

ダム・コンクリート打設計画立案の電算機利用

(株)奥村組技術研究所

正会員

河原畑 良 弘

〃

〃

西村 正 夫

〃

〃

○ 森 脇 洋

1. まえがき

コンクリート・ダム施工計画において、打設工程立案は、既設類似ダムの実績資料を参考にして、技術者の経験から画一的に判断されて計画されることが多かった。しかし、コンクリート・ダム工事は、きわめて多種多様な工種の集積からなり、打設を制約する諸要因は複雑かつ不確定なものが多く、さらに、密接な相互関係を持つものである。それゆえ、そのはん雑さのために問題点をいくつか絞った範囲内で検討せざるを得なかった。

このような状況の中で、合理的な施工計画・管理手法を導入する一環として、打設工程を全工程との関連において効率的に計画することを目的とし、打設システムをモデル化してコンピュータ・シミュレーション手法によるダム・コンクリート打設工程計算プログラム(CLEOPATRA/M)を開発した。これにより、手計算の手間をはぶく一方、打設並行作業を効率的に組込んで、任意の条件変更による施工計画代替案が容易に求められる。すなわち、実行計画を立案するうえで一助となるマン・マシン・システムを目指したのである。

2. 打設システムの解析手法と制約条件

ダム・コンクリート打設作業において、各ブロック内ではリフトごとの打設順序関係は決まっているが、ブロック間相互ではいくつかの可能な先行・後続関係を仮定できる。また、水たたき・導流壁部などの打設作業やクラウト注入作業が本堤打設作業に影響を及ぼすことを考えあわせると、本堤打設順序を一意的に決定することは困難である。それゆえ、近年、土木施工の各分野において広く利用されているPERT手法は適用しにくい。

ここで、本堤打設を制約する諸条件を列挙すると次のようなものがある。まず、不確定要因として気象・

水文条件がある。変更可能な選択要因としては打設能力、丘上がりパターン、打設モノリス*を決定する選択条件などが考えられる。次に、確定条件としてはダム形状、打設方式、許容リフト差などがある。以上の制約条件のほかに、休業日・定休日の作業不能日、打設当初の諸制約および本堤打設並行作業(洪水吐き設定、水たたき・導流壁部打設、付帯構造物設置、クラウト工など)も考慮しなければいけない。

そこで、打設当日これらの諸条件を満たして打設可能となったモノリス群の中から、打設優先順位に従って打設箇所を決定する。そして、1日の作業が終了すると暦日を1日すすめて、再度、同手順に従って順次全工期の打設工程を算定する。結果がおもわしくなければ、入力データを変更して、再計算を行なわせるシミュレーション手法を採用した。このようにして、多数回の試行錯誤を行ないながら、事前に種々の施工計画代替案を立案し、総合的観点から綿密に検討・調整を加え、よりよい実行計画を作成する。

3. 打設システムのモデル化

コンピュータ・シミュレーションにより、リフト・スケジュールを作成する場合、採用されるシミュレーション・モデルは実際の各種制約条件に対して、現実と同じ機能を持っていることが望ましい。

そこで、あらゆる条件を組込んでモデルを作成すれば、一見、現実を忠実に再現しているようであるが、その場合、データの収集・入力の手間等ははん雑になるとともに、プログラムもばう大なものとなり、能率的でない。それよりも、結果に大きく影響を及ぼしていると思われる主な条件のみを取り出してモデルを作成しても、現実をかなりの精度で再現できるのであれば、その方がより現実的で能率的である。

* 実際にコンクリートを打設する打設単位をモノリスと本報文では定義した。つまり、フル・リフト打設は1リフト1モノリス、ハーフ・リフト打設では1リフト2モノリスになる。

このような主旨から、このシミュレーション・モデルに組込んだ主な要因・条件について説明する。

(1) ダム形状の設定

図-1に示すように堤体を2次元的にとらえ、左岸側よりアロック番号をつけ、天端リフトを第1リフトとして順次下方ヘリフト番号をつける。さらに、アロック打設方式およびハーフ・リフト打設箇所を考慮して、各モノリスを1・1・U・L・F・1などで表示する。

		ア ロ ッ ク 番 号				
リフト番号		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
		1:1ULF1	2:1ULF1	3:1ULF1	4:1ULF1	5:1ULF1
2		1:2ULF1	2:2ULF1	3:2ULF1	4:2ULF1	
3						
4						
5						

図-1 ダム形状の表示法(上流側正面図)

注 アロック打設方式の箇所は、縦横目が1つだけの場合を表示している。

(2) 立上がりパターン

リフトが打上がっていく全体的形状を立上がりパターンとよび、図-2のようにV型、歯型、V・歯混合型などのパターンが考えられる。すなわち、各アロックの先行・後続関係から決定される。

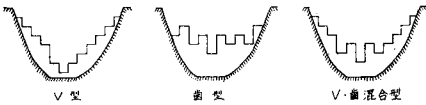


図-2 立上がりパターンの例

(3) 打設開始条件

各アロックで最初に打設するのは岩着リフトであり、この岩着リフトの打設開始条件によりダム全体の立上がりパターンが決まる。つまり、図-3のPAT. 1~6を各アロックに1つずつ指定することにより任意の立上がりパターンを設定できる。

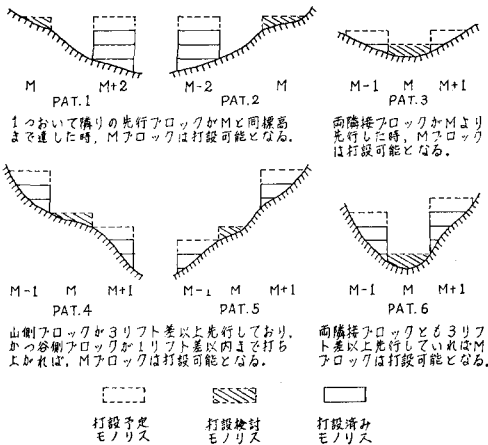


図-3 岩着リフトの打設開始可能条件

なお、打設開始日は西暦年月日等を指定する。ただし、ダムの立上がり途中から打設を再開させて演算処理する場合は、打設再開時点の年月日等と、その時点での立上がり状況を指定する。

(4) 普通リフトの打設検討

岩着リフトが打設され、その上へ順次打設されるリフトを普通リフトとよぶことにする。先行する普通リフトは、後続する隣接アロックとのリフト差が許容範囲であれば打上がってよい。しかし、後続する普通リフトが打設可能かどうかは、先行する隣接アロックの型枠状態により制約を受ける。すなわち、レーヤ打設方式ではダム軸方向の隣接アロックの型枠状態を、アロック打設方式ではダム軸、上下流および斜め方向のそれを検討することになる。例えば、図-4の(C)では、打設予定後続モノリスは、先行アロックの型枠がスライドされない限り打設できない。

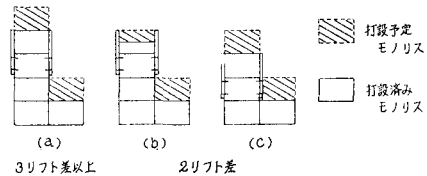


図-4 普通リフト打設の検討

(5) ハーフ・リフト打設への変更

長期間放置された面上に打設するリフトおよびあるモノリスの打設量が1日の打設能力を超える場合、各打設リフトはハーフ・リフト打設に変更処理される。

(6) 型枠存置日数

コンクリートを打ってから型枠を取りはずすまでの期間を、リフト種別および月別に指定する。

(7) サイクル・タイム

あるモノリスを打設すると、そのモノリスの打継ぎ面処理、養生、型枠納動および清掃などの必要日数が経過しない限り直上のモノリスは打設できない。また、打設箇所によっては特殊な型枠作業、配筋・配管作業、計器の埋設およびコンソリデーション・クラウト作業などの日数が必要である。これらに要する必要経過日数をサイクル・タイムとよぶことにして、各モノリスごとに設定する。

(8) 打設可能日数の算定(表-1参照)

現場の気温・降雨等の気象条件から求める作業不能

- f. 旬間・月間および年間打設累計表
- g. 月別コンクリート打設進捗率表
- h. 打設日一覽表

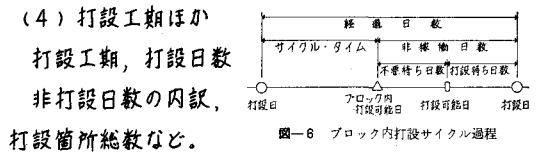
5. シミュレーションの評価指標

実行計画樹立前に、代替案を比較・検討し、事前評価をいろいろの面から十分に行なうことによって、最適な施工計画を作成するために、各要因にフィードバックして施工条件を再検討し直す必要がある。さらに施工途中において、いろいろな施工条件変更や工程の遅れに対しても即座に対処し、ただちに全体への影響をは握する必要がある。このような意味において、施工方法や施工設備などを詳細に検討するためにシミュレーションを通じて事前評価を行なうための指標を設けて、定量的に評価できるようにした。

- (1) 作業稼働率（打設量、日数、時間）
シミュレーションによる作業量と当初に仮定した作業可能量との比率を稼働率として求め、工事全体の作業効率や最盛期をは握する。
- (2) ハーフ・リフト打設指標
やむを得ずハーフ・リフトで2層分割打設された箇所では、その発生理由を追跡調査し、可能な条件変更でフル・リフト打設が行なえれば、その方法を見出す。
- (3) フロック内打設サイクル指標
あるモノリスを打設後、直上モノリスを打設するまでの作業過程分析を図-6に示す。

- a. フロック内打設可能日・・・あるモノリスを打設後、所定のサイクル・タイムを経過した直上モノリスの打設可能最早日
- b. 打設可能日・・・ダム全体としての制約条件を満足して、打込み可能となった最早日
- c. 不要待ち日数・・・そのフロック内における実働作業は完了したが、隣接フロックとのリフト差や、洪水吐き用に指定したフロックとのリフト差制限による待ち日数
- d. 打設待ち日数・・・リフト差による制約は解除されたが、打設能力や旬間打設日数および日打設箇所数の制限により、やむを得ず打設待ちした日数

以上a.~d.のほか、経過日数や非稼働日数などのフロック内打設サイクルを各モノリスについて求め、ダム堤体全体の平均日数およびフロック別の平均日数を求める。この結果から、フロックごとの直上上がり速度や月別の打設状況などが定量的には握でき、ほかの打設計画代替案と比較する場合の指標になる。



6. あとがき

本報で紹介した手法は、ダム・コンクリート打設計画立案についての1つの試みであり、真に有効な手法を得るためにはまだ数多くの問題が残されている。なお、実施例としてはレーヤ打設方式の生屋ダム、陣屋ダムおよびフロック・レーヤ混合打設方式の天理ダムがあり、成果をあげている。

***** LEGEND *****				ELAPSED TIME CYCLE TIME UNMASTED TIME 10-DAY TIME WAITING TIME									
				UP-STREAM DOWN-STREAM LAYER BLOCK FULL-LIFT STILLMER-HALF UPPER-HALF									
				POURED CONCRETE POURED CONCRETE POURED CONCRETE									
				10 MONTH 10 MONTH 10 MONTH 10 MONTH 10 MONTH 10 MONTH 10 MONTH 10 MONTH 10 MONTH									
POURING DATE				POURING DATE									
DAY COUNT				DAY COUNT									
POURING MONTH				POURING MONTH									
CY VS (10-UT)				CY VS (10-UT)									
CONCRETE VOLUME				CONCRETE VOLUME									
WAITING MONTH				WAITING MONTH									
BUILT TOTAL				BUILT TOTAL									
49.	76.	4-13	TUE	(46)	8-30-UB-F1	14	7	7	(0.7)	431.	431.(1)	10-37-UB-F1	10-39-UB-F1
50.	76.	4-14	WED	(47)	10-39-UB-F1	9	2	2	(0.2)	433.	433.(1)	10-37-UB-F1	
51.	76.	4-15	THU	(48)	5-41-DB-US	3	3	3	(0.0)	3.			
52.					9-41-DB-US	0	0	0	(0.0)	354.			
53.					A385	AFRON-7				231.	580.(3)	7-41-DB-L5	10-37-UB-F1
54.	76.	4-16	FRI	(49)	7-41-DB-L5	1	0	1	(0.1)	354.			
55.					5-39-UB-F1	7	2	0	(0.0)	112.	466.(2)	7-39-UB-F1	9-39-UB-F1
56.	76.	4-17	SAT	(50)	7-39-UB-F1	9	2	1	(1.1)	433.	433.(1)	6-39-UB-F1	9-39-UB-F1
57.	76.	4-19	MON	(52)	9-41-DB-US	4	3	1	(1.0)	350.			
58.					C185	AFRON-8				225.	583.(2)	6-37-UB-F1	6-39-UB-F1
										3506.0/10			
												13/10	
													B/10
59.	76.	4-21	WED	(54)	7-41-DB-US	5	3	2	(0.2)	350.	350.(1)	6-39-DB-F1	6-39-DB-F1
												10-37-UB-F1	

表-2 暦日順打設工程表

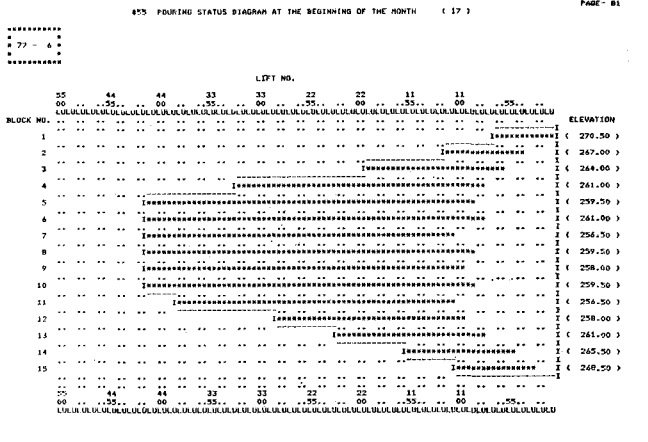


表-3 本堤立上がり状況図