

(II-3)

橋台工事における工程計画

Process Planning on Anchorage

(株)大林組 ○ 浜 嶋 鉦一郎*
山 岡 禮 三**
船 越 敦 ***

By Koichiro HAMAJIMA, Reizo Yamaoka, Atsushi Funakoshi

従来、工程計画のシステム化には作業者数や使用機械台数の山崩し等の自動化や図形処理が行われてきたが、施工状況のイメージ表現はなされていない。具体的な形状のイメージが正確に把握できると、計画時の判断が容易になると思われる。本論文は、橋台工事の工程計画において、工程計算とコンピュータ・グラフィックスによるイメージ表示を連携したシステムについて論じる。工程計算は、5つのコンクリートブロックと25のコンクリートリフトの施工順序と各コンクリートリフトの施工スケジュールのデータを計算機で積み上げ、作業の日程と毎日の作業者数や機械使用時間の山積を行う。その計算結果を設計者が判断し、逐次施工スケジュールの修正を行う。施工形状は、プログラムに組み込まれ、任意時点での施工形状が即座に表示可能である。これが、計画作業の判断に有効となる。イメージ画像は、施工計画のほかに、安全確認やプレゼンテーションに利用される。

【キーワード】 システム開発、工程計画、ビジュアル化

1. はじめに

これまで、ダムやケーソンなどの工程計画プログラムにおいて、山崩し等の自動化あるいは対話処理による計画手法などが行われてきた。山崩しなどのグラフィック処理はなされたが、工事の進捗に合わせた出来高形状のイメージ図を作成することはなされていない。従来、具体的な形状のイメージを正確に表すことができないため、計画時に不自由を感じながら作業を行っていた。昨今のコンピュータ・グラフィックスの発達により、イメージを即座に表示することが可能となれば、計算結果に対する判断が容易となり、工程計画の作業がより適切に実施できると考えられる。

本システムの開発では、アンカレイジ建設の工程計画及び工事管理にイメージ処理を取り入れ、より

確実に計画を実施できること、また各方面への計画の説明にも有効に活用できることを目指した。本システムは、コンピュータ・グラフィックスによるビジュアル表示が可能な工程計画システムとした。現在、本システムは特定工事に対応した専用システムである。既に、本システムは本工事の工程計画の策定に利用された。また、計画会議や見学者へのプレゼンテーションにも有効に活用している。さらに、これを施工管理及び施工途中での計画変更にも活用し、工事期間終了まで使用する予定である。特に、施工状況の具体的なイメージをコンピュータ・グラフィックスにより表し、安全確認の予測と検証に役立てることを検討している。

本論文では、工程計画システムの概要、ビジュアル化の状況や検討結果について紹介する。

2. システムの概要

(1) 対象とするアンカレイジの形状と工程計画の単位

* 情報システムセンター 06-946-2843
** 土木営業 06-946-4451
*** 明石海峡大橋 1 A 下部工 J V 078-781-0011

本システムは、図-1に示されるアンカレイジの施工を対象にしている。工程計画は、コンクリートリフトの単位でスケジュールする。コンクリートリフトは、さらにコンクリート打設など12種類の各種工事で構成され、1日単位でスケジュールと職種別人工数のデータを持っている。アンカレイジの具体的な形状は、コンクリートリフトの単位で表示できるように数値データがプログラムされており、工事中のいつの時点でもその形状をビジュアルに表示することができる。

(2) システムの構成

本システムの構成を図-2に示す。本システムはパソコンを利用するシステムであり、工程計画を行うサブシステムと構造物の施工過程の形状を表示するサブシステムに分かれている。本システムは、アンカレイジの具体的な形状をシステムの中に組み込み、工程計算と連携させることにより、任意の施工日の構造物の3次元形状を自動作成できることが特徴である。コンピュータ・グラフィックスによるアニメーションなどを作成する場合は、現場事務所から常設の支援センターへデータを送り、EWSのアニメーション制作システムを使用する。

3. アンカレイジの工程計画の方法

(1) 工程計画の方法

構造物全体は、5つのコンクリートブロックの構成まで取り扱うことができる。それぞれのブロックは25のコンクリートのリフトまでの施工に細分化できる。これらが平行に施工されるなかで、クレーンや作業員を最少のグループで割り振ることができる計画案を試行錯誤により作成する方法である。

システムの処理は、与えられた条件での工程を順番に積み上げて結果を表示する。工程計算の結果の評価と変更はすべて設計者が行う。システムは条件の変更を容易に行えるために、さまざまなチェック図を用意したり、変更処理を迅速に行えるように作られている。

(2) 工程の決定方法

a) 施工サイクルデータ

各コンクリートのリフトは、(1)コンクリート打設工、(2)グリーンカット工、(3)コンクリート片付工、

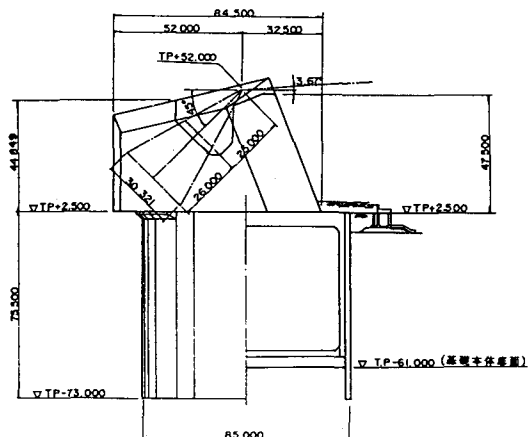


図-1 アンカレイジの形状

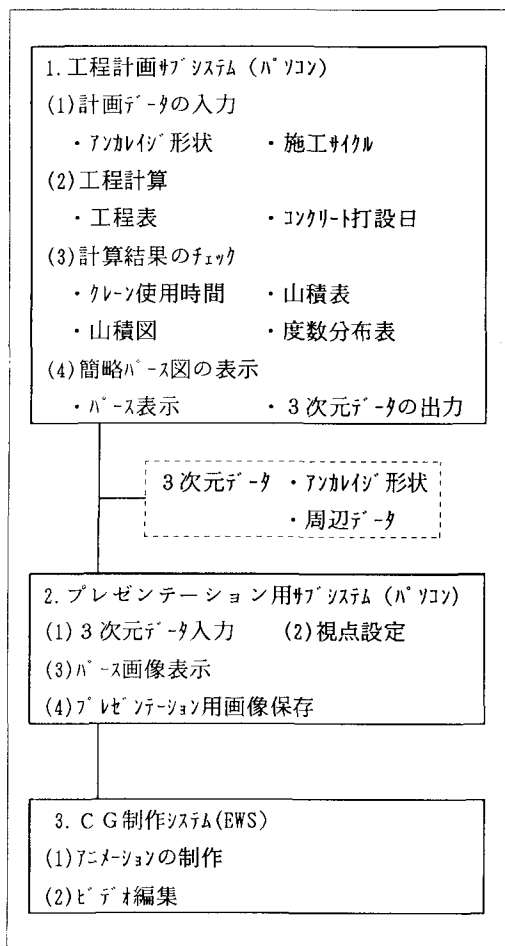


図-2 システムの構成

(4)クレーンパイプ工、(5)打設足場工、(6)P C型枠鉄骨組立工、(7)P C型枠組立工、(8)大版型枠組立工、(9)バラ組型枠組立工、(10)スロット型枠組立工、(11)鉄筋組立工、(12)配管・清掃・打設準備工などの各種工事により施工される。この施工計画が基本の単位となり、設計者は1日単位の工程計画を立てて、それぞれの工事に要する薦、土工、大工、クレーンなどの職種人員も設定する。各コンクリートリフトは、固有の施工サイクルをもち、初期データを指定して計画を開始する。図-3は施工サイクルデータの表示例である。

b) 施工順序データ

各リフトの施工順序は、予め決定しデータで指定する。この流れにしたがって、自動的に計算される。

c) 工程計算

工程計画は、各リフトの施工順序と各リフトの施工サイクルデータにより、順次施工サイクルデータを積み上げながら施工日を自動的に計算する。工程計画が進められるといくつもの施工サイクルの条件データが発生する。これは、データベースとしてすべて保存され、変更、消去など自由に取り扱うことができる。計算結果は、工程表と各リフトのコンクリート打設日を実稼働および西暦で表示する。図-4は打設日の西暦表示の例である。

d) 計算結果の山積図

クレーンや職種別の人員制限を機械的に処理することを避け、計画者が結果を見て修正すべき工程を判断し、変更することとした。クレーンの使用時間の制限を入力し、制限量を超えている日を自動的に判断し、色を変えて表示させ見つけ易くしている。図-5は数値で示した山積表

図-3 施工サイクルデータの表示例

図-4 計算結果 (コンクリート打設日)

図-5 クレーン山積表

の例であり、図-6は棒グラフによる山積図の例である。

e) 施工サイクルデータの変更

設計者は、不具合部分の情報を検討し、必要な施工サイクルを適切に変更し、c) からd) の計算を繰り返す。工事開始日から順次変更を繰り返す、最後まで制限をクリアする。

(3) 本工程計画手法の特徴

a) 工程計画は、計画情報の正確な情報の積み上げと不確実なあいまいな情報の組み込みという総合的な判断をもって行われる。これに対応できるように、本手法もマンマシン

の役割分担を明確にしたシステムとした。
b) 本手法は工程計画だけでなく、人員計画、クレーン計画に実施工に近い形で反映でき、施工中においても既施工情報を取り込み、より正確な工程計画が作成できる。

c) システムの開発では、自動化の部分を軽減しているので開発時間が短く容易であった。特に、操作性が容易なシステムとすべく、チェック図の確認とデータ変更の操作が効率となるように配慮した。

4. ビジュアル化による検討

工程計画は、進捗が数値で表現されるが、具体的にどのような形にできあがっているのかを想像することは、かなりあいまいである。形が具体的なイメージで表現されたら、工程計画にどのように貢献するであろうか。工事の進捗状況のイメージ認識により、施工経過をより具体的に把握できること、及び安全に施工するための危険予知に役立つことが考えられる。施工状況の3次元表示でどんな効果があるかあるいは安全管理のためにはどの程度のデータが必要になるかを検討した。

(1) 3次元データの作成方法

工程計画では、各コンクリートリフトについて施工日の情報やそのリフトでの施工サイクルデータを持っている。本システムでは、具体的なアンカレージに対してその形状データをプログラムに登録し、各リフトの3次元形状を自動的に発生できるように

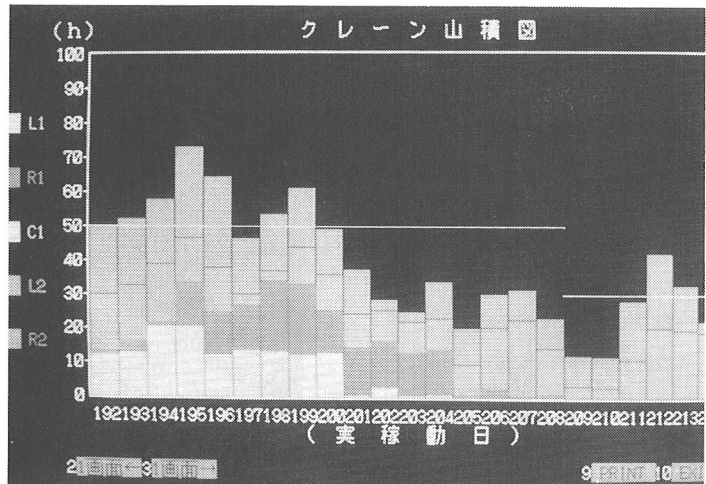


図-6 クレーン山積図

した。したがって、施工日の指定により、そのときの形状を発生し、簡略なパースによる表示を行ったり、詳細な3次元データを外部に出力できる。

(2) 工程計画システムの中での簡略な表示

工程計画システムの中では、コンクリートリフトの形状だけを対象として簡略な形状及び着色方法によるパースプログラムをもっている。これは、操作を簡単にするため、視点及び視線方向を固定し、ワンタッチで5方向から表示でき、それぞれのブロックの施工状況を立体的に表す。施工中のリフトには施工サイクルの詳細な工事が分かるようにアイコンで明示している。1方向でのパース表示時間は、3秒である。図-7～図-10は、表示例である。図-7は施工開始27日目の状況を示している。図-8及び図-9は125日目の状況であり、図-10は、365日目の状況である。

(3) コンピュータ・グラフィックスでの表示

3次元表示による実際的な陰影処理は、外部ファイルへ出力された3次元データを用いて、市販のCGソフトを用いる。工程計画システムから任意の時点の施工形状の3次元データを出力し、これを用いてパースを作成する。自動的に出力されるデータは、コンクリートリフトの外形、PCパネルの取付鉄骨の形状データおよびタワークレーン、クローラクレーン、タワー式クローラクレーン、コンクリートポンプ車、ミキサー車などの配置位置データである。現場の周辺データは、固定データであるので事前に

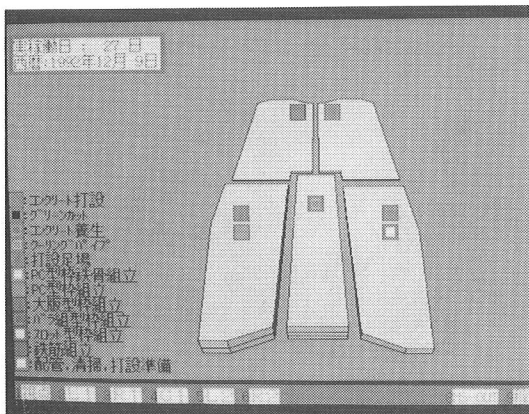


図-7 工程計画のパース表示 (27日目)

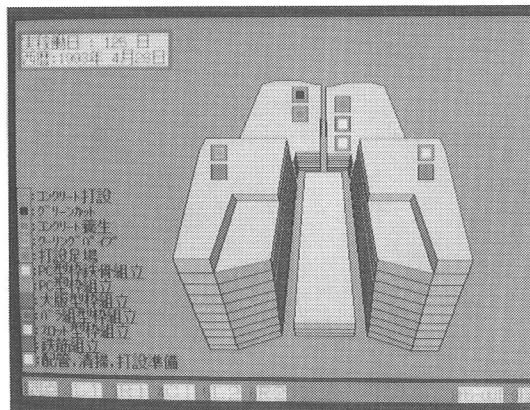


図-8 工程計画のパース表示 (125日目)

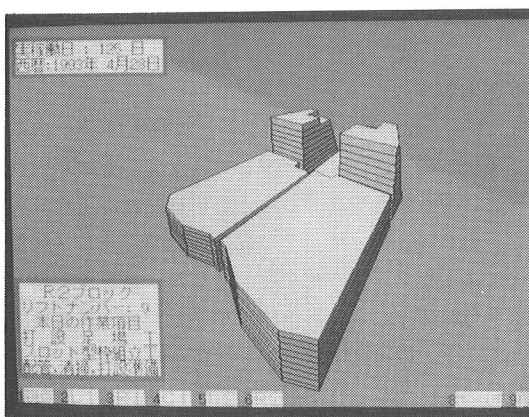


図-9 工程計画のパース表示 (125日目)

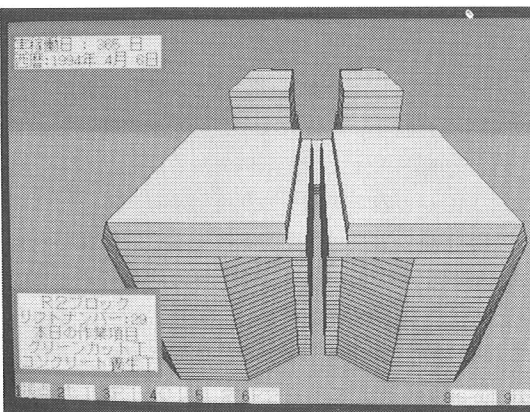


図-10 工程計画のパース表示 (365日目)

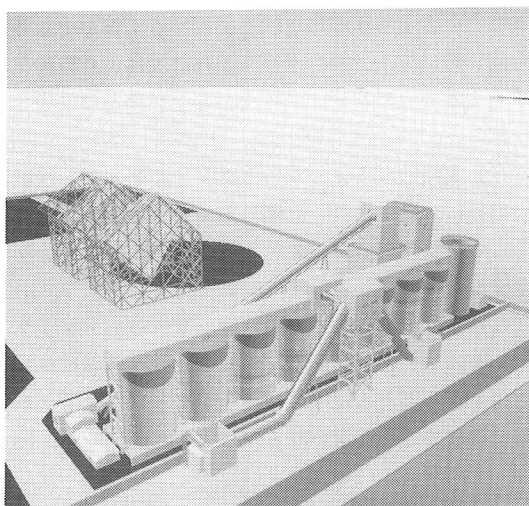


図-11 現場全体のCG表示 (7カ-設置)

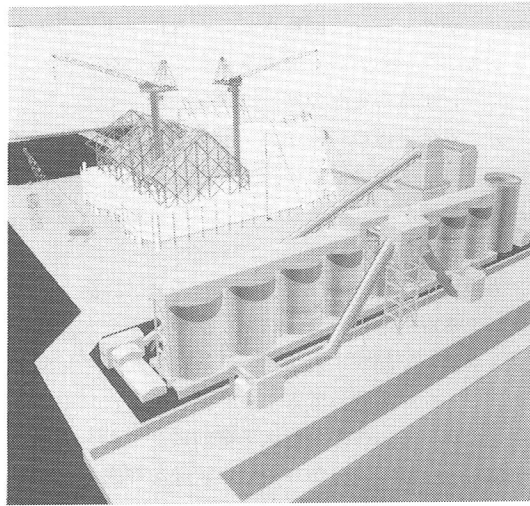


図-12 現場全体のCG表示 (コンクリートリフト施工)

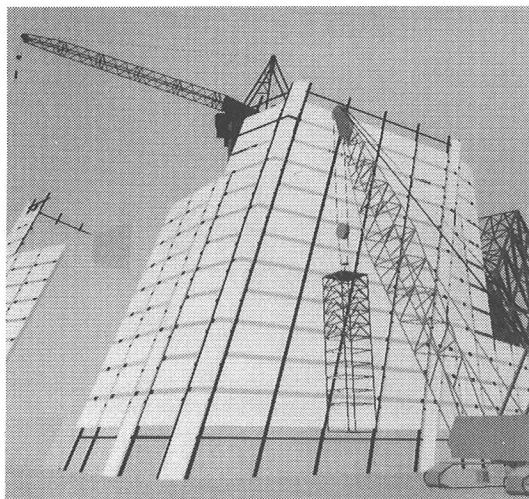


図-13 アンカレイジの施工状況-1

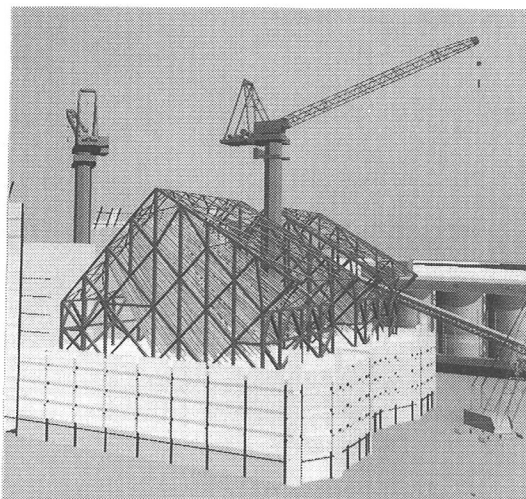


図-14 アンカレイジの施工状況-2

CGデータとして用意されている。これに発生したデータを合成し、具体的なイメージを作成する。図-11～図-14は、表示例である。

(4) CGの安全管理への利用

当該工事のような大型構造物では、安全管理の検討には机上の計画だけでなく、実際のイメージに基づいた計画が必要となる。つまり、施工段階に応じた構造物形状や施工状況を具体的な形状により視覚的に確認、把握することにより、施工安全性の照差が可能となる。たとえば、以下のような場合の安全管理の判断材料に資することができる。

a) クレーン操作の安全性：高いところからオペレータがクレーンを回転させるときに、運転席からアンカーフレームがどのように見えるかをシミュレーションすると実際の操作に役立つ。

b) 安全設備の規模のチェック：各コンクリート打設ブロックの高低差の視覚的確認により手すりの高さや位置がどこにあるとよいかを判断する。

(5) 工事のプレゼンテーション

当現場は、現場の概要説明のために、計測システムによる解析結果のグラフィックの表示を大型プロジェクターで説明するなど、理解が容易なプレゼンテーションを実施してきた。今回、アンカレイジや橋梁について、将来の形状を事前にリアルタイムで表示し、一般的に分かりやすい映像を作成し、説明に利用している。

5. おわりに

現場の施工計画に、ビジュアルな表現を取り入れて、計画の精度を高めることを目指した。工程計画システムと3次元データの発生機能を連結し、自動化によりビジュアル化を容易にした。さまざまなデータを追加し、より具体的なイメージの作成を検討している。施工計画でイメージが明確になり、判断が容易になった。今回の検討結果により以下のことが明らかになった。

(1) 具体的に構造物の形状を透視図により確認することが、簡単にできるようになった。工事経験が無い担当者でも正確に形状を把握することができる。今回、特に施工計画の過程を工程計画により自動化することで、形状データのモデリング作業の効率化を図った。

(2) 実際のイメージのビジュアル表示は、状況の把握に有効であり、計画立案時に正確に判断できることを確認できた。また、施工段階に応じて、安全管理の判断材料としても有効と思われる。

(3) 施工現場においても、コンピュータ・グラフィックスは、施工計画やプレゼンテーションに有効活用できる。土木現場のイメージアップにも少なからず貢献できると思われる。