

IV-15 浚渫船の作業計画について(その2)

京都大学工学部 学生員 河上省吾

1. 待合せ理論による解析的方法 昭和37年の土木学会年次学術講演会において、浚渫船団の作業は待合せ理論を応用すると2段階のサービス段からなる閉鎖循環システムとして取扱うことができることを述べた。すなわち浚渫船団が浚渫工事を行う場合の各施設の遊休により生ずる総損失は、式(1)で表わされる。

$$\text{総損失関数 } L(A, M, N) = \{C_a A_i + C_m M_i + C_e (L_{g1} + L_{g2})\} \cdot \frac{1}{M - M_0} \cdot \frac{R}{Q} = H(A, M, N) \cdot \frac{R}{Q} \quad (1)$$

$$\text{単位損失額 } H(A, M, N) = \{C_a A_i + C_m M_i + C_e (L_{g1} + L_{g2})\} / (M - M_0) \quad (2)$$

ここに、 A ：曳船の隻数、 M ：浚渫船の隻数、 N ：土運船の隻数

A_i ：平均遊休曳船隻数、 M_i ：平均遊休浚渫船隻数、 L_{gj} ：ステージJ(J=1,2)における平均遊休土運船隻数、 R ：総工事量、 Q ：1隻の浚渫船の単位時間浚渫量

C_a ：1隻の曳船の単位時間当たりの費用、 C_m ：1隻の浚渫船の単位時間当たりの費用、 C_e ：1隻の土運船の単位時間当たりの費用

先に、合理的な船団構成決定の一手段として、単位損失額 $H(A, M, N)$ が最小となる船団をもって最適船団とするという方法が考えられることを述べた。(講演概要Ⅱ部 P177)

ここでは、この考え方に従って、実際に数値計算を行い最適船団の構成を決定してみた。

まず実測のデータを用いて浚渫船が1隻、2隻、3隻の場合について、 A, N のいろいろな値の組み合わせに対して $H(A, M, N)$ の値を計算した。単位損失額は μ_0 (μ_0 ：平均積込み時間、 μ_2 ：平均往復曳航時間、積込み時間、曳航時間ともに指数分布となすものと仮定している) の値によって変化するが、ここでは $\mu_0 = 0.2, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8$ の各場合について計算した。なお C_a, C_m, C_e としては、各船の単位時間当たりの運転費を用い、運転費の算出においては人件費、償却費、定期整備費、宿日直料、燃料費、材料費などを考慮した。ここで用いた各船の運転費は、 $C_a = 2708 \text{ 円/hr}$ 、 $C_m = 6832 \text{ 円/hr}$ 、 $C_e = 984 \text{ 円/hr}$ である。 $H(A, M, N)$ の値の計算結果の一部($\mu_0 = 0.2$ の場合)を図-1に示しておいた。 $\mu_0 = \alpha$ ($\alpha = 0.2, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8$)、 $M = M_0$ ($M_0 = 1, 2, 3$) の場合に $\min_{A, N} H(A, M, N)$ を与える船団を浚渫船が M_0 隻の場合の $\mu_0 = \alpha$ に対する最適浚渫船団構成であるとして表-1に示した。

また、このとき各船団構成における工事完了までの総工事費 $D(A, M, N)$ を式(3)により計算

表-1 最適浚渫船団構成

μ_0 (%)	浚渫船が1隻の場合					浚渫船が2隻の場合					浚渫船が3隻の場合				
	曳船 (隻)	土運船 (隻)	単位損失額 (円)	単位工事費 (円)	損失率	曳船 (隻)	土運船 (隻)	単位損失額 (円)	単位工事費 (円)	損失率	曳船 (隻)	土運船 (隻)	単位損失額 (円)	単位工事費 (円)	損失率
0.2	5	7	7,028	33,305	0.211	9	13	4,637	30,914	0.150	14	19	3,697	29,974	0.123
0.6	2	4	5,209	19,178	0.272	4	7	3,606	17,576	0.205	5	10	2,941	16,911	0.174
1.0	1	3	5,148	16,656	0.309	3	6	3,247	14,756	0.220	4	8	2,517	14,025	0.179
1.4	1	3	4,085	14,539	0.281	2	5	2,753	13,206	0.208	3	7	2,229	12,682	0.176
1.8	1	3	3,774	13,641	0.277	2	5	2,694	12,562	0.214	2	7	2,165	12,032	0.180

してみると、浚渫船が1, 2, 3隻の各場合に、表-1の最適船団構成において総工事費も最小となることがわかった。実際には総工事費そのものの値を計算することができないので単位工事費 $K(A, M, N)$ の値により総工事費の大小を比較した。 $K(A, M, N)$ の値の計算結果の一部($\mu_0=0.2$ の場合)を図-2に示しておいた。また最適船団における $K(A, M, N)$ の値を表-1に付記しておいた。

総工事費

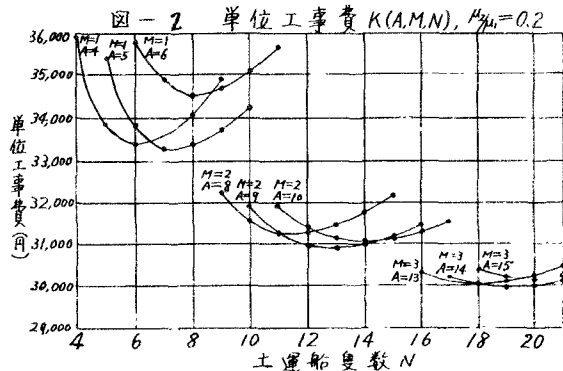
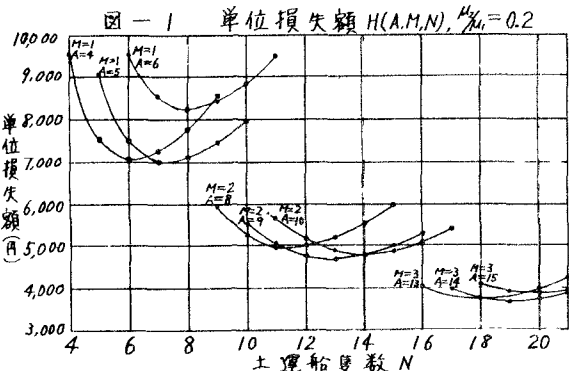
$$D(A, M, N) = (C_a A + C_m M + C_n N) \cdot \frac{1}{M - M_i} \cdot \frac{R}{Q} = K(A, M, N) \cdot \frac{R}{Q}$$
(3)

単位工事費

$$K(A, M, N) = (C_a A + C_m M + C_n N) / (M - M_i)$$
(4)

ところで、本研究においては、保有する施設を最も有効に利用することを目的として施設の遊休による損失を最小とする船団が最適船団であるとしたわけであるが、そのようにして決めた最適船団は総工事費とも最小とすることがわかった。従ってここに述べた船団構成法は経済性を考慮した場合の最適船団構成法であることが確認できたわけである。

次に、最適船団における総工事費 D に対する総損失額 L の比率、損失率 $\%L = \mu_0$ を計算してみると表-1に示すような値となった。



以上の計算結果から、最適船団における総損失、総工事費、損失率は、 μ_0 が一定の場合、浚渫船の隻数が多くなるほど小さくなることがわかる。また当然のことであるが、土捨場までの往復曳航時間が短いほど最適船団における総損失、総工事費は小さくなる。従って浚渫船が多いほど、また土捨場が近いほど経済的に工事を行うことができる。そこで実際の工事現場では、保有する浚渫船の隻数に限度がある上に、浚渫現場の広さからも使用できる浚渫船の隻数に制限が加えられるが、許される範囲内で最大の浚渫船隻数と採用してそのときの最適船団を構成するとともに、土捨場をできるだけ近くに選ぶようにすべきであろう。本研究の数値計算には京都大学に設置されている電子計算機KDC-1を使用した。

2. シミュレーションによる方法

以上では、浚渫船団の積込み、曳航に要する時間(サービス時間)の分布が指数分布に従うものとして理論的に計算を進めた。しかし一般にはサービス時間は指数分布をしていない場合が多く、そういう場合の待ち行列による数学的解析はほとんど不可能に近い。そこでサービス時間がどんな分布をしていてもそのモデルの解析が行えるような方法が必要となってくる。そのような解析方法の一つとしてモデルカルロ法を応用したシミュレーションを用いる方法が考えられる。今後は、電子計算機を用いて浚渫船団のシミュレーションによる解析を進める予定である。