

# 台風来襲時における港湾施設の 安定性検討について

板倉 颯<sup>1</sup>・松永 洋明<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中部地方整備局 名古屋港湾空港技術調査事務所 技術開発課  
(〒457-0833 名古屋市南区東又兵衛町 1-57-3)

2019 年 10 月に来襲した台風 19 号により、清水港では、広範囲で越波による浸水等の被災があった。今後、地球温暖化による台風の強大化、海面上昇が想定され、港湾においては潮位の上昇、波高の増大により、防波堤などの防護施設が被災し、物流機能の低下によって経済活動に支障をきたす可能性がある。そこで、名古屋港湾空港技術調査事務所では、台風来襲前から中部地方整備局管内の各港湾の波浪を予測し、その予測値から港湾施設・海岸保全施設の断面照査を行う「港湾・海岸保全施設波浪被害予測システム」の開発を行った。本論文では、当該システムの開発経緯と、その概要について記述する。

キーワード 台風、港湾施設、港湾・海岸保全施設波浪被害予測システム、安定性照査診断

## 1. はじめに

近年、日本に来襲する台風が強大化しており、高潮・高波による港湾施設の被害が発生している。2018 年台風 21 号では神戸港での大規模浸水被害、2019 年台風 15 号及び 19 号では京浜港を中心に護岸の倒壊や臨港道路に船舶が衝突するなど、甚大な被害が頻発している。中部管内では、2019 年台風 19 号の高潮・高波により、清水港において、越波による浸水被害や工事中の護岸が被災を受けている。

台風の事前予防対策は極めて限られた時間での対応となることから、完全な対策を講じることは困難である。そのため、台風来襲前から港湾施設の被害を予測し、適切な事前準備や、確実な初動体制の確保を行うことで、台風通過後の速やかな調査、復旧体制を整えることが重要である。

そこで、名古屋港湾空港技術調査事務所では、気象庁が発表する台風情報を元に、台風来襲前から中部管内各港湾の高潮・高波を予測し、防波堤の安定性照査や海岸堤防の越波照査を行う「港湾・海岸保全施設波浪被害予測システム」（以下、「予測システム」という）を開発した。

## 2. 予測システムの概要

### (1) 予測システムの特徴

通常、防波堤等の構造物に作用する外力を算出する際は、海上風推算、波浪推算、波浪変形計算を対象海域に応じた推算モデルで詳細に計算するため、それぞれの計算に数時間を要する。一方、予測システムは、刻々と変化する台風情報を元に施設被害の有無を予測することを目的としていることから、短時間で作用外力を予測する必要がある。そのため本システムでは、比較的計算時間が短い波浪推算モデルの採用や、過去の気象擾乱を参考に詳細計算と簡易計算の差分から補正係数を設定するなどの工夫により、短時間での予測を可能とした。

また、台風の進路や速度が気象庁の予報とずれることを想定し、台風予報円の中心だけでなく、図-1 のように

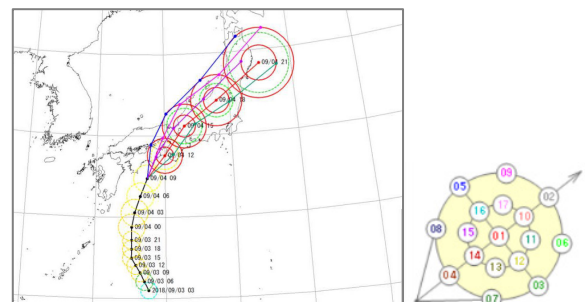


図-1 台風コースの選定

様々な進路や速度を考慮した合計 17 の推算コースを設定し、このうち 5 コースを任意に選択して同時計算出来るよう工夫した。

さらに、本システムは各港湾事務所の職員が直接操作することを想定しているため、OS は Windows とし、容易に操作ができるよう対話型形式とした。

## (2) 予測システムのフロー

本システムは、情報の収集、データ入力、外力の算出、解析結果出力、安定性照査、情報の提供の項目で構成する。必要となる台風情報（台風パラメータ）は、気象庁の HP から、時刻、中心気圧、移動速度等の基本情報を収集・入力する。図-2 に、予測システムのフロー図を示す。

気象庁の HP から得られた情報を元に、海上風を推算する。求められた海上風から、波浪推算及び波浪変形計算を行い、対象施設の堤前波高を求める。求められた堤前波高に別途算出された潮位偏差及び天文潮位を加え、対象施設の安定性照査を行い、照査結果がアウトプットされる。予測システムの詳細は 3. 予測システムのプログラム構築で述べる。

## (3) 安定性照査の対象施設

対象施設は、管内の伊勢湾・三河湾、駿河湾に位置する重要港湾、避難港の第一線防波堤とした。対象施設を第一線防波堤とした理由は、被災を受けると、港湾機能が著しく低下する恐れがあるためである。

なお、津松阪港については、被災時の地域住民への影響を考慮し、対象施設を海岸護岸とした。

表-1 に対象施設および工区一覧を示す。

## 3. 予測システムのプログラム構築

### (1) 海上風推算

波浪推算に入力する海上風を推算する。海上風推算モ

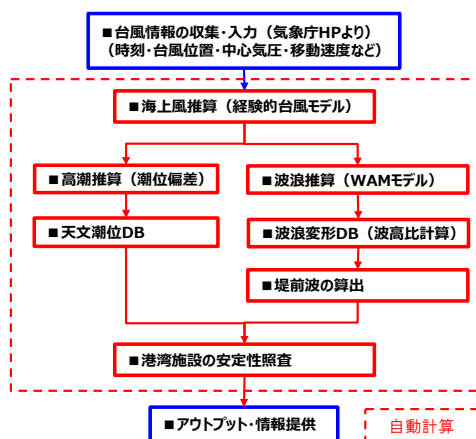


図-2 予測システムのフロー図

デルは、陸上地形を考慮した推算が可能な局地気象モデル WRF を使用することが望ましいが、予測システムでは、比較的短時間かつ簡易的に推算が可能な「経験的台風モデル」を採用した。陸上地形の影響が大きい伊勢湾・三河湾については、過去に伊勢湾・三河湾に来襲した大型台風を対象に、経験的台風モデルと局地気象モデル WRF から推算した風場を比較して、補正值を設定することにより陸上地形の影響を反映し、推算精度を確保した。図-3 に補正前後の海上風推算結果を示す。

## (2) 潮位の設定

天文潮位は、カムインズ（全国の沿岸気象海象情報を配信するシステム）に登録されている潮位データを使用することとした。天文潮位データは、気象庁の観測地点が 2021 年まで、その他の観測点は 2026 年までの潮位データとなっており、予測に不足するデータについては、調和乗数より推定し、データベース化することとした。

潮位偏差については、別件業務<sup>2)</sup>より検討された、重回帰分析結果の式を用いて算出することとした。

## (3) 堤前波の算出

### a) 波浪推算

波浪は、海上風推算にて得られた結果を波浪推算プログラムに入力することで、波高・周期・波向を推算する。予測システムに導入する波浪推算のプログラムは、計算時間と推算精度を考慮し、スペクトル法の第三世代波浪推算モデルである「WAM」を採用した。

なお、計算時間を短縮するために、計算領域を伊勢湾・三河湾と駿河湾の 2 つに分けて設定した。（図-4）

### b) 波浪推算精度の検証

波浪推算の精度を検証するために、各港湾に來襲した

表-1 予測システムの対象施設

| 港名  |      | 対象施設      |       |
|-----|------|-----------|-------|
| 駿河湾 | 清水港  | 外港防波堤     | E改良区間 |
|     | 御前崎港 | 防波堤(東)    | 標準部   |
|     | 下田港  | 防波堤(東)    | C-1区  |
| 伊勢湾 | 名古屋港 | 中央堤       | 東側    |
|     | 四日市港 | 霞ヶ浦(沖)防波堤 | A区    |
|     | 津松阪港 | 津地区(賢崎)護岸 | D工区   |
| 三河湾 | 三河港  | 神野北①防波堤   | 置換砂①  |
|     | 衣浦港  | 西高潮防波堤    | SD部   |

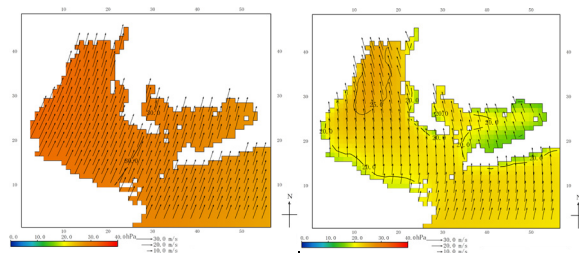


図-3 補正前（左）と補正後（右）の海上風推算結果

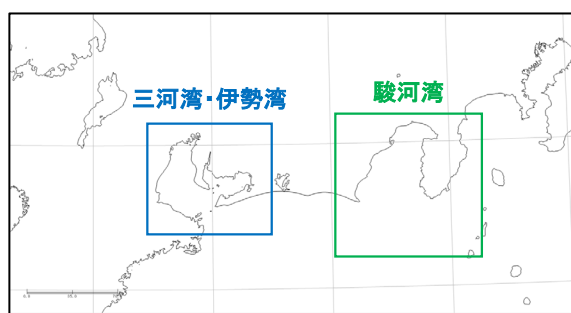


図-4 波浪推算の領域構成

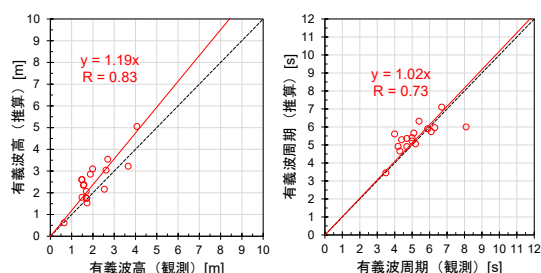


図-5 NOWPHAS (伊勢湾) における相関解析結果

過去の台風の推算結果と波浪観測地点 (NOWPHAS) の観測値の相関解析を実施した。相関解析に用いた台風は伊勢湾・三河湾は 17 擾乱, 駿河湾は 10 擾乱を選定した。

相関解析結果の一例を図-5 に示す。波高については回帰係数 1.19, 周期については 1.02 となり, 一定の精度が確保されていることを確認した。

#### c) 波浪変形計算

対象施設の堤前波高の算出は, 通常, 波浪推算にて算出された沖波 (深海波) 位置から, エネルギー平衡方程式を用いた波浪変形計算により算出される。本システムでは, 計算時間を短縮するために, 過去の気象擾乱を元に波浪変形計算を行い, 予め各港湾の沖波代表地点と施設前面波の波高比を波向, 周期別に整理したデータベースとして整理することで計算時間の短縮を図った。

#### (4) 安定性照査プログラム

安定性照査プログラムでは, 予測システム内で推算された波高, 周期, 潮位等の推算結果が外力として自動入力され, 防波堤は安定性を照査, 護岸は越波流量を算定する。

結果の出力例を図-6 に示す。当該施設の位置図, 断面図とともに, 安定性照査の結果が閾値を含めて図示されることで視覚的に判断できるよう表示される。

#### 4. 予測システムの動作検証

過去に発生した実際の台風データを用いて予測システムの動作検証を行った。伊勢湾・三河湾では台風 1821

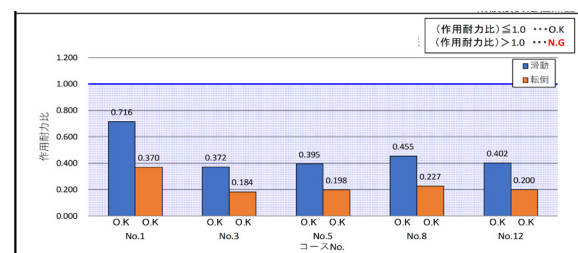
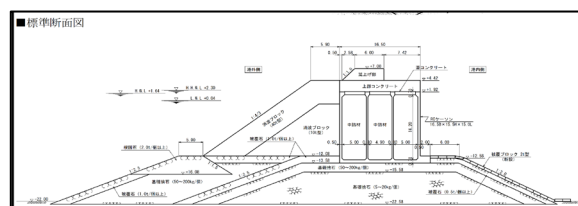
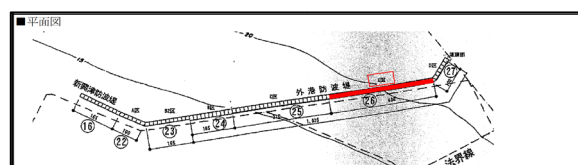


図-6 安定性照査の結果出力 (清水港 外港防波堤)

号, 駿河湾では台風 1919 号を対象に検証を行った。

動作検証結果としては, 伊勢湾・三河湾は, 台風の接近から通過までの 42 時間分の計算を 17 分で終えた。また駿河湾は, 72 時間分の計算を 38 分で終えており, いずれも目標の 3 時間を大幅に短縮する結果となった。

#### 5. おわりに

本論文では, 台風来襲前から中部地方整備局管内の各港湾の波浪を予測し, 予測値から港湾・海岸保全施設の断面照査を行うための予測システムの開発について記述した。

気象庁の台風情報のみで短期間での安定性照査を行えるプログラムの開発に成功したが, 課題も残る。例えば, 予測システムに入力する台風諸元は, 気象庁の HP に情報がある場合は自動的に入力できるが, 通過した台風経路上の台風諸元データは直接入力する必要があるため, 効率的にシステムに取り込む工夫が必要と考える。

今後は, 台風来襲毎に試行を重ねて精度検証を行い, 実用化に向けて改善を進める。

謝辞: 本論文の執筆に当たり, ご指導・ご協力頂いた方々に深く感謝し, 御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 令和 2 年度 台風来襲時における港湾施設の安全性検討業務, 中部地方整備局港湾空港部。
- 平成 31 年度 港湾整備に係る沿岸気象海象情報の予測情報等提供業務, 中部地方整備局港湾空港部。