

須崎港湾口地区防波堤の 粘り強い構造への改良について

青木 亮介

四国地方整備局 高知港湾・空港整備事務所 須崎港出張所

(〒785-0054 高知県須崎市多ノ郷字船着乙734)

東日本大震災では多くの防波堤が倒壊し、その後の復旧・復興や港湾利用に支障をきたした。このため発災後の港内静穏度を確保し港湾機能を維持するため、須崎港津波防波堤に対して倒壊しにくい「粘り強い構造」への改良を実施する。

キーワード 防波堤、粘り強い構造、港内静穏度

1. はじめに

(1) 須崎港湾口地区防波堤整備の経緯

須崎港は土佐湾のほぼ中央、高知市の西約30km、新荘川の河口に拓けた須崎市に位置し、リアス式海岸の形状をした天然の良港として、古くから地域の生産・消費物資を取り扱う港として重要な役割を果たしている。しかしながら、須崎港は湾口が広い一方で港内が狭い形状をしているため、表-1に示すように昭和21年に発生した昭和南海地震津波などをはじめ、過去幾度となく、津波による甚大な被災を受けてきた。写真-2及び写真-3に昭和南海地震津波の被災状況を示す。そこで、昭和58年に、須崎港湾口地区防波堤（以下、須崎港津波防波堤と呼ぶ）を津波防波堤として港湾計画に位置付けし、同年より当事務所にて整備に着手した。須崎港津波防波堤は昭和南海地震津波による防護を目的とし、平成4年に現地着工、平成21年度までに西防波堤(延長480m)が完成、平成25年度までに東防波堤(延長940m)が完成した。防波堤の構造は消波ブロック被覆堤で、防波堤全体でケーソン60函、本体ブロック116個を据付けており、写真-4に示すように国内最大級の起重機船(最大吊り荷重3,700吊、最大ブーム高約130m)を用いて施工した。



写真-1 須崎港津波防波堤と湾内の利用状況



写真-2 須崎港を襲う昭和南海地震津波
(須崎市提供)



写真-3 昭和南海地震津波の被災状況
(須崎市提供)

表-1 須崎港を襲った津波の一覧（江戸時代以降）¹⁾

津波の名称	襲来年 (西暦)	震源地	地震規模	須崎での 死者数
慶長地震津波	1605年	室戸岬沖	M7.9	不明
宝永地震津波	1707年	紀伊半島沖	M8.4	400名以上
安政地震津波	1854年	紀伊半島沖	M8.4	50名
昭和南海地震津波	1946年	紀伊半島沖	M8.1	58名
チリ地震津波	1960年	チリ沖	M8.5	0名



写真-4 ケーソンの据付状況

(2)東日本大震災を受けて

平成23年3月に発生した東日本大震災を契機に津波に対して、防波堤が浸水被害を抑制し、住民が避難行動を起こす時間を伸ばすなどの減災効果が発揮された一方で、防波堤などの港湾施設が壊滅的な被災を受けて、港湾機能が停止し海上からの支援物資の輸送や港湾を使用した経済活動に支障をきたすことが確認された。この経験から、防波堤に求められる耐津波対策について基本的な考え方を平成25年9月に「防波堤の耐津波設計ガイドライン」²⁾として公表された。須崎港津波防波堤は、これを受けて巨大地震が発生し、津波が襲来した後においても港湾の機能を維持するために、防波堤が倒壊しにくい「粘り強い構造」として改良を実施することとした。

2. 防波堤の粘り強い構造による整備効果

須崎港は、セメントや石灰石等の臨海部立地企業の生産活動を支え、高知県全体の港湾貨物量全体の23を占める県下最大の貿易港として大きな役割を担う港湾である。須崎港における港湾物流の状況と防波堤の「粘り強い構造」の改良による整備効果を述べる。

(1)須崎港における港湾物流状況

須崎港は、背後に控える鳥形山での石灰石の生産量は平成23年において約1,300万トンにもなり、**図-1**に示すように採掘された石灰石を積出し、国内の主要な製鉄所やセメント会社へ供給、また一部は海外へと輸出している。

る。その内製鉄用として、関東、近畿及び九州地方の製鉄所へ約500万トン供給し、ともに全国1位の規模を誇っている。また、須崎港湾内に立地するセメント工場では、産出された石灰石を原料としてセメントを製造し、製品を国内へ出荷して建設産業の要となっている。

(2)防波堤の粘り強い構造による整備効果

防波堤の粘り強い構造により倒壊を防ぐことにより、以下の効果が期待される。

a)発災後の港内静穏度の確保

太平洋に面し台風等による影響を受けやすい須崎港津波防波堤が、津波により倒壊すると**図-2**に示すように港内静穏度を確保できなくなり、津波が収束直後、海上からの緊急物資の受入が困難となることが考えられる。また、復興時には防波堤の復旧期間が長期間に渡ることが予想されるため、港内静穏度が確保されず、(1)で述べた産業の港湾活動に支障をきたし、我が国の産業に影響を及ぼすことが予想される。防波堤の粘り強い構造により、致命的な倒壊を防ぐとともに、地震直後の地殻変動により防波堤全体が沈降しても天端高に余裕がでること、津波収束後も港内静穏度が確保され、発災直後および復興時の物資荷役が可能となる。また、岸壁など港湾施設の迅速な復旧のためにも港内静穏度は確保されていることが重要である。



図-1 須崎港における物流状況

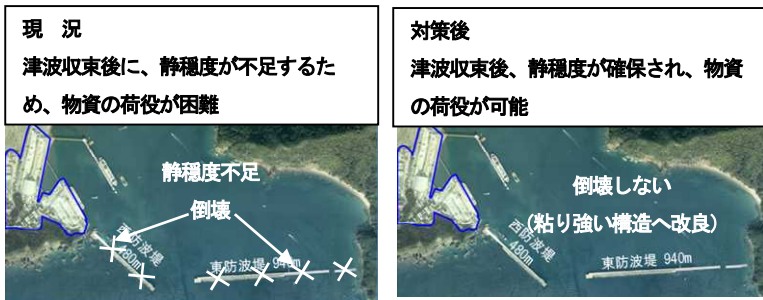


図-2 防波堤が倒壊しないことによる効果

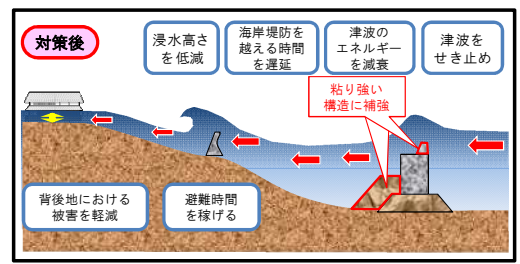


図-3 津波の越流に対する粘り強い構造の効果

b) 発災時の津波による越流の軽減

図-3に示すように防波堤の倒壊を防ぐことで、発災時に来襲する津波をせき止め、エネルギーを減衰させることができる。これにより、津波が海岸堤防を越える時間を遅らせ、背後地の住民が避難する時間を確保するとともに背後地の浸水被害を軽減することが可能となる

3. 防波堤の粘り強い構造の考え方

(1) 防波堤における粘り強い構造への改良点

須崎港津波防波堤は昭和南海地震による津波の被害を低減させることだけでなく、須崎港湾内の水域の静穏を維持することにより、船舶の安全な航行、停泊又は係留、貨物の円滑な荷役などを目的とした外郭施設である。「防波堤の耐津波設計ガイドライン」では、「設計津波」に対して、防波堤に求められる要求性能が維持されるとともに、「設計津波」を超える規模の津波が来襲しても

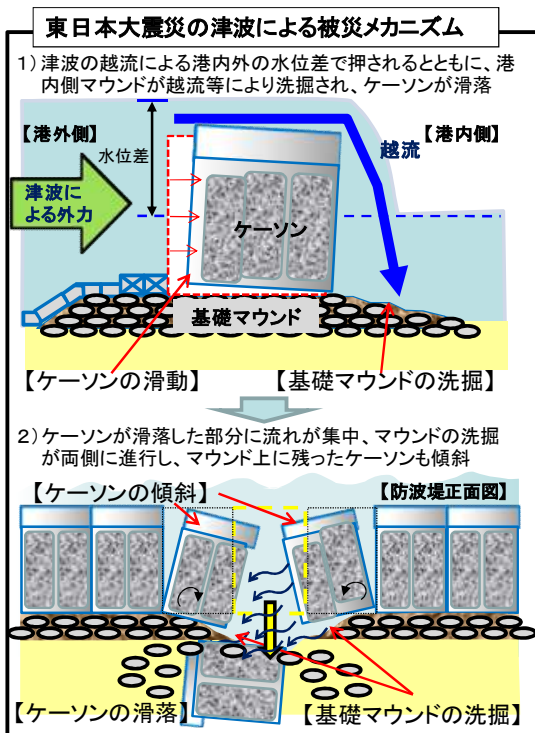
機能が可能な限り維持されるように津波に対して倒壊しにくい「粘り強い構造」を目指すものとし、構造上の工夫を行い付加的な対策を行うものとして提案されている。須崎港津波防波堤は、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」の考え方にに基づき、以下a)~c)に示す観点をもとに改良することとした。改良点のイメージを図-4に示した。

a) 天端形状の工夫

八戸港北防波堤を代表されるように本体工が移動しない場合でも津波によって倒壊した防波堤が確認されている。この被災要因は、津波が防波堤を越流した水塊によって防波堤港内側の基礎マウンドや海底地盤を洗掘し、本体工が支持できなくなり倒壊したと考えられている。天端形状の工夫により、海底地盤への着水距離を遠方に移動させ、防波堤の直背後の海底地盤の洗掘の影響を少なくすることが期待できる。

b) 腹付工の設置

a)で述べた越流水塊による防波堤の基礎マウンドや海底地盤の洗掘防止、また津波の外力による滑動に対して



「粘り強く持ちこたえる」構造としての工夫

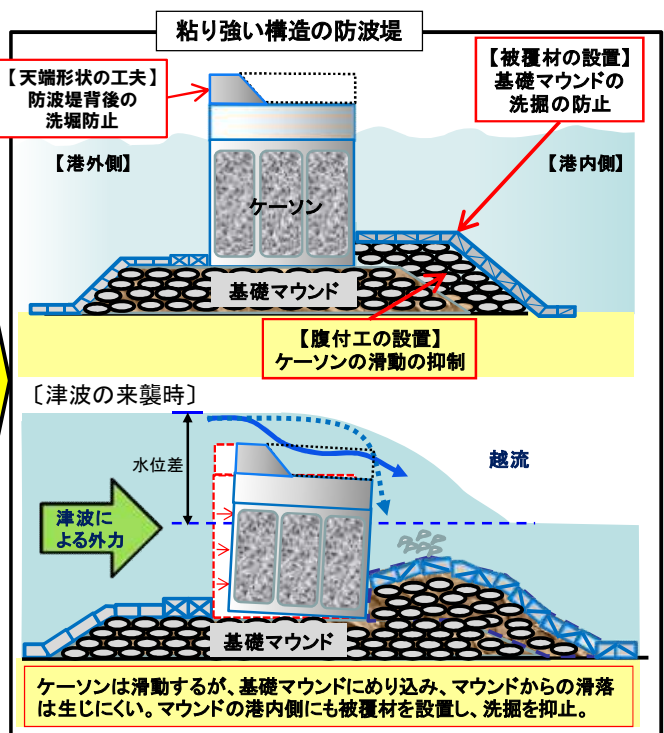


図-4 粘り強い構造の改良イメージ

防波堤の本体工が倒壊を防ぐことを目的に腹付工を設置する。

c)被覆材の設置

津波の流れによる腹付工を含めた基礎マウンドの洗掘防止対策として被覆ブロックの重量を見直す。

4. 現地改良施工の着手

(1)海上工事期間の制約と環境への配慮

須崎港津波防波堤から南東部（約1.3km沖合）に位置する野見湾は、養殖が盛んな場所である。海上工事は、養殖漁業への配慮から海水温が低い11月から翌年3月までの約4.5ヶ月の間で効率的に施工を進めていく必要がある。また腹付工の施工時には、**写真-6**に示すように石材投入船の船首部に汚濁防止枠を取付け、濁りが発生しないように環境に配慮した取り組みを行っている。

(2) 既存防波堤の安定性を確保しながらの施工手順とその施工の要点

粘り強い構造の改良工事は、上部工の形状を改良するため嵩上げに伴って既存防波堤に作用する波力が増大する。したがって、**図-5**に示したような手順で、既存防波堤の安定性を確保しながら、施工しなければならない。以下、各工種毎に、前述の(1)も踏まえて施工の要点を述べる。



写真-6 環境に配慮した腹付工の施工(石材投入)

a)腹付工の設置

腹付工の施工は、大量の石材が必要なため、被覆ブロック据付前の荒均し面積が広大となっている。前述のように工事期間が制約されているため、単年度で腹付工を設置し被覆ブロック据付前の荒均しを行っている。腹付工の完成延長が短くなる。そこで、効率よく施工するため石材を一定の水深まで暫定投入しておき、次年度に完成水深までの石材投入と投入箇所全域の荒均しを行う工程としている。これにより、限られた工事期間の中で効率良く施工し、従来の工法と比べて完成延長を伸ばせる。

b)被覆ブロック据付と流用

2. (1) c)で検討した被覆ブロックは3tから40tまでの多種かつ据付総個数が約13,000個と相当な数に及び、腹付工の施工工程に合わせて、ブロック製作を行っている。また、重量の見直しにより適合しない箇所の既設被覆ブロックは、腹付工設置前に撤去し重量が適合する箇所へ流用し、新規製作ブロック個数を減らすコスト削減を図っている。

c)上部工の改良・消波ブロック据付

上部工の施工は、腹付工の施工区域と分けることで同時施工が可能となり効率的に工事を進めることができる。また、改良後の上部工には、上部工形状により衝撃砕波力が作用するため、上部工を施工後、速やかに消波ブロックの据付を行う。

5. おわりに

今世紀前半にも発生すると予想されている東南海・南海地震は地元でも強い関心があり、ハード面・ソフト面で対策を進めているところである。事業の効果が発揮できるよう、一日でも早い粘り強い構造の改良を目指して整備を進めていきたい。

参考文献

- 1) 高知県須崎市：海からの警告、平成7年5月
- 2) 国土交通省港湾局：防波堤の耐津波設計ガイドライン、平成25年9月

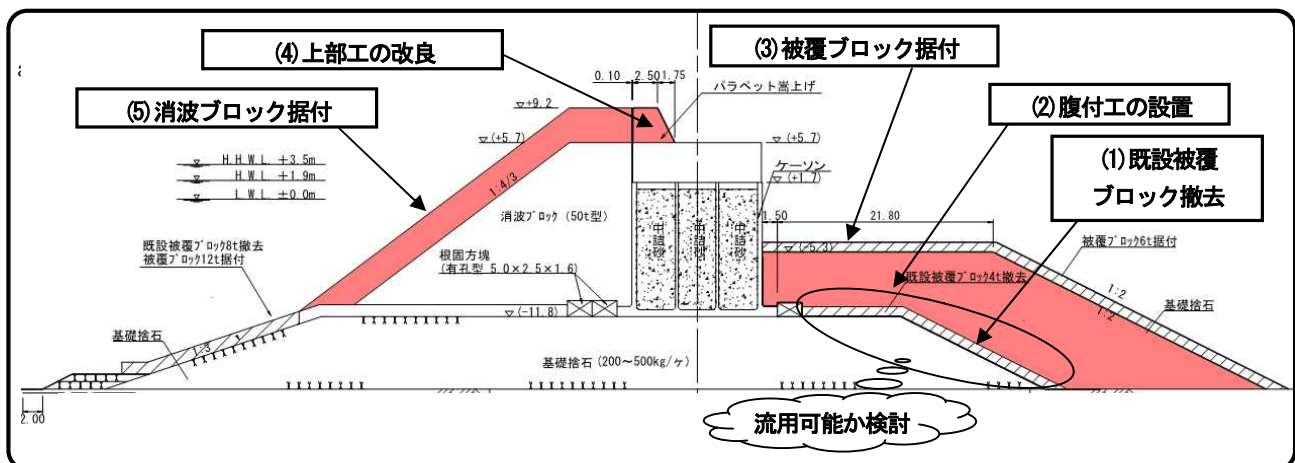


図-5 粘り強い構造の改良工事における施工手順