

東日本大震災の津波に耐え抜いた

釜石湾口防波堤

<講演内容>

1. 東日本大震災の記録
2. 釜石湾口防波堤の設計思想と津波防護効果
3. 巨大災害に対する新たな設計思想の導入
4. 新たな設計思想に基づく湾口防波堤の再建
5. おわりに

<講演者>

- 藤田 武彦 元運輸省第二港湾建設局 横浜調査設計事務所 建設専門官
/元国土交通省 技術総括審議官
- 下迫健一郎 元港湾空港技術研究所 特別研究主幹
- 栗山 善昭 元海上・港湾・航空技術研究所 理事長
- 津田 修一 元国土交通省 東北地方整備局長

写真提供：国土交通省 東北地方整備局 釜石港湾事務所

はじめに

2011年3月11日に東日本を襲ったマグニチュード9.0の地震は各地に甚大な災害をもたらした。とりわけ東日本の太平洋岸に襲った津波は未曾有の規模で、この国の沿岸防災のあり方を根底から揺るがす事態を招いた。

地震が多発する島国日本は古くより津波に苦しめられており、今やTSUNAMIは世界の共通語であり、2015年に国連が定めた世界津波の日（11月5日）は和歌山県広川に伝えられる「稲むらの火」に由来している。

津波に対する防護策としては海岸堤防をより高く、より強固にしたいが、リアス式海岸では湾奥で津波高が著しく増大する。そこで釜石では湾口部に世界最大水深（-63m）の津波防波堤を計画し、技術の粋を凝らして建設した。

ここでは湾口防波堤完成直後に発生した東日本大震災における当該防波堤の挙動を分析してその防護効果を検証するとともに、レベルⅡの新たな設計思想を導入してさらに防御力を高めた防波堤の再建に取り組んだ関係者の道程を報告したい。

1. 東日本大震災の記録

(1) 2011 東北地方太平洋沖地震の概要

日本海溝では太平洋プレートが北米プレートの下に沈み込んでいる。今回の地震は二つのプレートの境界で発生した。

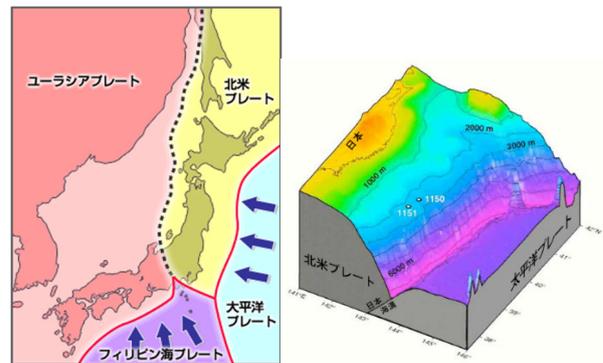


図 1-1 震源域

(2) 地震の規模

港湾地域強震観測により多数の強震記録が得られた。それによれば、確率論的地震危険度解析に基づく再現期間75年地震動（レベル1地震動）を大きく上回っている。更にシナリオ型の地震動評価に基づいて当該地点で考えられる最大規模の地震動（いわゆる worst case scenario、レベル2地震動）をも上回っており、港湾で用いられている地震規模の想定方法に課題を残した。

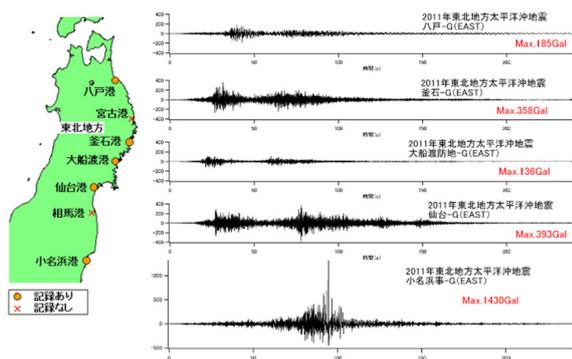


図 1-2 強震記録

(3) 津波の規模

およそ 20km 沖合に設置されている GPS 波浪計は沿岸に到達する前に津波を捉えた。この観測値は津波警報レベル引き上げの根拠となった。

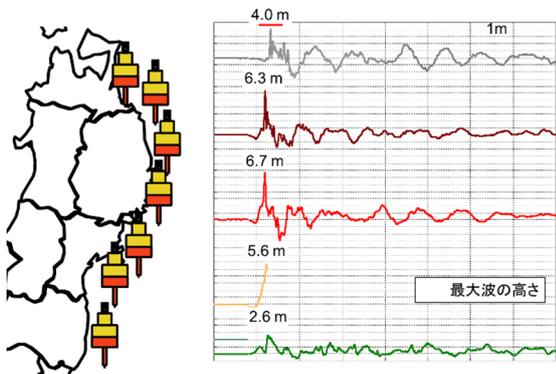


図 1-3 GPS 波浪計による観測記録

陸域で観測及び推定された津波高さを示す。

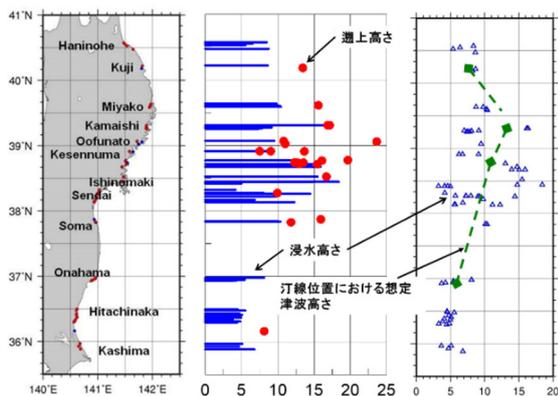


図 1-4 津波高さ

(4) これまでの対策の検証

港空研によって開発された STOC (Storm Surge and Tsunami Simulator in Oceans and Coastal Areas) を用いてシミュレーションした結果、湾口防波堤は津波の到達を 6 分遅らせ、津波高さを 13.7m から 8m に 4 割低減させたと評価できる。

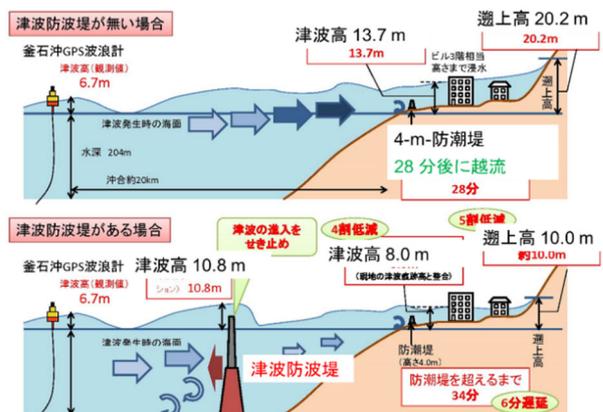
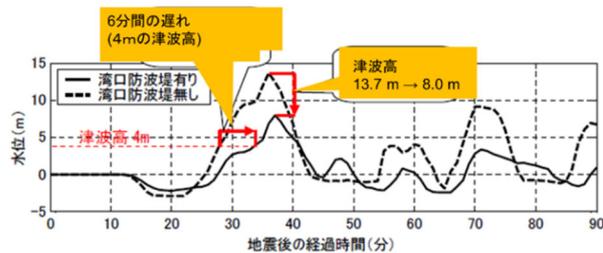


図 1-5 湾口防波堤の津波低減効果

(5) 今後の対策の方向性

今後の津波対策としては、1,000 年に 1 回程度の確率のレベル 2 津波を想定し、例えば施設は変形しても津波エネルギー減衰効果が失われない程度とする。

	対象津波	要求性能
レベル1	近代で最大 (100年で1回程度の発生確率)	<ul style="list-style-type: none"> 人命を守る。 財産を守る。 経済活動を守る。
レベル2	最大級 (1000年に1回程度の発生確率)	<ul style="list-style-type: none"> 人命を守る。 経済的損失を軽減する。 大きな二次災害を引き起こさない。 早期復旧を可能にする。

さらには下記のような検討の必要性を付記したい。

【ハザードマップについて】

・レベル 1 と 2 の津波に対してハザードマップと避難計画を準備する。

【避難について】

・GPS 波浪計で取得されたデータに基づく津波のリアルタイム予測システムを確立する。

・停電や移動手段等を考慮した信頼度の高い警報システム及び避難ルートを確立する。

・レベル 2 津波に対しても安全な避難センターを準備する。

【都市構造について】

・人工地盤や盛土などによって高い地盤を創出する。

・家屋は高い土地に建設する。

・高い土地の居住地区から臨海部の経済活動地区へのアクセスを確保する。

- ・家屋は堅牢とする。そのため、木造ではなくコンクリート造りを基本とする。
- ・中高層ビルの高い階を居住用、低い階を経済活動用とする。

2. 釜石湾口防波堤の設計思想と津波防護効果

(1) 釜石湾口防波堤の概要

一般に、津波の高さは水深が浅くなるほど大きくなり、また、リアス海岸では湾奥部は湾口部に比べて断面積が小さいため、津波が収れんしてさらに大きくなる。したがって、湾奥部で大きくなった津波を防ぐよりも、湾口部で津波を低減させるほうが経済的かつ効果的である。そこで、釜石湾において港内を静穏に保つとともに背後地域を津波から防護する役割を担うべく、湾口防波堤の建設が昭和53年4月に着手され、平成20年度末に完成した。湾口防波堤は、図2-1に示すように北堤（延長990m）と南堤（延長670m）からなっており、開口部（300m）には、締め切り効果を高めるための潜堤が設置されている。防波堤の最深部の水深は-63mであり、世界でいちばん深い防波堤としてギネスにも認定されている。

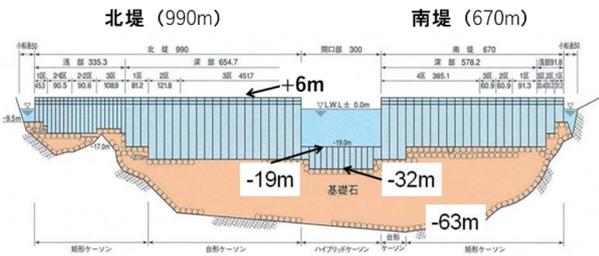


図2-1 防波堤縦断面図

(2) 防波堤の津波防護効果

湾口防波堤の津波防護効果は、設計津波（明治三陸地震津波）に対して、津波が防波堤の天端を越えることがなく、開口部からの流入を考慮しても、防波堤がない場合に比べて津波の高さを2.8m低減させる。その結果、防潮堤を越流させることなく、陸上の浸水深を0.5m未満とすることができる（図2-2）。

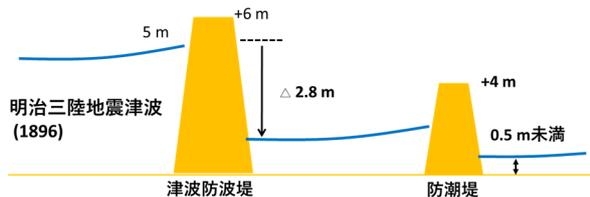


図2-2 防波堤の津波防護効果

(3) 導入された設計思想と施工技術

防波堤ケーソンの下面にある基礎捨石または地盤には、波力による水平力と自重などの鉛直力の合力（偏心荷重）が台形状または三角形状に作用する。ケーソン後端に作用する単位面積当たりの合力（偏心荷重）を端趾圧といい、基礎捨石や地盤の支持力の検討については、かつては計算の簡便性から端趾圧を500kN/m²以下とする設計法が用いられていた。しかしながら、釜石湾口防波堤をはじめとするケーソンの大型化や大水深化によって端趾圧が増大したため、模型実験や現地試験による検討の結果、図2-3に示す簡易ビシヨップ法による新しいマウンド支持力の設計法が提案され、端趾圧の制約は廃止された。

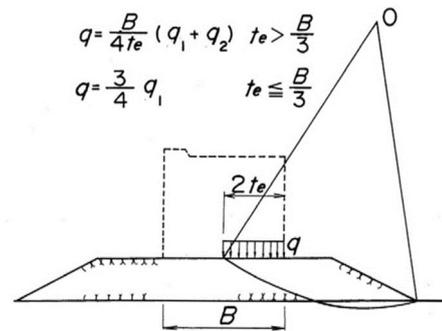


図2-3 簡易ビシヨップ法

中央部（開口部）の施工については、航路の閉鎖期間を短縮する必要性と使用可能な起重機船能力の制約条件があることから、鋼材と鉄筋コンクリートを力学的に合成した、長さ20m、高さ13m、幅13mのハイブリッドケーソンを採用した。ハイブリッドケーソンの特長は以下のとおりである。

- ① 鉄筋コンクリート部材と比較して、板厚が薄くても所定の耐荷力や靱性が得られる。
- ② 一時的な荷重によりコンクリートにひび割れが生じても、鋼板で水密性が確保できる。
- ③ 作業員を削減でき、工期の短縮が可能となる。
- ④ 部材費は比較的高くなるが、工期の短縮や省力化が図られる。

また、基礎石マウンドの施工においては、水深の増大や作業条件の悪化に伴う作業効率・安全性の低下などにより、従来の潜水士による工法では大量の捨石工事を速やかに施工することが困難であった。そのため、捨石の投入、マウンド天端面均し、均し面の計測を同時に行う機械化施工システムを開発した。

さらに、開口部への約 7,200 個の被覆ブロック据付では、作業の安全性や効率性を考慮し、通常ブロック据付に必要な潜水作業を行わず、水中ビデオカメラ・GPS・水中自動切離装置等を使用して複数のブロックを同時に据え付ける方法を採用し、水中作業の無人化を図った。

(4) 東日本大震災による被災の概要と津波防護効果

図 2-4 は、ナローマルチビーム測深機による被災後の測量結果で、左側が北堤、右側が南堤である。南堤については、22 函のうち最深部（開口部側）から 10 函はほとんどそのまま残存しているが、11 函めは港内側へやや傾斜しつつ、水没した隣接ケーソン側に大きく傾いており、12 函め以降については、ほとんどのケーソンが港内側へ転落している。一方、北堤については、44 函のうち 7 函程度がほぼ原形をとどめているもの、それ以外のケーソンについてはほとんど何らかの変形・移動が見られる。港内側へ転落しているものも多く、また、わずかに水面上に姿をとどめているものでも、大半が港内側に傾斜しつつ水没した隣接のケーソン側（開口部方向）に大きく傾いている。堤頭函についても開口部側へ大きく傾斜しており、開口部の潜堤もほとんどのケーソンが港内側へ転落している。

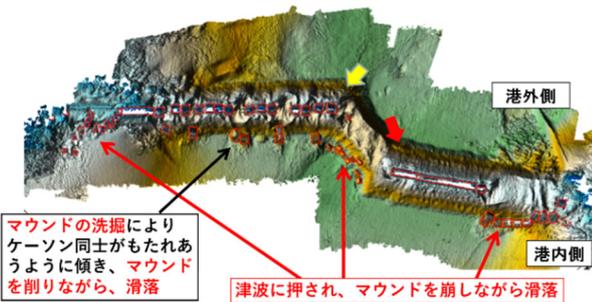


図 2-4 ナローマルチビームによる被災状況

南堤側および北堤側浅部については、図 2-5 の 1) に示すように、津波の越流による港内外の水位差で押されるとともに、港内側マウンドが越流等により洗掘され、ケーソンが滑落したと考えられる。また、北堤の深部に関しては、図 2-5 の 2) に示すように、一部のケーソンが滑動してマウンドから転落したあと、ケーソンの抜けた箇所に速い流れが作用して洗掘が生じて隣接するケーソンが傾斜・変形し、それによって広がったケーソン間の目地部分でも同様の洗掘を受けて、被害が徐々に拡大したと考えられる。

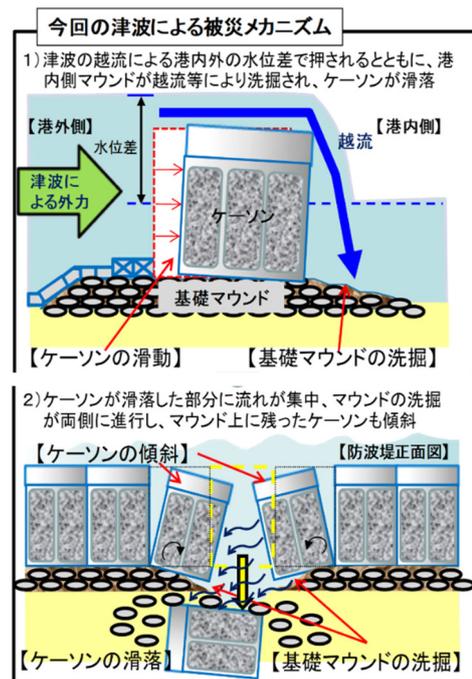


図 2-5 防波堤の被災メカニズム

東日本大震災における津波は、明治三陸地震津波をはるかに上回るものであり、津波は開口部からだけでなく防波堤を越流して湾内に侵入し、防波堤本体も大きな被害を受けた。ただし、現地で撮影された映像等によれば、防波堤は津波高さが最も大きかった第 1 波ではあまり大きな被害を受けておらず、第 2 波以降で被害が拡大されたと見られている。図 2-6 は、数値計算による湾口防波堤の津波軽減効果の検証結果を示したものである。左は防波堤がないものと仮定した場合の最大津波高を示したもので、右は防波堤がある場合の最大津波高である。図には 3 箇所での計算値と現地調査により観測された痕跡値の値を示しているが、痕跡値は防波堤がある場合の計算値とほぼ一致しており、防波堤が湾内の津波を軽減したことが分かる。

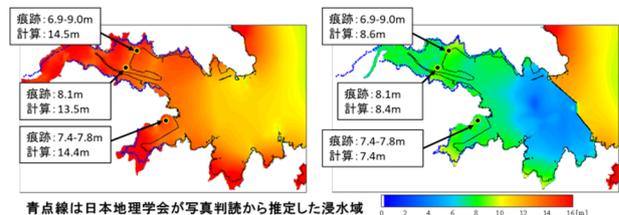


図 2-6 防波堤の津波軽減効果

3. 巨大津波に対する新たな設計思想の導入

(1) 津波対策の見直しの動き

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震では設計

高さを上回る津波によって未曾有の災害が生じた。そこで、このような津波にどのように対応すべきが様々な機関で議論され、以下の提言などが発表された。

2011年

6月 中央防災会議 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会「中間取りまとめに伴う提言」

7月 交通政策審議会港湾分科会防災部会「港湾における総合的な津波対策のあり方（中間とりまとめ）」

7月 海岸4省庁「設計津波の水位の設定方法等について」

9月 東北港湾における津波・震災対策技術検討委員会「防波堤及び岸壁等の復旧の技術検討方針」

2013年

9月 国土交通省港湾局「防波堤の耐津波設計ガイドライン」
(2) 二つのレベルの津波

これらの提言等によって、津波としては、今後、二つのレベルの津波を考える方針が示された。

一つは、数十年～百数十年に1回程度の発生確率を持つ“頻度の高い”津波であり、レベル1津波とも呼ばれる。この津波に対しては、人命、財産、経済活動を守ることを目標とし、防災施設により堤内地への浸水を防止する。

もう一つの津波は、1000年に1回程度の発生確率を持つ“最大クラス”の津波であり、レベル2津波とも呼ばれる。この津波に対しては、人命を守りつつ、経済的損失を軽減し、大きな二次災害を引き起こさず、早期復旧を可能にすることを目標とする。堤内地への浸水は許容するものの、土地利用や避難対策と一体となった総合的な対策を講じるものとする。

(3) 釜石湾口防波堤復旧の方針と設計

以上の方針を受けて、釜石湾口防波堤の復旧においては、レベル1津波としては明治三陸地震津波が、レベル2津波としては東北地方太平洋沖地震津波が設定された。

1) 防波堤

数値シミュレーション結果を基に、レベル1津波における防波堤前の津波高さとして、北堤では7.81m、南堤では5.85mが設定され、レベル2津波に対しては、北堤では13.64m、南堤では12.34mが設定された。

防波堤本体の復旧の基本方針としては、レベル1津波に対しては、原形復旧もしくは従来と同じ機能を有する構造とし、レベル2津波に対しては粘り強い構造

で対応することとなった。

具体的には、既設のケーソンが当初の設置場所にとどまっている残存部では、ケーソンの沈下や移動に伴うレベル1津波に対する天端高さの不足に対しては嵩上げで対応し、レベル2津波に対する粘り強い構造としては、高さがケーソン高さの1/4の押さえ盛石（腹付工）を港内側に設置するとともに、越流による洗掘防止のため港内側に被覆石を設置した（図3-1）。その結果、波浪及びL1津波に対しては滑動・転倒の安全率1.2を確保するとともに、L2津波に対しては滑動・転倒の安全率1.1を確保した。

一方、既設のケーソンがマウンドから滑落した、あるいは大きく滑動し、新たなケーソンを設置する新設部においては、粘り強い構造として、摩擦増大マットを防波堤の下に設置するとともに、越流による洗掘防止のため港内側に被覆石を設置した（図3-2）。その結果、波浪及びL1津波に対しては滑動・転倒の安全率1.2、簡易ビショップ法で計算した基礎の支持力の安全率1.0を確保するとともに、端趾圧を700kN/m²以下とした。また、L2津波に対しては滑動・転倒の安全率1.1を確保した。

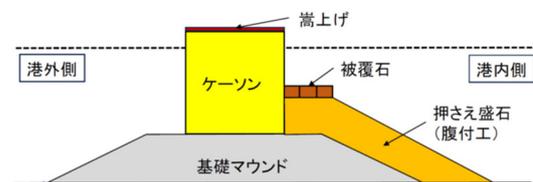


図3-1 残存部における防波堤の模式図

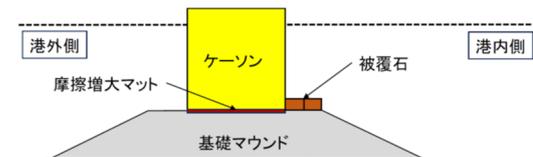


図3-2 新設部における防波堤の模式図

2) 開口部の潜堤

開口部の潜堤は津波による流れの影響を大きく受ける。そこで、設計条件としては、レベル1津波に対しては、押し波時の流速12.97m/s、継続時間58sが設定された。継続時間は、津波の数値シミュレーションで得られた開口部の流速の時系列を基に、最大流速の90%以上の流速の継続時間として求めた時間である。レベル2津波に対しては、引き波時の22.94m/s、継続時間464sが設定された。

要求性能としては、レベル1津波に対しては安定性

を確保すること、レベル2津波に対しては致命的な倒壊に至らないことが設定された。さらに、構造的には、施工が容易であり、被災に対して修復性が高いことが要求性能とされた。

1/100の水力模型実験の結果、逆T型ブロック（長さ10m、幅16m、高さ10m）を潜堤基礎に5.5m根入れする構造（図3-3）が選定された。本構造のメリットとしては、①逆T型ブロックの根入れによる水平力に対する抵抗の増加と②小さな天端幅による揚圧力の低下がある。

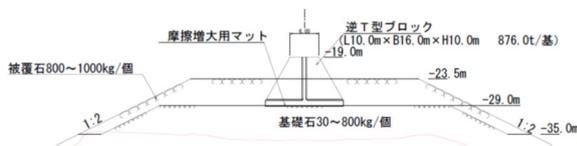


図3-3 潜堤の諸元

(4) 最大クラスの津波に対する総合的対策

日本海溝地震津波や南海トラフ地震津波においては、最も大きな被害想定として、それぞれ約20万人、16万人の人的被害（死者数）が示されている^{1),2)}。このような最大クラスの津波に対しては、前述のように、防災施設だけではなく、土地利用や避難対策と一体となった総合的対策を講じることが求められている。

避難計画の策定においては、津波による浸水域の把握が必要であり、それには地図上に浸水域を示したハザードマップが有用である。釜石市では、日本海溝津波などの全想定津波の最大浸水域と指定緊急避難場所を地図上に示したハザードマップが公表されており、web版では、自分の位置をクリックすると近くの避難場所が表示されるようになっている。

迅速な避難には、いち早い警報が重要である。東北地方整備局は、沖合約20kmの沖合に設置されたGPS波浪計のデータを活用した津波防災支援システムを開発した。システムが作動すると、異常潮位がweb画面にポップアップ表示されるとともに、事前登録した自治体関係者へメールが配信される。

安全な避難のためには、避難先が浸水域外の高台であることが望まれる。しかし、地震発生から津波到達までに浸水域外の避難先に到着できない避難困難地域の避難者や避難が遅れた避難者に対して、緊急に避難するための津波避難タワー等を準備することが求められる。高知県黒潮町では、浸水深18mが想定される地点に、避難フロアまでの高さ22m、収容人数230名の

津波避難タワーが建設されている。

土地利用と一体となった総合的対策の一つとして、浸水域外の高台への住宅移転がある。東北地方太平洋沖地震津波によって大きな被災を受けた地域では、防災集団移転促進事業によって高台への住宅移転が進められ、27市町村において、324地区で住宅団地が整備され、8,389戸分の住宅用の宅地の造成が行われた³⁾。

4. 新たな設計思想に基づく湾口防波堤の再建

(1) 再建施工の概要

防波堤の再建は、詳細な現地調査を経て平成24年から始まった。堤体を構成していた66函のケーソンの半数以上を新たに製作、基礎マウンドについても旧構造の1/4の石材量を投入するなど、大規模な施工を6年3カ月で行うものであった（図4-1）。

施工箇所	H24 1年	H25 2年	H26 3年	H27 4年	H28 5年	H29 6年	H30 7年
条件集結地	[Yellow bar]						
扇状地	ケーソン撤去 (2函)	[Red bar]					
	ケーソン製作 (8函)	[Blue bar]		[Blue bar]			
	基礎マウンド造成 (370m)	[Green bar]		[Green bar]			
	ケーソン埋付	[Green bar]		[Green bar]			
湾口部	上土工 (370m)	[Blue bar]		[Blue bar]			
	基礎マウンド造成 (300m)	[Green bar]		[Green bar]			
	堤体埋付	[Green bar]		[Green bar]			
	ケーソン撤去 (19函)	[Red bar]					
北堤	ケーソン製作 (29函)	[Blue bar]					
	基礎マウンド造成 (870m)	[Green bar]		[Green bar]			
	ケーソン埋付	[Green bar]		[Green bar]			
	上土工 (990m)	[Blue bar]		[Blue bar]			

図4-1 施工工程の概要

通常の防波堤建設と大きく異なる点は、被災構造物の撤去であった。基礎マウンドから完全に滑落し再建に支障のないケーソンについては海底に存置する一方で、マウンド上に残っているものの傾斜が大きく安定性が確保できないものについては破碎後、撤去した。撤去は、岩盤掘削用の砕岩棒で砕いた後、グラブにより取り除いた。撤去後の破碎塊は、作業ヤードの嵩上げ材や新設ケーソンの中詰め等に再利用した。

ケーソン撤去後、基礎マウンドの造成を行った。造成は、津波による洗堀などで変形した残存マウンドに捨石を投入、嵩上げする方法とした。

基礎マウンド造成と並行し、ケーソン製作を進めた。

完成したケーソンは、起重機船等により移動した後、再造成した基礎マウンドに据え付けした。

最後に、ケーソン上に上部工を打設した。コンクリート打設は、ミキサー船、あるいは、ミキサー車を乗せたランプウェイ台船をケーソンに横付けし行った。

(2) 再建施工における配慮事項

湾口防波堤の再建は、被災地における大規模施工となるため、通常とは異なる配慮すべき事項があった。

一つは、短期間での再建が求められたことである。湾口防波堤の役割は、防災機能はもとより、波浪を防ぎ安定的な港湾機能を確保することにある。港湾利用による地域経済の回復、早期復興を支えるため、可能な限りの迅速な復旧が求められた。このため、残存構造物を最大限活かし施工範囲を最小にとどめた他、旧防波堤建設時に使用した施設をできる限り利用した。

二つ目は、被災地で始まっている市街地等他の復旧作業の妨げにならないようにすることであった。このため、地域の資材の使用を可能な限り控えるとともに、被災地域外の施工能力も活用することに努めた。

三つ目は、被災地では、人材、資材、機材のすべてが長期間不足することが予想された。このため、省人化や機械化施工、代替資材の活用などを徹底するとともに、早い段階から工事スケジュールを示すことで、再建における施工体制の確保を図った。

このような再建施工の配慮事項に関する具体事例を以下に簡単に紹介する。

① 高精度の測量技術の活用

短い工期で防波堤を再建するためには、残存構造を可能な限り正確に把握し、最小限の施工にとどめることが重要であった。このため、海底の測量にあたっては、地形データを俯瞰的にとらえることができるナローマルチを活用した。ナローマルチは、音響ビームを1本だけではなく面的に海底に照射することで、地形を3次元データとして容易に取得できる技術である。図4-2は、マルチビーム測量で得られた湾口防波堤の被災状況の3次元画像である。基礎マウンドから滑落したケーソン、マウンドの洗堀、被服ブロックの飛散などの状況が詳細に把握することができる。



図4-2 ナローマルチによる3D図

② ケーソン製作の効率化

37 函の新たなケーソン製作のため、港内の泉地区に

あった旧作業ヤードを再整備し、製作ヤードとして活用した。地震による地盤沈下を70 cm嵩上げ、被災した岸壁を補修した。また、製作サイクルを早めるため、海上打継用の150mの仮設栈橋を新設した。加えて、専用の生コンプラント(90 m³/h)も併設することで、材料供給に影響を受けることなく安定的なケーソン製作を可能とした。旧ヤードの製作能力が同時1函、年間3函であったものが、新ヤードでは同時2函、年間12函の製作が可能となった。

ケーソン製作の流れは、フローティングドックで4段まで打ち上げた後、ケーソンを引き出し、仮設栈橋にある水深が異なる3か所の打継場で順次コンクリートを打設し、最終的に8段(高さ19.5m)のケーソンを完成させるものである(図4-3)。

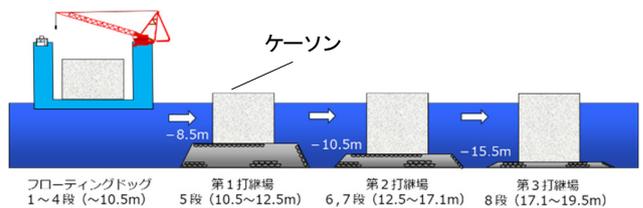


図4-3 ケーソン製作の流れ

③ 全国からの資材供給

再建防波堤の基礎マウンドの造成には、約170万m³の石材を必要とした。旧防波堤建設時は、港の直背後にある石材産地(板木山)から専用的に供給したが、再建時には既に閉山していた。

このため、石材供給にあたっては、北海道から九州までの石材産地から海上輸送により、必要量を確保した(表4-1)。最終的に全体の9割以上を釜石地区以外の石材を使用した。

表4-1 石材の供給状況

産地	使用量(万m ³)	海上距離(km)
岩手 釜石	14.6	—
北海道 伊達	27.8	400
" 函館	36.4	350
" 釧路	7.8	450
静岡 西伊豆	12.5	720
愛知 西尾	5.7	880
三重 尾鷲	30.7	930
香川 小豆島	11.9	1,200
大分 佐伯	1.9	1,400
人工石材	19.7	
計	169.0	

また、人工石材も積極的に活用した。人工石材は、鉄鋼を生産する際に生成される製鋼スラグを骨材に、

高炉スラグ微粉末を結合材として練り混ぜ水和固化したもので、大きな形状の物も生産可能なことから、基礎マウンドの被覆石として使用した。

⑤ 全国の施工能力の活用

ひっ迫する現地の施工を補完するため、被災地域以外の施工能力を最大限活用した。釜石港におけるケーソン製作と並行して、現地製作の2倍の長さがあるハイブリッド構造の大型ケーソン(長さ50m、幅20.4m、高さ19.5m)6函を千葉、名古屋、津松坂にある造船ドックにおいて製作し、半潜水式台船に載せ海上運搬して据え付けを行った(写真4-1)。



写真4-1 ハイブリッドケーソンの海上輸送

⑥ 省人化技術の活用

基礎マウンドの再建は、水深20m前後の深い地点での作業となること、また、被災地における潜水士が不足していることから、水中の施工機械によるマウンド上面の均し作業を行った。捨石均し機は、旧防波堤の施工時にも導入されていたが、GPSによる正確な位置決めや、均し面の自動計測装置により、従前よりも高精度、効率的な作業が可能となっている(図4-4)。捨石均し機は、150㎡/日以上以上の均しが可能で、潜水士15人分相当(10㎡/日/人)の能力となった^{4), 5)}。

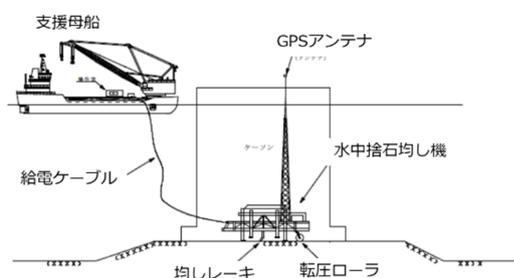


図4-4 捨石均し機の施工イメージ

⑦ 工事スケジュールの公表

人材、機材、資材の全般的な不足から、被災地においては長期間施工能力がひっ迫することが予想された。こ

のため、港湾の復旧にあたっては、工事の初期段階から可能な限り長期(当初H23~25年度の3年間)の工事規模、工期、使用機械や資材量等がわかる工事毎のスケジュールを公表し、円滑な施工体制の確保を促した。

おわりに

東日本大震災のような未曾有の巨大災害に対して我々ほどの様に向き合い、如何に対処してきたかを、釜石湾口に築いた津波防波堤に絞って報告させていただいた。

これからも自然の脅威は、我々の想定を超えたレベルで確実に迫り襲うであろう。これに対して、避難計画の策定や信頼度の高い警報システム、避難場所・避難経路の確保と日常の訓練が不可避である。さらに人々の生活様式の変化や社会構造にも工夫が求められる。

人々の生命・財産や経済社会を守るべく、優れた発想と不断の努力が求められる所以である。

参考文献

- 1) 内閣府：防災情報のページ、日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震の解説ページ、
https://www.bousai.go.jp/jishin/nihonkaiko_chishima/kaisetsu/index3.html
- 2) 内閣府政策統括官(防災担当)(令和元年6月)：南海トラフ巨大地震の被害想定について(建物被害・人的被害)、194p、
https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/1_sanko2.pdf
- 3) 国土交通省：
https://www.mlit.go.jp/report/press/toshi06_hh_000041.html
- 4) 五洋・徳倉特定工事建設共同企業体
https://genba-story.com/iwate11/03_shashin.html
- 5) 海上工事における無人化・自動化施工技術(野元義一)、日本建設機械施工協会機関誌2012年5月
<https://jcmnet.or.jp/bunken/kikanshi/2012/05/028.pdf>

<図・写真等の提供・出典>

図1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 2-5, 2-6

港湾空港技術研究所

図2-1, 2-2, 2-4, 3-3, 4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 表4-1,

写真4-1 東北地方整備局