

## 空間統計学を用いた鋼矢板の肉厚減少量の空間分布予測に関する検討

海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 正会員 ○田中 豊  
 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 正会員 加藤 絵万

### 1. はじめに

港湾構造物の主要な構造部材である鋼矢板等の鋼材の肉厚測定は、1 施設中の限定された数ヶ所で実施されることが多い。測定値はスパンごとの代表値として扱われるが、鋼材の腐食環境は延長方向および水深方向ともに均一でない場合が多い。そこで、限られた測定データから構造物全体の腐食傾向や分布が推定できれば、より詳細にスパンごとの耐力や腐食速度が評価できると考えられる。

本研究では、鋼矢板の肉厚減少量の空間分布予測にクリギング法を適用し、最適な空間分布予測のためのバリオグラム関数、パラメータ推定に用いる最小二乗法、ナゲット効果の有無の組合せについて検討した。

### 2. クリギング法<sup>1)</sup>について

クリギング法はデータの持つ空間的な従属性を考慮に入れた予測・補間法であり、バリオグラム関数を用いて空間的相関構造をモデル化する。バリオグラム関数には、球形モデルや指数モデルなどがあり、パラメータとしてシル、レンジ、ナゲットの3つがある(図-1)。これらパラメータは最小二乗法などにより推定される。

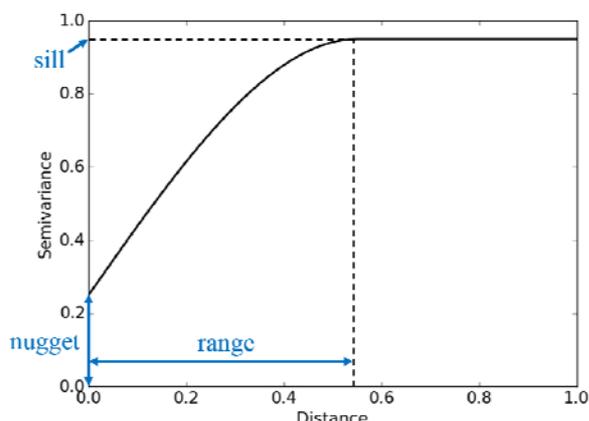


図-1 バリオグラム関数

### 3. 検討概要

本検討では、鋼矢板式岸壁 A および B バースにおける肉厚測定データを対象とした。両バースにおける延長方向の測定間隔は約 3.9m であった。

最適な空間分布予測モデルについて検討するために、バリオグラム関数 2 種類(球形, 指数), パラメータ推定のための最小二乗法 2 種類(ペア数を重みとした方法, Cressie<sup>2)</sup>により提案された方法) およびナゲット効果の有無を組み合わせた計 8 ケースに対して理論バリオグラム関数のパラメータを推定し、クロスバリデーションを行い平均二乗誤差を計算した。

表-1 各バースの空間分布予測モデルの組合せとバリオグラム関数のパラメータ

	平均二乗誤差	バリオグラム関数	最小二乗法	ナゲット効果	バリオグラム関数のパラメータ		
					シル	レンジ	ナゲット
Aバース	0.190	球形	Cressie	有	0.201	12.591	0.138
	0.193	指数	Cressie	有	0.200	2.495	0.063
	0.194	指数	ペア	有	0.141	2.635	0.000
	0.194	指数	ペア	無	0.141	2.635	
	0.194	指数	Cressie	無	0.200	1.913	
	0.196	球形	ペア	有	0.198	8.031	0.115
	0.198	球形	Cressie	無	0.200	5.050	
	0.198	球形	ペア	無	0.198	4.993	
Bバース	0.314	指数	ペア	有	0.369	6.618	0.169
	0.314	指数	Cressie	有	0.370	6.816	0.173
	0.315	球形	Cressie	有	0.368	18.862	0.226
	0.315	球形	ペア	有	0.367	18.841	0.226
	0.316	指数	ペア	無	0.362	3.160	
	0.317	指数	Cressie	無	0.362	2.875	
	0.327	球形	Cressie	無	0.359	6.176	
	0.327	球形	ペア	無	0.357	6.125	

キーワード 空間統計学, クリギング, 鋼矢板, 肉厚測定

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 TEL:046-844-5059

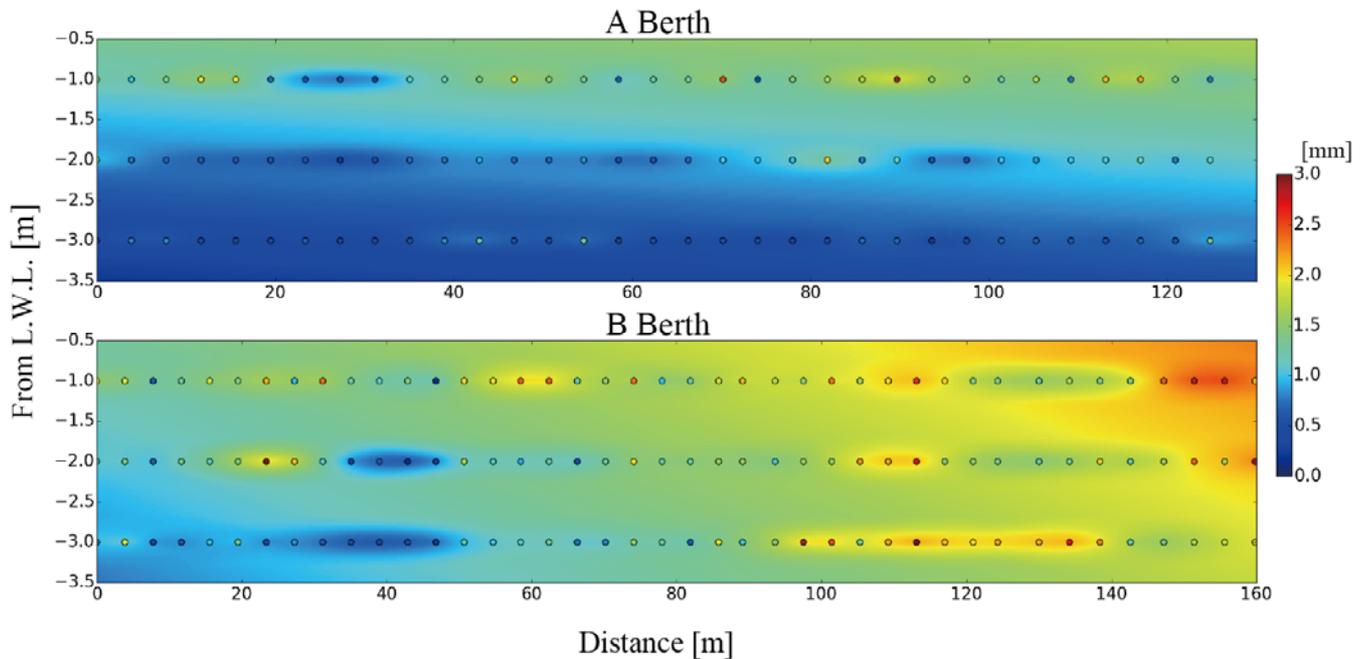


図-2 A および B バースの鋼矢板の肉厚減少量の空間分布予測

#### 4. 検討結果

バースごとに平均二乗誤差が小さい順に 8 ケースを並べた結果を表-1 に示す。これより、両バースとも各組合せの平均二乗誤差の違いはあまり見られなかった。その理由のひとつとして、今回用いた球形および指数モデルが描く曲線にほとんど違いが無かった可能性が挙げられる。そのため、両関数モデルと異なる関数モデルも加えて適切な組合せを検討する必要があると考えられる。ただし、両バースの上位 4 組に注目すると、ナゲット効果を考慮する必要があること、バリオグラム関数（球形、指数）および最小二乗法（ペア、Cressie）はともにほぼ半々の割合で採用されていることがわかる。したがって、バリオグラム関数および最小二乗法については、測定データごとに用いる組合せを定める必要があるとわかった。

表-1 において最も平均二乗誤差が小さかった組合せを用いて、A および B バースの肉厚減少量の空間分布を予測した結果を図-2 に示す。図中のプロットは肉厚測定箇所およびその値を示す。これより両バースの肉厚減少量の空間分布傾向を把握することが可能である。しかし、B バースのように肉厚減少量が多い箇所が延長方向にも水深方向にもばらついて存在する場合は、例えば、測定間隔を大きく設定すると肉厚減少量の大きい箇所が測定されない可能性があり、その空間分布を適切に予測することが難しいと考えられる。このため、クリギング法を用いて、妥当な空間分布を予測することができる適用範囲（データのばらつき、測定間隔）について検討する必要がある。

#### 5. まとめ

本研究では、クリギング法を用いて最適な空間分布を予測するために、バリオグラム関数、パラメータ推定に用いる最小二乗法およびナゲット効果の有無の組合せについて検討した。その結果、最適な予測のためにはナゲット効果を考慮する必要があるが、バリオグラム関数および最小二乗法については、測定データごとに用いる組合せを定める必要があるとわかった。

今後は、施設数を増やして本検討の結果の妥当性を検証するとともに、別のバリオグラム関数モデルやクリギング法の適用範囲に関して検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) 間瀬茂：地球統計学とクリギング法，オーム社，2010。
- 2) Cressie, N. : Fitting variogram models by weighted least squares, *J. Internat. Assoc. Math. Geol.*, **17**, 563-586, 1985.