

数値波動水路における透水層の抵抗力算定法の比較

広島市役所

藤井 優

鳥取大学

正会員

○太田 隆夫

三省水工(株)

正会員

河村 裕之

1. はじめに

新規の海岸・港湾構造物の設計においては、水理模型実験によって耐波安定性などを検討することが推奨されてきた。しかし、最近では数値計算による検討が盛んに行われており、我が国においては、数値波動水路 CADMAS-SURF が標準的な計算ツールとして用いられている。捨石や消波ブロックによる透過性構造物を含む計算を行う場合、CADMAS-SURF (Ver. 5.1)¹⁾では透水層における抵抗力を算定するために、抵抗係数 C_D を用いるモデルと Dupuit-Forchheimer 則 (D-F 則と表記) によるモデルの 2 つが組み込まれており、何れかを選択することになる。鈴木ら²⁾は、水理模型実験と数値計算による結果の比較を行い、D-F 則の適用性を示しているが、CADMAS-SURF のユーザーの視点からは、2 つのモデルの比較も含めてさらに検討を加えることが必要であると考えられる。本研究では、捨石および消波ブロックを用いた護岸を対象に、波の反射率と越波量を評価指標として、規則波を用いた水理模型実験と数値計算の結果を比較することで、透水層の抵抗力の算定方法について検討する。

2. 水理模型実験

水理模型実験は、造波水路(長さ 29 m, 幅 0.5 m, 高さ 0.75 m)内の水平床上に、捨石または消波ブロックを被覆層とする護岸模型を設置し、規則波を用いて行った。図-1 に実験装置の概要を示す。護岸模型は、法面勾配 2:3、天端高および天端幅 0.1 m であり、砂利によるコア部の有・無の 2 種類とした。水深は 0.35 m、護岸背面には高さ 0.45 m のベニヤ板を止水板として設置しており、越波量計測時には止水板背後に越波枡を置いた。護岸被覆層には、質量の範囲が 35~50 g (代表粒径 $D_n=0.025$ m, 空隙率 $\gamma_v=0.39$)、50~70 g ($D_n=0.028$ m, $\gamma_v=0.41$)、70~100 g ($D_n=0.032$ m, $\gamma_v=0.41$) である 3 種類の碎石と、平均質量 73 g, $D_n=0.032$ m の消波ブロック(乱積, $\gamma_v=0.5$)を使用した。コア部に用いた砂利は、 $D_n=0.006$ m,

$\gamma_v=0.37$ である。実験では、反射率を測定するために波高 $H=0.06$ m, 周期 $T=1.0\sim 2.0$ s で 0.2 s 刻みに設定した規則波(波形勾配 0.017~0.042)を造波した。反射率は、水路内に設置した波高計のうち 2 本(W2, W3)の水位変動データを用いて求めた。また、 $H=0.13$ m, $T=1.4, 1.6, 2.0$ s と設定した規則波を造波し、波が安定した状態の 5 波分の越波量を計測して、1 波あたり・単位幅あたりの越波量を求めた。

3. 数値波動水路による計算

CADMAS-SURF での数値計算においては、通過波検定により波高の設定値を決定し、実験の各ケースに対応するように入力条件を設定した。造波モデルは造波境界を用い、水平方向の格子間隔 $\Delta x=0.02$ m, 鉛直方向の格子間隔 $\Delta z=0.01$ m, 造波時間を 60 s とした。透水層の抵抗力算定については、抗力係数 C_D を用いるモデルで $C_D=1.0$, 慣性力係数 $C_M=1.2$ としたケース(CD 型と表記)、D-F 則によるモデルでは、近藤ら³⁾が係数 α_0 , β_0 の捨石に対する上下限值としている値を組み合わせた 2 つのケース($\alpha_0=1500$, $\beta_0=3.6$; DF 型と表記, $\alpha_0=800$, $\beta_0=1.8$; DF2 型と表記)とした。消波ブロックについては、近藤ら³⁾がテトラポッドに対して示している $\alpha_0=2100$, $\beta_0=2.2$ を用いた。なお、DF 型と DF2 型ではどの材料についても $C_M=1.2$ としている。実験で設置した波高計に対応する位置での水位変動データを 0.05 s 間隔で出力し、これを用いて実験データと同様に反射率を計算した。越波量は、越波枡に相当する領域内の水量を表す計算値より求めた。

4. 実験結果と計算結果の比較

図-2 に $T=1.8$ s のケースにおける反射率 K_R を示す。横軸の A~H が表している護岸の種類(被覆層の材料とコア部の有無)は以下のとおりである: A=碎石 35~50g, コア部有; B=碎石 35~50g, コア部無; C=碎石 50~70g, コア部有; D=碎石 50~70g, コア部無; E=碎石 70~100g, コア部有; F=碎石 70~100g, コア部無; G=消波ブロック, コア部有; H=消波ブロック, コア部無。図-3 は T

キーワード CADMAS-SURF, 透水層, 抵抗力, Dupuit-Forchheimer 則

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学 大学院工学研究科社会基盤工学専攻

TEL 0857-31-5309

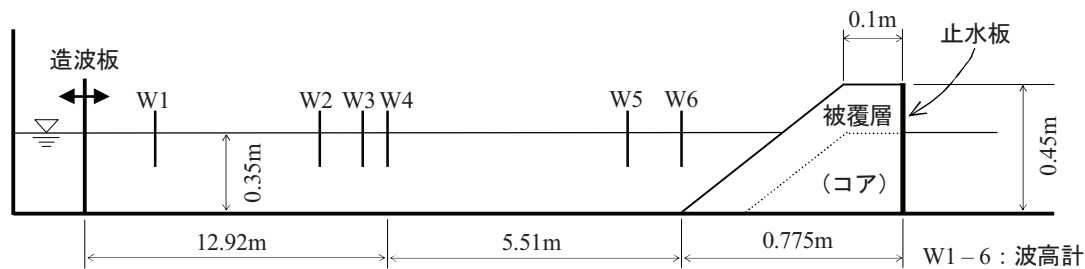


図-1 実験装置の概要

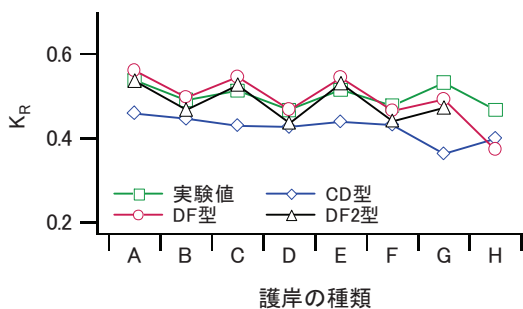


図-2 護岸の種類と反射率 ($T=1.8$ s)

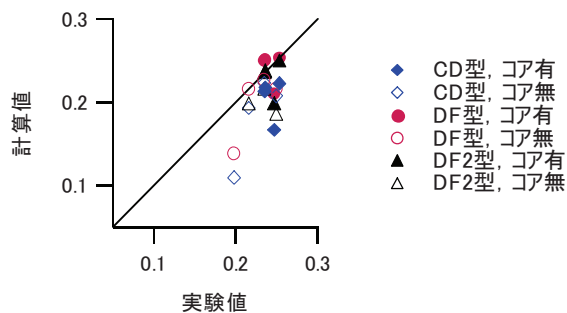


図-3 反射率の比較 ($T=1.2$ s)

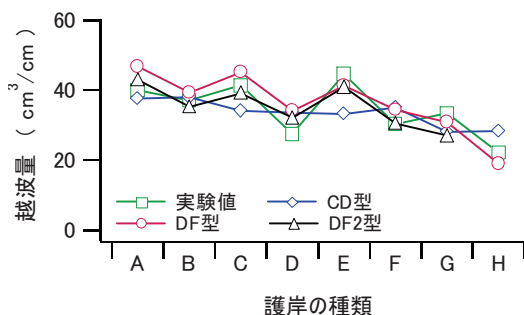


図-4 護岸の種類と越波量 ($T=1.6$ s)

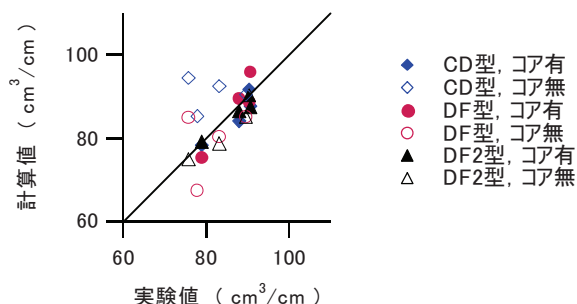


図-5 越波量の比較 ($T=2.0$ s)

$=1.2$ s の反射率を示したものである。これらの図から、実験値と DF 型、DF2 型の結果がよく対応していることがわかる。図-2 に示されているように、被覆層の材料が同じである場合、コア部有のほうがコア部無よりも K_R は大きくなり、DF 型、DF2 型ではその変化を表すことができる。コア部無のケースでは CD 型、DF 型、DF2 型で K_R の差はあまりないが、CD 型ではコア部の有無による K_R の変化が小さい。同様の傾向は他の周期でも見られた。これについては、CD 型では透水層内の材料の違いが空隙率だけで表されているのに対し、DF 型、DF2 型では粒径の影響が考慮されていることから、実験値に近い結果が得られたと考えられる。図-4、5 は 1 波あたり・単位幅あたりの越波量を示したものであり、全体的には DF 型、DF2 型のほうが実験値と合っていることがわかる。反射率と同様に、被覆層の材料が同じである場合、コア部有のほうがコア部無よりも越波量は多くなるが、DF 型、DF2 型はその変化を表しており、この理由は反射率の場合と同様であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、捨石や消波ブロックで構成される透過性構造物（護岸）を対象として、数値波動水路 CADMAS-SURF における透水層の抵抗力算定法について検討した。結果として、D-F 則を用い、石に対する係数を $\alpha_0=1500$ 、 $\beta_0=3.6$ 、消波ブロックに対する係数を $\alpha_0=2100$ 、 $\beta_0=2.2$ とした場合が、全体的に実験値との対応のよいことがわかった。ただし、本研究で検討した条件は限られた範囲のものであり、特に係数値の汎用性についてはさらに検討を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) (財)沿岸技術研究センター：CADMAS-SURF 実務計算事例集，306p.，2008.
- 2) 鈴木高二朗，大寄菜々子，山本泰司：防波堤基礎での洗掘量の推定について，海岸工学論文集，第 50 巻，pp.886-890，2003.
- 3) 近藤倅郎：直立消波構造物の水理的特性，第 17 回水工学に関する夏期研修会講義集，B.1.1-B.1.16，1981.