

ダム・コンクリート打設計画のシミュレーションについて —— CLEOPATRA ——

(株)奥村組技術研究所 正員 ○河原畑 良弘
同 西村 正夫

1. まえがき

ダム工事は一般に限られた地域内に莫大な工事量を集中的にもち、その工事内容は複雑多岐なため、綿密で合目的な施工計画とこれを狂いなく進めるための適切な施工管理を人的手段で処理するのは極めて非効率であり、困難である。そこでコンクリート・ダム工事における科学的計画・管理方式を追求するため、本研究ではコンクリート打設作業を対象作業としてモデル化し、シミュレーション手法を用いて最適な打設計画(リフト・スケジュール)を立案する有効な資料とすべくシミュレーション・プログラム(CLEOPATRA)を作成した。

2. コンクリート打設システムのモデル化

ダム・コンクリートの施工は普通の無筋コンクリートと比較してマス・コンクリートであることが特色であり、このためダム軸に直角方向にブロック割りをし、更にブロック毎に1リフトずつ丁度積木を積上げるようにして打上げていく。モデルではまず最初に打設可能日かどうかを判定し、各ブロックについて打設可能かどうかを種々の制約条件と照合して打設可能リフトをリストアップする。次にこの中から表-1の選定基準に従い、優先リフトの順序付けを行ない、打設可能な範囲内で逐次打設を決定していく。このあと打設表面の状態を修正して、日を進めて繰返す。また、シミュレーション途中で水叩部打設との競合やコンソリデーション・グラウト作業の割込みが順次組込まれていく。このモデル構成に必要な可変要素は表-2に示すようにインプット・データで与える。また、シミュレーション結果は表-3に示すように種々の形式でアウトプット・リストを作成する。

表-1 本堤の打設リフト選定基準

1. ハーフ・リフト打設の上層ハーフ・リフト
2. 長期間放置したコンクリート表面上に打継ぐリフト
3. 最優先ブロックのリフト(指定した場合)
4. その時点の各ブロック立上り状態において 指定した理想立上り姿からの最速ブロックのリフト
5. 指定したブロック優先順位による優先ブロックのリフト

表-2 インプット・データ項目一覧表

1. ブロック、リフトについて
 - ① ブロック数
 - ② 各ブロックの最高、最低リフト番号
 - ③ 各リフトの標高
2. 各打設リフトについて
 - ① コンクリート量
 - ② サイクル・タイム
 - ③ ハーフ・リフト、フル・リフト打設の指定
3. 立上り姿について
 - ① 各ブロックの先行、後続関係
 - ② 岩着部リフトの打設開始条件
 - ③ 隣接ブロック間相互の理想のリフト差(理想立上り姿)
 - ④ 隣接ブロック間相互のリフト差上限
 - ⑤ ブロック優先順位
 - ⑥ 各月の型枠存置期間
4. 洪水吐用ブロックについて
 - ① 最低位ブロックおよび 次位ブロックの指定
 - ② 洪水吐用低位ブロックと他のブロックとのリフト差設定条件
 - ③ 洪水吐を考慮する月間
 - ④ 洪水吐を考慮する標高範囲
5. 打設制約条件について
 - ① 年間定休日と日曜休日の指定
 - ② 各旬間および月間の打設可能日数
 - ③ 各月の日最大打設能力
 - ④ 各旬間および月間の打設可能量
 - ⑤ 打設当初とそれ以後の日打設箇所数上限
 - ⑥ 長期間放置したコンクリート表面上に打継ぐ場合の処理条件
6. 打設開始条件について
 - ① 打設開始日
 - ② 打設開始時点の各ブロックの次打設するリフト番号と前リフトの打設日
7. 水叩部打設について
 - ① 打設開始日
 - ② 打設箇所総数
 - ③ 打設順位
 - ④ 各打設箇所の名称、コンクリート量および所要経過日数
 - ⑤ 日打設箇所数上限
 - ⑥ 本堤打設との制約 および 優先関係
8. コンソリデーション・グラウト作業について
 - ① グラウト作業箇所総数
 - ② 各作業箇所的位置とグラウト機械占有日数
 - ③ グラウト作業のブロック優先順位

3. モデル評価のための特性値

モデル評価のためにまずある1つのブロックにおける前リフトを打設してから次リフトを打設するまでの過程を分析すると図-1のようであり、これらのブロック毎の統計値のほかに表-4に示すような諸特性を求める。

4. シミュレーション実施例

このシステムは開発以来2件の工事（奈良県・室生ダム、福岡県・陣屋ダム）についてシミュレーションを行ない、また現在、室生ダムについてはフォロー・アップを行ないつつ実績との比較検討を行なっている。ここでは1解析例として室生ダムについてのミキサ能力の相違によるシミュレーション結果を表-4、図-2に示す。

表-3 アウトプット・リスト一覧表

1. インプット・データ・リスト
2. 層り順打設工程表（標準アウトプット・リスト）
3. 各月の本堤立上り状態図
4. 本堤打設工程表（ブロック、リフト別）
5. 水明打設工程表（打設順位別）
6. コンソリデーション・グラウト作業工程表
7. 旬間、月間打設累計表
8. 打設日一覧表

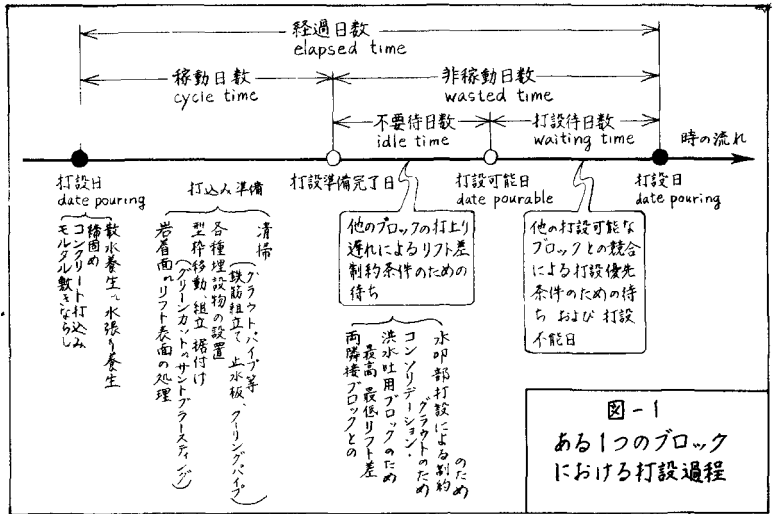
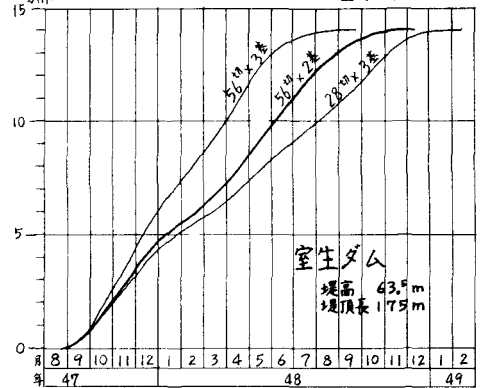


図-1
ある1つのブロック
における打設過程

表-4 打設特性値

項目	ミキサ容量 時間打設量	28 ^{cm} ×3巻 34 m ³ /h	56 ^{cm} ×2巻 45 m ³ /h	56 ^{cm} ×3巻 68 m ³ /h
打設工期 (自) (至)		47-8-25 17 ^日 49-2-11 11 ^日	同左 48-12-8 15 ^日	同左 48-9-19 13 ^日
所要日数		536 ^日	471 ^日	391 ^日
打設日数		388 ^日 (72.4%)	328 ^日 (69.6%)	270 ^日 (69.1%)
非打設日数 (打設不能および休日)		148 ^日 (27.6%)	143 ^日 (30.4%)	121 ^日 (30.9%)
〃 (打設可能)		34 ^日 (6.3%)	49 ^日 (10.4%)	38 ^日 (9.7%)
コンクリート打設率		72.4%	60.8%	50.1%
20日以上放置して打設したリフト		26ヶ所	16ヶ所	2ヶ所
本堤 平均経過日数		12.2日	10.4日	8.3日
平均移動日数		8.0日	7.6日	7.0日
平均非稼働日数		4.2日	2.8日	1.3日
平均不要待日数		1.7日	1.4日	0.4日
平均打設待日数		2.5日	1.4日	0.7日

図-2 コンクリート打設量累計



5. あとがき

ダム工事現場は大規模な一大工場であり、単純にコンクリート打設作業だけを解析して最適打設計画が得られても、全体の工事から眺めた場合には必ずしも最適なものにならない。したがって解析結果を提示するにとどめ、最終的な評価を下すべきではないであろう。しかし、ダム工事においてはコンクリート打設作業の全工事に占めるウェイトが高いから、まずその解析を行なうことで重要な示唆を与えてくれる。また現在、本システムの機能拡張を目指してブロックおよびリフト分割の最適化を考慮するシステムとしてシミュレーションを実施できるように研究を進めている。