

九州大学 ○ 学生員 川崎 秀明

九州大学 正 員 松下 博通

九州大学 正 員 牧角 龍憲

1. まえがき

コンクリート構造物において一般に型枠費用は大きく、その費用を減らすことは大きな実用的意味をもつが、その経済性は十分に研究されているとは言えない。そこで、実際の工事として型わくの転用が最も大きな意味を持つと思われるコンクリートダムを取り上げてみた。従来のダムの打設計画では、PERTなどのネットワーク手法やシミュレーション手法を用いても、それは工事の日程管理の面で用いられることが主で、積極的に工事における必要資源の制限や打設順序の違いによる費用や日程への影響を考えたものは少ない。本研究ではそのような点を考慮し、シミュレーションモデルを作製し、それによる解析を行った。

2. シミュレーションモデルの作製

本研究では電算処理の言語として離散型シミュレーションのGPS-SXを用いたが、これはCPUタイムの短縮、プログラム記述の簡略化、モデルの経時変化や工事要素の変化に対応できる、資源の使用状況とをしやすいなどの理由による。次に、より一般的な形で型枠の転用の効率を考えたために、図-1のような簡単な形状による、図-2のようなフローを持つシミュレーションモデルを作製した(条件cを除く)。ここで、 Trn (トランザクション)とはプログラムシステム内を移動するものことで、これに何を設定するかによりシミュレーションモデルは大きく異なるので、使用目的により留意しなればならない。 Trn として考えられるものは、 BL (ブロック)、ユニット(各 BL さらに上下方向にリフトごとに分けたもの)、型わくがあるか、本研究では Trn の数、入力データの量、CPUタイムに対する便利さを BL を Trn とした。

さて、打設工程はより短い工期でより少ない工期で行なわれるようにすべきだが、さらにコールドジョイントや施工の面より各 BL の高低差はより小さくし、工期に悪影響を与える隣接 BL 間の追いつきは避けるべきである。そして、同一時間での各 BL 間の打設順位は以上のことを満足するように決定されるべきで、その順位のつけ方には主に、① BL 高の低いものを優先させる、②各 BL ごとの工期の内より長いと予想される BL を優先させるの2つが考えられるが、両方とも資源制限や打設モデルの形状が異なると非効率的になりやすい。そこで、①を基本に図-2のa, bの条件を加え、 BL 高に対してaでは1リフト分の増加、bでは1リフト分の減少をさせその修正 BL 高により優先順位をつけ、修正 BL 高が同じ時は②により優先順位をつけるという方法をとった。

さらに、モデルの最適化の方法として、ハーフリフトの活用がある。これは図-3での条件d,eにおいて不可でもハーフリフトならば可能である場合があり、その時山積み表の資源の余裕部分を使用することになり、資

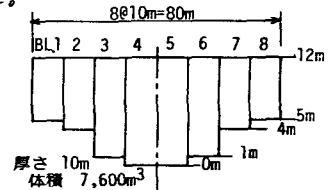


図-1 打設モデルA

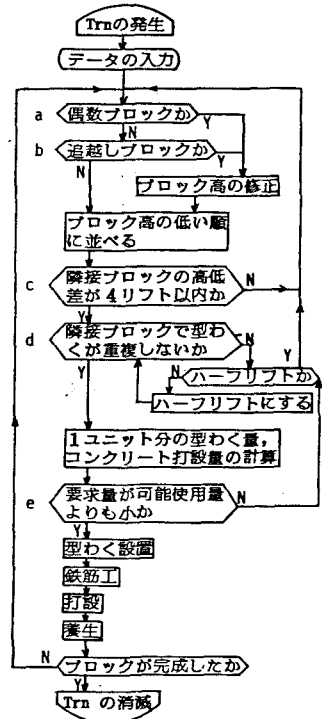


図-2 モデルの概略フロー

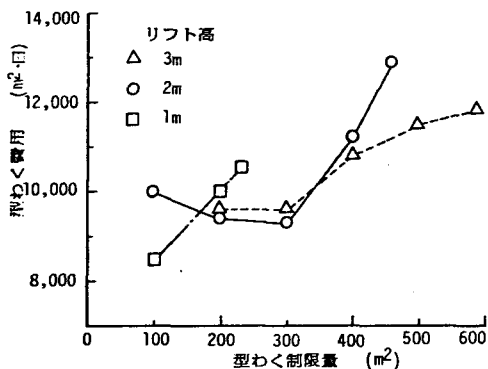


図-3 型わく制限量と型わく費用の関係

源の利用率は高まるが、ハーフリフトの必要以上の使用は1リフトを2回以上で打上げることになり結果的には工期を不利にすることが多いので、どうしても不可避な臨数のリフトのみをハーフリフトとして使用することにした。

そして、以上の方法により、資源の制限や打設モデルの形状にかかわらず、打設工程の進行に応じて、各時点で最も有効な打設順序をシミュレーションシステムの中で自動的に決定することによってできるようになり、実際に、非常に効果があった。

図-3は、型枠の費用は、工期×型わく制限量で評価できるとして、1日9時間労働で養生期間3日の条件で、型枠費用と型枠制限量の関係を示したものである。なお、24時間労働において日程が多少短くなるが同傾向の結果となった。

3. 実際への応用

以上の最適化の手法を王国-4のようなレーカー方式コンクリートダムに適用した。プログラムの内容は図-2に示される。実際の工事となると前提条件も増えるが、主な条件を次にあげる。①1日8時間労働、休日なし。②養生期間は3日。③打設作業だけは時間的に制限しない。④打設は2つ以上並行しない。⑤4リフトを越えて8日間

の前差が出ないようにする。⑥コンクリートの打設能力は100m³/日。その結果、図-6のようなリフトの違いによる工期-費用曲線が得られ、これは普通の工期と直接費との関係に似ている。その図の各リフト別の曲線の四点が、型わくに対しての最適工期であるとも言えるが、直接費を考慮することで、最適工程は左に移動するものと思われる。図-7は、リフト1mでの打設能力と工期に与える影響を示しているが、40m³/日以上では打設能力の差は工期にはほとんど影響しないことがわかる。

最後に、以上のように各リフト高にはそれぞれ適切な型枠量とコンクリート打設能力があり、それを明確に把握することで、工期や費用に対してより有利な工程計画を作製することが可能であることを示したが、工程全体として考えた場合、本研究で扱った掘削工以外の掘削工、基礎処理工、設備工、洪水吐工などの影響も考慮せねばならず、機械や工法の違いによる差異とあわせて、それは今後の課題である。

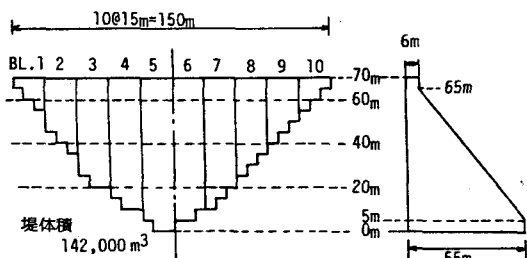


図-4 打設モデルB

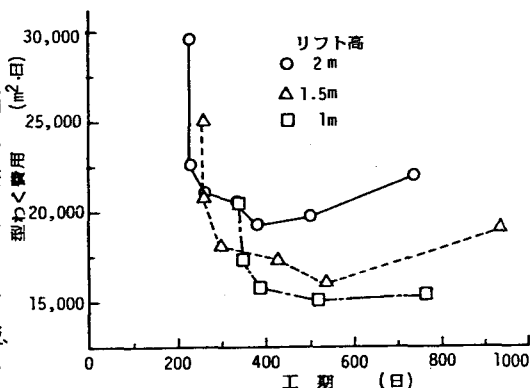


図-5 工期と型わく費用の関係

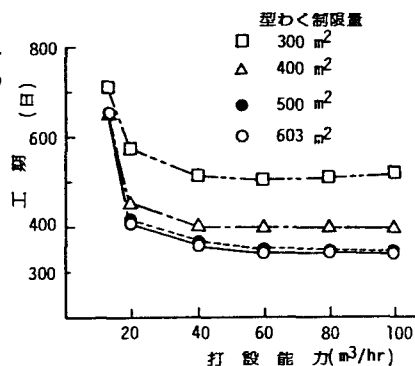


図-6 打設能力と工期の関係