

平成27年度

# アジテータを搭載した台船による コンクリートの運搬方法について — 釧路港における現場実態調査に基づく 積算の検討結果について —

釧路開発建設部 釧路港湾事務所 第1工務課

○大西 弘芳  
川崎 章  
川西 健孔

防波堤の上部コンクリート打設は、台船バケット方式での施工が一般的である。しかし、釧路港では運搬距離が長く、スランプロスが大きくなり施工性が悪くなるため、受注者は適正な品質確保が難しいと判断し、アジテータを搭載した台船による運搬方法を採用している。

このため、官積算と施工実態に乖離がある。本報文では、代価表を作成するための実態調査を行い、現場実態に即した積算（案）を報告する。

キーワード：設計・施工

## 1. はじめに

防波堤上部工のコンクリート規格は、C-5S（スランプ5cm）が標準であるが、北海道開発局での運用上、施工性を考慮して平成22年度からはC-5PS（スランプ8cm）が、積算可能となった。

この背景は、台船バケット方式で海上運搬する際のスランプロスにより、バケットからコンクリートが出なくなるなどの施工性の低下を防止するため、予めスランプロスを見込み、打設箇所においてスランプ5cmが確保できる規格に変更することが、業界関係者から要望されたことによる。

しかし、釧路港の受注者は、スランプ8cmの規格でもスランプロスが大きく、施工が難しいと判断し、アジテータ車を台船に搭載し、常時攪拌しながら海上運搬する施工方法（以下、台船アジテータ方式とする）を採用しており、実態に即した積算とする様に要望されている。

そこで、スランプロスの実態や施工性を把握するための実証実験を行い、結果を反映したコンクリート運搬の積算（案）を作成したので、その内容について報告する。

## 2. 実証実験について

これまで行った実証実験の内容について述べる。

現場条件として、積出岸壁から打設箇所である島防波堤および新西防波堤までの運搬距離は、図-1に示すとおり約3kmと遠距離であり、1日当たりの打設量は40～100m<sup>3</sup>である。



図-1 釧路港西港区

### (1) 実証実験1

表-1に示すとおりC-5PS（スランプ8cm）のコンクリートについて、標準の台船バケット方式、台船アジテータ方式、台船バケット方式（流動化剤添加）の3パターンについて供試体（1m×1m×1m）を製作し、施工性の検証を行った。

結果として、台船アジテータ方式のスランプロスが1.5cmと少ない。また、施工性についても表-2に示すとおり台船アジテータ方式の施工に要する時間が他と比べ短いことがわかった。

表-1 スランプロスの比較結果

分類	台船バケツ方式	台船アジテータ方式	台船バケツ方式 流動化剤添加
岸壁着スランプ	8.5cm	8.5cm	8.0cm
流動化剤添加後	—	—	12.0cm
現場着スランプ	1.5cm	7.0cm	4.5cm
スランプロス	7.0cm	1.5cm	7.5cm

表-2 施工に要する時間の比較結果

分類	台船バケツ方式	台船アジテータ方式	台船バケツ方式 流動化剤添加
打ち込み時間	7分	4分	8分
天端仕上げ時間	8分	7分	8分
合計時間	15分	11分	16分

## (2) 実証実験 2

次に、台船アジテータ方式において、スランプが異なるC-5SおよびC-5PSの2パターンのコンクリートについて実際に島防波堤の胸壁（打設量56m<sup>3</sup>/日）を打設し、品質、施工性について比較した。（図-2）

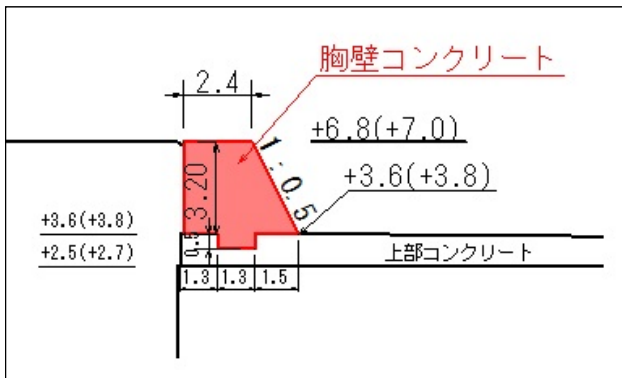


図-2 島防波堤断面図

なお、使用するバケツについては、スランプによって異なり、コンクリートの流動性を考慮した構造となっている。図-3に示すように、C-5PSに使用するバケツは、落下角度が45度で容量が1.4m<sup>3</sup>であるのに対し、C-5Sに使用するバケツは、既往の実績により落下角度が30度以内となっており、容量は0.6m<sup>3</sup>である。

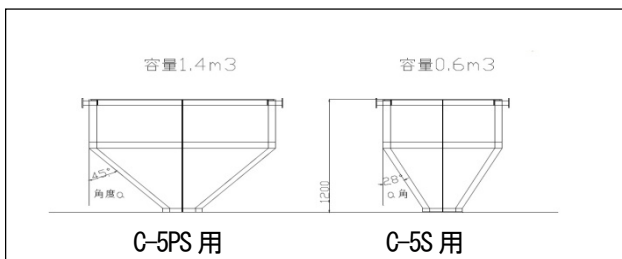


図-3 バケツの形状比較

結果として、圧縮強度は表-3に示すとおりで品質に大きな差はないものの、運搬から打設までの時間は表-4に示すようにC-5PSの打設時間はC-5Sに比べ短く、施工性に優れることがわかった。これは、バケツの容量が大きい分、台船から打設箇所までクレーンの旋回回数が少ないことが主な要因であり、コンクリート投入時間、コンクリート締固めの時間が短くなったためである。

表-3 圧縮強度試験結果の比較

材齢	C-5PS	C-5S
$\sigma_7$	16.0N/mm <sup>2</sup>	15.7N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{28}$	26.3N/mm <sup>2</sup>	26.2N/mm <sup>2</sup>

表-4 運搬から打設までの時間比較（1航海当り）

分類	台船アジテータ方式	
	C-5PS	C-5S
アジテータ車搭載時間	8分	6分
台船運搬時間	25分	26分
コンクリート投入時間	27分	43分
コンクリート締固め時間	4分	8分
台船運搬時間	27分	27分
打設時間合計	91分	110分
差	—	19分

以上がこれまで行った実証実験の内容であるが、施工箇所は釧路港西港区の第1線防波堤であり、海上作業であることから波浪の影響を受けやすい。

図-4に示すようにC-5Sで施工を行うと、コンクリート打設から次に打設する型枠組立までを1日で終わることができないのに対し、C-5PSで施工を行うと、その作業が1日で完了することができる。

そのため、波浪の影響を受けない作業可能日を効率よく確保することができることから、C-5PSでの打設が適当である。



図-4 打設サイクル比較結果（打設量56m<sup>3</sup>/日の場合）

### 3. 現場実態の把握

#### (1) 実態調査

台船アジテータ方式によるコンクリート運搬の積算(案)を作成するにあたり、現場実態を把握するため、詳細の施工サイクル(施工にかかる時間の計測結果)、および機械構成について聞き取り調査を行った。

#### (2) 施工サイクル

台船アジテータ方式の施工サイクルは、図-5のとおりである。

①岸壁に着岸した台船に渡版を陸上クレーンで設置する。

②アジテータ車が台船に乗船する。(写真-1)

③渡版を撤去する。

④アジテータ車を乗せた台船を引船で海上運搬する。

(写真-2)

⑤打設箇所に着岸し、バケットでコンクリートを打設する。(写真-3)

⑥アジテータ車に搭載のコンクリートを全て打設後、引船で海上運搬する。

⑦台船が岸壁に着岸後、渡版を設置する。

⑧アジテータ車を下船させる。

この作業を打設完了まで繰り返す。



写真-1 アジテータ車の台船への乗船状況



写真-2 台船の海上運搬状況



写真-3 コンクリート打設状況

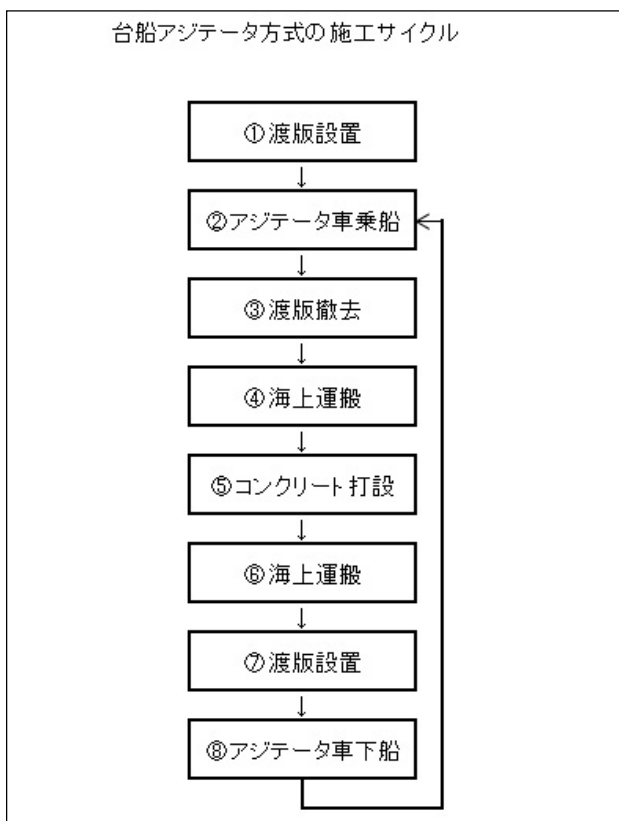


図-5 台船アジテータ方式の施工サイクル

### (3) 機械構成

台船アジテータ方式によりコンクリート運搬が行われる複数の工事について、実際に使用する機械構成について聞き取り調査を行った結果、表-5に示すとおりとなった。

表-5 機械構成の聞き取り集計結果

1日当り打設規模	38~56m <sup>3</sup> (60m <sup>3</sup> 以下)	90m <sup>3</sup> (60m <sup>3</sup> を超え120m <sup>3</sup> 以下)
アジテータ車基本台数	2台	3台
陸上クレーン	ラフレンクレーン 25t吊	ラフレンクレーン 35t吊
台船	鋼700t積	鋼700t積
台船	鋼700t積	鋼700t積
引船	鋼D 500PS型	鋼D 500PS型
引船	鋼D 500PS型	鋼D 500PS型
海上クレーン	起重機船 非航旋回 鋼D 70t吊	クレーン付台船 100t吊
コンクリートバケット	1.5m <sup>3</sup> 1個	3.0m <sup>3</sup> 1個
渡版	19.0m×B4.0m×H0.3m W=8.42t	19.0m×B4.0m×H0.3m W=8.42t

## 4.積算(案)の検討

### (1) 積算(案)の検討フロー

積算(案)については、作業形態が類似するため港湾請負工事積算基準<sup>2)</sup>における台船バケット方式のコンクリート運搬歩掛を基本に作成する。

積算(案)の検討フローは、図-6のとおりである。

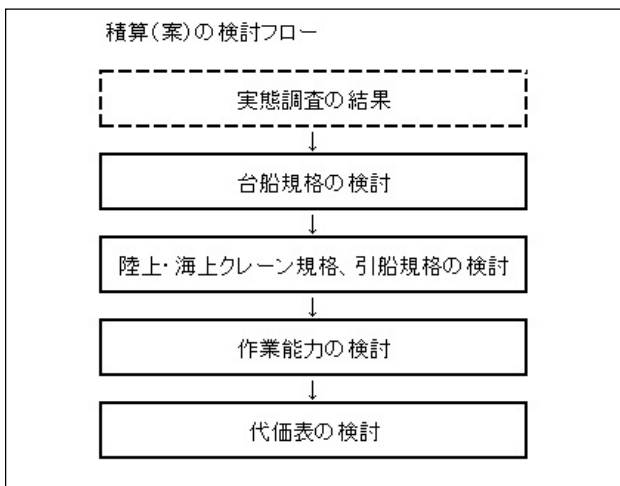


図-6 積算(案)の検討フロー図

### (2) 台船規格の検討

台船はアジテータ車が搭載できる最低限の面積が確保されていればよいことから、アジテータ車の台数によって台船の最適な規格を選定する必要がある。

アジテータ車の標準的な大きさ、台船の規格別標準形状からアジテータ車の基本台数が2台および3台のときそれぞれにおいて台船の規格を検討する。

アジテータ車は、ドラム容量8.7m<sup>3</sup>、最大混合容積4.4m<sup>3</sup>の標準的な規格として検討し、その大きさは全長7.8m、全幅2.5mである<sup>1)</sup>。

#### a) 1日当り打設規模が60m<sup>3</sup>以下の場合

1日当り打設規模が60m<sup>3</sup>以下の場合、アジテータ車の台数は2台となり、図-7に示すとおりである。

アジテータ車の標準的な規格については前述のとおりであるが、余裕幅を確保したうえ配置した結果、少なくとも長さ25.8m、幅9.0mの台船が必要である。

港湾請負工事積算基準<sup>2)</sup>において設定されている標準規格で適当な台船の規格は、鋼300t積(26.0m×11.0m)となった。

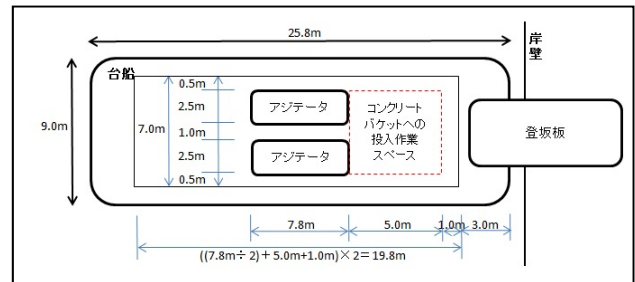


図-7 アジテータ車2台における台船規格検討

#### b) 1日当り打設規模が60m<sup>3</sup>を超え、120m<sup>3</sup>以下の場合

1日当り打設規模が60m<sup>3</sup>を超え、120m<sup>3</sup>以下の場合、アジテータ車の台数は3台となり、図-8に示すとおりである。

前項と同様にしてアジテータ車を配置した結果、少なくとも長さ25.8m、幅12.5mの台船が必要であり、同様に港湾請負工事積算基準で設定されている標準規格で適当な台船の規格は、鋼500t積(32.0m×13.0m)となった。

#### c) 1日当り打設規模が120m<sup>3</sup>を超え、192m<sup>3</sup>以下の場合

1日当りの打設規模が120m<sup>3</sup>を超え、192m<sup>3</sup>以下の場合については、施工実態がなく、本検討の対象外とする。



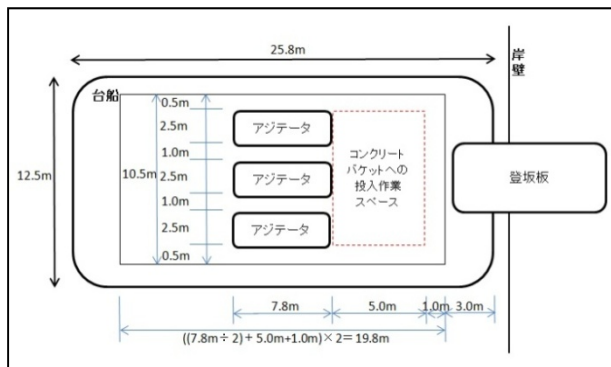


図-8 アジテータ車3台における台船規格検討

### (3) 陸上・海上クレーン規格、引船規格の検討

台船アジテータ方式の機械構成について、現場条件等を勘案した結果、表-6のとおりとなった。

表-6の内容について、陸上クレーンについては、渡版(W=8.42t)の設置・撤去の作業のみとなるため、港湾請負工事積算基準<sup>2)</sup>における最小規格を設定する。

海上クレーンの規格については、コンクリートバケット重量及び作業半径等の現場条件により選定する。

また、引船の規格については、選定した海上クレーンの規格との標準組み合わせを港湾請負工事積算基準<sup>2)</sup>により設定する。

表-6 積算(案)における機械構成

1日当り打設規模	60m <sup>3</sup> 以下	60m <sup>3</sup> を超え120m <sup>3</sup> 以下
アジテータ車台数	2台	3台
海上クレーン	起重機船 非航旋回 鋼D t吊 または クレーン付台船 t吊	
台船	鋼300t積	鋼500t積
引船	鋼D PS型*	
陸上クレーン	ラゲレンクレーン 25t吊	
コンクリートバケット	1.5m <sup>3</sup> 1個	3.0m <sup>3</sup> 1個

※海上クレーンとの標準組合せにより決定する。

### (4) 作業能力の検討

作業能力は、基本的に港湾請負工事積算基準<sup>2)</sup>に則り台船バケット方式の歩掛のバケットに関連する部分を、アジテータ車に関連するものに置き換え検討することとする。

歩掛を作成するにあたり、台船アジテータ方式の作業能力を算出する必要があり、そのためには作業にかかる時間を計測し、解析する必要がある。

例として、台船バケット方式によるコンクリート運搬の積算では、港湾請負工事積算基準<sup>2)</sup>において、引船1日当り所要隻数を算出する場合、以下の計算を行う。

引船1日当り所要隻数(隻/日)

$$q_0 \left( \frac{1}{7.5} + \frac{2 \times d}{v} \right) = \frac{n \times q}{n \times q}$$

(小数1位切上げ、最小隻数は1隻)

d: 往復えい航距離(km)

v: 往復平均えい航速度(6.9km/h)

n: コンクリートバケットの積載個数(6個/隻)

q: コンクリートバケットの積載量(m<sup>3</sup>/個)

q<sub>0</sub>: 1時間当り運搬量(m<sup>3</sup>/h)

このとき、計算式に出てくる1/7.5については、コンクリートバケットを台船に積載する際にかかる時間となっている。

台船アジテータ方式については、1/7.5の部分をアジテータ車が台船に搭乗する際にかかる時間として置き換える必要がある。

そのため、アジテータ車が台船に搭乗する際にかかる時間を計測し、その平均値をアジテータ車の積載台数ごとに算出した。

1日当り打設規模が60m<sup>3</sup>以下のとき、アジテータ車積載台数は2台、搭乗時間は10分となり、1日当り打設規模が60m<sup>3</sup>を超え120m<sup>3</sup>以下のとき、アジテータ車積載台数は3台、搭乗時間は14分となった。(表-7)

以上の結果を踏まえ、作成した歩掛は下記のとおりである。

このとき、Q、q<sub>0</sub>については、台船バケット方式によるコンクリート運搬に基づく値を使用する。

qについては、バケットの積載量に代えてアジテータ車の一般的な容量とした。

表-7 各条件値一覧

1日当り打設規模	n	t	Q	q	q <sub>0</sub>
60m <sup>3</sup> 以下	2台	10min	50m <sup>3</sup>	4m <sup>3</sup>	10m <sup>3</sup> /h
60m <sup>3</sup> を超え120m <sup>3</sup> 以下	3台	14min	100m <sup>3</sup>	4m <sup>3</sup>	20m <sup>3</sup> /h
120m <sup>3</sup> を超え192m <sup>3</sup> 以下	—	—	—	—	—

(1) 引船1日当り所要隻数(隻/日)

$$q_0 \left( \frac{t}{60} + \frac{2 \times d}{v} \right) = \frac{n \times q}{n \times q}$$

(小数1位切上げ、最小隻数は1隻)

(2)引船1日当り延運転時間 (h/日)

$$= \left( \frac{t}{60} + \frac{2 \times d}{v} \right) \times \frac{Q}{n \times q}$$

(小数2位四捨五入)

(3)引船1日当り運転時間 (h/日)

$$= \frac{\text{引船1日当り延運転時間}}{\text{引船1日当り所要隻数}}$$

(小数1位切上げ、偶数止め)

(4)台船所要隻数(隻/日) : 引船1日当り所要隻数に1を加算する。

(5)コンクリートバケットの必要数量(個/日) : 1個  
(コンクリート打設箇所で使用)

(6)起重機船等の1日当り運転時間 (h/日)

$$= \frac{Q}{q_0}$$

(小数1位切上げ、偶数止め)

Q : 1日当り運搬量(扱い数量、m<sup>3</sup>/日)

t : アジテータ搭乗関連時間

d : 往復平均えい航距離 (km)

v : 往復平均えい航速度 (6.9km/h)

n : アジテータの積載台数 (台/隻)

q : アジテータの積載量 (4m<sup>3</sup>/個)

q<sub>0</sub> : 1時間当り運搬量 (m<sup>3</sup>/h)

## (5) 代価表の検討

以上の計算の結果、コンクリート運搬(台船アジテータ方式)の代価表は下記のとおりとなった。

### a) 1日当り打設規模が60m<sup>3</sup>以下の場合

1日当り打設規模が60m<sup>3</sup>以下の場合、表-8に示すとおりである。

表-8 コンクリート運搬(100m<sup>3</sup>当り)  
(台船アジテータ方式: 60m<sup>3</sup>以下)

名称	形状寸法	単位	数量 <sup>注)</sup>
クレーン付台船 または 起重機船	t吊 非航旋回鋼D t吊	日	104/Q
台船運轉	鋼300t積	日	104/Q×N
引船運轉	鋼D PS型	日	104/Q×N
ラフテレーンクレーン	(油) 25t吊	日	52/Q
コンクリートバケット	1.5m <sup>3</sup> 1個	日	104/Q
雑材料			

注) 各数量を求める式については、台船バケット方式を準用している。

### b) 1日当り打設規模が60m<sup>3</sup>を超え、120m<sup>3</sup>以下の場合

1日当り打設規模が60m<sup>3</sup>を超え、120m<sup>3</sup>以下の場合、表-9に示すとおりである。

表-9 コンクリート運搬(100m<sup>3</sup>当り)  
(台船アジテータ方式: 60m<sup>3</sup>を超え 120m<sup>3</sup>以下)

名称	形状寸法	単位	数量 <sup>注)</sup>
クレーン付台船 または 起重機船	t吊 非航旋回鋼D t吊	日	104/Q
台船運轉	鋼500t積	日	104/Q×N
引船運轉	鋼D PS型	日	104/Q×N
ラフテレーンクレーン	(油) 25t吊	日	52/Q
コンクリートバケット	3.0m <sup>3</sup> 1個	日	104/Q
雑材料			

注) 各数量を求める式については、台船バケット方式を準用している。

## 5. まとめ

本検討では、台船アジテータ方式によるコンクリート運搬について、現場実態を反映した積算(案)を作成した。

この積算(案)を、釧路港独自の歩掛として活用することで、積算と現場実態の乖離が解消されるものと考えられる。

今後の課題としては、以下のとおりである。

- ① 実態調査で取りまとめた運転時間等のデータを今後も蓄積し、精査していく必要がある。
- ② 今回対象外としたコンクリートの1日当り打設量が120m<sup>3</sup>を超える施工実態がある場合、データを収集し、検討を行う必要がある。
- ③ 今回の積算(案)は、運搬距離が約3kmと限定的であるため、運搬距離の適用範囲を検討する必要がある。

## 謝辞

本検討のため実証実験、および実態調査の実施に伴い、工事受注者の皆様におかれましては、施工中ご多忙のところ多大なご協力をいただきました。この場をお借りして、感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 日本建設機械要覧、社団法人日本建設機械化協会、平成19年3月
- 2) 港湾請負工事積算基準、国土交通省港湾局、平成27年4月