

株式会社臨海土木工業所 正会員 竹内益雄

植山幸雄

河田和己

わが国の最近の高度成長経済にもない、産業伸張の基盤としての工業用地はいちぢるしい臨海性向を有し、また港湾整備としての航路、泊地等のしゅんせつ工事の必要性が強まってきた。しかし最近造成される臨海工業地帯には、附近に埋立用土砂、特に良質の土砂がほとんどなく、そのため遠隔地の土取場から良質土砂を大量にしかも低価に入手する土砂輸送方式の採用が必要となり、また大量の航路泊地をしゅんせつする期込港湾等のしゅんせつにおいても、近くに土捨て場がなく遠距離に輸送することが多くなってきた。この方式には、掘削機能と運搬機能を区分したしゅんせつ船・押船・土運船による船団をもつて施工にあたるのが有利であるが、これらの作業船の組合せ方式がその経済性を大きく支配する。本研究ではこの問題を究明すべく、備讃瀬戸航路しゅんせつ工事を例にとつて、最適しゅんせつ船団計画の策定およびそのときの稼働率の算定を科学的におこなつたものである。ただし、ここにいう最適しゅんせつ船団とは、単位時間においてしゅんせつ土量/区あたりの各作業船の遊休による損失費用を最小にするしゅんせつ船団のことと定義する。

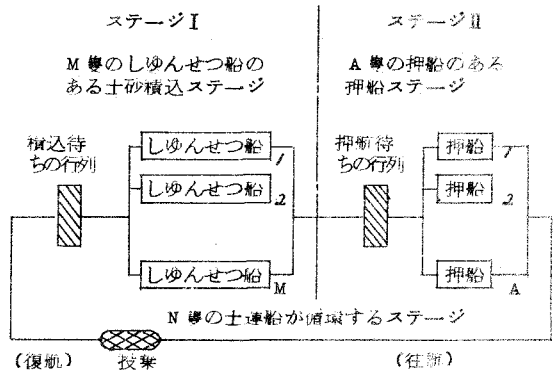
一般的に考えて、それぞれ能力の等しいしゅんせつ船がM隻、押船がA隻、土運船がN隻いるものとし、しゅんせつ船団の動態を図式化すると図一ノのように有限母集団のサイクルキューの問題となる。土運船の循環に要する所要時間、しゅんせつ船の積込時間等は一定ではなくある分布形に従うとして把握する方がより現実的である。備讃瀬戸航路しゅんせつ工事におけるしゅんせつ船団の動態分析を各作業船の実績をもとにしておこなつた結果、しゅんせつ船のサービス時間は平均値 $\frac{1}{\mu_1}$ 、相 k_1 のアーラン分布に、押船のサービス時間は平均値 $\frac{1}{\mu_2}$ 、相 k_2 のアーラン分布に従うと仮定してさしつかえないことがわかつた。ステージI、IIにおける土運船の隻数を n_1, n_2 ($n_1+n_2=N$)とし、土運船は先着順にサービスを受けるものと仮定する。いまシステムの状態が、($n_1, N-n_1$)のときの状態確率を $P(n_1, N-n_1)$ とし、 H_i ($i=I, II$)をステージIにおいてサービスを受けている(している)船の隻数とすると、

$$H_I = \sum_{n_1=0}^{M-1} n_1 P(n_1, N-n_1) + M \sum_{n_1=M}^{N-A} P(n_1, N-n_1) + M \sum_{n_1=N-A+1}^N P(n_1, N-n_1) \quad (1)$$

$$H_{II} = A \sum_{n_1=0}^{M-1} P(n_1, N-n_1) + A \sum_{n_1=M}^{N-A} P(n_1, N-n_1) + \sum_{n_1=N-A+1}^N (N-n_1) P(n_1, N-n_1) \quad (2)$$

となる。一般に定常状態においては、サービスを受けている土運船のアーランの各仮想窓口にいる確率は等しくなるので、(1)、(2)式はM、N、A、 $\frac{1}{\mu_1}$ 、 $\frac{1}{\mu_2}$ の関数として表わされる。つきにしゅんせつ船、押船、土運船の稼働率は、(1)、(2)式を用いてそれぞれ

図一ノ しゅんせつ船団の動態モデル



$$U_M = H_I/M \quad U_A = H_I/A \quad U_N = (H_I + H_{II})/N \quad (3)$$

となる。このときの1日あたりM、A、N隻あたり平均遊休時間(単位:日)は、それぞれ

$$T_W^M = M(1-U_M) \quad T_W^A = A(1-U_A) \quad T_W^N = N(1-U_N) \quad (4)$$

となる。つぎに故障、悪天候等偶発的に発生する事象については、備讃瀬戸航路しゅんせつ工事現場のデータをもとに統計的に処理した。H_M、H_A、H_Nを各作業船の休止隻数とすると、稼働率は

$$U_M^* = (H_I - H_M)/M \quad U_A^* = (H_I - H_A)/A \quad U_N^* = (H_I + H_{II} - H_N)/N \quad (5)$$

となる。また最適船団の定義にもとづいて、目的関数を定めるとつぎのようになる。ここにC_M、C_A、C_Nは、1日あたりの遊休による損失費用、Qは1日の平均総しゅんせつ土量をあらわす。

$$C = \frac{C_M(M - M_I) + C_A(A - H_I) + C_N(N - H_I - H_{II})}{Q} \quad (6)$$

またQは次式にて表わされる。

$$Q = 24 \gamma \cdot R \cdot H_I \cdot 1/\mu_1 \quad (7)$$

ここにγはしゅんせつ船のしゅんせつ時間と運転時間の比、Rは1回に積込む土量である。したがって(6)式におけるCの値を最小にするしゅんせつ船団の構成を求めればよいことになる。

つぎに、このようにして策定したモデルが現実の施工状況に適合するか否かを検討することが重要である。その方法として現実に施工されているある工事現場の条件をモデルに与え、さらにその現場の休止時間を考慮してそのときの遊休率を求める。この両者の比較差が小さいほど、モデルの現実への適応性が高いことになる。本研究では備讃瀬戸航路しゅんせつ工事と番の州土地造成工事を例にとつた。この工事現場はしゅんせつ船1隻、押船3隻、土運船4隻にて施工されているもので、比較した結果を表一に示す。これより明らかなように、モデルによる計算値と施工実績の差は極めて小さい。したがって、本研究において策定した数学モデルは現実への適応性が高いということが実証された。将来の工事計画等に役立てるため、上述のモデルに種々の条件を代入し、電子計算機により計算し、さらにその結果を図表化した。その1例として、1日あたりの損失費用と、片道運航距離の関係を図一に示す。本研究で提案した数学モデルは、デジジョンメイキングをする際の1つの科学的な判断の材料を提供するものである。われわれはこの最適船団計画モデルの計算結果を基礎とし、これに現場の長年の経験を加味するならば、さらに高度なデジジョンメイキングが可能になると確信して

表一 遊休率の比較

| 船 | 距離 km | 計算値 | 施工実績 | 誤差 |
|--------|----------|-------|-------|-------|
| しゅんせつ船 | 22 | 0.299 | 0.320 | 0.021 |
| | 23 | 0.323 | 0.320 | 0.003 |
| | 24 | 0.326 | 0.320 | 0.006 |
| 押船 | 22 | 0.116 | 0.090 | 0.026 |
| | 23 | 0.104 | 0.090 | 0.012 |
| | 24 | 0.102 | 0.090 | 0.012 |
| 土運船 | 22 | 0.192 | 0.138 | 0.054 |
| | 23 | 0.187 | 0.138 | 0.049 |
| | 24 | 0.188 | 0.138 | 0.059 |

図一 1日あたり損失費用と

