

蛇籠を用いた越流エネルギー減衰工に関する数値解析

防衛大学校 学 ○林大地 正 宮本慎太郎

防衛大学校 正 多田毅 正 宮田喜壽

1. はじめに

近年、防潮堤や海岸堤防のみならず、道路盛土などを含めた複合的な津波対策、いわゆる多重防御の概念が提唱されており、個々の構造物には津波が越流した場合においても津波のエネルギーを反射・減衰させる効果が期待されている。著者らは、これまで、防潮堤や盛土構造物を想定した構造物の形状が、越流時のエネルギー低減効果に与える影響に着目した研究¹⁾を行い、構造物の形状によって減衰率が異なること、構造物の背後に蛇籠を設置するとさらに減衰率が大きくなることなどを確認した。それらの成果を踏まえて本研究では、蛇籠によるエネルギー減衰効果や蛇籠に働く流体力について模型実験を実施し、数値計算による再現を試みた。

2. 水理実験

水平に設置された長さ 16m、幅 0.6m の実験水路に堤防模型と蛇籠を設置し水理実験を実施した（図-1）。堤防の形状は斜面-垂直型とし、高さ 20cm、天端長 10cm、斜面勾配 1/2 である。その背後に蛇籠を 3 個設置し、堤防模型と蛇籠を連結した 2 本のアンカーに接続されたロードセルで蛇籠に働く拘束力を計測し、水路底面に設置されたロードセルで蛇籠と水路底面の間に働くせん断力を計測した（図-2）。両者の和が蛇籠に働く流体力に相当する。蛇籠のサイズは流下方向の長さ 10cm、高さ 5cm、幅 60cm とし、粒径の異なる 3 種類の詰石についてそれぞれ実験を行った（写真-1）。実験ケースの一覧を表-1 に示す。流量、複数地点での水深、流速などを計測し、各地点での比水頭を算定し、模型背後での比水頭 H の接近比水頭 H_0 に対する比をエネルギー透過率 K として算定した。

3. 数値計算

これまでに流体計算プログラム CADMAS-SURF3D²⁾を用いた堤防越流の数値計算を行い、一定の成果を得ていることから³⁾、同プログラム標準の多孔質モデルを用い、実験の再現を試みた。同モデルは、流体の運動方程式に次式で表される多孔質体からの抵抗力 $\mathbf{R}$ を付加する。

$$\mathbf{R} = 0.5C_D(1 - V_w)\mathbf{u}|\mathbf{u}| \quad (1)$$

ここで $\mathbf{u}$ は流速、 C_D は抗力係数、 V_w は多孔質の空隙率である。このモデルでは多孔質の物性は C_D と V_w で表現される。本研究では、 C_D の値は詰石の種類によらず 1.0 とし、 V_w の値を変化させることで蛇籠と流れの相互作用を表現できるか確認した。計算の詳細は文献 3) に準ずる。

4. 結果と考察

同一の計算条件下で蛇籠の空隙率 V_w のみを変化させたときの流況の違いの例を図-3 に示す。空隙率 V_w が大きくなるに従い蛇籠内部を通過する流れの割合が増加するなど、多孔質を通過する流れの性質を定性的に再現できている。エネルギー透過率の実験結果と計算結果（図-4）を見ると、流量の増加に伴うエネルギー透過率の増加傾向や、蛇籠の有無による透過率の違いが再現できている。次に、蛇籠に作用する流体力の結果を図-5 に示す。 V_w の値が 0.5~0.6 程度のとき、計算結果は実験結果の範囲をおおむね捉えている。実験と計算いずれも、流量が小さい時は流量の増加とともに流体力は増加しているが、実験では流量が 0.08 m²/s を超えると流体力は大きく減少する。これは落下する流れの流線が蛇籠を飛び越え、蛇籠に直接当たらなくなるためである。しかし、計算では流況の再現ができていながらもかかわらず、流体力の減少が十分に再現できていない。これは、流れが直接蛇籠に当たる状況とそうでない状況とでは単一の C_D 値を用いることができないことが一因であることが予想され、より高度な多孔質モデルの導入が必要であると考えられる。

キーワード 越流, エネルギー減衰, 蛇籠, 数値計算

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 TEL. 046-841-3810 E-mail : miyamoto@nda.ac.jp

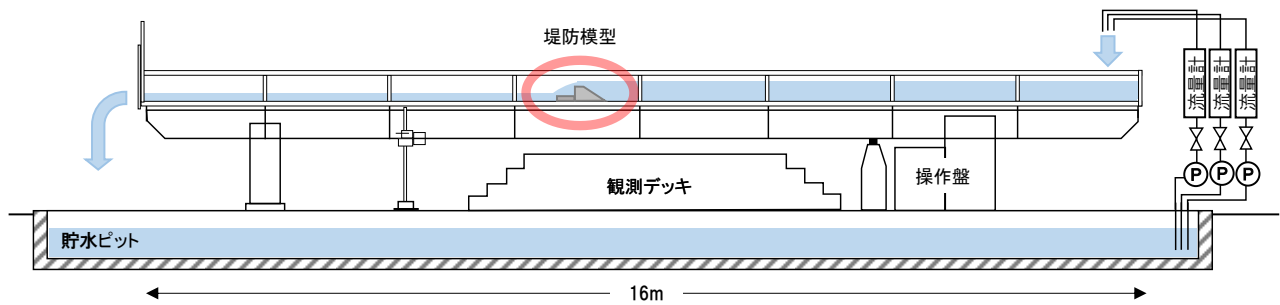


図-1 実験水路

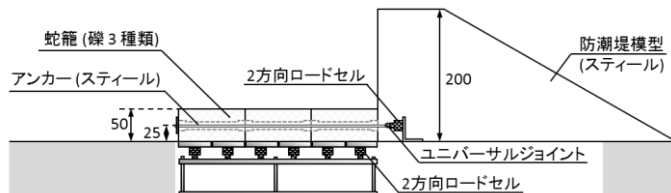


図-2 堤防模型および計測装置



写真-1 蛇籠模型

表-1 実験ケース

		単位幅流量 (m^2/s)				
		0.022	0.039	0.056	0.083	0.111
蛇籠なし		NR-Q1	NR-Q2	NR-Q3	NR-Q4	NR-Q5
粒径 D_{10} (mm)	10	D10-Q1	D10-Q2	D10-Q3	D10-Q4	D10-Q5
	5	D05-Q1	D05-Q2	D05-Q3	D05-Q4	D05-Q5
	2	D02-Q1	D02-Q2	D02-Q3	D02-Q4	D02-Q5

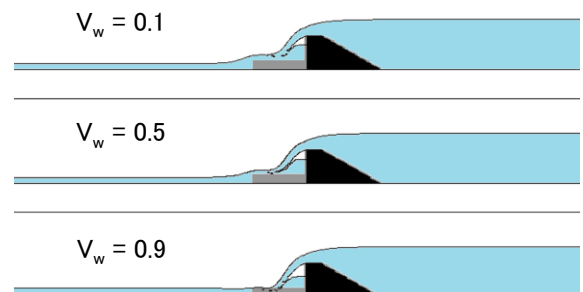


図-3 3種類の多孔質モデル空隙率に対する解析結果

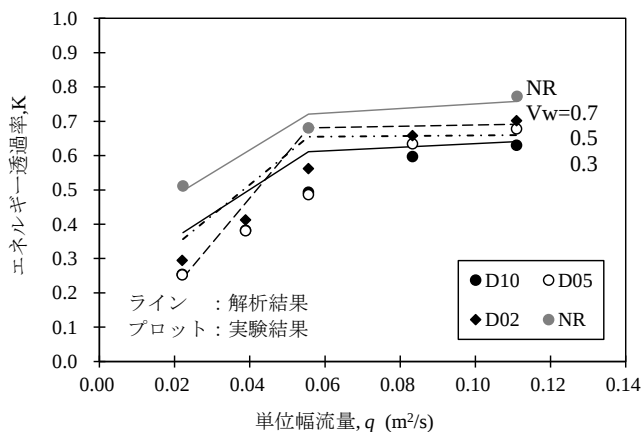


図-4 エネルギー透過率と流量の関係

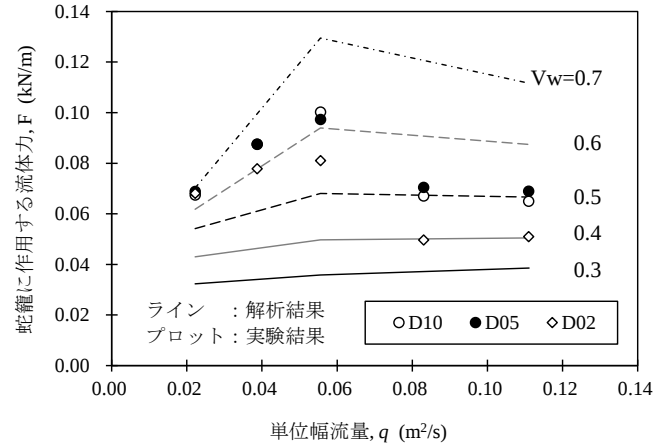


図-5 蛇籠に作用する流体力と流量の関係

5. まとめ

本研究では、堤防を越流する流れのエネルギーを効果的に減衰させるために堤防背後に蛇籠を設置する工法を提案し、模型実験により蛇籠のエネルギー減衰効果や蛇籠に働く流体力について検討した。また、数値計算による再現を試み、一定の成果を得た。しかし、流体力の再現にはさらなる検討が必要である。

参考文献

- 1) 多田毅, 宮田喜壽, 平川大貴, 弘中淳市, 小浪岳治, 大谷義則: ジオグリッド蛇籠工を有する耐津波土構造物の提案, ジオシンセティックス論文集, Vol.29, pp.81-86, 2014.
- 2) 財団法人沿岸開発技術研究センター: 数値波動水路(CADMAS-SURF)の研究・開発, 沿岸開発技術ライブラリー, No.12, p.368, 2001.
- 3) 多田毅, 荒井昭浩, 宮田喜壽: 防潮堤の津波越流時のエネルギー減衰効果に関する水路実験と数値解析, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.71, No.2, I_757-I_764, 2015.