

津波越流時の防波堤マウンド被覆石の安定性評価におけるイスバッシュ式の適用性

株式会社不動テトラ 正会員 ○三井 順  
 株式会社不動テトラ 正会員 松本 朗  
 株式会社不動テトラ 正会員 半沢 稔

1. はじめに

防波堤の津波対策において、港内側のマウンド被覆材の津波越流に対する安定性を正確に評価することは重要な課題の一つである。安定性評価方法としてイスバッシュ式による方法が挙げられるが、津波越流に対するイスバッシュ式の適用性は十分な検証がされていないのが現状である。本研究では被覆石を対象として、水理模型実験による石の移動状況と数値解析により求めた流速分布から逆算したイスバッシュ数との関係を調べることにより、イスバッシュ式の適用性を検討した。

2. 水理模型実験

実験では、水中ポンプを用いて発生させた定常的な越流に対する被覆石の安定性を調べた。模型縮尺は1/50とした。実験対象とした防波堤断面図を図-1に示す。実験は腹付工のある場合と無い場合の2断面で行った。

津波の高さは、現地量で越流水深1mと2mの2種類とした。津波の継続時間は、越流がほぼ定常状態となつてから現地量で15分間とした。実験ケースは、表-1に示す4ケースである。

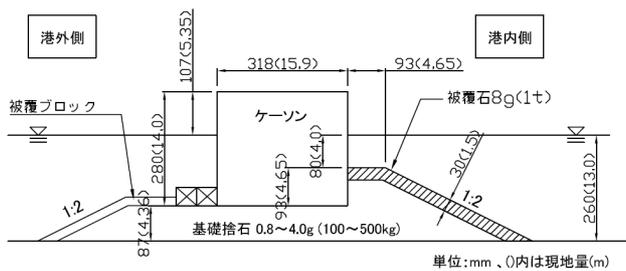


図-1 防波堤断面図 (腹付工あり)

表-1 実験ケース

ケース	腹付工	越流水深
Case 1	無し	1 m
Case 2	無し	2 m
Case 3	あり	1 m
Case 4	あり	2 m

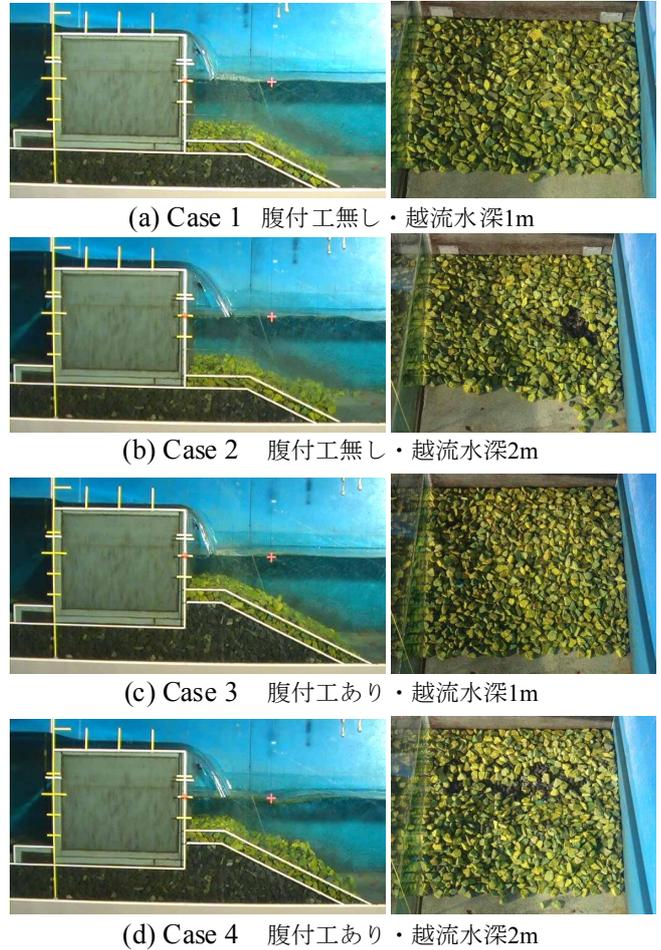
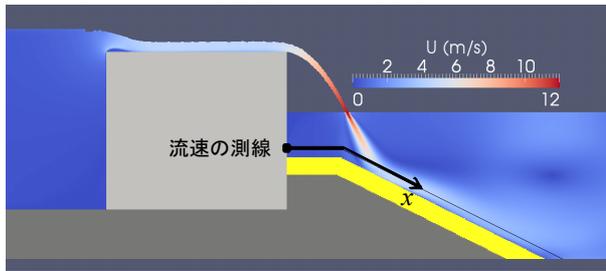


図-2 津波作用状況と津波作用後の状況

実験結果を図-2に示す。Case 1では被覆石の移動は越流水の打ち込む法肩付近の数個のみであった。Case 2では肩から法面にかけて多数の被覆石が移動し、法面部の基礎捨石が一部露出した。Case 3では法肩付近を中心に被覆石が移動し、基礎捨石がわずかに露出した。Case 4では法面の多数の被覆石が移動し、法面下部にたまった。また基礎捨石が露出し、基礎捨石も一部洗掘された。腹付工のあり無しで比較すると、腹付工ありの方が被害が大きい結果であった。これは腹付工ありの方がマウンド天端上水深が浅く、越流水の打ち込みが厳しくなるためと考えられる。

キーワード イスバッシュ式, 津波, 越流, 被覆石, 安定性

連絡先 〒300-0006 茨城県土浦市東中貫町 2-7 (株)不動テトラ総合技術研究所 TEL:029-831-7411



(現地量で表示)

図-3 数値解析結果 (Case 2)

### 3. 港内側流動場の数値解析

VOF法による予備的な解析の結果、越流水が港内側に打ち込む際に気泡の巻き込みが過剰となることがわかった。そこで本検討では以下の2段階に分けて計算した。まず港内側の静水面まではVOF法により計算して越流水の着水位置と流速を求めた。次に港内側水面下の流動場を液相のみの計算(三井ら<sup>1)</sup>)により求めた。マウンド部は浸透流を考慮するために多孔質体でモデル化した。解析結果例を図-3に示す。数値解析の結果からマウンド上の流速分布を求め、以下に示すイスバッシュ式からイスバッシュ数を逆算した。

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

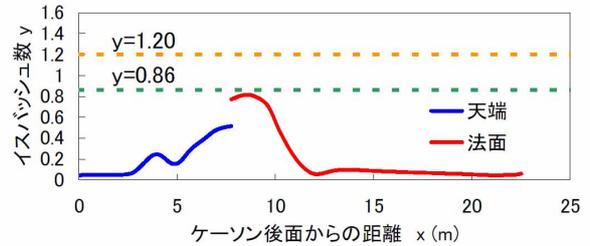
ここに、 $M$ : 被覆石の質量(現地量で1.0 t)、 $\rho_r$ : 被覆石の密度(2.63 t/m<sup>3</sup>)、 $U$ : 流速、 $g$ : 重力加速度、 $y$ : イスバッシュ数、 $S_r$ : 被覆石の水に対する比重(1.63)、 $\theta$ : マウンドの水平面に対する角度である。流速の測定高さは有川ら<sup>2)</sup>を参考にして現地量でマウンド上75cmとした。各ケースのイスバッシュ数の分布を図-4に示す。

### 4. イスバッシュ数と被覆石の移動の程度との関係

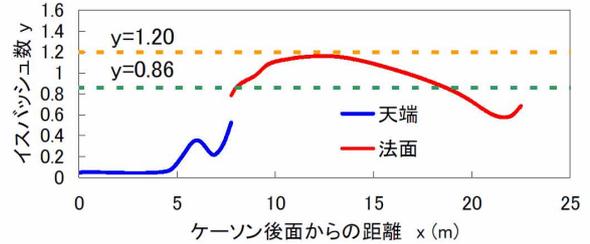
図-2と図-4を比較すると、イスバッシュ数の大きな箇所と実験で洗掘を受けた範囲は概ね一致していることがわかる。また、測線上でのイスバッシュ数の最大値と被覆石の移動の程度との関係をまとめると、表-2のようにイスバッシュ数0.86と1.20を閾値として整理することができ、概ね既往の知見と一致した。

### 5. まとめ

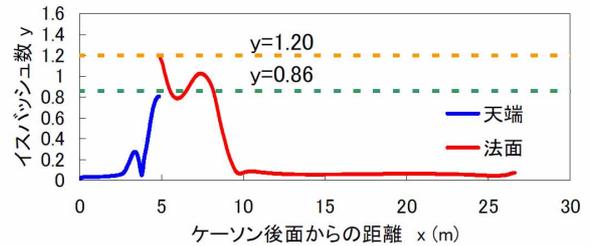
本研究では、津波越流に対する被覆石の安定性をイスバッシュ式で評価できることを確認した。ただし、イスバッシュ式による所要質量は流速の6乗に比例することから、流動場を精度良く求めることが重要である。また、今回の検討条件では越流水深1m前後で被覆石は移動しており、設計津波が被覆石の移動限界を超



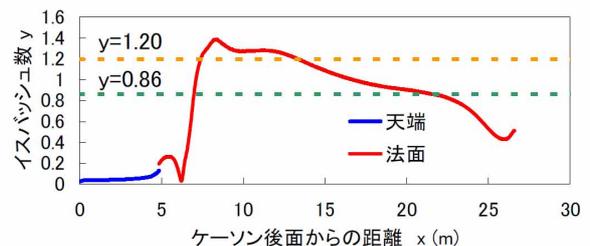
(a) Case 1 腹付工無し・越流水深1m



(b) Case 2 腹付工無し・越流水深2m



(c) Case 3 腹付工あり・越流水深1m



(d) Case 4 腹付工あり・越流水深2m

図-4 流速から逆算したイスバッシュ数の分布

表-2 イスバッシュ数と石の移動の関係

イスバッシュ数	石の移動
0.86 程度	被覆石がわずかに移動
0.86~1.20 程度	被覆石が多数移動し 基礎捨石が露出
1.20 以上	被覆石が多数移動し 基礎捨石も洗掘

える場合はコンクリートブロックを用いることが考えられる。ブロックの安定性評価におけるイスバッシュ式の適用性についても今後検討する予定である。

### 参考文献

- 1)三井順, 松本朗, 半沢稔, 灘岡和夫 (2013): 防波堤港内側マウンド被覆材の津波越流に対する安定性照査方法の提案, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.69, No.2, pp.I\_956-I\_960.
- 2)有川太郎, 佐藤昌治, 下迫健一郎, 富田孝史, 廉慶善, 丹羽竜也 (2013): 津波越流時における混成堤の被災メカニズムと腹付工の効果, 港湾空港技術研究所資料, No.1269, 37p.