

港湾工事用波浪予測法の開発と工事の安全管理

佐々木 文 夫

要 旨

港湾工事において、波浪は作業船の稼働状況に影響するところが大きく、各港湾工事現場では的確な施工管理、安全管理を行うために何らかの方法で波浪の予測を行っている。しかし、波浪予報の情報提供がない多くの港では、的確な波浪予測を行うことは難しい状態にある。本研究では、このような場所において容易に予測が可能な波浪予測手法を開発し、港湾工事の安全管理システムを提案したものである。

第1章では、序論として本研究の目的、本研究の波浪予測法、本論文の概要について述べている。波浪予報の情報提供がない多くの港での港湾工事管理においては、次のような問題が生じている。

① 波高計の設置してある港では、従来の波浪予測モデル等を適用して波浪予測を行うことができるが、さらに精度の高いモデルが要求される。② 波高計のない現場では、専門家による波浪予測が必要となるが、専門家の派遣は経済的な事情等により難しいことが多い。③ 作業船の作業限界波高は、経験的な数値はあるが、十分な科学的検証がなされていない。④ 波浪予測や作業船の稼働を含め、工事の安全管理をいかに行うかについての管理システムが体系的に確立していない。これらの課題を解明し、現場単位で容易に予測が可能な波浪予測手法の開発と港湾工事の安全管理システムの確立を目的としたものである。

本研究の波浪予測法は、統計モデルを用いた統計論的方法であり、波浪データと気圧配置の動きとの関係を統計的に分析し、予想気圧配置図を用いて数日後の予測を行うものである。分析方法は、気圧配置の動きを画像的に捉えるために、質的なデータも扱うことのできる数量化分析を用いている。波高予測については、作業の連続性を考慮し、1～3日後の予測を目的とする。また、作業の可否が重要であることから、数量化Ⅱ類分析を適用して、ある基準波高（作業船の作業限界波高）より上か下の判別型予測式とする。周期予測については、作業船の作業限界波周期が波高と関連しているため、目的とする周期の数値予測が可能な数量化分析Ⅰ類を適用して、1日後の重回帰型予測式を作成し、周期予測が可能かどうかの検討を行う。

第2章では、予測地点である岩手県久慈港において、数量化分析を適用した波浪予測モデルの作成及び実際の予想気圧配置図を用いた予測シミュレーションについて述べている。予測式作成において、季節による特有の気圧配置があることから、夏場（4月～10月）と冬場（11月～3月）に分けて分析を行った。

波高予測については、経験的に用いられている作業船の作業限界波高を基準波高とし、それぞれ1.0 m と 1.5 m の2ケースで分析を行って結果、1日後予測の分析においては、高い判別の中率を得ることができた。また、基準波高に20 cmの許容範囲を設けた修正判別の中率では、各ケースとも

学位記番号と学位：第13号，博士（工学）

授与年月日：平成14年3月20日

授与時の所属：大学院工学研究科土木工学専攻博士後期課程

さらに高い中率を得ることができた。次に、分析で得られた波高予測式により、実際の予想気圧配置図を用いて予測シミュレーションを行った結果、修正判別の中率が1日後予測で90.5%~96.4%、2日後及び3日後予測で79.9%~88.9%の値を得ることができた。以上の結果、1日後予測においては高い精度で予測可能と判断できる。また、2日後、3日後予測においてもバラツキはあるが、作業の段取りを行う上で目安にできると考えられる。波高予測式の作成において必要なデータ数は、3年分程度であることも判った。しかし、うねりや急激な気圧配置の変化による荒天日の誤判別もあり、危険な状態となるので対応しなければならない。

周期予測についても、3年分程度のデータ数を必要とするが、2秒的中率(予測値と実測値の残差が2秒以内のサンプルの割合)において、夏場が86.5%、冬場が84.8%の高い値となり、数量化分析Ⅰ類を適用することにより、周期予測は可能と判断できる。次に予想気圧配置図を用いたシミュレーション結果は、夏場が84.3%の高い2秒的中率を得ることができたが、冬場は67.9%とあまり高い値は得られなかった。しかし、工事の安全管理の目安とはなる。

第3章では、作業船の作業波浪限界条件について述べている。波高計設置場所で実際に作業した作業船のデータと波高計データとの関係を分析することで、波浪限界条件の明確化を目的とする。分析の結果、周波数と波形勾配の関係をj用いて整理した場合、作業の可否はかなり明瞭に分かれることが判った。誤判別率は10~15%であり、十分に実用的である。各作業船の判別線より、波高が1.0 m以下で周期が6秒以上であれば、ほとんど作業可能と考えてよい。また、波高が1.0 m以上1.5 m以下であっても周期が10秒以上であれば作業可能と判断してよい。つまり、本研究で開発した波浪予測法を用いて予測された値より施工の可否を判別できる。

第4章では、波高計のない港湾における波浪予測法の検討について述べている。本研究では、波高計のない港湾で容易に目視波高観測できる方法を提示し、その方法で観測したデータと近隣の波高計データとの波高の相関から波高計のない港湾の波高を予測できないかの検討を行った。その結果、波高計のある港湾の波高について先ず、回折、屈折、浅水変形による波高変化を解析し、次に数量化分析Ⅰ類を適用して回帰分析による補正を行った場合、相関係数が0.85と高い値を得ることができた。よって、この回帰モデル式を用いて、波高計のある港湾の波浪から波高計のない港湾の波高を予測し、この波高に本研究で開発した波浪予測モデルを適用すれば、このような港湾での波浪予測が可能となる。

第5章では、本波浪予測法を用いた港湾工事の安全管理について述べている。第2章から4章で得られた結果を基に、本波浪予測を港湾工事に適用する場合の一連の手順をフロー図にまとめた。作業船の稼働の可否や警戒体制をとるかどうかの判定、うねりや急激な気圧配置の変化による荒天日の対応等について、図-1のフロー図に従うことにより、的確な港湾工事の安全管理を行うことが可能となる。

第6章では、本研究の結論と今後の課題について述べている。本研究で開発した数量化分析による統計的波浪予測法は、高度な専門的知識が無くても現場単位で容易に高い精度で予測が可能であることを立証できた。また、この波浪予測法を用いることにより、港湾工事の的確な施工管理・安全管理を行うことも可能となる。今後の課題としては、うねりや急激な気圧配置の変化による荒天日に対して、予測の時点で対処できるように検討する必要がある。

主指導教員 須田 熙

A DEVELOPMENT OF THE OCEAN WAVE FORECASTING METHOD AND A SAFETY CONTROL FOR THE HARBOR CONSTRUCTION

Humio SASAKI

Abstract

In the harbor construction, the ocean wave greatly affects the work situation of the work-ships, so it carries out wave forecasting by some methods for accurate construction management and safety control in each field. But it is a difficult situation to carry out wave forecasting accurately in many harbors which have no the information service of the wave forecasting. In this study, the wave forecasting technique that is easily predictable for such harbors was developed and the safety control system for the harbor construction works was proposed.

In chapter 1, purpose of this study and wave forecasting method of this study are described. In many harbor construction fields without the information service of wave forecasting, there are problems shown next.

① In the harbor construction field with the wave gage, it is possible to carry out wave forecasting according to conventional wave prediction models, etc., but the model of higher prediction accuracy is required. ② In the harbor construction field without the wave gage, though the prediction by the specialist of wave forecasting is required, it is often difficult by economical circumstances, etc.. ③ Though there is an experiential numerical value on work limitative wave height of the work-ships, the scientific verification for the value is not enough. ④ The management system on safety control with wave forecasting and on the work of the work-ships for the harbor construction has not been established. Purposes of this study are clearness of these problems and establishment of safety control system for the harbor construction works by development of the wave forecasting method.

The wave forecasting method of this study is a statistical model statistically analyzed the relationship between wave data and atmospheric pressure pattern, and it carries out wave forecasting after a few days by using predictive weather maps. In the analytical method, it is used Quantification Theory that is possible to use qualitative data in order to pictorially catch the changes of pressure pattern. The wave height predictive model in which was applied Quantification Theory II for 1~3 days after was developed, and because the propriety of possible working is important, it was made to be predictive expression of discriminant type based on some standards wave height (limitative wave height of work-ships). The wave period predictive model in which was applied Quantification Theory I for 1 day after was developed, and because the limitative wave period of work-ships is not cleared, predictive expression of multiple regression type was made. In the preparation of each predictive

expression, the analysis was carried out by separating into Summer period (April~October) and Winter period (November~March).

In chapter 2, development of the wave predictive model on the Kuji harbor in Iwate Prefecture and predictive simulation using predictive weather maps are described. On the wave height prediction, the analysis was carried out with 2 cases of 1.0 m and 1.5 m at the standard wave height. As the result, the high discriminant hitting ratio was obtained in the analysis of the after 1 day prediction. And when it corrected the standard wave height with setting 0.2 m tolerances, it was possible to obtain the higher discriminant hitting ratio in all cases. And in the result of predictive simulation, the corrective discriminant hitting ratio was 90.5 %~96.4 % in the after 1 day prediction, 79.9 %~88.9 % in the after 2~3 days prediction. In result of analysis about the wave period predictive model, the 2 seconds hitting ratio (the sample in which the residual between predictive value and measured value is within 2 seconds) was 84.3 % in the Summer period, 84.8 % in the Winter period. And in the result of predictive simulation, it was possible to obtain high value that was 84.3 % on the 2 seconds hitting ratio in the Summer period, but in the Winter period, the 2 seconds hitting ratio was 67.9 %.

In chapter 3, limitative wave situation of the work-ships is described. By analyzing the relationship between wave data and work situation on the basis of actual work data of work-ships in wave gage observation point, limitative wave situation of the work-ships is cleared. As a result of the analysis, it was proven that the propriety of the work is divided clearly, when it was arranged by using the relationship between wave steepness and frequency. The rate according to the misjudgment in the case is 10~15 %, and it is sufficiently practical.

In chapter 4, the examination of the wave forecasting method in the site without the wave gage is described. In this study, simple visual observation method of wave height in the site without the wave gage was presented. It was examined whether it could predict wave height in the site without the wave gage, using the correlation of the wave height between the data by visual observation and the data by wave gage at the neighborhood harbor. As the result, first, wave height variation at the site without the wave gage is analyzed by diffraction, refraction, and shallow water deformation on the wave height of the wave gage point. Next, when it was corrected by the regression analysis applied Quantification Theory I, it was possible to obtain correlation coefficient 0.85. Therefore, it is possible to apply the wave predictive model developed in this study using the wave height of the site without the wave gage using the regression model style.

* In chapter 5, the construction management flow chart of the harbor construction works using the developed wave forecasting method is described. On the basis of the result obtained from chapter 2~4, the procedure of construction management which applied the wave forecasting method was summarized in the flow chart (Fig. 1). By following the flow chart of Fig. 1, it becomes possible that the safety control for the harbor construction is carried out accurately.

In chapter 6, conclusion of this study and future problem are described. The statistical wave forecasting model developed by Quantification Theory can be judged with the good accuracy on the predictability. This forecasting model is enough practical in each field, even

if there is no high technical knowledge. And by following the flow chart of Fig. 1, it becomes possible that the construction management and the safety control for the harbor construction is carried out accurately.

Professor (Chairperson) Hiroshi SUDA