

必要連続静穏時間を考慮した海上工事の作業可否予測に対する波浪予報のばらつきの影響

鹿島建設(株) 正会員 ○岩前伸幸 鈴木一輝

1. 背景と目的

海洋土木工事において、工事海域の気象・海象は作業可否に直接的に影響する重要な要素であり、日々の施工管理では、数日から一週間程度先までの気象・海象予報をふまえてこれを行うことが重要となる。このうち海象の予報については気象庁の沿岸波浪数値予報モデル GPV（以下、CWM）がしばしば用いられており、その精度はナウファス波浪観測データとの比較を通じ概ね良好であることが確かめられている¹⁾。一方、波浪予報には、波浪推算モデルの入力である気象外力の不確実性などに起因する誤差が含まれている。特に、長期の予報においては、予報期間が延びるにつれ精度が低下することが知られており²⁾、これに対してはアンサンブル予報の活用が有効であることを示唆した先行研究がある³⁾。本研究では、必要連続静穏時間を考慮した海上工事の作業可否予測⁴⁾において波浪予報自体のばらつきを考慮することで、予測精度にどのような影響があるかを検討する。

2. 検討方法

2.1 使用データおよび評価指標

実績値として全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）⁵⁾による波浪観測（連続観測）データ（以下、NOWPHAS）を、予報値として気象庁による数値予報 GPV（CWM）を用いる。対象地点、各データの処理方法などは文献⁴⁾に準ずる。ただし、本検討では、CWM による予報時系列（波高・周期）を波浪予報のばらつきを考慮して補正した上で作業可否を判定する。

予報対象である作業可否は二値変数であり、その予報の適否は表－1 に示す 4 パターンで判定される。それぞれの日数から

表－1 予報の適否判定

適否判定	予報	実績
TP (true positive)	作業可	作業可
FP (false positive)	作業可	作業不可
FN (false negative)	作業不可	作業可
TN (true negative)	作業不可	作業不可

※本検討では「作業可」を陽性として集計する。

$$\text{適中率} = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN}, \quad \text{空振り率} = \frac{FP}{TP + FP}, \quad \text{見逃し率} = \frac{FN}{TP + FN}$$

を計算し、補正による各指標の変化を調べた。

2.2 予報値(CWM)の 補正方法

まず、CWM による波高と周期の予報時系列をもとに、値を上方に補正した時系列と下方に補正した時系列を作成する。補正の度合いについては、①一律に補正する方法（±20%、±50%の 2 ケース）と②気象庁の波浪アンサンブル数値予報モデル GPV（WEM）におけるアンサンブルメンバー間の標準偏差に基づいて補正する方法（±σ、±2σ の 2 ケース）の 2 つの方法を考えた（合計 4 ケース）。②において、σ の値は WEM の 1～3 日後予報から日毎に計算した標準偏差を用いることとした。これにより、CWM の 1 日後予報、2 日後予報、3 日後予報それぞれへの補正の度合いは異なる。

次に、補正された予報時系列から日毎の連続静穏時間を計算し、実績において作業可であった日に対しては下方に補正された予報時系列から得られた連続静穏時間を、作業不可であった日に対しては上方に補正された予報時系列から得られた連続静穏時間をそれぞれ必要連続静穏時間と比較することで、補正された予報に基づく作業可否判定を行う。この手順により、補正の度合いの範囲で作業可否を予見できた場合は適中とみなした集計を行うことができる。

キーワード 海上工事，施工可否判断，連続静穏時間，波浪予報のばらつき

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

3. 結果

表－2、表－3 にそれぞれ秋田と鹿島における CWM（補正なし）3 日後予報の適中率を示す．全体的に適中率は良好であり、CWM を用いた作業可否判断の有効性が示唆される．この中で、比較的中率が低くなっている①秋田、作業限界波高 1.0m、作業限界周期 6.0 秒、必要連続静穏時間 480 分および②鹿島、作業限界波高 1.5m、作業限界周期 8.0 秒、必要連続静穏時間 240 分を例にとり、図－1 に補正の効果を示す．補正にともない連続静穏時間の予報値が幅を持つことにより、補正の度合いが大きくなるにつれ適中率が向上、空振り率と見逃し率が低下している様子が見てとれる．一方、図－1 では、一律に補正した場合の方がより適中率が向上しているが、この結果は検討条件に依存することに注意が必要である．例えば、波高や周期の予報値は小さいが予報の不確実性が大きい状況では、一律な補正では予報の不確実性の影響を取り入れることが難しい．WEM における標準偏差を用いた補正では、1 日後予報（灰色）と比べ 2 日後（青）、3 日後予報（赤）で精度がより大きく改善されており、波浪予報のばらつきの情報を反映した補正となっていることが分かる．

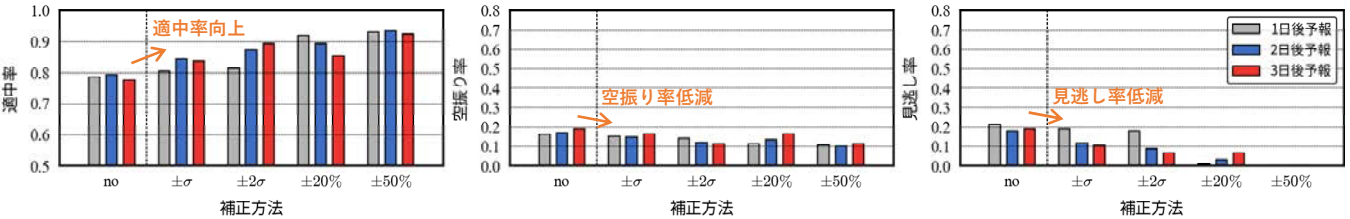
表－2 秋田における 3 日後予報の適中率

作業限界		必要連続静穏時間		
波高	周期	240 分	360 分	480 分
0.5m	6.0 秒	0.897	0.864	0.827
	8.0 秒	0.930	0.893	0.855
1.0m	6.0 秒	0.850	0.827	0.776
	8.0 秒	0.893	0.874	0.846
1.5m	6.0 秒	0.804	0.794	0.752
	8.0 秒	0.902	0.897	0.855

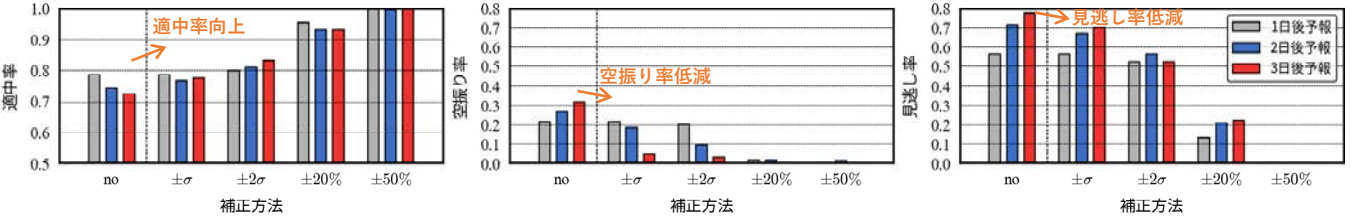
表－3 鹿島における 3 日後予報の適中率

作業限界		必要連続静穏時間		
波高	周期	240 分	360 分	480 分
0.5m	6.0 秒	0.995	1.000	1.000
	8.0 秒	0.986	0.995	1.000
1.0m	6.0 秒	0.972	0.981	0.986
	8.0 秒	0.766	0.818	0.864
1.5m	6.0 秒	0.944	0.953	0.963
	8.0 秒	0.724	0.748	0.785

① 秋田、限界波高 1.0m、限界周期 6.0 秒、必要連続静穏時間 480 分



② 鹿島、限界波高 1.5m、限界周期 8.0 秒、必要連続静穏時間 240 分



図－1 適中率・空振り率・見逃し率に対する補正の効果

4. まとめ

必要連続静穏時間を考慮した海上工事の作業可否予測に対する波浪予報のばらつきの影響を検討した．連続静穏時間の予測に波浪予報のばらつきに対応した幅を持たせることで、適中率が改善することを確認した．実施工において波浪予報の幅をどの程度見込むべきかについては、今後の検討が必要である．

参考文献

1) 原ら：海上施工での利用を目的とした沿岸波浪数値予報モデル GPV(CWM)の精度検証，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol. 75, No.2, I_935-I_940, 2019.

2) 森屋ら：日本海における波浪推算モデルを用いた海上・潜水作業可否の予測精度，海洋開発論文集，第 26 巻，447-452，2010.

3) 琴浦・田中：波浪アンサンブル予測の海上施工管理への適用について，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol. 74, No.2, I_629-I_634，2018.

4) 鈴木・岩前：必要連続静穏時間を考慮した海上工事の作業可否判定への沿岸波浪数値予報モデル GPV の適用可能性に関する一検討，第 78 回土木学会年次学術講演会，2023．（投稿中）

5) 全国港湾海洋波浪情報網（NOWPHAS，国土交通省港湾局）：<https://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/index.html>