

ケーソン式混成堤基礎マウンドの耐波浪の挙動について

東北電力株式会社 土木建築部 正会員 ○ 菅野 剛
東北電力株式会社 土木建築部 正会員 佐藤 智

1. はじめに

当社港湾施設におけるケーソン混成堤の一部には、基礎マウンドの被覆ブロックに消波ブロック（アクロポッド）を使用しているが、建設より長期間が経過し、防波堤堤体の大きな変位・沈下はないものの、一部の基礎マウンド材料（捨石）の流出等の変状が発生している。これらの変状に対しては、水中コンクリート充填による断面修復を実施しているが、今後も継続して変状が発生する可能性があるため、空隙率をパラメータとした二次元数値計算モデルを用いて解析を実施し、基礎マウンド内の流速分布とマウンド材料の移動限界との関係から変状メカニズムの推定および断面修復の妥当性確認を行った。

2. 検討内容

（1）検討断面

ケーソン式混成堤の標準断面図を図-1 に示す。また、基礎マウンドの変状（空隙）状況を図-2 に示す。マウンド材料（捨石）の規格は 50kg～500kg であり、変状（空隙）の規模は、高さ 60～80cm 程度、奥行き 5m 程度、延長は最大で 20m 程度である。

（2）二次元数値解析

本検討では、透過性構造物の効果を表現可能な PBM 法を適用した二次元数値計算、解析モデルを作成し、解析コード CADMAS-SURF (V5.1) を用い図-3 のとおりモデル化した。この中で、基礎マウンドは透過層とし、透過層の流速損失の評価には Dupuit-Forchheimer 則を用いた。

（3）基礎マウンド材料（捨石）の安定性評価

被災状況の再現を目的とし、基礎マウンド内の流速分布を推定し、マウンド材料の移動限界との関係から変状（空隙）発生の可能性を評価した。マウンド材料の移動限界については、イスバッシュの式(式(1))で算出されるマウンド材料の必要重量 M と、実際に使用されているマウンド材料の重量との比較から評価した。必要重量 M を表-1 に示す。なお、赤枠で囲った範囲がマウンド材料（捨石）の規格（50kg～500kg）相当である。

$$M = \frac{\pi \rho_r u^6}{48 g^3 y^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad \cdot \cdot (1)$$

ここで、 ρ_r : 被覆材の単位体積質量、 S_r : 海水に対する被覆材の比重、 y : イスバッシュ数、 θ : 斜面勾配

表-1 イスバッシュの式による必要重量 M

流速 (m/s)	必要重量 M (kg)	
	イスバッシュ数(水平床)	
	0.86	1.20
0.5	0.0	0.0
1.0	0.1	0.0
1.5	1.7	0.2
2.0	9.5	1.3
2.5	36.1	4.9
3.0	107.8	14.6
4.0	605.5	82.0
5.0	2309.7	312.9

【イスバッシュ数】

埋め込まれた石: 0.86

露出した石: 1.20

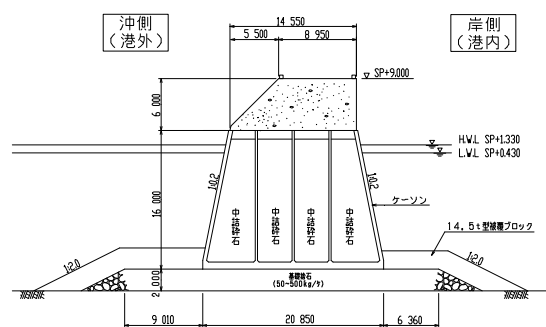


図-1 標準断面図

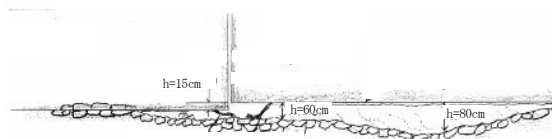


図-2 変状（空隙）状況 縦断面図

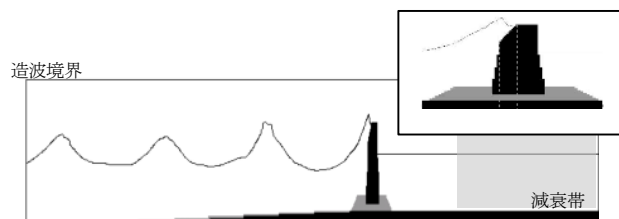


図-3 二次元数値解析モデル

キーワード PBM 法, 移動限界

連絡先 〒980-8550 仙台市青葉区本町 1-7-1 TEL 022-799-6103 FAX 022-262-5851

(4) 解析モデル

設計断面、被災断面（初期時，進行時），復旧断面を対象とに解析を実施した。解析モデルのうち設計断面，被災断面（進行時），復旧断面をそれぞれ図-4 に示す。

4. 解析結果

(1) 流況

図-5 に設計断面における代表流況図を示す。基礎マウンド内には前後の水位差による冲向きの流速が発生し，ケーソン前面では上向きの流速が発生している。

(2) 流速時系列

解析から得られた設計断面におけるケーソン前面部の流速時系列の一部を図-6 に示す。これから，1.6m/s 程度の上向きの流速が継続していることが確認できる。

(3) 最大流速分布

設計断面における合成最大流速分布を図-7 に示す。冲向きの水平方向の流速は 2.0m/s 程度であり，イスバッシュの式で算出される必要重量 M との比較から，マウンド材料の移動限界の流速は超えておらず安定であることが確認される。ただし，上向きの流速が 2.0m/s 程度発生しており，マウンド材料が移動しやすい環境にあるものと考えられる。一方，被災断面（進行時）においては，空隙により水平方向の流速が増加し，移動限界の流速を超えている（図-8）。また，復旧断面については，設計断面と比較して基礎マウンド内の透過断面積が小さいものの流速に大きな変化はなく，安定であることが確認される（図-9）。

5. 変状メカニズムの推定

初期の変状は，マウンド材料が上向き流速を受けて移動しやすい環境となりケーソン前面と被覆ブロックの隙間からマウンド材料が流出したものと考えられる。以降は，基礎マウンド内に発生した空隙により流速が増加することで，マウンド材料の移動限界の流速を超える範囲が現れ，マウンド材料が移動・流出することを繰り返し変状が拡大したものと推定される。

6. まとめ

空隙率をパラメータとした二次元数値計算モデルを用いた解析により基礎マウンド内の流速分布とマウンド材料の移動限界との関係から基礎マウンド挙動を明らかにすることができた。また，断面修復の妥当性を確認した。

参考文献

- 1) 近藤叔郎・竹田英章 (1983) : 消波構造物, 森北出版, 275P

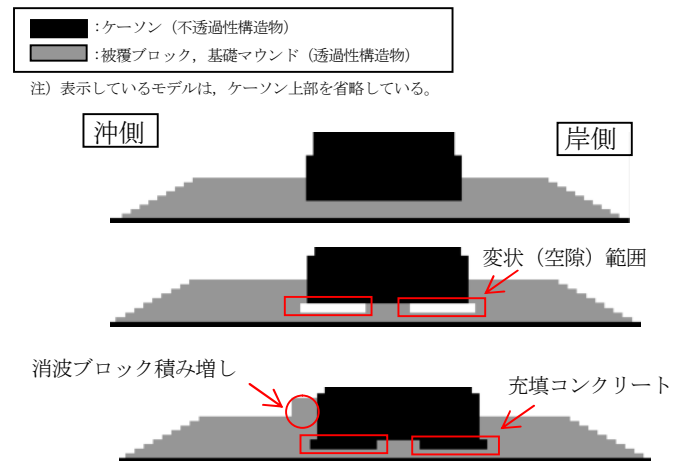


図-4 (上) 設計断面，(中) 被災断面（進行時），(下) 復旧断面

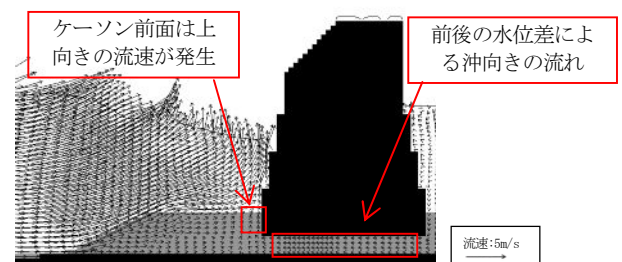


図-5 設計断面の代表流況図

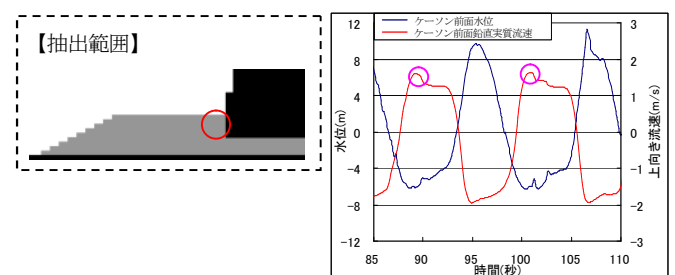


図-6 流速時系列（ケーソン前面）

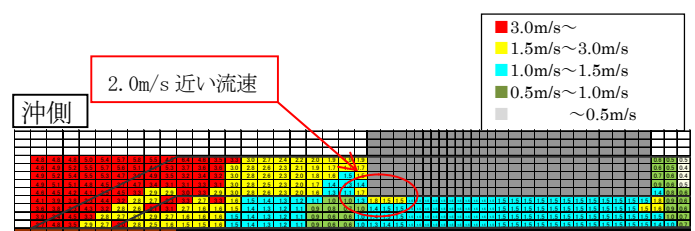


図-7 合成最大流速分布（設計断面）

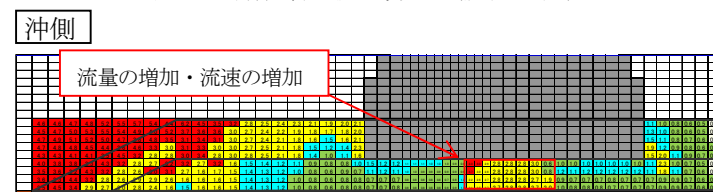


図-8 合成最大流速分布（被災断面）

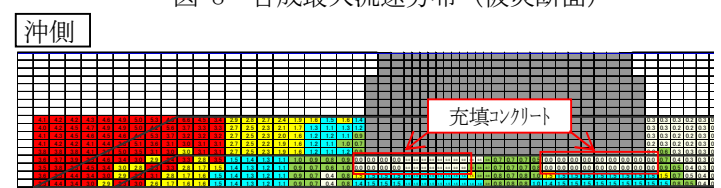


図-9 合成最大流速分布（復旧断面）