

防波堤周辺地盤の液状化におよぼす捨石マウンドの形状の影響

九州大学大学院 学生会員 〇富 裕一郎 九州大学大学院 フェロー 善 功企
九州大学大学院 正会員 陳 光斉 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸

1. 背景および目的

台風や高潮などに起因した海岸構造物の被災例は、これまで数多く報告されている。その被災例を見ると、防波堤の沈下や傾斜、また海底パイプラインの浮上などが挙げられる。このような海岸構造物の被災の原因として、波浪により構造物に直接作用する流体力があり、すでに構造物の設計基準などにも取り入れられている。しかし、実際の被災例では、海底地盤の液状化¹⁾や洗掘²⁾などに伴って構造物が被災する例も多く見られる。そこで、波一 地盤-構造物系の相互応答を明らかにすることができれば、海岸構造物周辺地盤の安定性も構造物設計に含めることができると考えられる。

そこで、本文では、捨石マウンドの形状が防波堤周辺地盤の液状化およびケーソンの沈下におよぼす影響を検討することを目的として水理模型実験を行った。

2. 内容

2.1 実験概要

図-1 に本実験で用いた実験装置を示す。縮尺は 1/100 とし、防波堤模型の比重は実物と同じ値に調整した。水路幅と水深は、それぞれ 400mm と 170mm である。地盤の透水層は 350mm で、試料として豊浦硅砂を用い、水中落下法により相対密度 30% に作製した。それ以深の地盤は、低透水層とするために相対密度 80% で作製した。捨石マウンドには碎石(2~11g/個)を使用し、密度 1.38g/cm³ で作製した。図-2 に計測器配置図を示す。間隙水圧計は、造波装置側からそれぞれ重複波の腹、マウンド法先、マウンド直下、およびケーソン直下に設置し、それぞれ P1, P2, P3, P4 地点と呼ぶ。また、設置深度は 0, 40, 90, 140, 190mm とした。波高計は、P1, P2, P3 上に設置した。ケーソンおよび地盤の変形状況を調べるために、ケーソンおよび地盤の様子をビデオカメラで撮影した。表-1 に実験条件を示す。作用波は、すべて正弦波であり、周期 1.2 秒、波高 90mm で各ケース同じ値とした。捨石マウンドの形状は、図-2 に示すように、のり勾配を 1:2 で一定にし、ケーソン前面からの長さを 200mm および 300mm とした。また、

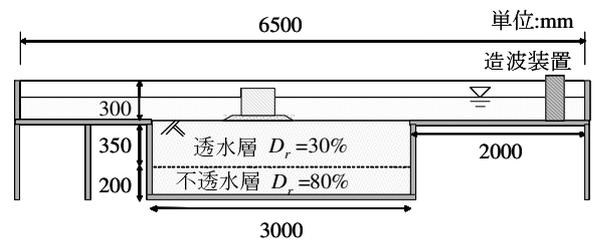


図-1 実験装置

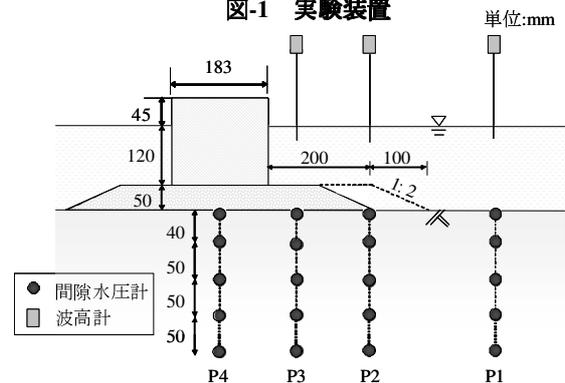


図-2 計測器配置図

表-1 実験条件

Case	周期 (s)	波高 (mm)	捨石マウンド	
			長さ l (mm)	厚さ d (mm)
1	1.2	90	200	50
2			300	

波浪伝播と地盤圧密に関する時間相似則を同時に満足させるために、高粘性のポリマー溶液を用いた。透水試験により、ポリマー溶液を用いた際の地盤の透水係数は水の場合の約 1/70 倍になるように設定した。

2.2 実験結果および考察

2.2.1 間隙水圧発現特性

液状化が発生する範囲を調べるために、図-3 に Case1($l=200$ mm)の過剰間隙水圧比の水平方向分布を示す。ここで、過剰間隙水圧比は、地盤内の間隙水圧と静水圧の差をとって過剰間隙水圧とし、過剰間隙水圧を有効応力で除して算出した。防波堤に近づくほど過剰間隙水圧比が小さくなり、P3 および P4 地点では、液状化は発生しな

キーワード 液状化, 間隙水圧, 波浪

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 防災地盤工学研究室 TEL 092-802-3383

った。これは、防波堤の上載荷重により周辺地盤の有効応力が増加し、地盤の液状化強度が増加したことが原因と考えられる。しかし、マウンド法先の P2 地点では、 $z=140\text{mm}$ まで過剰間隙水圧比が 0.9 程度になり、液状化が発生した。また、写真-1 のように、液状化によってマウンド法先の捨石が沈み込み、ケーソン前面が 3.5mm 沈下した。以上より、今回の波浪条件では、マウンド法先付近に液状化発生危険があることが確認された。

P2 地点および P3 地点での、間隙水圧の発生へのマウンド形状の影響を検討するために、図-4 に $l=200, 300\text{mm}$ における、P2, P3 地点の過剰間隙水圧比の深度分布を示す。 $l=300\text{mm}$ の場合、P2 地点では $l=200\text{mm}$ の場合と比較して過剰間隙水圧比が 0.3 程度減少し、液状化が発生していない。マウンドが沖方向に長くなったことで P2 地点への上載荷重が増加し、地盤の液状化強度が増加したことが原因と考えられる。しかし、液状化が発生しないにもかかわらず、 $l=300\text{mm}$ の条件においても写真-1 と同様にマウンドがケーソン前面 100mm まで沈下し、それに伴うケーソン前面の沈下が 3.6mm 発生した。このことから、マウンドの沈下はマウンドの形状よりも、波浪条件に支配的であることが示唆される。

2.2.2 捨石マウンドの沈下と時間の関係

捨石マウンドの長さや捨石マウンドの沈下に起因してケーソンが沈下を開始する時間の関係を知るため、波数と捨石マウンドの長さの関係を図-5 に示す。捨石マウンドは、波浪による液状化に起因して沈下するため、波数が増加するとともに、長さが短くなる。 $l=300\text{mm}$ の条件において、80 波目で捨石マウンドの長さが 150mm まで短くなったさいにケーソンの沈下が急増した。しかし、 $l=200\text{mm}$ の条件では、150mm に沈下するまで 33 波しか要さないことから、捨石マウンドを長くすることによって、液状化に伴うケーソンの沈下を 50 波程度遅らせることができたと考えられる。

3. 結論

本文では、捨石マウンドの形状が防波堤周辺地盤の液状化およびケーソンの沈下におよぼす影響を検討した。以下に主要な結論を示す。

- (1) 防波堤に近づくほど波浪により生じる過剰間隙水圧比が小さくなり、今回の波浪条件では、捨石マウンドの法先で液状化が発生した。
- (2) マウンドの沈下は、マウンドの形状よりも、波浪条件に支配的であることが示唆された。
- (3) 捨石マウンドの長さは、最終的なケーソンの沈下量には影響を与えないが、ケーソンの沈下の開始時間に関係している可能性がある。

参考文献: 1) 善功企: 海底地盤の波浪による液状化に関する研究, 港湾技研資料, No.755, pp.17-29, 1993. 2) 鈴木高二朗, 高橋重雄: 消波ブロックの洗掘による沈下について, 京都大学防災研究所「水圧変動と水中地盤に関するシンポジウム」, pp.25-30, 2002.

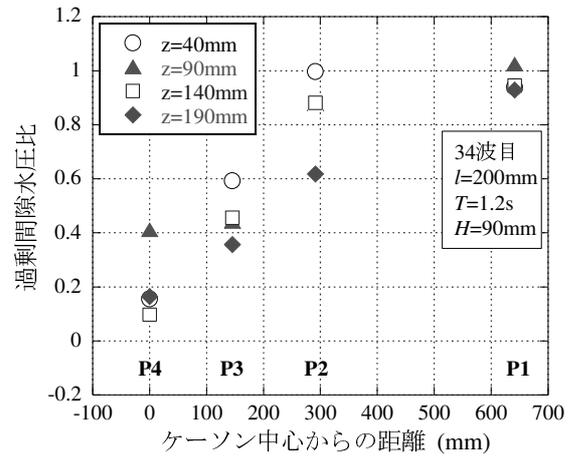


図-3 過剰間隙水圧比の水平方向分布

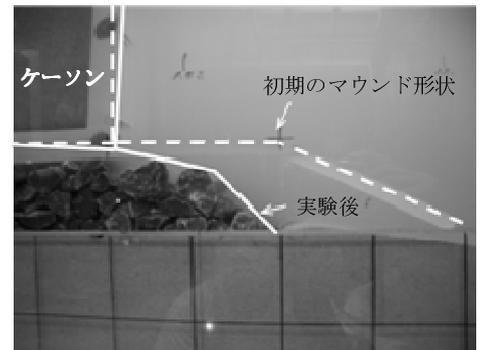


写真-1 実験終了後の捨石マウンド($l=200\text{mm}$)

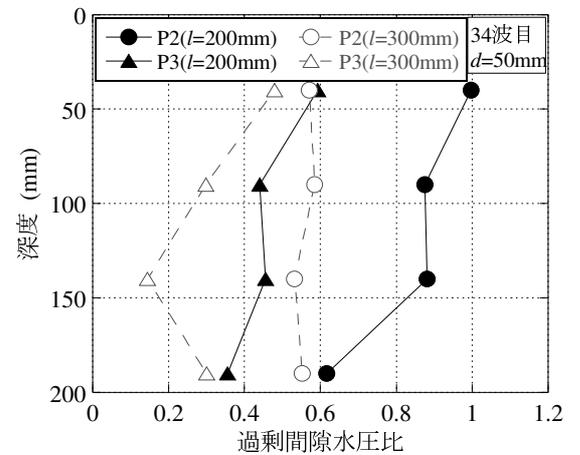


図-4 過剰間隙水圧比深度分布

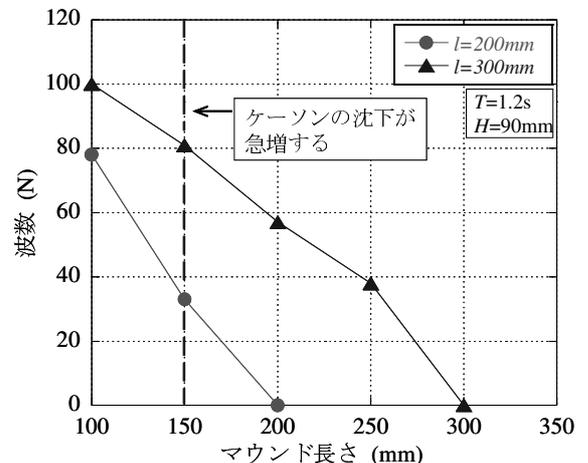


図-5 波数とマウンドの沈下の関係