

八戸港における長周期波解析調査

Characteristics of long-period waves investigated on the Hachinohe harbor

山川真*・矢吹亘**

YAMAKAWA, Makoto and YABUKI, Wataru

* (財) 沿岸開発技術研究センター 波浪情報部 研究員

** 国土交通省 東北地方整備局 八戸港湾空港工事事務所 所長

In recent years, many examples of the cargo work obstacle by the long-period waves are reported. Then, the result of the long-period waves analysis investigation in the Hachinohe harbor is reported. The cause was considered from cargo work obstacle record. And, in order to calculate the harbor tranquility of main quays, the long-period waves simulation was performed.

Key Words : long-period waves, harbor tranquility: long-period waves simulation

1. はじめに

近年全国の多くの港湾で、見かけの波高はそれほど高くない時にも、船体動揺が大きく、荷役障害が起こっている事例が報告されている。この原因として近年の研究により、周期が長く波高が小さくて、見かけ上は見えない波である長周期波が注目されている。いくつかの港湾で調査がなされているが、その特性やメカニズムが明確に把握されていないため、対策が十分になされているとは言い難い現状である。

長周期波は、風による波や、低気圧や台風の気象擾乱による海面変動など、周期の異なる波が重なることによって生じると考えられる。そして、短周期波は防波堤により減衰するが、長周期波は減衰しにくいいため、長周期波は港内へ伝搬する。港内へ伝搬した長周期波の周期と係留船舶の固有周期が一致すると、共振により大型船の船体動揺が発生する。その結果、荷役障害・係留ロープ切断・船体損傷等の被害が生じる。

八戸港では、平成12年度より長周期波に関する調査が開始されている。平成12年度の調査では、港外1地点と港内6地点で波浪の連続観測を実施し、八戸港港内外の長周期波特性と、港内と港外の波浪の相関を把握した。また、船体動揺観測を実施し、長周期波の船体動揺への影響について検討した。平成13年度には、八戸港の実際の荷役状況を把握するために、荷役業者から荷役障害の記録の収集や聞き取り調査を実施した。また、年間の波浪特性を把握する目的で、港内外各1地点で波浪の連続観測を開始した。さらに、港内長周期波シミュレーションを行い、主要岸壁における静穏度を算定した。

本論文では、主に平成13年度に実施した調査について、荷役障害記録からの荷役障害原因と条件の検討(2.1)と、連続波浪観測結果(2.2)、そして長周期波シミュレーションによる主要岸壁の静穏度の算定(2.3)について報告

することとする。

2. 長周期波解析

2.1 荷役障害記録の解析

八戸港における過去の荷役障害記録から、その原因を検討し、八戸港の特性を把握する。

荷役業者から入手した荷役障害記録に関する資料には、年によって掲載される項目は異なるが、船名、総トン数、貨物名、接岸日時、離岸日時、再接岸日時、岸壁名、障害の原因と対応策、港外の波浪状況が記載されている。これらから、港外の波浪観測データであるNOWPHASが存在する1990～2001年の荷役障害記録について検討した。

(1) 荷役障害時の原因

まず、荷役障害の原因を検討するために、障害発生時の対象岸壁での波データと風データを算定した。波データは、障害発生時の港外NOWPHASデータと平成12年度の波浪観測結果から求めた港内外の相関の回帰式を用いて、港内6地点の有義波高と長周期波高を算出し、最寄りの港内地点のデータを使用した。風データは港内(1地点)で観測しているデータを使用した。

次に、有義波は50cm以上、長周期波は10cm以上、風は風速10m/s以上の場合に、それぞれが荷役障害原因となる判定基準として、荷役障害時の障害原因の割合について、表-1にまとめた(風データ総数:68, 波データ総数:134)。また、八戸港の主要岸壁と連続波浪観測地点の位置を、図-1に示す。

表中のケース数は各障害の原因と判定されたケース数を示し、割合は各地区で障害が発生した総数に対するその原因と判定されたケース数を示している。この表から

以下のことが分かった。

- ・ 八戸港では、波浪、長周期波、風の順に荷役障害の原因となることが多い。
- ・ 河原木地区の障害が他の地区に比較して多く、障害の原因の多くは波浪と判断されている。
- ・ 八太郎地区②では、他の地区に比較して相対的に障害の原因が長周期波と判断されることが多い。

河原木地区の障害のほとんどは、河原木2号埠頭A岸壁（図-1中の⑩）において発生している。当岸壁は港口に近いので、港外から進入する波浪が荷役障害に大きく影響を与えていると考えられる。また、長周期波が原因と判断された場合の98%（58ケース中57ケース）は、同時に波浪も原因と判断されている。この場合にはどちらが主たる原因であるかの判断は困難である。

なお、この判断基準では判定できないケースが25%（134ケース中34ケース）存在した。これは、長周期波の判断基準は平成12年度の観測結果に基づいた回帰式を使用しているが、八戸港の防波堤は年々整備されており、過去における港内波高が過小に評価されたためだと考えられる。このため、原因を判定できなかったケースの中にも、波浪または長周期波が原因となるケースが存在する可能性は十分にあると考える。

表-1 障害の原因

	風		波浪		長周期波	
	ケース	割合%	ケース	割合%	ケース	割合%
八太郎地区①	3	50.0	17	51.5	12	36.4
八太郎地区②	4	30.8	28	80.0	23	65.7
河原木地区	4	8.3	49	77.8	21	33.3
全バース	11	16.2	97	72.4	58	43.3

注) 八太郎地区①：八太郎P岸壁～八太郎E岸壁
八太郎地区②：八太郎F岸壁～東北グリーンターミナル

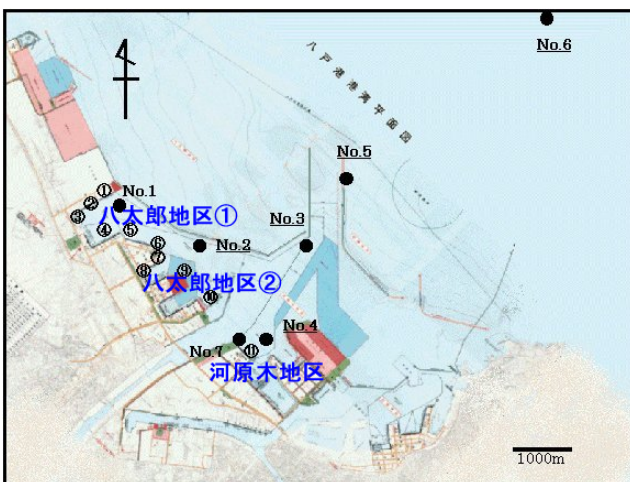


図-1 八戸港位置図

注) ①～⑩：主要岸壁、 No.1～No.7：連続波浪観測地点

(2) 荷役障害時の条件

荷役障害の発生したときの風速、港外の有義波高、長周期波高の頻度統計解析を行った。結果を図-2～4に示す。

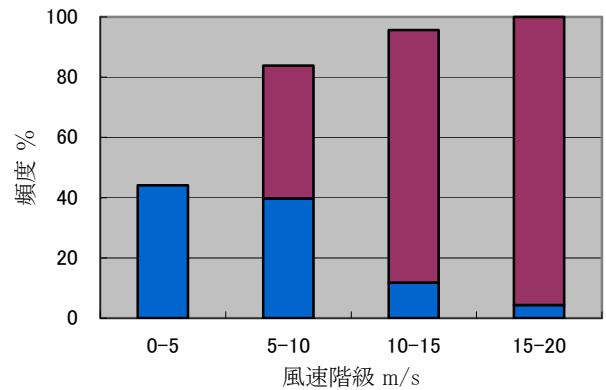


図-2 荷役障害発生時の風速の頻度と累積頻度

図-2より、八戸港での荷役障害発生時の風速の頻度は、10m/s未滿の割合が83.8%である。この結果は、障害の原因が風でない場合が多いことを示している。

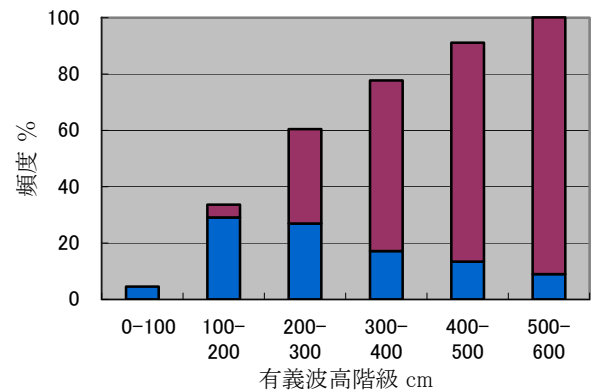


図-3 荷役障害発生時の有義波高の頻度と累積頻度

図-3より、八戸港での荷役障害発生時の港外有義波高の頻度は、200cm未滿の割合が33.6%である。岸壁によって異なるが、多くの岸壁において港外の波高が200cm以上の場合に荷役障害が発生しやすい。

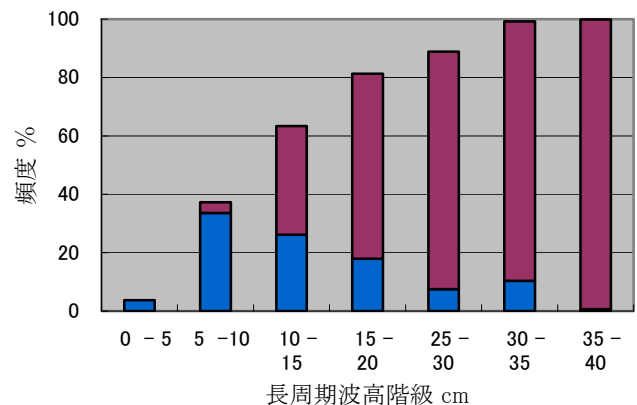


図-4 荷役障害発生時の長周期波高の頻度と累積頻度

図-4 より、八戸港での荷役障害発生時の港外長周期波高の頻度は、10cm 未満の割合が 37.3%である。岸壁によって異なるが、多くの岸壁において港外の長周期波高が 10cm 以上の場合に荷役障害が発生しやすい。

港外の有義波高および長周期波高共に、比較的小さい値の時にも障害が発生しているのは、近年ほど港湾整備が進んでいない古い年代の障害記録が含まれているためであると考えられる。

2.2 波浪観測

連続波浪観測 (0.5 秒サンプリング) の概要を表-2 に示す。観測地点の位置は、図-1 参照のこと。

表-2 波浪観測期間

	観測地点	観測期間
平成 12 年度	No.1~7	9 月 15 日~12 月 14 日
平成 13 年度	No.6	9 月 6 日~12 月 31 日
	No.7	1 月 1 日~12 月 31 日

平成 12 年度および平成 13 年度の両年で観測を行った No.6 (港外) と No.7 (港内) の秋期 (9~11 月) について、長周期波高の頻度統計解析を行った。その結果を図-5~6 に示す。

両地点とも同様の頻度分布であり、No.6 の 10cm 未満の割合は、平成 12 年度が 98.0%、平成 13 年度が 87.6%、No.7 の 10cm 未満の割合は、平成 12 年度が 98.0%、平成 13 年度が 95.5%であった。

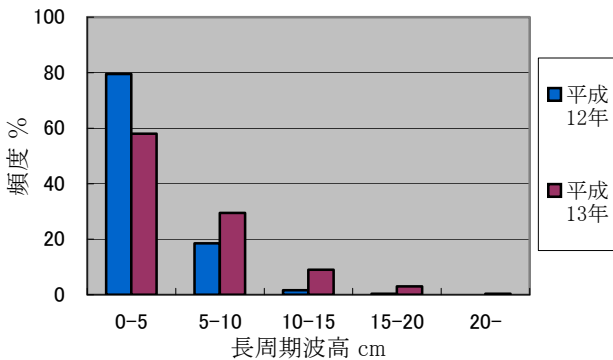


図-5 地点 No.6 の秋期の長周期波高頻度

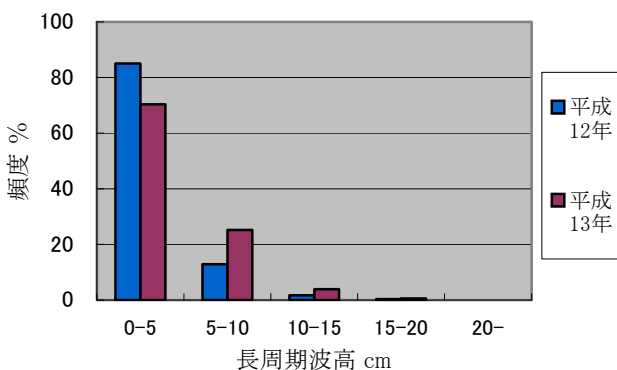


図-6 地点 No.7 の秋期の長周期波高頻度

2.3 港内静穏度の算定

(1) 数値計算モデルおよび計算条件

長周期波の港内伝搬計算を、数値計算 (シミュレーション) によって検討を行った。使用したモデルは、(独) 港湾空港技術研究所海洋・水工部 (1998) が開発した、ブシネスク浅海域波浪非線形モデルである。

シミュレーションに用いる地形データは、国土交通省の港湾地形データベース (等値線データ) を用いて、3 次スプライン補間によって格子点値に内挿し、作成した。また、「平成 12 年度八戸港深浅測量図」を参考に、水深補正を行った。

計算地形を図-7 に示す。色つきの部分が海域であり、白抜きの部分が陸地および防波堤である。計算は図中の左辺境界を造波境界とし、 -45° ~ 45° まで 22.5° 刻みで 5 方位 (それぞれ、N, NNE, NE, ENE, E に対応) から波を陸側へ入力した。また、計算領域の海側境界をエネルギー吸収帯とし、陸域からの反射波を透過する様に設定した。

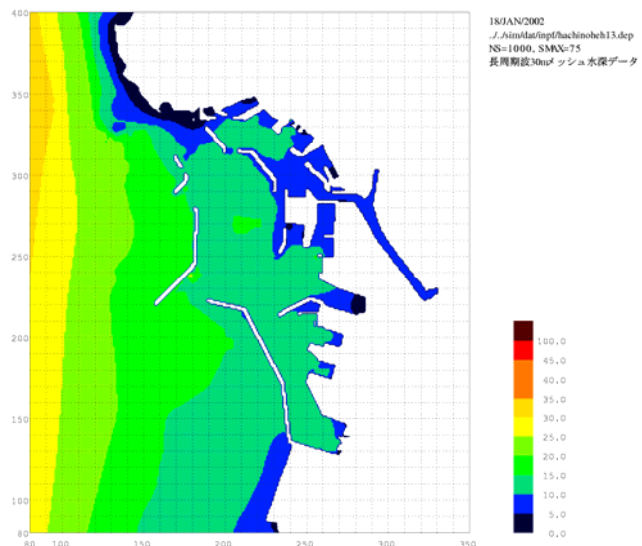


図-7 計算地形

水深 10m、周期 30 秒では、波長は約 300m となる。本モデルを精度良く用いるためには、波形をできるだけ滑らかに再現する必要があるため、対象とする波長に対して格子が 10 含まれるように格子間隔を 30m とした。

試計算によって、波形が安定するまでに 100 分の積分時間を要することが分かった。そこで積分時間を 125 分とし、100~125 分の 25 分間の波形の標準偏差から波形の振幅を求め、入射波の周期別、波向別に、港内の長周期波の増幅率 (波高比) を求めた。このとき、陸域との境界での反射率は、長周期波が護岸や海浜で殆ど減衰しないため、1 とした。

シミュレーションの計算条件および検討ケース数を、表-3 に示す。

表-3 計算条件

項目	内容
格子間隔	30m
入射波	単周期正弦波
入射波振幅	片振幅 5cm
入射波周期	30~180 秒/10 秒 計 16 周期
入射波波向	N,NNE,NE,ENE,E 計 5 方位
積分時間間隔	周期の 1/100 秒
積分時間	125 分

検討ケース：5 波向×16 周期=80 ケース

シミュレーション結果の 1 例を図-8 に示す。これは、港外 No.6 の長周期波高を 1 とした時の、港内長周期波の増幅率の分布である。黄色より赤い部分は、増幅率が 1 を超えて港外より波高が高くなる地点である。

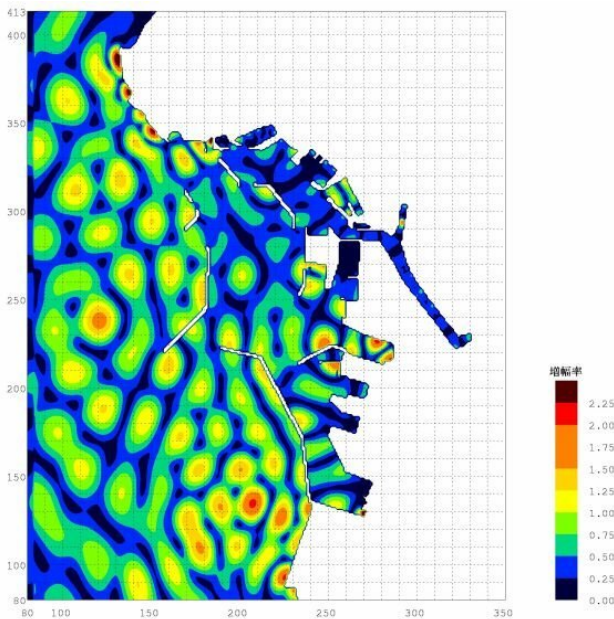


図-8 計算結果 (入射方向：北東, 周期 90 秒)

(2) 港内静穏度の算定

長周期波高が 10cm 未満の時に静穏であると仮定した場合の港内各観測地点の静穏度を、港内各地点の観測値と、港外地点の観測値およびシミュレーション結果からの、2 通りの計算で算定した。各静穏度を表-4 に示す。なお、赤字は静穏度 97.5% を満たしていない地点である。

表-4 観測地点の静穏度

単位%	平成12年度		平成13年度	
	観測値	計算値	観測値	計算値
NO.1	100.0	100.0	-	98.6
NO.2	99.4	99.5	-	97.0
NO.3	97.5	99.6	-	97.4
NO.4	99.4	99.3	-	96.1
NO.5	94.4	98.6	-	92.4
NO.7	98.0	99.4	96.4	96.4

表-4 より、観測値と計算値がほぼ同じであることから、シミュレーション結果は合っているといえる。

同様に、長周期波高が 10cm 未満の時に静穏であると仮定した場合の八戸港主要岸壁の静穏度を、港外地点 No.6 の観測値およびシミュレーション結果から算定した。観測期間は表-2 を参照のこと。各静穏度を表-5 に示す。なお、赤字は静穏度 97.5% 以上を満たしていない岸壁である。また、各岸壁の位置は図-1 を参照のこと。

表-5 主要岸壁の静穏度

通番	単位%	平成12年度	平成13年度
①	八太郎P岸壁	98.8	94.0
②	三菱製紙専用岸壁-12m	100.0	98.7
③	三菱製紙専用岸壁-10m	98.7	93.5
④	八太郎C岸壁	98.7	93.2
⑤	八太郎D岸壁	99.3	96.3
⑥	八太郎E岸壁	99.4	96.6
⑦	八太郎F岸壁	99.3	96.5
⑧	八太郎G岸壁	100.0	99.3
⑨	八太郎I岸壁	99.2	95.7
⑩	東北グレーンターミナル	100.0	98.8
⑪	河原木2号埠頭A岸壁	99.3	96.0

表-5 より、平成 12 年度は全ての岸壁で静穏度 97.5% 以上を満たしているが、平成 13 年度はほとんどの岸壁で 97.5% 未満であった。

平成 12 年度と平成 13 年度で静穏度が大きく異なるのは、長周期波の原因となる気象擾乱の襲来回数異なるためであると考えられる。両年の 9~12 月における気象擾乱の襲来回数と荷役障害の発生件数を、表-6 に示す。平成 12 年度の静穏度が良好なのは、平年に比べて気象擾乱の襲来回数が少なく、港内が静穏であったためである。

表-6 気象擾乱襲来回数と荷役障害件数

	平成12年度	平成13年度
主要岸壁平均静穏度	99.3%	96.2%
気象擾乱襲来回数	3回	8回
荷役障害発生件数	2件/18	3件/13

2.4 今後の予定

平成 13 年度は主に秋期の静穏度を算定したが、季節変動を考慮するために、連続波浪観測を継続して、年間の静穏度を算定する予定である。また、港湾整備計画の検討のために、将来港形におけるシミュレーションを行い、港形毎の静穏度を算定する予定である。

3. おわりに

八戸港長周期波解析調査にあたっては、(独) 港湾空港技術研究所海洋・水工部平石哲也室長に、ご助言及びご指導をいただいている。ここに記して厚く御礼申し上げます。