

酒田港港口部における三角波発生予測解析について

国土交通省東北地方整備局酒田港湾事務所長 正会員 ○瀬賀 康浩

1. 目的

酒田港は、日本三大急流に数えられる最上川の河口部に形成されている港である。河川流と波浪がぶつかり合うことにより、港口部において三角波が発生し小型船の安全航行に支障が出るケースが見られる。そこで、その発生メカニズムを把握するとともに、今後の防波堤整備によりどのような影響があるかについて、波浪の数値シミュレーションにより検討を行った。なお、三角波は一般的に明確な定義がなされていないことから、本調査では風波やうねり性の波を通常波、通常波と河川流により波高が増幅した波を、主に三角波と定義する。

2. 港湾利用者へのアンケート調査

港湾利用者へのアンケート調査の結果、小型船舶の操船障害は、主に北防波堤および南防波堤の反射により波高が増大する場合と、最上川の出水により波高が増幅する場合に生じることが分かった。また、その際の航行限界波高を整理すると船の大きさによる差異があるものの、全体の約80%は1.0m～1.5mとの回答であった。この結果をもとに、本調査では航行限界波高を1.5mと設定する。

3. 現地観測

港口部における波浪及び河川流の状況を把握するため、沖合1地点と河口部から港口部にかけて3地点（港口から河口方向にSt.1～St.3を設定）に波高計及び流速計を設置した。現地観測の結果、次の点が分かった。

- ①最上川の流量が $450\text{m}^3/\text{s}$ 以上になると、沖合波浪観測点における観測値に対する St.1～3 の波高増幅率は、いずれも右肩上がりの傾向を示し、最上川河口部に最も近い St.3 は、波高の増幅傾向が顕著である。
- ②流速と波速の比と波高増幅率に様な変化傾向は認められないものの、河川流の流向と波向が逆になる逆流時の場合に、波高の増幅するケースが多く認められる。

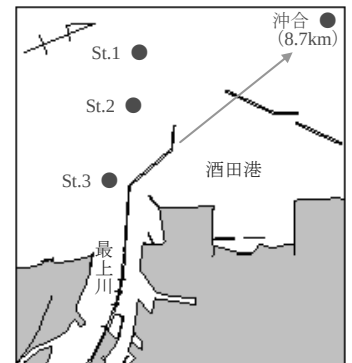


図-1 現地観測位置図

アンケート調査で確認された点と同様の現象が、現地観測からも明らかになったことから、港口部における三角波の発生が、操船障害を及ぼす重要な要因と考えられる。

4. シミュレーションの条件設定

三角波に関する数値シミュレーションの方法及び主な計算条件は、次のようにまとめられる。

- ・波浪場の計算：波の屈折・回折・浅水変形・反射を同時に解くことが可能なブシネスク方程式による波高分布計算を実施する。計算は(独)港湾空港技術研究所の非線形波浪変形計算プログラム (NOWT-PARI Ver. 4.6 β) を使用する。
- ・河川流の計算：最上川の河川流の数値計算は、多層レベルモデルを使用する。
- ・波高および周期：波高はヒアリング結果より航行限界波高の上限値である 1.5m とする。周期は 5.0 秒とする。これは、現地観測結果から沖波周期が 6 秒未満の場合に波高増幅が顕著であることに基づく。
- ・波向条件：河川流の流向と逆向きになる NNW、操船障害の発生する頻度が高いと指摘されている WSW とする。
- ・地形条件：図-2 と図-3 で示すように、防波堤が平成 18 年現在の形状（①第二北防波堤 1,155m、②南防波堤 1,869m）と将来の形状（①2,050m、②2,048m）の 2 種類とする。
- ・最上川の流量：波高増幅の傾向が顕著にみられ、超過出現頻度が 5% を超える $1,000\text{m}^3/\text{s}$ とする。

キーワード 波浪, 河川流, 三角波, 波高増幅, ブシネスク方程式, 多層レベルモデル

連絡先 〒998-0061 山形県酒田市光ヶ丘 5 丁目 20 番 17 号 東北地方整備局酒田港湾事務所 TEL 0234-33-6311

5. 波浪と河川流による三角波の発生予測解析

(1) 増幅率の算定

波浪及び河川流の計算結果より、河川流による波高の増幅率を、簡易式に基づいて計算し、分布図を作成する。

図-2 に表す河川流の流向と反対の NNW の波が入射する場合、第二北防波堤沖側でも 1.1 倍を超える波高増幅が見られる。しかし、図-3 に表す河川流の流向と直交する WSW の波が入射する場合、波高増幅は港口部で 1.05 倍を下回り、河口部に近い水域にしか影響が見られない。

(2) 波高分布の算定

計算した増幅率を波浪場の予測結果に乘じ、河川流による波高増幅効果を考慮した有義波高の分布図を推定する。

図-4 と図-5 に表す NNW の波が入射する場合、現況港形と将来港形の波高分布を比較すると、現況の港口部で 1.0m~1.5m になる波高増幅水域が、将来の防波堤の延伸によって抑えられ、静穏となる。第二北防波堤による波浪の遮蔽と沖向きの河川流の遮断が、大きな効果を発揮していると言える。

一方、図-6 と図-7 に表す WSW の波が入射する場合は、南防波堤の反射波による影響が見られるものの、船舶が航行する港口部付近は、河川流による顕著な波高の増幅が見られない。

6. まとめ

波浪と河川流の重合による波高増幅のメカニズムを数値シミュレーションで再現した。防波堤の延伸により、特に北寄りの波に対し港口部における波高増幅が緩和され、小型船舶の航行安全に寄与できるものと考えられる。しかし、北寄りの波以外で、利用者が危険と感じている南寄りの波は、シミュレーションにより、港口部の波高増幅が表現できなかった。この点については、河川流が小型船舶の操船に及ぼす直接的な影響や横波の影響等も考慮しながら、今後、改善策を検討する必要がある。

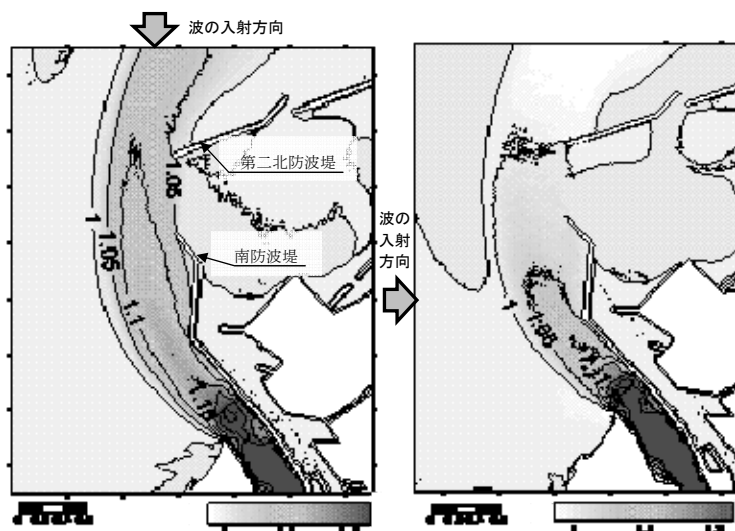


図-2 増幅率分布図
(現況港形, 波向 NNW)

図-3 増幅率分布図
(将来港形, 波向 WSW)

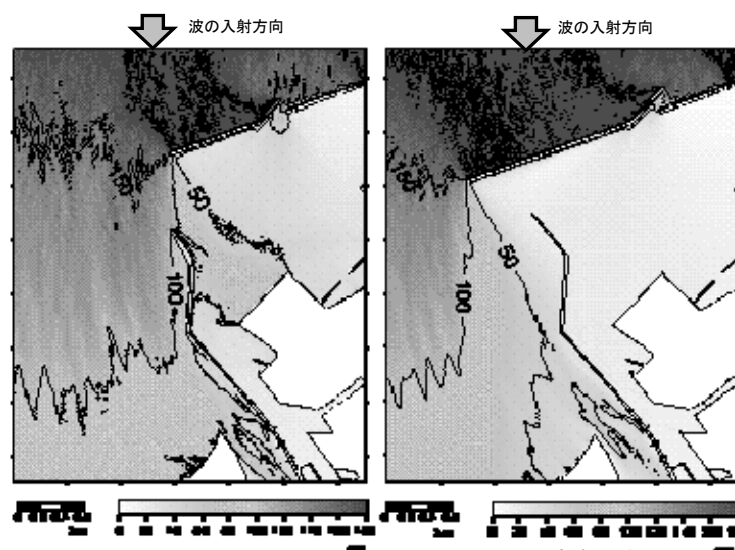


図-4 波高分布図
(現況港形, 波向 NNW)

図-5 波高分布図
(将来港形, 波向 NNW)

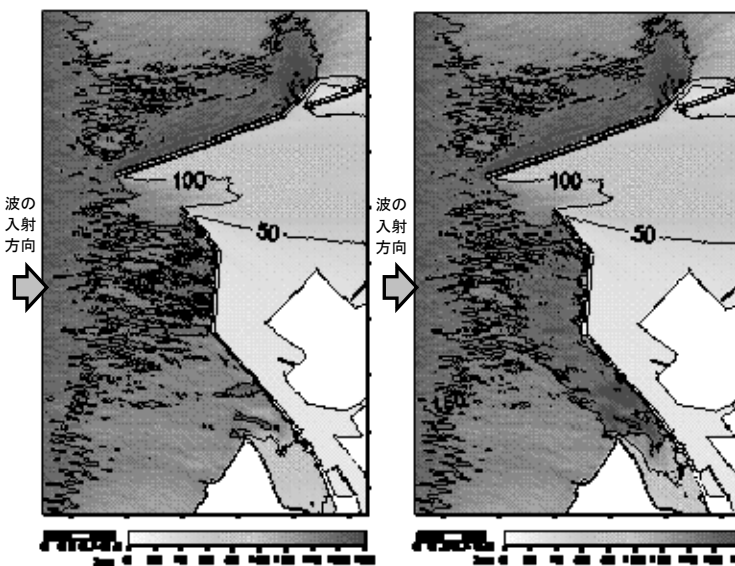


図-6 波高分布図
(将来港形, 波向 WSW, 河川流なし)

図-7 波高分布図
(将来港形, 波向 WSW)