

# 港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE  
OF  
THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No.1063

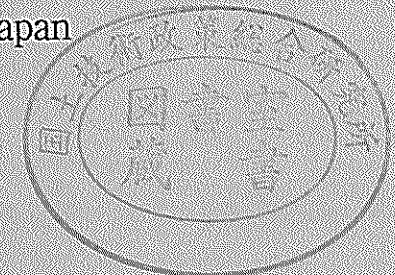
December 2003

軽量型網チェーン式ブロック移設装置の開発

野口 仁志

独立行政法人 港湾空港技術研究所

Independent Administrative Institution,  
Port and Airport Research Institute, Japan



## 目 次

要 旨 .....	3
1. まえがき .....	4
2. 網チェーン式ブロック移設装置の概要 .....	4
2.1 方式の選定 .....	4
2.2 チェーンの構成 .....	4
2.3 チェーンの絡み状況とブロック吊り上げの可否 .....	5
2.4 装置の構成 .....	6
2.5 装置の特長及び期待される効果 .....	7
3. 模型実験 .....	7
3.1 4脚ブロック模型移設実験 .....	7
3.2 映像による操作実験 .....	8
3.3 音声指示による操作実験 .....	9
3.4 6脚ブロック模型移設実験 .....	9
4. ブロック移設実験工事 .....	10
4.1 実験目的 .....	10
4.2 移設対象消波ブロック .....	10
4.3 プロトタイプブロック移設装置 .....	10
4.4 移設実験工事方法 .....	11
4.5 実験結果 .....	11
5. 時間効率及び経済性の検討 .....	11
5.1 時間効率の検討 .....	11
5.2 経済性の検討 .....	13
6. 種々の物体回収への適用 .....	14
7. 結論 .....	14
8. あとがき .....	14
謝辞 .....	15
参考文献 .....	15

# Development of Lightweight Transfer Machine for Blocks Using Net Chains

Hitoshi NOGUCHI\*

## Synopsis

The conventional method to remove wave-dissipating blocks placed in ports and shores is that hanging up the blocks by cranes after making the wire ropes go around the blocks by workers or divers. This method is not always safe because it is unstable work, and the working efficiency is not sufficient because it is troublesome work.

Some transfer machines which use no human power have been developed and introduced in actual work.

However, as their power units to drive chains or fingers are built inside the machines, their weight is equal to or heavier than that of a block to be removed. Consequently, the working efficiency is increased but the cost is not reduced because floating cranes of larger capacity are necessary.

To reduce the cost, I invented a lightweight transfer machine for blocks using net chains, which has no power unit because it is driven by the winding power of crane winch. This machine spreads net chains over the block, pulls net chains by wire rope of the crane to catch the block tight, and hangs up the block. We made a small model of this machine and carried out model block transfer experiment. Moreover, we carried out removing work of 2-ton wave-dissipating blocks by life size trial model.

The effectiveness of this machine has been verified through these experiments, and the working efficiency and the cost have also been calculated on trial.

**Key Words :** wave-dissipating block, transfer, removal, power unit, net chains

---

\* Head, Fluid Mechanics Division, Construction and Control Systems Department  
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan  
Phone : +81-468-445065 Fax : +81-468-440575 e-mail : noguchi@pari.go.jp

# 軽量型網チェーン式ブロック移設装置の開発

野口 仁志\*

## 要 旨

従来、港湾および海岸に設置されている消波ブロックの撤去は、作業員あるいは潜水士が、消波ブロックの隙間にワイヤーロープを通して吊り上げる方法が一般的であるが、不安定な作業であるため危険であり、繁雑であるため作業効率も十分ではない。

これまで人力を用いない移設装置がいくつか開発され、実工事に使用された実績がある。しかし、これらの装置はチェーンや爪を作動させるための動力部を本体に搭載しているため、吊り上げる対象のブロックと同程度かそれ以上の重量である。そのため、起重機船等は従来よりも大型のものが必要となるので、従来に比べて作業効率は高くなったが、コストはあまり変化がない。

そこで、クレーンの巻き取り力で作動するため専用の動力部を必要としない、軽量の網チェーン式ブロック移設装置を考案した。この装置は、網状のチェーンをブロックにかぶせ、クレーンの巻き取り力でチェーンを引き絞ることによりブロックを締め付け、吊り上げる。

本方式の小型模型を製作し移設実験を行った。また、試作機を製作して2トン消波ブロックの移設実験工事を実施した。これらの実験により本方式の有効性を確認するとともに、作業効率、経済性を試算した。

キーワード：消波ブロック、移設、撤去、動力部、網チェーン

---

\* 施工・制御技術部 流体技術研究室長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 独立行政法人 港湾空港技術研究所

電話：046-844-5065 Fax：046-844-0575 e-mail：noguchi@pari.go.jp

## 1. まえがき

港湾および海岸においては膨大な数の消波ブロックが、防波堤もしくは護岸の前面または海底に据え付けられている。港湾および海岸の整備の進捗等に伴い、機能上不要となったり、景観上の観点から撤去、移設する必要が生ずる場合も多い。

従来は、作業員あるいは潜水士が、消波ブロックの隙間にワイヤーロープを通して玉掛けを行い撤去している。しかし、この作業は、足場が不安定で、ブロックに海藻が着生していたりすると危険である。また、消波ブロックは、機能上、背後の防波堤、護岸等に強大な波力が直接及ばないようにそれらの前面に据え付けられており、強大な波の力を直接受ける場所での作業である点でも危険である。

機械化した例としては、これまで、グラブ式ブロック移設装置及びチェーン式ブロック移設装置が開発され工事に使用された実績もある<sup>1)</sup>。

前者の例としては、民間において開発された3本爪によるものや旧運輸省第一港湾建設局で開発された6本爪（長爪3本、短爪3本）の装置がある。これらは、油圧シリンダーにより3本あるいは6本の爪の位置を調整して爪をブロック間の隙間に差し込みブロックを掴むようにする仕組みとなっている。

後者は旧運輸省第一港湾建設局で開発され、環状の一本のチェーンが装置本体より吊り下げられ、このチェーン環がブロックの脚の間に滑り込むように装置の位置を前後左右に調整し、滑り込んだ後にチェーン環の幅を狭め、チェーンを巻き込んでブロックに絡み付ける機構となっている。

しかし、これらの装置はチェーンや爪を操作するための動力部等を有しているため重量が重くなり、吊り上げる対象のブロックと同程度かそれ以上の重さとなっている。

そのため、時間的な作業効率は、従来の人力作業と比較して2倍に向上しても必要とする起重機船も大型のものが必要となり、装置の損料も含め全体として、ブロック1個当たりの撤去移設コストに関しては、あまり変化がないものとなっている。

このような状況を鑑み、動力部を有しない軽量なブロック移設装置の開発に取り組むこととした。

これまで、チェーンを用いた動力部を有しない軽量型ブロック移設装置を考案し、縮尺1/31.4（6.4<sup>ト</sup>ブロックに対する）の移設装置模型を製作し実験を行った。さらに、試作機を製作して2<sup>ト</sup>消波ブロックの移設実験工事を実施した。そしてそれらの結果を基に、作業時間効

率、経済性について試算を行った。本報告は、この開発成果についてとりまとめたものである。

## 2. 網チェーン式ブロック移設装置の開発

### 2.1 方式の選定

これまで、グラブ式及びチェーン式の移設装置が開発されているが、それらの特性を整理したものが、表-1である。

表-1 既存ブロック移設装置の概要

方式	グラブ式		チェーン式
	3本爪	6本爪	1本の環状チェーン
駆動方式	油圧	油圧	油圧
装置重量①	25t	8.5t	3.6t
対象ブロック実重量②	23t	5.75t	5.75t
①/②	1.1	1.48	0.63

表-1に示すように、既存の移設装置では、対象ブロック実重量に対する装置重量は、同等レベルとなり、使用する起重機船等が1ランク大きいものとなり、経済性の点ではマイナスの要因となっている。

そのため、新たに軽量型のブロック移設装置の開発に取り組むこととした。

グラブ式は、爪を操作するための油圧シリンダー等の駆動装置が不可欠と考えられ、軽量化は困難と判断した。

チェーン方式においては、チェーンの巻き込み巻き伸ばしの操作なら、機構的にはクレーンのワイヤーの制御により操作が可能であることから、駆動装置を必要としない装置を開発できる可能性が高く、それによって装置の大幅な軽量化を図れるため、チェーン方式による新たな装置の開発を行うこととした。

### 2.2 チェーンの構成

既存のチェーン式移設装置は、1本の環状チェーンを装置から吊り下げ、そのチェーン環の中に2本のブロック脚が入るように、装置全体を前後左右に動かして操作し、旨く2本のブロック脚をチェーン環の中に入った状態になったところでチェーン環を巻き込んで環の大きさを絞り込み、吊り上げるものであった。

装置全体を前後左右に操作して、旨くチェーンを脚に絡ませるのに時間がかかるため、新装置では、水平面方向に広がりを持たせるようにすることとした。また、チェーン環1つでは、旨く脚に絡ませるのに時間を有す



るため、環を複数もつような構造として、網の目のような形状にチェーンを構成することとした。

また、各網の目を絞り込むのに個々に操作する方法では操作が複雑になるので、1つの操作で共通して網の目の大きさを絞り込む構造が望ましいと考えた。これらの条件を踏まえ、図-1に示すような網チェーン構造とした。網の目の絞り込みは中央部の結節点を細い管の中に引き込むことにより行うものとした。

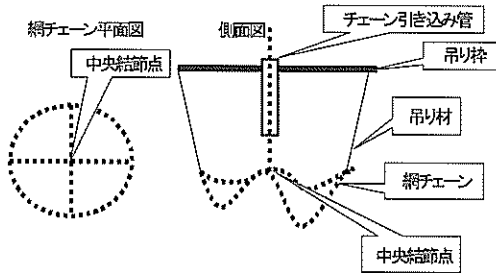


図-1 網チェーン構造図

この網チェーンを広げた状態で、対象とするブロックの上に覆いかぶせ、網の目がブロック脚に絡まった状態になったところで、中央の結節点を管の中に引き込んで網の目の大きさを絞り込むこととした。

### 2.3 チェーンの絡み状況とブロック吊り上げの可否

#### (1) 1本のチェーンの場合

一般に弾力性のない物体をその外側より1本のチェーンで単純に一つの平面内において縛って吊り上げる場合を考える。物体とチェーンの摩擦力を考えない場合、物体が落下しないように吊り上げるには、物体は凹形状であり、その凹部にチェーンを巻いて、チェーンは凸部がすり抜けないような長さ以下に縛っておく必要がある。

4脚の消波ブロックについて、各高さにおける水平方向断面積を定性的に示したものを、図-2,3に示す。なお、ここでは、脚と脚に挟まれた空間も断面積に含まれるものとみなした相当断面積として示した。図-2は、3脚を底面に接する状態での相当断面積を示し、図-3は2脚を底面に接する状態での相当断面積を示したものである。

図-2のようにおかれた状態では、相当断面積の高さ方向の分布においては、凹部（極小値）を持たない。そのため、この状態ではどの高さの位置の水平面においてチェーンを掛けて縛ったとしても、ブロックはすり抜けて落ちることになる。

図-3においては、相当断面積は中央部分が凹部の分布形状を示しているため、中央部分に水平方向にチェーンをかけて絞るとブロックは落ちることなく吊り上げる

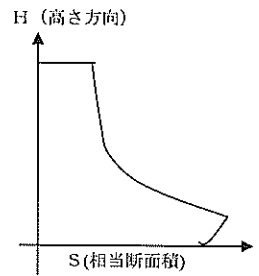
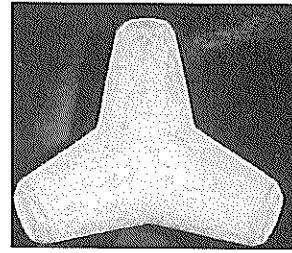


図-2 ブロックの相当断面積の高さ方向分布その1

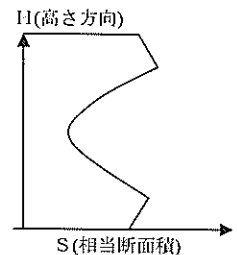
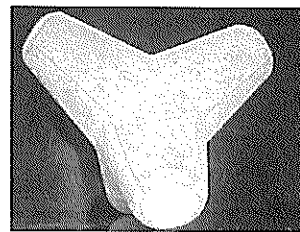


図-3 ブロックの相当断面積の高さ方向分布その2

ことが可能となる。

表現を変えると、図-2のような、ブロックの脚を1本あるいは3本まとめて紐をかけるような掛け方では、ブロックを旨く吊り上げられないが、図-3のように、ブロックの2本の脚をまとめて紐を掛ける掛け方では、旨くブロックを吊り上げられることになる。

本装置を使用する場合は、網の目状チェーンの目の1つがブロック脚の2つをまとめて絡む状態となり、その状態を保ったままで、網の目の大きさを絞り込んでいけば、ブロックがどのような体勢に回転しようともチェーンの網から抜けることなく吊り上げることが可能となる。

#### (2) 複数のチェーンの場合

本装置のように複数のチェーンの目を有する場合、複数のチェーンの目で、ブロック脚の2本をまとめて絡むような効果を得ても、旨くブロックを吊り上げることが

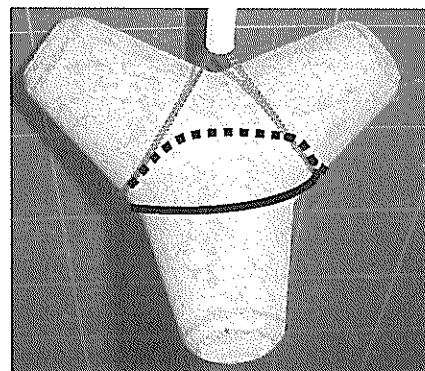


写真-1 2つのチェーンの目による吊り上げ

可能となる。写真-1に示すように、2つのチェーンの目がそれぞれ1つの脚に絡んだ状態では、実線と破線で示すような、一本の仮想チェーンが2脚をまとめて縛っている効果と同様の効果があるので、ブロックを旨く吊り上げることが可能となる。

### (3) ブロックの吊り上げ条件

上述の(1)(2)より、4脚のブロックを本装置で確実に吊り上げるための条件は、

- i) 1つ(以上)の網の目が、2つの脚を一緒に絡める。あるいは、
- ii) 2つ(以上)の網の目が、各々1つの脚を絡める。状態にして、網の目の大きさを絞り込んでいくこと、とまとめることができる。

同様にして、6脚ブロック(写真-2)についても検討すると、6脚ブロックでは、2つのあるいは3つの脚をまとめて絡めることが、ブロックの凹部にチェーンをかけることに相当する。なお、4脚をまとめてチェーンをかけることは、残りの2脚をまとめてチェーンをかけることと同等である。

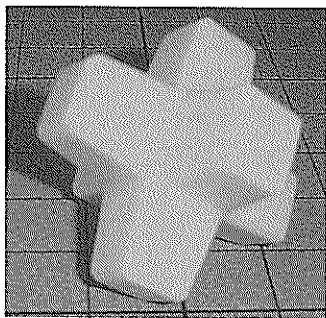


写真-2 六脚ブロック模型

よって、6脚ブロックの場合には、

- i) 1つ(以上)の網の目が、2つあるいは3つの脚を一緒に絡める。

あるいは、

- ii) 2つ(以上)の網の目が、各々1つの脚を絡める。ような状態にして、網の目の大きさを絞り込んでいくことと、まとめることができる。

### (4) 摩擦力の影響について

これまでは、摩擦力が働かないものとして検討を行ってきたが、摩擦力の影響について検討する。摩擦力が働くとチェーンはブロック脚に絡まり易くなるので、吊り上げは、容易となる。ブロックの脚に一本チェーンが絡みついただけの状態でもチェーンの張力が十分大きい場合には吊り上げが可能となる場合もある。

実際の消波ブロックの状況としては、海面付近でブロッ

ク表面に海藻が付着し濡れている場合は、表面はぬるぬるしてほとんど摩擦力は働かない状況にある。

逆に海面付近のブロックで表面にフジツボ等の貝類が付着し、干潮時で表面が乾燥している場合には、チェーンとの間に大きな摩擦力が生じることとなる。

このようにブロックを吊り上げる際には摩擦力はブロックを吊り上げやすい方向に作用し、(3)で述べた条件を満足しなくても吊り上げが可能となる。しかし、その前段のチェーンをブロックの脚に絡ませる作業においては、摩擦力はチェーンがブロック脚の隙間に滑り込む動きを妨げる方向に作用することとなる点には留意する必要がある。

## 2.4 装置の構成

図-4に示すように、装置は吊り下げ用支持フレームに網状チェーンを吊り下げる構成とした。吊り下げられた網状チェーンを移設しようとする消波ブロックの上に覆いかぶせるように支持フレームの位置を調整する。すると、網状チェーンの周囲部は、自重により、絡み合った周囲の消波ブロックとの間の僅かな隙間にも滑り込み、移設しようとする消波ブロックの脚に網の目が絡む。

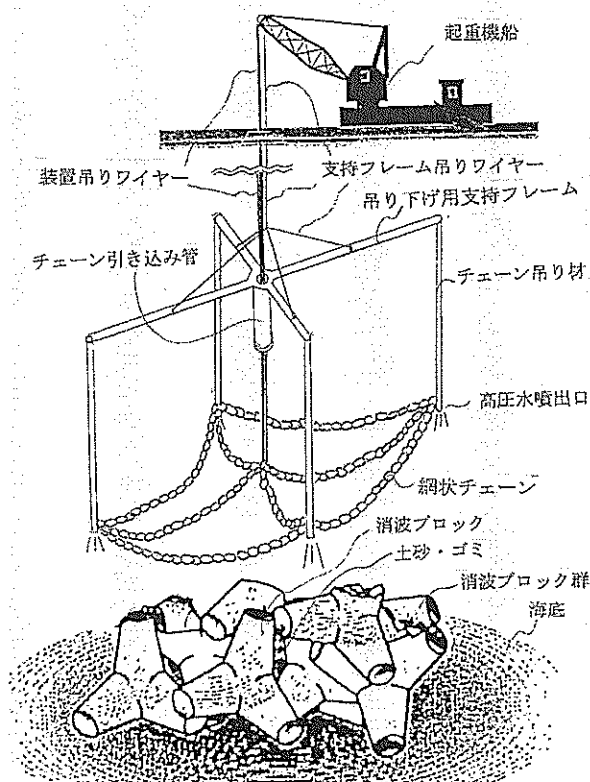


図-4 ブロック移設装置図その1

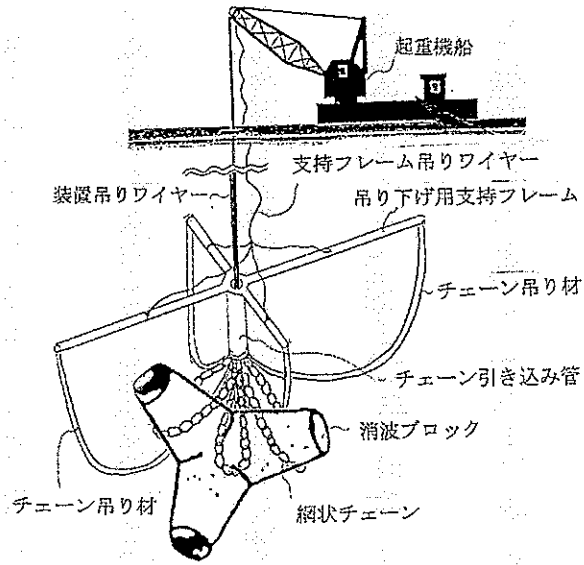


図-5 消波ブロック移設装置その2

装置吊りワイヤーを引き上げると、網状チェーンはチェーン引き込み管より引き込まれ、それに伴い網の目が絞り込まれブロックの脚をしっかりと把持してブロックを吊り上げることができる(図-5)。

また、砂に埋没したブロックの周囲の土砂、ゴミを除去するための高圧水噴出機能も必要に応じ設けることを想定している。

## 2.5 装置の特長及び期待される効果

### ①構造が簡易で軽量

基本構造は網の目状のチェーンとそれを吊り下げる支持フレームのみであり、軽量である。

### ②動力部を有しない

クレーンに吊し、吊りワイヤーの巻き上げ下げにて作動させるので、モータ等の動力装置は不要である。

### ③操作が簡単

基本的に吊り下げているクレーンの操作のみである。

### ④安全性・効率性の向上

従来のような、潜水士がワイヤー掛けする作業が不要となるので、作業の安全性および作業効率の向上が図れる。

### ⑤種々の形状の物体回収への活用

ブロックだけでなく、種々の形状の海面浮遊物あるいは海底落下物等への回収作業への活用が期待出来る。

水深が深い場合、電動あるいは油圧駆動等による回収装置では耐圧構造が大きな課題となるが、本装置の場合、水深、水圧に影響されない構造となっているので、大水深においても吊り上げるワイヤー長を伸ばすだけで

対応可能となる。

## 3. 模型実験

### 3.1 4脚ブロック移設実験

#### (1) 実験方法

6.3t型4脚ブロックの1/32模型(高さ6.6cm重さ184g)に対応する移設装置模型を製作し、ラジコンのトラッククレーン車模型に取り付けた(写真-3)。移設装置模型の支持フレームはクレーン先端より吊り下げ、クレーンのブームの仰角の操作により移設装置模型全体の上下をコントロールした。クレーンの操縦は、ブームの上げ下げ、伸縮、左右旋回、及びワイヤーの巻き上げ巻き下げの8操作である。

乱積みした消波ブロック群の山を、トラッククレーンのラジコン操縦のみにより移設した(写真-4,5)。ブロックの移設先はクレーンのブームを約90°旋回した位置とした。移設先は、18×18×300mmの角材を7cm間隔に配置し、角材の間にブロックを1列に3個ずつ設置するようにした(写真-6)。角材を設けたのは、地面

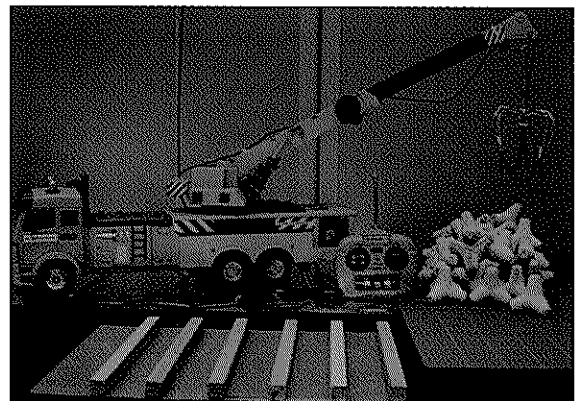


写真-3 4脚ブロック移設模型実験全景

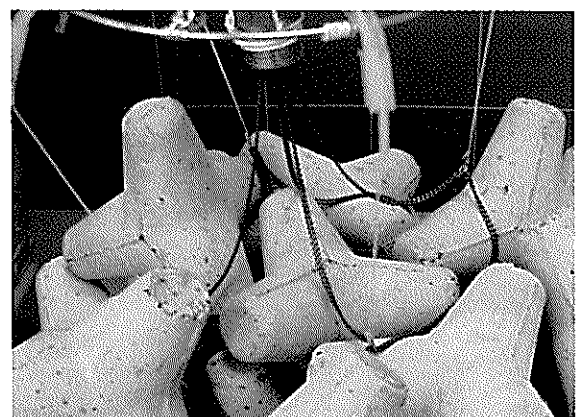


写真-4 ブロック模型へのチェーン絡め状況



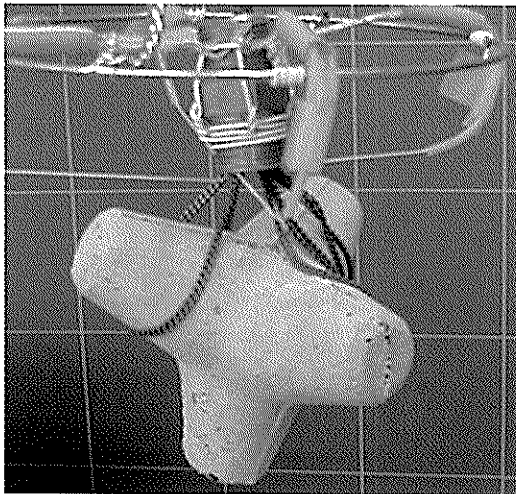


写真-5 ブロック模型の吊り上げ状況

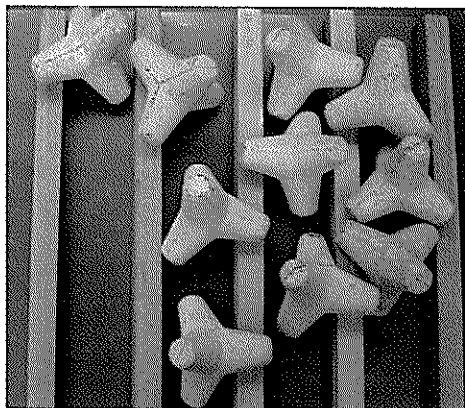


写真-6 ブロック模型移設先の状況

とブロックと脚の隙間にチェーンが挟まれないようにして、ブロックをチェーンから外す作業を円滑に行えるようにするためである。

ラジコン操縦者は、状況を直接目視しながら操作を行った。ラジコンの操縦は、本装置の特性を熟知した同一人が行った。そして30個の消波ブロックを連続して撤去・移設を行い、その状況をデジタルビデオカメラにより記録し、移設作業状況及び所要時間等を分析した。

#### (2) 実験結果及び考察

移設に要した時間の総括を表-2に、各ブロックの移設時間におけるブロック吊り上げまでの所要時間と吊り上げ後の所要時間を図-6に示す。表-2に示すように、1個当たりの移設平均時間は、75秒であり、最小値は39秒、最大値は155秒であった。所要時間の内訳としては、ブロックを絡めて吊り上げるまでの平均所要時間は、35秒、吊り上げ後の所要時間は、40秒であった。吊り

上げ後の所要時間は、24~69秒と45秒以内の幅に収まっているのに対し、吊り上げまでの所要時間は、13~115秒と幅が広がっている。これは、1回の操作で旨くブロックを吊り上げられれば短時間で済むが、旨く吊り上げられず、2~3回と操作を繰り返す場合は、時間を要するためであった。

表-2 4脚ブロック模型移設時間

項目	所要時間	吊り上げまでの所要時間	吊り上げ後の所要時間	備考
(合計)	37分44秒	17分36秒	20分8秒	30個計
平均値	75秒	35秒	40秒	
最小値	39秒	13秒	24秒	
最大値	155秒	115秒	69秒	

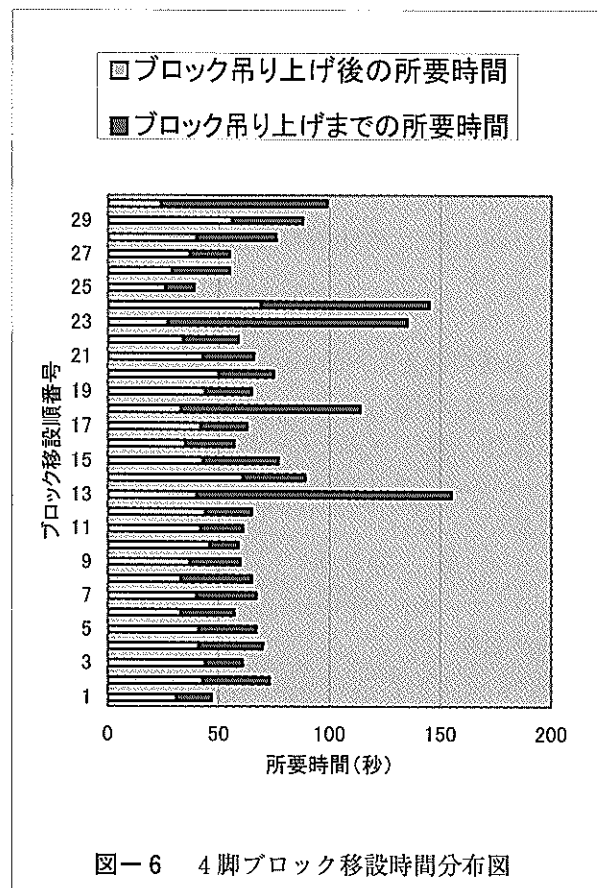


図-6 4脚ブロック移設時間分布図

### 3.2 映像による操作実験

#### (1) 実験方法

3.1の4脚ブロック移設実験において、ラジコン操縦者は、クレーンの先端に据付られた小型カメラ(写真-3)の映像のみを見ながらトラッククレーン模型を操作する

状況下で実験を行い、ブロックの移設を行った。

(2) 実験結果及び考察

表-3に、カメラの映像のみによるブロック移設作業時間と3.1で行った目視による作業時間を示す。

カメラ映像によるブロック1個当たりの撤去時間平均値は73秒で、目視による平均値75秒とほぼ同様の作業時間効率となった。

カメラの映像は、ブロック群の真上からの映像であり遠近感が把握しづらく、ブロックの上下関係が判断しにくい点があるが、その一方で、チェーンがブロックの脚にかかっているかどうかは真上からの映像、チェーンの一部が脚の影に隠れているかどうかで判断ができる利点があった。チェーンの目全体が視認出来るときは、チェーンの目を絞込んだときに、脚はチェーンの目に絡まずにすり抜けるが、チェーンの目の一部が脚の影に隠れていると、チェーンの目を縛り込んだときにはチェーンの目に絡まることが予測できる。そのため、チェーンを巻き上げる前に旨くブロックを吊り上げられるかが判断できるため、確実性が向上する。目視による状況判断では、斜め上方からの視点であるため、ブロック群の影になりチェーンの絡み状況が十分に把握し難い点もあった。

状況によっては、目視と真上からの映像を併用して活用することにより、作業時間効率が向上することも期待できる。

表-3 クレーン先端カメラ映像による操作の作業時間比較

	目視による操作 (30個移設)	カメラ映像による操作 (13個移設)
平均値	75秒	73秒
最小値	39秒	44秒
最大値	155秒	166秒

3.3 音声指示による操作実験

(1) 実験方法

3.1の実験において、操縦者は状況を一切視認せず、別の指示者が状況をみながら、操縦者にクレーンの操作を音声だけの指示で行い、ブロックを移設させる実験を行った。

(2) 実験結果及び考察

1個の移設時間は、3.1の目視による操作実験の約2倍の時間を要したが、移設作業は行えた。

クレーンの操縦は、ブームの上げ下げ、伸縮、左右旋回、及びワイヤーの上げ下げの4操作のみなので、音声だけの指示でも十分作業は可能であることが確認できた。

表-4 目視による操作と指示者の合図による操作の比較

	目視による操作 (30個移設)	指示者の合図による操作 (15個移設)
平均値	75秒	94秒
最小値	39秒	60秒
最大値	155秒	185秒

3.4 6脚ブロック模型移設実験

(1) 実験方法

3.1の4脚ブロック移設実験と同様な方法で、対象とするブロックを乱積み六脚ブロック(図-7、写真-7)として、移設実験を行った。移設場所については、特に

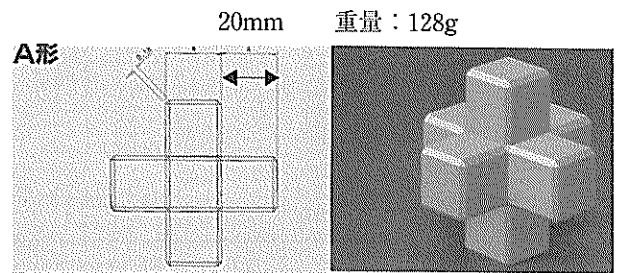


図-7 6脚ブロック模型寸法及び重量

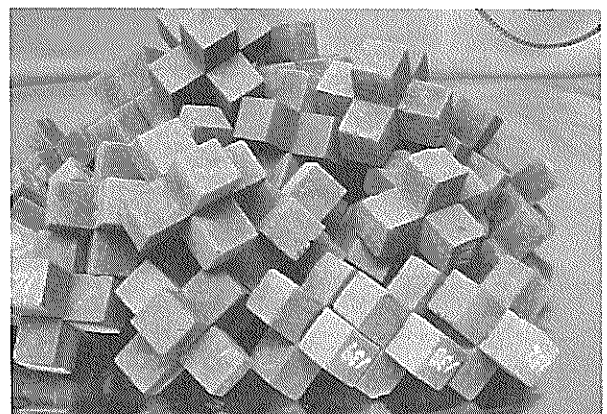


写真-7 6脚ブロック模型乱積み状況

角材は設けず、平面上にブロックを設置した。

なお6脚ブロックは図-7に示されるように面取りがなされているが、本実験で用いた模型では、写真-7に示されるように面取りがなされていないものであった。

(2) 実験結果及び考察

図-8に各ブロックの移設時間分布を、表-5に移設所要時間の結果を示す。また表-6に4脚ブロックの所要時間と比較したものを示す。

4脚ブロックと比較すると1個当たりの平均移設時間は、62秒で、4脚ブロックより13秒短かった。その内訳をみると、吊り上げ後の所要時間はどちらのブロックも約40秒であったが、吊り上げまでの時間が、6脚ブロックの方が約12秒短かった。

2-2(3)のブロック吊り上げ条件で記述したように、4脚及び6脚ブロックともに、2つの脚(以上)を1つあるいはそれ以上のチェーンの網の目で絡めることが必要となる。4脚ブロックでは4本の脚のうち2本の脚を絡める必要があるのに対し、6脚ブロックは、6本の脚の内2本絡めるだけで良いので、確率的には6脚ブロックの

表-5 6脚ブロックの移設所要時間

項目	所要時間	吊り上げまでの所要時間	吊り上げ後の所要時間	備考
(合計)	15分25秒	5分46秒	9分39秒	15個計
平均値	62秒	23秒	39秒	
最小値	45秒	11秒	30秒	
最大値	85秒	46秒	57秒	

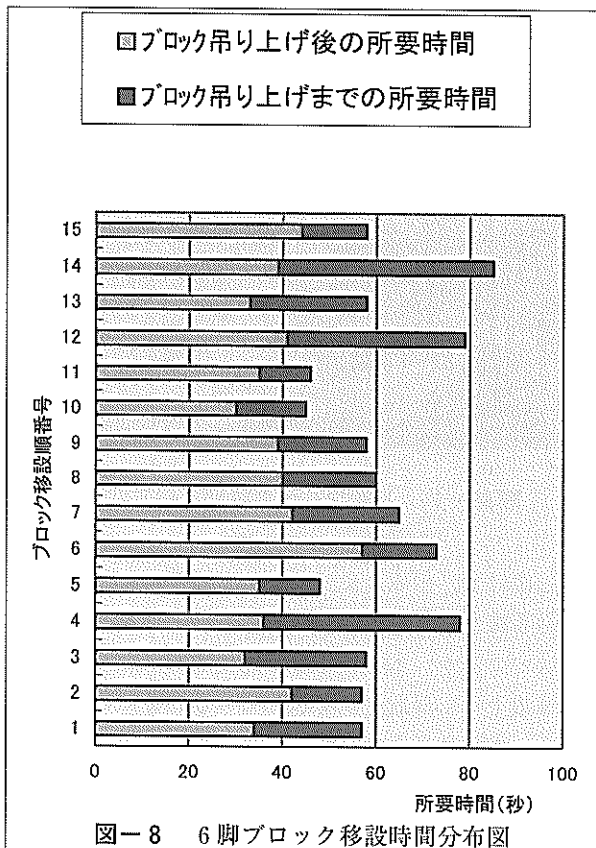


図-8 6脚ブロック移設時間分布図

表-6 6脚ブロックと4脚ブロックの移設所要平均時間の比較

	所要時間	吊り上げまでの所要時間	吊り上げ後の所要時間	備考
6脚ブロック	62秒	23秒	39秒	15個平均
4脚ブロック	75秒	35秒	40秒	30個平均
差	-13秒	-12秒	-1秒	

方が1回の操作で旨く吊り上げられる可能性が高くなり、吊り上げ時間も短縮されると考えられる。

6脚があれば、一般的には、3脚は下方に向けて他のブロックの脚と接し、チェーンの網の目に入れるのは困難であるが、残りの3脚は上方を向いており、そのうちの2脚が網の目に入れば良いだけなので、作業の点では容易である。

#### 4. ブロック移設実験工事

本装置のプロトタイプ機を製作し、護岸の前面に設置されている消波ブロックの移設作業に活用した。護岸前面に設置されている消波ブロックにおいて海面上にあるものを付近の海底面下の適当な場所へ移設するものである。

##### 4.1 実験目的

実物の消波ブロックにおいて本装置(プロトタイプ機)により撤去・移設ができることを確認する。

##### 4.2 移設対象消波ブロック

設置場所：国土技術政策総合研究所横須賀庁舎の護岸前面

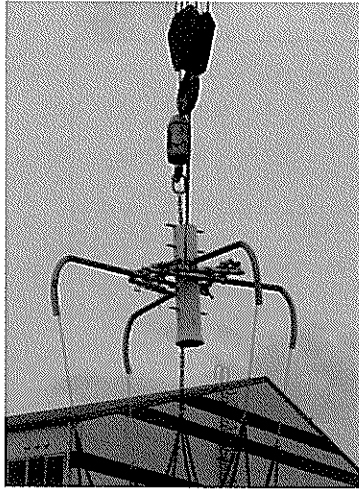
ブロック形状：2t型4脚(テトラ)ブロック

ブロック実重量：1.84トン

ブロックの状況：ブロックは波の作用により密接に噛み合っている。また、ブロックの隙間は、ロープ、海藻、等のゴミが詰まっている。また、上部のブロックにおいては、脚が破損しているブロックも多く見受けられた。

##### 4.3 プロトタイプブロック移設置

チェーンの選定に当たっては、1つの網の目だけでブロックを吊り上げる状態を想定し、吊り角度(チェーン引き込み管端部においてブロックを吊り下げている2本のチェーンのなす角度)を90度として、角を有する物体を吊り上げる場合の使用荷重条件が1.84トンを上回る2トンである線径8mmのチェーン(破断荷重は100kN)を選定した。そして一辺2.5mの正方形に対角線4mの長さ



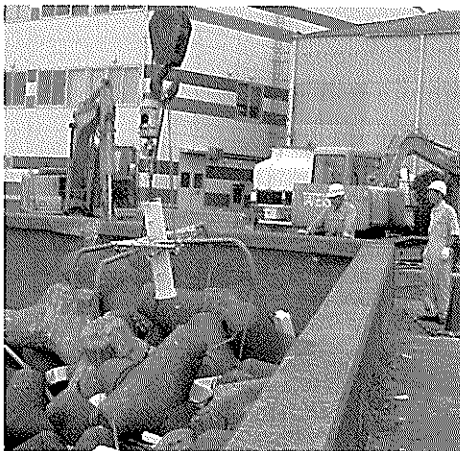
写真一七 プロトタイプブロック移設装置

の網状に構成した。なお、結節点は、使用荷重5<sup>t</sup>である線径12.5mmのチェーンを用いてクレーンのフックと連結した。吊り枠は、長さ2mの足場パイプ(φ48.6mm)4本を井形にクランプを用いて組み合わせ、網チェーンの重量程度には耐える最小限の構造とした(写真一七)。

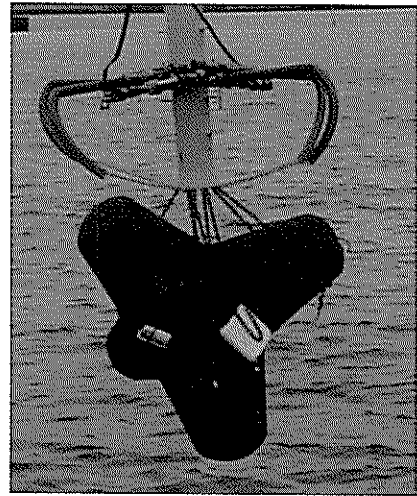
#### 4.4 移設実験工事方法

プロトタイプブロック移設装置を10<sup>t</sup>吊りラフタークレーン車から吊り下げた。吊り枠及びチェーン網の中心部を、主巻きワイヤー及び補巻きワイヤーと連結させた。ラフタークレーンを護岸上に配置し、護岸前面の海面上の消波ブロックを、順次吊り上げ、ブームのリーチの範囲内の水深の深い位置に移設した。

ブロック群はクレーン運転席からは見えない状況にあった。そのため、指示者が状況を見ながらクレーン操作者に指示を出しながら実施した(写真一八)。



写真一八 ブロックへのチェーン絡め付け作業



写真一九 ブロック吊り上げ状況

また、クレーン操作者は、本装置を初めて操作するものであり、作業は1つ1つの動作、安全性を確認しながら、慎重に、ゆっくりと実施した(写真一九)。

#### 4.5 実験結果

約15個のブロックを移設した。そのうち脚が折れたブロックも1個移設した。

作業時間は、待機時間も多く、1サイクルの所要時間の最小値は、122秒で、内訳は、吊り上げまでが48秒、吊り上げ後が74秒であった。

### 5. 時間効率及び経済性の検討

#### 5.1 時間効率の検討

ブロック模型移設実験結果等を基に、本装置を実際のブロック移設作業に用いた場合を想定した効率性について検討する。

6.3トン型消波ブロックを陸上で撤去・仮置きする場合を想定して検討する。

従来の標準的な工法では、6.3tブロックにおいては、25<sup>t</sup>吊りホイールクレーンを用いて1個当たり約6分を要するものとされていた。<sup>2)</sup>

表一七に、トラッククレーン模型のクレーン機能の諸速度と25<sup>t</sup>吊りホイールクレーンのクレーン機能の諸速度を示す。184gブロック模型は、6.3<sup>t</sup>ブロックの1/31.4の縮尺に相当する。

この縮尺を用いて、ラジコン式トラッククレーンの諸速度は、6.3<sup>t</sup>ブロックに対する場合の相当速度を縮尺補正(1/31.4)として示した。この値を実際の25<sup>t</sup>クレーンの速度と比較した比率を算出した。

表-7 模型実験の時間スケールの検討

ブロック及びクレーンの規模	184g 消波ブロック模型	6.3トン消波ブロック		
	ラジコン式トラッククレーン模型	縮尺補正 (1/31.4)	25t ホイールクレーン	比率
主フック巻き上げ速度 (m/min)	1.7m/min	53.4m/min	30m/min (12.5t-4本掛け)	1.8
補巻きフック巻き上げ速度	(4.0m/min相当)	125.6m/min	120m/min	1.0
ブーム伸縮速度	0.025m/s	0.79m/s	0.23m/s	3.4
ブーム起伏速度	7.6度/s	7.6度/s	1.8度/s	4.2
ブーム長	0.5m	15.7m	23.5m	0.67
旋回速度	2.3rpm	2.3rpm	2.6rpm	0.89

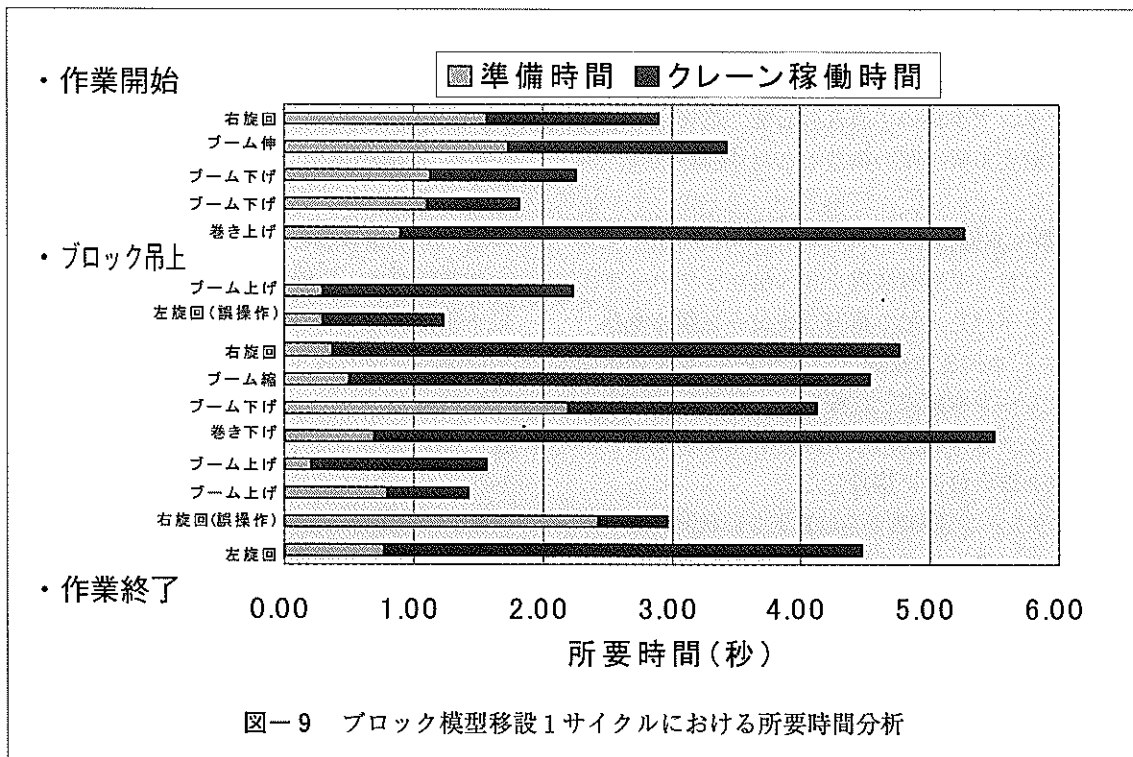


図-9 ブロック模型移設1サイクルにおける所要時間分析

表-8 撤去時間(個当たり)の比較

	184g ブロック模型		6.3トンブロック換算	
	実測時間分析	平均時間補正	実測時間の換算	平均時間の換算
準備時間	15秒	25秒	15秒	25秒
計	34秒	50秒	67秒	102秒
撤去時間/個	49秒	75秒	82秒	127秒
従来工法				356秒
従来工法との比率				1/2.8



184g 4脚ブロック移設実験において、ある1つのブロックの移設時間におけるクレーンの操作時間内訳を図-9に示す。図-9に示した例の所要時間計は49秒（吊り上げまで16秒、吊り上げ後33秒）であり、平均所要時間75秒（吊り上げまで35秒、吊り上げ後40秒）に対して少なくいものである。そのため、吊り上げまで及び吊り上げ後の所要時間を割り増しして、平均時間と同様の75秒になるように補正を行った。

実測時間49秒のケース及び平均時間補正した75秒のケースについて、それぞれの時間の内訳において、ブームの旋回、伸縮、上下及びワイヤーの巻き上げ下げに要する各時間について、表-7の比率を用いて6.3トンのブロックの場合に対応した時間換算値を表-8に示す。

184gブロック模型では、平均75秒を要していた1個当たりの撤去時間は、6.3ブロックでは、127秒に相当する試算結果となった。

従来の工法においては、6.3トンのブロックの陸上における標準的な移設作業時間は5.94分（356秒）とされているが、それと比較すると、作業の時間効率は2.8倍に値することとなる。

## 5.2 経済性の検討

ブロック1個当たりの移設コストに影響する要因として、4節の作業時間効率の他に、労務費及び起重機船あるいはクレーン車等の損料及びが挙げられる。

これらの要素について従来工法と比較検討する。

### (1) 労務費

従来の玉掛けによる工法では、表-9に示す作業者や

表-10 従来工法における作業構成(除く起重機船等)

名称	玉掛け・玉外しとも陸上(水上)の場合	玉掛け・玉外しのどちらかが水中の場合	玉掛け・玉外しとも水中の場合
とび工	1人	1人	-
普通作業員	3人	2人	-
潜水士船	-	1隻	2隻

潜水士船等が必要とされている

本移設装置では、消波ブロックが視認できれば、玉掛けは無人で行うことを想定している。玉外しは無人でも可能だが、無人では、正確な位置決めや向きの調整等の細かな制御が必要とされる場合には対応が困難なことから、従来と同様の人手が必要となろう。

そのため、概ね労務費としては、従来の半分程度となることが期待できる。

### (2) 起重機船等損料

6.3tブロックを対象とした本移設装置実機の全体重量は、数百kg程度と試算、想定している。

ブロック重量と比較すると1/10程度の軽量で、起重機船あるいはクレーン車の吊り上げ能力を設定する際にはほとんど影響しないと思われる。

そのため、本装置を用いることにより必要となる起重機船等の吊り上げ能力の増加による損料の増大は避けられ、従来の工法と同程度の能力の起重機船等で対応可能と想定される。

また、本装置は動力部を有せず基本的な構成はチェーンとそれを吊り下げる部材だけである。そして、大きな

表-9 経済性の比較

項目	従来の工法	本装置による方法	備考
時間効率	356秒	127秒(従来工法の2.8倍)	6.3トンブロック陸上の場合を想定
労務構成・費用	・玉掛け：とび工1人、普通作業員1人 ・玉外し：普通作業員2人	・玉掛け：無人化を想定 ・玉外し：正確性を必要とする場合、作業員必要(2人)	
起重機船等損料	・25トンホイールクレーン車損料	・開発装置の重量はブロック重量の1/10以下と想定され、従来工法と同程度のクレーンで対応可能と想定。	
開発装置損料	-	製作費は数十万円程度と想定され、起重機等損料と比較すればかなり小さい	従来工法の値を100として比較
日当たり総作業コスト	(100)	75	
1個当たりの撤去コスト	(100)	27	

力が加わるのはチェーン部材のみで吊り下げ部材はチェーンの自重のみを支える程度の強度しか必要としない。

そのため、本移設装置の価格・損料は、経済的なものとなり、起重機船等の損料と比較すると極めて小さなものとなろう。

### (3) 総合コスト

6.3<sup>ト</sup>型消波ブロックを陸上で撤去・仮置きする場合を想定し、1個当たりの撤去コストの試算を試みた<sup>23)</sup>。その結果を表-10に示す。

1日当たりの総作業コストは、従来工法を100とした場合、本装置では80程度とあまり変わらないが、時間効率率は従来工法の2.8倍であることを考慮すると、1個当たりの移設コストは、従来工法の約30%に低減することが期待出来る試算結果となった。

## 6. 種々の物体回収への活用

本装置はブロックだけでなく、種々の形状の漂流物、浮遊物あるいは海底落下物等への回収作業への活用が期待出来る。

その一例として、乗用車の模型を回収している状況を写真10~12に示す。

対象となる海面浮遊物として、ゴミ等が想定される。また、海が荒れている場合や水温が低く、ダイバーが回収対象物にクレーンのフックを掛けることが困難な状況を想定した場合、本装置を活用することにより回収が可能となる場合も想定される

海底の落下物に対しても、水深が深い場合は、電動あるいは油圧駆動等による回収装置では耐圧構造が大きな課題となるが、本装置の場合は、水深、水圧に影響されない構造である。対象物及びチェーンの絡み状況等がカ

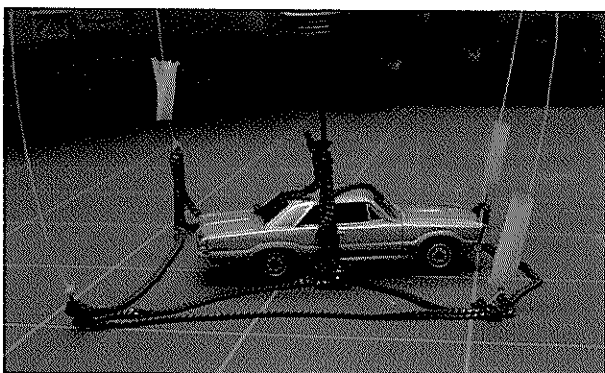


写真-10 車の吊り上げ (その1)

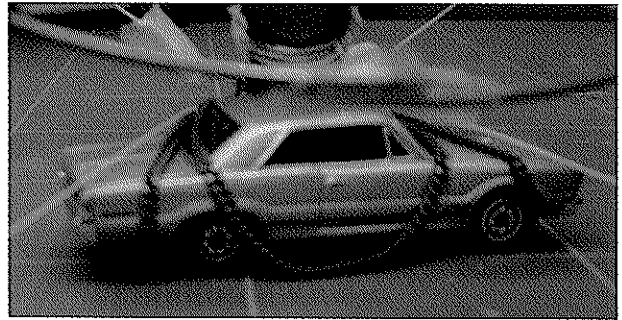


写真-11 車の吊り上げ (その2)



写真-12 車の吊り上げ (その3)

メラ等を用いて把握できれば、基本的には、吊り上げるワイヤー長を確保することで対応が可能と考えられる。

## 7. 結論

本研究で得られた結論を下記に記す。

- ・ 動力部を有しない軽量なチェーン式ブロック移設装置を考案した。
- ・ 試作機を製作し2<sup>ト</sup>消波ブロックの移設実験工事を実施し、本装置の有効性を確認した。
- ・ 模型による移設実験を行い、効率性等を試算した。その結果、6.3<sup>ト</sup>消波ブロック移設を想定した試算では、時間効率は従来方法の2.8倍、経済性は3倍以上が期待できる結果となった。
- ・ 本装置は、ブロック移設以外にも種々の形状の物体の回収に適用することが期待できる。

## 8. あとがき

本研究は、操作者あるいは指示者が目視あるいはカメラ映像等によりブロックの状況を視認出来る状況を想定して行った。透明度の低い海面下においてブロックの状

況を視認できないような状況への対応については、今後の課題としたい。

(2003年8月11日受付)

#### 謝辞

本研究の実施にあたり、試作機製作及び実験工事の実施等に当たっては、藤田雄治氏(流体技術研究室研修員)の協力を頂きました。ここに謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 酒井 浩：消波ブロック撤去・移設技術,「建設の機械化」1996.7 NO.557 ((社)日本建設機械化協会),平成8年7月,pp3～8
- 2) 国土交通省港湾局監修：港湾土木請負工事積算基準,(社)日本港湾協会,平成15年4月
- 3) 国土交通省総合政策局建設施工企画課監修：建設機械等損料算定表(平成13年度版),(社)日本建設機械化協会,平成13年4月

港湾空港技術研究所資料 No. 1063

2003.12

編集兼発行人 独立行政法人港湾空港技術研究所

発行所 独立行政法人港湾空港技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号  
TEL.046(844)5040 URL.<http://www.pari.go.jp/>

印刷所 ニッセイエプロ株式会社

Copyright © (2003) by PARI

All rights reserved. No part of this book must be reproduced by any means without the written permission of the President of PARI

この資料は、港湾空港技術研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複写は港湾空港技術研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。