

港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE
OF
THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No.1318 March 2016

網チェーン式回収装置による錨型形状ブロックの撤去方法

野口 仁志

国立研究開発法人 港湾空港技術研究所
National Research and Development Agency,
Port and Airport Research Institute, Japan

目 次

要 旨	3
1. はじめに	4
1.1 網チェーン式回収装置の概要	4
1.2 網チェーン式回収装置の構造とブロックの回収	4
1.3 装置の特長及び期待される効果	5
1.4 活用実績	5
2. 消波ブロックの種類と網チェーン式回収装置による回収の難易度による分類	6
2.1 消波ブロックの種類と分類	6
2.2 最も回収が困難と想定される消波ブロック	7
3. 錨型ブロックの撤去方法	8
3.1 ブロック単体としての吊り上げ	8
3.2 ブロックが絡み合った状態での吊り上げ	10
3.3 ブロック間にゴミが堆積した状態での吊り上げ	12
3.4 結果	12
4. 錨型ブロックの連続撤去模型実験	13
4.1 実験目的	13
4.2 実験方法	13
4.3 実験結果	14
4.4 4脚ブロック模型実験との比較	15
5. 実工事への適用を想定した検討	16
5.1 適用の範囲	16
5.2 撤去の順番	16
5.3 状況の視認	16
5.4 時間効率	16
5.5 ブロック間のゴミ堆積	16
5.6 ブロックへの貝殻、海草の付着	16
5.7 破損ブロック	16
6. 結論	17
謝辞	17
参考文献	17

Using a Holding Device with a Chain Net: Removal Method for Anchor-Shaped Blocks

Hitoshi NOGUCHI*

Synopsis

A holding device with a chain net was used to automate the removal of wave-dissipating blocks, thereby reducing labor. The device has a simple structure composed of a chain net, which hangs from the support frame and forms four meshes. It is lightweight and without a power unit and has been applied to remove wave-dissipating blocks six times.

Shape of wave-dissipating blocks are more than 40. The most difficult block to be removed was shaped like a combination of two anchors. This block tangled strongly with the surrounding blocks as their legs were long.

The author tried to remove a pile of blocks in the model experiment using the holding device with a chain net. It was possible to remove blocks successively through adequate observation of the situation, taking into account the posture change of each block during lifting to eliminate entanglement with the surrounding blocks.

The time required for lifting was 1 min 27 s/block.

Key Words: chain net, holding device, removal, wave-dissipating block

* Director for Special Research
3-1-1, Nagase, Yokosuka, Kanagawa 239-0826, Japan Port and Airport Research Institute
Phone : +81-46-844-5089 Fax : +81-46-844-0255 E-mail : noguchi-h@pari.go.jp

網チェーン式回収装置による錨型形状ブロックの撤去方法

野口 仁志*

要 旨

網チェーン式回収装置は、港湾及び海岸等に設置されている既設消波ブロックを作業員や潜水士の玉掛けの作業の支援無しに、ブロック脚にチェーンを玉掛けして回収できる装置である。本装置は、専用の駆動装置を有さず4目の網状チェーンで構成した簡易な構造の装置であり、これまで6件の消波ブロック撤去工事等に活用された実績がある。

消波ブロックには40種類以上の形状のブロックがあるが、最も回収が困難と考えられるブロックとしては、二つの錨を組み合わせたような形状の錨型ブロックである。このブロックは、脚が細長く、周囲のブロック脚と強く絡みあっている。

このブロックの撤去に、網チェーン式回収装置を用いて模型実験により取り組んだ。

その結果、状況をよく観察してブロックの姿勢変化を考慮して周辺のブロックとの絡みを解消するように吊り上げる運用方法にて、連続的に撤去することが可能であった。吊り上げの所要時間は1個当たり1分27秒であった。

キーワード：網チェーン、把持装置、撤去、消波ブロック、錨型

* 特別研究官

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 港湾空港技術研究所
電話：046-844-5089 Fax：046-844-0255 e-mail:noguchi-h@pari.go.jp

1. はじめに

網チェーン式回収装置は、港湾及び海岸等に設置されている既設消波ブロックを作業員や潜水士の玉掛けの作業の支援無しに、ブロック脚にチェーンを玉掛けして回収できる装置である。これまで種々の形状の消波ブロックの他、海底に沈んだ高速艇の水中翼の回収にも活用されてきた。

消波ブロックには数多くの種類があり、その形状も様々である。これら多くの消波ブロックの中でも、消波ブロック同士の噛み合わせが強く、最も撤去が困難と思われるのが錨型形状ブロックである。

本稿では、網チェーン式回収装置の概要及びこれまでの活用実績を紹介し、本装置を用いて、錨型形状ブロック模型の撤去に取り組んだ結果について報告するものである。

1.1 網チェーン式回収装置の概要

網チェーン式回収装置は、港湾及び海岸等に設置されている既設消波ブロックを作業員や潜水士の玉掛けの作業の支援無しに、ブロック脚にチェーンを玉掛けして回収できる装置である¹⁾。作業員や潜水士の玉掛けの作業の支援を必要としないため、作業の安全性が高まるとともに省力化にも寄与するものである。

1.2 網チェーン式回収装置の構造とブロックの回収

装置の主要な部分となる網チェーンの構造を図-1.1に示す。チェーンを4つの網目をもつような形状に構成している。

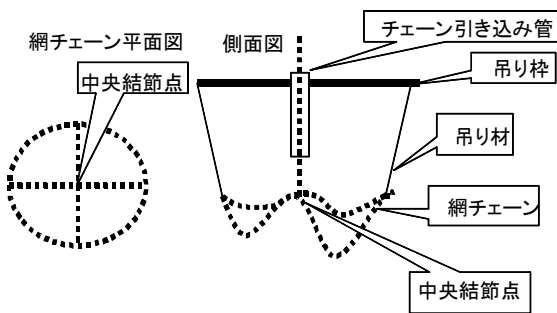


図-1.1 網チェーンの構造

網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。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を捕捉する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目の大きさを絞り込む。

図-1.2にクレーンを含む全体構成を示す。網チェーンは吊り下げ用支持フレームから吊り下げられる。この吊り下げられた網チェーンを把持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。網チェーンの周囲部は自重により周囲の消波ブロックとの僅かな隙間にも滑り込み、把持しようとする消波ブロックの脚を網目が捕捉する。主ワイヤーを引き上げると、網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-1.3に、ブロックの把持の過程の詳細を示す。図-1.3(a)では、網チェーンの形状をチェーンの自重による懸垂状況を考慮しない簡易な四角錐状に近似して表現している。網チェーンの絞り込みにより、四角錐状の底辺の四つの頂点に位置する結節点は、四角錐の頂点に位置する中央のチェーン引き込み管の入り口の方へ引き込まれ、4つの網目が絞り込まれる。ブロック脚を捕捉している網目はブロック脚をしっかりと把持した状態となりブロックの吊り上げが可能となる。

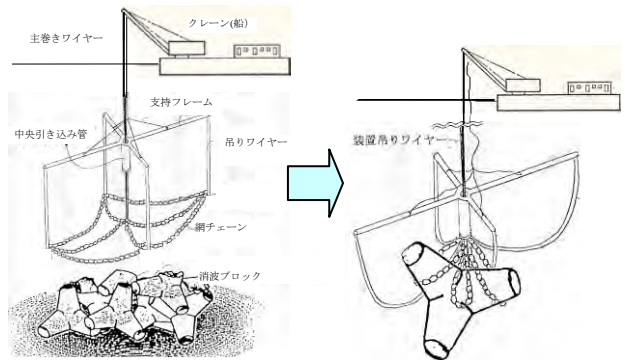


図-1.2 網チェーン式回収装置

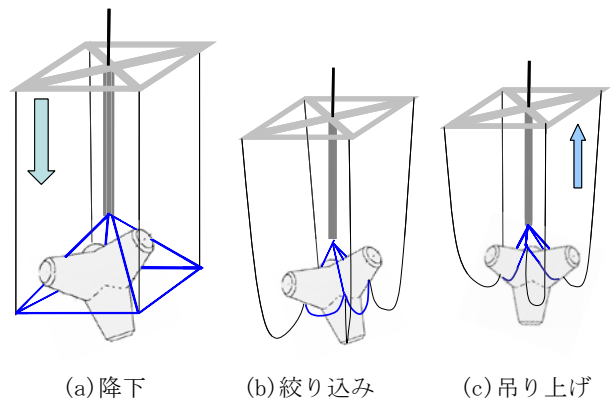


図-1.3 ブロック回収の過程

ブロックの解放は、ブロックの仮置き場所に角材等により凹凸を設けておき凹部に下側の網チェーンが掛かっている脚を降ろす(写真-2.1)。その後、クレーンの主巻きワイヤーを緩めるだけで無人で簡単にブロックを解放できる構造となっている。

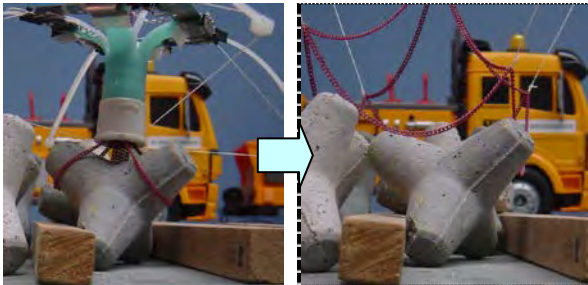


写真-1.1 ブロックの解放



写真-1.2 実工事における自動解放

実際のブロック撤去工事では、台船上に仮置きする機会が多い。台船上は安全で作業員も容易に近づける場所なので、そのような場合には、網チェーンの四つの網目の角に、それぞれフックを挿入して解放可能としている。台船上の平面でも作業員の支援によりブロックの解放が円滑に実施できる。実際の作業に要する時間は、概ね0.5から1分程度と短時間で対応可能である。

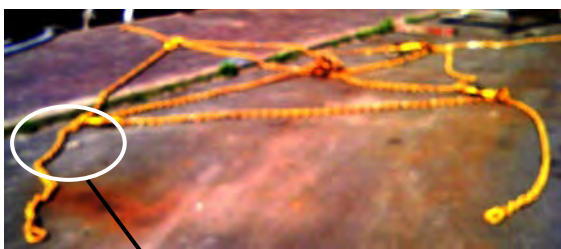


写真-1.3 フックを挿入した網チェーン

1.3 装置の特長及び期待される効果

本把持装置の特徴および期待される効果として下記の事項が挙げられる。

①無人化施工が可能

ブロックの吊り上げ及び解放作業も、人力作業の支援無しに可能である。

②構造が簡易で軽量

基本構造は網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。

③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。

④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。

⑤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り、作業の安全性および作業効率の向上が図れる。

⑥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の回収作業への活用が可能である。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、本装置は、水深、水圧に影響されない構造なので、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。

1.4 活用実績

網チェーン回収装置について、浅海域の作業である既設消波ブロック撤去工事ではこれまで表-1 に示すように6件の活用実績がある。

ブロック重量は2~25t、ブロック形状は4脚ブロック、5m長10脚ブロック、破損ブロック等である(写真-1.4)。解放場所は海底、陸上及び台船上の各ケースがあった。またうねりが3mもあるような海象条件において回収したケースもあった。

表-1 網チェーン回収装置によるブロック撤去実績

年月	港名(場所)	ブロック形状	撤去個数
2003.6	横須賀港(神奈川県)	2t4脚ブロック	15
2004.4	河下港(島根県)	6.3t4脚ブロック	138
2008.5	鱒ヶ沢漁港(青森県)	12.5t10脚ブロック等	15
2008.8	留萌港(北海道)	25t4脚ブロック	36
2009.7	留萌港(北海道)	25t4脚ブロック	80
2009.8	久慈港(岩手県)	16t4脚ブロック	113
計			397



4脚ブロックその1

4脚ブロックその2



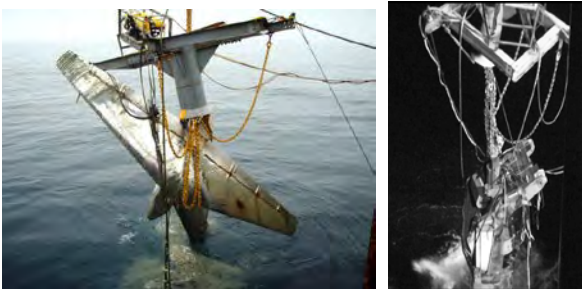
6脚ブロック

8脚ブロック

10脚ブロック



破損4脚ブロック



船舶の水中翼の回収（その1、その2）

写真-1.4 種々の消波ブロック及び水中翼の回収

2. 消波ブロックの種類と網チェーン式回収装置による回収の難易度による分類

2.1. 消波ブロックの種類と分類

消波ブロックには数多くの種類があるが、その中で乱積みした形態で使用されるケースが多い立体型と呼ばれるものは42種類ある²⁾。それらが乱積みされた状態において、網チェーン回収装置を用いて撤去する場合の難易度によって分類を試みた。

1) 中空型ブロック（4種類）

突起部がないので網チェーン装置による撤去は困難と思われるが、フック状の吊り具を使用して、中空部分にフックを挿入することで撤去が可能と考えられる(図

-2.1)。ブロック同士の噛み合わせはかなり小さく、ブロックをフック状の吊り具でしっかり引っ掛けることが出来れば撤去は容易と考えられる。

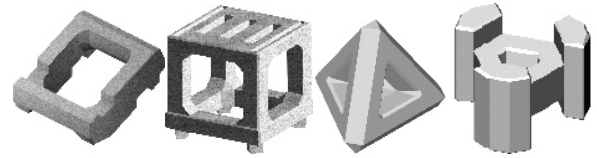


図-2.1 中空型ブロック（4種類）

2) 放射状4-6脚型ブロック（10種類）

中心より放射線状に4-6本の脚が伸びている形状である(図-2.2)。網チェーンの網目が2脚の網目に掛かれば撤去可能である。ブロック同士の脚が噛み合っているが、吊り上げ時にブロックが放射線状の中心である重心を中心に回転することで、ブロック同士の脚の絡みが外れて撤去可能となる。なお図-2.2~2.4において実線で枠囲っているブロックは実際の工事にて回収実績があるもの、点線枠囲いは模型実験にて回収実績があるものである。

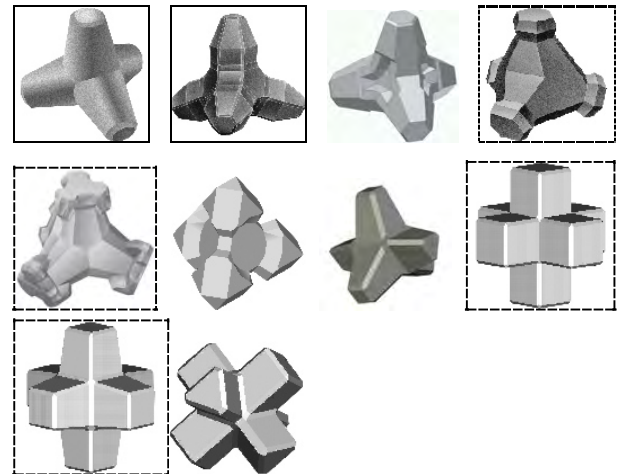


図-2.2 放射状4-6脚型ブロック（10種類）

3) 中心塊突起型ブロック（8種類）

中心となる塊より数個の突起物が出ている形状のブロックである(図-2.3)。網チェーンでの撤去は、放射状脚型4-6脚ブロックと同様に、突起物の2箇所以上に網チェーンの網目が掛かって拘束できれば撤去可能である。

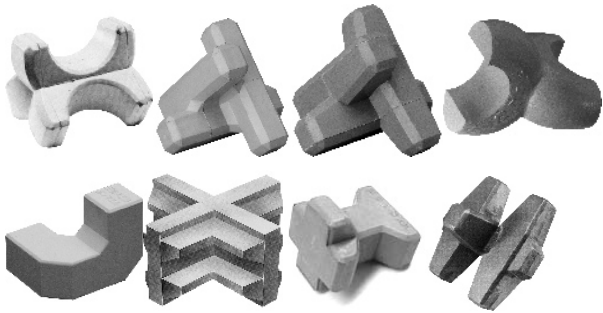


図-2.3 中心塊突起型ブロック (8種類)

4) 中心軸突起型ブロック (20種類)

中心となる軸より数個の突起物あるいは脚が出ている形状のブロックである(図-2.4)。網チェーンでの撤去は、放射状脚型4-6脚ブロックと同様に、突起物の2箇所以上に網チェーンの網目が掛かって拘束できれば撤去可能である。突起物・脚の数は多く、その中で2つの突起物・脚を拘束出来れば吊り上げ可能となるので、この点では、他の突起物・脚が少ないブロックよりは撤去しやすい。

しかし、ブロックが長いことから周囲のブロック脚との絡みも多く、ブロックの引き上げる方向、姿勢も配慮して、撤去することが必要となる。

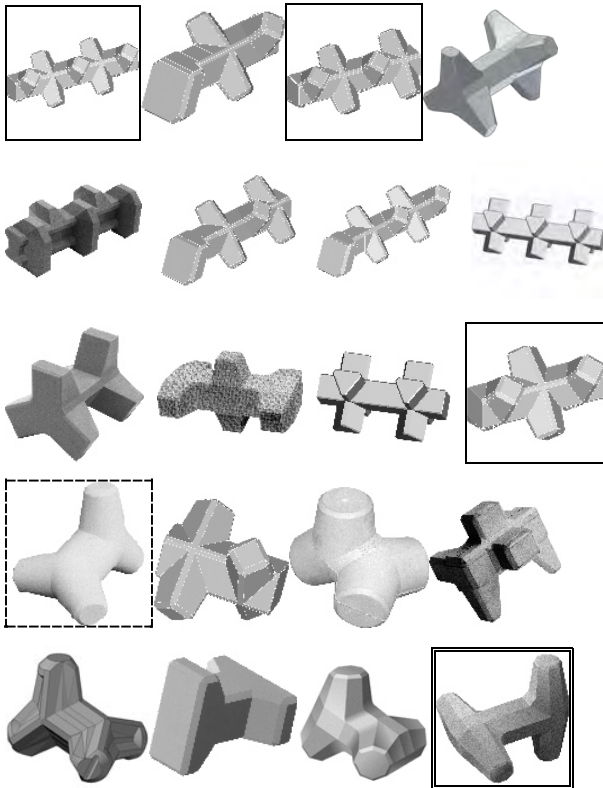


図-2.4 中心軸突起型ブロック (20種類)

2.2 最も回収が困難と想定される消波ブロック

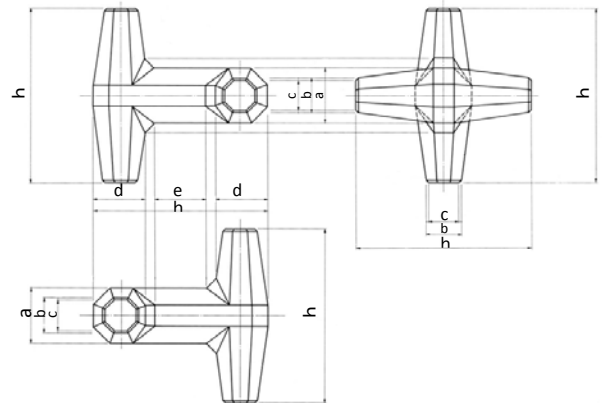
全種類のブロックについて模型実験等により詳細に検討したものではないが、網チェーン式回収装置での回収を想定した場合、最も困難と考えられるブロックとしては、他の方法により容易に回収が可能な中空型ブロックを除くと、中心軸突起型ブロック型の中の、特に脚が細長い形状で、二つの錨を組み合わせたような形状のブロック(以下、錨型ブロックと記す)である(図2-4右下二重枠囲い)。このブロックの K_b 値(数値が高いほど耐波の安定性が高い定数)は20で、他のブロックは13未満であり、突出して高い³⁾。

周囲のブロック脚との絡みが強く、絡まっている状況をよく把握して、絡みが解けるようにブロックの姿勢・方向を考慮して操作しないと撤去は困難である。

図-2.5に錨型ブロック(商品名ドロス)の全体図を、図-2.6に形状・寸法図を示す⁴⁾。



図-2.5 錨型ブロック全体図



種別 (トン型)	実質量 (t)	実重量 (k N)	体積 (m ³)	型枠面積 (m ²)
40	41.12	403.25	17.391	50.041
50	51.42	504.26	21.739	58.067
80	82.32	807.28	34.787	79.443

(単位: mm)

種別	h	a	b	c	d	e
40	4823	1543	986	830	1441	1401
50	5196	1663	1062	894	1552	1510
80	6077	1945	1242	1045	1816	1765

図-2.6 錨型ブロックの形状・寸法(概要)

錨型ブロックは防波堤の消波工として用いられているが、ブロック同士がしっかりと噛み合っている。撤去が困難なため、防波堤を延伸する際に、仮置きされた錨型ブロックを撤去していない事例も見られる（写真-2.1）。

錨型ブロックの重量は40tf以上と重く、作業員あるいは潜水士による玉掛け作業により撤去する場合は、使用するワイヤーもブロック重量に合わせて太く堅いものを使用するため人力ではワイヤーをブロック脚の隙間を通して玉掛けすることは困難を伴う。またその大きさも幅(h)約4.8m以上と大きいことから、作業員がその上を歩いて移動するにも困難を伴う。

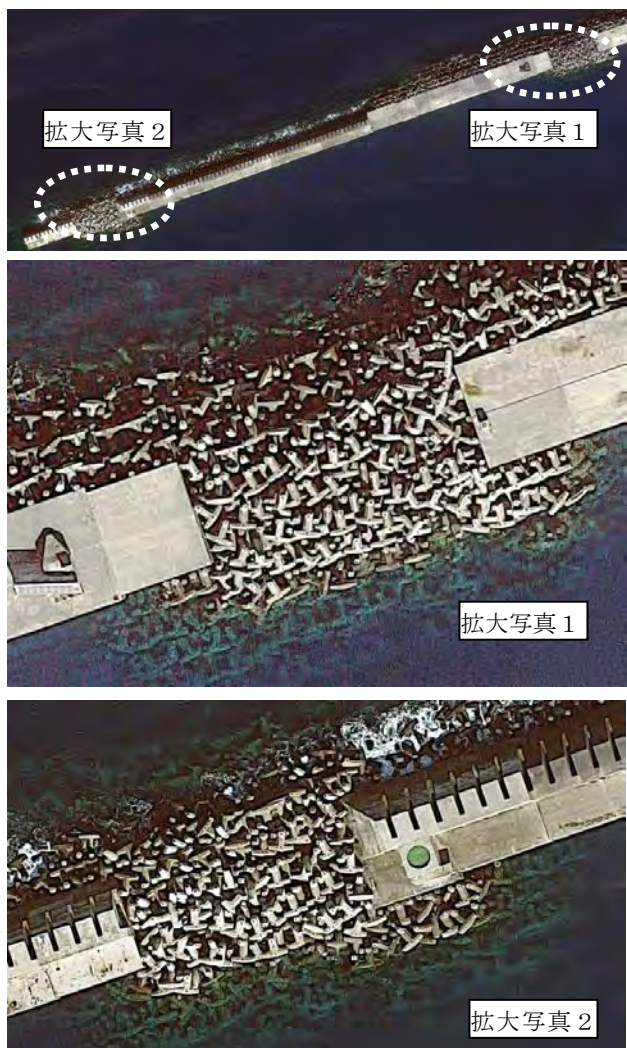


写真-2.1 錨型ブロックの設置例(Google earthより)

3. 錨型ブロックの撤去方法

網チェーン回収装置による錨型ブロックの撤去方法について検討する。最初にブロック単体としての検討を行い、次に周囲のブロックと絡み合っている状態における

検討を行う。

3.1 ブロック単体状態での吊り上げ

図-3.1に錨型形状ブロックの全体図を示す。この図において、鉛直上向き方向を正、下向きを負とする。4本の脚を脚A、脚B、脚C、脚Dとし、各脚の先端の方向が脚C、脚A、脚B、脚Dの順に上向きから下向きになって置かれているとする。

脚A、脚Bと脚C、脚Dは、中心軸EHで結合されている。各脚および軸の中心線を、線分AEB、線分CHD、線分EGH、重心(中心)をGとする。線分AEB、線分CHD、線分EGHは直線に、線分AEBと線分CHDは直交している。各脚は先端が細く狭まった八角錐台形状をしている。

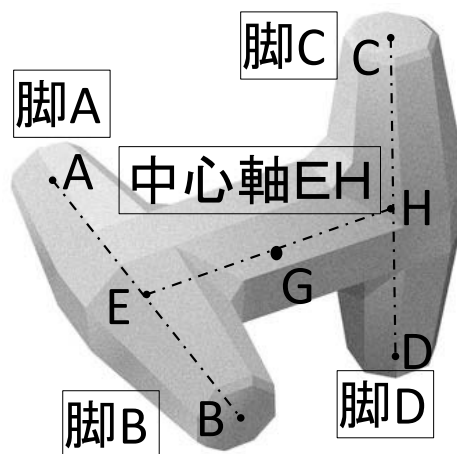


図-3.1 錨型ブロックの部位名称

網チェーン装置を用いた錨型ブロックの吊り上げについて検討する。まず、ブロックは他のブロックと絡まっていない単体で存在する状況において検討する。

錨型ブロックは重く大きいことから網チェーンの1つの網目では1つの脚しか把持しないケースと、ケースとしては少ないかも知れないが2つ以上の脚を把持するケースに分けて検討する。

- 1) 1つの網目では、1つの脚しか把持しないケース
 - ① 1本の脚を把持するケース

網チェーンの1つの網目が、1本の脚を把持するケースについて考える。各脚は先端が細く狭まった八角錐台形状をしているので、上向きの脚A、脚Cを把持しても吊り上げの過程で網目は脚からすり抜けて外れ、吊り上げることは出来ない。脚B、脚Dを把持して吊り上げる場合は、吊り上げの過程でブロックが反転して把持した脚の先端は上側を向いて、網目は把持した脚からすり抜けて外れ、吊り上げることは出来ない(図-3.2)。

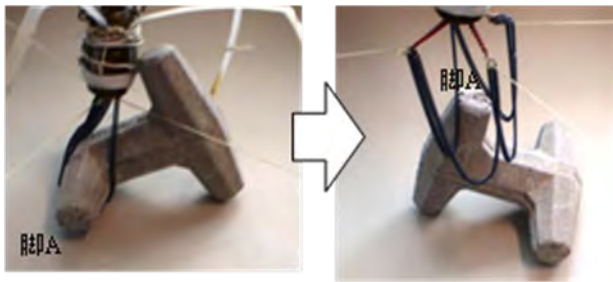


図-3.2 1本の脚把持

②同一直線上の2本の脚を把持するケース

次に網チェーンの網目が、2本の脚を把持するパターンについて考える。2つの網目がその中心線が同一直線上にある場合、つまり脚Aと脚B、あるいは脚Cと脚Dを把持するケースを考える。

まず、脚Aと脚Bを把持する場合について考える。脚A、脚Bとも中心線は、概ね水平方向に向いているとして、網チェーンの2つの網目が、それぞれ脚A、脚Bに掛かったものとする。

網チェーンの網目が2本の脚に掛かった状態において、網目が吊り上げの過程で脚からすり抜けないようにするには、網目が脚に掛かる位置を各々の脚の根元側（点Eの側）に寄るように、適宜、網チェーン装置全体の位置調整および網目の絞る操作と緩める操作を行う。

吊り上げを開始すると、ブロックの脚A、脚Bの側が持ち上がり、ブロックは回転しながら吊り上がり始める（図-3.3）。

脚Cと脚Dを把持するケースについては、最初は、下側に向いている脚Dに掛かった吊り上げ力が作用するが、脚Dが吊り上げられてブロックの姿勢が起きるにつれて線分CHDは水平となり、図-3.3右図と同様の姿勢となり、吊り上がり始める。

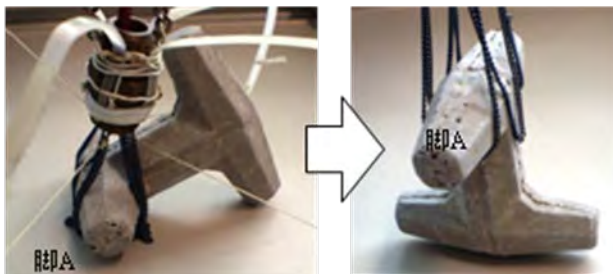


図-3.3 2つの網目で同一直線上の2本の脚把持

③同一直線上にない2本の脚の把持するケース

脚Aと脚Cを把持する場合について考える。網チェーンの2つの網目が、それぞれ脚A、脚Cに掛かったものと

する。脚Aと脚Cは重心Gを挟んで反対側に位置するので、ブロックは、概ね最初の姿勢を保ったまま吊り上げられる（図-3.4）。

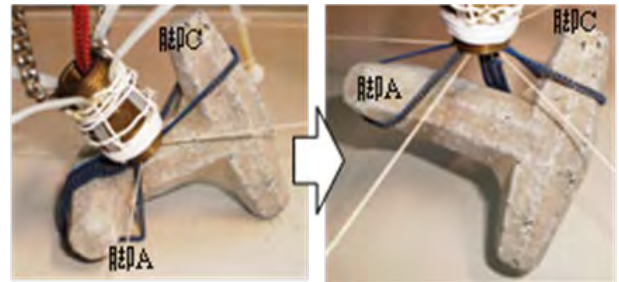


図-3.4 2つの網目で同一直線上にない2本の脚把持

④3あるいは4本の脚を把持するケース

上述したように、2本の脚を把持するケースで、ブロックを吊り上げることが可能となるため、それ以上に脚を把持することは作業が困難となるので、実用上はあまり想定されない運用形態と考えられる。またパターンとしては、2本の脚を把持するパターンに含まれるものである。

2) 1つの網目で2つの脚を把持するケース

次に網チェーン1つの網目が、2本の脚を把持するパターンについて考える。

①□同一直線上の2本の脚を把持するケース

脚Aと脚Bを把持する場合について考える。脚A、脚Bとも中心線は、概ね水平方向に向いているとして、網チェーンの1つの網目が、それぞれ脚A、脚Bに掛かったものとする。そうすると、網目を絞りを、吊り上げる時には、網目は中心軸EHに掛かって吊り上げることになる。

脚Cと脚Dを把持するケースにおいても同様に、中心軸EHに掛かることになる（図-3.5）。

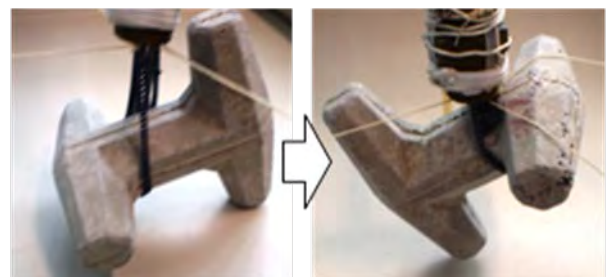


図-3.5 1つの網目で同一直線上の2本の脚把持

②同一直線上にない2本の脚の把持するケース

脚Aと脚Cを把持する場合について考える。網チェーンの1つの網目が、それぞれ脚A、脚Cに掛かったものとする。脚Aと脚Cは重心Gを挟んで反対側に位置する

ので、ブロックは、概ね最初の姿勢を保ったまま吊り上げられる(図-3.6)。

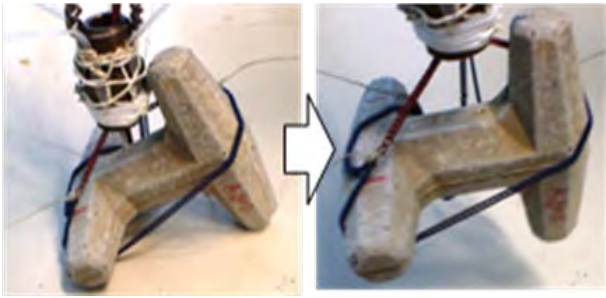


図-3.6 1つの網目で同一直線上にない2本の脚把持

上記1) 2)より、網チェーン装置で本ブロックを吊り上げようとするには、2本の脚を把持する必要がある、そのパターンとして、2つの網目で各々、同一直線上にない2本の脚の把持するケースと同一直線上にない2本の脚の把持するケース、及び1つの網目で各々、同一直線上にない2本の脚の把持するケースと同一直線上にない2本の脚の把持するケース、の計4ケースがある。以降これら4ケースについて、そのブロック姿勢及び網チェーン形状が似ているアルファベットを用いて吊り上げパターンI, H, U, Cと記す(写真-3.7)。



吊り上げパターンI

吊り上げパターンH



吊り上げパターンU

吊り上げパターンC

図-3.7 4つの吊り上げパターン

1つの網目で2つの脚を把持するケースについては、1つの網目の大きさは、1つの脚を把持することを想定しておりあまり大きくないこと、及び1つの網目で2つの脚を把持するため操作が複雑になること、さらに2つ

の網目で2つの脚を把持して吊り上げるケースと比較して、一つの網目に掛かる荷重は2倍となり、その荷重に耐えるチェーンを用いる必要があるため実用上は避けたい吊り上げパターンであることより、次節以降では2つの網目で2つの脚を把持するケースを主体に検討する。

3.2 ブロックが絡み合った状態での吊り上げ

前節においては、ブロック単体としての吊り上げ可能なパターンについて検討を行った。しかし、乱積みされた状態においては、ブロックが絡み合っており、ブロック間の隙間が狭く、網チェーンのチェーンがブロックの脚の下側に入り込めず脚に網目が掛からない、あるいは、網目が掛かっても吊り上げる際に他のブロックが障害となって吊り上げ不能となるケースが多い。

特に、錨型ブロックは、中心柱突起型の中でも、脚が細長い網目がブロック脚に掛かっても、他のブロックが障害となって吊り上げ不可となるケースが多い。そのため、乱積みした錨型ブロック模型を用いて、撤去方法の検討を行った(写真-3.1, 3.2)。

以下、作業の過程に沿って順番に記す。

1) 撤去ブロックの選定

上方からの乱積み状況より、ブロックの2つの脚に網目を掛けることが容易そうで、かつ、周囲とのブロックとの絡みが少ないブロック、つまり上方から視認した場合、他のブロックの陰にならずブロックの全体が概ね視認できるものに着目して選定する。



写真-3.1 錨型ブロック乱積み状態(上方より)



写真-3.2 錨型ブロック乱積み状態（側方より）

2) ブロック脚への網目掛け

網チェーン装置の網目を広げて降下して、対象とするブロックに覆い被せる。2脚に掛かって把持できれば、吊り上げの過程に移行。他のブロックが支障となり1脚にしか掛からない場合には、その1脚だけを少し吊り上げてブロックの姿勢・位置を変化させることが可能な場合には変化させてブロック脚の隙間を広げ、網目が2脚に掛かるように試みる。困難な場合には諦めて、1)の過程に戻り、他のブロックを選定する。

3) ブロックの吊り上げ

2)において把持したブロックをそのまま上方に吊り上げることが出来る状況では、そのまま吊り上げる。他のブロックが支障となって吊り上げられない場合には、少しだけ吊り上げた状態にして網チェーン装置を水平移動させブロックの姿勢・位置を変化させることが可能な場合には、変化させて他のブロックとの絡みから解放されるように試みる。困難な場合には諦めて、1)の過程に戻り、他のブロックを選定する。

上記の作業過程をフロー図に示すと、図-3.8のようになる。また、2つの吊り上げパターンI,Tにおける状況の例を図-3.9, 3.10に示す。

4脚ブロック等の他のブロックの作業過程と比較すると、他のブロックでは網目を掛けやすいかどうかブロック選定の重要な要素であり、ブロック脚に網掛けが出来ればほとんど支障なく吊り上げが可能であった。絡み解消は課題として特に意識することはなかった。

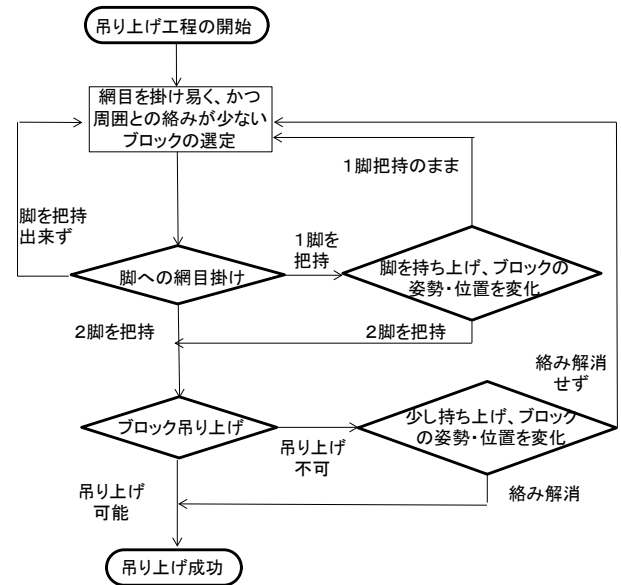


図-3.8 吊り上げ作業フロー図



③2脚への網掛け ④吊り上げ

図-3.9 H型パターンの吊り上げ例



① 網掛け



② 脚への網掛け



③ 絡み解消



④ 吊り上げ

図-3.10 I型パターンの吊り上げ例

3.3 ブロック間にゴミが堆積した状態での吊り上げ

設置されてから相当の年月を経たブロックでは、漂流ゴミがブロック間に堆積して、ブロック間の隙間が狭くなっているケースも想定される。

そのような状況も想定して、ブロック間にゴミが堆積した状態の模型実験を行った。漂流ゴミとして、発泡スチロール、段ボール、木材（割り箸）等の破片を、乱積みした錨型ブロック模型のブロック間に堆積させ、隙間を閉塞させた（写真-3.3）。



写真-3.3 ブロック間がゴミで閉塞した状態（上方より）

この状態で、ブロックの連続した撤去に取り組んだ。ゴミで閉塞した隙間には、網チェーンの網目は入り込まないので、閉塞していない場所、すなわち乱積みしたブロックの山の斜面側において、撤去しやすいブロックより撤去を開始した。1つのブロックを撤去することで、

新たな隙間が出来て、その箇所へゴミが流れ込むことで、閉塞が解消され、隙間が生じる。

写真-3.4は、数個のブロックを撤去した状態であるが、閉塞させていたゴミは、側方あるいは下方に流れ落ち込むものもあり、上方からの状況では、視認出来るゴミの量が減っている。

さらに撤去を行い、上層のブロックを撤去した状況を写真-3.5に、全ブロックを撤去した後の状況を写真-3.6に示す。



写真-3.4 数個のブロックを撤去した状態（上方より）



写真-3.5 上層部ブロックを撤去した状態（上方より）



写真-3.6 全ブロックを撤去した状態（上方より）

3.4 結果

錨型ブロックはブロック同士がしっかりと絡み合っていて、当初は網チェーン式回収装置での撤去は困難かと思われたが、乱積みされたブロック群の上層の周囲との絡みが小さいブロックから撤去することで、連続的に撤去することが可能であった。

以下、各作業過程、項目における留意点等を記す。

(1) ブロック脚への網目掛け

ブロック脚は細長いので、周囲のブロック脚と絡み合っても網チェーンのチェーンが滑り込んでいく隙間があり、ブロック脚への網チェーンの網目掛けについて

は、想定よりは困難性は低かった。作業上、留意しなければならない点は、チェーンがブロック脚の隙間に滑り込んだ後、周囲のブロック脚に絡みつくとである。

チェーンがブロック脚の隙間に滑り込むと、その状況が視認出来なくなるので、視認出来ない周囲のブロック脚の位置・向き等も想定して、それらに網チェーンが絡みつかないように作業をすることが重要である。もし周囲のブロック脚に絡みつくとその状況が視認できないため外すのに時間を要する。そのため、網チェーンの網は、なるべく広げないようにして、狙ったブロック脚にだけ網目がかかるように操作することが必要である。

また錨型ブロックの脚は、八角錐台形状で先端が細くなっているがその頂角は小さく八角柱に近い形状であり、網目がブロック脚にかかると、吊り上げの過程ではブロックの姿勢が大きく変化しない限り外れにくい状況であった。

(2) 周辺ブロックとの絡みの解消

3章で分類した放射状脚型のブロックでは、網チェーンでブロック脚を把持出来た後の吊り上げの過程では、周辺ブロックとの絡みの解消が問題となることはほとんど生じなかった。吊り上げの状況が全く視認出来ない状況でも、ブロックを把持出来れば吊り上げが可能であった。

しかし錨型ブロックでは、周囲のブロックとの絡みつきが大きく、またブロック形状が点対称ではなく細長い形状であることから、吊り上げるときは、ブロックの姿勢がどのように変化するかを配慮しながら吊り上げる必要がある。

(3) ブロック間のゴミ堆積への対応

ブロックの山の斜面側において撤去しやすいブロックより撤去を開始し、ブロックを撤去することでゴミがその跡の空間に流れ込むことで隙間が広がり、対応が可能であった。

4. 錨型ブロックの連続撤去模型実験

4.1 実験目的

網チェーン把持装置を用いて、錨型ブロック模型の撤去を連続的にを行い、撤去の可否及び時間効率の検討に資することを目的とする。

4.2 実験方法

錨型ブロックの模型(高さ7.2cm 重量約127g)を乱積にした山を上方から押さえてブロック同士がしっかりと噛み合うようにした。

そして網チェーン式回収装置の模型を、ラジコンのトラッククレーン車模型に取り付けた(写真-4.1)。網チェーン式回収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把持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4操作である(写真-4.2)。クレーン模型の性能を表4.1に示す。

錨型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連続的に撤去した。ブロックの移設先はクレーンのブームを約45°旋回した位置とした。

今回の実験においては、錨型ブロックの吊り上げ作業の開始から、ブロックを網チェーンで拘束して吊り上げるまでの作業に着目したものである。ブロック吊り上げ後の解放作業については、従来のブロックの解放作業と同様に対応出来るので、本模型実験での検討の対象外とした。実際の解放作業に関して1章2節で述べたように、網チェーンにフックを挿入して解放する形態等が適用されると思われるが、この工程に関しては他のブロックと同様のためである。

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。

ブロック群の上層のブロックより、周囲のブロックの脚と密接に絡まっておらず撤去が容易と思われるブロックから順番に撤去を行った。

そして連続して撤去を行い、その状況をデジタルビデオカメラにより記録した。記録した動画データより、移設作業状況及び所要時間等を分析した。



写真-4.1 ブロック把持模型実験装置



写真-4.2 トラッククレーン模型と操縦装置

表-4.1 クレーン模型の性能

トラッククレーン模型の性能	
主フック巻き上げ速度	1.7m/min
ブーム伸縮速度	0.025m/s
ブーム起伏速度	7.6 度/s
ブーム長	0.5~0.7m
旋回速度	2.3rpm

4.3 実験結果

ブロック同士がしっかりと絡みあって容易に撤去出来るようなブロックはほとんど無かった。しかし、その中から比較的撤去が容易そうなブロックを選んで、図 3-8 に示す作業フローを繰り返した。1つのブロックを撤去することで、その撤去跡が空間となり、周辺のブロックとの絡みが無くなることで周囲のブロックが撤去しやすい状況に変化する。このようにして、中断することなく連続的にブロックを撤去することが可能であった。

そして連続的に18個のブロックを、37分30秒で撤去した(写真-4.3, 4.4)。



写真-4.3 18個目のブロック吊り上げ

各ブロックの吊り上げ開始時間、吊り上げ終了時間、及びそれらの差の吊り上げに要した所要時間の経過を表-4.2, 図-4.1に示す。

1個当たりの移設平均時間は、1分27秒であり、最小値は30秒、最大値は2分17秒であった。吊り上げパターンとしては、パターンHが11個、パターンIは6個、パターンUは1個であった。



写真-4.4 錨型ブロック模型の吊り上げ状態

表-4.2 錨型ブロック模型の移設時間経過

ブロック No.	吊り上げ開始時間	吊り上げ終了時間	吊り上げ所要時間	吊り上げパターン
1	0:00:26	0:01:15	0:00:49	I
2	0:01:47	0:03:46	0:01:59	H
3	0:04:35	0:05:49	0:01:14	H
4	0:06:31	0:07:41	0:01:10	I
5	0:08:32	0:09:36	0:01:04	H
6	0:10:43	0:12:28	0:01:45	H
7	0:13:12	0:14:55	0:01:43	U
8	0:15:17	0:16:18	0:01:01	H
9	0:16:48	0:18:55	0:02:07	H
10	0:19:19	0:21:36	0:02:17	H
11	0:21:59	0:23:35	0:01:36	H
12	0:24:01	0:25:58	0:01:57	I
13	0:26:47	0:27:53	0:01:06	I
14	0:28:18	0:28:48	0:00:30	H
15	0:29:08	0:30:49	0:01:41	I
16	0:31:21	0:32:49	0:01:28	H
17	0:33:40	0:35:09	0:01:29	H
18	0:35:33	0:36:51	0:01:18	I
吊り上げ所要時間等集計	平均	0:01:27	H:11個	
	最小	0:00:30	I: 6個	
	最大	0:02:17	U: 1個	

なお、本稿では連続的に撤去した 18 個のブロックのデータだけを示しているが、これら以外にも数百個のブロック撤去実験を繰り返し、本稿で示したようにブロックが撤去出来ることを確認している。

4.4 4脚ブロック模型実験との比較

4脚ブロック模型で実施した同様の模型実験結果（表-4.3）と比較する。使用したトラッククレーン車等は同じものである。



写真-4.6 4脚ブロック模型実験

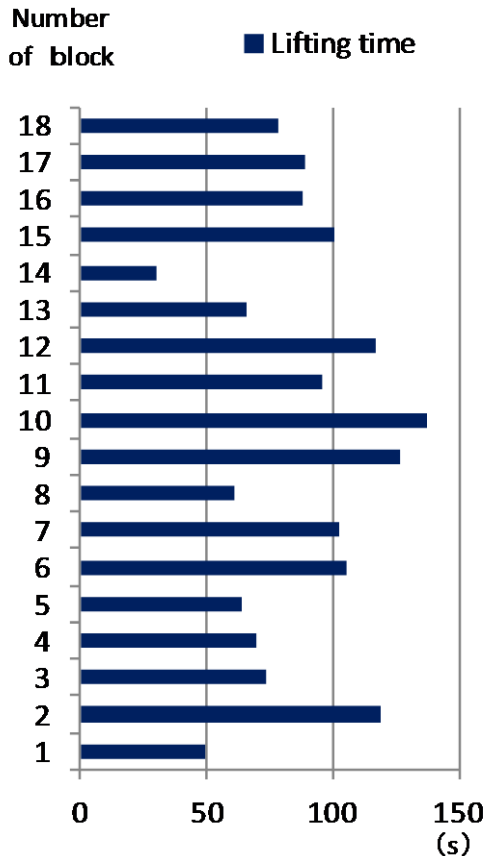


図-4.1 錨型ブロック模型の吊り上げ所要時間

ブロックの吊り上げ開始から終了までの時間について比較した（表-4.4）。4脚ブロックでは1個当たりの吊り上げ所要時間は平均 35 秒であり、錨形ブロックはそれより 52 秒増加している。

表-4.3 4脚ブロック模型の移設時間総括表

項目	所要時間	吊り上げ所要時間	吊り上げ以外の所要時間	備考
(合計)	37分44秒	17分36秒	20分8秒	30個計
平均値	1分15秒	35秒	40秒	
最小値	39秒	13秒	24秒	
最大値	2分35秒	1分55秒	1分9秒	

表-4.4 錨型ブロックと4脚ブロックの吊り上げ所要時間の比較

項目	平均吊り上げ所要時間	最大値	最小値	データ数
錨型ブロック	1分27秒	2分17秒	30秒	18個
4脚ブロック	35秒	1分55秒	13秒	30個
差	52秒			

5. 実工事への適用を想定した検討

4章の連続撤去模型実験においては、錨型ブロックはブロック同士がしっかりと絡み合っていて、当初は撤去困難と思われたが、作業を中断することなく連続的に撤去すること可能であった。以下、本章では実工事への適用を想定して留意される事項について記す。

5.1 適用の範囲

網チェーン回収装置は、従来の人力による玉掛け作業と比較すると、無人にてブロックへの玉掛け作業が可能となることである。ブロック脚の隙間がチェーンの太さ以上であれば、チェーンの自重により隙間に滑り込んで網目がブロック脚に掛かるものである。そのためゴミ等によりチェーンが滑り込める隙間がないような箇所では網目掛けは困難である。

また撤去作業は原則としてブロック1個毎を想定している。そのため長期間設置されて二つ以上のブロックが密着して固まったような状態で、ブロック重量の1.5倍程度の吊り上げ荷重まで作用させても全く動かない状況では撤去は困難である。

5.2 撤去の順番

クレーンのリーチの到達範囲内で、撤去が容易そうなブロックより順次撤去していくことが重要である。ブロック脚への網目掛けの容易さのみからブロックを選択すると周囲のブロックとの絡みが解消できず撤去が不可の場合には非効率となるので、網目掛けだけでなく絡み解消の容易さも踏まえて、撤去が容易そうなブロックを選定して、順次撤去していくことが重要である。

5.3 状況の視認

4脚ブロックの撤去においては、視認不可の状況でも効率は低下するが撤去が可能であったが¹⁾、錨型ブロックでは、状況が視認出来ないと撤去は困難である。

網目掛け、及び絡み解消の容易さの判断、及びその作業においては、状況を十分視認出来ることが不可欠である。

クレーンの操作席から十分に視認出来ないケースでは、カメラ映像による視認等により状況を把握できるように努める。透明度の低い海域の水中部のブロックに対しては、複数の水中カメラの使用、蛍光塗料の塗布等による網チェーンの視認性を向上させることも必要と考える。

5.4 時間効率

時間効率の点では、模型実験においては錨型ブロックの吊り上げ所要時間は約1.5分/個であった。この値は、比較的撤去が容易な4脚ブロックでの所要時間より約0.9分多いものである。なお時間スケールとしては、クレーンの性能に依存するもので、クレーン模型と実際のクレーンの旋回速度(rad/s)は同等、巻き上げ速度(m/s)はスケールの縮尺と同等とすれば、基本的には模型実験と実作業での時間は同等となる。

なお、ブロック撤去の標準歩掛かりにおいては、40-80tの消波ブロック1個あたりの人力による玉掛け作業による撤去時間は10~12分とされている⁵⁾。なおこの値は、撤去及び仮置きまでを含めた時間であり、またブロックの形状による差異は無く一律の値である。

5.5 ブロック間のゴミ堆積

「3.3 ブロック間にゴミが堆積した状態での吊り上げ」においては、気中のブロック群の隙間にゴミを堆積させた状態で行っており、実際の状況等は異なる。

これまでの4脚ブロック等の撤去工事では、ゴミが堆積している場合は浮遊ゴミが多く、ブロックの隙間に入り混んでいる。しかし、海側のブロックより撤去していくことで、隙間に波が打ち寄せる状況となりゴミが散逸して特に撤去作業の支障にはならないようだが、海面上にゴミが散逸するのは好ましくないことから適宜、回収がなされていた。

錨型ブロックに関しては、乱積み状態での空隙率は57.5%と大きいためブロック間の隙間の閉塞に関する懸念は、他のブロックより小さいかもしれない。

5.6 ブロックへの貝類、海藻の付着

設置されてから相当の年月を経たブロックでは、貝類、海藻が付着しているケースがある。貝類は、浮遊ゴミと異なり波が作用しても散逸せずブロックに付着しているが、ブロックの大きさに比べてかなり小さいもので、特に撤去の支障となるようなことは無かった。また海藻等がブロック全体に付着しているものは海面下数m程度に位置するブロック群の斜面の表面に位置するもので、個数も少なかった。

錨型ブロックの撤去においては、ブロック全面に海藻が付着していると海藻が水中で揺らいで状況の視認に影響があるかもしれない点を留意しておく必要がある。

5.7 破損ブロック

これまでの4脚ブロック等の施工実績では、破損プロ

ックが多い場合、破損したブロック脚の先端部を現場にそのままにしておくと、ブロック脚の隙間に挟まってチェーンがブロック脚の隙間に入り込まなくなるので、撤去する必要があった。ブロックを撤去していくと、隙間のゴミ等の異物は下側に落下していく。浮遊ゴミなら海面までしか落下しないが、破損したブロック脚の先端部は、そのまま海中部のブロックの隙間に落ち込んでいくのでその量、数が多い場合には撤去する必要がある。

なお、錨型ブロックに関しては、鉄筋が入っているため破損しても破損部が離れにくいと思われる。

6. 結論

網チェーン式回収装置を用いて、消波ブロックの中でも、ブロックの脚がかみ合わさって最も撤去が困難と思われる錨型ブロックの撤去に、模型実験により取り組んだ。

その結果、運用方法において絡みを解消する要素・工程を付加することにより、網チェーン式回収装置を用いて乱積みした錨型ブロック模型を、連続的に撤去することが可能であった。吊り上げの所要時間は1個当たり1分27秒にて、撤去が可能であった。

(2015年11月6日受付)

謝辞

本研究は科研費(26420219)の助成を受けたものである。ここに記し感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 野口仁志:網チェーン把持装置による海中物体回収とそのモデリングに関する研究, 港湾空港技術研究所資料, No.1221, 2010年.
- 2) 日本消波根固ブロック協会,
<http://www.shouha.jp/products/100/101/>
- 3) 安田誠広・間瀬肇・高橋真弘・松下紘資・徳永誠之:高耐波安定性消波ブロックの開発および性能照査に関する実験的研究, 京都大学防災研究所年報, NO.53B, 2010年.
- 4) (株)不動テトラ, ドロス
<http://www.fudotetra.co.jp/products/dolos.html#sec01>
- 5) 国土交通省港湾局監修:港湾土木請負工事積算基準, 公益社団法人日本港湾協会, 2014

港湾空港技術研究所資料 No.1318

2016.3

編集兼発行人 国立研究開発法人港湾空港技術研究所

発行所 国立研究開発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 株式会社ワコー

Copyright © (2016) 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。