揚程 (m)	130	100	150	105	135	148	233
	主索直径 (mm)	75	75	90	90	64	100	100
速度	全負荷巻上 (m/min)	90	100	90	90	100	125	125
	全負荷巻下 (m/min)	120	150	150	150	150	160	160
	軽量荷巻上 (m/min)	180	180	180	180	180	200	200
	横行 (m/min)	250	300	370	360	350	500	500
	走行 (m/min)	6	10	10	10	20	20	30
製作年次		1953	1953	1953	1954	1955	1956	製作中



第6図 田子倉ダム仮設備配置図

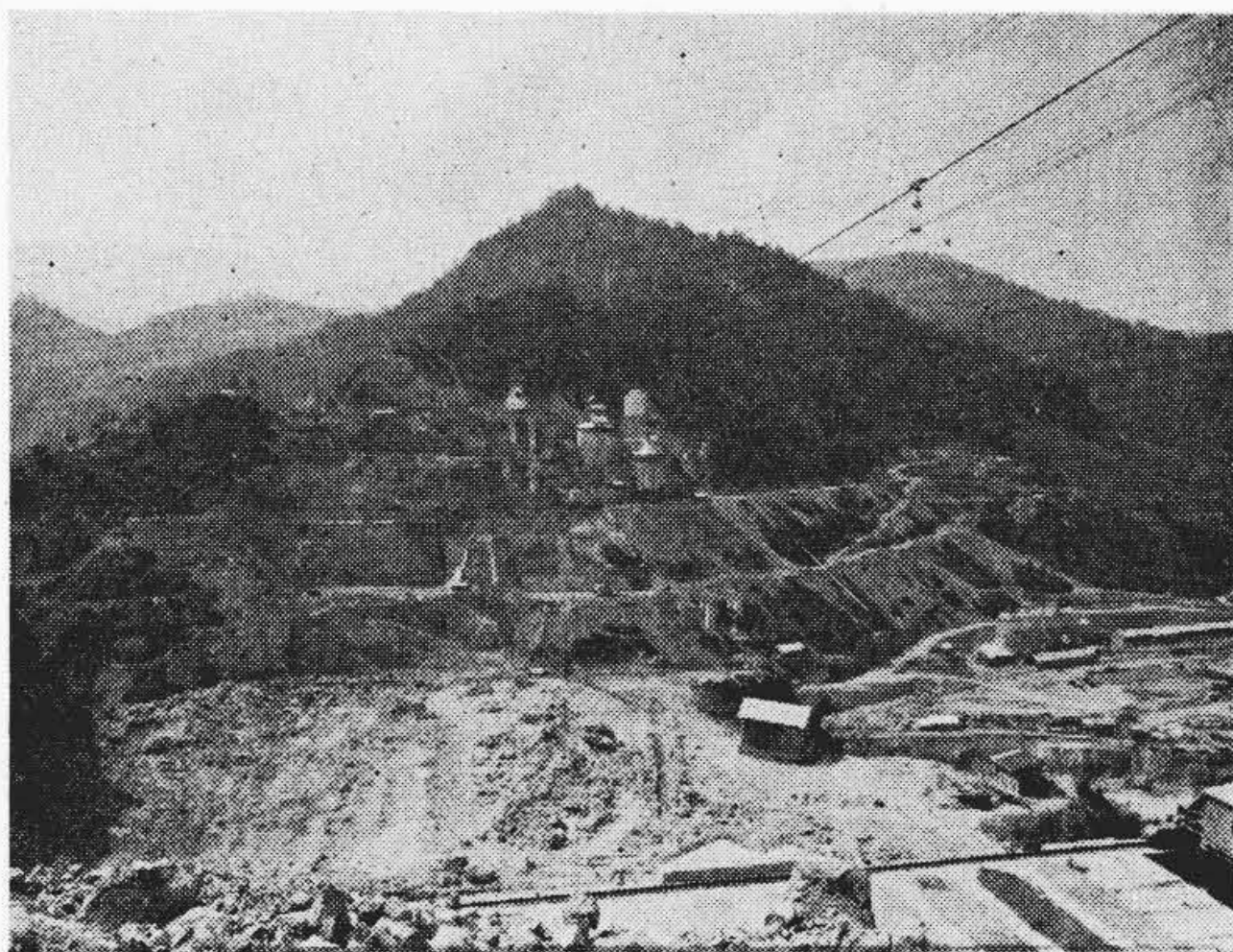
導入して、最大使用水量 420 m³/s、基準落差 105 m を得て最大出力 380,000 kW の発電を行うものである。

田子倉ダムの諸元

- 型 式 直線重力式越流型可動扉付コンクリートダム
- 基礎地質 石英粗面岩
- 堤 高 145 m
- 堤 頂 長 477 m
- 堤体容積 1,920,000 m³
- 洪水吐 ダム越流式
ゲート 幅 12.5m 高 8.3 m 4門
- 放 流 路 ダム堤内路内径 1.5 m × 3本

この計画の主要工事量は、掘削 1,146,000 m³ コンクリート打設 2,070,000 m³ で、工期は掘削完了1957年、コンクリート打設完了1960年7月である。コンクリート打設は最盛期において月平均 130,000 m³、日平均 5,500 m³ (最大 6,500 m³) が予定されている。これらの工事量を消化するため仮設備も次の2系統にわけて施工される。

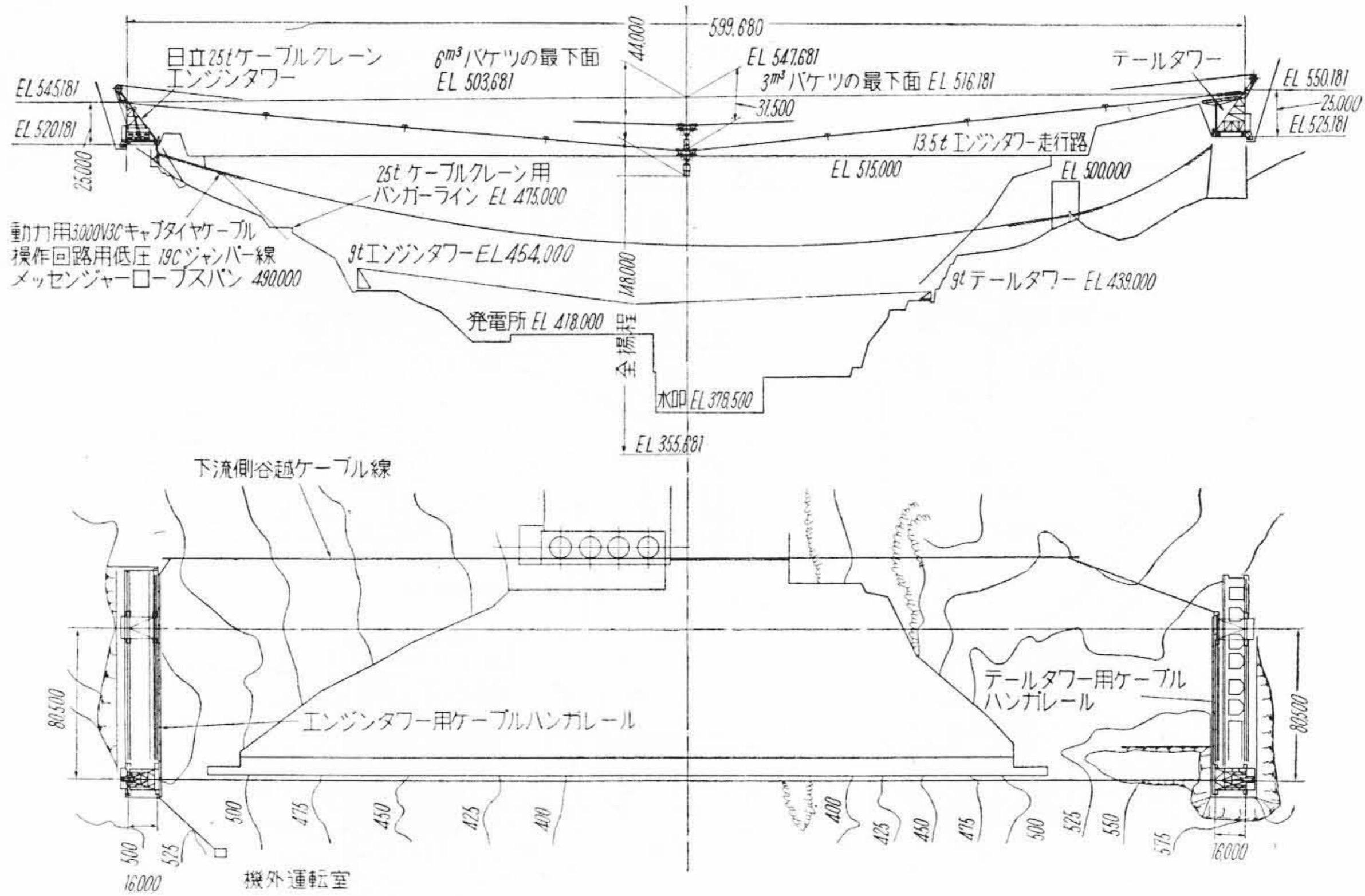
左岸のプラントは、ダムのA、Bブロック打設を目的として、700 t/h 骨材プラント、112 s × 4 バッチャープラント、6 m³ トランスファーカー (2台)、25 t ケーブルクレーン (2台) が配置された。



第7図 田子倉ダムの左岸仮設備

右岸のプラントはダムのB、Cブロックおよびエプロン、発電所、放水路などの打設を目的として、300 t/h 骨材プラント、565 × 4 バッチャープラント、7 t および 5 t ディーゼル機関車、13.5 t ケーブルクレーン (1台)、9 t ケーブルクレーン (1台) が設備された。

上記 25 t ケーブルクレーンは高速型で、1台はさきに工事完了した佐久間ダムより移設された。本機は塔高が低いので、ダム頂部付近の打設ができないので、新たに本記の日立製作所製 25 t 高速型 1台が新設された。この



第 8 図 25 t 高速ケーブルクレーン配置図

新設機は塔高各 25m で、常用荷重 25 t では径間中央で、バケツ下端が EL503.681m となりダム頂部 EL515.000 m よりもなお 11.819 m 低いので、その部分は打設できない。よつて打上時には 3 m³ バケツを使用して打ち上げる計画である。

ケーブルクレーンの主索の最大張力 (H) は

$$H = \frac{(P + \frac{g \cdot l}{2}) \cdot l}{4 \cdot h}$$

P : 主索上の集中荷重

g : 分布荷重

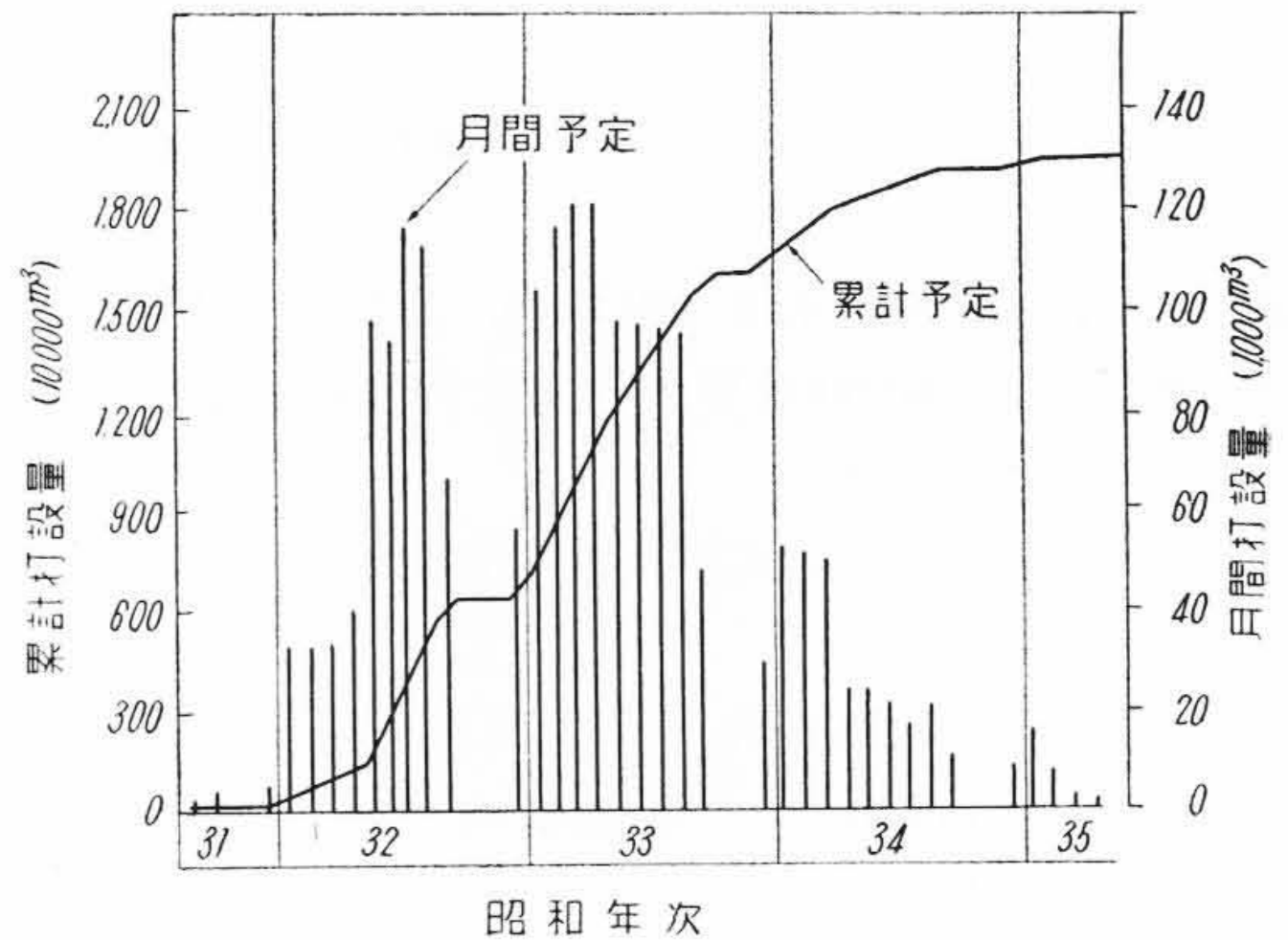
l : 主索の径間

h : 主索の撓度(最大負荷で径間中央にて径間の5%とする)

で示される。しかるに 3 m³ バケツを使用すれば集中荷重が 25 t の場合よりも約 15 t 軽くなる。張力 H を同じとすれば撓度 h は小さくてよい。さらにバケツのつり代を加算すれば、バケツの下端が約 12.5m 上るのでダム前線の打ち上げが可能となる。

4 台のケーブルクレーンは地形に応じてそれぞれ別個の地点を施工し、たがいの干渉を避けた。堤体は 3 台のケーブルクレーンで次のとおり分担施工する。

ケーブルクレーン	予定打設量 (m ³)
1号 25 t 高速型 (日立製)	950,000
2号 25 t 高速型 (移設機)	650,000
3号 13.5 t 普通型	300,000
計	1,900,000



第 9 図 田子倉ダムのコンクリート打設計画表線図

すなわち日立高速ケーブルクレーンは田子倉ダムの主機として、最も重要な部分を受けもつもので、その活躍には多大の期待が寄せられている。

(2) 仕様概要

本機は左岸にエンジンタワー、右岸にテールタワーを配置した両側走行型高速ケーブルクレーンで、その仕様は下記のとおりである。

型 式	FRH-TC
巻上能力	25 t
コンクリートバケツ容積	6 m ³
径 間	599.68 m
揚 程	148 m
横行範囲	462 m

走行距離	80.5 m
運転速度	巻上(全負荷) 125 m/min
	巻上(軽負荷) 200 m/min
	巻下(全負荷) 160 m/min
	横行 500 m/min
	走行 20 m/min
主索テークアップ	6 m/min
電 動 機	巻上 300 kW DCM× 2 台
	横行 200 kW DCM× 2 台
	エンジンタワー走行 50 kW IM× 4 台
	テールタワー走行 50 kW IM× 4 台
	主索テークアップ 15 kW IM× 1 台
電 源	3φ AC 3,000V 50~
走 行 塔	エンジンタワー
	テールタワー

	(左岸)	(右岸)
レール面標高	E L 520.0 m	E L 525.0 m
塔 高	25.0 m	25.0 m
レール形式	5線式	5線式
レール中心距離	1.511 m	1.511 m
レールスパン	16.0 m	16.0 m

(3) エンジンタワーとテールタワー

エンジンタワーは塔高（レール面から主索支持点までの高さ）25m、レールスパン 16m の大いさで、最下段を機械室とした。

(A) 構造部分

主材はすべて合理的な鋼板溶接構成である。すなわち主柱はT形、梁はI形断面で、ブレースには形鋼材を使用し、結合部は現場で鋸結し、溶接構造としたため材料が軽減され、しかも剛性が増した。構造部分の主材寸法は、機械室床を除き、両塔共同寸法で同じ断面が使用されている。塔頂部は横行シーブとキャリヤ駆動シーブが取り付けられているので、全高は34.6m となった。各塔の背部にはコンクリートバラストが置かれている。このおもりは1箇約3tのブロックに分割して積みあげられた。塔下部は、垂直力は四隅で走行用ABトラックとピン接合により、また水平力は塔背部でCトラックと球面で支持されているから、不当な二次的応力は作用しない。

(B) 機 械 室

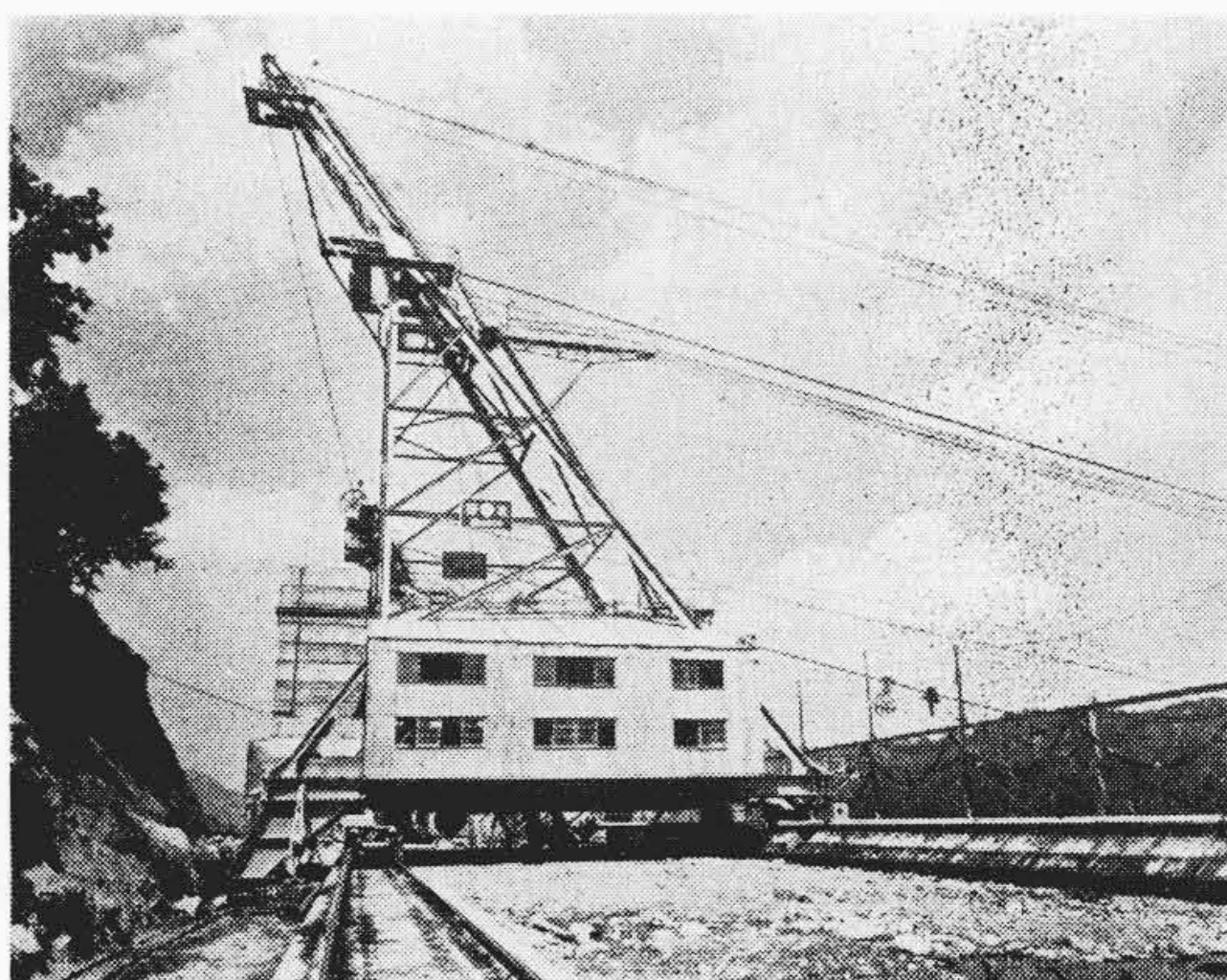
機械室はエンジンタワー最下段にある。床は全面鋼板張りとし、両側

に主構造物より 2.5m 張りだしたので、機器の配列が合理的で保守点検に好都合となった。機器は巻上、横行ウインチを中心に主電動発電装置を床主材と一体に結合し、外側に付属設備を配列した。保守員の控室は別仕切りで一段高い位置に設けた。分解・組立のため2台の10t天井クレーンを完備し、床の一部を開放して、重量物の出し入れも便利な構造である。

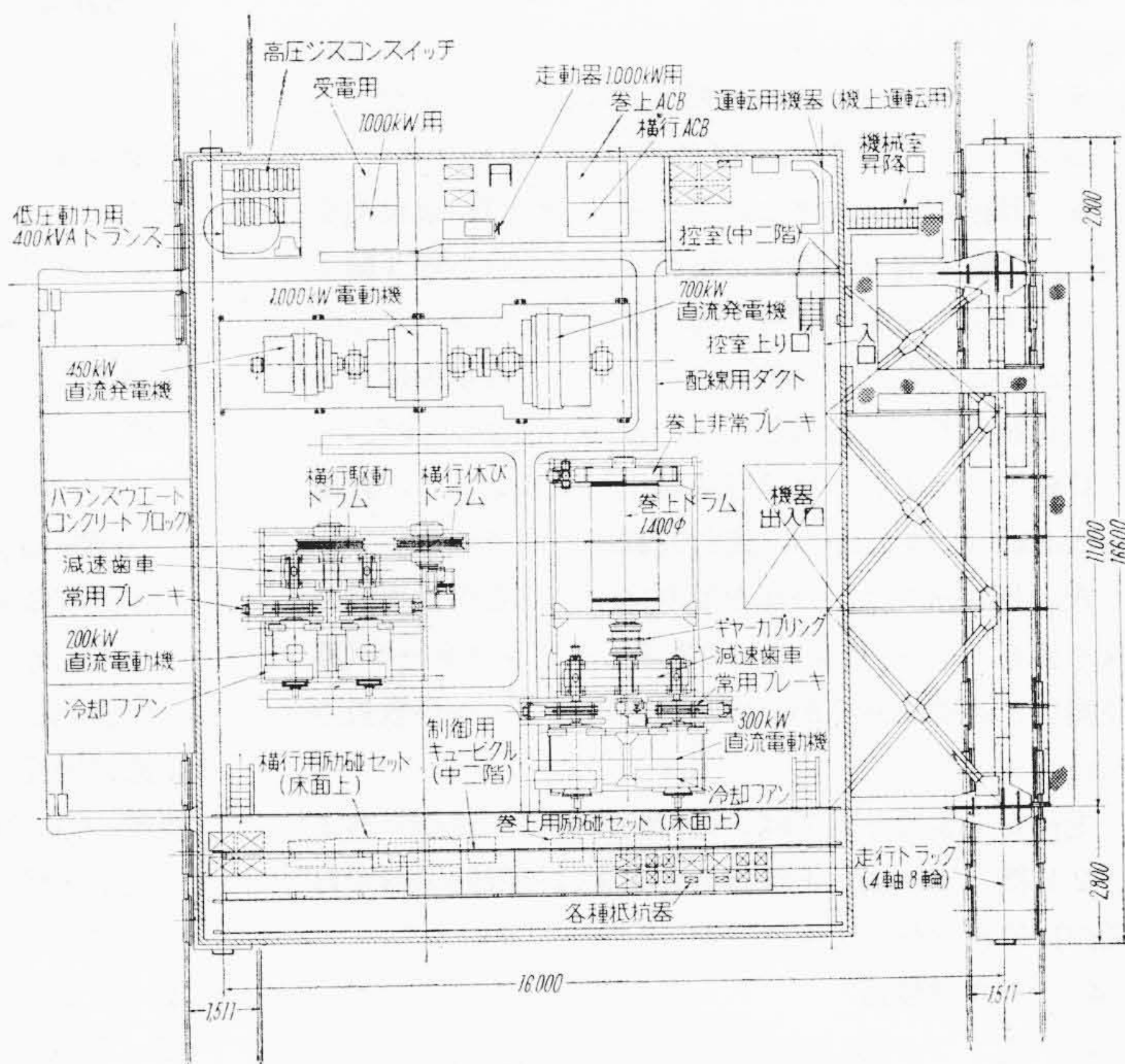
(C) 巻上・横行ウインチ

本装置は日立標準H式で、それぞれ別個のウインチであるから、両運動は自在に操作できるので、操縦しやすく、作業能率が高い。

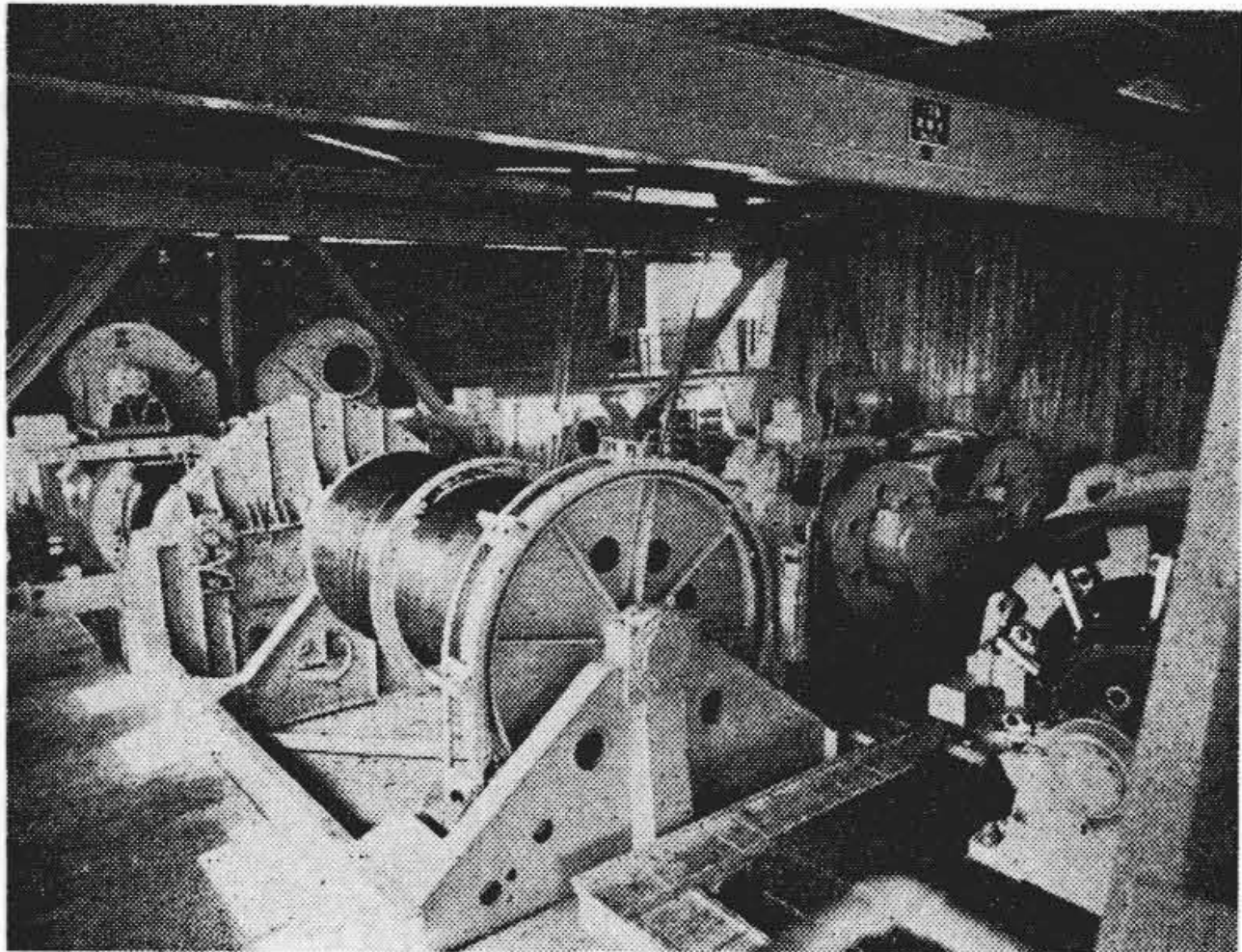
巻上ウインチ：巻胴は2条の巻上ロープを同時に左



第10図 25t高速ケーブルクレーンのエンジンタワー



第11図 25tケーブルクレーン機械室機器配置図



第12図 機械室の巻上・横行ウインチ

右より巻きとり、全揚程を2段巻きとした。減速歯車はダブルヘリカル歯車一段減速とし、完全油浴噛合で、2台の電動機により並列駆動される。電動機軸にはそれぞれ押上機ブレーキがあるが、別に非常用として巻上ドラムにバンドブレーキを設けた。このブレーキは運転中は常に開放されているが、停電時かまたは非常用押ボタンによつて、電動機とは別途に直接巻胴をブレーキする。

横行ウインチ：エンドレス駆動式で駆動側は2台の電動機で一段減速歯車で運転される。随縦側巻胴軸はロープかけに合せて少なく傾斜しているからロープの摩耗は軽減された。

(D) 走行装置

各塔の垂直力はA, Bレールで、水平力はCレールで支持される。A, Bレールは複線で、塔の四隅に4軸8輪トラック、計 $8 \times 4 = 32$ 輪、Cレールは単線で各6輪トラック、計 $6 \times 2 = 12$ 輪の車輪で走行する。

A, B線のトラックにはそれぞれ50kW電動機を備え、2輪4輪をクランク駆動する。これらの4輪トラックはイコーライザーと球面接合し、イコーライザーと鉄塔とは2点ピン結合されている。各車軸はウェスト式軸受で完全給油されるから、走行抵抗が少ない。

C線の6輪トラックは各車輪圧がバランスし、鉄塔と球面結合であるから、走行運動が円滑である。

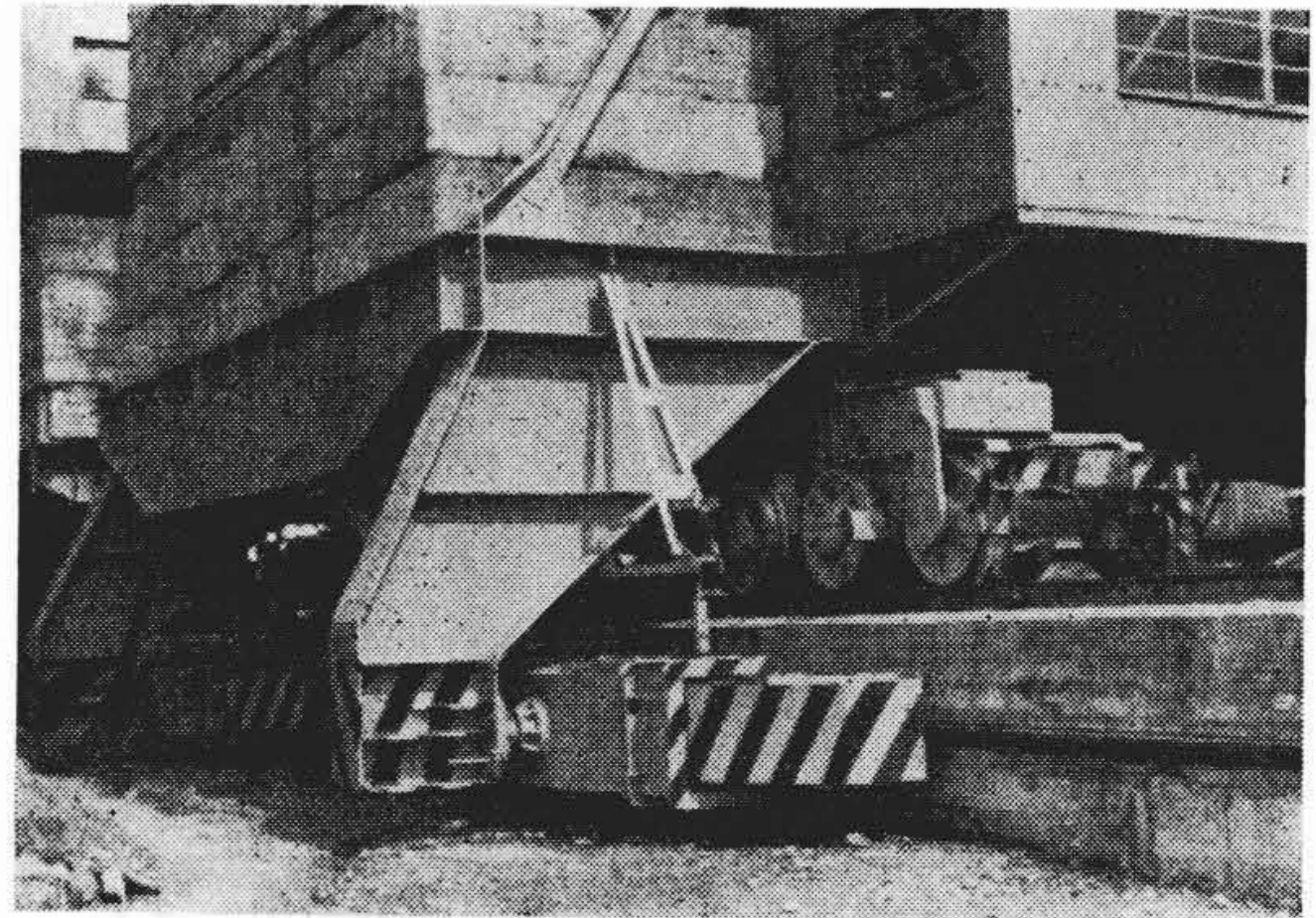
A, Bレールは、一部を取りはずし得るから車輪の取り替もできる。Bレールは2号ケーブルクレーン(移設機)と共用であるが、ほかは専用にレールが敷設された。

走行安全装置としては、走行路末端(上流側)および2号機(下流側)と接近したときは制限開閉器で自動的に停止を行うようにした。

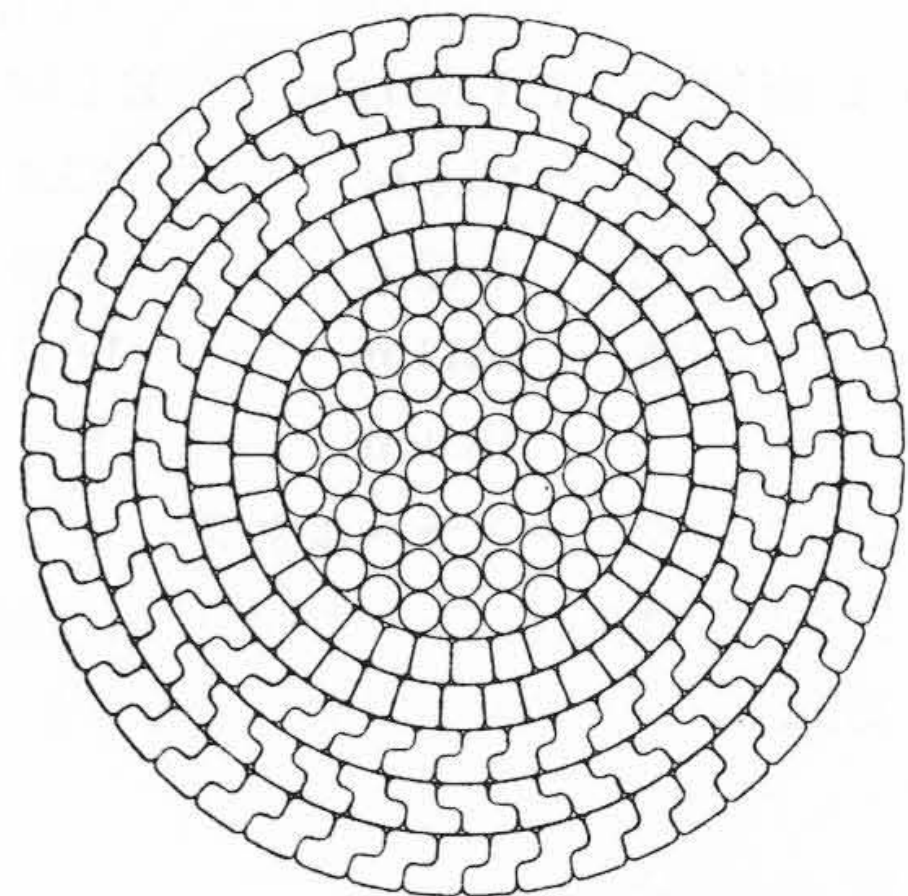
(4) トロリ装置

(A) 鋼索

本機にはすべて東京製鋼製品を使用した。主索はロ



第13図 エンジンタワーの走行装置



第14図 100mm ロックドコイルロープ (F型) の断面図

ックドコイルロープでその構造は第14図のとおりである。

ロックドコイルロープの仕様

名称	ロックドコイルF型
直径	100 mm
構造	1+60+33·T+39·T+39·Z +42·Z+48·Z

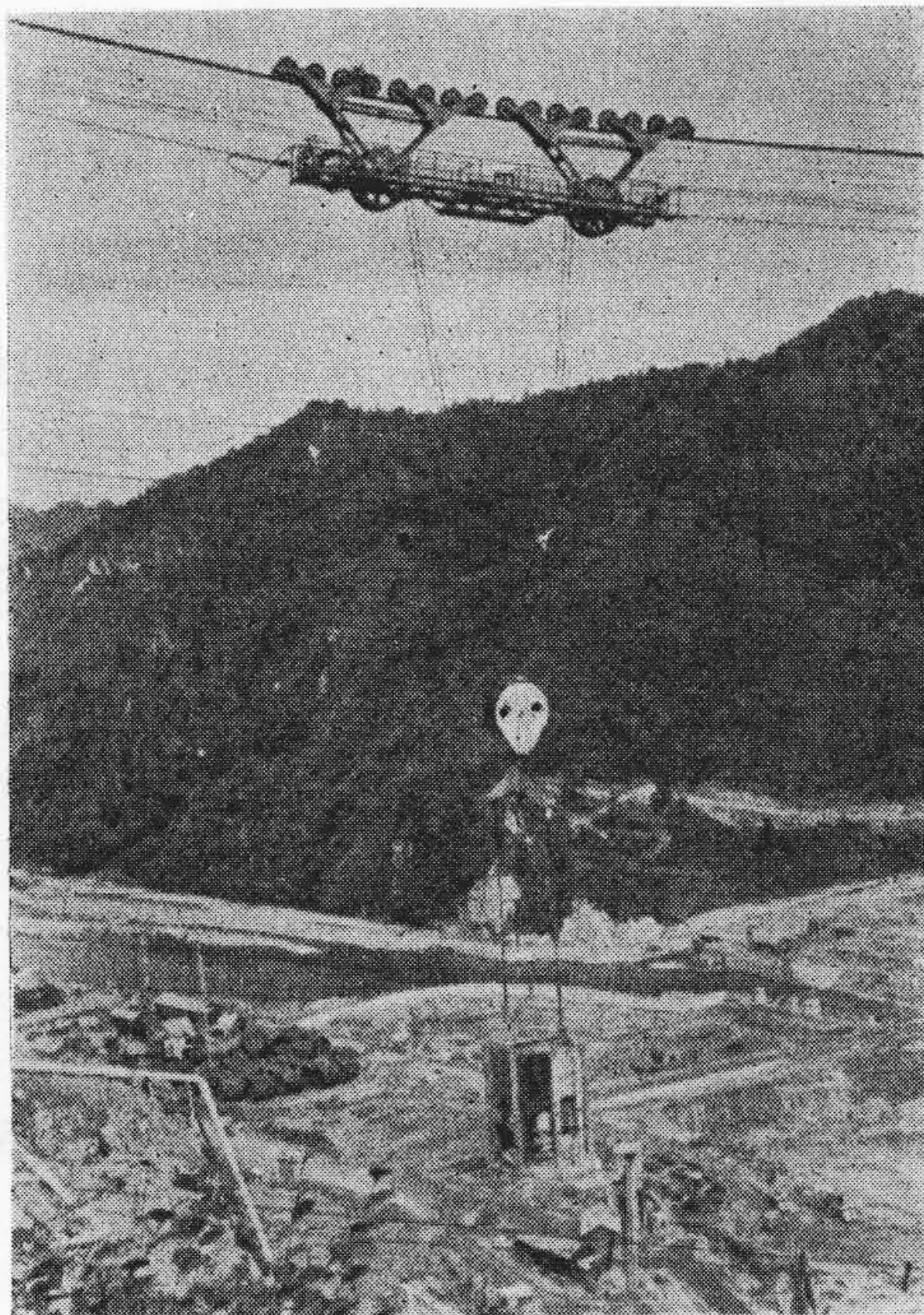
有効断面積 7,039 mm²

保証破断力 830 t

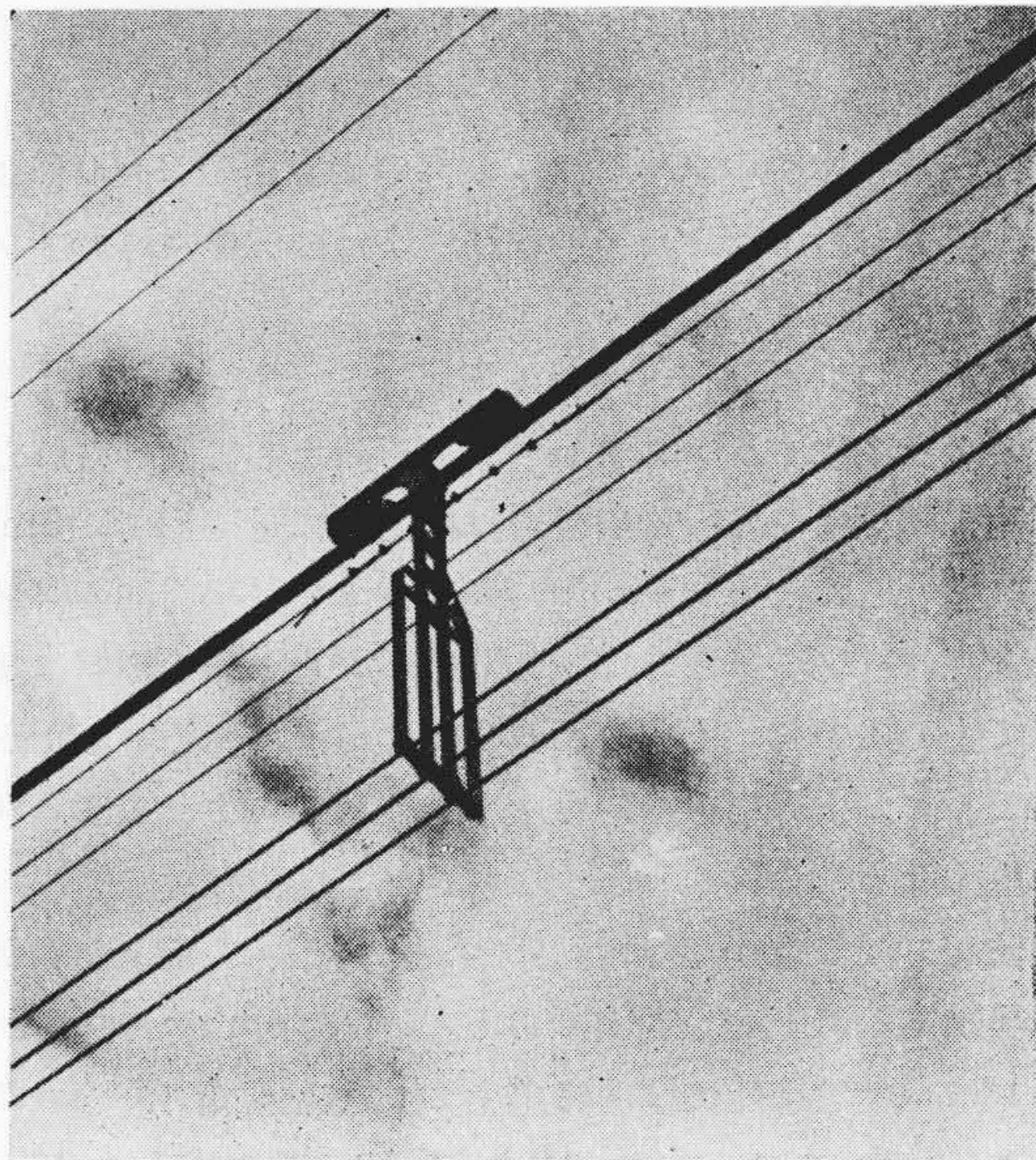
単位重量 59.3 kg/m

引張試験の結果は実際破断力 875 tであつた。この主索は国産記録品で、荷造重量が40 tを越したので、現地の道路輸送は困難をきわめた。

巻上・横行ロープはファイラ型ロープ6×Fi(29)、キャリアロープは同じく6×Fi(25)を使用した。巻上用は荷重を4本懸とし、左右反対燃りのものを配置しているから、どんな長い揚程でも荷重が回転して左右のロープがからみあう心配はない。



第 15 図 25 t 高速トロリ



第 16 図 無衝撃高速キャリア (ロープ牽引式)

(B) 主トロリ

主トロリは16個の車輪を有し、主索上を高速度で横行する。各車輪は2個宛組み合せで、輪圧が完全に均等になるようなリンク結合である。本機はボタンロープ式でないから、主トロリは単純な、軽快な構造となった。同容量のボタン式のものに比較して、少なくとも25%以上軽くなっている。

(C) キャリヤ装置

高速運転を行うので、前述のロープ牽引式無衝撃キャリアを用いさらにその駆動方法に改良を加えたので、いつそう軽快となった。本機にはトロリの前後に3個宛のキャリアを配置した。前記の実験ではキャリアロープの駆動装置は横行ウインチの駆動輪に取り付けたが、今回は各塔の最高部の横行シーブより駆動するように改良した。特にこの横行シーブは2mの大径と

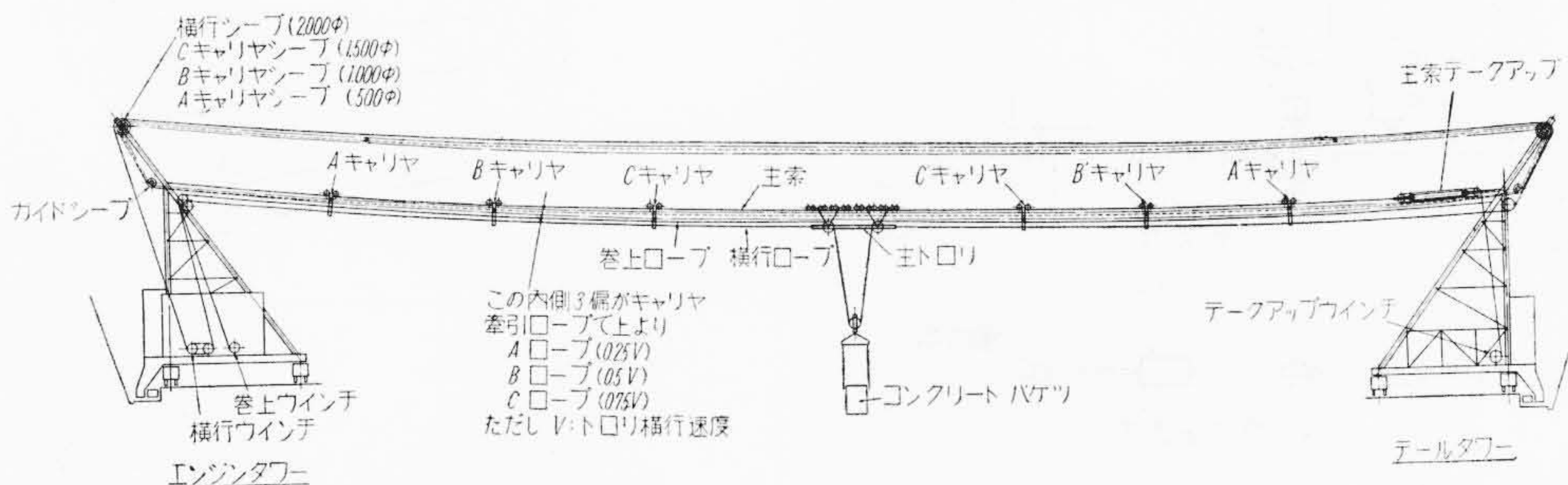
したので、キャリア駆動シーブの直径もそれに比例して大きくなった。このような配置は通過シーブの数が減ると同時に、ロープ自身の曲げ方向も同じになるので、ロープの寿命を増す結果ともなる。またこの横行シーブの溝部には特製のゴムブロックを嵌入したのでロープのすべりを防ぎ摩耗を減少した。

(D) ロープの配置

各種ロープの配置は第17図のとおりである。主索の両端はエンジンタワー側は塔頂にピン結合とし、テールタワー側はテークアップ・ロープによつて塔に連結されている。テークアップ・ウインチはテールタワー下段に設置され、主索調整を行う。調整後はロープをクリップ止めとし、ウインチ側のロープには張力がかからない。

巻上ロープは左右2条で、その末端はテールタワー上のバランスシーブで連結される。

横行ロープは、ウインチの巻胴にエンドレスにかかり、その一方はガイドシーブを径てトロリに固定され



第 17 図 ロ ー プ 配 置 図

る。他方は塔頂の大径シーブを経て反対塔で反転してトロリに固定される。

一般に本機のシーブ径は鋼索の素線径の1,000倍以上にしたので、シーブの曲げによる疲労摩耗はわずかである。

(5) コンクリートバケット

バケットはトランスファー・カー用として製作された二室高速型である。その外形は楕円形に近い形で、 $3\text{m}^3 \times 2$ 室とした。クレーンのつりビームで長手方向の耳部を2点ロープつりとした。本器はバンカー線の岸壁に接して止めるので、十分がんじょうな構造である。したがってバケットの自重は、台車上つり替え式よりも60~80%重くなる。

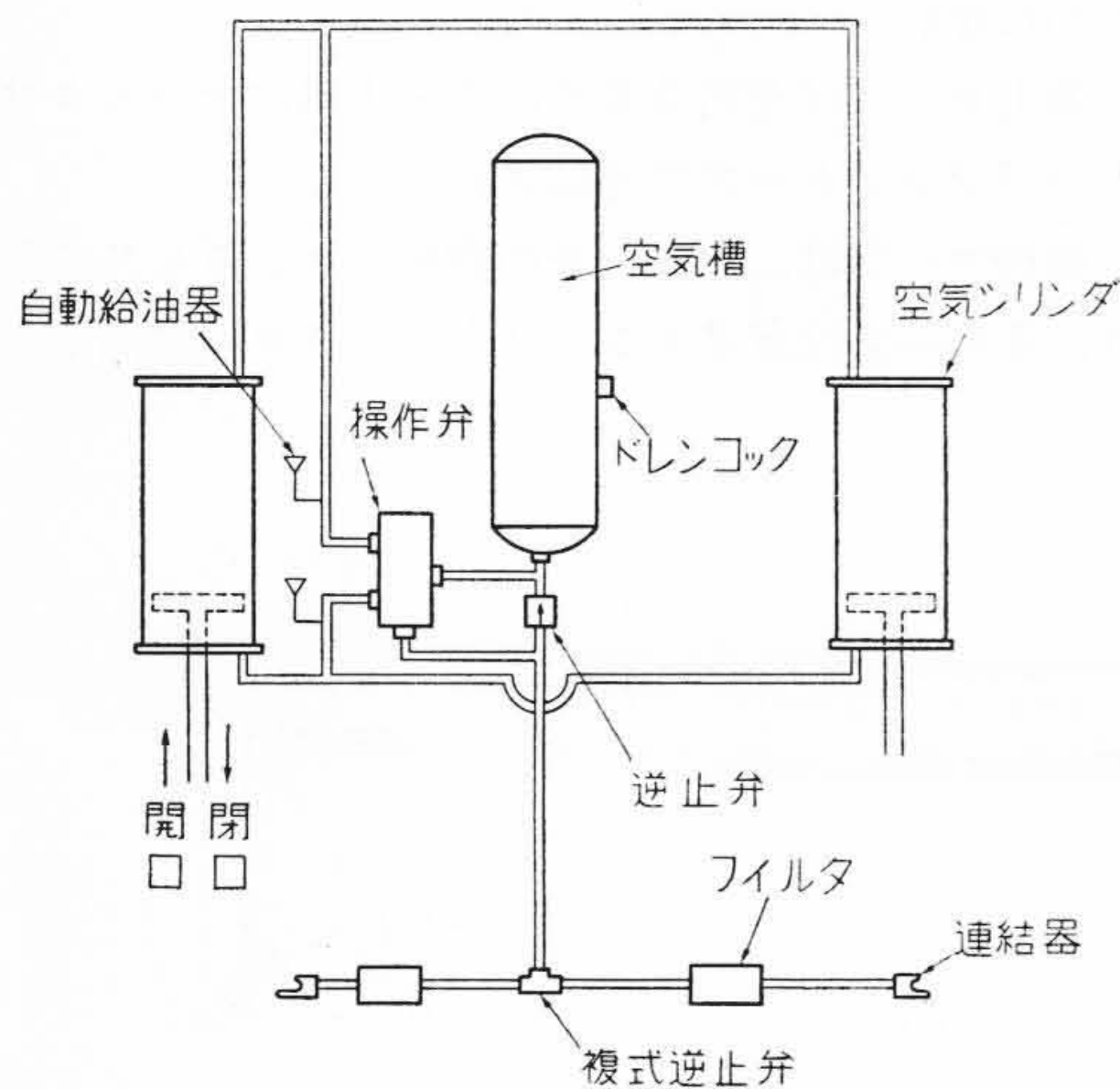
注記：同じ 6m^3 バケットでもクレーンの巻上能力が異なるのは上記の理由による。一般に 6m^3 ケーブルクレーンの巻上能力は、台車上つり替え式で $15+5=20\text{t}$ 、トランスファーカー式で $15+8=23\text{t}$ または $15+10=25\text{t}$ である。後者はバケットの破損部分の修理追加部の重量が加算されて $8+2=10\text{t}$ とした余裕のある能力を示す。

バケットの開口は圧縮空気で行う。空気は打設地点で毎回ホースで給気して開口する。給気側をはずせば自動的に器内の操作弁の作用で、開き側の空気を外気に放ち、空気槽中の余圧で閉口する。給気圧は $4\sim 5\text{kg/cm}^2$ で開き得る設計である。

(6) 電気設備

(A) 電源

本機の電源は走行路上流端にて三相交流 $3,000\text{V}$ $50\sim$ で給電される。低電圧動力は機内で 400V に変圧される。操作回路は直流 110V 、そのほか照明、信号、



第18図 2室高速型コンクリート・バケットの配管系統図

警報用は单相 100V $50\sim$ である。集電は塔前のカーテンレールを利用してケーブルで導入される。またエンジンタワーと機外運転室、テールタワー間もすべてケーブル線で連絡されている。

(B) 運転方式

巻上・横行ウインチはそれぞれ2台の直流電動機を使用した。本機の重要性にかんがみ、万一事故の場合を考慮して各1台宛の予備を備えた。したがって1台が故障しても、取り替えに数時間を要するのみでただちに全能力運転を続行することができる。

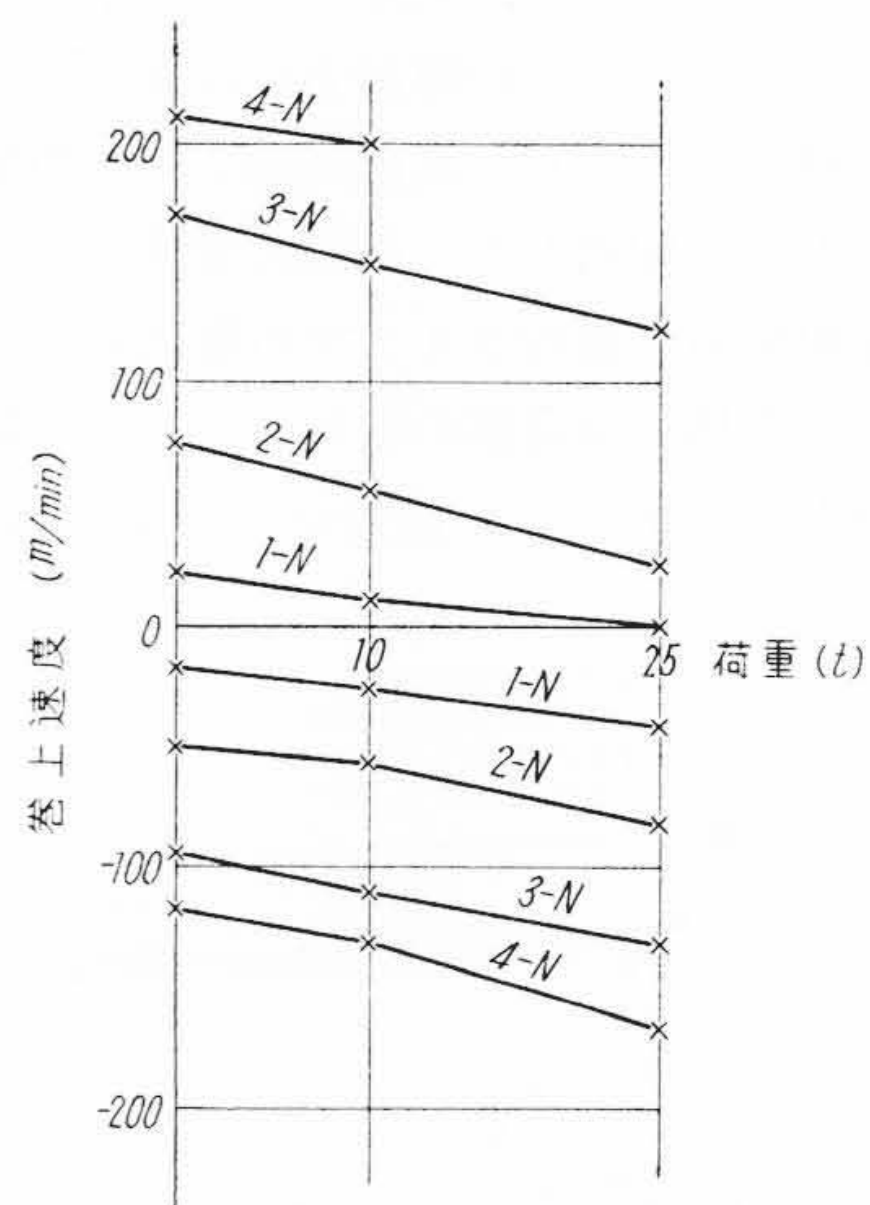
両ウインチの速度制御はワードレオナード方式を採用し、それぞれの目的に応じた特性をもたせた。すなわち巻上電動機は巻上方向に対しては垂下特性をもたせて、軽負荷(空バケット時)巻上速度を定格(コンクリート満載時)速度の約200%まで高め、空バケット巻上時間(常用運搬の復帰コース)の短縮を計った。巻下方向に対しては分巻特性としての加速減速を容易にかつ安定させたので運搬時間が短縮される。

横行電動機にはわずかな垂下特性を与え、横行運動に適した特性をもたせた。これらの速度制御は、信頼性のある回転増幅機によつて、即応性・安定性が付与されきわめて円滑な運転を行うことができる。

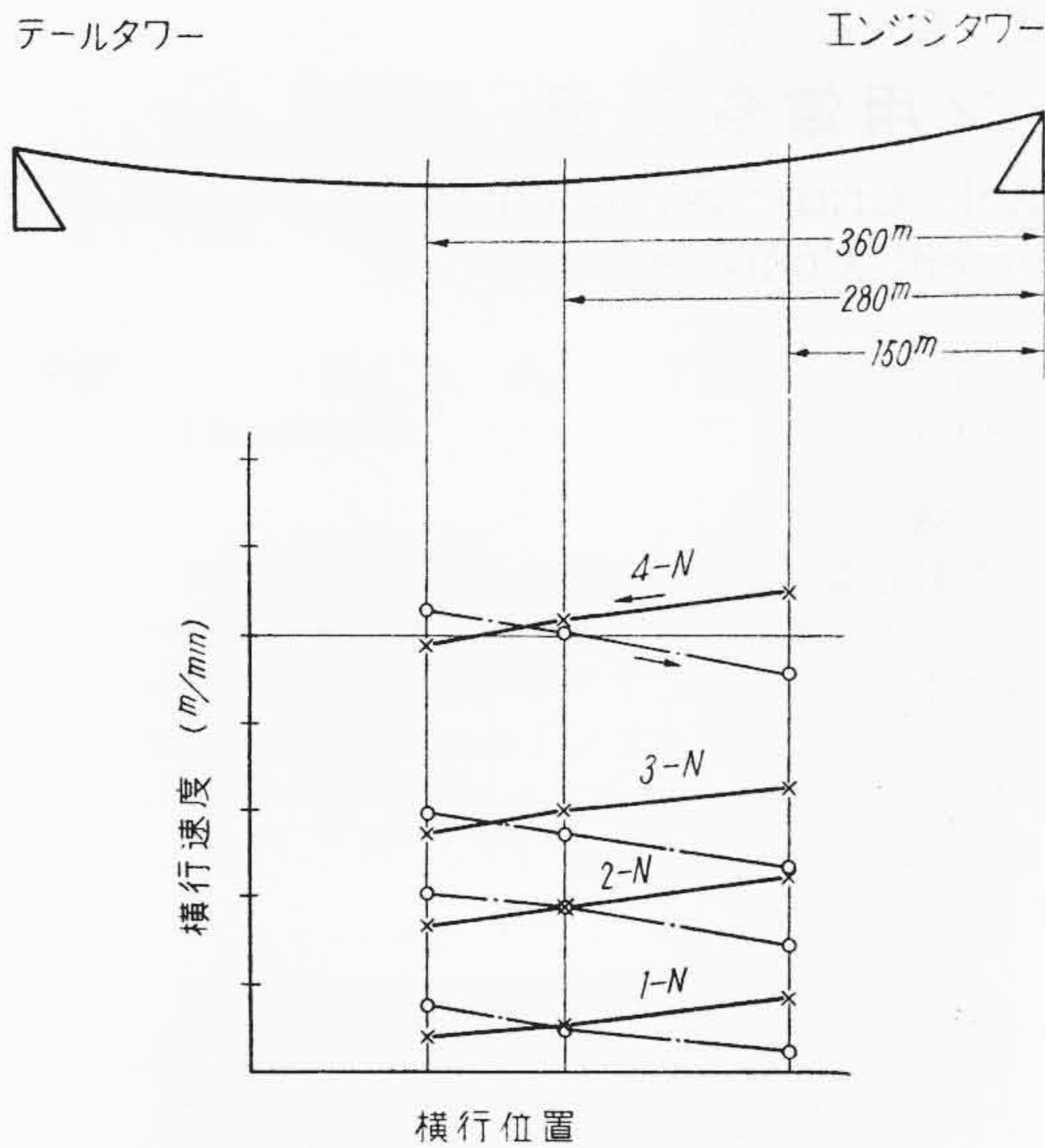
これらの直流電動機および電動発電機は連続定格で、強制他力通風であるから十分な容量をもっている。

走行電動機は巻線式連続定格クレーンモータで、全機は1個の操作スイッチで同時運転を行うが、必要に応じて、切替スイッチで各塔単独走行もできる。その加速は共通のタイムリレーで自動的に行われる。

(7) 遠方操作



第19図 巻上速度の実測値
荷重は全負荷(25t)と、空バケット軽負荷(10t)と、バケットなし(0t)と各ノッチごとの速度を測定した。



注：矢印は進行方向を示す

第20図 全負荷横行速度実測値

本機は運転能率をあげるために、常時、機外運転室にて遠方操作を行う。また必要に応じて機械室内で操作もできる。機外運転室はバンカー線の上流側で、走行路末端より約100mの地点に設けられた。

遠方操作方式はケーブル線を少なくするように考案されている。巻上・横行用は自動追従装置により、運転把手の動きがただちにエンジンタワー内の制御器に伝達され、少数のケーブル本数で、制御器を直接操作すると同様な効果をあげた。走行用は操作スイッチで行う。

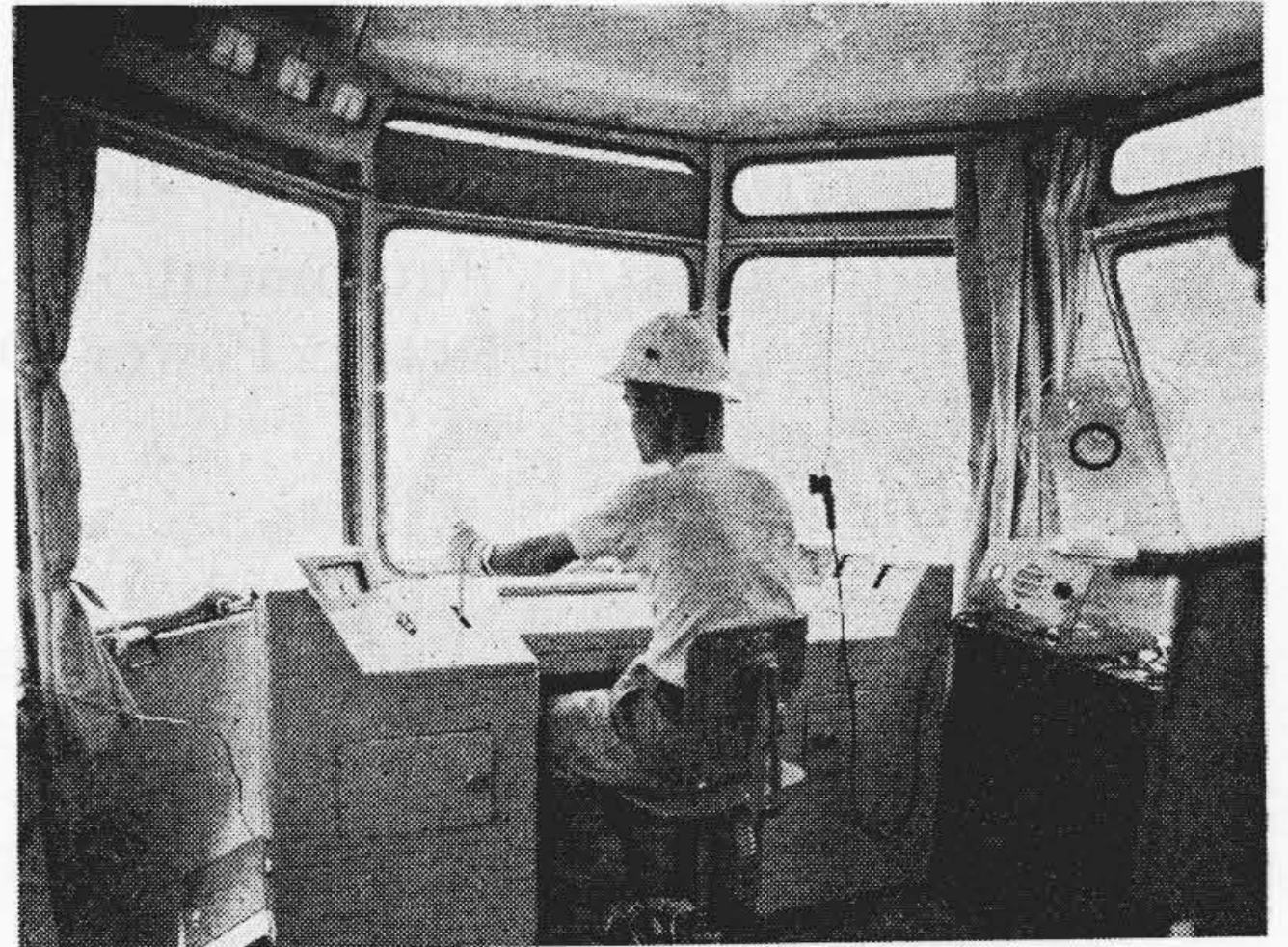
機外運転室には操縦に必要な各種器具が完備されている。特に制御器具は必要補器を組合せた独特のデスクセット式である。このセットには巻上、横行位置を平面的に表わす電気的位置表示装置も組み込まれているので、夜間や濃霧中でも安心して正確な運転ができる。別に両塔の斜行距離表示器も完備されている。

(A) 稼動状況

本機は本春現地据付を完了した。試運転の結果もいたって良好で、ただちにならし運転より始めて稼動運転に移った。稼動状況は、新型キャリヤは予測されたとおり円滑に作動し、その他各装置とも好調で、高速ケーブルクレーンとして相応わしい高性能を発揮している。打設開始後の日も浅いので、まとまった統計的資料はないが、9月某日の実績は実働8時間のコンクリート運搬回数は138回であった。この数値は毎回運搬時間約3.5分、実働1日20時間として

$$6\text{m}^3 \times 20\text{時間} \times 60\text{分} / 3.5\text{分} = 2,060$$

$$\approx 2,000\text{m}^3/\text{day}$$



第21図 高速ケーブルクレーンの機外運転室

2,000 m³/day の打設量に相当する。全プラントが完全に整備される最盛期には毎回運搬時間は2.5~2.0分の高速運転を持続できるものと期待されている。

〔V〕 結 言

ケーブルクレーンのボタン式キャリヤは、その高速化をはばむものである。これに代るべきキャリヤは各国で種々の方式を試みたが、いずれも満足な成果は得られなかつた。日立製作所が試みた2種の無衝撃キャリヤのうち、ロープ牽引式は最も良好な実績を示した。今回完成した新型キャリヤは高速化の隘路を開いた画期的な改良である。この装置を応用することによつて、横行速度の制限は取り去られ600 m/minあるいはそれ以上も可能となつた。したがつてボタンロープ式キャリヤの適用範囲は、小型・低速度に縮小さるべき結果となつた。

1952年春完成した田子倉ダムの25t高速ケーブルクレーンは、すぐれた性能を有する記録的製品である。その成果は高速ケーブルクレーンの今後の在り方を示唆するものである。また本機は日立ケーブルクレーンの40号機に当るが、20余年前の1号機と比較して⁽⁶⁾、その飛躍的進歩に感慨深いものがある。

最後にキャリヤ装置の改良にあたり、多大の御支援を辱うした建設省関東地方建設局藤原工事事務所、三重県宮川開発建設部、東京都水道局小河内貯水池建設所、中部電力株式会社井川建設所および各ダム地点の建設業関係者の方々に厚く御礼を申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 赤木：日立評論 34, 12, 1419 (1952-12), 35, 2, 429 (1938-2)
- (2) J.G. Tripp, Civil Engineering, (1951-3)
- (3) L.L. Wise, Construction Methodes and Equipment, 33, 10, (1951-10)
- (4) W. Franke, Bauingenievr, (1954-1)
- (5) 赤木：日本機械学会誌 58, 437, 447 (1955-6)
- (6) 山本 格：日立評論 26, 205 (1938-10)
赤木：日立機械評論 28, 731 (1937-4)