

上部斜面堤ケーソンの規則波下における動揺特性に関する一考察

名古屋大学大学院工学研究科 正会員 中村 友昭  
 名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○山本 勘太  
 名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 水谷 法美  
 東洋建設株式会社鳴尾研究所 正会員 小竹 康夫

**1. はじめに：**上部斜面堤は、沖側上部の斜面に作用する波力を堤体の安定性の向上に利用できることから、工費縮減に効果的な構造形式である。一方で、ケーソン据付作業時に波浪によりケーソンが大きく動揺すると、作業に支障をきたす。これに関連して、これまでに例えば石見ら（1996）や米山（2003）により検討がなされてきたものの、これらの研究では矩形または台形断面のケーソンを主な対象としており、形状が複雑な上部斜面堤については未解明である。本研究では、上部斜面堤のケーソンを対象に水理実験を行い、規則波作用時のケーソンの動揺および係留索張力の特性と、ケーソンの動揺に与える係留索の設置の有無の影響を考究する。

**2. 水理実験の概要：**名古屋大学の断面2次元造波水路

(全長 30 m, 幅 0.7 m, 高さ 0.9 m) を用いて想定縮尺 1/40 の実験を行った。実験装置の概略図を図-1 に示す。水路内に設置した不透過水平床上に、砕石(中央粒径: 20 mm)を用いてマウンドを作製した。表-1 に使用したケーソン模型の諸元を示す。ただし、一般的な上部斜面堤の断面形状をモデル化したものである。また、ケーソンの幅はフーチングを含まない値である。模型は亚克力と鉄板により作製し重量や重心を調整した。そして、このケーソン模型底面とマウンド天端との距離が、ケーソンの着底直前時を想定して 13.0 mm となるように模型内の水量を調節して図-2 に示すように設置した。係留索には直径 1.5 mm のステンレスワイヤを 4 本用い、そのうち 2 本は模型沖側壁面上部に取り付け岸側上方で固定し (wire1)、他の 2 本は模型岸側壁面上部に取り付け沖側上方で固定した (wire2)。そして、未係留時と緊張係留時のそれぞれに対して、表-2 に示す模型未設置時におけるケーソン法線位置での波高と周期の規則波を作用させた。造波中は、模型の運動をハイスピードカメラで撮影し、画像解析から変位を算出した。また、水路手前側の 2 本のワイヤに接続した張力計 (T1, T2) により張力を計測した。

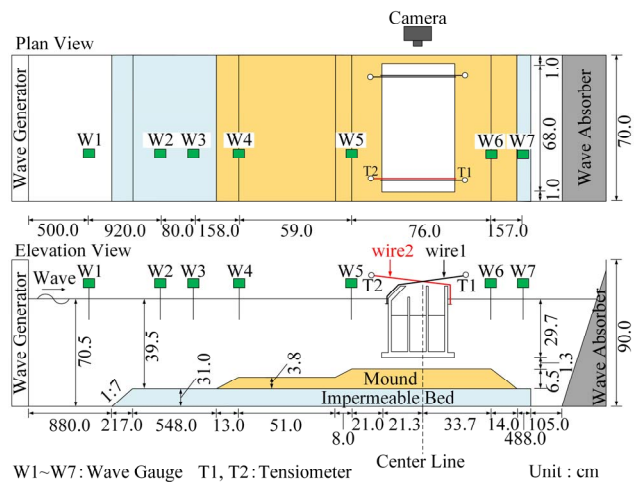


図-1 実験装置の概略図

表-1 模型の諸元

長さ	(mm)	680.0
幅	(mm)	306.0
高さ	(mm)	367.5
質量	(kg)	40.0
重心高さ	(mm)	115.4

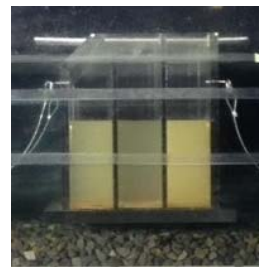


図-2 模型の設置状況

表-2 入射波条件

ケース	波高[cm]	周期[s]	相対堤体幅
Case 1	1.5	0.79	0.32
Case 2	1.5	1.34	0.14
Case 3	1.5	1.58	0.11
Case 4	2.5	0.79	0.32
Case 5	2.5	1.34	0.14
Case 6	2.5	1.58	0.11

**3. 実験結果と考察：**ケーソンの重心の水平方向変位 $\Delta x$

(Sway) および回転角変位 $\Delta\alpha$  (反時計回りが正; Roll) と相対堤体幅  $B/L$  の関係を図-3 に示す。ただし、 $B$  はケーソンの幅、 $H_i$  はケーソン未設置時の W3 での入射波高、 $L$  は同位置での入射波波長である。図-3(a)より、未係留時・緊張係留時ともに、 $B/L$  が小さくなるにつれて Sway

キーワード 上部斜面堤, ケーソン据付, 緊張係留, 規則波, 水理実験

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 Tel : 052-789-4632

が大きくなっていることが分かる。また、 $B/L = 0.14$  のケースでは、緊張係留時の方が未係留時と比較して Sway が大きく、本実験の条件では、係留索を設置したとしても重心の Sway を必ずしも低減できないことを示している。これは、未係留時のワイヤの取り付け位置の変位が  $B/L$  により異なっており、 $B/L = 0.14$  のケースで変位が最も大きかったため、係留することでワイヤの取り付け位置の変位が抑制されたものの、逆に重心の Sway は大きくなったためと考えられる。なお、鉛直方向変位  $\Delta z$  (Heave) についても Sway と同様の傾向を確認しており、Sway のほうが Heave に対して卓越するという石崎ら (1999) の研究結果との合致がみられた。また、図-3(b)より、緊張係留時には、Sway の場合と同様に、 $B/L$  が小さくなるにつれて Roll が大きくなる傾向が認められる。しかし、未係留時の場合には、 $B/L = 0.11$  のケースよりも  $B/L = 0.14$  のケースの方が Roll が大きくなっている。これは、ケーソンの回転角がある程度以上大きくなると、ケーソンの底面とマウンドが近接することでケーソンの回転運動が抑制されるためであると考えられる。また、全てのケースにおいて緊張係留時には未係留時と比べて Roll が小さくなったことから、本実験の条件では、係留にはケーソンの回転運動を抑制する効果があることが分かる。

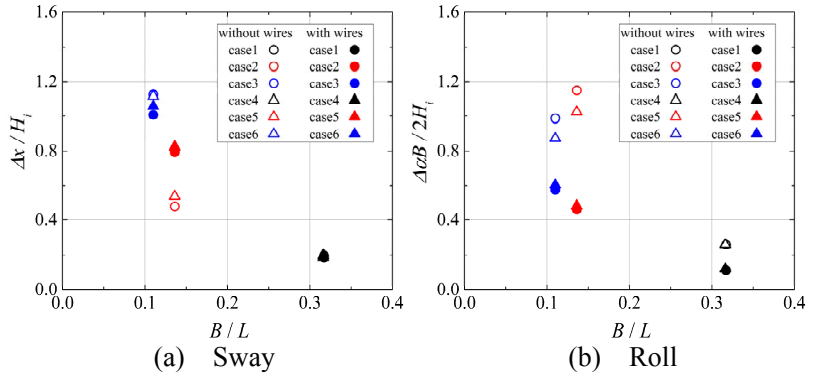


図-3 重心の振幅と相対堤体幅の関係

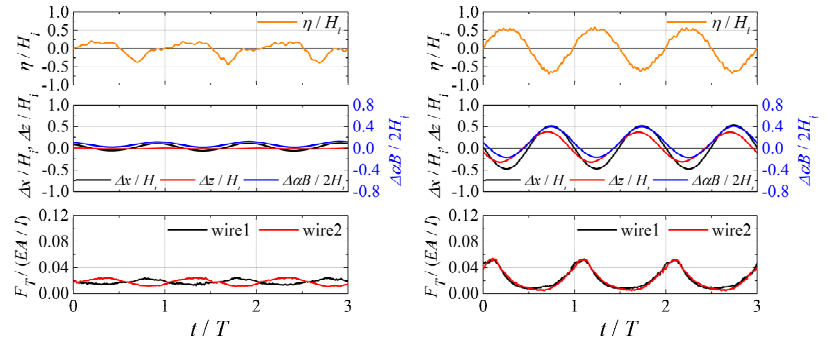


図-4 重心の変位と W5 での水位変動の時間変化 (緊張係留時)

次に、緊張係留時の Case 1 と Case 3 について、堤体前面の水位変動、ケーソンの重心の変位、張力の時系列変化を図-4 に示す。ただし、 $\eta$  は W5 での水位変動、 $F_T$  は wire1, wire2 に作用する張力の値であり、 $EA/l$  は係留索のばね定数である。図-4(b)より、Case 3 では、 $\eta/H_i$  と  $\Delta x/H_i$  および  $\Delta\alpha B/2H_i$  は逆位相となっており、W5 で波谷の位相となる前後に、ケーソンに岸方向および反時計回りの変位が生じたことが分かる。また、図-4(a)より、Case 1 では  $\Delta x/H_i$  および  $\Delta\alpha B/2H_i$  に若干の位相遅れが確認できるものの、 $\eta/H_i$  と  $\Delta x/H_i$  および  $\Delta\alpha B/2H_i$  は概ね逆位相となっており、Case 3 と類似した傾向が確認できる。張力の発生状況に着目すると、 $B/L$  が大きい Case 1 では、 $\Delta\alpha B/2H_i$  が最大 (反時計回り最大変位時) となる直前に wire1 に作用する張力が最大となり、 $\Delta\alpha B/2H_i$  が最小 (時計回り最大変位時) となる直前に wire2 に作用する張力が最大となっている。このように張力が回転角変位に応じて作用したために、緊張係留時には未係留時と比べ Roll が低減したと考えられる。一方で、 $B/L$  が小さい Case 3 では、ケーソンの並進運動が Case 1 と比べて大きく、ケーソンが沈み込む際にワイヤの取り付け位置がアンカー位置から大きく離れるため、 $\Delta z/H_i$  が最小となる直前に wire1, 2 ともに張力が最大となっている。以上の要因から Case 1 と 3 では張力の発生状況が異なると考えられる。

**4. おわりに:** 本研究では、規則波作用下での上部斜面堤ケーソンの動揺特性および索張力特性を明らかにすることを目的として水理実験を実施した。その結果、索張力の作用によりケーソンの回転運動が抑制されることが明らかになった。今後は諸条件を変化させ、ケーソンの運動を抑制する係留方法の検討を行う所存である。

**参考文献:** [1] 石見ら (1996) : 外洋に面した港湾における防波堤ケーソンの据付時の動揺特性および作業限界条件, 港湾技研資料, No. 850, 29 p. [2] 米山 (2003) : 動揺シミュレーションによる防波堤ケーソンの据付限界条件に関する検討, 海洋開発論文集, 第 19 巻, pp. 659-664. [3] 石崎ら (1999) : ケーソンの曳航・据付時の動揺および索張力, 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp. 841-845.