

ケーブル起重機の計画と最近の実績 (その 1)

赤 木 進*

Hitachi Cable Crane—Its Latest Development and Some Ideas on Planning (Part 1)

By Susumu Akaki
Kameari Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Cable cranes have been in use for dam construction in its early day of development in Japan. But its application was then confined to the transportation of construction materials. And it is since 1936 that the use has been extended to the concrete pouring work for dam construction, when two sets of Hitachi's 9 t cable cranes were employed in the construction of Tsukabaru Dam and displayed their excellent serviceability for this type of job.

Since then, scores of cable cranes have been designed and built by the Company. The business in this line is getting activity especially in the present postwar period as the comprehensive reconstruction scheme for industries has set in requiring in the first place the construction of numerous hidroelectric power plants to constitute a backbone for the scheme.

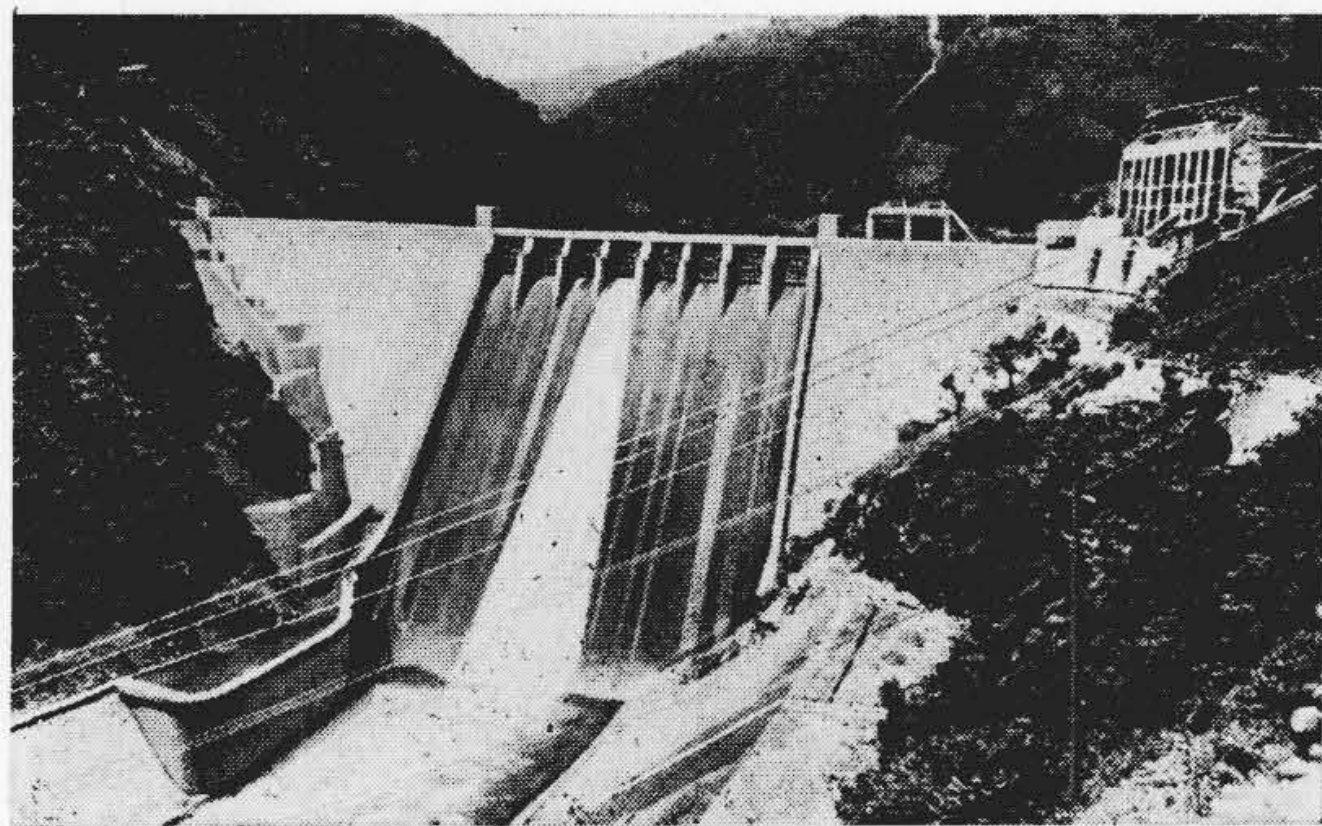
The writer describes in this paper a few examples of the Company's cable cranes sold recently with detailed explanation of their distinctive features, along with some ideas on planning installation of cable cranes.

〔I〕 緒 言

日本の堰堤工事にケーブル起重機が使用されたのは古い事であるが、それは機材運搬用としての利用に止まり、本格的にコンクリート施工に使用されたのは昭和 10 年 (1935 年) に着工した塚原堰堤 (堤高 80 m, 堤長 215 m, 堤体 350,000 m³) が最初の試みであつた。本工事には 2 台の 9 t 日立ケーブル起重機を使用して、昭和 11 年 (1936 年) 夏よりコンクリート打設が始められた⁽¹⁾。当時外国でも各所で大規模な堰堤工事が進捗中であり、ケーブル起重機工法が実施され、特に米国では Lidgerwood 会社製ケーブル起重機が成果をあげていた。この時以来内外の成果に基き日本でもケーブル起重機工法が採用されるに至り、昭和 18 年迄に日立製作所のみでも十数台を製作して、堰堤工事に大きな寄与を果したのである。

終戦の空白時を経て一昨年来日本の国土開発が大きく

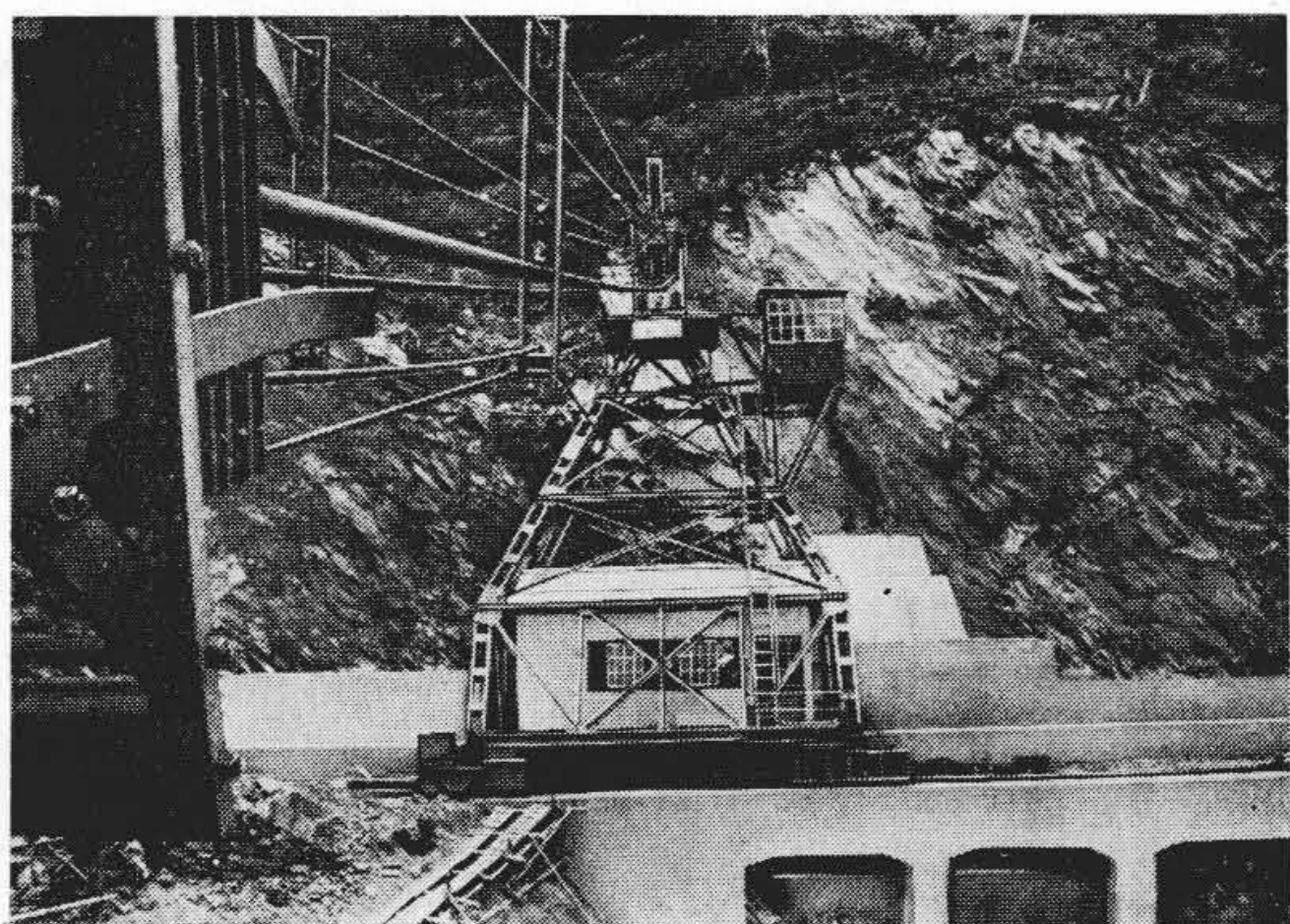
とりあげられ、河川の総合開発、電源開発等の目的で全国各所で堰堤工事が再開し、再びケーブル起重機が必要となつた。戦後最初に製作されたのは、内場堰堤 (香川県) 工事用 4.5 t 日立ケーブル起重機である。本機は堤体 100,000 m³ 以下の小堰堤施工用として、次の目標で設計製作されたものである。



第1図 完成せる塚原堰堤

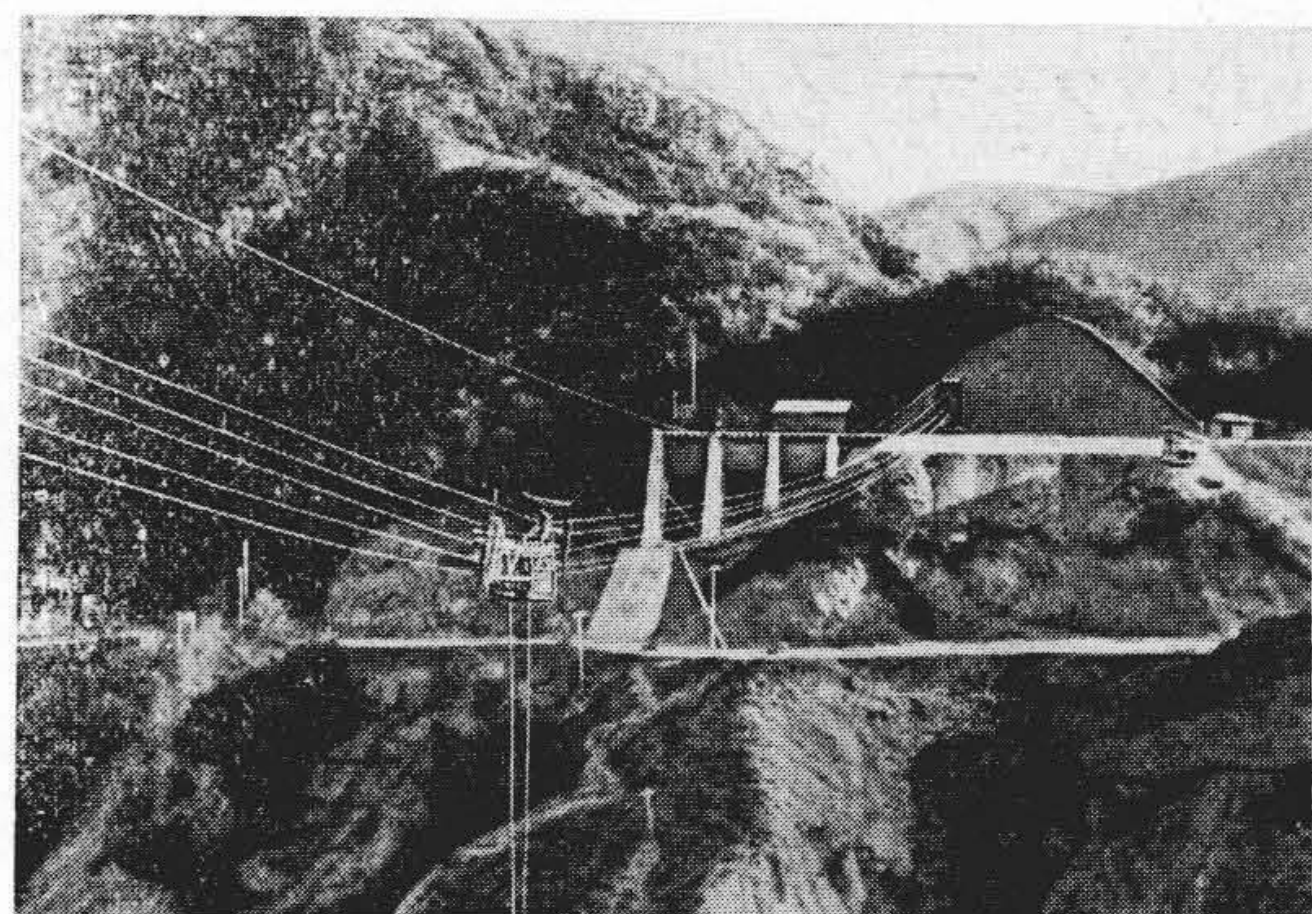
Fig. 1. The Tsukabaru Dam (1939)

* 日立製作所亀有工場



第 2 図 塚原堰堤の 9t 日立ケーブル起重機(昭和11年)

Fig. 2. 9t Hitachi Cable Crane at the Tsukabaru Dam (1936)



第 3 図 内場堰堤の 4.5t 日立ケーブル起重機

Fig. 3. 4.5t Hitachi Cable Crane at the Naiba Dam (1951)

1. バケツ容量は 1.5 m³ とする。
2. 径間 250 m, 揚程 80 m を目標とし将来他の地点に移設可能とする。
3. 形式はエンジンタワを固定とし、テールタワを走行可能とする。
4. 巻上と横行とは別箇のウインチとし運転能率のよい、操作簡易な構造とする。
5. 小形ではあるが優れた性能とする。

6. 建設業者が備品として購入できる程度の価格とする。

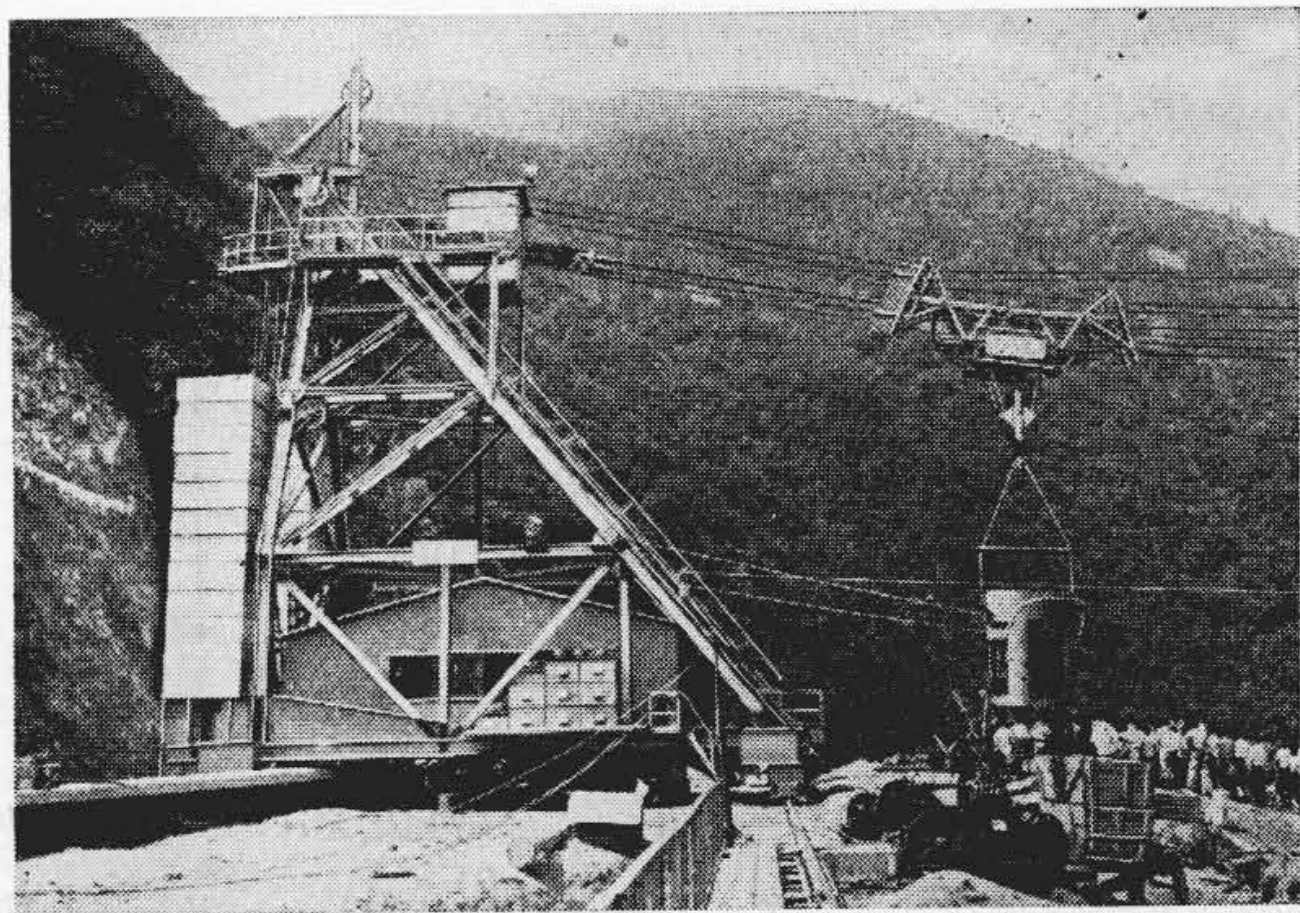
この機械は目下稼動中であるが予期以上の作業能率をあげ業界に大きな貢献をした。この結果従来は重機械化することは採算が合わぬとされていた小堰堤にも各所で計画実施されている。

更に昭和 26 年 8 月より作業を開始した新潟県三面川堰堤工事用 9t 日立ケーブル起重機は戦後最初の本格的

第 1 表 日立ケーブル起重機製作年表

Table 1. Date of Manufacture of Some of Hitachi Cable Cranes

番 号	堰 堤 地 点	形 式		台数	巻上能力 (t)	バケツ容量 (m ³)	寸法 (m)		速度(m/min)			製作年次
		エ ン ジ ン タ ワ	テ ー ル タ ワ				径 間	揚 程	巻 上	横 行	走 行	
1	塚 原	走 行	固 定	1	9.0	3.0	340	112	60	240	6.0	1935
2	塚 原	走 行	固 定	1	9.0	3.0	300	105	60	240	6.0	1935
3	富 寧	固 定	固 定	1	9.0	3.0	393	63	60	240	—	1936
4	富 寧	走 行	固 定	1	9.0	3.0	370	63	60	240	6.0	1936
5~6	有 峰	走 行	固 定	2	13.5	4.5	390	110	80	240	6.0	1937
7	霧 社	走 行	固 定	1	13.5	4.5	320	130	80	240	6.0	1938
8	華 川	走 行	走 行	1	9.0	3.0	480	63	60	240	6.0	1939
9~10	陽 地 坪	走 行	走 行	2	18.0	6.0	520	100	60	150	6.0	1941
11	水 豊 洞	固 定	固 定	1	2.0	—	300	60	50	150	—	1941
12	内 場	固 定	走 行	1	4.5	1.5	197	80	40	120	6.0	1950
13	三 面 川	走 行	走 行	1	9.0	3.0	266	100	100	150	6.0	1950
14	物 部 川	走 行	走 行	1	9.0	3.0	399	130	60	240	6.0	1950
15~16	旭 川	固 定	走 行	2	4.5	1.5	264	60	60	240	6.0	1951
17	川 の 谷	固 定	走 行	1	4.5	1.5	253	50	40	120	6.0	1951
18	明 塚	固 定	走 行	1	9.0	3.0	410	130	60	240	6.0	1951
19~20	上 椎 薬	固 定	走 行	2	13.5	4.5	490	140	90	360	12.5	1952
21~22	丸 山	走 行	走 行	2	13.5	4.5	330	124	100	240	6.0	1952
23	小 又 川	固 定	走 行	1	4.5	1.5	140	80	60	200	6.0	1952
24	神 通 川	固 定	固 定	1	4.5	1.5	272	60	40	120	—	1952



第4図 三面川堰堤の9t日立ケーブル起重機のエンジンタワ（昭和26年）

Fig. 4. 9t Hitachi Cable Crane at the Miomote River Dam (1951)

ケーブル起重機で、従来のものに比し格段の進歩改良が加えられた構造である。運転実績も良好で、1日当り最大コンクリート打設量 $1,270 \text{ m}^3$ 、月間打込量 $23,727 \text{ m}^3$ の記録を示している⁽²⁾。

日立製作所では戦前11台、戦後13台、合計24台のケーブル起重機を製作したが、昨年来その需要は増加し年々倍加の現状である。この事実は堰堤施工上に於てはケーブル起重機が最もよくその目的に合致し、特に国内の如き堤長が堤高に対して比較的短い場合には、ケーブル起重機工法によるのが最も合理的であることを証明している。製作技術については、最近二三年間に長足の進歩をとげている。日立製作所では昭和10年以来、各容量、各様式のケーブル起重機を製作し、豊富な経験に基いて機械的並びに電気的の総合技術を遺憾なく適用して作品毎に改良が加えられている有様である。

ケーブル起重機工法は理想的な堰堤施工法であるがその能力、型式、寸法及び配置の決定には慎重な考慮を必要とする。即ちその計画には堰堤地点の地形、地質、気象、工期等の特異性が大きな条件となる。本稿はその計画について要点を記述し、特に配置についてはできるだけ多くの前例をまとめて記載した。また最近日立製作所に於て完成した二三の製品についてその特長をとらえて解説をなし、併せて運転実績をも附記した。

〔II〕 ケーブル起重機の計画

(1) 概 論

コンクリート堰堤施工に当つては工法の選定が最も重要である。案ずるに堰堤築造用コンクリートは固練りであるから輸送中分離を起し易いので、バケツ輸送にする外ない。又混合場と打設地点とは相当の距離があり、且つ打設地点は刻々と移動するのでバケツを取扱う起重機は、これに応じて移動しなければならない。一般の起重

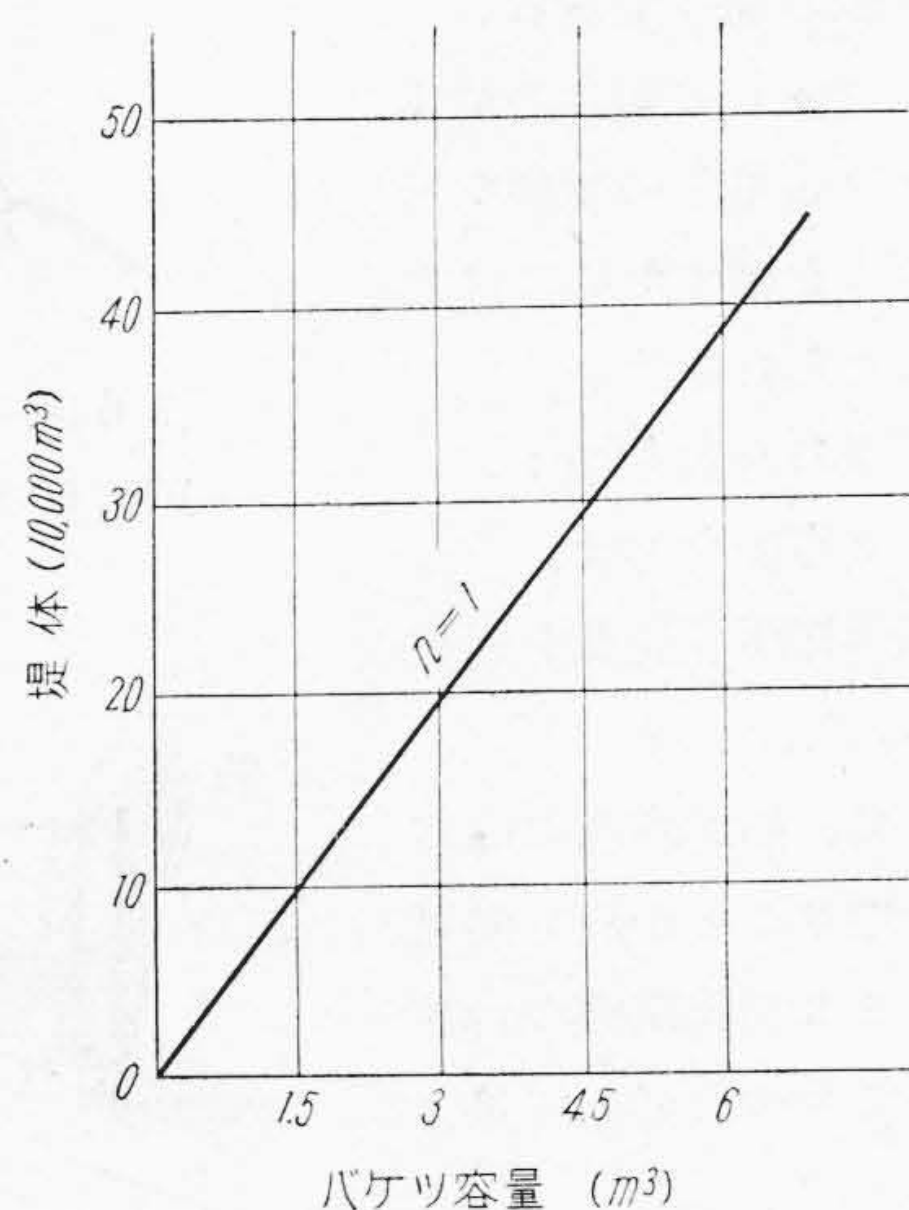
機、例えばジブ起重機、両腕橋形走行起重機では自体の行動範囲が狭いから、堰堤内又はその附近に走行路を必要とする。これに反しケーブル起重機はその特性を発揮することができる。即ち走行路は堰堤より遙か後方の地形を利用して設け、長径間、長揚程で堰堤のあらゆる地点を行動する。バケツはそのまゝ打設地点まで空中を直送できるので作業能率が高く、如何なる固練コンクリートでも打設可能である。堰堤コンクリート施工にケーブル起重機工法が優れている事は、その本来の特性による。但しケーブル起重機の唯一の欠点はバケツ運搬（巻上及び横行）速度は高速であるが自体の走行速度は非常に低速（普通 6 m/min ）であることである。従つて走行速度は作業時間算定の要素に繰入れることはできない。両側の走行塔は自体の重量の外に主索及び各種操作鋼索の張力と、これに釣合うべきおもりを加算すると、例えば9tケーブル起重機のエンジンタワ（塔高15m、軌条間隔11m）では300tを越える龐大な数値になる故、これを頻繁に高速度で走行させるには少なからざる設備費と運転費を要するので避くべきである。

(2) 能力の決定

計画された堰堤コンクリートの全容積に対して最も適合した能力を決定するためには、工期とその地点の特殊条件とを主眼として検討せねばならない。工期はできるだけ短縮すべきであるが、予算その他二次的条件によつて変更される可能性も大きい。しかしこれは技術的分野を越えた問題である。

(A) ケーブル起重機のバケツの容量と台数

堰堤の体積とケーブル起重機のバケツの容量との間には次の簡単な関係が成り立つ。（第5図参照）



第5図 堰体とケーブル起重機のバケツ容量との関係 ($nc=v/k$ に於て $n=1$ とした場合)

Fig. 5. Relation between Total Volume of Dam and Capacity of Concrete Bucket

$$nc = \frac{v}{k} \dots\dots\dots (1)$$

但し n : ケーブル起重機の有効台数

c : コンクリートバケツの容量 (m^3)

v : 堰堤の体積 (m^3)

k : 定数で 6.5×10^4 とする。

この関係式は筆者の案出した公式で簡単ではあるが大体的見当をつけるのに効果がある。上式に於て n は有効台数である。例えば 2 台のケーブル起重機を使用する場合その機械が、2 台共同し程度に運搬能力を示せばよいが、必ずしも 1 台の場合の 2 倍の能力とはならない。従来の例で見ると 1.5~1.8 倍位に相当していると思う。次に k の値はバケツの総運搬回数に相当し、起重機的能力(毎時間運搬回数)と実運転時間の累計との相乗積に等しい。一般に k の値が 6.5×10^4 より小さい場合は設備に余裕があると見てよいが、それより大きい場合は普通の工期(20 箇月位)では設備能力に余り余裕がないから高性能の機械設備を必要とし、更に短期間に完成するためには 1 日当りの作業時間も長くなる。 $k=10^5$ にも達すると殆ど昼夜連続作業を要求されることになる。

ケーブル起重機的能力はバケツ容量(m^3)で表示され、巻上能力(t)はフック荷重でコンクリートにバケツの自重を加算した値である。又ミキサの 2~3 バッチでバケツ 1 箇分の容積とするから、それ等の組合せでバケツの種類が限定される。目下各所で使用されている組合せを示せば第 2 表の通りである。

第 5 図は $n=1$ の場合の堤体積と、バケツ容量との関係を示す。打設能力を増すためには次の方法が考えられる。

1. 起重機の台数を増す。
2. バケツ容量を増す。
3. 毎回運搬所要時間を短縮する。

結論として、能力増強にはバケツ容量を増すことが最も効果的である。こゝで起重機の台数増加について今少し考えて見よう。

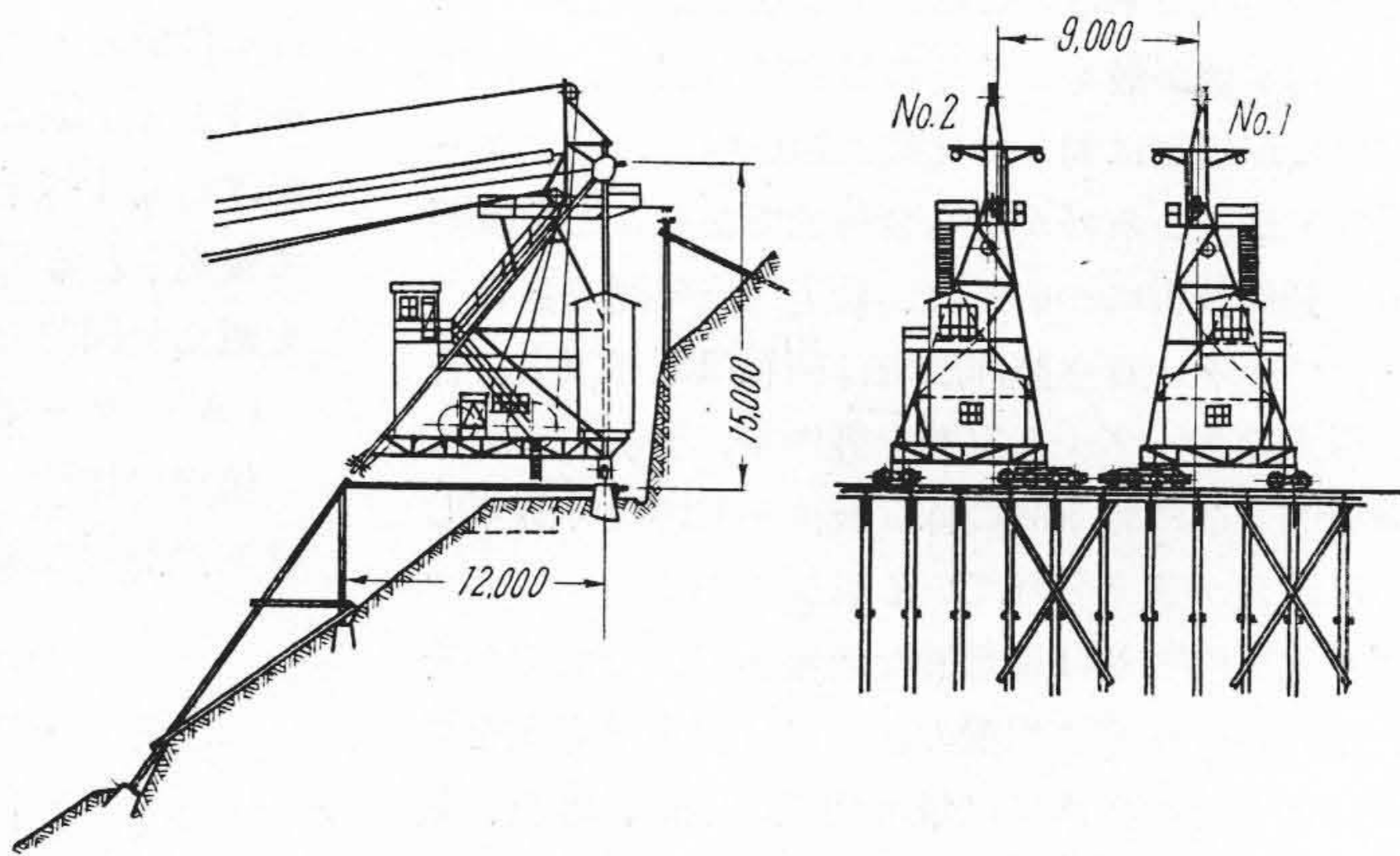
起重機を 2 台にしてもコンクリート打設能力は必ずしも 2 倍にはならない。同一軌条上を走

第 2 表 ケーブル起重機の種類

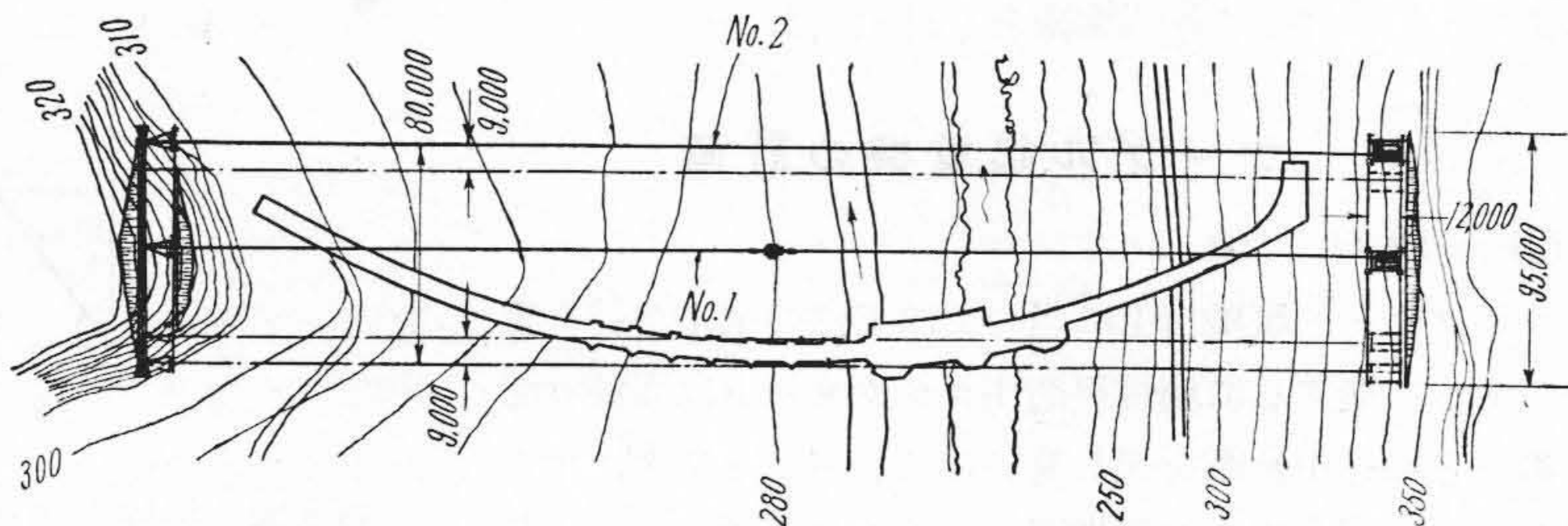
Table 2. Kinds of Cable Cranes

巻上能力 (t)	4.5	9	13.5	18
バケツ容量 (m^3)	1.5	3	4.5	6
ミキサー (切数×台数)	28×3	28×4 56×2	56×3	56×4 112×2

行する 2 台の起重機は走行塔の巾を限度としてそれ以上接近できない。標準形ケーブル起重機の塔の巾は第 6 表(67 頁参照)で D 及び N で示される。9t ケーブル起重機では径間中央部で $(D+N)\frac{1}{2}=10.5m$ となり最もコンクリート量が多い上流側ブロックでは同一ブロックに同時に 2 台使用することは作業上困難である。下流側ブロックについても、ブロックの巾 15m では 2 台とも同一ブロックに全力打設可能の場合は珍しい。外国では 2 台のケーブル起重機で特別の設計をして接近させた前例がある。即ち Sperr ダムでは堤体 $450,000m^3$ に対して $3m^3$ バケツ付ケーブル起重機を 2 台使用した(1936 年)⁽³⁾。



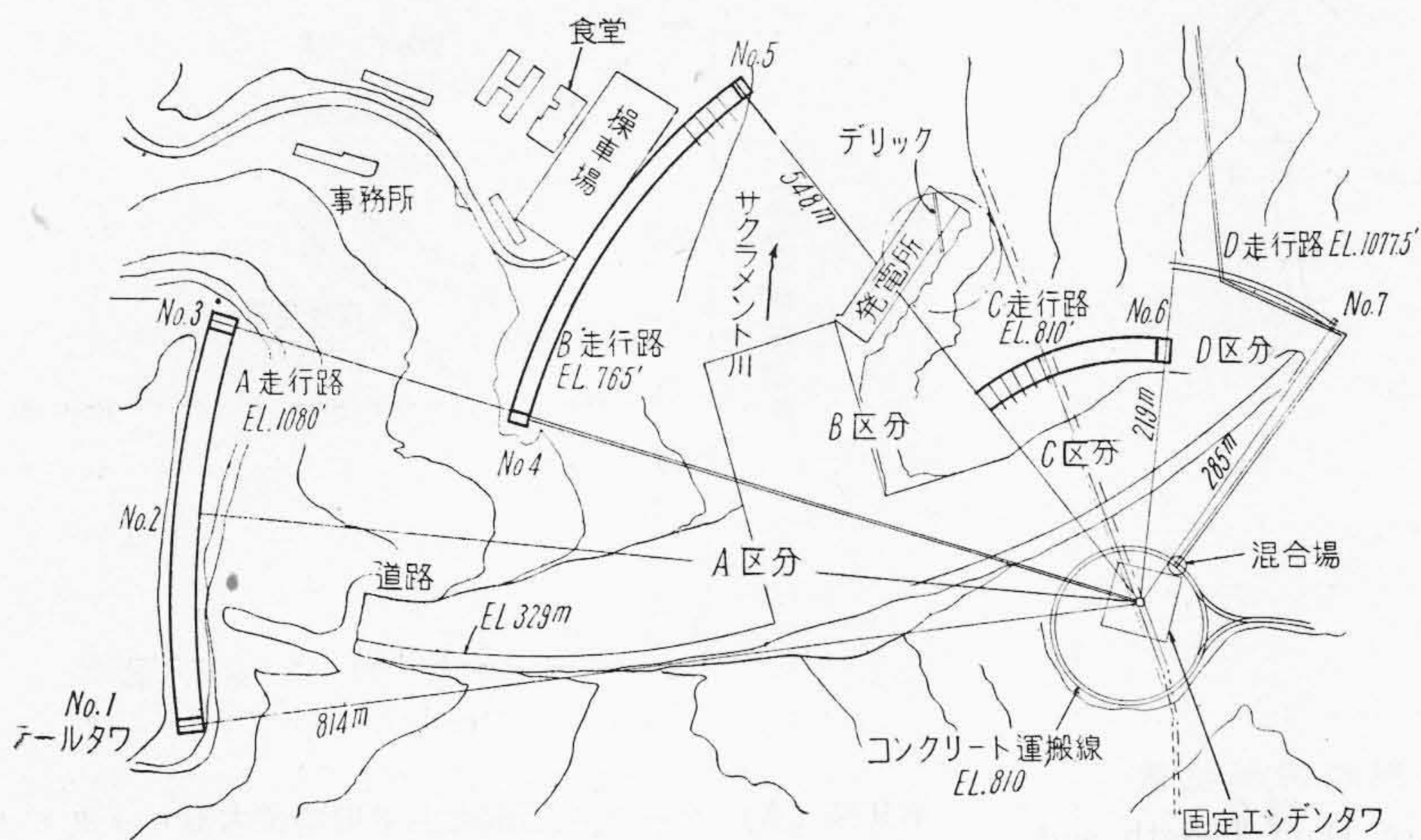
第 6 図-(A) Sperr ダムの $3m^3$ ケーブル起重機のエンジンタワ
Fig. 6-(A) $3m^3$ Cable Cranes Used at the Sperr Dam (1936)



第 6 図-(B) Sperr ダムの $3m^3$ ケーブル起重機の配置図
Fig. 6-(B) $3m^3$ Cable Cranes Used at the Sperr Dam (1936)

コンクリート体積

	A	B	C	D
ダム	3,763,000	812,000	519,000	306,000
その他	51,000	171,000	1,000	500
	3,814,000	983,000	520,000	306,500

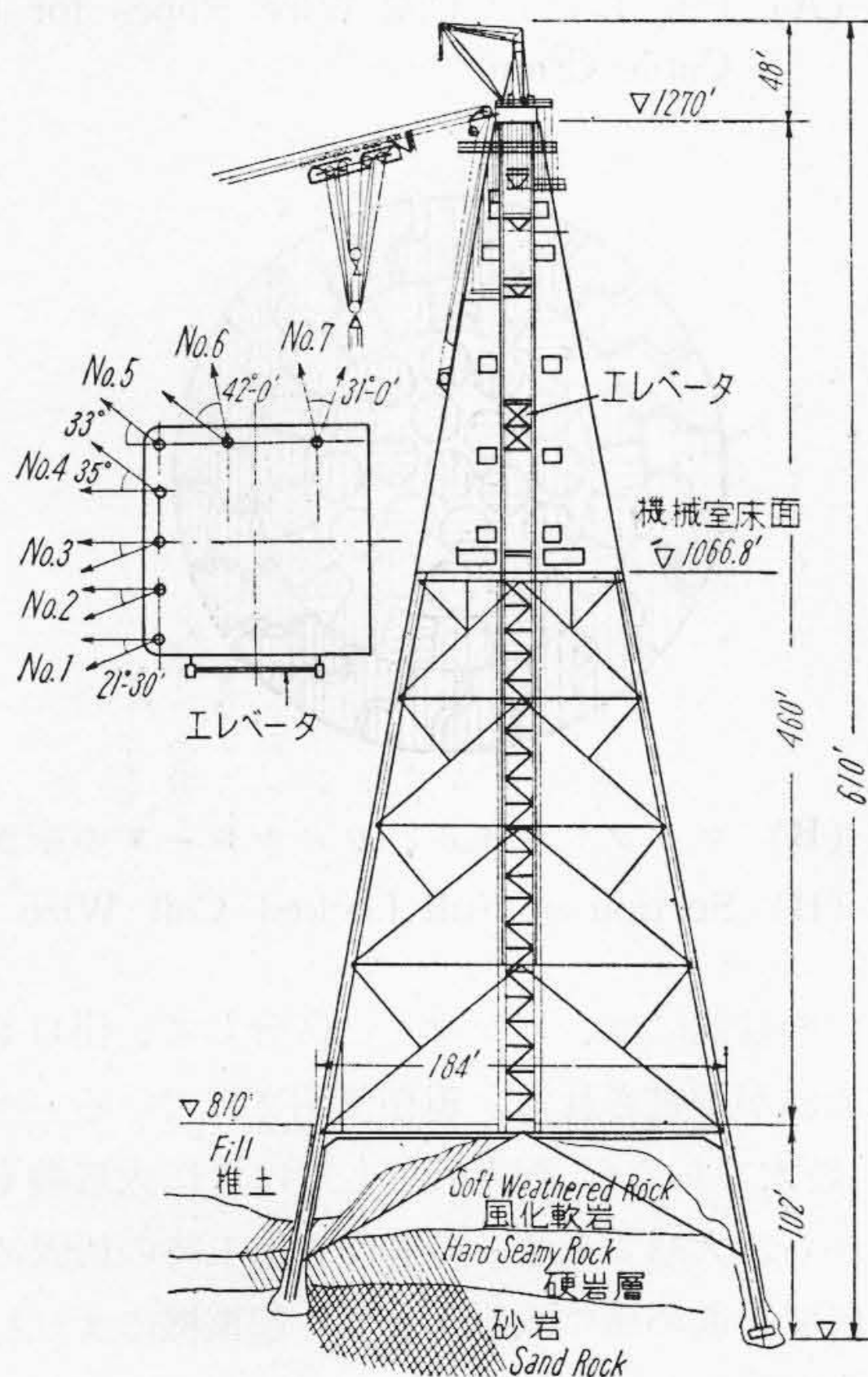


第7図-(A)

Shasta Dam のケーブル起重機

Fig. 7.-(A)

Radial Cable Crane System
Employed at the Shasta Dam



第7図-(B) Shasta Dam に於けるケーブル起重機の
エンジンタワ

Fig. 7.-(B) The Engine Tower of 7-Cable Cranes
Used at the Shasta Dam

Sperr Dam ケーブル起重機

設置台数	 2台
形式	 両側走行形
総能力	 9.88 t
バケツ容量	 3 m ³

径間	 480.7 m
横行範囲	 399.5 m
揚程	 110 m
塔高	 15 m
走行軌条間隔	 12 m
走行軌条有効長	 80 m
走行軌条全長	 95 m

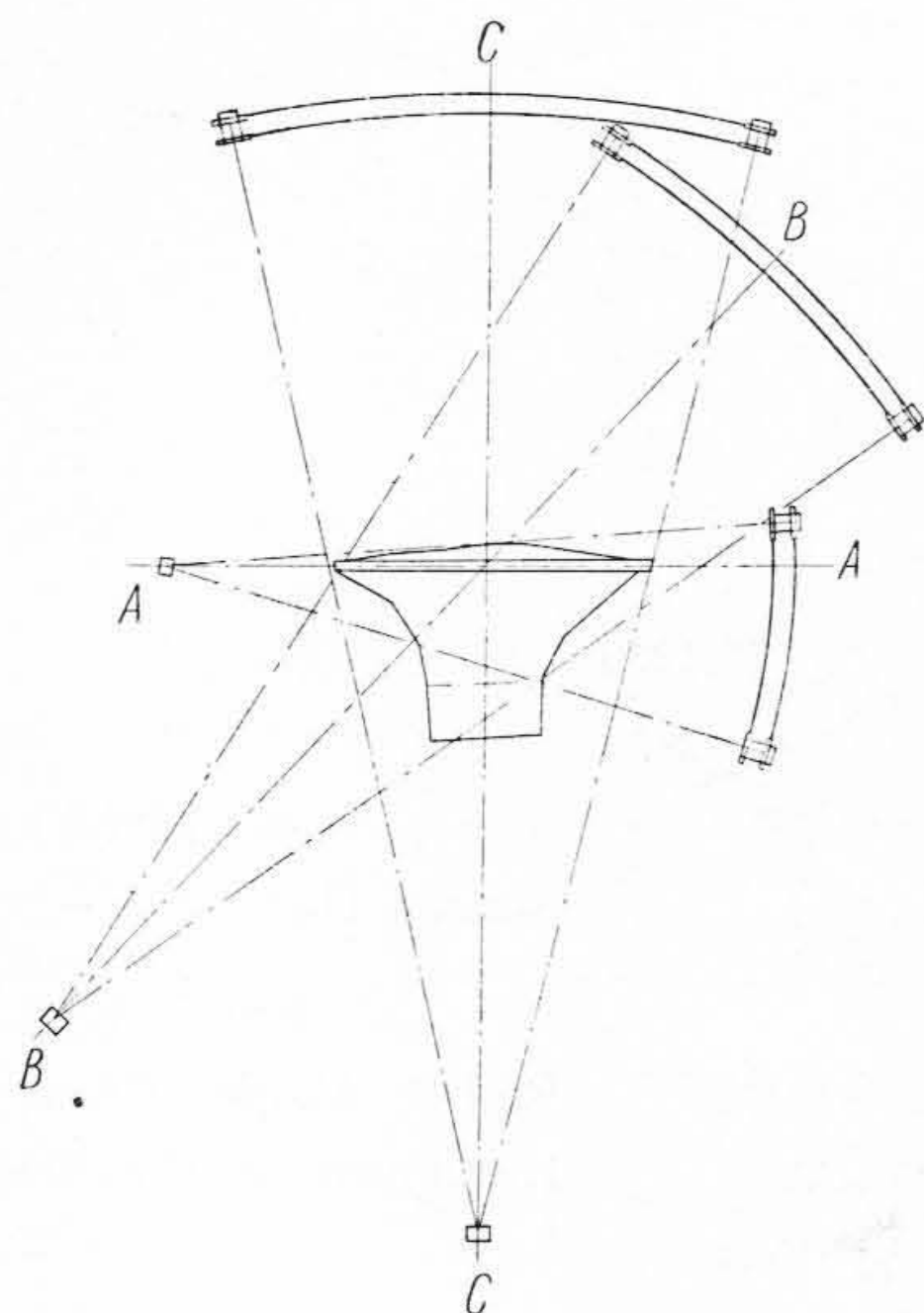
注記: 走行塔は両側共同一寸法である。

起重機は Bleichert 製である。

本機の走行塔は第6図の如く全体の巾 12 m に対し主索の支持点を片方にずらせることによつて 9 m まで接近できた。この堰堤は拱式重力堰堤であるからこの方法は価値があつたので、日本の直線式重力堰堤ではそれ程有効かどうか疑問である。幸にして日本では堤長が堤高に比して割合短いのので、ブロックの配置によつては考慮の余地があるが、製作者の側から見ると左右対称でないから大変である。

前記は両塔共 15 m の塔高であるが、テールタワは地形さえ許せば低くてよいから、9 t 標準でも 7 m まで接近できる (塔の巾 N は 9 t では左右対称でない)。従つて片側走行形としエンジンタワを固定すれば径間中央部で 5~6 m まで接近して作業することができる。この距離まで接近できれば有効に作業できると思う。

大きな堰堤では各機の受持区域を分離して有効に働かせる工法も可能である。Shasta Dam では7台のケーブル起重機全部が別箇の区域を受けもつて有効に稼動した⁽⁴⁾(第7図)。これは工期短縮のために経済的問題を超越して計画された特殊の例である。



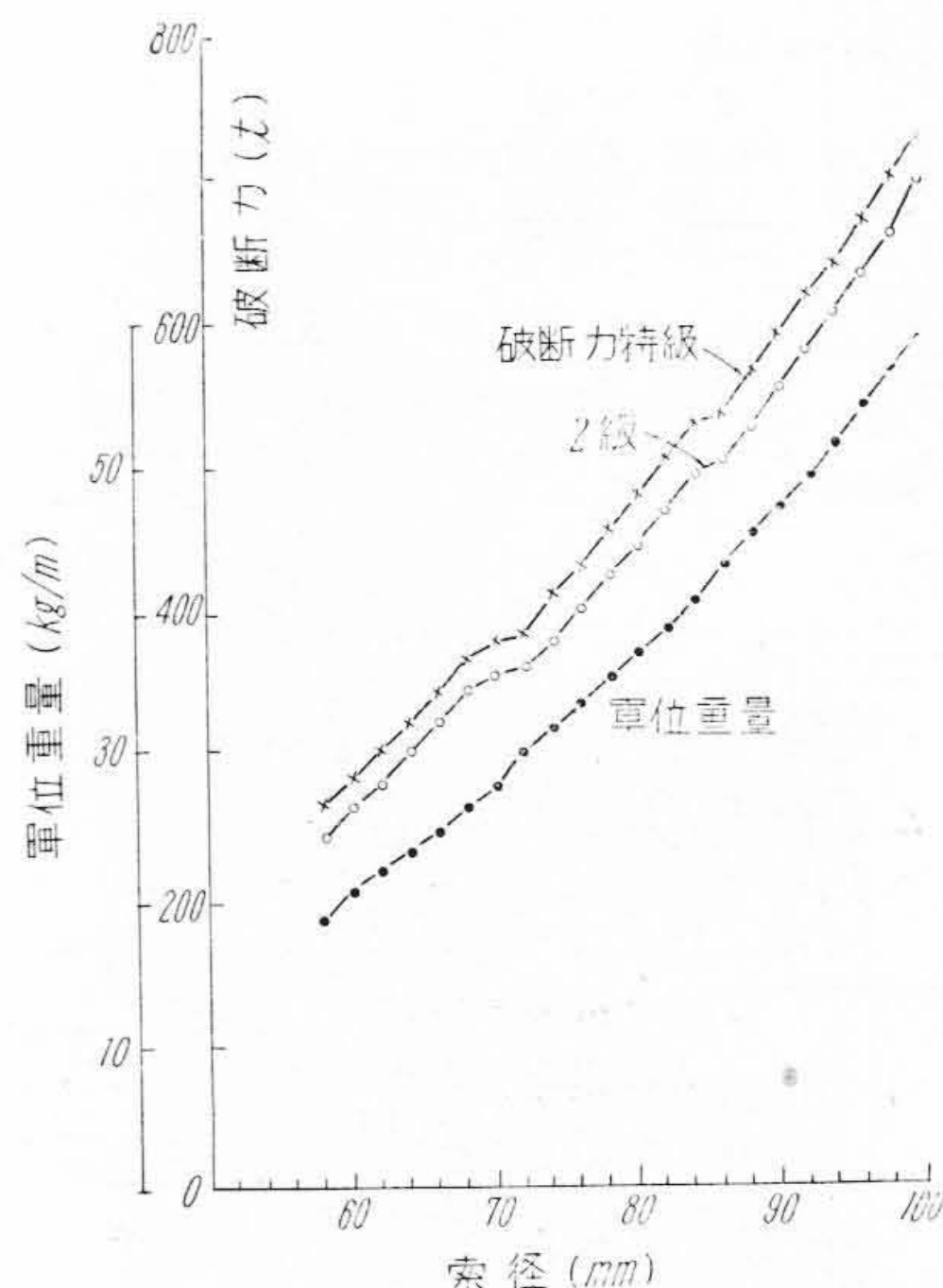
第8図 堰堤とケーブル起重機の関係位置

Fig. 8. Relative Arrangement of Dam Length and Cable Crane

以上の事例はむしろ特殊の場合と見るべきで、計画としては一般に2台目は1台目の50~80%の作業能力しか発揮できないものとして計画を進めた方が安全であろう。

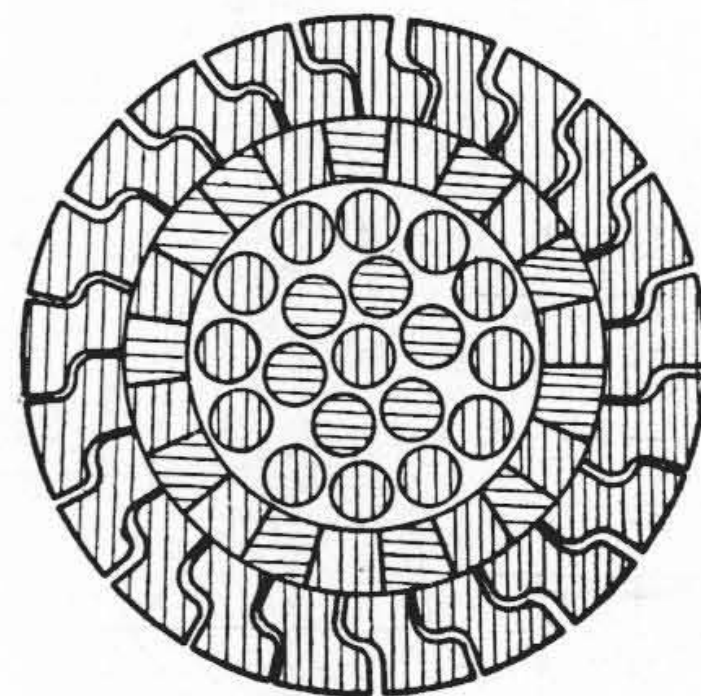
普通ケーブル起重機は堤頂に並行してトロリを横行させるが、もしこれとある傾きで使用できれば何台でも有効に使用できる。第8図はその配置図を示した。(A-A)は従来の考え方で、(B-B)及び(C-C)は堤頂に45°及び90°傾けた場合を示す。径間は、増すがその他の条件は(A-A)に優れている。このような前例は見なかったが、この考え方で堰堤地点を選定すれば、日本では案外可能性があると思う。

同一条件で(運転速度、制御方式、施工法、運搬距離)は毎時運搬回数は同一と考えてよい。従つてバケツの容量を増加すればそれに比例して運搬能力も増加する。現在の起重機製作技術上から検討すると、6 m³以上のバケツ付ケーブル起重機を作ることに対しては機械及び電氣的に何等制限はない。主索も近く国産で直径100 mmまでの Locked Coil Wire Rope が製作し得る見込みである故、9 m³バケツ付位まで可能である。しかしバケツを大きくして運搬能力を増しても山積みされたコンクリートの処理が問題である。現行の一人1箇持ちのバイブレータでは狭い範囲で1チャージ6 m³以上の固練コンクリートの締固めを短時間(3 min)で行うことは困難であろう。今の方法では1チャージ4.5 m³が最適であるとも称せられている。従つて6 m³バケツではなるべく広い範囲にコンクリートを分散する方法をとつた方が



第9図-(A) ケーブル起重機主索用国産大形ロックドコイルワイヤロープの強度線図

Fig. 9.-(A) Full Locked Coil Wire Ropes for Large Cable Crane



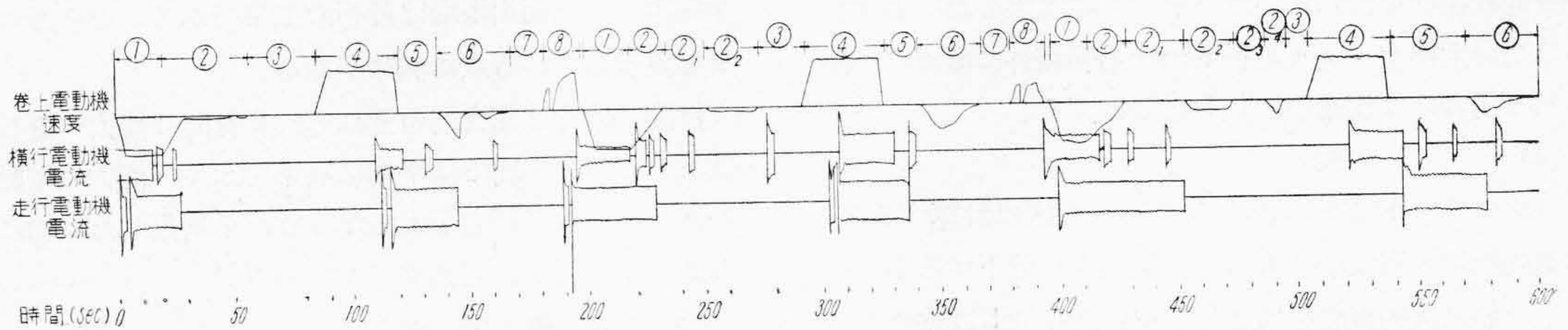
第9図-(B) ロックドコイル、ワイヤロープの断面図

Fig. 9.-(B) Section of Full Locked Coil Wire Rope

よい。この目的には、バケツを二区分して、出口も2箇とした方法が推賞される。現在使用されているバケツは6 m³が最大であるが、起重機としては更に大形機も製作できるから、大形ミキサの製作と施工時の締固め方法につき研究を進め単位大形ケーブル起重機により打設能力の増大を計りたいものである。

(B) 運搬能力

ケーブル起重機のコンクリート運搬能力は、機械の性能、運搬距離、作業方式(主としてコンクリート受継方法)、その他打設地点の条件によつて著しく異なる。各所で実際運転した結果を見ると毎回の最短時間は3 minに満たない場合もあるが、長時間連続作業としては4 min平均と見てよい。第10図は三面川堰堤の9tケーブル起重機の作業線図である。この線図で相似条件間の時間が



第10図 三面川堰堤の9t日立ケーブル起重機の作業縮図

Fig. 10. Performance Diagram of 9t Hitachi Cable Crane at the Miomote River Dam (1951)

第10図の記録は昭和26年11月7日午後、現地に於てオッシログラフにより、長時間作業中の任意の時期の記録で運転手には平常運転のまゝとし作意がなかつた。元の記録は長尺であるから判読し難いので判りやすくするために時間の軸を短縮した。図で示された通り、当日はバンカー線と打設地点が一致しないために毎回走行しているの時間相当かゝっている。

巻上電動機速度線図について各動作を示せば次の通りである。

- ① 満載したバケツを交流で全速巻下げる。
- ② 減速より停止までを示す。
- ③ バケツを開きコンクリートを打設する。
- ④ 空バケツ巻上げより停止まで。
- ⑤ 横行待ちの時間。
- ⑥ バンカー線上で巻下げより台車上着床まで。
- ⑦ 空バケツと満載バケツ取りかえの時間。
- ⑧ 台車よりバケツを地切りする。

第3表 三面川堰堤コンクリート打設実績(累計)

Table 3. Items of Concrete Work for Miomote River Dam

調査期間		昭和26年8月～昭和27年6月	
日数	総日数	335日	
	稼動日数	257日	
時間	操業時間	5,895 hr 30 min	
	実作業時間	3,580 hr 35 min	
	雑作業時間	333 hr 30 min	
	整備時間	946 hr 50 min	
	休止時間	1,034 hr 35 min	
経費	電力	419,597 kWh	
	労力	1,365人	
量	運搬回数	50,958回	
	打設量	164,611 m ³	
率	稼動日数率	76.7%	
	実作業時間率	60.7%	
	雑作業時間率	5.7%	
	整備時間率	16.1%	
	休止時間率	17.5%	
1日当り	操業時間	22 hr 56 min	
	実作業時間	13 hr 57 min	
	雑作業時間	1 hr 18 min	
	整備時間	3 hr 35 min	
	休止時間	4 hr 00 min	
能力	毎回所要時間	253 sec	
	毎時運搬回数	14.2回	
	毎時運搬能力	46.0 m ³	

1回運搬するに要する時間である。即ち本線図で毎回運搬に200～210 secを要したことがわかる。別に毎月のコンクリート打設実績より求めた打設開始後11月の結果より(第3表)4 min 13 secが出ているが、この値には打設当初の不慣れの時期の影響が多分に織り込まれている。

(C) 作業時間

毎時間の運搬能力の次に作業時間を検討する。設備効果をあげるためには作業時間を増す外ない。能力算定に必要な時間は実際にケーブル起重機がコンクリート運搬に費した実作業時間である。全操業時間の内より休止時間(休憩時間+休車時間)、整備時間(定時整備時間+修理時間)を差引くと運転時間(実作業時間+雑運搬作業時間)は案外少ない。実作業時間率(全操業時間に対する実作業時間の比率)は60～80%と考えて終夜連続作業で通しても1日当り実作業時間は最大18 hr以上はとれない。この実作業時間は計画時にはとかく甘く考えて長くとり易いが、整備と休車時間とは当初計画時に十分考慮せねばならない。

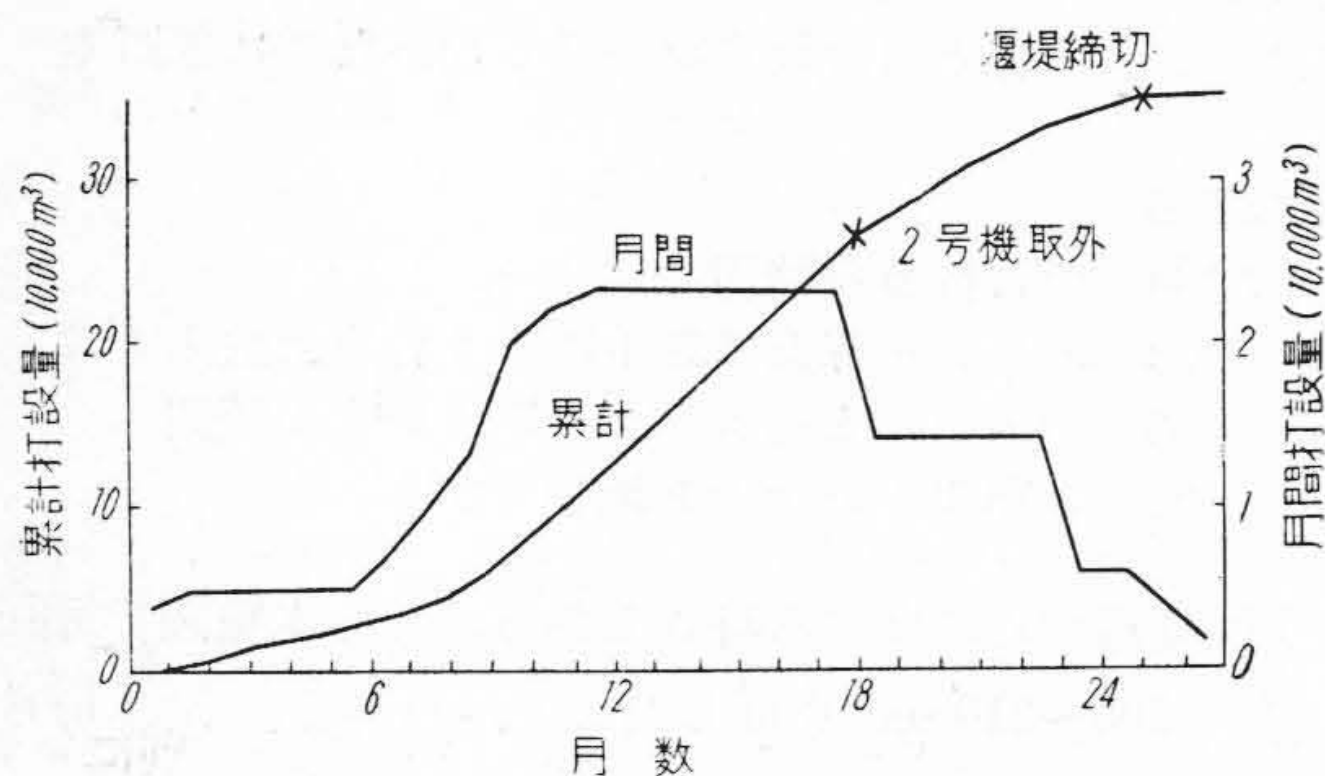
堰堤工事は完全に連続した作業で、各設備がよどみなく進行して始めて作業能率が上がる。従つて各設備能力は常に一定でありたい。しかし作業の内容によつては相当変化する。特にケーブル起重機の作業は打設地点の遠近、作業の難易、操作の巧拙によつて能力が変動する。各設備が連絡的に能力の変化に応じ得る態勢でないと休止時間を増す。

主機ケーブル起重機が1台の場合、補助ケーブル起重機を併設した例があるが、コンクリート運搬以外の雑作業時間は1日当り最長2 hr、平均1.2 hr位を考えると、

昼夜連続運転を行わない限り補機併設は大した必要はない。勿論主機ケーブル起重機の作業範囲外に堰堤の一部がある場合には別途の施設を必要とする。

(D) 工 期

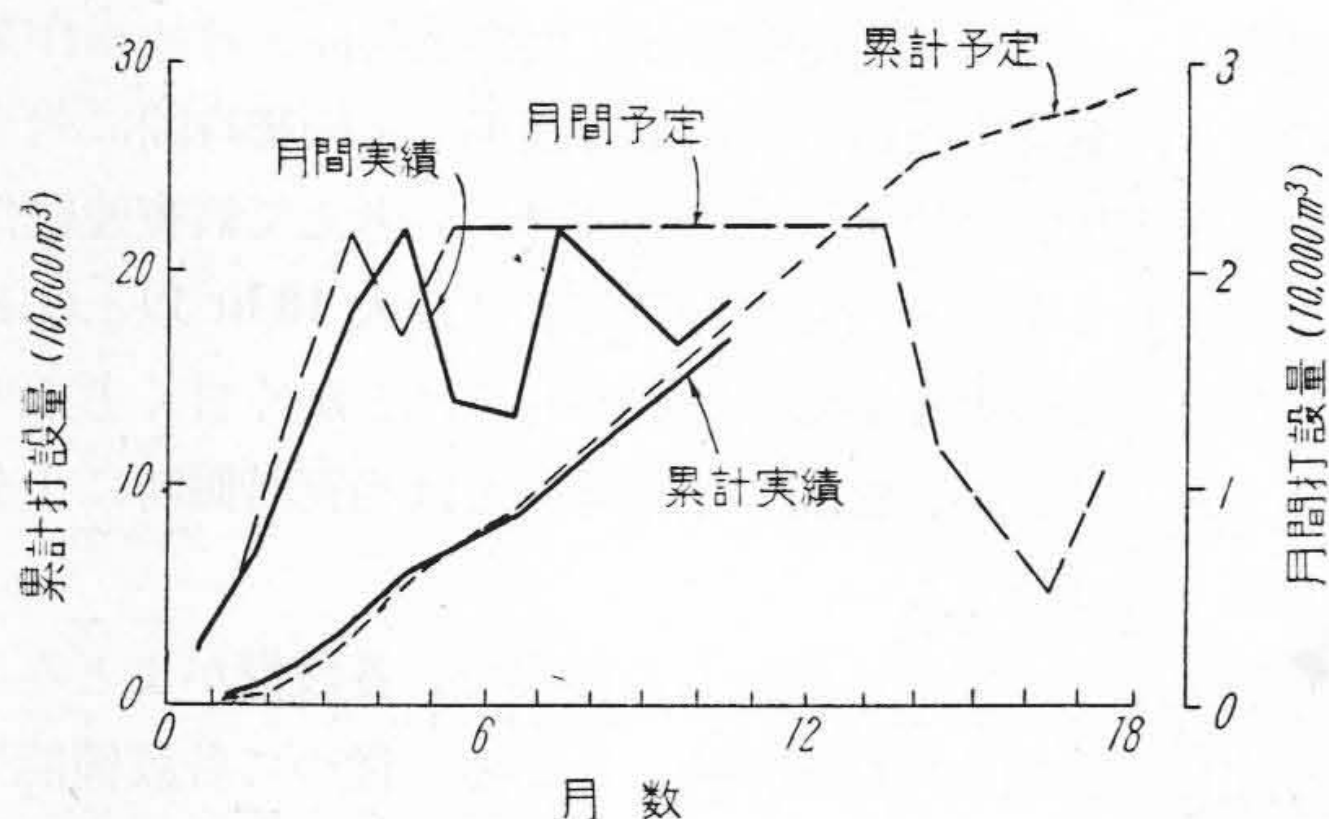
コンクリート施工に要する工期は線図で計算するが、作業開始時と完成前は著しく作業能率が低下するし、気象その他二次的事故を考えると正確な見通しは仲々むづかしくなる。第 11, 12 図は堰堤コンクリート打設予定線図である。塚原堰堤は日本最初のケーブル起重機工法



第 11 図 塚原堰堤コンクリート打設予定線図

堰堤体積..... 350,000 m³
 ケーブル起重機
 台数..... 2 台
 能力..... 9t
 バケツ容量..... 3 m³
 着工..... 昭和11年6月

Fig. 11. Concrete Pouring Schedule at the Tsukabaru Dam



第 12 図 三面川堰堤コンクリート打設線図

堰堤体積..... 28,800 m³
 ケーブル起重機
 台数..... 1 台
 能力..... 9t
 バケツ容量..... 3 m³
 着工..... 昭和26年8月

Fig. 12. Concrete Pouring Schedule at the Miomote River Dam

を採用し、三面川堰堤は最新の工事である。この間の進歩を表示している点に興味がある。

打設開始時と完成前のそれぞれ 2 月間は能力が著しく低下するが、中間では平均に高率を示す。能力の変動が大となれば設備能力も大となる故、平均化した能力になるように計画し、実施すべきである。

(3) 機種選定

ケーブル起重機は地形並びに施工方式に密接な関係があつて、円滑な活動が可能か否かは機種の選定に懸るといふも過言ではない。即ちコンクリート施工は一貫して流れ作業であるから、その組織の各部はよどみなく、しかもある程度のピッチの変動にも応じ得る態勢に計画することが望ましい。根本の方針を誤ると最後までその禍がたまり、徒らに経費、時間及び労力を費して、予算と工期に悪い結果を及ぼす。就中ケーブル起重機は堰堤施工設備中最も重要な役割をはたす機械で、工事開始後は部品の取り替え程度は別として根本的な変更は不可能であるから、当初の設備費は多小嵩んでも最も進歩した能率のよい且つ信頼度の高いものを設置すべきである。

(A) 形 式

ケーブル起重機の形式は両端の塔が固定か、走行可能かによつて

固定形 (両側固定形)

片側走行形

走行形 (両側走行形)

の三種に大別される。

1. 固定形

主索の両端は何れも固定塔若しくはアンカーブロックに固定されている為に作業範囲は直線的にすぎず、利用率が少ない。塔高は地形に応じて高低があるが、何れも基礎コンクリートアンカーに固着される。揚程が高い場合には吊荷を横引きすることによつて幾分作業範囲を増すことができる。横引き範囲は片側で揚程の 15%, 振りわけで 30% 程度に止めたい。

なお固定形でも高塔であれば、塔を左右に首振りすることによつて、横引きなしで十分目的を達し得る場合がある。第 13 図はその実例を示す。本機はエジプト国ナイル河の Assuan 及び Assuit 間に造られた Nag Hammadi 堰施工用 5t 固定ケーブル起重機である⁽⁵⁾。

設置数..... 5 台

形式..... 両側固定高塔形

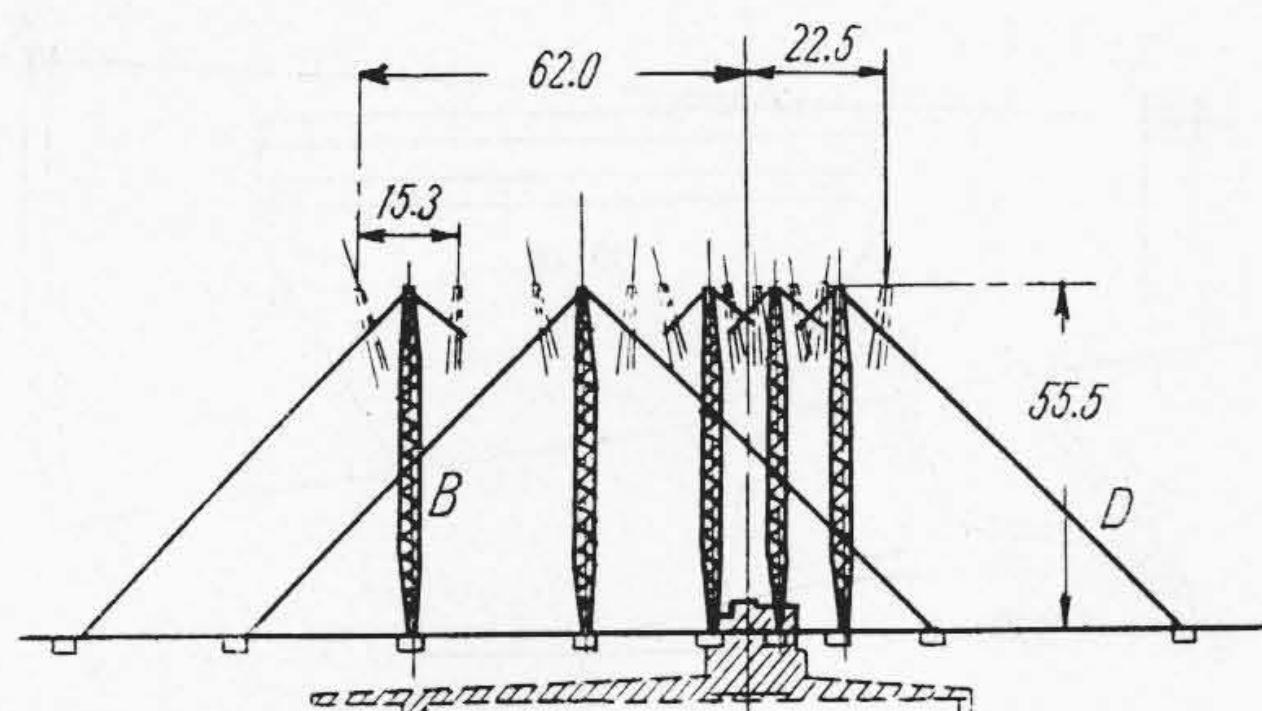
巻上能力 (フック付)..... 5t

径間..... 945 m

塔高 (両塔共)..... 55.5 m

径間中央 (フック巻上高)..... 塔基礎上 4.3 m

各塔 (B) はその下端は基礎に首振り自在に取りつけら



第13図 高塔首振り式のケーブル起重機 (Nag Hammadi 堰、昭和15年)

Fig. 13. Swing Type Fixed Cable Cranes at the Nag Hammadi Barrage across the Hill (1940)

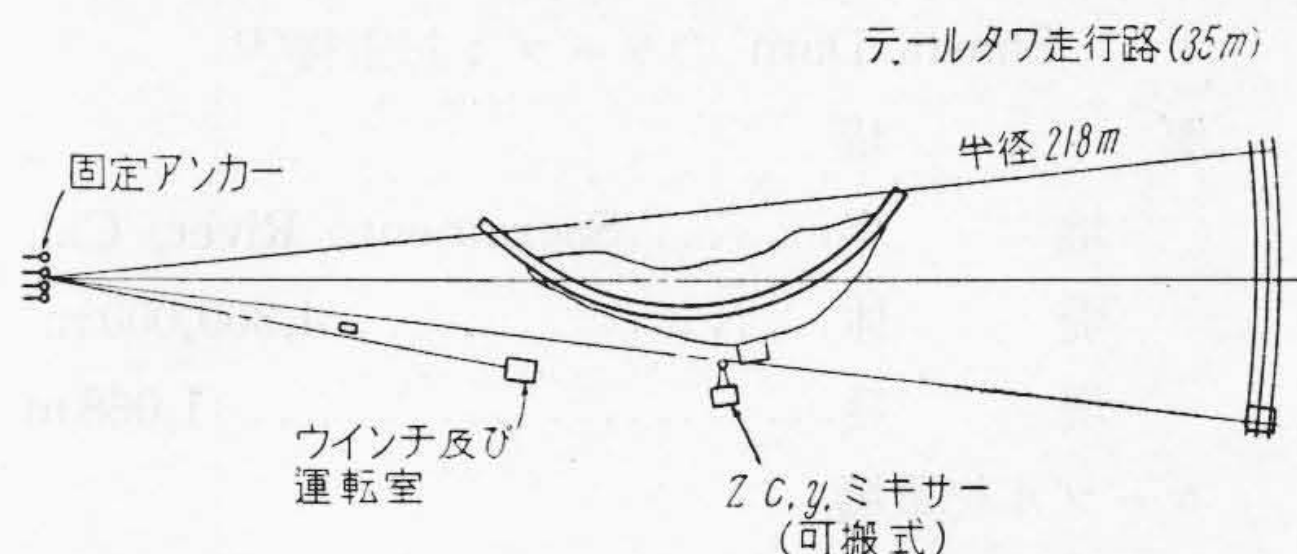
れ、索張は(C)で支持される。左右のアンカー(D)の巻きとりによつて頂点は15.2m首振ることができる。堰、橋梁施工用に応用可能であるが、日本では殆ど実用化されていない。

2. 片側走行形

堰堤工事用として最も経済的な形式である。日本の堰堤地点は兩岸が一樣に平行した地形が少く、従つて片側走行形が多く採用されて来た。両側走行形に比して設備費も至つて少ない点も見逃せない特長である。何れの側を走行可能とするか問題になる。操作上から見ると混合場の反対側に運転室を置くとコンクリート運搬線の見通しがよいので好都合である。運転室よりの作業場の見通しの良否は作業能率、延いては工期にも関連するので慎重に研究するべきである。この論法を押し進めると、混合場の側に固定テールタワを置き、反対岸に走行エンジンタワを配置する案が定石である。

走行エンジンタワは塔中に巻上、横行装置を設置するので相応の大きさを必要とする。テールタワ走行形ではこれが不用であるから、遙かに小形に作れる。従つて単に設備費のみの点から見ると、固定エンジンタワと走行テールタワの組合せが安価である。勿論機械製作費の外に走行路開設に要する経費も考慮されねばならない。

片側走行形の各所の例を第27～36図(第70～74頁参



第14図 Gene Wash Dam の5t ケーブル起重機

Fig. 14. 5t Cable Crane at the Gene Wash Dam (1938)

照)に示した。何れもその地点に最も適合した方式で、計画者の苦心の跡がうかがわれる。片側走行形の計画では、その径間を思い切り長くとつてもよいから、短い走行路で有効範囲を広くとることが急所である。従つて堰堤地点の地形図は兩岸共遙か後方まで必要である。縮尺は1/500程度がよい。

堤体100,000 m³以下の小堰堤では片側走行形4.5tケーブル起重機がよい。エンジンタワを固定とし、テールタワを走行可能とした形式が多く採用されている。内場堰堤の4.5tケーブル起重機はその最初のモデルプラントである。この程度の小堰堤では両側走行形は設備費が割高となるので採用されていない。米国でも1938年頃Gene Wash Dam (Colorado River)建設用として類似のケーブル起重機が使用された。(第14図参照)

Gene Wash Dam 施工用仮設備⁽⁶⁾

堰	堤
形	式.....コンクリート拱堰堤
堤	体.....10,000 m ³
堤	長.....41 m
堤	高.....11 m

ケーブル起重機

形	式.....片側(テールタワ)走行形
巻上能力	5t
コンクリートバケツ	1.5 m ³
径間	218 m
走行路全長	35 m

第7図(第57頁参照)はShasta Damのケーブル起重機配置図で(1938年)⁽⁴⁾、片側走行形7台を縦横に配置した珍しい方法である。堰堤上流右岸に接して共通のエンジンタワを設けている。この塔は、基盤上高さ562 ft (172 m)で約2,750 tの鋼材を要した。7台のケーブル起重機は塔上より放射状に配置され、全地域を同時に打設可能とした。エンジンタワは円弧状軌道で囲まれ、その周上の一点にある混合場より連続的にコンクリートが運ばれた。工期短縮の最も顕著な方式を示したものである。

Shasta Dam のケーブル起重機⁽⁴⁾

堰	堤
地	点.....Sacramento River, Cal.
堤	体..... 4,360,000 m ³
堤	長..... 1,068 m

ケーブル起重機

バケツ容量.....	6 m ³
巻上能力.....	20 t
巻上速度.....	90 m/min
横行速度.....	360 m/min
運搬時間.....	4.5~3.5 min

主 要 寸 法 (m)

区分	番号	径間	テールタワ 塔高 標高	エンジンタワ 塔高 標高
A	1~3	914	38.1 329	247 140
B	4~5	548	27.4 234	
C	6	219	35.1 247	
D	7	285	6.1 328	

上記各ケーブル起重機の受持つコンクリート量は、堰堤本体以外の工作物を含めて下記である。

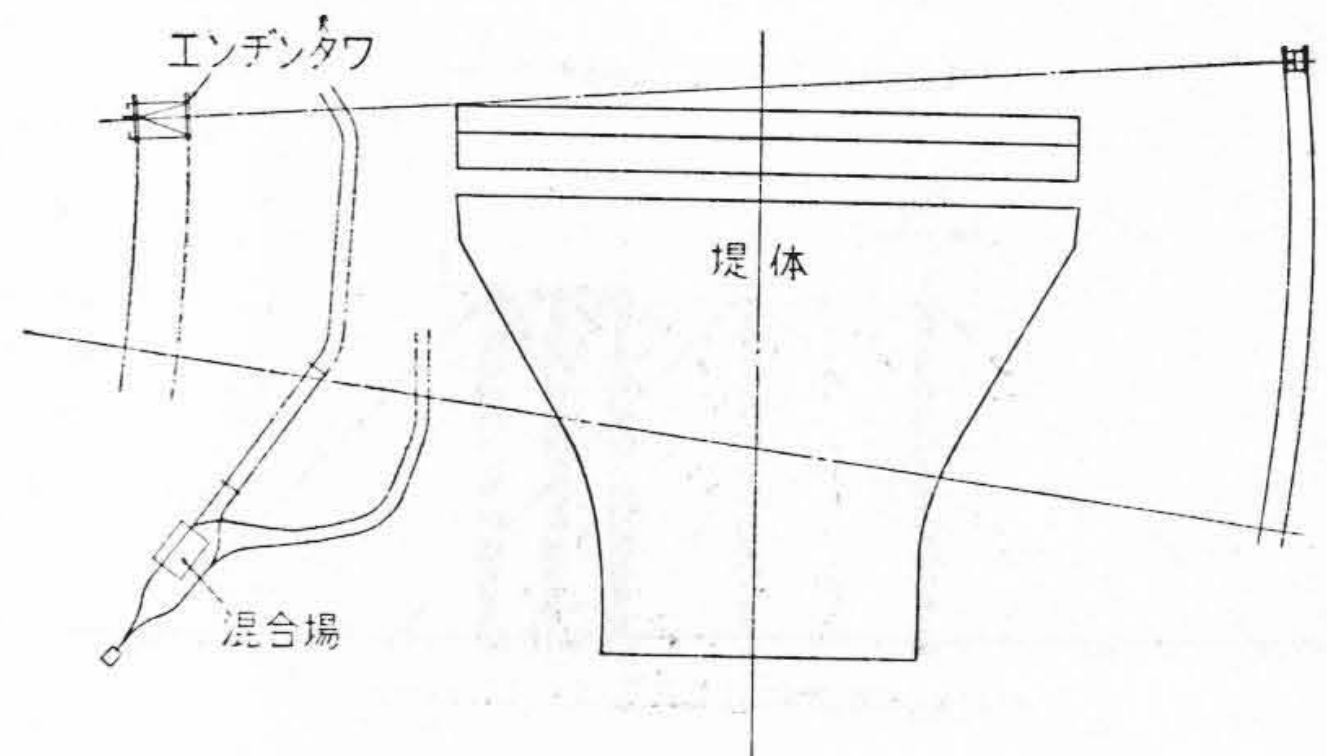
区分	コンクリート 全量 (yd ³)	ケーブル起重機 1 台当りの コンクリート量 (yd ³)
A	3,814,000	1,271,300
B	983,000	491,500
C	520,000	520,000
D	306,500	300,500

3. 両側走行形

他の何れの形式より作業範囲が広いので最も理想的な形式であるが、問題は走行路の敷設がどの程度まで可能かという点に帰着する。走行路は掘削のみで間に合えばよいが、地形によつて多くはその一部に橋梁部分が必要である。橋梁は鉄筋コンクリート造りが多いが、橋脚柱の高さが 15m にもなると鉄骨構造が有利な場合が多い。鉄骨橋梁は使用後移設可能であるから、次回流用を考えれば鉄骨構造がよい。先年架設された三面堰堤の走行路は鉄骨構造で、工事後移設流用する計画である。

この形式は両側が常に平行走行運動を行うので、両岸の有効走行路の長さは等しい。但し地形によつては片側のみ偏角的に走行させることも或る程度可能である。偏角度が大きいと索張により鉄塔部分に過大な横力を生ずるので特別の構造を必要とする。一般の構造では偏角走行は 1/40 以内とすべきである。

両側走行形の特殊な形として、円弧両側走行形がある。この形は両側の走行路が同心円上にあるように計画された方式である（第 15 図）。この方式によると円弧の中心点を適当な位置に選定することによつて、両岸の走行路



第 15 図 円弧両側走行形ケーブル起重機の計画図

Fig. 15. Concentric Running Cable Crane

の長短を自在に調整できるので地形によつては非常に有利な方式となる。この案は各塔について考えると片側走行形の走行側と同一な機構で、走行速度は各軌条毎にその曲率半径比に比例させる故、両塔は常に同一中心線上にあり、同径間で走行する故何等支障は起らない。

(特許出願中)

(B) 構 造

ケーブル起重機の性能は、構造によつて著しく相異なる。特に巻上、横行装置の方式とその制御装置は性能の大半を左右するもので、単に当初の設備費の多少のみにまどわされて選定を誤ると結局に於て大きな損失ともなる。

1. 巻上、横行装置

現在採用されている方式には、H 式と L 式とがある。

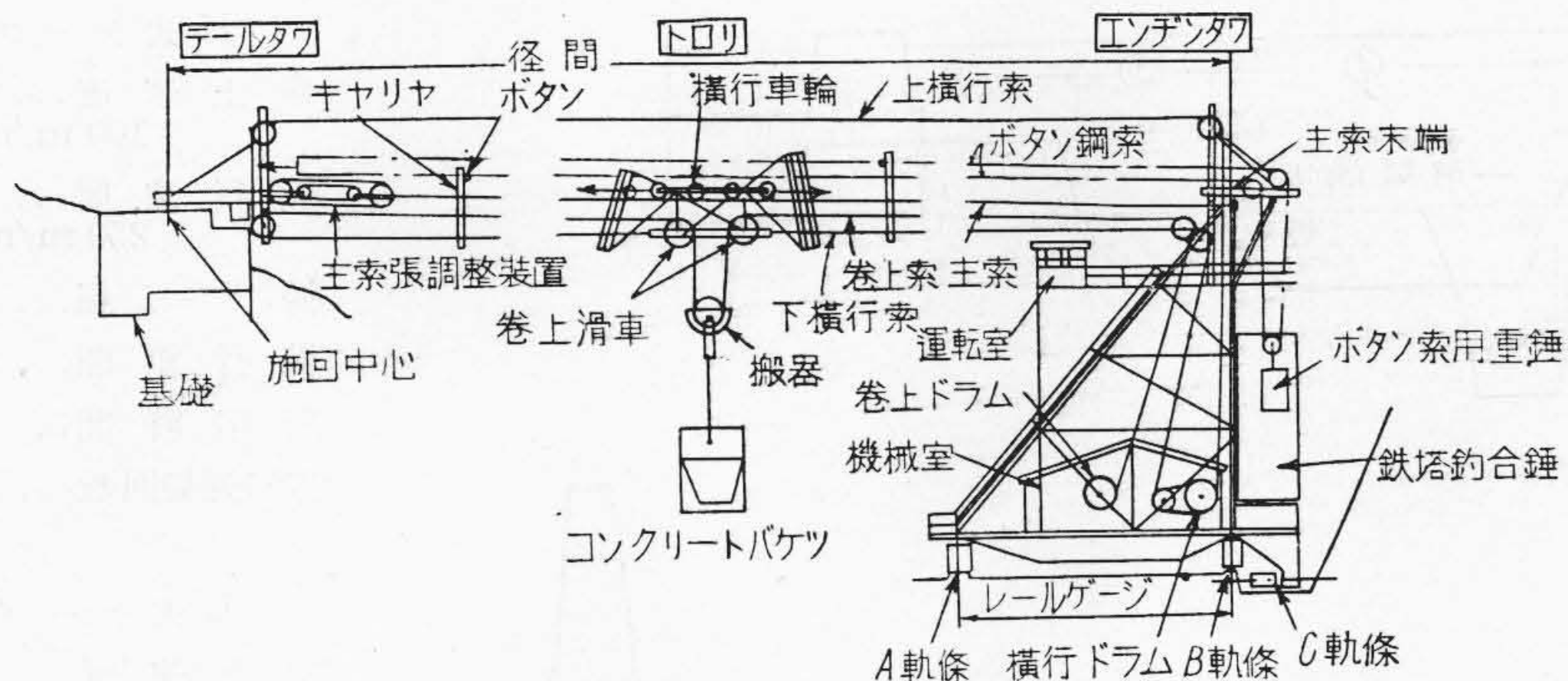
H 式ケーブル起重機

この方式では巻上と横行装置は機械的に独立したウインチで操作され、両運動は機械的に何等関連はない。トロリの鋼索もそれに従つて第 16 図の如く懸けられる。従来製作された日立ケーブル起重機は多くこの方式が採用された。この方式は巻上、横行の二種のウインチを要するので、下記の L 式に比較して多少設備費は嵩むけれども、別記の如き優れた性能があるので、設備費の増加は作業能率の向上で十分取りもどせる。外国ではドイツの Bleichert 会社でこれを採用している。

L 式ケーブル起重機

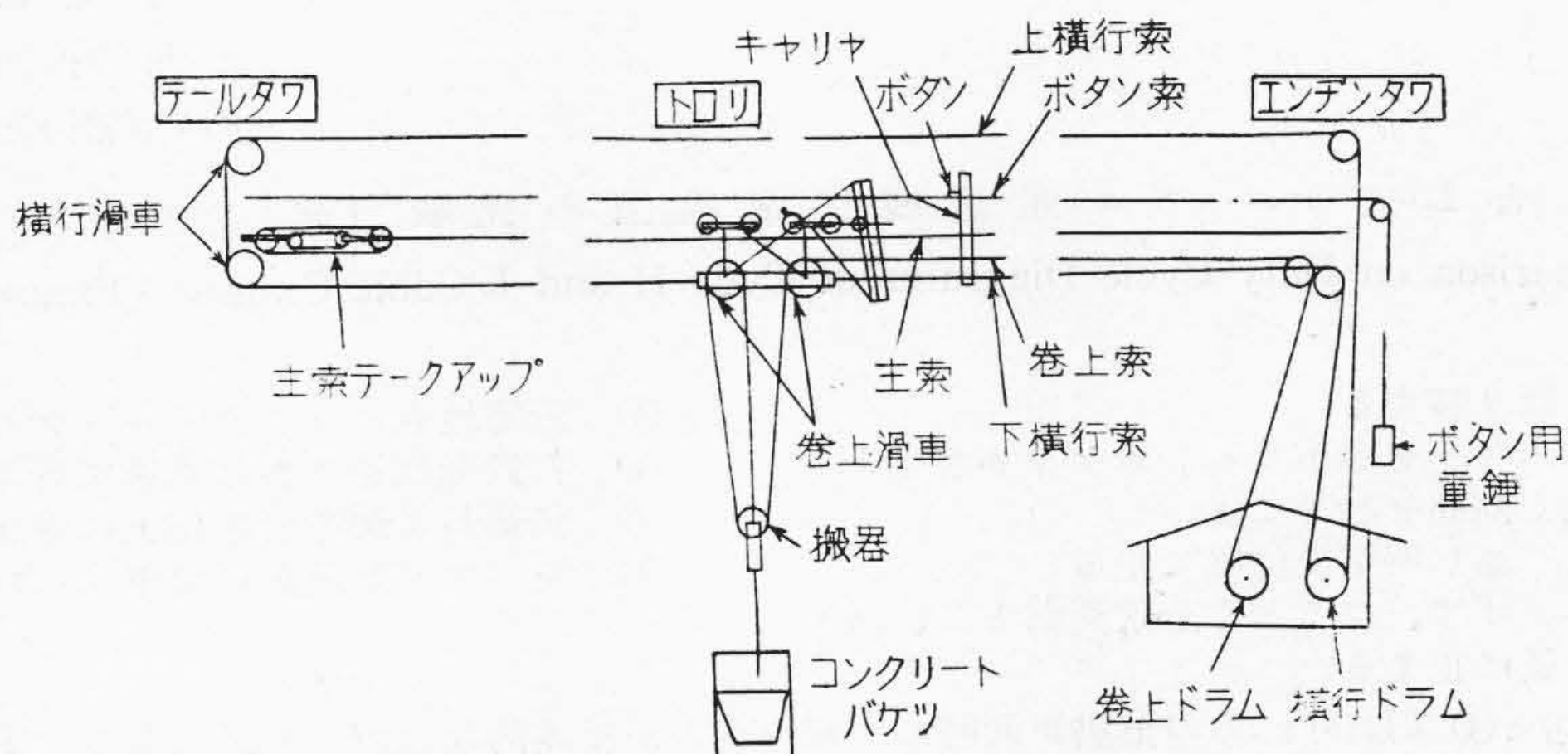
第 17 図は、この方式の構造を示す。ウインチは共通である故設備費は、H 式より稍少ない。両運動の速度比は巻上鋼索の懸数で決定される。米国の Lidgerwood 会社はこの方式を採用している。

両方式を比較すると第 4 表（第 64 頁参照）となる。L 式は設備費が少ないという魅力はあるが、性能上から見ると H 式が遙かに勝れている。特に日本では河幅が狭く揚程に比較して堤長がそれ程長くないので、L 式では必要以上に横行速度が早くなる。



第16図 H式ケーブル起重機の説明図

Fig. 16. Illustration of Type H Cable Crane



第17図 L式ケーブル起重機の説明図

Fig. 17. Illustration of Type L Cable Crane

2. 巻上、横行装置の速度制御

動力としては、一般に交流誘導電動機が使用されている。交流誘導電動機は苛激な使用に耐え、保守も簡易であるが、ケーブル起重機に於ては種々精巧な速度制御を必要とするので特別の制御方式が採用される。

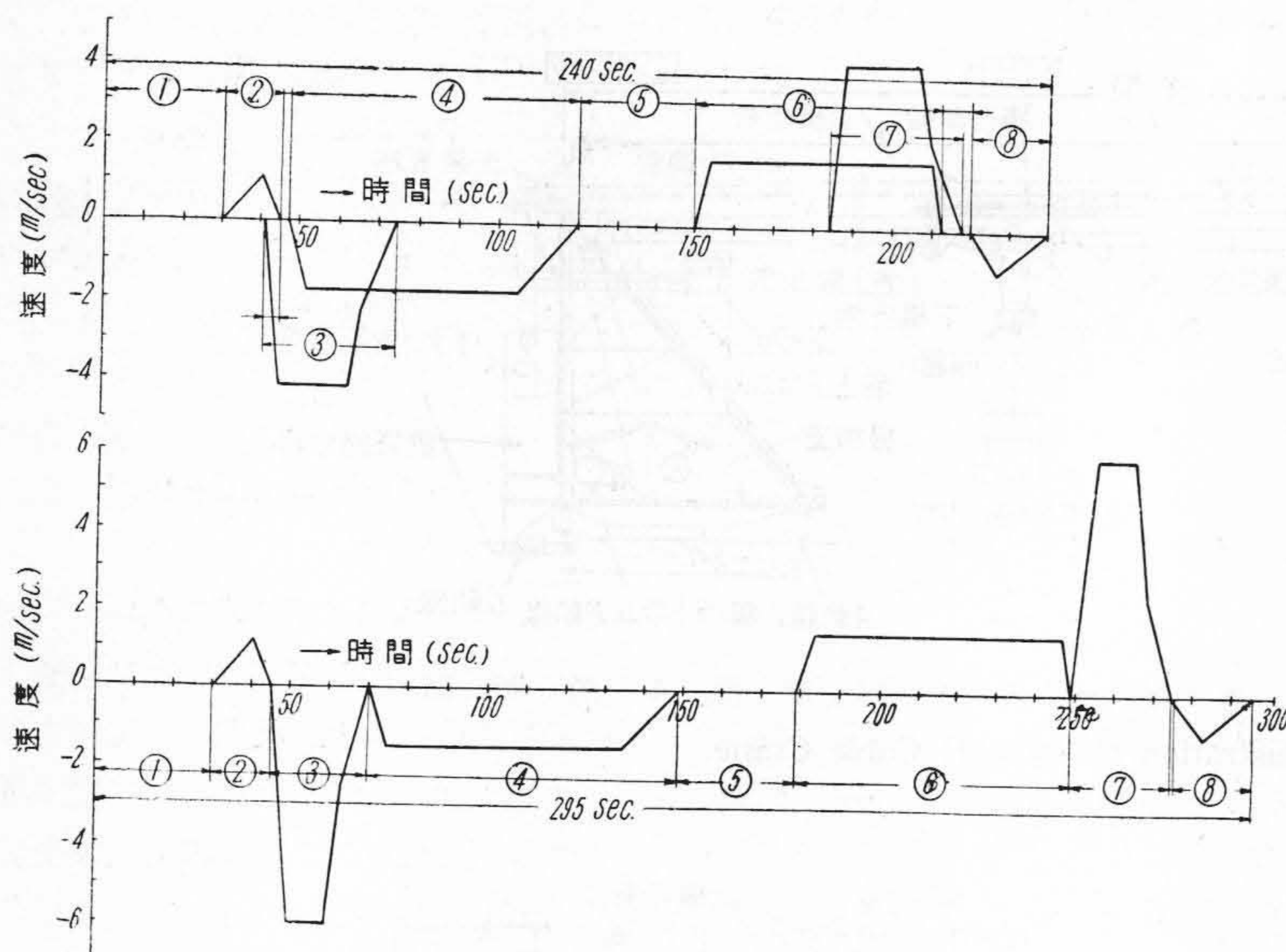
- ① 作業能率を高めるため高速運転を行う。
- ② 全負荷高速巻下より停止までの減速が円滑で且つ正確な位置に停止しなければならない。
(床上 600 mm 位の高さで停止する。)
- ③ 例えば空バケツを取り替える場合には、運搬台車の上に衝撃なく置き、且つ微少な上下運動を必要とする。
- ④ 負荷条件が吊荷のない場合、空バケツの場合、満載バケツの場合と変化が大きい。
- ⑤ 遠方操作で運転手は吊荷を直視できない場合もある。

以上の目的のために、巻上用として 4.5 t 級小形(電動出力 100 kW 未満)では押上機による周波数制御が

適している。更に 9 t 級中形(電動機出力 100~250 kW)では巻上時は二次抵抗法による普通の制御を行うが、巻下時は発電制動方式がよい。この場合軽負荷(空バケツ)巻下始動用として多極小形電動機を併用して理想的な制御に成功している。

横行機は普通二次抵抗法による制御が採用されているが、逆負荷の状態(下り勾配)では十分な速度制御は困難である。小形機では押上機による周波数制御が良結果を示している。

9 t 級で巻上速度 100 m/min 以上、又は 13.5 t 級大形機では電動機の出力が 300 kW 以上を要するので直流ワードレオナード制御方式が推奨される。この方式は交流誘導電動機に比して設備費は嵩むけれども、理想的な速度制御ができるので、作業能率が著しく向上し、動力を有効に使用できる等の勝れた点を考慮すれば、結果的に考えて交流機よりもむしろ経済的である。他方 300 kW 以上の交流機では、使用頻度が高いため制御装置の保守の点からも直流式を使用すべきであろう。



H 式 ケーブル 起重機
 巻 上 速 度.....
 $100 \text{ m/min} = 1.67 \text{ m/sec}$
 横 行 速 度.....
 $250 \text{ m/min} = 4.17 \text{ m/sec}$
 揚 程..... 100 m
 横 行 範 囲..... 100 m
 所 用 時 間..... 240 sec
 毎 時 運 搬 回 数..... 15 回

L 式 ケーブル 起重機
 巻 上 速 度.....
 $90 \text{ m/min} = 1.5 \text{ m/sec}$
 横 行 速 度.....
 $360 \text{ m/min} = 6.0 \text{ m/sec}$
 揚 程..... 100 m
 横 行 範 囲..... 100 m
 所 用 時 間..... 295 sec
 毎 時 運 搬 回 数..... 12.2 回

第 18 図 H 式 と L 式 ケーブル 起重機 作業 線 図 の 比 較 (第 4 表 附 図)

Fig. 18. Comparison on Duty Cycle Diagrams of Type H and L Cable Cranes (Figure of Table 4.)

記号の説明:

- | | |
|--|-----------------------|
| ① バケツを取り替える。 | ⑤ 所定地点にコンクリートを放出打設する。 |
| ② 満載したバケツを巻上げる。バケツが台車より離れたら直ぐ前進を始めてよい。 | ⑥ 打設後は速やかに高速で巻上げる。 |
| ③ 全負荷で前進し所定の位置で止る。 | ⑦ 後進して運搬台車線上に停止する。 |
| ④ 全負荷巻下げで、なるべく全速運転とし、減速後正確な位置に止まる。 | ⑧ 空バケツを静かに台車上におろす。 |

両方式の比較: ③と④又は⑥と⑦の運動が同時に可能か否かが根本的な性能の差異である。④及び⑥に要する時間も大きな条件となる。横行距離が比較的短い日本の堰堤工事では横行速度をこれ以上速くしてもそれ程効果がない。

第 4 表 巻上、横行装置の方法による性能比較表

Table 4. Comparison of Properties between Type H and L Cable Cranes

	H 式 ケーブル 起重機	L 式 ケーブル 起重機
① ウインチの機構	別箇の独立したウインチであるから構造が簡単である。	巻上と横行巻胴は同一の電動機で駆動されるのでその開閉装置が複雑化する。
② 据付面積の比較	別箇のウインチを 2 組設置する故床面積は大きくなる。	共通のウインチであるから床面積は小さくまとまる。
③ トロリ及び巻上鋼索	巻上荷重はトロリに均等に分布される。巻上鋼索は横行時にトロリとフックの間で空回りする。	巻上鋼索の懸方(奇数本懸の場合)によってはトロリ上に不平均に荷がかかる。
④ 巻上、横行運転速度	それぞれ別箇に最も能率的に選別できる。	巻上鋼索の懸方によって速度比が定まる。一般に速度比が 4 であるから横行速度は必要以上に早くなり勝ちである。長径間の場合には都合がよい。
⑤ 電動機 特性	巻上と横行とは所要特性が異なるのでそれぞれに適合した電動機を選定できる。	両運動が共通であるから何れか一方の特性に合わせる外ない。出力も大きな方で制約される。
⑥ 操 縦 性	同時、別箇自在な運転ができるから操作簡易である。	制御器は 1 箇であるが外に切替開閉器を使用する。両運動は別箇に行うので操作が複雑で熟練を要する。
⑦ 作 業 能 率 (第 18 図参照)	両運動を自在に組合せ運転するので最短径路を運搬し作業能率は著しく良好となる。	両運動単独操作であるから(所謂 L 字運転) H 式に比して多くの時間を要し作業能率は H 式に劣る。
⑧ 設 備 費	L 式より電気設備が横行装置用だけ余分にかさむ。	電気設備は経済的である。

第5表 日立ケーブル起重機の運転速度の実績

Table 5. Approved Operational Speed of Hitachi Cable Cranes

巻上能力 (t)		4.5	9	13.5	18
巻上速度 (m/min)	最高	60	100	100	90
	最低	40	60	80	60
横行速度 (m/min)	最高	240	240	480	480
	最低	120	150	240	150

(C) 運転速度

ケーブル起重機の運転速度は、運搬距離の長短によつて決定さるべきである。堰堤の如何なる地点に対しても片途 1 min 以内に到達するように速度を決めるべきである。従つてコンクリート運搬中の正味運転時間は最長往復で 2 min を目標とする。堰堤の規模が大きくなれば運転速度が増しその制御方式も精巧を要する。例えば巻上 30 m/min, 横行 100 m/min 以内では特別の制御方式でなくてもどうにか使用できるが、巻上速度が 100 m/min にも達すると、急停止時の衝撃が大きくなつて作業上支障を生ずる。又そのような高速度では正確な位置に停止することも困難である。

従来日立製作所で製作されるケーブル起重機の運転速度は第5表の通りである。小容量のケーブル起重機では堰堤の規模も小さいので運搬距離も短かい故低速で十分であるが、大形機では長径間、高揚程となり高速が多い。目下各所で計画されている大堰堤は、規模も相応して大きくなり、これに使用さるべきケーブル起重機は可及的大容量を選び、使用台数は最小にと向うべきである。単位基数の運搬能力を増大するために速度も更に高速へと進むべきである。

(D) 寸法

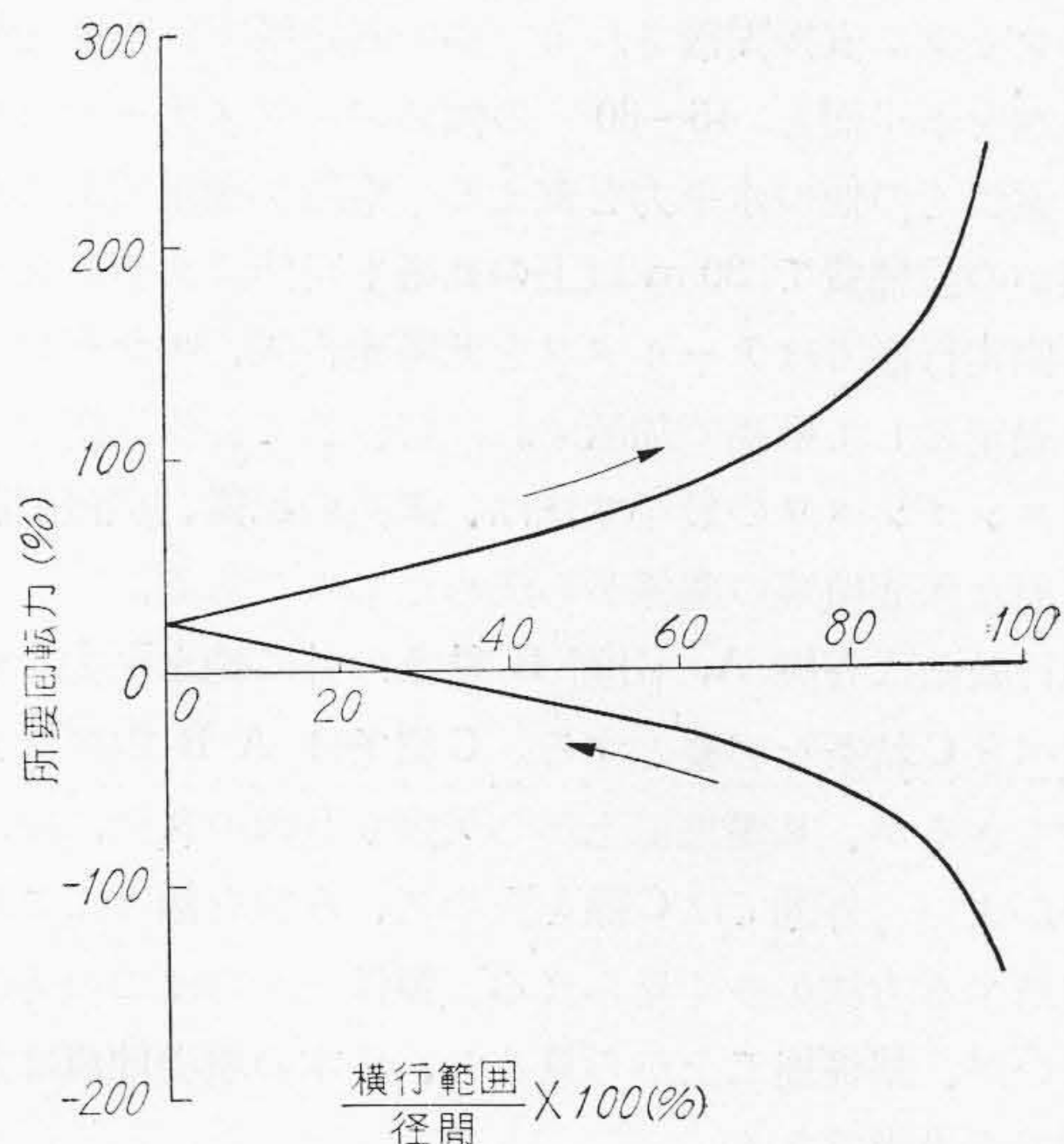
ケーブル起重機の形式、能力に引きつゞいて主要寸法は次の方法によつて帰納的に決められる。

1. 径間と揚程

ケーブル起重機の径間は、横行範囲によつて決められる。普通の条件では有効横行範囲は径間の 80% 位と考える。同一径間の場合でも作業範囲の長短に応じて電動機の性能は著しく変化する。第19図はその一例で横行装置による横行電動機の所要回転力の変化を示す。横行範囲が径間の70%の場合の電動機回転力を100%とすると、それ以上に横行させると急激に増加し、もし径間の90%まで横行させるためには150%の回転力を必要とする。一般にケーブル起重機では横行電動機の回転力は径間の70%位を正規回転力で運転させ、それ以上の範囲では、

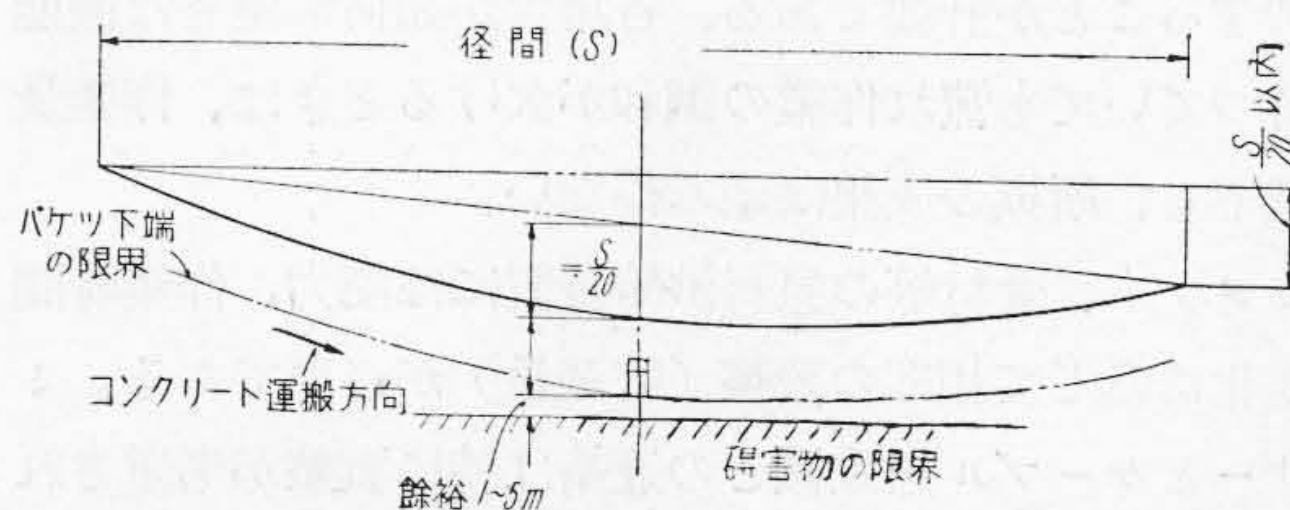
使用頻度も低いので過負荷運転を行わせ、できるだけ小形の電動機を選定するのがよい。実際作業状態から見てもコンクリート運搬路は、堰堤の何れか一端近く設けられ、運搬方向は大体下り勾配が多い。更に径間中央を過ぎると上り勾配運転となる然もその最後の上り勾配時の条件は堰堤工期の末期で毎日の作業量も少なくバケツの容量も必ずしも全負荷を要しないから、多少バケツの容量を減じて運転する作業方法をとればよい。又運搬方向に主索支持点を傾ける(第20図)方法も作業範囲を広めることに有効である。

第21図は主要寸法を示す。径間は単に横行範囲のみでなくバケツの高さと主索の支持点の高さとを合せ考慮される。両岸がゆるやかな地形では横行範囲よりも高さの点から径間を長くした方が有利な場合がある。一般に塔高を高くするよりも径間を延ばした方が経済的な場合が多い。但しバケツの位置が所要高さより余りにも高すぎると揚程が長くなり、横行運転時の吊荷の振れが大となり操縦がむづかしくなる。走行路の地盤の条件も寸法決



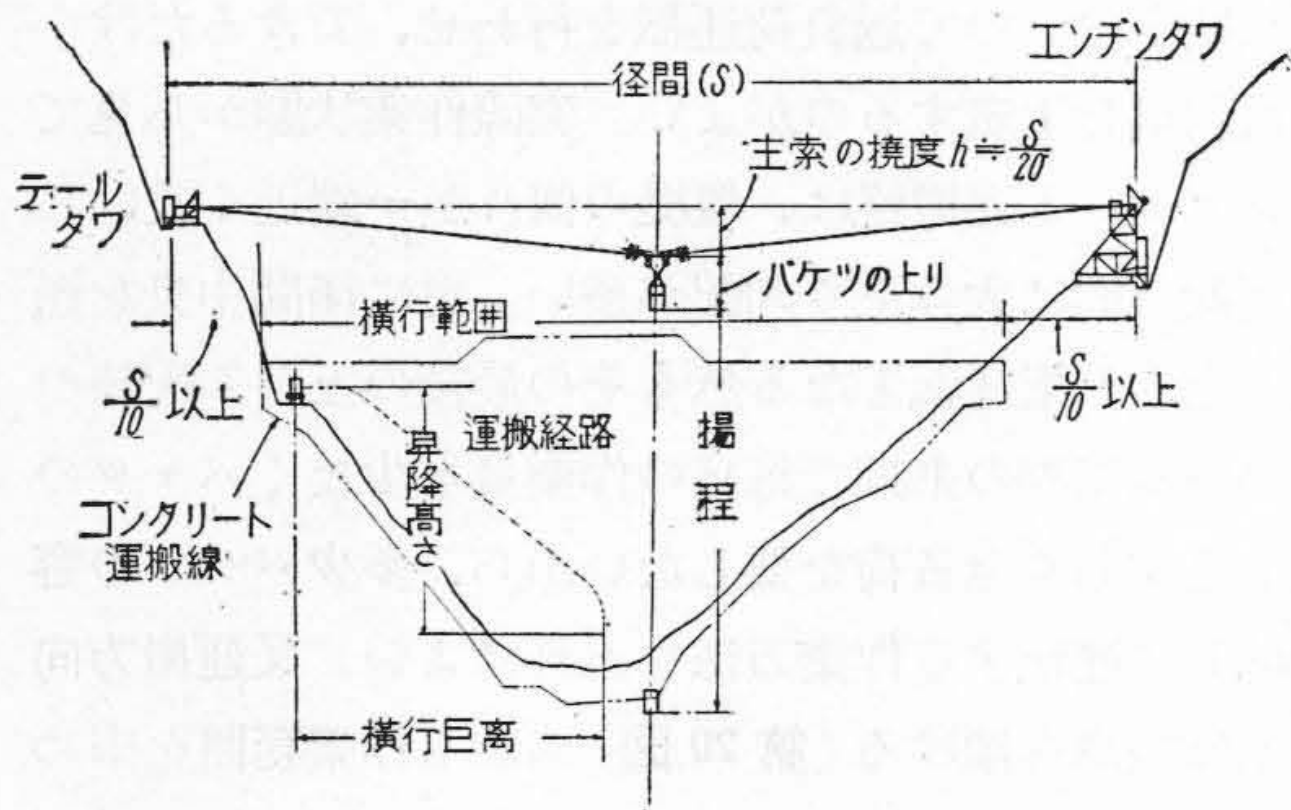
第19図 ケーブル起重機の横行電動機の所要回転力線図 (両支持点が等高な場合、矢印は横行方向を示す)

Fig. 19. Required Torque of Traversing Motor



第20図 ケーブル起重機の主索の支持点高さを運搬方向に傾ける方法

Fig. 20. Inclination of Main Cable



第 21 図 ケーブル起重機の計画に必要な主要寸法

Fig. 21. Main Dimensions of Cable Crane

定上重要な要素である。同じ掘削量でも土工費はその掘削難易によつて異なるので、機械設備費と土工費の合計で検討するとなると仲々容易でない。

2. 各部の寸法

両側走行塔、トロリ、バケツの関係寸法は第 6 表（次頁参照）によつて計画できる。低い固定塔はコンクリートブロックに直接固着される。高い固定塔では垂直支柱の頂端を水平面と $45 \sim 30^\circ$ の傾斜バックステーで支持し、索張その他の水平力を支える。構造が簡単であるから僅かの設備費で 30 m 以上の高塔も可能である。従つて片側走行形ではテールタワーを低塔走行式、エンジンタワーを固定として塔高で加減すれば経済的である。表中の走行エンジンタワーの最小寸法は、鋼索の配置、機械装置に必要な床面積等の関係から決めたものである。

走行軌条は谷側 A、山側 B 軌条の外に純水平力を支持すべき C 軌条を必要とする。C 軌条は A-B 線間にも敷設できるが、基礎施工上から矢張り B 線の背後に設ける方がよい。外国では C 線を止めて、A 線を傾けてこれで支持する方法が多く見られる。製作上からはこの方法がよいが、基礎施工上から見ると、日本の堰堤地点は急傾面で不適当である。

(4) 設備の調和

堰堤コンクリート施工設備は完全な流れ作業でなくてはならない。従つてそれを構成する各機械装置が互いに調和することが肝要である。各単位が如何に優秀な機能を持つていても流れ作業の調和が欠けるときは、作業量は低下し、所期の成果は望み得ない。

セメント、骨材等の原料供給装置には能力、作業時間の変化に応じて相応の調整（貯蔵量）が必要である。ミキサーとケーブル起重機との連絡は特に調整が考慮されねばならない。ミキサーは混合場内に貯蔵された原料によつて常に一定の作業間隔で所要のコンクリートを練りあげることができる。然しケーブル起重機は打設地点の

遠近、作業の難易、その他複雑な条件で作業間隔（毎回運搬所要時間）がとく変動し易い。故に両者何れにも休止時間を無くして、打設量をあげるには、何かの調整方法を考慮せねばならない。バケツ運搬車の台数を増すことも、この意味で大いに意味がある。

以下本稿では主としてミキサーとケーブル起重機の連絡方法につき検討を試みる。又一般設備配置については実例を示して参考に資する。（第 70～74 頁参照）

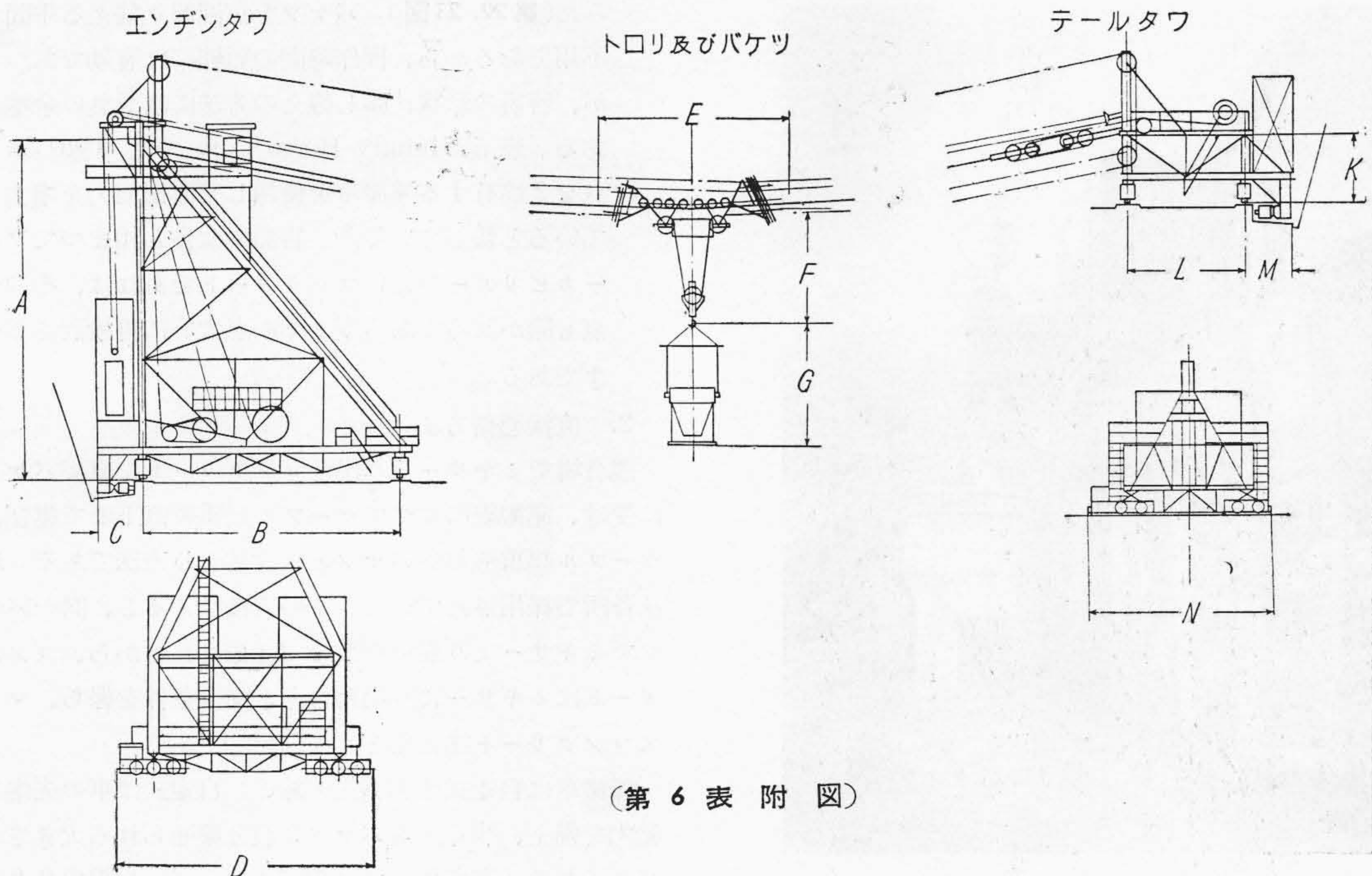
(A) 混合場とケーブル起重機の連絡

堰堤施工仮設備の計画ではケーブル起重機と混合場とは最も密接な連絡を必要とする。この連絡方法が円滑且つ合理的であれば、両者の距離は必ずしも問題ではない。その連絡方法としては間接式と直接式とある。

1. 間接連絡方法

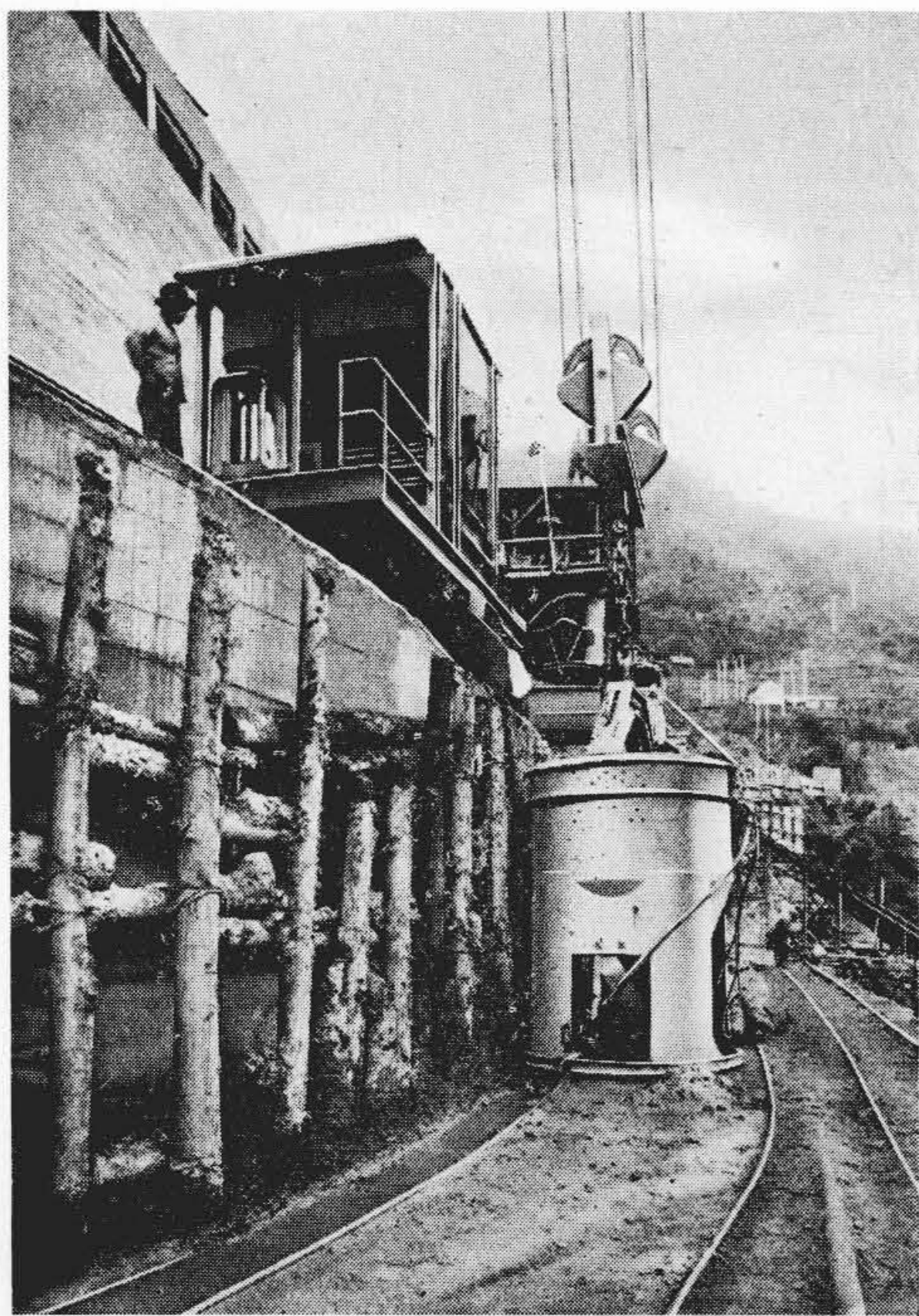
ミキサーより排出したコンクリートを他の容器又は方法でケーブル起重機まで運搬し、ケーブル起重機のバケツに移し替える方法である。

- ① シュートによる連絡 特に小規模でミキサーとケーブル起重機とが極めて接近している場合に限る方法で、ミキサーとケーブル起重機のバケツが単一シュートで届く程度のものによい。古くから採用された所謂シュート式打込みとは意味が異なる。固定形ケーブル起重機か又は片側走行形で、固定側に近くミキサーを設けた場合に可能である。米国の Gene Wash Dam はこの方法といえる。併しシュートが長くなるとコンクリートが分離するのでよくない。
- ② ベルトコンベヤによる連絡法 ミキサーとケーブル起重機のバケツの間をベルトコンベヤ連絡運搬する方法である。コンベヤは連続運搬であるから、その前後は調整ホッパを必要とする。ベルトの清浄、コンクリートの分離等条件が悪いので、推奨できない。
- ③ 移し替え容器を有する運搬車による方法 運搬車自体に容器を有し、ミキサーより受けたコンクリートをケーブル起重機まで運搬し、バケツに移し替える方法である。容器はホッパ形で、底よりシュートで送り出す方法、深皿状の容器で傾けて移し替える方法等がある。傾動には動力を必要とし、電動機、圧縮空気が使われる。この方法はバケツは常にケーブル起重機のフックに固着したままであるから、積みかえ時間が短縮され能率的である。固練りコンクリートではホッパは深皿よりの流出が不完全で容器の中に幾分残る場合があるのが欠点である。この方法は外国でも古くよりあるが日本でもこの方法は以前から採用されている。米国では Norris Dam, Shasta Dam⁽⁷⁾ で実施されている。日本でも塚原堰堤で試



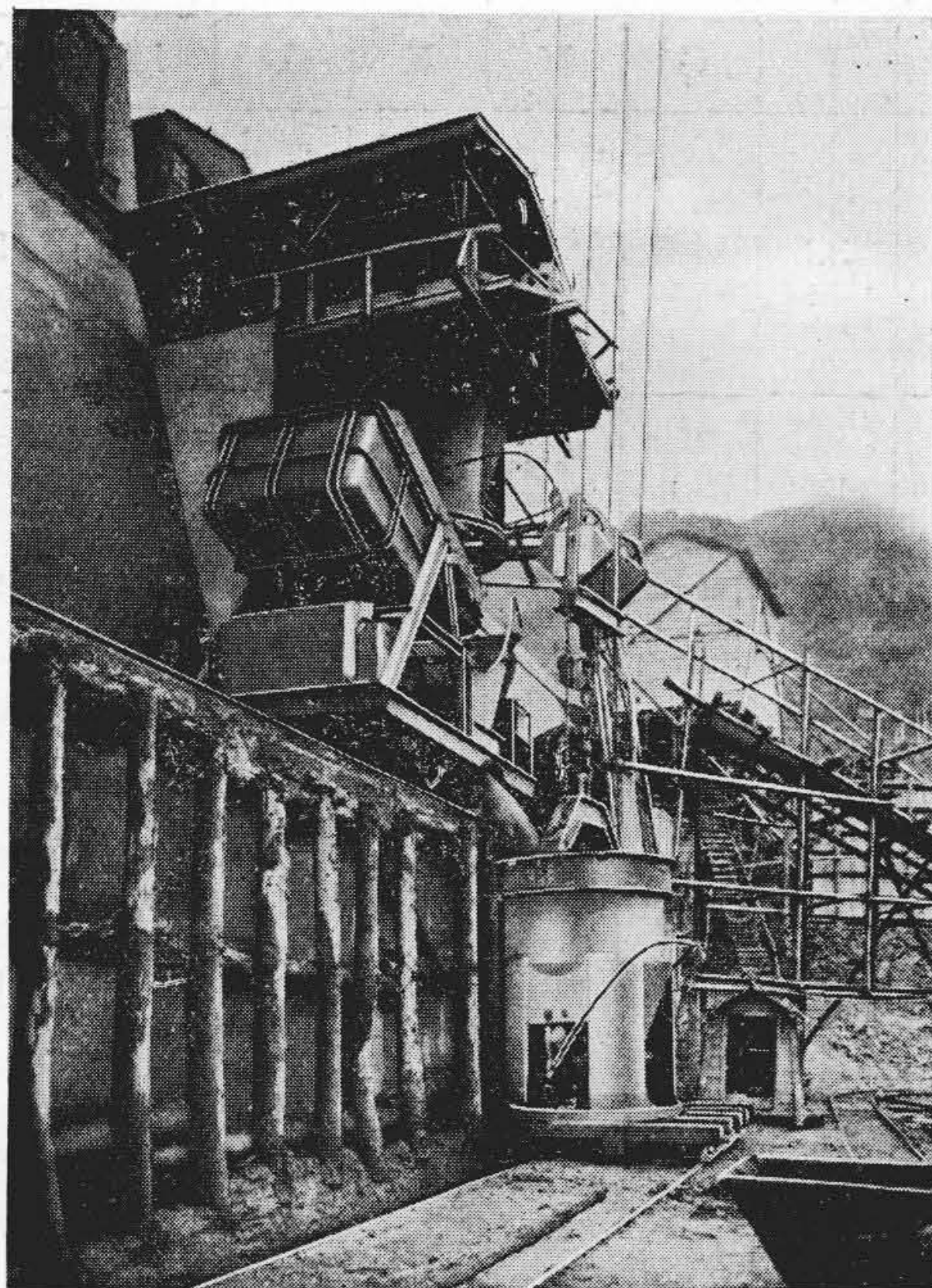
第6表 標準型日立ケーブル起重機の寸法表
Table 6. Dimensions of Hitachi Standard Cable Cranes

巻上能力 (t)	バケツ容量 (m ³)	エンジンタワ				トロリ、バケツ				テールタワ			
		A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
4.5	1.5	12.5	8	2.0	10	7	3.5	4.5	8	2	3	2.0	5
		18	12.5		11								
9.0	3.0	15	11	2.5	12	7	4.0	5.0	9	3	5	2.5	9
		20	14		13								
		30	17		14								
13.5	4.5	15	11	3.0	13	8	4.5	5.5	10	4	6	3.0	10
		20	14		14								
		30	17		15								
18.0	6.0	15	11	3.5	14	9	5.0	6.0	11	4	6	3.5	11
		20	14		15								
		30	17		16								



第 22 図 ホッパ式コンクリート運搬車
(エンドレスウインチで移動する)

Fig. 22. Hopper Type Concrete Car (1936)



第 23 図 電動ダンプ式コンクリート運搬車
(容 量 3 m^3)

Fig. 23. Electric Dumping Concrete Car
(Capacity 3 m^3) (1937)

みた(第 22, 23 図)。バケツを毎回取り替える手間が
不用であるから、操作時間の短縮には有効であつた
が、容器の形状、移し替えの方法には改良の余地が
ある。最近 Hungry Horse Dam では 8 yd^3 ホッ
パを 2 箇有する運搬車を使用して運搬能力を増大し
ていると報じている⁽⁸⁾。容器の改良と相まつてウオ
ーカビリテーのよいコンクリートであれば、その欠
点も除かれるであろう。この点大いに再検討さるべ
きである。

2. 直接連絡方法

混合場でミキサーより出たコンクリートを直接バケツ
に受け、運搬線によつてケーブル起重機直下まで運び、
ケーブル起重機の空バケツとつけ替える方法である。現
在各所で採用されている。この方法によると、同一バケ
ツでミキサーより最終打設まで運搬されるから、コンク
リートはミキサーより出たときと同じ条件を保ち、マッ
スコンクリート施工用として理想的である。

運搬車は自走式と索引式とある。自走式は車の先端に
動力を備え、少くともバケツ 2 箇分乗せられる大きさ
が必要である。有峰堰堤では 13.5 t ケーブル起重機 2 台に
対し、第 24 図の運搬車 2 台が使用された。

索引式では機関車と運搬車とは連結するので、保守点
検に便利である。運搬車は起重機 1 台の場合はバケツ 2
箇積み、それ以上では取扱数に応じて 3 箇或いは数箇積
み得るものがよい。

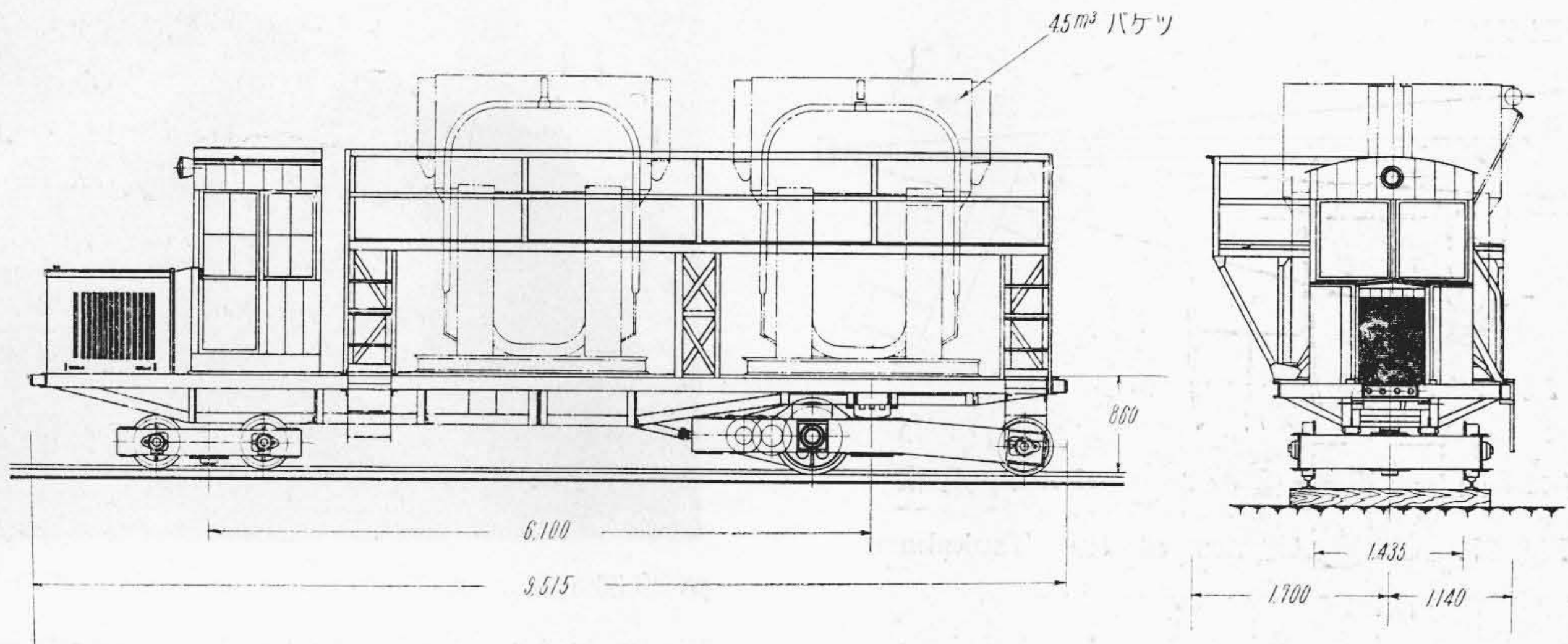
動力はディーゼル又はガソリン機関が使用されるが、ケ
ーブル起重機と密接な連絡運転を行い、始動停止の頻度
も高い点から、静粛で操作の簡単な電動(蓄電池使用)機
関車が適合している。ケーブル線又は第三軌条受電によ
る直流電気機関車は大形バケツ運搬に適しているが、交
叉点の多い複雑な線路に不向きであろう。

この目的に使用される機関車の一般工事用機関車と相
違する点は

- ① $100\sim 200\text{ m}$ 以内の短区間を往復し、起動停止が
頻繁であること。
- ② 短区間で高速運転の余地が少ない。速度は $6\sim 12$
 km/hr でよい。
- ③ 軌間は 9 t ケーブル起重機までは $1,067\text{ mm}$ でも
よいが、更に大形では $1,435\text{ mm}$ が望ましい。
- ④ 牽引力は小さくてよい。

等である。従つて一般標準形機関車では軌間から見ると
必要以上に重量が多すぎて釣合わないから、独特の機関
車を計画せねばならない。

運搬線路は水平直線が望ましい。曲線部分は多少土工
費は嵩んでも避けるべきである。やむを得ない場合でも
曲線半径は軌間の 100 倍以上とすべきである。路線の単

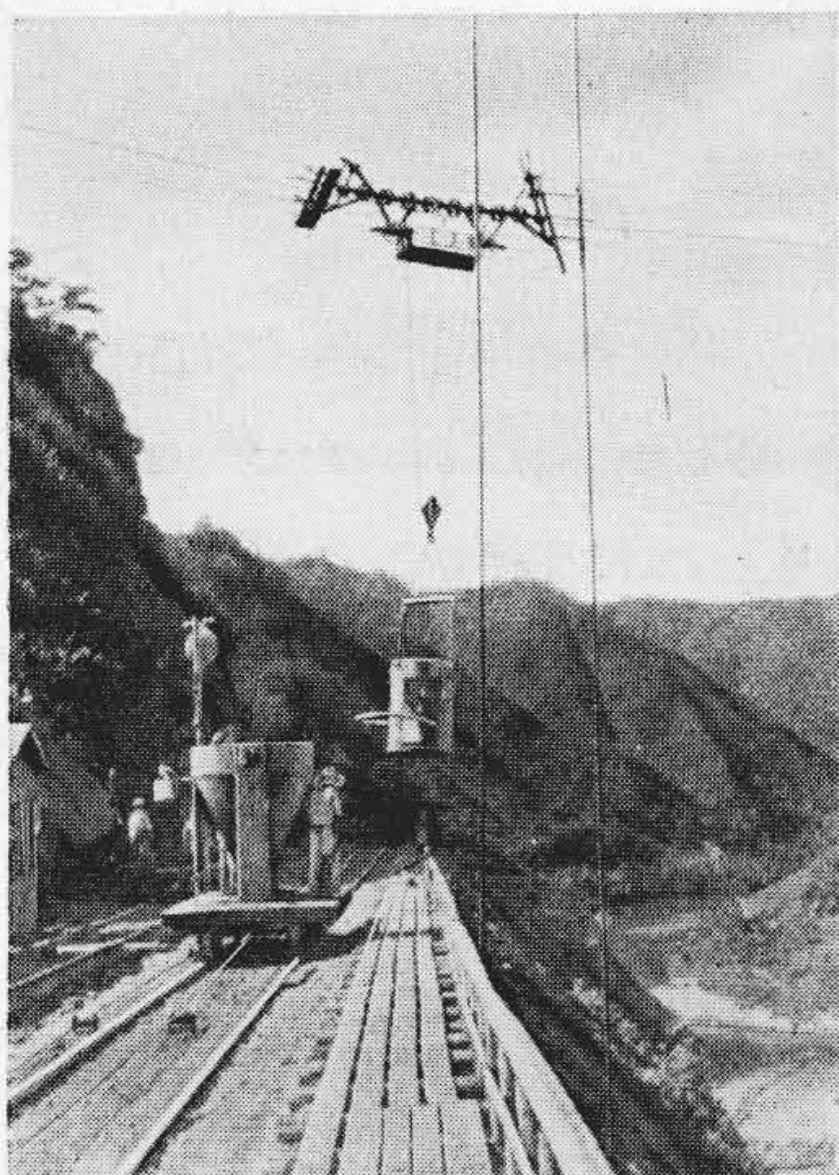


積載能力..... 16 t
軌間..... 1,420 mm
軌条..... 30 kg
車高..... 890 mm

車長..... 9,500 mm
走行速度..... 100 m/min
原動機..... 40 HP デーゼル機関

第24図 自走式バケツ運搬車 (有峰堰堤)

Fig. 24. Self Propelling Concrete Bucket Car at the Arimine Dam

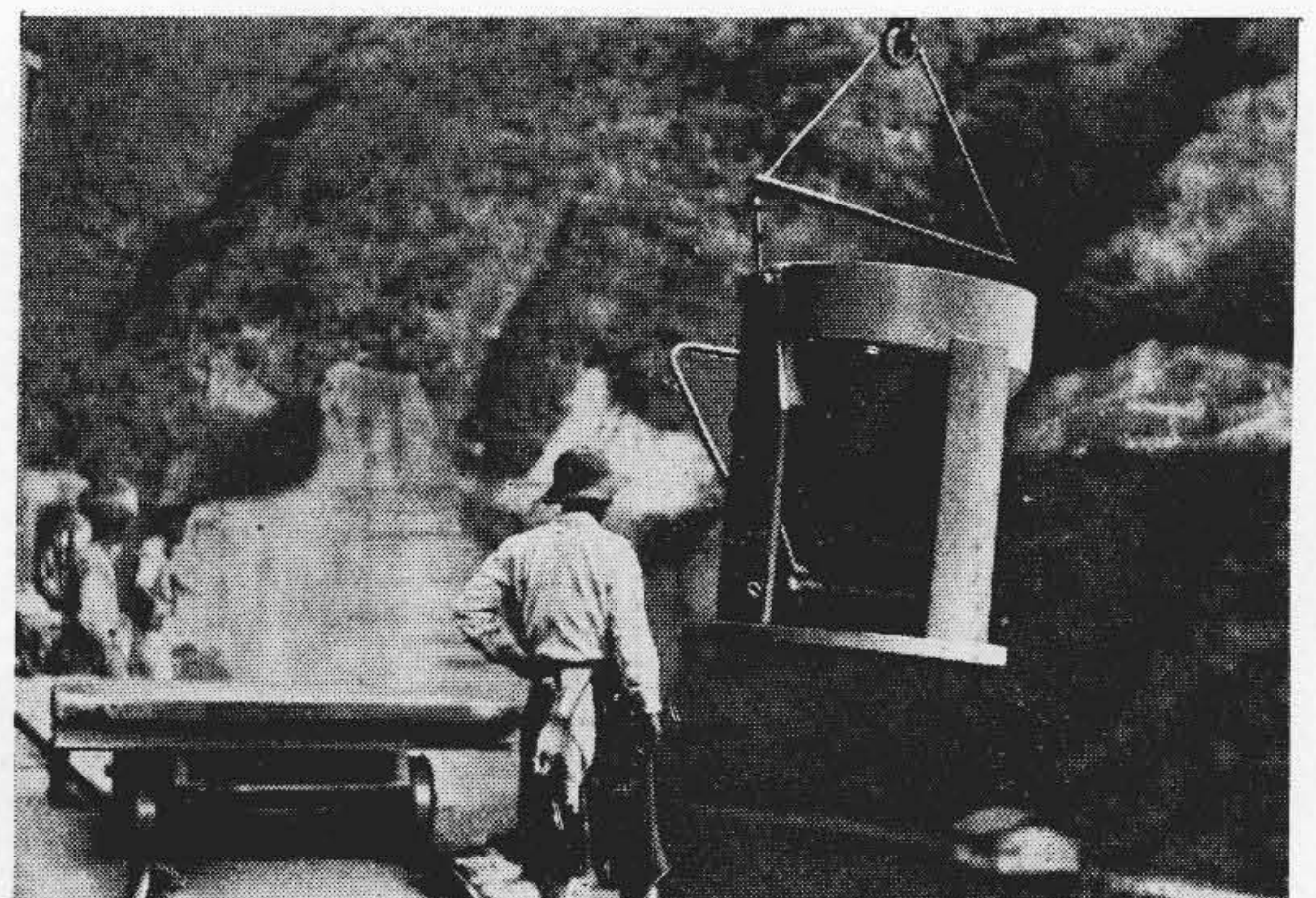


第25図 旭川堰堤のエンドレスウインチで牽引される
コンクリート運搬車

Fig. 25. Concrete Car Driven by Electric Endless Winch at the Asahigawa Dam (1952)

線か復線かはケーブル起重機の台数と運転区間の距離とより決められる。1台のケーブル起重機で運転区間が短かく十分余裕のある場合は単線でよいが、一般に復線がよい。復線式には準単線式と循環式とある。運搬車は混合場とケーブル起重機の運搬間隔を調整するため1輛だけ余裕を持たせて置くと、相互に休止時間がなく作業能率が著しく増加する。

直線運搬線の場合は電動ロープウインチ使用が経済的である。旭川堰堤工事場ではエンドレス電動ウインチを



第26図 1.5 m³ コンクリートバケツ運搬用手押台車
(内場堰堤)

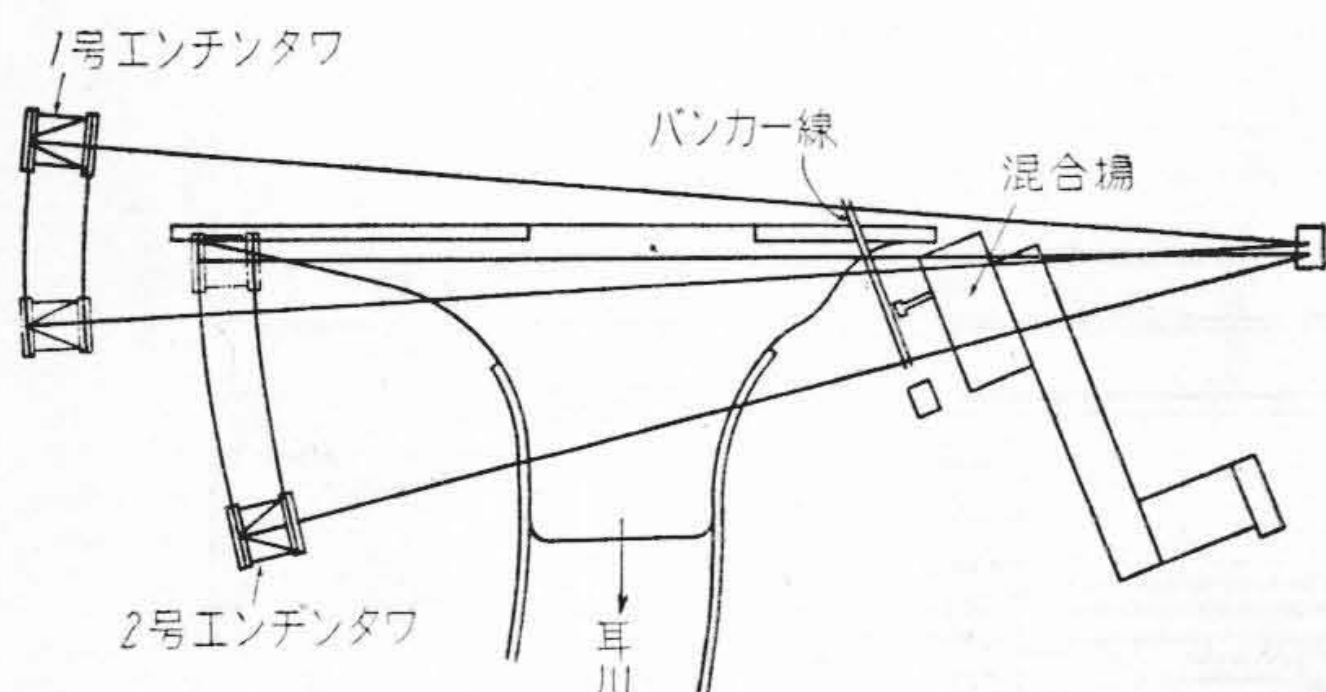
Fig. 26. Hand Driven Car for 1.5 m³ Concrete Bucket Used at the Naiba Dam (1951)

使用し、押ボタン遠方操作で能率をあげている。運搬車は 4.5 t ケーブル起重機 2 台に対し各 1 輛で、それぞれ単独の線路を敷設した。走行路全長 100 m に対し 80 m/min の速度で運行している。

内場堰堤では 4.5 t ケーブル起重機 1 台に 2 輛の台車を使用した。台車はバケツ 1 箇分の大きさで、球軸承付單車であるから、2 名の作業手で手押しで操作している。

(B) 一般配置

以上堰堤施工用ケーブル起重機につき主要題目別につき論述したが、最後に堰堤とケーブル起重機を中心として各種の実例を次頁以下に掲げ参考に資したい。



第 27 図 塚原堰堤のケーブル起重機

Fig. 27. Cable Cranes at the Tsukabaru Dam

左岸に混合場を設ける。SC 形 9t 日立ケーブル起重機 2 台(径間 300 m 及び 340 m 各 1 台)は左岸テールタワを 1 点に固定、エンヂンタワは右岸に高低差をつける。混合場よりベルトコンベヤ→固定ホッパ(起重機のバケツ使用)→ホッパーカー(底開きと、ダンプ式各 1 台試用す)→バケツ(ケーブル起重機に固定)と間接連絡す⁽⁹⁾。日本で初めてのケーブル起重機工法である。混合場を下流に置けば更に優れた配置となる。(第 27 図)

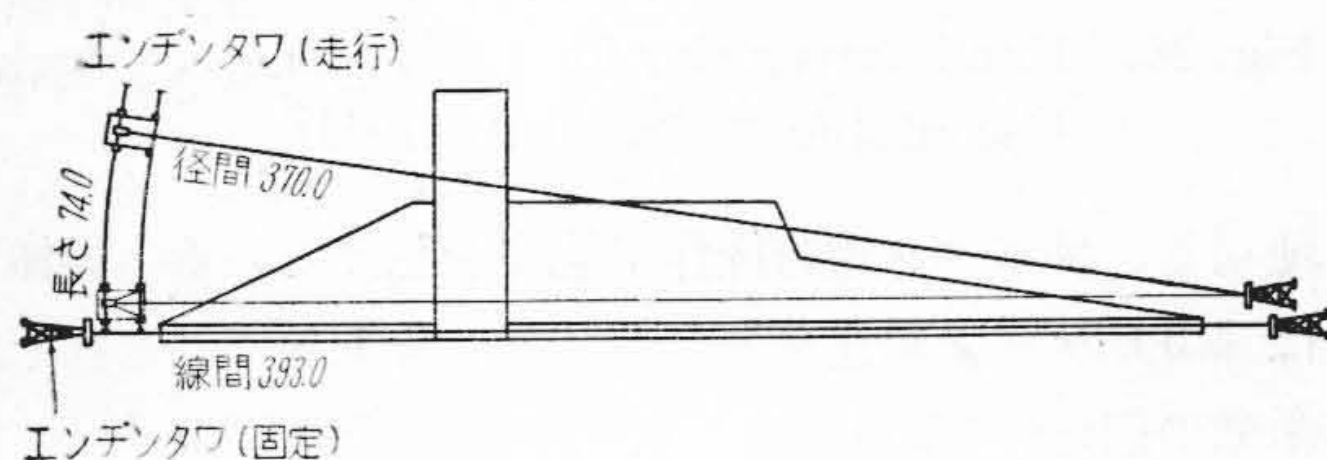
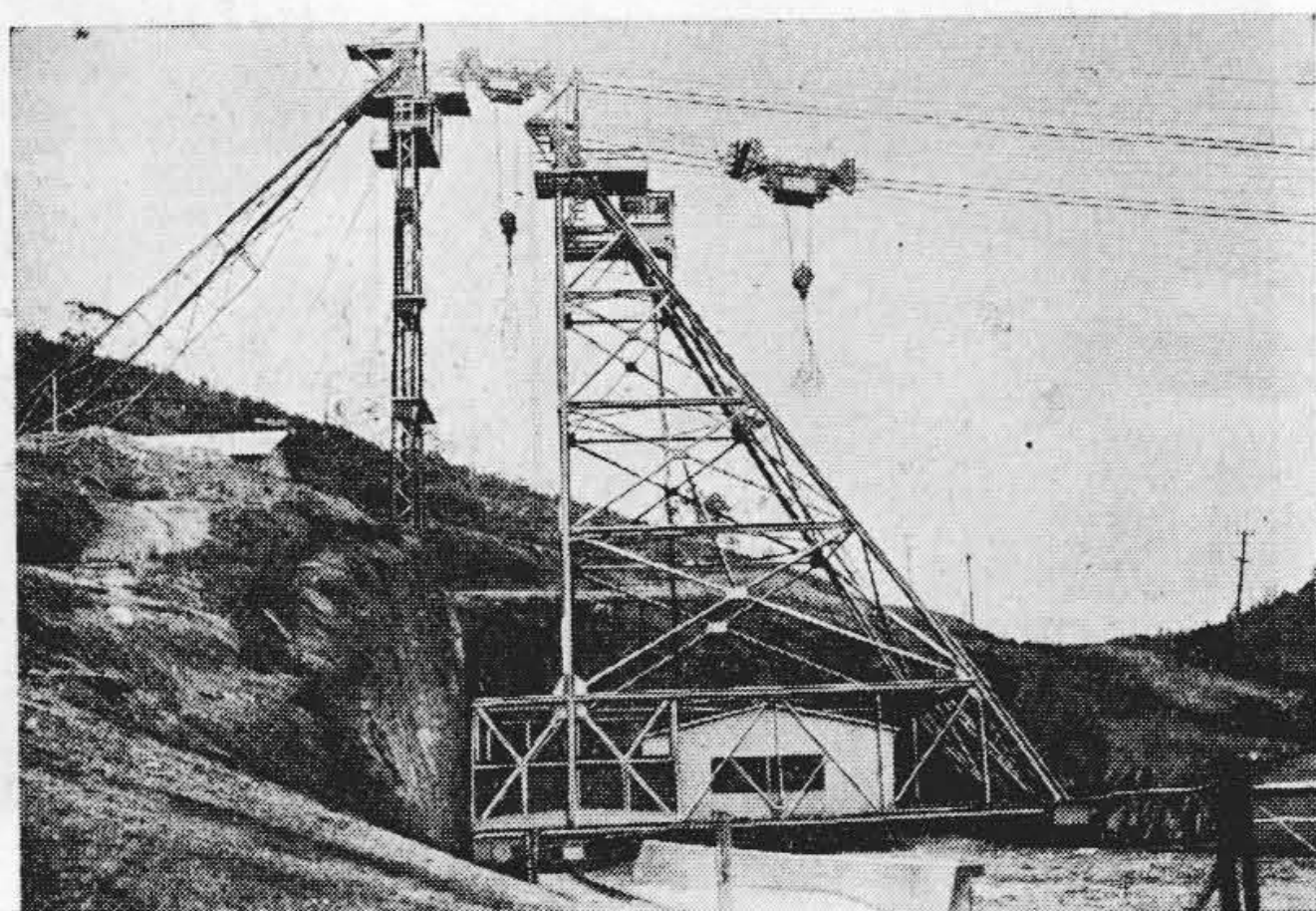
第 28 図 富寧水力工事用日立ケーブル起重機
(塔高何れも 30 m)

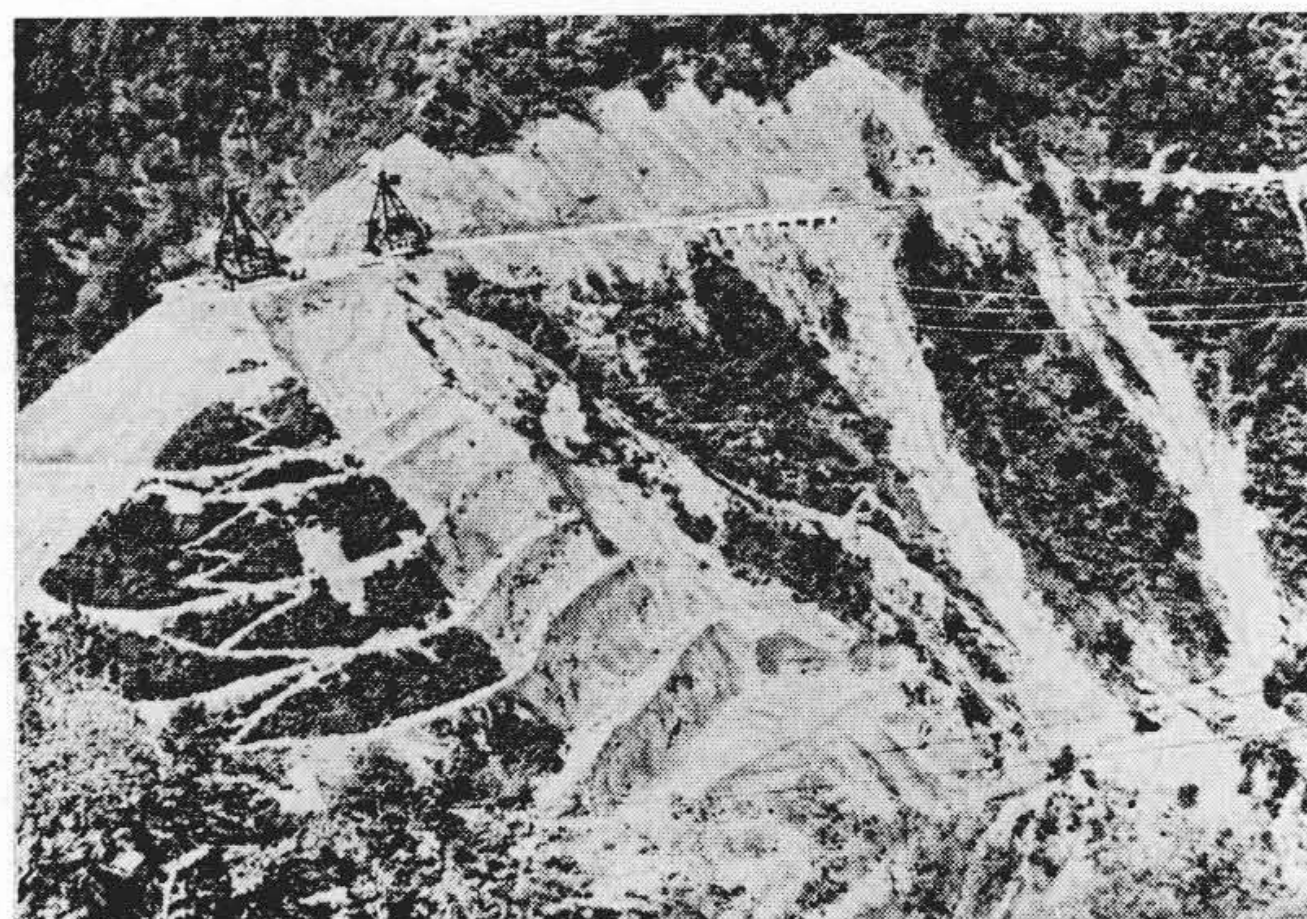
Fig. 28. 9t Hitachi Cable Crane Supplied to Korea (1937)

ダム中心線上に、固定形、下流に、片側走行を配置した。塔高は何れも 30 m (地形がゆるやかなため) である。(第 28 図)



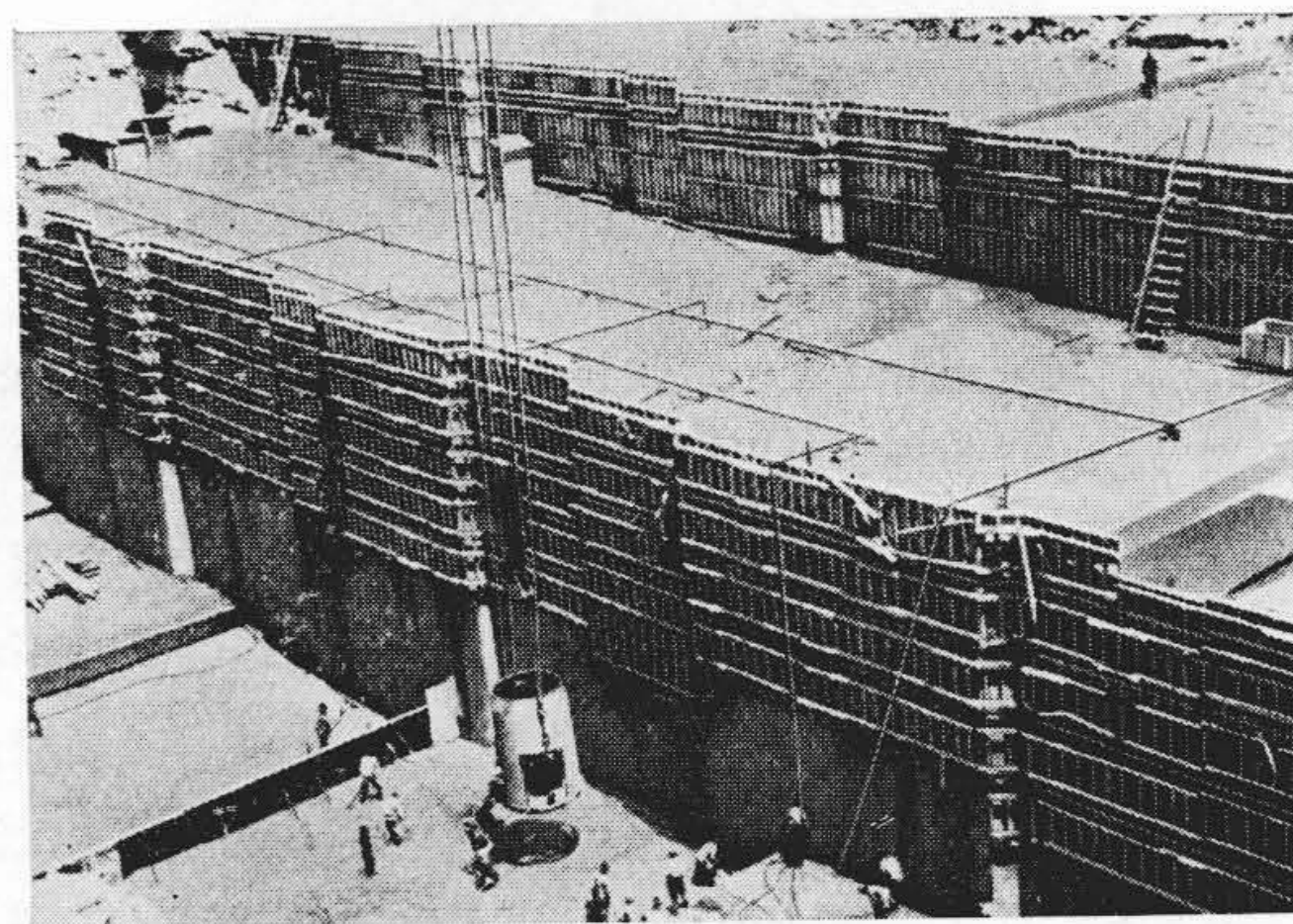
第 29 図-(A) 有峰堰堤のコンクリート設備全景(右岸)

Fig. 29.-(A) General View of Concrete Plant at the Arimine Dam (1938)



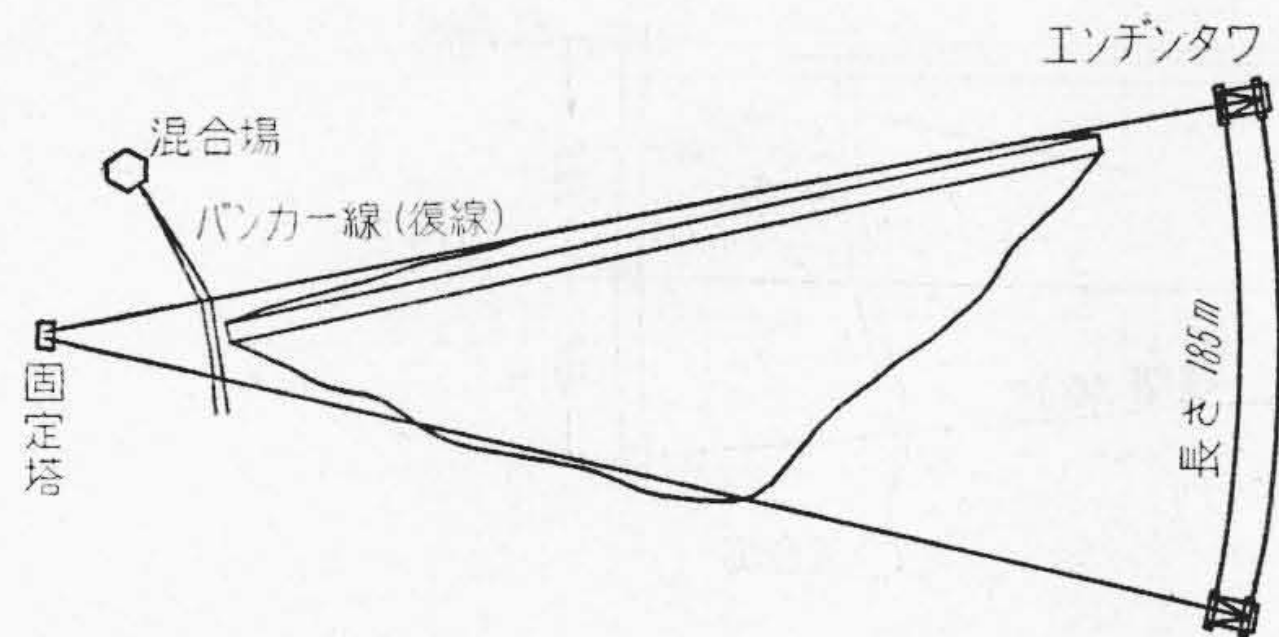
第 29 図-(B) 有峰堰堤の 13.5t 日立ケーブル起重機のエンヂンタワ(左岸)

Fig. 29.-(B) 13.5t Hitachi Cable Cranes at the Arimine Dam (1938)



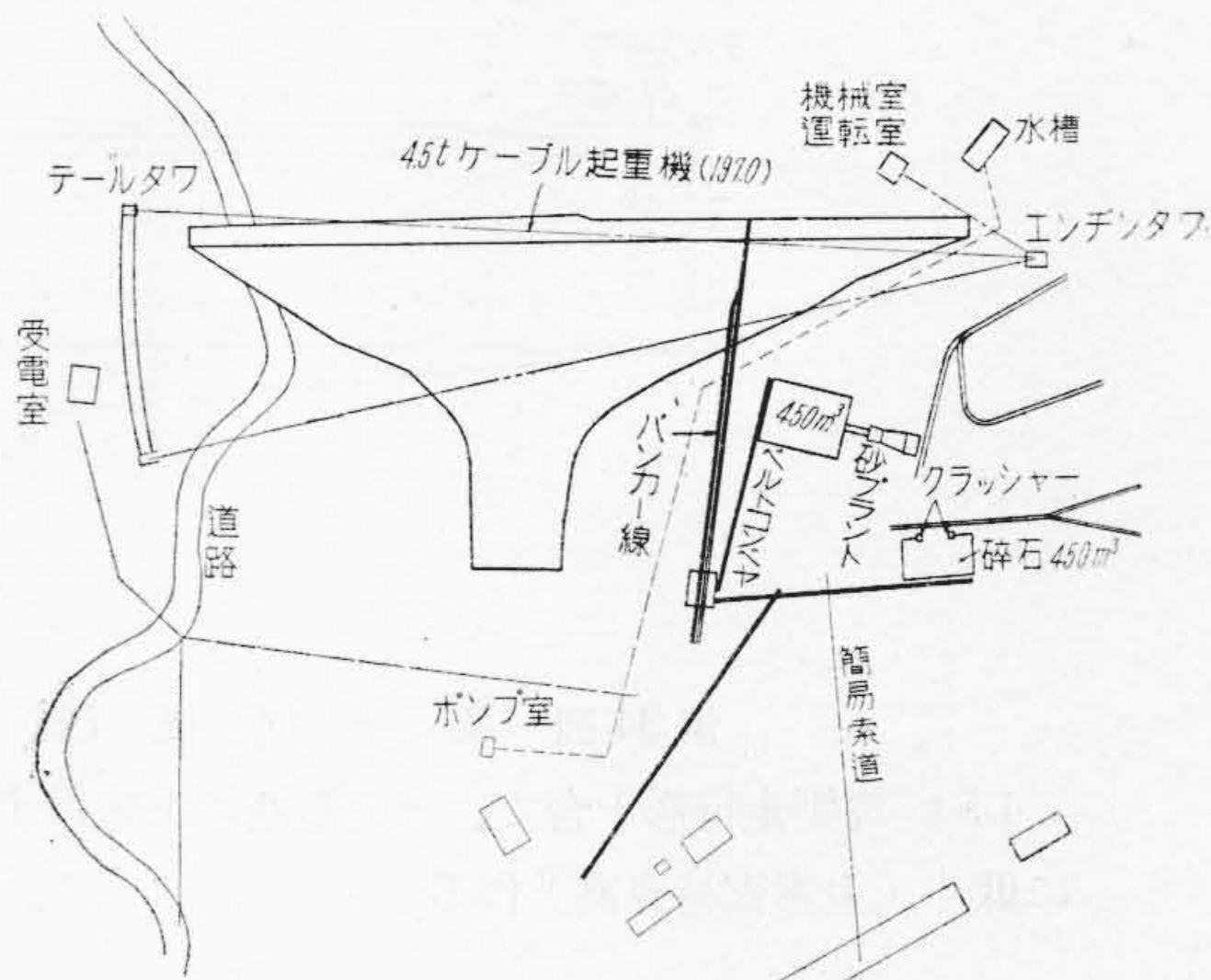
第 29 図-(C) 有峰堰堤施工中の 4.5 m³ コンクリートバケツ

Fig. 29.-(C) 4.5 m³ Concrete Bucket at the Arimine Dam (1938)



第29図-(D) 有峰堰堤
Fig. 29.-(D) The Arimine Dam Plant

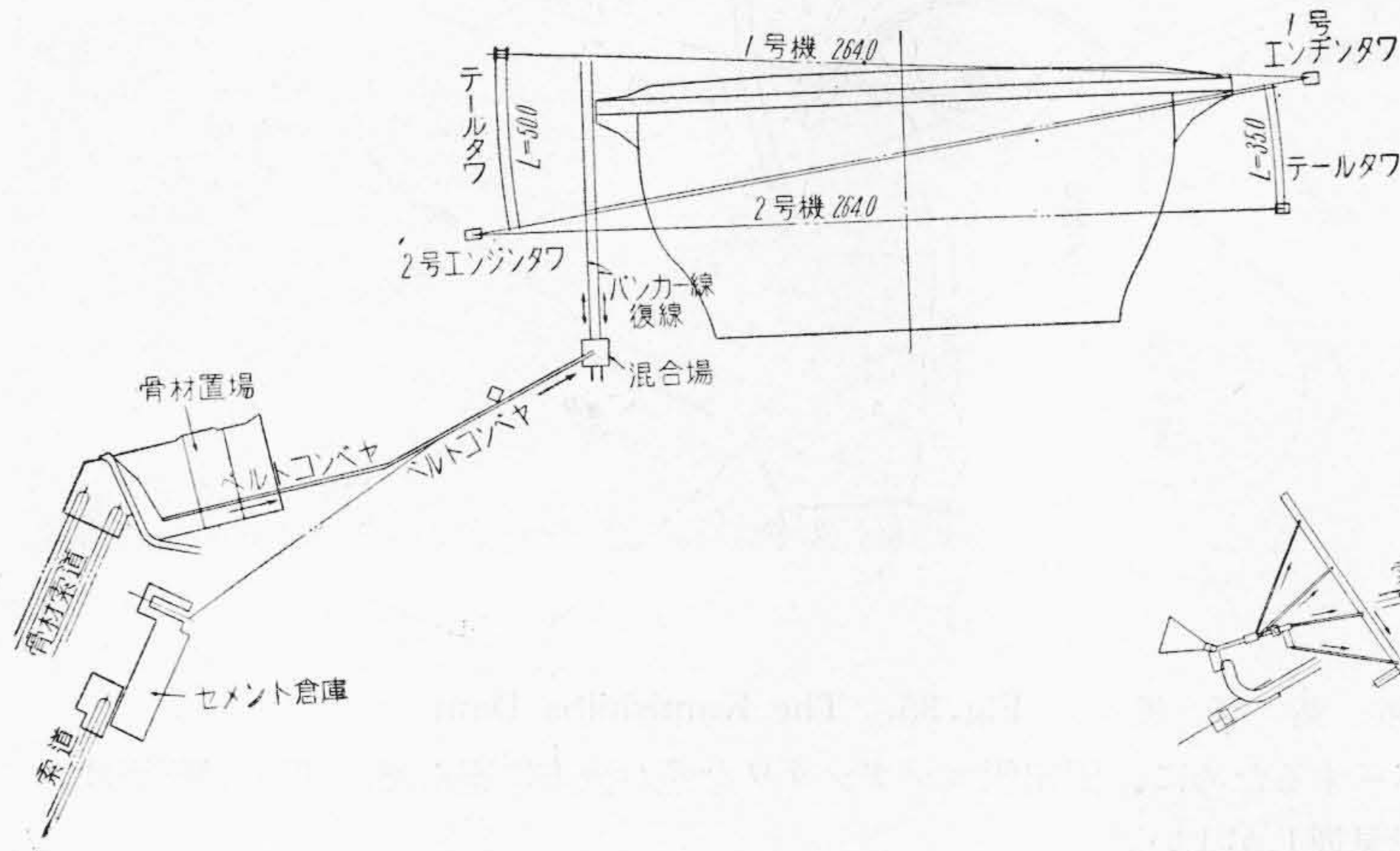
混合場は右岸に設け、13.5t ケーブル起重機 (片側走行形2台) は主索が全体で 20 m 運搬方向に傾けられて設置した。バンカー線は複線で、自走式バケツ運搬車2台を専走させる。堰堤全体をカバーする理想的配置である。(第29図 A~D)



第30図 内場堰堤
Fig. 30. The Naiba Dam Plant

4.5t 片側走行ケーブル起重機1台を使用する。機械室内に運転室を設け有線拡声機で連絡運転する。バンカー線を低く選んだので作業成績がよい。バケツ運搬車は單車 (バケツ1箇積み) 2台を交替に手押し能率をあげている。骨材は現場で製造する、旧施設をやりかえて再開したので、混合場が少し下流になつている。

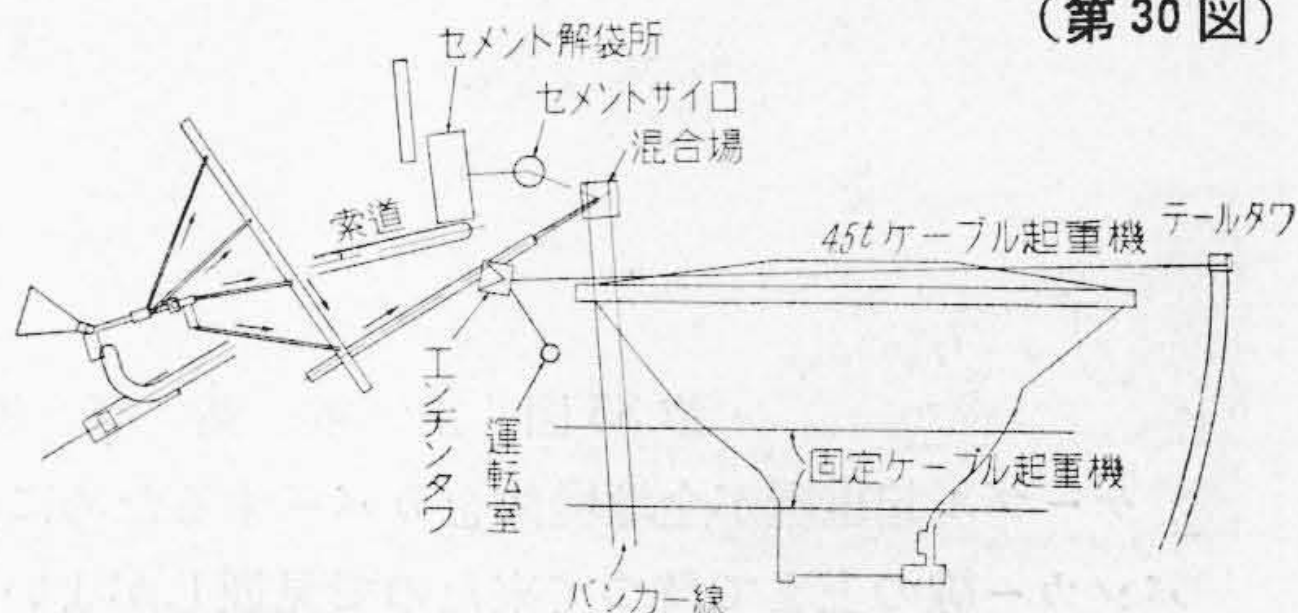
(第30図)



第31図 旭川(鶴田)第一堰堤
Fig. 31. No. 1 Dam of the Asahi-River Plant

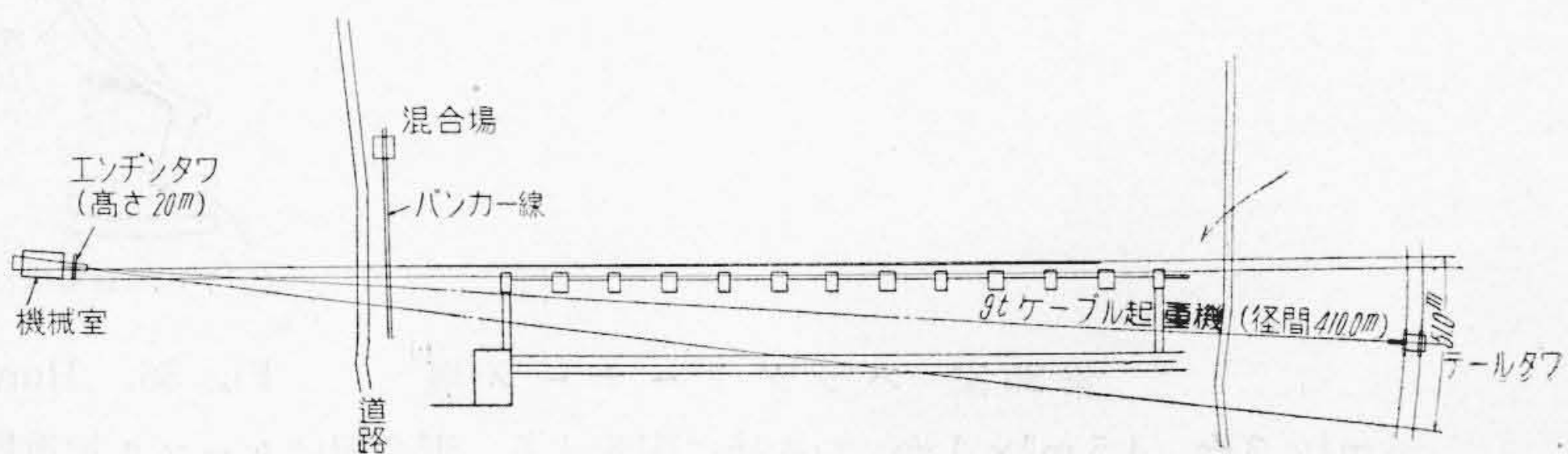
4.5t 片側走行 (エンヂンタワ固定) ケーブル起重機2台を向後に設置、下流打設後上流に移設して併行作業をする計画である。バンカー線は堰堤頂点と同高で、直線水平1線並行、各2台の台車をエンドレスウインチで押ボタン操作するには特に好い方法で推賞したい。(第31図)

ケーブル起重機は右岸後方に20m 高エンヂンタワを固定し、左岸にテールタワを走らせる。能力 9t でダム体積 80,000 m³ ではバケツが大きすぎる (工事後次の工事に使用することを目的とした) ので 4.5t バケツ使用中。バンカー線は単線でウインチで台車を牽引する。(第33図)

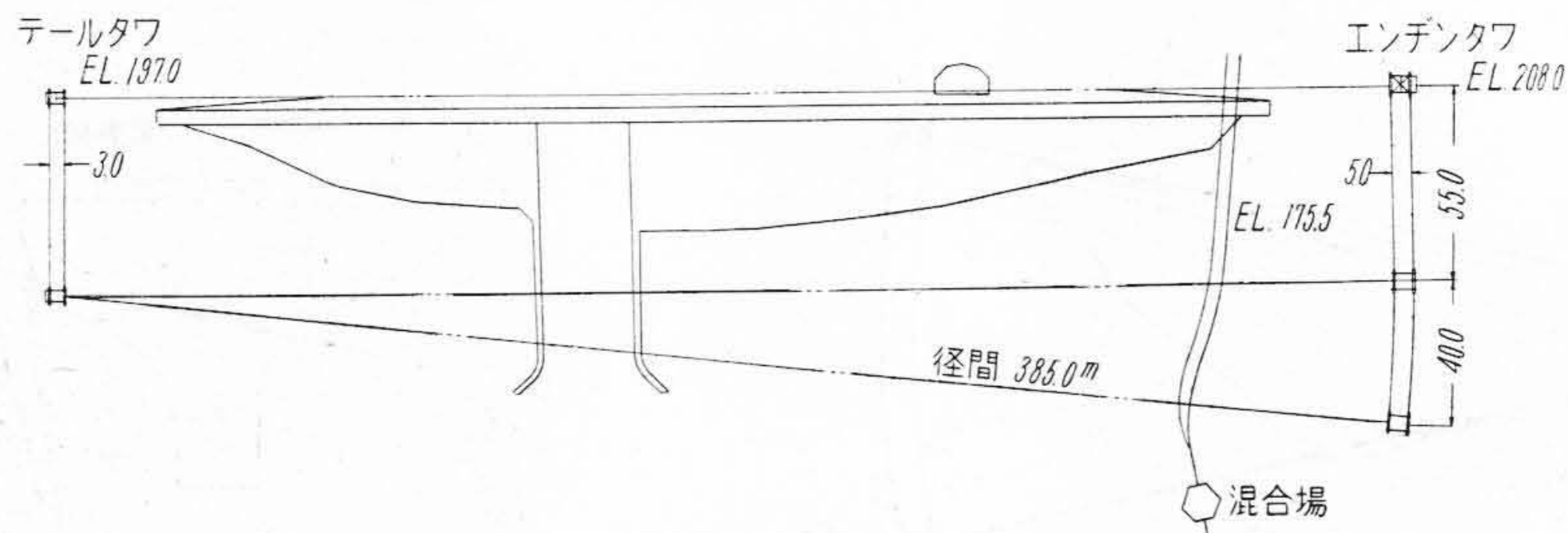


第32図 小又川堰堤
Fig. 32. The Omata-River Dam Plant

4.5t 片側走行ケーブル起重機1台で主要部分を打設する。下流に同じ容量の固定ケーブル起重機2台が増設される。バンカー線は混合物より直線を出ているので始末がよい。小堰堤ではあるが特に短時日に打設される計画である。(第32図)



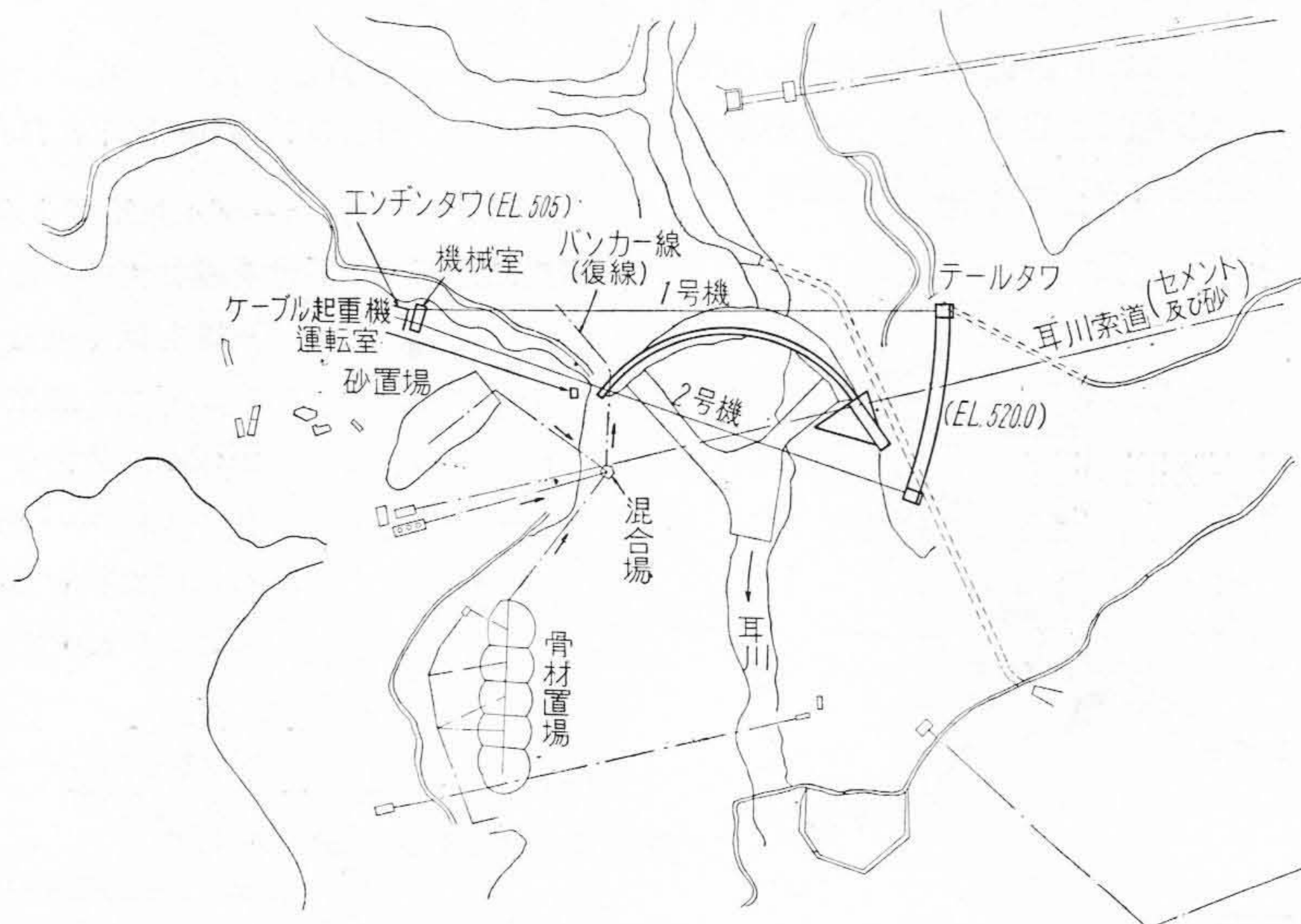
第33図 明塚堰堤
Fig. 33. The Akazuka Dam



第 34 図 某 所 堰 堤 (試 案)

Fig. 34. Trial Plan of A Dam

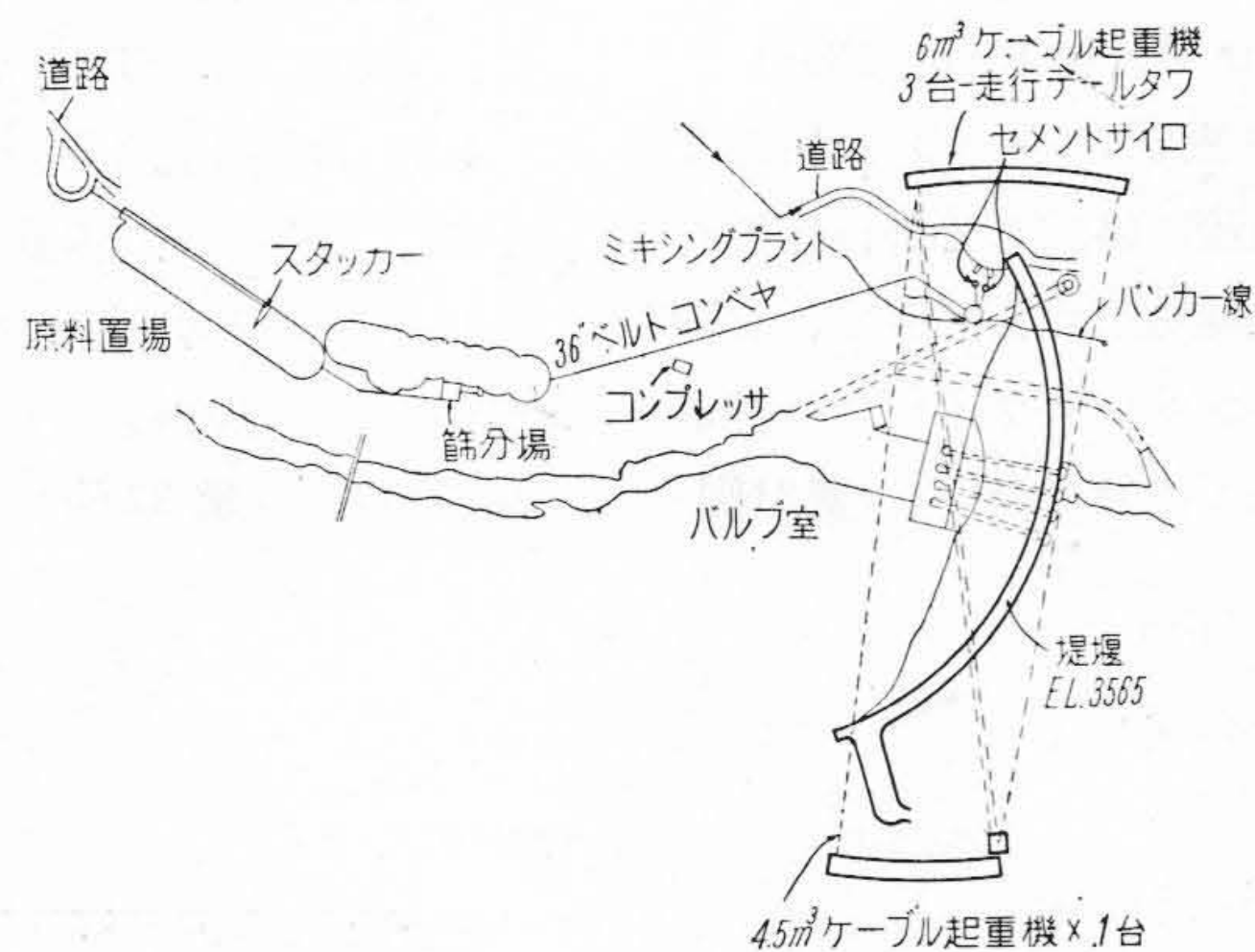
4.5t 両側走行形 1 台で、一定範囲以上走行する場合は左岸のみ特に余分に走らせる点、エンデインタワを特に低く（主索支持点高）作る。



第 35 図 上 椎 葉 堰 堤

Fig. 35. The Kamishiiba Dam

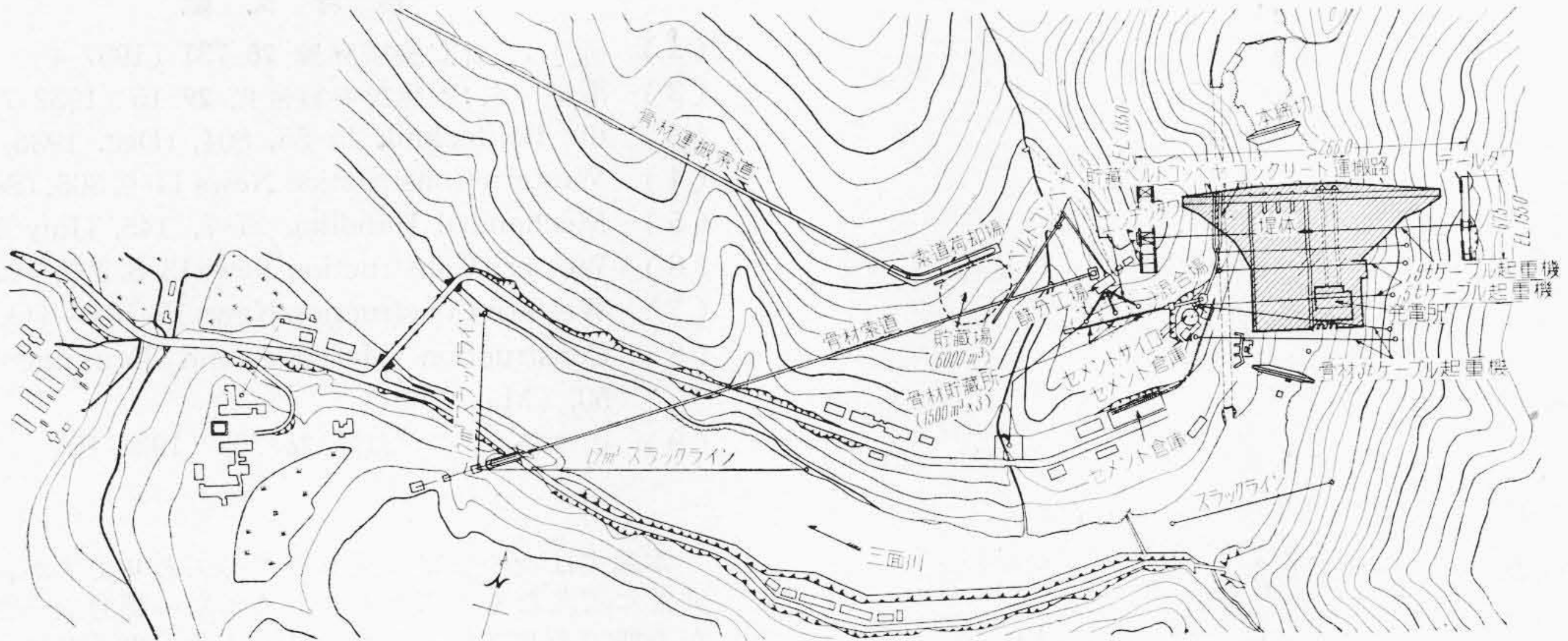
ケーブル起重機が全堰堤体をカバーするために、固定側エンデインタワを遙か後方に選んだ。但し運転室はバンカー線の上まで持つて来たので見通しがよい。



第 36 図 ハングリーホース堰

Fig. 36. Hungry Horse Dam

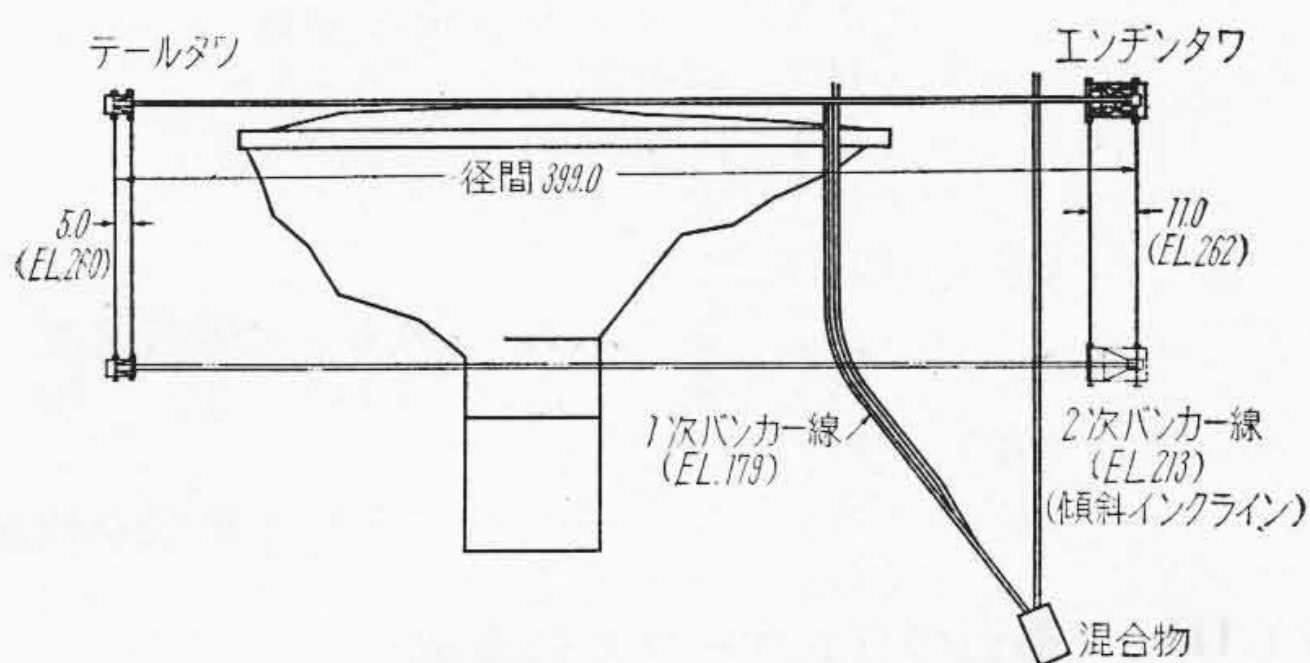
6 m³ × 3 台、4.5 m³ × 1 台 を向後に配置する。混合場はケーブル起重機の直下にある。ダンプ式のホッパでコンクリートを運ぶ。アーチダムはこの片側走行方式がよく採用される。



第37図 三面川堰堤 Fig. 37. The Miomote River Dam

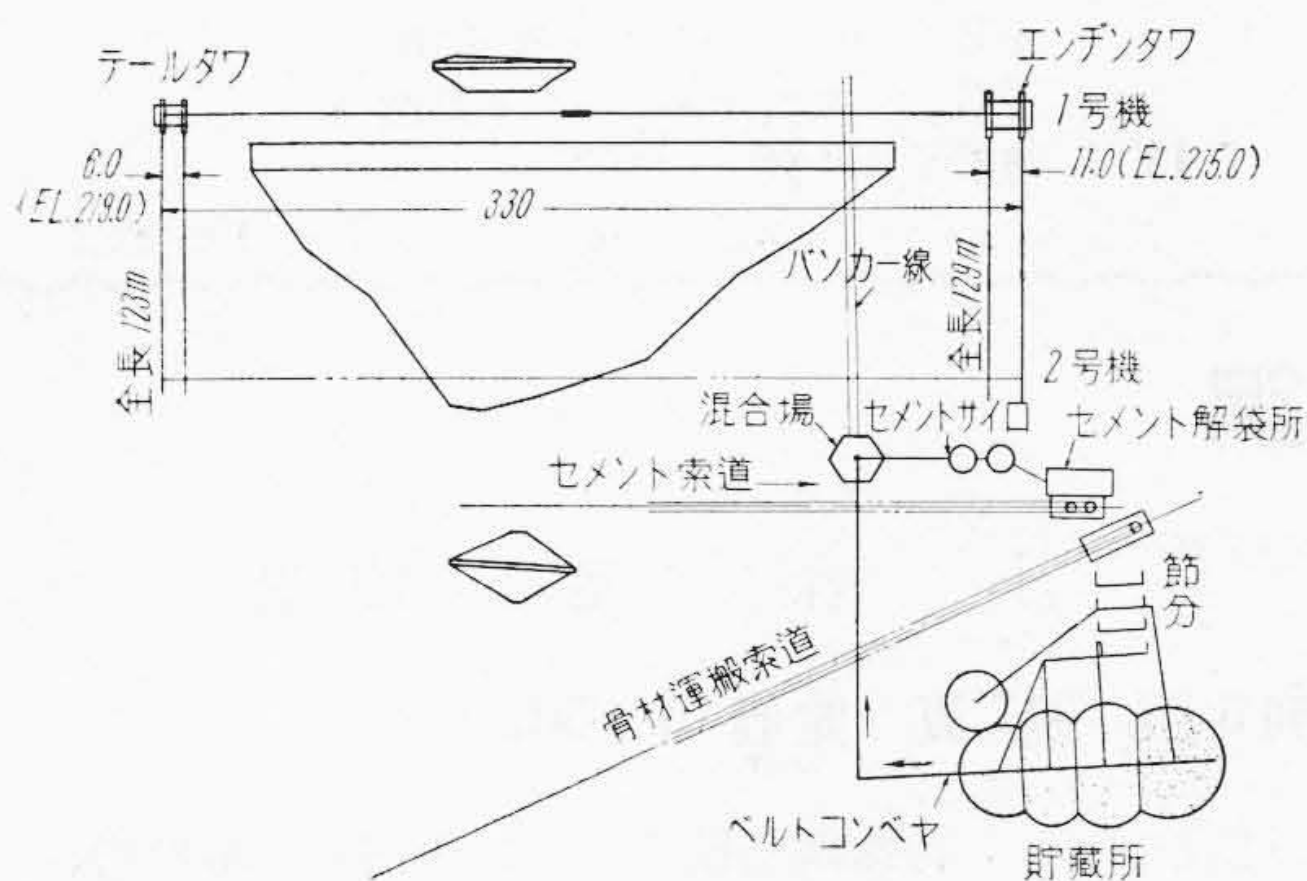
9t ケーブル起重機1台使用した。混合場が右岸になるので、エンヂンタワは左岸にすべきであるが、硬岩盤のため右岸にした。走行路を鉄骨トレスルとし、取外し可能とした。骨材置場には十分な地形がありこの点めぐまれた地点である。エプロン部分には別に小形の固定ケーブルが張られている。

第38図 永瀬堰堤 (物部川) Fig. 38. The Nagase Dam



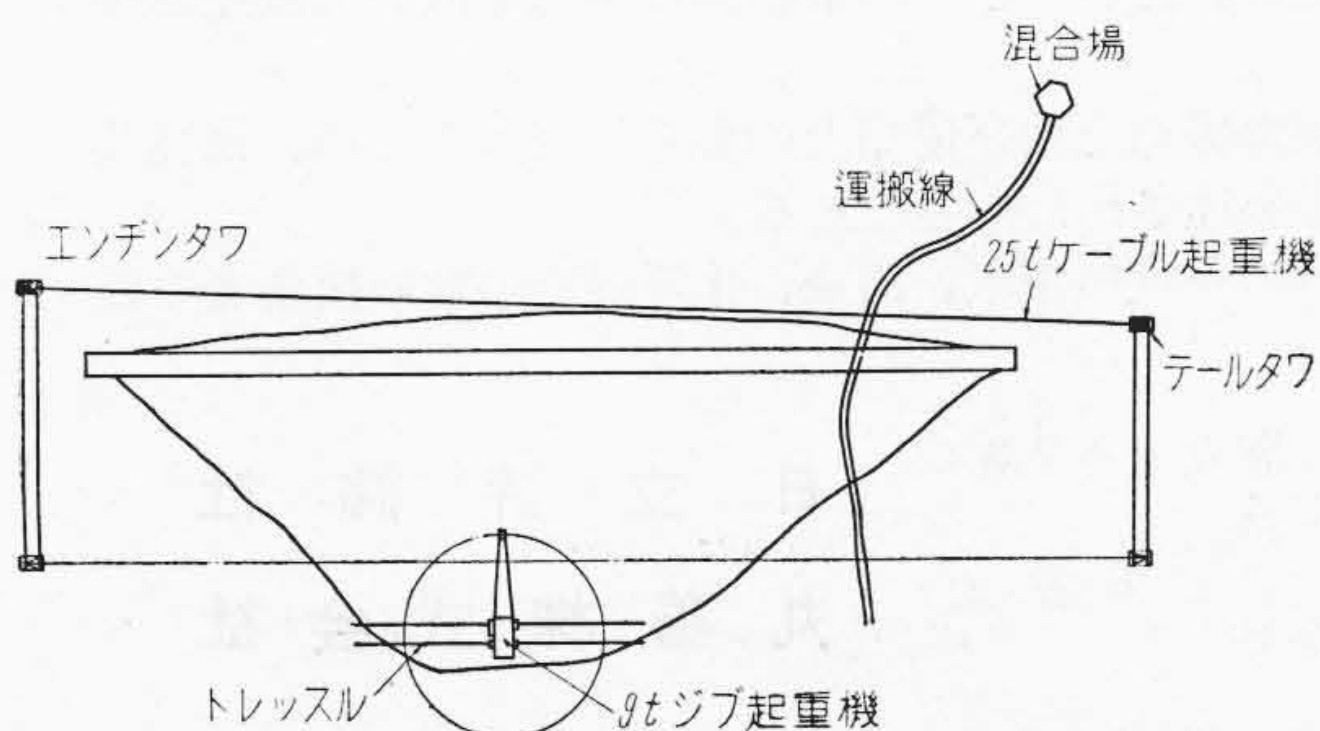
9t 両側走行形ケーブル起重機1台が使用されている。右岸テールタワは地形上位置、高さが限定される。左岸エンヂンタワは地形がゆるやかで、テールタワに合せるために径間がのびて、堤長 195 m に対して 399 m となつた。従つてバケツの高さも必要以上に高くなつた。バンカー線は混合塔の位置より決められ、比較的低い位置にあるので、二次バンカー線は傾斜巻上で高く計画されている

第39図 丸山堰堤 Fig. 39. The Maruyama Dam

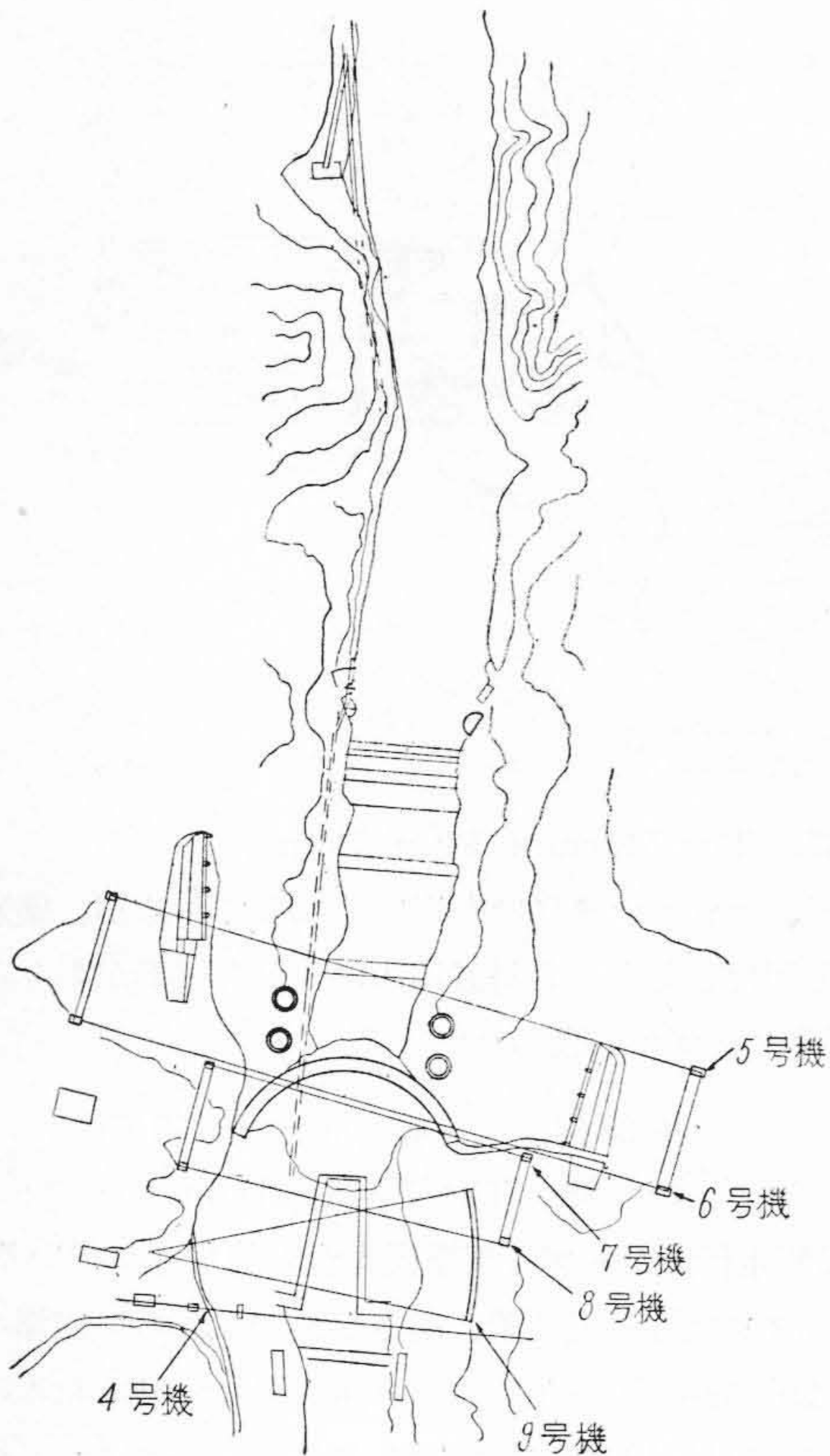


13.5t 両側走行形ケーブル起重機2台が堤体全部に行き届く理想的配置である。エンヂンタワよりバンカー線が直視できない部分があるのがおしい。バンカー線は水平直線で循環式復線で能率がよい。

第40図 小河内堰堤 Fig. 40. The Ogochi Dam



6 m³ バケツ付大型ケーブル起重機2台を走行させるが(内1台のみ完成)、下流の残りはトレスル上を走る 9t×37 m ジブ起重機で打設する計画である。混合場は遙か上流に設けられ、軌道でバケツを起重機直下まで運ぶ。



第 41 図 Boulder Dam

Fig. 41. The Boulder Dam

堰堤本体は 5~8 号機の 4 台の大形ケーブル起重機 (8 yd³ バケツ付) で打設される。水車発電所の重量物運搬に 150 t 固定ケーブル起重機が設置された。

参 考 文 献

- (1) 赤木: 日立機械評論 28 731 (1937-4)
- (2) 瀬尾一久: 建設の機械化 29 15 (1952-7)
- (3) die Bautechnik 14-55, 804, (Dec. 1936)
- (4) Western Construction News 14-9, 305, (Sep. 1939)
- (5) Mechanical Handling 27-7, 145, (July 1940)
- (6) Western Construction News 13-8, 309, (Aug. 1938)
- (7) Western Construction News 15-10, — (Oct. 1940)
- (8) Construction Methode and Equipment 33-3, 50, (Mar. 1951)
- (9) 山本格: 日立評論 26 205 (1936-10)

本論文は次の目次の通りの内容であります。内容が非常に広汎なものでありまして紙数の都合上一回に掲載が不能でありましたため、[III]「最近の日立ケーブル起重機」以下を本誌 Vol. 35 No. 2 に掲載致しますから御諒承下さい。
(編集部)

目 次

- [I] 緒 言
- [II] ケーブル起重機の計画
 - (1) 概 論
 - (2) 能力の決定
 - (A) バケツの容量と台数
 - (B) 運搬能力
 - (C) 作業時間
 - (D) 工 期
 - (3) 機種選定
 - (A) 型 式
 - (B) 構 造
 - (C) 運転速度
 - (D) 寸 法
 - (4) 設備の調和
 - (A) 混合場とケーブル起重機の連絡
 - (B) 一般配置
- [III] 最近の日立ケーブル起重機
 - (1) 4.5t ケーブル起重機
 - (2) 9t ケーブル起重機
 - (3) 大型ケーブル起重機
- [IV] 結 言

特 殊 鋼

日立製作所冶金研究所長
工 学 博 士

小 柴 定 雄 著

新 刊 (昭和 27 年 11 月発行) B 列 5 版 317 頁 定価 ¥ 850.

本書は著者の約 20 年間に於ける特殊鋼に関する研究と経験を基とし特殊鋼全般について記述したもので、その内容としては先づ特殊鋼の製造法、次に熱処理に関する基礎的事項を詳細に述べ、更に合金元素別により特殊鋼の基本的性質並びに特に実用特殊鋼の種類、熱処理、性質及びその取扱等に重点を置いて記述されている。

又重要な特殊合金材料についてもその概要を記述し、実際製造上及び使用上の参考に資するため、鋼塊及び鋼材の欠陥とその防止法並びに試験検査法等についても記述されたものである。

以上の通り本書は特殊鋼の製造者、研究者及び使用者等の各機械電気、冶金、化学等その他の技術者の好伴侶となるものである。

発 行 所

東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番地 (新丸ビル 7 階)
振 替 口 座 東 京 7 1 8 2 4

発 賣 所

東京都中央区日本橋通 2 丁目 6 番地
振 替 口 座 東 京 1 0 9 9 8 1

日 立 評 論 社

丸 善 株 式 会 社