

特集

3.11 東日本大震災から
もうすぐ10年
～大きく変わった
沿岸防災～



震災後の防災強化に伴う 港湾建設技術の変遷

一般社団法人日本埋立浚渫協会 東北支部 技術委員会

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震とこれに伴う津波により、東北地方をはじめとする広域な沿岸部や港湾施設に多大な被害が生じた。日本埋立浚渫協会東北支部では、東北地方整備局との間に「災害時における東北地方整備局管轄区域の災害応急対応業務に関する協定」を締結していた。これを受けて震災直後は会員各社にてまず各港湾の航路啓開活動、すなわち水中の障害物を取り除き船が航行できるようにすることから始めた。各港湾の調査、復旧の計画および設計を経て、今日まで災害復旧工事に邁進してきたところである。

会員各社は、被災した港湾構造物を復旧するなかで、従来にはあまり経験のない工事を実施してきた。震災特有の多くの課題を解決しながら新たな建設技術を模索し導入してきた。この過程で培われた建設技術はこれからの防災強化にむけての礎と考え、これらの技術の変遷を紹介する。

2. ICTを活用した水中部の可視化技術

(1) 啓開当初（在来技術の有効性と課題）

災害支援船による緊急物資の早期の陸揚げが求められるなか、震災直後より港湾の啓開活動が開始された。津波は港湾構造物のみならず陸上の構造物や施設までも破壊し、岸壁エプロンに置かれていた荷役貨物をはじめ、生活用品に至るまであらゆるものを押し流していた。港内にはがれきや漁具等が漂流し、海底にはコンテナなどの港湾荷役物や古タイヤなどのバラ荷貨物、さらには自動車、トラック、トレーラ、沈船、フェンス、灯浮標、養殖棚などが多数散在する状態であった。これらを陸揚げするにあたっては、水中に散乱した障害物毎の正確な位置情報や形状の特定が必要となった。

そこで、ナローマルチビームソナーによる海底面の面的測量を行った。ナローマルチビームは海底面に散在しているそれぞ

れの支障物を特定できるほどの分解能を有しており、それぞれの正確な位置・座標を明らかにすることができた（図2）。

しかしながら、ナローマルチビームソナーによる深淺測量は、1つの測線で水深の2倍幅程度の細長い帯状記録であるため（図1）、測量船の軌跡に沿った幾重もの隣り合う帯状データの事後処理を行ってデータを繋ぎ合わせる解析時間を要することが課題であった。このため、前日に測量して解析を行い、支障物の揚収は早くとも翌日以降に行うこととなった。揚収途中や揚収後に確認測量を行う場合も、このタイムラグは不可避であった。



図1 ナローマルチビームソナー



● ナローマルチビーム測深機で特定した異常点(海中部)

図2 水中散乱物の特定(仙台塩釜港仙台湾区)

(2) 復旧工事 (新技術の導入)

復旧工事は津波による被災箇所を撤去することから始めた。八戸港・釜石港・相馬港・小名浜港をはじめとする各港湾では、防波堤のケーソンが滑動したり、転倒したりすることでマウンドから逸脱し水中転落したものが多く、ケーソン本体に損傷を伴うものや、津波による土砂移動もあって海底に半ば埋没するケーソンもあった。作業船の入港および航路とするための必要水深が確保されるまでケーソンを取壊し撤去する方策がとられたが、破碎に伴う濁りが生じるため水中にて破碎途中の形状を潜水士が確認しながらの作業はできず、破碎の進捗確認は困難を極めた。

そこで、水中の状況をリアルタイムかつ立体的に取得できる水中ソナーを導入した。音響測深の原理に基づいたもので、透明度、照度とも低い濁水中であっても、あたかも暗視モニターのような画像が得られるうえ、3次元データとしても測量精度を有しており、砕岩棒やグラブバケットによる破碎状況をリアルタイムに確認しながら実施することができた(図3)。

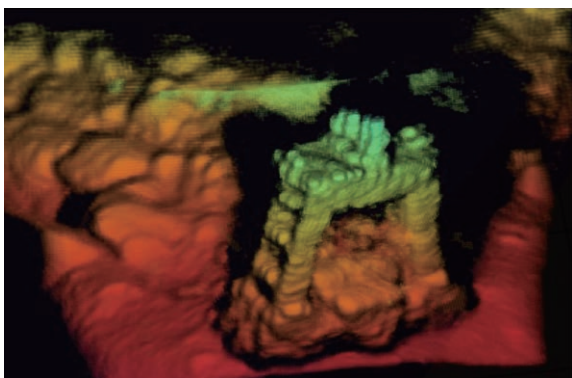


図3 ケーソン破碎時の水中ソナー画像(八戸港)

この水中ソナーはこの後多くの活用機会があった。釜石港湾口防波堤の開口部では、潜水士の作業が困難な水深-29mもの大深度における逆T型ブロックの据付に活用されその実用性が検証されたほか(図4)、水中における消波ブロックの据付も潜水士の指示に頼らず施工ができるため安全性が向上するなど(図5)、水中の監視技術として大いに貢献している。

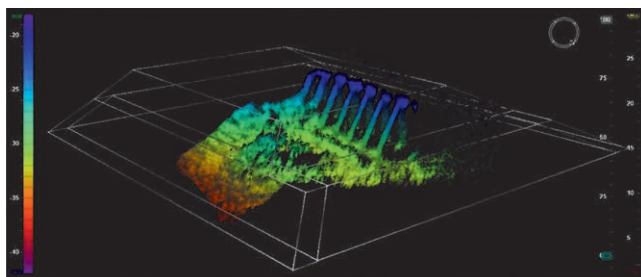


図4 大水深(水深-29m)における活用例(釜石港)

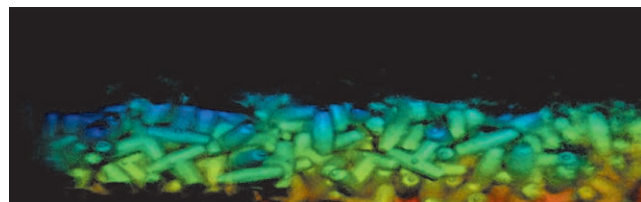


図5 消波ブロック据付時の活用例

3. プレキャストによる資材不足の緩和

復旧工事の最盛期には資材の需要が高まり、特に生コンクリートの供給がひっ迫した。外洋に面する護岸に多く採用された台形重力式防潮堤では、コンクリート使用量が大量である一方で、沿岸各地域の生コンクリートプラントが被災したほか、骨材の供給が追い付かずに出荷量が制限されるプラントも散見された。このため気仙沼や石巻近隣では新たに宮城県との協定によっていわゆる復興プラントが建設され、供給量が增強された。

(1) 粘り強い緩傾斜式防潮堤

緩傾斜式防潮堤は、津波の越流によっても堤体が洗掘されないようコンクリートブロックで被覆される構造である(図6)。沿岸各地域が生コンクリート不足の状況にあるなか、大量のコンクリートブロックの調達課題となった。

この被覆ブロックはプレキャスト部材であり、生コンクリートが安定的に供給されている地域、すなわち東北地方の内陸部や遠くは西日本で製作し、沿岸域の施工場所へ輸送する計画とした。大量の生コンクリートが必要とされていたが安定的な調達が可能となり、迅速な復旧に結び付いた。



図6 ブロックで被覆された防潮堤(中島海岸)

(2) 差し込み式防潮堤

沿岸域はリアス式海岸であり水際線と背後の山に挟まれた狭い地域もあるほか、後背地に接続した港湾施設内では用地利用の合理性から防潮堤の幅に制約がある。このような場合には、杭基礎に壁部材を差し込み構築する手法も採用された。壁部材

はプレキャストであり、被覆ブロックと同様に生コンクリートが安定的に供給されている地域で製作された。



図7 差し込み式防潮堤(釜石港)



図9 栈橋上部工のプレキャスト例(渡波漁港)

(3) 岸壁や栈橋における上部工のプレキャスト化

一日も早い復旧・復興が叫ばれるなか、港湾構造物のうち特に沿岸各地の岸壁は、経済活動の再開や復興の加速化にも密接に関連する港湾荷役のため、早期の供用開始が求められていた。このため生コンクリートの供給不足のなか、復旧工事は工程短縮が命題であった。現場打ちコンクリートに比べ若干経済性に劣るため従来は導入に消極的であった。しかしながらこのような緊急状況にあって、数々の岸壁や栈橋において上部工のプレキャスト化を導入し、生コンクリート不足の課題を解決するとともに、工程短縮の社会的要求も満足させてきた。

例として鋼管矢板護岸の上部工では、外枠のプレキャスト部材を設置して中詰めコンクリートによって下部工と一体化させた(図8)。また栈橋の上部工の例として、従来は鋼管杭に足場や支保工を組み、型枠設置したのち鉄筋組立を経てコンクリート打設となることを、栈橋の梁部材をプレキャスト化して鋼管杭間に架設したうえ、接続部にグラウトを充填して一体化する方法をとった(図9)。いずれの方法も、現場打ちのコンクリート打設量が大幅に低減したほか、足場や型枠の設置、鉄筋組立の手順を削減することで省力化と工程短縮を図った。



図8 矢板岸壁上部工のプレキャスト例(原町火力)

(4) プレキャスト化技術の進歩

震災復旧工事を通じて、港湾構造物のプレキャスト化が有効であるとの認識が広がった。従来からの課題であった杭頭部の剛結方法が確立されるなど、その後も研究が進みさらなる合理化が図られてきた。これらの成果を受け、青森港本港地区の岸壁上部工事では、栈橋上部工の梁部材についてプレキャスト化が採用された(図10)。厳冬期における海水面位置での施工という厳しい施工条件にあって、現場作業の省力化や工程短縮のみならず陸上での受梁製作による確実な品質確保が可能となる。



図10 剛結構造を有する栈橋受梁の施工例(青森港)

4. 新材料の積極的導入

(1) 人工石材

震災復旧工事では、石材についても重要が高まった。大断面の捨石マウンドの施工に際しては大量かつ急速な石材投入が求められ、近隣のみならず北海道・西伊豆・尾鷲・小豆島などといった遠方からも供給された。このような石材不足を背景に、従来技術ではあるものの、鉄鋼スラグを用いた人工石材の採用機会が増加した(図11)。天然石材に比べて一軸圧縮強度が小

さいことから、ケーソンや方塊ブロックといった荷重のかかる基礎マウンドとしての利用を避けて、裏込石や被覆石として使用することで、石材不足が補われた。



図11 人工石材の適用例(裏込石)

(2) 人工軽量材・軽量混合処理

東日本大震災では特に宮城県東端の牡鹿半島で最大およそ1.2mにも及ぶ地盤の沈降があったと報告されている。このような地盤沈下に対応するため既設岸壁のかさ上げがなされ、岸壁の背面土圧が増加し、これに伴う既設護岸の補強が必要になった。

この補強を最小限に抑えるため軽量混合処理や人工軽量材を用いたかさ上げにより、既設構造物への影響を抑制した方法も一部で採用した。将来的には地球温暖化に伴う平均海面の上昇や近年頻発する高潮への対応も期待できよう。



図12 人工軽量材による背面土圧の低減(石巻港)

5. 既設構造物の有効活用

滑動や転倒によりマウンドから水中転落したケーソンのうち、ケーソン本体に致命的な損傷がないものは有効利用を図った。水中で上部工を撤去したのち中詰土砂を排出したものの、完全

に没水しているため、従来通りの再浮上は不可能であった。

そこで、ケーソン天端に止水蓋を設置して排水することで浮力を確保し、完全没水しているケーソンを再浮上させた。止水蓋は煙突状の通気管を有しており、これを介して排水および通気がなされた。震災復旧工事とはいえ、合理的なコスト縮減が求められるなか、限られた既存ストックを有効利用することにつながった。



図13 止水蓋によるケーソンの再浮上(相馬港)

6. 人員不足への対応

各地で復旧工事が最盛期を迎えるようになると、作業人員の不足が顕著な課題となり、これを補うようICTの活用や、ドローンによる測量が普及した。また併せてARやVRの技術も進展し、遠隔検査までもが試行されている。これらの技術は人員不足を補うことのほか、品質の向上や、より一層の安全確保にも貢献するものである。

建設業の担い手確保は業界あげでの課題であるが、若手技術者の登用制度が推進されるほか、女性技術者の活躍もあわせて期待されているところである。

7. おわりに

これからの防災施設の建設にあたり、建設業にはコスト縮減を目的とした施工の効率化、労働者数の減少対応としての省力化施工や担い手確保、魅力ある業種としての働き方改革といった多くの課題への対応が求められている。

震災後の復旧から防災施設の建設を経て、この10年においてその建設技術は進歩してきている。本稿では震災後の防災強化に伴う建設技術として、復旧工事を通じて極めて一部を紹介したが、建設業全体では他にも多くの技術開発がなされている。震災特需に限られた技術というよりも、これを機会としてさらなる技術開発や発展に結び付けていくことが求められよう。

これらの技術が今後も発展的に活用され、効率的かつ効果的な防災強化が推進されることを期待して止まない。