

水理模型実験結果によるケーソン式混成堤の変形量簡易推定手法に関する研究

中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○橋本 淳
 国土技術政策総合研究所 正会員 長尾 毅

1. 研究の目的

ケーソン式混成堤の性能設計において変形量の評価は重要であるが、滑動以外の変形モードについては変形量の算定手法が確立されていない。水理模型実験をもとにした分析により、波力作用時のケーソンはマウンド内へ港内側端しから貫入しながら変形し(図-1)、かつ変形量にはマウンドの支持力特性が密接に関係していることが指摘されている。これは、設計実務において単純に静止摩擦係数を採用した滑動量の計算を行うだけでは不十分な可能性があることを示すものといえる。本研究では、既往の水理模型実験結果をもとに、水平変形量のみならずケーソン全体の変形特性を簡易に推定する手法を提案した。

2. 見かけの摩擦係数と貫入角の関係

表-1 に検討ケース一覧、図-12 に見かけの摩擦係数と貫入角の関係図を示す。ここで、見かけの摩擦係数は滑動量算定式の摩擦係数を調整して港内側端しの貫入量と整合する摩擦係数を算定したもので、貫入角は港内側端し変位履歴の近似線の傾きである。関係図より、肩幅が狭い時やマウンドが低い時、ケーソン重量が大きい時のようにマウンドが変形しやすいほど見かけの摩擦係数が小さく貫入角が大きい傾向にあることが分かる。

3. 捨石の受働抵抗力の影響

ケーソン港内側端しがマウンド内に貫入することで、港内側端し前面の捨石の受働抵抗が期待される。どの程度の抵抗力が作用するのか、ケーソンが貫入ラインに沿って滑動するとし捨石の受働抵抗力を算出した。

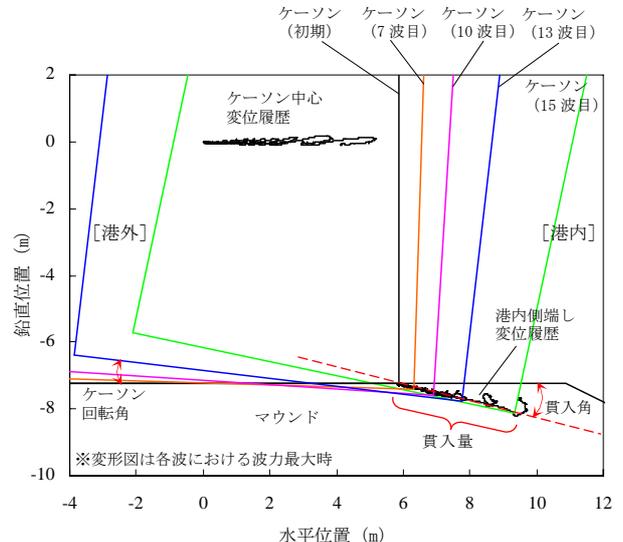


図-1 水理模型実験による変形図

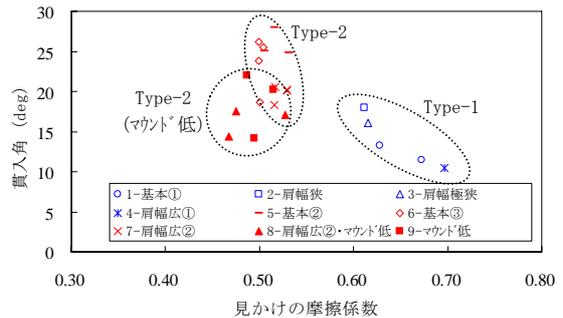


図-2 見かけの摩擦係数と貫入角の関係

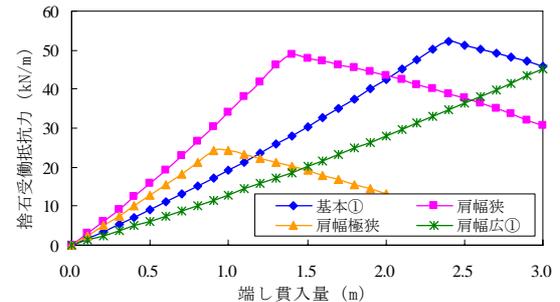


図-3 港内側端し貫入による捨石受働抵抗力

表-1 検討ケース一覧

※数値は実物大換算値(模型縮尺1/30)

Case	Type-1				Type-2				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
マウンド形状 粒径150-390mm	基本①	肩幅狭	肩幅極狭	肩幅広①	基本②	基本③	肩幅広②	肩幅広② マウンド低	マウンド低
港内側肩幅 (m)	5.00	3.75	2.50	18.00	5.00		7.50		5.00
港内側被覆石	有り				有り		無し		
マウンド高さ (m)	11.00				11.00		5.00		
設置水深 (m)	12.25				9.85				
ケーソン規格	寸法:B11.70×H14.50×L16.80m 水中重量:1651kN/m				寸法:B14.00×H14.50×L16.80m 水中重量:2391kN/m				
設定波浪条件	規則波, 波高: 10.50m 周期: 12.00s				規則波, 波高: 9.75m 周期: 11.70s				

キーワード ケーソン式混成堤, 変形特性, 支持力破壊, 見かけの摩擦係数, 貫入角

連絡先 〒734-8510 広島市南区出汐2丁目3-30 中電技術コンサルタント(株) 臨海・都市部 TEL082-256-3351

図-3 に算出結果を示す。受働抵抗力は肩幅狭のピークで約 55kN/m であり、作用水平波力(実測値:約 780kN/m)の 1/10 にも満たない。よって、変形初期段階における捨石の受働抵抗力は、マウンド形状の違いによる変形量の差にあまり影響しないと考えられる。

4. 変形量実験値に対する簡易推定手法の提案

ケーソン式混成堤の変形は、図-1 に示すように、貫入角(θ_p)・貫入量(d)・ケーソン回転角(θ_c)が分かれば推定可能である。貫入角の推定式は既に作成されている¹⁾ので、貫入量・ケーソン回転角の推定式を検討した。貫入量については、波力の作用時間などが関係し、簡易な推定式を作成するのは困難なため、既に確立されている滑動量算定式手法を活用することにした。滑動量算定式中の摩擦係数を見かけの摩擦係数に置換して波力による滑動量を計算し、これを港内側端しの貫入量とするという考えである。よって、諸条件で異なる見かけの摩擦係数の推定式を作成した。

(1) 見かけの摩擦係数の推定

重回帰分析により作成した推定式が次式である。

$$\mu' = -0.440(B_C/B_M) + 0.200(H_M/B_M) + 0.502(P_H/P_V) + 0.403$$

ここに、 μ' : 見かけの摩擦係数、 B_C : ケーソン幅(m)、 B_M : マウンド天端幅(m)、 H_M : マウンド高(m)、 P_H : 水平波力(kN/m)、 P_V : 有効鉛直荷重(kN/m)である。決定係数 R^2 が 0.923 と高く(図-4)、設定した変数で見かけの摩擦係数を良く評価できている。

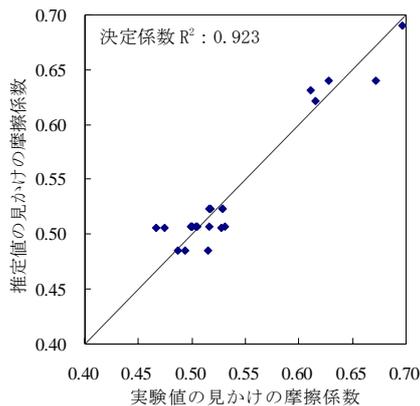


図-4 見かけの摩擦係数の推定値と実験値の関係

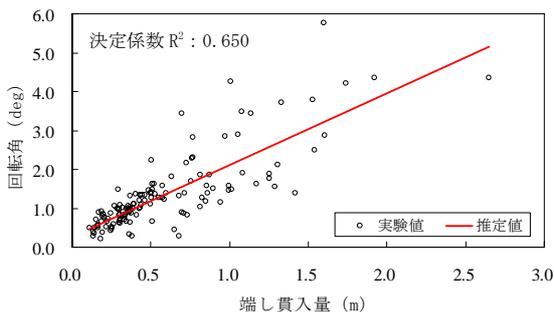


図-5 ケーソン回転角と港内側端し貫入量の関係

(2) ケーソン回転角の推定

ケーソン回転角は、波の作用を受け港内側端しがマウンド内に貫入するにつれ大きくなる様子が図-1 から窺える。そこで、貫入量とケーソン回転角の関係を整理した(図-5)。データは全 Case の 5~10 波を対象に各波での回転角最大時の値を使用している。先に述べた通り正の相関がみられ、直線回帰分析により作成した推定式が次式である。 $\theta_c = 1.84d + 0.28$ ここに、 θ_c : ケーソン回転角(deg)、 d : 港内側端し貫入量(m)である。決定係数 R^2 が 0.650 と比較的高く、港内側端し貫入量でケーソン回転角を概ね良く評価できている。

(3) 推定値と実験値のケーソン変位量比較

図-6 に例を示すように、推定式を用いケーソンの変位を計算すると、実験を概ね再現することができ推定手法の有効性を確認できた。なお、推定式は既往の水理模型実験結果をもとに作成したものであり、一般の設計への適用を念頭に置いたものでないことに注意が必要である。

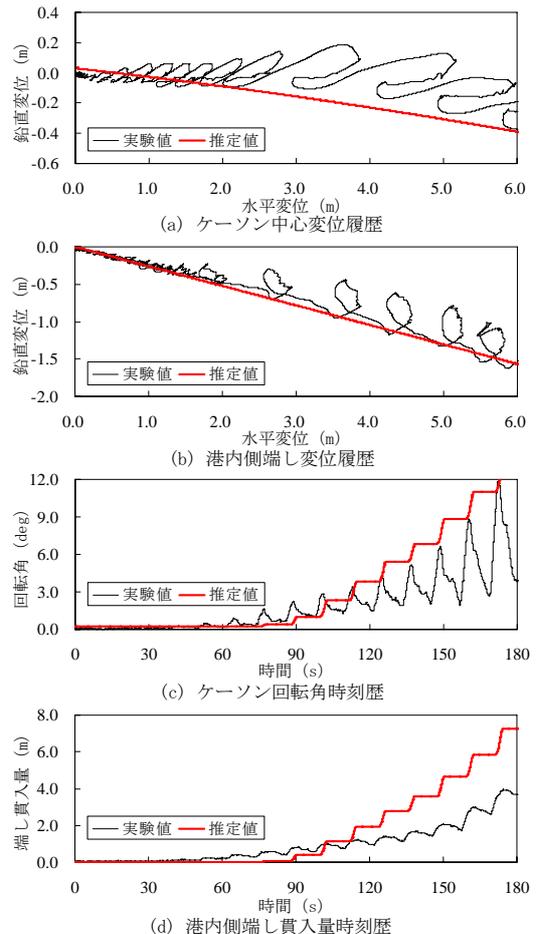


図-6 推定値と実験値のケーソン変位量比較_[基本①]

参考文献: 1) 長尾・橋本: 水理模型実験結果によるケーソン式混成堤の基礎変形特性に関する一考察, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.67, No.2, 2011, pp. I_776-I_780