

Ⅲ-A167

ケーソン/捨石マウンド/地盤系の地震時変形特性に関する研究

東洋建設(元京都大学大学院)
京都大学防災研究所

正会員 金 夏永
フェロー会員 関口秀雄

1. はじめに

ケーソン式混成堤は、ケーソン/捨石マウンド/地盤系により構成される(図-1 参照)。基礎地盤の上に捨石マウンドを構築する理由としては、従来、波浪による洗掘や不同沈下の防止が挙げられている。本研究では、ケーソン式混成堤の地震時変形特性に及ぼす捨石マウンドの有無の影響と基礎地盤の相対密度の影響を遠心力場震動実験に基づいて詳しく検討した。

2. 実験の概要

ケーソン式混成堤モデルに対する振動台実験を 30g の遠心加速度場のもとで実施した。土槽の幅、高さ、奥行きはそれぞれ、400mm、280mm、100mm である。実験に用いたケーソンの幅、高さ、奥行きはそれぞれ 60mm、100mm、99mm で、質量 m は 1.42kg である。実験における主要パラメータは液深 d_0 、図-1 ケーソン式混成堤の主要パラメータ 捨石マウンド表面までの液深 d 、マウンド厚さ h_m 、基礎砂地盤の厚さ D 、マウンドの単位体積重量 γ_m 、液体の単位体積重量 γ_f 、基礎砂地盤の単位体積重量 γ である(図-1 参照)。混成堤基礎地盤の表面に作用する有効接地圧 q'_b を後の議論に便利のように次式で定義しておく。

$$q'_b = q + (\gamma_m - \gamma_f)h_m - \gamma_f \cdot d$$

ここに、 $q = m \cdot g / A$ (ただし A はケーソンの底面積) である。

基礎地盤には珪砂 7 号、捨石マウンドには珪砂 4 号を用いた。本実験では、液体としては、震動と圧密に関する時間相似則を満足させるために、30cSt のシリコンオイルを用いた。基礎地盤と捨石マウンドは液中落下法により作成した。ケーソン天端には 3 台のレーザー式変位計を設置し、加振中のケーソン天端の沈下量、水平変位、傾斜角を計測した。加振中のケーソンのロッキング、捨石マウンドと地盤の変形状況を高速 CCD カメラにより観察した[1]。入力地震動は sin 波で、入力水平加速度振幅 3g、振動数 30Hz、継続時間は 0.67 秒に設定した(図-2(a)参照)。

シリーズ I では、液深 $d_0 = 95\text{mm}$ 、マウンド厚さ $h_m = 35\text{mm}$ 、基礎砂地盤の厚さ $D = 115\text{mm}$ に設定した。有効接地圧 q'_b は 61kPa である。シリーズ II はケーソン/基礎地盤系の実験である。すなわち、図-1 において、捨石マウンド部がないものに相当する($h_m = 0$)。液深 $d_0 = 60\text{mm}$ 、基礎砂地盤の厚さ $D = 150\text{mm}$ に設定した。有効接地圧は 51kPa である。

シリーズ I とシリーズ II における基礎地盤の相対密度 Dr は 20%~95% に幅広く変化させた。シリーズ I における捨石マウンドは締め固めて密結めている。

3. 実験結果と考察

ケーソン/捨石マウンド/基礎地盤系の地震時変形 ケーソンは加振中にロッキングしながら、概ね真っ直ぐに沈下した(高速 CCD カメラにより観察)。ロッキング中にケーソンの一方の端部は捨石マウンドから離れ、他方の端部は捨石マウンド内に突き出すような挙動が観察された。ケーソンのロッキングにともない、捨石マウンドからは細粒分が吹出した。また、液面波が発生したことも観察された。

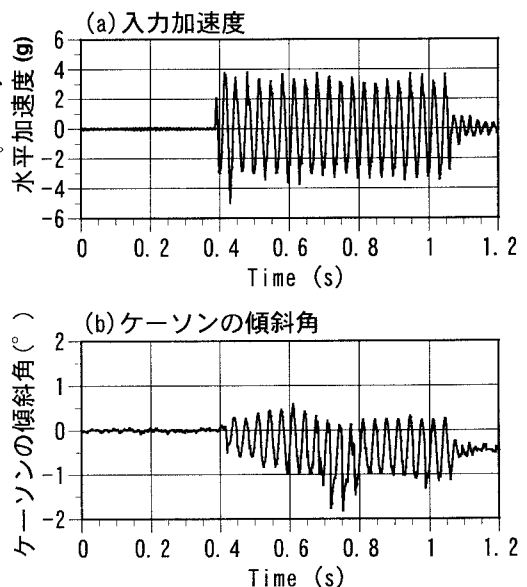
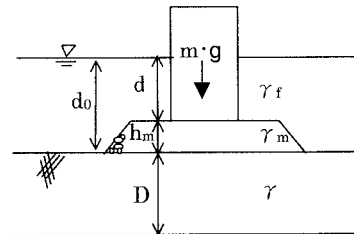


図-2 ケーソンの傾斜の時刻歴

遠心力場震動実験、ケーソン式混成堤、ロッキング

〒611-0011 宇治市五ヶ庄京都大学防災研究所災害観測実験センター(TEL. 0774-38-4176, Fax. 0774-38-4180)

ケーソン天端に設置したレーザー式変位計によるケーソンの傾斜の時刻歴を図-2 に示す($D_r=61\%$ 、シリーズ I)。ケーソンの傾斜の振幅は加振初期には徐々に増加して行くが、加振後約 0.2 秒からはほぼ一定の振幅でロッキングしている。

加振終了後の捨石マウンドと基礎地盤の変形状況を図-3 に示す。ケーソンのセンターラインの両側において捨石マウンドの表面は谷状に変形しているが、これはケーソンのロッキングによるものである。捨石マウンドの直下地盤は著しく沈下し、オープンエリアは隆起していることにも留意したい。

ケーソンの沈下量に及ぼす基礎地盤の相対密度の影響 ケーソン天端の沈下は主要動中にほとんど終了し、震動停止後の過剰間隙圧の消散に伴う沈下は無視しうる程度であった。主要動停止直後におけるケーソン天端の沈下比(S/D)と相対密度 D_r の関係を図-4 に示す。ここに、 S はケーソン天端の沈下量、 D は基礎地盤の厚さである。シリーズ I において、基礎地盤の相対密度が 25% の場合にはケーソンは著しく傾斜し、その平均沈下比は 22% に達した。基礎地盤の相対密度が大きくなるにつれて、ケーソン天端の沈下比は概ね直線的に減少している。

シリーズ II において、基礎地盤の相対密度が非常にゆるい 21% の場合にはケーソンは著しく傾斜し、その平均沈下比は 40% を超えている。基礎地盤の相対密度が 30% を超えると、シリーズ I の場合と同様にケーソン天端の沈下比は相対密度とともに概ね直線的に減少している。

ケーソンの沈下に及ぼす有効接地圧レベルの影響 上述したようにシリーズ I の有効接地圧 q_b は 61kPa、シリーズ II の有効接地圧 q_b は 51kPa である。シリーズ I とシリーズ II の有効接地圧の差は基礎地盤上の捨石マウンドの有無によるものである。基礎地盤が非常にゆるい場合($D_r=21\%$)にはシリーズ II におけるケーソンの地下比は非常に大きい。しかし中密地盤においては、有効接地圧 q_b が小さいシリーズ II のケーソンの沈下比の方がやや小さくなっている(図-4 参照)。基礎地盤の相対密度が 80% 程度以上の密詰めになると、有効接地圧 q_b の違いに関わらず、シリーズ I とシリーズ II におけるケーソンの地下比(S/D)の値は同程度である。

4. まとめ

- (1) 高速 CCD カメラを用いた観測によると、加振中にケーソンの一方の端部は捨石マウンドから離れ、他方の端部は捨石マウンド内に突き出すようなロッキング現象が観察された。ケーソンのロッキングにともない、捨石マウンドから細粒分が吹出したが、これはケーソンの揺動にともなう局所浸透流発生の一つの証左とみてよい。
- (2) 基礎地盤の相対密度が大きくなるにつれて、捨石マウンドの有無にかかわらず、ケーソン天端の沈下比(S/D)は相対密度とともに概ね直線的に減少した。

参考文献

- [1] 山田博志、関口秀雄、金夏永：高速 CCD カメラ撮影法の遠心力場震動実験への適用、第 54 回土木学会年次学術講演会講演概要集、1999 (投稿中)。

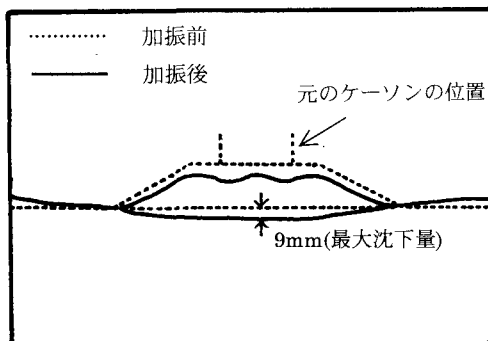


図-3 加振終了後の捨石マウンドと基礎地盤の変形状況
(シリーズ I、 $D_r=61\%$)

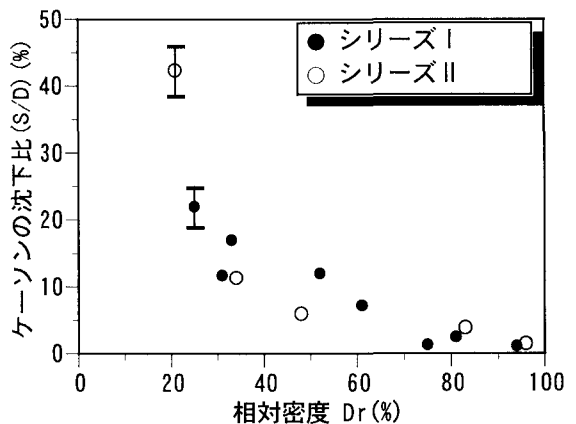


図-4 ケーソン天端の沈下比と相対密度の関係
(シリーズ I とシリーズ II のまとめ)