

(株)奥村組 技術研究所 正会員 森 脇 洋
 “ “ 河原畑 良弘

1. まえがき

既設3ダムでの打設工程管理にダム・コンクリート打設シミュレーション・プログラムCLEOPATRA[®]を用いて、成果をあゆむことができた。この適用事例を報告するとともに、これまでのシミュレーションにより判明した重力式コンクリート・ダムの最適打設工程立案への留意点について提案するものである。

2. CLEOPATRAによる打設工程管理の内容

ダムの打設は各ブロックの先行・後続関係により生じる、ある一定の立上がり形状を維持しつつ、リフト単位でコンクリートを打設して堤体を打上げていくものである。このブロックとリフトで分割される打設箇所は中規模ダムでも500箇所前後もあり、この打設箇所の打設順序づけいかんによって打設工程は大幅に変動する。これは打設作業と打設並行作業との相互干渉により発生する各打設箇所ごとの打設までの待ち日数の相異に起因するものである。そこで、打設作業に影響する主な要因を考慮して、打設作業と打設並行作業とを同時にシミュレートすることにより、打設量や打設日数による作業稼働率、ハーフ・リフト発生数、不要待ち日数^{a)}、打設待ち日数^{b)}、打設所要日数など多くの評価指標を出力できるシステムを作成した。

これにより、変更可能な選択データを入力して数種の代替案を作成し、定量的に出力される評価指標により、最適と判断された代替案の打設順序を合理的な打設順序とし、これを実行するプロセスを合理的な工程計画として採用する。そして、この計画にもとづいて工事を遂行し、施工途中において工程に異常が発生すれば、その時点の実績値を入力してシミュレーションを実施し、同様の手順で、残工事に対する合理的な工程を組み直し是正処理を行う。これによって「むり」、「むだ」、「むら」のない打設工程管理が可能となる。

- a) 該当ブロッコ内における並進作業は終了したが、隣接ブロックとのリフト差や、洪水吐け用に指定したブロッコとのリフト差による制限から発生する待ち日数
 b) リフト差による制約は解除されたが、打設能力や関連打設日数および打設箇所数制限により、やむをえず打設待ちした日数

3. 既設ダムにおける打設工程管理の実施例

各ダムの堤体を図1~3に、ケース別の打設工期を表1~3に示す。なお、シミュレーションの詳細や打設出来高グラフ（室生、陣屋）などはO.H.Pで説明する。

(1) 奈良県・室生ダム例

堤高：63.5 m 堤体積：150 000 m³

打設方式：レヤー方式

着工時にV、歯、V・歯型の3種の立上がり形状について

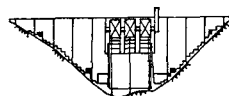


図-1 室生ダム堤体（下流面）

シミュレーションを行ったが、与えられた条件では発注者より指示された打設工期内とはなりえないことが判明した。そこで、発注者の了解のもとに打設工期が最小であるV型立上がり形状を採用することになった。そして、打設開始予定日が決定した時点で、打設能力を再検討して、打設当初計画を作成した。打設開始後、洪水災害などで工事が一時的に中断したが、2回のフォローアップを行って十分な成果をあげた。

表-1 室生ダム打設工期

ケース	打設開始日	打設完了日
打設当初計画	S47.8.25	S48.12.8
第1回フォローアップ計画	(S48.1.4)	S48.12.19
第2回フォローアップ計画	(S48.5.1)	S48.11.26
実績	S47.8.26	S48.11.27

(2) 福岡県・陣屋ダム例

堤高：48.5 m 堤体積：130 000 m³

打設方式：レヤー方式

本ダムは半川締切り工法のため立上がり形状は当初から変則歯型

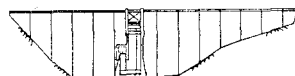


図-2 陣屋ダム堤体（下流面）

に指定された。選択データの変更により10ケースのシミュレーションを行い、工期が短く、打設率もよく、立上がり状態も自然な代替案を採用した。そして、このプロセスにより、打設開始日の確定したシミュレーションにより当初計画を作成した。しかし、当ダムでは右岸掘削時期の遅れなど様々の施工上の変動が生じ、1回だけのフォローアップでは管理が不十分であった。

表-2 陣屋ダム打設工期

ケース	打設開始日	打設完了日
打設当初計画	S48.5.10	S49.10.17
フォローアップ計画	(S49.5.1)	S49.10.26
実績	S48.5.10	S49.11.30

(3) 奈良県・天理ダム

堤高：60.5 m 堤体積：192 000 m³

打設方式：フロック・レーヤ混合方式

打設前に3種の立上り形状について11ケースのシミュレーションを行い、V・歯型立上り形状に決定し、当初計画を作成した。工事は順調に推移し、実績が計画を大幅に上回った(図-4参照)ため、フォローアップを1回実施し、以後は計画どおり進捗した。なお、当ダムの実績データにより本フロックラムのシミュレーション・モデルの妥当性を評価した。²⁾

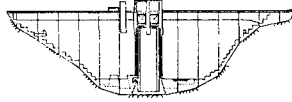


図-3 天理ダム堤体(下流面)

表-3 天理ダム打設工期

ケース	打設開始日	打設完了日
打設当初計画	S51.2.28	S52.8.24
フォローアップ計画	(S52.1.6)	S52.7.25
実績	S51.3.4	S52.7.11

4. 最適打設工程立案への留意点

前述した3ダムでのシミュレーション結果より判明した最適化への留意すべき事項を以下に提案する。

(1) 立上り形状

谷幅の狭いV字形ダムではV型立上り形状が最短工期で、U字形ダムでは谷底を歯型で立上りからせるのがよく、V型立上り形状は不適である。

(2) フロック間のリフト差設定

ダム軸8リフト、上下流4リフトの上限值とすると工期短縮にはなるが、立上り形状の凹凸が激しくなり、また長期放置面が発生しやすい。そこで、サイクル・タイム¹⁾より算定した各フロックの打上り速さより、最大リフト差と理想立上りパターン⁴⁾のリフト差を任意に設定する。例えば、打上り速さに大差がある場合、c)打設面処理、養生、型枠撤去、清掃その他諸作業に要する必要日数で各打設面ごとに設定している。
d)立上り形状に隣接フロック間の理想的なリフト差を指定したもの。

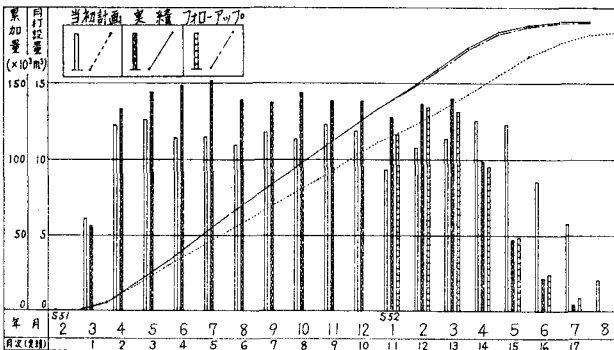


図-4 天理ダム打設出来高

のない隣接フロック間では前者を5~6に、後者を3~4にする。また、先行フロックが速い場合は隣接後続フロック間での後者のリフト差を小さくして先行フロックの打上りを抑えることになる。これらの処置により最大および最小リフト差による不要待ち日数を減らすことができ、長期放置面の発生も少なくなる。

(3) 理想立上りパターンでのリフト・レベル

理想立上りパターンでのリフト差設定は前述に従い、かつ全体のリフト・レベルを小さくすれば、最適フロックの打設を促進し、打設可能となるフロックの発生も多くなる。その結果、非打設日数が少なくなり、打設日においても打設能力内で複数箇所を打設して打設日数も少なくなり、工期の短縮につながる。とくにV型およびV・歯型立上り形状においては顕著である。

(4) 洪水吐け

洪水吐けリフト差設定条件は工期にあまり影響なく、洪水吐け考慮期間が長いほど工期が延びる。

(5) 打設能力

シミュレーション結果より判明する打設最盛期には打設能力を増加すれば打設待ち日数が大幅に減る。

(6) フロック別打設優先順位

まず任意の順位でシミュレーションを行い、打設待ち日数が多いフロックの順位を高めると有効である。

5. あとがき

「計画・実施・統制」のサイクルで工程管理を合理的に行うには、まず計画そのものが合理的でなければならぬが、4.で述べた留意点により待ちの少ない打設工程計画立案が可能となり、逐次フォローアップを行うことにより十分な工程管理が実現できるものである。このダム工事の省力化を目指して打設工程へのソフト面からの考察により、その成果を述べたが、今後の建設工事施工省力化の参考になれば幸いである。なお、大阪府・滝畑ダム、滋賀県・榛野川ダムにも適用し現在施工中である。

参考文献

- 1)河原畑良弘、西村正太、森脇 洋：ダム・コンクリート打設計画立案の電算機利用、電算機利用に関するシンポジウム講演要旨、土木学会、昭和51年11月
- 2)河原畑良弘、森脇 洋：ダム・コンクリート打設の工程管理例ならびに最適化への一考察、(株)奥村組技術研究所年報、第4号、昭和53年9月