

2018年台風24号により被災した名瀬港 防波堤(沖)の災害復旧について

中村 祥也¹・木部 英治²

^{1,2}九州地方整備局 鹿児島港湾・空港整備事務所 第一建設管理官室
(〒894-0036 鹿児島県奄美市名瀬長浜町1番3号)

2018年(平成30年)9月29日～30日にかけて来襲した台風24号により、鹿児島県内で20名の負傷者をはじめ家屋や農作物等の甚大な被害が発生した。奄美大島の西部に位置する名瀬港においても防波堤(沖)におけるケーソンが滑動するなどの被災を受けた。本稿では、名瀬港防波堤(沖)の被災状況から復旧方針の決定及び具体的な復旧方法から、現在、実施中の復旧工事の施工について報告する。

Key Words: 名瀬港, 災害復旧, 防波堤, ケーソン, 2018年台風24号

1. はじめに

台風24号は、2018年(平成30年)9月にマーシャル諸島付近で発生後、発達しながら西北西に進行した。図-1に示すように、29日午前9時頃より北東へ進路を変え、沖縄本島や奄美地方を暴風域に巻き込み、そのまま北東方向へ進みながら和歌山県に上陸し、日本列島の広範囲を縦断して、東北地方から太平洋へ抜けた。

名瀬港のある奄美地方北部は、28日頃から波が強まり午後6時には強風域、翌29日午後14時に暴風域に入り、風速は30日の未明、波浪は29日の夜にピークとなり30日の早朝まで風波の非常に強い状況が続いた。

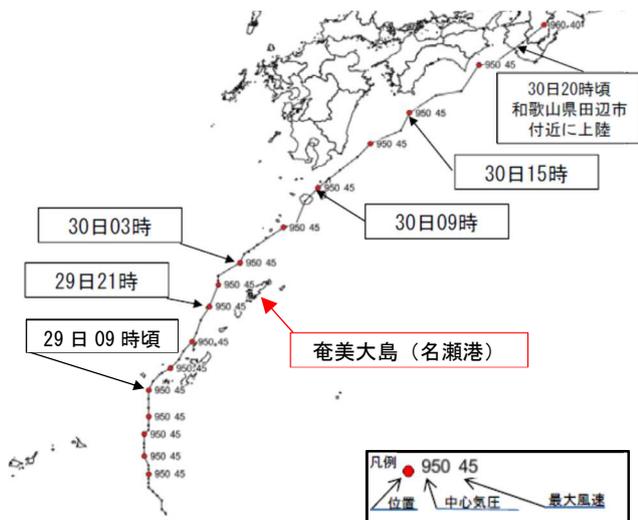


図-1 台風24号の経路

名瀬測候所で30日0時26分に最大風速18.2m/s(南南東)、同日0時17分に最大瞬間風速40.0m/s(南東)を観測した。潮位については、海上保安部名瀬港験潮所で29日21時35分に最大潮位+247cmと防波堤(沖)の設計に用いている平均満潮位(+200cm)を50cm程度超える値を記録した。

2. 被災状況及び被災時の波浪について

(1) 被災状況

a) 被災の範囲及び概況

名瀬港防波堤(沖)において、防波堤の東側端部にあたるケーソンNO.1～8及び中央付近のケーソンNO.23～25において、滑動及び上部工、ケーソンの損傷が確認された。特にケーソンNO.2,3が滑動量が大きくケーソンNO.3は完全に水没している状況であった(図-2)。



図-2 被災状況(全体)

b) ケーソン NO.1~8 の被災状況

港内側に 0.5m~8.8m と大きく滑動し、特にケーソン NO.3 は、基礎マウンドから滑落し水没していた (図-3)。ケーソン NO.1, 4 については、スリットケーソン構造ではなく堤体重量が重い事から滑動量が小さい状況であった (図-4)。

基礎マウンドについては、ケーソンが滑動したことにより根固ブロック及び被覆石間が開いた状態であったが、飛散は確認されなかった。

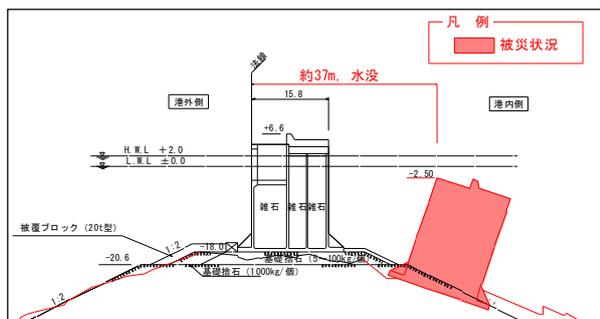


図-3 ケーソン NO.3 被災状況 (断面図)

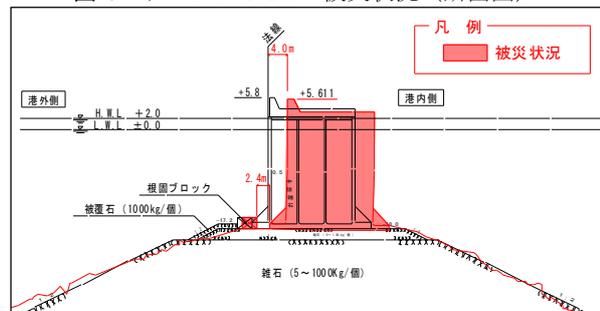


図-4 ケーソン NO.4 被災状況 (断面図)

また、上部工、本体工に滑動時に損傷したと考えられる欠けやクラックが確認された (写真-1)。遊水室内部については、安全上の観点から潜水士による調査が困難であったが同様に損傷している可能性があった。



写真-1 ケーソン NO.5 被災状況

c) ケーソン NO.23~25 の被災状況

港内側に 1.0m~2.1m 滑動し、上部工の損傷が確認された (図-5)。

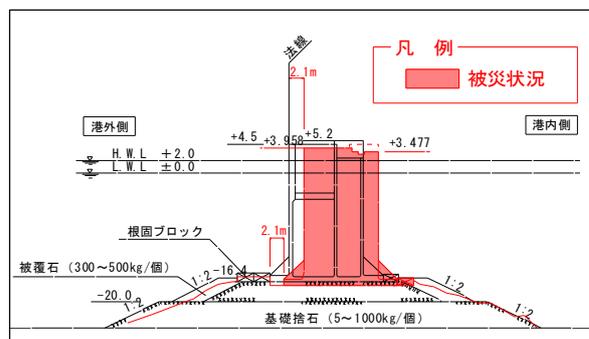


図-5 ケーソン NO.25 被災状況 (断面図)

(2) 被災時の波浪

被災時の波高として、財団法人沿岸技術研究センターのカムインズの推定値から、ナウファスの観測記録で補正を行ったものを用いた。

算出の結果、最高波高は 15.5m となり、設計時に使用している波高を超える結果となった。この波浪条件を使用して再現計算を行った結果、設計外力以上の波圧及び揚圧力が作用したことにより、滑動の安全率が 0.97 と許容値の 1.2 を下回る結果となった (表-1) (図-6)。

表-1 被災時の波浪及び被災時安全率

	最高波高 (m)	周期 (sec)	安全率 (滑動)
設計時波浪	14.0	12.6	1.22
被災時波浪	15.5	12.6	0.97

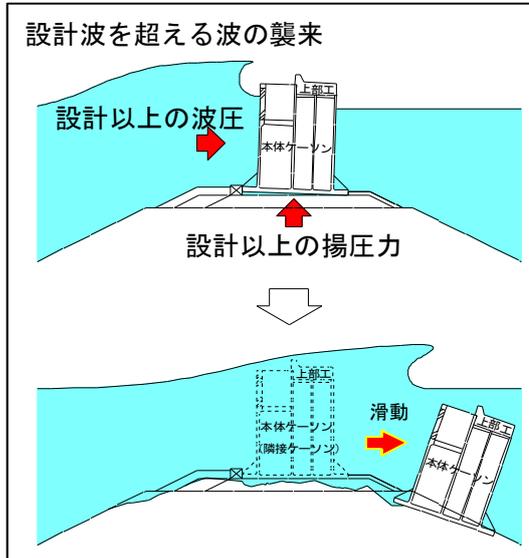


図-6 被災時イメージ図

3. 復旧方針と復旧方法について

(1) 復旧の基本方針について

防波堤(沖)の復旧については、基本として原形復旧とするが、堤体の滑動等の理由により、被災前と同等の安定性を確保できない場合は、対策工法も含めて検討を行うことにした。当施設においては、現況断面(構造形式、堤体幅等)、被災状況がケーソン毎に異なる事から、個別に検討を行った。

(2) ケーソン NO. 1, 4, 8 の復旧方法の検討について
 損傷が上部工のみのケーソン NO.1,4,8 については、上部工コンクリートのクラック及び欠損、本工ケーソンの側壁部の剥離程度であることから現場にて損傷箇所の補修（部分的なコンクリートの打ち換え）を実施することとした。

(3) ケーソン NO. 2, 3 の復旧方法の検討について
 ケーソン NO.2,3 は、堤体幅以上の滑動量が確認されている事から、滑動したケーソンを原位置に復旧する方法として、初めにケーソンの流用の可否について検討を行った結果、以下の理由により不可能と判断した。

- ① 中詰材は石材が投入されており、サンドポンプによる中詰材の撤去は不可能である。
- ② 隔室幅が 3.75m と狭い事、ケーソンが傾斜している事からバケットの挿入が困難である。
- ③ 滑動時にケーソン(特に遊水室)が損傷した可能性が高い。

このため、ケーソンを破碎・撤去し、新規ケーソンの製作・据付を行うこととした。尚、ケーソンの新規製作にあたり、隣接ケーソンの滑動により、間隔が狭くなっている事、側面にも波圧が作用する事を考慮の上で設計を行った(図-7)。

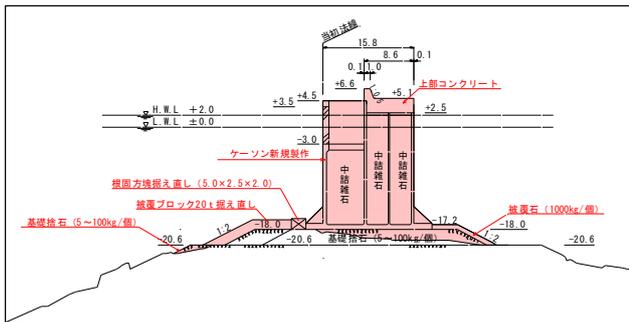


図-7 ケーソン NO.2,3 復旧断面図

(4) ケーソン NO. 5, 6, 7 の復旧方法の検討について
 滑動量がケーソン NO.2,3 に比べて少ない事から、ケーソンを残置し補修する案について検討を行った。補修対策としては、以下の点に着目した。

- ① スリット柱及び遊水室の損傷に対する対策
- ② 法線の凹凸により局部的な波高増大に対する対策

まずは、スリット柱・遊水室の補強及び堤体重量増大による安定確保の目的から、遊水室をコンクリートで充填する対策について検討を行った。しかし、遊水室の充填だけでは、重量が不足し滑動に対して安定性を確保出来なかった。そのため、追加の対策として、ケーソン背後に雑石を投入し滑動抵抗を確保する事により安定性の確保を図ることとした。

ケーソン背後に投入する雑石の高さは、港湾の施設の技術上の基準・同解説 P.934 より防波堤高さの 1/3 とした。港内側には基礎工として雑石 5~100kg/個を投入し、さらに被覆工として雑石 500~700kg/個を投入することによって滑動に対しての安定性を

保った。尚、港外側の被覆石、根固ブロックなどに被災が見られる箇所については原位置復旧を行い、ケーソンの滑動で縦断方向に間が空いた箇所については新しく根固方塊を製作し、据え付けることとした(図-8)。

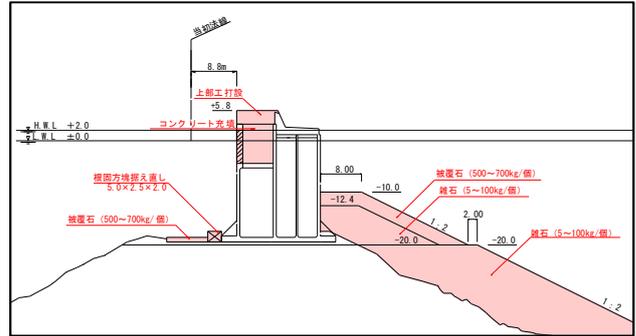


図-8 ケーソン NO.5,6,7 復旧断面図

(5) ケーソン NO. 24, 25 の復旧方法の検討について
 被災状況がケーソン NO.5,6,7 と類似しているため同様の対策工法を採用した(図-9)。

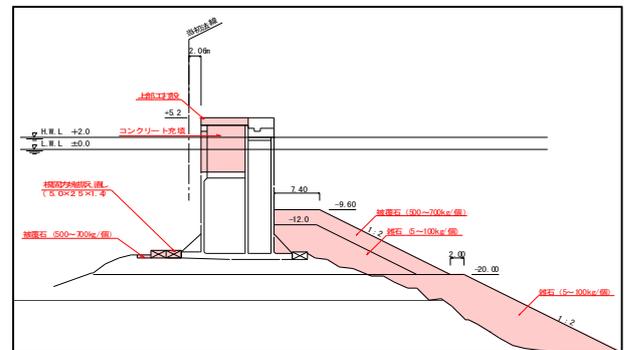


図-9 ケーソン NO.24,25 復旧断面図

4. 復旧工事の施工

(1) ケーソン NO. 1, 4, 8 の施工について

上部工及び本工の一部の欠損、クラック等の損傷した損傷箇所の補修の施工にあたっては、各破損箇所状況を確認しながら施工範囲や補修方法を決定した。破損箇所のはつり作業は、防波堤上に配置した小型バックホウや人力にて行い、コンクリート殻の海中中部への落下防止対策としてブラケットに受け棚を設置した(写真-2)。また、既設コンクリートとの一体化を図るため差筋を設置しコンクリートの打設を行った。



写真-2 上部工破損箇所 はつり状況

(2) ケーソン NO. 2, 3 の施工について

流用不可能と判断したケーソン NO.2,3 の施工については、①ケーソン撤去、②ケーソン製作、③ケーソン据付の順に施工を行った。

①ケーソン撤去は、大型グラブ浚渫船（硬土盤9m³級）を用いて作業を行った。上部工コンクリート部及び底板部については、砕岩棒（50t）を用いて破碎を行った。上部工コンクリート部は傾斜しており、砕岩棒を落下させた際の滑落防止として砕岩棒は、2m程度から落下させながら丁寧に破碎した。

また、隔壁、側壁部コンクリート及び中詰雑石は、硬土盤グラブバケット(9m³)を用いて撤去を行った。海面下部の撤去部分は目視が出来ないためブームの先端に取り付けたカメラ映像やグラブ浚渫船の3Dバケットモニターを併用し作業を行った（写真-3）。

作業途中では、破碎したケーソンの取り残し等（コンクリート殻や鉄筋）を確認するため、水中ドローンやナローマルチ測量を用いた。



写真-3 ケーソン NO.2 破碎状況

撤去したコンクリート殻及び中詰雑石は、隣接港まで土運船で運搬し、起重機船（170t吊）にて陸揚げした。陸揚げした撤去物はコンクリート殻と中詰雑石を大型バックホウ及び人力にて分別し、コンクリート殻は産廃処分し、中詰雑石は単位体積重量試験を行い再利用できると判断し、新しいケーソンの中詰材に再利用することにした。

②ケーソン製作は、大型ケーソン（約 3,500 t）であることから、大型のフローティングドックを用いて製作を行った。ケーソン NO.2 については、原設計と同じケーソンを製作し水中に仮マウンドを造成し仮置した。ケーソン NO.3 については、ケーソン NO.1, 4 が、ケーソン No.2, 3 側に傾いていたため、堤体幅を現地に合わせるとともに、据え付ける際の目地幅を考慮した再設計を行い、原設計より 70cm 幅を狭めた形で製作を行った。

③ケーソン据付にあたっては、波浪の影響を受けやすいうえ、既存ケーソン間への据付であることから、高い安全性と高精度な施工が必要であることを踏まえ、「無人化据付システム」を採用した。据付作業は、WiFi 通信を用いてケーソンに艀装しているウ

インチ、排水ポンプ等の各操作・制御を起重機船上の集中制御室にて行い、ケーソンに取り付けた GPS アンテナやカメラで据付位置をリアルタイムに確認しながら 1 函/日を据え付けた（写真-4）。また、往来する航行船舶の動向や風、潮位等の情報の把握を行い安全かつ慎重に作業を行った。据付精度は、防波堤法線上での出入りで 0~3cm の範囲に収まり精度よく据え付ける事が出来た。



写真-4 ケーソン NO.3 据付状況

(3) ケーソン NO. 5, 6, 7 の施工について

ケーソン NO.5,6,7 については、ケーソン遊水部にコンクリートを充填するため、スリット部前面に止水板（鋼製型枠）の取り付けを行った。スリット部前面と止水板を密着させるため、スリット部に付着している海洋生物等を起重機船上に吊り下げたコンクリートブロックでこすり落とし、落とした海洋生物等はケーソン底面部に設置したネット等で回収した。

充填するコンクリートは、水中不分離コンクリートを採用し、クレーン付台船（200t吊）等にアジテーター車及びコンクリートポンプ車を積み込み、海上から 1 日あたりの打設量が約 100m³/日程度となるよう 6 回/1 函に分けて打設を行った。また、コンクリートの水中落下による材料分離を防ぐため、コンクリートポンプ車の筒先を常に打ち込まれたコンクリート内に 0.5~1.0m 程度埋め込む等の工夫を行い、品質確保に努めた。

5. おわりに

名瀬港は、奄美大島における島民の生活を支える物資の流通拠点として、また、島内外の人々の交流拠点として重要な役割を果たしている。現在、岸壁 (-7.5m) の整備も進められており、今後も貨物量の増加が見込まれている。その様な状況のなか、船舶の安全な航行、稼働率の確保には防波堤(沖)が不可欠であり、その重要性は高い。復旧工事については現在施工中であり今後も、早期の災害復旧に合わせ再度の被災を防止する対策を行い、さらなる名瀬港の利便性向上を図ってまいりたい。