

水難事故が多発する幕張の浜付近の海象の特徴の把握

水圏防災研究室 勝山 大地
指導教官 犬飼 直之

1. はじめに

東京湾奥部には、幕張の浜という海岸が存在する。この海岸は遊泳禁止区域となっているが、2001年から2020年までに5件の水難事故が発生している。特に、2018年からは3年連続で死亡事故が発生している。具体的な事故の原因を解明することで再発防止が重要となる。

本研究では3年連続で水難事故が発生した幕張の浜での事故概要や現地での調査を行うことで事故発生時の海象の把握を行う。また、東京湾奥部の海岸における近年の水難事故の発生状況の調査も行う。幕張の浜では水深測量や粒状把握を行うことで地形データを作成し、計算モデルを利用して事故時の水位変化や波向などの海象の再現をすることで事故発生時の波の動きや事故原因を把握し、今後の事故再発を防止するための策を考察することを目的とする。

2. 東京湾奥部の水難事故発生概要

2-1. 東京湾奥部での水難事故発生状況

2001年から2020年までに、東京湾奥部では102件の水難事故が発生している。事故の種類は、遊泳中15件、磯遊び中35件、釣り中30件、ボートセーリング中15件、その他7件である。特に三番瀬海浜公園、幕張の浜、検見川の浜では事故が多発している。三番瀬海浜公園は潮干狩りで有名である。遠浅場を無理に沖に進み事故が起きることが多い。検見川の浜ではボートセーリング中の事故が多い。幕張の浜では海象による事故が多発しており、突堤から飛び込んでいたところ事故が発生している。



図 2.1.1 東京湾奥部の事故発生場所¹⁾
(提供：第三管区海上保安本部)

2-2. 幕張の浜の発生事故概要

図 2.2.1 に幕張の浜での水難事故の発見地点と発生日時を示す。全5件の事故はどれも遊泳中や、突堤から飛び込んで遊んでいたところ溺水した事故が多い。2018年からの3年連続事故に関してはどれも突堤横で事故が起きている。

図 2.2.2 には2020年の事故発生時の現場の様子を示す。この時の波向きは突堤反対側方向で、現場付近は突堤の陰影域となるため比較的平穏な水面形に見える。



図 2.2.1 幕張の浜の事故発見地点と日時



図 2.2.2 2020年の事故発生時の現場の様子

2018年7月31日16時30分に起きた事故では、8.3m/sの南南西向きの強風²⁾により波高³⁾が1mとなり、潮位差⁴⁾は1.5mであった。2019年8月5日15時の事故では4.8m/sの南西向きの風で波高が0.5m、潮位差が1.5mであった。2020年8月17日15時の事故では5.3m/sの西南西向きの風により波高が0.5m、潮位差が1.5mであった。どの事故時も潮位差は変わらない。2018年の事故は波高がやや高いが、2019年と2020年の事故は波高が比較的小さいにもかかわらず事故が起きている。

3. 現地調査

3-1. 水深の測定

突堤の東側を鉛直方向に 60m、突堤と水平方向に 165m の区間で水深測定を行った。水深測定方法はメジャーロープに重りをつけて水中に沈める手法を採用し、平面方向に縦横 5m 間隔の格子状に測点を設け、各測点において水深を測定した。図 3 に取得した水深データを示す。突堤の先端を 0m とし、海岸方向に約 63m の地点が事故発生現場であり、水深は 2.05m であった。約 80m の地点が最深部であり、水深は 2.8m であった。これは、回折して入る波が集中することで水深が深くなり、荒れた状況になっていることが予想される。この海岸は沖に 40m ほど進むと水深が 2m ほどになり、足がつかないことが分かる。また、突堤先端付近において、入射波が突堤によって遮蔽されることで陰影域内では水深が浅く約 2m 未満であり、陰影域外では水深が深く 2.5m ほどになっていることも確認でき、水深が変化する部分が突堤が波を遮蔽する境界であると予想される。

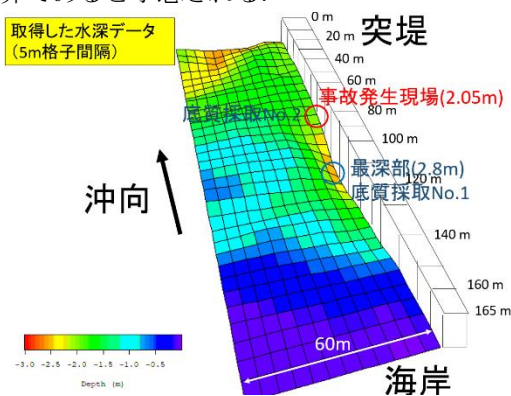


図 3.1.1 幕張の浜の水深データ(5m 間隔)

3-2. 底質の粒径

底質は最深部(No1)と事故発生現場(No2)の 2 カ所で採取し、ふるい分け試験を行い粒度分布を求めた。

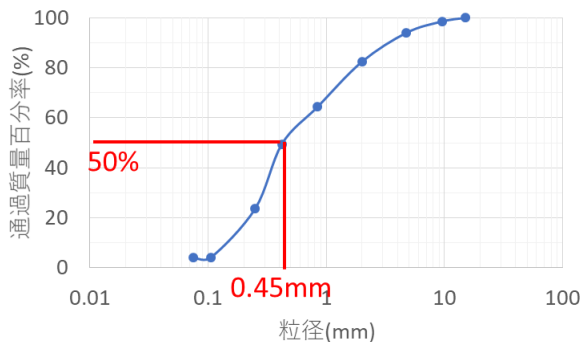


図 3.2.1 試料 No.1 の透過質量百分率

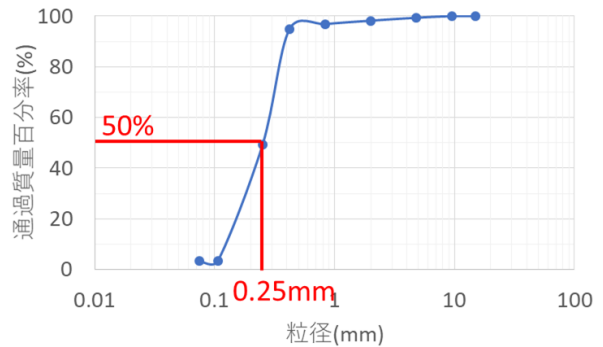


図 3.2.2 試料 No.2 の透過質量百分率

中央粒径は試料No1が0.45mm、試料No2が0.25mmであった。どちらもやや小さい値であった。両者を比較すると、最深部の中央粒径の方が大きい。これより、回折波が最深部に集中することで海底が荒れている状態になっていると考えられる。

3-3. 海面着色剤による流状把握

事故発生現場から沖へ 10m 間隔で計 6 箇所において、突堤鉛直方向に 5m 遠まで線状に海面着色剤を散布し、流状確認を行った。調査時には波高が 0.2m と低かったが、沖方向に弱い流れが観測された。これより、回折波や反射波は沖へと流れ、入射波と合流していると考えられる。



図 3.3.1 突堤先端部の海面着色剤流出状況

4. 数値計算

4.1 地形データの作成

事故発生時の現場の様子を再現すべく、独立行政法人港湾技術研究所が提供している NOWT-PARI46d7a⁵⁾を用いた非線形波浪変形モデルで数値計算を行う。入射波高や周期などは事故発生時の海象データを使用する。地形データには現地調査の測量で得た 5m 格子の水深データを 1m 格子に変更したも

のを使用することで、精度の向上を図る。沖方向、沿岸方向には反射波の影響を受けないように測量データ領域の外側の水深データを延長したスポンジ層を設ける。計算格子は 230m×148m である。また、事故発生時と現場調査時の潮位差を考慮して、地形データでは測量データに 0.4m 水深を加算している。2018 年の事故発生時と現地調査時の潮位差は無かったため、潮位補正を行う必要がない。2019 年の場合は 0.55m 水深を小さく補正する必要がある。しかし、入射波高と入射波向が変化した時の事故発生地点の水位変化の相関を調べるため、すべての地形データを 2020 年の潮位補正 0.4m 加算のものに統一することとした。入射波境界は突堤先端から 20m 沖側に設置する。汀線や突堤は波が反射するように陸地設定とする。図 4.1.1 に測量データ領域と計算領域、図 4.1.2 に計算領域内の地形データを示す。

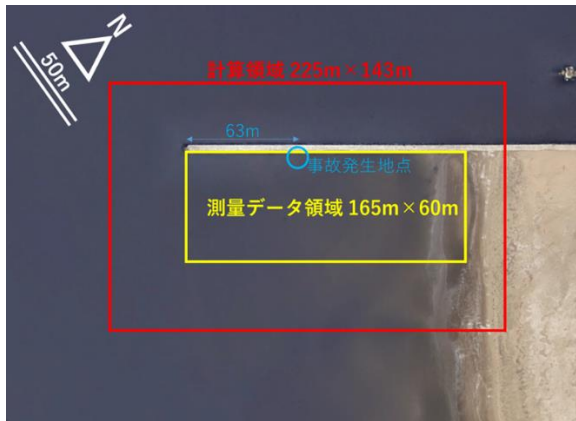


図 4.1.1 測量データ領域と計算領域

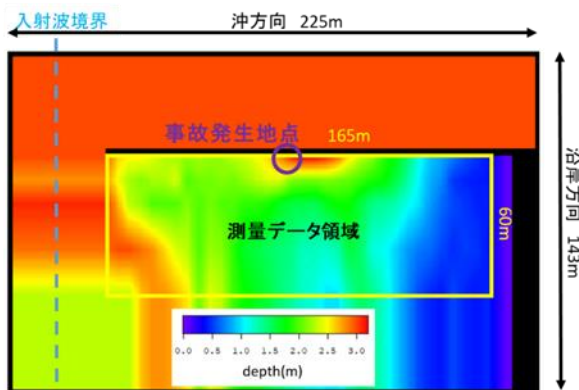


図 4.1.2 計算領域内の地形データ

4.2 計算条件

本計算モデルを用いて、幕張の浜での 2018 から 2020 年の事故発生時の現場の状況を再現する。波向きは 2018 年が SW であるため入射波方向は突堤に対し

て水平方向であり、入射角度を 0 度に設定した。2019 年は SSW であるため入射波方向は突堤に対して反時計回りに 23 度の角度で設定した。2020 年は WSW であるため入射波方向は突堤に対して時計回りに 23 度の角度で設定した。本研究では、この 3 パターンの波向きに対して、それぞれに入射波高(有義波高)が 0.2, 0.4, 0.6, 0.8m の 4 種類のパターンで計算を行う。今回計算に用いる入射波高と有義波周期は以下の表 4.2.1 のとおりである。また、すべての波向き、波高に対して共通の計算条件を以下の表 4.2.2 に示す

表 4.2.1 入射波高と周期の関係

入射波高(m)	周期(s)
0.2	2.0
0.4	2.5
0.6	3.0
0.8	4.0

表 4.2.2 計算設定項目と設定値

設定項目	設定値
計算格子(m)	225×143
格子間隔(m)	1.0
潮位(m)	0.0
計算ステップ(s)	0.01
データ出力間隔(s)	0.20
計算時間(s)	150

4.3 計算結果

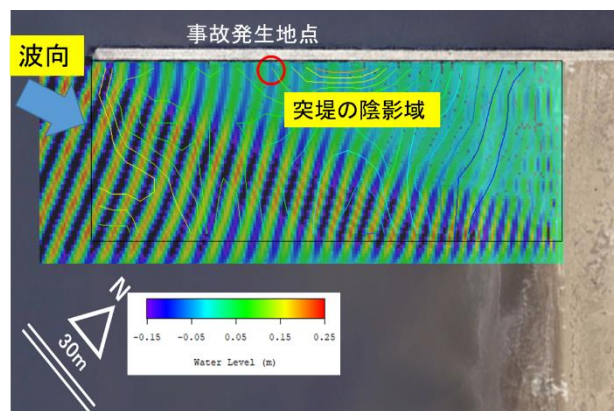


図 4.3.1 2020 年の事故時の水位分布計算結果

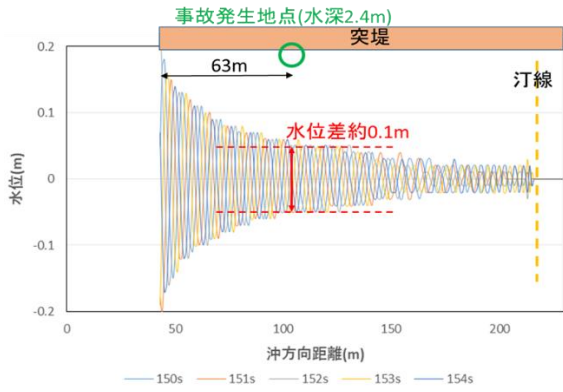


図 4.3.2 計算終了時の事故発生地点における沖方向の水位分布の時間変化

2020 年の事故は突堤の背後から波が入射する状況であり、入射波高は 0.4m である。図 4.3.1 から、入射波が突堤に遮られて水位差が大きい場所と小さい場所の差がはっきりと表れている。事故現場は突堤の陰影域である。図 4.3.2 から突堤先端は 0.4m 程であった水位差が事故現場では 0.1m 程度に減衰していることが確認できる。一般的には海水に浮上しているときには鼻上の高さに水面が位置する⁶⁾。計算結果より、2020 年の事故発生時にはこの鼻上の高さを基準として 2.5 秒ごとに目と口の高さを水面が上下していたこととなる。2020 年の事故の溺水原因として、水深が 2.4m と深かったため足がつかなかったこと、該者は遊泳が得意でなかったこと、数秒ごとの水位変化で呼吸困難であったことなどが考えられる。このように、波高や水位差が比較的小さい場合でも事故が発生する可能性があることが判明した。

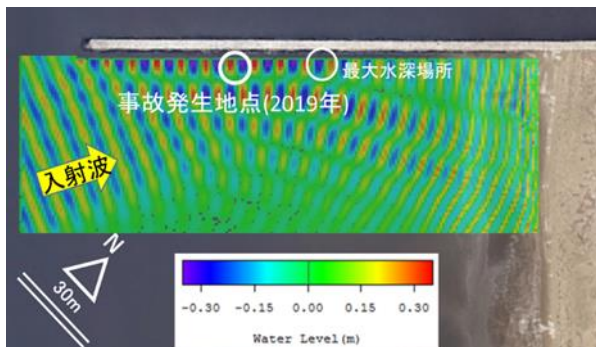


図 4.3.3 2019 年の事故時の水位分布計算結果

次に、2019 年の事故発生時は風向 SSW、波高 0.4m、周期 2.5s であった。図 4.3.3 に 2019 年の事故の水位変

化を示す。入射波と反射波の共振で波長が約半分になっている。また、波高 0.4m の入射波は、突堤横で水位が増大して事故発生現場付近から最深部付近で最大となり、0.9m 程になっている。このように水位差が増大している場所では水底が攪拌されることで、水や砂が激しく動くことで粒形や水深が大きくなっているのではないかと考察する。

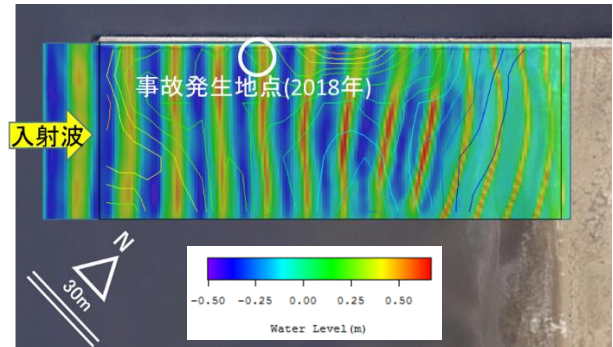


図 4.3.4 2018 年の事故時の水位分布計算結果

2018 年の事故発生時は風向 SW、波高 0.8m、周期 4.0s であった。事故発生地点の水位差は約 0.8m で、入射波高と等しい値を示している。突堤と水平方向に波が入射する場合、事故発生地点の水位差と入射波高がおおよそ一致した値を示すことが確認できる。静水時の平均浮上位置を鼻上と仮定すると、水位差 0.8m の時には極めて呼吸が困難であったことが予想される。以上より、水中に飛び込んだ時の水面は大きく荒れており、複雑な挙動であったことが予想されるため、荒波にもまれて溺れてしまったと考えられる。

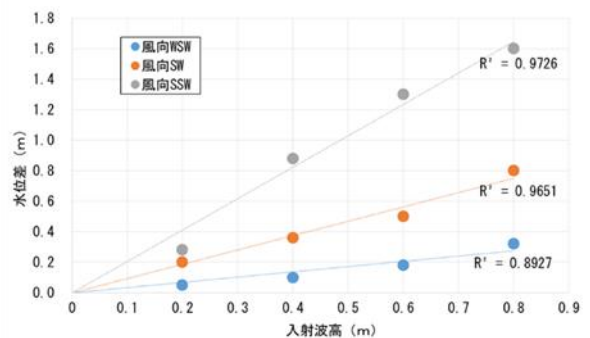


図 4.3.5 入射波高と事故現場の水位差の関係

3 種類の風向きに対して、それぞれ 4 種類の入射波高で計算を行った結果 12 パターンの計算結果を得た。

これらのデータより、入射波高と事故発生地点における水位差との関係について考える。図 4.3.5 に入射波高と事故発生地点の水位差の関係を示す。どの入射角でも、入射波高が大きくなると水位差も大きくなるという相関がみられる。2018 年の風向 SW では水位差と入射波高がおおよそ等しく、2019 年の風向 SSW では水位差は入射波高の約 2 倍、2020 年の風向き WSW では水位差が入射波高の約 2.5 倍である。2020 年事故時の海象は垂直入射、直接入射では波高を 0.2m 程度以下でも発生する。これより、波向き次第で事故現場の波高は高くなるため、波高が低いからと言って安全と言い切ることにはできない。切片を 0 にしたときの近似直線より、相関係数は 2018 年から順番に 0.9726, 0.9651, 0.8927 と、どれも高い相関を表している。

5. まとめ

計算結果より、波浪状況によって現場の水面形は大きく変化するということが判明した。また、現場では波が突堤に直接入射する時に特に危険であることがわかった。この時には波高が増大し、波長が半減し、複雑な水面形となる。このように波が突堤に直接入射するケースの事故は 2019 年の事故であるが、ここで 2019 年の事故発生時の天候を考察する。第三章で記述したように、当時天気図から、台風が接近中で南南西方向から風が吹いていた。このことから、本州南岸を低気圧や台風が接近している時には波高が増大するパターンとなることが予想される。また、波高分布から、現場付近の沖合の波高は 0.4m 程度であったが、突堤付近では波高が増大して 1m 程度となることが予想される。

過去三年連続の事故はどれも波向きや波高が異なり、2020 年は比較的穏やかな海象であったが事故が発生している。これらの事故や計算結果からわかるように、幕張の浜では波浪状況に関わらず常に遊泳が危険であり、事故の注意が必要であることが分かる。そのため遊泳禁止区域となっている。事故が起こらないようにする一番の対策はそもそも遊泳しないこと

であるため、看板を立てて注意喚起をしたり、立ち入れないように突堤入り口を遮ったりするなどの対策が一番効果的であると考えられる。

参考文献

- 1) 千葉日報,<https://www.chibanippo.co.jp/news/national> (2020.9.15 閲覧)
- 2) 東京湾環境情報センター, <https://www.tbeic.go.jp> (2020.10.5 閲覧)
- 3) 日本気象協会,<https://www.tenki.jp> (2020.10.5 閲覧)
- 4) AMeDAS 千葉,<https://tenki.jp/amedas> (2020.10.5 閲覧)
- 5) 東京港湾研究所 海洋研究領域波浪研究グループ <https://www.pari.go.jp/unit/haro/bsnsq/nowtpari/> (2021.1.4 閲覧)
- 6) 犬飼直之 他, "2017 年 8 月に銭函海岸の離岸堤付近で発生した水難事故の発生要因の把握", 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 76, No.2, I_1183-1188, 2020.