

1997年台風19号による波浪条件下の海底地盤間隙水圧の変動

東海大学	学生	○大郷博輔
東海大学	学生	松原勲子
東海大学大学院	学生員	内海秀幸
東海大学	正員	福江正治
日本海上工事	正員	田崎邦男

1. はじめに

防波堤や離岸堤など重力式海洋構造物の安定性は一般に地盤支持力から考えることが多い。しかしながら、海底地盤においては、波浪による水圧変動のため間隙水圧および有効応力の変動が発生し、これにより特定の波浪条件下において海底地盤は極めて不安定な状態となることが指摘されている¹⁾。そのため、構造物の耐波浪設計においては海底地盤の波浪応答特性に対する検討が重要である。

海底地盤の波浪応答問題に対しては理論的、実験的研究はこれまで数多くなされており、海底地盤内の変動間隙水圧、有効応力に対する解析解ならびに数値計算手法が各種の定式化のもと提案されている²⁾³⁾。しかしながら、現地海底地盤の変動間隙水圧の記録としては、計測自体の技術的問題もさることながら、その集積状況はいまだ十分ではないものと考えられる。

そこで、本研究では海洋構造物の波浪に対する安全性を検討するために必要な基礎的データを集積することを目的とし、海底地盤内変動間隙水圧の現地観測を行った。本報告では、本年度来襲した台風19号により発生した波浪状況下において得られた観測結果を含む記録をもとに、間隙水圧の変動特性について報告する。

2. 現地観測の概要

観測はFig.1に示す静岡県三保半島の駿河湾に面した海域にて実施した。駿河湾は外洋に対して大きく開口しており、本観測地点は外洋からの波浪(うねり)の影響を非常に受けやすい地点にある。観測期間の代表的な海底地盤の沖合方向の断面図をFig.2に示す。間隙水圧計の設置場所

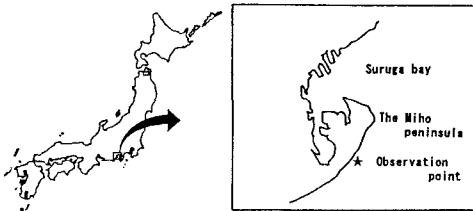


Fig.1 観測位置

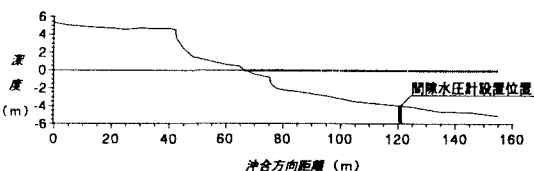


Fig.2 海底地盤の沖合方向の断面図

は汀線より沖合い50m、水深4mの砂質地盤であり(Fig.2参照)、深さ方向0m,1mの地点に計2器の間隙水圧計を埋設した(Fig.3参照)。埋設した間隙水圧計は有線式圧力センサーを、Fig.4に示すようにステンレスを加工したアダプタ内に固定する構造となっている。間隙水圧計に接続した導線は海底地盤より陸上まで通してポリカーボネイト製ホース内を通すことで止水、保護を施し、陸上のデータ収録機器までの全域において地盤に埋設した。なお、深さ方向0mに設置した間隙水圧計は、波浪による海底地盤表面に作用する水圧の測定を意図して設置したものである。

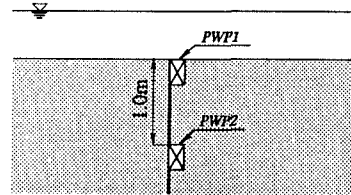


Fig.3 間隙水圧計の設置状況

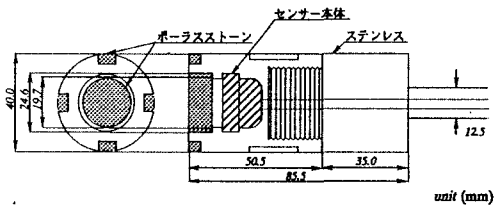


Fig.4 間隙水圧計

3. 観測結果と考察

(1) 観測日時と波浪状況

1997年9月6日～同年9月13日までの間観測を行った。その間、台風19号の影響による波浪(うねり)が9月12日夜より現れ、台風時特有の長周期の波浪が観測された。Fig.5に、観測地点より北へ約5km地点の清水港港内の海域に設置された波高計の(運輸省清水港湾港湾管理事務所)観測結果 $H_{1/3}$ を示す。図より9月12日以降急激に波高が上昇しており9月14日においては、 $H_{1/3}=1.4$ m程度の波高が観測されている。

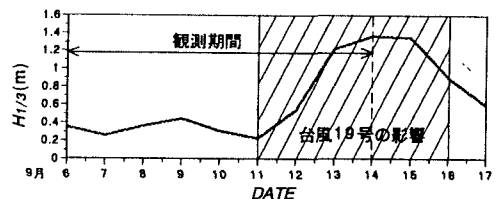


Fig.5 有義波高観測記録

(2) 間隙水圧の変動特性

Fig.6に9月13日に観測された代表的な時刻歴変動間隙水圧記録を示す。なお、間隙水圧の変動に位相差はほとんどみられなかった。図中太実線がPWP1で計測された波浪による海底面変動圧(P_0 (gf/cm²)), 細実線がPWP2で計測された海底地盤内変動間隙水圧(P_m (gf/cm²))である(Fig.3参照)。図より海底面変動圧 P_0 が峰に達した時、 P_m の応答は P_0 と比較して低く、谷においては P_0 より高い値を示す傾向に有る。(変動圧としての観点から)。ここで、波の谷における P_0 と P_m の圧力差を P_L 。また、波の峰における差圧を P_d と定義する(Fig.6参照)。ただし、Fig.6に示す記録は、記録計のゼロ設定を行った後53分経過したものである。これら P_L 、 P_d はみかけ上過剰間隙水圧と同様な意味を持つものであり¹⁾、波の谷における差圧分 P_L はその分だけ地盤内の有効応力を減少させる方向に作用し、波の峰での差圧分 P_d は地盤を締め固める方向に作用している(負の過剰間隙水圧としての作用)。このような現象は観測データ各所において見られ、海底地盤の応力状態は波の一周期位相内において海底面変動圧と地盤内変動間隙水圧の差圧分だけ発生する過剰間隙水圧により、増加・減少のくり返しを伴った変化をすることが確認された。

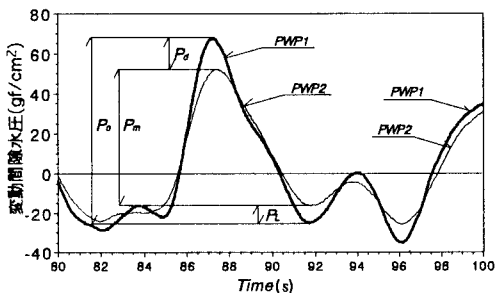


Fig.6 時刻歴変動間隙水圧記録

得られた観測データをもとに、この波の峰と谷において発生する差圧(みかけ上の過剰間隙水圧) P_d 、 P_L (Fig.6参照)と波形勾配 H/L の関係をFig.7,8にそれぞれ示す。波高 H は、PWP1で得られた変動圧の観測結果を用いている。Fig.7に示す P_d は波形勾配の増加に伴い P_d も極めて線形的な増加傾向を示す。また、Fig.8における P_L は、ばらつきが見られるものの、波形勾配の増加にともない増加する傾向にあることが分かる。

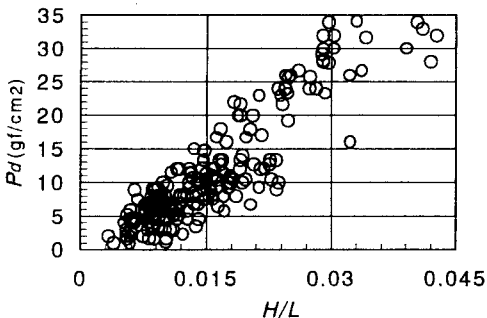


Fig.7 波形勾配と P_d の関係

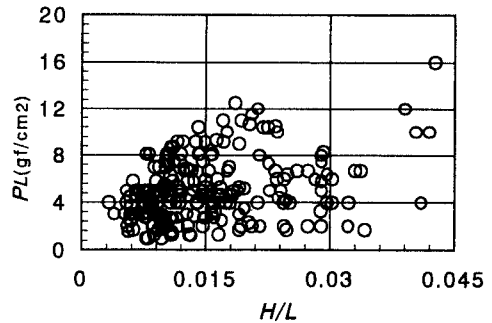


Fig.8 波形勾配と P_L の関係

次に、伝達率と周期の関係をFig.9に示す。伝達率は変動間隙水圧 P_m を海底面変動圧 P_0 で除することにより定義した(Fig.6参照)。図中実線はMadoson-Yamamoto⁴⁾らによる解析解であり次式で表される。

$$P_n/P_0 = e^{2\pi z/L} \quad (1)$$

上式において P_n は各深さにおける変動間隙水圧、 P_0 は海底面変動圧、 z は深さ、 L は波長である。図より伝達率は解析解よりやや低い値となっていることが分かる。

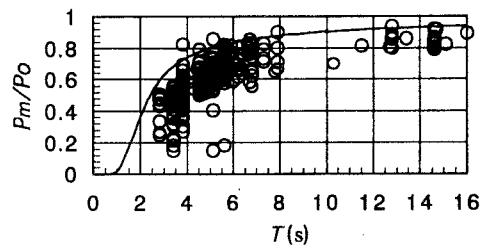


Fig.9 周期と伝達率の関係

4. まとめ

本研究では台風19号上陸時の現地観測をもとに、波浪の一周期位相内において現われる海底面変動圧と変動間隙水圧の關係に着目した。今回、変動間隙水圧の減衰により発生するみかけ上の過剰間隙水圧 P_d 、 P_L 、海底面変動圧の地盤中への伝達率のそれぞれに対して入射波浪に起因する波形勾配、周期との關係について調べた。これら關係の傾向は地盤特性に大きく起因するものであり、今後、地盤特性の各パラメータに対するの關連を明確にすると共に、時間経過に伴って現われる過剰間隙水圧の蓄積についての検討を進めてゆく予定である。

参考文献

- 1) 善功 企 他：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、1978。
- 2) Mei, C. C., Foda, M. A.: Wave-induced responses in a fluid-saturated pore-elastic solid with a free surface-a boundary layer theory, Geophys. J. R. astr. Soc., Vol 66, pp-597-631, 1981.
- 3) 間瀬 肇 他：多孔弾性理論による防波堤に作用する揚圧力および周辺地盤内の変動間隙水圧の解析、土木学会論文集、第411号/11-12, pp.217-225, 1989.
- 4) Yamamoto, T., Kening, H.L., Sellmeijer, H. and Van, H.-jum, E.: On the response of a pore-elastic bed to water wave, Jour. Fluid Mech., Vol. 87, pp.193-206, 1978.