

運輸省港湾技術研究所

# 港湾技術研究所 報告

---

---

REPORT OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH  
INSTITUTE

MINISTRY OF TRANSPORT

---

VOL. 23

NO. 3

SEPT. 1984

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



# 港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I)

第23巻 第3号 (Vol.23, No. 3) 1984年9月 (Sept. 1984)

## 目 次 (CONTENTS)

1. Multiple Longshore Bars Formed by Long Period Standing Waves  
..... Kazumasa KATOH..... 3  
(反射定常波による多段沿岸砂州の形成.....加藤 一正)
2. 防波堤直立部に働く不規則波力に関する実験的研究  
.....谷本勝利・高橋重雄・明瀬一行.....47  
(Experimental Study of Random Wave Forces on Upright Sections of Breakwaters  
..... Katsutoshi TANIMOTO, Shigeo TAKAHASHI and Kazuyuki MYOSE)
3. 共振振動三軸試験装置の開発と混合土の動的変形特性  
.....善 功 企・梅原靖文・大根田秀明・樋口嘉章..... 101  
(Development of Resonant-cyclic Triaxial Testing Apparatus and Dynamic  
Deformation Characteristics of Mixtures  
..... Kouki ZEN, Yasufumi UMEHARA, Hideaki OHNEDA and Yoshiaki HIGUCHI)
4. 波の繰り返し载荷を受ける粘性土地盤の安定性に関する実験的研究  
.....大根田秀明・梅原靖文・樋口嘉章・入澤一明..... 127  
(Experimental Studies on Model Clay Ground Subjected to Cyclic Wave Loading  
..... Hideaki OHNEDA, Yasufumi UMEHARA, Yoshiaki HIGUCHI  
and Kazuaki IRISAWA)
5. 水中の剛構造物の地震時滑動と動水圧の実験的研究  
.....上部達生・檜垣典弘..... 153  
(An Experimental Study on Sliding Block in Water during Earthquake  
..... Tatsuo UWABE and Norihiro HIGAKI)
6. 座標式工程表による工程計画手法の開発  
.....奥山育英・佐藤恒夫..... 187  
(Time Space Scheduling Model  
..... Yasuhide OKUYAMA and Tsuneo SATO)

7. 港湾経済効果の計測手法（第3報）——利用効果の帰属——  
.....稲村 肇..... 235  
(Measuring the Economic Benefits of Port Development  
.....Hajime INAMURA)
8. 港湾工事の産業連関分析  
.....稲村 肇・米澤 朗・高橋 淳弘..... 251  
(The Economical Impact Analysis of Port Construction Works by Input-Output  
Analysis.....Hajime INAMURA, Akira YONEZAWA and Atsuhiro TAKAHASHI)

## 6. 座標式工程表による工程計画手法の開発

奥山育英\*  
佐藤恒夫\*\*

### 要 旨

従来の港湾工事等において、大々的な工程計画手法が取り入れられたケースは少ない。しかし、関西新国際空港プロジェクトに伴う人工島建設工事に見られるように、最近の大規模埋立工事にあたっては、公共事業を取り巻く厳しい経済的社会的環境から、合理的かつ実用的な工程計画の作成手法が、以前にも増して要請されてきている。

本研究は、関西新国際空港プロジェクトに伴う埋立護岸工事のように、大規模かつ複雑な一次元的工事の工程計画作成に有用な手法を開発することを目的としたものである。

本研究においては、まず、横線式工程表、座標式工程表およびネットワーク工程表の特質の比較検討を行い、本研究で対象とした大規模な埋立護岸工事の工程計画における座標式工程表の位置付けを明らかにした。

次に、座標式工程表を用いた工程計画手法の一連のシステムの構築を行った。この工程計画手法は、①入力データ作成システム、②工程計算システム、③座標式工程表図化システム、④山積み計算図化システム、および、⑤作業状況図作成システムの5つのサブ・システムから構成されている。工程計算システムにおいては、連続的かつ併行的に施工される各工種の関連を表現するため、「保安距離」の概念を導入した。また、埋立護岸工事を構成する工種の施工特性に応じた7種類の工程計算モデルを開発した。山積み計算図化システムは、資機材の供給上の制約から工程の妥当性を検証するとともに、資機材の合理的な供給管理計画を作成するために利用される。作業状況図作成システムにおいては、各種の作業状況が平面的に表示されるとともに汚濁（にぎり）の発生地点およびその負荷量も得られ、環境管理計画にも利用される。

最後に、関西新国際空港プロジェクトの検討段階の一試案をモデル工事としてケース・スタディーを行い、本手法の検証を行った。

本研究で開発した工程計画手法は、埋立護岸工事のように直線的に伸びる工事で、とりわけ、大規模かつ複雑な工種構成から成る工事に対して有用性が確認された。

\* 設計基準部 システム研究室長

\*\* 設計基準部 主任研究官

## 6. Time Space Scheduling Model

Yasuhide OKUYAMA\*

Tsuneo SATO\*\*

### Synopsis

This paper introduces the basic concepts and characteristics of the scheduling model using a two-dimensional coordinate chart. This model was developed in order to make the scheduling of an embankment work effective and efficient in ports and marine structures.

With regard to the scheduling for an embankment work, accompanied by a large-scale reclamation, it is necessary to give full consideration to the following conditions in order to make a rational and practical schedule.

- a) Most of the work is executed by ships, so that, the working area will be strictly restricted by various factors, such as other shipping in the area, waves and currents etc.
- b) An embankment work is composed of jobs requiring continuous attention and coordination of the aspects of constructing an embankment work.

Therefore, it is concluded that using a bar chart or arrow diagram is insufficient for our purposes, thus we have developed the Time Space Scheduling Model

It has been confirmed that this method is valid for linear work, such as embankments, because it is unnecessary with this method to set the relationship between jobs in advance, especially when compared with PERT which sets relationship in advance. Furthermore, this method has following advantages.

- a) It is easy to grasp the job speed visually as a gradient.
- b) The necessary period and the queuing time are calculated from the length of an embankment, the job speed and the safety distance.
- c) The lead time can be calculated automatically.
- d) The histogram of resources, machinery, cost and muddiness can be calculated.

Although this method has to be improved in the future, its application to the process management appears to be very promising.

---

\* Chief of Systems Laboratory, Design Standard Division

\*\* Senior Research Engineer, Design Standard Division

## 目 次

要 旨	187
1. ま え が き	191
2. 座標式工程表の位置付け	191
2.1 各種工程表の比較	191
2.2 港湾工事等における座標式工程表の位置付け	195
2.3 座標式工程表の概念	195
3. 座標式工程表による工程計画手法	197
3.1 本手法の基本的概念	197
3.2 工程計算システムおよび座標式工程表図化システム	199
3.3 山積み計算図化システム	206
3.4 作業状況図作成システム	207
3.5 入力データ作成システム	210
4. ケース・スタディー	211
4.1 モデル工事の概要	211
4.2 入力データ	212
4.3 計算結果および評価	212
5. 結 論	233
6. あとがき	233
参考文献	234

## 1. ま え が き

土木工事における工程計画は、工事の施工期間を把握し、また、所定の期間内に工事を完成させるため、作業の順序、その施工時期、施工速度などを規定するものである。これは、施工管理のための最も基本的な情報の一つでもあり、工事が大規模かつ複雑になればなるほど、工程計画の良し悪しが、施工の成否を大きく左右することも少なくない。

工程計画には、従来から横線式工程表が最も多く使われている。アメリカで開発されたPERT系の工程計画手法も、わが国に紹介された当時には、主として研究ベースでもはやされたが、一般化するに至らず、現在でも横線式工程表が主流である。

港湾工事、および、人工島建設などの海洋工事（以下、港湾工事等という）における工程計画の作成に関しても、大々的な手法が採用されたケースは少なかった。

しかし、関西新国際空港プロジェクトに伴う人工島建設工事に見られるように、最近の大規模工事においては、財政、資源、環境問題など公共事業を取り巻く厳しい経済的社会的環境のもとで、周囲のコンセンサスを得ながら所要の施設整備を進めていかなければならない。したがって、工程計画の作成には、従来にも増してその合理性が要請されてきている。さらに、今後計画されている港湾工事等には、種々の条件から沖合へと展開するものも多く、これらの工事は大規模化、複雑化の傾向にある。したがって、合理的な工程計画作成に対する要請は、今後とも高まるものと考えられる。

これに対して、大規模かつ複雑な港湾工事等の工程計画に有用な手法、すなわち、これら工事の特質に充分配慮した合理的かつ実用的な工程計画手法は未開発のままであった。

本研究は、関西新国際空港プロジェクトに伴う埋立護岸工事のように、大規模かつ複雑な直線の工事の工程計画作成に有用な手法を開発することを目的としたものである。合理的かつ実用的な手法の開発にあたっては、何よりも対象とする工事の特性に充分配慮しなければならない。大規模な埋立護岸工事においては、

- ①工事が作業船でなされるため、気・海象条件、他の海域利用、作業船間の競合などにより、その作業区域の制限が厳しい。
- ②護岸工事は直線的な工事であり、作業は併行的かつ連続的になされる。
- ③工程および使用機械（船舶）が決まると、その順序は一定で、逆順にはできない。

などの特質を考慮しなければならない。

以上の認識に立ち、大規模な埋立護岸工事を前提として、座標式工程表を用いた工程計画手法を開発した。

本報告の構成は、以下のとおりである。

2.では、座標式工程表の港湾工事における位置付けを行っている。

3.では、本研究で開発した工程計画手法の内容を説明している。

4.では、関西新国際空港プロジェクトの検討段階の一試案をモデル工事として、ケース・スタディーを行っている。

5.では、本研究で得られた結論をまとめている。

なお、ケース・スタディーに用いたモデル工事は、一試案を採用したものであり、したがって、関西新国際空港プロジェクトにおいて、現在検討が進められているものとは、計画内容がかなり異なっている。

## 2. 座標式工程表の位置付け

座標式工程表は、予定工程との進ちょく、あるいは、その間の工事量の多寡、変動を明らかにするために、横線式工程表との併用などにより、トンネル工事その他で用いられてきたが、比較的なじみの浅い工程表である。したがって、本章においては、他の工程表との比較しつつ、港湾工事等における座標式工程表の位置付けを明らかにし、その概念をまとめる。

### 2.1 各種工程表の比較

#### (1) 工程表の種類

土木工事をはじめ各方面で工程を表現するために用いられている工程表として一般的なものは、横線式工程表、座標式工程表およびネットワーク工程表である。

##### a) 横線式工程表

横線式工程表は、バーチャート、あるいは、考案者の名前にちなんでガントチャートなどとも呼ばれ、古くから用いられ、また、現在でも最も多用されている工程表である。

横線式工程表は、図-1に示すように、工事を構成する工種ごとに施工時期を横線で表現するものである。工程計算にあたっては、工程表に表現できる精度も勘案して、通常、各工種の所要日数を施工量と標準的な施工能力（施工速度）から算出する。施工時期は工事全体が工期内に納まるように試行錯誤的に割り当てるといった方法がとられる。したがって、横線式工程表は、経験あるいは実績が豊富で、比較的単純な工種構成から成る工事に対して適用される。

##### b) 座標式工程表

工種	年月 数量	46		47							
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	
準備工	1式										
進入路	250m										
基礎杭 (ベント杭)	φ1000 128本										
基礎 (既製杭)	φ600PC192本 φ300RC49本										
掘削工	4320m³										
砕り工	ベント128本 PC192本 RC49本										
鉄筋工	295000t										
型枠工	2950m²										
く体 コンクリート	3115m³										
埋戻工	2480m³										
擁壁工	延190m										
片付工	1式										

図-1 横線式工程表（高速道路高架橋工事の例）

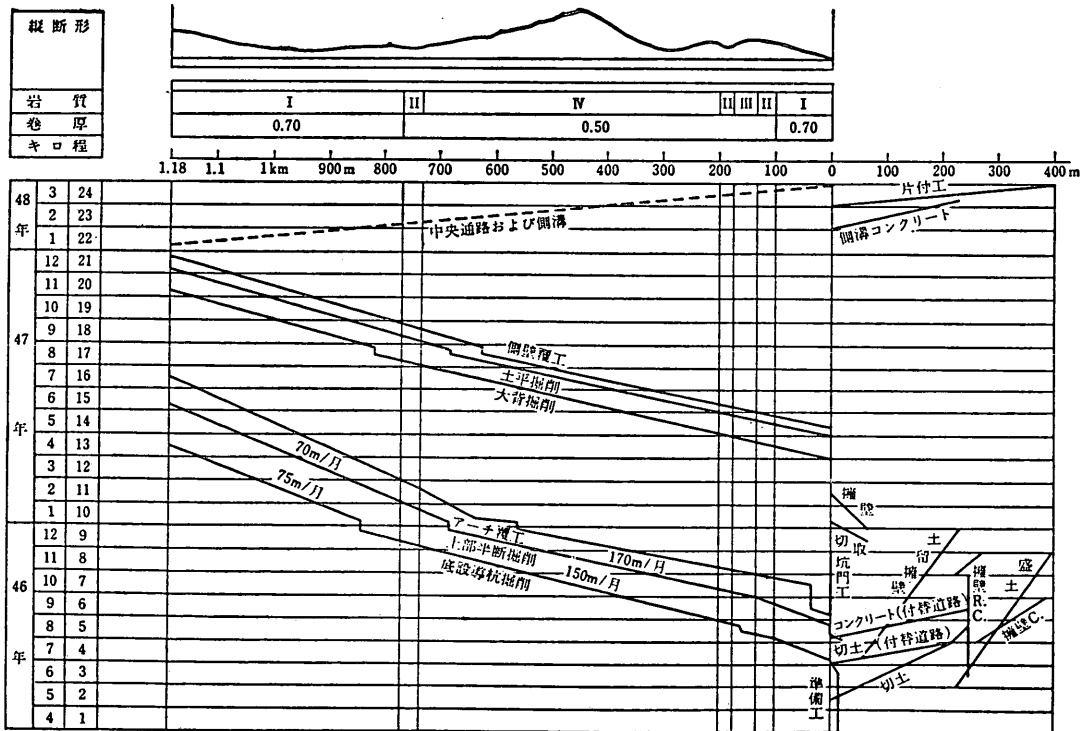
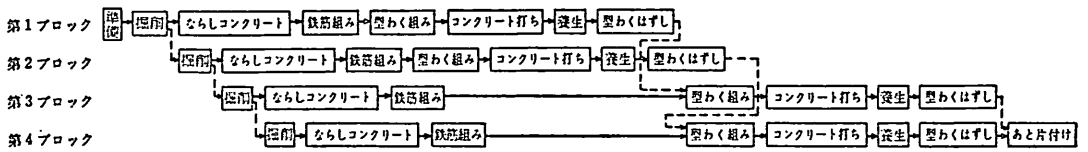


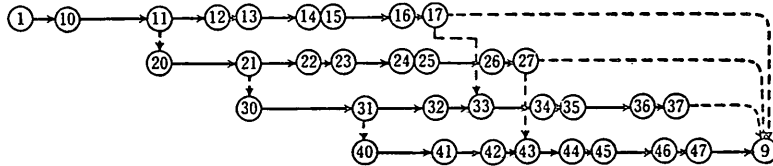
図-2 座標式工程表（トンネル工事の例）



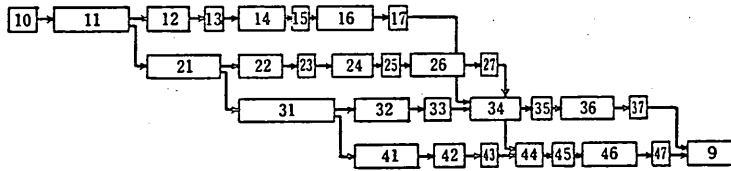
座標式工程表による工程計画手法の開発



(a) ネットワークの作業内容



(b) アロー型ネットワーク



(c) プレシーデンス型ネットワーク

図-3 ネットワーク工程表

座標式工程表は、工事の進ちょく度、あるいは、その間の施工量の多寡や変動および工種の施工順序がわかりにくいという横線式工程表の欠点を補うために、横線式工程表と併用されることが多い。

座標式工程表は、図-2に示すように、横軸を施工期間、縦軸を施工量（進ちょく率）とした2次元座標上に各工種の工程を折線で表現するものである（縦軸と横軸の取り方を逆にしたものもある）。座標式工程表は、トンネル工事のように直線的に伸びる工事で、工事を構成する工種の施工量を同一次元とりわけ次元で表しうる工事に適用すると、工種ごとの施工速度の比較、進ちょく度の把握が可能であり非常に有効である。

c) ネットワーク工程表

ネットワーク工程表は、工事を構成する工種の関連関係とその流れを結節点と矢印の組み合わせで表現するものである。これには、矢印が工種（作業）を表すアロー型ネットワークと、結節点が工種を表し矢印はそれらの関連関係と流れを表すプレシーデンス型ネットワークがある。

ネットワーク工程表においては、その工程計算に対し

て最適化手法としてのPERT (Program Evaluation and Review Technique) あるいは CPM (Critical Path Method) といった手法が開発されている。データの精度に信頼性があれば、工事の細部にわたってスケジュールを定めることができる。また、計算結果として、投入資源量（資材、機材、人員など）、費用および重点工種などが明らかとなり、従来の経験を越えた大規模かつ複雑な工事に適用すると有効である。

(2) 各種工程表の特質比較

工程表は、工程計画を図表化したものである。しかし、単に予定表の役割を果すのみでなく、工事の進ちょく状況をチェックするために活用されたり、資機材の管理計画に活用されたりするものであるから、以下のような性質を具備していなければならない。

- ① 施工に必要な期間（工期）が把握できること
- ② 施工の順序が示されていること
- ③ 工事の進ちょく状況が把握できること
- ④ 重点的に管理すべき工種が把握できること
- ⑤ 工種間の関連関係が把握できること

さらに、いずれの工程表を採用するかについては、工

表-1 各種工程表の特質比較

項目 \ 工程表	横線式工程表	座標式工程表	ネットワーク工程表
工期の把握	○(見やすい)	○(見やすい)	○
施工順序の把握	△	○	○
進ちょく状況の把握	△	○	△
重点工種の把握	×	×	○
工種関連の把握	×	○	△
工程表の精度	×	△	○
作業の難易度、煩雑さ	○	○	×
適用性	小規模、概略	直線の工事	大規模、複雑

事の規模や特性、工程表の精度、工程計画作成にかかる作業の難易度や煩雑さなどを考慮して決定される。

本項では、座標式工程表の位置付けをより明確にするため、前述の視点から各種工程表の特質比較を行う。なお、表-1に各種工程表の特質比較の概要を示す。

#### a) 工期の把握

工程表の使用目的の最も重要な点の一つが工事全体および各工種の工期を把握することである。したがって、いずれの工程表においても工期を把握できることは当然である。しかし、視覚的に容易に把握できるという点では、横線式および座標式の工程表がネットワーク工程表にやや優っていると云える。

#### b) 施工順序の把握

ネットワーク工程表においては、矢印の流れとして施工順序が明示される。座標式工程表においては、時間と施工量が示される。したがって、施工順序は容易に把握できる。しかし、横線式工程表においては、複数の工種が併行的に施工されるような場合には、その施行順序は把握し難い。

#### c) 進ちょく状況の把握

任意の時点における工事の進ちょく状況については、横線式工程表およびネットワーク工程表では、いずれの工種が完了し、いずれの工種が施工中であるかといった概略の状況についてのみ把握が可能である。ただし、その精度の違いから、ネットワーク工程表のほうがより細かく把握できるのは当然である。一方、座標式工程表においては、その精度に応じた工事の進ちょく状況を視覚的に把握することが可能である。

#### d) 重点工種の把握

工程計算手法の制約から、ネットワーク工程表以外で

は重点工種を把握することはできない。

#### e) 工種関連の把握

工種関連とは、例えば、先行作業よりも速い施工速度を有する後続作業が、先行作業の完了を待たずに、施工された場所から順次着工できるような場合、どの程度先行作業が進ちょくした時点で後続作業に着手するかといった工種間の関連関係である。横線式工程表では工種関連の把握が不可能であり、また、ネットワーク工程表では把握はできるものの、そのためのデータ作成が煩雑かつ手間のいる作業である。したがって、座標式工程表が両者に優っている。

#### f) 工程表の精度

データの精度や全体工期の単位にもよるが、精度の高いほうから、ネットワーク工程表、座標式工程表、横線式工程表の順になる。また、所要の条件下という制限はつくものの、ネットワーク工程表においては最適性の評価がなされているため、他の2者との精度の差は大きい。

#### g) 工程計画作成にかかる作業の難易度、煩雑さ

工程表の精度などに差があるため、一率に比較することには若干無理はある。しかし、多くの利点を有し、最適化手法として開発されたネットワーク・プランニングが実際にはあまり採用されていないのは、ネットワーク工程表の最も大きな欠点がこの点にあるためと考えられる。

すなわち、横線式工程表および座標式工程表については、過去の実績や経験に基づいてデータの作成などを比較的容易に行える。ネットワーク工程表では、複雑かつ大規模な工事に適用されることもあって、電子計算機の利用が必須条件であり、そのためのデータ作成などの作

業は容易でない。

h) 適用性

横線式工程表は、規模が比較的小さい工事、全体工期が比較的短い工事、工種構成が単純で工種間の関連が複雑でない工事、および、過去の実績や経験が豊富でこれを充分活用できるような工事の概略工程計画および一部の詳細計画に適用すると有効である。

座標式工程表は、工事規模、工期、工種構成などにはさほど制約されず、極端に高い精度を要求されなければ幅広く適用可能である。ただし、この特長を活かすためには、施工量を同一次元で把握できる工種により構成される直線的な工事、例えば防波堤工事などに適用すると有効である。工種ごとに施工量の次元が異なるような工事あるいは面的な工事では、進ちょく率によって施工量を代替する必要があり、施工速度や工種関連の把握などに関する特長が充分に発揮されない。

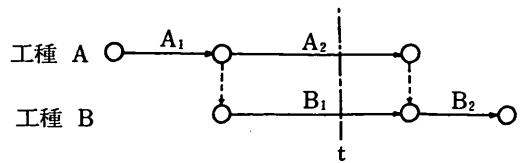
ネットワーク工程表は、最も広い適用性を有する工程表であるが、とりわけ、規模が大きく、複雑な工種関連を有する工事の工程計画に適用すると有効である。

2.2 港湾工事等における座標式工程表の位置付け

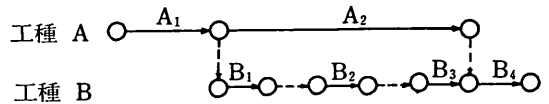
本研究のそもそもの経緯は、関西新国際空港プロジェクトに伴う大規模埋立護岸工事のために有用な工程計画手法を開発することにあった。同工事は大規模でかつ複雑な工種構成を有する工事であるため、ネットワーク工程表の適用を試みたが、以下に述べるような欠点や使いにくい点が見出され、これらの問題に対する解決を余儀なくされた。

第一に、関西新国際空港プロジェクトには限らないが、埋立に伴う護岸工事では、工事が直線的であり、例えば、地盤改良工のあとに基礎工が施工されるというように構成工種の順序が確定的で逆順が許されない。また、それらが連続して後追い作業をする。このような場合、ネットワーク工程表では、その位置関係を表現することが難しい。すなわち、図-4(a)において、工種Bの施工速度が工種Aの施工速度より速い場合、t時点で工事の安全性あるいは確実性が損われるほどに工種AおよびBが近接しているかもしれないが、工程表上では把握し難い。しかし、現実的には、両工種間に適切な距離を保ちながら施工されなければならない。

第二に、工種間の関連関係の設定上の問題である。ネットワーク工程表では各工種の所要日数に基づいて工種間の順序関連関係を付ける。例えば、先行作業の完了を待たずに、ある程度進ちょくした時点で、後続作業が開始可能な場合、その先行日数の妥当性について別途検討しておく必要がある。



(a) 工種の位置関係の表示



(b) フロートの表示

図-4 ネットワーク工程表における工種関連の表示

第三に、作業待ち時間の設定の問題である。先行作業より後続作業のほうが施工速度が速いが、先行作業の施工部分についてしか後続作業の施工ができないような場合、図-4(b)に示すように、後続作業に対して作業待ち時間(休止期間、フロート)を設定しなければならない。しかし、そのフロートをどこに設定すればよいか別途検討しておく必要がある。

第四に、進ちょく度の把握の問題である。関西新国際空港プロジェクトのように工事規模が大きくなると、単一の工種についても施工期間が長くなり、施工途中段階における進ちょく度の把握について、より一層の配慮を必要とする。すなわち、予定工程の進ちょくを正確かつ見やすく表現しなければならない。

第五に、ネットワーク工程表では、すべての作業について順序関係をあらかじめ設定しなければならない、非常に煩雑な作業となる。また、何らかの理由である工種について作業開始日を指定する必要がある場合、ネットワーク工程表では表現が難しい。この場合、ダミー作業を設定しなければならないが、そのダミー作業の所要日数の算定も困難である。

以上のような問題を解決するため、港湾工事等、とりわけ大規模な埋立護岸工事の工程計画に有効な手法として、従来、トンネル工事などの直線的な工事の工程計画に用いられていた座標式工程表を採用することとした。さらに、埋立護岸工事の特性を反映できるよう改良を加えた上で、電子計算機により自動的に計算処理する手法の開発を行った。

2.3 座標式工程表の概念

本節では、本手法に採用した座標式工程表の基本的な

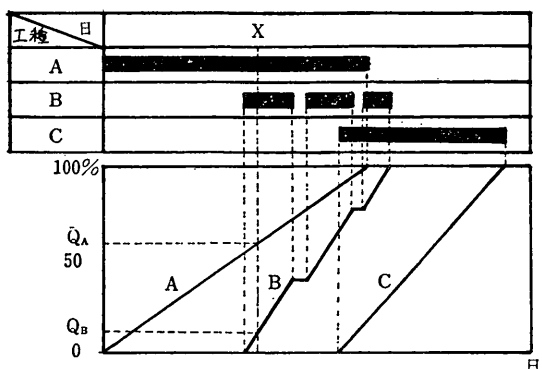


図-5 横線式および座標式工程表の併用

概念およびその特徴についてまとめる。

座標式工程表は、前述のように、工事の進ちょく度、あるいは、その間の施工量の多寡や変動および工種の施工順序などを明らかにするために、横線式工程表と併用されることが多い。図-5からも明らかなように、座標式工程表からはより多くの情報が得られる。例えば、X日における工事の進ちょく度は、A工種については $Q_A$ 、B工種については $Q_B$ となっていることが解る。また、B工種の施工速度がA工種のそれより速いため、2度の休止期間があり、その時点における施工量がどの程度かということもわかる。

本研究においては、本工程表の対象が、埋立護岸工事の総括工程計画である。したがって、各工種の施工量を護岸の延長として同一次元で把握できるため、縦軸の%表示を護岸延長で表現すれば、図-5において、工事の進ちょくが工種ごとの施工位置として把握できる。

座標式工程表における工程計算は、横線式工程表の場合と同様に、基本的には、工種ごとの施工量( $Q_j$ )と施工速度( $S_j$ )から得られた日程( $X_j$ )を割り付けていくものである。

$$X_j = \frac{Q_j}{S_j} \quad (j=1, \dots, J) \quad (2.1)$$

ここで、

$J$  ; 工種数

また、使用機械の他工事への転用、季節による稼働率の変化などに伴い、施工速度が変化する場合には、当該工種を便宜上幾つかの区分(I)に分割して、それぞれの区分ごとに日程の計算を行う。

$$X_{j,i} = \frac{Q_{j,i}}{S_{j,i}} \quad (i=1, \dots, I; j=1, \dots, J) \quad (2.2)$$

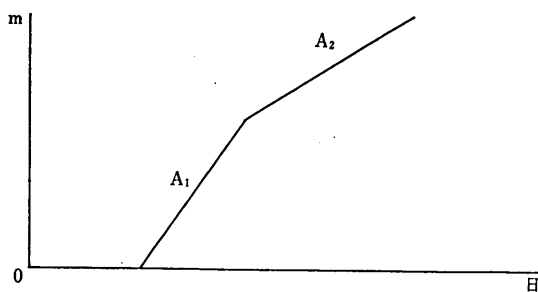


図-6 施工速度が異なる場合の工程表

この場合、工程は図-6のように表現され、折線の勾配が当該工種の施工速度を表す。したがって、施工速度の相異を勾配の相異として視覚的に容易に把握できる。

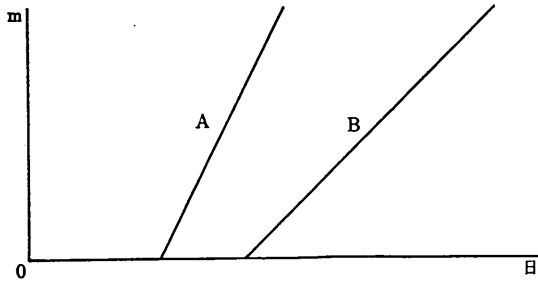
次に、連続する2工種の関係が工程表上にいかに表現されるかについて説明する。この考え方は、工種数が3以上になっても同様である。

工種間の関連は、先行作業と後続作業の施工速度の大小により表現が異なってくる。ただし、先行作業がその施工中に工事区域全体を拘束し、すなわち、先行作業が全施工延長について完了しなければ後続作業の着手が認められない場合には、先行作業の終了日以降に後続作業の着手日がかかるため問題はない。したがって、ここでは先行作業がある程度進ちょくした段階で後続作業に着手できる場合について説明する。

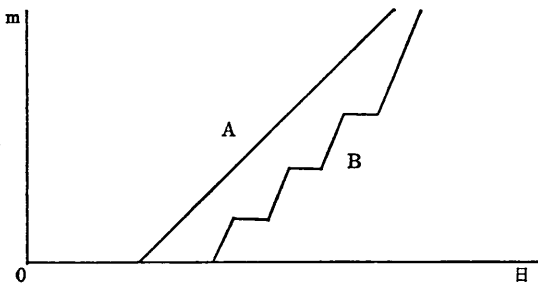
まず、先行作業に対して後続作業の施工速度が遅い場合は比較的単純である。図-7(a)に示すように、先行作業がある程度進ちょくし後続作業が着手可能になれば、所定の施工速度をもって工程を消化することとなる。ここで、その先行作業の工事着手日から後続作業の工事着手日までの日数が後続作業のリードタイムを表す。

先行作業に対して後続作業の施工速度が速く、かつ、地盤改良工に対する基礎工のように両者に競合関係があり、先行作業の終了した部分しか後続作業が行えない場合には、両作業の施工の安全性と確実性を確保するため、両作業の間に所定の間隔を保ちながら作業を進めなければならない。したがって、このような場合には、図-7(b)のように表現され、後続作業について、所要の施工間隔が確保されるまで作業待ち時間(休止期間)が設定される。

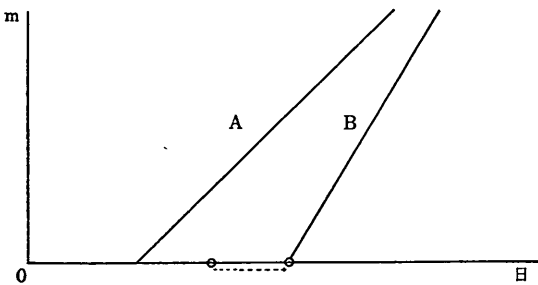
なお、後続作業の施工速度が先行作業の施工速度に比し非常に速い場合には、純施工時間に対して休止期間の割合が大きくなり現実的ではない。このため、図-7(c)に示すように、休止期間を0にするように後続作業の着手



(a) 後続作業の施工速度が遅い場合



(b) 後続作業の施工速度が早い場合(最早)



(c) 後続作業の施工速度が早い場合(最遅)

図-7 座標式工程表における工野関連の表示

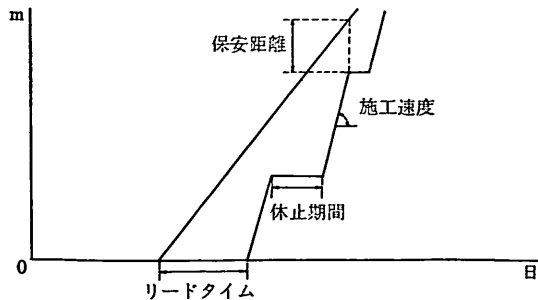


図-8 座標式工程表の概念図

日をずらすことも考えられる。現実的には、この工種に継続して施工される工種の工程も考えながら、図-7(b)および(c)の間で工程が設定される。

以上のような基本的考え方に基づいて座標式工程表は作成されるが、これらを図にまとめると図-8のようになる。

### 3. 座標式工程表による工程計画手法

#### 3.1 本手法の基本的概念

本手法は、工程計画を表現する手段として座標式工程表を適用することとし、入力データの作成から、工程計算、工程表の図化、使用資機材の山積み、および、任意時点の作業状況図の作成までを、大型電子計算機およびパーソナル・コンピューターを用いて、一連のシステムとして処理するものである。

本手法の概念は図-9に示すとおりである。

すなわち、本工程計画手法は、①入力データ作成システム、②工程計算システム、③座標式工程表図化システム、④山積み計算図化システム、および、⑤作業状況図作成システムの5つのサブ・システムから構成される。

入力データ作成システムは、座標式工程表に基づいた工程計算に必要なデータを対話式で作成するシステムである。すなわち、グラフィック・ディスプレイ上に表示された設問に回答する形式でデータを作成し、これを工程計算に必要なフォーマットに変換し、データ・ファイルに格納する。

工程計算システムは、座標式工程表に基づいた工程計算、すなわち、工種ごとの日程計算および割り付けを行うシステムであり、本手法の最も中核的な部分である。工程計算にあたっては、大規模な埋立護岸工事の特性を反映するための新たなモデルの開発を行った。すなわち、連続的かつ併行的に施工される各工種の関連を表現するための「保安距離」の概念の導入、および、埋立護岸工事を構成する工種の施工特性に応じた7種類の工程計算モデルの開発である。

座標式工程表図化システムは、工程計算結果を座標式工程表として図化表示するシステムである。これは、工程計算結果を記録したファイルを通じて、工程計算システムと連係される。

山積み計算図化システムは、工程計算結果から使用資機材の日ごとの使用量の積み上げ、および、累計使用量の積み上げの計算ならびに図表化を行うシステムである。資機材の山積みは、資機材の合理的な供給管理計画を作成するために利用されるとともに、資機材の供給上の制約により、工程計画に無理な部分がないかを検証す

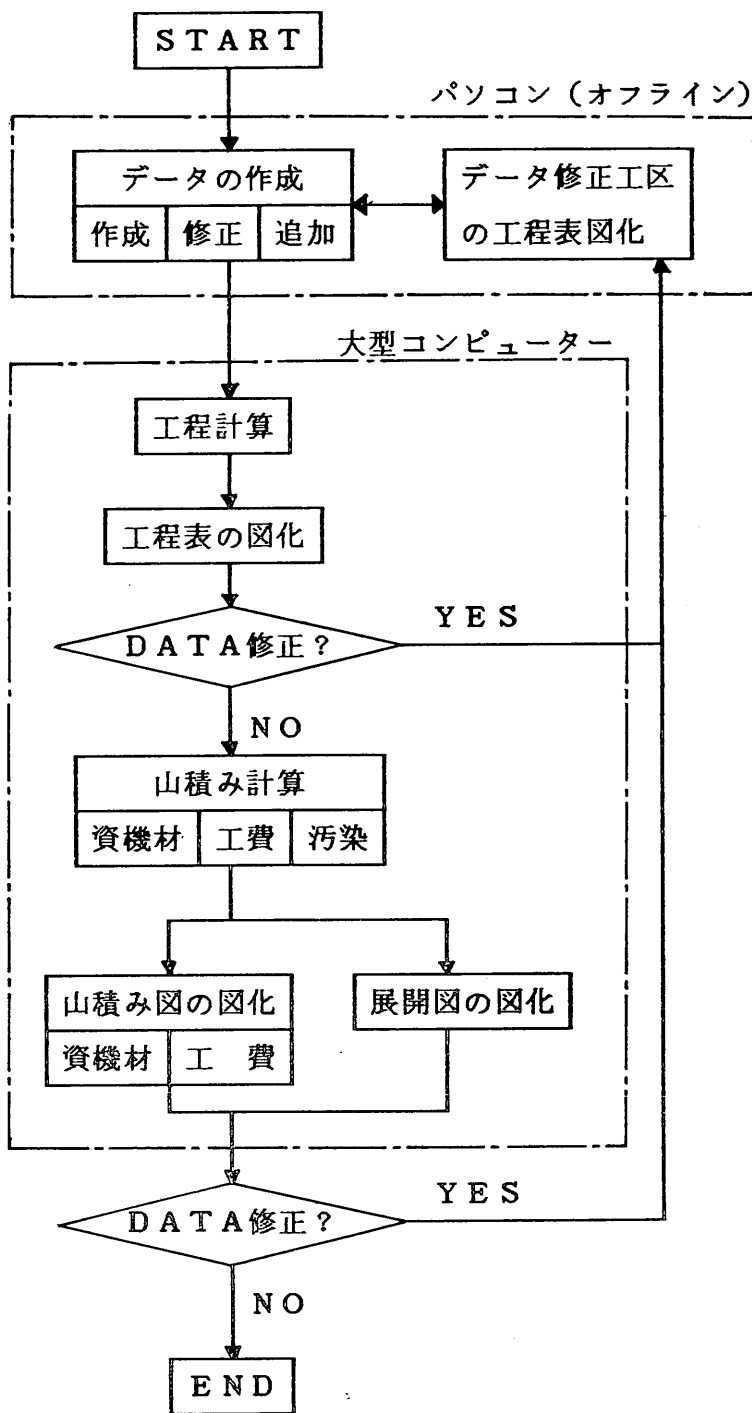


図-9 座標式工程表による工程計画手法の概念

るために利用される。山積み計算図化システムも、工程計算結果のファイルを介して、工程計算システムと連係される。

作業状況図作成システムは、任意時点における工事の進ちょく状況ならびに工種ごとの施工位置および使用資機材を図表に表示するシステムである。これは、任意時点における工事の進ちょく状況を平面的にわかりやすく把握するために用いられる。すなわち、任意時点において、いずれの工種が完了し、どの工種がどの程度進ちょくしているか、あるいは、どの位置にいかなる機械が使用されているか、などについて具体的に表現するものである。また、作業状況図から、施工位置と使用資機材を知ることにより、環境管理計画の作成にも利用される。すなわち、作業状況図から、汚濁(にがり)の発生地点およびその負荷量が得られる。

なお、本工程計画手法の一連の計算図化処理は、港湾技術研究所の大型電子計算機およびその端末装置、ならびに、パーソナル・コンピューターにより行う。入力データの作成には、大型電子計算機の端末装置をオフ・ラインでパーソナル・コンピューターとして使用する。他のシステムについては、大型電子計算機を使用し、図化は、端末のグラフィック・ディスプレイ装置により行う。また、一連のプログラムは、パーソナル・コンピューターでも処理可能であり、これは、単一工区ごとの検討に利用される。

### 3.2 工程計算システムおよび座標式工程表図化システム

本手法における工程計算は、前章で述べた座標式工程表の概念に基づいて、これを自動的に計算するようシステムの構築を行った。モデルの構築にあたって配慮し、新たに開発した点について、本節(1)~(4)において説明を行い、最後に工程計算モデル全体のフローと内容について説明する。

#### (1) 保安距離の概念の導入

本手法においては、各工種の所要日数は施工量と施工速度から計算される。これを工程として割り付ける場合、先行作業との競合を考慮しなければならない。すなわち、埋立設岸工事においては、当該工種の施工速度が速くても、先行作業を追い越して施工することはできず、先行作業の終了した部分しか施工できない。しかも、工事の安全性と確実性を確保するためには、先行作業との間に不可侵の領域を確保しながら作業を計画しなければならない。この不可侵領域、すなわち、相連続する作業の施工の安全性と確実性を確保するために必要な最小接近距離が保安距離である。

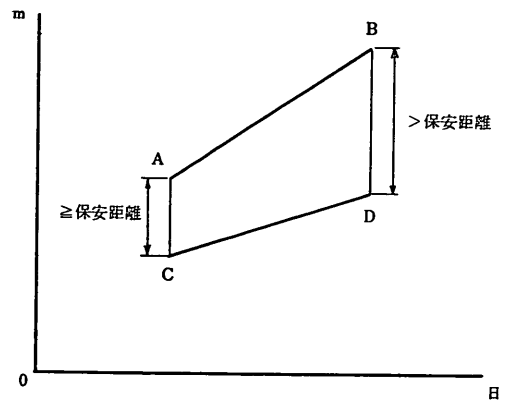
この保安距離は、以下のように工程計算モデルに取り込む(図-10参照)。

#### (a) 先行作業より施工速度が遅い場合

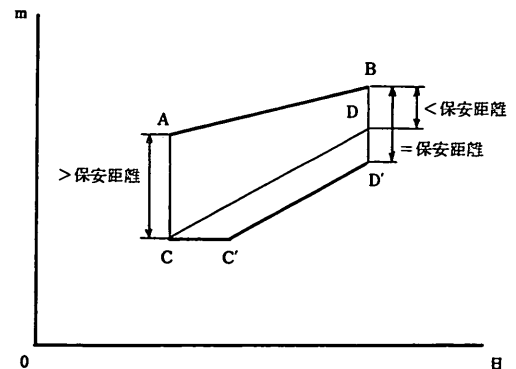
図-10(a)に示すように、先行作業より施工速度が遅い場合には、他に制約がない限り、保安距離が確保された時点(図中C)が当該工種の作業着手日となり、先行作業との間には常に保安距離以上の距離が確保されているはずであるから、そのまま工程が計画される。

#### (b) 先行作業より施工速度が速い場合

先行作業より施工速度が速い場合には、当該工種の日程をそのまま割り付けると、図-10(b)に示すように、ある時点で先行作業との距離が保安距離以下になる(図中BD)。この場合、BD'が保安距離に等しくなるようにD'を取り、D'からCDと同じ勾配で工程をさかのぼってCと同じ施工位置にあたるC'を求める。この結



(a) 施工速度が遅い場合



(b) 施工速度が速い場合

図-10 保安距離の導入概念図

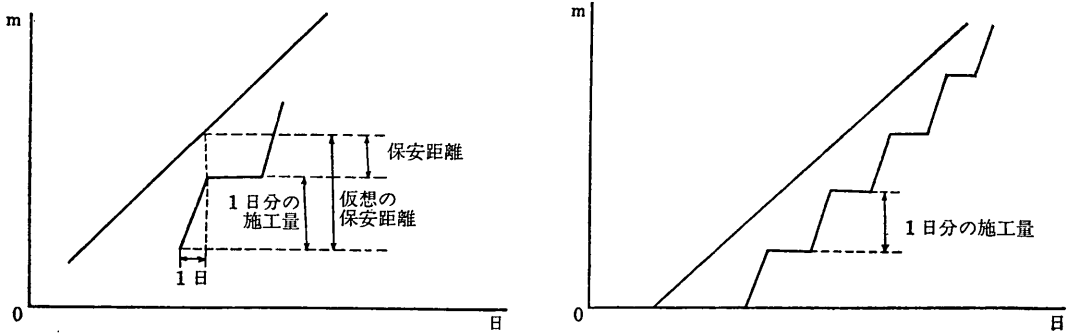


図-11 工程計算モデル (タイプ I')

果, CC'D が当該工種の工程となり, CC' は強制的な作業待ち時間となる。

(2) 工種の特性に応じた工程計算モデルの開発

護岸工事は種々の工種で構成され, 各工種には特有の施工特性をもっているものも少なくない。したがって, 合理的な工程計画を作成し, また, そのための工程計算を効率化するため, 以下に述べる7種類の工程計算モデルを開発した。

(a) タイプ I

これは, 本手法における基本的な計算モデルであり, 工種の施工量, 施工速度, 保安距離および作業開始日によって工程を計算するものである。したがって, ほとんどの工種についてこのモデルにより工程計算が可能である。

(b) タイプ I' (図-11)

これは, タイプ I の変形であり, ケーソンふたコンクリート工のように施工速度が極端に速い工種に適用する。すなわち, 施工速度が極端に速い場合には, タイプ I では保安距離さえ確保されれば一日分の施工量に満たなくても作業が割り付けられるが, これでは現実的でなく, この点を解決するために作られたモデルである。

タイプ I' では, 全施工量を一日分の施工量 (施工速度) で分割して施工回数をあらかじめ計算し, さらに, 保安距離に一日分の施工量を加えたものを仮定の保安距離と考えて, 一日分の施工量が確保されるまで強制的に待ちを生じるように工程を割りつけるものである。

(c) タイプ II (図-12)

これは, 均し工のように, 複数の船団が, それぞれの受け持ち分担を施工し, 船団ごと転船しつつ施工していくような工種に適用する。この場合, 先行作業との保安

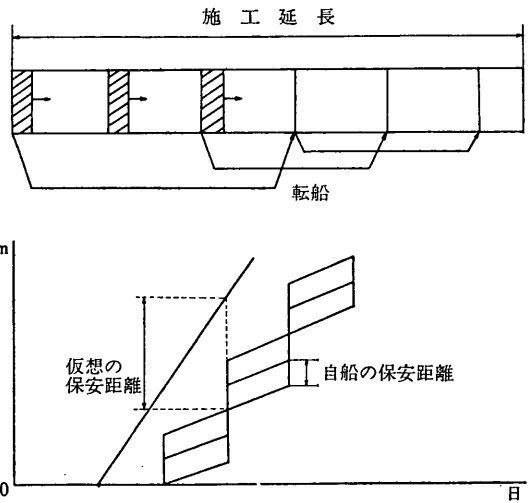


図-12 工程計算モデル (タイプ II)

距離の他に, 自工種内の船団間の保安距離を考え, この船団間の保安距離分を各船団が施工するものとし, 先行作業との保安距離に船団間の保安距離を加えたものを仮定の保安距離として, 工程を割り付けていく。

(d) タイプ II' (図-13)

これは, タイプ II の変形であり, DMM 工のように高価な機械を投入して施工される工種に適用される。すなわち, タイプ II の場合には, 最終的な転船の際に船団により施工量が異なり, 場合によっては, 不要な船団も生じてくる。しかし, 高価な機械の場合には, このような使い方は不経済となる場合がある。このため, 各船団の施工量を同一とし, また, 投入する船団数も当初から最後まで一定となるように計画する必要がある。このた



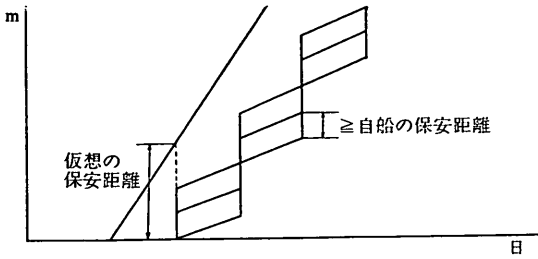


図-13 工程計算モデル (タイプII')

め、タイプII'では、(船団間の保安距離×船団数)で全施工量を除した値を上回らない最大の整数値を転船回数とし、あらためて全施工量を転船回数で除して1回分の施工量を求め、これを船団ごとに配分して船団ごとの施工量とする。したがって、船団ごとの1回分の施工量は、船団間の保安距離以上となる。さらに、工程の割り付けに際しては、先行作業との保安距離に1回分の施工量を加えたものを仮定の保安距離とする。

(e) タイプII'' (図-14)

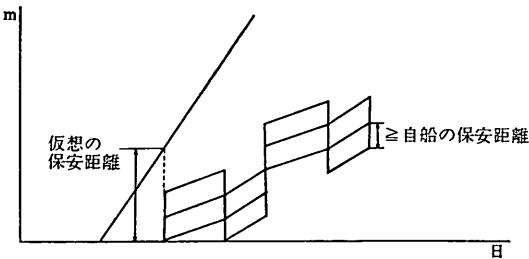


図-14 工程計算モデル (タイプII'')

これは、タイプII'の変形であり、1度施工した位置に戻って再び施工速度を変えて施工するような工種に適用される。例えば、SCP工において中央部と端部で地盤の改良率が異なるような場合である。この場合、中央部と端部では施工速度が異なり、同時に施工することが困難で、まず中央部を施工したのちに施工速度を変えて端部を施工することとなる。タイプII'は、この端部施工分を考慮したモデルである。

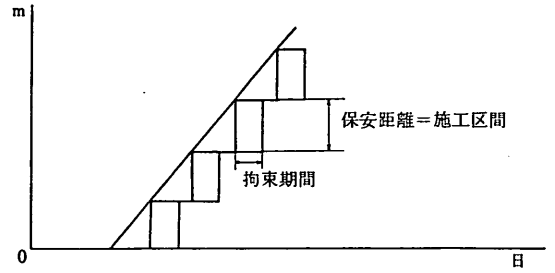


図-15 工程計算モデル (タイプIII)

(f) タイプIII (図-15)

これは、深淺測量のように、施工区域のある区間について一定期間当該区域を拘束し、これが連続的に移動していくような工種に適用される。この場合、一回の施工距離を保安距離と考え、これで全施工量を除して施工回数を求め、工程を割り付ける。

(g) タイプIV (図-16)

これは、地盤の沈下量などを測定するための計測器の設置工などのように、施工区域内のある地点についてのみ一定期間当該区域を拘束するような工種に適用される。この場合、当該工種の施工により影響を与える範囲を保安距離として考え、工程を割り付ける。

(3) 作業開始可能日の設定

ある工種の作業開始可能日は、保安距離の概念の導入により、原則的には自動的に設定される。しかし、大規模な工事の場合、工種構成の異なる複数の工区によって工事が構成され、それら工区間の工種ごとの関連を付けなければならない場合もある。また、使用機械の効率的な利用のために転用を考え、ある工種の作業開始日が制約される場合もある。したがって、これらに対応するため、作業開始可能日の設定に優先度を付け、日数指定、あるいは、関連する工区および工種の指定により、設定が可能ないようにした。ただし、このように設定された作

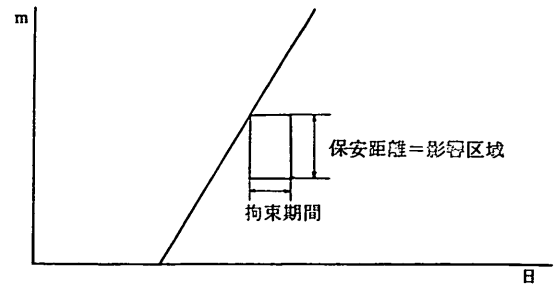


図-16 工程計算モデル (タイプIV)

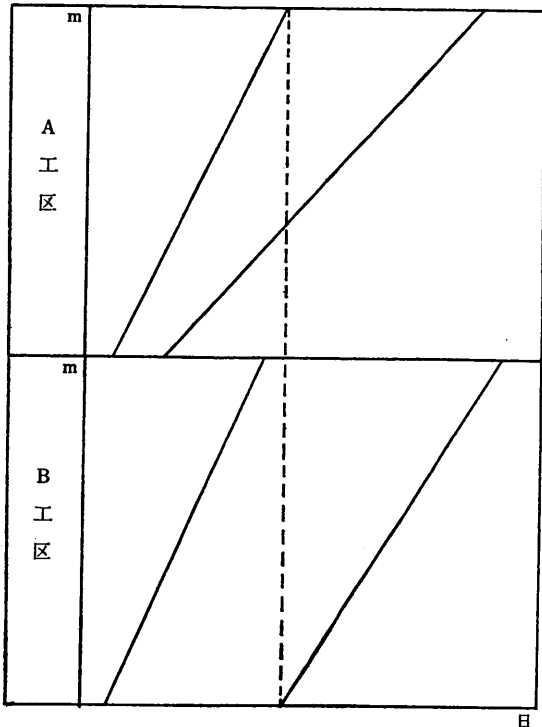


図-17 工区間の工種関連による作業開始可能日の設定

業開始日において保安距離が確保されていないことは当然である。

(4) 最早開始日と最遅開始日

他の制約により作業開始日が設定されない限り、保安距離から作業開始日が設定されることは前述のとおりであるが、これが最早開始日である。これに対し、図-7(b)および(c)に示すように、後に継続する作業を考えなければ、当該工種の工程を遅らせることなく、作業待ち時間を0にすることによって作業開始日を遅らせることができる。これが最遅開始日である。実際的な問題として、作業待ちが頻繁に発生することは合理的でない場合もあり、本手法では、最遅開始日も計算できるようにした。現実には、他工種への影響、すなわち、全体工期への影響や休止期間の妥当性を勘案して、最早開始日と最遅開始日の間で作業開始日を設定する。

(5) 工程計算システム

座標式工程表の基本的な概念、および、本節(1)~(4)に述べた効率的な工程計算のための配慮事項に基づいて、本手法の最も中心的な部分である工程計算プログラムを作成した。本プログラムのフローチャートは図-18に示すとおりであり、これに基づいて工程計算の流れを説明する。

① 初期値の設定

工程計算に先立って、工程計算に用いる変数、工程表の図化に用いる座標値情報などの初期化を行う。具体的には、すべての座標値、作業開始日、作業終了日および工区ごと工種ごとに設定される計算終了判定定数を0にし、工種ごと区分ごとに、工程表に表現するために必要な折線のポイント数を1に設定する。

② 季節変化日の設定

本手法では、大規模工事を前提としているため、工期が数年にわたることもありうる。この場合、工種によっては季節によって稼働率が大きく変動することが考えられるので、季節による施工速度の変化をモデルに取り組むこととし、季節が変わる日を設定することとした。

③ データの読み込みと書き込み

前述のように、端末装置を用いて作成され、パーマネントファイルに登録された入力データを読み込み、既に初期化された変数とともに、工区ごとにテンポラリーファイル（工区ごとデータファイル）に書き込む。本手法では端末機からの処理も可能にしているため、この場合、メモリーの制約からこのような処理が必要となる。バッチ処理の場合には、現在の大型電子計算機では工区ごとのデータの格納は不要である。

なお、詳細なデータ項目の説明およびその作成方法については後述する。

以上により、工程計算の準備は完了である。

④ 工程計算を行う工区の設定

第1番めの工区から順に工程計算を行う工区を設定する。

⑤ 工区データの読み込み

工程計算を行うべき工区の計算データを工区データファイルから読み込む。

⑥ 工程計算を行う工種の設定

④で設定された工区について、第1番めの工種から順に工程計算を行う工種を設定する。

⑦ 工程計算が終了した工種の判定

後述するように、ある工区、ある工種の工程を計算しようとした場合に、他工区の他工種と関連関係があり、その工程計算が終了しないと当該工種の工程計算ができない場合がある。この場合、当該工区の当該工種以降の工種については工程計算をスキップし、関連工区に計算が移行するので、再び当該工区に戻ったときに、計算が既に終了している工種を判定する必要がある。したがって、⑥で設定された工種について判定を行い、計算が終了していれば⑧に進み、終了していなければ⑨に進む。

⑧ 工程計算を行う工種の再設定

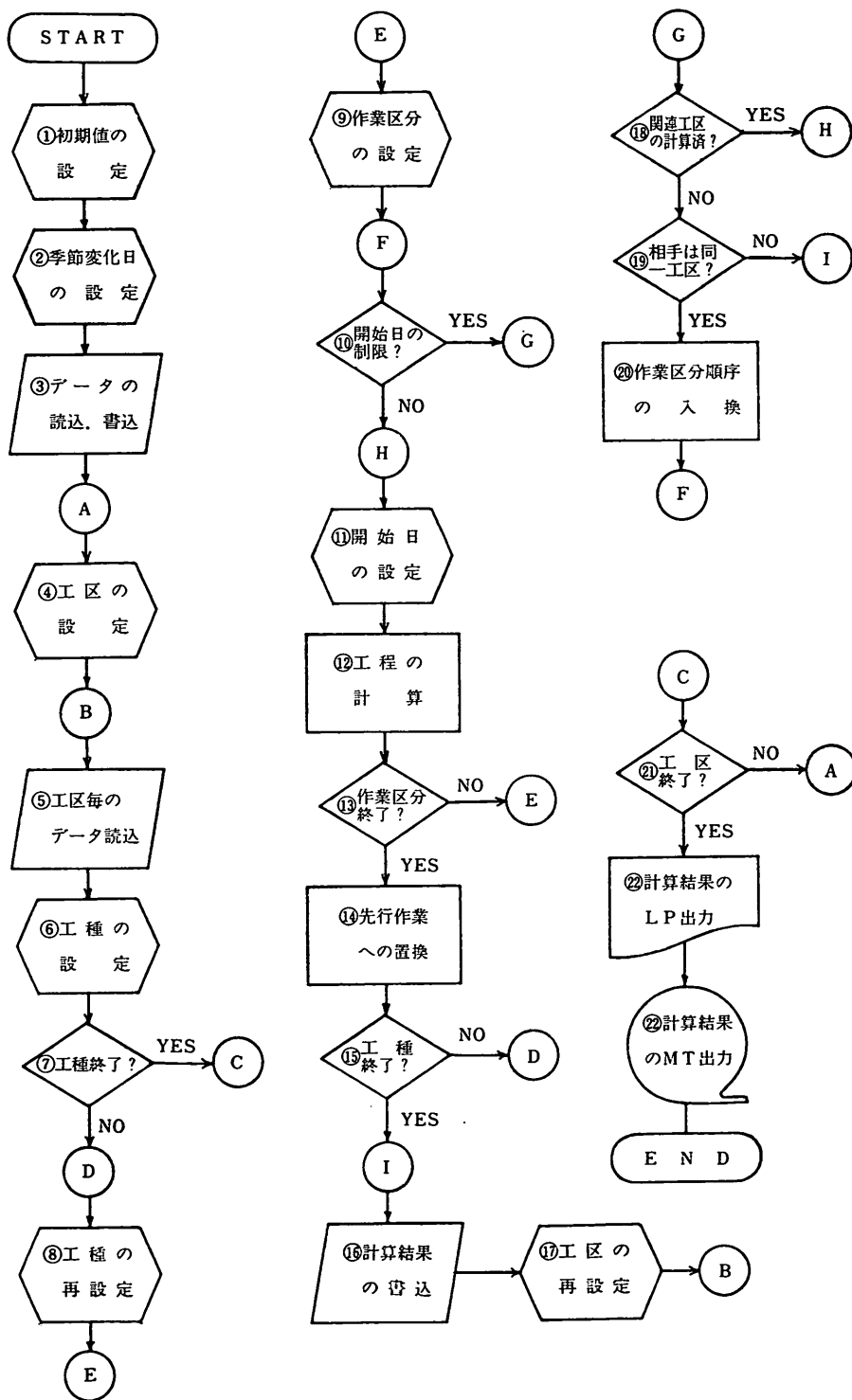


図-18 工程計算プログラムのフローチャート

⑦において工程計算が未了と判定された工種から順に工程計算を行う工種を改めて設定する。

⑨ 工程計算を行う作業区分の設定

⑧で設定された工種について、第1番めの作業区分から順に工程計算を行う作業区分を設定する。

⑩ 作業開始日の制限の判定

当該工区、工種、作業区分について、作業開始日を制限するような関連工区、工種、作業区分が指定されているか判定する。他との関連関係が指定されていないければ⑪に進み、指定されていれば⑩に進む。

⑪ 作業開始日の設定

作業開始日について、まったく制限がない場合には、先行作業に対して当該作業の保安距離が取れる日をもって作業開始日を設定する。

作業開始日が日数で指定されている場合には、その時点で保安距離が確保されているか判定し、確保されていれば、これを作業開始日として設定し、確保されていない場合は、保安距離が確保される日をもって作業開始日を設定する。

また、作業開始日の制限が関連工区、工種、作業区分で指定されている場合には、その終了日をもって作業開始日を設定する。

⑫ 工程の計算

工種の特性に応じて7種類の工程計算モデルの中から最も適当なモデルを選択し、日程の計算および工程の割り付けを行う。

⑬ 工程計算が終了した作業区分の判定

⑧で設定された工種について、すべての作業区分の工程計算が終了したか判定し、終了していなければ⑨に戻り、終了していれば⑭に進む。

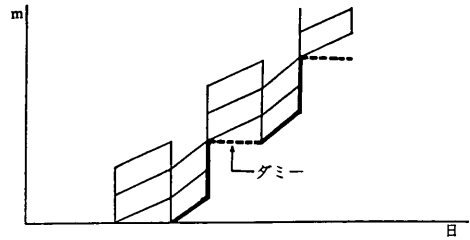
⑬ 先行作業への置き換え

工程計算が終了した工種について、次の工種の工程計算のための条件である先行作業として、座標値の置き換えを行う。

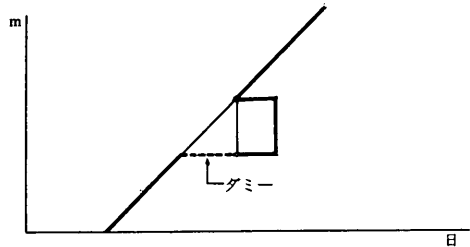
すなわち、工程計算モデルI、I'、II、II'およびIIIの場合には、計算結果としての座標値をそのまま先行作業の座標値として使えるが、工程計算モデルII''およびIVについては加工が必要である。

工程計算モデルII''の場合には、同一区域で再施工を行っているため、図-19(a)に示すように、ある作業区分における最初の施工の開始日と再施工の開始日にダミーの工程を考え、座標値の書き換えを行う。こうすることによって、最初の施工期間中に後続作業が当該区域に計画されることを防ぐことができる。

工程計算モデルIVの場合には、施工区域について拘束



(a) 工程計算モデルII'の場合



(b) 工程計算モデルIVの場合

図-19 先行作業の置き換え

期間のみ制約条件となるので、施工区域以外についてはその前の作業を先行作業として置き換える必要がある(図-19(b))。

⑮ 工程計算が終了した工種の判定

設定された工区について、すべての工種の工程計算が終了したか判定し、終了していなければ⑨に戻り、終了していれば⑯に進む。

⑯ 計算結果の書き込み

工程計算が終了した工区の計算結果を工区データファイルに書き込む。

⑰ 工程計算を行う工区の再設定

工程計算が終了した工区の次工区、あるいは、工種関連の判定で指定された工区を工程計算を行う工区として設定し、⑤に戻る。

⑱ 関連工区における工程計算終了の判定

⑩において関連工種として指定された相手工区、工種、作業区分の工程計算が終了しているか判定し、終了していれば⑪に戻り、終了していなければ⑩に進む。

⑱ 相手工区の判定

⑩において関連工種として指定された相手作業が同一工区か他工区か判定し、同一工区ならば⑯に進み、他工区ならば⑱に戻る。

⑳ 作業区分の施工順序の入れ換え

座標式工程表による工程計画手法の開発

⑩において指定された同一工区，同一工種の作業区分ごとの施工順序を入れ換え，再び⑩に戻る。

⑫ 工程計算が終了した工区の判定  
すべての工区について工程計算が終了しているか判定

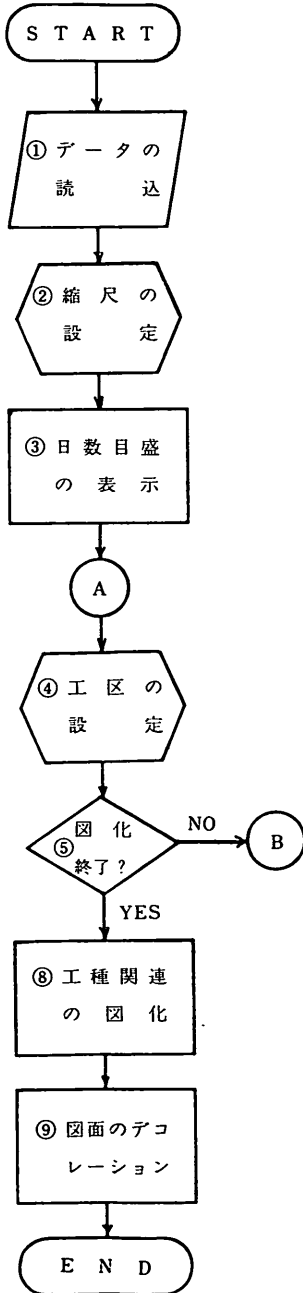


図-20 工程表図化プログラムのフローチャート

し，終了していれば⑫に進み，終了していなければ④に戻る。

⑫ 計算結果のLP出力

各工区，工種の座標値をライン・プリンター装置に出力する。

⑬ 計算結果のMT出力

各工区，工種の計算結果をパーマメントファイルに出力する。このデータファイルは，工程表の図化，山積み計算および作業状況図（展開図）の作成に利用される。

(6) 座標式工程表図化システム

座標式工程表の図化プログラムは図-20に示すとおりである。

なお，工程表の図化は，グラフィック・ディスプレイ装置およびドラフター装置のいずれでも可能であるが，プログラム上若干の相違があるので，その都度説明を補足することとする。

① 図化データの読み込み

各工区，工種ごとの座標値ほか図化に必要なデータをデータファイルから読み込む。

② 図化縮尺の設定

工程表の縦軸（施工量）および横軸（日数）の図化縮尺を設定する。ここで，グラフィック・ディスプレイ装置により図化する場合には，キーボードから所要の縮尺を入力し，ドラフターにより図化する場合には，プログラム上で設定する。

③ 日数目盛の表示

②で設定された縮尺に基づいて，日数目盛を図に表示する。

④ 図化工区の設定

工程表を図化すべき工区を設定する。

⑤ 図化終了の判定

図化処理を終了するか判定し，終了ならば⑧に進み，終了でなければ⑥に進む。

⑥ 外枠の図化

④で設定された工区について，工程表の外枠を図化する。

⑦ 工種ごとの工程の図化

設定された工区について，すべての工種の工程を図化し，終了したならば④に戻る。

⑧ 工種関連の図化

他工区の工種との間に開始日指定の関連があるものについて，両工種間の関連性を示す点線を描く。

⑨ デコレーション

最後に，施工量の日盛，工区番号などの図面上のデコレーションを行う。

### 3.3 山積み計算図化システム

#### (1) 山積み計算の基本的概念

工事に使用される資機材の山積み計算を行う目的は、資機材の使用量およびその変動を把握し、資機材の供給計画あるいは運用管理計画に役立てるとともに、資機材の供給面の視点から工程計画の妥当性を検証することにある。したがって、山積み計算の結果、資源必要量が供

給可能量を上回るような場合には、工程計画の見直しが必要である。

本手法における山積み計算の概念を図-21に示す。

山積みを行おうとする資源（資材あるいは機械）を使用している工種の工程を(a)図のように仮定する。当該資源の使用原単位は工種ごとに依存し、同一工種については施工速度にかかわらず一定であると仮定する。したがって、工種ごとの1日あたりの資源使用量は、資源の使用原単位と施工速度との積で表される。工種ごとに施工速度が同じ区域ごとに日程を分割する。工種Aの第*i*区分の1日あたりの資源使用量を $Q_{Ai}$ と表し、第*i*区分の開始日に資源使用量 $+Q_{Ai}$ を与え、また終了日に資源使用量 $-Q_{Ai}$ を与える。これをすべての工種、区分について行い、(b)図を得る。(b)図に基づいて資源使用量の山積

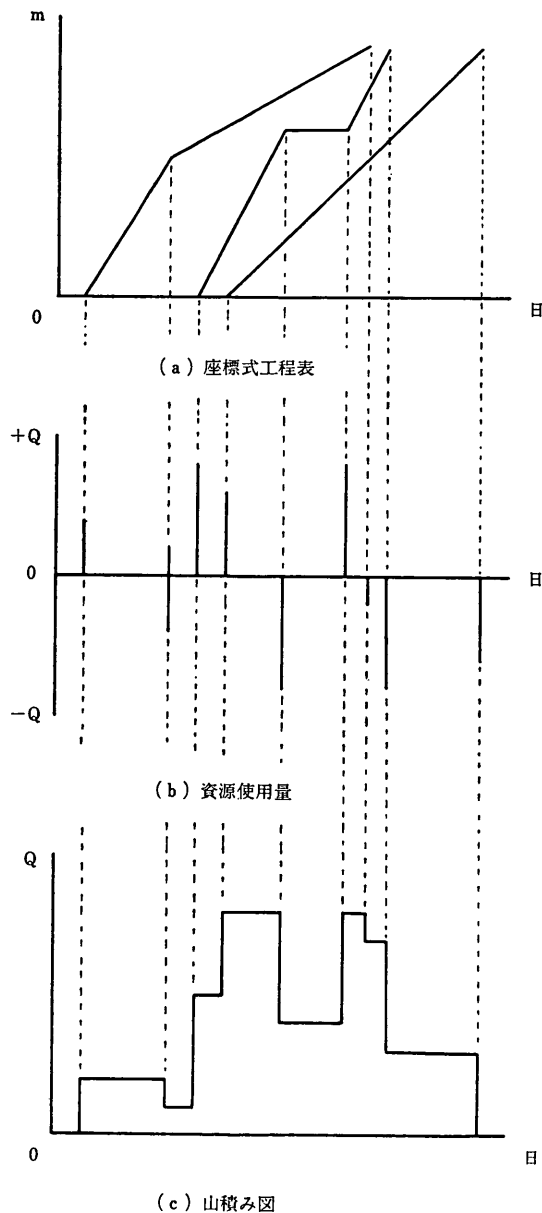


図-21 山積み計算の概念

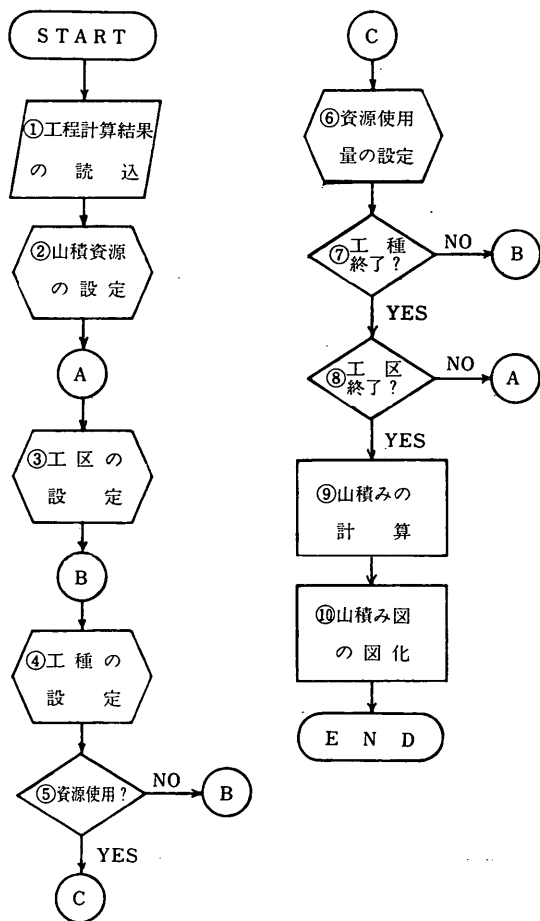


図-22 山積み計算および図化プログラムのフローチャート

みを行うが、この場合、資源使用量の変化する日に着目し、変化があるまではそれ以前の最も身近な日に設定された資源量が使用されるものとして、第1日から山積みを行えば(c)図のような山積み図を得る。

## (2) 山積み計算および山積み図の作成

山積み計算および山積み図の図化のプログラムは、図-22に示すとおりである。

### ① 計算データの読み込み

工程計算結果および工種ごとの資源使用量単位をデータファイルから読み込む。

### ② 山積みを行う資源の設定

山積み計算および山積み図の作成を行う資源を設定する。資源を設定しない場合には処理を終了する。

### ③ 山積みを行う対象工区の設定

山積み計算および山積み図の作成の対象とする工区を設定する。工区の設定は、単一工区、複数工区のいずれでも可能であり、複数工区を設定した場合には④から⑦のステップを設定したすべての工区について繰り返す。

### ④ 工種の設定

③で設定された工区について、第1番めの工種から順に工種を設定する。

### ⑤ 資源使用の判定

④で設定された工種について、②で設定された資源が使用されているか判定し、使用されていれば⑥に進み、使用されていなければ④に戻る。ただし、すべての工種について判定が終了していれば⑨に進む。

### ⑥ 資源使用量の設定

②で設定された資源が使用されている工種について、作業着手日から順に施工速度が同一な区間ごとに日程を分割し、その区間の初日に⊕の資源使用量を与え、最終日に⊖の資源使用量を与える。なお、資源使用量は、資源使用原単位と施工速度の積として設定する。

### ⑦ 設定工種の判定

③で設定された工区について、すべての工種の設定が終了したか判定し、終了していれば⑧に進み、終了していなければ④に戻る。

### ⑧ 設定工区の判定

③で設定された工区のすべてについて資源使用量の設定が終了しているか判定し、終了していれば⑨に進み、終了していなければ③に戻る。

### ⑨ 山積み計算

⑥で設定された資源使用量を工事開始日から累積することにより、山積み計算を行う。

### ⑩ 山積み図の作成

山積み計算結果から、グラフィック・ディスプレイ装

置により、山積み図の作成を行う。

## (3) 山積み計算手法の応用

本手法においては、山積み計算手法に改良を加え、資源使用量のみならず、汚濁負荷量あるいは工費などの山積み計算も可能な手法としている。ただし、山積み計算が可能なものは、資源使用量と比例関係にあるものに限られる。したがって、工費に関して言えば、資源量の多寡による影響を受けない固定経費は対象とはならない。

山積み計算の具体的方法としては、前項の⑨と⑩の間に、原単位の設定というステップを付加している。すなわち、この原単位として1を設定すればそのまま資源の山積み図が作成され、原単位として資源単位使用量あたりの汚濁負荷量あるいは費用を設定すれば、それぞれの山積み図が作成される。

## 3.4 作業状況図作成システム

### (1) 作業状況図の基本的概念

本工程計画手法により計画された工程を管理するに際して、他の工種と比較しながら、ある工種についてその進ちょく度を把握し、また、使用資源の運用管理の面から、任意の時点において、それぞれの工種の施工位置を知ることが重要である。座標式工程表は、これに対応できる方法として採用したが、より見やすく表示するために、任意時点における作業状況図を作成することとした。

また、作業状況図と合わせて、任意の時点における工種ごとの施工位置と使用資機材を表示することとした。これは、工事に伴う環境への影響の評価に利用される。すなわち、作業状況図および汚濁の山積み図から、汚濁(にがり)の発生地点(施工位置)および汚濁負荷量が得られる。

作業状況図は、設定された時点における工種ごとの施工量およびその位置を、図-23に示すようにバーチャートで表示する。

### (2) 作業状況図の作成手法

作業状況図の作成プログラムのフローチャートは、図-24に示すとおりである。

#### ① 工種コードデータの読み込み

データファイルから工事を構成する工種のコード番号および名称のデータを読み込む。

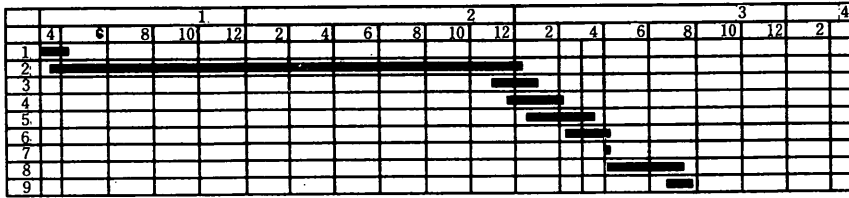
#### ② 工区の設定

作業状況図を作成する工区を設定する。

#### ③ 図化縮尺の設定

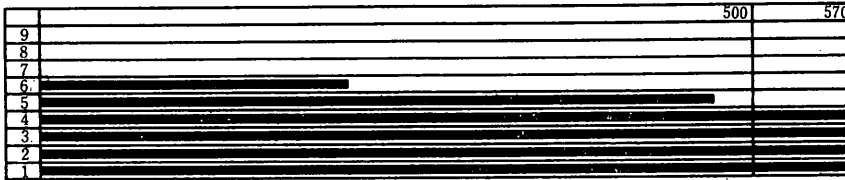
他工区との比較を行うため、図の縮尺を統一するように設定する。単一工区のみを図化を行う場合には、縮尺

A-1工区の工程バーチャート



- 1 敷砂
- 2 D.M.M
- 3 床掘
- 4 基礎捨石
- 5 本均し
- 6 ケーソン据付
- 7 蓋コンクリート
- 8 裏込石
- 9 上部コンクリート

3年4月1日の施工状況



- 9 上部コンクリート
- 8 裏込石
- 7 蓋コンクリート
- 6 ケーソン据付
- 5 本均し
- 4 基礎捨石
- 3 床掘
- 2 D.M.M
- 1 敷砂

図-23 作業状況図の例

の設定を省略することにより、ディスプレイ装置の画面制約の範囲内で最大の図を表示する。

④ 計算結果データの読み込み

工程計算結果を格納したデータファイルから設定された工区のデータを読み込む。

⑤ 時点の設定

作業状況図の作成が必要な時点を設定する。

⑥ 作業状況図の枠取り

作業状況図のフレームを図化する。

⑦ 工種の設定

第1工種から順に工種を設定する。

⑧ 作業区分の設定

⑦で設定された工に種ついて、第1作業区分から順に作業区分を設定する。

⑨ 作業終了日の判定

⑧で設定された作業区分の作業終了日が⑤で設定された日より大きいか判定し、大きければ⑩に進み、小さいか等しければ⑭に進む。

⑩ 作業開始日の判定

⑧で設定された作業区分の作業開始日が⑤で設定された日より大きいか判定し、大きければ⑩に進み、小さいか等しければ⑮に進む。

⑪ ポイントの設定

⑧で設定された作業区分について、作業開始日から順にポイントを設定する。

⑫ ポイント日数の判定

⑪で設定されたポイントの日数が⑤で設定された日より大きいか判定し、大きければ⑬に進み、小さいか等しければ⑯に進む。

⑬ 船団数の設定船団数を1から順に設定する。

⑭ 施工位置の計算

⑤で設定された日における施工位置を⑬で設定された船団について計算する。

⑮ バーチャート図化

⑭の計算結果をバーチャートで図化する。

⑯ 船団数の判定

すべての船団数について、計算および図化したか判定し、終了していれば⑰に進み、終了していなければ⑱に戻る。

⑰ ポイント数の判定

すべてのポイントについて、ポイント日数の比較をしたか判定し、終了していれば⑰に進み、終了していなければ⑱に戻る。

⑱ 作業区分終了の判定



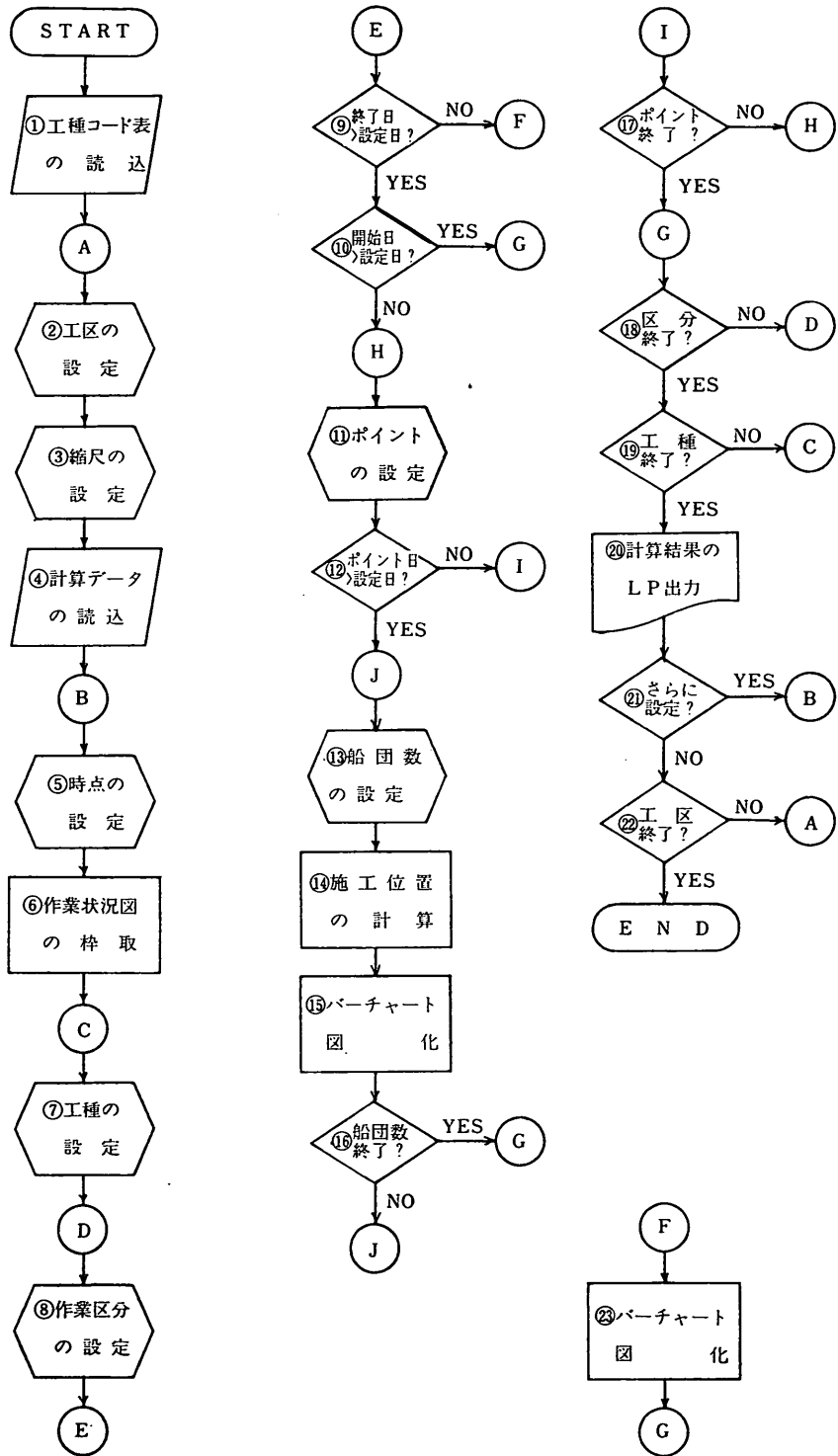


図-24 作業状況図作成プログラムのフローチャート

⑦で設定された工種について、すべての作業区分の計算が終了したか判定し、終了していれば⑩に進み、終了していなければ⑧に戻る。

⑩ 工種終了の判定

すべての工種について計算が終了したか判定し、終了していれば⑩に進み、終了していなければ⑦に戻る。

⑪ 計算結果のLP出力

設定日における工種ごとの施工位置の計算結果を、ラインプリンター装置に出力する。

⑫ 時点設定終了の判定

他の時点について、作業状況図の作成が必要か判定し、必要であれば⑥に戻り、必要なければ⑫に進む。

⑬ 工区終了の判定

他の工区について、作業状況図の作成が必要か判定し、必要であれば②に戻り、必要なければ処理を終了する。

⑭ パーチャート図化

施工延長すべてについて作業を完了しているのを、全施工量についてパーチャートで図化し、⑬に進む。

3.5 入力データ作成システム

(1) 工程計算に用いる入力データ

① 工事開始日

工事を開始する年月日を5桁の整数値で与える。例えば、10405であれば、1年めの4月5日を示し、最初の1桁が年、次の2桁が月、下2桁が日を表す。

② 工区数

工事を構成する工区の数であり、本手法で許容される最大値は10工区である。

③ 工区名

工区を識別するために各工区に付けられる名称である。

④ 施工量

工区ごとの施工量であり、護岸工事の場合には、護岸延長として与えられる。

⑤ 工種数

工区ごとの工事を構成する工種の数であり、最大値は15工種である。

なお、③～⑤のデータは工区ごとに設定される。

⑥ 工種コード

工事を構成する工種のコード番号であり、工種コード表は、工程計算とは別途に作成する。

⑦ 工程計算モデル番号

工程計算モデルを識別するための番号で、前述のように7種類のモデルがある。

⑧ 作業区分数

工期の短縮化を図るため、工種を幾つもの作業区分に分割する場合の分割数であり、最大値は15区分である。

⑨ 保安距離

先行作業との保安距離である。

⑩ 船団間の保安距離

自工種内の船団間の保安距離であり、工程計算モデルⅡ、Ⅱ'およびⅡ''を選択した場合のみ設定が必要である。

⑪ 計測器による施工速度低減率

工事区域内に計測器を設置した場合に、工種により計測器の設置区域において施工速度を低減させるならば、その低減率を設定する。ただし、これは工程計算モデルⅠ、Ⅱ、Ⅱ'およびⅡ''についてのみ考慮する。

⑫ 季節による施工速度変化率

季節ごとの稼働率の変動を考慮するため、季節ごとに変化率をもたせ、実稼働日の施工速度に変化率を乗じて、季節ごとの施工速度としている。

なお、⑥～⑩のデータは、工種ごとに設定される。

⑬ 船団数

複数の船団により施工する場合、すなわち、工程計算モデルⅡ、Ⅱ'およびⅡ''を選択した場合に設定される投入船団の数である。なお、工程計算モデルⅢの場合には、施工期間を設定する。

⑭ 施工速度

1日あたりの施工量を設定する。なお、工程計算モデルⅢの場合には1回分の施工量を、Ⅳの場合には拘束期間を設定する。

⑮ 再施工速度

工程計算モデルⅡ''の場合のみ設定が必要である。

⑯ 最早最遅判定定数

工程の割り付けを最早開始とするか最遅開始とするかの判定を行うための定数であり、最早ならば0、最遅ならば1を設定する。

⑰ 作業開始日の制限

当該工種の作業開始日の制限を設定するもので、開始日で設定するか、あるいは、関連工区、工種、作業区分の番号を設定する。なお、0を設定すれば、最早開始となる。

⑱ 開始距離

当該作業区分の作業開始位置を距離で表す。

⑲ 準備期間

作業開始に要する準備期間である。

⑳ 終了距離

当該作業区分の作業終了位置を距離で表す。

㉑ 片付け期間

作業終了後、片付けに要する期間である。

なお、⑬～⑳のデータは、工種ごと作業区分ごとに設定される。

(2) 座標式工程表の図化に用いるデータ

座標式工程表の図化に用いるデータとしては、工程計算結果のほか、以下のとおりである。

① 図化縮尺

縦軸および横軸の縮尺である。

② 工区番号

工程表の図化を行うべき工区の番号である。

(3) 山積み計算および図化に用いるデータ

山積み計算および山積み図の図化に用いるデータとしては、工程計算結果のほか、以下のとおりである。

① 工区番号

山積み計算を行うべき工区の番号である。

② 資材コード

工事に使用する資材のコード番号であり、コード番号および名称は別途作成し、ファイルに登録する。

③ 資材使用原単位

②の資材コードごとの $m$ あたりの資材使用量である。

なお、②および③は工種ごとに設定される。

④ 船舶・機械コード

工事に使用する船舶、機械のコード番号であり、コード番号および名称は別途作成し、ファイルに登録する。

⑤ 船舶・機械使用原単位

④の船舶・機械コードごとの1日あたり使用量である。

なお、④および⑤は工種ごと、作業区分ごとに設定される。

⑥ 山積み原単位

山積み原単位とは、資機材の山積みから他の山積みを行う場合に設定されるもので、1を設定すればそのまま資機材の山積みとなり、他の山積みを行う場合には、資機材単位量あたりの原単位を設定する。

(4) 作業状況図の作成に用いるデータ

作業状況の作成に用いるデータとしては、工程計算結果のほか、以下のとおりである。

① 工区番号

作業状況図の作成を行うべき工区の番号である。

② 施工日

作業状況図の作成を行うべき日であり、年月日を5桁の整数で与える。

(5) 入力データの作成

本節(1)項から(4)項において、工程計画に用いるデータの説明を行ったが、これらのうち、本手法適用に先立っ

て準備し、データファイルに登録しておかなければならないデータは、

① 工程計算に用いるデータ

② 工種コード表

③ 資材コード表

④ 資材使用原単位

⑤ 船舶・機械コード表

⑥ 船舶・機械使用原単位

である。

これらのデータの作成については、データ量も多く、煩雑な作業となるため、確実にできるだけ簡便に行えることが必要である。また、本手法が有効に活用されるためには、計画実務者が直接にデータを作成できることも必要であろう。このため、データ作成に際しては、パーソナル・コンピューターを用いて対話式に行うようにした。

また、上記以外のデータについては、計算を行う際にキーボードから直接タイプ入力することとしている。

#### 4. ケース・スタディー

本章においては、関西新国際空港プロジェクトの検討段階の一試案をモデル工事として選択し、本手法の適用を行い、座標式工程表の例を示すとともに、適用性の評価を行う。したがって、モデル工事については、現実に検討が進められているものではないことを断っておく。

##### 4.1 モデル工事の概要

本手法の適用を行ったモデル工事の全体計画平面図を図-25に示し、工事の構成を表-2に示す。ここで、A工区については、工種構成は同じであるが、施工速度の遅いDMM工を地盤改良工として採用しているため、便宜上A-1～A-7に細分している。

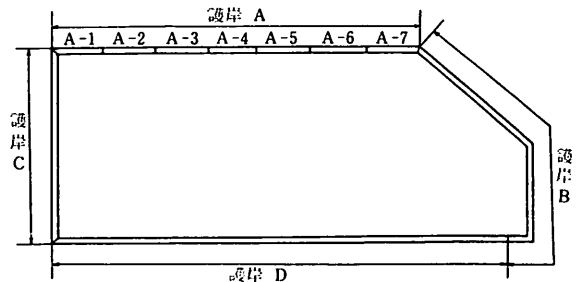


図-25 モデル工事計画平面図

表-2 工事の構成

工事	工区	A	B	C	D
地盤改良工		DMM	SCP	SD	SD
基礎工		捨石基礎	捨石基礎	捨石基礎	捨石基礎
本体工		ケーソン	セル	傾斜堤	傾斜堤
上部工		上部コンクリート	上部コンクリート	上部コンクリート	上部コンクリート
護岸延長 (m)		3,990	2,748	1,657	4,990

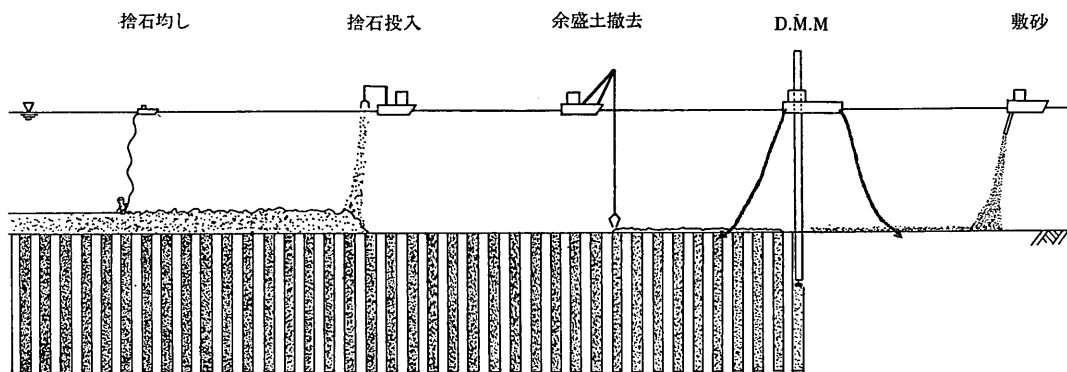


図-26 工事の概念図

なお、図-26 に工事の流れのイメージを示す。

4.2 入力データ

表-3に各工区の名称および護岸延長を示し、表-4に各工区の工程計算データを示す。

表-3 施工量一覧表

番号	工区名	護岸延長 (m)
1	A-1	570
2	A-2	570
3	A-3	570
4	A-4	570
5	A-5	570
6	A-6	570
7	A-7	570
8	B	2,748
9	C	1,657
10	D	4,990

4.3 計算結果および評価

本報告では、座標式工程表、山積み図および作業状況図の出力例として、パーソナル・コンピューターのグラフィック・ディスプレイ装置に出力したものを掲載した。これは、工程計算の検証用に用いるものであるが、カラーで表示でき、また漢字出力が容易など、図面のデコレーションが容易であるので見やすいため、これを掲載することとした。

(1) 座標式工程表

座標式工程表の出力結果を、図-27(a)~(d)に示す。ここで、護岸Aについては、A-1工区からA-7工区まで、護岸延長も工種構成も同一であるので、A-1工区についてのみ示した。

A-1工区については、工期が2年5か月程度であるが、図からも明らかのように、DMM工が工期を左右しており、DMM船をさらに投入できれば工期は短縮可能であり、また、地盤改良工を他の工法にすることによっても工期を短縮できる。

B工区については、工期が2年程度となる。図中、SCP工が平行四辺形になっているのは、7船団で併行的に作業していることを示す。工期を短縮するために

表-4 工区毎の工程計算データ

(a) A-1 工区

工種 No.	工 種 名	工 種 コード	計 算 Type	区 分 数	保安距離 (m)	自船の保安距離 (m)	計測器設置による低減率	季節による低減率	船団数	施工速度 (m/day)	再施工度	あとづめするか	開始日の指定	距 離		準備・片付け期間
														開 始	終 了	
1	敷 砂	1	1	1	0	0	1	1	1	15	—	NO	0	0	570	なし
2	D M M	2	1	1	200	0	1	1	1	0.9	—	NO	0	0	570	なし
3	床 堀	5	1	1	200	0	1	1	1	9.5	—	YES	0	0	570	なし
4	基礎 捨 石	6	1	1	200	0	1	1	1	7.6	—	YES	0	0	570	なし
5	本 均 し	8	1	1	200	0	1	1	1	6.3	—	NO	0	0	570	なし
6	ケーソン掘付	11	1	1	200	0	1	1	1	10	—	YES	0	0	570	なし
7	ふたコンクリート	14	1	1	200	0	1	1	1	100	—	YES	0	0	570	なし
8	裏 込 め 石	30	1	1	200	0	1	1	1	5.7	—	NO	0	0	570	なし
9	上部コンクリート	19	1	1	200	0	1	1	1	17.9	—	YES	0	0	570	なし

(b) B 工 区

工種 No.	工 種 名	工 種 コード	計 算 Type	区 分 数	保安距離 (m)	自船の保安距離 (m)	計測器設置による低減率	季節による低減率	船団数	施工速度 (m/day)	再施工度	あとづめするか	開始日の指定	距 離		準備・片付け期間
														開 始	終 了	
1	敷 砂	1	1	3	0	0	1	1	1	38.2	—	NO	0	0	915	なし
2	S C P	3	2	2	200	100	1	1	7	0.62	—	NO	10501	1,832	2,748	なし
3	セル組立打設	13	1	1	200	0	1	1	1	15.3	—	YES	0	0	2,748	なし
4	捨 石	7	1	1	200	0	1	1	1	10.2	—	NO	0	0	2,748	なし
5	捨 石 均 し	9	1	1	200	0	1	1	1	10.2	—	NO	0	0	2,748	なし
6	裏 込 め 石	30	1	1	200	0	1	1	1	10.2	—	NO	0	0	2,748	なし
7	上部コンクリート	19	1	1	200	0	1	1	1	15.3	—	YES	0	0	2,748	なし

(c) C 工 区

工種 No.	工 種 名	工 種 コード	計 算 Type	区 分 数	保 安 距 離 (m)	自 船 の 保 安 距 離 (m)	計 測 器 設 置 に よ る 低 減 率	季 節 に よ る 低 減 率	船 団 数	施 工 速 度 (m/day)	再 施 工 速 度	あ と つ め す る か	開 始 日 の 指 定	距 離		進 船 ・ 片 付 け 期 間
														開 始	終 了	
1	敷 砂	1	1	1	0	0	1	1	1	14.5	—	NO	0	0	1,657	なし
2	S D	4	2	3	200	100	1	1	4	2.5	—	NO	0	0	552	なし
3	盛 砂	15	1	1	200	0	1	1	1	2.5	—	NO	0	0	552	なし
4	捨 石	7	1	3	200	0	1	1	1	5.3	—	NO	11001	0	552	なし
5	捨 石 (No.2)	17	1	3	200	0	1	1	1	5.3	—	NO	区分2	0	552	なし
6	上部コンクリート	19	1	1	200	0	1	1	1	5.3	—	YES	区分2	0	552	なし
7	均 し	9	1	1	200	0	1	1	1	5.5	—	NO	0	0	1,657	なし
8	消波ブロック	29	1	1	200	0	1	1	1	6.1	—	YES	0	0	1,657	なし

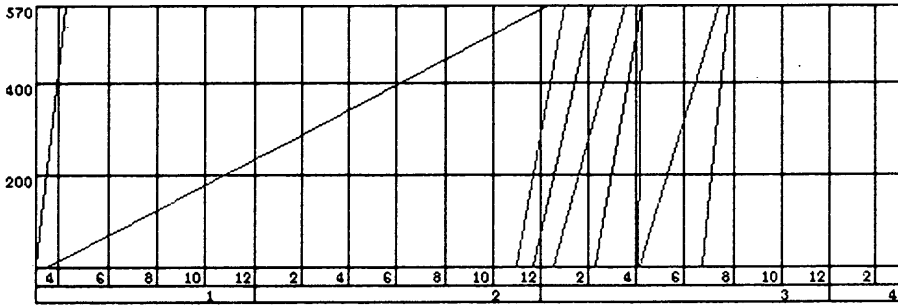
陸揚げ工事表による工事計画手法の調整

(d) D 工 区

工種 No.	工 種 名	工 種 コード	計 算 Type	区 分 数	保安距離 (m)	自船の保安距離 (m)	計測器設置による 低減率	季節による 低減率	船団数	施工速度 (m/day)	再施工 速度	あとづめ するか	開始日 の指定	距 離		準備・片 付け期間
														開 始	終 了	
1	敷	1	1	4	0	0	1	1	1	13.9	—	NO	区分2	0	1,248	なし
										13.9	—		0	1,248	2,495	なし
										13.9	—		20701	2,495	3,743	なし
										13.9	—		区分3	3,743	4,990	なし
2	S	4	2	4	200	100	1	1	5	2.1	—	NO	0	0	1,248	なし
										1.2	—		0	1,248	2,495	なし
										2.1	—		0	2,495	3,743	なし
										2.1	—		0	3,743	4,990	なし
3	盛	15	4	3	200	100	1	1	2	5.4	—	YES	0	0	1,248	なし
										5.4	—		0	1,248	2,495	なし
										5.4	—		0	2,495	4,990	なし
4	捨	7	1	3	200	0	1	1	1	10.7	—	YES	0	0	1,248	なし
										10.7	—		0	1,248	2,495	なし
										10.7	—		0	2,495	4,990	なし
5	盛	16	1	3	200	0	1	1	1	10.7	—	NO	0	0	1,248	なし
										10.7	—		0	1,248	2,495	なし
										10.7	—		0	2,495	4,990	なし
6	捨	17	1	3	200	0	1	1	1	10.4	—	NO	0	0	1,248	なし
										10.4	—		0	1,248	2,495	なし
										10.4	—		0	2,495	4,990	なし
7	上部コンクリート	19	1	3	200	0	1	1	1	11.9	—	YES	0	0	1,248	なし
										11.9	—		0	1,248	2,495	なし
										11.9	—		0	2,495	4,990	なし
8	均	9	1	3	200	0	1	1	1	11.9	—	NO	0	0	1,248	なし
										11.9	—		0	1,248	2,495	なし
										11.9	—		0	2,495	4,990	なし
9	被	25	1	3	200	0	1	1	1	11.9	—	NO	0	0	1,248	なし
										11.9	—		0	1,248	2,495	なし
										11.9	—		0	2,495	4,990	なし

A-1 工区

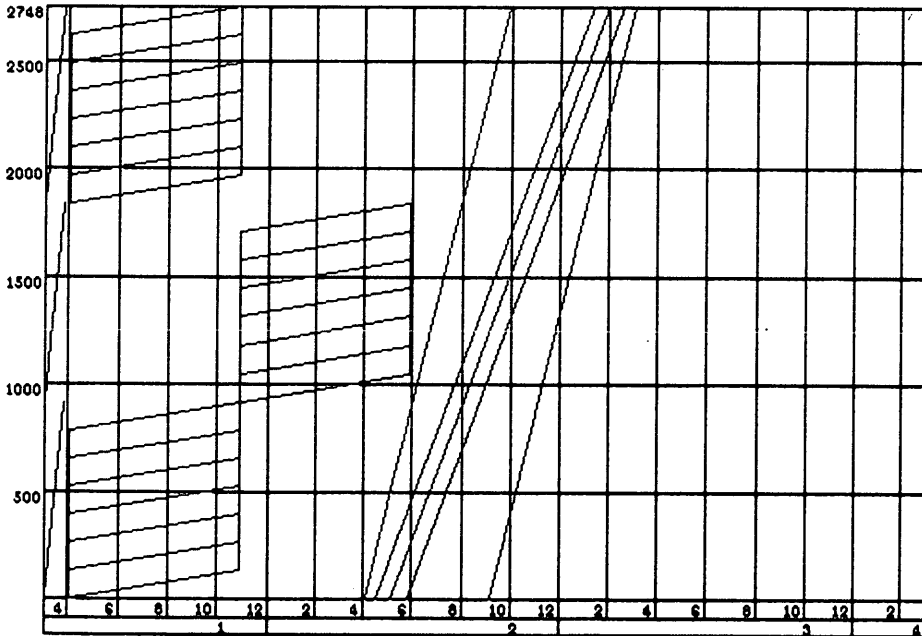
- |          |           |       |           |       |
|----------|-----------|-------|-----------|-------|
| 1 敷砂     | 2 D.M.M.  | 3 床掘  | 4 基礎捨石    | 5 本均し |
| 6 ケーソ 据付 | 7 蓋 コンクリト | 8 裏込石 | 9 上部コンクリト |       |



(a) A-1 工区

B 工区

- |       |           |           |      |      |
|-------|-----------|-----------|------|------|
| 1 敷砂  | 2 S.C.P.  | 3 I.セル 据付 | 4 捨石 | 5 均し |
| 6 裏込石 | 7 上部コンクリト |           |      |      |



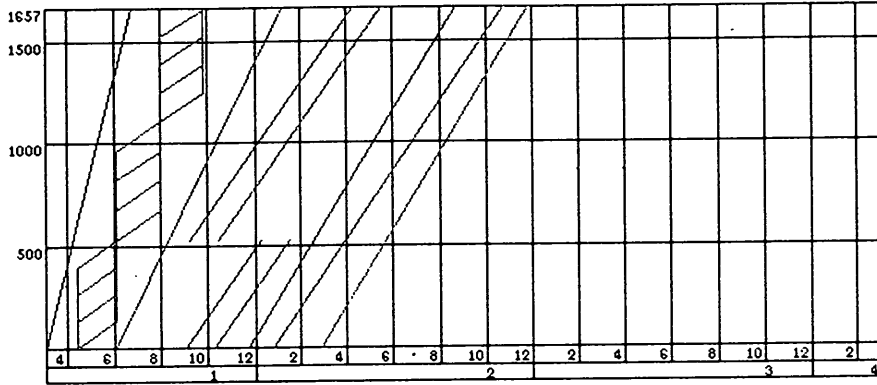
(b) B 工区

図-27 座標式工程表



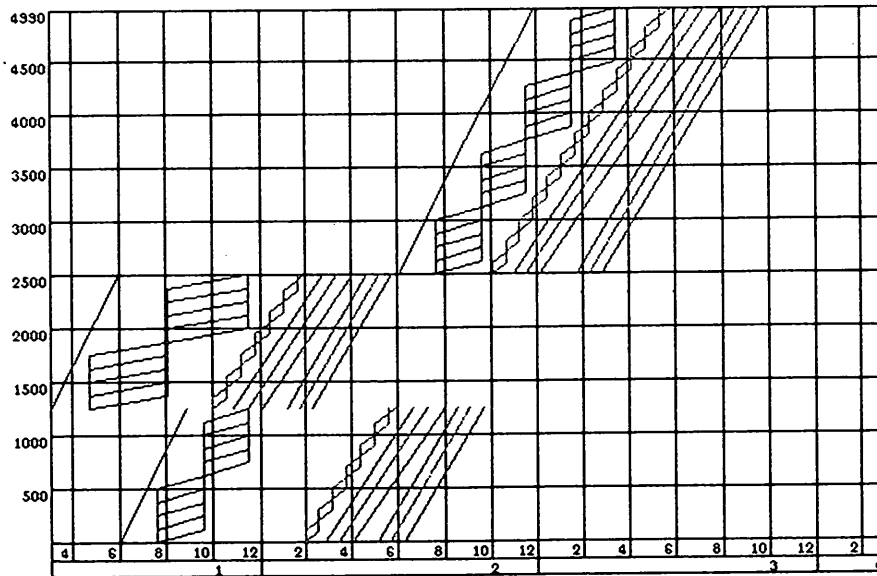
座標式工程表による工程計画手法の開発

- C 工区
- |            |         |           |      |          |
|------------|---------|-----------|------|----------|
| 1 敷砂       | 2 S. D. | 3 No1 盛砂  | 4 捨石 | 5 NO2 捨石 |
| 6 上部コンクリート | 7 均し    | 8 消波BL 据付 |      |          |



(c) C 工区

- D 工区
- |          |            |          |       |          |
|----------|------------|----------|-------|----------|
| 1 敷砂     | 2 S. D.    | 3 No1 盛砂 | 4 捨石  | 5 No2 盛砂 |
| 6 NO2 捨石 | 7 上部コンクリート | 8 均し     | 9 被覆石 |          |



(d) D 工区

図-27 座標式工程表

は、先行作業より施工速度の遅い SCP 工あるいは捨石工について、施工速度のアップあるいは区分分割を考  
 える必要がある。

C工区については、工期が1年9か月程度となる。本  
 工区においては、工期の短縮化を図るため、捨石工の第  
 2作業区分を先行させた。

D工区については、工期が2年7か月程度である。本  
 工区においては、C工区と同様、工期の短縮化を図るた  
 め、第2作業区分を先行させたが、第3作業区分の作業  
 開始時期が第2作業区分の作業と競合するため、開始日  
 を第2作業区分の最終工種（被覆石工）の終了日以降に  
 設定した。

(2) 山積み図

船舶・機械の山積み図の出力結果の例を 図-28 (a)~(q)  
 に示し、資材の山積み図の出力結果の例を 図-29 (a)~(j)  
 に示す。山積み図は、工区別、資機材の規格別について  
 も作成できるが、本報告には、全資材について全工区、  
 全規格の合計のみを示す。また、資材の山積み図につ  
 いては、累計値も表示している。

資機材の投入量については、使用期間にわたって、で  
 きるだけ均一化されていることが、供給管理上望ましい

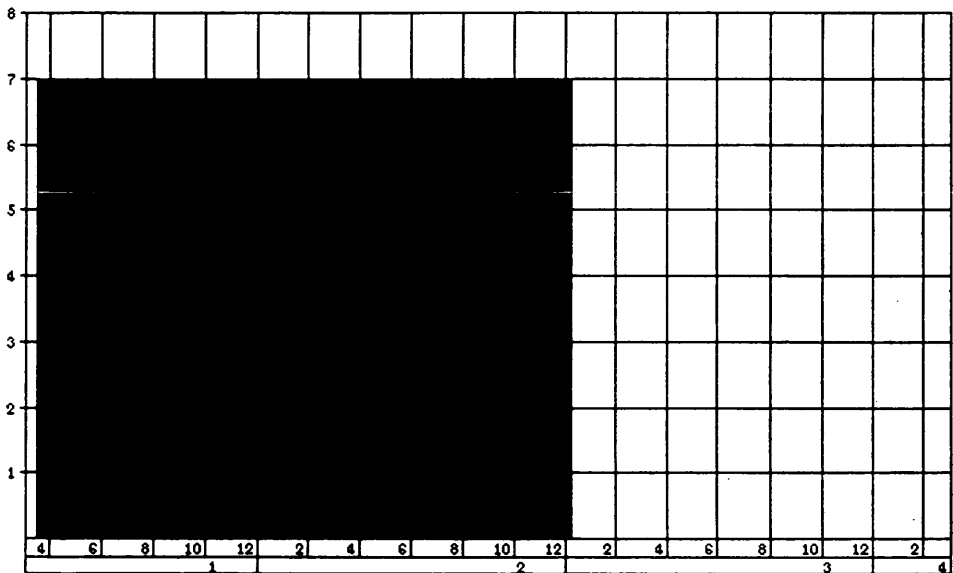
ことは言うまでもない。したがって、図-28(c), (d), (e),  
 (g), (i), (j), (l), (m)および(n), および、図-29(a), (c), (e)  
 および(f)などについては、資機材供給管理の合理化の面  
 から検討を必要とするものと考えられる。

(3) 作業状況図

作業状況図の出力結果の例を 図-30 に示す。同図は、  
 D工区の例を示したものであり、いちばん上に、工程の  
 バーチャート表示を示し、以下、2年めの4月1日、1<sup>0</sup>  
 月1日 および 3年めの4月1日の施工状況を示してい  
 る。

2年めの4月1日現在では、地盤改良工については第  
 2作業区分まで完了し、他の工種については、第2作業  
 区分が先行しているようすがわかる。また10月1日現在  
 では、ほとんどの工種について、第2作業区分まで完了  
 している。また、2年めの10月1日あるいは3年めの4  
 月1日の図中のSD工に顕著に表されているように、当  
 該工種の施工位置が読みとれる。すなわち、5船団で併  
 行作業を行っていること、および、それぞれの船団の位  
 置、例えば10月1日では、2,600m, 2,700m, 2,800m ,  
 2,950mおよび3,100mに配船されていることなどがわか  
 る。

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
	船舶	山積	D.M.M. 船	D.M.M. 船	最大値/日	7	

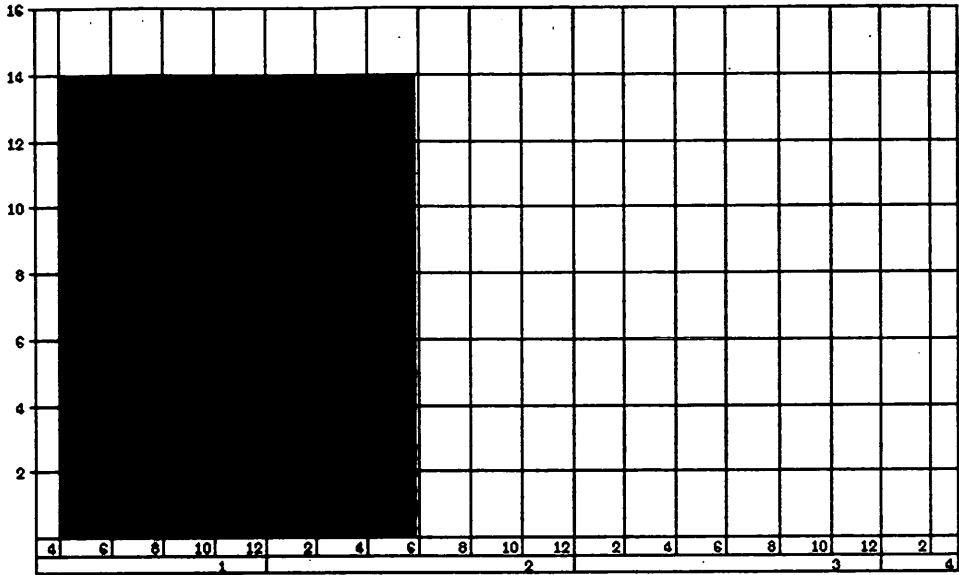


(a) DMM 船

図-28 船舶・機械の山積み図

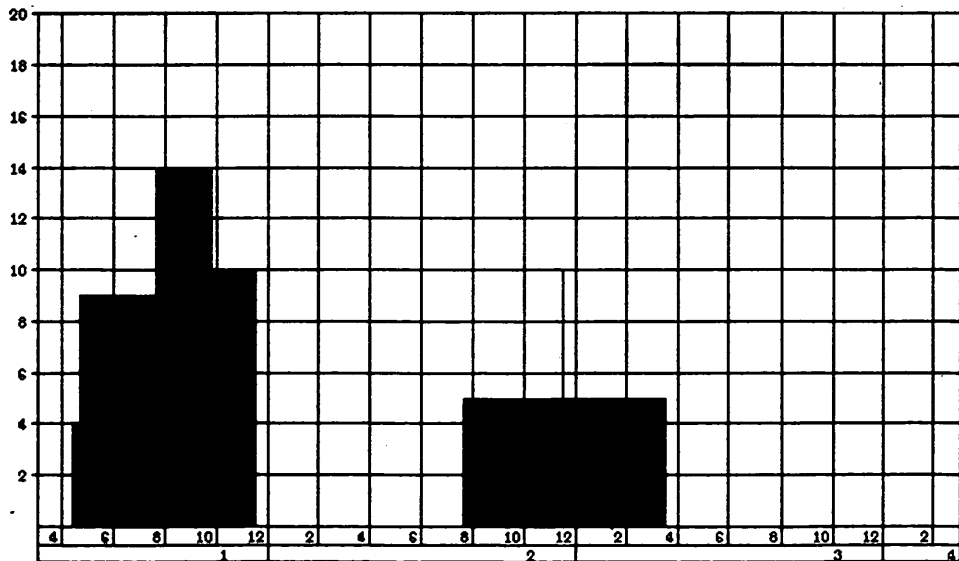
座標式工程表による工程計画手法の開発

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
	船舶 山積	S.C.P. 船	S.C.P. 船	最大値/日 14			



(b) SCP 船

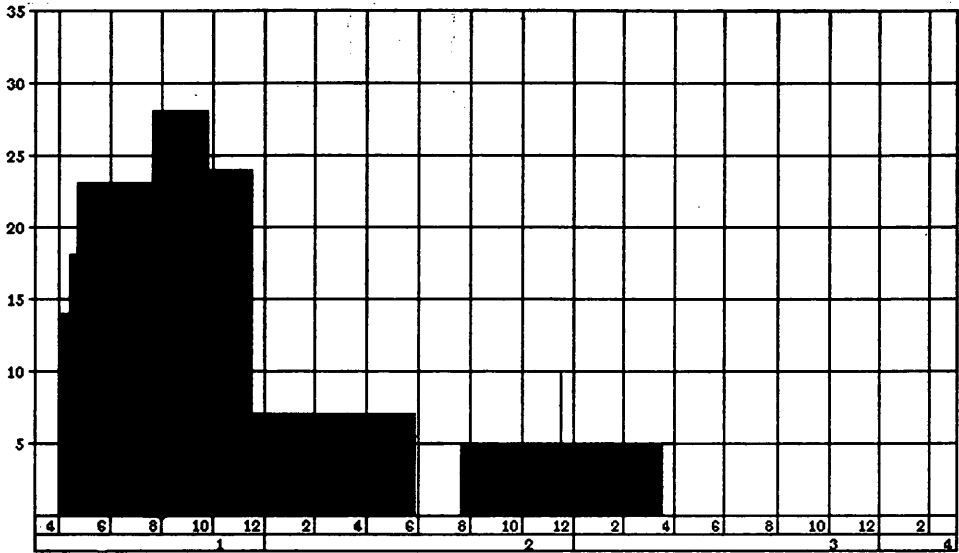
工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
	船舶 山積	S.D. 船	S.D. 船	最大値/日 18			



(c) S D 船

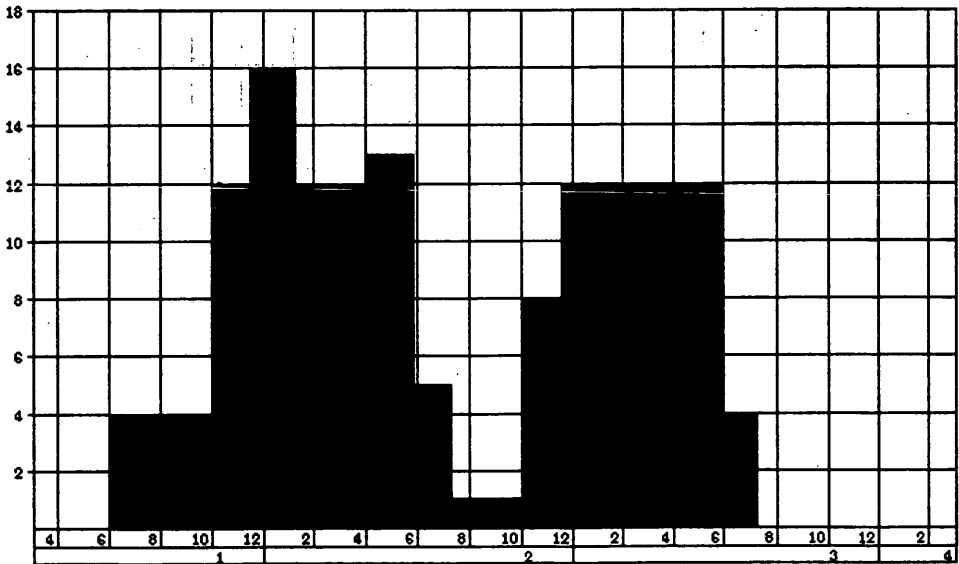
図-28 船舶・機械の山積み図

工区名 A-1 A-2 A-3 A-4 A-5 A-6 A-7  
 B C D  
 船舶 山積 ストックバージ ストックバージ 最大値/日 32



(d) ストックバージ

工区名 A-1 A-2 A-3 A-4 A-5 A-6 A-7  
 B C D  
 船舶 山積 土運船(箱型) 土運船(箱型) 最大値/日 16



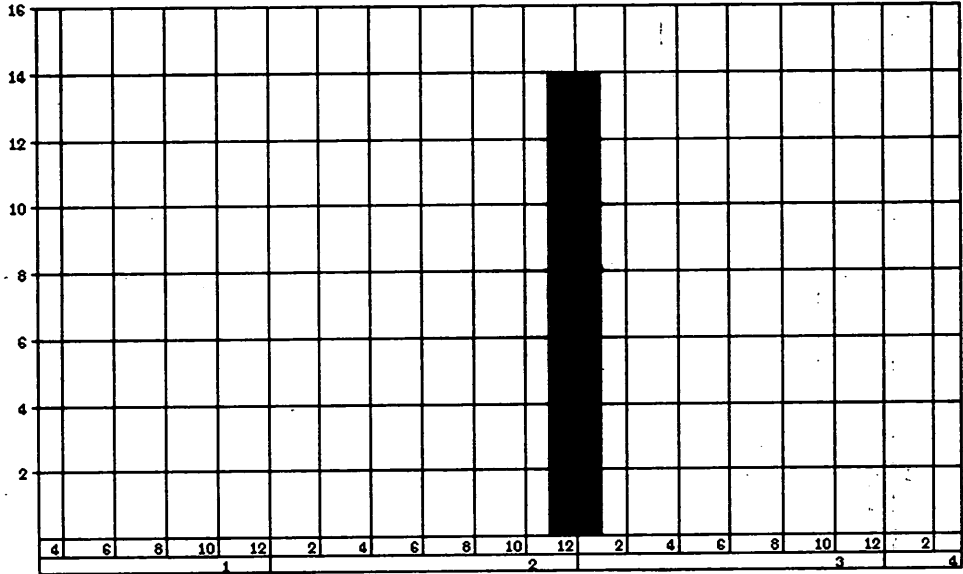
(e) 土運船(箱型)

図-28 船舶・機械の山積み図

座標式工程表による工程計画手法の開発

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
	船舶	山積	土運船(底開)	土運船(底開)			

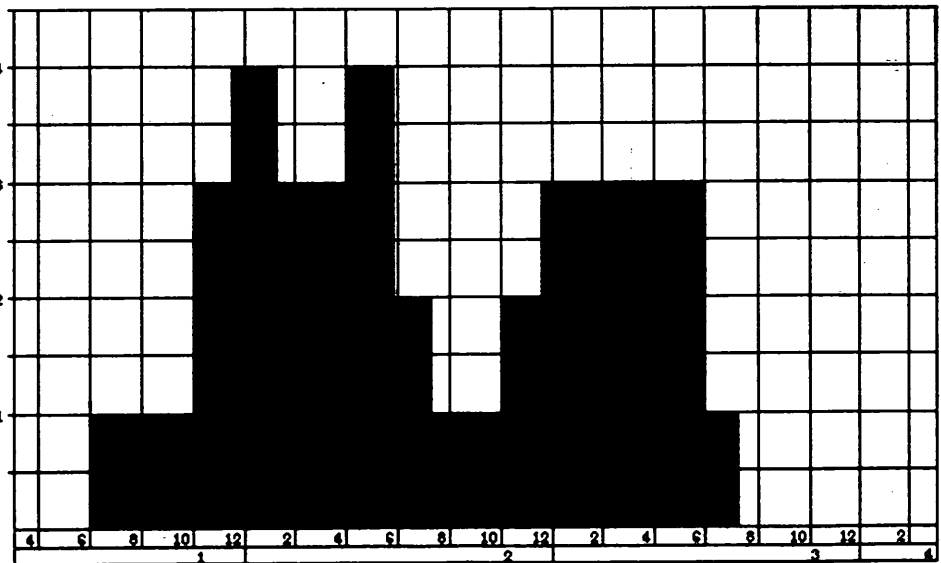
最大値/日 14



(f) 土運船(底開)

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
	船舶	山積	リクレーマ船	リクレーマ船			

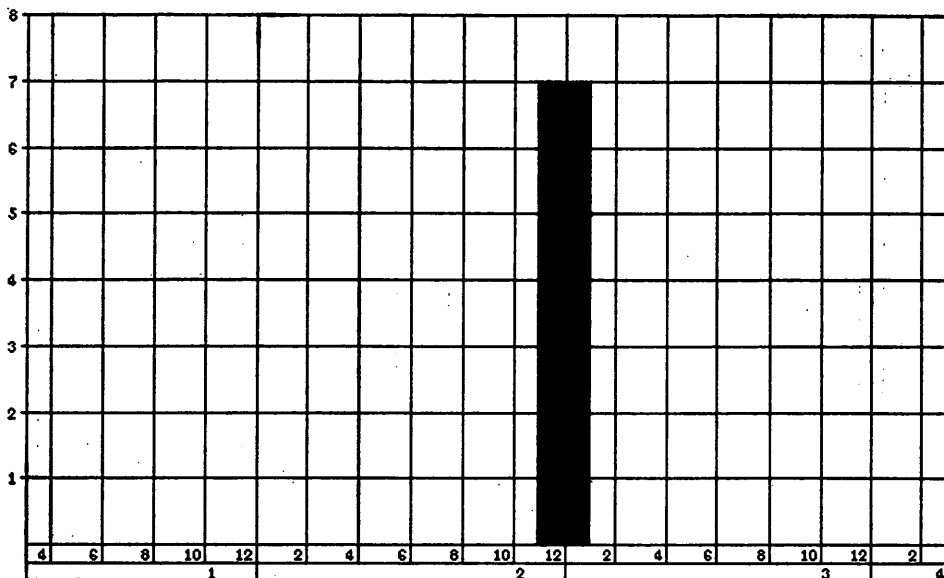
最大値/日 4



(g) リクレーマ船

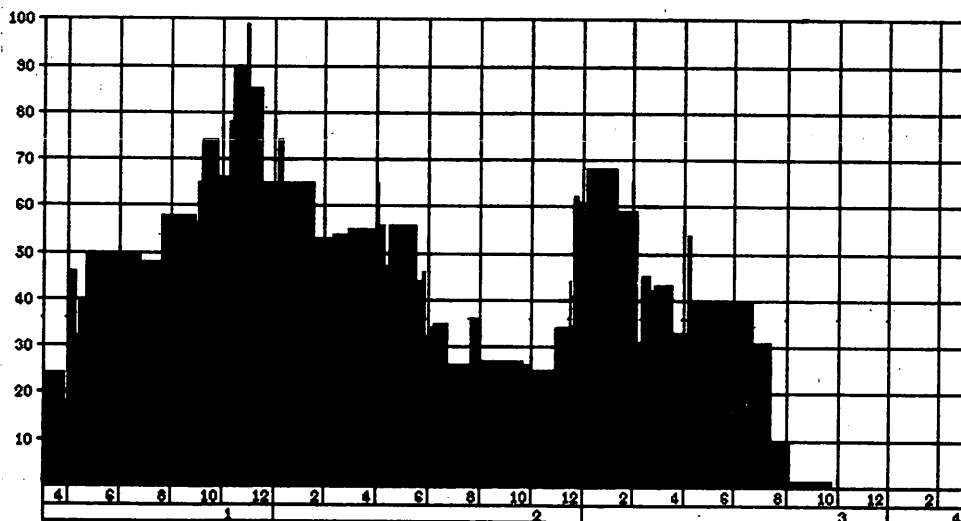
図-28 船舶・機械の山積み図

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
船舶	山積	グラフ船	グラフ船	最大値/日	7		



(h) グラブ船

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
船舶	山積	ガット船	ガット船	最大値/日	99		

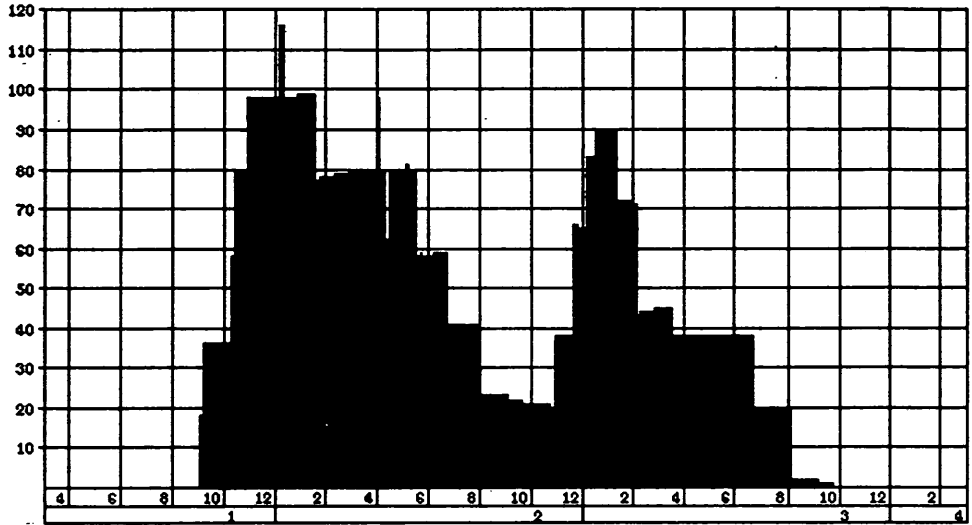


(i) ガット船

図-28 船舶・機械の山積み図

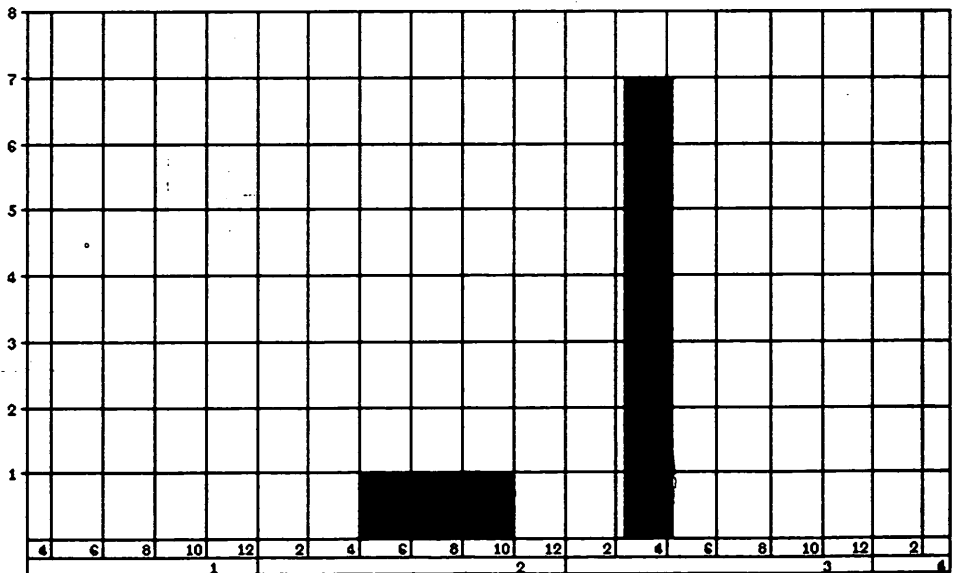
座標式工程表による工程計画手法の開発

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
船舶	山積	潜水士船	潜水士船	最大値/日	116		



(i) 潜水士船

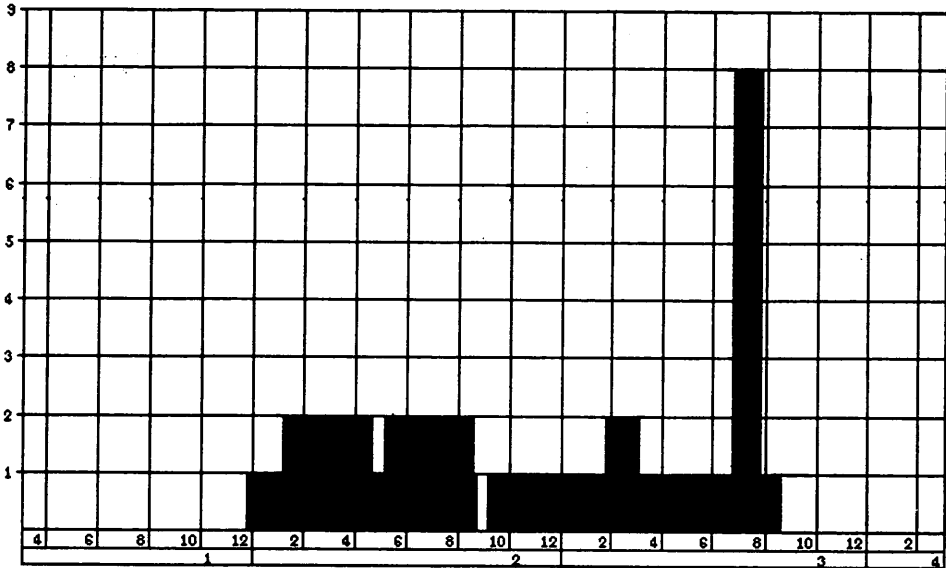
工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
船舶	山積	起重機船 1	起重機船 1	最大値/日	7		



(k) 起重機船

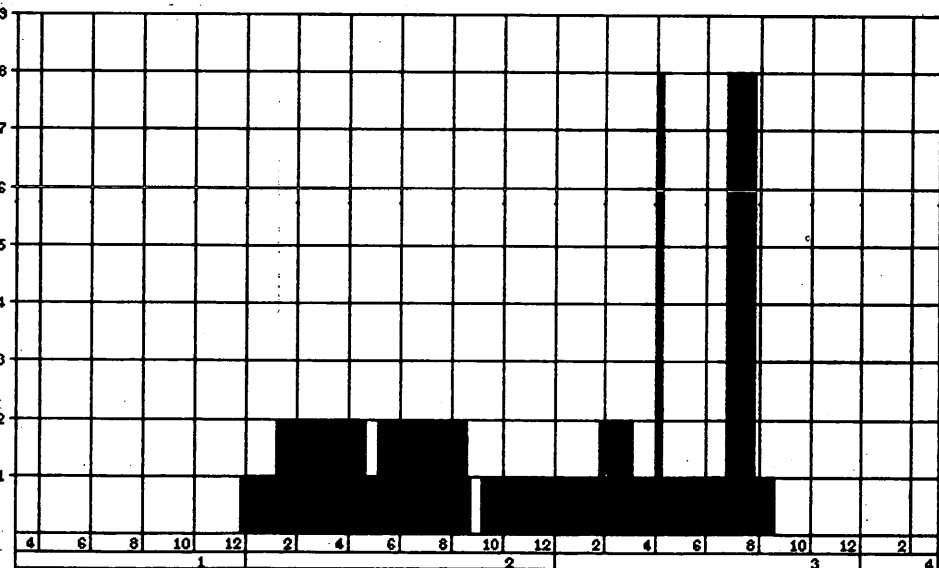
図-28 船舶・機械の山積み図

工区名 A-1 A-2 A-3 A-4 A-5 A-6 A-7  
 B 船舶 山積 クレーン付台船 クレーン付台船最大値/日 8



(l) クレーン付台船

工区名 A-1 A-2 A-3 A-4 A-5 A-6 A-7  
 B 船舶 山積 ミキサ-船 ミキサ-船 最大値/日 8



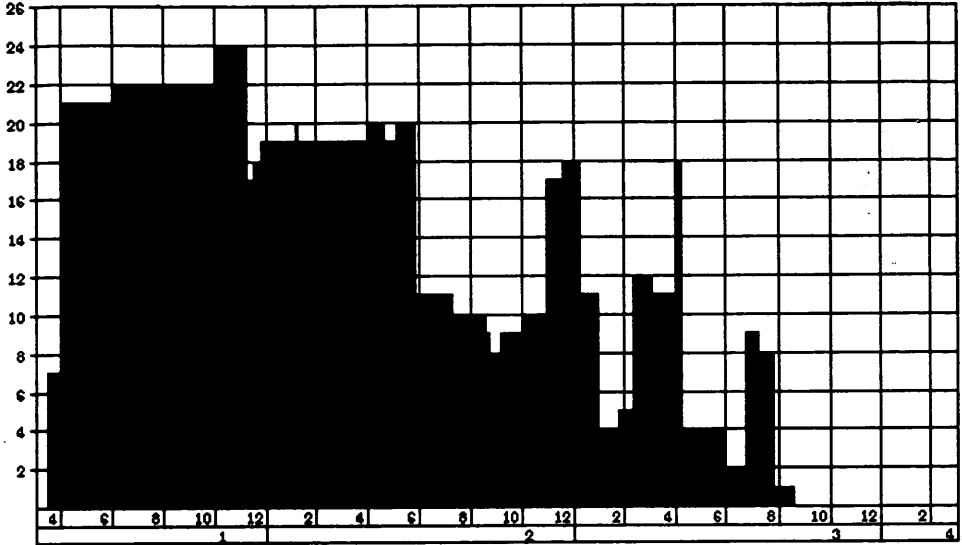
(m) ミキサ-船

図-28 船舶・機械の山積み図



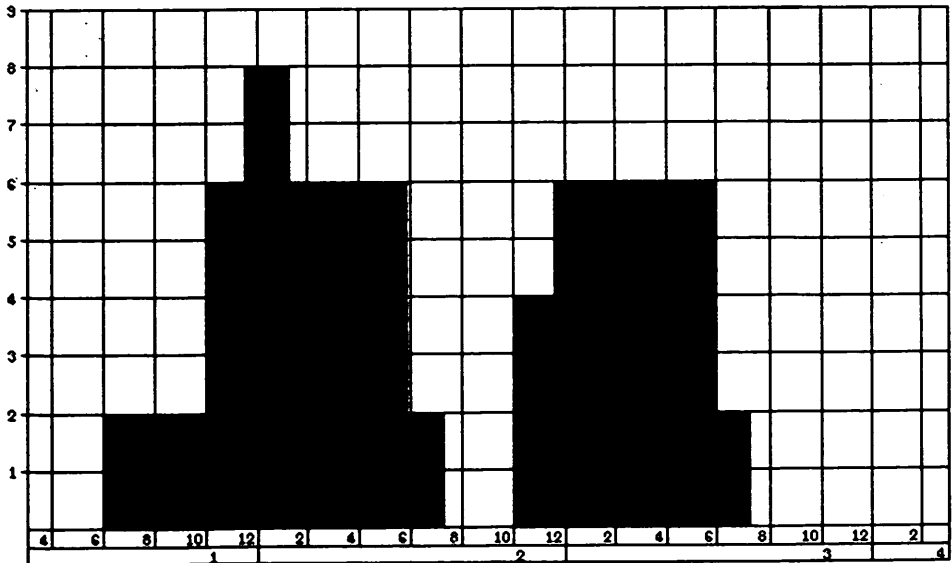
座標式工程表による工程計画手法の開発

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
船舶	山積	曳船	曳船	最大値/日	24		



(n) 船舶

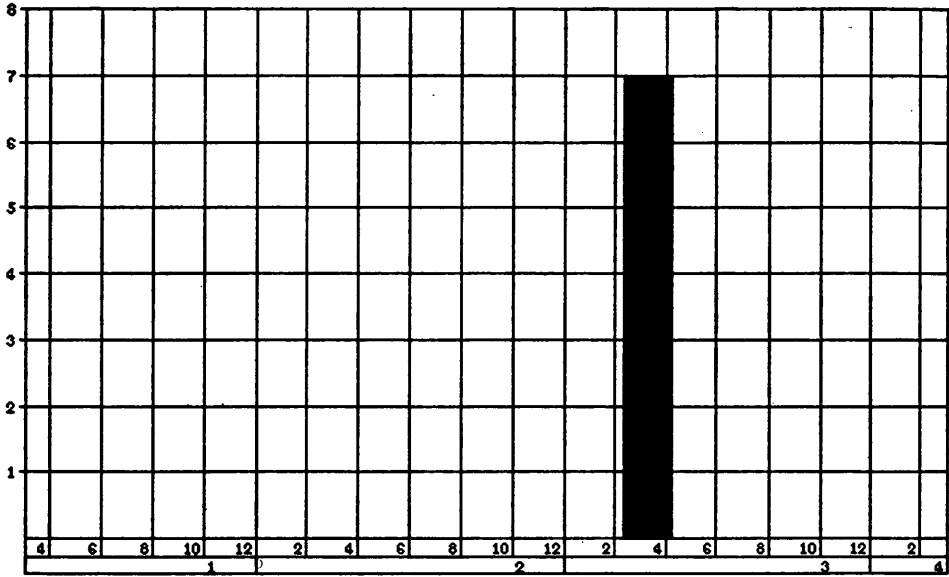
工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
船舶	山積	プッシャー	プッシャー	最大値/日	8		



(o) プッシャー

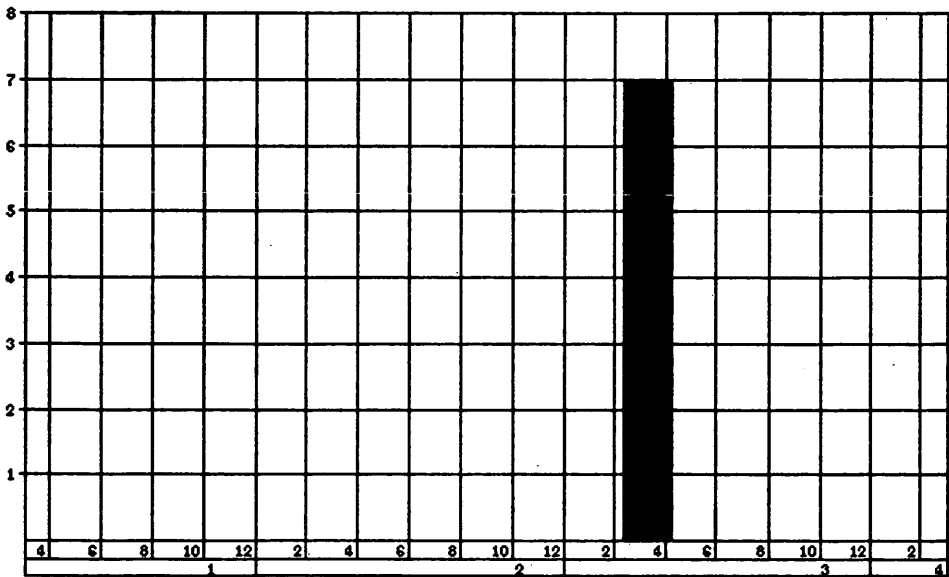
図-28 船舶・機械の山積み図

工区名 A-1 A-2 A-3 A-4 A-5 A-6 A-7  
 B 船舶 山積 台船 台船 最大値/日 7



(p) 台 船

工区名 A-1 A-2 A-3 A-4 A-5 A-6 A-7  
 B 船舶 山積 クラークレーン クラークレーン 最大値/日 7

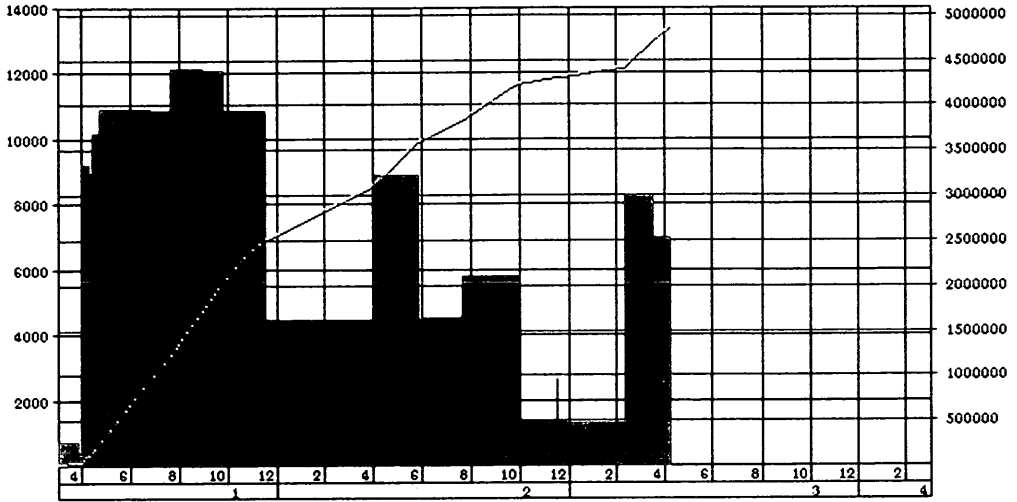


(q) クローラークレーン

図-28 船舶・機械の山積み図

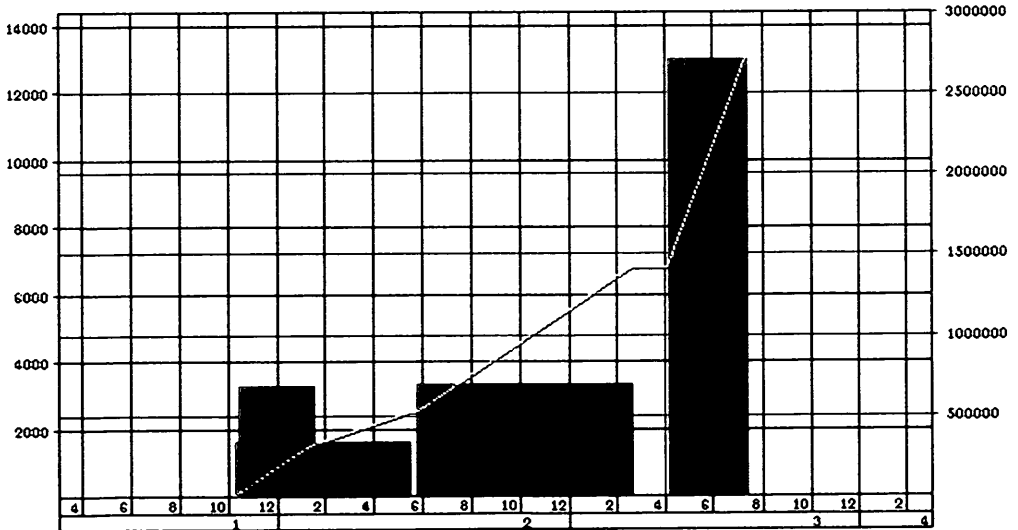
座標式工程表による工程計画手法の開発

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
資材	山積	海砂	海砂	最大値/日	13338.32	累計	4839757



(a) 海 砂

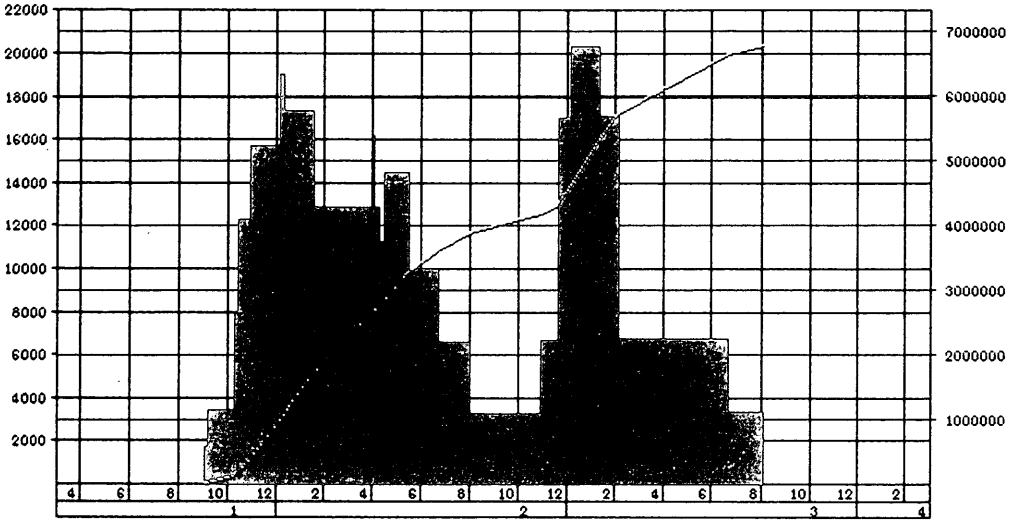
工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
資材	山積	雑石	雑石	最大値/日	13003.41	累計	2706436



(b) 雑 石

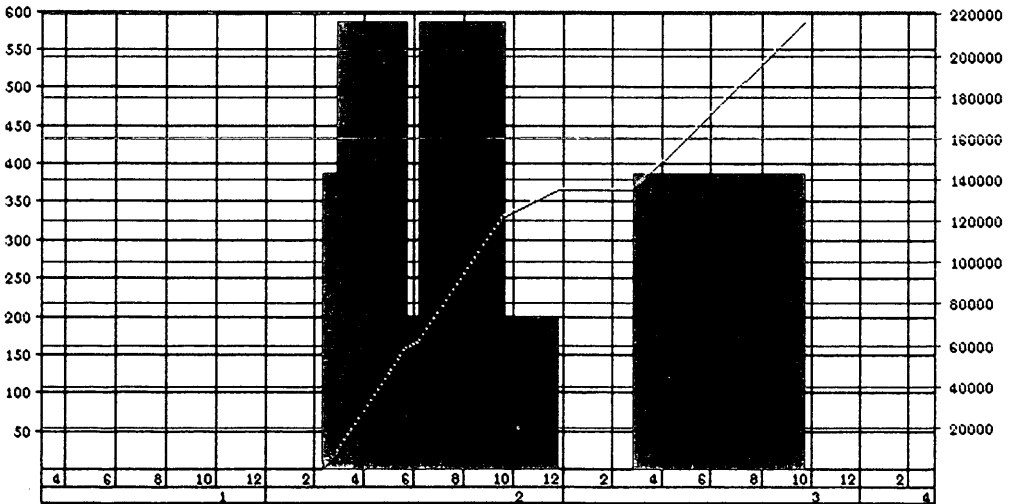
図-29 資材の山積み図

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
資材	山積	捨石	捨石	最大値/日	20328.97	累計	6760780



(e) 捨 石

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
資材	山積	被覆石	被覆石	最大値/日	585	累計	216027.7

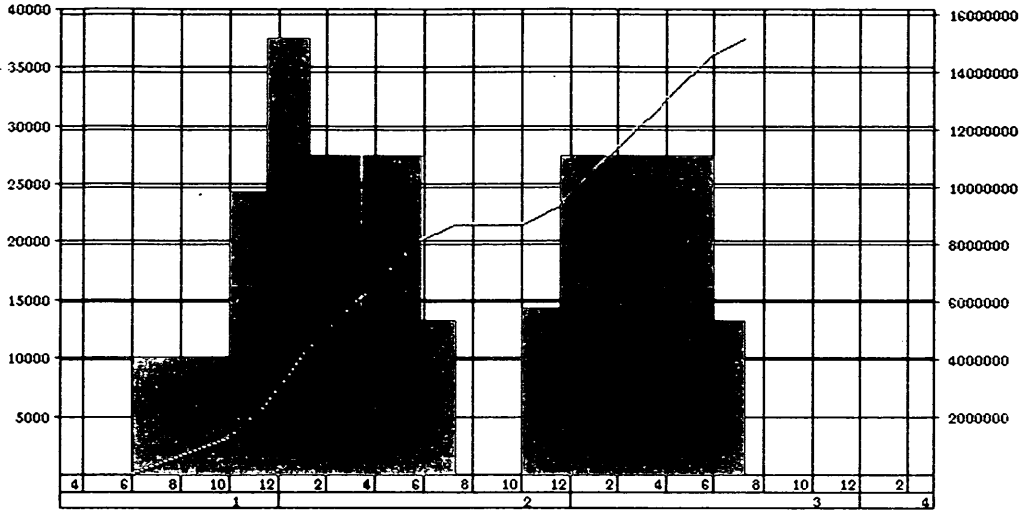


(d) 被 覆 石

図-29 資材の山積み図

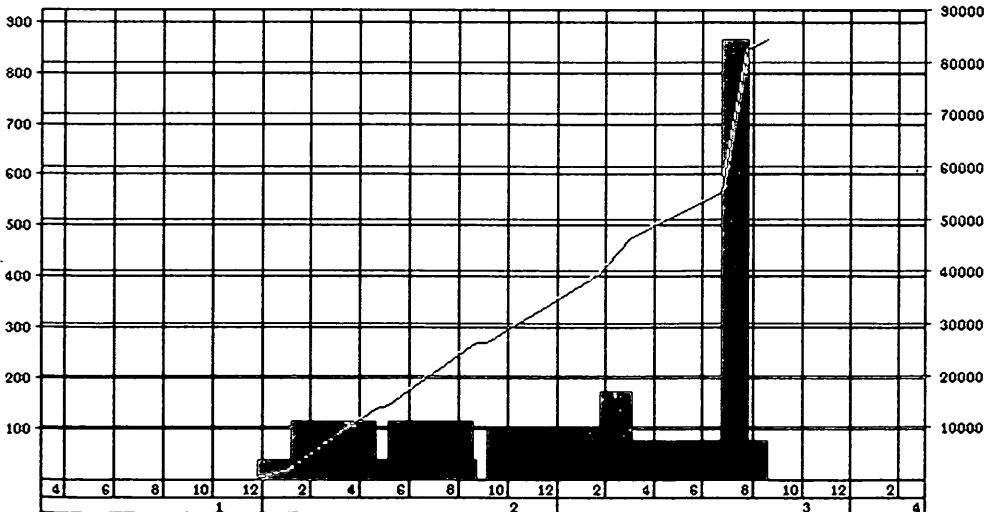
座標式工程表による工程計画手法の開発

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
資材	山積	山砂	山砂	最大値/日	37415.88	累計	1.515023E+07



(e) 山 砂

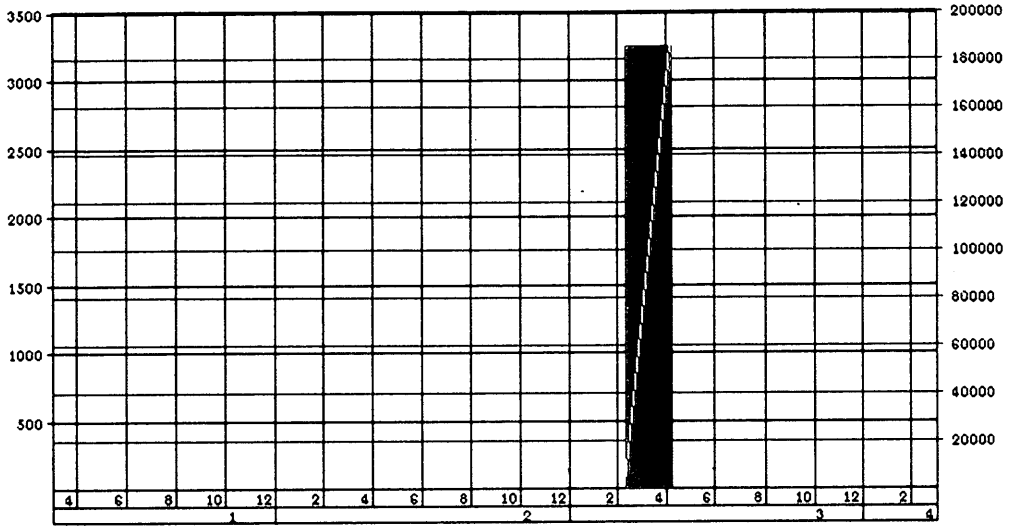
工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
資材	山積	コンクリート	コンクリート	最大値/日	864.3601	累計	84325.59



(f) コンクリート

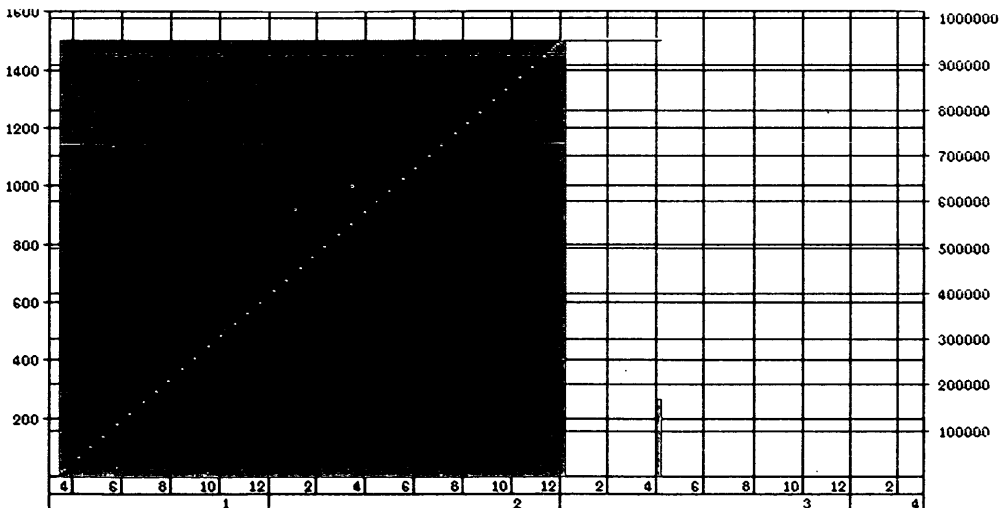
図-29 資材の山積み図

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
資材	山積	生コンクリート	生コンクリート	最大値/日	3251.5	累計	185335.5



(g) 生コンクリート

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
資材	山積	セメント(バラ)	セメント(バラ)	最大値/日	1500.66	累計	951934

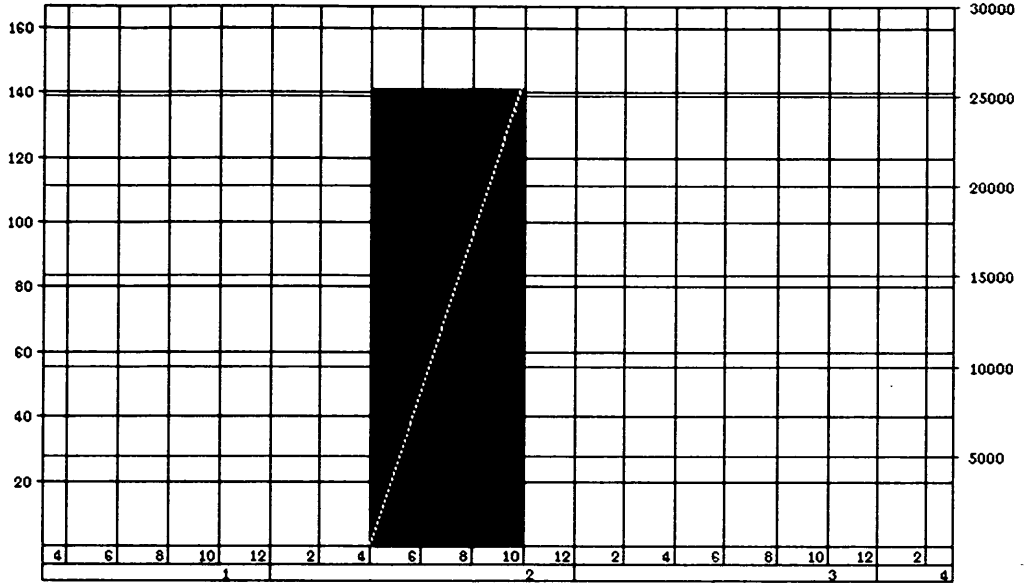


(h) セメント (バラ)

図-29 資材の山積み図

座標式工程表による工程計画手法の開発

工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
資材	山積	鋼矢板	鋼矢板	最大値/日	141.3414	累計	25386.02



工区名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
B	C	D					
資材	山積	鉄筋	鉄筋	最大値/日	3251500	累計	1.853355E+08

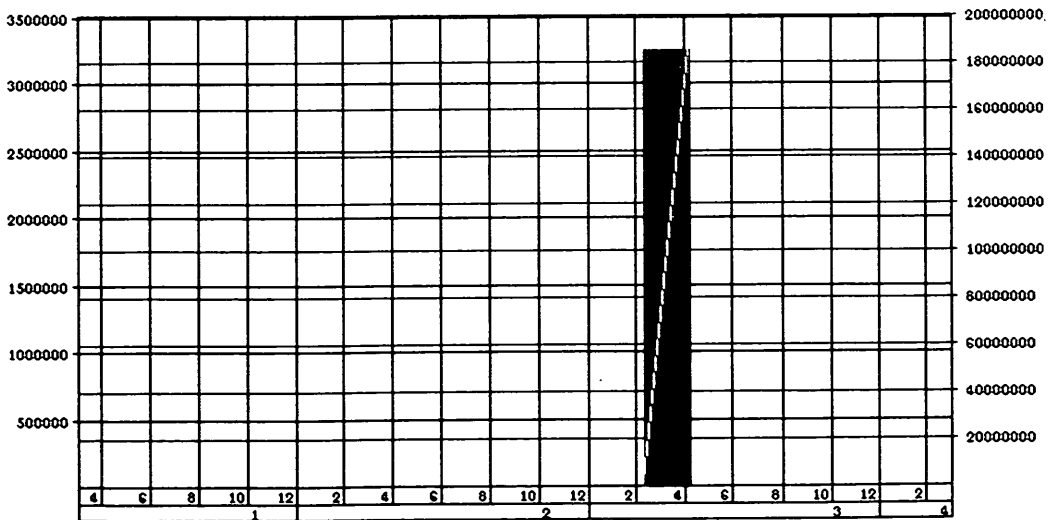
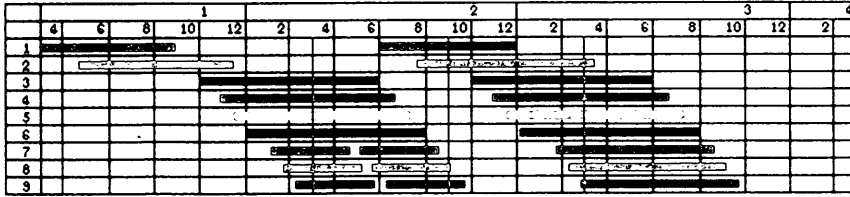


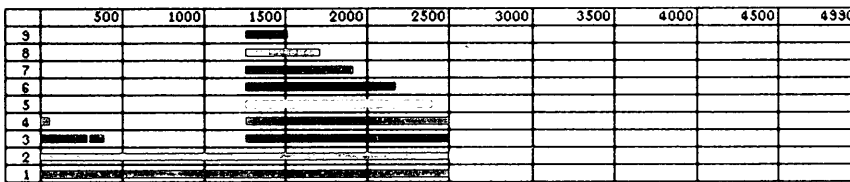
図-29 資材の山積み図

D工区の工程バーチャート



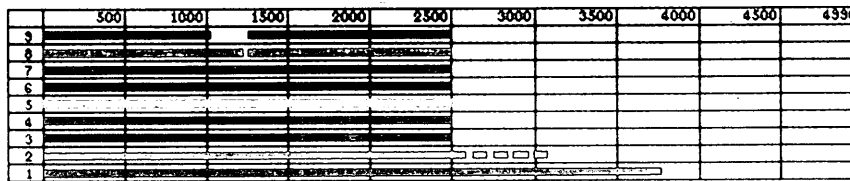
- 1 敷砂
- 2 S.D.
- 3 No1 盛砂
- 4 捨石
- 5 No2 盛砂
- 6 NO2 捨石
- 7 上部コンクリート
- 8 均し
- 9 被覆石

2年4月1日の施工状況



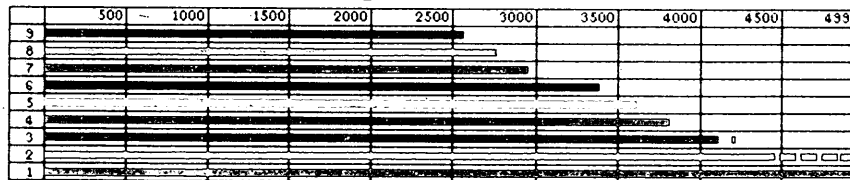
- 9 被覆石
- 8 均し
- 7 上部コンクリート
- 6 NO2 捨石
- 5 No2 盛砂
- 4 捨石
- 3 No1 盛砂
- 2 S.D.
- 1 敷砂

2年10月1日の施工状況



- 9 被覆石
- 8 均し
- 7 上部コンクリート
- 6 NO2 捨石
- 5 No2 盛砂
- 4 捨石
- 3 No1 盛砂
- 2 S.D.
- 1 敷砂

3年4月1日の施工状況



- 9 被覆石
- 8 均し
- 7 上部コンクリート
- 6 NO2 捨石
- 5 No2 盛砂
- 4 捨石
- 3 No1 盛砂
- 2 S.D.
- 1 敷砂

図-30 作業状況図の例 (D工区)



## 5. 結 論

本研究で開発した工程計画手法は、4.に示したケース・スタディーのように、工事が直線的に展開され、各工種が併行的かつ連続的に施工される埋立護岸工事に対しては有効であることが確認された。すなわち、工種間の関連関係の設定、あるいは、純施工期間と休止期間の設定といった、煩雑であり、工程計算には不可欠の作業を自動的に処理するため、工程計算の準備作業が非常に軽減されるとともに、工程表自体も多くの情報を網羅し、かつ見やすいものとなっている。

以下に、本研究から得られた結論をまとめる。

### (1) 工程計算について

- ①各工種の所要日数および休止日数（作業待ち時間）が、基本的には、各工種の施工量（護岸延長）、施工速度および保安距離から自動的に計算できる。
- ②工種間の関連関係が、競合する工種の設定および保安距離の設定により自動的に計算される。
- ③保安距離の設定により、各工種の最早開始可能日が自動的に設定される。すなわち、後続工種のリードタイムが設定され、また、必要に応じて最遅開始可能日の設定も可能である。
- ④保安距離の概念の導入により、工程の割り付けに論理性を持たせることが可能となった。
- ⑤工種の特性に応じた工程計算モデルを開発したことにより、種々の工種について効率的な工程計算が行えるようになった。

### (2) 座標式工程表について

- ①作図様式が2次元で、横軸に施工期間（日数）、縦軸に護岸施工延長をとっているため、全体の工事の状況、任意時点における各工種の進ちょく状況および施工位置、任意の施工位置における各工種の関連などが視覚的に明確に把握できる。
- ②各工種の施工速度が折線の勾配として視覚的に把握でき、比較が容易である。
- ③工種間の順序関係、相互の位置関係が視覚的に容易に把握できる。
- ④データを修正すべき工種が比較的容易に把握できる。すなわち、待ちの発生しているような工種の施工速度などを修正しても効果はなく、先行作業との余裕があり、先行作業より施工速度の遅い工種について、データ修正を行えばよい。

### (3) 山積み計算および山積み図について

- ①投入資源の原単位から、工区別、規格別の山積み

計算およびその図化ができ、日最大使用量および資材については累計使用量が計算できる。

- ②資源の山積み計算結果から、資源制約がある場合、あるいは、資源の使用量に極端なばらつきがあり、資源の供給管理上望ましくない場合には、工程計算にフィードバックされる。
- ③今回のケース・スタディーにおいては、原単位が得られたかったため計算できなかったが、汚濁負荷量あるいは概略工費の原単位を与えれば、これらの山積み計算も可能である。

### (4) 作業状況図

- ①任意時点における各工種の進ちょく状況が、座標式工程表と合わせて、視覚的に把握できる。
- ②任意時点における工種ごとの施工状況、すなわち、その位置およびいかなる資源を使用し、いかなる作業を実施しているか、について明確に把握できる。

### (5) その他

- ①以上の結果は、データ・ファイルを介して、環境管理計画あるいは作業船管理計画などに活用できる。
- ②パーソナル・コンピュータを用いて、対話式にデータを作成することとしたため、計画実務者が直接に必要なデータを作成することが容易になり、データ作成の簡易化、確実化が図られた。
- ③データの修正については、単一工区ごとに、パーソナル・コンピュータのディスプレイ上に表示された工程表を参照しながら行えるため、合理化、確実化が図られた。

## 6. あとがき

本研究で開発した工程計画手法は、大規模で複雑な工種関連を有する埋立護岸工事に対して有用であることが確認された。したがって、本研究成果が現在懸案となっている各種沖合人工島プロジェクトをはじめ、各種の護岸工事に活用されることを期待する。また、本手法は、護岸工事と同様な防波堤工事などにも適用可能であると考える。

一方、今後は、本研究を踏まえて、工程計画に留まらず、工程管理の合理的手法の開発を行う必要がある。また、工事の種類についても、直線的な工事のみならず、他種の工事のための工程計画手法の開発に関する研究も進めていきたいと考える。

最後に、本手法の開発に際し、御協力を賜った運輸省第3港湾建設局関西国際空港計画室の担当者各位、

(社)日本埋立浚渫協会システム研究室研究員各位、プログラムの書きかえ等について協力頂いた港湾技術研究所設計基準部の早藤能伸主任研究官、並びに、データ作成、図面作成などに協力頂いた同システム研究室の梅山珠実技官、北川俊治研究員に心から感謝致します。

参考文献

- 1) 土木学会編：土木工学ハンドブック，中巻，1974年11月，pp.1535～1568
- 2) 米谷栄二：土木計画便覧，1976年6月，pp.491～512
- 3) 浦江恭知：新体系土木工学，83 港湾施設の施工，

1980年9月

- 4) 秋草勲，深谷克海，横田周平，中村慶一：最新土木施工法講座，24 工事管理とその実際，1960年11月，pp.35～pp.56
- 5) 宮内敬保，宇津橋昭八郎：施工技術者のためのネットワークプランニング，1970年7月
- 6) A. J. ウォルドン：新しい工程管理，1963年
- 7) 石川六郎：システムズアプローチによる工事管理，1977年9月
- 8) 奥山育英，佐藤恒夫，中西克也：土木計画学研究発表会講演集，1983年1月，pp 633～637
- 9) 土木学会：土木工事のマネジメント問題に関する研究討論会講演資料集，1983年11月