

DEMによるスリットケソン堤前面被覆ブロックの挙動解析

東電設計（株） 正会員 藤井直樹 正会員 中野 修
 東京電力（株） 正会員 興野俊也 正会員 安田 勝則

1. はじめに

近年、海域構造物の設計法は、性能設計などのより高度な設計法が求められている。そのため、波と構造物の相互作用を数値計算により明らかにした設計法が主流になると期待されている。本研究では、被覆ブロックを対象とし、圧力・流速場計算に数値波動水路(CADMAS-SURF)¹⁾、被覆ブロックの挙動計算に個別要素法(DEMモデル)を用い、実験と計算の比較により、その適用性について検討した。

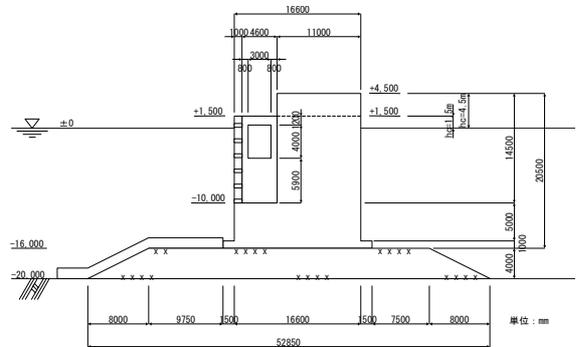


図-1 一重横スリットケソン堤断面

2. 被覆ブロックへ作用する圧力・流速の検討

実験は、図-1に示す模型断面一重横スリットケソン堤を対象として実施した。模型縮尺は1/50で、スリット開口率は0.25である。また、被覆ブロックは方塊ブロックである。数値波動水路(CADMAS-SURF)による圧力・流速場計算に重要なブロック・捨石ポーラス値は、榊山・鈴木²⁾を参考にした。図-2に現地換算 $H=10.75\text{m}$, $T=9\text{s}$, $hc=1.5\text{m}$ における法肩流速、堤前ブロック下波圧・堤前揚圧力(下-上)における実験と計算結果の比較を示す。法肩流速および堤前ブロック下波圧は、実験と良く一致するのに対し、揚圧力は実験値が計算値より大きい。また、計算値の波形が乱れている。

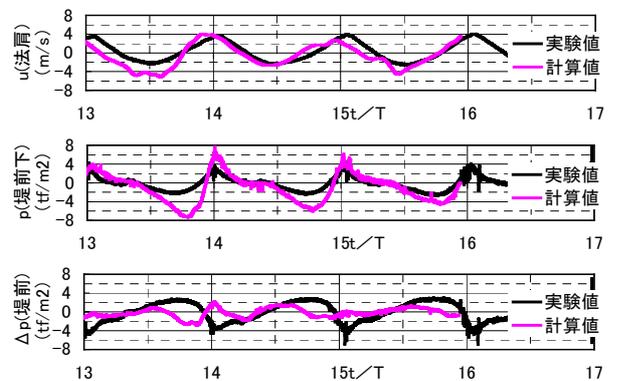


図-2 流速・圧力時系列の比較

図-3に流速・揚圧力の空間分布を示す。これより流速分布は実験と良く一致しているのがわかる。揚圧力分布は実験が堤前から単調に減少するが、計算は実験より小さく、分布形状も一致しない。これは図-2での波形の乱れによるものと推察される。ただし、堤前付近は実験の分布に近い。図-4に流速ベクトルを示す。スリット孔からの流速により渦が形成され、ブロック付近の流速が乱れている。揚圧力を再現するためには、ポーラス値を含めたブロックのモデル化を検討する必要があると考えられる。

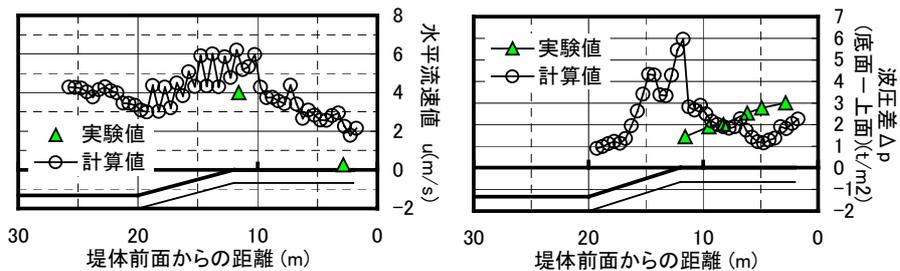


図-3 流速・揚圧力の空間分布

図-4に流速ベクトルを示す。スリット孔からの流速により渦が形成され、ブロック付近の流速が乱れている。揚圧力を再現するためには、ポーラス値を含めたブロックのモデル化を検討する必要があると考えられる。

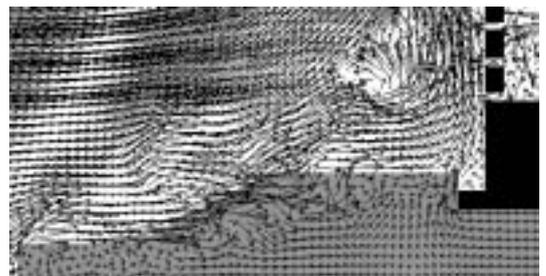


図-4 流速ベクトル

3. 被覆ブロックの安定性

(1) 数値波動水路の計算結果からDEMへの作用方法

松本らは数値波動水路から計算される流速場をCERC式に適用

キーワード：数値波動水路, DEM, 被覆ブロック

連絡先：〒110-0015 東京都台東区東上野3-3-3

電話 03-4464-5465

FAX03-4464-5490

して被覆石の耐波安定性について検討している。今回のスリット堤の被覆ブロックに対する実験結果の特徴的な傾向は、a)被災率は堤前で大きい、b)流速は堤前から沖側に向かって増加する、c)ブロック上下面間の波圧の差（差圧）はマウンド法肩から堤前に向かって増加する、であった。これらの結果を踏まえると被覆ブロックの安定性には、流速と差圧が関係していると考えられるため、数値波動水路から得られた流速結果あるいは圧力結果をDEM要素でモデル化した被覆ブロックへ作用させた。流速を用いる方法では、流速計算結果から連結要素³⁾でモデル化した各DEM要素に抗力と揚力を作用させた。圧力を用いる方法では、圧力計算結果から連結要素³⁾上下面に波力として作用させた。

(2)被覆ブロックの安定計算

被覆ブロックの被災（移動しないが大きく動揺）は堤体前面のみで生じているため、ブロックのモデル化はマウンド天端面のみについて、図-5のように1つのブロックを6要素で連結した要素でモデル化した。被覆ブロック重量は28tブロックで、高さはで1.75m（現地）である。スリットケーソン堤に対する数値波動水路による計算における被覆ブロックの空隙率は $e=0.1$ として設定した。数値波動水路の計算ではブロック周辺領域の流速2成分・圧力・水位を時系列で出力し、DEM解析の外力とした。ブロック上の流速値を用いて、被覆ブロックの水平および鉛直方向の変位量についてDEM解析した結果が図-6である。揚力係数 C_L は1.0、抗力係数 C_D は1.0とした。計算結果は、法肩の変位量が堤前のそれより大きい値となった。すなわち、流速の大小関係と一致した結果である。堤前ブロックの被災を再現するためには、小さい堤前流速を用いることに無理があることを示している。実験での揚力の再現が不十分であるため、上下面の差圧の効果を考慮する方法で計算したのが、図-7である。差圧を考慮した被覆ブロックの鉛直変位量は、堤前の方が大きい。堤前における差圧が大きいことが反映された結果であるが、絶対量が非常に小さい。これは、差圧に対して0.25倍したものを作用力として用いたためであるが、さらに大きくすると移動量が極端に大きくなった。この原因としては、数値波動水路による圧力の再現精度に問題があるためであると考えられる。ブロック周辺における揚力に重要な要因である引き波時のスリット堤からの水塊の落下等による渦の形成が実験と計算で異なったものと考えられる。

4. おわりに

本稿では、被覆ブロックの安定性について数値波動水路と個別要素法を適用し検討した。その結果、法肩付近のブロックは流速場、堤前のブロックは圧力場に基づき挙動することが明らかになった。被覆ブロックに対する個別要素法は、連結要素モデルによってその移動形態を把握するのに非常に有効な手法である。数値波動水路から算定される流速場の再現性は非常に良いことから、今後は揚圧力の精度向上を図る予定である。

参考文献

- 1) 数値波動水路の耐波設計への適用に関する研究会(2001)：数値波動水路の研究・開発，沿岸開発技術研究センター。
- 2) 榊山・鈴木(1998)：数値波動水路による放水ロケーソンマウンド内の底質の吸い出し評価，海岸工学論文集，第45巻，pp. 566-570。
- 3) 藤井・興野・安田・大熊(2001)：個別要素法によるケーソン防波堤の滑動計算，海岸工学論文集，第48巻，pp. 801-805。

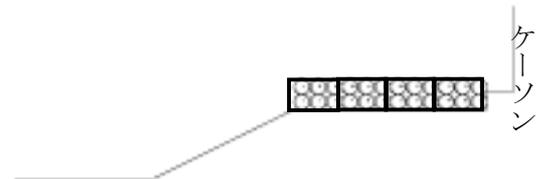


図-5 要素モデル図

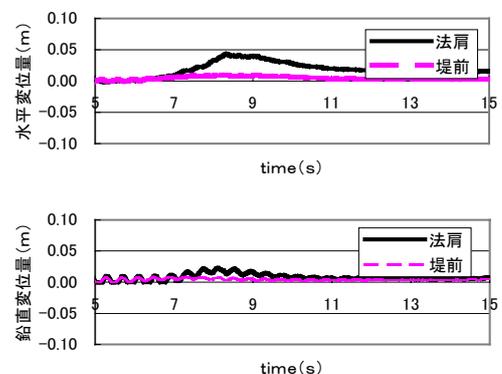


図-6 被覆ブロックの変位量

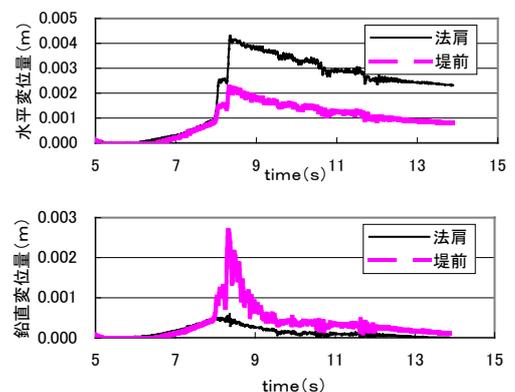


図-7 差圧を考慮した被覆ブロックの変位量