

台風による九州地方の港湾・海岸施設の被災と今後の対応について

Classification and Analysis of Port Facility Damages Caused by 2004 Typhoons in the Kyushu District
toward the Future Correspondence

北村道夫*・吉田秀樹**・田中 功***

KITAMURA Michio, YOSHIDA Hideki and TANAKA Isao

* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** 国土交通省 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所 所長

*** 国土交通省 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所 設計第一課長

The typhoons which arose in 2004 brought about tremendous damages in the Kyushu district. The present paper describes the investigations of the damages of port facilities there. The wave conditions are re-examined with several types of wave forecasting model. As a future correspondence, some improvement plans for designing and execution of port facilities are presented.

Key Words : typhoon, wave forecasting model, WAM-Wu, damage of port facilities

1. はじめに

本論文は、平成16年度に九州地方に多くの被害をもたらした台風16号・台風18号・台風21号及び台風23号による九州地方整備局管内港湾・海岸施設（地方港湾含む）の主な被災事例について、各々の被災原因を分析し、それらを踏まえて、今後の港湾・海岸施設の設計・施工等における対応策を検討することを目的とする。図-1に台風被災位置図を示す。

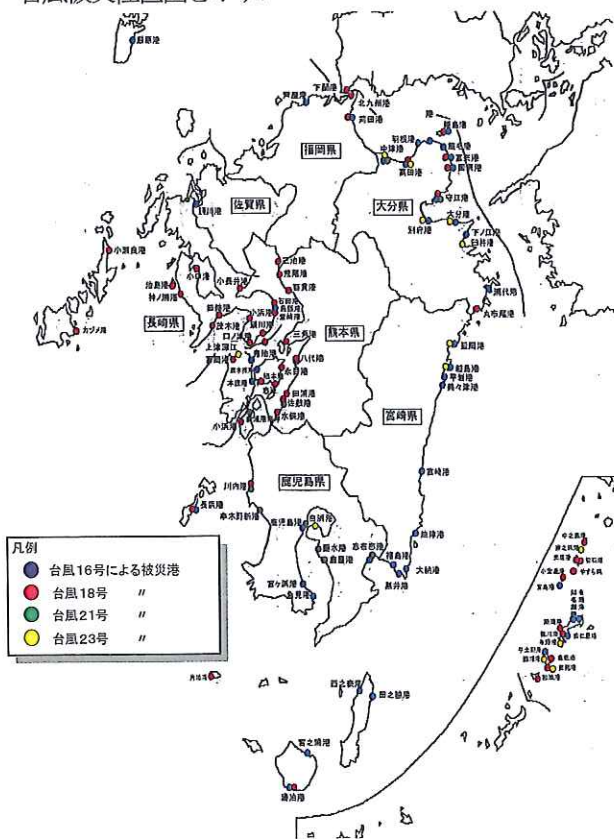


図-1 台風被災位置図

2. 台風による被災状況

2.1 港湾・海岸施設の被災状況

図-1の被災位置は港毎に示したもので、施設で捉えると数百カ所での被災報告がなされている。

図-2は平成16年度の整備局別の災害復旧事業費である。九州地方整備局管内の事業費が全国の36%を占めており、災害規模の大きさがわかる。また、表-1、図-3に九州地方各県別の被災件数を示す。

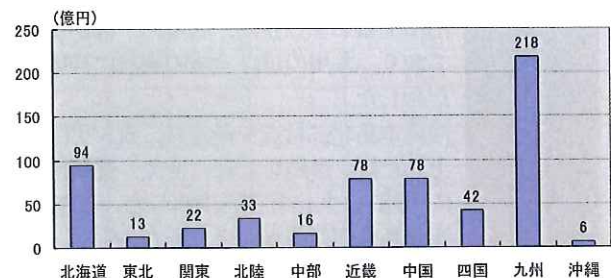


図-2 各整備局別の災害復旧事業費 (H16. 11. 10 現在)

表-1 各県別の被災件数 (港湾施設数)

台風	台風16	台風18	台風21	台風23	計
上陸場所	鹿児島県串木野市	長崎県長崎市	鹿児島県串木野市	高知県土佐清水市	
上陸時間	04/08/30/9:30	04/09/07/9:30	04/09/29/8:30	04/10/20/13:00	
山口	0	2	0	0	2
福岡	1	8	0	0	9
長崎	6	16	0	0	22
熊本	4	22	2	2	30
大分	14	17	0	10	41
宮崎	23	0	0	3	26
鹿児島 (本土)	12	5	23	1	41
鹿児島 (南西諸島)	16	18	0	10	44
計	76	80	25	26	215

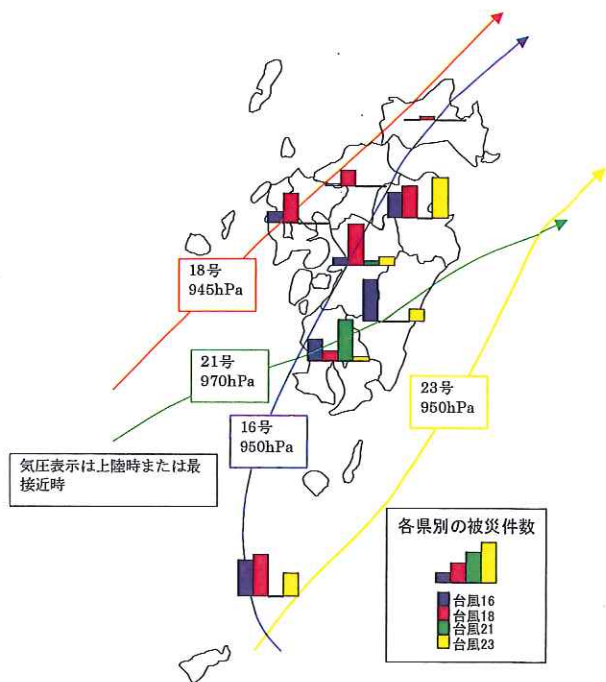


図-3 各県別の被災件数（施設数）

これらのデータ集計結果として得られた台風ごとの被災状況の違いは表-2 のようになる。

表-2 台風ごとの被災状況の違い

台 風	被 害 の 特 徴
台風 16 号	奄美大島の東海上で進路を北よりに変えて進み、鹿児島県串木野市付近に上陸し、九州を縦断した。そのため、鹿児島県南西諸島から鹿児島本土、九州東部から北部の沿岸全域および長崎、熊本の一部が被災しており、九州のほぼ全域の施設に被害をもたらした。
台風 18 号	沖縄本島北部付近を通過後、東シナ海を北上した後、進路を北東に変え、長崎市付近に上陸し、九州北部を横断した。そのため、鹿児島県南西諸島および熊本、長崎、福岡、大分北部の九州西部と北部を中心に被害をもたらした。鹿児島県本土および宮崎県はほとんど被災していない。
台風 21 号	沖縄本島と宮古島の間を通過し、東シナ海上で進路を北東に変え、串木野市付近に上陸し、宮崎県北部に抜けた。比較的規模が小さかったこともあり、被災地域は、鹿児島県本土と熊本県の南部に限定されている。
台風 23 号	沖縄本島から奄美諸島沿いに北東に進み、種子島の東海上を通過し北上した。被災地域は南西諸島および宮崎県北部から豊後水道沿岸域にかけて集中しているのが特徴である。

2.2 調査対象施設の被災状況

(1) 対象施設

表-3 に調査対象港湾・海岸施設の被災状況の一覧を、図-4 に調査対象港湾・海岸の位置図を示す。

表-3 調査対象港湾・海岸施設の被災状況一覧

直轄 港湾	施設地区名	被災 原因	ケーソン 移動	ケーソン 転倒	上部工 被災	消波ブロック 被災	基礎工 (橋石) 被災	護岸工 被災	被覆工 被災	護岸上部 工被災	その他	備 考
○ 大 分	大分西部地区 防波堤(中) 人工区	台風 23号	1箇	—	1箇	—	—	—	—	—	—	—
○ " "	"	"	12箇	—	8箇	—	—	—	—	—	—	—
○ " "	B工区	"	13箇	—	12箇	—	—	—	—	—	—	—
○ " "	C工区	"	13箇	—	1箇	—	—	—	—	—	—	—
○ " "	D工区	"	13箇	—	1箇	—	—	—	—	—	—	—
○ " "	大分地区 中防波堤	"	18箇	—	15箇	—	—	—	—	—	—	—
○ " "	大分東地区 北防波堤	"	22箇	—	21箇	—	—	—	—	—	—	—
○ 志 布 志	志布志地区 防波堤(沖) Ⅱ工区	台風 16号	3箇	—	○	○	○	○	○	○	○	—
○ " "	"	"	13箇	—	○	—	—	○	○	○	○	—
○ " "	Ⅲ-1工区	"	3箇	—	—	—	—	○	○	○	○	—
○ " "	Ⅲ-2工区	"	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—
○ " "	Ⅵ工区	"	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—
○ " "	Ⅶ-1,2,3工区	"	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—
○ 河 田	新松山地区 護岸(防波)	台風 18号	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—
○ 熊 本	久田地区 防波堤(南)	"	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—
○ 宮 崎	防波堤(南)	台風 16号	—	1箇(穴)	—	—	—	—	—	—	—	—
○ 川 内	唐津地区 防波堤(西)	台風 18号	5箇	—	—	—	○	○	○	○	○	—
○ 長 浜	防波堤(東)	"	3箇	—	—	—	○	○	○	○	○	—
○ 片 泊	防波堤	"	1箇	—	—	—	○	○	—	—	—	—
○ 湯 泊	防波堤(東)	台風 16,18 号	—	2箇折損	—	—	○	○	○	○	○	—
○ 和 泊	防波堤(南)	台風 18号	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—
○ 島 原	護岸	台風 16号	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—

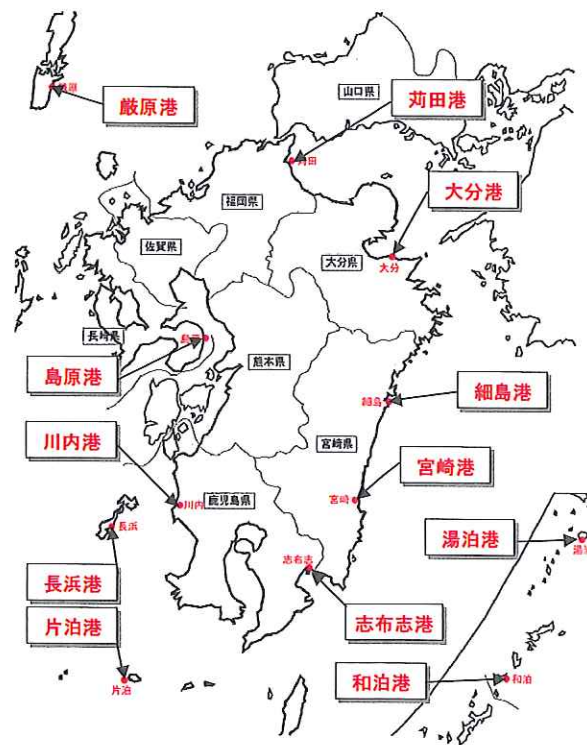


図-4 調査対象港湾・海岸位置図

(2) 被災事例

表-3 から明らかなように、被災はケーソンの滑動・転倒（またこれに伴う上部工の被災）、被覆・消波ブロックの被災及び基礎捨石の被災が目立つ。代表的な被災状況を写真-1～写真-4 に示す。

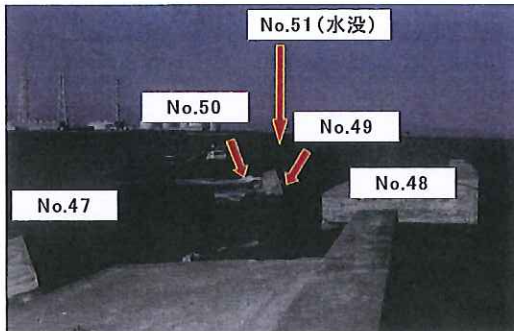


写真-1 大分港 ケーソンの転倒・水没



写真-2 片泊港 ケーソン基礎捨石の洗掘

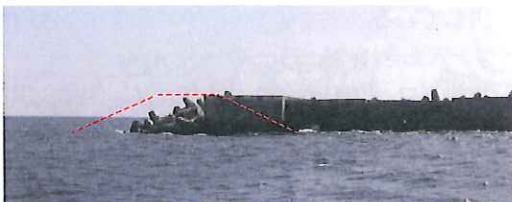


写真-3 和泊港 消波ブロック破損・散乱 (ドロス 80t)



写真-4 宮崎港 ケーソン穴あき (104号函)

2.3 被災原因の検討

(1) 沖波に関する検討

日本沿岸域の沖波の波浪推算が、台風発生後に(独)港湾空港技術研究所海洋水理研究室において、台風発生時期前後の気象データをもとに、第三世代波浪推算法であ

る WAM を用いて行われた。この推算法の概要は以下の通りである。

- ・エネルギー平衡方程式を基礎とした波浪推算モデルである。
- ・計算に用いる条件は、水深データ、流速場データ及び海上風データである。この海上風の推算方法には、傾度風モデル、台風モデル、ハイブリッドモデルなどがある。
- ・さらに、ハイブリッドモデルには主にヨーロッパで用いると実測値と良く合うヤンセンの式、九州で良く合う Wu (ウー) の式がある。

当検討では海上風の推算方法として、台風モデル、ハイブリッドモデル (ヤンセン) およびハイブリッドモデル (Wu) を用いて推算した波浪推算値と九州地方での波浪観測値 (志布志、細島、荇田、伊王島) との比較検討を行った。

その結果、ハイブリッドモデル (WAM-Wu) による推算値が比較的良く波浪観測値に適合した。

(2) 波浪条件の整理

上記の沖波条件を用いて、エネルギー平衡方程式による波浪変形計算を行い、被災対象地点での波浪条件を算定した。各施設の波浪推算値と、当初設計波 (50 年確率波) を比較して表-4 に示す。

表-4 波浪条件の比較

対象港湾	波浪条件	当初設計 (50年確率波)	WAM-台風モデル	WAM-Wuの式	SMB法	観測値の 沖深し
荇田港	H_b	3.3m	—	4.0m	—	—
	$H_{1/2}$	2.9m	—	3.3m	—	—
	H_{max}	5.2m	—	5.9m	—	—
	T	6.6s	—	6.0s	—	—
	H_b	4.0m	—	3.8m	4.6m	—
大分港 防波堤(中)	$H_{1/2}$	3.7m	—	3.0m	4.3m	—
	H_{max}	—	—	5.4m	7.7m	—
	T	7.2s	—	8.2s	7.7s	—
	H_b	14.9m	—	9.5m	—	—
	$H_{1/2}$	11.1m	—	8.8m	—	—
宮崎港	H_{max}	12.6m	—	12.4m	—	—
	T	14.4s	—	14.1s	—	—
	H_b	12.2m	—	9.5m	—	12.8m
	$H_{1/2}$	6.7m	—	5.1m	—	6.3m
	H_{max}	10.4m	—	9.2m	—	11.1m
志布志港 Ⅲ-1工区	T	14.0s	—	14.2s	—	14.5s
	H_b	10.4m	13.4m	10.3m	—	—
	$H_{1/2}$	7.8m	9.0m	6.6m	—	—
	H_{max}	11.3m	12.4m	10.8m	—	—
	T	13.7s	17.4s	14.4s	—	—
川内港	H_b	12.9m	11.9m	9.5m	—	—
	$H_{1/2}$	7.4m	6.7m	5.8m	—	—
	H_{max}	11.3m	11.2m	10.1m	—	—
	T	13.7s	16.4s	14.5s	—	—
	H_b	11.8m	13.4m	10.7m	—	—
長浜港	$H_{1/2}$	12.2m	11.3m	9.8m	—	—
	H_{max}	17.0m	20.4m	14.9m	—	—
	T	16.8s	15.1s	14.7s	—	—
	H_b	14.1m	16.2m	—	—	—
	$H_{1/2}$	11.5m	14.1m	—	—	—
和泊港	H_{max}	20.7m	25.4m	—	—	—
	T	14.9s	16.4s	—	—	—
片泊港	H_b	—	—	—	—	—
	$H_{1/2}$	—	—	—	—	—
	H_{max}	—	—	—	—	—
	T	—	—	—	—	—
	H_b	—	—	—	—	—

※荇田港は 10 年確率波である。黄色い背景は当初設計波より大きくなる値

※川内港と長浜港の沖波推算位置は、台風モデルと Wu の式で異なる

荇田港、片泊港については、WAM-Wu の式による推算値が、波高、周期共に当初設計波より大きくなっているが、その他の港に関しては当初設計波より小さな値となつて

いる。

川内港、和泊港については、WAM-台風モデルによる推算波高が、当初設計波以上もしくは同程度の値となっている。

WAM-Wu の式による推算波高は、WAM-台風モデル、SMB 法、観測値の沖戻しによる推算波高より 1~2m 小さくなっている。

(2) 被災原因のまとめ

以上の波浪条件に基づき、各調査対象施設について、現行設計法による防波堤堤体、消波ブロックなどの安定計算を行い被災原因を分析した。その結果、次の 4 点が主な被災原因であることが分かった。

- ① 設計波を越える波浪であった。
- ② ブロックの法勾配、かみ合わせが悪かった。
- ③ ブロック、基礎捨石の重量不足。
- ④ 暫定断面であった。

3. 被災状況に対する今後の課題

被災原因等の調査結果に基づき、今後の課題について整理した。以下にその要点を示す。

3.1 設計時の対課題

① 波浪推算モデルの開発と設計波の検討 (図-5 参照)

- ・ 波浪推算モデルの違いにより、結果が大きく異なる。九州に限定した精度の高い推算モデルの開発が必要と考えられる。
- ・ 既往の最大波高を超えている高波浪が出現しているので検討が必要である。

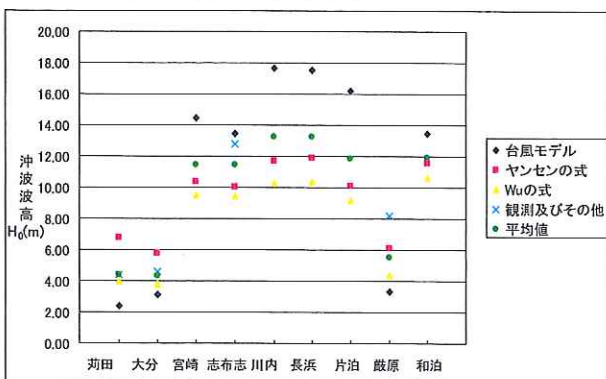


図-5 沖波推算手法と推算沖波波高のばらつき

② 港外側と港内側水位差が構造物の安定に影響する場合の設計法の考え方の整理

- ・ 港外側が押し波の時、港内側の水位が回折波の影響で静水面でなくなることにも注意が必要。

③ 信頼性設計法

- ・ 波浪推算モデルによる沖波推算結果の差が設計に与える影響が大きく、沖波の変動係数の設定

について検討が必要と考えられる。

④ 沖波の推算と波浪変形計算の一体化

- ・ 内湾では水深が浅く、沖波と浅海変形領域を区分できないことから一体としての計算も必要。

⑤ 不等沈下に対する設計上の配慮

- ・ 不等沈下に対する部材の安全性については、港湾の基準に明示されておらず、経験的な手法で検討されてきているが、被災事例をふまえて技術的な整理が必要。

⑥ 高潮位に対する配慮

- ・ H.H.W.L 条件についての配慮が必要。

⑦ ケーソン前壁の穴あき損傷

- ・ 消波ブロックが移動しない設計にすることも必要。
- ・ 損傷に対する抵抗力を確保することが必要。

⑧ 消波ブロック不連続部への配慮

- ・ 消波ブロック不連続部は堤頭部とみなして消波ブロックに必要な質量を確保することも必要。
- ・ ケーソンは耐波安定性と部材安全性を確保することが必要。

3.2 施工時の課題

① 消波ブロックの被災について

- ・ 据付直後は消波ブロックのかみ合わせが不十分な為、被災することが多い。また、ケーソンの被災は設計波を上回る波の来襲による場合が多いが、消波ブロックの破損・散乱やケーソンの穴あきは、必ずしも設計波を上回らなくても被災している。

② ケーソン穴あきについて

- ・ 消波ブロックの衝突によるケーソン側壁の損傷について、具体的には消波ブロックの安定と、側壁の強度増加 (損傷防止) である。また、維持管理の観点から、穴あき補修及び中詰砂の抜け出しによるケーソン安定性の低下対策が必要である。また、それらに関する調査・診断技術も必要と考えられる。

③ 施工断面について

- ・ 未完成断面 (暫定断面) として放置される期間をなるべく短くする。

4. おわりに

本稿は、国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所発注による、「平成 16 年度 管内台風被災検討調査」を取りまとめたものである。調査取りまとめに当たっては (独) 港湾空港技術研究所海象情報研究室、海洋水理研究室、波浪研究室、耐波研究室の各室長をはじめ研究室の皆様からご意見・ご指導頂きました。ここに記して厚く御礼申し上げます。