

IV-24 シミュレーションによるフィルダム工事重機配置計画の検討

鴻池組 正員 安井英二*1 澤 芳幸*1
正員 水町 実*1 藤井 誠*2

1. はじめに

フィルダム工事では、コア材、フィルタ材、ロック材といった複数の盛立材料の掘削・積込用重機、敷均し・転圧用重機、および運搬用ダンプトラック（以下ダンプと記す）の能力と台数をバランス良く組合せることが、工程管理、品質管理において非常に重要である。

使用する各種重機とダンプの能力・台数の計画（以下、重機配置計画と記す）は、通常は材料別の施工（盛立）可能日数と工期との関係から算出した単位期間当たりの予定施工量を達成できるように、積算資料等¹⁾を参考に運搬ルートや走行道路の制約等の条件を加味して立案される。

しかしながら、施工計画段階では使用するダンプ、重機の標準作業量や作業時間、サイクルタイム等の数値はあくまでも平均的な確定値にならざるを得ないこと、さらに原石山や堤体でダンプや重機が輻輳した場合の作業待ち等の状況を事前に把握するのは困難であること、といった課題がある。

そこで筆者等は、あるフィルダム工事を対象に、ダンプの運行に着目して、各種作業時間のバラツキを考慮したダンプ、重機の稼動状況をコンピュータ・シミュレーションによって把握することにより、通常の方法による重機配置計画の実効性を検証し、改善案の検討を行ったので、この結果をとりまとめて報告する。

2. 対象工事の概要と施工条件

対象としたフィルダム工事の概要と材料の運搬条件を表-1に示す。また、材料別の施工数量、運搬距離および予定施工量を消化するために必要なダンプ、重機の能力、台数を積算資料および現場施工条件から設定した結果を表-2に示す。

表-1 工事概要と運搬条件

形 式	中央コア型 ロックフィルダム	コア材 フィルタ材	ストックヤードへ堤体 採石場へ堤体
堤 高	42m	ロック材	原石山へ堤体
堤頂長	219m	走行路	一般道路・進入路(25km/h)
堤体積	480,000m ³	車線数	一般道路:2, 進入路:1

表-2 重機配置計画の諸元

盛立材料		年間施工 可能日数(日)	年間施工 数量(m ³)	日施工数量 (m ³)	運搬距離 (km)	必要運搬 台数(台/日)*1	準備台数(台)		
コア材	上流側	106	7,000	66	2.9	12	1	1	1
	下流側		7,000	66	2.5	12		1	
フィルタ材	上流側	106	2,400	23	3.2	5	購入土のため 不要	延べ5	1
	下流側		2,400	23	2.8	5		延べ5	1
ロック材	上流側	168	27,800	165	3.2	42	2	4	1
	下流側		66,300	395	2.8	99		8	2

*1: 10tダンプ、5.5m³(コア材、フィルタ材)、4m³(ロック材)*2: 1.2m³

*3: 21t(コア材、フィルタ材)、32t(ロック材)

一般に、ダンプおよび積込・敷均し重機の準備台数は、積算資料をもとにサイクルタイム(Cm)から1時間当たり作業量を求め、これと1日の予定施工量および作業時間から算出する。

ダンプを例にとると、「積込→運搬→排土→回送」のサイクルタイムを用いて1時間当たりの運搬土量を算出し、1日当たりの施工量と作業時間から準備台数を求める。本工事では10tダンプが一般道路を走行することから、積算資料によるとサイクルタイムは次式により算出する。

$$Cm = 4.8L + \alpha \quad \text{ここで、} L: \text{片道運搬距離 (km)}、\alpha: 16 \text{ 分 (積込、排土、待ち等の総時間)}$$

3. シミュレーションの実施

本研究で用いたシミュレーションソフト「WITNESS」は、主に物流システムを対象とするもので、モデルの構築が容易、実行状況のアニメーション表示や多様な評価用データ生成が可能等の特長を有している。

キーワード：シミュレーション、フィルダム、施工計画、重機配置計画、評価

*1 つくば市桜1-20-1, tel 0298-57-2000, fax 0298-57-2123

*2 東京都千代田区神田駿河台2-3-11, tel 03-3296-7600, fax 03-3296-8460

以下に、シミュレーションの条件とその結果を取りまとめて述べる。

（1）シミュレーションの条件と評価指標

シミュレーションモデルとしては、施工の主体となるダンプの動きを中心とし、積込、運搬、敷均し作業を含めて、過去の事例や現場施工条件をもとに各作業時間分布、実行可能条件、道路走行条件等を設定した。

図－1はロック材運搬ダンプの作業フローであり、各作業に与えた実行可能条件を満足するまでは待ち状態とする。また、*印は走行距離に応じた一定時間とし、他は時間当たり作業量や他工事の実績値から作業時間を正規分布で与える。

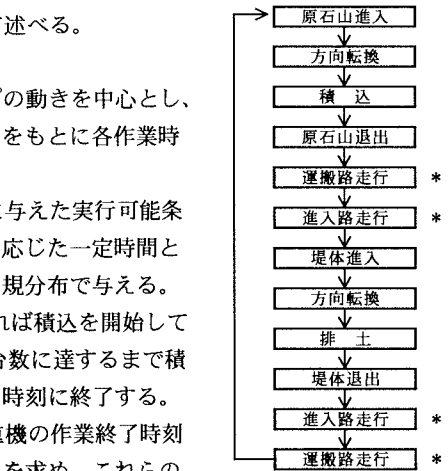
シミュレーション時間帯は8:00からとし、12:00までであれば積込を開始して運搬・排土・回送する。午後は13:00から再開し、1日の予定台数に達するまで積込・運搬を行い、最後のダンプが排土後、積込場所へ到着した時刻に終了する。

シミュレーション結果としては、ダンプ、積込・敷均し用重機の作業終了時刻と待ち時間、および作業開始時刻から終了時刻までの稼働率等を求め、これらの指標を用いて重機配置計画の実効性を評価することにした。

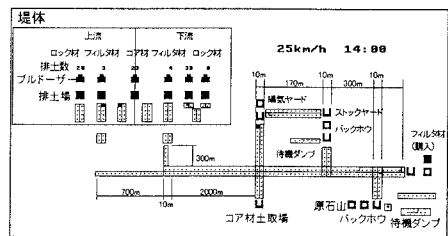
（2）シミュレーションの結果

図－2はシミュレーション中のパソコン画面の例であり、表－3にシミュレーション条件と主な結果をまとめて示す。

ケース1は積算資料に準拠した表－2の条件での結果である。コア材、ロック材とも積込作業は16:00までに終了しているが、通常の作業終了時刻である17:00までには余裕があり、2台のロック材積込用バックホウの稼働率も56～57%程度であることから、これを1台にした場合の実行可能性について、ロック材積込作業の条件に着目して検討を行った。



図－1 ダンプの作業フロー



図－2 シミュレーション中の画面

表－3 シミュレーション条件と主な結果

ケース	シミュレーション条件			シミュレーション結果					
	ロック材バックボウ台数 (台)	ロック材平均積込時間 (秒)	ロック材積込場所 (ヶ所)	積込終了時刻		バックホウ稼働率 (%)		ロック材 平均待ち時間	ダンプ時間 (分)
1	2	230	1	14:24	15:55	25.0	56.8	7	34
2	1	230	1	14:00	22:30	26.8	61.2	32	64
3	1	210	1	13:58	21:39	26.5	59.3	29	60
4	1	230	2	13:54	17:52	26.7	90.1	14	43
5	1	210	2	14:00	17:01	27.2	89.6	12	39

ケース2は1台にした結果で積込終了時刻は非現実的なレベルとなった。さらにケース3としてバックホウの平均積込時間を実行可能な範囲として210秒としたが、稼働率、積込終了時刻は改善できなかった。

ダンプ、バックホウの稼働状況を詳細に分析すると、積込場所が1ヶ所であるために、後続のダンプが方向転換中は積込が休止されることによるバックホウの手待ちが問題であることがわかった。

そこで、まずケース2での積込場所を2ヶ所とすると、ケース4のようにバックホウの稼働率は大きく向上し、積込作業終了時刻も18:00程度まで改善できた。さらに、ケース5として積込時間を210秒とすると稼働率は約90%、積込終了時刻は17:01と、ほぼ満足できる結果が得られ、表－2の当初計画からロック材積込用バックホウを2台から1台に削減できる可能性のあることがわかった。

4. おわりに

本論文ではダンプの運行を中心として積込・敷均し用重機を組み込んだシミュレーションについて報告したが、今後はさらに転圧用重機も加えて、全体的な施工状況を対象としたモデルに拡張するとともに、着工後に作業時間分布等の実績データを収集し、より実態を反映したものにしたい。

【参考文献】1) 多目的ダムの建設 平成6年度版 別冊 工事積算編、(財)ダム技術センター、1994