

波浪により発生する防波堤周辺の間隙水圧に関する実験的考察

九州大学工学部 学生会員○竹山 真吾 九州大学大学院 フェロー会員 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

波浪の来襲に起因して海岸構造物が被災した事例は、これまで数多く報告されている。その被災例を見ると、捨石マウンドや被覆ブロック等の構造物保護工やその周辺地盤の破壊とリンクして、構造物が支持地盤に沈み込むことが顕在化している。しかし、波－地盤－構造物系の相互応答に関する研究は実証的な研究が少なく、未だ決定的なメカニズムの提示には至っていない。そこで本研究は、重複波の発生する領域での地盤および構造物の挙動を、地盤内に発生する間隙水圧に着目して水路模型実験にて観測した。

2. 内容

2.1. 実験概要

本実験で用いた実験水路を図-1(a)に、ケーソン模型の寸法と水圧計、荷重計および波高計の配置を図-1(b)に示す。水路幅は400mmで、ケーソン模型の幅も水路幅に合わせた。縮尺は1/100とし、模型の比重は実物とおなじ値に調整した。試料は豊浦標準砂を用い、水中落下法で地盤を相対密度11%に作成し、捨石マウンドには碎石(2~11g/個)を使用した。実験で使用した流体は、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(100cSt)のポリマー溶液を用いた。透水試験では、ポリマー溶液を用いると、透水係数が1/100程度になることが確認された。ケーソンおよび地盤の変位はビデオカメラで撮影し、地盤中にはマーカーを埋めた。水圧計は深度0, 4, 9cmに設置し、前方から順番にP₁, P₂, P₃, P₄地点とする。荷重計はケーソン前方、中央、後方に3点設置し、波高計はP₁とP₂上に設置した。作用波はすべて正弦波であり、周期と造波装置への入力電圧および波の発生時間を変化させた。また、それぞれの波を作用させる条件をStage1~5とよぶ。作用波の一覧を表-1に示す。

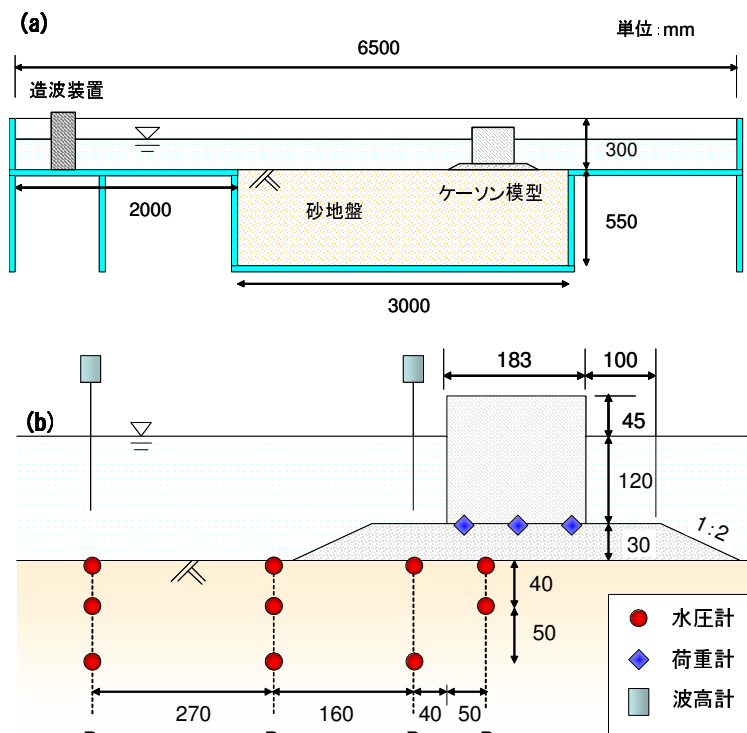


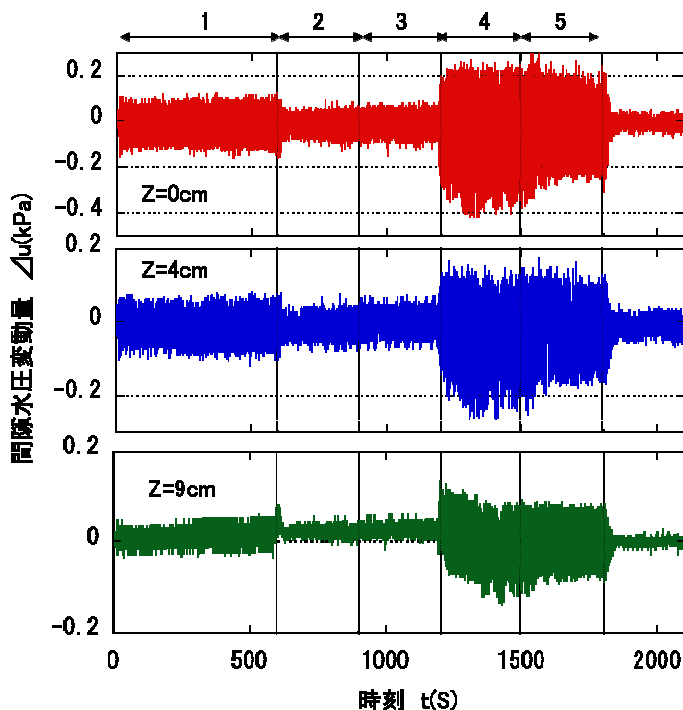
図-1 実験装置および計測器配置

表-1 作用波一覧

	Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5
周期(s)	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0
入力電圧(V)	1.5	2.0	3.0	3.0	4.0
時間(s)	600	300	300	300	300

2.2. 実験結果および考察

図-2, 図-3にP₂, P₄地点の間隙水圧の時系列をそれぞれ示す。図より水圧変動の振幅が深度方向に対して減衰するのが明らかである。これは、地盤の透水性の影響により、水圧の伝播が小さくなるためであると考えられる。また、防波堤を設置したことで重複波が発生し、Stage2および3において、節部となるP₂地点では水圧の振幅が減少した。Stage4ではP₂地点のZ=9cm, P₄地点のZ=4cm, において、わずかに残留間隙水圧の上昇が見られる。前者は重複波による地盤表面に作用する繰返しせん断力、後者では、波力がケーソン

図-2 P₂地点における間隙水圧変動量時系列

を介して地盤に作用した繰返しせん断力のためであると考えられる。また、Stage2に移行したときに、ケーソン前面から約80cmの地盤において、液状化が観察された。

地盤内の間隙水圧の変動を評価するために、図-4に変動過剰間隙水圧の深度分布を示す。図中の点線は有効土被り圧を示し、その線を超えたときに地盤が液状化したと考えられる¹⁾。P₁とP₂の両地点において、負の変動過剰間隙水圧の発生量が小さい。その傾向は、ケーソンに近いP₂のほうが顕著であり、ほとんど正の変動過剰間隙水圧が発生した。しかしながら、液状化が発生する程度まで変動過剰間隙水圧が生じることはなかった。

3. まとめ

本文の結論をまとめると、以下のようになる。

- (1) 波浪による水圧変動の振幅は、地盤の透水性の影響により、水圧の伝播が小さくなるため深度方向に対して減衰した。また、防波堤を設置したことで重複波が発生し、節部となる地点では水圧の振幅が減少した。
- (2) 波浪による地盤に生じる変動過剰間隙水圧は、左右対称ではなく、正の間隙水圧の発生量の方が大きかった。その傾向は、ケーソンに近い地点のほうが顕著であった。

<参考文献>

- 1) 善功企ら: 海底地盤の波浪による液状化および高密度化, 港湾技術研究所報告, 第26巻, 第4号, pp.125-180, 1987.

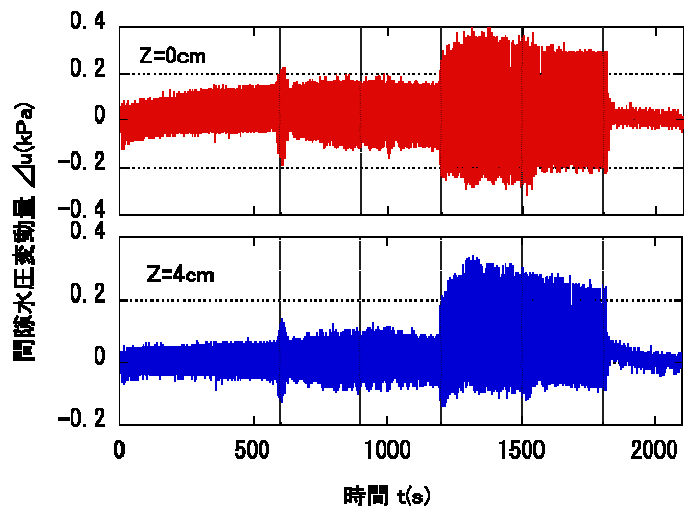
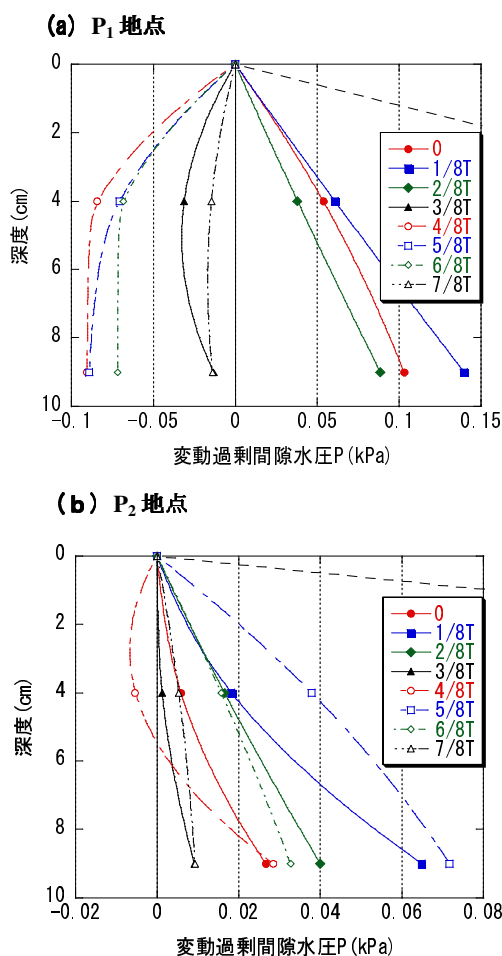
図-3 P₄地点における間隙水圧変動量時系列

図-4 変動過剰間隙水圧鉛直分布