

## 新技術・新工法

# 東日本大震災により被災した防波堤ケーソンの 破砕・撤去工法について

東京土木施工管理技士会

五洋建設株式会社

技術部課長

中山 晋 一<sup>○</sup>

Shinichi Nakayama

現場代理人

下川床 徹

Tooru Shimokawatoko

監理技術者（その5工事）

石山 善 郎

Yoshirou Ishiyama

### 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災により、八戸港では地震と津波による被害を受け、港の北側外郭に位置する八太郎地区北防波堤では、総延長3,500mのうち1,428m（ケーソン102函分）が倒壊するなど甚大な被害が発生した（図-1、2）。当防波堤は港内八太郎地区の港湾荷役施設の前面に位置することから、岸壁前面の静穏度が著しく低下し、特に、コンテナターミナルやフェリー埠頭などの稼働率が悪化した。このため、高波浪時にはフェリーが着岸できないなどの荷役障害が発生する事態となり、震災直後から防波堤の早期復旧が求められた（図-3）。

本稿では、東北地方整備局八戸港湾・空港整備事務所の防波堤災害復旧工事の先駆けとして実施された八太郎地区北防波堤工事の復旧工事に関連

し、前例の少ない防波堤撤去工事の実施状況と、効率的で安全なケーソンの破砕・撤去方法の確立に向けた取り組みについて紹介する。

### 工事概要

(1) 工 事 名：八戸港八太郎地区防波堤（北）（災



図-2 防波堤被災状況（提供：八戸港湾・空港整備事務所）

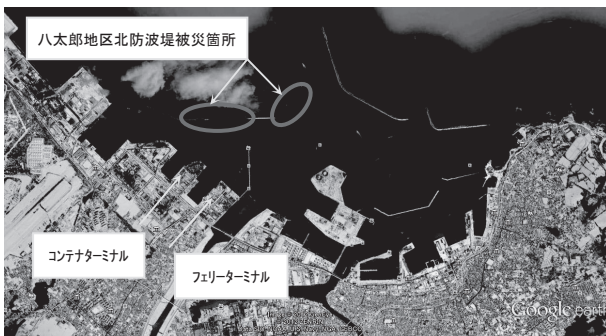


図-1 八戸港平面図



図-3 高波浪時の港湾施設（フェリーターミナル）

害復旧) ケーソン撤去外工事

- (2) 発注者：国土交通省東北地方整備局 八戸港湾・空港整備事務所
- (3) 工事場所：青森県八戸市八戸港内
- (4) 工期：平成23年9月30日～平成24年12月20日

## 2. 現場における問題点

本工事は、津波により倒壊したケーソンを破砕・撤去し、再度、基礎マウンドを構築した後に、ケーソンを据付け、防波堤を復旧することを主な内容とする。

### 1) ケーソン撤去工事の概要

震災の直後においては、被災したケーソンの撤去の前例が少なく、これらに関する標準工法が無かった。このため、工法の適用性に関する検討が行われ、平成17年度に函館港島防波堤災害復旧工事において実施された“グラブ浚渫船の砕岩棒で没水したケーソンを破砕し、破砕後のコンクリート塊をグラブで撤去する方法”が適用されることとなった。上記結果を受け、本工事では、グラブ

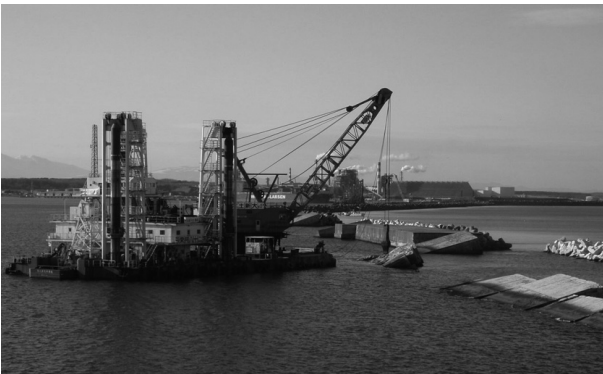


図-4 グラブ浚渫船(砕岩棒)によるケーソン破砕状況



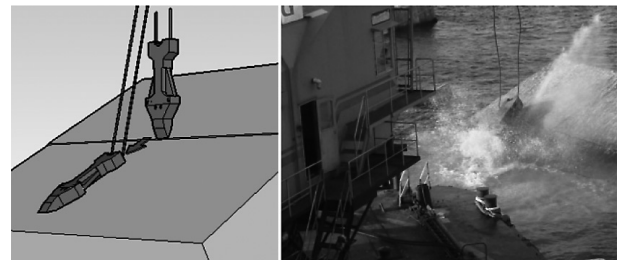
図-5 グラブ浚渫船によるケーソン撤去状況

浚渫船2船団での施工が実施された(図-4、5)。

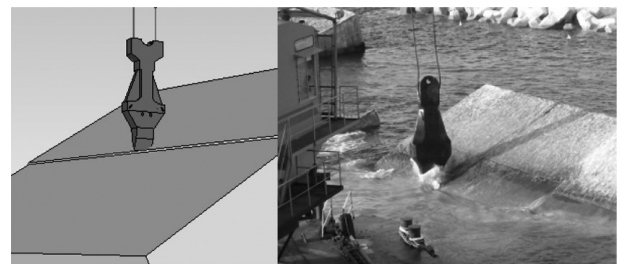
### 2) 砕岩棒でケーソンを破砕する際の課題

砕岩棒でケーソンを破砕する場合は、始めにクレーンにて棒を一定の高さまで吊上げ、次にその位置から棒を落とし、落下の衝撃により対象物を破砕する作業を繰り返す。なお、棒を自由落下させると、棒を支持するウインチドラムが慣性力によって回転を続け、過剰にワイヤーが繰り出されるので、衝突直後にブレーキをかけてワイヤーの動きを止める必要がある。しかし、被災によってケーソンが傾いている場合には、砕岩棒の刃が上部工に食い込まず、斜面に沿って滑落することがある。砕岩棒は最大で50tもの重量があり、一旦斜面上を滑り始めると動きを止めることが困難なことから、ワイヤーやクレーンブームに過大な負荷が作用し、最悪の場合、ワイヤーが破断して作業船に衝突する危険がある。(図-6)

上述のような砕岩棒を用いたケーソン破砕作業における問題に対し、現場では表-1に示すよう



(1) 砕岩棒が滑った状態(砕岩棒の刃先が傾斜に平行)



(2) 砕岩棒が突き立った状態(砕岩棒の刃先が傾斜に直角)

図-6 斜面上に衝突した砕岩棒の挙動の概念

表-1 傾斜したケーソンを砕岩棒で破砕する際の工夫

項目	対応方法
①破砕エネルギーの制御	砕岩棒の落下高さを低くする。 重量の小さい砕岩棒で破砕する(50t⇒25t)。
②砕岩棒打撃方向の制御	クレーン操作で砕岩棒の向きを制御しながら破砕する。 作業船の係留位置で砕岩棒の向きを制御しながら破砕する。
③補助工法の適用	グラブバケットで上部工の一部を撤去した後に砕岩棒で破砕する。

な施工上の工夫によって、危険を回避しながらの作業が進められた。

### 3) 砕岩棒による上部工の破碎効率

上記工事のケーソン破碎の施工実績に関連し、特に、各ケーソンの上部工を完全に破壊するまでに必要となるエネルギーならびに延べ時間について、図-7、8に取りまとめた。なお、1函分のケーソン上部工（長さ10.5m×幅16.0m×厚さ2.5m）を破碎するに当たって必要となるエネルギーは、以下の式により算定することができる。

$$E = W \times 9.81 \times H \times N$$

E：破碎エネルギー（MNm）

W：砕岩棒質量（ton）

H：打撃高さ（m）

N：打撃回数

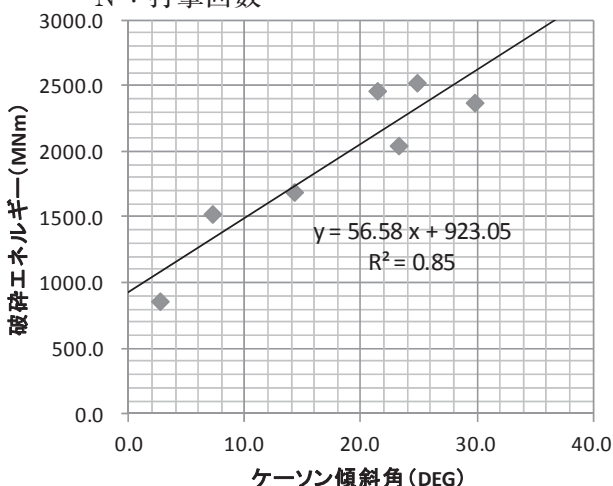


図-7 ケーソン上部工の傾斜角と破碎に要するエネルギーの関係

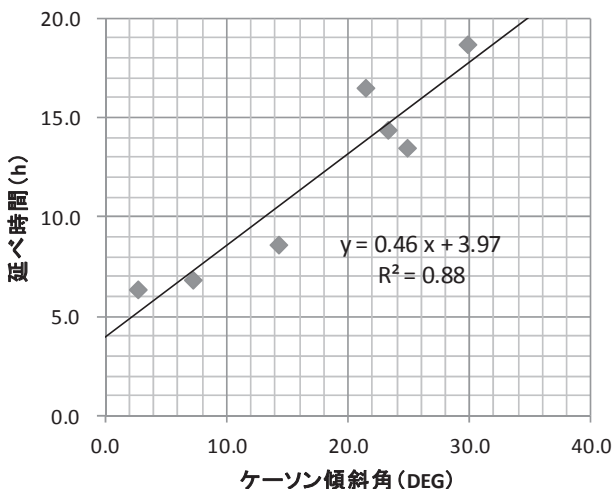


図-8 ケーソン上部工の傾斜角と破碎に要する時間の関係

図より、ケーソン上部工の傾斜角と破碎に要するエネルギーならびに時間との間には高い相関があることが明らかとなった。傾きが大きくなるにつれ破碎に必要なエネルギーならびに時間は増大し、特に、傾きが20°を超えると、水平状態に比べてエネルギーで2倍、延べ時間は3倍以上と著しく効率が悪くなる結果となっている。

## 3. 対応策と適用結果

ケーソン破碎の標準工法である砕岩棒を用いた施工方法に対し、本工事では表-1に示されるような工夫に基づく施工が実施されている。しかし、これらの方法は、あくまでも作業船の能力やクレーンオペレータのスキルなど現場の施工条件に依存するものなので、施工の確実性ならびに他条件下への適用など汎用性に欠ける。よって、傾斜したケーソンをより確実かつ安全に破碎する方法として、既存技術の適用ならびに砕岩棒の落下方法の改善に関する検討を行った。

### 1) バックホウ台船による方法

ケーソン上部工を破碎するための工法として、バックホウ台船のブレイカで上部工を破碎した場合の試験施工を行った。試験では、破碎対象ケーソン（傾き17.5°）の港内側にバックホウ台船を係留し（図-9）、ブレイカでケーソン1函分の上部工を破碎する際に要する時間を計測し、比較した。

図-10にバックホウ台船による上部工破碎時間とケーソン傾きの関係を示す。ケーソンの傾きが20°程度の場合、バックホウ台船による破碎能力は10時間/函（40m<sup>3</sup>/h）であり、砕岩棒の破碎能力と同程度である。しかし、この値は対象の傾きに依存せずほぼ一定と考えられるので、バックホウ台船による施工は、20°を超えるような、特に傾きの大きいケーソンを破碎する場合に有効と言える。また、上記結果は、台船のスパットを用いない係留状態で得られたものであり、施工条件が整えば、より安定した状態でのブレイカ作業が可能となるので、さらに高い破碎能力が期待できる。

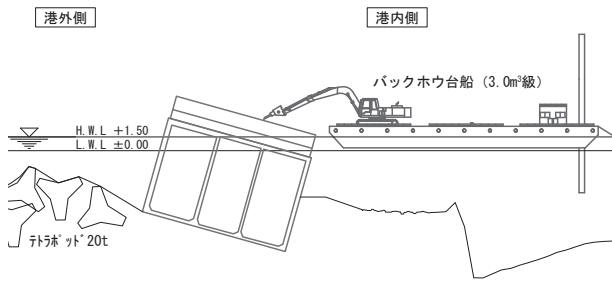


図-9 バックホウ台船の係留要領図

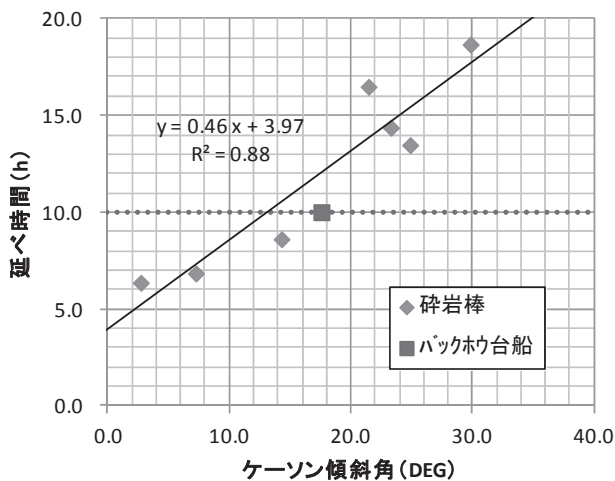


図-10 ケースン上部工破砕能力の比較

## 2) 砕岩棒打撃制御工法の検討

砕岩棒を用いて傾いたケースンを破砕する際には、砕岩棒を上部工の傾斜に対して平行方向で打撃すると、棒が斜面上を滑り、その挙動を制御できなくなる場合がある。このため、上部工の破砕作業を効率良く行う方法として、砕岩棒の刃先向きを調節するための連結方法に関する検討を行い、以下に示す砕岩棒刃先制御治具<sup>\*1</sup>を考案した。

砕岩棒刃先制御治具は、砕岩棒とクレーンブーム間に取り付け、砕岩棒を支持する2本の吊ワイヤーの向きを変化させることで、棒の向きを90°変える構造となっている(図-11)。同治具を用いた場合、作業船やクレーンの位置によらず、刃先を常に傾斜に対して直角方向に向けられるので、棒を滑らせることなく衝撃荷重を刃先に集中して作用させ、確実に対象を破砕することができる。

同治具は本工事に続いて実施された八戸港八太郎地区防波堤(北)(災害復旧)ケースン撤去外工事(その5)のケースン撤去作業において、既設函と隣接した被災ケースンの上部工を破砕する

際にも適用され、傾斜に対して砕岩棒の向きを制御しながら、安全かつ効率的にケースンを破砕可能であることを確認することができた(図-12)。

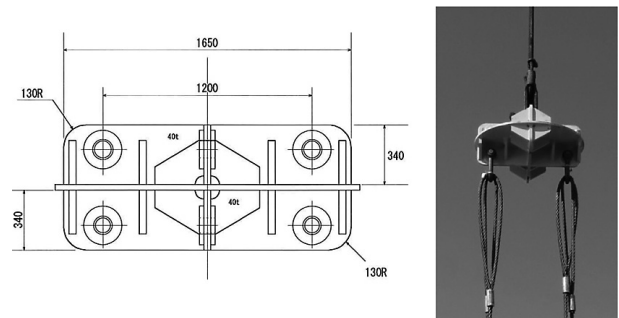


図-11 砕岩棒刃先制御治具の構造図と使用状況



図-12 砕岩棒刃先制御治具を用いたケースン破砕状況

## 4. おわりに

砕岩棒によるケースン破砕作業の安全性ならびに効率性を向上させるための検討を行った結果、特に、傾きの大きいケースンに対して、バックホウ台船の適用が有効であることが明らかとなった。また、砕岩棒による破砕作業についても、刃先制御治具を用いるなどの工夫により、確実性が向上を確認することができた。

今後、最盛期を迎えると思われる東北各港湾の復旧工事に上記技術を適用し、さらなる施工の効率化、安全性の確保に寄与したい。

## 参考文献

※1：破砕用具吊り索体の連結具及びそれを使用した構造体破砕方法(特許出願中:2012-013986号)