

設計ツールとしての新しい数値解析の応用 ～波浪推算から耐波設計まで～

APPLICATION OF RECENT NUMERICAL SIMULATION MODELS TO
ENGINEERING DESIGN
-- FROM WAVE FORECAST TO WAVE RESISTIVE DESIGN --

水谷法美¹・森屋陽一²・大塚夏彦³

Norimi MIZUTANI, Yoichi MORIYA and Natsuhiko OHTSUKA

1 正会員 工博 名古屋大学 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

2 正会員 工博 五洋建設 (〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町1534-1)

3 正会員 工博 北日本コンサルタント (〒003-0833 札幌市白石区北郷三条3-7-20)

ABSTRACT

This paper summarizes the special session “Application of Recent Numerical Simulation Models to Engineering Design --from wave forecast to wave resistive design--.” This session has been planned to understand the latest numerical simulation models which are employed in engineering design of coastal and offshore project in a variety of the design stages from wave forecast to wave resistive design. In the session, details of the models have been presented as well as their application results. After each presentation, discussions have been done. In the discussions, the advantages and disadvantages in each model have been discussed. As far as the flow model is concerned, the numerical simulation in wave field remains many rooms for improvement. Moreover, important attentions in employing the numerical models have been explained in the discussions.

Key Words :

1. はじめに

近年, 計算機能力や計算容量の進化は著しく, それにともない数値解析手法の発展も進んでおり, 非線形現象や大規模な空間領域の計算も実現可能になってきている. 海岸・海洋工学分野でも, 波浪推算, あるいはその外力となる気象などの問題から砕波や波力など様々な現象を数値解析手法により解明する研究が数多く行われてきている. 一方, 波浪推算や波浪変形計算, あるいは構造物による波変形や波圧にかかわる耐波計算は, 研究面のみならず設計面での実用性が大いに期待される. 特に, 観測資料が不足している場合の外力の予測や物理実験の制約を軽減できる数値シミュレーションの活用は環境面への影響を厳しく評価しなければならない現状において, きわめて重要なシミュレーションツールとして不可欠である.

第28回海洋開発委員会では, 設計ツールとしての新しい数値解析の応用と題し, 波浪の外力となる海上風を予測するような気象モデルから波浪推算・波

浪変形計算, さらに波による浮体の動揺や作用波力の予測など様々なステージにおける数値計算手法の現状を理解するとともに, 各手法の設計面へのツールとしての応用の実用性や可能性について, その手法の適用限界適用限界などを含めて議論することを目的とした特別セッションを設けた.

この特別セッションでは, まず, 数値解析手法に関する7件の講演を行っていただいた. これらは大きく2つに分けられ, 一つは外力としての波動場の予測, そしてもう一つは構造物の設計に関わる作用波力や浮体の波浪応答の予測に関するものである. 前者は, 波浪の外力としての風場の予測手法, そして, 風場から波浪推算を行う手法, さらに設計波や港内波浪へとより詳細な波浪予測を行う手法に関するもので, これらの最先端の内容について講演頂いた.

後者については, 浮体の波浪応答, 直接数値計算による波力の予測の講演を行って頂き, さらに最近適用例が増えつつあるVOFのBEMとのカップリングなど今後の展開についての講演も行って頂いた.

その後, パネルディスカッションの形式で数値解

析モデルの現状や相互の関係について議論が行われた。

以下にその内容について、簡潔にまとめ、特別セッションの報告とさせて頂きたい。

2. 数値解析モデルについて

(1) 気象モデル

設計波の推算に必要な海上風の数値解析について日本気象協会の鈴木靖氏により「局所的風況予測モデルLAWEPSによる海上風推定」について講演していただいた。講演はLAWEPSを中心に行われた。このモデルは風力発電の最適立地を検討するために開発されてきているが、その目的のために空間の分解能は細かく設定され、モデルも精緻になっている。そして、隅角部などにおける風速の鉛直分布の様子など、微地形による風場の変化や渦の様子などが良好に再現されることが示された。さらに、このモデルを東京湾域に適用した場合や瀬棚港に適用した場合の結果も紹介され、常時の平均風速場の予測には実用上適用可能であることが紹介された。

(2) 波浪推算モデル

気象条件から波浪を推算するための数値解析法として港湾空港技術研究所の橋本典明氏より「波浪推算モデルとその利用」と題して講演していただいた。モデルは第三世代の波浪推算モデルとして開発され、改良が加えられているWAMについてであり、モデルを使用する際の注意点やそれに対してどのような扱いがされているのか詳しく説明していただいた。さらにこのモデルの使われ方や今後適用が期待される場面なども併せて説明していただいた。

(3) 設計波の算定

沖波の算定とそこから沿岸域に至るまでの水深の影響を受けて変形してくる波を設計波として求めるための数値解析について京都大学防災研究所の間瀬肇氏に「設計波の算定についてー浅海波浪変形予測の理論と数値解析手法ー」と題して講演していただいた。講演では波浪推算モデルとして浅海域で利点を有するSWANについて、その適用例も含めて説明していただいた後、平面波浪場の数値解析モデルについて種々のモデルについて説明していただいた。

(4) 港湾内波浪の算定

さらに湾内や港湾のような局所的な地形（境界）の影響を受けるような場合の波浪推算モデルについて「港湾における波浪変形計算の活用」と題して港湾空港技術研究所の平石哲也氏から講演していただいた。主にブシネスク方程式に基づいたNOWT-PARIについて説明していただき、その応用例や境界の扱いの例などについて説明していただいた。

(5) 浮体の波浪応答

上述したモデルは波浪を中心とした数値解析であったが構造物の波浪応答として2件の講演をいただいた。一つは浮体の波浪応答に関する数値解析に関するもので「ポテンシャル理論による浮体運動の非線形シミュレーション法」と題して海上技術安全

研究所の谷澤克治氏に講演をいただいた。通常のポテンシャル理論では厳密に扱われていない構造物表面の境界条件を加速度場も解くことにより厳密に扱うことができるようになることを説明していただき、その適用例についても説明していただいた。

(6) 固定構造物の波力

一方、固定構造物に作用する波力について名古屋大学の許東秀氏に「海域構造物に作用する波力の数値計算」について講演していただいた。波動場の直接数値解析法として最近広く使われるようになってきたVOF法について三次元に拡張した場合の三次元物体に作用する波力の直接数値計算について実験値との比較も含めてその予測制度の現状について説明があった。

(7) 数値解析モデルの改良

上述のVOFは広く使用されるようになってきているものの、計算時間と計算要領は多大なものがある。適用する場が複雑になればその問題はさらに大きくなる。そこでVOFをより有効に適用するためBEMとのカップリングを検討した事例について「VOFとBEMを結合した波動場解析法の開発」と題して九州共立大学の鄺曙光氏から講演していただいた。VOFとBEMにおける計算格子のずれの取り扱いに対する工夫や結合した場合の精度面の検討結果などが詳しく報告された。

3. パネルディスカッション

パネルディスカッションに先駆け、各講演について討議が行われた。そこではプログラムソースの公開の可能性やモデルの課題などが議論された。一部のプログラムは開発の経緯などからソースの公開まではできないが、実行形式のモジュールは公開されるなど、ユーザにとっては非常に有用な情報となった。

まず、波浪推算における課題として、浅海域の波浪推算においては、パラメータの決め方が難しく、入力する風データに応じて出力が変わってしまうなどの問題があり、風データに応じてパラメータを一つづつ検証していく作業が必要になるとの説明があった。しかし、風の予測精度が上がれば、推算結果は実用上十分な精度であることも報告された。入力データとしてはGPV等が使用されるが、台風のデータについては局所的に精粗があり、注意が必要である。

また、流れ場の数値解析については、気象モデルでは最新の $k-\varepsilon$ モデルを使っており、剥離もうまく再現できていることが説明された。この結果より平面場の潮流計算にも $k-\varepsilon$ モデルを入れれば、防波堤からの剥離渦も計算できるのではないかとこのサジェスションもあった。さらに乱流モデルの研究では、日本は最先端の研究を行っており、土木は少し遅れているとの指摘もあった。

平面波浪場の計算では、回折を考慮したエネルギー平衡方程式でパラメータ設定のコツに関して質

間があり、これに関してエネルギー平衡方程式で回折の考慮の仕方として①特性曲線、②拡散、③平滑化という3つの方法があることが紹介され、今回講演して頂いたモデルでは放物型方程式と比較して拡散を調整しているとの説明があった。具体的には、開口防波堤での実験結果と合うように数値拡散を調整しているとの説明があった。

また、平面波浪場を計算するための基礎方程式の使い分けに関しては、海岸波動(土木学会, 1994)に掲載されている表が参考になるとのことであった。

一方、例えば港内の船の動揺計算など、複数の計算モデルをカップリングさせるような問題に関しても質問があったが、講演者からは現在取り組んでいる状況が報告されており、現在各ステージでそれぞれのモデルが独立して使用されているが、今後それぞれがリンクして使用されていく方向にあることが紹介された。

4. おわりに

今回の特別セッションでは、各方面における最先端のモデルについて、講演を行って頂き、現在の数値計算モデルのパフォーマンスの高さを改めて認識した。まだ、ユーザーが限定的なものが多く、実際の設計に使用されるようになるには時間を要するものもあるが、一部は既に実用的なモデルとなっている。今後も適宜このような機会を設け、設計ツールの現状と発展性を理解し、設計のための技術の発展に貢献できれば幸いである。

最後になるが、貴重な情報を提供して頂いた講演者の皆様、積極的な討議を行って頂いた皆様に深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 鈴木靖・宇都宮好博・三嶋宣明・橋本典明・永井紀彦(2003)：局所的風況モデルLAWEPSによる海上風推定，海洋開発論文集，Vol. 19，pp. 49-52.
- 橋本典明・川口浩二(2003)：波浪推算モデルとその応用，海洋開発論文集，Vol. 19，pp. 53-58.
- 間瀬肇(2003)：設計波の算定について－浅海波浪変形予測の理論と現状について－，海洋開発論文集，Vol. 19，pp. 59-63.
- 平石哲也・平山克也(2003)：港湾における波浪変形計算の活用，海洋開発論文集，Vol. 19，pp. 65-70.
- 谷澤克治(2003)：ポテンシャル理論による浮体運動の非線形シミュレーション法，海洋開発論文集，Vol. 19，pp. 71-76.
- 許東秀・水谷法美(2003)：海域構造物に作用する波力の数値計算，海洋開発論文集，Vol. 19，pp. 77-82.
- 鄒曙光・山城賢・吉田明德・鮎川慶一郎・入江功(2003)：BEMとVOFを結合した波動場解析法の開発，海洋開発論文集，Vol. 19，pp. 83-88.
- 土木学会海岸工学委員会(2004)，海岸波動，土木学会，520p.