

メッシュ式工程管理モデルの開発と 港湾工事への応用

東北大学工学部

湯 沢 昭

1. 結言

本研究で対象としている港湾工事（防波堤工事や埋立工事等の海上や海中での工事を狭義の意味で港湾工事と定義する）は、一般の陸上の土木工事と比較して次のような特徴がある。

- (1) 海中工事が多く、工事の出来高の確認や作業の進捗状況の把握が困難な場合が多い。また作業員の熟練度が作業効率を大きく左右する。
- (2) 大型の船舶や機械を使用し、また海中での作業が多いため作業区域の制限が厳しい。
- (3) 使用資源が高価なため、資源の稼働率が工事費を大きく左右する。
- (4) 波浪による影響が大きいいため、一般の陸上工事に比べ作業日数が限定される。

このような港湾工事の特殊性を考慮して工程管理を行う場合、工程管理手法の中に施工位置（作業位置）を明示することが要求される。これは港湾工事の大部分が海面下で行われるため、たとえば捨石の投入位置の指定や資源間の保安距離の確保上不可欠な要因となる。

表-1は、従来の工程管理手法の特徴を比較したものである。作業の煩雑さを除けばネットワーク式工程管理手法が最も優れているが、防波堤工事や埋立工事のように構成工種の順序が確定的で逆順が許されず、またそれらの工種が後追い作業をする場合、ネットワーク工程管理手法では位置関係を表現することは困難である。工程管理の中に位置の概念を導入する方法としては、座標式工程管理手法が挙げられる。これはある工種の進捗状況と作業位置を同一と考えているため、線形構造物（たとえば道路工事や護岸工事）の工程管理には適用可能であるが、平

面的広がりのある埋立工事のような場合には、適当な工区に分割して処理する必要がある。

本論文は、メッシュ式工程管理モデルの開発と港湾工事への応用について述べたものであり、次のように構成されている。

- (1) メッシュ式工程管理モデルの構造
- (2) 工種別作業効率による工期の算定方法
- (3) ケーソン式防波堤工事への応用
- (4) 埋立工事への応用
- (5) 結語及び今後の展開

表-1 各種工程管理手法の比較

項 目	バーチャート式工程管理	座標式工程管理	ネットワーク式工程管理
工期の把握	○	○	○
施工順序の把握	△	○	○
進捗状況の把握	△	○	△
重点工種の把握	×	×	○
工程関連の把握	×	○	△
工程表の精度	×	△	○
作業の難易度、煩雑さ	○	○	×
適用性	小規模、概略	直線的工事	大規模、複雑

(注) ○(見やすい)
(港湾技術研究所報告、Vol. 23, No. 3, 座標式工程表による計画手法の開発, 1984.9, PP8)

2. メッシュ式工程管理モデルの構造

始めに本論文で用いる語句の説明をすると

- (1) 資源：作業（ジョブ）を行う上で必要な労力・船舶・機械等からなる。
- (2) 作業グループ：実際に作業を行うために必要な資源の集合として表わされる。
- (3) 先行距離：基本的には工種間の先行関係によ

り規定され、技術的先行距離と管理的先行距離に分けることができる。技術的先行距離とは対象とする工事により一義的に決定される距離であり、管理的先行距離とは使用資源や自然条件により変化する距離である。

(4) 時間距離：ある施工位置において、ある工種が終了してから次の工種が施工出来るまでの最短時間間隔として定義され、施工条件により変化する（ネットワーク式工程管理のFSに相当する）。

(5) 保安距離：船舶や機械を使用し、作業を同時に並行して行う場合の作業安全上確保すべき最短距離として定義され、使用資源や施工条件により変化する。

メッシュ式工程管理モデルとは、工事全体を多層の基本メッシュに分割し、基本メッシュをいくつか統合し、ジョブを構成することにより工程管理を行うため、各ジョブの作業量と空間的位置を表示することができる。ここで基本メッシュとは工種を構成する最小単位であり、またジョブは作業グループの単位時間当たりの標準作業量を基本として基本メッシュをいくつか統合したものである（図-1参照）。

図-2は、メッシュ式工程管理モデルのフローを表わしており、つぎのような流れにそって工程管理を進める。

- (1) 始めに各種のデータ、全ての基本メッシュの作業量及び工種間の優先順位を入力する。
- (2) 次に先行距離と時間距離を満足する基本メッシュを全てリストする（当然 $D=1$ においては、先行作業のない工種からリストされる）。
- (3) リストされた各工種のメッシュを作業グループの単位時間当たりの標準作業量を基準としていくつか統合し、ジョブを構成する。
- (4) ジョブをあらかじめ定められた優先順位に従い並べ変える。
- (5) 最も優先順位の高いジョブをスケジュールし、利用可能資源量の中から該当資源を減じる。

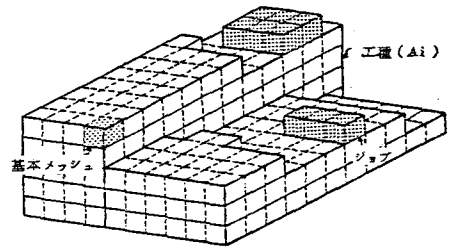


図-1 基本メッシュとジョブの関係

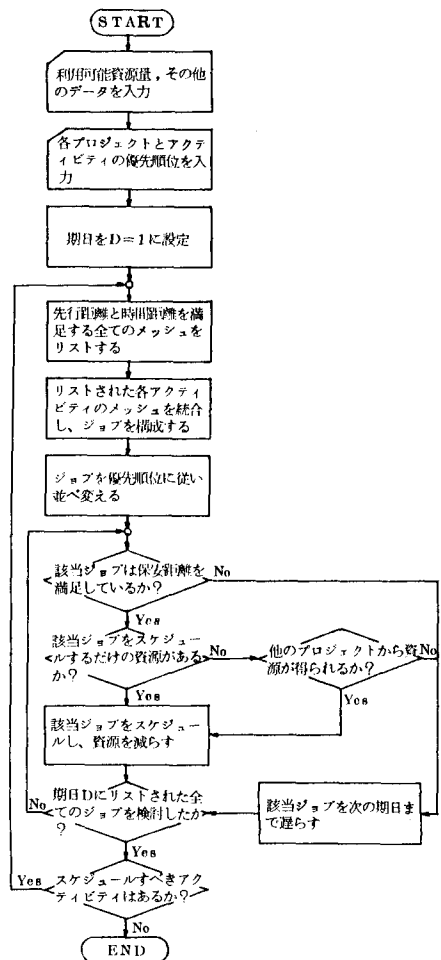


図-2 メッシュ式工程管理モデルフロー

(6) スケジュールされたジョブと保安距離が満足するジョブを次々にスケジュールし、利用可能資源量がなくなるか、全てのジョブを検討するまで繰り返す。

(7) 以上の操作を全ての工種が完了するまで(2)へ戻る。

以上がメッシュ式工程管理モデルの構造であるが、この場合問題となるのは工種間及び同じ工種内のジョブの優先順位をどのような基準で設定するかにある。これは、工程管理の目的が何であるかにより異なる。一般的には限定された資源量の元で工期を最小化するように工種間の優先順位を設定することが考えられる。また特に港湾工事の場合は、工事中に外洋波浪の影響を受けることが多いため、港外側の工種を優先する場合もある。同じ工種内のジョブ間の優先順位の設定方法として本論文では、施工区域に複数の基準点を設け、基準点に近いジョブを優先させる方式を採用している。これは、工事の進捗がその基準点より連続的に広がるようにするためである。

3. 工種別作業効率による工期の算定方法

工事全体の工期を算定するうえで重要なことは、各工種の作業可能日数がどの程度確保できるかであり、この場合作業不能日としては次の2つの場合が考えられる。1つは休祭日や船舶機械等の点検補修日であり、もう1つは自然条件による作業不能日である。前者に関してはあらかじめ評価することは可能であるが、後者に関しては予測によるしかなく、その予測精度が工期の算定に大きく影響を与える。特に本研究で対象としている港湾工事においては、自然条件の中でも波浪による影響が大きく、またその影響も工種や季節により異なる。本節では、工種別の作業限界波高と月別の波高分布を考慮した場合の工期の算定方法について検討を行う。

図-3は、北東北A港における捨石工事（基礎捨石と被覆捨石）と均し工事（本均し、荒均し及び被

覆均し）の波高別工事実績を示しており、いずれの工種とも波高が1.5m以上になると作業を行っていない。図-4は、図-3の場合の作業効率 $g_i(H)$ を表わしている。ここで作業効率は次式により求めるものとする。

$$g_i(H) = \frac{\text{工種(Ai)が波高(H)の時} \\ \text{工種(Ai)の作業可能期間中に} \\ \text{作業を行った回数}}{\text{波高(H)が出現した回数}} \quad (1)$$

しかし、実際の作業が波高だけに左右されるものでないため、若干のばらつきは見られるが、波高の上昇に伴い作業効率は減少することがわかる。当然、各工種に作業限界波高を設定した場合の作業効率は次のように表わすことができる。

$$g_i(H) = 1.0 \quad H < H^* \\ g_i(H) = 0.0 \quad H \geq H^* \quad (2)$$

ただし、 H^* ：工種(Ai)の作業限界波高（表-2参照）

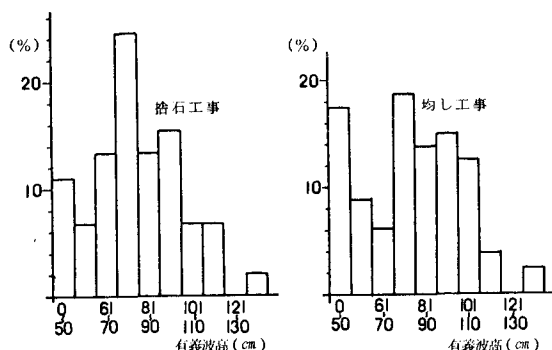


図-3 捨石及び均し工事の波高別工事実績
(北東北A港防波堤工事、昭和56年)

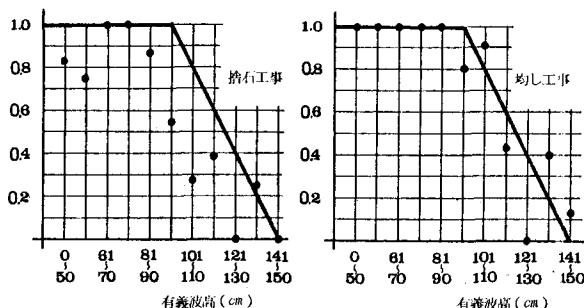


図-4 捨石及び均し工事の波高別作業効率

次に、工種別作業効率と月別波高分布を用い、メッシュ式工程管理モデルを使用した場合の工事全体の工期の算定方法は次のように行う。

(1) 工種別作業効率 (式 (1) 又は式 (2) より求める) と月別波高分布をあらかじめ計算機に入力しておく。

(2) 月別波高分布に合わせて、期日 (D) の波高 (H) を乱数を用い計算する。

(3) 期日 (D) の利用可能資源量 [RSi(D)] を式 (3) より求める。

$$RSi(D) = gi(H) \times \text{工種 (Ai) の全利用可能資源量} \quad (3)$$

(4) 図-2 に示したメッシュ式工程管理モデルにおいて期日 (D)、工種 (Ai) の利用可能資源量を RSi(D) とする。

(5) それ以後は図-2 のフローに従って計算を行う。

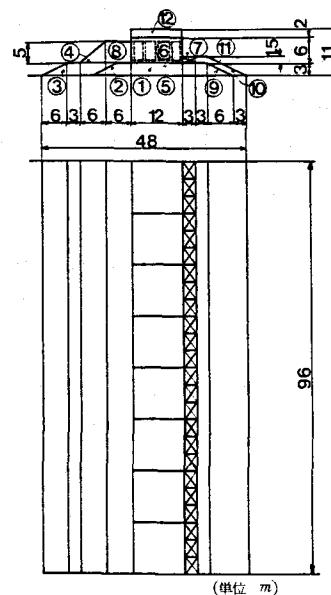


図-5 ケーソン式防波堤工事の諸元

表-2 工種別作業限界波高の例

	(単位 m)				
	基礎捨石 被覆捨石	本均し・荒均し 被覆均し	ケーソン 掘付	堤固方塊 掘付	消波ブロック 掘付
H1/3	1.0	1.0	0.8	1.2	1.0

4. ケーソン式防波堤工事への応用

図-5 は、計算に用いたケーソン式防波堤工事の断面図と平面図を表わしている。延長が 96 m、ケーソン 8 基で 12 の工種 (表-3 参照) から構成されている。表-4 は、各工種別の総工事量、作業グループの 1 日当たりの標準作業量と資源の組み合わせを表わしている。また各資源の最大利用可能資源量も併記してある。たとえば、基礎捨石の総工事量は 7776 m³ で、作業グループ (捨石船 1 隻と潜水士船 1 組で作業を行う) の標準作業量は 360 m³/日であることを示している。

図-6 は、12 の工種をメッシュ構造に表現したもので、断面図の中で空白の部分は作業量が零である。

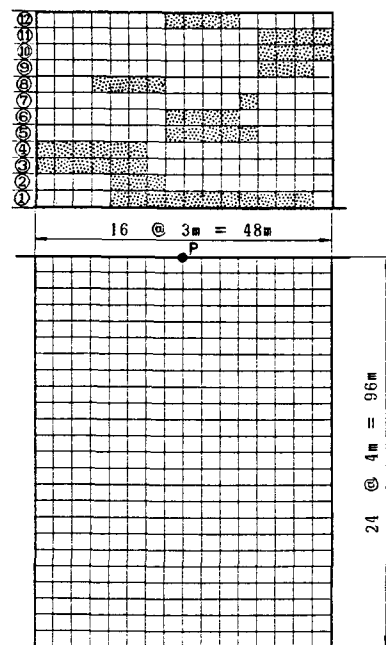


図-6 メッシュ構造への変換

表-3 ケーソン式防波堤工事の工種

記号	工 種 名
A1	基礎捨石
A2	基礎荒均し (外側)
A3	被覆捨石 (外側)
A4	被覆均し (外側)
A5	基礎本均し
A6	ケーソン据付
A7	根固方魂据付
A8	消波工
A9	基礎荒均し (内側)
A10	被覆捨石 (内側)
A11	被覆均し (内側)
A12	上部コンクリート

表-5、表-6及び表-7は、それぞれ各工種間の先行距離マトリックス、時間距離マトリックス、保安距離マトリックスを表現している。表-5の先行距離マトリックスにおいて、0及び ∞ の値が技術的先行距離を、その他が管理的先行距離を表わしている。たとえば、基礎捨石 (A1) は、ある施工位置において他の全ての工種とは無関係に作業を進めることが可能 (他の工種との先行距離は全て ∞) であるが、自分自身との先行距離は50mとしている。これは基礎捨石をある基準点より連続的に行うことを目的としていることによる。同様に外側の基礎荒均し (A2) は、その位置において基礎捨石 (A1) が終了してからでないと作業を開始できないが (基礎捨石に対する先行距離が0)、他の工種とは無関係に進めることが可能である。表-6の時間距離マトリックスより、全ての工種は、基礎捨石 (A1) が終了

してから5日以上たたないと、その位置での作業を開始することが出来ないことを意味している。また表-7の保安距離マトリックスは、先にも述べたように並行して同時に複数の箇所で作業を行う場合の各作業位置間の確保すべき最短距離 (これらの値は実際の値ではなく、単なる計算上の値である) を表わしている。この中でケーソン据付 (A6) と全ての工種との保安距離が ∞ となっているのは、ケーソン据付中は他の作業を行わないことを意味している。

最後に、工種間の優先順位は次のように設定した。

- (1) ケーソン据付 (A6) を最優先させる。
- (2) 次に港外側の工種を優先させる。
- (3) 最後に後続する工種数の多い工種を優先させる。

これらの基準に従って工種間の優先順位を設定すると、次のようになる。

(A6)-(A1)-(A5)-(A2)-(A3)-(A4)-(A7)-(A8)-(A9)-(A10)-(A11)-(A12)

また同じ工種内でのジョブ間の優先順位は、図-6に示したp点を基準とし、p点に近いジョブほど優先順位を高く設定する。

表-4 各工種のデータ

工 種	単 位	総工事量	標準作業量	作 業 グ ル ー プ				
				R1	R2	R3	R4	R5
A 1 基 礎 捨 石	m ³	7776	360	1	1			
A 2 基礎荒均し (外側)	m ²	576	48		1			
A 3 被覆捨石 (外側)	m ²	3456	360	1	1			
A 4 被覆均し (外側)	m ²	1728	48		1			
A 5 基礎本均し	m ²	1440	24		1			
A 6 ケーソン据付	基	8	1				1	
A 7 根固方魂据付	基	24	6		1	1		
A 8 消 波 工	m ²	4320	360	1	1			
A 9 基礎荒均し (内側)	m ²	864	48		1			
A 10 被覆捨石 (内側)	m ²	1512	360	1	1			
A 11 被覆均し (内側)	m ²	1152	48		1			
A 12 上部コンクリート	m ³	2304	288					1
最大利用可能資源量				2	8	1	1	1

R1 : 捨石船 R2 : 潜水士船 R3 : 起重機船 R4 : 曳船 R5 : ミキサ船

表-5 先行距離マトリックス (単位m)

A \ A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	50	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
2	0	30	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
3	0	0	50	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
4	0	0	0	30	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
5	0	0	∞	0	∞	30	30	∞	∞	∞	∞	∞
6	0	0	0	0	0	0	20	∞	∞	∞	∞	∞
7	0	∞	∞	∞	0	0	0	20	∞	∞	∞	∞
8	0	0	0	0	0	0	0	50	∞	∞	∞	∞
9	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	30	∞	∞	∞	∞
10	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	50	∞	∞	∞
11	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	30	∞	∞
12	0	∞	∞	∞	0	0	∞	∞	∞	∞	20	∞

表-6 時間距離マトリックス (単位日)

A \ A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表-7 保安距離マトリックス (単位m)

A \ A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	30	30	30	30	30	∞	30	30	30	30	30	30
2	30	5	30	5	5	∞	30	30	5	30	5	30
3	30	30	30	30	30	∞	30	30	30	30	30	30
4	30	5	30	5	5	∞	30	30	5	30	5	30
5	30	5	30	5	5	∞	30	30	5	30	5	30
6	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
7	30	30	30	30	30	∞	30	30	30	30	30	30
8	30	30	30	30	30	∞	30	30	30	30	30	30
9	30	5	30	5	5	∞	30	30	5	30	5	30
10	30	30	30	30	30	∞	30	30	30	30	30	30
11	30	5	30	5	5	∞	30	30	5	30	5	30
12	30	30	30	30	30	∞	30	30	30	30	30	30

以上のデータを用いて、図-2に示したメッシュ式工程管理モデルのフローに従い、工程管理を行った結果を次に示す。

図-7は、工種別の工程表(休みを除いた実質工程)を、バーチャート形式と座標式(一部分だけを表示)に表現したものである。また図-8は、捨石船と潜水土船の山積み図を表わしている。図-7からもわかるように、ケーソン据付(A6)を行っている時は他の全ての工種は作業を行っていない。また座標式工程表から優先順位の低い工種は、作業が直線的に進捗しており、逆に優先順位の低い工種は、段階的に作業を行っていることがわかる。

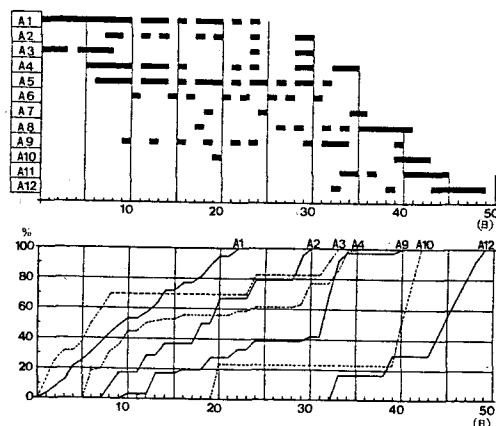


図-7 バーチャート及び座標式工程表

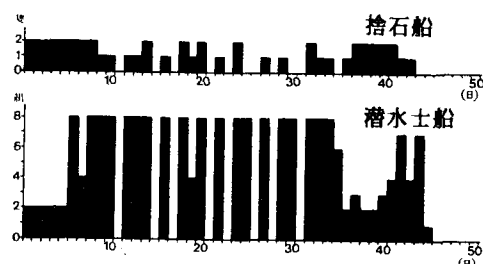


図-8 捨石船及び潜水土船の山積み図

図-9は、基礎捨石(A1)と基礎本均し(A5)の進捗状況(作業開始日から10日目)を平面的(ラインプリンターに出力)に見たものである。図の中で、3はメッシュ内の作業量が零であることを、2は作業をまだ行っていないメッシュを、1はすでに作業を完了したメッシュを表わしている。また0は当日(10日目)作業を行っているメッシュを表現している。いずれの工種共基準点p付近から作業を進めていることがわかる。

5. 埋立工事への応用

埋立工事は、一般に沿岸付近の比較的水深の浅い所に土砂等を投入して陸地を造成することが多く、その投入方法としては直接投入と間接投入に分けることができるが、本節では、土運船による直接投入方式を考え工程管理を行う。

大規模な埋立工事の場合は、採土管理、配船管理

SIMULATION DAY = 10

NO = 1 (SUTEISI1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
4	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
5	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
6	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
7	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
8	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
9	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
10	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
11	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	3
12	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	3
13	3	3	3	3	0	0	0	0	0	2	2	1	1	1	1	3
14	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
15	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
16	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
17	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
18	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
19	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
20	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
21	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
22	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
23	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
24	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3

NO = 5 (NARASI3)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3	3	0	0	1	1	1	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	0	0	0	3	3	3	3
4	3	3	3	3	3	3	3	0	2	2	1	1	3	3	3	3
5	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
7	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
8	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
9	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
10	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
11	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
12	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
13	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
14	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
15	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
16	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
17	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
18	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
19	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
20	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
21	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
22	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
23	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
24	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3

図-9 基礎捨石及び基礎本均しの進捗状況

及び埋立管理と土砂の採取から投入に至る一連の作業をいかにスムーズに管理するかが大きなポイントとなり、中でも埋立管理は次のような点について注意を必要とする。

- (1) 作業範囲が広大なため、投入位置の指定や出来高管理が必要である。特に直投埋立が進捗し水深が浅くなると、船舶が浅部に乗り上げないようにするとともに、地盤を均等に仕上げるよう土運船の誘導を必要とする。
- (2) 使用船舶が大型であるため、保安距離に十分

注意する必要がある。

- (3) 軟弱地盤上等に投入する場合は、地盤破壊を防止するため、各工種間に十分な時間距離を確保する必要がある。

- (4) 施工を連続して行うため、先行距離に注意する必要がある。

また大規模な埋立工事の場合は、埋立地の部分的な供用や埋立地に建設される構造物等を考えて、埋立予定地を適当な工区に分割し、各工区間に優先順位を決めて工事を実施する場合がある。また、施工区域に複数の基準点を設け、その基準点を中心に工事を進めることも考えられる。

図-10は、土運船による直接投入部分だけを示しており、全体は5層からなっている。一番下の層は敷砂工 (A1) を表わしており、2層目 (A2) から5層目 (A5) までは埋立工 (直投1から直投4) である (表-8参照)。先行距離、時間距離及び保安距離を表-9、表-10、表-11に、また各工種の総工事量、作業グループ1日当たりの標準作業量及び作業グループと資源の組み合わせを表-12に示す。ここで表-10に示した工種間の時間距離が下層の工種間ほど大きくなっているのは、軟弱地盤等の破壊を防止するためである。

埋立工事の工程管理モデルの考え方は、前節のケーソン式防波堤工事の例と同じである。ここでは工事全体を工区に分割せず、基準点を複数個設定し

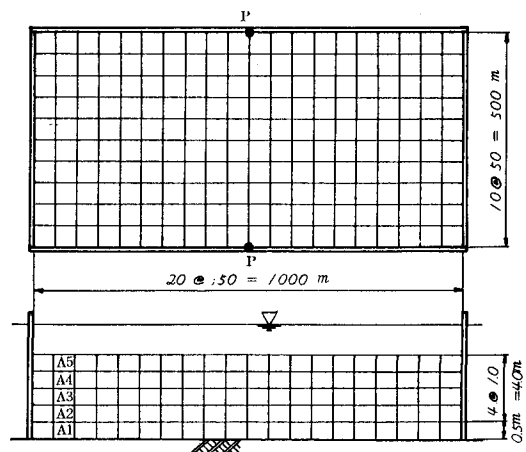


図-10 埋立工事の諸元

表-8 埋立工事の工種

	工 種
A 1	敷 砂 工
A 2	埋立工（直投1）
A 3	埋立工（直投2）
A 4	埋立工（直投3）
A 5	埋立工（直投4）

表-9 先行距離マトリックス

(単位 m)

	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
A 1	100	∞	∞	∞	∞
A 2	0	100	∞	∞	∞
A 3	0	0	100	∞	∞
A 4	0	0	0	100	∞
A 5	0	0	0	0	100

表-10 時間距離マトリックス

(単位 日)

	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
A 1	0	0	0	0	0
A 2	5	0	0	0	0
A 3	5	4	0	0	0
A 4	5	4	3	0	0
A 5	5	4	3	2	0

表-11 保安距離マトリックス

(単位 m)

	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
A 1	100	100	100	100	100
A 2	100	100	100	100	100
A 3	100	100	100	100	100
A 4	100	100	100	100	100
A 5	100	100	100	100	100

(図-10のp点)、基準点を中心に工事を進める。
つまり基準点に近いジョブほど優先順位が高く、また工種間の優先順位は下層の工種程高いものとする。

表-12 各工種のデータ

工種	単位	総工事量	作業グループ の標準作業量	作業グループ	
				R1	R2
A 1	m ³	250,000	2,500	1	-
A 2	・	500,000	・	-	1
A 3	・	・	・	-	1
A 4	・	・	・	-	1
A 5	・	・	・	-	1

(R1 : 砂撒船、 R2 : 土運船)

図-11は、工種別工程表と砂撒船及び土運船の山積み図を示している（利用可能資源量は、砂撒船が2隻、土運船が10隻である）。ここで砂撒船は埋立工には使用出来ないとしているので、52日目以降は稼働していない。また土運船も工事の初期においては、時間距離と保安距離の制約により稼働率が低い結果となっている。図-12は、工事の進捗状況と砂撒船（R1）及び土運船（R2）の投入位置を平面的に見たもので（15日ごとの出来高を表示）、工事の進捗状況が単に累積出来高だけでなく、空間的にとらえることが出来、またその進捗状況も基準点を中心に広がっていることがわかる。

このようにメッシュ式工程管理モデルを用い、工事の進捗状況を空間的に表示することが出来るため、土砂の投入位置の指定や出来高管理が容易に行える。また本計算例の場合は、基準点を2か所設定し基準点を中心に工事を進めているが、基準点が1か所の場合でも工期的には同じ結果となった（ただし、工事の進捗状況は異なる）。

6. 結語及び今後の展開

本論文は、工事全体を多層のメッシュ構造に分割し、先行距離、時間距離及び保安距離の概念を導入することにより、工程管理を空間的・時間的に表現する方法を提案した。この手法は、特に工種間の関係が多層構造を構成し、かつ工事領域が広範囲にわたるような工事に対しては有効であると思われる。またメッシュ式工程管理モデルの応用として、作業効率による工期の算定、ケーソン式防波堤工事及び

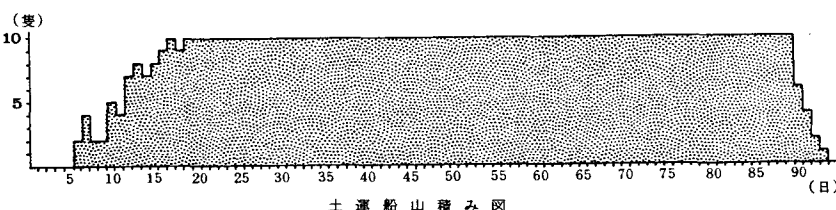
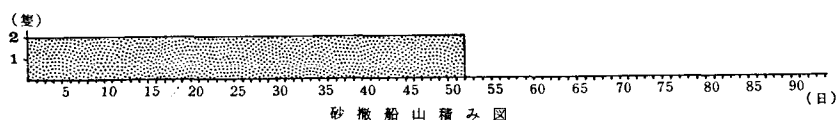
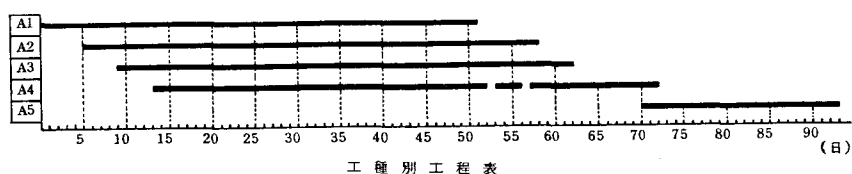


図-11 工程表及び資源の山積み図

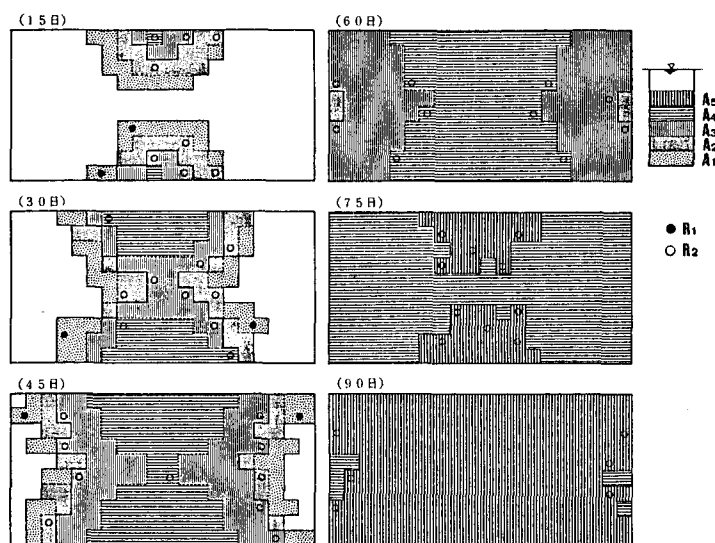


図-12 工事の進捗状況と資源の配置

埋立工事への応用を図った。本研究により得られた結論は次のとおりである。

- (1) 工事全体を多層のメッシュ構造に分割することにより、空間的表示が可能となる。従って、グラフィックディスプレイを用い、作業箇所やジョブ間の関係が視覚により判断できる。

- (2) 先行距離、時間距離及び保安距離を導入することにより、ジョブ間の関係が明確になり、また容易に工事をシミュレートすることが可能となった。

- (3) 従って、種々の条件下で経済的資源量や工期の評価、工程表の作成、資源の山積み図が容易

に作成できる。

- (4) 毎日の工程管理において工種別作業可能位置や工事量を明示することが可能なため、資材計画が容易となる。
- (5) 工種別作業効率を用いることにより、工期の算定が容易に行える。
- (6) ケーソン式防波堤工事や埋立工事にメッシュ式工程管理モデルを応用することにより、捨石や土砂等の投入位置の指定や、出来高管理が容易となる。

また、今後の展開としては工程管理手法の総合化、工程管理表現のビジュアル化が考えられる。工程管理手法の総合化とは、従来計画のレベル（基本計画や詳細計画）によって、工程計画手法を使いわけると同様に、ある計画（管理）レベルにおいても複数の計画（管理）手法を併用することが考えられる。たとえば、本論文の応用例で示した港湾工事は、海上部だけの工事を対象としたが、実際には図-13に示すように陸上部と海上部の工事の整合性を図る必要がある。この場合、陸上部の工事に対してはPERT式工程管理手法を適用し、海上部の工事に対してはメッシュ式工程管理モデルを適用することが考えられる。そしてメッシュ式工程管理モデルの中に陸上部の工事をリンクさせることにより、全体の工程管理を行うことが出来るものと思われる。同様に図-14に示す工程管理と資源管理は各々異なる管理手法

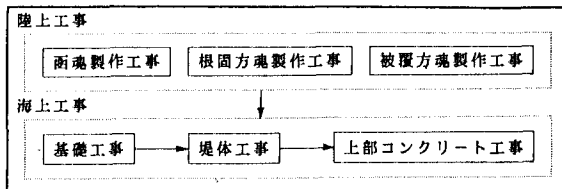


図-13 工程管理の総合化

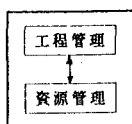


図-14 施工管理の総合化

を用いているが、これらの管理は互いに関連し合っているため、総合化した管理手法の作成が必要とされる。工程管理表現のビジュアル化については、近年パソコンの普及が目ざましく、それとともないCAD等のソフトの開発も急速に進んでいる。その結果、従来は困難であった三次元グラフィックや多様な表示方法が可能となりつつある。図-15は、図-5に示したケーソン式防波堤工事を三次元的に表現したものであり、出来高や作業位置を立体的に確認することが可能である。しかし、これらの表示方法や形式の開発に当たっては、実際現場においてどのようなニーズがあり、どのような表現方法が望ましいかを調査する必要がある。

最後に、本論文に対し貴重なご意見をいただきました計画・管理技法小委員会の平田小委員長を始め各委員諸氏に対し深謝の意を表わします。

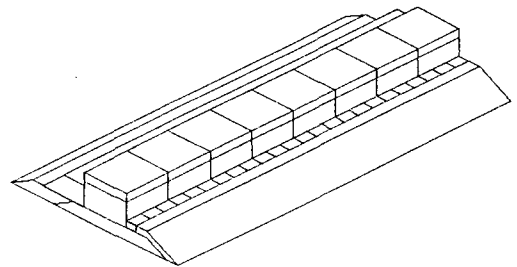


図-15 ケーソン式防波堤工事の三次元表示

参考文献

- 1) 奥山・佐藤：座標式工程表による工程計画手法の開発、港湾技術研究所報告、Vol. 23, No. 3, 1984-9.
- 2) 吉川・春名：建設工事における総括工程計画モデルの開発研究、土木計画学研究論文集、No. 1 pp. 243-250, 1985-1.
- 3) 須田・湯沢：外洋波浪の影響を受ける港湾工事の工程管理と波浪予測、土木計画学研究論文集 No. 1, PP. 235-242, 1984-1.
- 4) 須田・湯沢：メッシュ式工程管理モデルによる港湾工事の工程管理、土木学会論文集、No. 359 / IV4, PP. 71-80, 1985-7.