

第6章 ダム施工機械設備

第6章 ダム施工機械設備

第1節 総 則

1. 適用範囲（標準）

コンクリートダムおよびフィルダムの施工機械設備に適用する。

〔解 説〕

1. 対象設備

ここでいうダム施工機械設備（以下、「施工設備」という）は、骨材の生産からコンクリート打ち込みまでに必要な機械設備およびそれに付帯して必要となる設備を対象とする。

2. 関連諸法規等は、以下のとおりである。

示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発 刊 者
大気汚染防止法	平成 23 年 8 月	環境省
水質汚濁防止法	平成 23 年 6 月	環境省
騒音規制法	平成 23 年 8 月	環境省
振動規制法	平成 23 年 8 月	環境省
廃棄物処理および清掃に関する法律	平成 23 年 6 月	環境省
自然環境保全法	平成 23 年 8 月	環境省
環境影響評価法	平成 23 年 4 月	環境省
建築基準法	平成 23 年 12 月	国土交通省
河川管理施設等構造令	平成 23 年 12 月	国土交通省
電気設備に関する技術水準を定める省令	平成 23 年 3 月	経済産業省
労働安全衛生規則	平成 24 年 1 月	厚生労働省
クレーン等安全規則	平成 18 年 1 月	厚生労働省
クレーン等各構造規格	昭和 57 年	厚生労働省
建設省河川砂防技術基準（案）	平成 9 年 10 月	国土交通省
日本工業規格	加除式	経済産業省
電気規格調査会	加除式	J E C
日本電機工業会規格	加除式	J E M
日本溶接協会規格	加除式	W E S
コンクリート標準示方書	平成 23 年 3 月	土木学会
道路橋示方書	平成 24 年 2 月	日本道路協会
ダム施工機械設備設計指針（案）	平成 17 年 1 月	国土交通省

2. 計 画（標準）

施工設備の計画は、ダムの設計についての基本方針、現場条件、社会的環境、周辺の自然環境の保全および工事規模、工法、工期、コスト縮減、施工性、安全性等を考慮して決定する。

〔解説〕

2-1 ダム建設工事は、ダムサイトの地形及び地質条件によりダムの形式及び打設工法が決定されこれに基づいて施工機械設備が計画されているので、計画及び設計にあたっては、下記の事項を考慮し、各段階を進めていくものとする。

(1) 自然環境の保全

施工機械設備の中でもコンクリート運搬打設設備は、従来から使用されているケーブルクレーン、ジブクレーン、タワークレーンの他にインクライン、ダンプ直送、ベルトコンベヤ、ライジングタワー、テルファークレーン等が使用されております。今後の計画及び設計に際しては、大規模な地山掘削を行って、ダムサイト周辺の自然環境に大幅な改変を伴うような設備配置計画は極力避けるものとする。

(2) 景観設計

地域特性を調査・検討し、景観に十分配慮した設計を行っていくものとする。

(3) コスト・メンテナンス性

(a) 新技術などの導入を検討し、総合的なコスト縮減を考慮する。

(b) 各機器の設計においては、それぞれのライフサイクルを考慮すること。

(c) メンテナンス性の向上・維持管理費の縮減を考慮すること。

(4) 環境・リサイクル

解体時の産業廃棄物の軽減と再生利用を考慮した設計を行っていくものとする。

(5) 転用品

官持ち設備の場合転用し易い設備を計画し、取り外しのし易い設備の設計を行っていくものとする。

2-2 設備計画

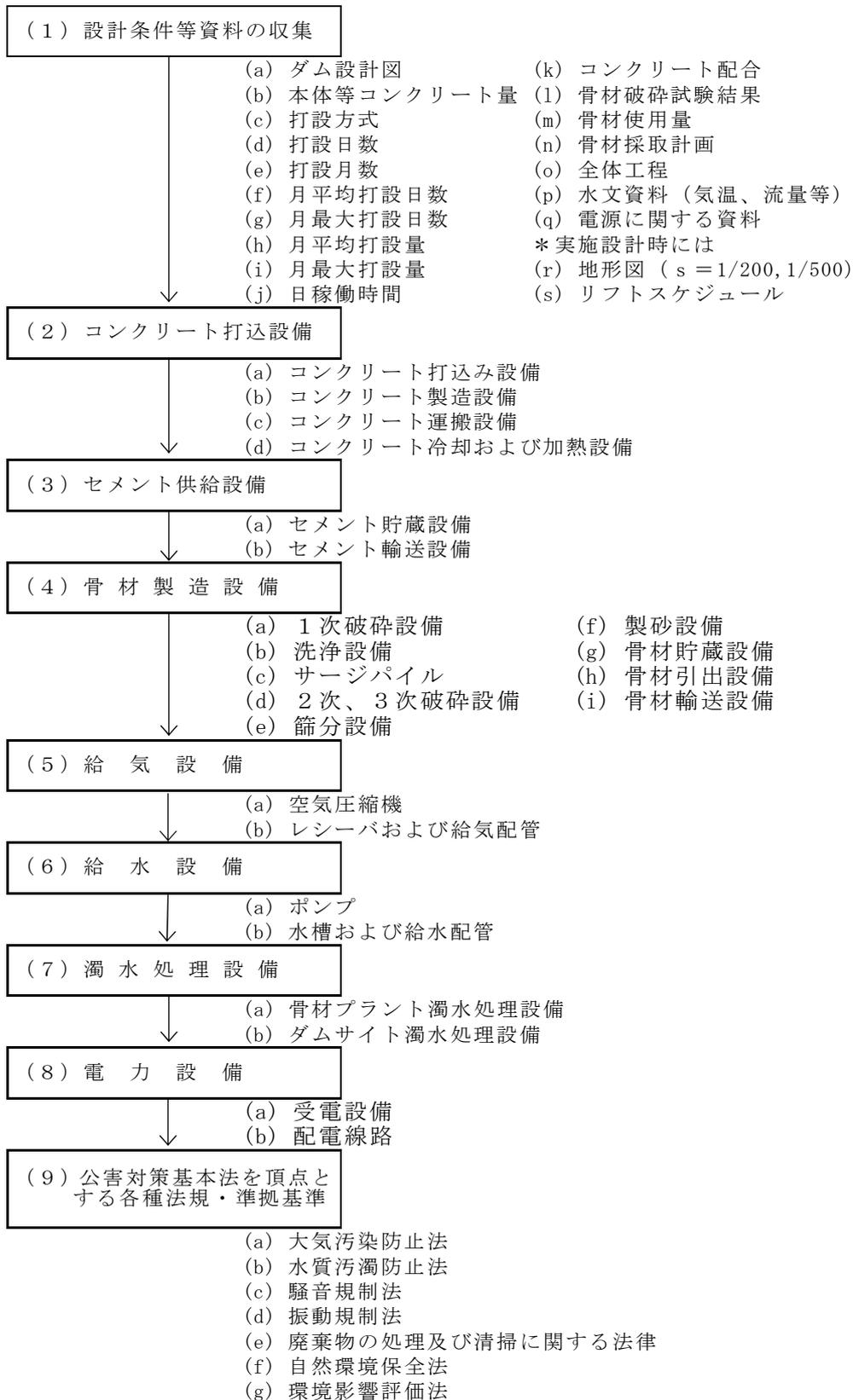
(1) 施工設備計画は、ダムの設計条件、全体工程に合った設備規模を十分検討し、工事が円滑に実施できるものでなければならない。

(2) ダム建設工事における施工設備費の占める割合は大きいので、無駄のない設備計画を立てる必要がある。

(3) ダム施工機械設備は、ダム建設工事終了後に撤去されるので、周辺の自然環境の保全及び森林の保護による温暖化防止に寄与するように配慮する必要がある。

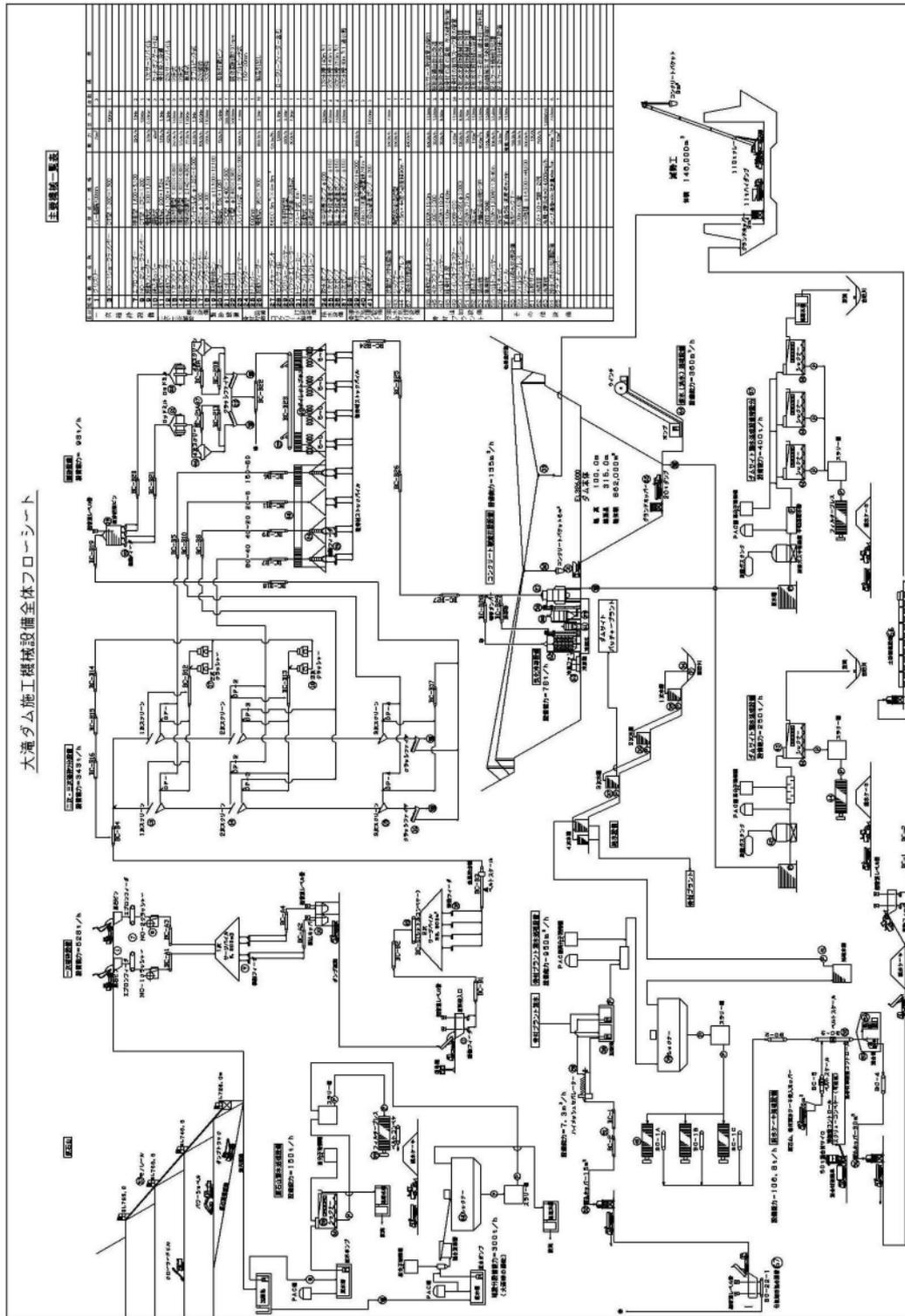
2-3 計画フロー

施工設備の計画および設計は次の項目、順序によって行う。



2-4 全体フローシート (参考)

大滝ダムにおける骨材採取から打設までの工程フローと各設備の機能を示す。



骨材製造設備

1次破碎設備

原石山で採取した原石をダンプで運搬する。1次破碎設備はグリズリバー、エプロンフィーダ、ジョークラッシャ、振動フィーダ、積込ホッパで構成されている。2次3次破碎篩分設備のサージパイルへは、積込ホッパよりダンプで運搬する。破碎に伴う泥水は濁水処理設備に送る。

2次3次破碎篩分設備

1次破碎設備より送られた岩石を、コンクリート練混ぜに必要な所定の大きさの骨材に生産するため、2次、3次コーンクラッシャ、振動スクリーン、クラッシュファイヤで構成され、タワー状に組み合わせて、スクリーンタワーと呼ばれている。

生産される骨材の種類は、150～80、80～40、40～20、20～5mmの4種類の粗骨材である。これらの粗骨材は所定の大きさ、量に分けて生産され、また、5mmより小さい骨材は、砂の生産用に原砂貯蔵ビンに送られる。クラッシュファイヤは洗浄された砂と泥水に分離する機械である。泥水は濁水処理設備に送られる。

製砂設備

原砂貯蔵ビンに蓄えられた20～5mmの小砂利と5mm以下の砂原料から細骨材と呼ばれる砂を生産する。製砂設備は、ロッドミルとクラッシュファイヤで構成され、ロッドミルには砂原料を投入しロッドと呼ばれる鉄の棒を入れたドラムを回転させて破碎して粒度を調整する構造となっている。

骨材貯蔵設備

2次3次破碎篩分設備、製砂設備により生産された製品はストックパイルと呼ばれる骨材貯蔵設備に貯蔵される。製品骨材は、ここから定量的に引き出されて、コンクリートの製造に使用される。粗骨材(20～5mm除く)には落下の際の再破碎を防止するため、ロックラダを設けている。

コンクリート製造打設設備

製造設備

製造設備は、バッチャプラントと呼ばれるコンクリートを練混ぜる設備で棟内は数段のフロアに分かれ、上から貯蔵ビン、計量器、ミキサー室、ホッパー等の順に並び、最下部にはコンクリートを運搬するトランスファーカが乗り込めるようになっている。ミキサは容量1.5m³の傾胴型ミキサを4台使用している。セメントは容量1,000tのセメントサイロよりロータリフィーダ、スクリュコンベヤ、バケットエレベータでバッチャプラントに供給している。

打設設備

バッチャプラントで製造されたコンクリートをトランスファーカで運搬し、バンカー線上でコンクリートバケットに積替え、ケーブルクレーンで打設をする。20t吊と9.5t吊のケーブルクレーンが設置され、20t吊は6m³、9.5t吊は3m³バケットで打設する。これらのケーブルクレーンは打設以外に資材等の雑運搬、放流設備等の据付にも使用する。

濁水処理設備

骨材製造設備やダム本体打設現場で発生する泥水(濁水)を薬品等を使ってきれいな水に戻し、再利用するための設備である。PACや高分子凝集材、炭酸ガス等を添加して処理する。各フィルタプレスからの脱水ケーキに固化材を混合して盛土材に流用する。濁水処理設備は原石山、骨材プラント、ダムサイトの3ヶ所に設置されている。

給水設備

骨材製造及びコンクリート製造には大量の水を使用するので、河川よりポンプで取水し4次水槽まで送水し、各設備へ供給する。骨材プラント濁水処理設備で処理された水は、4次水槽まで送水し再利用している。

気化冷却設備

セメントの水和反応による発熱による温度上昇を抑えるため、プレクーリングの1つとして、細骨材の気化冷却を行う。砂を上部から分散落下させ、下部から冷風を吹込み、砂の表面水を蒸発させて気化潜熱によって冷却する。バッチャプラントの横に配置し冷却された砂を供給する。

3. 調 査（標準）

施工設備の計画にあたっては、周辺の生活環境、気象、地形、地質、輸送路および電力供給源等について調査を行わなければならない。

〔解 説〕

施工設備の計画では次の項目を調査する。

3-1 環境保全調査

- (1) 工事の実施により周辺環境にどのような影響を及ぼすかについての調査および各種規制に関する調査をしなければならない。
- (2) 「公害対策基本法」等の関連法規に基づき一定の行為を行う場合は、許可申請もしくは協議の手続きが必要である。
- (3) 環境影響評価法(平成 11 年 6 月 12 日施行)に基づいて環境影響評価を実施する。特に工事中の騒音、振動、水質汚濁、生態系への影響等について事業者が実行可能な範囲でできる限り環境影響を回避・低減することを評価の視点とすることと、環境保全措置の一環としての事後調査が位置付けられている。

3-2 気象調査

気象および水文資料はできるだけ長期間のものを集める。一般的には過去 10 年間の標準とする。

3-3 地形、地質および骨材調査

- (1) 工事途中で施工設備計画を変更したり、地滑り、崩落等により移設するような事態が生じないよう考慮する。
- (2) 重要設備の基礎部分は、ボーリング等により表土の厚さ、基礎岩盤の状況等を把握して、その地耐力を調査する。
- (3) 骨材調査は、一般に数カ所のボーリング調査を行い、骨材の有効埋蔵量および適性を検討しておかなくてはならない。

3-4 輸送路調査

- (1) 輸送路調査は、施工設備計画に必要不可欠のものである。
- (2) 輸送すべき資材の数量、大きさ、重量等を予め把握して工事工程に対して円滑な輸送が行えるよう現状の交通事情および輸送路の施設を調査する。

3-5 電力供給調査

- (1) 一般には最寄りの電力会社と協議した上で電力供給を受ける。
- (2) 電力会社からの供給が難しい場合には、自家発電設備を考慮する必要がある。

第2節 基本条件

1. 設備規模の検討（標準）

施工設備の規模は、ダム等の施工計画を考慮して決定する。

〔解説〕

1-1 施工設備の規模は、コンクリート打込み量を基準として、打込み設備、骨材製造設備の順に決定する。

1-2 基本条件は、次の事項から決められる。

- (1) 不稼働日数
- (2) 打込み可能日数
- (3) コンクリート打込み量および骨材製造量
- (4) ブロック割り

柱状ブロック工法および柱状レヤ工法に対して、近年多く採用されているRCD工法、拡張レヤ工法は、日当たりのコンクリート打込み量が增大するので注意を要する。

(5) リフトスケジュール

1-3 各設備の概略規模は、表6-2-1により求めることができる。

表6-2-1 コンクリート打設量と施工設備

ダム規模	コンクリート打設規模						施工機械設備規模					
	打設月数	打設日月平均/月最大	時間当打設量	打設時間月平均/月最大	月平均打設量	月最大打設量	打設設備容量	バケット容量	2軸強制練りミキサ容量	セメント輸送設備	骨材製造設備	骨材濁水処理設備
10万m ³	23	16/18	30m ³ /h	9h/13h	4,320m ³	7,020m ³	6.5t	2 m ³	1 m ³	20t/h	90t/h	160t/h
15万m ³	23	16/18	45m ³ /h	9h/13h	6,480m ³	10,530m ³	9.5t	3 m ³	1.5m ³	30t/h	130t/h	230t/h
30万m ³	30	16/18	70m ³ /h	9h/13h	10,080m ³	16,380m ³	13.5t	4.5m ³	2.5m ³	50t/h	200t/h	360t/h
50万m ³	35	16/18	90m ³ /h	10h/14h	14,400m ³	22,680m ³	20 t	6 m ³	3 m ³	60t/h	260t/h	470t/h
100万m ³	39	16/18	160m ³ /h	10h/14h	25,600m ³	40,320m ³	20t×2	6m ³ ×2	3m ³ ×2	60t/h×2	500t/h	900t/h
200万m ³	45	16/18	230m ³ /h	12h/17h	44,160m ³	70,380m ³	28t×2	9m ³ ×2	4.5m ³ ×2	90t/h×2	700t/h	1,300t/h

2. コンクリート運搬・打込み設備計画（標準）

コンクリート運搬・打込み設備計画は、コンクリート打込み計画を基に稼働条件を考慮して決定する。

〔解説〕

2-1 コンクリート運搬および打込み設備計画は、施工設備計画の基本であり、他の施工設備の計画もこれによるところが多い。

2-2 コンクリート打込み設備計画は、コンクリート打込み量と打設月数あるいはリフトスケジュールによる。打設設備規模を決める基本は、日当たり最大打込み量と時間当り打設量である。

3. 骨材製造および貯蔵設備計画（標準）

骨材製造および貯蔵設備計画は、コンクリート打込み計画を基に、前記の諸調査の結果および運転時間の平準化などを考慮して決めるものとする。

〔解説〕

- 3-1 原石採取運搬及び1次破碎設備の不稼働日数は、ダム土工の対象として考え、本体掘削の不稼働日数と同一条件を考慮するのが一般的である。
- 3-2 骨材製造設備の能力は、月最大コンクリート打込み量に見合う骨材供給量を確保する必要があるが、骨材貯蔵設備容量との関連から、ある程度の運転時間の平準化が期待できるので、これらを勘案して必要以上に大きな設備能力とならないように決定する。
- なお、原石供給量には骨材製造過程で発生する損失量を考慮する。
- 3-3 コンクリート骨材は、自然の材料を使用して生産されるので材料の品質変化等による生産設備の改善に柔軟に対応できるよう設計上の配慮をしておく必要がある。

4. 設備配置の基本（標準）

施工設備の配置は、立地条件および工事規模等を考慮し、設備の機能を能率的に発揮できるように計画する。

〔解説〕

- 4-1 施工設備の配置計画は、地形、設備相互の連携および資材の輸送計画等を十分考慮に入れて行うとともに、立地条件としての用地、生活および自然環境等の社会的条件についても考慮する。
- 4-2 施工設備は、投資効果の観点から合理的で経済的な配置を検討する。
- 4-3 施工設備は、ダム完成後、転用、解体、撤去を必要とし、基礎構造物は殆ど無価値のものとなることを念頭に入れて計画する。
- 跡地は、環境保全上整地して植生を行うことを考慮する。
- 4-4 施工設備の配置は、できるだけ現地地形を利用し、資材の輸送には可能な限り重力を利用した流れになるように計画する。
- また、できるだけ大量な地山掘削を伴うような計画は避ける。
- 4-5 施工設備の配置は、単独の機械を複数組み合わせることによって、プラントとしての効果を発揮する設備が多いので、機械と機械の接続部分、乗り継ぎ部等の方式・形状を十分に配慮して計画する。
- 4-6 施工設備は、各設備固有の機能を発揮するようにするほか、最終的にコンクリート打込みに至る各種施工設備を効果的かつ経済的に配置するよう計画する。
- 4-7 施工機械設備の計画のみでなく、各種放流設備の仮組ヤードおよび資材置場等を確保するよう配慮する。

5. その他（参考）

凍結が予想される場合は、電気機器のポイントおよび配管等に対し、凍結防止の対策として保温あるいは水抜き等を考慮する。

第3節 コンクリート運搬・打込み設備

1. 機種を選定と組合せ（標準）

コンクリート運搬・打込み設備の機種選定と組合せは、ダムサイトの地形とコンクリート打込み量などを考慮し、最も効果的かつ経済的な方式を決定する。

〔解説〕

- 1-1 コンクリート運搬・打込み設備は、施工設備のうちで最もダムサイトの地形地質条件の影響を受けるので、機種選定および組合せには十分な比較検討が必要である。
- 1-2 RCD工法および拡張レヤ工法などの合理化施工におけるコンクリート運搬・打込み設備は、機種選定の自由度が高く、最も多様化している設備である。
- 1-3 機種によっては開発・研究段階にあるので、新しい情報等に留意する必要がある。

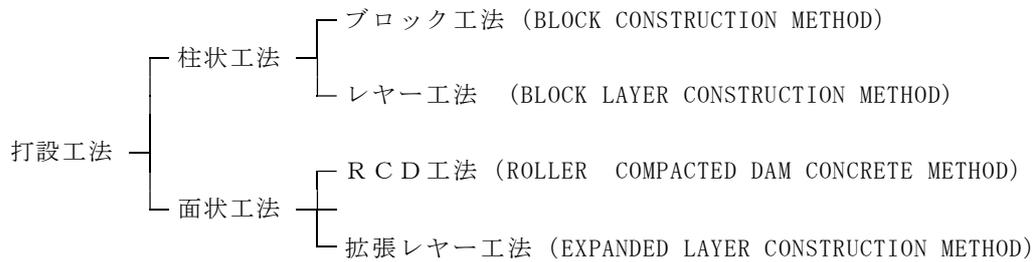
2. コンクリート打設工法（参考）

近年、RCD工法及び拡張レヤ工法による面状施工が一般化しており、従来の柱状工法のように堤体全面をクレーンのカバーエリアとする必要性がなくなって、コンクリートの運搬・打ち込み設備が多様化しているので、現況について解説する。

- (1) コンクリートダムの打設工法は、ダムの形式・規模・堤体形状・堤内構造物及びダムサイト周辺の地形・地質条件を検討して最適な工法が選定されている。
- (2) ダム形式では、アーチダムの場合には柱状工法が採用されているが、重力式コンクリートダムでは堤体の規模・形状及びダムサイト周辺の地形・地質条件によりその施工性を検討してRCD工法あるいは拡張レヤ工法が選定されている。
- (3) 柱状工法の場合には、ケーブルクレーン（走行式あるいは軌索式）・ジブクレーン・タワークレーンが採用されてコンクリートバケットにより打設されている。
- (4) RCD工法の場合には、堤体コンクリート打設面が全面に亘って平坦であり、内部コンクリートは超固練りのRCDコンクリートで振動ローラでの転圧が完了した後にはタイヤ走行式の車両であれば打設面上を走行できるという施工上のメリットがある。

バッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートが、固定式ケーブルクレーン・インクライン・ベルトコンベヤ・タワークレーン・テルファークレーン等により堤体内に設置したホッパに持ち込みさえすれば、後はダンプによる小運搬で施工が可能である。また、堤体形状とサイト周辺の地形条件から容易に堤体への進入路が取り付けられる場合にはダンプ直送によるコンクリート運搬が施工されている。但し、堤体内に大規模な放流設備及び放流管を設置する場合には、これらの鋼構造物の運搬据付けが可能なクレーン設備の設置が必要となるので、コンクリートの運搬設備の選定に当たってはこれらの堤内鋼構造物の運搬据付けにも十分な配慮をする必要がある。

(5) 走行式ケーブルクレーンを設置する場合には、ダムサイト両岸の地山を大量に掘削する必要があり周辺の自然環境を大幅に変更してしまうので、森林の保護と温暖化防止の観点からも極力避ける必要がある。



2-1 柱状ブロック工法

柱状ブロック工法は、従来から数多くのコンクリートダムで採用されてきた伝統的な工法であり、その概要は下表のとおりである。

キーワード	柱状ブロック工法の概要
粗骨材最大寸法	G max150mm, G1 (150-80)、G2 (80-40)、G3 (40-20)、G4 (20-5)
外部コンクリート	有スランブ (3±1cm) の富配合(単位セメント量 210kg/m ³)
内部コンクリート	有スランブ (3±1cm) の富配合(単位セメント量 150kg/m ³)
横継目	ダム軸直角方向に15m間隔でキー付の横継目型枠を設置
縦継目	縦継目型枠はジョイントグラウト配管を装備し打設ブロックを形成
バケット打設	ケーブルクレーンにより打設ブロックに上空からバケット打設
コンクリート締固め	バイバックあるいは人力による内部振動機でのコンクリート締固め
柱状打設	左右岸先行打設で工事中的出水に対して中央部ブロックを越流
パイプクーリング	堤体打継面に25φ電縫鋼管を配管しコンクリート打設直後から冷水を通水して初期のセメント凝固熱を解消する1次クーリングを施工 2次クーリングにより堤体を最終安定温度に冷却
ジョイントグラウト	2次クーリングにより堤体を最終安定温度(常温)まで冷却して堤体ブロックを収縮させジョイント部の間隙にセメントミルクを注入し堤体を一体化
コンクリート運搬	両端走行型・弧動型・軌索式等のケーブルクレーンを使用

2-2 柱状レヤー工法

柱状レヤー工法は、中小規模のコンクリートダムで採用されてきた打設工法であり、柱状ブロック工法の縦継目の設置を省略することによりジョイントグラウトが不要で柱状ブロック工法に比較して省力化される。

2-3 RCD工法

(1) 面状工法

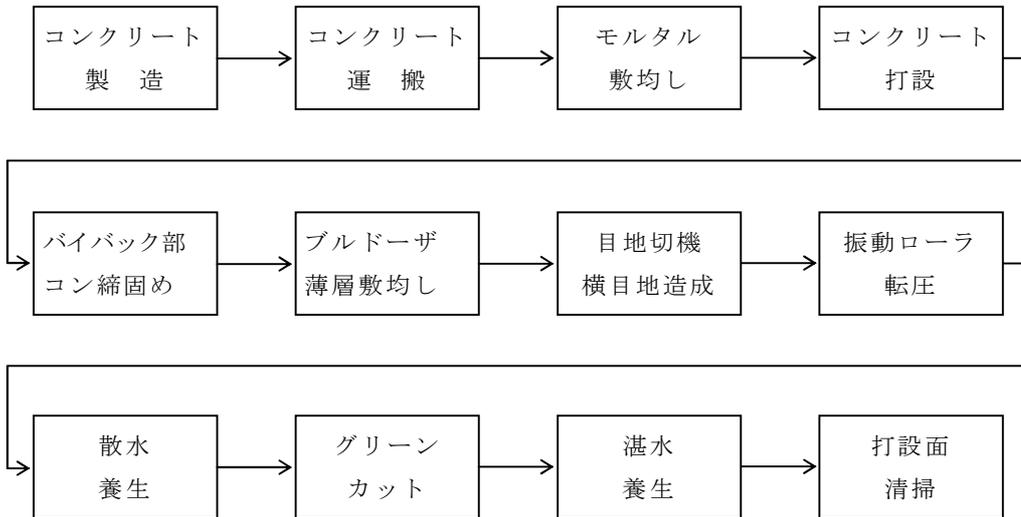
RCD工法は、従来の重力式コンクリートダムに必要とされる機能、安全性などを確保して、施工の合理化を図るため打設ブロックを面状に拡大したダム施工方法である。

(2) ノースランブコンクリート

外部コンクリートは従来通り有スランブの富配合コンクリートを内部振動機で締固めるが、内部コンクリートは、超硬練り（ノースランブ）のRCDコンクリートをダンプトラック等の汎用機械で運搬して、ブルドーザにより敷均し、振動ローラにより締固めるダム施工方法である。

(3) 合理化施工法

この工法は、工期の短縮、工事費の低減、作業の効率化、安全性の確保、環境保全等の利点を有するコンクリートダムの合理化施工法である。



(4) 従来の柱状ブロック打設工法とRCD工法との施工上の相違点

キーワード	施工上の相違点
全面レヤー打設	全面レヤーで打設面上をダンプ運搬でコンクリートを打ち込む
外部コンクリート	有スランプの富配合コンクリート（単位セメント量 $210\text{kg}/\text{m}^3$ ）
内部コンクリート	超硬練りのノースランプコンクリート
VC値	内部コンクリートのコンシステンシはVC値で計測
貧配合	内部コンクリートは単位セメント量が少ない（ $120\text{kg}/\text{m}^3$ ）
パイプクーリング 不能	打設面にブルドーザ等の汎用機械が走行するのでパイプクーリングによるコンクリート冷却は施工不能
プレクーリング	堤体規模が大きくなると骨材のプレクーリングが必要
ポストクーリング	冷水による打設面上の湛水冷却と養生
内部コンクリートの 運搬敷均し転圧	ダンプトラックによる打設面上のコンクリート運搬・ブルドーザによる薄層敷均しによる粗骨材の分離解消と予転圧・振動ローラによる転圧
リフト厚	締固め効果を考慮して75cm程度で施工
埋殺し型枠	上下流の外部コンクリートの収縮継目には鋼板製の埋殺し型枠を設置
打止め型枠	打設ヤードの末端には鋼製の打止め型枠を設置（転用して使用）
振動目地切り	内部コンクリートの横継目は、ブルドーザによる薄層敷均し後、振動目地切機で亜鉛鍍鉄板を挿入して造成
自走式グリーン カット機械	広い打設面積を迅速に処理する自走式グリーンカット機械を使用 発生ズリはバキュームカで回収
コンクリート運搬	バッチャープラントからコンクリート打設リフト面までの、上下方向のコンクリート運搬は、ダムサイトの地形地質特性を考慮のうえ、固定ケーブルクレーン、ダンプ直送、タワークレーン、インクライン、ベルトコンベヤ、テルファークレーン等を使用

(5) R C D工法の利点

キーワード	R C D 工 法 の 利 点
工期の短縮	汎用土工機械類を使用して稼働効率を高め大量施工により工期短縮
建設費の低減	打設設備を軽減し汎用機械を使用してコンクリート打込費を低減
	内部コンクリートの単位セメント量を低減してコストを縮減
	パイプクーリング及びジョイントグラウチングが不要
施工の安全性	広い作業面積での全面レヤー打設で隣接ブロックとの段差が少ないから良好な施工性と安全性を確保
環境の保全	走行式ケーブルクレーンの設置に伴う走行路築造のための大規模な地山掘削をなくしダムサイト周辺の環境を保全

(6) R C D工法の適応性

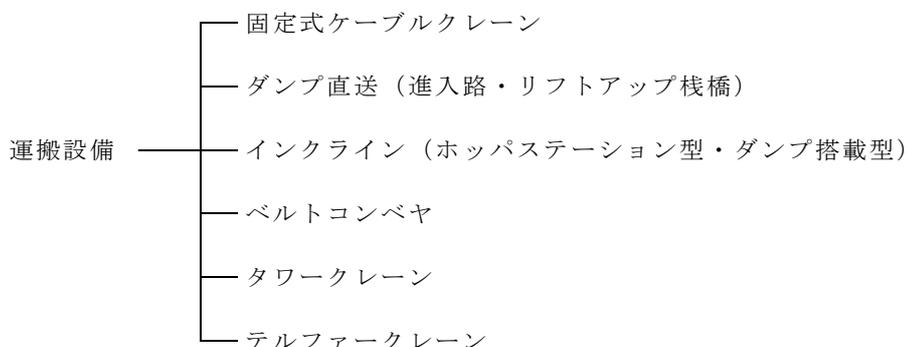
キーワード	R C D 工 法 の 適 応 性
ダムの地形条件	V字型の急峻な地形より施工面積が広くとれるU字谷の方が最適
小規模ダム	コンクリート量の少ないダムでは広い施工面積が確保出来ないためR C D工法の採用は困難（拡張レヤー工法の採用を検討）
堤内構造物	放流設備・監査路等の堤体埋設物が多いダムではダンプ運搬その他重機の移動が制約されR C D工法の施工が困難
コンクリート締固め	外部コンクリートには内部振動機・内部コンクリートにはブルドーザによる敷均し・目地切機による亜鉛鍍鉄板の挿入・振動ローラによる転圧等異種の段取り替えが必要

(7) RCD工法におけるコンクリート運搬設備

RCD工法におけるコンクリートの打込み作業はダンプトラック、ブルドーザ、バックホ、ホイールローダ、振動ローラ、章動ローラ、グリーンカット機、バキュームカなど汎用機械により行うので、主要な運搬設備としてはバッチャープラントから打設面までのコンクリート運搬設備となる。主運搬設備としては、次に列挙する設備が使用されているが、ダンプ直送、ダンプ搭載型インクライン以外の機種ではバンカー線から打設面上に設けられたホッパーまでコンクリートを運搬を行い、ホッパーからはコンクリートをダンプトラックに積み替えて打設面上の運搬が行われている。

主運搬設備の選定にあたっては、ダム規模・堤体形状・堤内構造物（放流管・監査廊）とダムサイトの地形地質条件に応じて最適な機種を配置する必要がある。

コンクリート運搬打設設備のカバーエリアから外れる場所に放流管及び監査廊等の堤内構造物が存在する打設面上では、重機類がこれらの堤内構造物を横断するための仮設橋が必要となるので仮設橋の構造及び配置位置が施工の支障とならないよう十分な検討を要する。



1) 固定式ケーブルクレーン

固定式ケーブルクレーンの設置には大規模な地山掘削を必要とせずダムサイト周辺の環境に対する影響を極力限定することが可能であり、その施工性も左右岸全線に亘ってコンクリート運搬が可能であり、また施工に必要な建設資材および汎用機械の堤体への搬出入（雑運搬）にも利便性が良好であることから最近になって見直されはじめている機種である。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m^3)	ケーブルクレーン 規格×基数
島地川	89	240	317,000	13.5 t 固定式×1基
千屋	97.5	259	697,000	13.5 t 固定式×2基
滝沢	140	424	1,800,000	13.5 t 固定式×3基

2) ダンプ直送

- ① 堤体に進入道路を取付けることにより、バッチャープラントから打設面までダンプトラックを直接走行させる方式である。
- ② 急峻なダムサイトにおいては堤体への進入道路を多数築造することが困難であるため堤体と進入道路の間に±15%程度上下に可動する仮設栈橋を設置している。
- ③ ダンプトラックその他の機械が打設面へ直接出入りするので、堤体への乗込み部やバッチャープラントの近傍にはタイヤ洗浄設備を設置する必要がある。
- ④ 堤体上部の施工では堤体幅が狭くなり、ダンプトラックの方向変換ができなくなるので、三転ダンプ及びクローラダンプの使用並びに補助設備として、ケーブルクレーン・タワークレーン・ベルトコンベヤ等を使用するケースが多い。
- ⑤ ダンプトラックタイヤ洗浄設備（ダンプトラック直送方式）
ダンプトラックが場外からコンクリート打設面に直接進入するため、タイヤに付着する泥分等の不純物を除去する装置である。
- ⑥ 堤体内構造物の横断設備
堤内仮排水路、通廊、放流管等の堤体内に埋設される構造物は、ダンプ走行の障害となるので乗越栈橋や斜路を設置する必要がある。

ダンプ直送により施工されたダムは、下記のとおりである。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	コンクリート種別	搬入方法
大川	75	406.5	1,000,000	マット部コンクリート	搬入路を堤体に直付け
美利河	40	1,480	870,000		搬入路を堤体に直付け
宮床	48	256	329,000	マット部コンクリート	搬入路を堤体に直付け
札内川	114	300	770,000		搬入路を堤体に直付け
白水川	54.5	367	314,000		リフトアップ栈橋
朝日小川	84	260	361,000		搬入路を堤体に直付け
朝里	73.9	390	517,000		リフトアップ栈橋
布目	72	322	330,000		堤頂部13.5tタワー クレーン
竜門	99.5	620	1,074,000		リフトアップ栈橋
八田原	84.9	325	500,000		リフトアップ栈橋

3) インクライン

インクラインの構成及び構造並びに施工上の特長を下表に示す。

キーワード	インクラインの構成
道床コンクリートと軌条	堤体アバットメントに道床コンクリートと軌条を設置し、バケット台車あるいはダンプ搭載台車を昇降させてコンクリートを運搬
バケット台車方式	バッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートをバンカー線でトランスファーカからバケット台車に積込みインクライン上を降下してホッパーステーションでコンクリートを荷卸し打設面上はダンプ運搬堤内への雑運搬のためには別途補助運搬装置が必要
ダンプ搭載台車方式	バッチャープラントでダンプに積込まれたコンクリートをそのまま堤体上の打設ヤードまで運搬できるのでコンクリートの積み替えがなく、特に夏期のプレクーリングを実施する場合には最適な運搬方法また広い台車には堤体上で稼働する汎用機械も搭載できる雑運搬機能も有する
乗越し栈橋	打設面上に放流管や監査廊等の堤内構造物があるリフト面ではこれらの構造物を跨いでダンプその他の重機類が走行する乗越し栈橋が必要
インクライン敷設期間	堤体の基礎掘削が完了しないと道床コンクリートが施工出来ないのでコンクリートの打設開始が遅れる
サイクルタイム	インクラインは、台車をウインチで昇降させるのでケーブルクレーン運搬に比べ打設量の多い堤体下部ではサイクルタイムが長くなる
インクラインの規格	3 m ³ 、4.5 m ³ 、6 m ³ 、9 m ³ の機種が使用

インクラインによる施工事例

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	インクライン 型式・規格	雑運搬設備
玉川	100	441.5	1,150,000	バケット台車 9m ³ ×2基	20t固定ケーブル
真野	69	239	210,000	バケット台車 4.5m ³ ×1基	4.5t軌索ケーブル
小玉	102	280	570,000	バケット台車 6 m ³ ×1基	6.5t軌索ケーブル
道平川	70	300	350,000	バケット台車 6 m ³ ×1基	4.5t軌索ケーブル
神室	60.6	257	307,000	バケット台車 4.5m ³ ×1基	4.5t軌索ケーブル
境川	115	297.5	713,000	バケット台車 4.5m ³ ×2基	9.5t軌索ケーブル
宮が瀬	156	400	2,060,000	ダンプ搭載台車9m ³ ×2基	9.5t軌索ケーブル

4) ベルトコンベヤ

RCD工法におけるベルトコンベヤによるコンクリート運搬方法には、リフトアップタワー方式・ジグザグコンベヤ方式・堤頂部コンベヤ方式等がある。

キーワード	ベルトコンベヤの特長
輸送能力	簡便な輸送装置で製作据付費に比し時間当り輸送能力が大きい
基礎価格	基礎価格は低廉で償却費用が少ない
環境の保全	設備据付けための基礎掘削量が小さく周辺環境を保全
輸送限界	運搬勾配に限界があるため地形条件による制約が大きい
設備の移設	打設面上昇に追従してコンベヤシステムの移設が必要
骨材分離とモルタル飛散	ベルトコンベヤより打設面にコンクリートが落下するときの骨材分離とモルタル飛散が生じやすい
運転技能	熟練運転士は不要

① リフトアップタワー方式

キーワード	リフトアップタワー方式によるコンベヤ運搬の特長
コンベヤライン	堤体上流側に設置したバッチャープラントから地形に沿ってベルトコンベヤラインを設置
リフトアップタワー	堤体内に建て込んだリフトアップタワーで先端コンベヤを支持して、運搬されたコンクリートを堤体上のコンクリートホップに貯留
ダンプ運搬	打設面上のホップに貯留されたコンクリートをダンプ運搬
先端コンベヤのリフトアップ	堤体の立ち上がりに応じてリフトアップタワー頂部に装置された巻上げウインチにより先端コンベヤをリフトアップ
先端コンベヤの俯仰角度	先端コンベヤの俯仰角度は $\pm 18^\circ$ であり、1基のリフトアップタワーでのコンクリートの打込み可能高さは30m程度
コンベヤラインの増設あるいは移設	先端コンベヤの俯仰角度が 18° に近づく前に堤体アバット寄りに順次リフトアップタワーを堤体内に立ち上げて地形に沿って配置されるコンベヤラインの増設あるいは移設が必要

② ジグザグコンベヤ方式

キーワード	ジグザグコンベヤ方式によるコンベヤ運搬の特長
ジグザグコンベヤライン	ダム天端に設置したバッチャープラントからダム上流側の傾斜面に沿ってジグザグコンベヤラインを設置
インクラインと旋回起伏式コンベヤ	コンベヤラインとダムアバットメントの間の傾斜面にインクライン（道床コンクリートと軌条）を設置し走行型旋回起伏式コンベヤを配置
ダンプ運搬	打設面上のホップに貯留されたコンクリートをダンプ運搬
旋回起伏式コンベヤのリフトアップ	堤体の立ち上がりに応じてダム天端に設置した巻上げウインチにより旋回起伏式コンベヤをリフトアップ

③ 堤頂部コンベヤ方式

キーワード	堤頂部コンベヤ方式によるコンベヤ運搬の特長
ケーブルクレーンの設置が不可能	堤頂長の長いコンバインドダム（重力式コンクリートとフィルの複合ダム）でケーブルクレーンの設置が不可能
コンベヤ設置	ピヤ一部に脚柱を建てその上にトラスフレームを架設しコンベヤを設置
スクレーパ	コンベヤからのコンクリートの荷卸しはスクレーパにより掻き落とし
旋回コンベヤ	堤頂部打設面上でのコンクリートの分配はトラスフレーム下部に旋回コンベヤを配置して施工
コンクリート供給	ダンプ運搬されたコンクリートをホッパに受け入れコンベヤに供給
雑運搬	雑運搬機能を持たせるためトラスフレーム上部には積載量1tの運搬台車と1t吊りの走行クレーンを配置

ベルトコンベヤによる施工事例

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	コンベヤ運搬方式 型式・規格	雑運搬設備
浦山	156	372	1,750,000	ベルトフィーダー 主 コンベヤ (900mm 平ベル ト)ーリフトアップタワ ー 打設面上ホッパ ーダンプ堤内運搬	9.5t 軌索ケーブル
月山	123	393	1,160,000	ジグザグコンベヤ (900mm 平ベルト)ーイ ンクライン上走行式旋 回スプレッダー打設面 上ホッパーダンプ堤内 運搬	20t 部分移動ケーブル
竜門	99.5	620	1,074,000	ダンプ直送運搬ー荷受 けホッパー堤頂部主コ ンベヤ (600mm 平ベル ト)ースクレーパー分配 コンベヤー堤頂打設	1t 運搬台車 1t 走行クレーン
滝里	50	455	455,000	ベルトフィーダーパイ プコンベヤー リフト アップタワナー打設面 上ホッパーダンプ堤内 運搬	9.5t タワークレーン

5) タワークレーン

タワークレーンは、堤体掘削面側近に 10m 立方程度のフーチングコンクリートを打設してその上に設置されるのでダムサイト周辺環境に与える影響は殆どなく、またコンクリートの運搬性能も雑運搬性も良好である。

ダム上流側もしくは下流側にトレスルガーダーのバンカー線を設置し天端より低い位置で堤体左右岸の地山を掘削して基礎コンクリートを岸着のうえタワークレーンを設置し、バッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートをトランスファーカで運搬してクレーンケットに積込み堤体上のコンクリートホッパに投入する。

打設面上ではコンクリートホッパからダンプトラックに積替えて打設ヤードに運搬する。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	タワークレーン 規格・型式
蛇尾川	104	237	590,000	20t-75m固定式×2基
葛野川	105	263.5	622,000	20t-75m固定式×2基
上野	120	350	720,000	20t-75m固定式×2基

6) テルファークレーン

ダム直上流にH鋼製のリフティングタワーと堤体内にコンクリートケットを引き込む水平ビームを設置し、バンカー線上をトランスファーカで運搬されたコンクリートをケットに積替え、タワー頂部のウインチ装置により巻き上げて水平ビーム下に装着した横行トロリーを横行ロープで駆動して打設面に配置するコンクリートホッパまで運搬する設備である。打設面上のコンクリート運搬はダンプトラックで行われる。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	機種	規格・型式
長井	125.5	381	1,200,000	テルファークレーン	9m ³ 固定式×2基

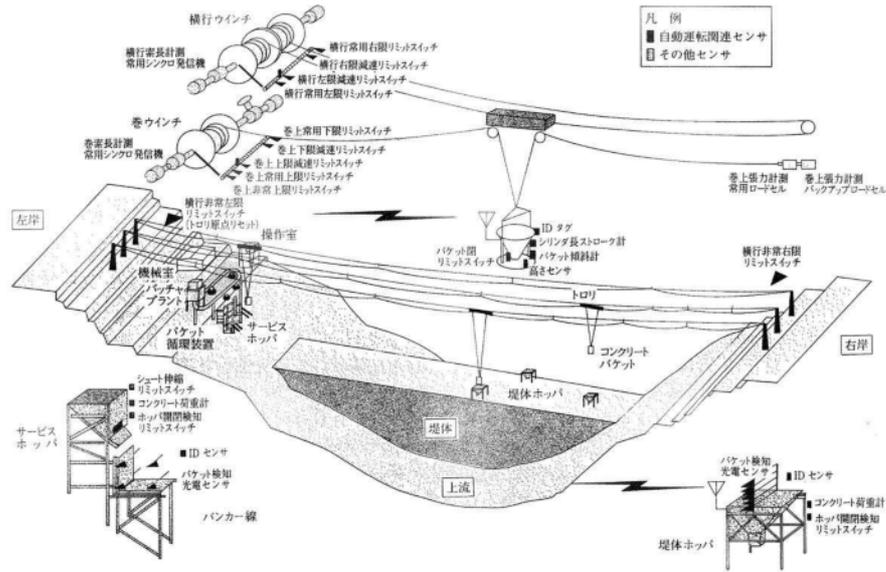


図 6 - 3 - 1 滝沢ダム 13.5t 固定式ケーブルクレーン 3 基による RCD コンクリート輸送設備

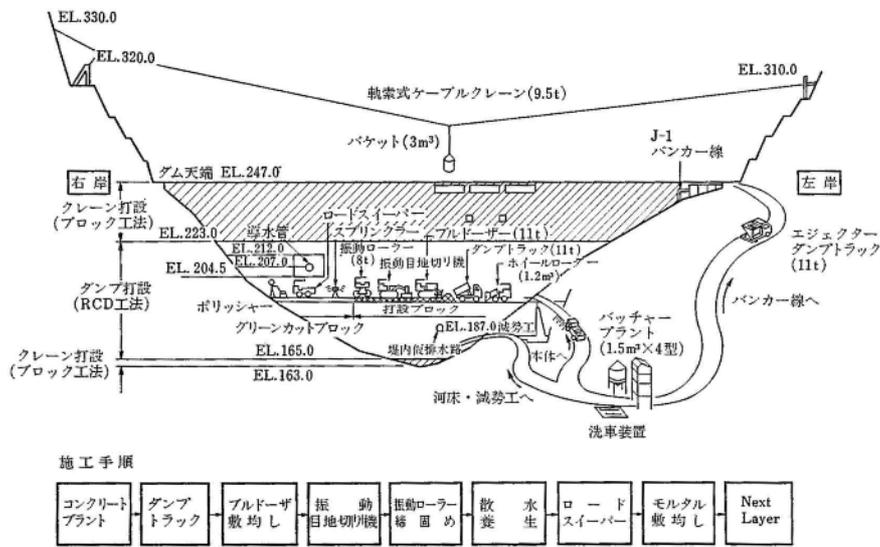


図 6 - 3 - 2 ダンプ直接進入路 (朝日小川ダム)

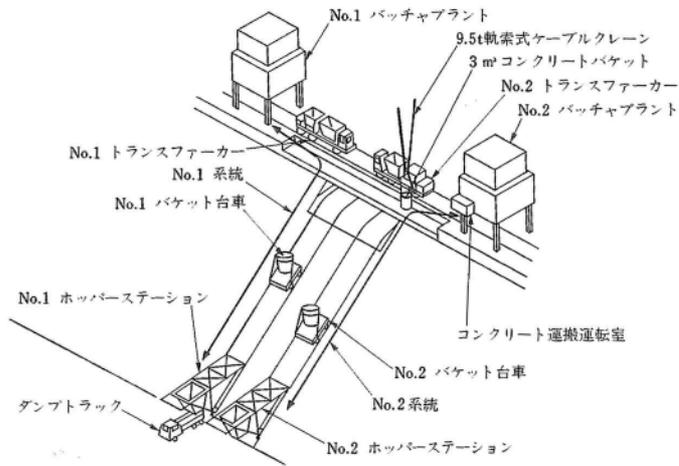


図 6-3-3 ホッパーステーション型インクライン運搬設備概要図 (境川ダム)

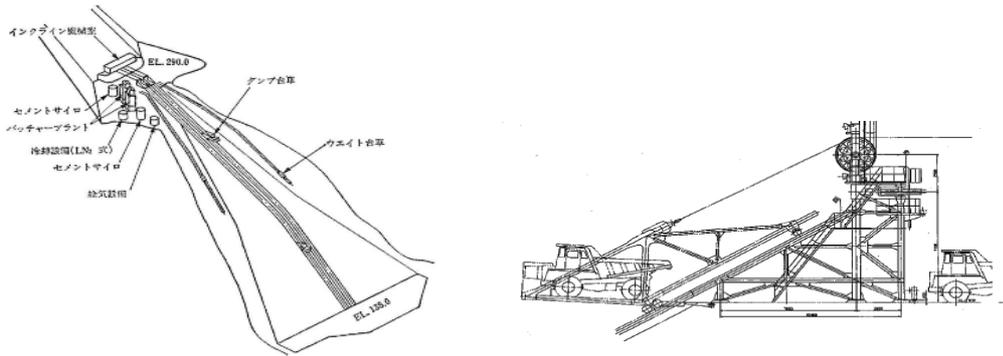


図 6-3-4 ダンプ搭載型インクライン鳥瞰図 (宮ヶ瀬ダム)

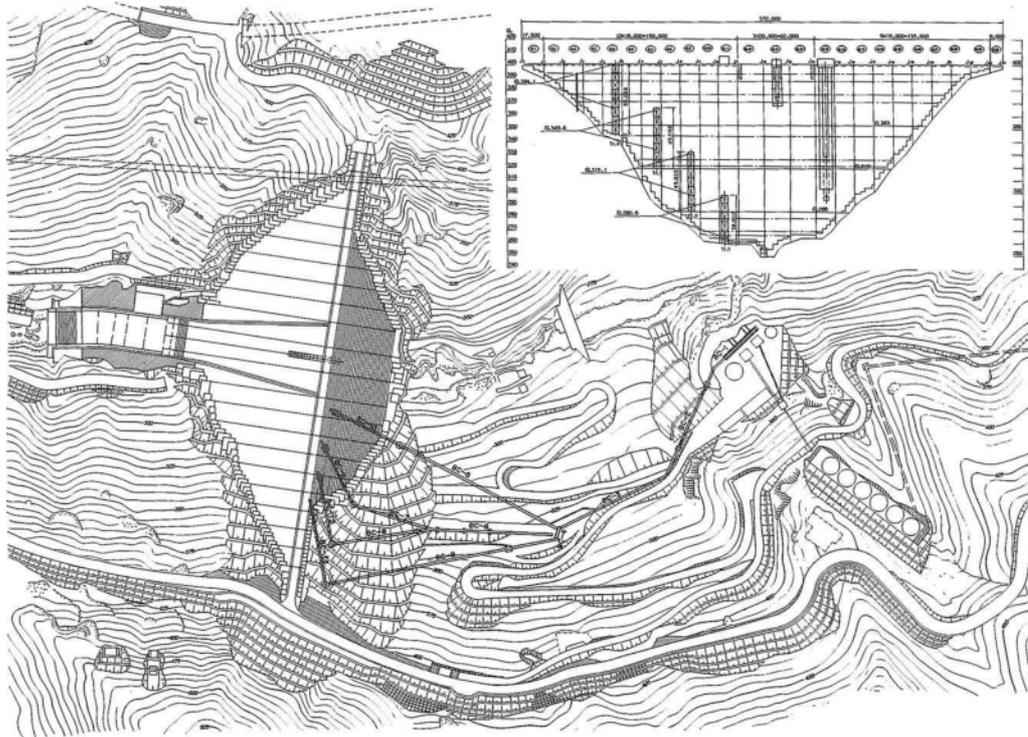


図 6-3-5 リフトアップタワー方式による BCP 工法 (浦山ダム)

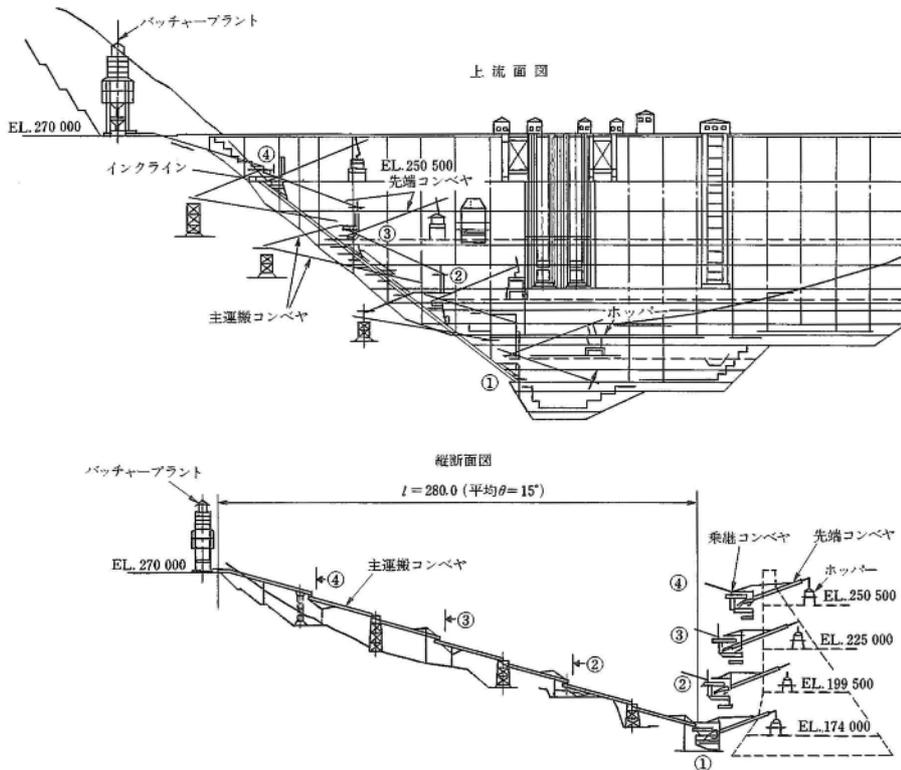


図 6-3-6 傾斜部にジグザグコンベヤを配置した BCP 工法による運搬システム図 (月山ダム)

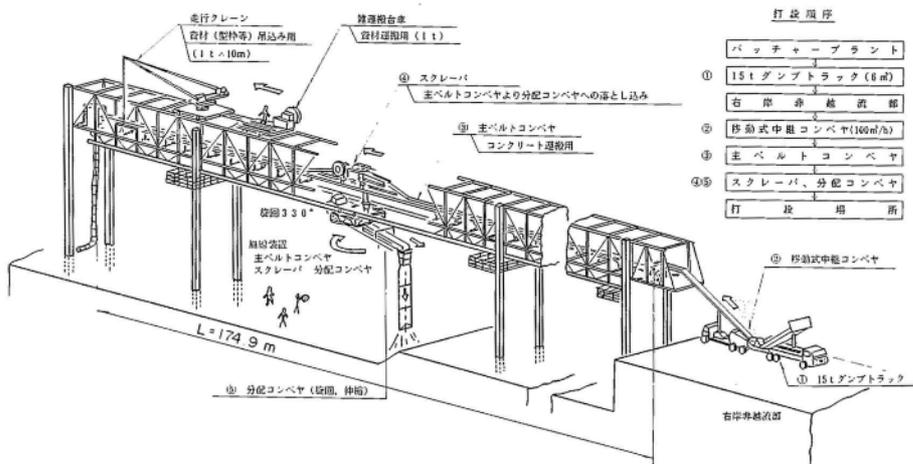


図 6-3-7 BCP 工法による堤頂部コンクリート打設要領図 (竜門ダム)

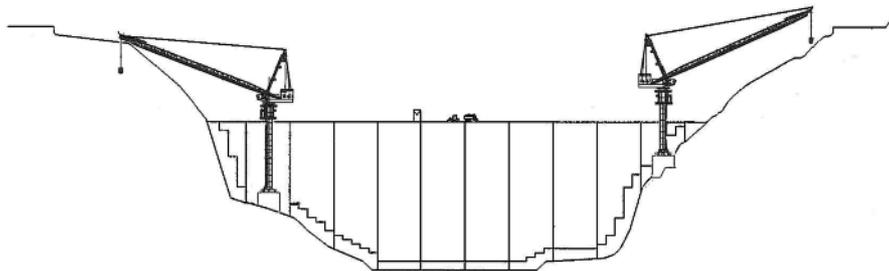


図 6-3-8 タワークレーン

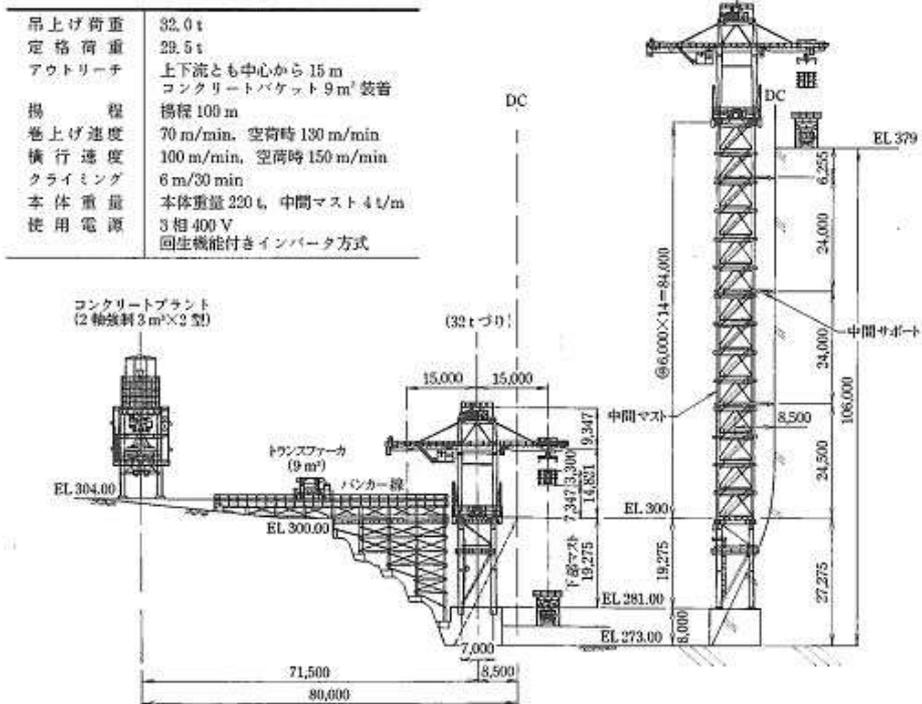


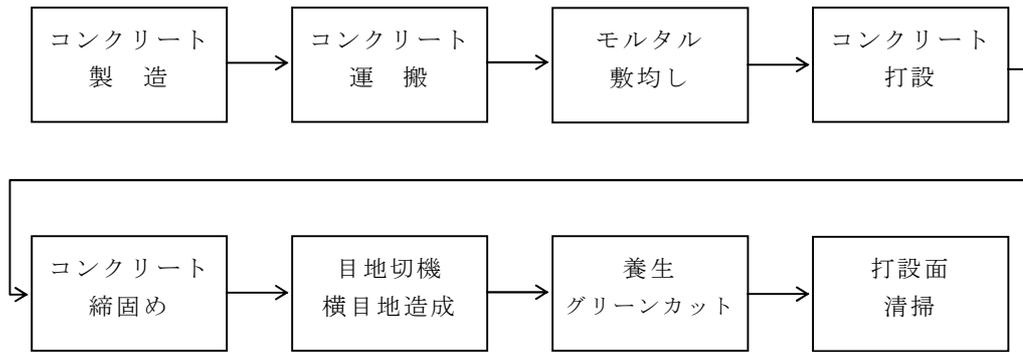
図 6-3-9 テルファークレーン設置図

2-4 拡張レヤー工法

拡張レヤー工法は、打設ブロックを複数のレヤーブロックに拡張して広い打設ヤードで従来の富配合コンクリート（Gmax150 mm・スランプ 3±1cm）を一気に打設するので打設作業が能率的で安全性も向上し、内部振動機のみで締固めるコンクリート打設工法である。

RCD工法を採用しているダムにおいても堤頂部は富配合の有スランプコンクリートを使用しているため、その施工には拡張レヤー工法を採用している。

(1) 拡張レヤー工法による堤体施工の基本フローは下図のとおりである。

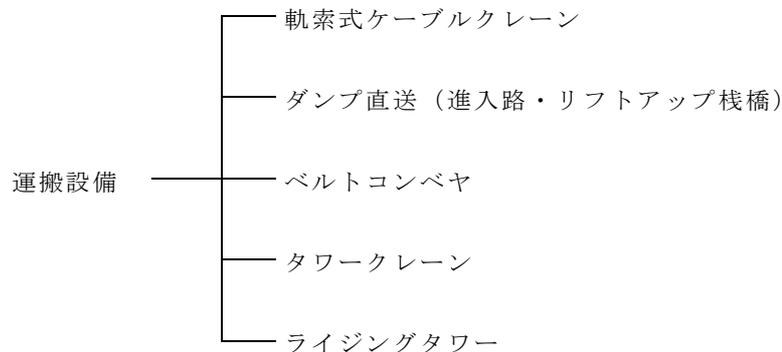


(2) 拡張レイヤー工法の特長

キーワード	拡張レイヤー工法の特長
打設リフト厚	0.75m (低標高部で打設面積の大きいブロック) 1.5m (高標高部で打設面積の小さいブロック)
打継面処理	打設リフト厚が低くなると打継面の処理面積が増大
施工性・安全性	打設面がほぼ全面的に水平で施工性と安全性が高い
コンクリート締固め	広い打設ヤードで有スランプの内外部コンクリートをバイバックの内部振動機のみで締固めるのでRCD工法に比較して簡潔な施工法
横継目の形成	有スランプコンクリートを内部振動機で締め固めた後、振動目地切機で亜鉛鍍鉄板を挿入して形成
コンクリート配合切替	構造物周辺・打止め型枠際に有スランプコンクリートを打設するのでRCD工法に比較してコンクリートの配合切替が少ない
堤体温度規制	パイプクーリングおよびジョイントグラウチングがなく堤体温度規制条件の緩やかな中小規模のダムには有利な工法
上下流面型枠	数ブロックを連続打設するので上下流面の型枠スライド時期が集中
洪水の越流	工事中に洪水が堤体を全面越流すると打設面上の打設機材や堤内構造物等が冠水する危険性が大きい
拡張可能なブロック数	ダムサイトがV字谷で堤頂長の短い地形に築堤されるダムでは拡張するブロック数が制限されるので施工上のメリットが少ない
打設面上の重機類	ダンプ・ホイールローダ・バイバック・目地切機・グリーンカット機バキュームカ・ホイールクレーン等でRCD工法に比べて少ない

(3) 拡張レヤー工法における運搬打設設備

拡張レヤー工法におけるコンクリート運搬打設設備は、ブロック工法及びRCD工法における運搬打設設備とほぼ同様の設備で施工が可能である。



1) 軌索式ケーブルクレーン

軌索式ケーブルクレーンの設置には走行式のような大規模な地山掘削を必要としないので周辺環境を大きく改変することもなく、その施工性もコンクリート運搬打設作業のほかに雑運搬で総称される資機材の堤体への搬出入作業も所定の位置に的確に対応できるので良好である。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	機種	規格・型式
三春	65	174	174,000	ケーブルクレーン	13.5 t 軌索式
灰塚	50	196.6	180,000	ケーブルクレーン	13.5 t 軌索式

2) ダンプ直送 (進入路・リフトアップ栈橋)

堤高が低く堤頂長の長いダムでは堤体への進入路が容易に取り付けられるのでダンプ直送が最適の運搬方法として選定される。

堤頂部コンクリート打設にはクローラクレーンによるバケット打設が使用されている。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	機種	規格・型式
栗山	31.9	540	174,000	10 t ダンプ直送	

3) ベルトコンベヤ

① ベルトコンベヤ部分搬送方式

ケーブルクレーンのカバーエリアから外れた減勢工コンクリート等の部分的なコンクリート打設に採用された搬送方式であり、堤体下流面のバケットカーブ付近にコンクリート積み替え用のホップを設置してバッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートをケーブルクレーンから受け取りベルトフィーダ・連絡コンベヤ・主コンベヤへと運搬する。

主コンベヤからのコンクリートの横取りは、主コンベヤ上を走行するスクレーパーで行いホイール走行式中継コンベヤとクローラ走行式スプレッドコンベヤで減勢工水叩部コンクリートの打設を施工した。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	打設部位	ベルトコンベヤ 規格・型式
浅瀬石川	91	330	700,000	減勢工	平ベルト600mm
蓮	78	280	484,000	減勢工	平ベルト600mm

② ベルトコンベヤ全面搬送方式

堤高に比較して堤頂長の長いダムでは、バッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートをウエットホップ下に配置したベルトフィーダで連続的にコンベヤ設備へ供給し打設ヤードまで一貫して輸送する搬送システムである。

堤体内のコンベヤ配置は、ダム軸直下流のピヤー設置位置に主コンベヤの脚柱2本を建て込んでコンベヤトラスを挟み込んで支持し堤体の立ち上がりに応じてコンベヤトラスを上シフトアップする構造である。主コンベヤからのコンクリートの横取りは旋回式コンベヤ付自走型トリップにより行い、打設面上にはクローラ走行式中継コンベヤとクローラ走行式スプレッドコンベヤを配置して打設ヤードまで一貫してコンクリートを輸送した。

フィルダムの洪水吐きコンクリートをバッチャープラントから一連のコンベヤ搬送システムで施工が行われている。流入部コンクリートは、流入部水叩き部に固定式のセルフクライミング型全旋回式スプレッダーコンベヤを設置してコンクリートを打設した。シュート部及び減勢工コンクリートはシュート水叩きの傾斜部(−23°)の地山寄りに主コンベヤと中央部に軌条を敷設してその上に走行式旋回スプレッドを設置して施工した。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	打設部位	ベルトコンベヤ 規格・型式
高滝	24.5	379	80,000	堤体	平ベルト600mm、ベルトフィーダー ー連絡コンベヤー主コンベヤー 旋回コンベヤ付トリッパー自走 型旋回式中継コンベヤー自走型 旋回式スプレダーコンベヤ
小平	42.4	475	274,000	堤体	平ベルト600mm、ベルトフィーダー ー連絡コンベヤー主コンベヤー 旋回コンベヤ付トリッパー自走 型旋回式中継コンベヤー自走型 旋回式スプレダーコンベヤ
七ヶ宿	90	565	フィル堤体 5,201,000 洪水吐 160,000	洪水吐	平ベルト600mm、ベルトフィーダー ー主コンベヤー固定全旋回式ス プレッターー主コンベヤー走行 型旋回式スプレダー

4) タワークレーン

タワークレーンは堤体下流側の堤体敷内もしくはその側近あるいは堤体の上流側に設置されるが、その設置位置の選定にはダムサイトの地形地質条件・施工設備の全体配置計画・コンクリート打設の施工性等をよく検討して決定することが肝要である。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	機種	規格・型式
苫田	74	225	270,000	タワークレーン	13.5 t 固定式×2基

5) ライジングタワー

堤体上流側に2基のライジングタワーを設置し、バッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートをH鋼製のステーキング上に配置したバンカー線にシュート排出型トランスファーカを走行させてライジングタワーのパケットに積み替える。

ライジングタワーは堤体に沿って鉛直に設置されたマスト・パケットを昇降させる巻上装置・パケットを横行させる横行装置・水平ジブ・マストと水平ジブを繋ぐガイドマスト・堤体の打設に応じて上昇する油圧昇降装置から構成されている。昨今、ダム建設による環境保全対策に十分な配慮が求められており、ケーブルクレーン等の設置に付随して発生するおおきな地山掘削を避けるためライジングタワーによるコンクリート運搬設備が設置された。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	機種	規格・型式
鷹生	77	309	319,000	ライジングタワー	4.5m ³ 固定式×2基

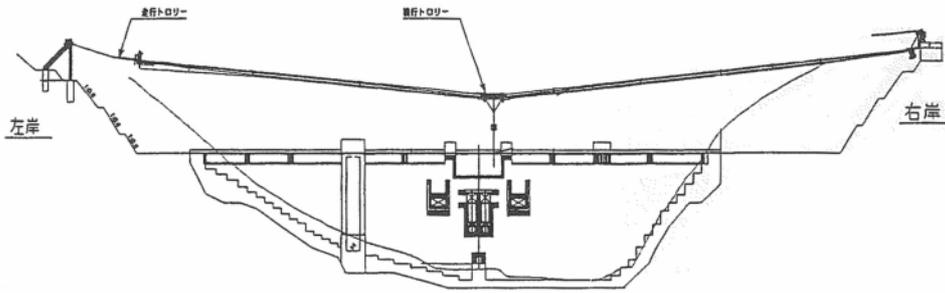


図 6 - 3 - 10 軌索式ケーブルクレーン配置図 (灰塚ダム)

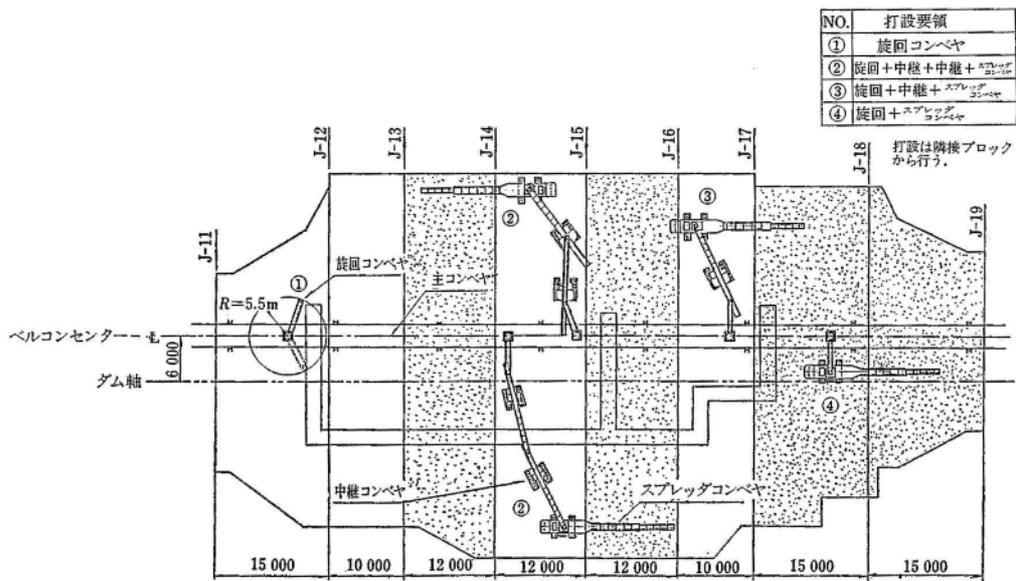


図 6 - 3 - 11 BCP 工法における打設平面図 (高滝ダム)

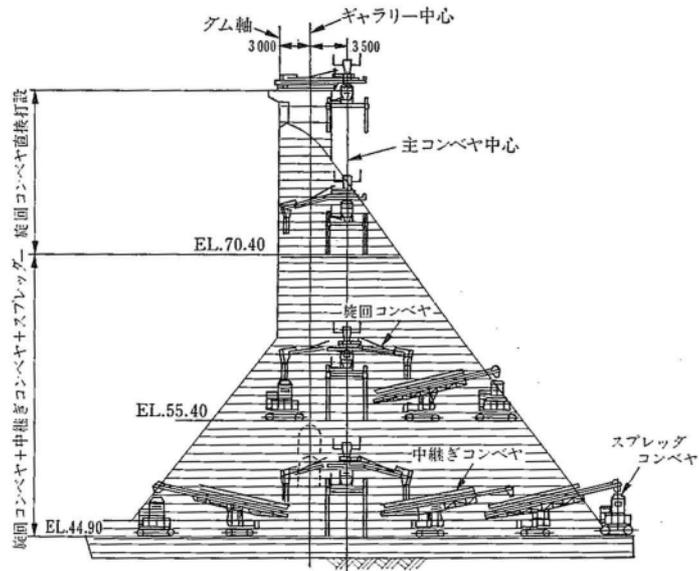


図 6 - 3 - 12 BCP 工法におけるコンベヤ配置図 (小平ダム)

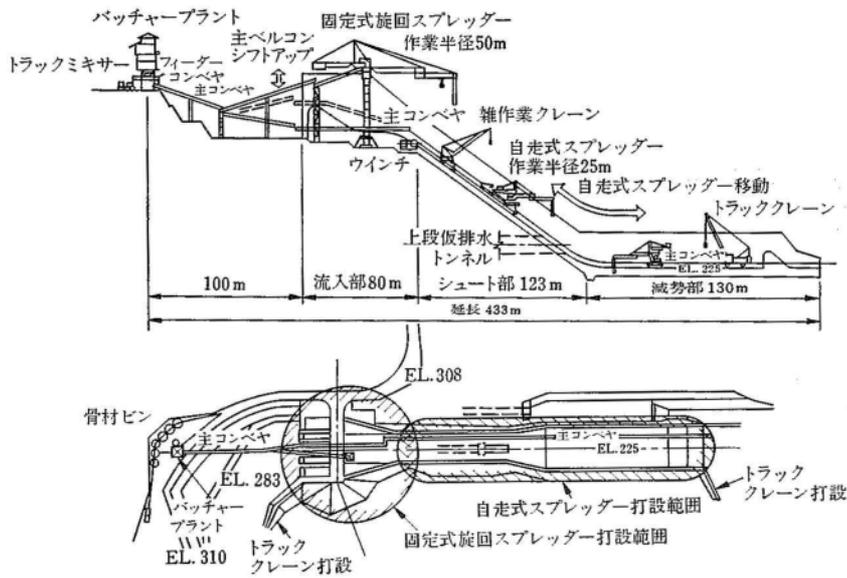


図 6 - 3 - 13 フィルダム洪水吐コンクリート打設 BCP 工法 (七ヶ宿ダム)

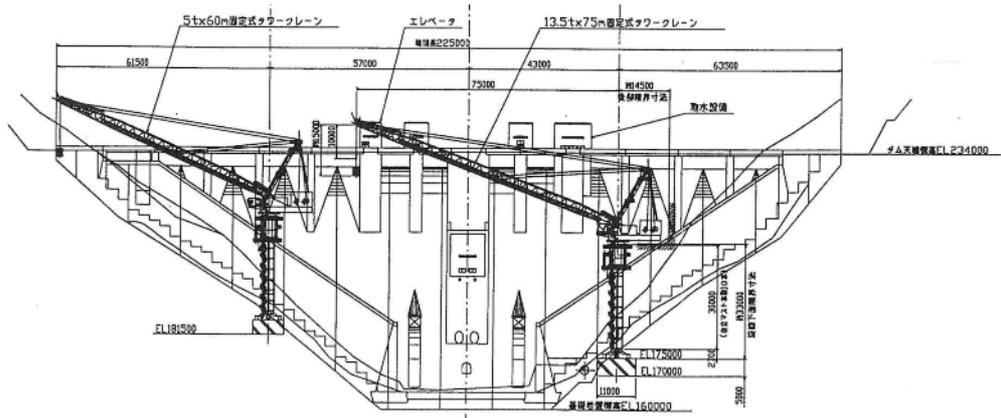


図 6 - 3 - 14 タワークレーン配置図 (苦田ダム)

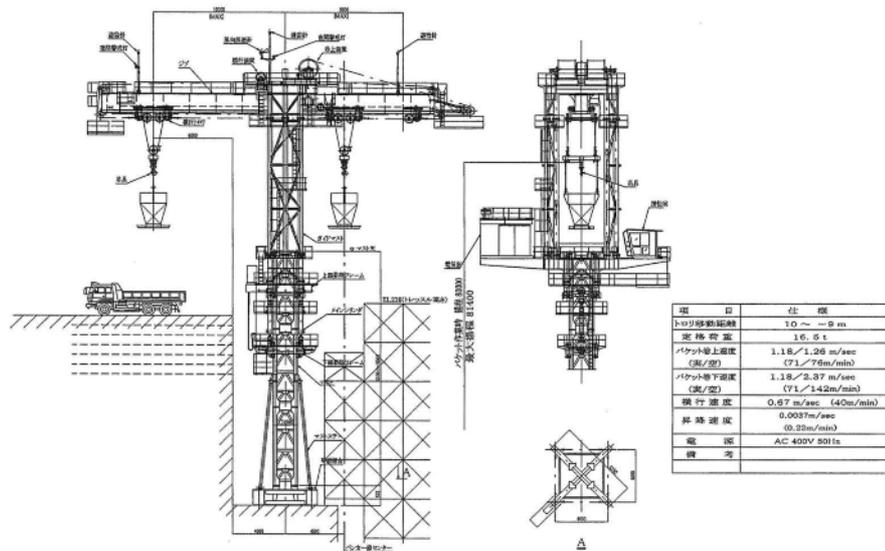


図 6 - 3 - 15 ライジングタワー 全体組立図

3. 所要能力（標準）

3-1 所要能力の算定

$$A_c = \frac{V}{d \cdot h \cdot s \cdot y}$$

ここに、 A_c : 所要能力 (m³/h)

V : 月最大打込み量 (m³)

d : 月最大打込み時の作業日数 (日)

h : 1シフト当たり打込み時間 (h/sift)

s : 1日当たりシフト数 (sift/日)

y : 月最大打込み時の実打込み時間率

3-2 打込み能力の算定

(1) パケット及びダンプを用いる打込み設備

$$A_v = \frac{B \cdot 60 \cdot E}{t}$$

ここに A_v : 打込み能力 (m³/h)

B : パケットまたはダンプ容量 (m³)

t : 平均サイクルタイム (min)

3~4min 程度

E : 作業効率

表 6-3-1 定格荷重とパケット容量

定格荷重 (t)	パケットまたはダンプ容量 (m ³)
4.5 t 級	1.5
6.0	2.0
9.0	3.0
13.5	4.5
20.0	6.0

表 6-3-2 作業効率 (E)

区 分	ケーブル クレーン	ジブ・タワー クレーン
一 般 部	0.82	0.78
岩 着 部	0.72	0.68
構造物周辺等	0.64	0.60

(2) 連続打込みする機種

$$A_v = Q \cdot \eta \cdot E$$

ここに、 Q : 時間当たりの公称能力 (m³/h)

η : 機械効率

E : 作業効率 (近似する実績より)

3-3 サイクルタイム（参考）

クレーン等によるコンクリート打込みに要するサイクルタイムは、機種、ダム形状および地形などの現場条件により変わるので、サイクルタイムの算定にあたっては実体を良く把握して検討しなければならない。

平均サイクルタイム（Cm）は、クレーンの機種、ダムの形状、その他の現場条件等を考慮して算定する。なお、算定にあたっては、コンクリート運搬線からクレーンの打設範囲の堤体重心点までの巻上げ、巻下げ、横行、起伏、旋回等の作業を考慮して理論式により求める。

また、ホップ等を堤体上に設置してコンクリート打設を行う場合は、ホップ等の重心点を算定し、理論式により求める。

サイクルタイムの算定は、「ダム施工機械設備設計指針（案）」の27頁を参照のこと。

3-4 作業効率の算定

(1) コンクリート打設の平均作業効率は、次式により算定する。

$$E = \frac{E_1 \times V_1 + E_2 \times V_2 + E_3 \times V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$$

$E_1 \sim E_3$: 作業効率（「表6-3-2 作業効率」による）

V_1 : 一般部の堤体積 (m³)

V_2 : 着岩部の堤体積 (m³)

V_3 : 構造物周辺等の堤体積 (m³)

(注) 対象となるコンクリートの体積は、クレーンの打設範囲内の部分とする。

なお、一般部、着岩部、構造物周辺等の区分は以下の通りとする。

一般部 : 内部コンクリート、上流面および下流面の外部コンクリート

着岩部 : 着岩部付近でーフリフトで打設するブロックおよびアバット部の着岩ブロック等のコンクリート

構造物周辺等 : 放流管や監査廊その他構造物周辺のコンクリートおよびピア等の構造用コンクリート

(注) 導流壁のコンクリートの打設作業における作業効率は、導流壁の大きさ、形状に関わらず構造物周辺等を適用する。

(2) 標準バケット以外を使用する場合の作業効率

小ブロック等を標準バケット以外の小型バケットで打設する場合においても、コンクリート打設の作業効率は、標準とする。

4. コンクリート運搬設備（標準）

4-1 機種の選定

コンクリート運搬設備には、大別すると自走式、エンドレスウインチ式、ベルトコンベヤ式、循環型懸垂式がある。

自走式には、レール上を走行する車輪式と路面上を走行するタイヤ式がある。また、コンクリートをバケットに積載して台車により運搬のうえ、クレーンにバケットごと受渡しするバケット台車方式とホップにコンクリートを積載して運搬のうえ、クレーンのバケットに積み替えるトランスファーカ方式がある。循環型懸垂式は複数の固定式ケーブルクレーンにコンクリートを効率的に供給する方式である。

これらの選定の目安は、次の通りである。

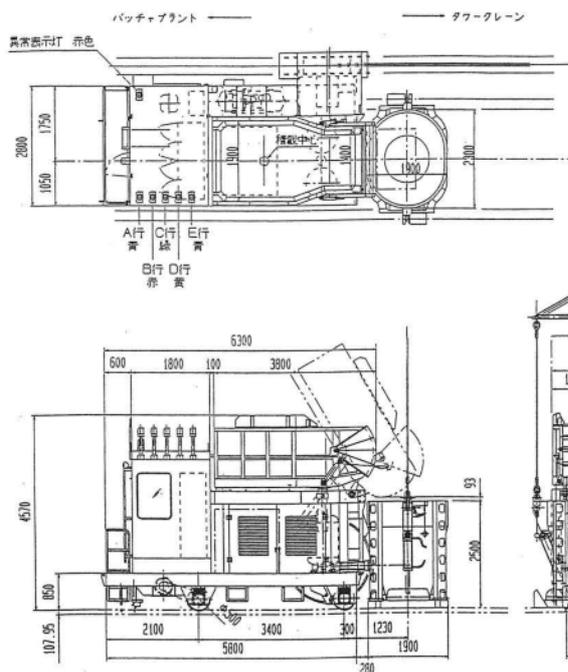
- (1) 施工の安全対策および省力化の面からレール上を自走するトランスファーカ方式が一般的に選定されている。
- (2) 走行動力方式には電動式とエンジン式がある。また、電動式にはケーブル巻き取り方式と集電方式があり、エンジン式には直接駆動方式と発動発電方式がある。一般的には、電動式ではケーブル巻き取り方式、エンジン式では直接駆動方式が多く用いられている。
- (3) コンクリート運搬線が直線で50m程度と短い場合には電動機駆動の自走式あるいはエンドレスウインチ式が用いられており、コンクリート運搬線が曲線の場合や直線でも100m以上となる場合にはエンジン駆動の自走式とするのが一般的である。
- (4) 自走式のうちタイヤ式は運搬距離の長い場合に使用されている。
- (5) 循環型懸垂式は複数のクレーンバケットが各々一定点のプラットフォームに着床してコンクリートを受け渡す場合に能率的な稼働が見込まれる。

表 6 - 3 - 9

運搬方式	駆動方式	運搬距離	線形	勾配	摘 要
トランスファーカ	ウインチ式	制限あり	直線	0° ~ 10°	傾斜走行可能
	自走式	制限なし	直線・曲線	2°	電動式・エンジン式
バケット台車	ウインチ式	制限あり	直線	0° ~ 10°	傾斜走行可能
	自走式	制限なし	直線・曲線	2°	電動式・エンジン式
懸垂型循環式	自走式	制限なし	直線・曲線	0°	電動式

4 - 2 配置上の留意事項

- (1) コンクリート運搬線の線形は、レール方式の場合には曲線部を極力少なくする必要がある。車両が固定軸型の場合ではレールの曲率半径を200m以上、ボギー車両の場合には50m以上の曲率半径を必要とする。
 なお、小さな曲率半径を採用する場合は車両の走行速度を下げる必要がある。
- (2) 電力ケーブルによりトランスファーカに給電する場合、パンカー線に沿って水中ガイドトラフを設けて電力ケーブルを浮遊させることにより、ケーブル被覆絶縁材の保護とスムーズなレールへの巻き取りを図る必要がある。
- (3) 運搬距離が長い場合や複数の車両を用いる場合には適切な場所に待避線を設ける。
- (4) 同一のコンクリートプラントから補助打ち込み設備にコンクリートを供給する場合には衝突防止および異種配合コンクリートの積込みミスを防止するための適切な信号等の安全施設を設ける。
- (5) コンクリート運搬線のうちバケット吊り込み場所などの転落の危険性のある箇所には保安施設等を設ける。



4.5m ³ トランスファーカー主要諸元	
形式	デンア電動式
積載容量	4.5m ³
積載容量	10.8トン(比重 2.4トン/m ³)
走行速度	約 6Km/h (100m/min)
加速時間	加速 約 8 秒, 減速 約 10 秒
走行距離	約 90m 連続
勾配	平地線
レールゲージ	1435mm
レールサイズ	30kgレール
走行モーター	全閉外巻カゴ形 22kw-4P, 1台
走行モーター制御	インバータ制御
減速ブレーキ	インバータ回生制動
停止ブレーキ	電磁ブレーキ
非常及び駐車ブレーキ	電磁ブレーキ及び巻線子母線ブレーキ
荷重出し方式	油圧シリンダによるデンア式
油圧ユニット用モーター	全閉外巻カゴ形 7.5kw-4P, 1台
バケット給気方式	トランスファーカーから自動給気
一次電源	AC 440V, 60Hz
給電方式	電動ケーブルリール
制御方式	磁界自動運転及び搭乗手動運転
自重	約 20 トン
数量	1 台

図 6-3-16 4.5m³ トランスファーカー

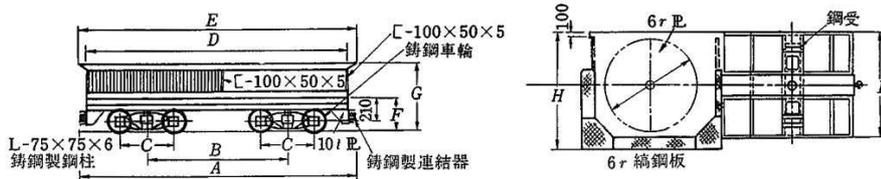


図 6-3-17 バケット台車

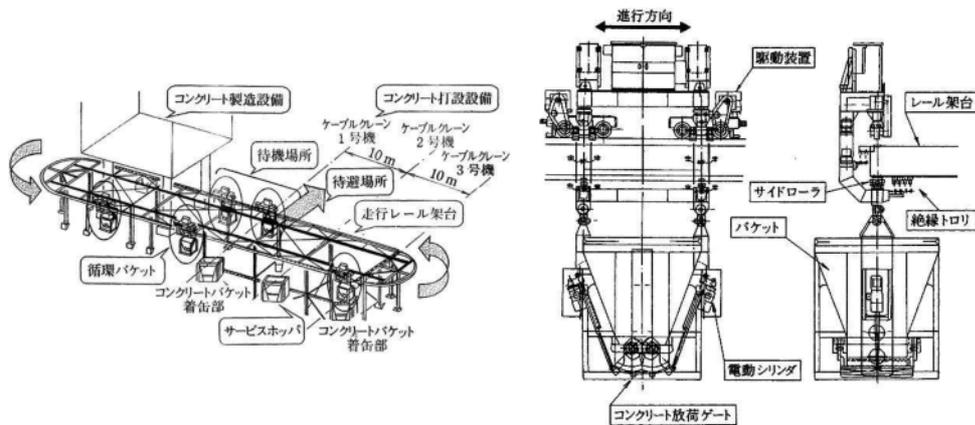


図 6 - 3 - 18 滝沢ダム 4.5m³懸垂型循環式コンクリート運搬設備

4 - 3 コンクリート運搬打設設備設計上の留意事項

(1) 共通事項

- 1) 運搬設備は、所定の運転条件を満足する性能及び主要諸元並びに構造を有するものとする。
- 2) 運搬設備の定格荷重は、コンクリートバケット及びコンクリート並びに吊具の合計質量で、フックブロックに吊ることの出来る実際の荷重である。
- 3) 運搬設備の揚程は、バケット及び台車の巻下げ最低位置から巻上げ最高位置までの距離とし、構造及び保安上に必要な余裕を見込む。
- 4) クレーン類の場合、吊り荷の下端から堤頂部構造物の最上端まで 3m 以上の離隔距離を確保する。
- 5) 運搬設備の巻上げ、巻下げ、俯仰、横行、走行等の各速度は、所要能力と作業の安全性を確保することを考慮して決定する。
- 6) 運搬設備に使用するワイヤロープ張力は、運転作業中の吊り荷重の状態、サグ及び各ロープ速度等を考慮して適切に計算する。
- 7) 運搬設備に使用するワイヤロープは、設備の構造形式及び荷重条件並びに運転作業条件などを考慮して適切なロープ種別を選定し、安全率を考慮して必要なロープ径を決定する。
- 8) 運搬設備の各駆動装置は、所定の速度の確保及び速度変化並びに微調整にもスムーズに対応し、必要な安全装置が確実に作動する構造とする。
- 9) 運搬設備の走行装置は、荷重が各車輪に均等に分担され、所定の速度で確実な走行及び起動停止並びに微動走行が可能な構造とする。また、衝突防止装置、ストップパ、係留装置は、確実に作動する構造とする。
- 10) 運搬設備の各駆動装置の電動機出力は、軸動力に伝動機類の機械効率を加味して決定する。
- 11) 運搬設備の各駆動用電動機の種別の選定には、速度制御方式、速度トルク特性、熱容量、設置条件等を考慮する。
- 12) コンクリートバケットは、所定のコンクリート量に対して十分な容量を確保する。
- 13) バケットのゲート開閉操作は、無線による遠隔操作が一般化しており、ゲート開閉動力にはコンクリートバケット質量を利用した空気圧あるいは油圧蓄圧方式・エンジン付コンプレッサ方式・バッテリー充電方式・ソーラーシステム等が

利用されているので、現場での使用条件から最適な方式を選定する。

- 14) バンカー線にプラットフォームを設置してクレーンでバケットを吊ったままの状態に着床させ、サイドシュート型トランスファーカから放出して積み込むことによりサイクルタイムの短縮が図られる。
- 15) 運搬設備の運転室は、十分な視界と良好な操縦性が確保できる形状及び構造とする。また、運転室にはバケットの移動位置を常時確認できる表示装置と打設現場その他必要箇所との間で通話ができる通信装置を設ける。
- 16) 運搬設備の保護のために確実に作動する制御装置・非常停止装置・逸走防止装置・過負荷防止装置・近接スイッチ・各種インターロック等の安全装置を設ける。
- 17) 運搬設備の運転方式は、運転室からの遠方操作を標準とし、点検整備時には機械室において機側操作ができるものとする。ただし、機側操作に際しては遠方操作をインターロックする。
- 18) 運搬設備作業時の基礎荷重の算定は、各設備及び装置の質量・各ロープ張力・風荷重・雪荷重・地震荷重その他の外力を適切に組み合わせて行う。
運搬設備休止時の基礎荷重の算定は、各設備及び装置の質量・各ロープ張力・暴風時風荷重・雪荷重・地震荷重その他の外力を適切に組み合わせて行う。
- 19) 堤体内に大規模なコンジットゲート・水位維持ゲート・選択取水ゲート・クレストゲート等を装備するダムにおいては、コンクリート運搬打設の他にこれらの放流設備の堤体内への搬入及び据付作業が必要となるので、運搬設備の機種選定に際しては、施工性、能率性、安全性等を考慮して決定する必要がある。
また、これらの構造物の仮置き及び地組み並びに荷取りヤードも確保する。

(2) ケーブルクレーン

- 1) ケーブルクレーンには、走行型・軌索型・固定型があり、従来の柱状工法で打設面を全面に亘ってカバーできる走行型・軌索型が多用されてきた。ところがRCD工法や拡張レヤー工法の普及に伴い、堤体打設面が全面に亘って平面施工となり、堤体上に設置したグラウンドホッパにまで固定式ケーブルクレーンでコンクリートを搬入すれば後の打設面上の小運搬はダンプにより容易に搬送ができるようになったためコンクリート運搬設備が飛躍的に簡素化される結果となった。
- 2) 横行トロリーは、走行によって主索に局部的な曲げ応力発生しないよう荷重を均等に車輪へ分布するものとし、保守点検の容易な構造とする。
- 3) ロープハンガは、横行トロリーの走行に応じて所定の間隔を保持し、衝撃の少ない構造とする。
- 4) 機械塔、副塔、固定塔及び電覧塔は、ロープ張力、自重、その他の荷重に対して所定の強度と剛性を有し、保守点検が安全かつ、容易に行える構造とする。
- 5) 機械塔及び機械室には、巻上装置、横行装置、電力及び制御装置その他の機器類を合理的に配置する。
- 6) 機械塔及び副塔には、トロリーへの乗り移りプラットフォーム及び点検階段・踊り場を設ける。
- 7) 弧動型及び軌索式ケーブルクレーンの配置計画において、機械室が固定塔の真下に配置出来ない場合、固定塔から支持金物およびアイボルトで取り付けられた巻上索・横行索シーブに掛けられたワイヤロープが機械室に向かう転向シーブにより横方向に大きく引っ張られて、アイボルトに予想を超える繰り返しの曲げ応力を発生させる。

そこで、固定塔に支持される巻上・横行シーブからワイヤロープを固定塔の真

下に向かう垂直方向と次に機械室に向かう横方向の2方向に2段階で転向シーブを設けて、アイボルトに発生する曲げ応力を極力少なくするように配慮する必要がある。

(3) 走行式ジブクレーン

- 1) 走行式ジブクレーンは、ダムサイトの地形条件により走行式ケーブルクレーンの設置が困難な場合に採用されている。
- 2) ジブクレーンは、その作業半径が35mと小さいため、本体掘削後の堤体内に大規模なトレスルガーダを設置してガーダ上にバンカー線を設けてジブクレーン及びトランスファーカを走行させる必要がある施工性と経済性で問題が多い。
- 3) トレスルの真下には直接バケットでコンクリートが打ち込めないので別途、ホイールローダ等の重機を使ってコンクリートの横持ちをする必要があるため施工性に問題がある。
- 4) 特に、大規模ダムでは河床部で上下流幅が大きいため1系列だけでは打設面をカバーできないので2系列の配置が必要となり、これに付随してコンクリート製造設備も2基必要となるなど経済性と施工性で問題が多い。

(4) タワークレーン

- 1) タワークレーンは、ダムサイトの基岩上に大凡10m立方の基礎コンクリートを打込んでベース架台をアンカーボルトに定着させて長さ3mの円筒形マストを継ぎ足し、その上に昇降フレーム・旋回フレーム・機械室・ガイサポート・ジブ・運転室を組み立てる。一旦、組立が完了すればクレーン自身でマストを吊込みセルフライミングが可能である。しかしマスト高30m以内であれば自立して運転できるが、それ以上となるとクレーンが不安定となるため堤体内にアンカー金物を埋設してマストとの間を支持部材で緊定する必要がある。
- 2) タワークレーンは、本体および減勢工を含めてそのカバーエリアを可能な限り大きくしようとすると堤体内に設置する必要がある。この場合クレーンは堤体下流面に立ち上がってくるのでマスト高30m以内の自立型で堤頂部コンクリート打設を可能とするよう配置を計画する必要がある。
- 3) 堤体上流側にタワークレーンを設置する場合は、そのカバーエリアが限定されるので堤体規模によって本体は概略カバーできても減勢工はカバーエリアから外れるケースが多い。
- 4) タワークレーンの設置場所の選定は、骨材製造及びコンクリート製造設備の配置と密接な関連があり、骨材製造設備が上流側に存在する場合にはコンクリート製造設備及びタワークレーンも上流側に配置するケースが多い。
- 5) 台風その他の暴風時には、タワークレーンの安定を図るためジブを寝かせて旋回をフリーとする等の安全性確保の対応が必要である。

(5) テルファークレーン及びライジングタワー

- 1) テルファークレーン及びライジングタワーは、面状打設工法に適用させるために開発された機種であり、堤体上流側から主としてコンクリートを堤内に持ち込む機能のみを有しており、堤内小運搬はダンプによることを前提としている。
- 2) 堤体が立ち上がってくると自立出来なくなるので堤体から支持部材により緊定する必要がある。

3) テルファークレーン及びライジングタワーの機能から穴あき坊主のダムには適しているが、大規模なコンジットゲート・水位維持ゲート・クレストゲート等を装備するゲートダムの施工にはタワークレーンを選定するほうが賢明である。

5. 大滝ダムケーブルクレーン（20t 弧動型）固定塔に働く荷重（参考）

各ロープにより固定塔に働く荷重は、最大索張力時に最大となる。

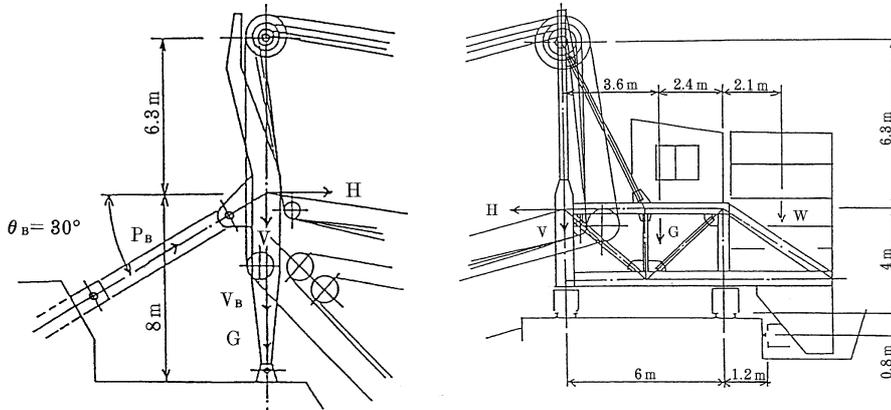


図 6 - 3 - 7

表 6 - 3 - 14 には 20t 弧動型ケーブルクレーンの固定塔に働く荷重の例を示す。

表 6 - 3 - 14

	h (m)	最大索張力時			最小索張力時		
		H (kN)	V (kN)	H · h (kN · m)	H (kN)	V (kN)	H · h (kN · m)
主 索	8.0	2,019	393	16,152	818	174	6,544
巻上げ索	5.0	117	19	585	—	—	—
上方横行索	15.3	41	11	627	36	10	551
上方キャリア索	14.8	31	8	459	27	8	400
下方横行索	5.7	41	11	234	33	7	188
下方キャリア索	6.9	31	8	214	25	5	173
巻上げ索 ~ ドラム	3.5	102	59	357	—	—	—
上方横行索 ~ ドラム	4.6	37	21	170	33	19	152
下方横行索 ~ ドラム	4.3	37	21	159	30	17	129
電 纜 索	8.0	96	29	768	96	29	768
合 計	—	2,552	580	19,725	1,098	269	8,905

6. 設備の設計

設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針（案）」の165頁を参照のこと。

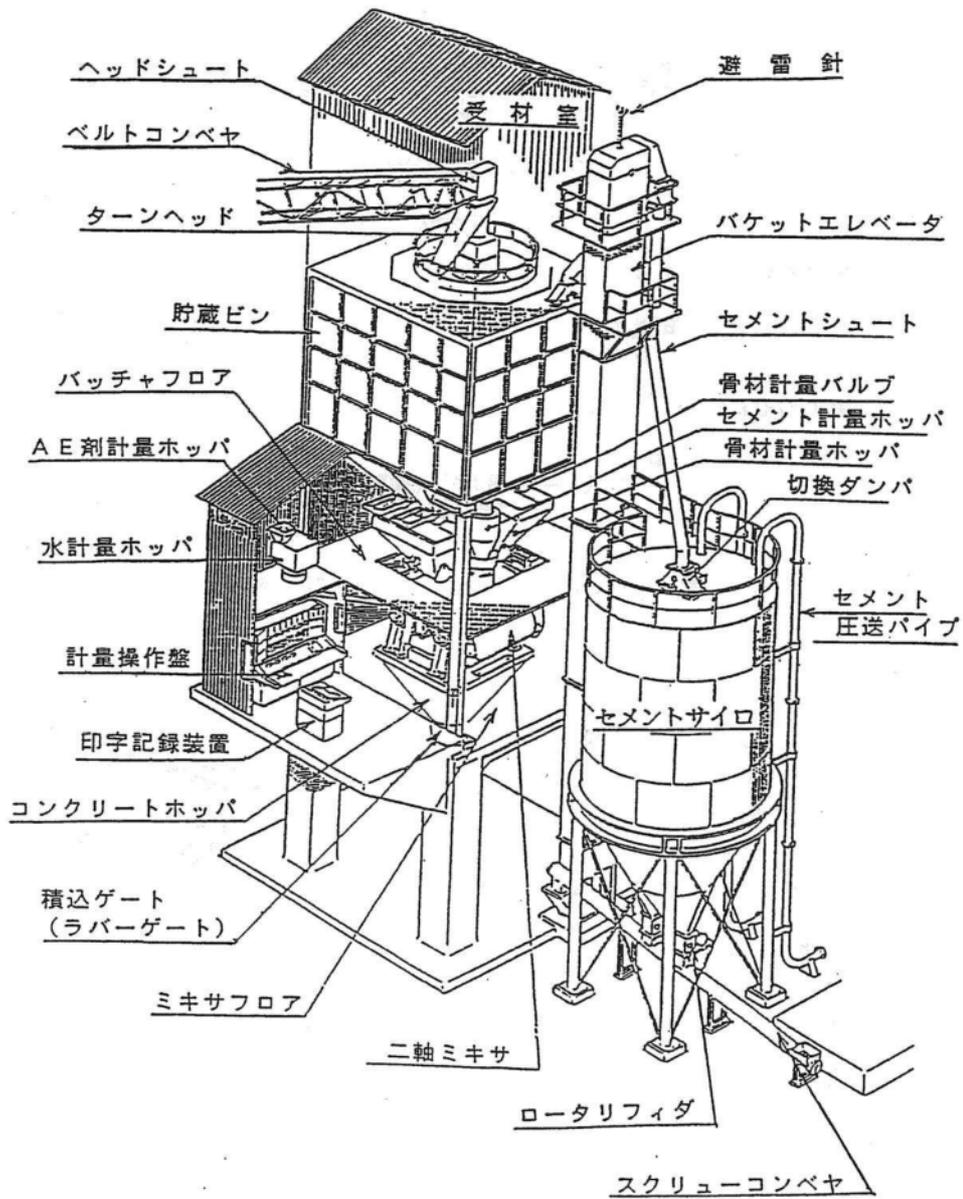
第4節 コンクリート製造設備

1. 計画一般（標準）

1. コンクリート製造設備は、ダムサイトの地形、地質等を勘案して、コンクリート打ち込み設備の近くに配置する。
2. コンクリート製造設備は、諸材料の計量及び練り混ぜを円滑に行い、所定の配合の均質なコンクリートを安定して製造できる設備とする。

〔解説〕

- 1-1 コンクリート製造設備の容量はコンクリート打込設備との組合せにより決める。
- 1-2 コンクリート製造設備は次の機器類で構成される。
 - ・ 操作室
 - ・ 諸材料貯蔵ビン
 - ・ 計量装置
 - ・ 記録装置
 - ・ ミキサ
 - ・ コンクリートホッパ
 - ・ 試験用コンクリート採取装置等



石川島建機製HYD AM2500 型 側面図

2. 機種を選定（標準）

2-1 混合形式

ダムコンクリートは、セメントの使用量を極力少なくし（水和熱の抑制）所要の強度を安定して確保することが求められる。

特にRCDコンクリートは超硬練りの貧配合コンクリートであるため、練り混ぜ性能の良いプラント設備が求められる。

以上のことからダムコンクリートに適した混合形式を選定する必要がある。

一般的に混合方式は次のとおりである。

(1) 一括練り（Single Mixing:SM）……従来工法である。

水の投入時間を2回に分けて投入することで品質の安定したコンクリートを製造するシステム（SEC工法：Sand Enveloped with Cement）もある。

(2) 分割練り（Double Mixing:DM）

上段のボルテックスミキサーによりモルタルを先練りし、次の下段の2軸強制練りミキサーで粗骨材と先練りしたモルタルに2次水を加えて練混ぜ良好な品質を生産しようとする工法である。

2-2 生産能力

コンクリート生産能力は工事工程（又は主運搬設備能力）から定まる最大時間当たり打設量（ m^3/h ）を安定的に生産できる能力を有すること。

(1) ミキサー形式

①重力式（傾胴形）②強制攪拌式（パン形式・ボルテックス型）③2軸強制式（パグミル型）の3機種がある。

従来、所要動力が小さく、保守管理の容易な重力式ミキサが使用されていたが、最近のRCD及び拡張レーヤ工法を採用しているダムにおいては、練り混ぜ時間が半分で均一な品質のコンクリートが得られる2軸強制練りミキサが多く使用されるようになっている。

①は従来より多く用いられた形式であり、③は硬練りコンクリートに適した形式である。

求められたコンクリートの品質、配合（最大骨材寸法）練混ぜ能力に合致した形式を選択する。

このうちダムコンクリート用としては傾胴式ミキサと2軸強制練りミキサが使用されているので両者の比較を下表に示す。

キーワード	重力式ミキサ（傾胴形）	2軸強制練りミキサ（パグミル型）
混練性能	混練時間が長い。 大砂利が分離し易い。	混練時間が短く製品の品質が安定している。 大砂利の分離が少ない。
粉塵発生	スuibルシュート使用の場合特に多くなる	各投入シュートが密閉構造となるので粉塵の飛散は殆ど無い。
対摩耗性	磨耗は少ない。	フレード・内張鋼板の磨耗が多い。
所要動力	小さい。 $10 \sim 13 \text{ kW} / m^3$	大きい。 $30 \sim 33 \text{ kW} / m^3$

(2) 所要能力 (標準)

コンクリート製造能力は次式により計算する。

$$Q = \frac{3600 \cdot q \cdot N \cdot E}{C_m}$$

ここに、 Q : コンクリート製造能力 (m³/h)

q : ミキサ容量 (m³)

N : ミキサ数

E : 作業効率=0.9

C_m : サイクルタイム (sec)

表 6-4-1 傾胴型ミキサのサイクルタイム (参考)

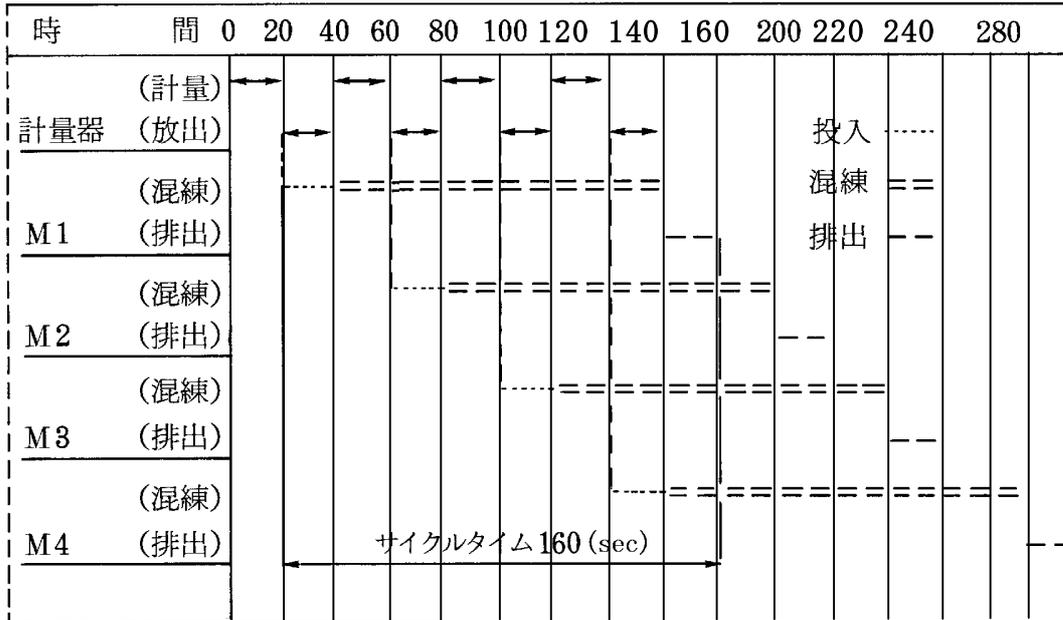
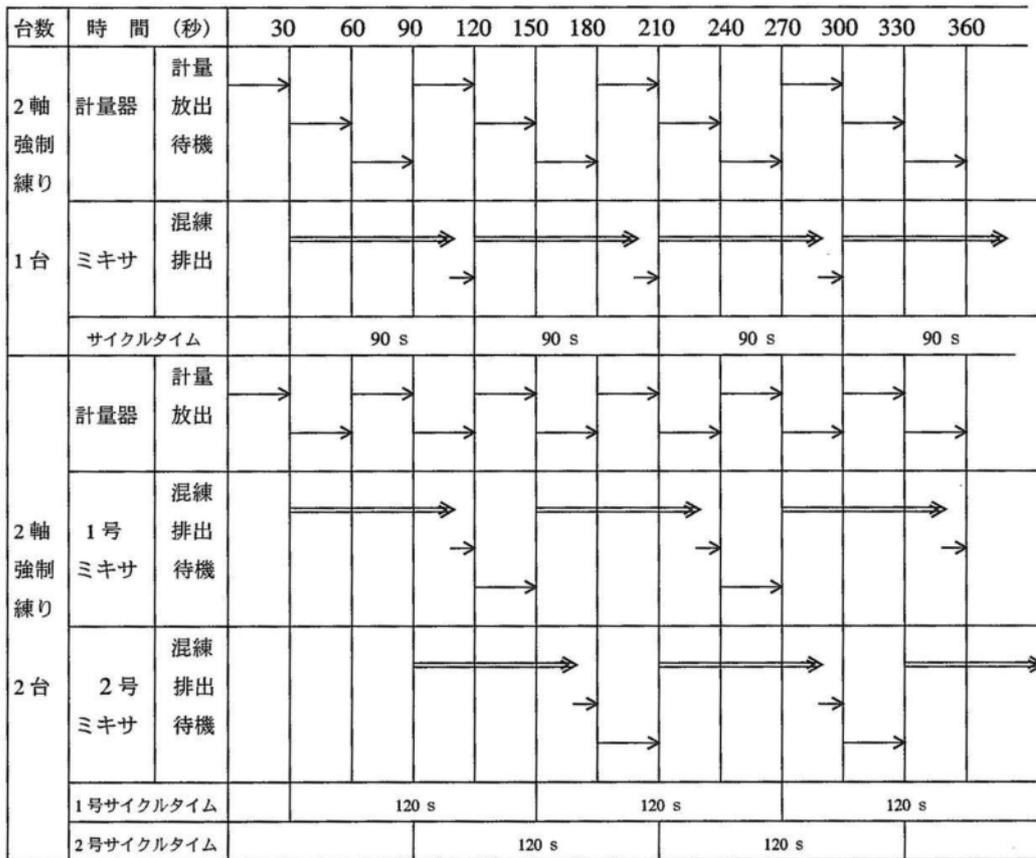


表 6-4-2 2軸強制練ミキサのサイクルタイム (参考)



- (3) ミキサ容量と時間当たりの標準能力 R C D 工法を採用する場合には少ないセメント量でも良好な練混ぜ性の得られる 2 軸強制練りミキサの使用が多くなっている。
(竜門ダム、八田原ダム、宮ヶ瀬ダム、浦山ダム)

ミキサ型式	容量 (m ³)	台数	連続的混練能力 (m ³ /h) (参考)
傾 胴 式	0.75	2	30
		3	45
		4	60
	1.0	2	40
		3	60
		4	80
	1.5	2	60
		3	90
		4	120
	3.0	2	120
		3	180
		4	240
2 軸強制式	1.0	1	40
		2	60
	1.5	1	60
		2	90
	2.0	1	80
		2	120
	2.5	1	100
		2	150
	3.0	1	120
		2	180
	4.5	1	180
		2	270

- (4) ミキサの電動機出力は表 6-4-3 を参考に設定する。

表 6-4-3 ミキサ電動機出力 (参考)

ミキサ容量機種	1m ³	1.5m ³	2m ³	2.5m ³	3m ³	4.5m ³
重力式	11	15	22	30	37	—
強制式 (2 軸)	22	35	45	55	75	110
強制式 (油圧可変)	37	45	55	75	90	—

2-3 貯蔵ビン（参考）

貯蔵ビンは、下記により構成されている。

キーワード	骨材ビンの構成と機能
骨材ビン容量	バッチャープラント運転中に骨材切れを起こさないように骨材ビン容量を決める必要があるが、一般的には2時間程度の滞留量を確認
ロックラダー	粗骨材ビンには分離や衝撃を緩和するためにロックラダーを取り付け
セメントビン	防水、防塵構造とし下部はセメントが円滑に流れる構造
カットオフゲート	骨材ビンの下部にはロードセルによる計量ビンが配置されるので貯蔵ビン出口にはカットオフゲートを取り付けてジョギングモーションにより骨材を切り出す

表 6-4-4 骨材ビン容量（参考）

ミキサ型式	ミキサ容量 (m ³)	台数	骨材ビン容量 (m ³)
傾 胴 式	0.75 (28s)	2	62m ³
		3	93m ³
		4	124m ³
	1.0 (36s)	2	83m ³
		3	124m ³
		4	165m ³
	1.5 (56s)	2	124m ³
		3	186m ³
		4	250m ³
	3.0 (112s)	2	250m ³
		3	370m ³
		4	500m ³
2 軸強制式	1.0m ³	1	110m ³
		2	165m ³
	1.5m ³	1	165m ³
		2	250m ³
	2.0m ³	1	220m ³
		2	330m ³
	2.5m ³	1	275m ³
		2	413m ³
	3.0m ³	1	330m ³
		2	500m ³
	4.5m ³	1	500m ³
		2	740m ³

2-4 計量器

- (1) 現在は殆どロードセル式計量器となっている。
- (2) セメント計量ホップの入り口、出口部はキャンバスで覆って密閉構造とする。

2-5 水分計

水分計には次の種類のものがあり、各形式の比較を表に示す。

- (1) RI式
- (2) 静電容量式
- (3) 重量式
- (4) 赤外線式
- (5) 電磁波式

表6-4-5 水分計の比較

項目	(1) RI水分計	(2) 静電容量 水分計	(3) 重量式水分計	(4) 赤外線方式 水分計	(5) 電磁波水分計
測定原理	RI線源より放射する中性子を湿潤砂に放射し熱中性子をカウントして水分量を計測する	電気抵抗に換算して水分量を算出する	「JIS細骨材の表面水率試験方法」の重量法に準じて水分量を計測する	光学的な一定波長のスペクトル吸収率で水分量を算出する	電磁波を照射し、水分に比例した電流を測定し、含水率に換算する
測定方法及び試料採取場所	貯蔵ビンホッパシュート部	砂貯蔵ビンにセンサを差し込み電氣的に換算し測定	砂貯蔵ビンより計量槽に流れ落ちる砂を直接採取	砂貯ビンへ搬送するコンベヤ上の砂に赤外線を照射し測定	砂貯蔵ビン最下部に設置されたセンサにより照射された電磁波を測定

2-6 積み込み部

キーワード	積み込み部 (ウエットホッパ)
廃棄コンクリート	通常の出荷積み込み以外に廃棄コンクリートの積み込みを考慮してダンプトラックへの積み込みもできるよう計画
サンプリング装置	コンクリート試験室での品質試験のサンプリング装置を組込んだ構造
積み込みゲート	積み込みゲートはモルタルや洗浄排水の漏れの少ない構造

2-7 騒音対策

キーワード	バッチャープラントの騒音対策
ゴムライナ	ミキサからウエットホッパへのコンクリート落下部にゴムライナを取付けて騒音対策
防音材	バッチャープラント建家の壁面に防音材を取り付け騒音対策

2-8 監視装置

バッチャープラント操作室にて各部の状況が監視できるようテレビモニタを設置する。

通常テレビカメラの設置位置は下記位置としている。

- (1) 受材部監視用
- (2) ミキサ監視用
- (3) ウエットホッパ内部監視用
- (4) 積込み部監視用

第5節 セメント輸送および貯蔵設備

1. 計画一般（標準）

1. セメント輸送および貯蔵設備は、セメントの品質を低下させることなく円滑に輸送および貯蔵できるものとする。
2. 設備は、コンクリート製造設備に隣接して設ける。

2. 機種を選定と組合せ（標準）

1. セメント貯蔵設備は、鋼製サイロを標準とする。
2. セメント輸送設備は、設計箇所の地形、輸送条件等に適合した機種を選定する。

〔解説〕

2-1 セメントコンテナ車でダムサイトのセメントサイロまで運搬されるセメントは、コンテナ車に装備するブローでセメントサイロに圧送されている。セメントサイロからパッチャープラントへのセメント輸送には、スクリュコンベヤ・バケットエレベーター方式と空気輸送方式が最も多く用いられている。

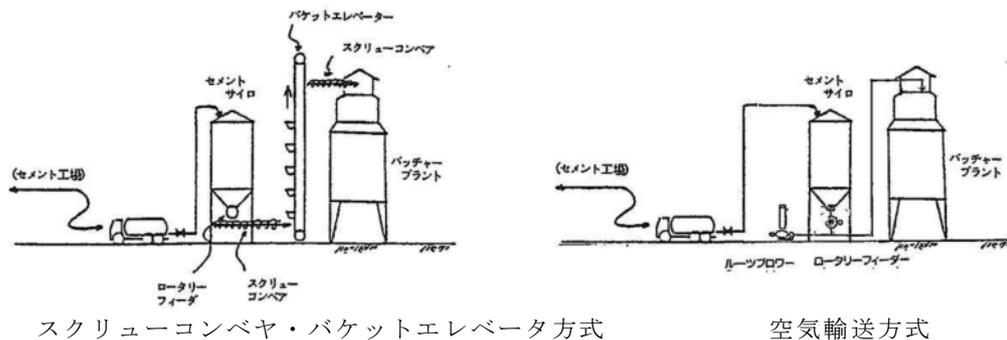


図6-5-2 セメント輸送系統図

3. 所要能力（標準）

3-1 セメント輸送設備の所要能力

$$Q = \frac{A_c \cdot C}{1000} (1 + \alpha)$$

ここに、 Q : 所要能力 (t/h)

A_c : 時間最大打込み量 (m³/h)

= (1日最大コンクリート打込量 ÷ 可動時間)

C : 単位セメント量 (kg/m³) (コンクリート 1 m³ 中のセメント量)

α : 余裕率 = 0.5

3-2 セメントサイロ

セメントサイロの容量は、一般に次式による。

$$C_s = \frac{V \cdot C \cdot D}{d} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \alpha$$

ここに、 C_s : サイロの容量	(t)
V : 月最大打込み量	(m^3 /月)
C : 単位セメント量 (kg/m^3)	= 外部コンクリートの場合 210
D : ストック日数 (日)	= 2~4 日を標準とする
d : 月最大打込み月当たり作業日数	(日/月)
α : 余裕率	= 一般に 1.1

なお、容量は次の規格を標準とする。

200(t) 300 400 500 600 700 800 900 1000
1000t 以上必要な場合は、2基以上の組合せとする。

3-3 セメントサイロのエアレーション

セメントサイロ内においてセメント粒子間の摩擦に起因するアーチアクションが発生し、セメントが出口に出てこない現象が起こるので、これを防止するため円錐部に圧縮空気配管を行なって槽内へのエアレーションを行うと共にアーチアクション防止のためにバイブレータを取り付ける。

3-4 スクリューコンベヤ

スクリューコンベヤは、トラフ中でスクリューを回転させセメントに軸方向の推力を与え輸送する装置で、構造部分は、トラフ、スクリュー、軸継手、中間軸受からなり、構造が簡単で、供給口および排出口を機長の任意の箇所に設定できる。ただし、スクリューの形状、ピッチはセメント輸送に合わせ決める必要があり、これらの設計および軸受材の選定・設計が適切でないと効率の低下、故障の原因となるので注意を要する。

4. 設備の設計 (標準)

セメント輸送および貯蔵設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針(案)」の201項と参照のこと。

第6節 骨材製造設備

1. 計画手順（標準）

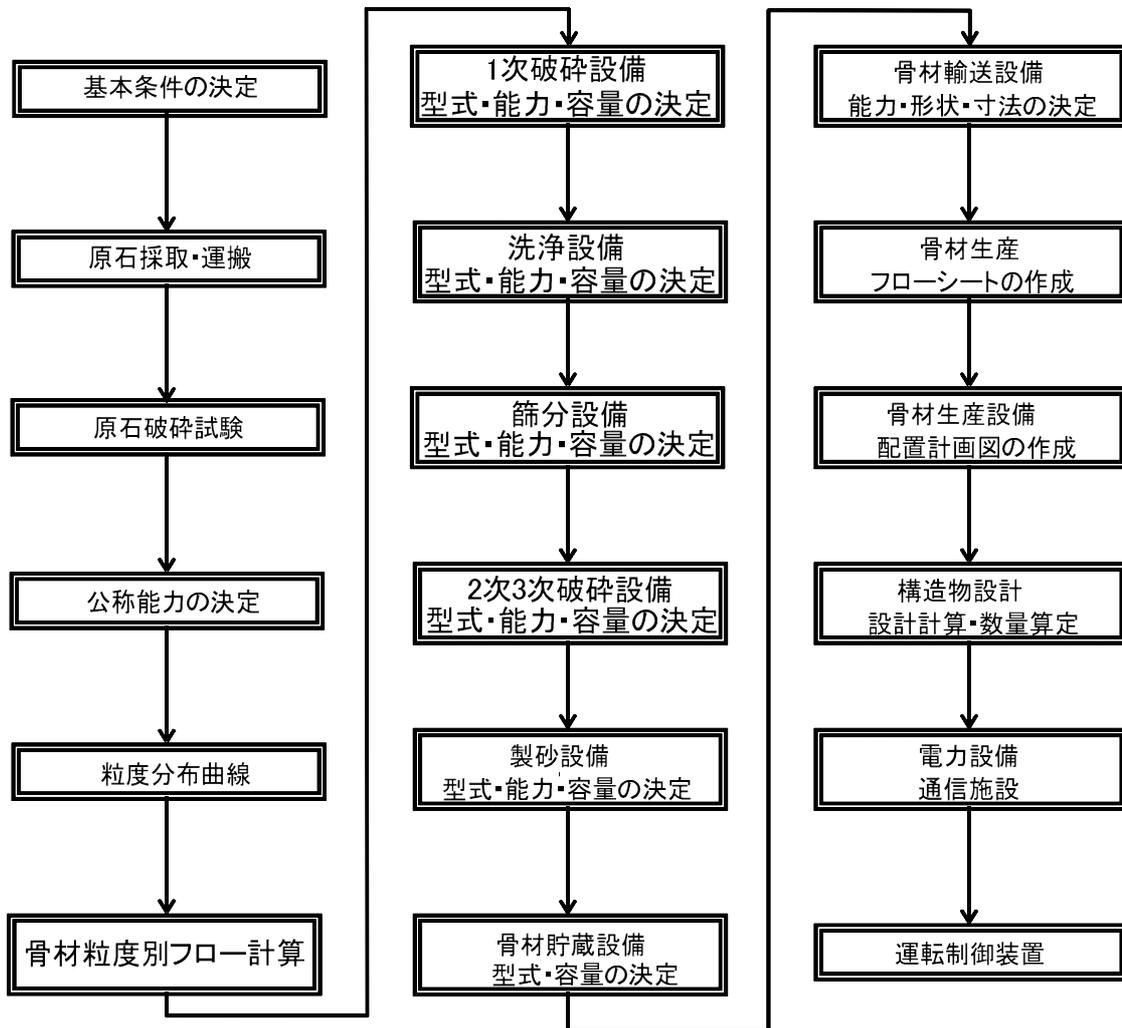


図 6-6-1 骨材製造設備の計画のフローチャート

2. 機種の種類と組合せ (標準)

2-1 骨材製造フローシート

骨材製造フローの例を図6-6-2に示す。

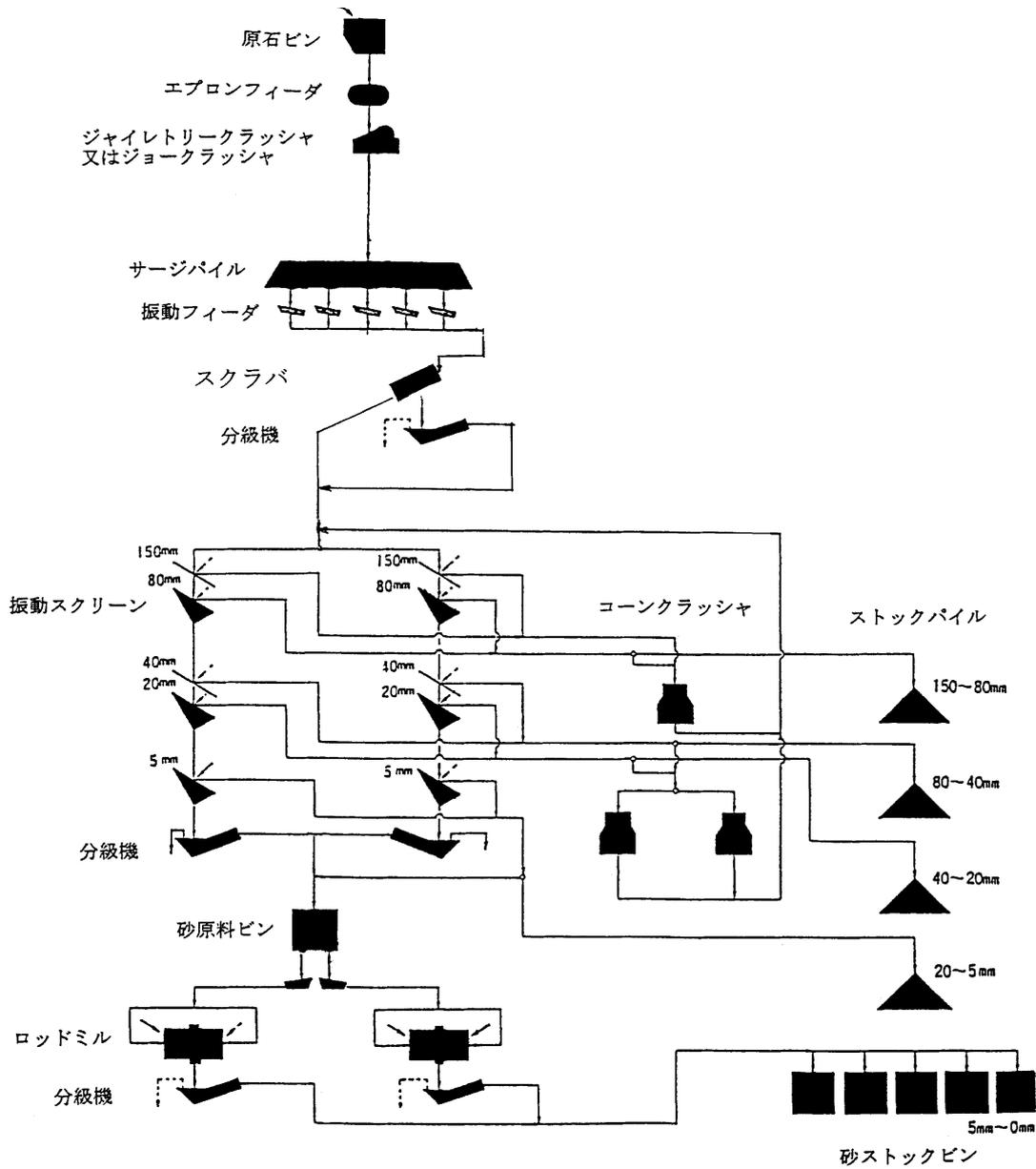


図 6 - 6 - 2

2-2 骨材粒径別製造フロー計算表

骨材生産量粒径別フロー計算表

骨材粒径	単位	セット寸法	+150	150~80	80~40	40~20	20~5	5~0.74	ダスト量	合計
生産目標	(%)			(17.5)	(17.5)	(17.5)	(17.5)	(30)		(100)
生産量	t / h			87.5	87.5	87.5	87.5	150		500
原石粒度	(%)		(76)	(7)	(6)	(5)	(3)	(2)	(1)	(100)
原石供給量	t / h		425.6	39.2	33.6	28	16.8	11.2	5.6	560
1次破碎粒度	(%)	oss 115	(12)	(49)	(26)	(6)	(5)	(1.5)	(0.5)	(100)
1次破碎量	t / h		66.5	271.7	144.1	33.3	27.7	8.3	2.8	554.4
洗浄供給量	t / h		66.5	271.7	144.1	33.3	27.7	8.3		551.6
2次プラント供給量	t / h		66.5	271.7	144.1	33.3	27.7	8.3		551.6
玉石生産量	t / h			87.5						87.5
2次破碎供給量	t / h		66.5	184.2						250.7
2次破碎粒度	(%)	css 30			(23)	(56)	(17)	(2.5)	(1.5)	(100)
2次破碎量	t / h				57.7	140.4	42.6	6.3	3.7	250.7
小計	t / h				201.8	173.6	70.3	14.6	3.8	464.1
大砂利生産量	t / h				87.5					87.5
中砂利生産量	t / h					87.5				87.5
3次破碎供給量	t / h				114.3	86.1				200.4
3次破碎粒度	(%)	css 11				(15)	(70)	(13)	(2)	(100)
3次破碎量	t / h					30.1	140.4	26	4	200.5
3次循環破碎量	t / h					4.5	21.1	3.9	0.6	30.1
3次循環破碎量	t / h						3.3	1.2		4.5
小計	t / h						235.5	45.1	11.2	291.9
小砂利生産量	t / h						87.5			
砂原料供給量	t / h						147.6	45.7		193.3
砂生産量	t / h							150	43.3	193.3
砂生産率	(%)							(77.6)	(22.4)	(100)
骨材水洗損失量	t / h								54.4	54.4
濁水濃度	mg/l	(54.4/1000)*1,000,000=54,400 注：骨材洗浄水使用量は製品骨材トン当たり2m³とする。								
骨材損失量	t / h								60	60
骨材損失率	(%)								(10.7)	(10.7)
1次スクリーン供給量	t / h		66.5	271.7	201.8	208.3	235.1	45.7		1029.1
2次スクリーン供給量	t / h				201.8	208.3	235.1	45.7		690.9
3次スクリーン供給量	t / h						235.1	45.7		280.8

2-3 骨材プラントの稼働率・ロス率・洗浄水量（参考）

(1) 稼働率（参考）

骨材製造設備の稼働率は、作業員がプラントにおいて骨材生産に従事する作業時間に対して実際に機械設備が骨材生産をしている実運転時間の比率であり下表に示す値が採用されている。

例えば1次破碎設備の稼働状況を見ると原石運搬に遅れがあつてジョークラッシュャが空運転状態またはグリズリバーに大塊の原石が引っかかりブレーカで小割り作業が生じたり、あるいは振動グリズリー・ジョークラッシュャ・ベルトコンベヤに故障が発生して運転が中断する。

キーワード	骨材製造設備の稼働率
1次破碎設備	65%
篩分・2次3次破碎設備	80%
製砂設備	73%

(2) ロス率（参考）

原石中の泥分含有量によって大幅に異なるが、骨材製造設備での生産過程で発生するロス率は下表に示す値が用いられる。

実際には、破碎試験を実施してロス率を測定することが望ましい。

キーワード	骨材製造設備のロス率
1次破碎設備	1次破碎設備供給量の0.5%～1.0%
2次破碎設備	2次破碎設備供給量の0.7%～2.5%
3次破碎設備	3次破碎設備供給量の1.0%～2.8%
製砂設備	ロッドミル供給量の15～25%

(3) 洗浄水量（参考）

キーワード	骨材洗浄水量
スクラバ洗浄水量	0.5m ³ /t/h
スクリーン水洗量	0.5～1.0m ³ /t/h
製砂水量	1.5m ³ /t/h（分級機内パルプ濃度40%）

2-4 破碎粒度

(1) 原石の粒度

原石の採取粒度は、原石山の横坑試験の結果か、あるいは、図6-6-3 爆破原石粒度分布曲線を参考にして決める場合もある。なお、これとは別に一般にフロー計算では、採取原石の全量が1次破碎対象となると仮定した検討も行う必要がある。

河川堆積砂礫の場合は、採取ふるい分け試験値を直接用いる。この場合、試験ピット全体の平均粒度分布のほか粗粒率が最大、最小である試験ピットの採取粒度を用いてフロー計算をする。

なお、原石採取の方法によっては、図に示す粒度分布と異なることがあるので、注意する必要がある。

(2) 過不足量

採取原石の粒度値より製造目標値に対する粒度別の過不足量を算出し、過分を次の工程へ処理量として供給する。

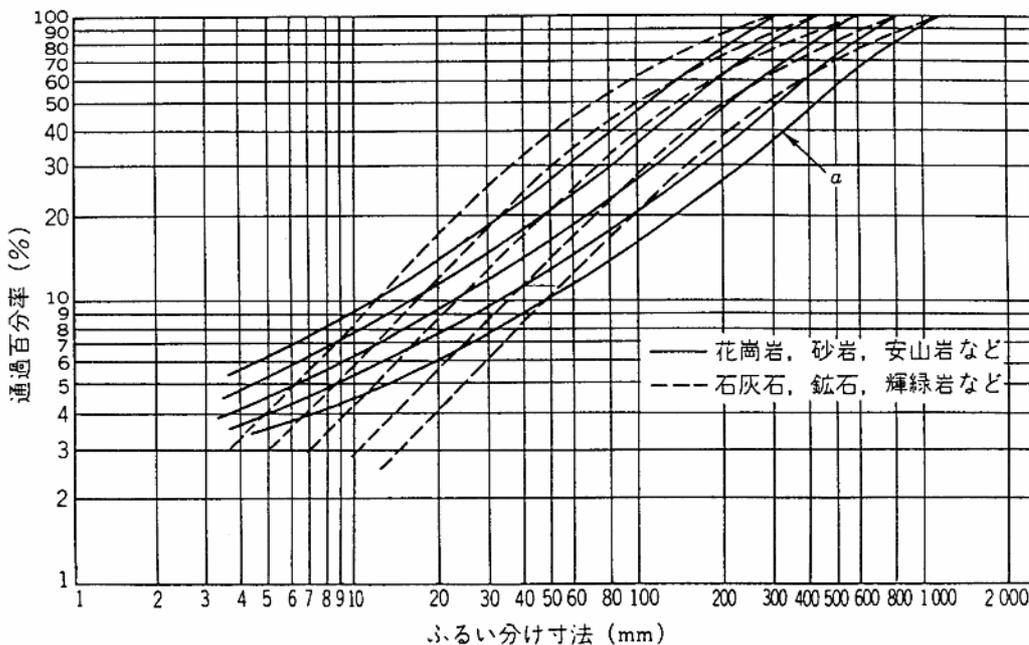


図6-6-3 爆破原石粒度分布曲線(例)

注1) 図6-6-3の利用法

本図は発破後の原石寸法を求めたものであり、例えば花崗岩で最大原石寸法が1200mmである場合には、通過百分率100%においてふるい分け寸法1200mmの曲線αを求めれば、その対象原石がどのような傾向の粒度分布をもつか示すものである。

この収支計算は各設備で破碎した結果についてもそれぞれ行う。

(3) 1次破碎粒度

1次破碎は、原石粒度のうち、配合粒度以上のオーバーサイズを破碎するのがねらいではあるが、破碎を1次クラッシャとその補助クラッシャの2機種の場合、また、供給時にグリズリフィーダによって一定のサイズ以下を通過させたり、全量を供給する場合がある。

この1次破碎粒度は、実際の破碎試験地を考慮(試験機と実用機の相違)し決定するか、または概算的に図6-6-4のジョークラッシャの破碎粒度分布曲線例などを用いる。

以下の各破碎粒度についても同様である。

1次破碎後の最大粒径は、200mm程度以下とするのが一般的である。

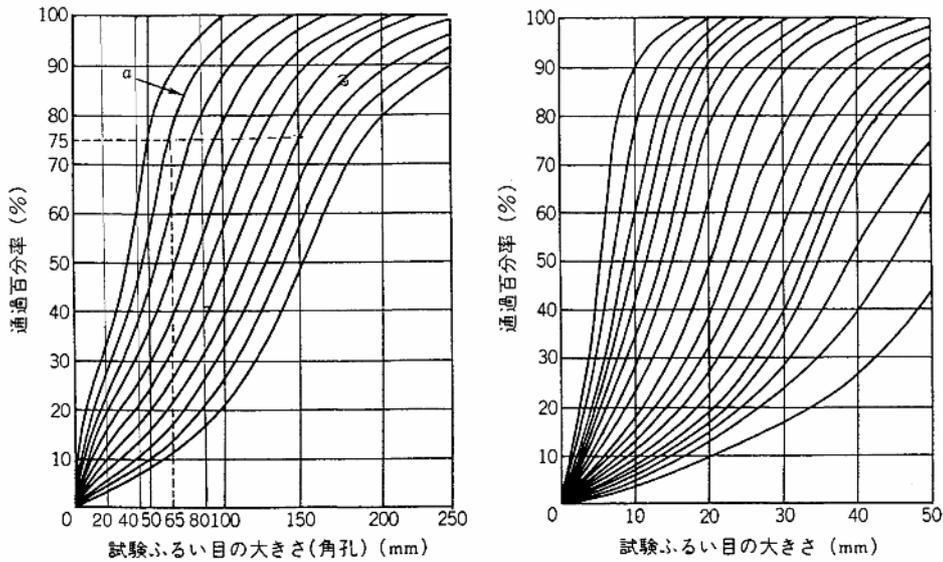


図 6-6-4 クラッシュヤの破碎（製品）粒度分布（例）

注 2) 図 6-6-4 の利用法

本図はを用いて破碎粒度分布を推定するには、①クラッシュヤの形式および破碎岩石の種類によるクラッシュヤの出口セットに等しい角孔ふるいの通過百分率を表 6-6-1 から求め、②計画した粒度と通過百分率の交点を通る破碎曲線を同図上に設定して粒度分布を求める方法である。例えば出口セット 65 mm のジョークラッシュヤで花崗岩を破碎する場合、表より通貨量 75% が得られ、図より破碎曲率 a を設定し、図上より破碎粒度を求める。

表 6-6-1 クラッシュヤ出口間隙に等しい角孔のふるい目を通過する量（例）

クラッシュヤの種類		測定する出口間隙	花崗岩 砂 岩	安山岩 輝緑岩	石灰石 ドロマイト
ダブルトッグルクラッシュヤ		開いたとき	75% 以下	80% 以下	85% 以下
シングルトッグルクラッシュヤ		〃	75 〃	80 〃	85 〃
ジャイレートリクラッシュヤ		開 き 側	75 〃	80 〃	85 〃
油 圧 式 コ ー ン クラッシュヤ	コ ー ス 形	閉 じ 側	40	45	50
	セ ミ コ ー ス 形		44	49	54
	メ ジ ェ イ ト 形		48	53	58
	フ ァ イ ン 形		55	60	65
スプリング式コーンクラッシュヤ (エキストラコース形)		〃	45 〃	50 〃	60 〃

(4) 2次破碎粒度

2次破碎においては、1次破碎後の原骨材中に配合粒度以上の大径骨材を含む場合が多く、これと配合粒度の最大サイズ（例えば 150~80mm の玉石）のふるい分け量と目標製造量の差の過剰分を2次クラッシュヤに供給し破碎する。

(5) 3次破碎粒度

2次破碎の過不足量（例えば、80～40mmの大砂利）の過剰分を3次クラッシャに供給し破碎する。

しかし、この目標値を100%満足することは該当する機種の設定可能出口間隔（一般にCCS）の関係から大型機になると困難であり、上のサイズ（例えば40～20mm）が出る。この場合、循環方式を採用し3次クラッシャ処理量の修正（割増し）をする。

(6) 製砂処理量

3次破碎後、生産されてくる最小粗骨材（例えば20～5mmの小砂利）の余剰分と5mm以下の砂原料を水と一緒にロッドミルに供給して粉碎し製砂する。

(7) ふるい分け処理量

ふるい分け設備には、1次破碎後の粒度分布のものと2次、3次クラッシャで破碎された粒度分布のものがリターンされるので、これを合計したものが最上段ふるいの処理量となる。

(8) その他留意事項

① 1次破碎設備とふるい分けを含む2次破碎設備の稼働条件（例えば日当たり運転時間）が異なる場合の2次破碎設備投入量は、製造目標に対応するように換算する。

② フロー計算中のロス分の処理については次のような方法をとる。

(イ) ロス分は製砂ロスと洗浄ロスのみとした場合、サージパイルより引き出すときに、製砂ロス分を除く他のロス量を5mm以下の中で減じる。

(ロ) ロス分を次のように区分したそれぞれにロスの設定量を右の粒径の中で処理する。

・混入した粘土分	: 洗浄後	5mm以下
・クラッシャ発生微分	: 各クラッシャ	5mm以下
・ロッドミル粉碎	: 製砂	5mm以下
・ストックロス（デッドストック分等）	: 引出し時	各粒度一律

③ 骨材の流れ方式

骨材プラントのフロー方式には、流れ方式（Open Circuit）と循環方式（Closed Circuit）の2方式がある。

流れ方式は、階段破碎方式とも呼ばれ、各階段に対してクラッシャの破碎比を適当に保てば、ふるい処理量および破碎機負荷は循環量がない分だけ少なくてすむ。この方式は、理論的にはよいが、一般には投入原石の粒度分布をコントロールすることが出来ないため、これが可能な河床砂礫の場合以外は、ダム工事に用いられる例はほとんどない。

循環方式は、2次、3次破碎機等で、骨材を所定サイズ以下に一度で破碎するのでなく、ある程度の量のオーバーサイズが出る機種を選定したそのオーバーサイズを再び破碎機に戻す方式である。

戻されたオーバーサイズの骨材は、再度破碎してまたオーバーサイズの骨材が出る繰返しの流れ等比級数関係となるので、循環量は次式となる。

$$T = \frac{A}{1 - R}$$

ここに、T：全供給骨材量（t/h）

A : 最初の供給骨材量 (t/h)

R : 破砕機製品中のオーバサイズの割合

この方式は循環量が増加する分、設備の容量が増す短所があるが、原石を有効に所定粒度の製品に製造でき、プラント配置としては比較的コンパクトにまとめられるという長所もある。

- ④ 級機から越流した濁水を濁水処理設備まで導流する排水溝には微粒砂が多量に沈降するので、これを細骨材の一部として有効活用することにも配慮する。

3. 所要能力

3-1 所要能力

$$R_p = \frac{G \cdot V}{d \cdot h}$$

$$A_p = \frac{R_p \cdot (1 + a)}{(1 - L) \cdot k}$$

ここに、 R_p : 骨材製造所要能力 (t/h)

A_p : 1次破砕設備投入量 (t/h)

G : コンクリート m^3 当たり (t/ m^3)

V : 月最大コンクリート打込み量 (m^3)

a : 原石供給の変動に対する余裕率……………0.15

d : コンクリート最大打込み月の骨材製造可能日数 (日)

h : 当該月の日当たり実運転時間 (h/日)

L : 骨材製造過程におけるロス率

ロス率の一例	洗 浄	2.7%
	破 砕	7.3
	製 砂	15.0
	全 体	13.8%

k : 1次破砕設備と2次破砕設備で、運転時間を変える計画とする場合の当該の比率

4. 各機械設備能力

4-1 骨材採取機械

ダム用骨材は河川堆積砂礫を利用する場合と、原石山骨材を使用する場合とがあり、これらを採取し破砕、選別して生産する。

河川堆積砂礫と骨として用いる場合の採取は、ショベルやバックホウあるいはドラグラインとブルドーザなどの組合せで行われる。河川堆積砂礫は、洪水時等には採取できなくなることがあるので、必要貯蔵量を決定するにはこの点を考慮に入れる必要があり、さらに出水時における機械の待避場所も考えておかなければならない。

原石山の掘削は、ベンチカット工法、坑道発破工法、グローリホール工法等があるが、最近では、クローラドリルを用いて5~15m程度のベンチ高さを有するベンチカット工法が一般化しており、採取機械はショベルやバックホウとブルドーザの組合せで構成される。

4-2 一次破碎設備

(1) 1次破碎機の機種としては、通常、ジョークラッシャが使用されているが、大容量のプラントではジャイレートリクラッシャが使用されることがある。

ジョークラッシャには、ダブルトッグル形とシングルトッグル形の2形式があり、その比較は「ダム施工機械設備設計指針案」を参照のこと。

(2) 1次クラッシャへの供給には、一般に特重形エプロンフィーダが使用されているが、最近ではトラフ前面に、グリズリを有する特重形振動フィーダ（グリズリフィーダ）を使用し、セット寸法以下の骨材をクラッシャに投入せず負荷を軽減させる方法が採用されている。

(3) 1次破碎設備の所要能力

$$Q_a = R_p \cdot \frac{1}{E}$$

ここに、 Q_a : 所要設備能力 (t/h)

R_p : 骨材製造所要能力 (t/h)

E : 作業効率

[例]

設備名	作業効率
1次破碎設備	0.65
2次破碎設備	0.80
3次破碎設備	0.73

(参考) クラッシャの能力

1) 石灰石をベースとした堆算式の例を示す。

$$Q_a = Q_p \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \frac{\gamma}{16}$$

ここに、 Q_a : 所要設備能力 (t/h)

Q_p : 骨材製造所要能力 (t/h)

K_1 : 岩石の破碎性による係数

K_2 : 岩石の含水分による係数

K_3 : 岩石の粒度状態による係数

γ : 岩石のかさ比重 (t/m³)

2) カタログ値 (所要能力)

表 6-6-2 (t/h)

供給口寸法 (幅×開き)	出口セット量			
	125mm	135mm	150mm	175mm
1200×1070	310	340	350	380
1500×1200	384	412	456	510

3) 上記値に対する修正係数

表6-6-3 クラッシュの破碎能力算定に用いる修正係数

修正係数	碎石の条件による係数の値		
K ₁	破碎しやすい岩石 石灰石・ドロマイト等	中程度の岩石 安山岩・花崗岩等	破碎し難岩石 輝緑石・硬質砂岩等
	1.0	0.59~0.85	0.85~0.75
K ₂	乾燥したもの 1.0	若干湿っているもの 0.9~0.8	相当湿っているもの 0.7~0.6
	ただし出口間隙が大きく、岩石に粘着性のない場合は、水分の影響なし 1.0		
K ₃	出口間隙以下の細粒を 含む場合	出口間隙以下の細粒は 含まない場合	出口間隙に比べ大きな 粒子のみ
	1.2~1.1	1.0	0.8~0.6

4-3 骨材洗浄設備

- (1) 骨材洗浄設備は、岩石などに混入する粘土や有害物および骨材に付着している不良鉱物等を除去するために使用し、一般にドラムスクラバおよび湿式ふるいをを用いる。
- (2) 洗浄機使用の目安は以下のとおりである。
 - ・粘土分の付着が軽度の場合……………湿式ふるい
 - ・粘土、表土を多量に含む場合……………ドラムスクラバ
- (3) ドラムスクラバの大きさと所要水量の関係は設計指針（案）参照のこと。

表6-6-4 ドラムスクラバの所要水量（参考）

機 械 寸 法 ドラム径×長さ (mm)	処 理 能 力 (t/h)					所 要 水 量 (m ³ /min)
	滞 留 時 間					
	40 s	50 s	1 min	2 min	3 min	
1200×2400	85	68	57	28		0.45~0.65
1200×3000	106	85	71	55		0.50~0.70
1500×3000	165	132	110	55	37	0.85~1.20
1500×3600	199	159	132	66	44	1.0~1.5
1800×3600		230	192	96	64	1.5~2.5
1800×4500		238	240	120	80	1.8~3.0
2100×4500		383	319	160	106	2.5~3.8
2100×5100		444	370	185	123	2.8~4.3
2400×4500			427	214	142	3.2~5.0
2400×5100			485	245	162	3.6~5.5

(注) 1) 処理能力は見掛け比重 1.6 のものをドラム内容積の 18%連続定量供給した場合を示し、ドラム内滞留時間に逆比例して増減する。

4-4 ふるい分け設備

- (1) ふるい分けの方式は湿式と乾式があるが、ダム用骨材は洗浄を必要とするので、湿式がほとんどである。
- (2) 機械としては振動ふるい（バイブレーションスクリーン）が用いられ、円振動傾斜形と直線振動水平形の2形式がある。
 - 1) 傾斜形（リップフロー形スクリーン）

① ふるい目と処理物の大きさ

用途に応じたふるい目との関係は表 6-6-5 を参照とする。

表 6-6-5 リプルフロー形スクリーンの用途とふるい目との関係 (参考)

用 途	区 分	最大ふるい目 (mm)	最小ふるい目 (mm)	処理物の最大寸法 (mm)
粗ふるい専用 (ケリースリハバー)	大 塊 用	260	25	1000
650~200 mm までを含むふるい分け	大 中 塊 用	200	25	650
200 mm 以下のふるい分け	中 塊 用	125	0.35	200
150 mm 以下のふるい分け	中 小 塊 用	75	0.35	150

② ふるい目と振幅および振動数

目安として表 6-6-6 に一例を示す。

表 6-6-6 リプルフロー形スクリーンのふるい目と振幅・振動数との関係 (目安)

ふるい目 (mm)	振 幅 (mm)	振動数 (cpm)
180 以上	12.5 以上	800~700
180~100	12.5~11	800~700
100~50	11 ~ 9.5	900~800
50~20	9.5~8	1000~900
20~3	8 ~ 6	1200~950
3 以下	6 ~ 3	1750~1400

2) 水平形 (ローヘッド形スクリーン)

① ふるい目と処理物の大きさ

用途に応じたふるい目との関係は表 6-6-7 を参照とする。

表 6-6-7 リプルフロー形スクリーン用途とふるい目との関係 (参考)

用 途	区 分	最大ふるい目 (mm)	最小ふるい目 (mm)	処理物の最大寸法 (mm)
150 mm 以下のふるい分け	中 小 塊 用	260	25	1000
粗粒・小塊のふるい分け	粗粒・小塊用	40	0.17 (80 メッシュ)	60

② ふるい目と振幅および振動数

目安として表 6-6-8 に一例を示す。

表 6-6-8 リプルフロー形スクリーンのふるい目と振幅・振動数との関係 (目安)

ふるい目 (mm)	振 幅 (mm)	振動数 (cpm)
50~40	12~11	900~1100
40~20	11~10	900~1150
20 以下	10~6	950~1150

3) 粗粒骨材ふるい用には傾斜形、細粒骨材ふるい用には水平形または傾斜かたが用いられる。

4) 必要なふるい面積は次式による。

$$A = \frac{Q}{q \cdot \rho \cdot K}$$

ここに、A : 必要なふるい面積 (m²)

Q : 処理量 (t/h)

ρ : 骨材の単位体積重量 (t/m³)

q : 基準処理能力 m³/m²・h 表6-6-9による。

K : k・l・m・n・o・p・r

表6-6-10による各係数を乗じて値

表6-6-9 スクリーンの基準処理能力 (q)

ふるい目の開き(mm)	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	75	100	150
基礎処理能力 m ³ /m ² ・h	7.0	1.15	20	26	29	33	35.5	38	41	42.5	45	56	67	90

表6-6-10 各係数の値

係数	係数に考慮された条件	ふるい分け条件と係数の値											
k	粗粒の影響	ふるい目開きより大きい粒子のフィード中の含有率(%)	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90
		kの値	0.9 1	0.9 4	0.9 7	1.0 0	1.0 3	1.0 9	1.1 8	1.3 2	1.5 5	2.0 0	3.3 6
l	細粒の影響	ふるい目の開きの1/2より小さい粒子のフィード中の分有率(%)	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90
		lの値	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
m	ふるい分け効率	ふるい分け効率(%)		40	50	60	70	80	90	92	94	96	98
		mの値		2.3	2.1	1.9	1.6	1.3	1.0	0.9	0.8	0.6	0.4
n	粒子の形状	粒子の形状	さまざまな破砕物					円い形(玉石のような)					
		nの値	1.0					1.25					
o	水分の影響	水分	25mm以下のふるい					25mm以上のふるい					
			乾燥	湿り		廃棄物		水分の値により					
		oの値	1.0	0.75~ 0.85		0.2~0.6		0.9~1.0					
p	ふるい分け方法	湿式か乾式か	25mm以下のふるい					25mm以上のふるい					
			乾式		湿式(流水)			1.0					
		pの値	1.0		1.25~1.40								
r	ふるいデッキ	デッキは何段目か	1段目			2段目			3段目				
		rの値	1.0			0.9			0.8~0.75				

5) 分級設備能力

ふるい分け設備の分級機は、ふるい通過量が対象となる。

設備能力は次式による。

$$Q_o = Q \cdot \frac{1}{E}$$

ここに、 Q_o : 必要設備能力 (t/h)

Q : 時間当り作業量 (製品ダスト) (t/h)

E : 作業効率=0.8とする。

以上の値より表6-6-11よりスパイラル分級機を選定する。

表6-6-11 スパイラル径・ピッチおよび回転数と掻上げ能力との関係

スパイラル径 (mm)	タンク長さ(mm)		毎分回転数 (rpm)	最大掻上げ能力* (t/h)	最多越流水量 (m ³ /min)		電動機出力 (kW)
	サブマージト形	ハイウェイ形			越流粒径 0.3(mm)	越流粒径 0.15(mm)	
300	3600	2500	14~35	0.17	0.25	0.15	0.75~1.5
450	4000	3100	10~24	0.59	0.60	0.40	1.5~2.2
600	5000	3600	10~17	1.41	0.95	0.60	2.2~3.7
750	5500	4100	8~13.5	2.76	1.60	1.00	2.2~3.7
900	6500	4500	8~11.5	4.77	2.40	1.40	3.7~5.5
1050	7500	5100	6~10	7.58	3.80	2.40	5.5~7.5
1200	8000	5500	6~8.5	11.30	5.00	3.00	5.5~7.5
1350	8500	6000	4~7.5	16.10	6.40	4.00	7.5~11
1500	9000	6350	4~7	20.00	8.30	5.00	7.5~11

(注) 1) 電動機出力は供給物の真比重が2.7スパイラルピッチがダブル、タンクの傾斜が16°42' (3/10)の場合を示す。

2) 最大掻上げ能力は単式ダブルピッチで供給物の真比重が2.7のときのスパイラル1rpm当たりの能力を示す。

シングルピッチの場合は本表の50%、トリプルの場合は150%、複式ダブルピッチの場合は本表の200%の能力となる。

4-5 2次・3次破碎設備

(1) 2次・3次破碎設備は、負荷の変動に対して所要の骨材粒度の調整ができる容量をもち、関連機器との取り合いも考慮し、機種等を決定する。

(2) 2次・3次破碎設備は一般に破碎室の出口セットが簡単に替えられ、破碎効率のよいコーンクラッシャが用いられる。

(3) 所要能力は次式による。

$$Q_o = Q \cdot \frac{1}{E}$$

ここに、 Q_o : 必要設備能力 (t/h)

Q : 時間当り作業量 (t/h)

各々のふるい分け設備で選別された骨材の余剰分

E : 作業効率=0.8とする。

以上の能力より機種選定する。

表 6-6-12 に使用例を示す。

表 6-6-12 2次・3次破碎設備 (例)

	形 式	供給口寸法mm (開き×マントル径)	出口セット (css)mm	標準破碎 能力 (t/h)	電動機 出力 (kW)	台数
2次破碎設備	コ ー ス 形	250×1300	25	108	95	2
3次破碎設備	インタミディエト形	250×1300	11	72	110	2

4-6 製砂設備

(1) 製砂設備は、安定した破碎・分裂ができるほか、粒度の調整および保守の容易な機種を選定することにより、ロッドミルを標準とする。

(2) 必要設備能力は次式による。

$$E_o = F_o \cdot \frac{1}{E}$$

ここに、 E_o : 必要設備能力 (t/h)

F_o : 2次プラントよりの原料供給量 (t/h)

E : 作業効率=0.75 とする。

(3) 製砂設備の選定

ロッドミルの破碎仕事量は Bond 式より求める。

$$W = 12.125 \cdot W_1 \left(\frac{1}{\sqrt{P'_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F'_{80}}} \right) \cdot K$$

ここに、 W : 原料 1 t 当たりの所要動力 (kwh/t)

P'_{80} : 製品の 80% がふるい下となるふるい目の大きさ (μ)

F'_{80} : 原料の 80% がふるい下となるふるい目の大きさ (μ)

K : 粉碎条件で湿式・乾式・ミル径などにより決まる

係数 $K = K_1 \cdot K_2$

K_1 : 湿式の場合 1.0

乾式の場合 1.3

K_2 : ミル内径 D_1 (mm) による補正

$$K_2 = \left(\frac{2.440}{D_1} \right)^{0.2}$$

W_1 : $43.16 \cdot C / S_p$

① 破碎試験結果がある場合

$$W_1 = \frac{P/W'}{12.125 \left(\frac{1}{\sqrt{P'_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F'_{80}}} \right) \cdot K_1 \cdot K_2}$$

ここに、 P : 破碎試験での所要動力 (kW)

W' : 破碎試験結果における能力 (t/h)

② 破碎試験が行われていない場合

$$W_1 = 2.59 \cdot C / S_p$$

ここに、C : 衝撃破碎強度 (kg-m/cm)
 S_p : 原料の比重

表 6-6-13 原料の比重 S_p ・衝撃破碎強度 C・仕事指数 W_1 の関係 (参考)

破碎岩種	比重 (S_p)	C (kg-m/cm)	W_1 (kw-h/t)
石灰岩	2.6	0.19~0.98	3.15~16.27
砂岩	2.6	0.28~0.76	4.65~12.62
花崗岩	2.6~2.7	0.61~1.74	9.75~27.81
頁岩	2.66	0.82	13.30

(4) 破碎所要動力および電動機出力

$$K_w = E_o \cdot W$$

$$M_{Kw} = K_w \cdot (1 + a)$$

ここに、 K_w : 所要動力 (kW)
 E_o : 必要設備能力 (t/h)
 M_{Kw} : 電動機出力 (kW)
 a : 余裕率 = 25~30%

(5) 分級設備

- (1) ロッドミルから排水されたパルプ濃度を 25~40% 程度とする。
- (2) コンクリート用細骨材を製造する場合のクラッシュファイヤによる分級点は 0.074 mm (200 メッシュ) 程度が適当である。

(3) 所要能力

$$P_o = F_o \cdot (1 - a)$$

$$M_{Kw} = K_w \cdot (1 + a)$$

ここに、 P_o : 必要設備能力 (かき揚げ能力) (t/h)
 F_o : ミル粉碎量 (2 次プラントよりの原料供給量) (t/h)
 a : 製砂ロス (15~25%)

(4) オーバーフロー水量

パルプ濃度 a % とすると

$$a = \frac{G}{G + W} \times 100$$

ここに、 W : オーバーフロー水量 (t/h)
 G : 固形物の重量 (t/h)

$$W = \left(\frac{100}{a} - 1 \right) \cdot G$$

(5) 機種選定

掻上げ能力とオーバーフロー水量より選定する。

第7節 骨材貯蔵設備

1. 計画一般

骨材貯蔵設備の計画にあたっては、地形地質条件等を考慮しながら必要貯蔵容量及び貯蔵設備形式の選定を行い、骨材生産作業の施工性の向上と品質管理及び保守整備の容易性に配慮するものとする。

2. 貯蔵設備の容量

骨材貯蔵設備の容量は、骨材の製造、骨材の運搬、コンクリート練り混ぜ、コンクリートの運搬打設の各施工段階において良好な作業能率を安定して確保できるように各現場条件を十分に把握して決定する。

2-1 原石ビン（参考）

キーワード	原石ビンの構成及び機能
設置目的	原石山から採取した原石をダンプトラックで運搬して鉄筋コンクリート製の原石ビンに投入し1次破碎設備に安定して原石を供給する目的で設置
ビン容量	原石山と1次破碎設備間の距離、運搬するダンプトラックの規格、1次破碎設備の能力等によって決定されるが、一般的には通常使用するダンプトラック積載量3～5台分
グリズリ	原石ビン上には固定グリズリーバを設置して大塊の投入を防止
小割	グリズリーバに引っかかった原石はブレーカで小割

2-2 サージパイル（参考）

キーワード	サージパイルの構成及び機能
設置目的	1次破碎設備のジョーあるいはジャイレトリークラッシャーで破碎された原骨材を貯蔵して洗浄－篩分－2～3次破碎－製砂の一連の骨材生産設備に安定的に原料を供給する目的で設置
パイル容量	1次破碎設備は大塊の原石を処理するため摩耗および損傷が激しく保守整備の休止時間を要することを考慮してパイルの有効量を決定 通常、有効貯蔵量は2～5日間程度
貯蔵形式	通常、野積みのストックパイルを採用 小規模ダムや野積みのストックパイル敷地の確保ができない場合にコルゲート骨材ビンを使用

2-3 砂原料ビン（参考）

キーワード	砂原料ビンの構成及び機能
設置目的	洗浄-2~3次破碎-篩分設備からの砂原料供給量の変動を吸収しながら製砂設備に対して安定的に砂原料を供給する目的で設置
ビン容量	洗浄-2~3次破碎-篩分設備内の各機器の摩耗部品等の取替、補修、整備による休止時間を考慮してビンの有効量を決定 通常、砂原料ビンの有効貯蔵量は5~10時間分程度
貯蔵形式	一般的にコルゲート骨材ビンを使用

2-4 製品骨材ストックパイル（貯蔵ビン）（参考）

キーワード	製品骨材ストックパイル（ビン）の構成及び機能
設置目的	骨材製造設備の作業中断が発生してもコンクリートの打設作業を継続できるようにバッチャープラントに製品骨材を供給する目的で設置
ストック容量	骨材製造設備の主要部品の破損等の重大な故障が発生しても部品手配・輸送・故障修理に要する日数を考慮して有効ストック量を決定 通常、有効貯蔵量は細骨材及び粗骨材共3~5日分程度
貯蔵形式	一般的に野積みストックパイル及びコルゲート骨材ビンを採用

2-5 骨材調整ビン（参考）

キーワード	骨材調整ビンの構成及び機能
設置目的	骨材プラントからバッチャープラント間の距離が約1km以上ある場合にはバッチャープラントの近傍に骨材調整ビンを設置してバッチャープラントに製品骨材を安定供給する目的で設置
ストック容量	一般的にバッチャープラント内に装備している骨材貯蔵槽容量の3倍以上
貯蔵形式	一般的に鋼板製及びコルゲート骨材ビンを採用

3. 貯蔵設備の方式

3-1 方式の種類（参考）

貯蔵形式は、野積方式、隔壁方式、ビンがあり各形式の得失と現場条件を踏まえて選択する。一般的な使用状況は下表のとおりである。

キーワード	サージパイル	砂原料ビン	製品ストックパイル	骨材調整ビン
野積方式	○		○	
隔壁方式	○		○	○
コルゲートビン方式	○	○	○	○
鋼製ビン方式				○

(1) 野積方式（参考）

キーワード	野積方式の特長
粗骨材	骨材表面水の少ない粗骨材の貯蔵の方法として数多く採用されている方式
細骨材	骨材表面水の多い細骨材でも数多く採用されているが水切りのため3山以上の設置が必要
広い設置面積	基礎工事に要する費用が少なく経済的であるがデッドストック量が多くなり広い設置面積が必要
大きな上屋	夏期日射による骨材温度上昇及び雨水を防止するため大きな上屋が必要

(2) 骨材ビン方式（参考）

キーワード	骨材ビン方式の特長
粗骨材 細骨材	狭隘な敷地に粗骨材・細骨材を貯蔵する方法として数多く採用されている方式
コンパクトな設置面積	狭い敷地面積に貯蔵設備をコンパクトに配置することができるが骨材の引出しにボックスカルバートが必要
設置費	コルゲートビン及びボックスカルバートが必要となるので費用を要する

(3) 隔壁方式（参考）

キーワード	隔壁方式の特長
粗骨材 細骨材	野積方式に比較してデッドストック量を削減できる
設置面積	設置面積は野積方式と骨材ビン方式の中間程度
設置費	鉄筋コンクリート製の隔壁及び上屋を必要とするので野積方式に比較して高価
骨材輸送	製品骨材の輸送にダンプトラックを使用する場合等に多く採用されている方式

3-2 骨材引出し設備（参考）

キーワード	骨材引出設備
引出暗渠	ベルトコンベヤにより骨材を引出す場合にはビンの下部に鋼製（コルゲート暗渠）またはコンクリート製ボックスカルバートを設置
所要スペース	暗渠内空断面は骨材の引出装置（振動フィダー・カットオフゲート）、排水施設、運転員の通路の設置に所要スペースを確保
引出口	暗渠内の引出口の大きさは1,000mm×800mm程度
補強材	引出口にはH鋼製のリング状の補強材を設置して引出装置の沈下を防ぐ

4. 品質管理面から見た設計上の留意事項（参考）

4-1 骨材貯蔵設備内の骨材温度対策（参考）

キーワード	骨材貯蔵設備内の骨材温度対策
温度規制	コンクリートの練上がり温度は25℃以内（ひび割れの発生の防止）とする規制があるので主材料である骨材温度を制御することが必要
上屋と散水	貯蔵中の骨材温度の上昇を防止する目的でストックパイル上屋あるいは散水装置の設置を計画
温度対策	① 貯蔵ビン外部に配管を設置し、河川水を散水する方法（玉川ダム） ② 貯蔵ビン外周に硬質ウレタンフォームを吹付ける方法（浦山ダム） ③ 貯蔵ビン外周に断熱シートを巻き付け養生する方法（月山ダム）

4-2 骨材貯蔵設備内への雨水流水防止（参考）

キーワード	骨材貯蔵設備内への雨水流入水防止対策
コンベヤカバー	貯蔵ビンあるいは調整ビンを低い位置に設置するとベルトコンベヤが下り勾配となり降雨時に貯蔵ビン内へ雨水が流入するのでコンベヤカバー等の設置
上屋の設置	ストックパイルおよび貯蔵ビン及び調整ビンに上屋を設置して雨水の流入防止
砂の水切り	細骨材の表面水量は非常に多くまた変動も大きいので貯蔵ビンの数は最低でも3個以上とし貯蔵後少なくとも24時間以上経過させて水切りを図る
良好な排水	ストックパイルおよび貯蔵ビンからの良好な排水構造の検討

4-3 粗骨材の再破碎と粒度分離の防止（参考）

キーワード	粗骨材の再破碎と粒度分離の防止対策
破碎と分離	製品骨材をベルトコンベヤで骨材貯蔵設備に供給する場合、骨材の落下高さが高くなるので粗骨材の再破碎と粒度分離が生じる
ロックラダー	製品骨材の再破碎及び粒度分離を防止するためストックパイルおよび貯蔵ビン（G1、G2、G3）にはロックラダーを設置

5. 運転保守管理面から見た設計上の留意事項（参考）

キーワード	運転保守管理面から見た設計上の留意事項
骨材 貯蔵設備	製品貯蔵設備及び骨材調整ビンの設置場所はバッチャープラントにできるだけ近い場所で平坦な敷地に設備することが望ましい
設置場所	ストックパイル及びサージパイルの設置場所に谷間の傾斜面を有効に利用すれば骨材のデッドストック及び設備面積も小さくできる
運転室の 位置	ダンプ輸送により骨材を受け入れる骨材貯蔵設備を計画する場合には、運転室からダンプトラックの荷卸状況を確認できる場所に設置することが望ましい
荷卸し ヤード	ダンプトラックの荷卸、方向変換、待機のスペースを十分確保するよう計画
防塵対策	(1)原石ビン上には建屋を設置してダンプトラック侵入側のみ開口とし、原石投入時には散水して粉塵飛散を防止 (2)サージパイル供給コンベヤから骨材が落下する時に粉塵が発生するので粉塵飛散防止のため散水装置を設置
散水用配管	骨材貯蔵設備においては防塵及び骨材温度低減対策として散水装置を設ける場合が多くなってきているので散水用の給水配管を設置
コンベヤ 支柱	トリップで荷卸しする大量の貯蔵量を有するサージパイルでは、ストックパイルを跨いで支柱を設置して骨材が支柱に接触しない方法を採用
支柱の補強	サージパイルの有効貯蔵内に埋まる支柱には骨材の側圧に対して十分な補強と摩耗対策が必要
暗渠出入口	野積みサージパイルのように引出暗渠が長い場合には、安全対策として両側に出入口を設ける
空洞	砂ビン内にアーチアクションによる大きな空洞が発生するとバッチャープラントへの砂供給が中断するのでパイブレータ及びダイレクトブラスターを設置
防音対策	骨材輸送設備の中で粗骨材が直接ホッパー等の鋼板に当たり大きな衝撃音の発生が予測される場合にはゴムライニングによる防音対策を施す
落石防護 対策	施工の安全性を確保するため地山からの落石防護柵及びベルトコンベヤからの落石を防止する防護網を必要に応じて設置

6. 貯蔵容量

貯蔵容量は、供給側の輸送条件の確実性、骨材製造設備の運転時間の平準化およびコンクリート製造設備能力の相対関係を考慮して決めるが、一般には次の数量を標準としている。

- (1) 原 石 ビ ン：ダンプトラック運搬の場合：1基当たり5～15台分
- (2) サ ー ジ パ イ ル：工事最盛期における日平均使用量の3～5日分
- (3) 製品ストックパイル：工事最盛期における日平均使用量の3～5日分
- (4) 骨材調整ビン
 - ① ベルトコンベヤで1km程度の場合：工事最盛期における日平均使用量の4～5時間分
 - ② ダンプトラックで30km程度の場合：工事最盛期における日平均使用量の2～3日分

なお、工事最盛期における日平均使用量は、

$$V_o = \frac{V \cdot G}{(1-a) \cdot \gamma}$$

ここに、V：コンクリート月最大時日平均打設量 (m³/day)

G：コンクリート1m³当たりの骨材量 (t/m³)

a：骨材製造ロス (例 13.8%)

γ：余裕率=25～30% (t/m³) (=例 1.6)

7. 配 置

貯蔵設備の投入口、引出し口には次のことを考慮する。

- (1) 粗骨材用ストックパイルおよび貯蔵槽にはロックラダを設ける。
- (2) 貯蔵設備の底部には、引出し条件を考慮して、カルバートを設ける。

8. サージパイルの有効容量

- (1) 円錐形サージパイルの場合

$$V = \frac{\pi D^3}{24} \cdot \frac{n^3 + \tan 40^\circ}{\left(n + \frac{\tan 45^\circ}{\tan 40^\circ}\right)^a} \cdot a$$

ここに、V：有効量 (m³)

D：底部の直径 (m)

n：引出し口数 (個)

γ：①部分のデッド量を表す係数で、nにより変化する。

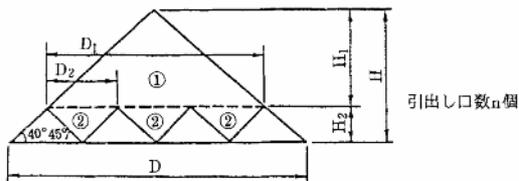


図 6-7-2 パイル寸法

表 6-7-2 a の値

n	a
1	1
2	0.830
3	0.739
4	0.679

また必要パイロ径Dは

$$D = C \cdot \sqrt[3]{V}$$

ここに、C：引出し口数の関係

表 6-7-3 Cの値

n	1	2	3	4
C	3.52	3.20	3.06	2.98

以上よりパイロ径、引出し口数および有効容量の関係を図 6-7-3 に示す。

地形条件によってサージパイロを山腹又は傾斜面に沿って設ける場合には、大塊骨材が分離し易いのでベルトコンベヤからの落とし方向を山側か傾斜面側に向けるように配慮する。

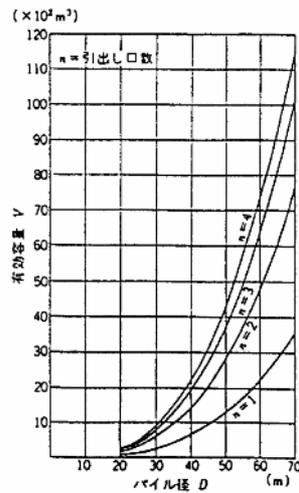


図 6-7-3 パイロ有効量算出図 (円錐形)

(2) 甲形サージパイロ容量

円錐形サージパイロと同様、有効容量とパイロ径の関係は図 6-7-4 に示す。

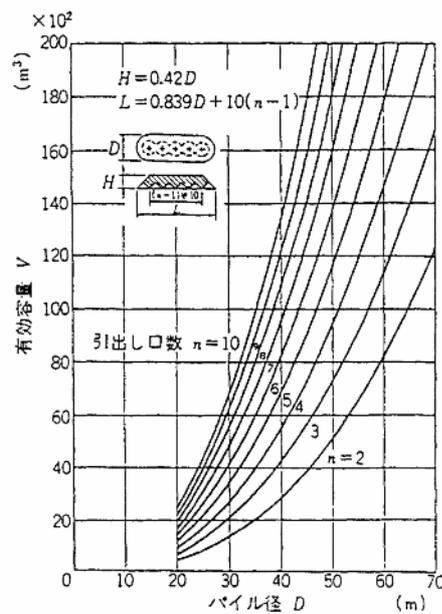


図 6-7-4

9. ストックパイル

- (1) ストックパイルの設計はサージパイルに準ずる。
- (2) 細骨材のストックパイルは、屋根付きとする。

第8節 骨材引出し設備

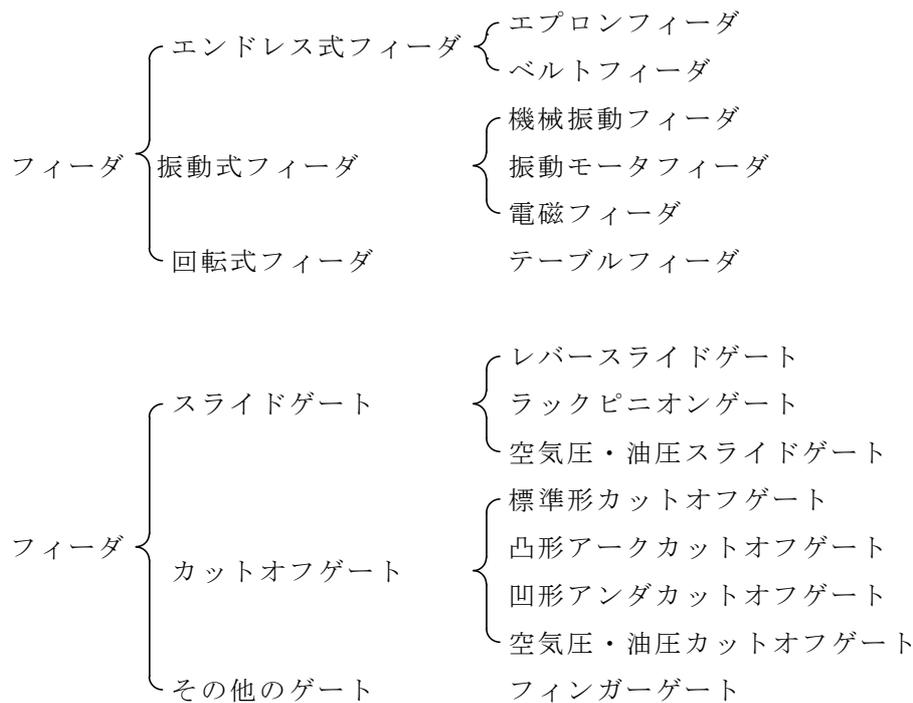
1. 計画一般

骨材引出し設備は、貯蔵設備の形式、骨材の種類および使用目的に応じて選定する。

〔解説〕

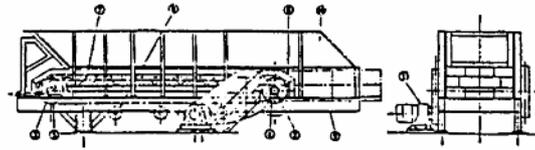
- 1-1 骨材引出し設備の形式はゲートとフィーダに大別され、その分類は表6-8-1のとおり。
- 1-2 ゲートは構造は簡単であるが、調整がむずかしいので、出口寸法を調整できる構造とする。
- 1-3 フィーダは骨材粒径に関係なく安定した引出しが可能である。

表6-8-1 ゲート、フィーダの分類

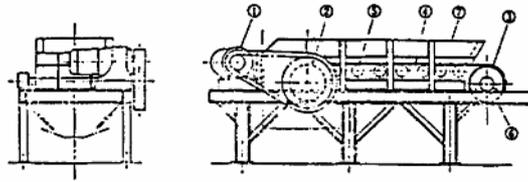


2. 機種を選定

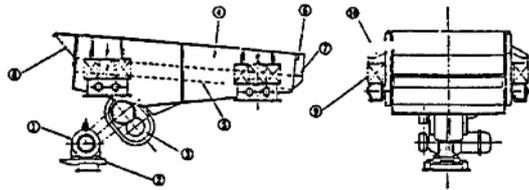
- (1) 原石ビンからの引出しに用いるフィーダは、投入時の衝撃に耐える強度を必要とし、かつ定量連続引出しをするので、特重形エプロンフィーダ、特重形振動フィーダが適している。
- (2) サージパイルからの引出しに用いるフィーダは2次、3次クラッシャ、ふるい分け、コンベヤなどの負荷状況に応じて供給量の調整が簡単にできる振動フィーダが適している。
- (3) 製品ストックパイルからの引出しでは、一般に、粗骨材は振動フィーダ、細骨材はカットオフゲートが用いられている。
- (4) 骨材調整ビンからの粗骨材の引出しには振動フィーダが、細骨材ではカットオフゲートが用いられている。



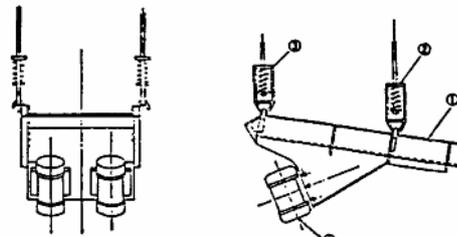
エプロンフィーダ



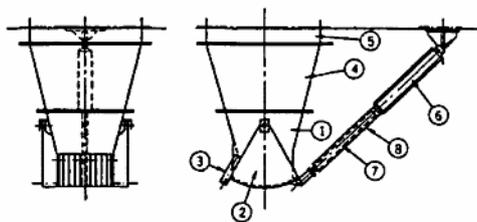
ベルトフィーダ



機械振動フィーダ



振動モータフィーダ



カットオフゲート

3. 設備の能力

3-1 エプロンフィーダ

(1) フィーダの幅は 450～1500mm が一般的である。速度は 3～10m/min 程度で調整可能とする。

(2) エプロンフィーダの条件

① 原石最大塊寸法

原石ビン上部グレート目開寸法はグリズリ間隔以下とする。

グリズリ間隔 = $0.7 \times$ ジョークラッシャ供給口開き寸法

② 機幅寸法

機幅寸法 > 岩石の最大辺長寸法 とする。

(3) エプロンフィーダの供給能力

$$Q = 60 \cdot \gamma \cdot A \cdot \mu \quad (\text{t/h})$$

ここに、A : 積載断面積 = 側板有 $B \cdot H$ 、側板なし $0.75 B \cdot H$ (m²)

γ : 骨材等の見掛比重量 (t/m³)

v : チェーン速度 (m/min)

B : スカートの間隔 (m)

H : 積載高さ (m)

4. 設備の設計

滑機引出し設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針(案)」の 242 項を参照のこと。

第9節 骨材輸送設備

1. 機種を選定と組合せ

骨材輸送設備は、総輸送量、時間当たり輸送量、輸送期間、輸送距離および地形などを考慮して輸送方式を決定する。

〔解説〕

- 1-1 輸送方法の選定は、①設備費と運転経費とからなる総経費、②設置の難易、③騒音、振動、塵埃等の社会的影響などを考慮する。一般には道路が確保される場合にはダンプトラック、地形上道路を造ることが容易でない場合には、ベルトコンベヤまたは架空索道となる。
- 1-2 総輸送量と期間は設備等に与える影響は大であるので十分な考慮検討する必要がある。
- 1-3 輸送方法は経路の勾配により制限される。

運搬方法	勾配				
	10°	20°	30°	40°	50°
ダンプトラック	-----				
ベルトコンベヤ	-----	-----			

図6-9-1 各種輸送方法の適応最大勾配

- 1-4 延長については図6-9-2に示すように、その長短により輸送方法を採用する。

	10	20	30	50	70	100m	500	1 km	10 km	50 km	100 km	
ダンプトラック							-----	-----	-----	-----	-----	-----
ベルトコンベヤ	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

図6-9-2 各種輸送方法の適応最大勾配

2. 輸送能力

骨材輸送設備の能力は、骨材製造設備の能力を基本として、次式により計算する。

$$Q_a = Q_B (1 + a_1)$$

ここに、 Q_a : 引出し設備能力 (t/h)

Q_B : 設備の所要能力 (t/h)

a_1 : フローの変動に対する余裕率

3. 設備の配置

骨材輸送設備の配置は、輸送量、骨材の大きさ、輸送距離、地形、地質および環境などを考慮して配置する。

〔解説〕

輸送設備の設置上の主要な留意点は次のとおりである。

3-1 ダンプトラック輸送は、道路の幅員、勾配、曲率半径等の道路条件が一般公道の規模を満たしていれば問題はないが、専用道路とする場合には勾配、曲率半径などは一般公道の基準をこえている場合が多い。

3-2 ベルトコンベヤの路線の設定は、次の事項を考慮する。

- (1) ベルトコンベヤの計画においては、路線の設定が最も大切である。路線は勾配の制限を考慮して、直線で結んで構成しなければならない。総延長の長いベルトコンベヤはできるかぎり基数を減らし、1基当たりの機長を長くすることがコンベヤシステムとしての制御が容易となり、積替え点での損傷を少なくし経済的である。
- (2) 地形図にレイアウトする場合は、次の点に考慮する。

① 特殊設計を除き勾配は表6-9-1による。

表6-9-1 ベルトコンベヤの最大勾配

上 コ ン ベ ヤ	切 込 み		下 コ ン ベ ヤ	切 込 み	
	サ イ ズ	別		サ イ ズ	別
		18°			18°
		15°			10°
	20～30%含水砂				

- ② コンベヤの交点は、1.5m程度の落差とする。
 - ③ 交点位置は、支柱の高さが極力低くなる場所を選ぶ。
 - ④ 機長が30m程度以上の場合には、重錘式の緊張装置を設けるので、できればフレームと地表面の間にその余裕をとる。
- (3) フレームおよび支柱（基礎）の設計荷重のうち積雪荷重の影響が高いため、多雪地域では雪崩や雪だまりなどの生じる場所を避けて路線設計を行う。
- (4) 地上1m程度以下を走るベルトコンベヤは、ストリング形フレームを使用する。

3-3 設計上の留意事項（参考）

- (1) 骨材輸送用ベルトコンベヤが工事用道路等を横断する際や高所からのコンベヤからの落石の危険が予測される箇所には落石防護板等を装備する必要がある。
- (2) 2次3次破砕後の製品骨材輸送用コンベヤ乗継部のシュート内には製品の割れ防止とシュート内面保護のために骨材によるデッドストックを形成して骨材同志を接触させるようにして、直接シュート鋼板に骨材が衝突しないよう設計する必要がある。

4. 設備能力

4-1 ベルトコンベヤ

(1) 運搬能力

理論運搬能力は、通常 J I S B 8805 に記載されている次式を用いる。

$$Q = 60 \cdot A \cdot v$$

$$= 60 \cdot K (0.9B - 0.05)^2 \cdot v$$

ここに、Q : 理論運搬能力 (m³/h)

A : 運搬物の積載断面積 (m²)

v : ベルト速度 (m/min)

K : 定数 (表6-9-2より0.1245を採用)

B : ベルト幅 (m)

表 6-9-2 Kの値

積載物の側角	10°	20°	30°
Kの値	0.0963	0.1245	0.1538

注) 骨材輸送の場合、側角は一般に 20° を採用する。

また、実際の運搬能力は理論運搬量の 1.25~2.0 倍の大きさにする必要がある。

① ベルト幅

- ・ 輸送物粒径からは最大寸法の約 3 倍以上の幅が必要。
- ・ 標準は 450、750、900 とする。
- ・ 輸送物の粒径と最小ベルト幅の関係は表 6-9-3 に示す。

表 6-9-3 骨材粒径と最小ベルト幅 (mm)

骨材最大粒径 G _{max}	65	80	100	130	165	200	265	330
最小ベルト幅 V _{min}	400	450	500	600	750	900	1050	1200

② ベルト速度

- ・ 乗継ぎ部の衝撃、摩擦および下りコンベヤの制動等を考慮する。
- ・ 骨材輸送では一般に 100~50m/min 程度が望ましい。
- ・ 表 6-9-4 に最大ベルト速度を示す。

表 6-9-4 最大ベルト速度 (m/min)

ベルト幅 (mm)		400	450	500	600	750	900	1050	1200
最大ベルト速度	砂	105	120	120	135	150	165	180	180
	砂 石	105	120	120	135	150	160	165	165

③ ベルト傾斜角

ベルトコンベヤの許容最大傾斜角は表 6-9-5 による。

表 6-9-5 ベルトコンベヤの最大勾配

種 類	角度	種 類	角度	種 類	角度
砂	乾いたもの	砂 利	玉 砕	砕 石	玉 砕
	湿ったもの		塊 均一		塊 均一
	水分の多いもの		塊 不均一		塊 不均一
	15°		12°		13°
	20°		15°		16°
	13°		18°		20°

5. 設備の設計

骨材輸送設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針(案)」の 254 項を参照のこと。

第 10 節 濁水処理設備

1. 計画一般

濁水処理設備は、事前調査、施工実績等を考慮して計画する。

〔解説〕

1-1 ダム建設工事に伴って発生する濁水については、公害対策基本法を頂点とする各種法規基準（水質汚濁防止法）等がある。また、近畿各府県の条例にも対応する必要がある。

1-2 事前調査は、一般に次の項目について実施する。

- ① 工事の規模と工期
- ② 濁水の発生源
- ③ 濁水の水量水質
- ④ 放流水の排出基準および水量制限
- ⑤ 処理設備の運転条件
- ⑥ 敷地条件
- ⑦ 使用を制限される薬品
- ⑧ スラッジの処理処分方法
- ⑨ 凝集剤の予備試験など

2. 機種の選定と組合せ（濁水処理方式）

2-1 濁水処理方式の種類と特性

濁水処理方式には「自然沈殿方式」、「凝集沈殿方式」、「機械処理沈殿方式」、「機械処理脱水方式」がある。その選定は、工事の規模、地形条件等から決定し、目安として表 6-10-1 がある。

表 6-10-1 濁水処理方式の選定目安

処理方式	施設の大きさと敷地条件
自然沈殿方式	濁水を沈殿池に導き自然沈降させる方式であるが、沈降速度が遅く規制値の確保も難しいため、ダム工事での施工例は殆どない。
凝集沈殿方式	凝集沈殿池として大きな容量の沈殿池を必要とするので、ダムサイト周辺に広いスペースを確保できる地形条件でなければ採用は難しい。
機械処理沈殿方式	凝集沈殿池を設置するほど大きな容量の沈殿池は確保できないが、凝集沈殿したスラッジを収容する容量の貯泥池であれば設置が可能な現場で採用されている。
機械処理脱水方式	凝集沈殿したスラッジを収容する貯泥池も確保できない現場では、凝集沈殿したスラッジをフィルタープレスに打込み、脱水ケーキとしてダンプトラックにより搬出する。

2-2 ダム建設工事現場における濁水処理設備

次の 2 つに大別される。

- 骨材プラント濁水処理設備…………… S S（浮遊懸濁粒子）処理
- ダムサイト濁水処理設備…………… S S 処理および中和処理

2-3 中和処理

アルカリ性水の中和方式として炭酸ガス法と酸性液法があるが、近年は取り扱い上の安全性が高い炭酸ガス中和方式を採用する例が多い。

2-4 SS処理

(1) ダム工事においては、自然沈降およびシクナによる強制沈殿があるが、次の理由でシクナ形の採用が一般的である。

- ① 原水量の変動、濃度変化に対して、濃縮層自身により対応ができる。
- ② 目標の処理水を得ることができる。
- ③ 1台当たりの処理能力が大きいため、1系列で間にあう場合が多い。
- ④ 実績が多く、信頼度が高い。

(2) シクナの形式は図6-10-1に、その形式比較は表6-10-2に示す。

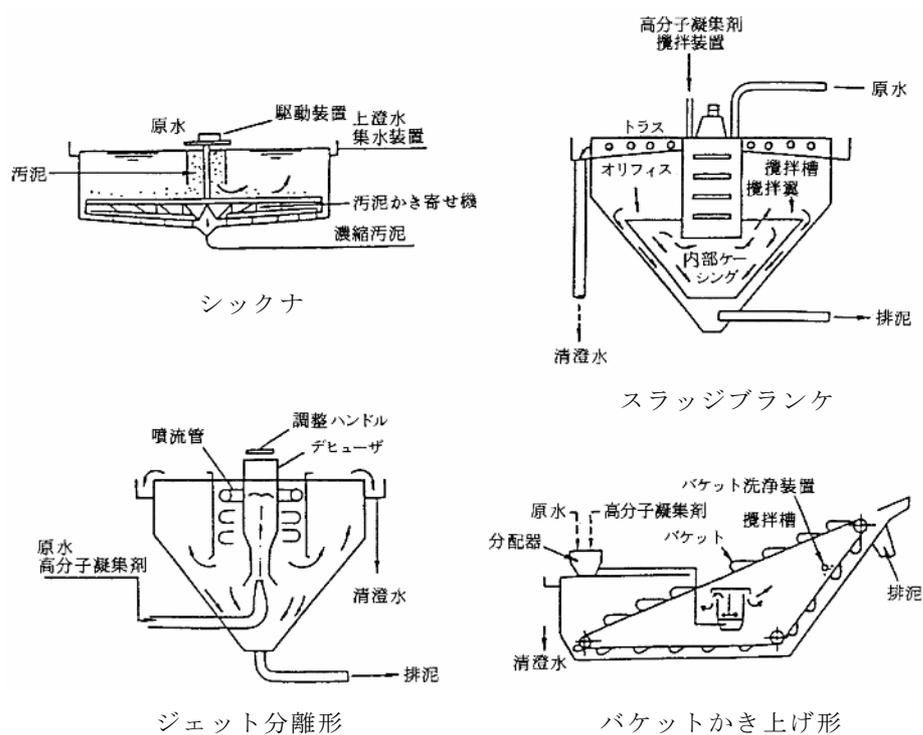


図6-10-1 シクナの形式の例

表 6-10-2 シックナの比較

項 目	シックナ形	ジェット分離形	バスケットかき上げ形
構 造	円形槽、給泥槽 集泥装置(レーキ)および昇降装置	円形槽下部コーン形 円筒、噴流管等で可動 部なし	角形槽 集泥装置 (バスケットコンベヤ)
処 理 能 力	大きい	中 位 300m ³ /h	小さい 100m ³ /h
処理済水のSS	低 い	中 位	同 左
原水の変動に対する適応性	良 い	悪い、調整槽が必要	同 左
スラッジ濃度	30%	30~35%	30~40%
凝集剤の使用量	中 位	少ない	多い
ダムでの実績	多 い	少ない	少ない
摘 要	適応性、信頼性は高い	泥分の固結のおそれがある	管理が比較的難しい

2-5 脱水機の選定

(1) 脱水機の形式比較は表 6-10-3 による。

表 6-10-3 各脱水機の比較

項 目	加圧脱水機	連続加圧脱水機	真空脱水機	遠心脱水機
脱 水 機 構	濾過室へ圧送して、濾布より分離する。	圧力ローラまたはドラムで絞りとる。	ドラム内部を減圧してドラム表面に吸着させるケーキはナイフ等で剥離する。	高速運転による遠心力を利用して分離する。
運 転 方 法	間 欠	連 続	連 続	連 続
ケーキ含水率	25~35%	40~50%	30~35%	35~40%
濾過面積当たりの処理能力	大	小	大	大
長 所	ケーキの含水率が小さい。 実績が多い。 スラッジの濃度変化に対処できる。	少量の処理では価格が安い場合がある。		比較的設置面積が小さい。
短 所	間欠運転のため調整槽が必要である。	凝集剤の使用量が多い。 含水率が高い。 造粒粗大化しないと濾布の両端からはみ出す。	取扱いが困難。粗粒子が多いと閉そくの危険がある。 微粒子が多いと脱水性が悪くなる。 処理能力が小さい。 凝集剤を添加して圧縮性を高める必要がある。	スクリーアの損耗が大きい。 コロイドの分離が困難、処理水濃度が高い。 処理能力が小さい。 実績が少ない。 真空、加圧より脱水性が劣る。

(2) 上記形式のうち、加圧脱水機（フィルタプレス）が多く採用されている。

(3) 濾布は 20～100 枚程度が一般的である。

(4) 脱水ケーキの取出しはバッチ式である。

3. 骨材プラント濁水処理設備

3-1 計画条件

- ① 骨材洗浄水量 (m³/h)
- ② 原石の種類および比重
- ③ 発生ダスト量 (t/h)
- ④ 原水水質 SS (mg/l)、pH 中性
- ⑤ 処理水水質 SS (mg/l)、pH 中性
- ⑥ プラント稼働時間 (h/日)
- ⑦ 処理方式
- ⑧ 処理水の利用

なお、各条件は以下のように決める。

(1) 発生ダスト量 (Q_s)

① 第 6 節骨材製造の粒度分布計算による方法

② $Q_s = A_p \cdot I$

ここに、A_p : 原石投入量 (t/h)

I : 骨材製造過程におけるロス率 = 13.8% (例)

(2) 骨材洗浄水量 Q_p を求める例を表 6-10-4 に示す。

表 6-10-4 骨材洗浄水量の例

項 目	使用水量 (m ³ /min)		備 考
	清 水	循環水	
① スクリーン	—	10.4	
② 2 次クラッシャ冷却水	0.02	—	補給水
③ 3 次	0.02	—	〃
④ スプリンクラー (6ヶ所)	—	0.15	
⑤ 骨材取出し部加湿機	—	0.055	
⑥ ロッドミル	5.0		
⑦ ロッドミル冷却水	0.05		
合 計	5.09 ≒ 5.1	10.605 ≒ 10.6	

$$(Q = 5.1 + 10.6 = 15.7 \text{ m}^3/\text{min} = 942 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 950 \text{ m}^3/\text{h})$$

(3) 原水 SS 濃度

$$SS = \frac{Q_s}{Q_s/\gamma + Q_p} \times 10^6$$

ここに、Q_s : ダスト量 (t/h)

Q_p : 洗浄水量 = 2 · A_p (t/h)

A_p : 原石投入量 (t/h)

γ : 原石の比重

3-2 処理フロー

必要な沈殿池が取れない場合を想定し、図6-10-2に機械処理脱水方式のフロー図を示す。

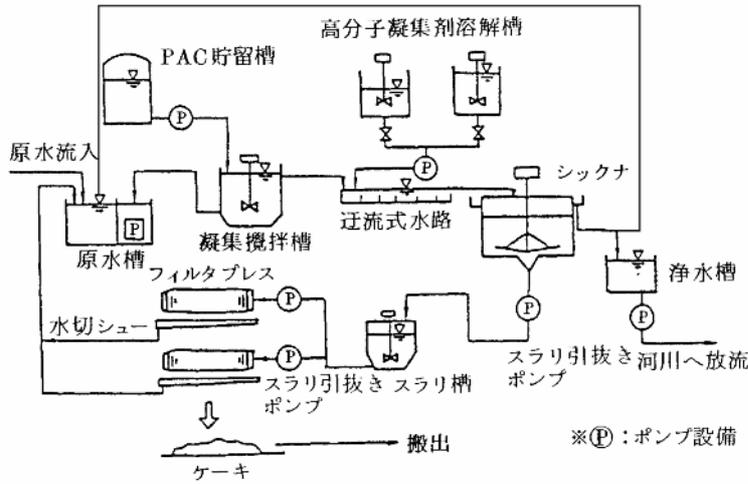


図6-10-2 処理フロー例

3-3 濁水の物質収支

処理される濁水が各機器で処理される過程でどのような量となるかは物質収支を計算し求める。処理方式により計算項目が異なるが、大半の計算項目が含まれる機械処理脱水方式の場合について示す。

(図6-10-3参照)

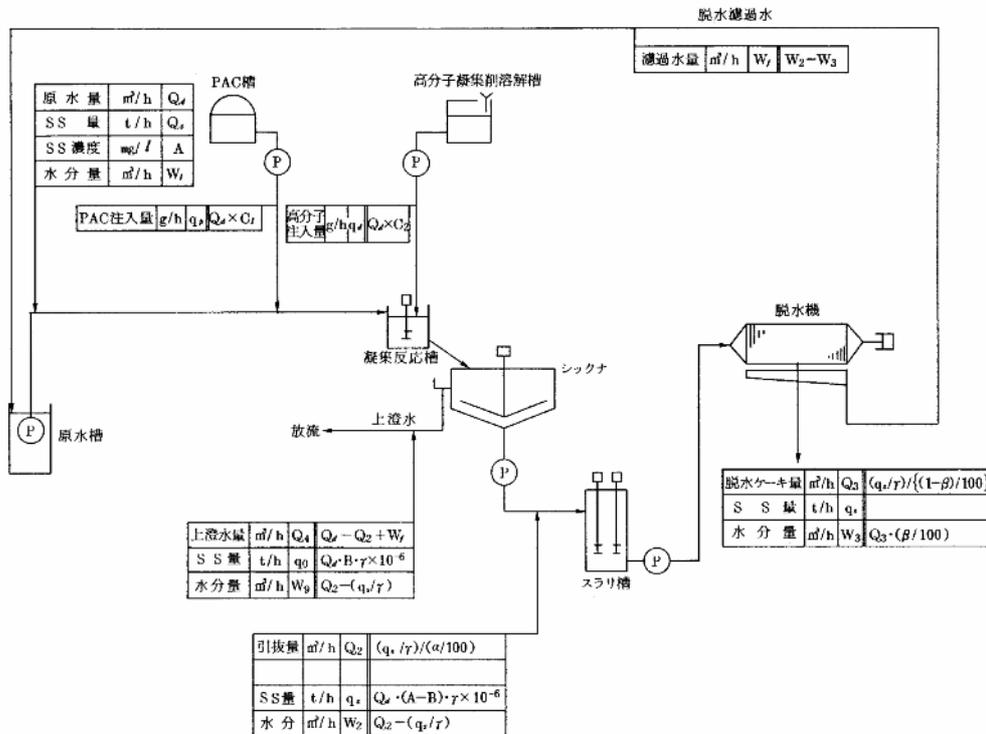


図6-10-3 物質収支計算模式図

(1) 前処理 (沈砂池)

(除去量)

土 砂 : 発生ダスト量 (t/h) $\times a$

ここに、 a : 除去率 = 0.15 (例)

前処理設備において、粗粒分 (粒径 0.074mm 以上) は、沈殿により土砂の 15% 除去するものとする。(一般には濁水処理試験で決める)

(処理後)

濁水 土砂 : 発生ダスト量 - 除去量 = 処理後ダスト量

水 : 原水量

計 処理後原水量 (m^3/h)

(2) 凝集沈殿処理

① 無機系凝集剤 (PAC)

注入量 = 処理後原水量 $\times C_1 \times \gamma_1$ (ℓ/h)

ここに、 C_1 : PAC 最大注入量 = $200mg/l \times 10^{-3}$

(PAC = Al_2O_3 濃度 10% として)

γ_1 : 比重 = 1.2

② 高分子凝集剤 (ポリマー)

注入量 = 処理後原水量 $\times C_2 \times 10^{-3} \times \gamma_2$ (ℓ/h)

ここに、 C_2 : 高分子注入量 = 3~5mg/l (濃度 0.1%)

= (3~5) $\times 100/0.1$

γ_2 : 比重 = 1.0

③ 濃縮汚泥

(引抜量)

土 砂 : 処理後ダスト量

水 : 処理後ダスト量 $\times \frac{a_1}{1 - a_1}$

計 濃縮汚泥量 (m^3/h)

ここに、 a_1 : 引抜汚泥の含水率 = 70% (60~80%)

(上澄水量)

イ) シックナ流入水 = 処理後原水量 + 無機系凝集剤量 + 高分子凝集剤量 (m^3/h)

ロ) 上澄水量 = シックナ流入水量 + 濃縮汚泥量 (m^3/h)

④ 脱水処理

(処理ケーキ量)

土 砂 : 処理後ダスト量

水 : 処理後ダスト量 $\times \frac{a_2}{1 - a_2}$

計 脱水ケーキ量 (m^3/h)

ここに、 a_2 : 脱水ケーキ含水率 = 30% (30~35%)

⑤ 脱水濾液

処理濾液量 = 濃縮汚泥量 - 脱水ケーキ量

⑥ 循環水量

循環水量 = 上澄水量 + 処理濾液量 (m³/h)

3-4 主要設備の能力

(1) 前処理設備

自然沈殿槽と湿式サイクロンとが一般的である。ここでは沈砂槽案の設計を行う。

(1) 沈砂槽の表面積 (A) および有効水深 (h)

$$\textcircled{1} \quad A = \frac{Q_d}{V} \text{ m}^2$$

$$h = \frac{L \cdot V}{u} = \frac{Q_d}{u \cdot B} \quad (\geq 0.5 \text{ m})$$

ここに、Q : 原水量 = 骨材洗浄水量 + 発生ダスト量 (m³/h)

V : 粒子の沈降速度 (m/h)

粗粒分 (粒径 0.074mm) 4mm/s = 14.4m/h

L : 沈砂槽の長さ (m) (L/B = 2 ~ 4)

B : 沈砂槽の幅 (m)

u : 水平方向水深 (m/h) …一般に 5 cm/s = 180m/h 以下

(2) 土砂貯留必要高 h₁

$$h_1 = \frac{Q_m}{A}$$

ここに、Q_m : 沈砂槽の堆砂量

$$Q_{m1} = \left(\frac{\omega}{1-\omega} + \frac{1}{\gamma} \right) W_s \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

ω : 含水率 = 40% (例)

γ : 沈砂固形物質比重 = 2.7 程度

W_s : 沈砂固形物乾燥質量 (t/h)

(前処理による土砂除去量)

沈殿物の除去を a 日間に 1 回とすると

$$Q_m = Q_{m1} \times 1 \text{ 日のプラント稼働時間} \times a \quad (\text{m}^3)$$

(3) 沈砂槽必要高さは H、

$$H \geq h + h_1$$

(4) 沈砂槽の数

交互使用を考え、2 槽必要である。

(2) 原水槽

(1) 一般に、コンクリート製とする。

(2) 原水槽の有効容量 V は次式による。

$$V_A = \frac{Q_d \cdot t}{60} \quad (\text{m}^3)$$

ここに、Q_d : 原水量 (m³/h)

t : 滞留時間 (min) = (通常 5 ~ 10min とする)

沈砂槽がある場合は 3 分程度でもよい。

(3) 凝集反応槽

- (1) 原水と薬剤の混合促進のため、攪拌機をつける。
- (2) 凝集反応槽の有効容量Vは次式による。

$$V_A = \frac{Q_d \cdot t_2 \cdot a}{60} \quad (\text{m}^3)$$

ここに、 Q_d : 原水量 (m^3/h)
 t_2 : 凝集反応時間 (min) = (通常 2 ~ 5 min。最小 1 min とする)
 a : 余裕率 (1.1 ~ 1.2)

(4) PAC 貯留槽

- (1) PACの貯留槽は、耐酸性の材料、ポリエチレン製またはFRP製を使用する。
- (2) PAC貯留槽の有効容量Vは次式による。

$$V = \text{必要注入量} (\ell/\text{h}) \times \text{プラント稼働時間} (\text{h}/\text{日}) \times \text{貯留日数} (\text{日}) \times 10^{-3} (\text{m}^3)$$

- ① 必要注入量は通常 150mg/ℓ 程度である。
- ② 貯留日数は一般に 7 日以上としている。
- (3) 有効容量によりタンク寸法を決める。

(5) 高分子凝集剤溶解槽

- (1) 溶解槽の有効容量Vは次式による。

$$V = \text{必要注入量} (\ell/\text{h}) \times \text{貯留時間} (\text{h}) \times 10^{-3} (\text{m}^3)$$

- ① 必要注入量は通常 3 mg/ℓ 程度である。
- ② 貯留日数は通常 1 回に半日 ~ 1 日であるが、自動定量供給連続溶解方式を採用し、1 時間とした例もある。
- (2) 交互使用を考え、2 槽必要である。

(6) シックナ

- (1) 必要水面積A

$$A = \frac{Q}{V} (\text{m}^2)$$

ここに、 Q : 前処理後の原水量 (m^3/h)
 V : 水面積負荷 (または沈降速度) = 1 ~ 3 (m/h)
処理後のSSの設計上限 75mg/ℓ
" 75~40mg/ℓ
" 40mg/ℓ 以下はVを小

- (2) シックナ径 D

$$D = \sqrt{4A / \pi} \quad (\text{m})$$

- (3) 有効水深 H

$$H = \frac{Q \cdot t}{A} \quad (\text{m})$$

ここに、 t : 滞留時間 = 2.0h 程度 (1 ~ 3h)

(7) 処理水槽

(1) 処理水槽の容量Vは次式による。

$$V = \text{上澄水量} \times \frac{t}{60} (\text{m}^3)$$

ここに、上澄水量：シクナの上澄量による。

$$t : \text{滞留時間} = 10 \sim 20 \text{min}$$

(8) 脱水機

(1) 発生ケーキ量 = 脱水ケーキ量 (m³/h) × 稼働時間 (h/日) (m³/h)

(2) 脱水機運転時間

1日のサイクル回数 = 設備1日の脱水I作業時間 ÷ 脱水サイクル時間より、運転時間を決定する。

脱水サイクルの一例

ケーキ厚 35 mm として、

スラリー打込時間 = 60 分

濾板開枠時間 = 30 分

(濾板数 × 15 秒)

その他ロス = 5 分

合 計 95 分

(3) 1サイクル処理量 = 発生ケーキ量 ÷ 1日のサイクル数 (m³/サイクル)

(4) 必要濾室数 = 1サイクル処理量 ÷ 濾板寸法

濾板寸法例として 2000□ (1870□ × 35t = 0.1224m³/室)

(5) 脱水機台数 = 必要濾室数 ÷ 脱水機の濾室数 (100 程度)

なお、通常の場合、脱水機の予備は考えない。故障時等は正常機の運転時間延長またはスラリー槽、シクナでの貯留で対応する。

(9) スラリー槽

(1) スラリー発生量 (含水率 70% とする)

1日のスラリー発生量 = 濃縮汚泥量 × プラント稼働時間 (m³/日)

(2) 脱水機処理容量

脱水機の処理量 = 1日のスラリー発生量 ÷ 脱水機運転時間

となり、1日最大滞積量は

(濃縮汚泥量 - 脱水機処理量) × プラント可動時間

(3) 必要貯留量

必要貯留量は日最大滞積量に1時間分程度の濃縮汚泥量を考慮する。

(4) スラリー槽容量

スラリー槽は脱水機1台に対し1槽とすると、

スラリー槽容量 ≥ 必要貯留量 ÷ 台数

(10) ケーキヤード

発生ケーキ量は、脱水機の項を参照のこと。

滞留時間を1日程度とすると、

ケーキヤード必要容量 = 発生ケーキ量 × 滞留時間 (1日)

(11) 濾液受槽

(1) 日発生濾液量＝処理濾液量×プラント稼働時間

① 処理濾液量は、10-3-3 の2項⑤の処理濾液量である。

(2) 滞留時間は脱水1サイクル当りの20～30分程度とする。

(3) 槽の容量は次式による。

$$\text{日発生濾液量} \times \frac{1}{\text{1日サイクル数}} \times \frac{\text{滞留時間(分)}}{60} \quad (\text{m}^3)$$

3-5 設備の設計

濁水処理設備の設計は「ダム施工機械設備設計指針(案)」の294項を参考のこと。

4. ダムサイト濁水処理設備

4-1 計画条件

- ① 原水量 (m³/h)
- ② 原水水質 一般に S S 最大 5000mg/ℓ(設備規模決定における条件)
平均 1000mg/ℓ(沈殿池容量の算出に用いる)
p H 最大 12 (中和剤貯留設備の算定に用いる)
平均 11 (中和剤使用量の算出に用いる)
- ③ 処理水水質 S S (mg/ℓ)、pH6.5～8.5
- ④ プラント稼働時間 (h/日)

(1) 濁水発生量は次式による。

$$Q_d = (Q_B + Q_C + Q_{CP}) \text{ または } + Q_r, \quad Q_d = Q_r$$

$$Q_B = 0.06 \cdot n \cdot H \cdot q_b$$

$$Q_C = 60 \cdot q_P \cdot H_P$$

$$Q_r = C \cdot A \cdot q_r / 1000$$

$$Q_{CP} = C_{CP} \cdot V_{CP} \cdot n_C$$

ここに、 Q_B : ボーリンググラウチング排水(m³/日)

n : グラウト機械の工程上の最大の台数(台/日)

H : グラウト機械の1日当たり運転時間(h/日)

q_b : グラウトポンプの吐出量(ℓ/min)

Q_C : コンクリート養生水、および打設面処理等の排水(m³/日)

q_P : 養生等に使用される時間当たり水量(m³/min)

(通常は 0.5～1.0m³/min)

H_P : 1日当たり散水養生等の時間(h/日)

Q_{CP} : コンクリートプラント洗浄水(m³/日)

C_{CP} : コンクリートプラントのミキサへの洗浄水の使用率

V_{CP} : コンクリートプラントのミキサ容量(m³)

n_{CP} : コンクリートプラントのミキサ台数(台)

n_C : 1日当たりのコンクリートプラント洗浄回数(回/日)

Q_r : 掘削作業時の流出水(m³/日)

C : 流出係数(掘削時の降雨による排水が地盤への浸透等により全量流出しないことを考慮した係数)

A : 掘削時の工程上の最大の面積(m²)

q_r : 掘削作業の行われる最大の日降雨量(mm/日)

4-2 処理フロー

- (1) 必要な沈殿池が取れない場合を想定し、骨材プラント濁水処理設備と同様に図6-10-5のフロー例を示す。
- (2) ダムサイト濁水には多量のセメント粒子が混合されてアルカリ性となるので、中和処理が必要である。
- (3) 中和方式として炭酸ガス法と酸性液法が用いられてきたが、最近では殆ど炭酸ガス法が用いられている。
- (4) リターン管等を設け、基準値を超過した処理水は、再処理できるよう考慮する。

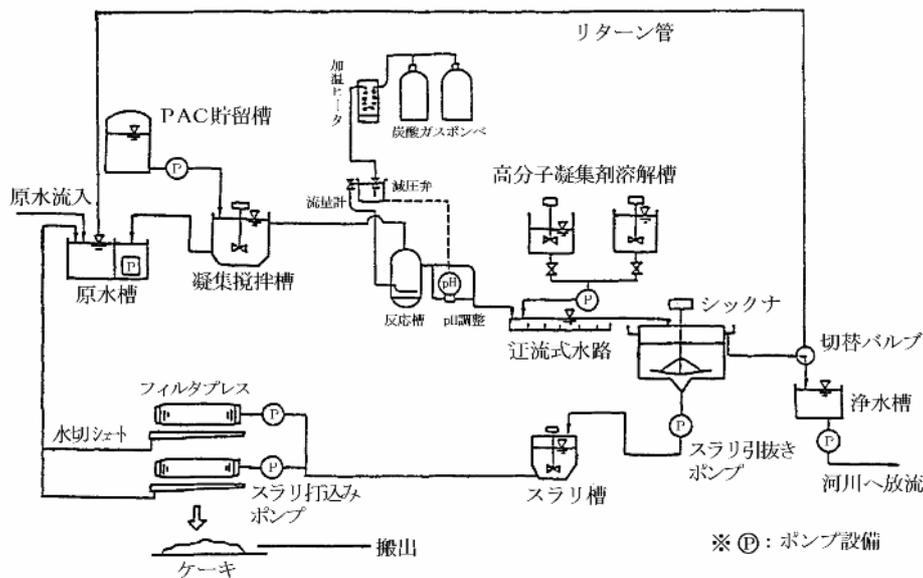


図6-10-5

4-3 濁水の物質収支

(1) 原水

原水のSS濃度 a ppmより

$$\text{土砂量 } W = \text{原水量}(Q_d) \times a \times 10^{-6} \quad (\text{t/h})$$

土砂の比重 γ より

$$\text{土砂量 } V = W / \gamma \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{水量} = Q_d - V \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

(2) CO₂

- ① 原水 pHを11とした場合の中和に使用し、濁水 1m³ 当りに必要なCO₂量 (反応理論値)

$$[\text{OH}^-] \text{ kmol/m}^3 \times 44 \text{ kg/kmol} = 10^{-3} \times 44 = 0.044 \text{ kg/m}^3$$

SS分や反応効率を考慮し、2倍を必要量とすれば、反応必要量は

$$Q = 2 \times 0.044 \times Q_d \quad (\text{kg/h})$$

ただし、最大 pH12 の場合は、 $10^{-2} \times 44 = 0.44 \text{ kg/m}^3$ となり、

反応必要量は $Q = (1.5 \sim 2) \times 0.44 \times Q_d \quad (\text{kg/h})$ となる。

(3) 凝集沈殿処理

① 無機系凝集剤 (PAC)

$$\text{注入量} = \text{原水量} (Q_d) \times C_1 \times 10^{-3} / \gamma_1 \quad (\ell/h)$$

ここに、 $C_1 = \text{PAC 入量} (\text{mg/l})$ ($\text{PAC} = \text{AL}_2\text{O}_3$ 濃度 10% として)

$$\gamma_1 = \text{比重} = 1.2$$

② 高分子凝集剤

$$\text{注入量} = \text{原水量} \times C_2 \times 10^{-3} / \gamma_2$$

ここに、 $C_2 = \text{高分子注入量} = 3 \sim 5 \text{ mg/l}$ (濃度 0.1%)

$$= (3 \sim 5) \times 100 / 0.1$$

$$\gamma_2 = \text{比重} = 1.0$$

③ 濃縮汚泥

(引抜量)

土 砂 : 土砂量

$$\text{水} : \text{土砂量} \times a_1 / (1 - a_1)$$

$$\text{計 濃縮汚泥量} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

ここに、 a_1 : 引抜汚泥の含水率 = 70% (60~80%)

(上澄水)

$$\text{上澄水量} = \text{シクナ流入水量} - \text{排水量} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

④ 脱水処理

(処理ケーキ量)

土 砂 : 処理後土砂量

$$\text{水} : \text{処理後土砂量} \times \frac{a_2}{1 - a_2}$$

$$\text{計 脱水ケーキ量} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

ここに、 a_2 : 脱水ケーキ含水率 = 30% (30~35%)

⑤ 脱水濾液

$$\text{処理濾液量} = \text{濃縮汚泥量} - \text{脱水ケーキ量}$$

4-4 主要設備の能力

(1) 中和原水槽

原水槽の有効容量 V は次式による。

$$V = \frac{Q_d \cdot t}{60} (\text{m}^3)$$

ここに、 Q_d : 原水量 (m^3/h)

t : 滞留時間 (通常 5~10min とする)

(2) 中和反応装置

$$V = \frac{Q_d \cdot t_1 \cdot a}{60} (\text{m}^3)$$

ここに、 t_1 : 反応槽の滞留時間 (通常 1 分程度が多い)

a : 余裕率 (1.2 程度)

(3) 気化装置

気化能力 : pH12 の最大の場合を考慮する。 (kg/h)

気化方式 : 電気温水加熱式

(4) 炭酸ガス容器

有効容量Vは次式による。(h/日)

$$V = \text{反応必要量 (kg/h)} \times \text{プラント稼働時間 (h/日)} \times \text{貯留日数}$$

ここに、貯留日数：4週間分程度を目安とし、タンクローリ容量に合わせ

$$(3、6、10、20\text{m}^3)$$

(5) 混合槽

原水との混合時間を混合槽の部分で30秒以上とすると、有効容量Vは次式による。

$$V \geq Q_d \times \frac{30}{3600} (\text{m}^3)$$

(6) 沈殿槽

造粒部での沈降速度を750mm/min(=45m/h)以下とすると、有効所要面積Aは次式による。

$$A \geq Q_d / 45 (\text{m}^2)$$

(7) PAC貯留槽

(a) PACの貯留槽は、耐酸性の材料、ポリエチレン製またはFRP製を使用する。

(b) PAC貯留槽の有効容量Vは次式による。

$$V = \text{必要注入量 (l/h)} \times \text{プラント稼働時間 (h/日)} \times \text{貯留日数 (日)} \times 10^{-3} (\text{m}^3)$$

① 貯留注入量は通常100mg/l程度である。

② 貯留日数は一般に20日以上としている。

(8) 高分子凝集剤溶解槽

(a) 溶解槽の有効容量Vは次式による。

$$V = \text{必要注入量 (l/h)} \times \text{貯留時間 (h)} \times 10^{-3} (\text{m}^3)$$

① 必要注入量は通常2mg/l程度である。

② 貯留時間は通常1回に半日～1日であるが、自動定量供給連続溶解方式を採用し、3時間以上を考える。

(b) 交互使用を考え、2槽必要である。

(c) 自動溶解機

溶解操作1回当たりの給粉時間を15分とし、必要量の2倍程度の能力を有するものとする。

所要高分子溶解能力は、

$$V (\text{kg}) \times \frac{60}{15} \times 2 = 8 \cdot V (\text{kg/h})$$

(d) ホッパー

ホッパー容量は、1基当り高分子最大注入量の1日分程度とする。

所要容量W(kg)は、

$$W = \text{土砂汚泥量 (kg/h)} \times \text{プラント稼働時間} \times 1 \text{日 (kg)}$$

高分子凝集剤粉末の見掛け比重を0.6(kg/l)とすると、容量Vは

$$V = W / 0.6 (\text{l})$$

(9) 処理水計量増

上澄水量の滞留時間を1分程度とする容量。

(10) 脱水機

(a) 発生ケーキ量=脱水ケーキ量 (m³/h) ×プラント稼働時間 (h/日)

(b) 脱水機運転時間

設備の1日最大作業時間(例10～12時間)と、脱水サイクル時間により、1日のサイクル回転を決め、運転時間を決定する。

(c) 1 サイクル処理量 = 発生ケーキ量 ÷ 1 日のサイクル数 ($\text{m}^3/\text{サイクル}$)

(d) 必要濾室数 = 1 サイクル処理量 ÷ 濾板寸法 × 余裕 (1.10)

(濾板寸法例 $1000\text{□} \times 30 = 0.03 \text{ m}^2/\text{室}$)

(e) 以上より脱水機を選定する。

(11) スラリ槽

(a) 脱水機の停止時間以上の容量を考慮する。(一般に 1~2 時間)

(b) スラリ槽は脱水機 1 台に対し、1 槽とする。

(c) 必要貯留槽 (V) は次式による。

$$V = \text{濃縮汚泥量} \times (\text{プラント稼働時間} - \text{脱水機運転時間} + \text{余裕時間}) (\text{m}^3)$$

(12) ケーキヤード

(a) 発生ケーキ量は、10 項の脱水機の項を参照のこと。

(b) 貯留時間を 1 日程度とすると、

4-5 設備の設計

濁水処理設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針(案)」の 294 頁を参照のこと。

第 11 節 コンクリート冷却および加熱設備

1. 計画一般

- 1-1 ダムの設計・施工条件によってコンクリートの温度規制を行う必要がある。
- 1-2 コンクリート冷却には、パイプクーリングとプレクーリングとがある。
- 1-3 パイプクーリングは、堤体コンクリートをブロック工法で打設する場合のコンクリート冷却に採用されている。パイプクーリングには、施工時期により 1 次冷却と 2 次冷却があり、1 次冷却は、コンクリート打ち込み直後の水和熱を取り去るため施工され、2 次冷却は、堤体を最終安定温度にするためにコンクリート打設が相当進んだ後に施工されている。
- 1-4 RCD 工法や拡張レヤー工法で施工されている現場では、コンクリート打設に重機類が使用されるためパイプクーリングが困難となりプレクーリングが施工されている。
- 1-5 パイプクーリング法のみでは十分な温度制御が困難な場合は、プレクーリング式の計画が必要となる。

2. 冷却の方法と選定

- 2-1 パイプクーリングの機械設備は図 6-11-1 に示すように、冷却塔、冷却機、送水ポンプおよび配管等からなる。

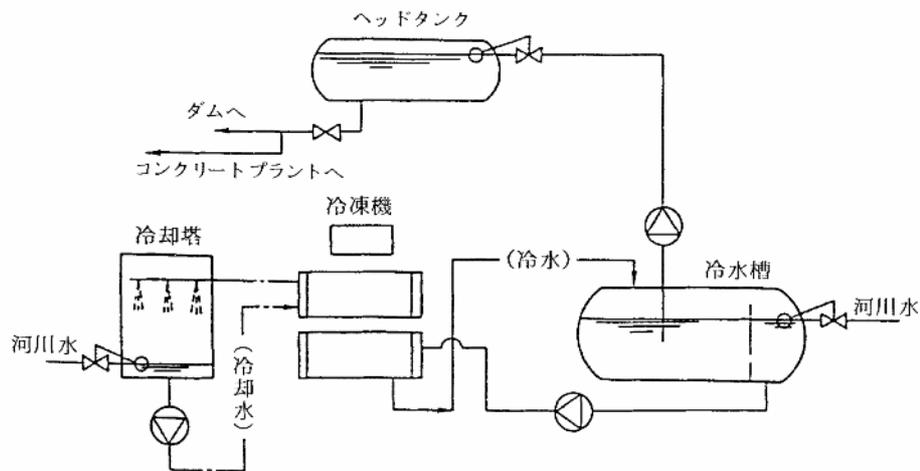
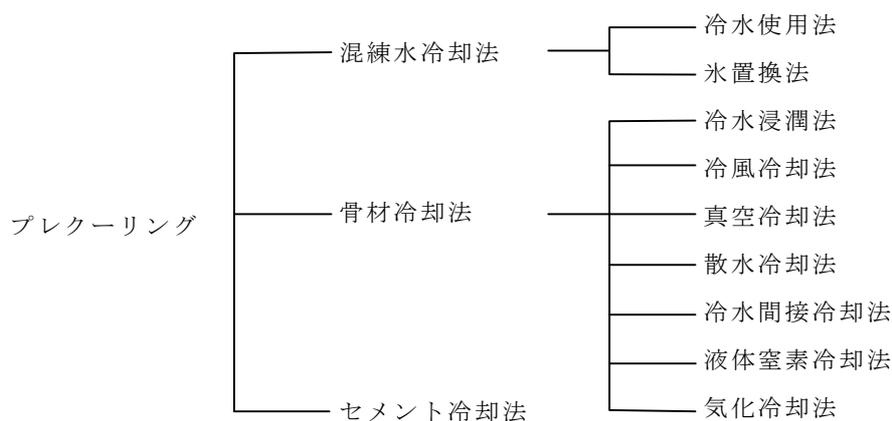


図 6-11-1 冷水製造設備系統図

- 2-2 プレクーリングの方法は表 6-11-1 に示すとおりである。なお、基本的には他の冷却方法と組み合わせる場合も、混練水冷却法の冷水使用法をまず第一に計画すべきである。

表 6-11-1 プレクーリングの分類



また、各方式の特徴は設計指針（案）参照のこと。

3. 加熱方法

- 3-1 加熱の方法としては、混練水加熱法と温風注入法が一般である。
- 3-2 混練水の加熱には水槽内に蒸気を吹き込むか、投込み電気ヒータあるいは温水ボイラを用いる等の方法がある。
混合水の加熱温度は、これまでの実績から 60℃を計画値とする。
- 3-3 温風送入手法は温風を循環させずに、全量排気で計画する必要がある。

4. 設備容量

- 4-1 主要機器とコンクリート打込み量との関係を表 6-11-2 に目安として示す。

表 6-11-2 コンクリートまたは材料の冷却および加熱設備機器組合せ表 (参考)

機 器 用 途	機器名称	コンクリート打込み量 (m ³ /h)			摘 要
		60	120	240	
冷風玉砂利用	スクリュ式 冷凍機	55JRT×75kW ×1台	90JRT×110kW ×1台	90JRT×110kW ×2台	
〃 大 〃	〃	40×45×1	65×75×1	65×75×2	
〃 中小 〃	〃	75×90×1	125×132×1	125×132×2	
冷風玉砂利用	空 気 冷 却 機	150,000kcal/h ×1台	300,000kcal/h ×1台	300,000kcal/h ×2台	
〃 大 〃	〃	105,000×1	210,000×1	210,000×2	
〃 中小 〃	〃	205,000×1	410,000×1	410,000×2	
温風玉砂利用	空 気 加 熱 機	150,000kcal/h ×1台	300,000kcal/h ×1台	300,000kcal/h ×2台	
〃 大 〃	〃	108,000×1	215,000×1	215,000×2	
〃 中小 〃	〃	145,000×1	290,000×1	290,000×2	
冷温風玉 砂利用	送 風 機	m ³ /min mm Aq kW 1000×250×100 ×1台	m ³ /min mm Aq kW 2000×250×175 ×1台	m ³ /min mm Aq kW 2000×250×175 ×2台	
〃 大 〃	〃	700×250×55×1	1350×250×125×1	1350×250×125×2	
〃 中小 〃	〃	900×350×90×1	1800×350×175×1	1800×350×175×2	
玉砂利用	クーリングタワー	80RT×1基	150RT×1基	150RT×2基	
大 〃	〃	100×1	200×1	200×2	
中小 〃	〃	80×1	150×1	150×2	
混練水、冷却用	スクリュ式 冷凍機	40JRT×45kW×1台	40JRT×45kW×1台	90JRT×90kW×1台	出口温度 5℃
混練水、温水用	蒸 気 ボ イ ラ	1500 kg/h×1台	3000 kg/h×1台	3000 kg/h×2台	温水 60℃
〃 〃	貯 油 タ ン ク	3kℓ×1基	5kℓ×1基	10kℓ×1基	
製 氷 用	製 氷 機	20t/d	40t/d	80t/d	フレーク アイス
〃	スクリュ式 冷凍機	50JRT×132kW ×1台	50JRT×132kW ×2台	50JRT×132kW ×4台	
〃	クーリングタワー	1000RT×1基	2000RT×1台	2000RT×2台	

※注 (1) コンクリート練上がり温度 J R T = 3320kcal/h R T = 3900kcal/h

R Tはクーリングタワーの冷却水入口温度 37℃、出口温度 32℃、入口 湿球温度 27℃、
循環水量 13 ℓ/min として除去熱量 3900cal/h の能力を示す。

5. パイプクーリング冷却設備計画

5-1 計画一般

パイプクーリングは、堤体コンクリートの温度応力解析の結果から、河川水を用いたクーリングで十分対応できる場合には冷凍機を設置する必要はないが、対応できない場合には、冷凍機の設置を計画する必要がある。

5-2 冷凍機容量

- (1) 冷凍機にはターボ冷凍機、スクリュウ冷凍機および往復（レシプロ）冷凍機などがある。最近では、ユニット化されたスクリュウ冷凍機が多く採用されている。
- (2) 河川水を用いたクーリングをまず第一に考え、冷凍機を必要とする場合は、次式により冷凍機容量を決定する。

$$\textcircled{1} \quad R_e = \frac{(T_i - T_o) 60 \cdot W \cdot n}{3320}$$

ここに、 R_e : 所要冷凍能力 (JRT) (各月ごと)

T_i : 冷凍機入口の水温 (°C)

T_o : 冷凍機出口の水温 (°C)

W : クーリングコイル 1 本当たり通水量 (ℓ/min)

n : クーリングコイル本数

注) 1 JRT = 3320 kcal/h

$$\textcircled{2} \quad P = \frac{R_e}{\eta}$$

ここに、 η : ポンプ効率

(3) フロー例

冷凍機まわりの系統図を図 6-11-2 に示す。

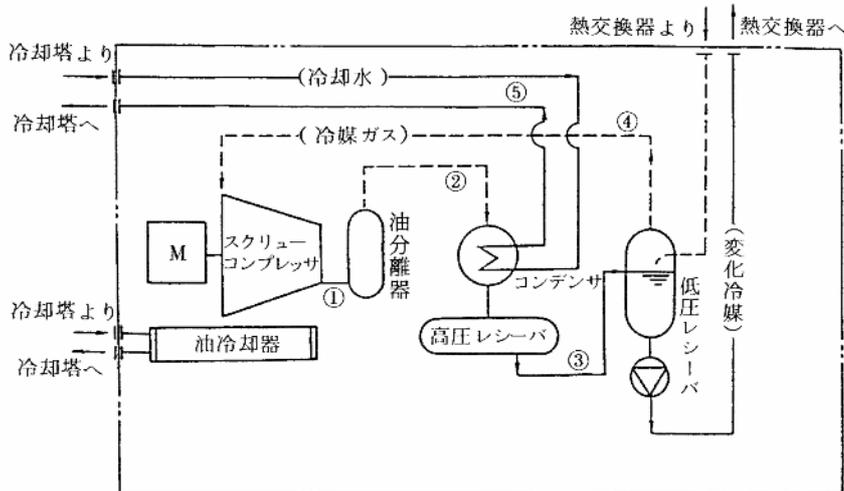
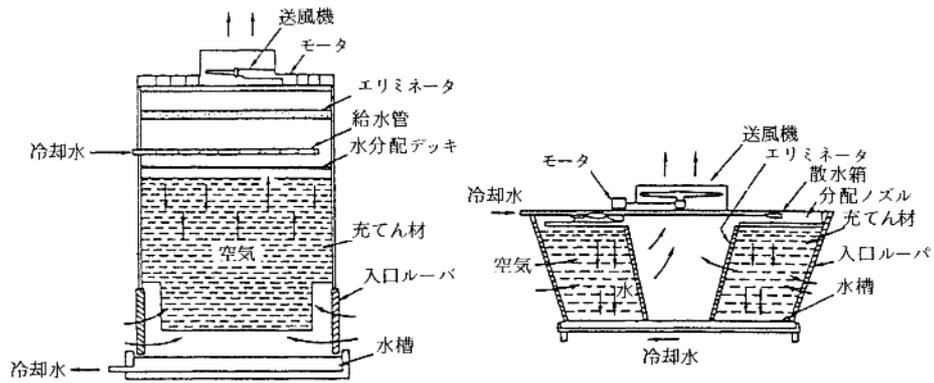


図 6-11-2 冷凍機まわりの系統図

5-3 冷却塔

(1) 冷却塔の形式は 2 つに分けられる。

- ① 向流形……………送風方向と冷却水の流れる方向が平行
- ② 直交流形……………送風方向と冷却水の流れる方向が直行する



① 向流形

② 道向流形

図 6-11-3 冷却塔の例

(2) 機種選定は、冷凍機の仕様に示された冷却水の出入口温度、流量および外気湿球温度から決定する。冷却能力と形状の参考値を図 6-11-4 に示す。

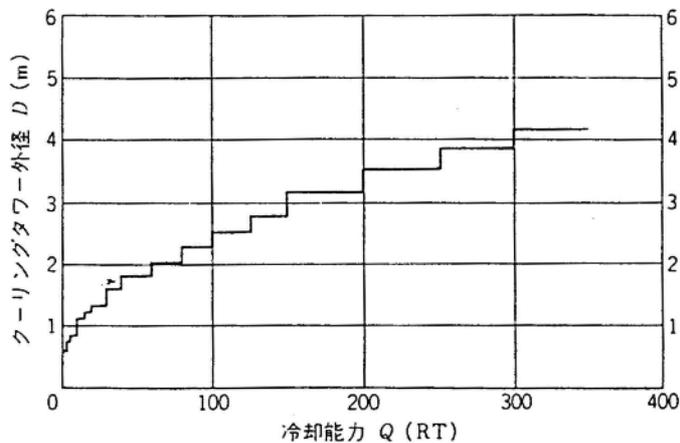


図 6-11-4 クーリングタワーの冷却能力と外径の関係

(3) 冷却塔の材質は、耐食性の強いFRPを用いる例が多い。

5-4 配管

(1) パイプクーリング用の標準的配管仕様は次のとおりである。

- ① 冷却水の通水量 $13 \sim 16 \text{ cm}^2 / \text{min} \cdot \text{コイル}$
- ② クーリングパイプの径 25.4 mm
- ③ クーリングパイプの長さ 250 m (1 コイル)
- ④ クーリングパイプ管内流速 $0.5 \sim 0.6 \text{ m/s}$

(2) 管路には、流量を遮断および流量制御の可能な弁類を設けておく必要がある。

6. プレクーリング冷却設備計画

6-1 冷却設備の選定

RCD及び拡張レイヤー工法により平面的に施工されるダムにおいては、コンクリート打設面上を重機械が走行するため、パイプクーリングが採用できないので、夏期のコンクリートの打ち込み温度規制値 25℃未滿をクリアするため、練り上がり温度を約 23℃程度になるようコンクリートのプレクーリングを実施する必要がある。

コンクリートのプレクーリング方式には、従来から広く実施されている冷凍機を利用した冷水および冷気による方式、アイスフレークをミキサに混入する方式、骨材を真空槽に投入する真空冷却方式、液体窒素をミキサに吹き込むLN₂方式、LN₂を砂に吹き込むサンドプレクール方式等があるが、当該ダムの規模、現場条件、気象条件とその施工性、経済性を比較検討のうえ、採用する冷却方式を選定する必要がある。

6-2 冷却設備の適応性

表 6-11-3

冷却対象	冷却方式						冷却方法	評価
	冷水	冷風	冷凍機	製氷機	真空冷却	液体窒素		
混練り水	○		○				冷凍機で混練り水を 4℃程度に冷却してミキサに投入し、コンクリートを冷却するが、混練り水量が少ないため、これ単独だけの冷却効果は余り期待できないので併用する場合が多い。	
粗骨材		○	○				粗骨材ビンに冷風を吹き込むので、冷却効率が悪く冷凍機容量および設備が大きい。	
			○		○		粗骨材を真空冷却槽に入れて、真空ポンプで中の空気を引き抜いて冷却させるが設備が大きい。	
細骨材			○		○		細骨材を真空冷却槽に入れて、真空ポンプで中の空気を引き抜いて冷却させる設備が大きい。	
						○	ボルテックスミキサに砂を入れて攪拌しながらLN ₂ を吹き込み砂を凍結させる。	
コンクリート						○	LN ₂ をコンクリートミキサに直接吹き込み、コンクリートを冷却するので、設備がコンパクト。	
				○			コンクリートミキサにフレークアイス投入して冷却するので冷却効果は良いが設備が大きい。	

6-3 各種冷却設備の概要

ダムコンクリートのプレクーリングは、冷水の使用から始まり、冷風、フレークアイス、真空冷却、液体窒素と進んで来ている。冷水、冷風、フレークアイスを使用してプレクーリングを実施する場合は、必ず冷凍機が必要となり夏期の7月初旬～9月中旬までの2.5ヶ月間しか使用されず、後は休止状態となるため不経済である。

在来の柱状工法では、年間を通じてパイプクーリングが施工されていたので、夏期のコンクリートの打ち込み温度をさげるため、冷風によるプレクーリングを実施しても冷凍機はパイプクーリングと併用して使用できたので経済性は良好であった。

① 冷水

夏期コンクリートの混練り水に冷水を使用する方法は古くから行われているが、その冷却容量が限られているため、他の冷却方法と併用されるケースが多い。

② 冷風

冷風によるプレクーリングは、冷凍機により作られた冷水を熱交換機に通し、送風機により空気を送って得られた冷風を断熱ダクトを通して粗骨材ビンに導き冷却するものであり、ビンを通過した冷気はそのまま大気中に排出されるが、設備費は大きい。

③ フレークアイス

フレークアイスは、混練り水の代わりに製氷機で作られるフレークアイスをミキサに投入して、氷の溶解熱（80kcal/kg）を利用してコンクリートを冷却するので効果は良好であるが、設備費が大きくなる。

④ 真空冷却

真空冷却によるプレクーリングは、骨材をパッチャープラントに設置した真空冷却槽に投入し、密閉のうえ真空ポンプで減圧することにより、骨材表面水の蒸発による気化熱（582kcal/kg）を利用して骨材を冷却するものである。

真空冷却槽から蒸発した水蒸気は、冷凍機で作られた冷水を通水するコールドトラップで冷却されて水となり排出される。水蒸気を取り除かれた空気は、真空ポンプで引かれて大気中に排気される。

真空冷却は、冷風による冷却に比べて、内部まで均一に冷却されるのが特徴であり、送風機によるメカニカルヒートや送風ダクトによる熱の漏洩による損失がないので効果的であるが、真空冷却槽、真空ポンプ、コールドトラップなどの設備費が大きくなる。

⑤ 液体窒素

液体窒素を使ったプレクーリングには、ボルテックスミキサに砂を入れて攪拌しながら N_2 を吹き込み、窒素の気化熱（50kcal/kg）を利用して砂を凍結させて、温度を下げるサンドプレクール方式と液体窒素を直接ミキサに噴入してコンクリートを冷却する液体窒素直噴方式があるが、冷風及び真空冷却に比べると設備費は極めて少ない。

⑥ 気化冷却法によるプレクーリング

(1) 気化冷却法は、骨材表面に水を散布した後、低温低湿度の冷気を吹き付けて骨材表面に付着する水分の気化潜熱（580Kcal/kg）を利用して骨材温度を低下させる工法である。

粗骨材冷却については、従来から施工されている冷風冷却法と同じであるが冷却槽に骨材を投入する際、積極的に適量の水分を散布するところが相違点であり装置の構成は殆ど変わらない。

(2) 細骨材冷却

細骨材冷却については、冷却槽に砂を充満させて下から冷風を吹き込んでも砂粒子間の間隙が狭いため冷風の吹き抜けが阻害されて効率的な冷却効果が期待出来ないため冷却槽に特殊な砂の分散装置を内蔵させて上部より分散落下させた砂に対して下部より吹き込んだ冷気と効率良く接触させることにより砂の表面水を蒸発させて気化潜熱により砂の温度を低下させるものである。

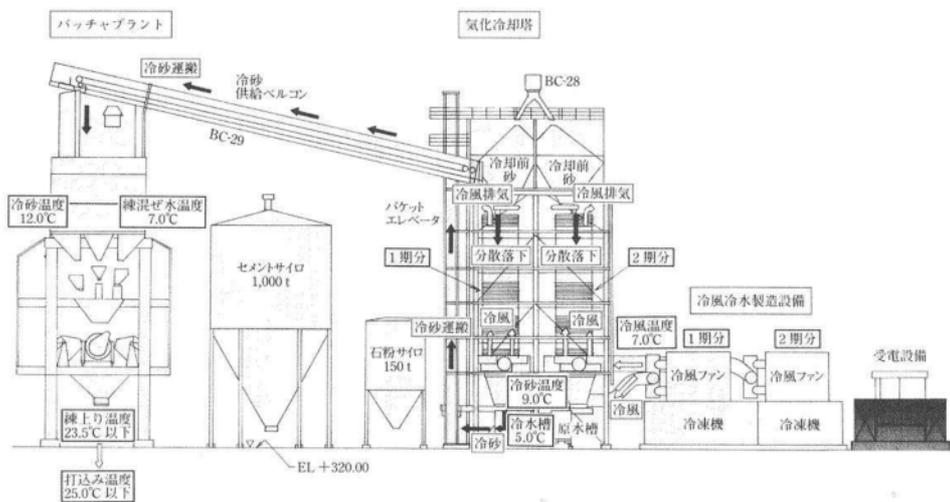


図 6-11-5 大滝ダム骨材冷却設備
「建設の機械化」No.637号(2003年3月号)37項

表 6-11-4 熱量計算表

材 料 名	①	②	③	④	⑤	⑥
	配合量 kg/m ³	比熱 kJ/kg·K	①×② 単位 熱容量 kJ/m ³ ·K	材料温度 K - 273.15	③×④ 総熱量 kJ/m ³	⑤/③ コンク リート
大砂利 150-80						
中砂利 80-30						
小砂利 30-5						
砂 5-0.075						
表面水量 5%						
セメント						
フライアッシュ						
水						
メカニカルヒート						
液体窒素 L N ₂						
合 計						
練り上がり温度						

第 12 節 給気設備

1. 計画一般

- (1) ダムを建設するための施工機械の動力源として使用される。一般に、堤体基礎掘削時点から必要となる。
- (2) 設備の計画は、必要な空気量・圧力で供給できる規模とし、設備費・運転経費・年間稼働率なども総合的に検討して台数等を決定する。
- (3) 配管計画について
 - ① 配管材料は、口径が 100 mm 以上の場合には、軽量で施工性のよい巻鋼管を採用する。口径 100 mm 未満では、配管用炭素鋼鋼管（SGP）20A～65A の使用が多い。
 - ② 接合材料は、可撓継手を用いる例が多い。
 - ③ 給気配管には冬期の凍結を考慮し、水抜きを設ける。

2. 機種を選定等

2-1 空気圧縮機

- (1) 分類は次のとおりである。



- ② 用途別による（定置式、可搬式）
- ③ 冷却方式による（水冷、空冷、油冷）
- ④ 圧縮段数による（1 段、2 段圧縮）

なお、各機種の特徴および仕様概要は、設計指針（案）を参照のこと。

- (2) 従来のダム工事の実績では定置式が多いが、近年では可搬式に移行する傾向にある。また、可搬式は機動性に富むため、最盛期に定置式の不足分を補う方法としても用いられる。

2-2 給気量

- (1) 給気を動力源にする機械等には次のようなものがある。
 - ① せん孔機械
 - ② 骨材引出し用ゲート
 - ③ コンクリートプラント
 - ④ ウォータジェット

(2) 主要機械の所要空気量は、表 6-12-1 に参考として示す。

表 6-12-1 主要空気使用機械の空気使用量 (参考値)

機 械 名	規 格 等	空気消費量(m ³ /min)
クローラドリル	7.5PS×2～19PS×2	10～20
ドリフタ	31～266 kg	4～15
レックハンマ	重量 13～40 kg	2～ 3.5
ずり積込み機	バケット山積容量 0.15～0.66	5～20
コンクリート吹付け機	作業能力 4～9 m ³ /h	8～15
バイブレータ	φ 3～φ 5”	1.5～ 2.8
エアモータ	0.5～25PS	0.4～17.0

(3) 空気圧縮機の標準的な主要諸元は表 6-12-5 に示すとおりである。

表 6-12-5 空気圧縮機の主要諸元 (概略)

種 類	形 式	冷却方式	吐出圧力 (Pa)	吐出量、ピストン押除量 (m ³ /min)	出力	本体寸法(mm)			本体質量 (kg)
						全長	全幅	全高	
定置式 たて形	W 形	水	6.9×10 ⁵	11.5	55kW	1700	1230	1380	1000
	半星形	水	6.9×10 ⁵	15.0	75kW	1700	1200	1400	1200
	V 形	水	6.9×10 ⁵	31.0	150kW	2200	1700	1600	4100
定置式 横 形	バランス形	水	6.9×10 ⁵	34.5	150kW	2800	1000	2200	3400
	バランス形	水	6.9×10 ⁵	70.0	300kW	2800	1400	2500	6800
定置式 回転形	ロータリ形	油	6.9×10 ⁵	10.5	75kW	3600	2100	1600	2300
	スクリュ形	油	6.9×10 ⁵	5.5	37kW	2400	1100	1800	950
	〃	油	6.9×10 ⁵	15.0	110kW	3500	1700	1800	2900
	〃	油	6.9×10 ⁵	27.5	150kW	3100	2000	2000	5000
	〃	油	6.9×10 ⁵	40.0	220kW	3900	2200	2000	7000
可搬式	ロータリ形	油	6.9×10 ⁵	10.5	110PS	4300	1700	2000	2800
	〃	油	6.9×10 ⁵	17.0	170PS	5600	1900	2500	4500
	〃	油	6.9×10 ⁵	21.0	250PS	4500	2000	2300	4400
	スクリュ形	油	6.9×10 ⁵	5.0	40PS	2800	1250	1600	900
	〃	油	6.9×10 ⁵	7.5	70PS	4200	1700	2000	1800
	〃	油	6.9×10 ⁵	10.5	110PS	5300	1700	2200	3000
	〃	油	6.9×10 ⁵	17.0	183PS	5900	1900	2500	4700
	〃	油	6.9×10 ⁵	25.5	235PS	4500	2100	2700	5100

3. 主要設備の設計

給気設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針 (案)」の 319 項を参照のこと。

第 13 節 給水設備

1. 計画一般

(1) 設備容量は次式による。

$$\text{所要給水量} = \Sigma \left(\frac{\text{各設備ごとの必要水量 (m}^3/\text{min)}}{1 - \text{ロス率}} \right) \times (1 + \text{余裕率}) \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

(2) 主な水の使用場所および標準的な使用水量を表 6-13-1 および図 6-13-1 に示す。

表 6-13-1 標準的な使用水量

施工場所	使用場所	標準的な使用水量
ダム本体	コンクリート製造設備	コンクリート製造能力 $1 \text{ m}^3/\text{h}$ 当り $2 \text{ l}/\text{min}$
	冷却設備¥(冷凍プラント)	冷凍能力 1RT 当り $12 \sim 18 \text{ l}/\text{min}$
	パイプクーリング通水量	1 コイル当り $13 \sim 16 \text{ l}/\text{min}$
	コンクリート養生清掃水	養生水： $0.5 \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{min}$ レイタンス除去： 60 l
	岩盤清掃	散水単位時間当り $0.8 \sim 2.0 \text{ m}^3/\text{min}$
	ボーリング	ボーリング 1 台当り $30 \sim 60 \text{ l}/\text{min}$
	グラウト	ポンプ 1 台当り 約 $70 \text{ l}/\text{min}$
	その他	レッグハンマ 1 台当り $1.5 \sim 2.0 \text{ l}/\text{min}$ 冷凍プラント補給水は冷却水量の 2% 程度
骨材製造設備	骨材製造設備全体	骨材製造能力 $1 \text{ t}/\text{h}$ 当り $30 \sim 40 \text{ l}/\text{min}$
	ふるい分け設備洗淨水	骨材処理能力 $1 \text{ t}/\text{h}$ 当り $8 \sim 17 \text{ l}/\text{min}$
	製砂設備	製砂処理能力 $1 \text{ t}/\text{h}$ 当り 約 $30 \text{ l}/\text{min}$
原石山	給気設備	コンプレッサ出力 1 kW 当り 約 $1 \sim 1.5 \text{ l}/\text{min}$

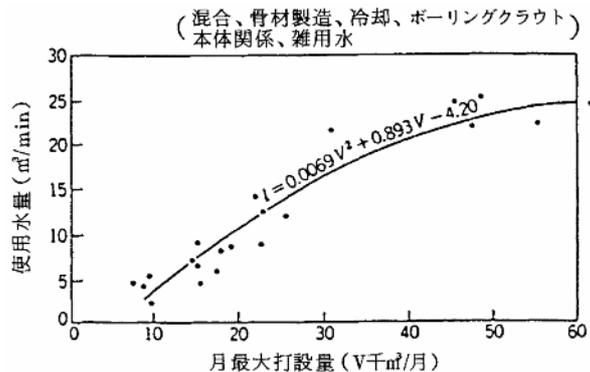


図 6-13-1 月最大打込み量 (V) と使用水量 (l) との関係

2. 機種を選定

(1) 給水設備のポンプ形式は、うず巻ポンプ、タービンポンプおよび水中ポンプが一般的である。

(2) うず巻ポンプの形式と選定は次のとおりである。

- (1) 片吸込ポンプ……口径 260mm 以下
- (2) 両吸込ポンプ……口径 180mm 以上
- (3) 水中ポンプは一般に揚程 30m 以下とする。

(3) 表 6-13-2 うず巻ポンプの吸込み口径と吐出し量の関係 (60Hz の場合)

a) 小型うず巻ポンプ (J I S B 8313 による)

吸込み口径	40	50	65	80	100	125	150
吐出し量 (m ³ /min)	0.22 以下	0.18~ 0.36	0.28~ 0.56	0.45~ 0.90	0.71~ 1.40	1.12~ 2.24	1.80~ 3.55

b) 両吸込みうず巻ポンプ (J I S B 8322 による)

吸込み口径(mm)	200	250	300	350
吐出し量 (m ³ /min)	2.8~ 2.6	4.5~ 9.0	7.1~ 14.0	9.0~ 18.0

c) 高揚程ポンプの標準口径と吐出し量

吸込み口径	65	80	100	125	150	200	250	300	350
吐出し量 (m ³ /min)	0.35 ~ 0.50	0.50 ~ 0.80	0.80 ~ 1.25	1.25 ~ 2.00	2.00 ~ 3.50	3.50 ~ 5.00	5~ 8	8~ 12	12~ 18

(4) 水 槽

- (1) 水槽の容量は送水量の 10~20min 程度とする。
- (2) ポンプ設備系列に 1 基設ける場合が多い。
- (3) 水槽の材料は、鋼板またはコルゲートパイプ製とする。なお、コルゲート水槽の標準的形状寸法は、設計指針 (案) を参照のこと。

3. 主要設備の設計

給水設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針 (案)」の 325 項を参照のこと。

第 14 節 電力設備

1. 計画一般

1-1 施工設備に使用する電源は、電力会社から供給を受けるのが一般的である。

その場合は、受電容量の大小により低圧・高圧・特別高圧など、受電の方式が異なる。需給の詳細は電力会社が定めている電力供給規定によることになり、受電電圧・送電径路および工事負担金等について早い時期に電力会社と打合せておかなければならない。

1-2 次のような場合は、エンジン付発電機を使用する。

- (1) 短期間の場合
- (2) 電力会社からの供給が困難な場合
- (3) 期間電力の容量が不足する場合等

1-3 電力使用計画は工事進捗状況を勘案して、工事用機械使用計画に基づいて月別、使用目的別 (電力・溶接機・電灯) の使用電力 (負荷設備) の総容量を計算し計画書を作成する。

1-4 工事用電力は、仮排水路トンネルおよび仮設備工事着工前に、受電開始できることが望ましい。

第 15 節 塗 装

1. 塗装は「機械工事塗装要領（案）・同解説」による。
2. 工場塗装はエアレススプレー塗、現場塗装はハケ塗りを原則とする。
3. ダム施工機械設備の標準的な塗装仕様を表 6-15-1 に示す。

表 6-15-1-1 ダム施工機械設備の塗装仕様 (標準)

区分	工種	製作時		転用時		備考
		塗装	標準膜厚	転用時 (A)	転用時 (B)	
製缶物	ケ素地調整 下塗り 中塗り 上塗り	1種				架台、シユート、ホッパ、コンベヤフレーム等で転用時には現地で塗装するもの
		エツチングプライマ	15μ			
		鉛系、さび止め	35μ			
		長油性フタル酸樹脂	30μ			
現場	ケ素地調整 下塗り 中塗り 上塗り	2種			3種	
		鉛系、さび止め	35μ	鉛系、さび止め	35μ	
		長油性フタル酸樹脂	30μ	長油性フタル酸樹脂	30μ	
		長油性フタル酸樹脂	25μ	長油性フタル酸樹脂	25μ	
機械物	ケ素地調整 下塗り 中塗り 上塗り	1種				ジョークラッシュ等の機械単体品で転用時には工場塗装するもの
		エツチングプライマ	15μ			
		鉛系、さび止め	35μ	鉛系、さび止め	35μ	
		長油性フタル酸樹脂	30μ	長油性フタル酸樹脂	30μ	
ホッパ・上蓋	ケ素地調整 下塗り 上塗り	1種				製缶物で、骨材の流れなどで摩耗するもの
		鉛系、さび止め	15μ			
		ケ素地調整 下塗り				
		ケ素地調整 上塗り				
接水部	ケ素地調整 下塗り 上塗り	1種				製缶物で、タンク内面、シツクナ内面等
		鉛系、さび止め	15μ			
		ジソクリンチ	15μ			
		タールエポキシ樹脂	80μ			
現場	ケ素地調整 下塗り 上塗り	2種			3種	
		タールエポキシ樹脂	80μ	タールエポキシ樹脂	80μ	
		タールエポキシ樹脂	80μ	タールエポキシ樹脂	80μ	
		タールエポキシ樹脂	80μ	タールエポキシ樹脂	80μ	
配管部	ケ素地調整 下塗り 上塗り	4種				SGP等の黒管
		鉛系、さび止め	35μ			
		長油性フタル酸樹脂	25μ			
		タールエポキシ樹脂	80μ			
理設部	ケ素地調整 下塗り 上塗り	4種				SGP等の黒管
		鉛系、さび止め	35μ			
		長油性フタル酸樹脂	25μ			
		タールエポキシ樹脂	80μ			

転用時 (A) …… 旧塗膜の劣化が著しく、2種ケレンが必要な場合

転用時 (B) …… 旧塗膜の劣化がかなり進行しており、3種ケレンが必要な場合

使用参考例を下記に示す。

(1) コンクリート打設設備（参考）

塗 装 箇 所	下地処理	工 程	工 場 塗 装		
			塗 装 名	回 数	標 準 膜 厚 μ m / 回
固 定 塔 移 動 塔 テークアップ装置	1種ケレン	一次プライマ	エッチングプライマ	1	15
		下塗塗装	鉛系さび止め塗料2種	1	35
		中塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	30
		上塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	25
走 行 装 置 走行軌条(エントハッファ) 運 転 室 架 台 機 械 室 配管・配線取付架台	3種ケレン	下塗塗装	鉛系さび止め塗料2種	1	35
		中塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	30
		上塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	25

(2) コンクリート製造設備（参考）

塗 装 箇 所	下地処理	工 程	工 場 塗 装		
			塗 装 名	回 数	標 準 膜 厚 μ m / 回
本 体 建 屋 貯 蔵 槽 (外面) 計 量 槽 (外面) ホ ッ パ (外 面) シ ュ ー ト (外 面) 階 段 等 振動フィーダ、ミキサドラム	1種ケレン	一次プライマ	エッチングプライマ	1	15
		下塗塗装	鉛系さび止め塗料2種	1	35
		中塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	30
		上塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	25
水貯蔵槽(内側) 水計量槽(内側)	1種ケレン	一次プライマ	エッチングプライマ	1	15
		下塗塗装	タールエポキシ樹脂塗料1種	1	80
		上塗塗装	タールエポキシ樹脂塗料1種	1	80
各種構造物内面	4種ケレン	下塗塗装	鉛系さび止め塗料2種	1	35
各種構造物外面	3種ケレン	下塗塗装	鉛系さび止め塗料2種	1	35
		中塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	30
		上塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	25

(3) 濁水処理設備（参考）

塗 装 箇 所	下地処理	工 程	工 場 塗 装		
			塗 装 名	回 数	標 準 膜 厚 μ m / 回
各 製 作 品	1 ヶ レ 種 ン	一次プライマ	エ ッ チ ン グ プ ラ イ マ	1	15
		下 塗 塗 装	鉛系さび止め塗料 2 種	1	35
		中 塗 塗 装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	30
		上 塗 塗 装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	25
接 水 部	1 ヶ レ 種 ン	一次プライマ	ジ ン ク リ ッ チ プ ラ イ マ	1	15
		下 塗 塗 装	タールエポキシ樹脂塗料 1 種	1	80
		上 塗 塗 装	タールエポキシ樹脂塗料 1 種	1	80
槽 接 地 部	1 ヶ レ 種 ン	一次プライマ	エ ッ チ ン グ プ ラ イ マ	1	15
		下 塗 塗 装	鉛系さび止め塗料 2 種	1	35
配 管（大気露出部）	4 ヶ レ 種 ン	上 塗 塗 装	タールエポキシ樹脂塗料 1 種	1	25
配 管（地中埋設部）	4 ヶ レ 種 ン	下 塗 塗 装	タールエポキシ樹脂塗料 1 種	1	80
		上 塗 塗 装	タールエポキシ樹脂塗料 1 種	1	80