## 防波堤周辺の観測された波浪による間隙水圧の解析

○九州大学大学院工学府 学生会員 梁 順普 九州大学大学院工学研究院 フェロー 善 功企 京都大学防災研究所 フェロー 高山 知司

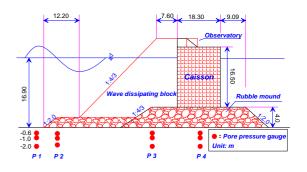
## 1. 研究の目的

波浪、海底の地盤および海洋構造物の相互作用は、海岸工学と同様に地盤工学における重要な問題である。これまで波浪の作用によって海底の地盤中における、過剰間隙水圧の発生及び液状化に関する各種報告が行われている。波による海底の地盤の間隙水圧に関する従来の多くの研究は、理論もしくは室内実験によるものが多く、現地での観測結果の報告は極めて少ない。波浪により生じる間隙水圧には、水圧の変動に弾性的に応答する変動間隙水圧と、間隙水圧が徐々に地盤中に蓄積していく残留間隙水圧の二つのタイプがある。さらに、防波堤周辺の波による間隙水圧の挙動についても多くの研究が報告されている。しかしながら、それらの研究は、主に、変動間隙水圧に着目した理論的研究や室内実験などであり、現場における観測結果についての解析例は極めて少ない。

そこで、本研究では、2004 年(10/17/2004~10/22/2004)の23号台風期間中に高知港で観測された結果を用いて、防波堤の周辺の不均質な海底地盤における波による間隙水圧(すなわち、変動間隙水圧と残留間隙水圧)の二次元的な挙動について明らかにすることを目的としている。

#### 2. 研究の内容

理論解析では、間隙水と土の骨格が圧縮性であると仮定した、Biotの圧密方定式から得られる間隙水圧を地盤(弾性体と仮定)中の力の平衡方程式と連成(Coupling)して応力や変位を求めている。残留間隙水圧は計算された変位とせん断ひずみと繰り返し波数によって単調に増加するダメージパラメータと呼ばれる実験定数を用いて有限要素法により求めている(善、1993)。砂とシルトのそれぞれの透水係数は $10^{-4}m/s$ 、 $10^{-6}m/s$  であり、体積圧縮係数は $2\times10^{-6}m^2/kgf$  である。



図ー 1 高知港の東防波堤の断面図

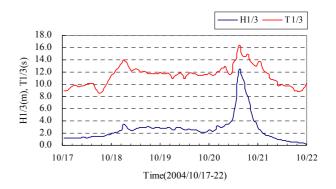
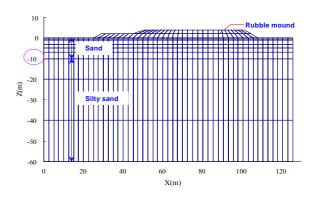


図-2 台風期間中の有義波高及び周期



図ー 3 有限要素メッシュ

図-1 は、高知港の東防波堤の断面図を示している。図 -1 で見られるように、間隙水圧計は防波堤の下に設置されている。また、各々の P1、P2、P3 及び P4 は、

キーワード 変動間隙水圧 残留間隙水圧 防波堤

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院 防災地盤工学研究室 TEL/FAX 092-642-4399

間隙水圧計の設置された位置を示している。図-2 は2004年台風23号が通過した期間中の有義波高および周期の時系列変化を示している。これらの観測値を、解析の入力データとして用いた。図-3 は本研究で使用された有限要素メッシュであり、海底の地盤は深さ-10mを境に砂層とシルト質砂層で構成されている。 図-4 は地点 P1 と P2 における観測値と計算値の比較を示しており、図-5 は地点 P1 における変動間隙水圧の時刻歴の観測結果と解析結果を示しているが、両者は良く一致している。図-6 は、地点 P2 における残留間隙水圧比の時刻歴を示している。図-7は、波浪のピーク時における、残留間隙水圧比の分布を示している。図-7で見られるように、残留間隙水圧比は地盤中で最大になる位置が存在する。この例では、法先地盤の深さ-5mで最大値、0.6をとっている。

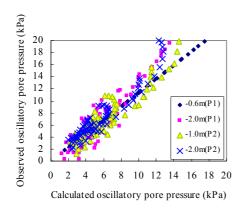


図-4 変動間隙水圧の比較

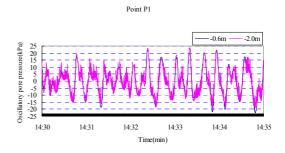
## 3. 主要な結果

- (1) 変動間隙水圧の観測結果と解析結果は良く一致した。
- (2) 残留間隙水圧比の場合、海底地盤中で最大になる位置が存在する。
- (3) Biotの圧密方定式による解析結果は観測された変動間隙水圧及び残留間隙水圧の挙動を説明できることが確認された。

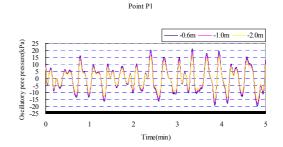
#### 参考文献

1) BIOT, M. A. (1941): General theory of three-dimensional consolidation, J. Appl. Physics, Vol. 12, pp. 155-164.

2) 善 功企(1993): 海底地盤の波浪による液状化に 関する研究、運輸省港湾技術研究所、No. 755.



### (a) 観測結果(2004年10月20日)



# (b)解析結果

図-5 変動間隙水圧の時刻歴

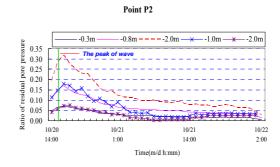


図-6 残留間隙水圧比の時刻歴; ×、※ 観測結果

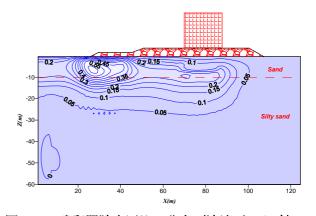


図- 7 残留間隙水圧比の分布(波浪ピーク時)