

建設省河川局開発課監修

「小規模重力式コンクリートダム合理化施工」

(本編・別冊)

昭和55年 8 月

(財)国土開発技術研究センター

貸し出し用

「小規模重力式コンクリートダム合理化施工」

(本 編)

昭和 55 年 8 月

目 次

1. はじめに	1
2. 施工設備の実態	3
3. 合理化施工の検討方針及び手順	5
3-1 合理化施工の検討方針	5
3-2 施工合理化の検討手順	5
4. コンクリート運搬工法に関する在来工法の適用性	7
4-1 各種コンクリート運搬工法の一般的特徴	7
4-2 各種コンクリート運搬工法の適用性と範囲	12
4-2-1 施工法の選択手順の考え方	12
4-2-2 適用表について(別冊:参考資料参照)	13
5. 在来工法の2, 3の問題点の検討	25
5-1 クライミング定置式タワークレーン工法	25
5-2 H型軌索式ケーブルクレーン工法	26
5-3 その他	27
6. 新しい施工法について	29
6-1 新たな施工法考察の方向	29
6-2 可能性のある新しい工法	30
参考文献	32

1 はじめに

近年、自然災害を防止し、社会生活に豊かさをもたらすべく各地でダムが洪水防御、上水道用水、工業用水、発電、かんがい用水確保のため建設されている。

これら数多くの建設予定のダム堤体積分布を調査してみると比較的小規模重力式コンクリートダムが多く、堤体積20万 m^3 以下のダムが圧倒的な数を占めている。

また、ここ数年自然条件にめぐまれないダムサイトが増大すると共に環境保全に対する配慮からダムサイト付近の地形をできるだけ破壊しない施工法が要請されており、在来の施工法では対処困難なダムサイトが増大してきている。特に小規模ダムは都市近郊に建設される場合が多く、そのダムサイトのごく近くに住居がある等、施工上の制約条件が更に厳しいものになっている。

そこで小規模重力式コンクリートダムの合理化施工の第1段階としてまず在来の施工法を整理、検討しその適用性を把握すると共に在来工法の改善すべき点を明らかにすることが必要であると考えた。この場合、小規模重力式コンクリートダム合理化施工対象ダムは、一応堤体積10万 m^3 程度（堤高約50m）のダムに視準を合わせ、場合によっては20万 m^3 程度の規模のダムまでその範囲に入れて考えることとした。

次に在来工法の検討結果に基づき、必要に応じ新しい施工法を考察してゆくこととする。

本書は、国土開発技術研究センターが建設省より昭和49年より継続受託している「コンクリートダム合理化施工研究」の一環として組織された「小規模重力式コンクリートダム合理化施工研究委員会（委員長：国分正胤 武蔵工業大学教授）」において検討した内容を基に取りまとめたもので小規模重力式コンクリートダムの合理的な施工を研究する第1段階にあるものである。

コンクリートダム合理化施工

小規模重力式コンクリートダム合理化施工研究委員会

委員長	国分正胤	武蔵工業大学教授
委員	坪 質	建設機械化協会専務理事
〃	伊藤 勇	建設機械化協会
〃	糸林 芳彦	建設省土木研究所ダム部長
〃	桑原 力	前田建設工業(株)取締役土木設計部長
〃	阪西 徳太郎	日本技研コンサルタント(株)取締役社長
〃	宗像 治郎	大成建設(株)土木部技術部長
〃	松尾 英夫	(株)熊谷組技術研究所第三部長
〃	柳田 力	日本セメント協会技術部次長
〃	吉越 盛次	鹿島建設(株)常務取締役

(五十音順)

2 施工設備の実態

最近における堤体積20万 m^3 以下の重力式コンクリートダムの施工設備の実態を調査し、集計した。概説すれば次のとおりである。

① 堤体積7万 m^3 以下のダム

バッチャープラントとしては28切2基、コンクリート運搬設備としては4.5t軌索式ケーブルクレーン、クライミングまたは自走式(移設式)タワークレーン、H型軌索式ケーブルクレーン、片側走行路式ケーブルクレーン等種々雑多である。

② 堤体積10万～14万 m^3 のダム

バッチャープランは36切2基、コンクリート運搬設備としては6t軌索式ケーブルクレーンが多い。

③ 堤体積15万～20万 m^3 のダム

バッチャープラントは56切2基、コンクリート運搬設備としては9t軌索式ケーブルクレーンが多い。

特にコンクリート運搬設備について昭和20年以降の過去における実績をプロットして見ると図-1のとおりで最近の打設機械の選定についてのべた上記の傾向とは多少異なっていることが判る。

最近では堤体積7万 m^3 以下のダムにおいては走行路式ケーブルクレーン、軌索式ケーブルクレーン、H型軌索式ケーブルクレーン、クライミング式または自走式(移設式)タワークレーン等種々の施工設備が用いられているが、堤体積10万 m^3 以下のダムになると軌索式ケーブルクレーンが選択的に使用されている。

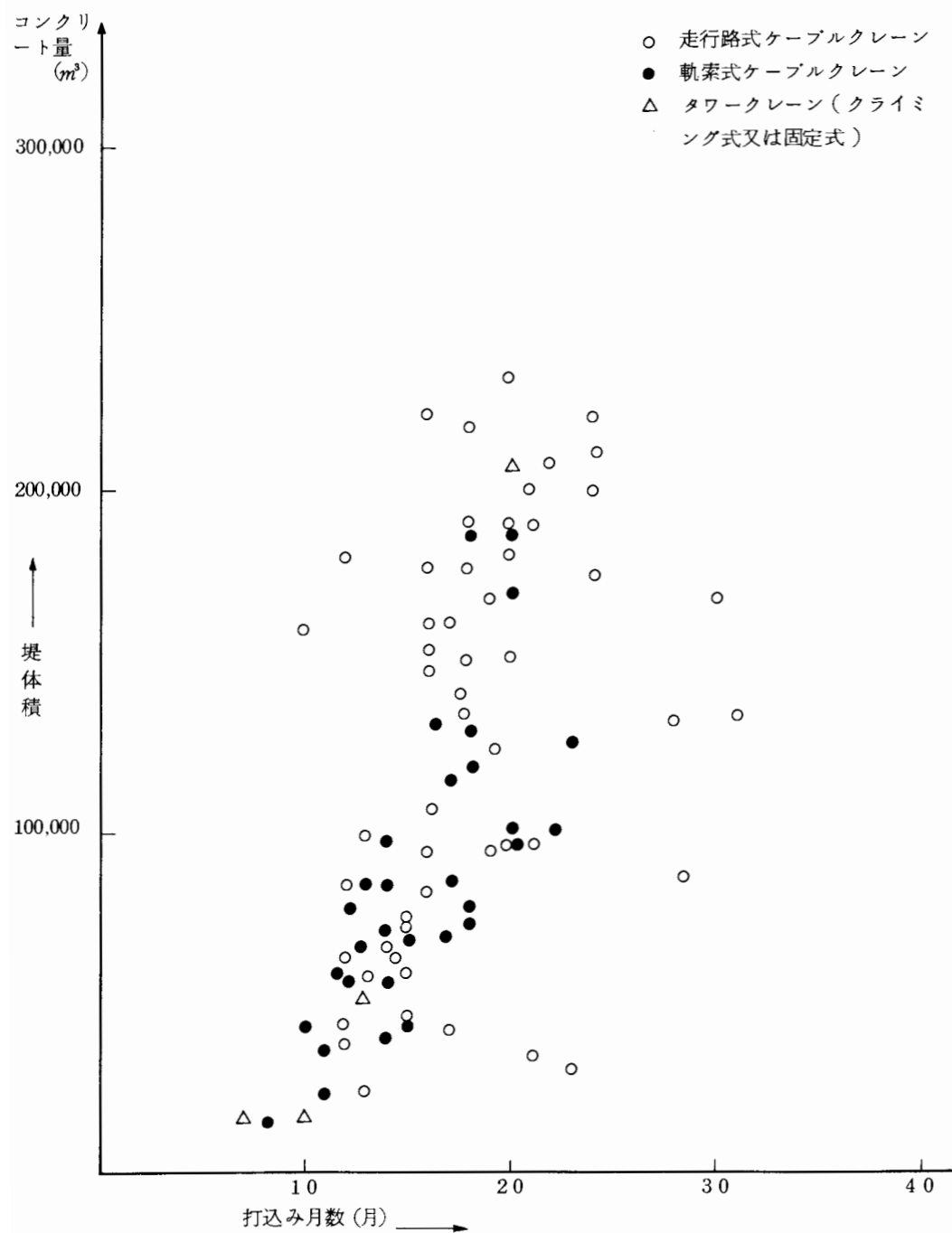


図-1 コンクリート運搬設備実態

出典：日本の多目的ダム

3 合理化施工の検討方針及び手順

3-1 合理化施工の検討方針

合理化施工の研究は施工面にだけ限定して考えれば良いというものではなく、設計面との関連において合理化施工を考えなければならないことは当然のことである。例えばクラック発生を許容できる設計理論が確立したとすれば、これに応じて現在の施工法を根本的と言って良いほど簡略出来るという意見もある。

設計と施工は密接に相関連しており、設計だけの合理化、施工面にだけ限定した合理化と言うことではダム建設の合理化を考えてゆくうえにおいて十分ではない。

しかし、研究の出発点として検討項目、問題点の所在を明確にすることが必要であるので先ず第1に、できるだけ施工面に限定して合理化を考え、ついで設計面に合理化の考え方を拡大してゆくこととする。本書は合理化施工という大きな課題の研究の第1歩をまず施工面に限って検討したものである。

3-2 施工合理化の検討手順

施工法(コンクリート運搬、打込み工法)の合理化検討を進める場合にコンクリート運搬打込みに関する在来工法(以下単に在来工法という)をいかなる条件の時に使用するのが適切であるのかを選択する手順をまず明確にする必要がある。この手順は在来工法の中から最も適切な施工法をただ1つ選択する手順ではない。在来工法のうちから与えられた条件下で不適切な施工法を除外してゆくいわゆる消去法の手法を取る。

たとえばあるダムサイトの自然条件として左右岸にケーブルクレーンを設置する適切な山が無いとか、またケーブルクレーン設置可能な山はあるが用地確保が不可能な場合、この条件でケーブルクレーン類の工法は検討対象の工法から除外される。残るのは非ケーブルクレーン方式であるが、建設対象ダムの堤頂長がきわめて長い等の他の前提条件により更に非ケーブルクレーン方式がふるい分けられ複数の検討対象施工法が残るといふ手順である。

合理化を考えてゆく第1段階としては先ず今述べたような手順を確立する必要がある。この為には小規模重力式コンクリートダムの各種在来工法の分類と工法選定にかかわる種々の要因(前提条件)を整理し、各々の工法の適用性を明らかにすることが肝要である。

第2段階としては、在来工法に関して、今後改良改善すべき点を挙げ検討を加えるこ

とにより、より効率的な施工法へと導いてゆくことである。

第3段階としては、在来工法の範囲内だけで施工法の合理化を考えてゆくのではなく、在来工法の分析結果に基づき必要に応じ新しい施工法を考察してゆく。

以上、第1、第2、第3段階に分けて施工合理化の検討を進めてゆくこととしたい。
なお、本書の内容は第1段階及び第2段階のとりまとめをおこなったものである。

4 コンクリート運搬工法に関する在来工法の適用性

4-1 各種コンクリート運搬工法の一般的特徴

4-1-1 コンクリート運搬工法の分類

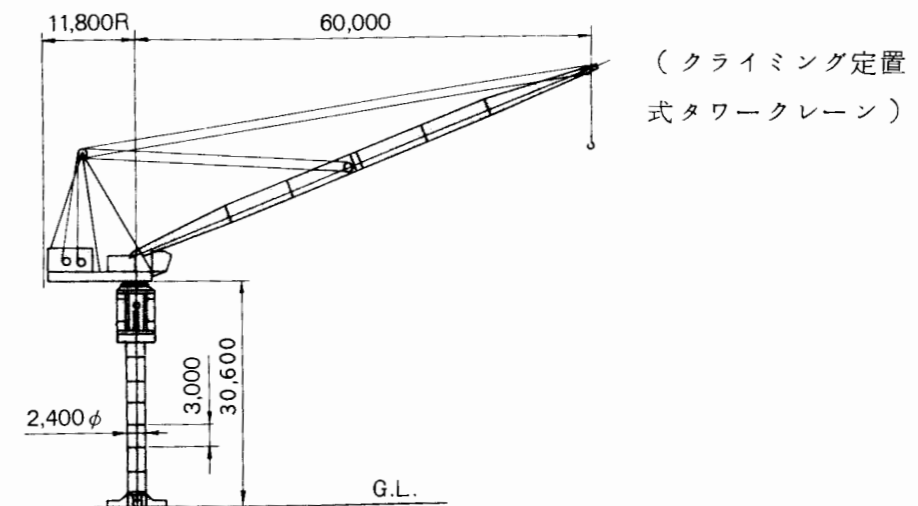
小規模重力式コンクリートダム（堤体積10万 m^3 程度、堤高50m程度）を対象にコンクリート運搬工法を次の6つに分類した。

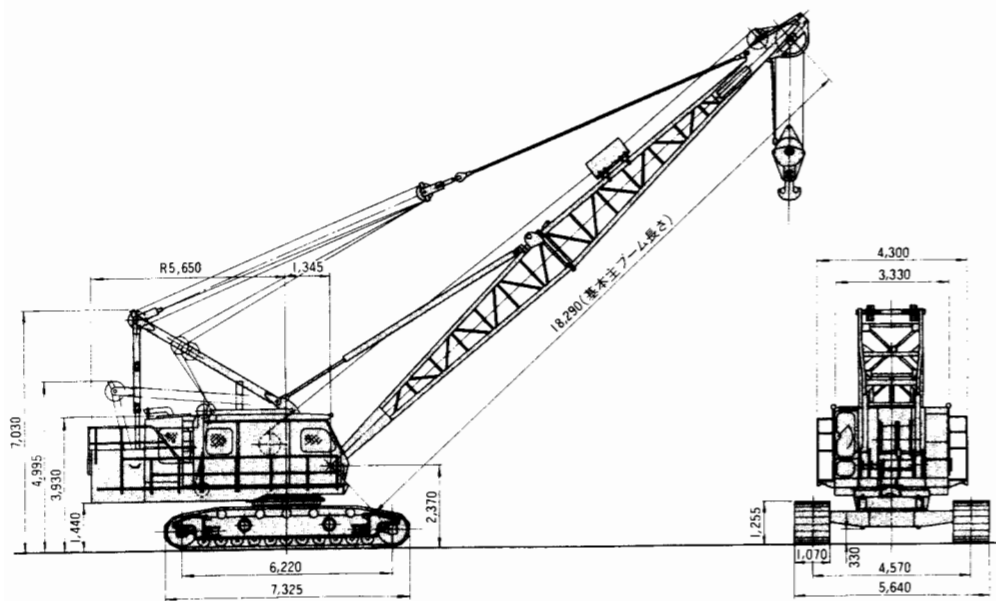
- 1) 片側走行路式ケーブルクレーン工法
- 2) 軌索式ケーブルクレーン工法
- 3) H型軌索式ケーブルクレーン工法
- 4) クライミング定置式タワークレーン工法
- 5) 自走式クレーン工法
- 6) 走行式門形ジブクレーン工法

1) の走行路式ケーブルクレーン工法において特に両側走行路式ケーブルクレーンを探り挙げなかった理由は、小規模重力式コンクリートダムのコンクリート運搬、打込みに際し、広範囲にわたる打設能力は不要であることと環境保全のためである。

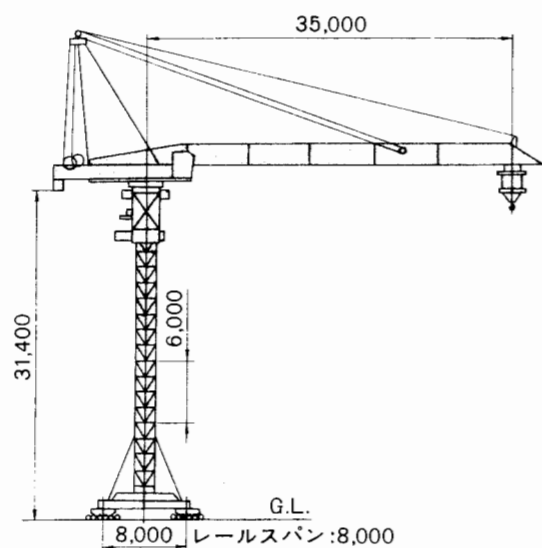
3) のH型軌索式ケーブルクレーン工法とは複線ケーブル型とも呼称されているもので主索が複線でその主索間を巻上索より走行するケーブルクレーン工法である。

4) のクライミング定置式タワークレーン工法とはダムコンクリート打込み状況に応じてタワークレーン自らタワー部の支柱を継ぎ足しながらコンクリート打込みを行っていく工法でコンクリート打込み終了まで固定されている。

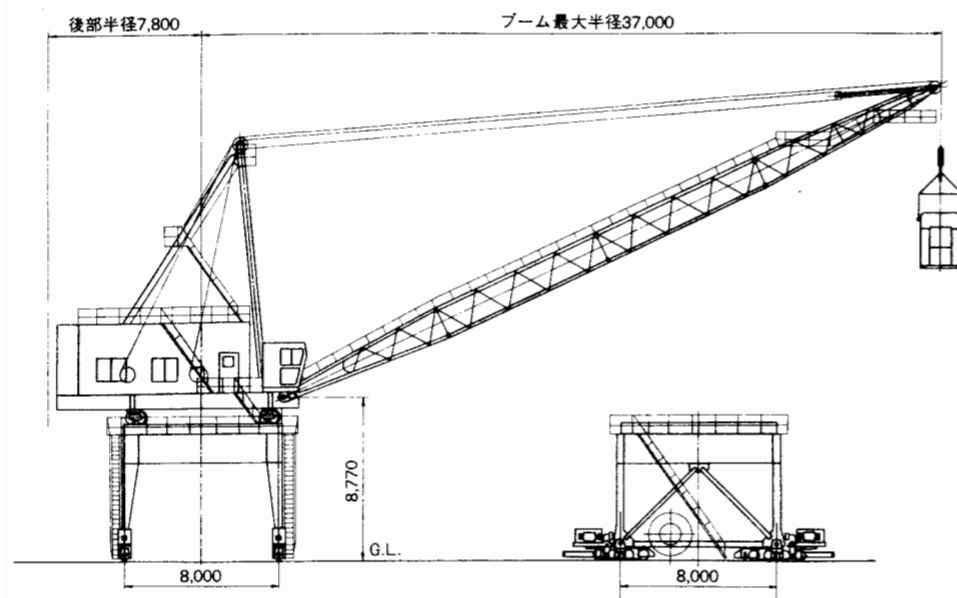




(大型クローラークレーン)



俗称：トンボクレーン



(走行式門形ジブクレーン)

5) の自走式クレーン工法とは具体的には大型クローラークレーン及び俗称トンボクレーン等の機能を表しておりいずれもコンクリート打込み作業を自ら移動しながら行うわけではないがコンクリート打込み場所を容易に変えられるという特徴を持ったコンクリート運搬工法をさす。

6) の走行式門形ジブクレーン工法はダム軸に平行にトレスルを設置し、その上を門形ジブクレーンを走行させコンクリートの打込みを行う工法である。

4-1-2 コンクリート運搬工法の特徴

前出の6つのコンクリート運搬工法の各々について長所、短所を順に挙げる。

1) 片側走行路式ケーブルクレーン工法

<長所>

- 打設能力、操作性に優れている。
- 河床部の地形に余り影響を受けない。
- 13.5tバケット、20tバケットなどに実績が多い。

<短所>

- 走行路造成のため地山の掘削およびトレスルゲーター築造を行わなければならない場合が多いので、自然環境保全に十分配慮しなければならない。
- 走行路を設ける場合地形の制約を受ける。
- 仮設備を含めた機械費等の固定費が大きい。
- 機械の汎用性に乏しい。

2) 軌索式ケーブルクレーン工法

<長所>

- 設備コストは走行路式ケーブルクレーンより安い。
- 据付・仮設等、現地における土木工事は走行路式より少ない。
- 走行路式ケーブルクレーンに比較して、地形に対して適用範囲が広い。

<短所>

- 走行路式に比較して打設能力が劣り、操作性も悪い。
- 機械の特性から走行路式ケーブルクレーンに比較してオペレーターに、より高度の技能が要求される。
- 実績として9tまでが使用されているが、機械の特性から13.5t以上の実績がない。

○機械の汎用性に乏しい。

3) H型軌索式ケーブルクレーン工法

<長所>

- 据付・仮設等の現地における土木工事は走行路式及び軌索式ケーブルクレーン工法より少ない。
- 実績として4.5 t, 6 tが使用されており、堤体積の小さいダムに適している。
- 軌索式ケーブルクレーン工法に比較して、アンカーの位置を比較的自由に選定できることにより地形に対する適応性がより大きい。
- 広域なコンクリート打設範囲（カバーエリア）を確保しやすい。

<短所>

- 走行路式及び軌索式ケーブルクレーン工法に比較して打設能力が劣り、操作性も悪い。
- 主索スパンが300 m以上になるとワイヤのバウンドが大きくなる。従って地形の制約を受ける。
- 実績として4.5 t, 6 t級以下のものしか使用されていない。
- 機械の汎用性に乏しい。
- 軌索式ケーブルクレーンに比較し若干電力消費量が大きい。

4) クライミング定置式タワークレーン工法

<長所>

- 機械基礎のまとまりがよいので自然環境保全の対応が容易である。
- 機械の設置が比較的容易である。
- 左右岸の山の地形に余り影響を受けない。
- 機械に汎用性がある。
- オペレーターがバケットを直視でき、コンクリート放出時にバケットのバウンスが小さい。

<短所>

- 定置式であるため1台のタワークレーンで打設される範囲が限定される。従って堤頂が長くなると使用台数を増加せざるを得なくなりコスト高となる。
- クレーンを上流側に設置する場合は工事中的出水時における保全対策が必要である。また撤去工程が湛水開始時期を支配することが多い。
- 機械をクライミングする場合はコンクリート打設が中断する。

○堤体内にタワーを建てる場合は、堤体コンクリート及びダム基礎岩盤に影響を及ぼすのでその対応が必要である。

また、タワー部の箱抜き部のコンクリート打設は堤体コンクリートとの同時打込みが好ましくないのでタワークレーン撤去後に行わざるをえない。

- 打設完了後のクレーンの解体撤去はダムてんばからの大型トラッククレーンによるので、てんば幅員によっては張出部が必要である。
- 旋回時のジブ同志の衝突防止には十分な安全対策が必要である。

5) 自走式クレーン工法

<長所>

- 左右岸に適切な山がなく、堤高に比して堤頂長の長い堤体積の小さいダムに適している。
- 機械に汎用性があり、操作性に優れている。
- 自然環境保全の対応がとりやすい。
- 俗称トンボクレーンは走行用ガーダーを必要としているが、走行式門形ジブクレーンに比較してガーダーを堤体敷内に設置しない方法であること、また、ガーダーの上載荷重が小さいことからガーダーコストは河床部の地形が適切であればそれ程高くない。

<短所>

- 河床部の地形に影響を受ける。
- コンクリート打込み初期における洪水時に大型クローラークレーンを使用する場合には、堤体コンクリート打込み用取付道路（一般に河床掘削土砂による盛土）の保全、俗称トンボクレーンの場合には走行用ガーダーの保全に問題がある。
- 大型クローラークレーンの場合には4.5 tバケット、俗称トンボクレーンの場合でも6 tバケットまでであり、打込み可能範囲（カバーエリア）も小さい。

6) 走行式門形ジブクレーン工法

<長所>

- ケーブルクレーンのように、ダム地点の地形やスパンに拘束を受けない。
- 打設点近くに運転室があり、オペレーターの視界がよく、コンクリート放出時にバケットのバウンスが少ない。
- ダム本体内に鋼製トレスルによる走行路を設置するため、走行路造成の土木

工事は少ない。

- カバーエリアに対しては充分対応できる。

<短所>

- 走行ガーダーを設置するためコスト高となり、小規模ダムには適さない。
- コンクリート打設初期における洪水時に走行ガーダーの保全に問題がある。
- ガーダー直下部はジブクレーンで直接打設が不可能であり、スプレッダーとしてブルドーザー等が必要となる。
- 放水管、ゲート室等の施工はトレスルガーダーがあるため制約を受ける場合がある。

4-2 各種コンクリート運搬工法の適用性と範囲

4-2-1 施工法の選択手順の考え方

あるダムサイトが与えられた場合、小規模重力式コンクリートダムを対象として6つに分類した施工法の内から最適な施工法を選択する手順を次のように2つのステップに分けて考えることにする。

① 第1ステップ(前提条件による施工法の選択)

今、ダム建設対象地点が与えられたとするとダム高さ、ダム堤体積等は施工法と無関係に決定される事項であり、施工法選択の前提条件と考えられる。一般に前提条件としてはダム地点の自然条件、ダム規模、環境保全上の条件等が挙げられる。前提条件が与えられると6つに分類した施工法すべてが検討対象となるわけではない。施工法のうちにはこの前提条件では不適当なものがあるはずである。不適当な施工法はまず検討対象から除外しなければならない。施工設備にはそれぞれ限界があるので、たとえばケーブルクレーン方式であれば左右岸にケーブルクレーンを設置する適切な高さの山がなければならぬが鉄塔を建設しても十分でない場合はこの施工法は除外することとする。即ちふるい分けを行い、比較検討の対象となる数種の施工法をまず選び出す。

② 第2ステップ(選択された施工法についての比較検討)

第1ステップのふるい分けで残った施工法についてケーススタディを行い、経済性の観点及びその他から最終的に最適な施工法を選定する。

以上のステップの内、以下に示す適用表は、第1ステップを踏む際のふるいに相当

するものである。

4-2-2 適用表について

適用表(表-1)には縦に、分類した6つの施工法を、また横には、施工法を選択する際に考慮しなければならない項目(前提条件に相当する事項)を順に示してある。各種施工法のふるい分けのための特に重要な項目は、(1)堤体積、(2)堤頂長、(3)ダムサイトの地形、(4)自然環境保全の4項目であると考えられる。

工期については、施工法選択の重要な要因と考えられ、種々の条件下におかれた各ダム毎に本来最も適切な工期が存在するはずであるが、この適切な工期を見つけることは、ダムの建設に伴うあらゆる条件を考慮し、総合的に検討しなければならないので極めてむずかしい。

そこで、工期を過去の経験式及び実績より概略、次のように考えることとし、適用表からは除外した。

堤体積	10万m ³ 未満	→	10~20ヶ月程度
〃	10~20万m ³	→	15~23ヶ月程度

表の見方は基本的にぬりつぶしてある部分は適用性有り判断するわけであり、そのぬりつぶしてある部分がより大きくなるに従い、より適用性が高いと考えることにする。また、その根拠、もしくは考え方についてコメントとして適用表の後に各項目毎に補足説明してある。

ここで適用表を見て施工法の適用性及び範囲を判断する際に、ことわっておかなければならないことは、この適用表を絶対的な判断基準として解釈してはならないということである。即ち、本書を画一的、固定的な施工法選択の「ものさし」と考えず、基本的、標準的な見方であると考えべきである。

なお、この適用表を作成するにあたりその検証を目的として8ヶのモデルダムサイトを設定し、各々のダムサイトに前出のコンクリート運搬工法を適用させ、各運搬工法の経済比較を行った。

そのケーススタディの資料は「在来工法によるコンクリート運搬打込みプロセスの比較検討」としてまとめ別冊に示した。

表-1 小規模重力式コンクリートダム各種施工法の適用表

項目 (要因)	堤体積 (万m ³)			堤 頂			長 (m)		
	(イ) 未満	(ロ) 5~15未満	(ハ) 15~20	(1) 150m	(2) 300m	(3) 450m	(1) 150m	(2) 300m	(3) 450m
コンクリート運搬工法	5	5	5	(イ)	(イ)	(イ)	(イ)	(イ)	(イ)
片側走行路式 ケーブルクレーン工法							(120)	(170)	(220)
軌索式ケーブルクレーン工法									
H型軌索式 ケーブルクレーン工法									
クライミング定置式 タワークレーン工法									
自走式クレーン工法									
走行式門形ジブクレーン工法									

項目 (要因)	ダムサイトの地形						谷の横断形			(4) 自然環境 保全	
	(a) 平行~平行	(b) 平行~L	(c) 平行~凸	(d) L~L	(e) 凸~L	(f) 凸~凸	V字形	U字形	皿形		
コンクリート運搬工法											
1 片側走行路式 ケーブルクレーン工法											
2 軌索式ケーブルクレーン工法											
3 H型軌索式 ケーブルクレーン工法											
4 クライミング定置式 タワークレーン工法											
5 自走式クレーン工法											
6 走行式門形ジブクレーン工法											

項目(要因)	(5) 打設機械能力			(6) ダム本体基礎掘削とコンクリート運搬機械の据え付け工事との関連(工程上)	(7) 洪水対策の難易	(8) 打設機械の運転管理		
	カバーエリア	コンクリートの揚程制限	バケット容量			操作性	汎用性	保守点検
1 片側走行路式 ケーブルクレーン工法	■	■	■	■	■	■	■	■
2 軌索式ケーブルクレーン工法	■	■	■	■	■	■	■	■
3 H型軌索式 ケーブルクレーン工法	■	■	■	■	■	■	■	■
4 クライミング定置式 タワークレーン工法	■	■	■	■	■	■	■	■
5 自走式クレーン工法	■	■	■	■	■	■	■	■
6 走行式門形ジブクレーン工法	■	■	■	■	■	■	■	■

コメント

(1) 堤体積

- ① 堤体積15万m³未満に対しては、片側走行式ケーブルクレーンが使用されているケースは一般に少ない。
- ② バケット重量6tを越えるH型軌索式ケーブルクレーンの実績は少ない。
- ③ クライミング定置式タワークレーンはコンクリート打込み範囲が限定されるため、堤体積10万m³程度以上のダムになると堤頂長が長くなるため複数基必要となり経済的でない。
- ④ 自走式クレーンのバケット重量は6t程度までである。
- ⑤ 走行式門形ジブクレーンはトレスル等の施工設備費が非常に大きくなるので特殊なケースを除いてこの工法は小ダムには向かない。

(2) 堤頂長

- ① 表中の記号←。→は建設省河川総合開発事業、治水ダム建設事業の重力式コンクリートダムの堤頂長の分布を堤体積別に(イ)5万m³未満、(ロ)5～15万m³未満、(ハ)15～20万m³)調査した結果であり中央の(…)は平均堤頂長を示す。
- ② 片側走行路式ケーブルクレーン工法
堤頂長の最大を450mとしたのは走行路式ケーブルクレーンの限界最長主索スパンが600m程度であるのでこれより有効スパンを逆算し、450mとした。(主索スパンが600mを越えるとバケットの振れが大きくなると共にサイタルタイムが長くなりコンクリートの打込み能力が著るしく低下する。)
堤頂長の最小を150mとしたのはトレスル等を必要とする場合が多いので経済性と過去の実績によった。
- ③ 軌索式、H型軌索式ケーブルクレーン工法
堤頂長300mに対する軌索式スパンは約400m程度必要でありこのスパン長がバケット操作上の振動等を考慮した場合、軌索式ケーブルクレーンの操作上の限界長である。

同様の理由により、H型軌索式の操作上の限界スパンは約300mでありこの場合の適用可能最大の堤頂長は約220mである。

④ クライミング式定置式タワークレーン工法

コンクリート運搬のカバリエリアの関係から堤頂長150m程度を越えたとタワークレーン1基ではカバー不可能の部分が大きくなる。タワークレーンを複数基設置するとコンクリート運搬打込み費の内、タワークレーンの機械損料が通常のケーブリングクレーンに比較して非常に大きくなり経済的でない。但しダムサイトの地形によってはブーム長40m級のタワークレーンを2基使用した方が得策である場合もある。

⑤ 自走式クレーン工法

この工法は左右岸に適切な山が無くケーブリングの設置が不可能であり堤体積、堤高が余り大きくなくかつ、河床部が平坦な場合は経済的にコンクリートを運搬することが出来る。自走式クレーンの機械能力(ブーム長35m, バケット6t程度)から判断すると打込み可能堤高は30m程度、堤体積はたかだか10万m³程度が限界と考えられる。

なお、堤体積10万m³程度に対応する最長の堤頂長は約200mである。

⑥ 走行式門形ジブクレーン工法

この工法は自走式クレーン工法と同様河床部が平坦であれば堤頂長に制限されずコンクリートを運搬することが可能であるが、門形ジブクレーンの自重が大きいため、一般にはトレッスルガーダー等の鋼材費が小規模ダムにおいては特に増大し得策でない。

従って特異なケースの場合は検討の余地があるがこの走行式門形ジブクレーン工法はむしろ大規模ダムの施工法として好ましいと考えられる。

(3) ダムサイトの地形

適用表の見方

適用表の「ダムサイトの地形」のぬりつぶしの大、小は施工設備の経済的に施工できる可能性の大、小を表わしており、一般的傾向を示すものである。

また、適用表のコンクリート運搬工法の内、1～3については左右岸の平面形状が施工設備を決める主要因となっているので平面形状を見て、その適用性の一般的傾向を判断する。

同様に4～6の運搬工法については谷の横断形が施工設備を決定する際に支配的要因となっている。

施工設備の規模の限度

ダムサイトの地形への各種コンクリート運搬工法の適用は一応、いかなる工法でも技術的に可能であるが施工設備の規模に一定の限界値を過去の実績等より次のように定めた。

- (i) バンカー線及びクレーン走行路用トレッスルガーダーを必要とする場合はその脚柱高さは20m程度を限度とする。
- (ii) 軌索式、H型軌索式ケーブリングクレーンの基礎の鉄塔高さは30m程度を限度とする。
- (iii) 走行路、バンカー線の設置の為、地山を掘削する場合、掘削法面長が40m程度以内であること。

従って適用性の大、小と共に施工設備の規模の限度を同時に考慮し施工法の適、不適を判断する必要がある。

① 左右岸の平面形状

適用表中(a)から(f)へ移行するに従ってトレッスル、鉄塔等の仮設備がより必要となる地形の順にならべてある。(a)より(f)までの平面形状を等高線により次のように定義し、分類する。

表一2 基本形状

	平行	L	凸
等高線の形			

↓ 印は河川の流水方向を、
——線はダム軸を示す。

平面形状の基本形の定義

平行：表-2に見るように左岸もしくは右岸の山の等高線が河川の流水方向とほぼ平行に一定長さ存在し、その地山の法面は一定の勾配で続いているものとする。

L：河川の流水方向と平行な山の等高線がダム軸付近を中心に一方が山側へ逃げている地形。

凸：山の等高線がダム軸を中心に上・下流方向共、山側へ逃げている地形。

平面形状の分類

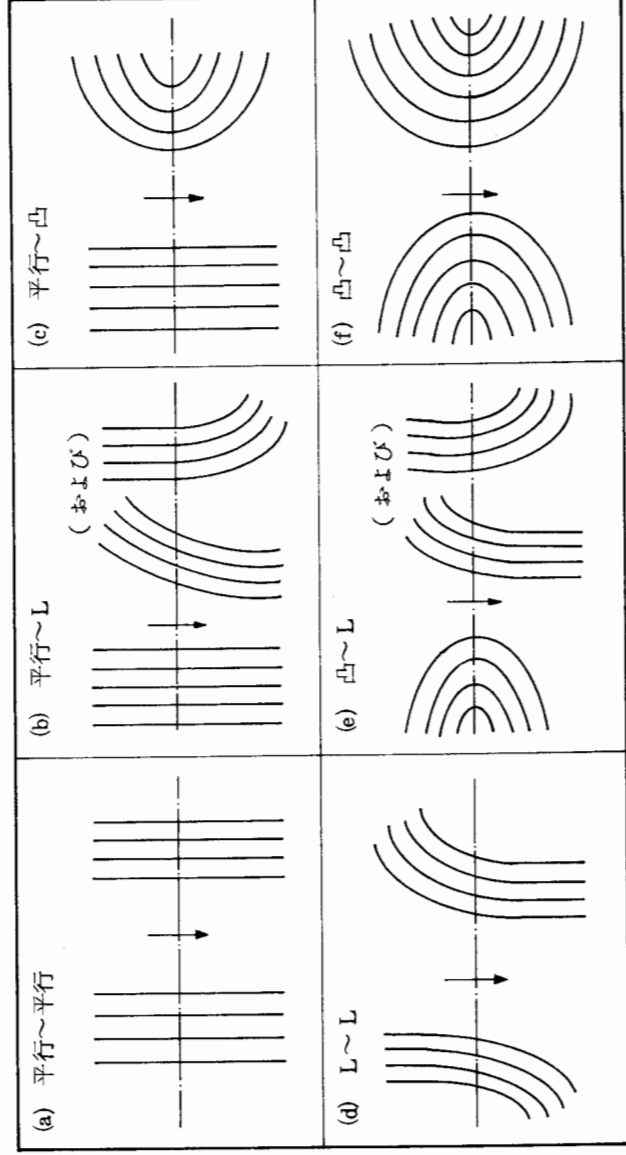
平面形状の基本形の組合せによりダムサイトの平面形状を表-3のように6つに分類する。

(a) 平行～平行, (b) 平行～L, (c) 平行～L

○ ケーブルクレーンの片側走行路式は理想的な平行～平行のダムサイトであっても軌索式, H型軌索式と比較し, 機械損料, 据付のための掘削量において経済性に劣る。しかしながら, コンクリート運搬の信頼性, 確実性の点では最もすぐれている。

○ ケーブルクレーンの片側走行路式において平行～平行に比較し, 平行～L, 平行～凸の地形に対する適用性が劣るとしているのはケーブルクレーンの走行路の位置選択の自由度がより小さく

表-3 平面形状の分類



↓印は河川の流水方向を, ———線はダム軸を示す。

なると考えられるからである。

(d) L～L, (e) 凸～L, (f) 凸～凸

○ ケーブルクレーンの片側走行路式はトレスル工事および比較的大量の掘削を必要とするため, 他のケーブルクレーン方式に比較し, 経済的に不利である。

○ H型軌索式の方が軌索式に比較し, 軌索塔間のローブカット掘削を必要としないこと, また, 支柱鉄塔間の許容高低差を大きくとることができるとより平面地形に対する適応性は大きい。

○ 基本的には軌索式の支点は固定塔1本, 軌索塔2本の計3点であり, H型軌索式は4支点である。同じ高さの鉄塔を必要とする場合, 鋼材量はH型軌索式の方が多く, 基礎コンクリート量は逆に力学特性上軌索式の方が多くなる。H型軌索式の場合は基礎の位置を比較的自由に選択できるので鉄塔の高さをそれ程必要としない場合が多い。以上よりH型軌索式と軌索式の支柱(鉄塔)設置それ自体についての経済性は, ほぼ同程度か, もしくはH型の方が若干安くなると考えられる。

② 谷の横断形

○ 皿形とは堤頂長(L)と堤高(H)の割合(L/H)が7程度以上の場合を示す。

過去の堤体積20万m³以下の重力式コンクリートダムのL/Hを調査するとほとんどが5以下であった。

○ クライミング定置式タワークレーンは皿形の地形であるとカバーエリアの関係から複数基設置しなければならぬ場合が多いので不適切である。

○ 自走式クレーンはクライミング定置式タワークレーンと逆に河床部が一般的にフラットと考えられる皿形の地形に適切である。

○ 走行式門形ジブクレーンをコンクリートダムのコンクリート運搬に採用する場合, 前出の(1)堤体積, (2)堤頂長の項目とこの谷の横断形における皿形という項目を考慮すると小規模動重力式コンクリートダムへの走行式門形ジブクレーンの適用はほとんどあり得ないと考えられる。

(4) 自然環境保全

軌索式とH型軌索式でH型軌索式の方が多少適用性大としたのは軌索式の場合は軌索塔間のロープカットの為の掘削が必要となる場合が多いのに対し、H型軌索式ではその必要が少ないこと、又、アンカーの位置を比較的自由に選定できることによる。

(5) 打設機械能力

① カバーエリア、揚程

- ケーブルクレーンの内、片側走行式、軌索式とH型軌索式のカバーエリアを同一スパンで比較した場合、前者のカバーエリアは三角形であり、後者は四角形となることからH型軌索式の方がカバーエリアが大きい。
- クライミング定置式タワークレーンによるコンクリート運搬の経済性を考えると小規模重力式コンクリートダムにおいてはせいぜい1基が妥当であることからおのずとカバーエリアの限界は直径150m程度の円形と考えられる。
- 自走式クレーンは具体的に大型クローラークレーンと俗称、トンボクレーンを意味している。大型クローラークレーンの水平リーチは35m程度(4.5tバケット)、揚程40m程度が最高である。ダム本体の上下流いずれからでもコンクリート打込みを行えるような非常に皿形のダムサイトの場合にはカバーエリアは多少大きく取ることができる。

また、俗称トンボクレーンのダム軸方向カバーエリアはダムサイト河床部が平たんであれば大きく取れるがダム上下流方向の水平リーチはたかだか35m程度(6.0tバケット)、揚程制限は30m程度である。

- 走行式門形ジブクレーンはバンカー線の盛りかえを必要とするようなダム高さの場合ケーブルクレーン、タワークレーンに比較し経済的でない。

② バケット容量

- 軌索式は9.0tバケットを、また、H型軌索式は6.0tバケットをそれぞれ越えるバケットの使用実績はほとんどない。
- 自走式クレーンの内、大型クローラークレーンによるコンクリート打込み実績は非常に少なく現時点では4.5tバケット程度が限度と考えられる。

また、俗称トンボクレーンのバケットは6.0tであり、かなりの実績がある。

(6) ダム本体基礎掘削とコンクリート運搬機械の据え付け工事との関連(工程上の問題)

- ① 片側走行式ケーブルクレーンはダム本体基礎掘削に先行してクレーン走行路の掘削を実施しなければならないケースが多い。
- ② 軌索式、H型軌索式ケーブルクレーン及び大型クローラークレーンは片側走行路ケーブルクレーン、クライミング定置式タワークレーン及び走行式門形ジブクレーンに比較し、一般にダム本体基礎掘削の影響を受けずに据え付け工事が実施できる。
- ③ クライミング定置式タワークレーン及び走行式門形ジブクレーンは一般にダム本体基礎掘削が終了したあとにクレーン基礎工事等を着工することが多い。
- ④ 自走式クレーンの内、俗称トンボクレーンはダム本体基礎掘削工事の影響を走行式ジブクレーン等ほど受けないと考えられる。(図中破線まで)

(7) 洪水対策の難易

クライミング定置式タワークレーン、走行式門形ジブクレーン及び自走式クレーン工法はコンクリート打込み初期における洪水時にクレーン基礎、走行ガーダー等に支障が及ぶ場合がある。

(8) 打設機械の運転管理

① 操作性

H型軌索式及びクライミング定置式タワークレーンは次の点で他のケーブルクレーンに比較し、操作性に劣る。

H型軌索式ケーブルクレーン

- (i) 操作に熟練を要する。(約1ヶ月程度)
 - (ii) 吊荷の振れが大きいこと、また、コンクリート放出時のバウンスングが大きいため、他のケーブルクレーン方式に比較し、サイクルタイムが30秒程度以上長くなる。
- (iii) ダムの上流側または下流側のブロックを打設する場合(もしくは上・下流端の部分に材料を運搬する場合)バケットを2本の固定ケー

ブル（主索ケーブ）により共吊りしている構造上の特性からバケットよりコンクリートを放出したときバケットが上下流方向に流れ、型枠や構造物に接触することが多い。

(iv) バンカー線台車よりバケットを吊り出す時に、その吊り出す位置が固定ケーブ間を中心より外れるに従って固定ケーブ間に偏荷重が作用し、共吊り構造上の特性から吊り上げられたバケットが台車運転席または横のバケットに接触する恐れがある。

クライミング定置式タワークレーン

(i) バケット吊り上げ、旋回及びコンクリート放出時にタワーが前後左右に揺れる為、慣れるまで、操作員の船酔現象が起きることがある。

(ii) 複数基のクライミング定置式タワークレーンを設置している場合、ジブアーム衝突の恐れがある。

(iii) H型軌索式ケーブクレーンと同様バケットを吊り出す時に台車上でバケットが流れるので、台車運転席又は横のバケットとの接触防止のためクレーン操作員と台車担当員との緊密な呼吸が必要である。

(iv) ジブアームの起伏、旋回、巻上(下)の動作の内、起伏に時間がかかるという特性を有しているので、バンカー線のレベル、位置の選定は、起伏動作を極力小さくするよう配慮することが肝要である。

② 保守点検

ケーブクレーンは長いワイヤロープを使用し、ワイヤ点検は作業を中止して行わなければならない常時点検がむずかしい。またワイヤロープの損耗も大きい。

これに対し、クライミング定置式タワークレーン、走行式門形ジブクレーン等の保守点検はワイヤロープ等の点検が点検通路より作業中でも可能であるので容易で安全である。

5 在来工法の2, 3の問題点の検討

5-1 クライミング定置式タワークレーン工法

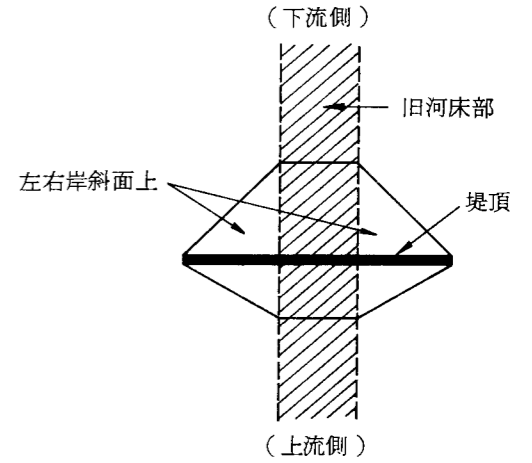
近年、環境保全への配慮から本格的なダムコンクリート運搬打込み用のクライミング定置式タワークレーンが登場し、現在リーチ75m、バケット重量13.5tの性能を持つ最大級の機種が実際に稼働している。このタワークレーン工法を採用するに際し、留意しなければならない事項及び今後検討を必要とする項目について述べる。

5-1-1 タワークレーンの設置位置

原則として堤体敷内は避けることが望ましい。

ただしカバーエリア及びサイクルタイムの関係からやむを得ず堤体敷内に設置する場合にはその設置位置の決定に際しては堤体及び基礎岩盤への影響について慎重な検討が必要である。

特に左右岸斜面上に設置する場合はタワークレーン基礎のダム堤体への影響及びダム基礎岩盤掘削線との関係を十分調査し決めることが必要である。



ダム模式平面図

5-1-2 設計

(1) 基礎の設計

基礎は十分な大きさを持ちダム基礎岩盤に悪影響をおよぼさない設計とすることが必要である。

常時（作業時）における基礎反力分布は基礎コンクリートの自重により引張領域を生じない設計とする。ただし地震時等の非常時に生じた引張領域はPS工により対処する設計としても良い。

後に打込まれる堤体コンクリートとタワークレーン基礎コンクリートとの境界付近で応力集中及び他の原因により堤体コンクリートにクラックが発生する恐れがあるので、基礎コンクリートの形状は四角形を避けできるだけ円形に近い形とすることが望ましい。

その基礎コンクリート形状の最大の大きさは今後検討する必要がある。

(2) 箱抜き部の設計

次の3点については、今後の検討課題と考えられる。

- (i) 円形とするが、その最大直径
- (ii) タワー部のサポート（中間タワーの振れ止め）

自立高さ以上にクライミングしてゆくとタワーが揺れ打込み効率に影響を与えるので、堤体コンクリートにサポートを取る必要が生じる。サポートの方法及びサポート反力と堤体コンクリート強度との関係

- (iii) 現状では箱抜き部はコンクリートで埋戻すことを原則とするがエレベーターシャフトとして利用する方法

又、箱抜き部にコンクリートを打込む際、その箱抜き部の清掃、レイタンス除去の方法及びコンクリート打込みスピードについても検討する必要がある。

5-2 H型軌索式ケーブルクレーン工法

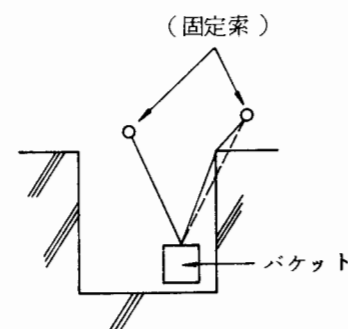
3の「在来工法の適用性と範囲」に述べたようにH型軌索式ケーブルクレーン工法は同じケーブルクレーン工法の走行路式及び軌索式に比較し、次の2点で適用性が高いと考えられる。

- (i) 地形への対応性が良い。
- (ii) カバーエリアを広く確保できる。

しかしながらH型軌索式の構造上の特性から次のような問題点が存在する。

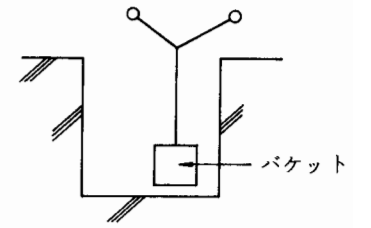
- (1) コンクリート放出時のバウジングが大きく危険であると共に振動が容易に減衰しない。
- (2) バケットを2本の固定索で共吊りしているのでバンカー線上でバケットを吊り上げる際に、固定索の中心より外れるに従って固定索に偏荷重がかかりバケットが上下流方向に流れ危険である。この現象はバンカー線のバケットを吊り上げる際のみならず、通常の荷の上げ下げの時も起る。
- (3) 荷の吊上げ、吊下げ作業時に巻上げケーブルが堤体等の構造物に接触し、操作上非常に具合が悪い。

これは特に堤体がかかなり打ち上がって来た場合、上・下流にバケット、材料等を上げ、下げする時



必ず起り、ロープ、堤体構造物等を損傷すると共に非常に危険である。

このような状態を避ける為、現在改良型ができてい
るが実績がまだ無いことと、運転上、更に操作が複雑
となり完全に問題が解決されているとは言えない状況
にある。



- (4) 走行路式、軌索式に比較し、操作するウインチ（4台）が多いので熟練運転士を必要とする。

以上問題点をいくつかあげたが、その内(1)、(2)及び(4)についてはH型軌索式ケーブルクレーンの持つ宿命的事項であり安全対策に注意を払うことと、コンクリート運搬効率の低下はやむを得ぬ事として認識せざるを得ない。

しかし(3)はH型軌索式ケーブルクレーンの致命的欠陥である。しかしながら、この(3)については、技術的に解決出来る見通しがついているので、今後の改良型に注目したい。

5-3 その他

レディーミクストコンクリートのダム堤体コンクリートへの利用について

次の様なダム建設に関する種々の制約から堤体コンクリート量の小さなダムにレミコンが利用されるケースがある。

- (1) 新規バッチャープラント購入は採算が合わない。
- (2) バッチャープラント洗浄、ミスバッチの廃棄による汚濁水のため、内水面漁業及び農業へ悪影響を及ぼす。
- (3) ダムサイトの混合水不足によるコンクリート打込み中断の恐れがある。又、かんがい期に農業用水に支障をきたす。
- (4) セメント、骨材運搬をやめてコンクリート運搬にすることにより運搬車輛台数を減じ、交通混雑を緩和する。

問題点及び留意点は概略次の通りである。

- (1) コンクリートの品質

レミコン車にてコンクリート運搬中に空気量、スランプ、温度に変化が生じコンクリートの変動係数が大きくなる。又、放出時の分離に注意を要する。

(2) コンクリートの配合

一般に $G_{max} 80$ が限度であるから通常のダムコンクリートよりセメント量が増大し、温度応力に対し不利である。特に夏場のレミコンには温度上昇に対する配慮が必要となる。

(3) 供給

ダムコンクリート打込み工程の変化に対応して、すみやかにレミコンの供給ができない恐れがある。

又、ダムコンクリートとしてのレミコン採用がレミコン市場を圧迫する恐れがある。やむを得ずレミコンを利用する場合を除けば、その利用には運搬距離（時間）と価格から自ずから限界がある。特にコンクリート材料である骨材、セメント、混和剤及びその他の品質管理と打込み工程管理に注意を払い、レミコン工場の選定についても慎重に検討する事が肝要である。

大型クローラクレーンによるダムコンクリート打込みについて

最近高能力のクローラクレーンが登場し実績は少ないが、小規模ダムに使用されている。この機械は機動性、汎用性に優れているが次の点を検討、考慮する必要がある。

- (1) 機械がダムコンクリート打込みの酷使に耐えられるかどうか不明である。現在のところ実績が少ない。
- (2) サイクルタイムが長くなる。
- (3) 機械の性能は荷重モーメントによるので打込み場所により、打込み能力が異なる。

6 新しい施工法について

6-1 新たな施工法考察の方向

在来工法の適用性把握の為にを行ったケーススタディの分析結果から次の事が明らかになった。

① 在来工法の中では各種地形条件のダムサイトに対し、軌索式ケーブルクレーン工法が1番適用性が高い。しかし環境保全の問題からやむを得ずクライミング定置式タワークレーン工法等を採用するとコストがきわめて高くなる場合がある。

② 在来工法の内、いかなる工法を採用しても経済性に問題があり対処困難なダムがある。

①はダムサイト左右岸の地形条件の如何にかかわらず経済的にコンクリートを運搬する工法の必要性を示していると考えられる。

②は最近のダムサイトの多様化を示すと共に、在来工法の範囲内では経済性の追求に限界があることを示唆していると言える。特に小規模ダムのダムサイトの条件として民家が近くにあるとか、軌索式ケーブルクレーン等を採用する時その為の用地の確保、補償が難しい場合、又コンクリート量が小さく、堤高も低いにもかかわらず堤頂長が極端に長いダム等があり、従来の施工法では対処困難なダムサイトが増大して来ている。

コンクリート運搬、打込み施工設備はダム専用特殊機械を使用するより汎用性ある機械を使用する方が施工合理化に有利であると考えられるが、更に言えば汎用機械の内でも次の点に留意して機械の選択を行うことが望ましい。

- ① 操作上熟練を要しないこと。（技能労働者の減少、高令化に対処）
- ② できる限りコンパクトでダムコンクリート打込み量の状況に応じて弾力的運用が可能であること。
- ③ ランニングコストができるだけ低く、施工効率が高いこと。

新たな施工法を考察する際には、ダムサイトの多様化に応じられるように、多少施工効率が低下するとしてもいろいろな汎用性のある機械の組合せにより、多くの可能性あるコンクリート運搬工法を検討してゆくことがより良いと考えられる。

また、コンクリート運搬設備を当該ダム地点だけにクローズして施工の経済性を追求するのか、全国のダム建設分野という視点に立って総合的に経済性を求めるのかが問題となる。

この点についてはダム規模が小規模化してゆくに伴って経済性を当該ダム地点に限定

しないで全国的な小規模ダムを経済的建設という視野に立ち、考えてゆく方が適切であると考える。

6-2 可能性ある新しい工法

6-2-1 ポンプ工法

主たる打込み設備はポンプと配管であり、設備は極めてコンパクトで地形、地質の適応性が大きく、仮に急に打込み量を大きくする必要が出て来たときにもポンプ台数を増し、同時に数箇所を打込むことにより対処可能である。しかしながら、現在のコンクリートポンプ仕様の範囲においては最大骨材寸法80mm以上のコンクリートはコンクリート圧送が困難であり、かつ圧送中管の閉塞及び分離を起すおそれがあるので最大骨材寸法を40mm前後に止めている。このため在来ダムコンクリートに比べて単位セメント使用量が増加することとなる。

今後検討すべき事項を示せば以下の通りである。

① 圧送コンクリートの耐久性

コンクリートの圧送性を増すため、従来のダムコンクリートのスランブに比べさらに大きいスランブのコンクリートが望まれているのでスランブの大きいコンクリートの耐久性について検討する必要がある。

② 配管材料の軽量化

鉄管を用いると重量が大きく作業性が悪いので鉄よりも軽い材質、たとえばステンレス、硬質塩化ビニール管等の利用を検討する。

③ 流動剤

コンクリートの圧送性を高める為、流動剤の使用を検討する。

④ 吐出口におけるコンクリートの敷均し

打込み現場(ブロック内)では圧送されて来たコンクリートをスプレッディングする為、吐出口を常に移動させなければならない。このための簡便なディストリビューションの方法を検討することが必要である。

⑤ コンクリート圧送中における管閉塞の事態に対処する方策

6-2-2 ベルトコンベアー工法

ベルトコンベアーは連続輸送装置であるので時間当り輸送能力が大きいという利点を有しており、いろいろな分野で使用されている。

我国では長大なトンネルのライニングコンクリートの運搬にベルトコンベアーを利用し良い成果を収めたとの報告がある。又、アメリカでは原子力発電所及びダムのコンクリート輸送にベルトコンベアーの使用実績がかなりあり、ベルトコンベアーによるコンクリート運搬自体には大きな問題は無いと考えられる。

しかしながら、ダムコンクリートの運搬、打込みにベルトコンベアーを利用する時次のような不都合な点がある。

- ① ダムコンクリートの運搬、打込み場所は3次的に毎日変化し、その供給量も一定でない。これに対処する為にはベルトコンベアー装置をきわめて大型化するか、もしくは非常に煩雑な段取り替えを必要とする。
- ② ダムサイトの地形条件の制約からベルトコンベアー支柱等の設備費の増大は避けられない。
- ③ ベルトのモルタル付着、運搬中のコンクリートの分離、送りスピード、ベルト幅等機械自体について、検討すべき点がある。

小規模ダムにおける時間当りコンクリート供給量はそれ程大きくする必要は無いので、バッチャープラントから打込み現場までベルトコンベアー運搬を行うと逆に輸送コストが高くなる懸念がある。

そこで、ホイール式汎用機械にホッパーとカンティレバーの簡易ベルコン(長さ12m程度、回転可能)を取付けたスプレッダータイプのベルコン車とバッチャープラントからそのホッパーへコンクリートを供給するトラックミキサー車等の組合せによるコンクリート運搬システムが、小規模ダムにフィットした可能性ある工法と考えられる。この方式であれば機械損料が大部分となり設備費は小さくて済み、コンクリートの弾力的打込みも可能である。

6-2-3 RCDコンクリート

大規模ダムで使用されているRCDコンクリートを小規模ダムにも応用することを検討する。この場合、大規模ダムにおけるRCDコンクリート施工法と多少異なる施工法を考案することが必要である。例えば型枠を用いない施工法、プレキャスト型枠を利用する施工法等である。

参 考 文 献

1. 「日本の多目的ダム」 建設省河川局監修（山海堂）
2. 現場技術者のための「ダム工事ポケットブック」 相原信夫編（山海堂）
3. 土木施工法講座「ダム施工法」 堀和夫編（山海堂）
4. コンクリートダム施工法 望月邦夫 著（山海堂）
小林 泰
5. 小規模コンクリートダム合理化施工検討業務報告書（S54.3）
沖縄開発庁北部ダム事務所
（財）国土開発技術研究センター
6. 河川総合開発事業一覧表 （S53.5 建設省河川局）
7. 土木工学大系33ダム （彰国社版）

（別冊）参考資料

在来工法によるコンクリート運搬打込み プロセスの比較検討

昭和55年8月

目 次

1. 目 的	37
2. 比較設計のケース	37
3. 比較設計の作業条件	55
4. 比較設計の結果	60
5. 考 察	66
付表：①～④ダムのコンクリート運搬打込み設備経済比較表	68～75
付図：①～④ダムのコンクリート運搬打込み設備平面図	77～122

1. 目 的

小規模重力式コンクリートダムのコンクリート運搬打込みは従来、種々の方法により施工されて来ている。そのコンクリート運搬打込み工法の採用にあたっては各ダム毎にダムサイトの条件を考慮し、いろいろと比較検討がなされている。

そこで各種コンクリート運搬打込み工法の適用性を同一条件のもとで横並びにして明らかにすると共に本編「小規模重力式コンクリートダム 合理化施工」p 〃の表-1「小規模重力式コンクリートダムの各種施工法の適用表」の検証を目的として実際にダムサイトを想定しケーススタディを行った。

2. 比較設計のケース

本編「小規模重力式コンクリートダム 合理化施工」p 〃の適用表におけるダムサイト地形の分類にもとづき、典型的なダムサイトを有するダムを8ヶ想定した。(p 〃参照)。ダムサイトの地形条件、ダム堤体積及び堤頂長等を考慮し、各々のダムサイトに適切と考えられるコンクリート運搬工法を2, 3適用させ、コンクリート運搬打込みプロセスの経済比較を行った。

この経済比較に際しては、5グループに分け1グループあたり1又は2ヶのダムを分担し作業を行った。

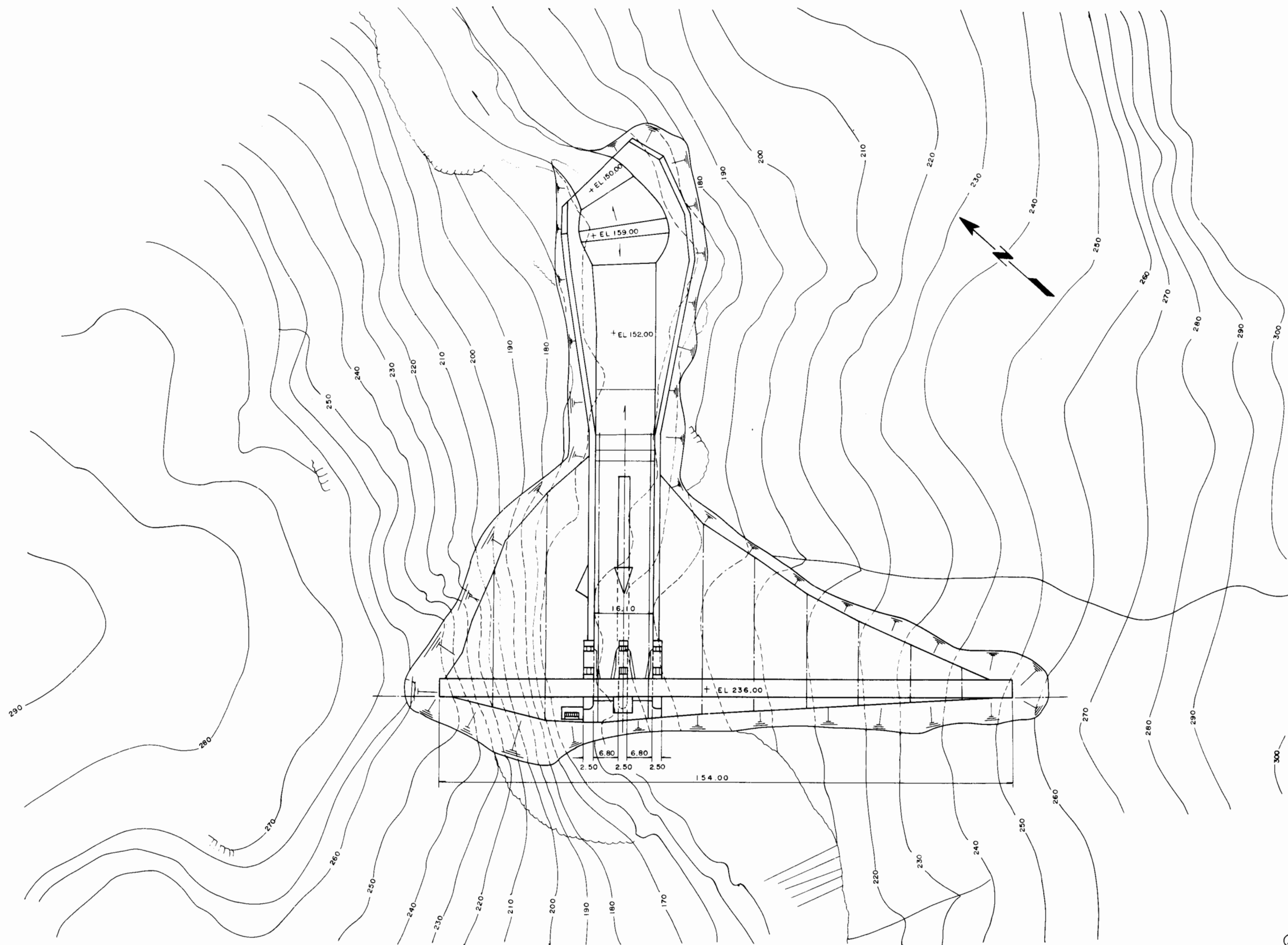
各ダムの諸元及び比較検討のケースを示せば次の通りである。

コンクリート運搬工法

1. 片側走行路式ケーブルクレーン工法
2. 軌索式ケーブルクレーン工法
3. H型軌索式ケーブルクレーン工法
4. クライミング定置式タワークレーン工法
5. 走行式門形ジブクレーン工法

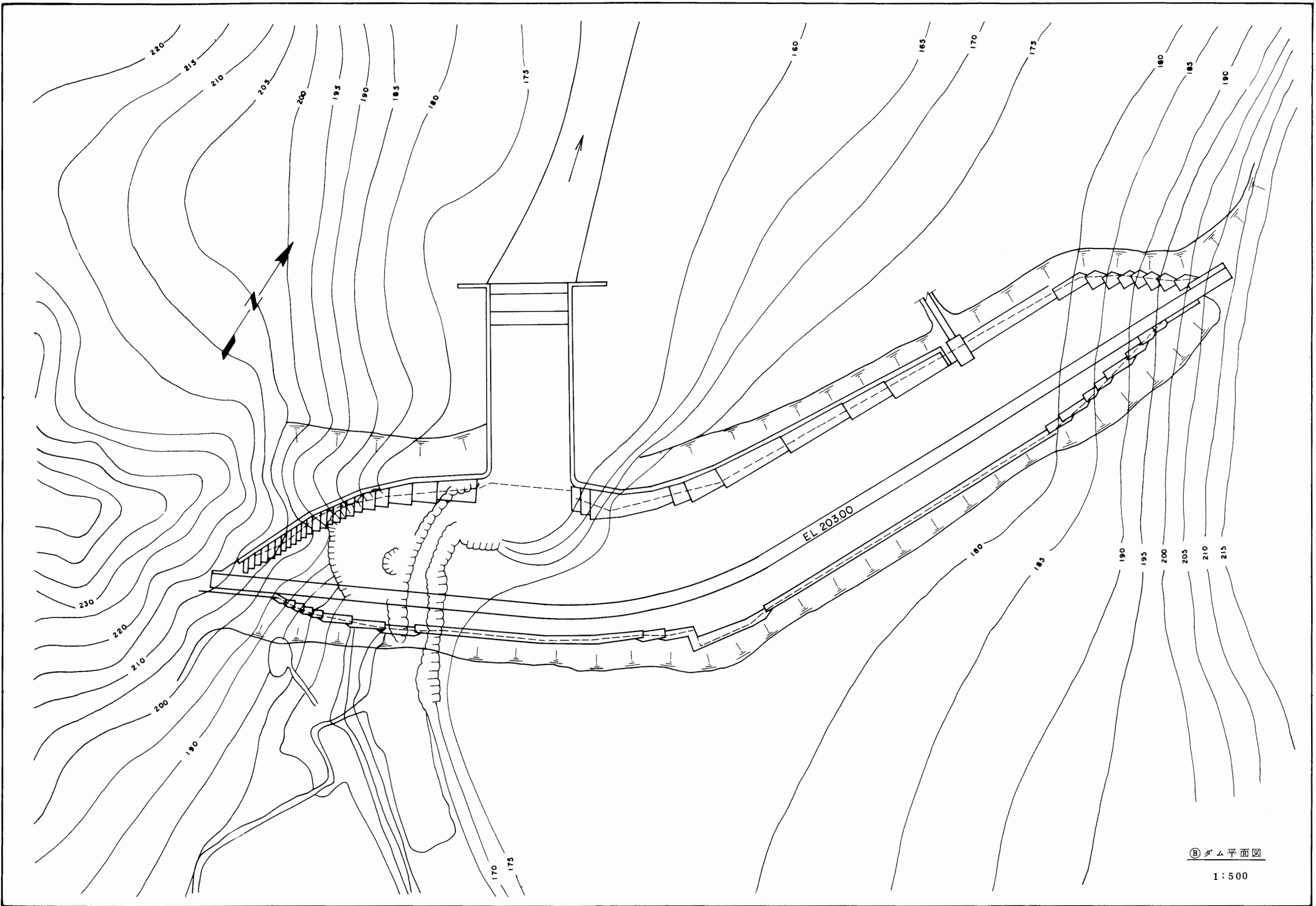
比較設計ケース一覧表

ダム名	コンクリート運搬工法	堤体積 (万 m^3)	バケット容量 (m^3)		堤頂標高 (m)	堤頂長 (m)	ダムサイトの左右岸の平面形状
			1 案	2 案			
① ダム	1, 2, 4	20	3.0	4.5	236	154	凸 - 平行
② ダム	2, 4, 5	20	3.0	4.5	203	355	凸 - L
③ ダム	1, 2, 4	19	3.0	4.5	152.5	200	凸 - 凸
④ ダム	1, 2	16	2.0	3.0	614.5	300	凸 - 平行
⑤ ダム	2, 3, 4	14	1.5, 2.0	3.0	58.5	184	凸 - L
⑥ ダム	2, 3, 4	12	1.5	2.0	318	180	平行 - L
⑦ ダム	2, 3, 4	9	1.5	2.0	62	160	平行 - 平行
⑧ ダム	2, 3, 4	7	1.5	2.0	144	171	L - L



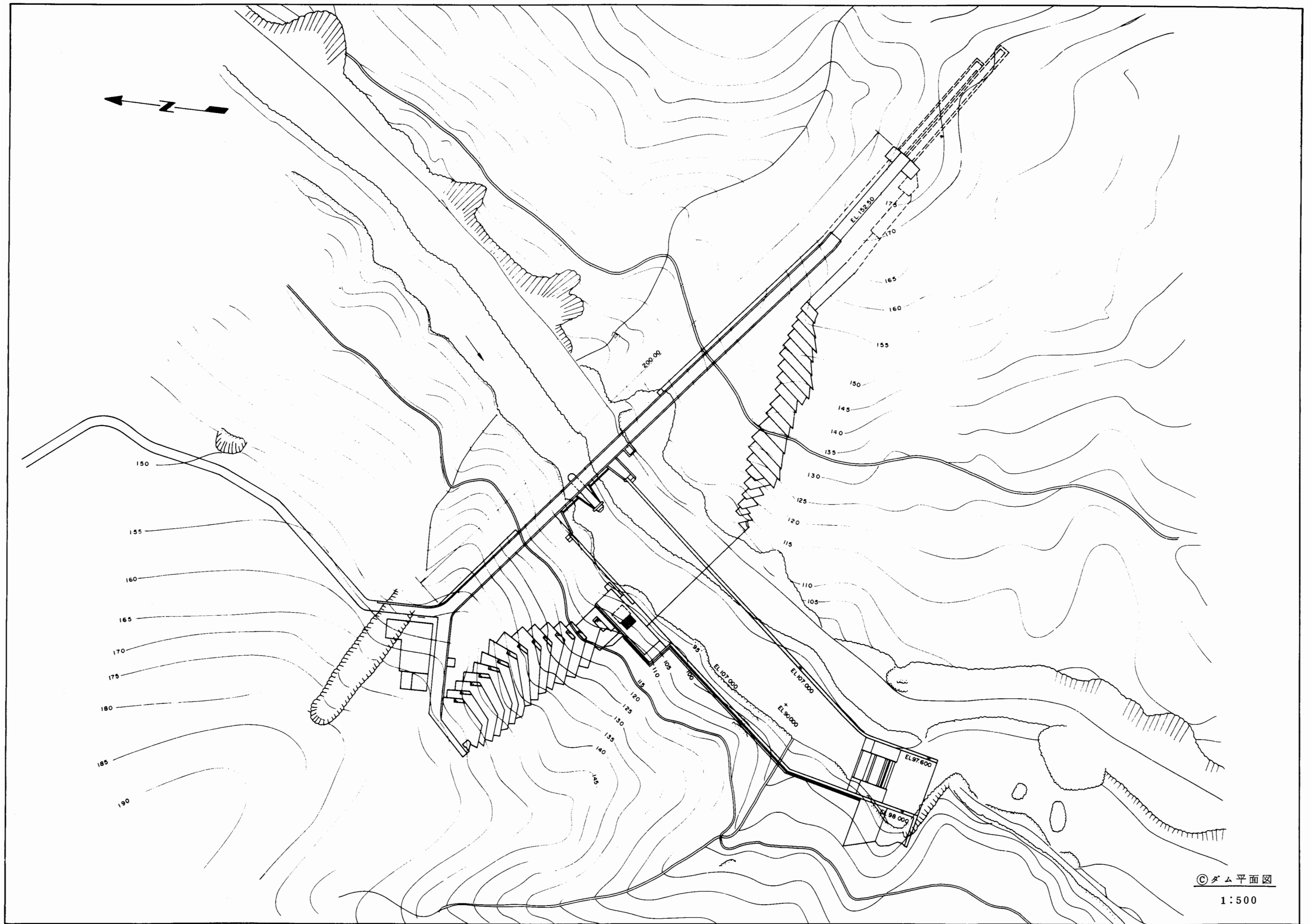
① 山平面图

1:500



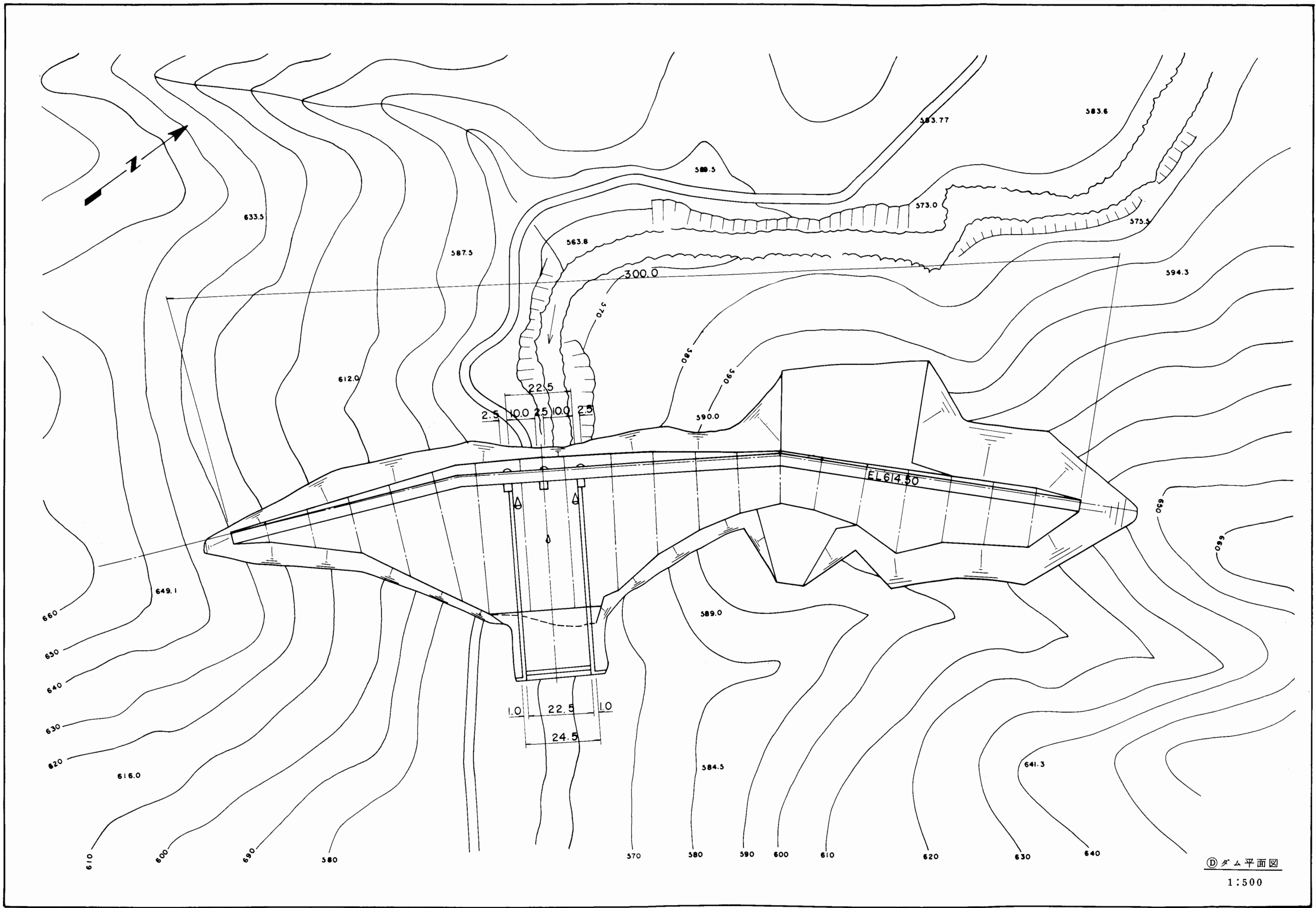
⑧ ダム平面図

1:500



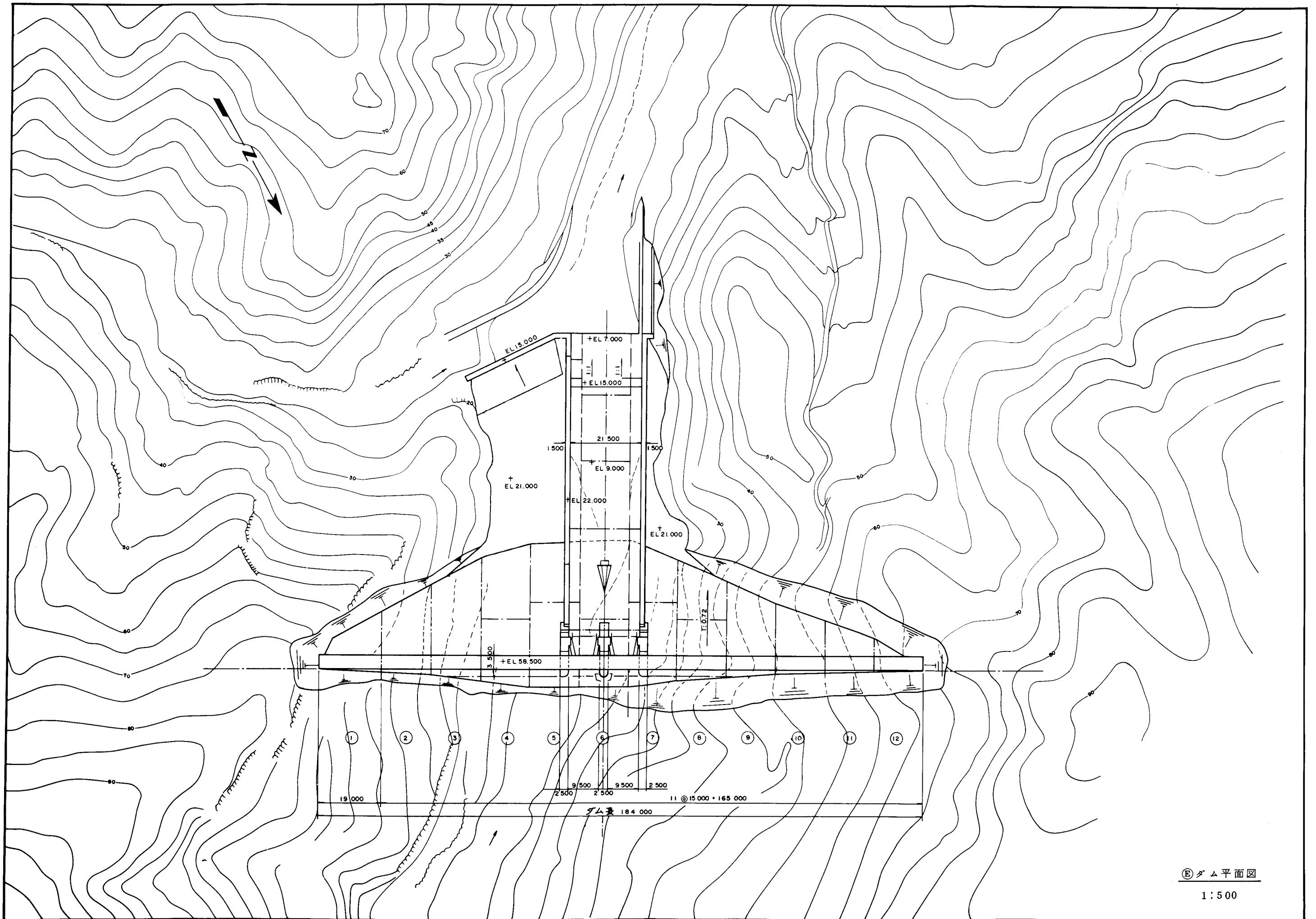
©ダム平面図

1:500



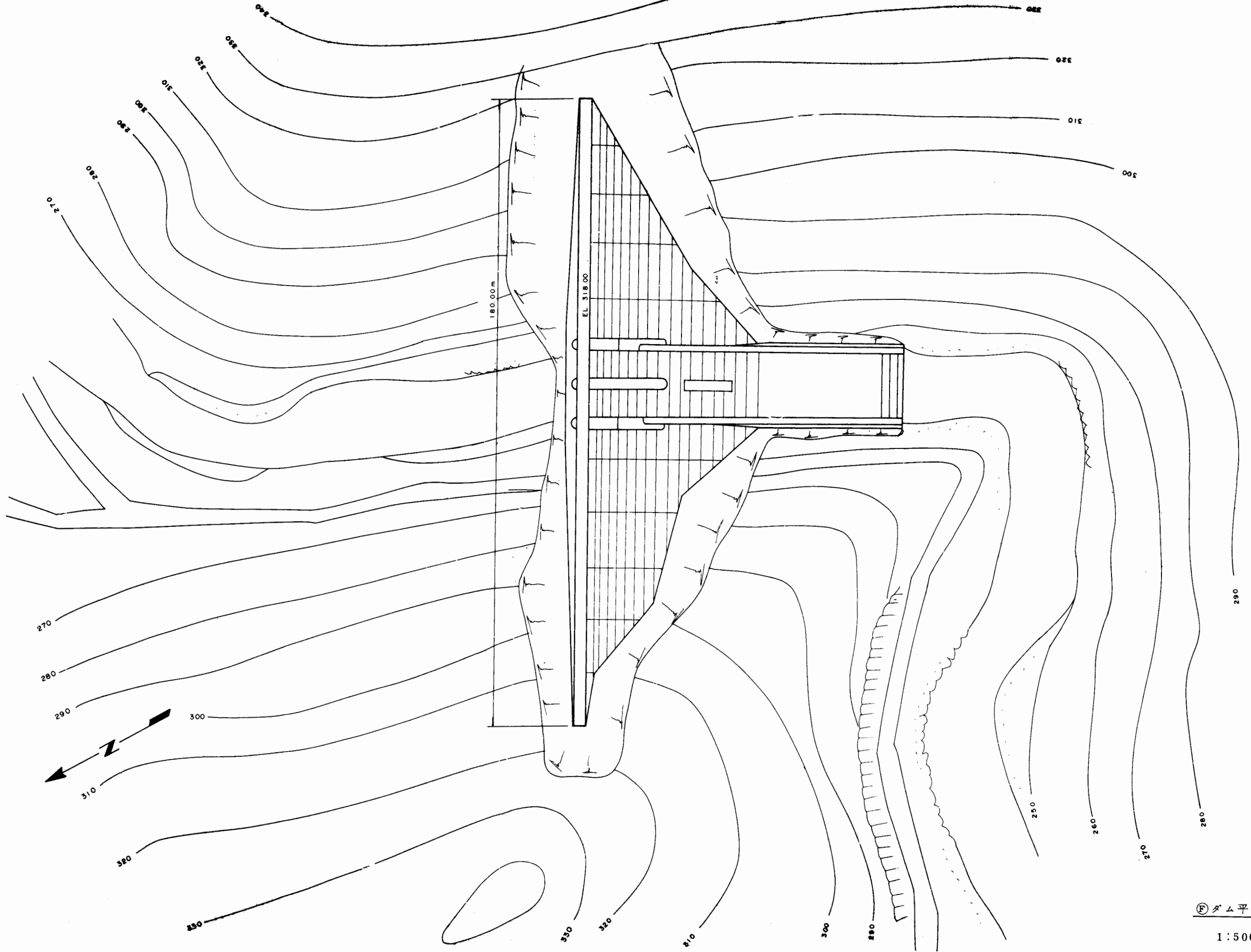
① ダム平面図

1:500



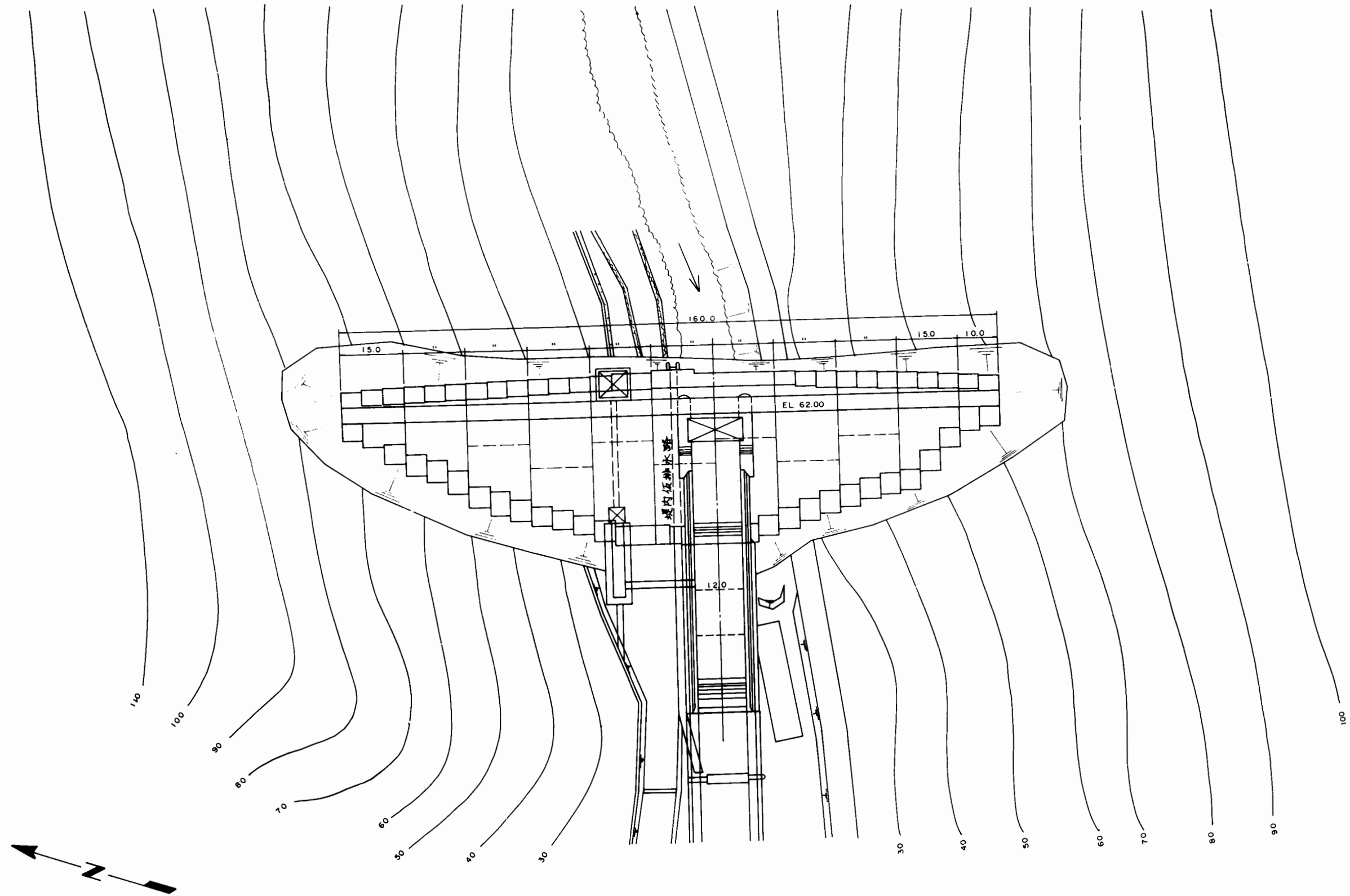
⑤ ダム平面図

1:500



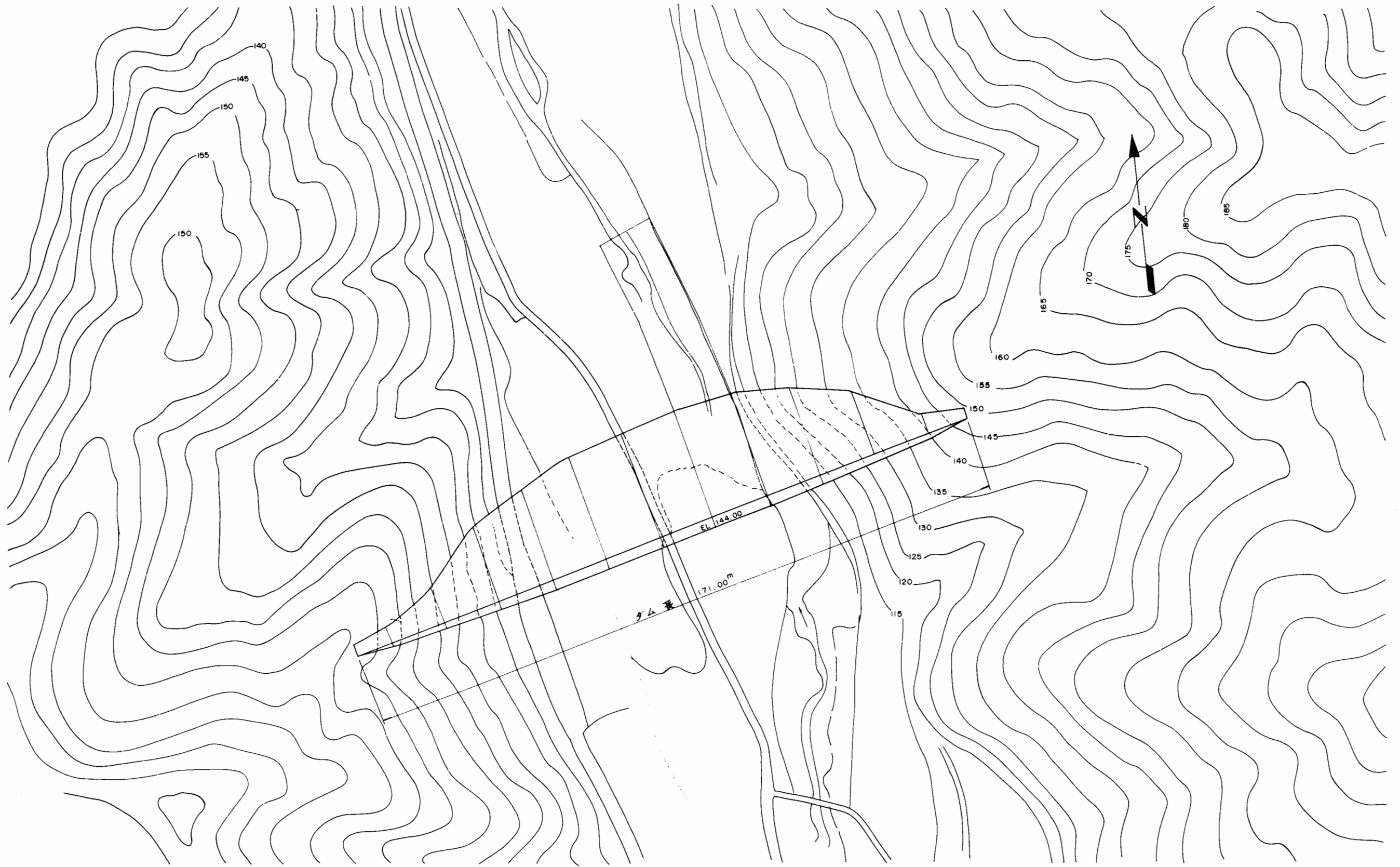
④ ダム平面図

1:500



④ ダム平面図

1:500



④ ダム平面図

1:500

3. 比較設計の作業条件

比較設計ケース一覧表にもとづきコンクリート運搬打込みプロセスの経済比較を行う場合の作業前提条件を以下に示す。

経済比較の対象範囲はコンクリート運搬打込みプロセスとし、具体的にはバッチャープラントから出たコンクリートがバンカー線を経てコンクリート運搬機械によりダム打込み面に運ばれる間の工程である。

3-1. コンクリート運搬工法の施工設備設計基準

各種コンクリート運搬工法の施工設備規模に経済性及び安全性から自ずと決まる一定限度を過去の経験より次のように定めた。

(1) トレSSLルガーダー

バンカー線の脚高 $H_V < (20 \text{ m程度})$

クレーン走行基礎の脚高 $H_K < (20 \text{ m程度})$

(2) 軌索式, H型軌索式クレーンの鉄塔高さ

$H_T < (30 \text{ m程度})$

(3) 走行式ケーブルクレーン掘削法面長

$L < (40 \text{ m程度})$

3-2. コンクリート運搬について

(1) 打込み計画基準

① 1日平均打設時間を10時間とする。

② 1ヶ月の作業可能日数を21日/月とする。

(2) 打込み使用機種能力とバッチャープラント

クレーンの時間当り平均作業量とバッチャープラントの組合せを示す。

クレーン能力とバッチャープラント

クレーン	吊上げ荷重	バッチャープラント	時間当り平均作業量 (m ³ /hr)	備 考
ケーブルクレーン (走行型)	1.3.5 t	5.6 s × 3 (4.5m ²)	6.0 (4分30秒)	1
	9.0 t	5.6 s × 2 (3m ²)	4.0 (")	1
	6.0 t	2.8 s × 3 (2.25m ²)	3.0 (")	1
ケーブルクレーン (軌索)	9.0 t	5.6 s × 2	3.8 (4分44秒)	" × 0.95
	6.0 t	2.8 s × 3	2.9 (4分40秒)	" × 0.95
	4.5 t	2.8 s × 2 (1.5m ²)	1.9 (4分44秒)	" × 0.95
ケーブルクレーン (H型軌索)	6.0 t	2.8 s × 3	2.7 (5分)	" × 0.9
	4.5 t	2.8 s × 2	1.8 (5分)	" × 0.9
	1.3.5 t	5.6 s × 3	5.4 (5分)	" × 0.9
タワークレーン	9.0 t	5.6 s × 2	3.6 (5分)	" × 0.9
クライミング定置式	6.0 t	2.8 s × 3	2.7 (5分)	" × 0.9
	4.5 t	2.8 s × 2	1.8 (5分)	" × 0.9
走行式門型	1.3.5 t	5.6 s × 3	6.0 (4分30秒)	" × 1.0
ジブクレーン	9.0 t	5.6 s × 2	4.0 (4分30秒)	" × 1.0

(3) 打込み設備購入価格一覧表 (S54年度価格)

名 称	仕 様	購入価格(千円)	
1	片側走行ケーブルクレーン (弧道式, 静止レオナード方式)	1.3.5トン, スパンℓ=450m 塔高 H=10m	403,000
2	"	9.0トン, ℓ=400m H=8m	308,000
3	軌索式片側移動ケーブルクレーン (静止レオナード方式)	9.0トン, ℓ=400m H=10m	169,000
4	"	6.0トン, ℓ=300m H=10m	121,000
5	"	4.5トン, ℓ=250m H=10m	103,000
6	H型軌索式ケーブルクレーン	6.0トン, ℓ=300m H=10m	119,300
7	"	4.5トン, ℓ=250m H=10m	91,500
8	タワークレーン(ダム専用)	1.3.5トン×75m H=30m	410,000 中間タワー-6,000/3m
9	" (")	9.0トン×75m H=30m	327,000 中間タワー-5,000/3m
10	"	6.0トン×50m H=30m	243,000 中間タワー-4,000/3m
11	"	4.5トン×50m H=30m	170,000 中間タワー-3,000/3m
12	バッチャープラント	5.6 s × 3 (4.5m ²)	63,100
13	"	5.6 s × 2 (3.0m ²)	52,400
14	"	2.8 s × 3 (2.25m ²)	37,300
15	"	2.8 s × 2 (1.5m ²)	33,300
16	ジーゼルロコ	8トン	8,290
17	セメントサイロ(鋼製溶接構造)	1,000 t	14,700
18	"	500 t	8,720
		300 t	5,210
19	"	200 t	4,080
		100 t	2,740
20	ジブクレーン(走行式, 静止レオ ナード方式)	1.3.5トン 自重 2.40トン	231,000
21	"	9.0トン 自重 1.85トン	203,000

① タワークレーン基礎価格と自重

(I社製, 単価千円)(S54年度)

作業半径(m)	定格荷重(t)			
	13.5	9.0	6.0	4.5
7.5	410,000	327,000	285,000	-
6.0	-	295,000	255,000	255,000
5.0	-	-	243,000	170,000
4.0	-	-	142,000	120,000
3.5	-	142,000	125,000	100,000
中間タワー (3m単位)	6,000	5,000	4,000	3,000
自重(t) (標準高30m)	500	440	370	310

* 上記価格はすべて中間タワー(H=30m, 標準高)込み

②

(O製作所)(S54年度)

1	転用の場合		自重(t) (標準高18m)	購入価格 (単位千円)
	定格荷重と作業半径	荷重と作業半径		
1	4t×30m		50	40,500
2	5t×30m	4t×35m	60	51,000
3	6t×30m	5t×35m, 3t×40m	65	68,000
4	7t×30m	6t×35m, 4t×40m	70	68,000
5	10t×30m	6t×40m	80	80,000

* 中間タワー単価

10t×30m : 250万円/6m

5,6,7t×30m : 200万円/6m

4t : 160万円/6m

なお, 上表基礎価格はすべて中間タワー(H=18m, 標準高)込み

* 上表中のタワークレーンはすべて建築用のタワークレーンであるので, これをダム用として転用する場合は, 定格荷重を1.3で割った値で使用する。

ex.) 上表3の6t×30m→4.6t×30m

(4) 打込み設備の損料算定について

基本的には, 建設機械等損料算定表(S53年度版, 日本建設機械化協会 p192~)の運転1時間当り換算値(⑩欄)を使用し, 損料計算を行うものとする。

ただし, クライミング定置式タワークレーンについては運転1時間当り換算値は使用しないこととし, 運転1時間当り(又は運転1日)と供用1日当りの損料計算を行い両者を加えた値とする。

即ち

$$\begin{aligned} \text{損料} &= \text{運転1時間(又は運転1日)当り損料} \times \text{運転時間数(又は運転日数)} \\ &+ \text{供用1日当り損料} \times \text{供用日数} \end{aligned}$$

ここで

$$\text{供用日数} / \text{運転日数} = 1.5$$

$$\text{運転1時間(又は運転1日)当り損料率}$$

$$= 819 \times 10^{-7} \quad (\text{いずれの機種についても})$$

$$\text{供用1日当り損料率} = 5324 \times 10^{-7} \quad (\quad \quad \quad)$$

とする。

3-3 単価について

- (1) 鋼材 40万円/t(製作, 運搬, 据付込)
- (2) コンクリート 3万円/m³(型枠, 鉄筋込)
- (3) 掘削 1,000円/m³(掘削, 積込, 運搬込で岩, 土砂の区別はしない)
- (4) クレーン据付, 撤去 10万円/t

その他の材料の単価は「建設物価(S54年版, 建設物価調査会)」によるものとする。

3-4 その他

- (1) バッチャープラント位置は左右岸どちらでも可。
- (2) 仮設道路
 - ① 2車線とする。
 - ② ダム完成後当然必要となる道路(たとえば付替道路)を当初仮設道路として使用する場合(もしくは一部分)は, それら道路の建設費は積算しないこととする。
 - ③ バッチャープラント, ケーブルクレーン走行路等の建設の為の工事用道路は考慮

しない。

(3) 掘削

施工設備基礎設置のための掘削深さについては従来の経験より適切に決める。又、掘削のり面勾配は通して1:1とする。

(4) ケーブルクレーン走行路のトレスル基本的に鋼材使用とする。

(5) 基礎コンクリート量

① バッチャープラント

規模のいかんにかかわらずV=60m³とする。

② ケーブルクレーンのウィンチ小屋

V=100m³とする。

③ ケーブルクレーンの鉄塔

各ケーブルクレーンについて設計し決める。

4. 比較設計の結果

4-1. 各ダムでのコンクリート運搬打込み設備の検討結果	表-1
4-2. 各ダムにおける各工法毎の工事費一覧	表-2
4-3. 各種コンクリート運搬工法のコンクリート単価	表-3
4-4. コンクリート運搬打込み全工費に対する機械損料の割合と クレーンタイプとの相関	表-4
4-5. コンクリート運搬打込み全工費に対する施工設備費の割合と ダムサイト平面形状との相関	表-5

表-1 各ダムのコンクリート運搬打込み設備の検討結果

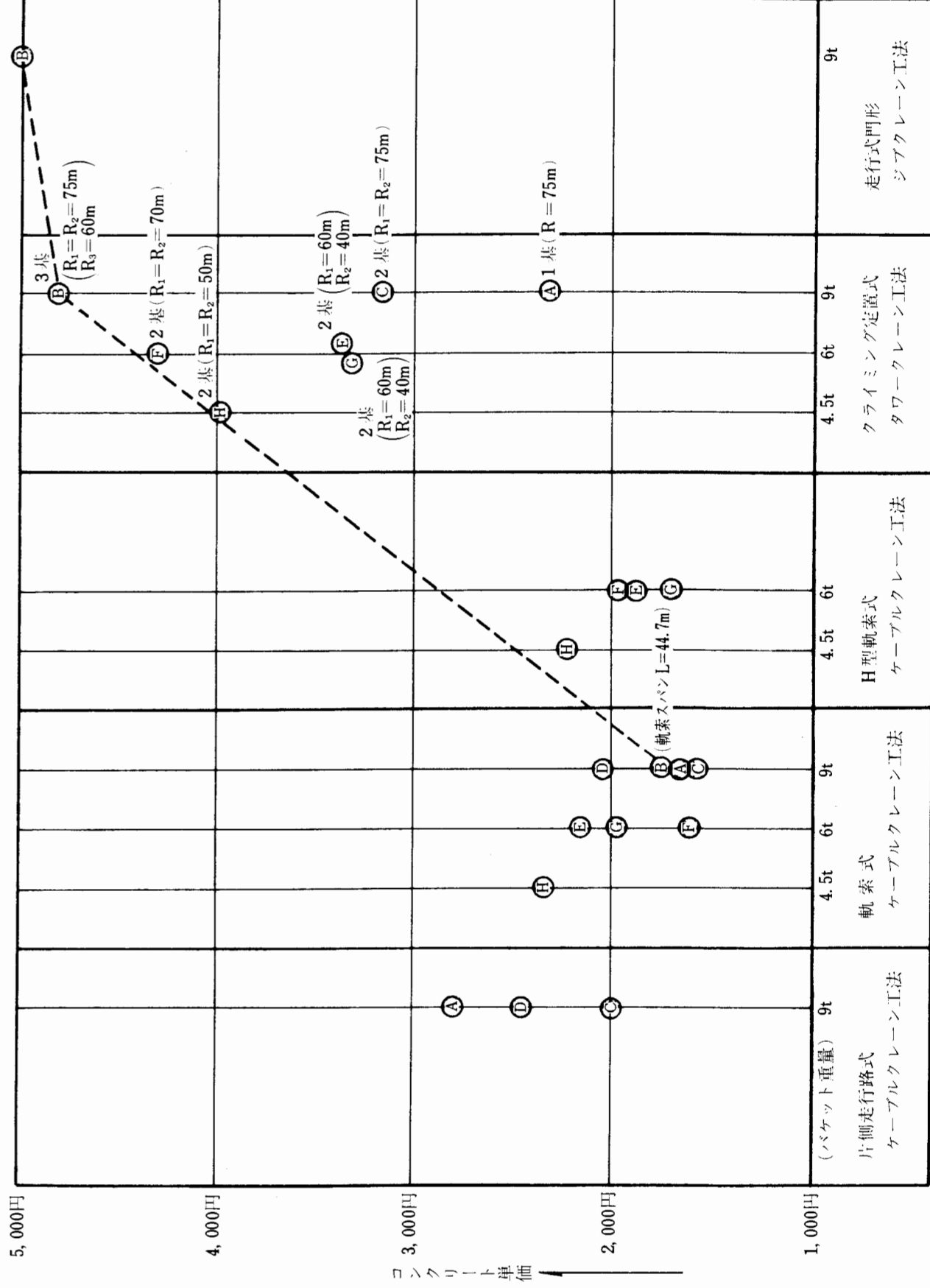
ダム名	堤体積 m ³	ダム高 H m	堤頂標高 E.L.m	堤頂長 L m	左右岸の平面地形	谷の横断面形	ダムのコンクリート打込み設備型式 検討タイプ													
							タイプ	① ケーブルクレーン片側走行形式	② ケーブルクレーン軌道式	③ ケーブルクレーンH型軌道式		④ タワークレーンクレンジング式		⑤ ジブクレーン走行式						
	バケラト重量	(20) m ² 6.0 t	(30) 9.0	(4.5) 1.35	(3.0) 9.0	(4.5) 1.35	(1.5) 4.5	(2.0) 6.0	(3.0) 9.0	(1.5) 4.5	(2.0) 6.0	(3.0) 9.0	(4.5) 1.35	(3.0) 9.0	(4.5) 1.35					
(A)	200,000	85.0	236.0	154	凸-平行	V	③ 5.55 23.8 右岸固定 左岸走行路 L 156 m ケーブルスパン 288 m	③ 3.32 25.1 右岸固定 左岸軌道 L 151 m ケーブルスパン 263 m	③ 3.44 25.1 左岸固定 右岸軌道 L 238 m ケーブルスパン 447 m	③ 3.07 24.0 左岸固定 右岸軌道 L 139 m ケーブルスパン 350 m	③ 3.25 20.0 右岸固定 左岸軌道 L 375 m ケーブルスパン 375 m	③ 2.59 17.5 左岸固定 右岸軌道 L 115 m ケーブルスパン 300 m	③ 1.94 19.7 右岸固定 左岸軌道 L 147 m ケーブルスパン 274 m	③ 1.64 12.0 右岸固定 左岸軌道 L 116 m ケーブルスパン 358 m	③ 5.20 37.0 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 4.69 24.7 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 5.18 21.1 6t×75R×1基 6t×75R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 6.00 25.0 9t×75R×1基 9t×75R×1基 下流側に設置	③ 10.01 23.8 9tジブアー-ム3.5m トレスル走行路	③ 10.16 15.9
(B)	200,000	50.0	203.0	355	凸-L	皿	③ 3.73 23.0 左岸固定 右岸走行路 ケーブルスパン 445 m	③ 3.07 24.0 左岸固定 右岸軌道 L 139 m ケーブルスパン 350 m	③ 3.25 20.0 右岸固定 左岸軌道 L 375 m ケーブルスパン 375 m	③ 2.59 17.5 左岸固定 右岸軌道 L 115 m ケーブルスパン 300 m	③ 1.94 19.7 右岸固定 左岸軌道 L 147 m ケーブルスパン 274 m	③ 1.64 12.0 右岸固定 左岸軌道 L 116 m ケーブルスパン 358 m	③ 5.20 37.0 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 4.69 24.7 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 5.18 21.1 6t×75R×1基 6t×75R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 6.00 25.0 9t×75R×1基 9t×75R×1基 下流側に設置	③ 10.01 23.8 9tジブアー-ム3.5m トレスル走行路	③ 10.16 15.9		
(C)	190,000	64.5	152.5	200	凸-凸	U	③ 3.92 19.0 左岸固定 右岸走行路 ケーブルスパン 385 m	③ 3.07 24.0 左岸固定 右岸軌道 L 139 m ケーブルスパン 350 m	③ 3.25 20.0 右岸固定 左岸軌道 L 375 m ケーブルスパン 375 m	③ 2.59 17.5 左岸固定 右岸軌道 L 115 m ケーブルスパン 300 m	③ 1.94 19.7 右岸固定 左岸軌道 L 147 m ケーブルスパン 274 m	③ 1.64 12.0 右岸固定 左岸軌道 L 116 m ケーブルスパン 358 m	③ 5.20 37.0 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 4.69 24.7 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 5.18 21.1 6t×75R×1基 6t×75R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 6.00 25.0 9t×75R×1基 9t×75R×1基 下流側に設置	③ 10.01 23.8 9tジブアー-ム3.5m トレスル走行路	③ 10.16 15.9		
(D)	160,000	66.5	614.5	300	凸-平行	皿	③ 3.92 19.0 左岸固定 右岸走行路 ケーブルスパン 385 m	③ 3.07 24.0 左岸固定 右岸軌道 L 139 m ケーブルスパン 350 m	③ 3.25 20.0 右岸固定 左岸軌道 L 375 m ケーブルスパン 375 m	③ 2.59 17.5 左岸固定 右岸軌道 L 115 m ケーブルスパン 300 m	③ 1.94 19.7 右岸固定 左岸軌道 L 147 m ケーブルスパン 274 m	③ 1.64 12.0 右岸固定 左岸軌道 L 116 m ケーブルスパン 358 m	③ 5.20 37.0 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 4.69 24.7 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 5.18 21.1 6t×75R×1基 6t×75R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 6.00 25.0 9t×75R×1基 9t×75R×1基 下流側に設置	③ 10.01 23.8 9tジブアー-ム3.5m トレスル走行路	③ 10.16 15.9		
(E)	140,000	51.5	58.5	184	凸-L	U	③ 3.92 19.0 左岸固定 右岸走行路 ケーブルスパン 385 m	③ 3.07 24.0 左岸固定 右岸軌道 L 139 m ケーブルスパン 350 m	③ 3.25 20.0 右岸固定 左岸軌道 L 375 m ケーブルスパン 375 m	③ 2.59 17.5 左岸固定 右岸軌道 L 115 m ケーブルスパン 300 m	③ 1.94 19.7 右岸固定 左岸軌道 L 147 m ケーブルスパン 274 m	③ 1.64 12.0 右岸固定 左岸軌道 L 116 m ケーブルスパン 358 m	③ 5.20 37.0 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 4.69 24.7 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 5.18 21.1 6t×75R×1基 6t×75R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 6.00 25.0 9t×75R×1基 9t×75R×1基 下流側に設置	③ 10.01 23.8 9tジブアー-ム3.5m トレスル走行路	③ 10.16 15.9		
(F)	120,000	64.0	318.0	180	平行-L	V	③ 3.92 19.0 左岸固定 右岸走行路 ケーブルスパン 385 m	③ 3.07 24.0 左岸固定 右岸軌道 L 139 m ケーブルスパン 350 m	③ 3.25 20.0 右岸固定 左岸軌道 L 375 m ケーブルスパン 375 m	③ 2.59 17.5 左岸固定 右岸軌道 L 115 m ケーブルスパン 300 m	③ 1.94 19.7 右岸固定 左岸軌道 L 147 m ケーブルスパン 274 m	③ 1.64 12.0 右岸固定 左岸軌道 L 116 m ケーブルスパン 358 m	③ 5.20 37.0 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 4.69 24.7 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 5.18 21.1 6t×75R×1基 6t×75R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 6.00 25.0 9t×75R×1基 9t×75R×1基 下流側に設置	③ 10.01 23.8 9tジブアー-ム3.5m トレスル走行路	③ 10.16 15.9		
(G)	90,000	43.3	62.0	160	平行-平行	U	③ 3.92 19.0 左岸固定 右岸走行路 ケーブルスパン 385 m	③ 3.07 24.0 左岸固定 右岸軌道 L 139 m ケーブルスパン 350 m	③ 3.25 20.0 右岸固定 左岸軌道 L 375 m ケーブルスパン 375 m	③ 2.59 17.5 左岸固定 右岸軌道 L 115 m ケーブルスパン 300 m	③ 1.94 19.7 右岸固定 左岸軌道 L 147 m ケーブルスパン 274 m	③ 1.64 12.0 右岸固定 左岸軌道 L 116 m ケーブルスパン 358 m	③ 5.20 37.0 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 4.69 24.7 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 5.18 21.1 6t×75R×1基 6t×75R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 6.00 25.0 9t×75R×1基 9t×75R×1基 下流側に設置	③ 10.01 23.8 9tジブアー-ム3.5m トレスル走行路	③ 10.16 15.9		
(H)	70,000	40.0	144.0	171	L-L	U	③ 3.92 19.0 左岸固定 右岸走行路 ケーブルスパン 385 m	③ 3.07 24.0 左岸固定 右岸軌道 L 139 m ケーブルスパン 350 m	③ 3.25 20.0 右岸固定 左岸軌道 L 375 m ケーブルスパン 375 m	③ 2.59 17.5 左岸固定 右岸軌道 L 115 m ケーブルスパン 300 m	③ 1.94 19.7 右岸固定 左岸軌道 L 147 m ケーブルスパン 274 m	③ 1.64 12.0 右岸固定 左岸軌道 L 116 m ケーブルスパン 358 m	③ 5.20 37.0 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 4.69 24.7 6t×40R×1基 6t×60R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 5.18 21.1 6t×75R×1基 6t×75R×1基 パンカー係 下流側に設置	③ 6.00 25.0 9t×75R×1基 9t×75R×1基 下流側に設置	③ 10.01 23.8 9tジブアー-ム3.5m トレスル走行路	③ 10.16 15.9		

(注) ①は検討評価総合順位を示す。 ○ A:全工費(単位億) B:工期(月)

表-2 各ダムにおける各工法毎の工事費一覧

コングリート量 (m³)	左右岸の平面地形	クレーンタイプ		ケープブルクレーン軌索式		ケープブルクレーン H 型軌索式		タワークレーンクレーンライミング定置式			走行式門形ジブクレーン																						
		機	種	4.5t	6t	9t	4.5t	6t	4.5t	6t		9t																					
A ダム	凸 - 平行	工費(千円)	9t	267,065	48%	197,173	59%	134,897	41%	373,677	81%	9t																					
		機械損料	288,100	52%	2,780	1,660	1,660	332,070	2,320	463,984	2,320	9t																					
B ダム	凸 - L	全工事費	555,165	100	190,771	55%	153,473	45%	1,720	344,244	165,452	54%	192,190	19%																			
		機械損料	127,207	34%	1,970	1,620	307,618	157,740	49%	167,332	51%	2,030	325,072	143,583	55%																		
C ダム	凸 - 凸	全工事費	373,432	209,836	54%	181,732	46%	2,450	391,568	134,903	59%	95,094	41%	2,140	299,997	116,576	60%	77,255	40%	1,620	193,831	86,462	49%	90,421	51%	1,970	176,883	86,126	53%	77,216	47%	2,330	16,345
		機械損料	181,732	46%	2,450	391,568	134,903	59%	95,094	41%	2,140	299,997	116,576	60%	77,255	40%	1,620	193,831	86,462	49%	90,421	51%	1,970	176,883	86,126	53%	77,216	47%	2,330	16,345			
D ダム	凸 - 平行	全工事費	391,568	134,903	59%	95,094	41%	2,140	299,997	116,576	60%	77,255	40%	1,620	193,831	86,462	49%	90,421	51%	1,970	176,883	86,126	53%	77,216	47%	2,330	16,345						
		機械損料	181,732	46%	2,450	391,568	134,903	59%	95,094	41%	2,140	299,997	116,576	60%	77,255	40%	1,620	193,831	86,462	49%	90,421	51%	1,970	176,883	86,126	53%	77,216	47%	2,330	16,345			
E ダム	凸 - L	全工事費	229,181	49%	239,645	51%	3,350	468,826	143,583	55%	119,572	45%	1,880	263,155	122,573	54%	106,825	46%	1,930	231,398	92,915	60%	60,830	40%	1,700	153,745	189,251	68%	89,320	32%	3,980	278,571	
		機械損料	239,645	51%	3,350	468,826	143,583	55%	119,572	45%	1,880	263,155	122,573	54%	106,825	46%	1,930	231,398	92,915	60%	60,830	40%	1,700	153,745	189,251	68%	89,320	32%	3,980	278,571			
F ダム	平行 - L	全工事費	167,775	32%	4,310	517,640	195,912	65%	104,406	35%	3,340	300,318	189,251	68%	89,320	32%	3,980	278,571															
		機械損料	167,775	32%	4,310	517,640	195,912	65%	104,406	35%	3,340	300,318	189,251	68%	89,320	32%	3,980	278,571															
G ダム	平行 - 平行	全工事費	3,340	300,318	189,251	68%	89,320	32%	3,980	278,571																							
		機械損料	3,340	300,318	189,251	68%	89,320	32%	3,980	278,571																							
H ダム	L - L	全工事費	84,335	54%	70,658	46%	2,210	154,993	84,335	54%	70,658	46%	2,210	154,993																			
		機械損料	84,335	54%	70,658	46%	2,210	154,993	84,335	54%	70,658	46%	2,210	154,993																			

表-3 各種コングリート運搬工法のコンクリート単価 (単位:円/m³)



5. 考 察

各工法の大まかな適用性を把握する為に比較設計の作業条件を仮定し経済比較を行った結果、以下のことが明らかとなった。

実際に適用する場合には、現場の諸条件を加味し、再度確かめる必要がある。

(1) 表-1及び表-3より軌索式ケーブルクレーン工法、H型軌索式ケーブルクレーン工法の優位性がうかがえる。

(2) クライミング定置式タワークレーン工法は環境保全の点では他の工法の追従を許さないが表-3から明らかなようにコスト高となっている。

この原因はクレーンの機械損料が高い為である(表-4参照)。堤頂の長いダムでコンクリート運搬のカバーエリアの関係からクレーンを2基使用せざるを得ない場合には特にその傾向が顕著である。

従って小規模重力式コンクリートダムのコンクリート運搬にこの工法を採用する場合の条件は比較的V字形で堤頂長の短い(最大150m程度)ダムであることがまず第1に必要と考えられる。

(3) 在来工法では経済的にコンクリートを運搬することが困難と考えられるダムサイトがあった。

p の⑧ダムの様に堤頂長が長くダムサイトが皿形の場合がこれにあたる。

表-3で⑧ダムを見ると軌索式ケーブルクレーン工法のコンクリート単価が他の工法に比較し断然安くなっている。しかしながら軌索式ケーブルクレーンの主索スパンが447mとなっており、限界値とされている400mを50m近くも越えている為、コンクリートバケットの振れが大きく作業能率が極端に悪くなると予想されるので選択する際には慎重に検討すべきである。

(4) 走行式門形ジブクレーンは特別な場合を除いて小規模重力式コンクリートダムのコンクリート運搬施工法としては適切でない。

これはトレススル等の設備費が非常に高くつくからである。(表-3, 5参照)

以上の考察から更に次のような事が考えられる。

社会の水需要の増大は従来建設不可能とされていた地点にまでダム建設を余儀無くさせており、地形、地質共にめぐまれないダムサイトが増大している。一方近年、各地で都市化が進みダムサイトは都市近傍化の相様を呈しており、用地上の制限が大きくなって来ている。

従って今後、小規模重力式コンクリートダムのダムサイトを取りまく自然的、社会的環境条

件の多様化に対処するため、たとえば左右岸の山を痛めることが多い在来の施工法は環境保全上からますますその適用性が少ない等、コンクリート運搬方法の発想の転換が必要と考えられる。

④ ダムのコンクリート運搬打込設備経済比較表

比較内容	打込み設備型式		(1) ケープルクレーン(片側走行路式) パケット容量 3.0m ³ クレーン 9.0t		(2) ケープルクレーン(軌索式) パケット容量 3.0m ³ クレーン 9.0t		(4) タワークレーン(クライミング定置式) パケット容量 3.0m ³ クレーン 9.0t		注 記
	数	金額(千円)	数	金額(千円)	数	金額(千円)	数	金額(千円)	
クレーン損料	9.0t×1基	207,750	9.0t×1基	134,738	9.0t×75R1基	307,767	設備型式タイプ		
パッチャープラント損料	56s×2台	49,900	56s×2台	9,908	56s×2台	55,445	(1) ケープルクレーン(片側走行路式)		
運搬設備損料		9,415				1,0465	(2) ケープルクレーン(軌索式)		
鋼材重量	233.05t	93,220	19.5t	7,800	24t	9,600	(3) ケープルクレーン(H型軌索式)		
掘削	98,184m ³	98,184	45,927m ³	45,927	2,824m ³	2,824	(4) タワークレーン(クライミング定置式)		
コンクリート	1,922m ³	57,660	1,650m ³	49,500	530m ³	15,900	(5) ジブクレーン(走行式)		
クレーン据付撤去費	227t PSアレーカ=8ヶ所	2,700 4,000	193t	19,300	506.5t	50,650			
パッチャー据付撤去費	122t	12,200	122t	12,200	122t	12,200			
運搬線撤去費		136		170		133			
合計		555,165		332,070		463,984			
打設工期	23.8ヶ月		25.1ヶ月		26.5ヶ月				
経済性	×	最高価となり劣る機械の汎用性に乏しい	◎	経済性最も有利走行路式より設備コスト安い	△	経済性若干劣る機械の汎用性がある			
工期	◎	大規模ダムに適し、小規模ダム堤頂の短いダムに向かない	○	小規模ダムには実績が多い。走行路掘削の為、自然破壊若干あり	△	工期最長で不利機械の設置が比較的容易			
自然破壊	×	走行路掘削のための自然破壊大、走行路設置の場合、地形の制約をうける	△	走行路掘削の為、自然破壊若干あり	◎	クレーンを湛水側に設置したので自然破壊極めて少ない			
操作性	◎	打設能力、操作性に優れている	○	主索に対する軌索長の割合から地形の制約を受ける	○	堤頂が長くなると使用台数が増加しコスト高となる			
カバーエリア	○	河床部の地形に、あまり影響を受けない	○		△	クレーンの設置位置で湛水時、洪水時に問題がある			
総合順位	3		1		2				

諸元	
重力式コンクリートダム 堤体積 V=200,000m ³	
堤高 H=85.0m	
堤頂標高 EL.236.0m	
堤頂長 L=154m	
左右岸の平面地形 凸-平行	
谷の横断形 V型	

⑤ ダムのコンクリート運搬打込設備経済比較表

比較内容	打込み設備型式		(2) ケープルクレーン(軌索式) パケット容量 3.0m ³ クレーン 9.0t		(4) タワークレーン(クライミング定置式) パケット容量 3.0m ³ クレーン 9.0t		(5) ジブクレーン(走行式) パケット容量 3.0m ³ クレーン 9.0t		注 記
	数	金額(千円)	数	金額(千円)	数	金額(千円)	数	金額(千円)	
クレーン損料	9.0t×1基 (38m ³ /h)	134,738	9.0t×75R2基 9.0t×60R1基 (36m ³ /h)	520,636	9.0t×1基 (40m ³ /h)	123,500	設備型式タイプ		
パッチャープラント損料	56s×2台	52,527	56s×2台	55,445	56s×2台	49,900	(1) ケープルクレーン(片側走行路式)		
運搬設備損料		3,506		20,878		18,790	(2) ケープルクレーン(軌索式)		
鋼材重量	80.2t	32,080	458.5t	183,400	1,855.5t	742,200	(3) ケープルクレーン(H型軌索式)		
掘削	40,392.9m ³	40,393	15,257.6m ³	15,258	5,022.7m ³	5,023	(4) タワークレーン(クライミング定置式)		
コンクリート	1,650m ³	49,500	1,491.7m ³	44,751	1,027.9m ³	30,837	(5) ジブクレーン(走行式)		
クレーン据付撤去費	193t	19,300	1,088.5t	108,850	185t	18,500			
パッチャー据付撤去費	122t	12,200	122t	12,200	122t	12,200			
運搬線撤去費									
合計		344,244		961,418		1,000,950			
打設工期	25.1ヶ月		26.5ヶ月		23.8ヶ月				
経済性	◎	経済性最も有利	△	施工能力最底。タワークレーン3基パンカー線トレスルと設備過大工費かなり高くなる。	×	設備過大。クレーン走行用トレスルで鋼材費極めて高くなる。経済性不適である。			
工期	○	工期稍長い	△	工期長くなる。	○	中程度の工期			
自然破壊	△	両岸鉄塔部基礎掘削特に大きい。	○	自然破壊稍あり。	◎	一番少い			
操作性	△	主経間447mと長く操作性劣る。	○	良好である。	◎	優れている			
カバーエリア	○	エリアは広く妥当である。	○	エリアは広く。	○	エリアは広い。			
総合順位	1		2		3				

諸元	
重力式コンクリートダム 堤体積 V=200,000m ³	
堤高 H=50m	
堤頂標高 EL.203.0m	
堤頂長 L=355m	
左右岸の平面地形 凸-L	
谷の横断形 皿型	

③ ダムのコンクリート運搬打込設備経済比較表

諸元	打込み設備型式		(1) ケープルクレーン(片側走行路式) バケット容量 3.0m³ クレーン 9.0t		(2) ケープルクレーン(軌索式) バケット容量 3.0m³ クレーン 9.0t		(4) タワークレーン(クライミング定置式) バケット容量 3.0m³ クレーン 9.0t		注記
	比較内容	数量	金額(千円)	数量	金額(千円)	数量	金額(千円)		
重立式コンクリートダム 堤体積 V = 190,000 m³	クレーン損料	9.0t × 1基	193,830	9.0t × 1基	110,508	9.0t × 75R2基	402,495	設備型式タイプ	
堤高 H = 64.5 m	バッチャープラント損料	5.6s × 2台	44,141	5.6t × 2台	46,288	5.6s × 2台	48,582	(1) ケープルクレーン(片側走行路式)	
堤頂標高 EL 152.5 m	運搬設備損料		8,254		8,656		9,086	(2) ケープルクレーン(軌索式)	
堤頂長 L = 200 m	鋼材重量	157.9t	63,160	134.1t	53,640	17.9t	7,160	(3) ケープルクレーン(H型軌索式)	
左右岸の平面地形凸-凸	掘削	8,627m³	8,627	3,466m³	3,446	2,445m³	2,445	(4) タワークレーン(クライミング定置式)	
谷の横断形 U型	コンクリート	666m³	19,980	1,750m³	5,250	1,027m³	3,081	(5) ジブクレーン(走行式)	
	クレーン据付撤去費	227t 建屋 1棟	22,740	193t 建屋 2棟	19,300	880	88,000		
	バッチャー据付撤去費	122t	12,200	122t	12,200	122t	12,200		
	運搬線撤去費	-	-	-	-	-	-		
	合計		373,432		307,618		600,778		
打設工期	打設工期	23ヶ月		24ヶ月		25ヶ月		◎ 最適	
経済性	経済性	○ 機械損料が高く稍不経済である。		◎ 設備費が最も安く経済的である。		× クレーン2基で大変不経済である。堤頂長が長いため2基となる。		○ 適	
工期	工期	○ 工期は適当である。		○ 普通である。		△ 稍劣る。		△ やや不適	
自然破壊	自然破壊	△ 左右岸凸型地形で走行路はトレスルオーダーとして掘削と自然破壊を最少にした。		○ 左岸に固定塔設置し、軌索柱を高くして軌索ケーブルの掘削を少くした。		◎ 自然破壊最も少ない。		× 不適	
操作性	操作性	○ 信頼度高い。		○ 走行路式と同様信頼度はあるが、打設速度、作業性に稍遅れる。		○ 普通である。			
カバーエリア	カバーエリア	◎ 良好		○ 普通		△ 稍劣る。洪水を考慮してダム下流に設置した。			
総合順位	総合順位	2		1		3			

④ ダムのコンクリート運搬打込設備経済比較表

諸元	打込み設備型式		(1) ケープルクレーン(片側走行路式) バケット容量 3.0m³ クレーン 9.0t		(2) ケープルクレーン(軌索式) バケット容量 3.0m³ クレーン 9.0t		(4) タワークレーン(クライミング定置式) バケット容量 3.0m³ クレーン 9.0t		注記
	比較内容	数量	金額(千円)	数量	金額(千円)	数量	金額(千円)		
重立式コンクリートダム 堤体積 V = 160,000 m³	クレーン損料	9.0t × 1基	162,400	9.0t × 1基	107,802			設備型式タイプ	
堤高 H = 66.5 m	バッチャープラント損料	5.6s × 2台	39,920	5.6s × 2台	42,026			(1) ケープルクレーン(片側走行路式)	
堤頂標高 EL 614.5 m	運搬設備損料	8t × 1台	7,516	8t × 1台	7,912			(2) ケープルクレーン(軌索式)	
堤頂長 L = 300 m	鋼材重量	3.20t	12,800	7.50t	30,000			(3) ケープルクレーン(H型軌索式)	
左右岸の平面地形凸-平行	掘削	93,352m³	93,352	74,632m³	74,632			(4) タワークレーン(クライミング定置式)	
谷の横断形 皿型	コンクリート	1,356m³	40,680	1,040m³	31,200			(5) ジブクレーン(走行式)	
	クレーン据付撤去費	227t	22,700	193t	19,300				
	バッチャー据付撤去費	122t	12,200	122t	12,200				
	運搬線撤去費	-	-	-	-				
	合計		391,568		325,072				
打設工期	打設工期	19ヶ月		20ヶ月				◎ 最適	
経済性	経済性	△ 機械損料		○				○ 適	
工期	工期	◎		○				△ やや不適	
自然破壊	自然破壊	× 全面的に地形を利用するが走行路の掘削とされる部分が生じた。掘削量大である。		△ 軌索コース部の掘削量は、アンカー構造、塔の高さに影響する				× 不適	
操作性	操作性	◎		○					
カバーエリア	カバーエリア	○		○					
総合順位	総合順位	2		1					

⑤ ダムのコンクリート運搬打込設備経済比較表

比較内容	打込み設備型式		(2) ケープルクレーン(軌索式) バケット容量 2.0m ³ クレーン 6.0t		(3) ケープルクレーン(H型軌索式) バケット容量 2.0m ³ クレーン 6.0t		(4) タワークレーン(クライミング設置式) バケット容量 2.0m ³ クレーン 6.0t		注 記	
	数	量	金額(千円)	数	量	金額(千円)	数	量		金額(千円)
クレーン損料	6.0t×1基 (29m ² /s)		88,352	6.0t×1基 (27m ² /h)		93,590	6.0t×40R1基 6.0t×60R1基 (27m ² /h)		179,188	設備型式タイプ
バッチャープラント損料	28s×3台		38,817	28s×3台		41,687	28s×3台		41,687	(1) ケープルクレーン(片側走行路式)
運搬設備損料			7,734			8,306			8,306	(2) ケープルクレーン(軌索式)
鋼材重量	30.3t		12,120	86.5t		34,600				(3) ケープルクレーン(H型軌索式)
掘削	14,156m ³		14,156	22,602m ³		22,602	23,675m ³		23,675	(4) タワークレーン(クライミング設置式)
コンクリート	1,350m ³		4,050	940m ³		28,200	1,174m ³		35,220	(5) ジブクレーン(走行式)
クレーン据付撤去費	128t		12,800	157t		15,700	740t		74,000	
バッチャータ据付撤去費	95t		9,500	95t		9,500	95t		9,500	
運搬線撤去費	36.4m		6,018	91.8m		8,970	157.6m		97,250	
合計			229,997			263,155			468,826	
打設工期	23.0ヶ月		24.7ヶ月		24.7ヶ月		24.7ヶ月		◎ 最適	
経済性	◎ 最も経済性が高い		○ 軌索コース部の掘削が大きい機械損料が稍高く、稍不利。		○ 基礎、運搬線、掘削量が大きいので自然破壊が大きく不適である。		× 基礎、運搬線、掘削量が大きいので自然破壊が大きく不適である。		○ 適	
工期	◎ 工期は多少有利である		○		○		○		△ やや不適	
自然破壊	△ 他の設備工法に比べ少ない		△ 自然破壊やや大きい		○		○		× 不適	
操作性	○ 適当である		○ 軌索式よりやや劣る		○		○			
カバーエリア	○ 適当である		○		○		○			
総合順位	1		2		3		3			

⑥ ダムのコンクリート運搬打込設備経済比較表

比較内容	打込み設備型式		(2) ケープルクレーン(軌索式) バケット容量 2.0m ³ クレーン 6.0t		(3) ケープルクレーン(H型軌索式) バケット容量 2.0m ³ クレーン 6.0t		(4) タワークレーン(クライミング設置式) バケット容量 2.0m ³ クレーン 6.0t		注 意	
	数	量	金額(千円)	数	量	金額(千円)	数	量		金額(千円)
クレーン損料	6.0t×1基		75,725	6.0t×1基		80,703	6.0t×75R2基		305,993	設備型式タイプ
バッチャープラント損料	28s×3台		33,270	28t×3台		35,730	28s×3台		35,730	(1) ケープルクレーン(片側走行路式)
運搬設備損料	8t×1台		7,581	8t×1台		8,140	8t×1台		8,142	(2) ケープルクレーン(軌索式)
鋼材重量	33.5t		13,400	63t		25,200				(3) ケープルクレーン(H型軌索式)
掘削	17,855m ³		17,855	30,925m ³		30,925	9,045m ³		9,045	(4) タワークレーン(クライミング設置式)
コンクリート	790m ³		23,700	840m ³		25,200	1,201m ³		36,030	(5) ジブクレーン(走行式)
クレーン据付撤去費	128t		12,800	160t		16,000	2基×370t		74,000	
バッチャータ据付撤去費	95t		9,500	95t		9,500	95t		9,500	
運搬線撤去費							98t		39,200	
合計			193,831			231,398			517,640	
打設工期	19.7ヶ月		21.1ヶ月		21.1ヶ月		21.1ヶ月		◎ 最適	
経済性	◎ 経済性最適である		△		×		×		○ 適	
工期	◎ 適正工期で最も有利		○		○		○		△ やや不適	
自然破壊	△		×		○		○		× 不適	
操作性	○		○		○		○			
カバーエリア	○		○		○		○			
総合順位	1		2		3		3			

諸元
重力式コンクリートダム 堤体積 V = 120,000m ³
堤高 H = 64.0m
堤頂標高 EL.318.0m
堤頂長 L = 180m
左右岸の平面地形 平行-L
谷の横断形 V型

⑥ ダムのコンクリート運搬打込設備経済比較表

比較内容	打込み設備型式		(2) ケープルクレーン(軌索式) パケット容量2.0m ³ クレーン6.0t		(3) ケープルクレーン(H型軌索式) パケット容量2.0m ³ クレーン6.0t		(4) タワークレーン(クライミング定置式) パケット容量2.0m ³ クレーン6.0t		注 記
	数量	金額(円)	数量	金額(円)	数量	金額(円)	数量	金額(円)	
クレーン損料	6.0t×1基	55,796	6.0t×1基	59,964	6.0t×1基	59,964	6.0t×60R1基 6.0t×40R1基	162,961	設備型式タイプ
パッチャープラント損料	28s×3台	25,048	28s×3台	26,915	28s×3台	26,915	28s×3台	26,915	(1) ケープルクレーン(片側走行踏式)
運搬設備損料		5,618		6,036		6,036		6,036	(2) ケープルクレーン(軌索式)
鋼材重量	6.8t	2,720							(3) ケープルクレーン(H型軌索式)
掘削	27,801m ³	27,801	13,114m ³	13,114	3,152m ³	3,152			(4) タワークレーン(クライミング定置式)
コンクリート	1,250m ³	37,500	840m ³	25,200	590m ³	17,700			(5) ジブクレーン(走行式)
クレーン据付撤去費	128t	12,800	128t	12,800	370t×2	74,000			◎ 最適
パッチャー据付撤去費	95t	9,500	95t	9,500					○ 適
運搬線撤去費		100		216					△ やや不適
合計		176,883		153,745				300,318	× 不適
打設工期	14.8ヶ月		15.9ヶ月		15.9ヶ月		15.9ヶ月		
経済性	○ 比較的有利である 機械の汎用性に乏しい		◎ 最も有利である 機械の汎用性に乏しい		× クレーン2基設置で機械損料が大経済性に劣り不適である				
工期	◎ 打設工期最短		○ 比較的短い		○ 比較的短い				
自然破壊	△ 基礎掘削のため自然破壊あり		○ 若干あり		◎ クレーン下流側に設置 自然破壊は少ない				
操作性	○ 適当である		○ 打設能力、操作性や劣る		○				
ガバリエリア	○ 主索に対する軌索長の割合から地形の制約を受ける。		○ 堤頂300m以上になると、ワイヤーパウンドが大きくなり地形の影響を受ける		△ 堤頂が長くなると使用台数が增加する				
総合順位	2		1		3				

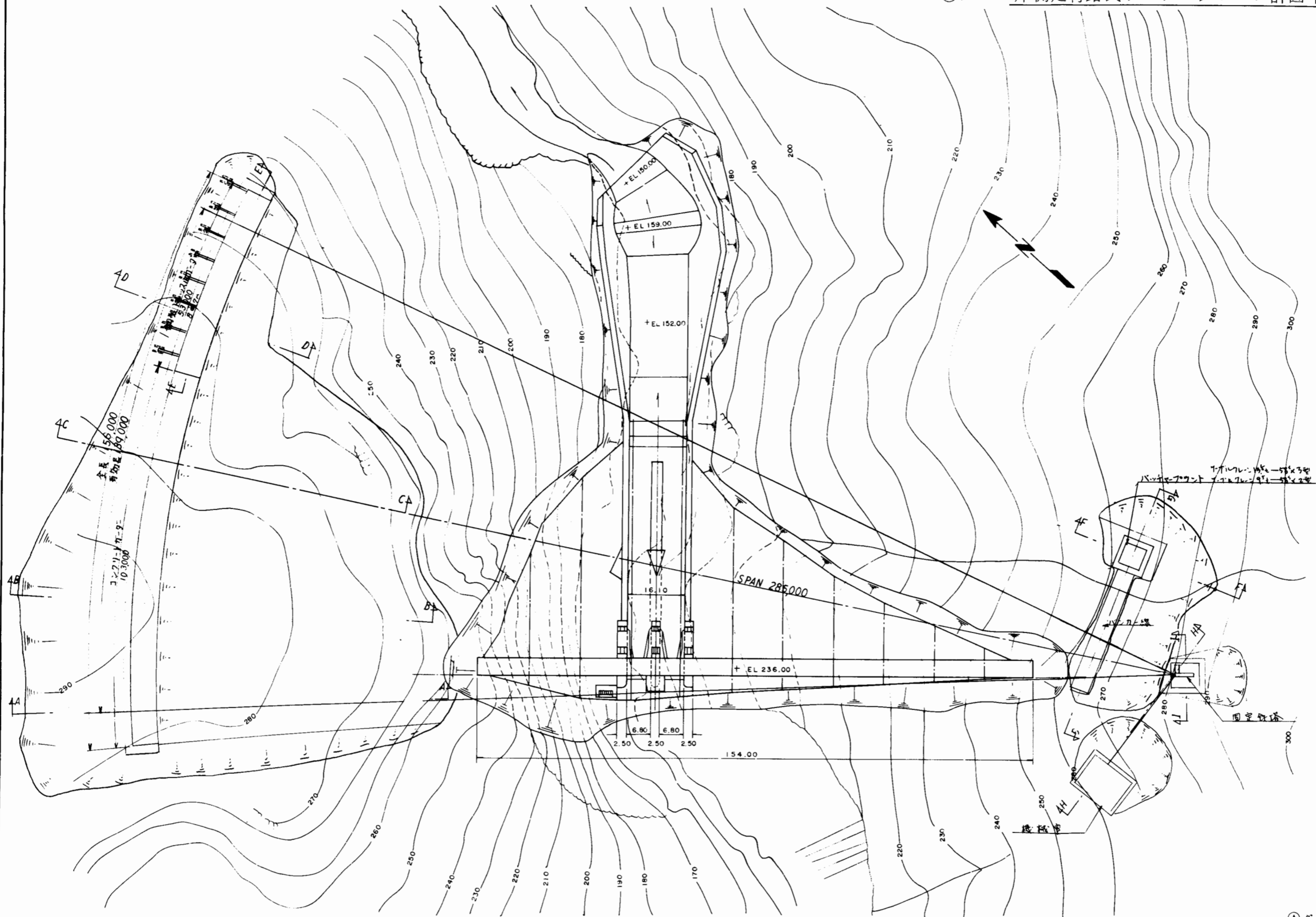
諸元
重力式コンクリートダム 堤体積 V = 90,000 m ³
堤高 H = 43.3 m
堤頂標高 EL 62.0 m
堤頂長 L = 160 m
左右岸の平面地形 平行-平行
谷の横断形 U型

⑦ ダムのコンクリート運搬打込設備経済比較表

比較内容	打込み設備型式		(2) ケープルクレーン(軌索式) パケット容量1.5m ³ クレーン4.5t		(3) ケープルクレーン(H型軌索式) パケット容量1.5m ³ クレーン4.5t		(4) タワークレーン(クライミング定置式) パケット容量1.5m ³ クレーン4.5t		注 記
	数量	金額(円)	数量	金額(円)	数量	金額(円)	数量	金額(円)	
クレーン損料	4.5t×1基	55,794	4.5t×1基	52,321	4.5t×50R2基	157,238			設備型式タイプ
パッチャープラント損料	28s×2台	24,448	28s×2台	25,803	28s×2台	25,803			(1) ケープルクレーン(片側走行踏式)
運搬設備損料		5,884		6,200		6,210			(2) ケープルクレーン(軌索式)
鋼材重量	5.78t	23,120	5.80t	23,200	2.8t	1,120			(3) ケープルクレーン(H型軌索式)
掘削	3,169m ³	31,690	3,028m ³	30,280					(4) タワークレーン(クライミング定置式)
コンクリート	1,035m ³	31,050	775m ³	23,250	600m ³	18,000			(5) ジブクレーン(走行式)
クレーン据付撤去費	106t 建屋2棟	10,600	119t 建屋2棟	11,900	620t	62,000			
パッチャー据付撤去費	82t	8,200	82t	8,200					
運搬線撤去費									
合計		163,345		154,993		278,571			
打設工期	18.0ヶ月		19.0ヶ月		19.0ヶ月		19.0ヶ月		◎ 最適
経済性	○ やや損料が高い		◎ 最も経済的である		× クレーン2基設置のため最も不経済である。				○ 適
工期	◎ 工事の進捗に有利		○ 普通		○ 普通				△ やや不適
自然破壊	△		△		◎ クレーン設置のため、掘削による自然破壊はない。				× 不適
操作性	○ 適当である。		○		○				
ガバリエリア	○		○		○				
総合順位									

諸元
重力式コンクリートダム 堤体積 V = 70,000 m ³
堤高 H = 40.0 m
堤頂標高 EL 144.0 m
堤頂長 L = 171 m
左右岸の平面地形 L-L
谷の横断形 U型

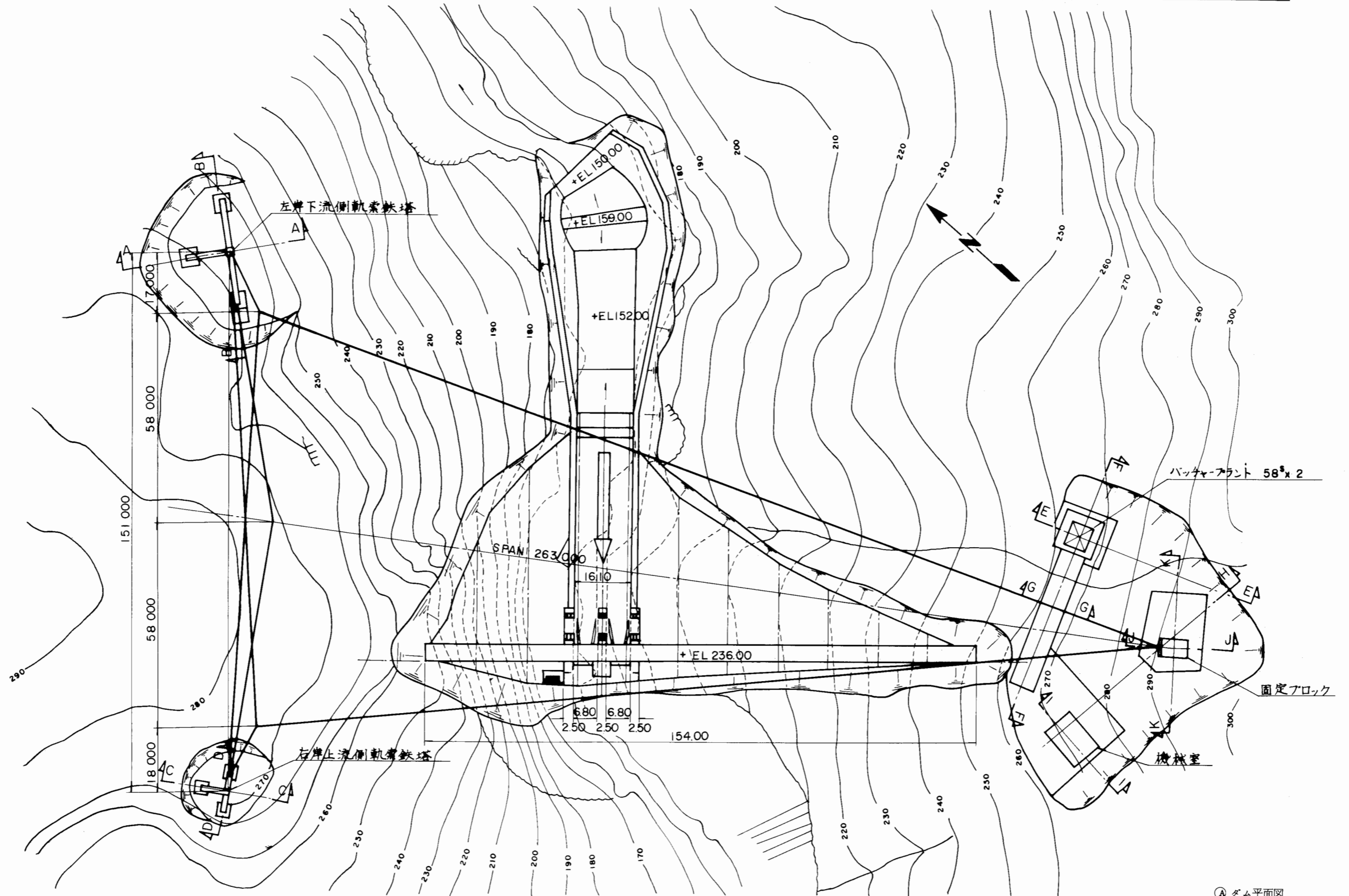
①ダム 片側走行路式ケーブルクレーン計画平面図



①ダム平面図

1:500

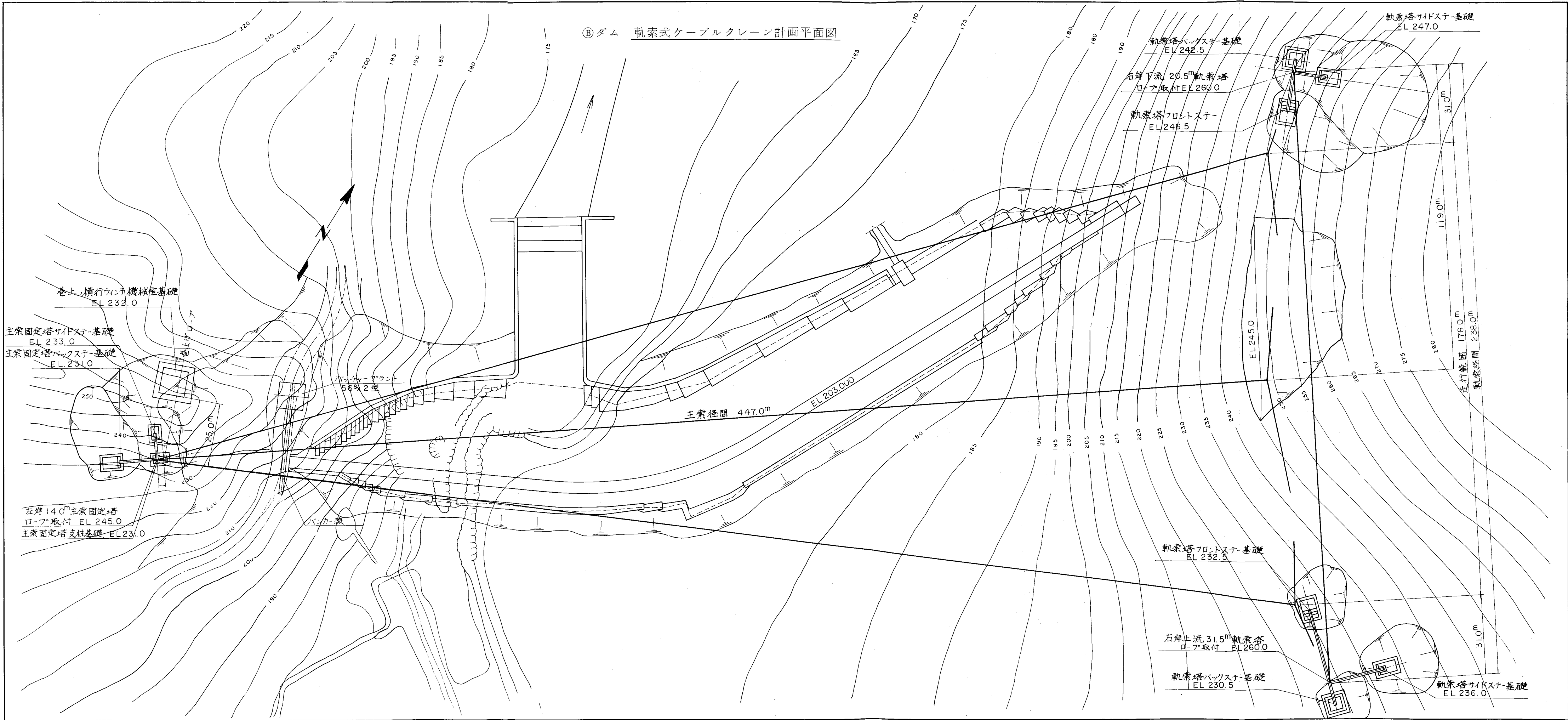
①ダム 軌索式ケーブルクレーン計画平面図



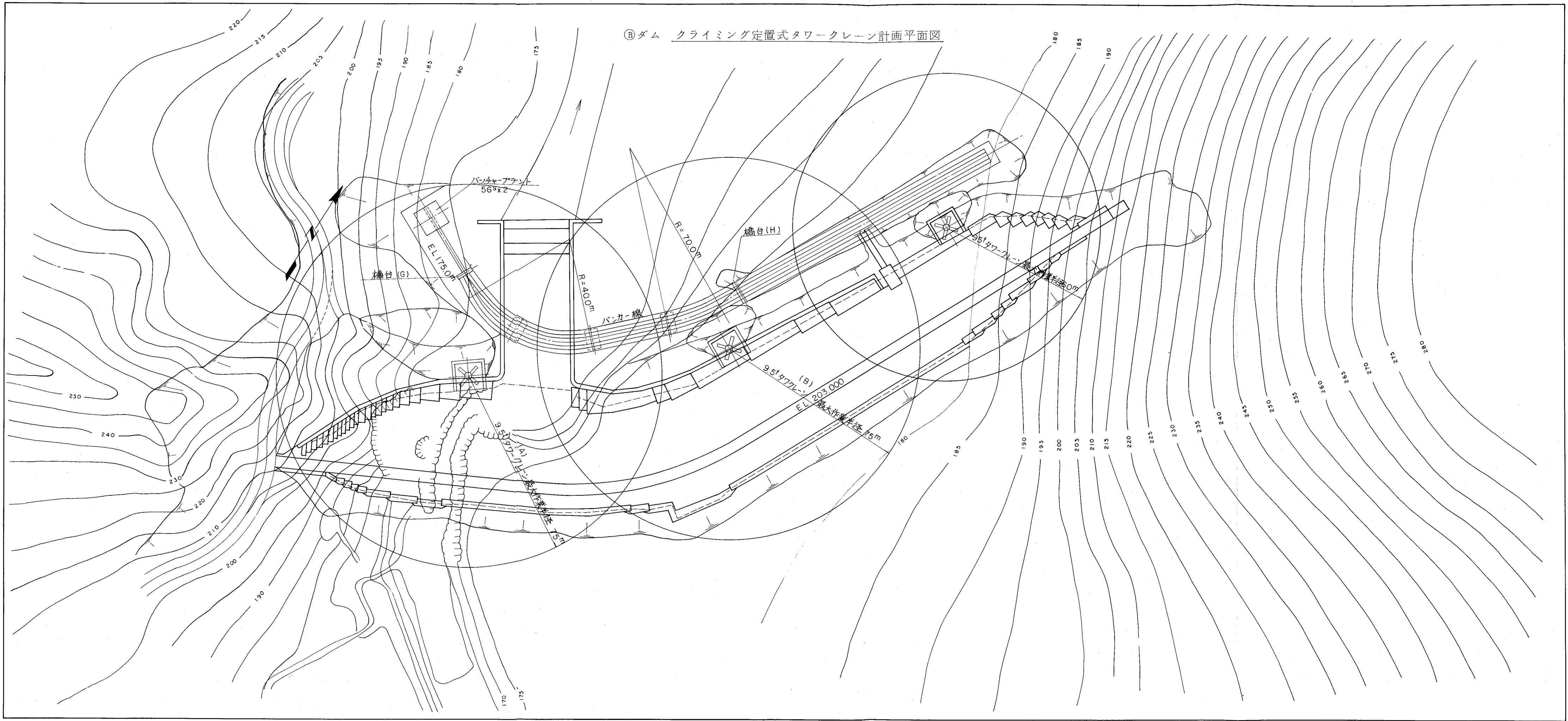
①ダム平面図

1:500

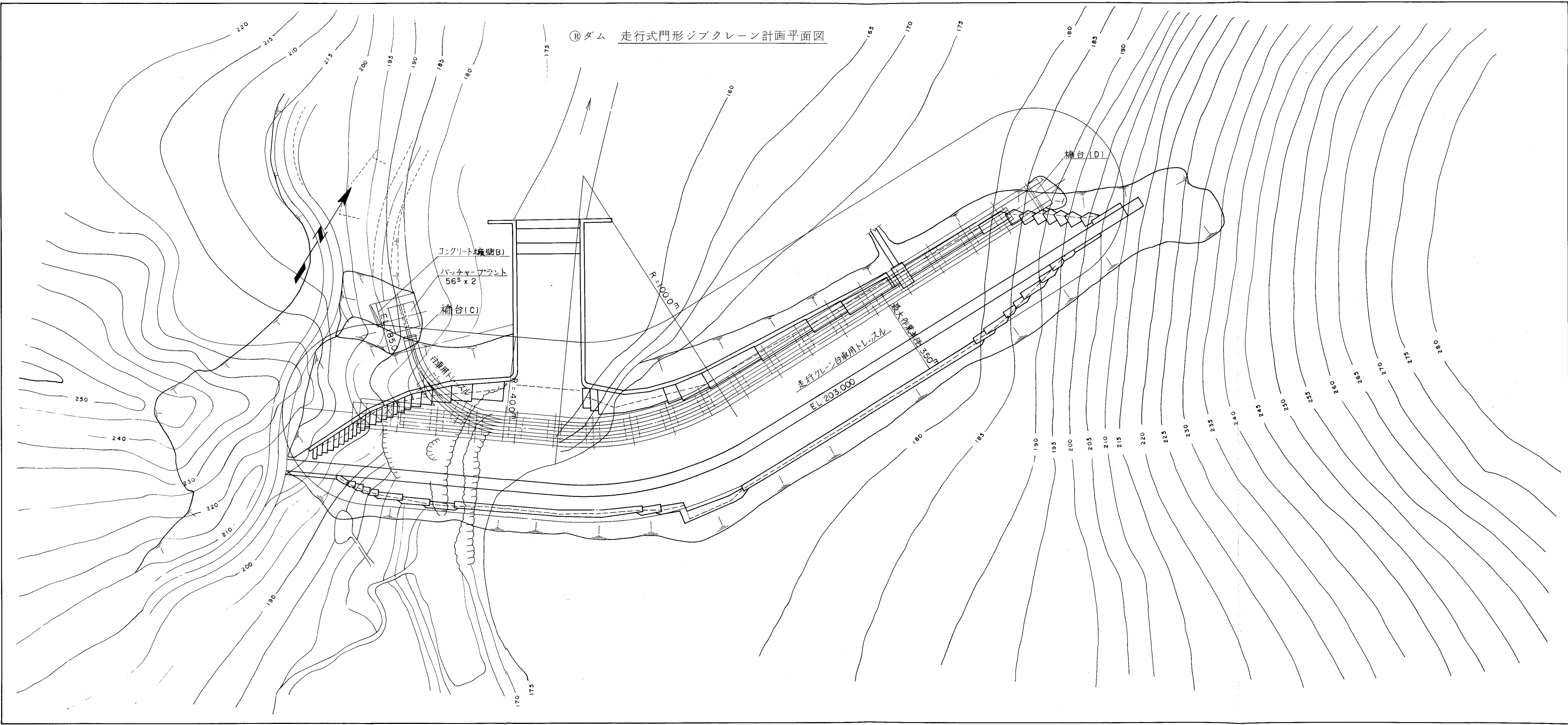
⑧ダム 軌索式ケーブルクレーン計画平面図



②ダム クライミング定置式タワークレーン計画平面図

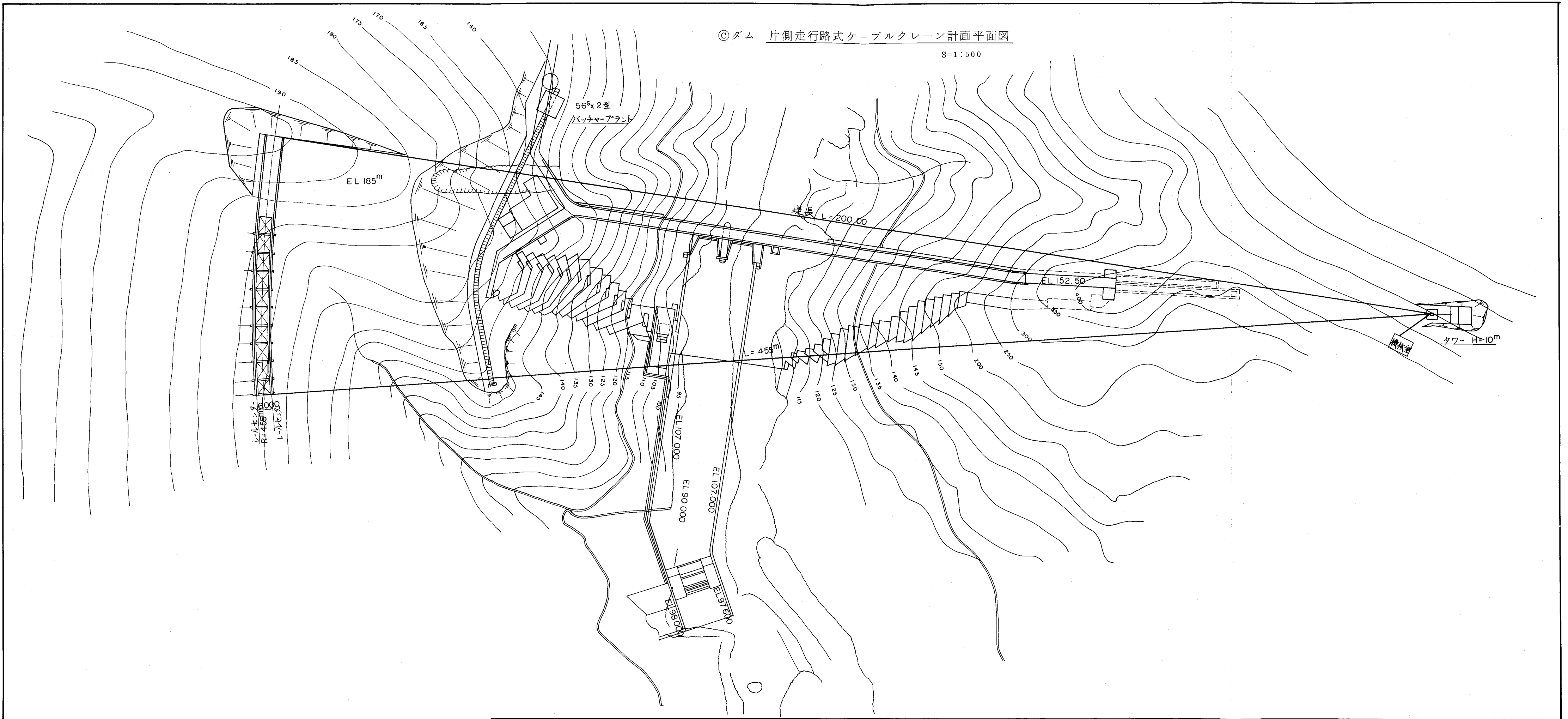


②ダム 走行式門形ジブクレーン計画平面図



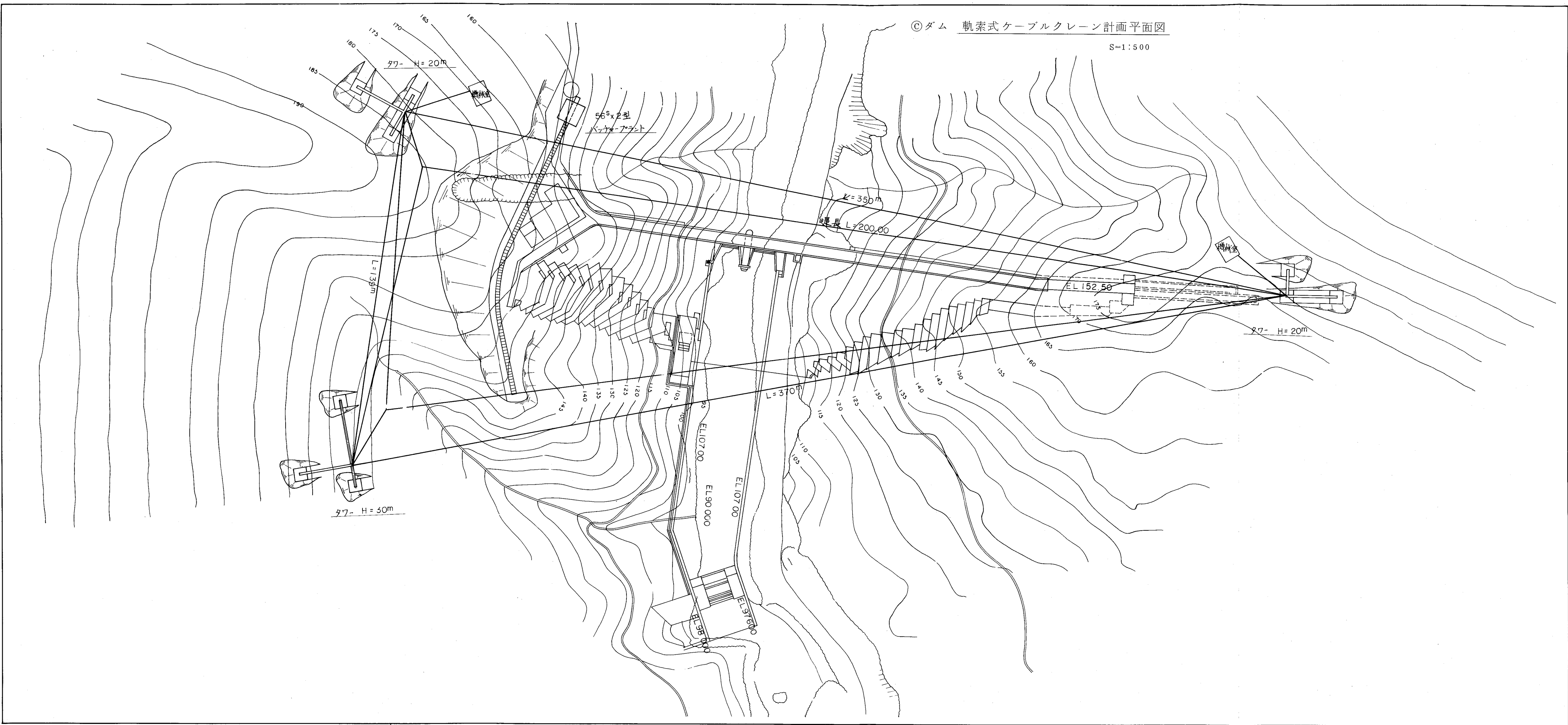
©ダム 片側走行路式ケーブルクレーン計画平面図

S=1:500

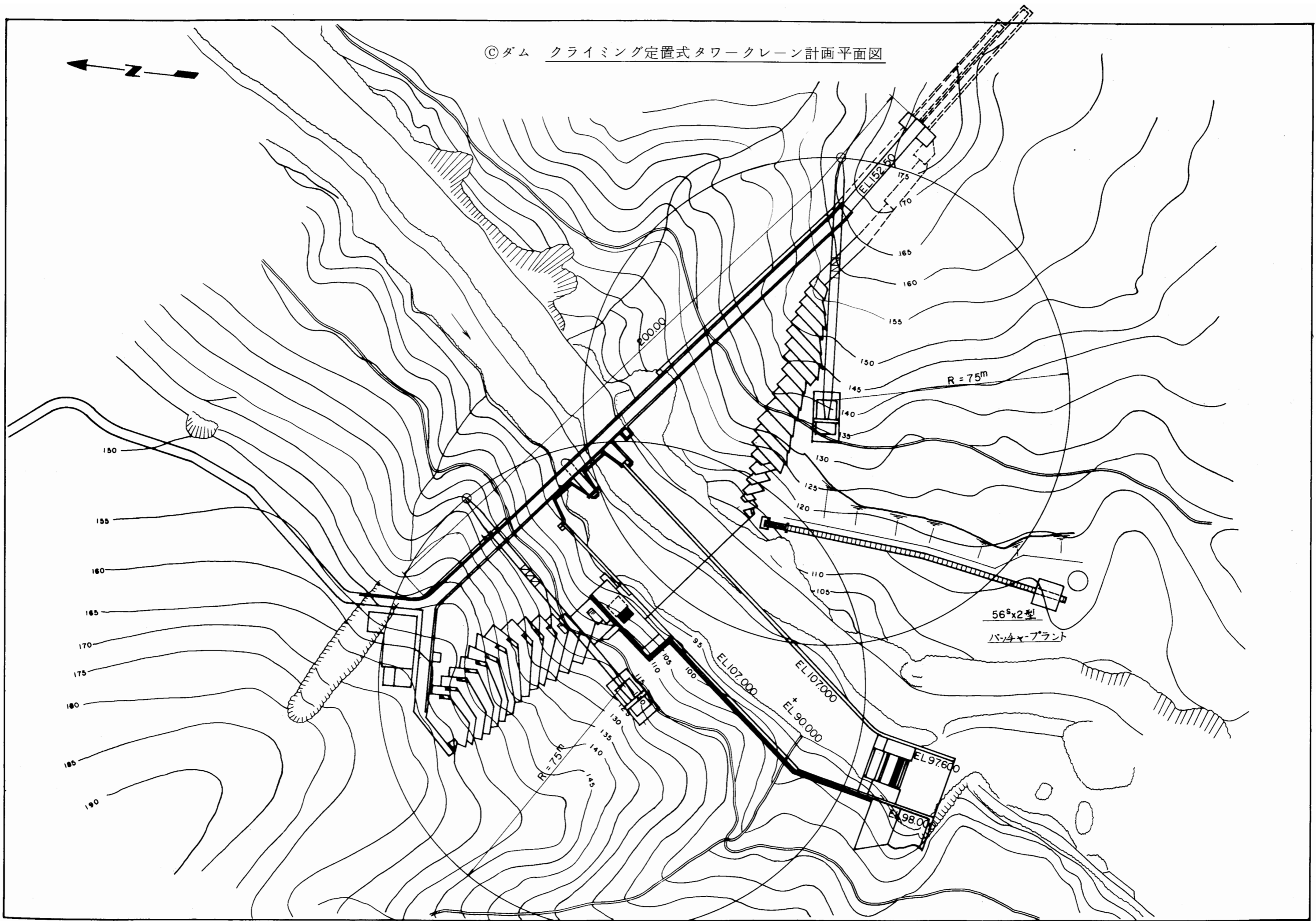


©ダム 軌索式ケーブルクレーン計画平面図

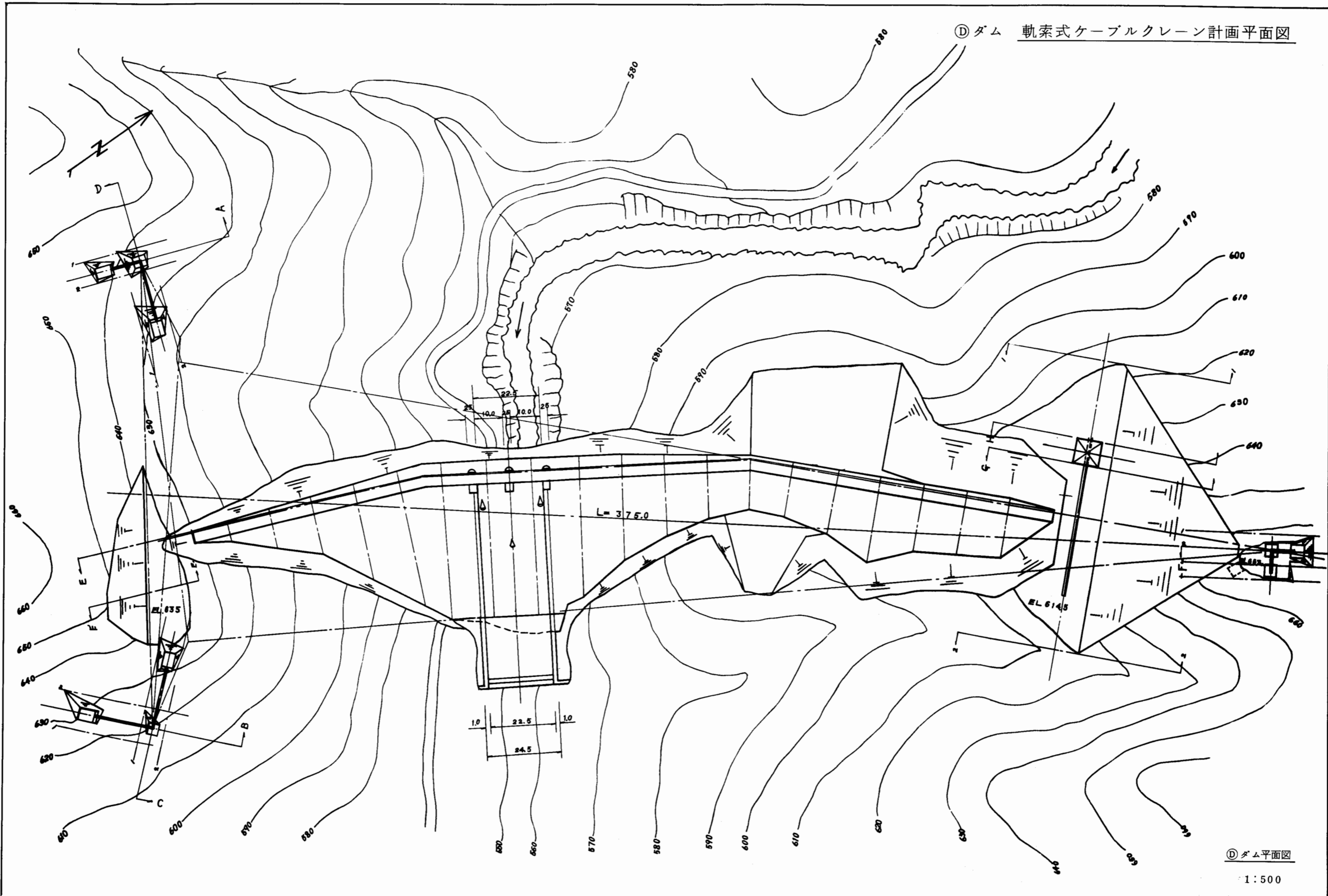
S=1:500



©ダム クライミング定置式タワークレーン計画平面図



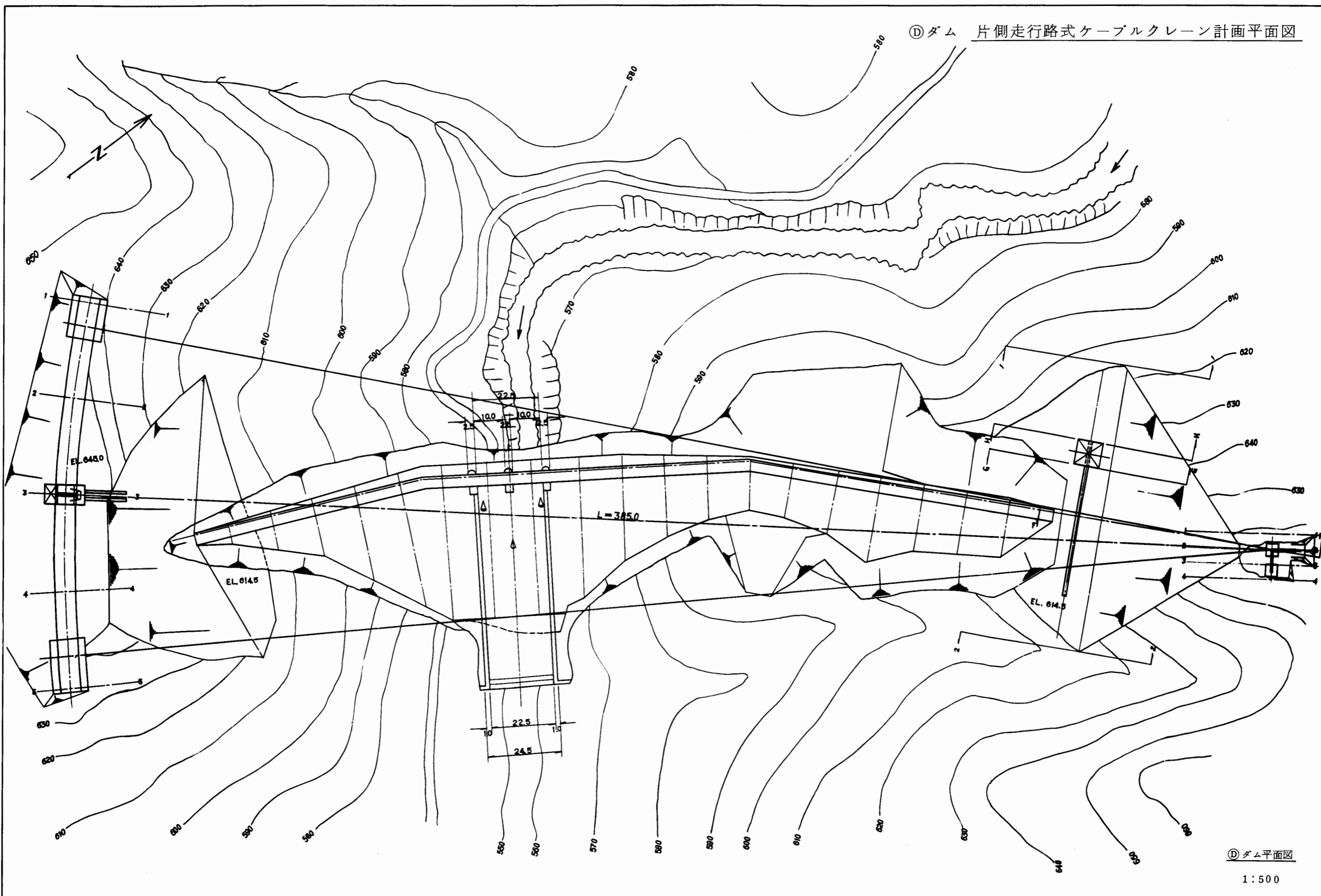
①ダム 軌索式ケーブルクレーン計画平面図



①ダム平面図

1:500

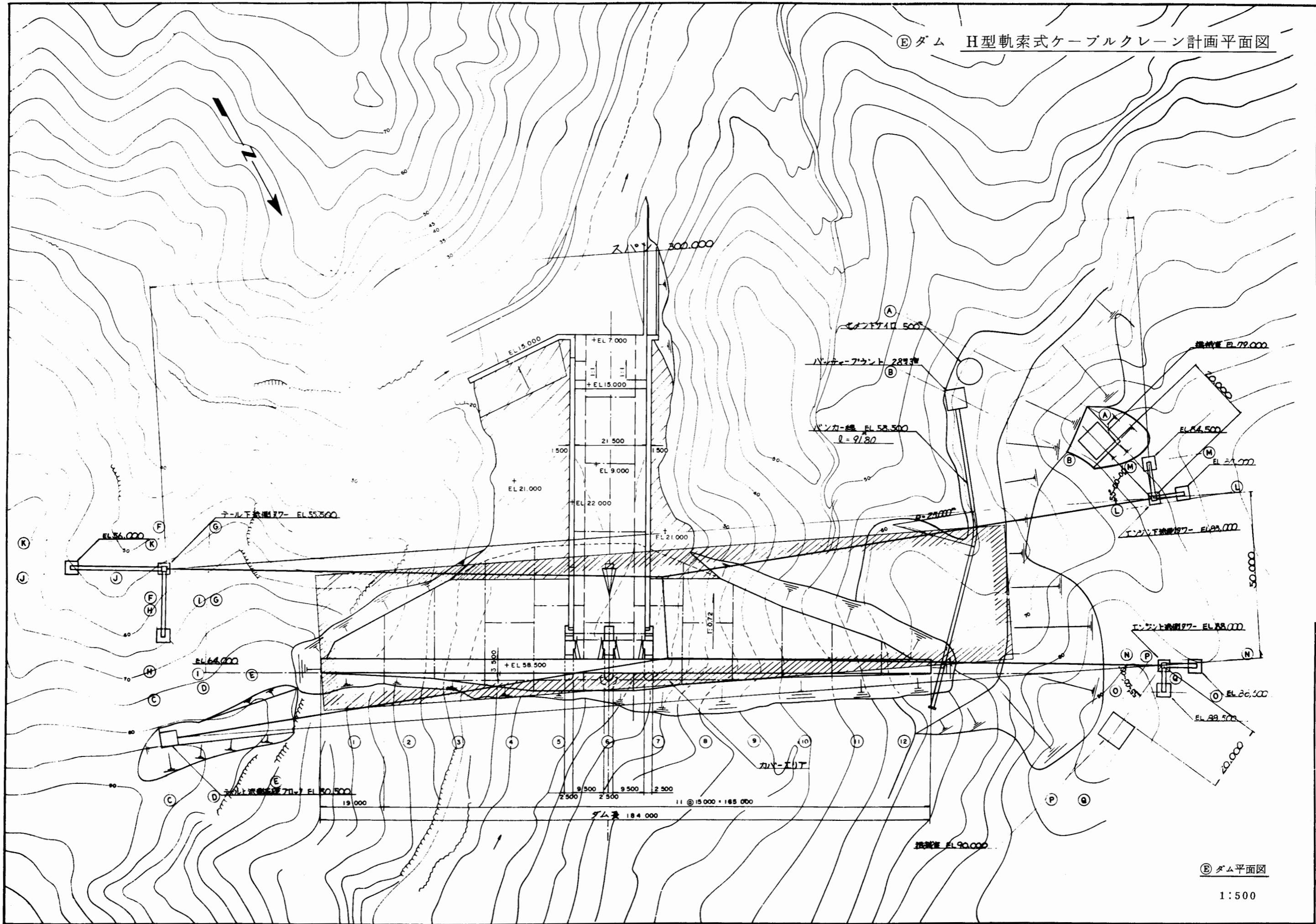
①ダム 片側走行路式ケーブルクレーン計画平面図



①ダム平面図

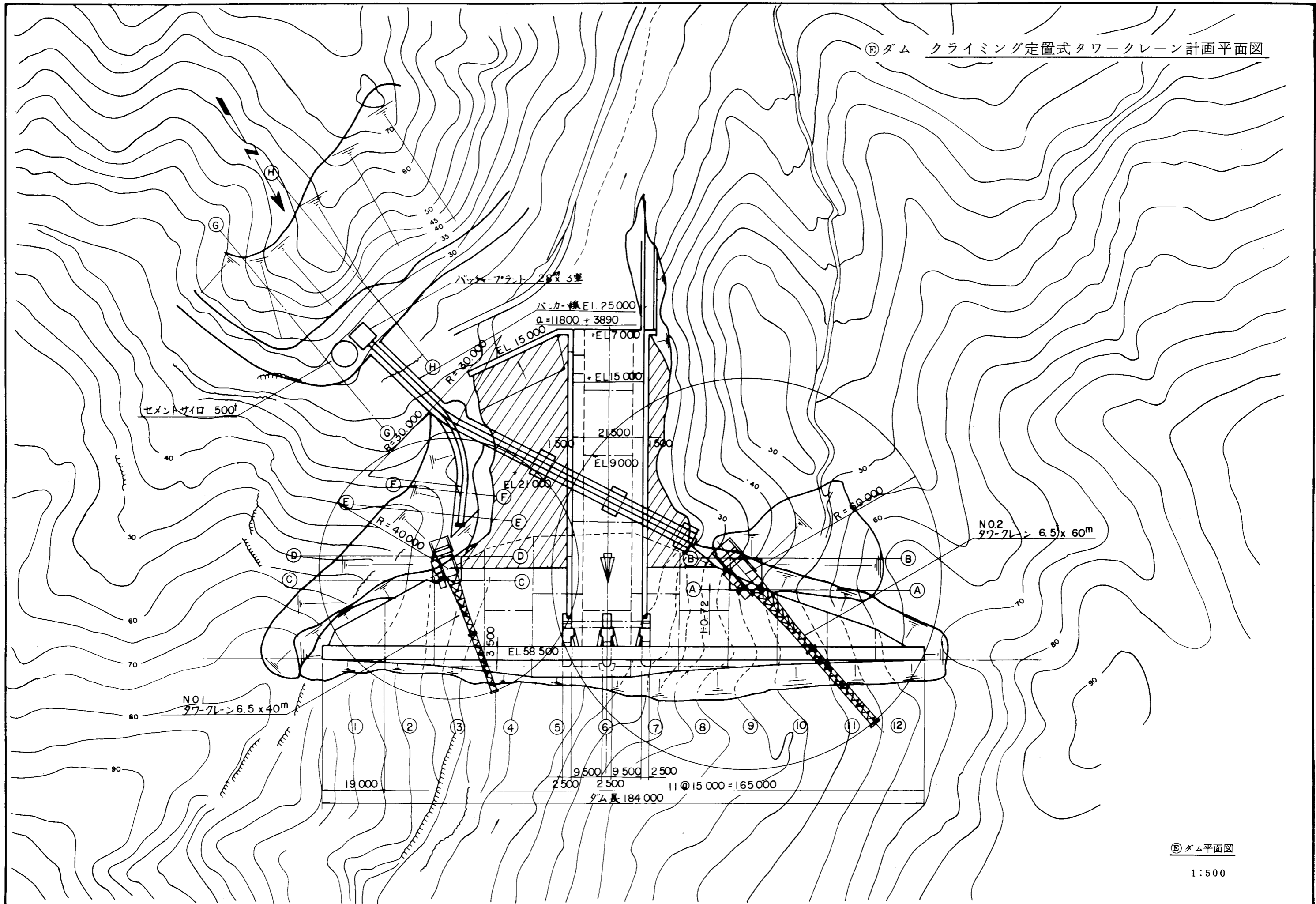
1:500

⑤ダム H型軌索式ケーブルクレーン計画平面図



⑤ダム平面図

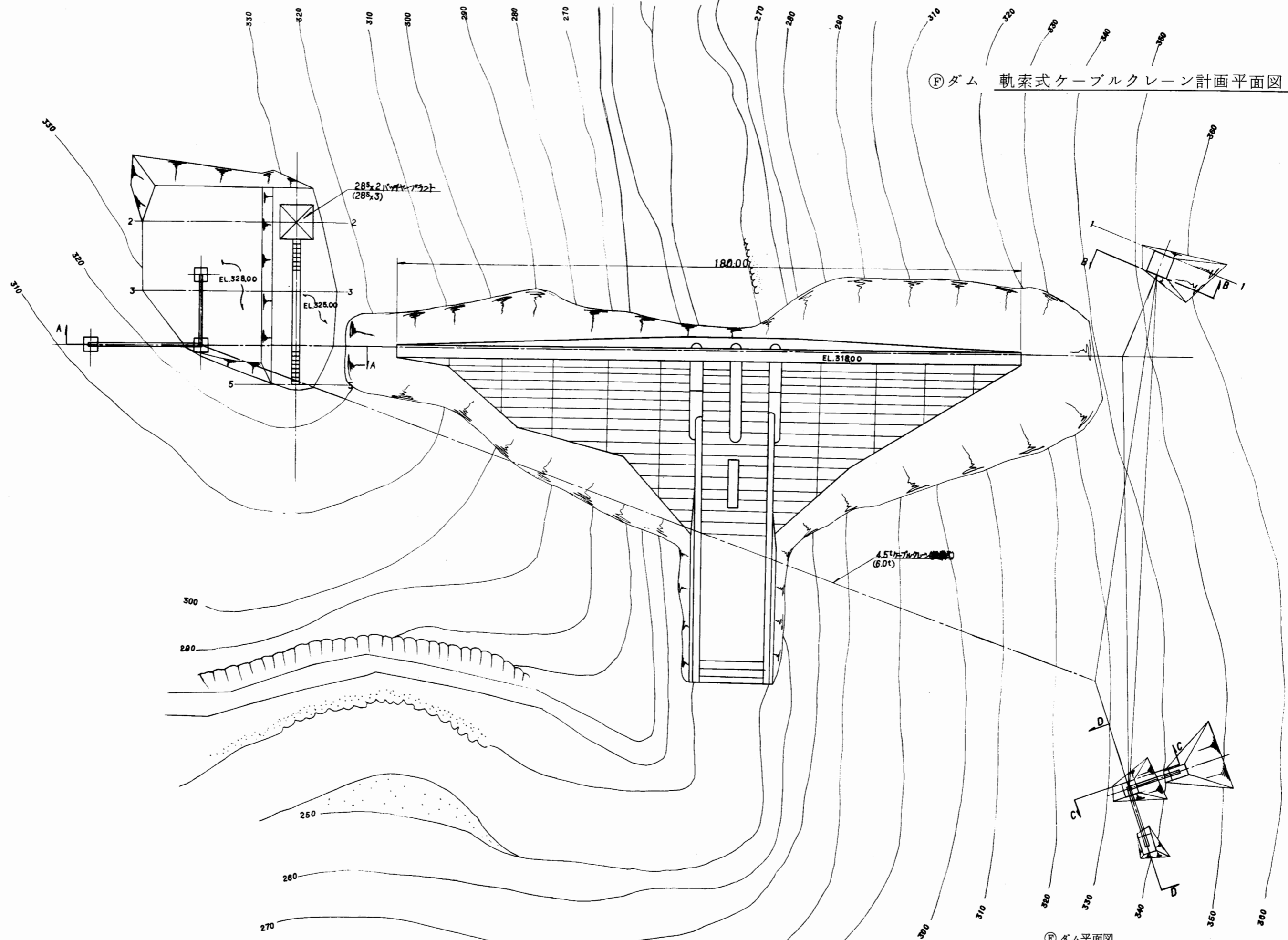
1:500



⑤ダム平面図

1:500

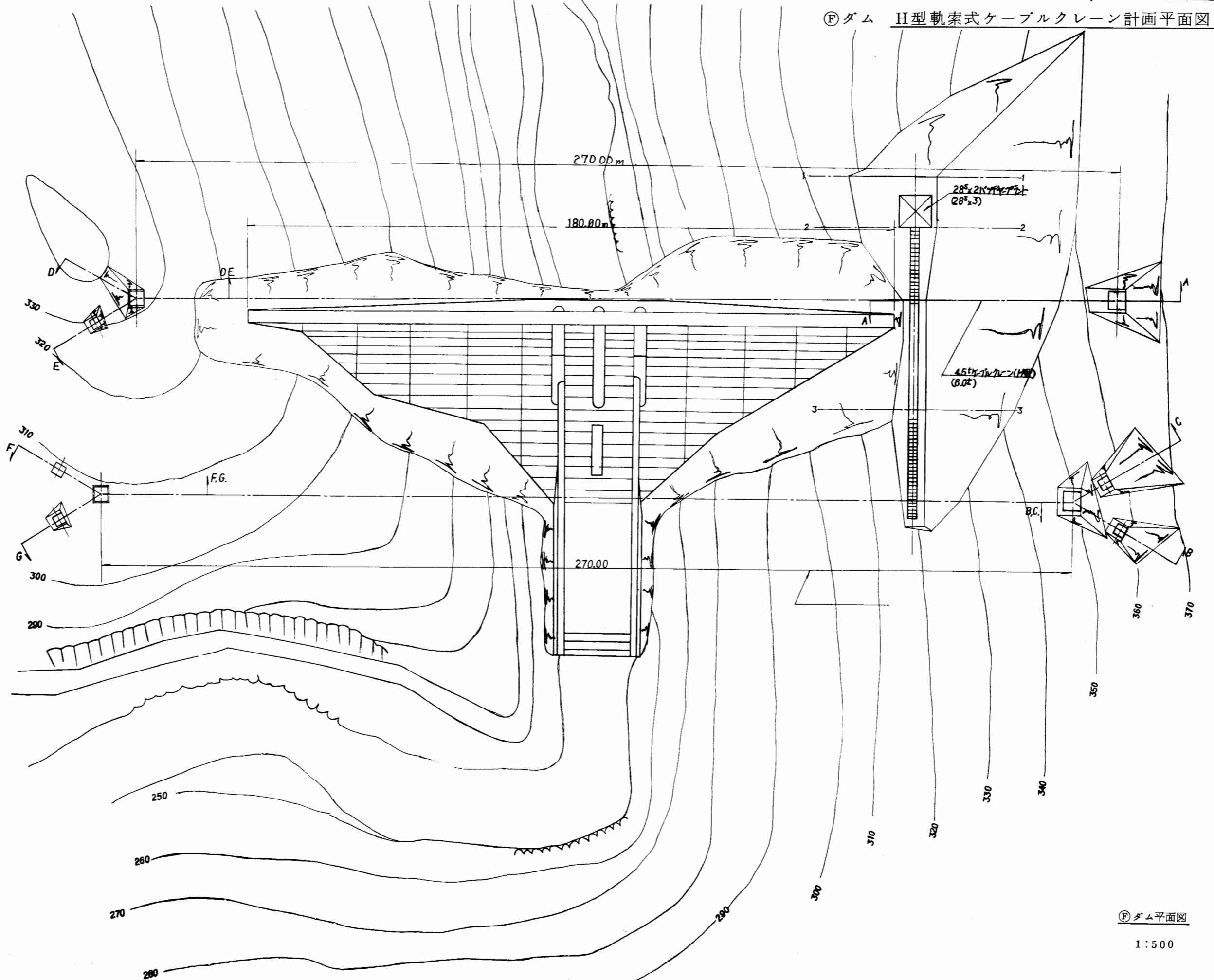
⑤ ダム 軌索式ケーブルクレーン計画平面図



⑥ ダム平面図

1:500

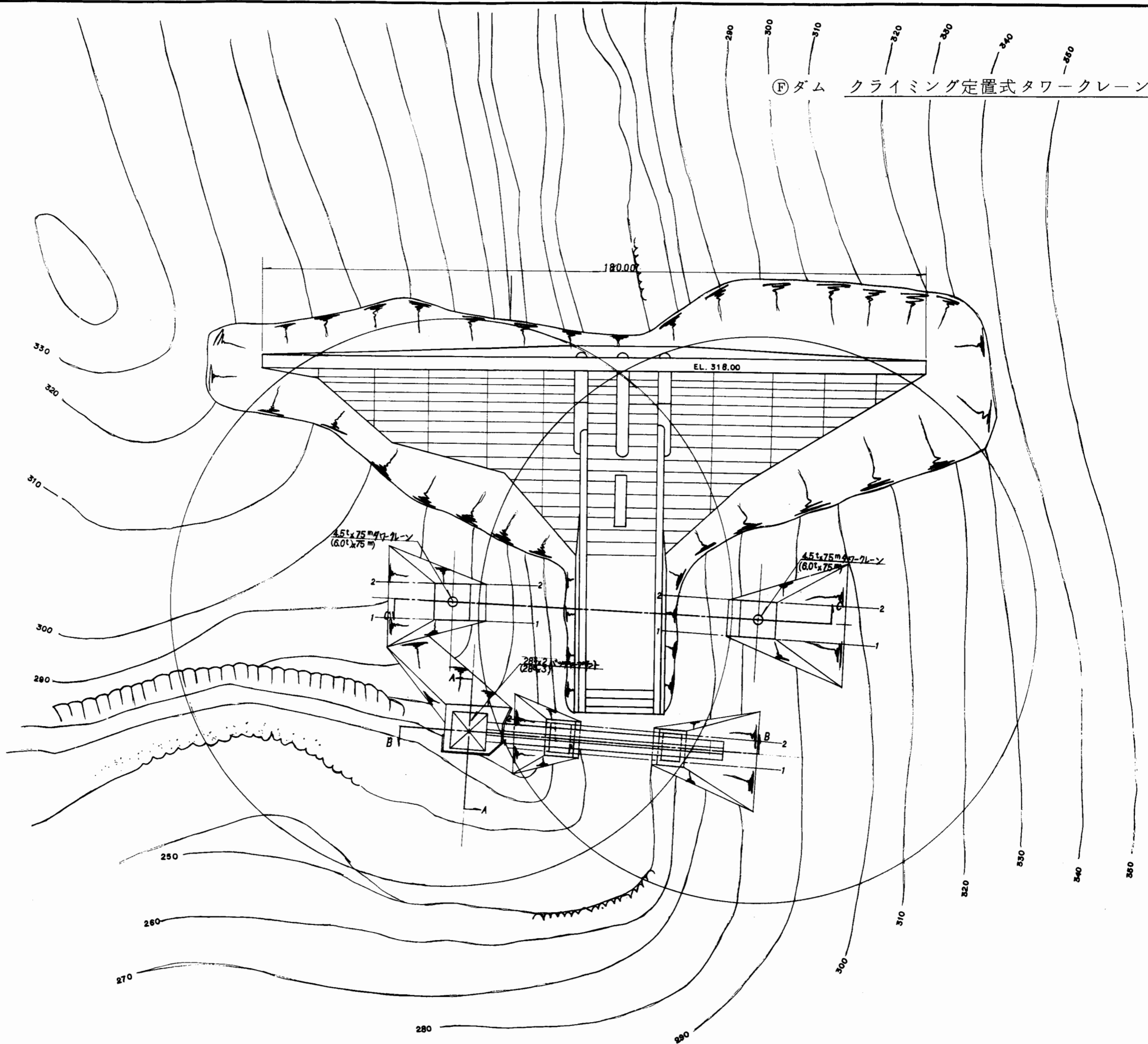
⑤ ダム H型軌索式ケーブルクレーン計画平面図



⑤ ダム平面図

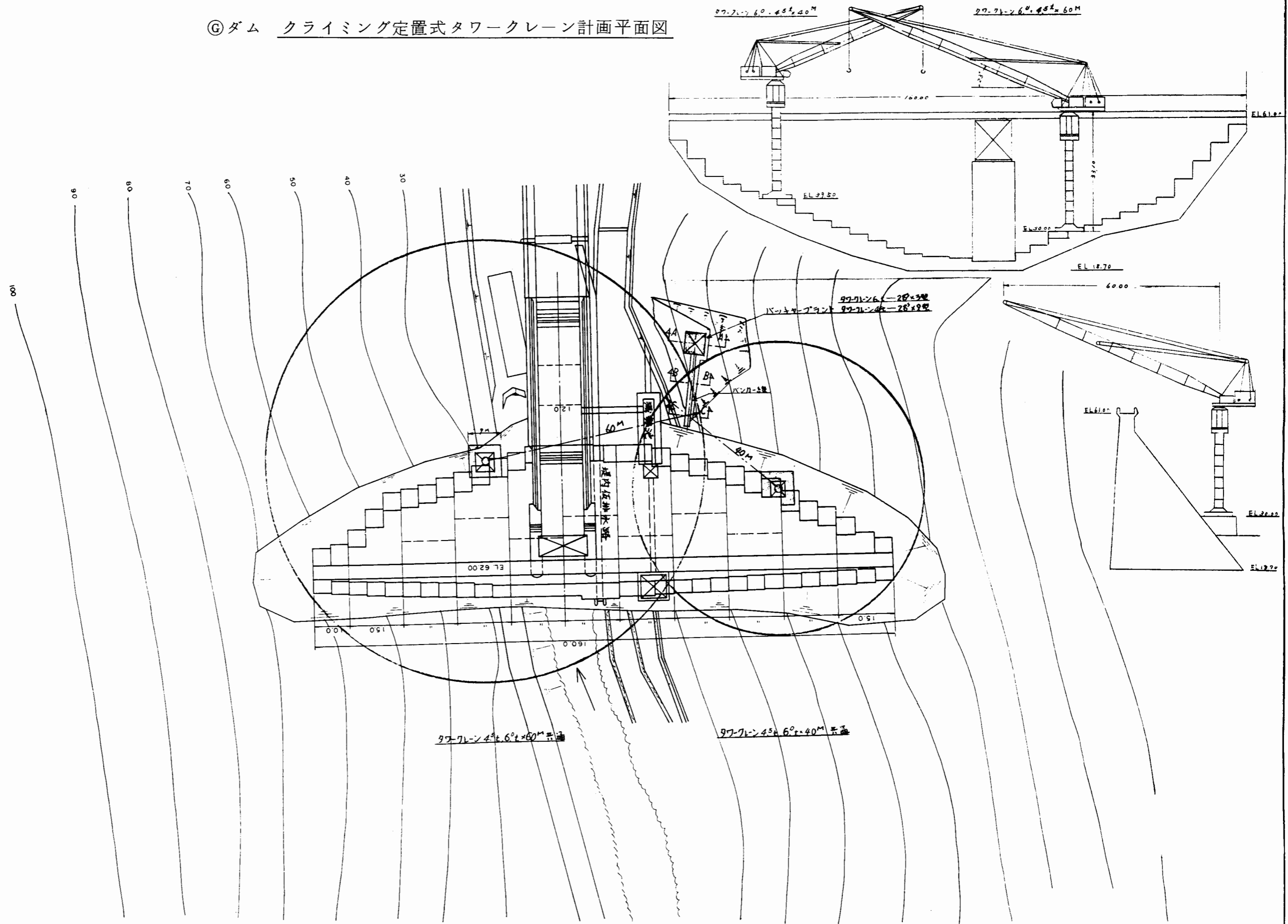
1:500

⑤ ダム クライミング定置式タワークレーン計画平面図



⑤ ダム平面図
1:500

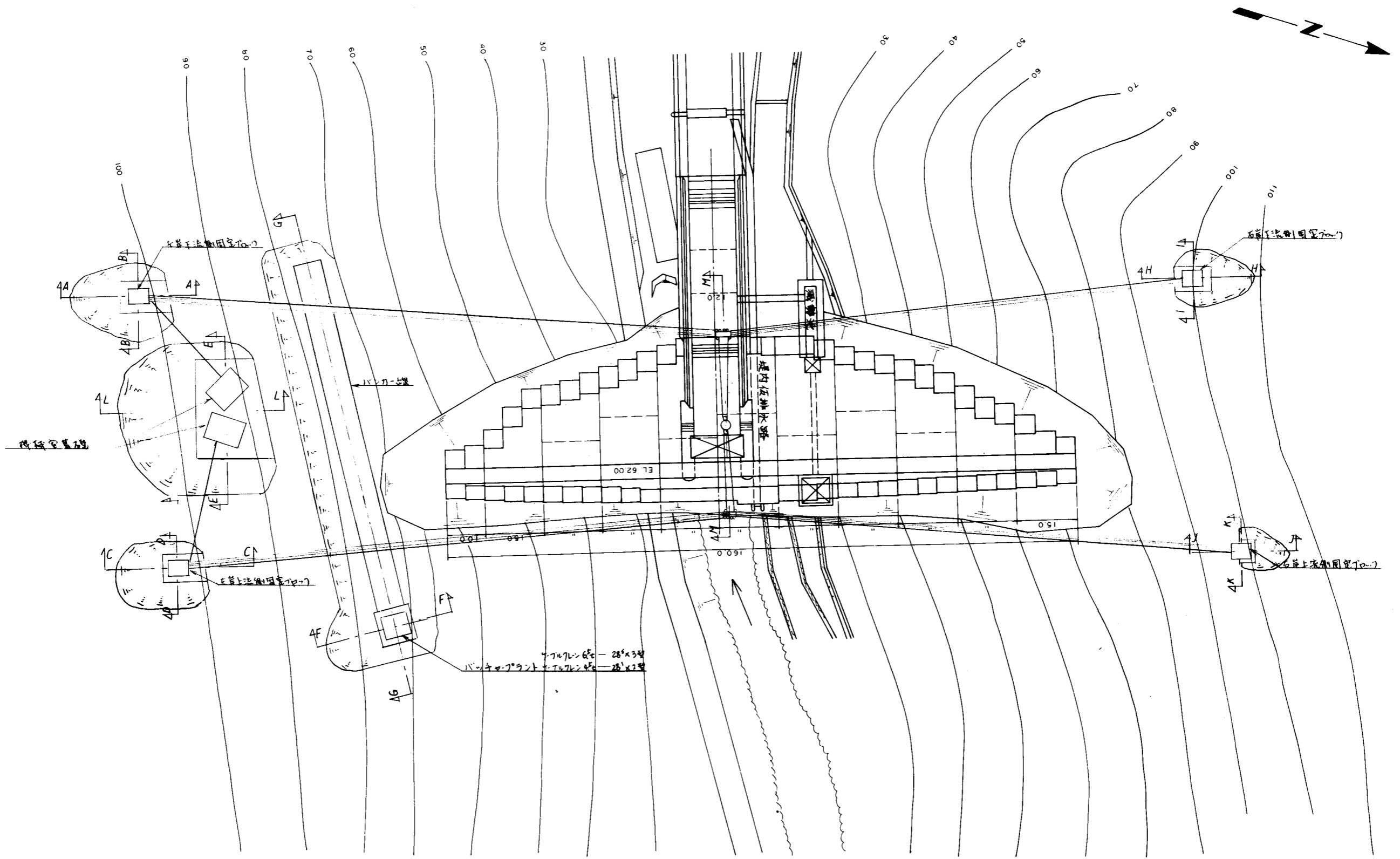
③ダム クライミング定置式タワークレーン計画平面図



③ダム平面図

1:500

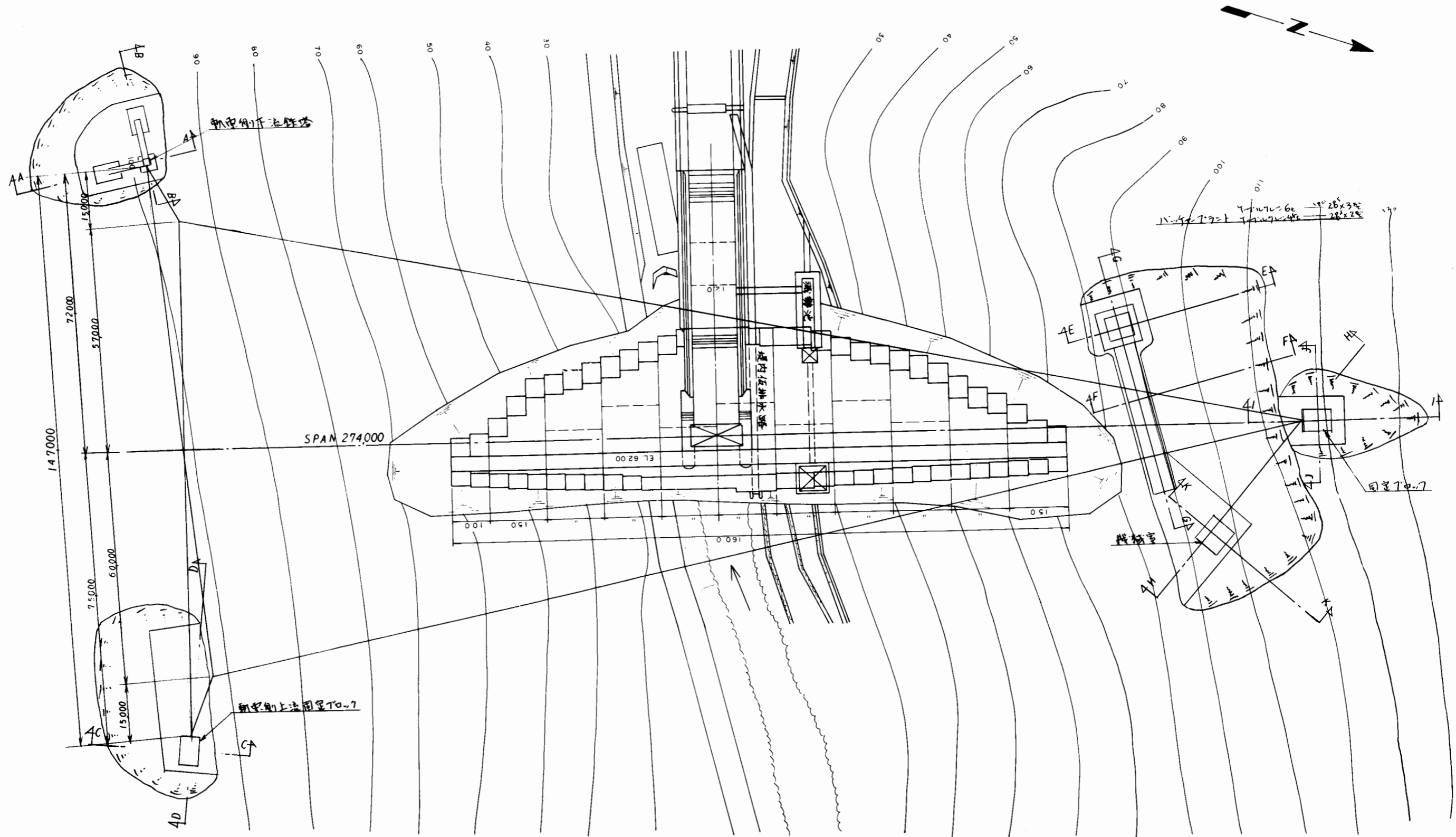
③ダム H型軌索式ケーブルクレーン計画平面図



④ダム平面図

1:500

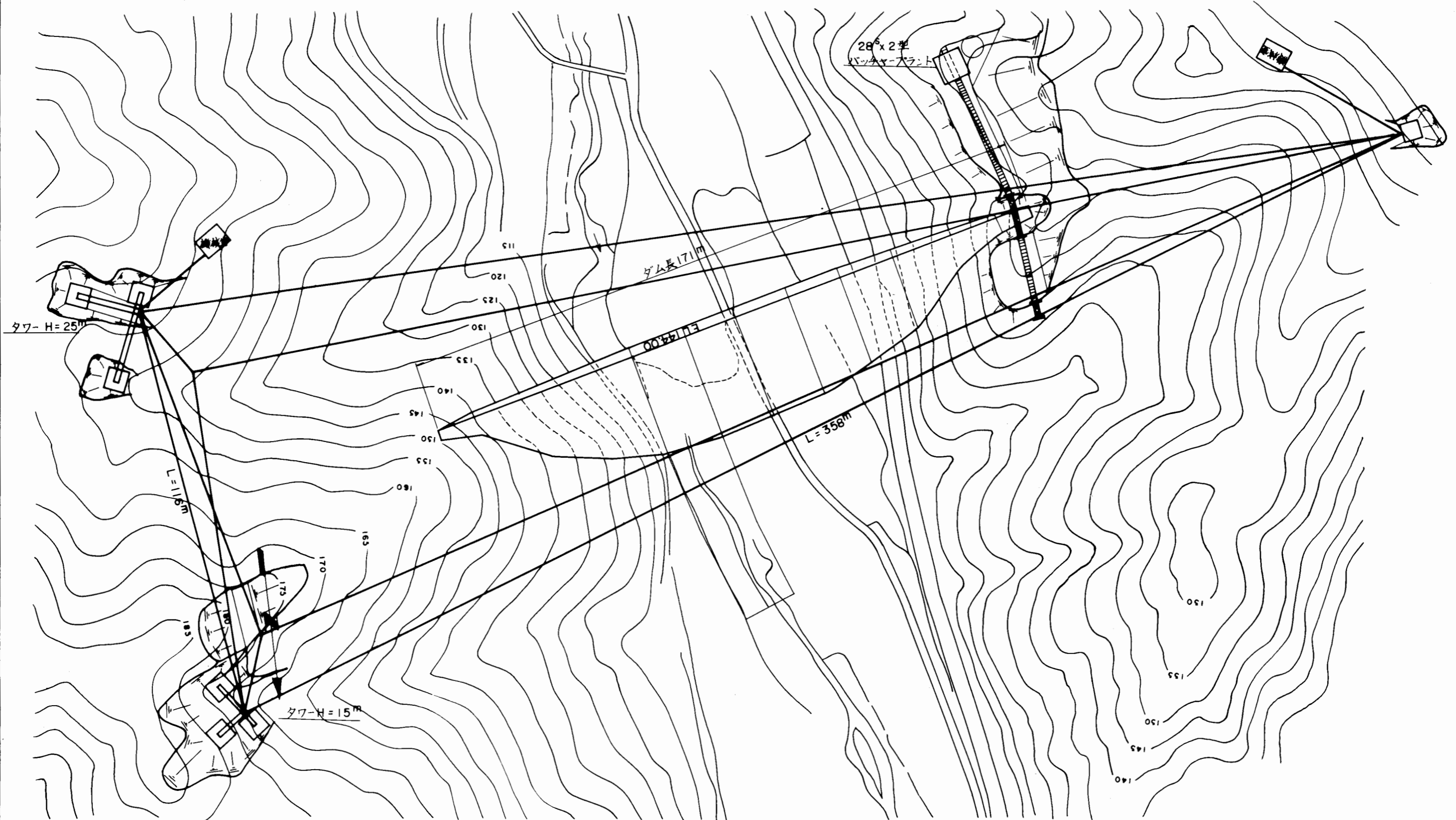
③ダム 軌索式ケーブルクレーン計画平面図



④ダム平面図

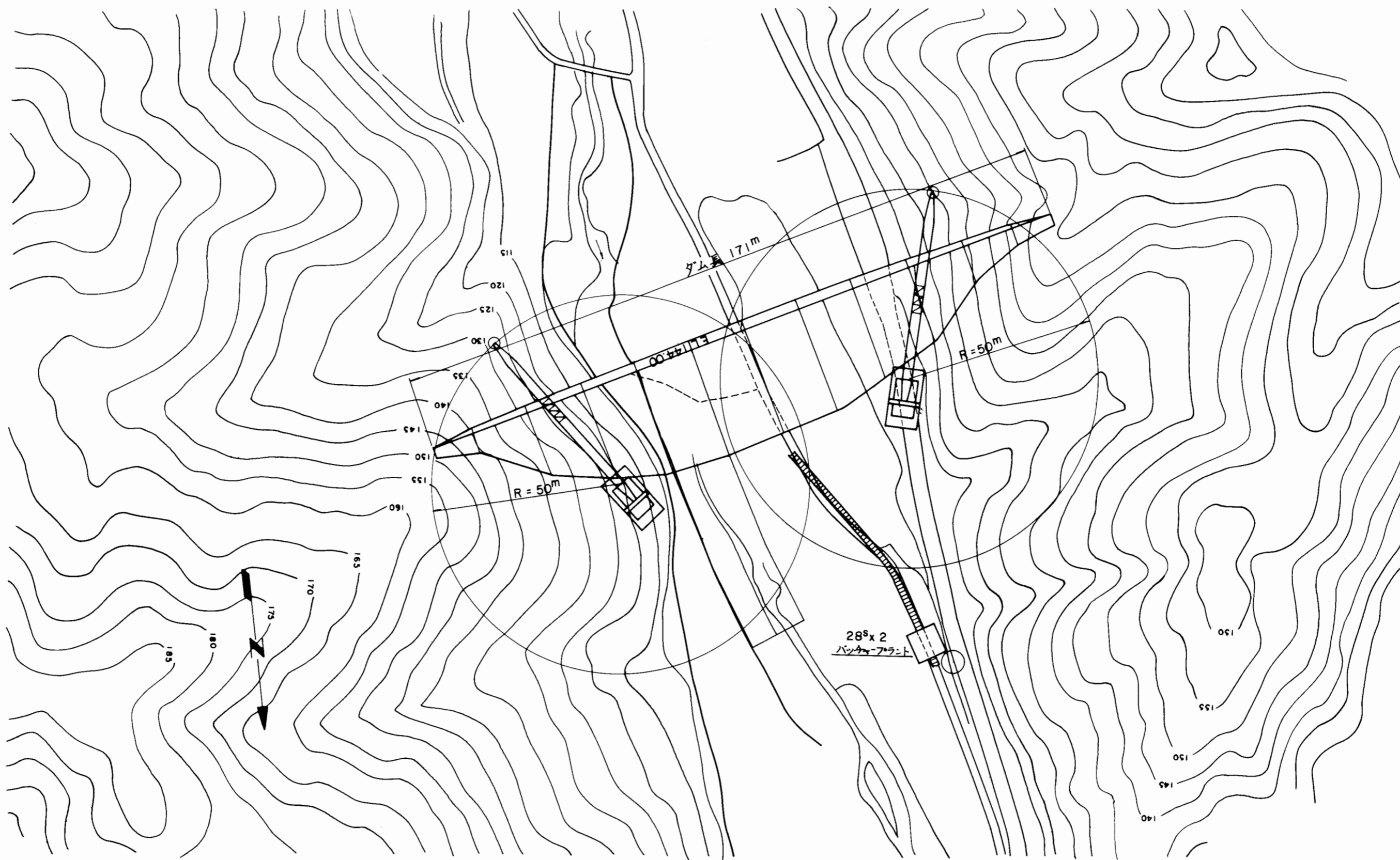
1:500

④ダム 軌索式ケーブルクレーン計画平面図



④ダム平面図

1:500



④ダム平面図

1:500

小規模重力式コンクリートダム合理化施工

昭和55年8月1日発行

監修 建設省河川局開発課
発行 (財)国土開発技術研究センター
〒105 東京都港区虎ノ門2-8-10
(第15森ビル)

Tel (03) 503-0391(代)

印刷 (有)建設経営新社

Tel (03) 263-5579(代)