

東北大学○正員 湯 沢 昭

東北大学 正員 須 田 照

1 概要 港湾工事の中でも防波堤工事は、自然条件の影響を大きく受け、また工事期間も限定されることから、適確な波浪予測と工程管理が必要とされる。波浪予測は、作業安全上欠くことのできない要因であり、本論では統計的波浪予測手法(参考文献)を用い、短期予測(ノ-3日)を行なっている。工程管理は、工程計画に基づき、作業の進捗状況の把握や作業手順の変更等を行ないながら、労働力や機械設備・資材調達の要素を最も効果的に活用しようとするものである。

本報告では、ケーソン式防波堤工事を想定し、安全管理と工程管理を行なうものであるが、防波堤は空間的な広がりを持ち、施工場所により作業順序や投入資源が異なるため、進捗状況も単なる積み上げ方式では全体を捕えることは困難であると思われる。従って、ここでは保安距離と先行距離の概念を導入し、空間的な工程管理について検討を行なう。また、近年現場においてマイコンの導入が進められ、そのグラフィック機能を利用することにより、工事全体の進捗状況や重点作業位置等が視覚により容易に把握できるものと思われる。

2 空間的工程管理の基本的考え方 先行距離と保安距離を用いて、空間的工程管理を行なう場合の基本的考え方について述べる。まず始めに、本報告で用いる要素について説明すると

- (1) 資源 →ジョブ(作業)を進める上で必要な労力・船舶・機械等からなる。
- (2) 作業グループ →ノつのジョブを行なうに必要な資源の集合(基礎捨石には、ガット船と潜水士船が必要)。
- (3) アクティビティ→工事を構成する要素であり、ジョブの集合として表わされる(基礎捨石、ケーソン据付等)。
- (4) ジョブ →アクティビティを基本単位(面積・体積)で分割したもので、作業グループと空間的位置により規定される。
- (5) 先行距離 →基本的にはアクティビティの先行関係により規定され、あるアクティビティが他のアクティビティに対し先行できる最大距離(表-1)。
- (6) 保安距離 →ジョブを同時に並行して行なう場合の作業安全上の最短距離(表-2)。

今、全体の工事(A)をアクティビティの集合 $\{A_i\}$ 、アクティビティをジョブの集合 $\{J_{im}\}$ と考える。

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_N\}, \quad A_i = \{J_{i1}, J_{i2}, \dots, J_{im}, \dots, J_{iM}\}$$

また、アクティビティ $\{A_i\}$ は、作業済ジョブ $\{S_i\}$ と未作業ジョブ $\{S_i^1\}$ に分けることができる。

$$A_i = \{S_i, S_i^1\} \quad S_i = \{S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{ik}, \dots, S_{iK}\} \\ S_i^1 = \{S_{i1}^1, S_{i2}^1, \dots, S_{i1}^L, \dots, S_{iL}^1\} \quad \text{ただし } K+L=M$$

未作業ジョブ集合 $\{S_i^1\}$ のうち、先行距離(D_{ij})を満足するジョブの集合を $\{S_i^1\}$ とすると、 $\{S_i^1\}$ の集合は、次の条件を満足する未作業ジョブ集合の部分集合となる。

$$S_i^1 = \{S_{ia}^1 \mid \forall j \in N, d_{ij}^1 \leq D_{ij}\} \equiv \{S_{i1}^1, S_{i2}^1, \dots, S_{ir}^1, \dots, S_{iR}^1\} \text{-----} (/) \\ \text{ただし } d_{ij}^1 = \min |S_{i1}^1 - S_{jk}|, (k=1, 2, \dots, K)$$

(式-1)で表わされるジョブの集合は、保安距離(D_{ij})を満足するジョブとそうでないジョブに分割することができる。保安距離を満足しないジョブについては、アクティビティの優先順位の低い方のジョブを $\{S_i^1\}$ の集合から消去する。以上の結果より、先行距離と保安距離が満足されるジョブの集合 $\{S_i^1\}$ が決定される。

$$S_i^j = \{S_{ir}^j \mid \forall j \in N, d_{ij} > D_{ij}^j\}$$

$$\equiv \{S_{i1}^j, S_{i2}^j, \dots, S_{it}^j, \dots, S_{iT}^j\} \dots \dots \dots (2)$$

ただし $d_{ij} = \min |S_{ir}^j - S_{ih}^j|, (h=1, 2, \dots, R)$

	基礎 捨石	基礎本 荒均し	ケーソ ン掘付	根固ブ ロック	被覆 捨石	被覆 均し	根固 捨石
基礎捨石	50	∞	∞	∞	∞	∞	∞
基礎本・荒均し	0	20	40	∞	∞	∞	∞
ケーソン掘付	0	0	*	∞	∞	∞	∞
根固ブロック	0	0	0	*	∞	∞	∞
被覆捨石	0	0	0 (∞)	0 (∞)	50	∞	∞
被覆均し	0	0	0 (∞)	0 (∞)	0	20	∞
根固捨石	∞	∞	∞	∞	∞	∞	50

(表-1) 先行距離 (D_{ij}^j) (m)

	基礎 捨石	基礎本 荒均し	ケーソ ン掘付	根固ブ ロック	被覆 捨石	被覆 均し	根固 捨石
基礎捨石	50	50	∞	50	50	50	50
基礎本・荒均し	50	10	∞	50	50	10	50
ケーソン掘付	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
根固ブロック	50	50	∞	50	50	50	50
被覆捨石	50	50	∞	50	50	50	50
被覆均し	50	10	∞	50	50	10	50
根固捨石	50	50	∞	50	50	50	50

(表-2) 保安距離 (D_{ij}^j) (m)

	先 行 関 係
Aブロック	基礎捨石→基礎本・荒均し→ケーソン掘付→根固ブロック→被覆捨石→被覆均し
Bブロック	基礎捨石→基礎本・荒均し→被覆捨石→被覆均し
Cブロック	根固捨石

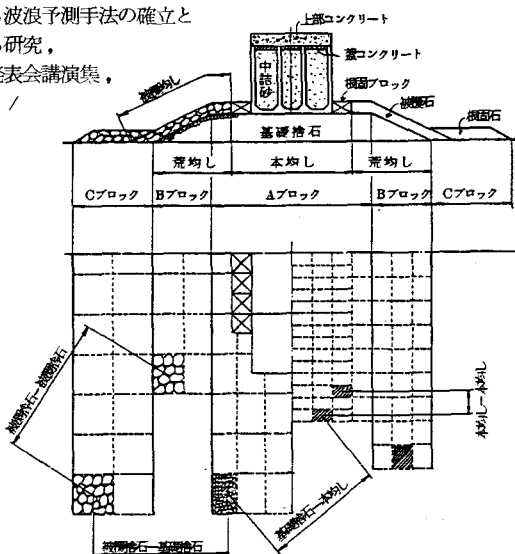
(表-3) ブロック別アクティビティの先行関係

3 ケーソン式防波堤工事の安全及び工程管理 ケーソン式防波堤の構造及びジョブの構成を(図-1)に、各ブロックのアクティビティの先行関係を(表-3)に示す。また工事全体の安全管理と工程管理のフローを(図-2)に示してある。本システムの前提条件は次のとおりである。

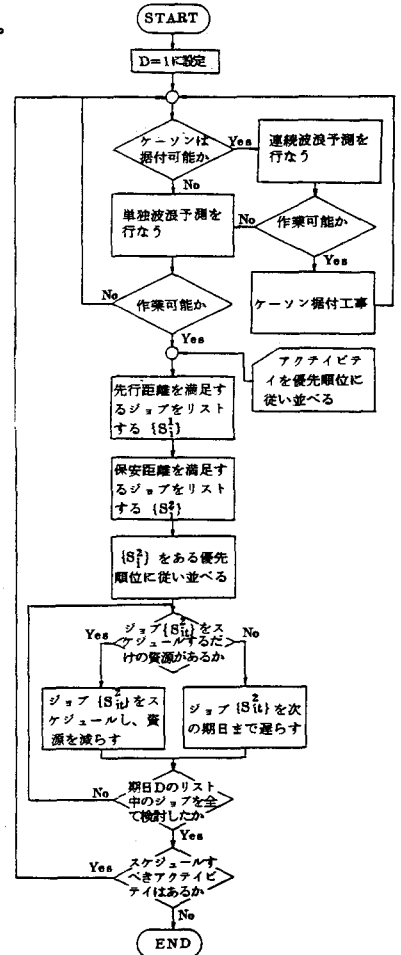
- (1) 波浪予測を行ない、作業中の予測波高がアクティビティの限界波高以上の場合は遊休とする。
- (2) ケーソン掘付工事を行なう場合は、他のアクティビティは行なわない。
- (3) 同時にできるだけ多くのアクティビティをスケジュールする。
- (4) 同じ資源について複数のアクティビティが競合する時は、ある優先順位に従うものとする。
- (5) ジョブの大きさは、作業グループの/日当りの作業量を基本とし決定する。

4 まとめ 座標式工程計画を用いることにより、空間的工程管理はある程度可能であるが、アクティビティが多くなるにつれ作業順序や位置を解析的に求めるのはあまり实际的でない。本研究では、工事全体を多層のメッシュ構造に分割し、先行距離と保安距離の概念を用い、ヒュースティックな手法による工程管理を行なっている。これにより作業位置や出来高が空間的に明示可能であり、同時にコンピュータによる管理も容易に行なわれるものと思われる。なお、計算結果等に関しては講演時に発表する予定である。

(参考文献) ○湯沢, 室井, 須田;
多変量解析による波浪予測手法の確立と
その応用に関する研究,
土木計画学研究発表会講演集,
No.5, 1983・1



(図-1) ケーソン式防波堤の構造及びジョブの構成



(図-2) 安全管理及び工程管理のフロー