

ロックフィルダムの 盛立てシミュレーションについて

本告光男・榎本久徳・田中庸平

1. まえがき

ロックフィルダムはその名の通り岩石(盛立材料)を積上げて築造されたダムである。中国の故事に「愚公山を移す」という寓話があるが、現代の土木機械(パワーショベル, ダンプトラック, ブドーザーなど)はその意味を打消してしまうほどの偉力を持っている。しかし, 土木機械の種類, 台数および盛立材料間の協調, 気象条件など盛立工事に必要な諸条件を満足させ, しかも予定工期内に経済性を追求しながら盛立てるスケジューリングの問題が解決されない限り, 現実には実行できないということになるので, そこにOR的なアプローチが必要となる。

中部電力ではロックフィルダムを採用した馬瀬川第1発電所を昭和51年3月に完成させたのであるが, 何分にも初めて経験する工事でもあるので, 盛立スケジューリングについて昭和44年12月から検討し, 約1年がかりでシステムを完成させた。いささか古くなった話題ではあるが, 現在進行中の奥美濃水力開発計画において, 再びロックフィルダムの採用が決定したので, 馬瀬川第1発電所の経験を整理し同様のシミュレーション・システムを作成することを予定している。この問題は古くて新しい問題でもあり, この機会にその全容を報告することとした。

このシミュレーション・システムによって種々のケースについて試算することができ, かつ土木機械の稼働率を高め経済的な機種, 台数の選定が可能となったので, その経済的な効果は大きい。

2. 盛立てシミュレーションの概要

図1はロックフィルダムの構造を示したもので, ダム

もとおり みつお, えのもと ひさのり, たなか ようへい 中部電力株

の規模は,

堤 高	127.5m
堤 頂 長	368.0m
堤 頂 幅	10.0m
のり勾配	上流側 1:2.5
	下流側 1:2.0
堤 体 積	約5800×10 ³ m ³

というものであった。

ロックフィルダムは岩石をただ盛りあげればよいというものではない。コア, フィルター, トランジションおよびロックの各ゾーンからなっていて, それぞれ岩質, 粒度が異なっている。各材料はそれぞれの採取場(流用材料の場合は仮置場)から運搬ルートを通して運ばれ, 盛立てられる。コアおよびフィルターについては, 品質管理上, 採取原材料について粒度調整あるいは含水比低下等の作業工程が必要である。また盛立作業は各ゾーン相互の協調と気象条件などを考慮しながら行なうわけであるが, 盛立手順や土木機械類の機種, 台数などをどのようにすれば, 予定工期内でしかも経済的に盛立て得るかが問題である。

前述のような条件を考えると, より信頼できるものを求めるためには毎日の盛立て状況を追っていかざるを得ない。

盛立てに当たっての諸条件については4.で述べるが, それらの条件にもとづいて, 毎日の盛立てをシミュレートし, 多元的作業工程と多数の制約条件を処理し, 各ゾ

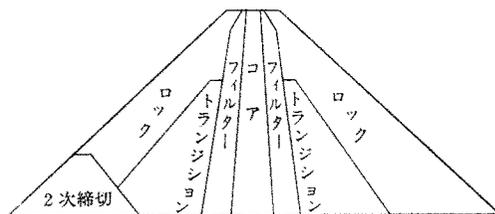


図1 ロックフィルダムの構造

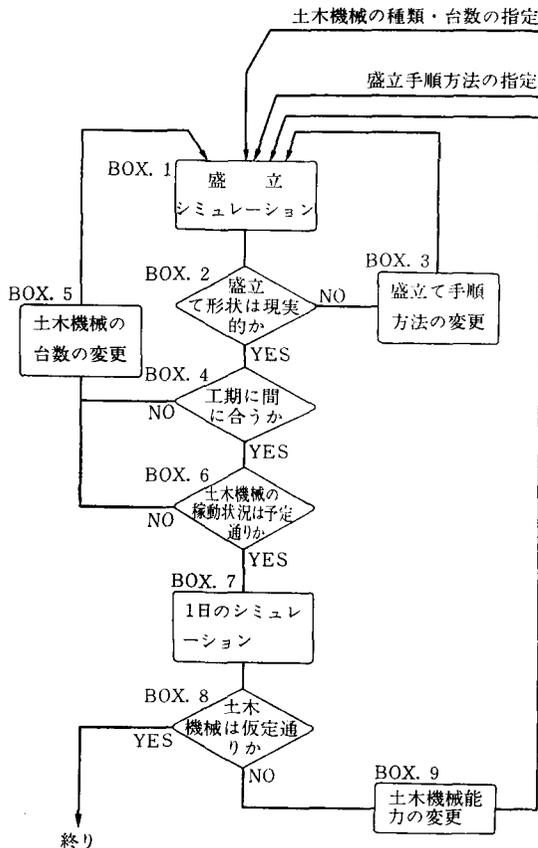


図 2 盛立てシミュレーションの体系

ンの盛立て進捗度と土木機械の稼働状況を把握し、その結果に従って積算計算を行なって計画を作成することとした。盛立てシミュレーションの中では土木機械類の能力は、ある仮定した環境の中での能力を使うこととしたが、シミュレーションの結果、最も混雑した日でもその能力が発揮できるかを確認しておかないと、盛立てシミュレーションの結果は信頼できないということになるので、日々の環境、つまり運搬道路の状況、盛立場の広さ、作業の内容等の下で土木機械類の動きを秒単位でシミュレートし、作業能力のチェックを行なって、その結果を盛立てシミュレーションにフィードバックする方法をとった。これを1日シミュレーションと呼ぶこととする。

これらの盛立てシミュレーション、積算計算、1日シミュレーションなどのプログラムの関連を図2に示した。この中で2重枠になっている部分は1つの閉じたプログラムを示している。

以下、図2に従って手順を述べる。

まず、盛立作業が可能な気象条件、盛立ゾーン間の協

ひとココメント

供給即消費という電気的特性のために、任意の時点でその需要に見合った供給設備が確保されていないとはならない。一方で電源の建設には長い時間を必要とするため、こうした設備建設の計画的遂行は非常に重要である。たとえば、ここに取り上げられたダム建設についてもその予定工期を守りつつ経済的建設をはかることは重要な課題である。コンクリートを使わないで岩石と土のみで築堤するロックフィルダムは、自然保護、景観保護などの面から最近では多く造られており、規模も大がかりなものが多い。

中部電力で行なわれたこの盛立てシミュレーションはロックフィルダムが初めて導入される時点で行なわれたことに1つの大きな意義がある。すなわちシミュレーションによって工事の運行形態について事前に模擬することにより、従前のダム建設工法などから延長される考え方の改善、見直しが前もってなされたという点である。

ORといえば LP, PERT, シミュレーションといういわゆる3大手法のなかでのシミュレーション技法の典型的な応用は、ここで報告されているような使われ方であるといえる。この盛立てシミュレーションは、シミュレーションの意義を高めた好例といえることができる。

(森清 堯 電力中央研究所)

調条件、運搬道路延長などの条件、土木機械の種類、台数能力などを仮りに決める。

BOX. 1; 工事の開始日を決め、上記の条件に従って毎日の盛立て状況を求める。ここでは、毎日の各材料の採取量、運搬量、仮置量、盛立量などが求められる。これを毎日行なって、盛立てを完了するか、あるいはゾーン間の協調条件が守れなくなり盛立てが不可能になるまで続ける。

BOX. 2; 盛立てが不可能になった場合は、ゾーン間の協調条件、道路条件などの諸条件相互間に、矛盾があるか、条件が厳しすぎたためである。

BOX. 3; 条件を見直し、新しい条件、手順などを与えてBOX. 1にもどし、盛立てシミュレーションをやり直す。

BOX. 4; 盛立てが完了しても予定の工期より遅れていないかどうかをチェックする。

BOX. 5; 予定より遅れている場合はシミュレーション

ョンのアウトプットから、各土木機械類の稼動状況と盛立進捗状況を調べ不足している土木機械を探し土木機械の条件を変更してBOX. 1にもどし盛立てシミュレーションを行なう。

この作業を繰返して、予定通りに盛立てが完了し、しかも経済的な条件を探し出す。この条件変更の手続きは、盛立てシミュレーションからアウトプットを加工して得られる、盛立て進捗状況表(あるいは図)、土木機械稼動状況表(あるいは図)、積算計算結果と入力諸条件とを勘案の上、人間が行なうこととした。

BOX. 6; 最初に与えた土木機械類の処理能力は、ある環境条件を仮定して作ったものであるので、上記の検討の結果得られた環境の下での能力がそれに合致しているとは限らない。

BOX. 7; 盛立てシミュレーションの結果の中で、土木機械の稼動率が高い日、盛立場が狭い日、道路条件の悪い日を選び出し、シミュレーション結果からそれらの日の土木機械類の稼動環境を求め、その環境の下で単位時間を1秒として、1日内の土木機械類の稼動状況を克明にシミュレートし、その日の土木機械類の処理能力を求める。これが1日シミュレーションである。

BOX. 8; その結果得られた土木機械類の能力が、最初与えたものと差がなければ、土木機械類の能力と盛立量との間に矛盾がないこととなり、この作業は終わる。

BOX. 9; 差があれば新しく求められた能力を入力として再度盛立てシミュレーションを行ない、上記の計算を繰り返す。

このシミュレーションでは、高度な土木技術的な判断は人間に任せ、盛立量の算出など複雑で計算量の多い処理をコンピュータで行なうようになっている。

3. 盛立てシミュレーションの内容

ロックフィルダムの盛立作業を1日単位の仕事に分割し、盛立開始から終了までの全期間にわたる盛立て作業をシミュレートするものである。

その結果を使って別のプログラム群で、諸統計処理、図化、積算計算を行なう。

盛立てプログラムは、

- ① 採石場でのショベルによるダンプトラックへの積込み
- ② ダンプトラックによる土砂の運搬
- ③ グリズリ、パイル場での土砂の積降し
- ④ グリズリ、パイル場でのショベルによる土砂の積込み
- ⑤ ブルドーザーによるまき出し
- ⑥ ローラーによる転圧

⑦ スカリファイアーによるかきならし

の作業を材料、場所に応じて組合せ、盛立てを進めるものである。

プログラムの内容を大きく分けると、気象条件、盛立形状を調べて、次に行なうべき作業を選び出す。メインプログラムとコア、フィルター、トランジション、ロック、2次縮切りの盛立てを行なうサブプログラム群、採石を行なって、グリズリ場、ストックパイル場、フィルタープラント、盛立て場への土石を運ぶサブプログラム群、土木機械の能力を求めたり、使用土木機械の登録を行なうサブプログラム群、若干の前処理、後処理を行なうサブプログラム群からなっている。サブプログラムの数は50個に及んでいて、それらを詳細に述べることは紙面の都合もあってできないので、ここではメインプログラムの概要を述べることにする。

メインプログラムの主な流れを図3に示す。

- ① インプットデータの読込み
- ② 作業開始日を設定する
- ③ 当日が休日であれば⑭へ
- ④ 2次縮切部が完成していなければ、盛立てを行なう。
- ⑤ コアの盛立てのできない天候であれば⑩へ
- ⑥ コアの盛立てを行なう
- ⑦ コアと同一レベルまで、フィルターを盛り立てる。土木機械類の能力不足などで盛立てができなければ⑨へ
- ⑧ トランジションが完了していなければ、コアと同一レベルを保つ必要のあるトランジション部を、完了していればコアと同一レベルを保つ必要のあるロック部の盛立てを行なう。土木機械類の能力不足などで盛立てができなければ⑨へ、できれば⑩へ
- ⑨ コアの盛立て予定を0.5リフト下げて⑥へ
- ⑩ コアの採石が可能な天候であれば採石を行なう
- ⑪ フィルターの採石が可能な天候であり、フィルター・プラントの在庫量が、現時点の必要最低保有量より少なければ採石を行なう。
- ⑫ トランジション、ロックの盛立てが可能な天候でなければ⑭へ
- ⑬ 上流部と下流部のロックのエレベーションを比べ、低いほうの部分について⑭以降のを行なう。以下では上流部が低いとして記述する。
- ⑭ 上流トランジションの盛立てが終わっていれば⑩へ
- ⑮ 上流部のトランジションとロックのエレベーションを比べ、ロックのほうが高ければトランジションの盛立てを行なう。
- ⑯ 上流ロックの盛立てを行なう

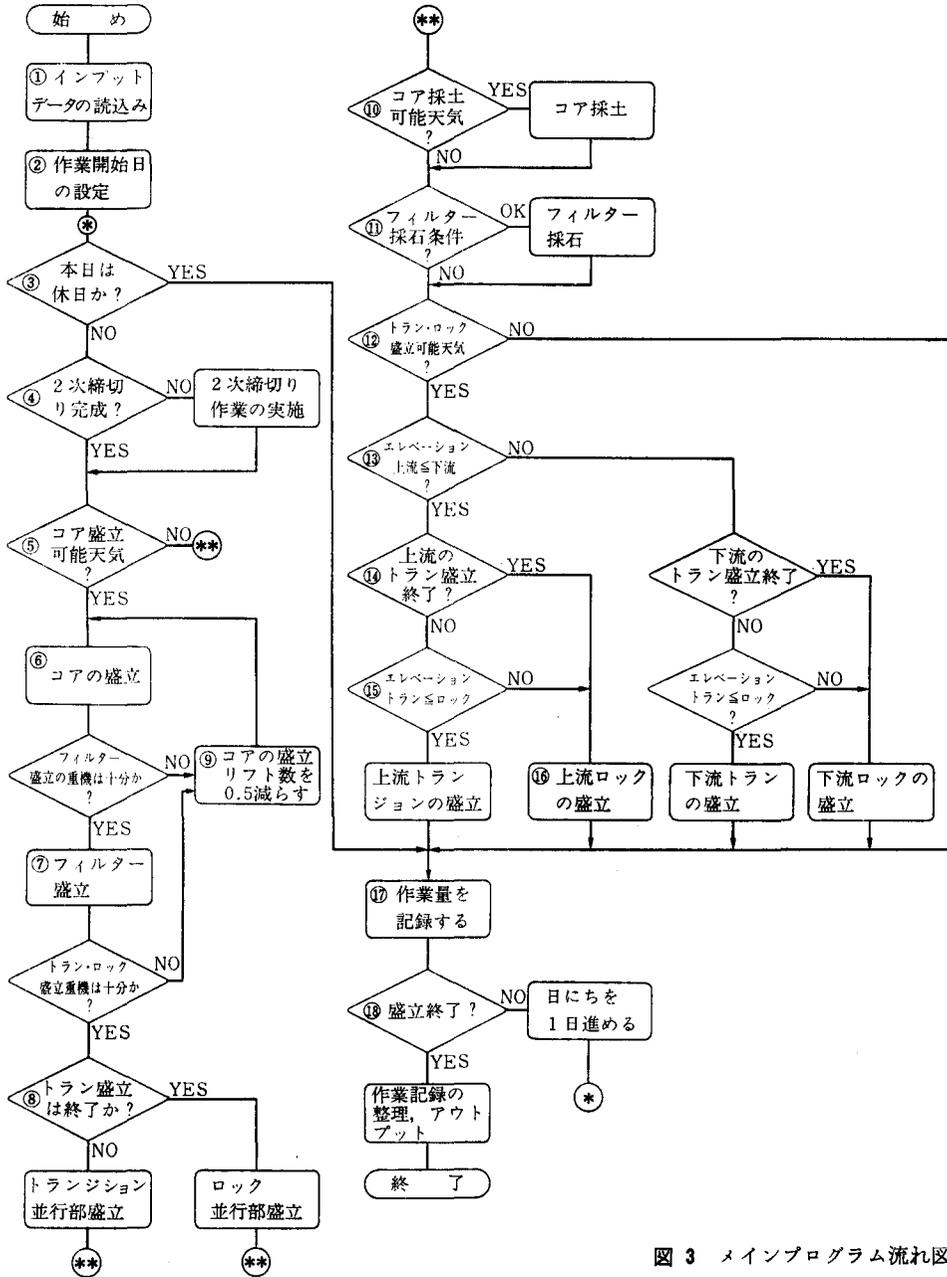


図 3 メインプログラム流れ図

⑰ 本日の作業は終了したこととし、採石量、盛立量、在庫量、稼動時間などをまとめてテープへ出す

⑱ 盛立てが完了していなければ1日進めて③へ

⑩ これまでに得られた情報を整理して終了

④, ⑥, ⑮, ⑯における盛立てでは、1日に盛立て可能と考えられる最大リフト数、土木機械類の能力限度、材料の供給限度の3者のうち最小値だけ盛立てる。④の2次締切りの盛立てでは、コア、フィルター、ロックが同

一レベルを保って盛立つようにする。このため計算には繰返しが行なわれることがある。

土木機械としてはダンプトラック、まき出し用重機、転圧用重機、かきならし用重機、積込み用重機があり、各ゾーンに応じて適切な土木機械を選ぶ。

材料の運搬は4.で述べるような、種々の採取場からダムへの道路を經由して行なわれるが、道路は勾配、道路幅の異なる所で区切り、またダム上および材料採取場で

は工事の進捗に応じて異なったルートを与え、それらをつないで個々の区間の所要時間の和として、走行時間を求めた。

コアの盛立ては前日の天候が雨であれば、まずきならし転圧を行ない、その後、盛立てを開始することとした。

盛立作業量を求めるための体積、面積の計算については、エレベーションの変化に対して比例的に変化しなくなるような点でのエレベーション、体積、面積を与えて、中間は補間法によって求めた。ただし、トランジション、ロックは、段のついた形で盛立つので台形の重なりのように考えた特殊な計算法を採用した。

コアとフィルターは同一レベルを保って盛り立てることとし、その外側のゾーンは当初はトランジションで途中からロックになるが、それぞれ内側ゾーンについては、必要な作業幅を考えて10m以上はフィルターと同一レベルを保ち、外側への傾斜は38度とした。また、外側ゾーンとコアとのレベル差は3m以下とした。このため本体の盛立形状は種々の形をとることとなる。その一例を図4に示す。

コアの採石ではストック場の収容量が上限（日盛立量の15日分）に達しているか、あるいは盛立終了までに必要な量がすでにある場合には採石は行なわない。また数カ所の採石場からある一定比率で採石することとした。

フィルターの採石ではプラントの収容量がある決められた下限以下になっていれば、ロックの盛立てより優先してその下限値までの採石を行なうか、そうでない場合にはロック盛立て後の残りの土木機械の余力で採石を行なう。

土木機械類の能力は一般に使われている作業能力算定式によった。

この部分での計算結果の採石量、盛立量、土木機械稼働量、現在エレベーションなどをゾーン別、場所別にテープに書き出し、計算後に別プログラムにより次のものを作った。

- ① 盛立進捗状況図をカーブプロッターにより画くもの、図5参照。
- ② 月別盛立数量表～材料別に月ごとの盛立日数、盛立量、上昇リフト、標高、材料採取場別の採取量、在庫量を一覧表にしたもの
- ③ 月別土木機械稼働時間表
- ④ 日別土木機械稼働時間をカーブプロッターによりグラフ化したもの
- ⑤ 積算計算の結果

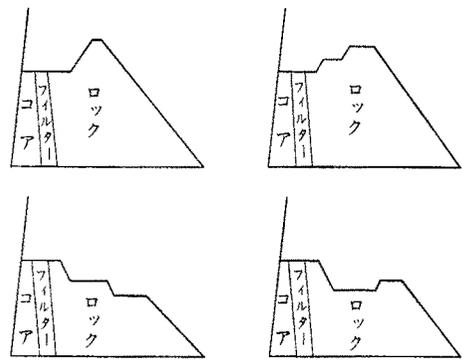


図4 盛立て形態の例

4. 盛立てシミュレーションに組入れた諸条件

シミュレーションの処理内容を詳細に述べることは、なかなか難かしいので、前章を補足するために馬瀬川第1発電所のロックフィルダム盛立てに対する諸条件を以下に列挙する。

4.1 盛立て可能日数

コア、フィルターの盛立て可能な条件は他のダムの実績を参照し次のように設定した。

- ① 降雨については表1の日数を休日とする……………
ロックは日雨量10mm以上の場合は盛立てない。
- ② 日最低気温が+2°C以下の日は盛立てない……………
ロックは-7°C以下の日は盛立て不能
- ③ 天候にかかわらず毎月1日および15日、年末年始の7日間、お盆の3日間を定休日とした
気象データはダム地点に近い上流10.8kmに位置する

表1 降雨による盛立て不能日数

	降雨日休日	降雨後休日
1mm以下	0	0
～20mm	1日	0
～30mm	1日	1日
30mm超過	1日	1.5日

表2 まき出し厚さと転圧回数

材料種別	まき出し厚さ (締固めた状態)	転圧回数
コア	0.15m	12
フィルター	0.30m	4
トランジション	0.60m	2
ロック	2.00m	—

表 3 コア材料の使用優先順位

種別	(B)(C)が所定量 のとき	(B)が所定量で (C)が所定量以上 のとき	(C)が所定量で (B)が所定量以上 のとき	(B)(C)が所定量 以上のとき	降雨で休止し た次の日
(A)直送材料	①	②	②	③	①
(B)ストック材料	③	③	①	②	
(C)グリズリ材料	②	①	③	①	

降雨量 20.1~30mm の日

当日は休みとし、翌日も休日とするが、2回かきならしを行なう。

降雨量 30.1mm 以上

当日は休みとし、翌日も休日とし2回かきならし、さらに翌々日に平日と同じかきならしを行なう。

4.3 盛立て材料の供給と使用優先順位

各盛立材料は主要な供給地からの供給以外に、流用材料が別途部分的に発生するので、これらの取扱いについて次の優先順位を設定した。

① コア材料

主要供給地は図6の田畑地区、桜橋地区であり、グリズリによってオーバーサイズを除去した後、両地区1:1で混合させストックパイル場にストックする。ストック量は上限を15日、下限を13日分とした。使用する優先順位は表3のようにした。

② フィルター材料

材料の供給地は新田地区と桜橋地区で使用比率はそれぞれの採取比率とし、不足の場合は桜橋地区を優先した。

表 4 トランジション材料の使用優先順位

優先順位	材料供給場所
①	ダム関係掘削ずりで直送されるもの
②	原石山分 ロック、フィルター、骨材の採取にともなって生ずるもの 風化、崖錐層の原石山にあるもの 2次締切用ロック採取中に生ずるもの
③	ダム関係掘削ずりで舟滝土捨場に仮置してあるもの
④	コアオーバーサイズ、ストックパイル分
⑤	「 , グリズリ分
⑥	ダム関係掘削ずりで上流土捨場に仮置してあるもの
⑦	クロウチ谷に仮置してある原石山の風化崖錐層流用分
⑧	原石山採取分(不足補充分)

③ トランジション材料

供給の主体は原石山であるが、他の流用材も使用するので表4のように優先順位を決めた。

④ ロック材料

供給の主体は原石山であり、トランジション材料と同様に他の流用材も使用し表5の優先順位をあらかじめ決めておいた。

4.4 使用土木機械と作業内容(表6)

4.5 使用土木機械の運転時間

土木機械の1日最大運転時間を、採取、積込、運搬、立盛ての各工程とも表7のように規定した。

4.6 運搬・積込み

各材料の運搬ルート約50ケースについて、道路の延長と区間勾配を与え、また採取場、仮置場、ダムの場内距離も条件として取り入れた。

積載時、空車時それぞれについて、各勾配ごとに走行速度を規定した。現場の地形、橋梁、道路条件と、運搬用のダンプトラックなどの作業の安全を考慮し、最高時速を30km/hに制限し、場内運行は12km/hとした。

積込みはショベルとの組合せを、たとえば、

20 ton 車……パワーショベル 3.0m³, またはホイールローダー4.0m³

32 ton 車……パワーショベル 4.6m³, またはホイールローダー7.0m³

とし、積込み最適回数(3~5回/車)の範囲で行なうこと

表 5 ロック材料の使用優先順位

優先順位	材料供給場所
①	ダム関係掘削ずりで直送されるもの
②	骨材製造のオーバーサイズ分
③	ダム関係掘削ずりで舟滝土捨場に仮置してあるもの
④	フィルター・オーバーサイズ分
⑤	ダム関係掘削ずりで上流土捨場に仮置してあるもの
⑥	原石山採取分

表 6 使用土木機械と台数の試算例

機 械 名	仕様, 容量	台数	作 業 内 容
パ ワ ー シ ョ ベ ル	4.6m ³	3	ロック採取積込
"	2.3"	4	コア, フィルター, トランジション採取積込
ホ イ ール ロ ー ダ ー	7.0"	3	グリズリ場, ストックパイル, 土捨場等仮置場の積込
ブ ル ド ー ザ ー	D8	2	トランジションまき出し, 転圧
"	"	2	コア, フィルターまき出し
"	D9	2	ロックまき出し
ス カ リ フェ イ ヤ ー	GD37-5H	1	コアかきならし
レ ー キ ド ー ザ ー	D8	1	フィルターかきならし
"	D9	—	—
リ ッ パ ー	D8	1	ロック, トランジションかきおこし
"	D9	—	—
シーブスフットローラー	WS-21	3	コア転圧
タイヤローラー	C-50	1	フィルター転圧
トラクタ	D8	4	ローラー牽引
ブルドーザー	D8	3	各採取場積込補助
"	D80A	4	各仮置場 "
ダンプトラック	15t	12	コア, フィルターの採取場からパイルまたはプラントまで搬入用
"	32t	17	ロック, トランジションの運搬およびコア, フィルターのダムへ搬入用

表 7 稼 動 時 間 (単位: hr)

月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
種別												
コ ア	0	0	8	16	16	16	16	16	16	16	16	8
ロ ッ ク	8	8	12	16	16	16	16	16	16	16	16	12

ロック原石山…… P. S 4.6m³×3台 専用
 フィルター採取場… P. S 2.3m³×1台 "
 コア " … P. S 2.3m³×1台 "
 ロック原石山 } …… P. S 2.3m³×2台 は相互に
 クロウチ谷 } 共用できるものとする
 コアグリズリ場 }
 ストックパイル }
 フィルタープラント } W. L 7.0m³×3台は相互
 上流土捨場 } に共用できるものとする
 骨材プラント }
 舟滝土捨場 }
 原石山 }

また, ダンプトラックについてはコア, フィルター盛立休止などによりダンプトラックに余剰を生じたときは, ロック運搬に流用するものとした。

5. 1日シミュレーション

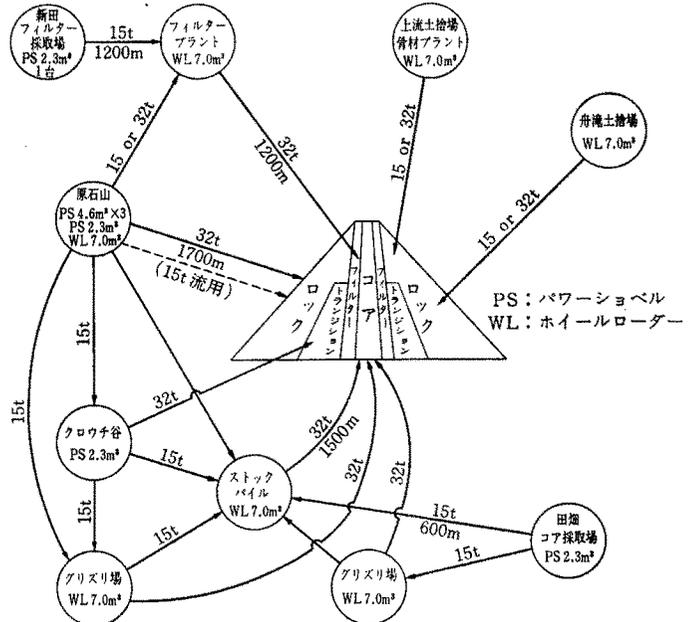
盛立シミュレーションでは土木機械類の能力を作業能力算定式を使って算出した値としたが, 実際には道路条件などにネックが生じて計算値の半分位しか能力を発揮できない場合もあるし, またパワーショベルとダンプトラックとの台数のバランスが道路条件, 作業

を前提としてショベル能力から積込み時間を算出するようにした。

掘削ずりをロックおよびトランジション材料として流用するものうち, 掘削現場からダムへ直接搬入する量は約40万 m³を予定していた。これについては各掘削現場の掘削作業工程より, 期間と毎日の流用材搬入量を定めるとともに, 原石山採取材料の運搬規制(1日作業時間の短縮または休止)を行なうこととした。積込運搬機械の配置と組合せの例を図7に示す。

また, 積込機械の専用, 共用についても図7の例では次のように指定した。

図 7 積込・運搬機械の配置と組合せの例



場の広さによってははずれる場合もある。
この問題を解決するために、時々刻々の土木機械類の動きを詳細に追跡するモデルをGPSSによって作成した。その流れ図を図8に示した。

このシミュレーションへのインプットは、

- ① 現在のエレベーション、ダムサイトの面積規制の大きさ
- ② ショベル台数……原料サイトに型式、台数
- ③ ダンプトラック台数……運搬ルート別に型式、台数
- ④ ブルドーザー……ダムサイトの作業場別、グリズリ場プラント別に型式、台数
- ⑤ 運搬ルート……作業場を原料サイト7カ所、ダムサイト5カ所に分け、それらを結ぶルートは10本考えた。各ルートは道路勾配が変わるごとに区切って勾配、距離を与える。また、両サイト近くのリートは盛立工事が進むにつれて変更をとまう。
- ⑥ その他、転圧、かきならし用の土木機械の型式、台数

などである。

このシミュレーションを行なった結果として次のアウトプットが得られる。

- ① ダンプトラック……ルート別のサイクルタイム、運搬量、ショベル前の待ち時間、面積規制による待ち時間、桜橋前での待ち時間
- ② ショベル……利用率、1回当り平均時間、積込量総計
- ③ その他土木機械……利用率

1日のシミュレーションの結果の例を表8に示す。

6. シミュレーションの結果と実績の比較

馬淵川第1発電所のダムの盛立ては昭和49年2月に始まり、50年11月に終了したのであるが、シミュレーションによる盛立て計画と実績との比較を盛立量で示すと図9のようになった。

図9でみられる差の内容および原因について検討した結果、概ね次のように統括される。

- (1) 計画で使用した年と実績年とでは天候が異なっている。
- (2) 計画では2536時間でコアの盛立てが完了する工程

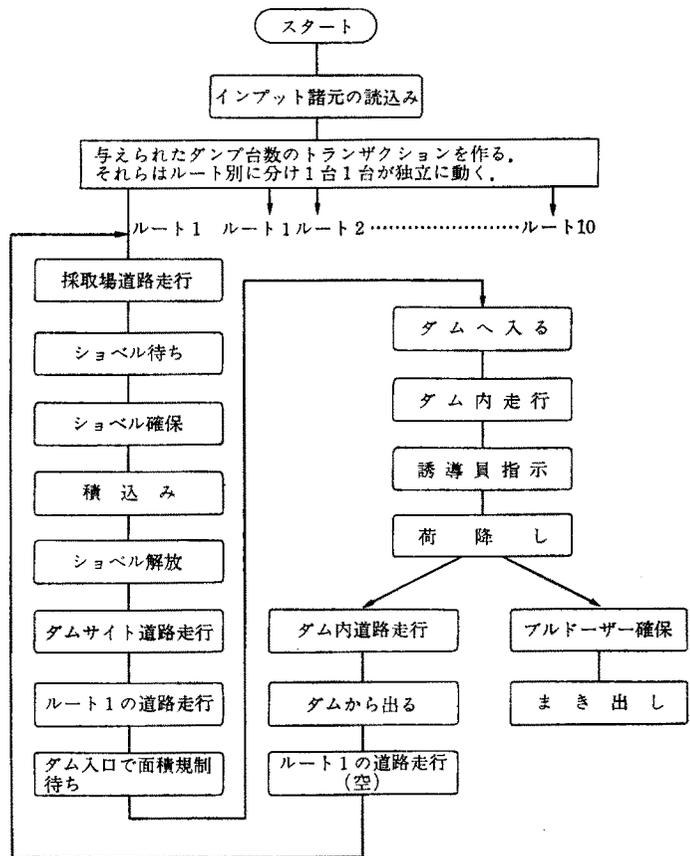


図8 1日のシミュレーション

であったのに対して、実績のほうは2938時間かかっている。それにもかかわらずコアの盛立てが計画では11月末であったのに対して20日早く完了したがそれは次によるものと考えられる。

- ① 計画では1日の実稼働時間を16時間としたが、実際には50年は19~20時間稼働した。
- ② コアの盛立てに関する+2°Cまでの温度規制を0

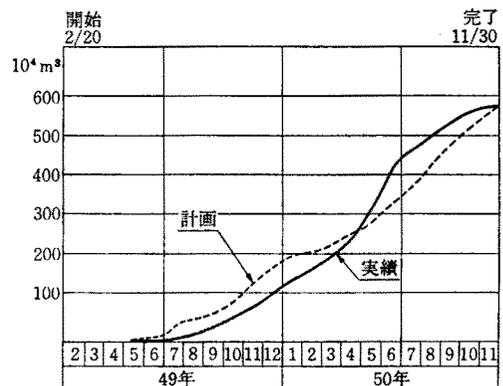


図9 盛立て計画と実績の比較

表 8 1日のシミュレーションの結果例

ケース		1	2	3	4	5	6	7	8	9
年 月 日		61.4.7	61.7.2	61.11.6	62.7.2	61.4.2	61.7.6	61.11.4	62.7.5	61.4.7
エレベーション (m)		308	345	373	404	306	348	374	408	308
ダンプカー (t×台)		15×11 22×26	15×4 22×7	15×8 22×26	15×6 22×20	15×1 32×7	32×10	15×11 32×17	15×10 32×10	15×11 22×26
シ ョ べ ル		3.0×5	3.0×2	3.0×5	3.0×5	4.6×1	4.6×2	4.6×3 2.3×2	4.6×3 2.3×1	3.0×5
サイクル・タイム	シ ョ べ ル 待 ち	68	12	21	9	205	30	29	16	53
	積 込 時 間	138	127	135	134	163	171	154	131	133
	道 路 時 間	1904	1030	945	861	1044	1013	941	858	1457
	合 計 (秒)	2110	1169	1101	1004	1412	1214	1124	1005	1643
積 込 量 (m³)		581	288	959	821	285	433	1008	770	716
シ ョ べ ル 稼 動 率		.54	.66	.87	.74	.96	.73	.80 .79	.73 .63	.67
盛立量(盛立シミュレーションより) (m³)		15,566	3,461	13,789	12,681	4,006	5,258	15,258	12,622	15,566
備 考		面積規制 待ち 935秒								面積規制 待ち 464秒

(注) 走行ルート ロック原石山～ダム(ロック)
 面積規制 900m²/台 ただしケース9のみ400m²/台
 シミュレーション時間 1時間

°Cに変更した。そのために49年12月の盛立では64時間の計画時間に対して実際には116時間施工することとなった。

③ 降雨後の盛立て再開は速やかな曝気が期待できない時はコアの盛立面の表面をかき取り廃棄したので、シミュレーションに比べ早期再開ができた。

(3) 49年の盛立でがシミュレーションに比べて遅れている原因として次のことが考えられる。

① コア横断路を頻繁に造成撤去しなければならなかった。

② その後の盛立では材料を上流2次締切を越えて搬入したが、運搬路が急勾配であったためダンプトラックの積載量を10%ほど少なくした。

(4) 50年の盛立では盛立面積も大きく、道路条件も改善され、ダンプトラックの積載量を増すためにベッセルを50cm嵩上げし、おくれの挽回をはかった。

(5) 上部堤頂付近の盛立では、コア、フィルター、ロ

ックともに幅が小さくなり盛立て能率が予想より低下し実際には盛立量、盛立高ともに計画を下回った。

7. あとがき

以上、馬瀬川第1発電所のロックフィルダムの盛立シミュレーションについて述べてきたが、この計算は予定工期約600日分について、毎日シミュレーションを繰返し、1ケースを約30分(U-1108の例)で計算することができる。

当時、土木関係の技術者には初めて手掛けるロックフィルダムではあったが、文献や土木技術者としての経験などによって、盛立て工事の運営についてのあるイメージを持っていた。しかし、このシミュレーションによって、それをかなり修正させられたことは事実であり、ロックフィルダムを数カ所経験したほどのノウハウを事前に得ることができたと評価していた。

このシミュレーション・システムによって、作業条件や土木機械の機種、台数、組合せを変更した場合、直ちにその結果を知ることができるようになった。評価の迅速化、省力化にも寄与し、各種のケースについてきめの細かい計画を得ることが可能となり、合理的な盛立計画を選定することができたと自負している。

次号予告

特集 受注選択問題