

コンクリートダム打設工程計画・管理システムの開発

(株) 熊谷組 高田利行 ○本名誠二

1. はじめに

コンクリートダムの建設工事において打設工程計画は工事計画の基幹として位置付けられ、実際の施工を円滑に実施していく上でのガイドラインを形成するものである。コンクリートダム工事はいくつかの工事に分類できるが、全体工事にしめる工事期間が長く、また施工条件の変化による影響の大きいのはコンクリート打設工事である。そこで、ダムコンクリートの打設工事を実施する過程において工程に関する計画・管理のシステム化を行なうことが、コンクリートダム工事全体のマネジメント業務を合理化する上で非常に重要であると考えた。

ダムコンクリートの打設工程管理における機能上の目的は、リフトスケジュールを基本とした打設計画の立案と、計画に準じて工事を進行させるための統制の2面からとらえることができよう。しかしながら、計画時点では実際の工事の状況を的確に把握するのが困難なため、計画と実施にずれが生じたり、施工途中で施工条件が変更されたりする等のことから再度打設計画を立案する場合も多いので、計画と管理の一貫した実施が必要となる。

このような認識からコンクリートダムの打設工事をとらえ、打設工程に関する計画・管理システムを開発し実験的に現場への適用を開始したので、その概要について報告する。

2. 打設工程に関するマネジメントサイクル

コンクリートダムの打設工事の進行過程は、計画(plan)→施工(do)→統制(see)を代表とするマネジメントサイクルとしてとらえることができよう。この中で、打設工程に関する計画の立案プロセス及び統制の方法と範囲について検討を行なった。

2.1 打設計画の立案過程

ダムコンクリート打設計画は、リフトスケジュールを始め、仮設備の計画、各種資源の使用計画、並びに月間・週間にブレイクダウンされた実施計画の作成などが含まれる。打設計画立案過程を1.条件の

整理、2.概略計画の作成、3.実施計画の作成、4.実施のための管理計画の作成の4つの段階にわけて記述すると次のようになる。

(1) 条件の整理

打設計画を立案するにあたり前提となる条件には契約関係、自然環境、社会環境、過去の施工実績の項目が考えられる。

a) 契約関係情報(工事内容の規定)

打設工期、ダムの形状・寸法、ダムコンクリートの品質、施工手段、等。

b) 自然環境情報

地形、地質、気象、水文、等。

c) 社会環境情報

法規・規則、用地問題、環境保全、利用施設、利用資源、等。

d) 過去の施工実績

(2) 概略計画の作成

a) 打設方法の選択

ダムコンクリートの打設方法には、主打設備による分類から、走行式・軌索式ケーブルクレーン、走行式ジブクレーン、タワークレーン、クローラクレーン、ポンプ工法、ベルトコンベアー工法及びこれらの組み合わせ等がある。これらの打設方法の中からどれを選択するかについては、下記のような項目について実行可能性や経済性等の点から総合的に検討する必要があると考える。なお、以上の打設方法はレヤー打設方式、ブロック打設方式及び混合方式を対象としたものである。

- ダムの規模及びダムサイトの地形
- 自然環境保全
- 打設機械の能力(カバーエリア、揚程等)
- 打設設備の据付工事(基礎掘削との関連)
- 転流方法及び洪水対策、等。

b) 概略打設工程計画の作成

打設工期、コンクリート数量、月別稼働日数等から、月当たり及び日当たりの打設量(最大、平均)を決定する。この結果に基づいて次のような仮設備

の規模が決定される。なお、詳細な経済比較が必要な場合は次に述べる実施計画を作成することによって決定することがある。

- ・ 主打設設備
- ・ 骨材採取・製造・貯蔵設備
- ・ コンクリート混合設備
- ・ セメント貯蔵供給設備
- ・ コンクリート運搬設備、等。

(3) 実施計画の作成

(2)で決定した打設方法及び仮設備に基づいて、工程に関するより詳細な計画（リフトスケジュール、資源山積計画）を立案する。この段階で次に示すような計画変数に対し適切な値を設定することによって、実行可能な実施計画が作成される。

- ・ 隣接ブロック間のリフト差
- ・ 立ち上がり形状（先行・後続関係）
- ・ 打継ぎ間隔
- ・ 打設能力
- ・ 岩着部の打設開始条件
- ・ 縦ジョイントの終了リフト
- ・ 洪水吐用ブロック
- ・ ハーフリフト打設、等。

なお、いくつかの実行可能性のある代替案の中からどの案を選定するかについては、所要日数、打設日数率、日平均・月平均打設量及び打設時間、立ち上がり形状などから総合的に検討する必要があると思われる。

(4) 実施のための管理計画の作成

この段階では日報データをベースとした施工状況の把握方法や施工内容に関する指示系統及び打設工程計画の修正等に関する方法を事前に検討しておく必要があろう。

2.2 統制の方法と範囲

ダムコンクリートの打設工事が始まると当初予想し得なかった施工状況の変化のため、計画と実績が徐々にかけはなれていく場合が生じる。この施工状況の変化の原因には自然現象、人為的事故、故障など例外的な事故の発生による工事進捗への阻害、あるいは労務、機械設備、材料などの施工要素が有効

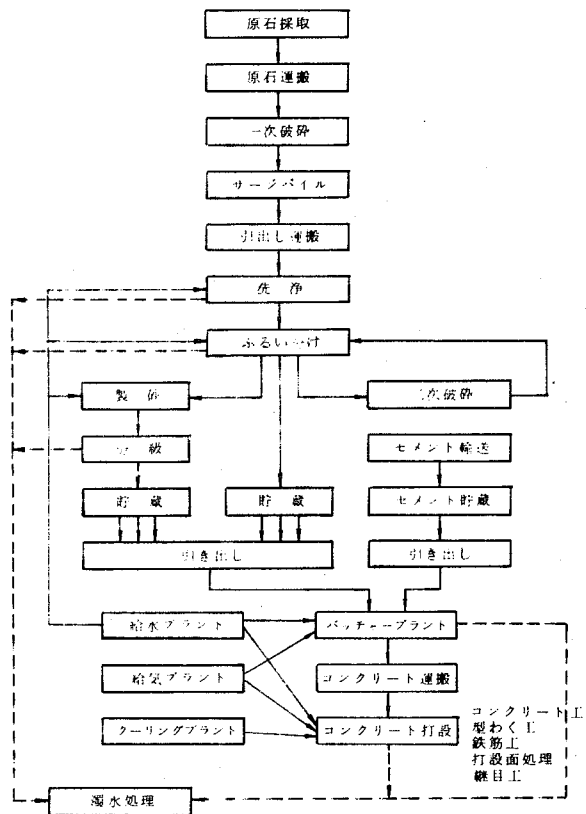


図 2.1 ダムコンクリート施工プロセス

に使われていないことなどがあげられる。前者に対しては原因が比較的明確に判断できるので適確な対応がとれるであろう。一方、後者に対しては実際に確認される事象の発生までの過程が長いため、絶えず工事を調査し原因の発見に努めねばならない。

ところで、その原因を調べるにあたってはダムコンクリートの施工プロセスを考え、その過程を明らかにすることにより原因追求の対象範囲を明確化しておくことが前提となろう。図 2.1 にダムコンクリートの施工プロセスを表わしたが、原石採取に始まってコンクリート打設及び漏水処理に至る内容が打設工事における管理の対象範囲とすることができよう。なお、コンクリート打設の項はさらにコンクリート工、型わく工、鉄筋工、打設面処理、継目工の工種に分解される。

3. 打設工程に関する計画・管理システムの概要

コンクリートダムにおける打設工程計画管理シス

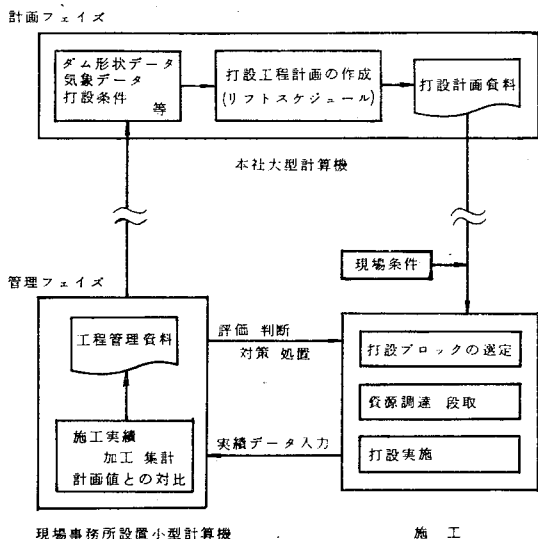


図 3.1 コンクリートダム打設工程計画・管理システムの概念図

テムは概念的に図 3.1 のように表わせる。これは大型・小型計算機を利用して打設工程計画の立案と施工実績に基づいた評価資料の作成を効率的に行なうことによって打設工事における PDCA サークルをより効果的に実施していこうとしたものである。

本システムを機能的に分類すると計画フェイズと管理フェイズにわけることができる。計画フェイズでは大型計算機により、設定した各種打設条件データに基づいた打設工程計画を迅速に立案することを目的とする。一方、管理フェイズでは現場事務所に設置した小型計算機により日々発生する施工情報を蓄積し、適時施工状況に対する判断材料としての資料を提供していくことを目的とする。なお、施工途上で実施計画を再評価し、施工条件の変化などを考慮して改善の余地があれば計画フェイズにフィードバックし、再度打設計画

を作成することができる。

3.1 計画フェイズの内容

計画フェイズは図 3.2 に示したように 4 つのサブシステムから構成されている。

数量計算サブシステムでは、ダムサイトにおける基礎掘削後の地形や堤体の形状、ジョイントによるブロック分割などのデータにより、リフト別にコンクリート量、グリーンカット面積、型わく面積を計算する。また、数量計算のデータチェックの意味から、ダムの上下流面図、平面図、標準断面図、各横ジョイント毎の断面図を作成することができる。

打設可能日計算サブシステムでは、降水量や気温などの気象条件を確率統計論的にとらえ、特に日降水量については各種気象データに基づきコンピュータシミュレーションの手法を利用して求めることができる。次に、休日や機械整備日などを考慮することにより打設可能日を暦日に決定していく。なお、

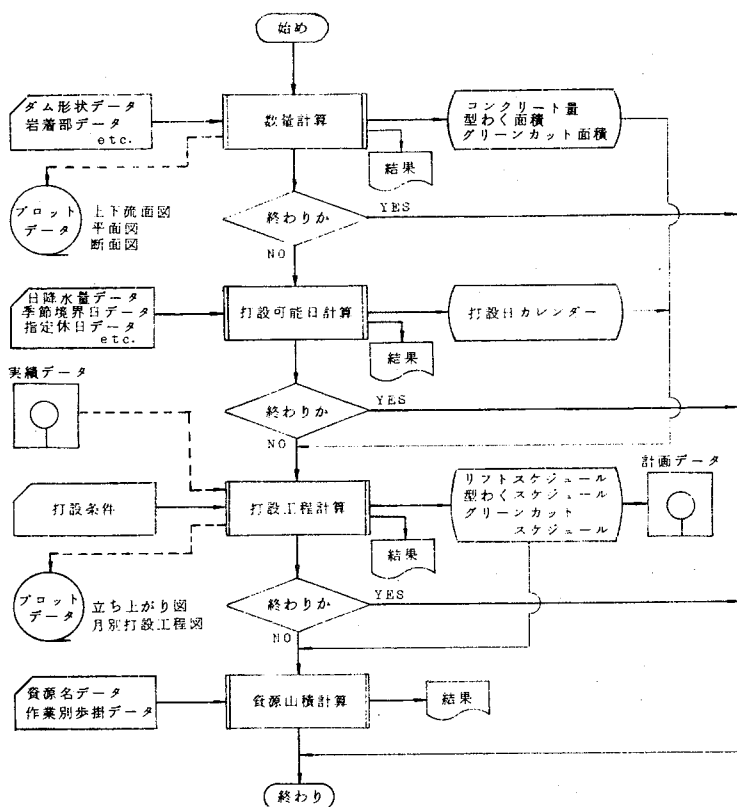


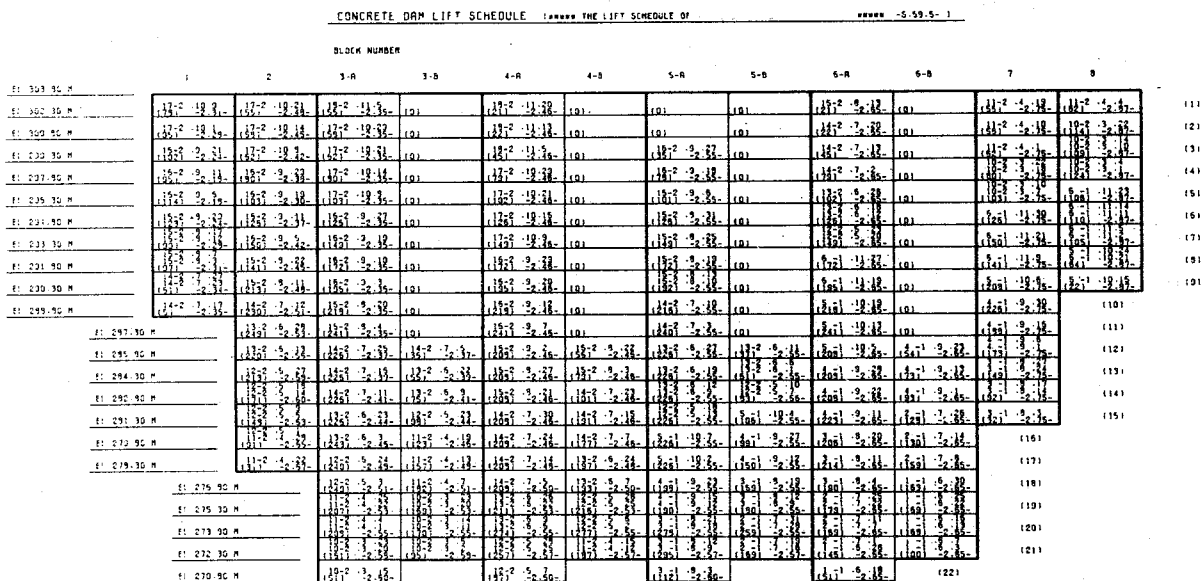
図 3.2 計画フェイズの処理フロー

簡便な方法として月別に指定した打設可能日数を乱数によりランダムにふりわけけることも可能である。

打設工程計算サブシステムでは、コンクリートの打設能力、日打設可能時間、立ち上がり形状、打設サイクルなどの条件により、打設単位として分割されたリフトの打設開始から完了までのコンクリート打設順序を予測、決定する。これは通常リフトスケジュールと呼ばれているが、さらに型わくスライド

設置作業、グリーンカット作業のスケジュールについても実施される。また、リフトスケジュールの結果に基づいて、立ち上がり図及び月別の打設工程図を作成することができる。(図 3.3, 図 3.4)

資源山積計算サブシステムでは、コンクリート打設作業、型わくスライド設置作業、グリーンカット作業における労務、機械、資材といった資源の使用状況を打設工程計算結果と歩掛に基づいて表わすこ



とができる。

3.2 管理フェイズの内容

管理フェイズにおいては、打設工程上の問題点の把握及び施工状況の評価に必要な管理資料の作成とリプランニングに必要な打設実績データの蓄積を主な目的として小型計算機を利用している。現場事務所設置の小型計算機は図3.5のような構成になっているが、各種処理プログラムはミニフロッピーディスクに格納されている。

日報形式で日々得られる施工情報の内容は次に示すとおりである。

- (1) 打設日報
- (2) クレーン稼働実績日報
- (3) 就労日報
- (4) 資材日報
- (5) 機械日報
- (6) 作業量記録

これらの情報は表示画面（図3.6、図3.7、図3.8、図3.9）の指示に従いキーボードより入力された後、マスターファイルに追加される。マスターファイルはマイクロディスク（5MB）に確保されているが、ディスクの領域には限りがあるので、情報量がある一定量を越えた段階で標準フロッピーディスクに引き上げるようにしている。

このようにして収集、蓄積された施工情報に基づき、適宜出力される管理資料には次のようなものがある。

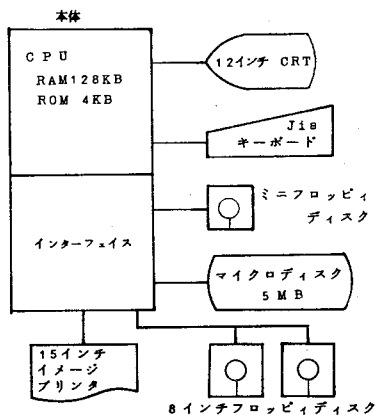


図3.5 小型計算機の構成

```

*****
* カルシ ニュウ ニュウ *
*****

(1) デビ ニュウ
(2) クレン ニュウ
(3) ショウ ニュウ
(4) シタイ ニュウ
(5) カイ ニュウ
(6) 78 ニュウ
(7) END

```

シタ バンコウ →

図3.6 施工実績入力メニュー

```

C4 : END ***** 11
* デビ ニュウ ニュウ * EDIT
*****

DATE 57.05.30 AL 12.5 °C 0.0 mm/day 5,000.8 5

1. 77 No. (M,N,L) _ _ _ _
2. クレン No. _ _ _ _
3. 77 コマ (1.FULL 2.HALF) _ _ _ _
4. デビ ニュウ (H3) _ _ _ _
5. シタ デビ ニュウ (h) _ _ _ _
6. デビ ニュウ (1.シタイ 2.177 3.777) _ _ _ _

```

C1 : ALL-CRN C2 : BODY-CRN C3 : BODY-RETRY カン

図3.7 打設日報入力画面

```

C4 : END ***** 13
* ショウ ニュウ ニュウ * EDIT
*****

DATE 57.11.15 AL 6.0 °C 3.8 mm/day

ショウ ニュウ 7777777777777777
78 ニュウ 7777777777777777

1. コマ 7777777777777777 2. シタイ 7777777777777777 3. シタイ 7777777777777777
4. ショウ ニュウ 7777777777777777 5. ショウ ニュウ 7777777777777777 6. ショウ ニュウ 7777777777777777
7. ショウ ニュウ 7777777777777777 8. ショウ ニュウ 7777777777777777 9. ショウ ニュウ 7777777777777777
10. ショウ ニュウ 7777777777777777 11. ショウ ニュウ 7777777777777777 12. ショウ ニュウ 7777777777777777
** ショウ **

```

C1 : ALL-CRN C2 : BODY-CRN C3 : BODY-RETRY カン

図3.8 就労日報入力画面

```

C1 : END ***** 11
* カイ ニュウ ニュウ * EDIT
*****

DATE 57.05.30 AL 12.5 °C 0.0 mm/day

カイ ニュウ 7777777777777777
78 ニュウ 7777777777777777

シタ イタ ショウ 7777777777777777 7777777777777777 7777777777777777

1. 78 ニュウ 7777777777777777 _ _ _ _ _
2. 78 ニュウ 7777777777777777 _ _ _ _ _
   ショウ 7777777777777777 ショウ 7777777777777777 ショウ 7777777777777777
3. ショウ 7777777777777777 _ _ _ _ _

C1 : ALL-CRN C2 : BODY-CRN C3 : BODY-RETRY カン

```

図3.9 機械日報入力画面

- a) 打設コンクリート量区分別集計
- b) 打設コンクリート量クレーン別集計
- c) クレーン稼働要因別集計 (図 3.10)
- d) 労務協力業社別集計
- e) 労務工程・作業・内容別集計 (図 3.11)
- f) 資材集計
- g) 資材工種・作業・内容別集計
- h) 機械集計 (図 3.12)
- i) 機械工種・作業・内容別集計
- j) 工種・作業別作業量集計
- k) 実績歩掛

以上のような各種管理資料を、施工管理者は施工上の意思決定に関する客観的、定量的判断材料として活用していくことになる。

コンクリートダムの打設工程に関して、日々収集・蓄積された実績データには次のような役割が考えられる。

[illegible]

図 3.10 クレーン稼働要因別集計

[illegible]

図 3.1.1 労務工種・作業・内容別集計

[illegible]

- a) 工事施工状況の判断材料
- b) 打設計画へのフィードバック用データ
- c) 工事記録

a) の項であり、現場のニーズに対してタイムリーな

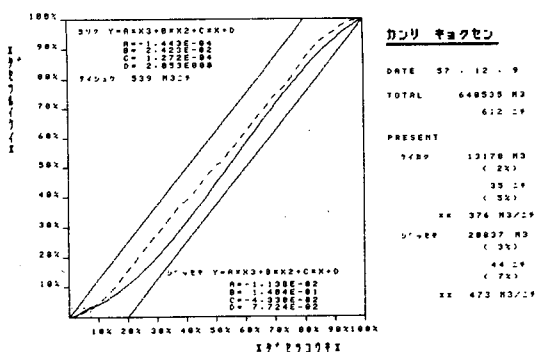


表 7-5 表 7-7 表 7-8
 12176R3 263
 21376R3 353

Category	BL-11	BL-12	BL-13	BL-14	BL-15	BL-16
Ca. 158						
Ca. 126-2						
Ca. 137						
Ca. 122-2						
Ca. 126						
Ca. 122-5						
Ca. 121						
Ca. 122-5						
Ca. 122						
Ca. 126-5						
Ca. 125						
Ca. 123-5						
Ca. 122						
Ca. 126-5						
Ca. 117		12-8				11-20
Ca. 117-5						
Ca. 116						
Ca. 114-5		11-29		11-16 11-9		
Ca. 113				11-20		
Ca. 111-5						
Ca. 110	11-22 11-15		11-20			

BL-11 BL-12 BL-13 BL-14 BL-15 BL-16
 37-12, 9

図 3.14 コンクリート立ち上がり比較図

また、打設工事の進捗状況が当初の計画と無視できない程度かけはなれた場合や打設条件が大幅に変更された場合などに再度打設計画を立案しなければならないが、打設工程に関する実績データを規定の書式で標準フロッピーディスクに出力することにより、計画フェイズにおけるリプランニング時に必要な実績データとしてそのまま利用することができる（図 3.2 参照）。逆に、大型計算機から標準フロッピーディスクに出力された工程計画データを利用して、小型計算機上で計画と実績を比較することにより工程管理に役立てていくことができる。

コンクリートダム建設現場に本システムを実験的に導入してから、リプランニングについては打設条件の変更のため1,2ヶ月に1度の割合で行なってきた。条件の変更の程度が少ない場合は施工管理者の判断で打設工程計画の調整を行なえるが、条件の変更により打設ブロック選定順序が根本的に変わる場合などはそれ以降の全体工程がどの程度になるのかを事前に把握しておくことは必要である。

運用上の問題点として、計画フェイズにおける適用範囲や処理内容の充実という面から、実際の工事をできるだけ適確に再現できることが重要である。一方、管理フェイズにおいて施工情報の発生からキーボードに入力するまでの間に確実に情報が伝達さ

れるには、日報への記入方法及び入力方法の簡略化や日報の収集経路の明確化が必要であろう。また、収集した施工情報を管理に有効に活用していく意味から、小型計算機の作図機能を生かした出力方法の検討も必要となろう。

5. 終わりに

建設工事における安全の確保と品質・工期・価格の点で最も適切な工事を遂行するという目的から、工法の選定や利用可能な資源、資金の活用を図っていくという工事管理の持つ機能を合理的に実行していくことにシステム化の目標があると考えられる。今回報告したシステム開発の対象は、コンクリートダム工事の中でも重要度の高いものではあるが、打設工程というある限られた範囲内のものである。従って、今後はダム工事全体として統合化された工事管理のシステム化を実現していくために、全体工事における施工情報の体系化や標準化の検討、各種計画・管理技術の確立などが重要となってくるであろう。

参考文献

- (1) 土木学会土木計画学研究委員会施工情報システム分科会：土木施工と情報，昭和57年7月
- (2) 河原畑・春名・森脇：ダムコンクリート打設工事における工程計画・管理システムの設計，土木学会論文報告集第325号・1982年9月
- (3) 建設省河川局：多目的ダムの建設
- (4) 早稲田大学田村研究室：工事計画および管理の体系化，建築の技術 施工，1977年1月号