

京都大学工学部	学生員	○谷口 昇太郎
京都大学防災研究所	フェロー	高山 知司
(独)港湾空港技術研究所	正会員	佐々 真志
京都大学大学院	学生員	辻尾 大樹

1. はじめに

暴波来襲に起因した海岸構造物の沈下現象が顕在化しているが、その原因として高波浪の作用によるマウンド直下地盤の液状化の可能性が指摘されている。地盤液状化のメカニズムについては、実験や理論による研究が進んできており、特に、力学的相似則に加えて、波浪伝播と地盤圧密に関する時間相似則を同時に満足しうる遠心力場波浪実験法を用いて地盤液状化過程が明らかにされてきている。しかし、実際の高波浪作用下における海底地盤表層の動態については不明な点が多い。これまでの実海域における砂質地盤の応答観測は、自由地盤に限られている。本研究では、自由地盤と法先自由地盤、洗掘防止工下、消波ブロック下、ケーソン直下の5地点で、水圧と間隙水圧の系統的な現地観測を実施し、高波浪時における海底砂質地盤の応答を明らかにすることを目的としている。

2. 高波浪時における間隙水圧の現地観測地点と方法

本観測は、高知港三里地区東第一防波堤サイトで実施した。当サイトでは、地盤表層 4~5m は細砂主体の沖積砂層であり、特に、地盤深さ 2m までは N 値が 10 程度の緩詰め層となっている。したがって、夏の台風時に来襲する波高 6~8m の高波浪作用下において、液状化発生の可能性が高いと考えられる。本観測では、自由地盤(P 地点)と防波堤基礎地盤(法先自由地盤:P1 地点、洗掘防止工下:P2 地点、消波ブロック下:P3 地点、ケーソン直下:P4 地点)を対象とし、P 地点には水圧計(海底地盤面を基準として+0.5m)と間隙水圧計(-0.67m, -1.0m, -2.0m)を、P1 地点には水圧計(+0.5m)、間隙水圧計(-0.6m, -2.0m)を設置し、P2~P4 地点においては、地盤内 3 深度(-0.6m, -1.0m, -2.0m)に間隙水圧計を設置して観測を実施した。

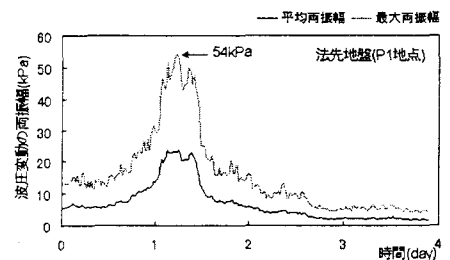
3. 現地観測時の条件と解析方法

3.1 現地観測時の台風条件と観測波浪の特性

今回の現地観測の対象となった台風 10 号は、8 月 3 日 15 時にフィリピンの東で発生し、最大中心気圧は 950hPa で、高知港に最も近づいた 8 日 21 時頃の中心気圧は 955hPa であった。本観測はこの台風 10 号にともない、平成 15 年 8 月 7 日 11 時から 8 月 11 日 8 時にかけて 4 日間にわたって、連続的に実施した。P1 地点で計測された水圧波浪成分の両振幅(最大値と平均値)の時刻歴を図・1 に示す。波高は観測開始から徐々に増大し、8 日 15 時頃にピーク値(54kPa)を経た後減少し、3 日目以降は最大両振幅にして 5kPa 程度となっている。

3.2 解析方法

観測データ特性を明らかにするために、移動平均法による水圧・間隙水圧データの成分分離を行った。水圧データは、波浪成分(有義波周期の数倍 40s より短周期側の成分)、潮位変動成分(周期 10 分より長周期側の成分)、長周期波成分(上記の 2 成分の中間成分)に分離している。間隙水圧データは、水圧変動成分(潮位変動成分+長周期波成分)、振動成分(40 秒より短周期側の成分)、残留成分(間隙水圧データ-水圧変動成分-振動成分)に分離している。観測データから算出するパラメータとして、地盤内の間隙水圧振動成分の減衰傾向を明らかにするために振動成分振幅比 $\bar{p}_e^{(1)} / \bar{p}_o^{(1)}$ を考えた。



図・1 P1 地点における水圧波浪成分の時刻歴

4. 解析結果とその考察

4.1 短周期変動特性

間隙水圧振動成分によると、全地点とも深さ方向に減衰しているが、P3 地点については観測開始 2 日目以降、減衰が見られない(図-2)。また、2 深度の位相の相関を表す振動成分相関係数(図-3)を見ても傾向に大きな変化が生じている。このことから、-0.6m と-1.0m の観測機器周辺の土質状況に何らかの変化(例えば消波ブロックの不均一な沈下等)が生じた可能性がある。

4.2 長周期変動特性

残留間隙水圧に表れている 40 秒以上の周期をもつ長周期変動成分と波群特性との関係、具体的には水圧波浪成分の包絡波形との関係をスペクトルの観点から調べた。本研究では、高速フーリエ変換を用いて周波数スペクトル解析を行った(図-4)。包絡波形のピークと長周期変動成分のピークはほぼ同じ周波数のところに現れている。このことから、水圧波浪成分の包絡波形、つまり波群と残留間隙水圧長周期変動成分との間に、密接な関係があるということを示している。また、包絡波形の最大値と長周期変動成分の最大値が現れる周期がそれぞれ 250 秒と 60 秒とで異なっていることがわかる。このことから、残留間隙水圧が影響を受けやすい特定の水圧波浪変動成分として、周期 60 秒程度の波が考えられる。このことは、2002 年に行った自由地盤での現地観測においても、約 60 秒の波群周期の影響が残留間隙水圧に現れていることから判断できる。

4.3 残留間隙水圧特性

各地点各深度の残留間隙水圧 4 日間の時刻歴によると、全地点において波圧の増大・減少過程とともに 30 分最大値は変動するが、30 分平均値についてはほぼ 0 で変動していない。また P1 地点-0.6m に関しては、観測開始 1.2~1.4 日目にかけて急上昇し、台風通過後においても 5kPa 程度生じている(図-5)。これは、観測機器が鉛直下向に 50cm 程度移動していることを示している。また、台風来襲前後の計測値から-0.6m の計器が鉛直下向に移動したことを確認している。このことは、この間隙水圧計の周辺の地盤で液状化が発生した可能性を示している。

5. おわりに

本観測で得られた主要な知見をまとめると以下ようになる。

- (1) 台風 10 号の来襲に伴って、法先自由地盤では液状化が発生した可能性がある。また、消波ブロック下では土質状況に何らかの変化が生じた可能性がある。
- (2) 水圧波浪変動成分と、残留間隙水圧の長周期変動成分との間には密接な関係があり、残留間隙水圧は周期 60 秒程度の波に影響を受けやすいことがわかった。

参考文献 佐々真志・高山知司・水谷雅裕・辻尾大樹：実海域における海底砂質地盤の残留間隙水圧の発生と消散過程，海岸工学論文集，第 50 巻，pp846~850，2003。

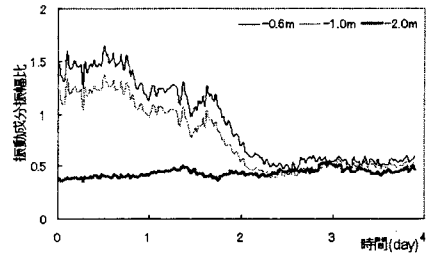


図-2 P3 地点の振動成分振幅比

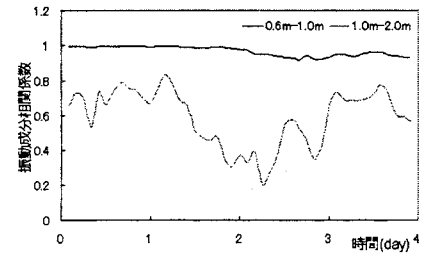


図-3 P3 地点の振動成分相関係数

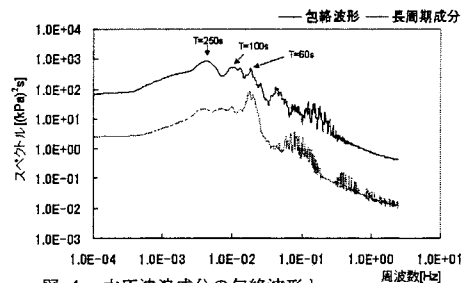


図-4 水圧波浪成分の包絡波形と

残留間隙水圧長周期変動成分の周波数スペクトル

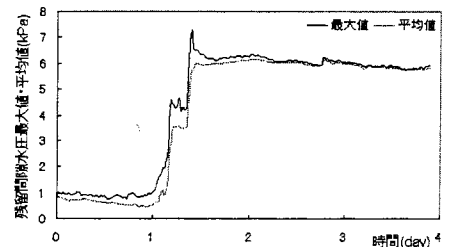


図-5 P1 地点-0.6m における残留間隙水圧