

# 高知港における防波堤の災害復旧に関する報告

宮本 将平

四国地方整備局 高知港湾・空港整備事務所 工務課 (〒781-0113 高知県高知市種崎874番地)

高知港三里地区では国際物流ターミナル整備事業として昭和63年度より防波堤(南)整備に着手し、平成21年度に防波堤(南)は第一期事業として約1000mが完成した。平成23年7月に高知県に接近した台風6号の高波浪により高知港の防波堤(南)はケーソンの滑動や穴あき、消波ブロックの破損・沈下などの被災を受けた。本稿では災害を受けた防波堤(南)の被災概要や復旧工事内容を報告する。

キーワード 台風6号, 高波浪, ケーソン, 滑動

## 1. はじめに

高知港は土佐湾の中央部に位置し、三里地区では船舶の大型化など物流の効率化に対応した大水深岸壁、耐震バースなど防災拠点整備を進めている。昭和57年に事業採択後、昭和63年度より防波堤工事に着手し、現在岸壁3バースを供用中である。(写真-1)土佐湾は南に大きく開いた地形のため、ほぼ通年にわたって太平洋の荒波が直接打ち寄せる。貨物の荷役等を行うにあたっては港内の静穏度確保が重要課題であり、安定した港湾利用をはかるため防波堤整備は非常に重要である。

平成23年7月に高知県に接近した台風6号による高波浪の影響により、防波堤(南)はケーソンの大規模な滑動をはじめ前面消波ブロック(テトラポッド80t型)が破損・沈下、ケーソン前壁損傷及び中詰砂流出などの被災を受けた。本稿では台風6号により被災を受けた高知港防波堤(南)の被災概要をはじめとし、特に被害の大きかった50号函における復旧工事内容を報告する。

## 2. 平成23年台風6号による異常気象・海象

平成23年7月12日に南鳥島近海で発生した台風6号は、強い勢力を保ったまま18日～20日にかけて長時間にわたり、高知県に接近した。(図-1)台風6号は動きが遅く、大雨・暴風・高波浪が長時間続いたことが特徴である。

この台風により高知県内では住宅の床下浸水、法面崩壊による道路の寸断、防潮堤の崩壊、護岸の損壊など各地で被害が発生した。

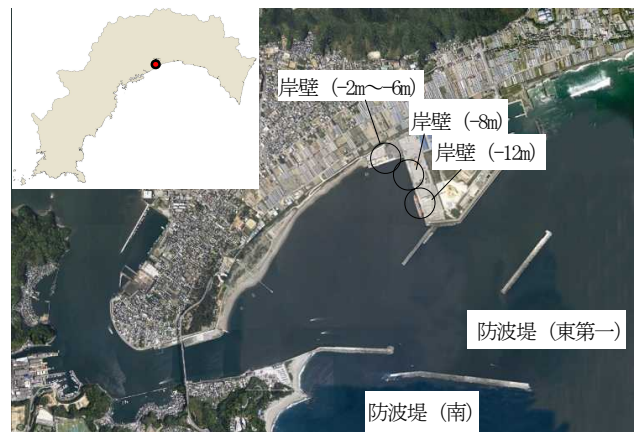


写真-1 高知港航空写真(平成21年5月撮影)

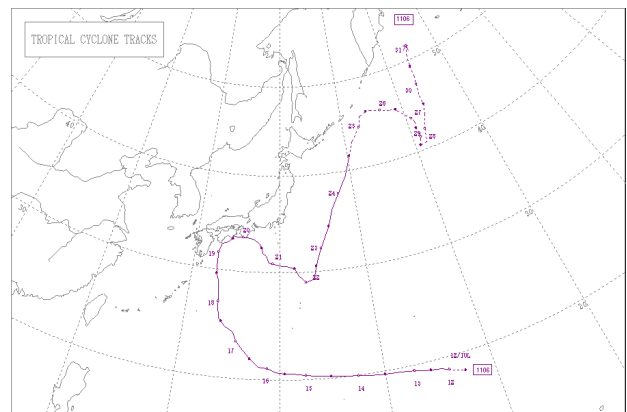


図-1 平成23年台風6号経路図<sup>1)</sup>

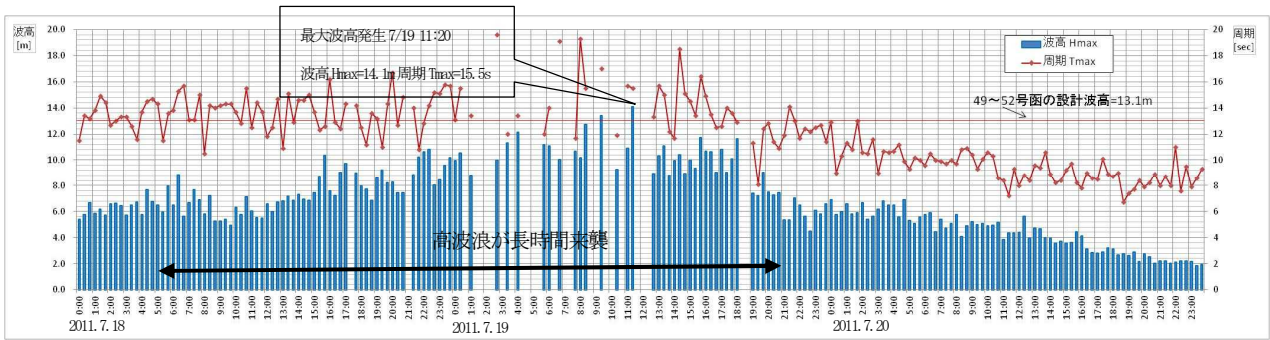


図-2 高知港波高計波浪データ (最大波)

表-1 防波堤 (南) 49~52号函堤前波と設計波

	H1/3 (m)	Hmax (m)
台風6号推算値	10.5	13.7
防波堤設計波 50年確率波 (完成時)	10.3	13.1



写真-2 50号函被災状況 (2011年7月21日撮影)

高知港波高計にて観測されたデータ(図-2)より、最大波高(Hmax)は7月19日11:20に観測された14.1mとなっている。また観測データより算出された防波堤(南)49~52号函堤前での推算値と、防波堤設計波との比較を表-1に示す。表-1、図-2より被災を受けた49~52号函では設計波高Hmax 13.1mを上回る波、または相当する波が複数回にわたって来襲していたことがわかる。

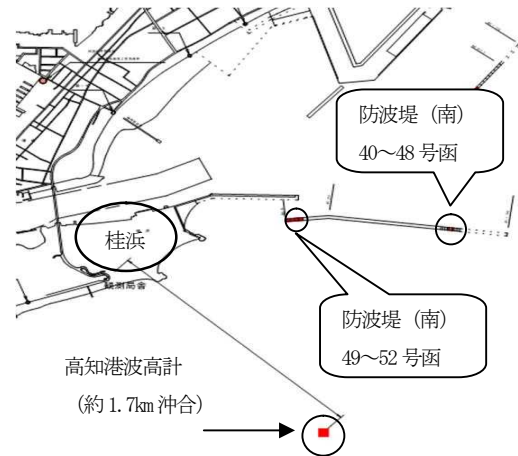


図-3 高知港防波堤(南)被災箇所

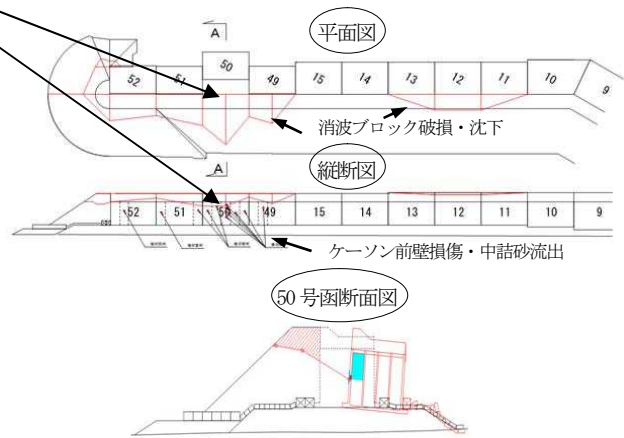


図-4 防波堤(南)桂浜側被災状況図

### 3. 防波堤(南)被災状況

図-3に高知港防波堤(南)の被災箇所位置図を示す。防波堤(南)の桂浜側ケーソン49~52号函が港内側へ0.3m~9.0m滑動し、消波ブロック(テトラポッド80t型)が破損・沈下し、またケーソン前壁の損傷、観測孔の測定により中詰砂流出が確認された。(図-4)特に50号函(写真-2)については約9.0mと大きく滑動し、前壁全面にわたって穴あき損傷が確認され、被覆・根固ブロックも滑動飛散が確認された。また、沖側のケーソン40~48号函は港内側へ0.1m程度滑動し、桂浜側と同様に消波ブロックやケーソン前壁損傷、中詰砂流出が確認された。被災原

因については既往の研究<sup>2)</sup>や実験より蛇行災害と考えられた。ここで、蛇行災害とは防波堤の回折効果や、入射波相互の干渉に基づく波高の場所的変動を主因として、引き起こされる災害である。

### 4. 50号函災害復旧工事

防波堤(南)50号函における復旧工事は被災後に応急対策を実施した後、二段階(二カ年)での施工を行った。まず、第一段階として、①消波ブロックの撤去・仮置、②既存上部工の撤去、③前壁補修、④中詰砂投入、⑤消

波ブロック据付を行った。次に第二段階として、①消波ブロックの撤去、②被覆・根固ブロック撤去、③港外側捨石均し、④中詰砂撤去、⑤ケーソン浮上・仮置、⑥港内側捨石均し、⑦ケーソン再浮上・再据付、⑧中詰砂投入・中詰コンクリート打設、⑨蓋コンクリート打設、⑩上部コンクリート打設、⑪被覆ブロック据付、⑫消波ブロック据付、を実施した。50号函復旧までの重要点は以下5点である。

- (1) 復旧工事開始までの応急対策
- (2) 二段階（二カ年）施工
- (3) 上部コンクリート撤去
- (4) ケーソン浮上に向けた取組み
- (5) 現場条件を考慮したケーソン再据付方法

### (1) 復旧工事開始までの応急対策

被災後断面において今後の台風及び低気圧等でこれ以上の高波浪を受けるとケーソンが完全に滑動・転倒し、マウンドから転落してしまい、以下の被害が懸念されたことから、復旧工事開始までの間の応急対策としてケーソン背後に保護捨石を投入しカウンター材とした。

- ① 抜けたケーソンを元に戻せない可能性がある。(5) 現場条件を考慮したケーソン再据付方法で記述
- ② 小型船の航路であるため、転落してしまえば船舶航行の安全に支障をきたす。
- ③ 転倒すると、ケーソン再利用が困難になる。

応急対策は平成23年8月に方針が決定し、8月下旬～9月上旬で施工が完了した。平成23年7月に被災を受けてから復旧工事完了までに2度大きな波浪を経験したが、大きな変位はなかった。

### (2) 二段階(二カ年)施工

高知港における海上工事の特徴として、台風期にあたる8～10月の3ヶ月は高波浪の影響により海上工事は不可であり、海上工事はおもに11～7月に行っている。上記を鑑みると、台風6号により被災を受けたのは7月であり、次年度の台風期までのおよそ1年間で完成断面まで復旧することは工程的に不可能であった。よって、2年後の台風期までの復旧を目標として検討した。

まず復旧までの全体の工程を考察した際、ポイントとしてケーソンの浮上・仮置・再据付と、既存上部工の撤去がある。前述したとおり、高知港は台風期や年間を通して波浪があるため、波浪の影響が比較的少ない冬期(12～3月)にケーソンの据付を行っている。ケーソンの再据付けを3月までに完了させるためには、1月から捨石均しの作業をする必要がある。また、上部工はブロックとして流用するため、ワイヤーソー切断を採用しており、施工には約3ヶ月を要した。以上の検討より、第一段階とし平成24年の台風期を乗り越えるための施工及びケーソン再据付にむけた準備として、前壁補修を始め上部工撤去や中詰砂投入、消波ブロック据付などを実施した。(図

5)そして、翌平成25年の台風期までにケーソン再据付を完了するとともに港外側隔室内を中詰砂から中詰コンクリートに打ち替え、港内盛石等を被災前以上に設置し対策断面とした。

### (3) 上部コンクリート撤去

ケーソンを再浮上させるためには、上部工を撤去する必要がある。施工方法としては、①撤去施工時におけるコンクリート殻の海中飛散防止、②上部工をブロック化し流用すること、等を検討した結果、ワイヤーソー切断による撤去とした。また、上部工を撤去することにより、復旧完了までの暫定断面期間中の波浪に対する受圧面積を小さくし、波浪に対する安定性を向上させた。

### (4) ケーソン浮上に向けた取組み

第二段階の施工の中で50号函の中詰砂を撤去後、隔室内の調査を実施したところ、港外側中央部隔室の前壁の損傷が著しく、第一段階にて施工した型枠鋼板が止水板として機能していない状況であることが判明した。第一段階施工後に中詰砂の流出はなかったことから、中詰砂撤去後の水圧に耐えきれず変形してしまったと考えられた。このままの状態では浮函が見込めなかったため、確実な補修として補強コンクリートを施工した。(写真-3)

### (5) 現場条件を考慮したケーソン再据付方法

本復旧工事における最も重要な施工はケーソン再据付である。ケーソン復旧における一般的な方法としては、ケーソン撤去・仮置→捨石マウンド補修→ケーソン再据

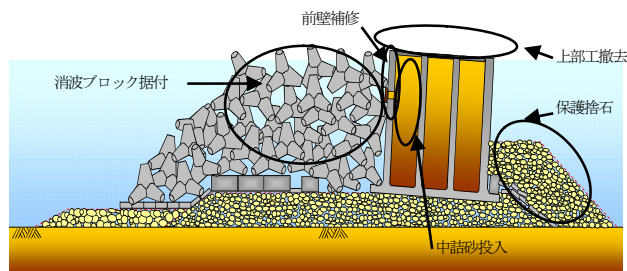


図-5 50号函第一段階施工後断面

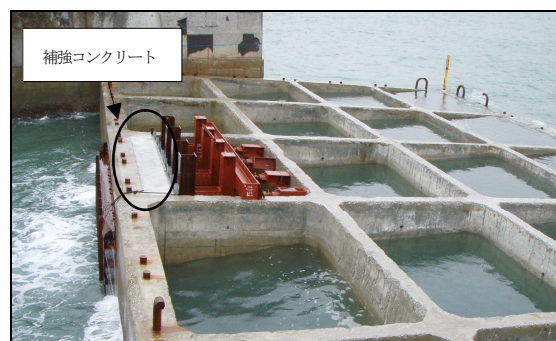


写真-3 補強コンクリート施工(2013年3月12日撮影)

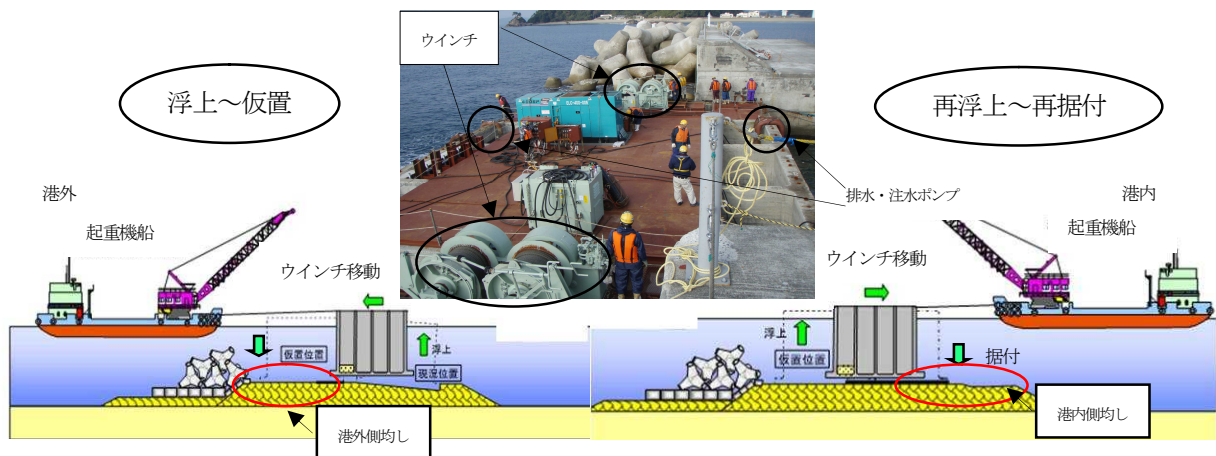


図-6 ケーソン浮上・仮置・再据付イメージ



写真-4 防波堤(南)被災後全景(2011年7月20日撮影)



写真-5 防波堤(南)現況全景(2013年6月11日撮影)

つ復旧させる段階施工を実施した。(図-6)またケーソン浮上を行う際の海象条件として、ケーソンは港内側に傾いていたため満潮時は港内側隔室内に海水が流れ込み、排水ポンプを使用しての排水作業が不可であるため、排水を行う午前に干潮をむかえる工程を組む必要があった。

ケーソン浮上時の艀装としてケーソン上に足場や水中ポンプ、ウインチ、発動発電機等を設置した。水中ポンプより注・排水を行い堤体内各隔室の水量を調整することによって浮上・据付を行った。両側には既設ケーソンがあり、移動時にはまっすぐ移動させなければ浮上中ケーソン及び既設ケーソンが損傷してしまう危険があったため慎重に実施した。写真-4、5にケーソン復旧前後の写真を示す。

## 5. おわりに

本稿では平成23年7月の台風6号による高知港防波堤(南)の被災状況をはじめとし、復旧工事内容を中心に報告した。本経験より災害復旧をするうえで、現場条件を適切に判断し、施工することが重要であると考え。本工事の場合は、①台風期を踏まえた工程計画や管理、②目地間隔を配慮したケーソン再据付方法、の2点が最も重要点であった。①より発注時期から台風期を消波工を施工した断面でむかえられるよう計画したこと(二段階施工)、②よりケーソンを「抜かず」に港外・港内を半分ずつ復旧させる段階施工を実施したことが本稿における焦点である。

高知港は海象条件が悪く、夏から秋にかけては海上工事が実施できないなど工期が縛られており、現場作業としては非常にタイトであるといえる。その中で無事ケーソン再据付などを行えた本経験が、全国で同様な災害が発生した際の復旧への一知見となれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 気象庁：気象統計情報\_台風位置表
- 2) 港湾研究資料 No.112 「混成防波堤の蛇行災害」

付である。しかし、本工事では上述した施工方法は下記要因より適当ではないと判断した。

- ①港内側目地間隔が両側併せて約35cmと狭く、また堤頭函付近であるため港内側の潮流が早く、据付時の波浪の影響もある。
- ②被災ケーソンを抜き出した後、両側のケーソンが倒れ込み、目地間隔がさらに狭まり、ケーソンがはめこめなくなる可能性がある。

よって本工事ではケーソンを「抜かず」に、まず施工方法として①港外側の捨石マウンド再均し、②港外側捨石マウンドにケーソンを浮上仮置、③港内側捨石マウンド再均し、④ケーソン再浮上据付、という断面的に半分ず