

波浪場での底質の内部応力変動に及ぼす底面摩擦の影響

徳島大学工学部 正員 中野 晋
 徳島大学大学院 学生員 〇大村 史朗
 (株) ニュージェック 正員 三島 豊秋
 徳島大学工学部 正員 三井 宏

1. はじめに 波浪によって誘起される底質内部応力変動を理論解析する場合、土粒子骨格の弾性係数が十分大きい場合には海底摩擦の影響は無視できる。一方、酒井ら¹⁾はWei and Fodaの境界層近似解に基づいて底面摩擦を無視した場合と考慮した場合の間隙水圧変動について理論的に調べている。これによると底質表面近くで両者に有為な差があることを報告している。そこで本研究では、底質表面にフィルムを敷いて底面摩擦の影響を小さくした実験を行い、底面摩擦の底質内部応力変動への影響について実験的に検討した。

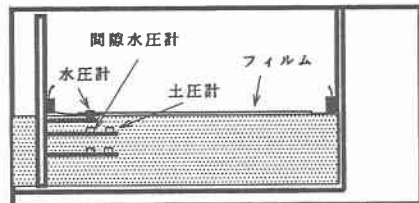


図-1 圧力計の設置状況

2. 実験方法 実験は長さ3m、深さ0.4mの砂床部を設けた水路長27m、幅0.8m、高さ1.0mの両面ガラス張りの二次元造波水槽を用いた。ただし、合板で水槽を仕切り、幅を1/2にして用いた。底質には石川ライト6号(表乾比重2.08, $d_{50}=0.14\text{mm}$, 透水係数 $5.07 \times 10^{-3}\text{cm/s}$)を用いた。砂層内に受感部直径が10mmの土圧計および間隙水圧計を表面から深さ2cm, 5cmの位置に、波圧測定用の間隙水圧計を砂表面に設置した(図-1)。砂表面に厚さ0.03mmのポリエチレンフィルムを敷くことで底面摩擦を遮断した実験を行った後、フィルムを剥がした通常の実験を行った。波浪条件は水深0.3と0.4m、周期1.0~1.6秒、波高3.0~16.2cmの約40ケースである。なお、有効応力変動 p_a は同時記録された土圧 p_s から間隙水圧 p_m を差し引いて求めた。

3. 実験結果と考察

1) 間隙水圧振幅への影響

底面波圧変動振幅 P_b で除した間隙水圧変動振幅 P_m/P_b とShields number ψ の関係について摩擦の影響のない場合とある場合を比較して図-2に示す。なお、Shields number ψ を算定する際には摩擦係数をSwartの方法により求めた。摩擦なしの図中に示した

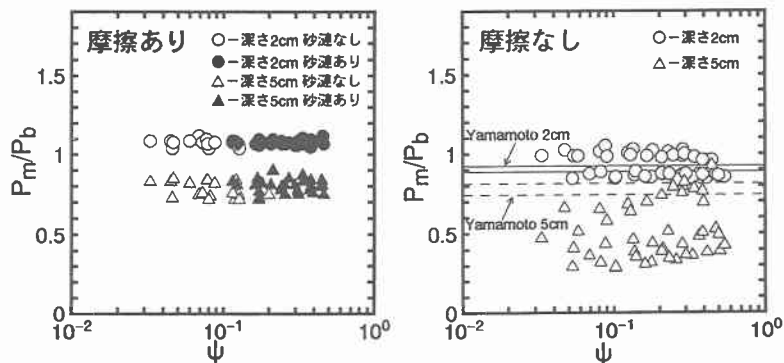


図-2 間隙水圧変動振幅への影響

た直線は不飽和で有限深さを仮定したYamamoto²⁾による理論解で、実験条件の中で波長が最短となる $T=1.0\text{s}$, $h=0.3\text{m}$ と最長となる $T=1.6\text{s}$, $h=0.4\text{m}$ について求めたものである。測定の実験条件である諸係数、つまり飽和度、砂の構造骨格の弾性係数および間隙率は99.5%, 10^8Pa , 0.66と仮定している。これら諸係数の把握が不十分であり、実験値との定量的な整合性を議論することはできないが、その変化傾向は把握できるであろう。両者を比較すると、フィルムの敷設が間隙水圧変動の深部への伝播を抑制している状況が見られる。表面からの浸透を押さえるためではないかと考えられる。両者とも ψ に関わらずほぼ一定であり、

砂澱の発生などの影響が小さいことを示している。

2) 有効応力変動振幅への影響

有効応力変動振幅 P_a/P_b への影響を調べたのが、図-3である。摩擦の作用の大きいフィルムなしの方が小さくなっているが、その差は顕著でない。また表面に近い $z=2\text{cm}$ では過剰間隙水圧が速やかに消散するため、 $z=5\text{cm}$ に比べると振幅は小さく、その変動も少ない。

3) 液状化条件に及ぼす影響

底質の見かけの単位体積重量を $\gamma'z$ 、底質深さを z とすると、波浪による底質の液状化条件は

$$\gamma'z + p_a \leq 0 \quad (1)$$

波浪場では p_a の最小値は $-P_a$ であることを考えると、

$$P_a / \gamma'z \geq 1 \quad (2)$$

の場合には瞬間的にも底質の一部が液状化することとなる。 $z=2\text{cm}$ での $P_a / \gamma'z$ と ψ との関係を図-4に示す。深さ 2cm 、飽和度 99.5% として本実験条件範囲で計算した結果も併示している。摩擦ありの場合がなしの場合に比べ、有効応力変動振幅が大きいことが図-3よりも明確に示されるが、両者ともにシートフローの発生条件に近い $\psi=0.3 \sim 0.4$ でも液状化条件を満たしていないことがわかる。

4) 底質内部応力の共振

本実験中、図-5に示すようにある波浪条件で、深さ 5cm の土圧変動 p_a が共振状態に達する現象が観察された。スペクトル解析から砂層長 (3m) に一致する圧力波の発達が確認されており、今後、砂層壁での土圧の反射を考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 酒井ら：波浪に対する砂浜地盤応答における海底摩擦の効果，海岸論文集，36，pp.794-798，1989。
- 2) Yamamoto T.: Wave induced instability in sea beds, Coastal Sediments '77, pp.898-913.1977.

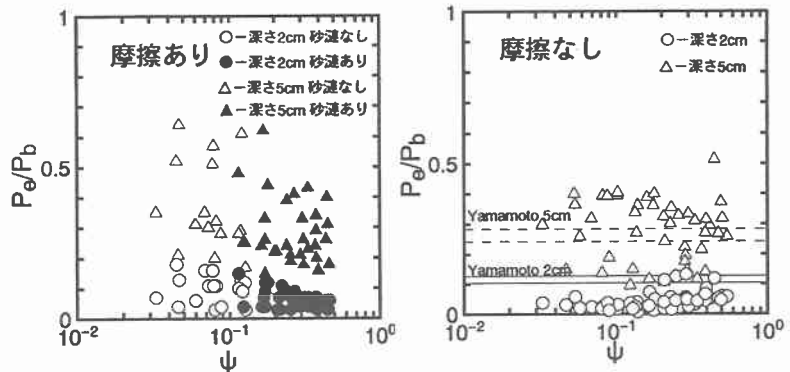


図-3 有効応力変動振幅への影響

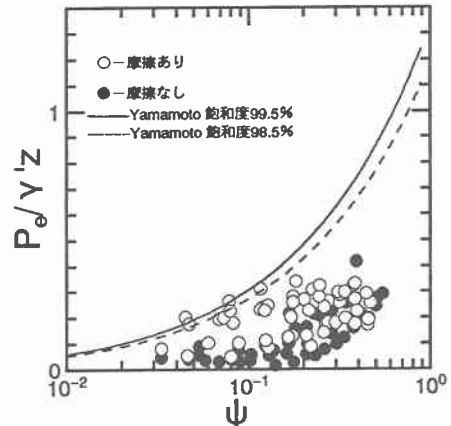


図-4 液状化条件

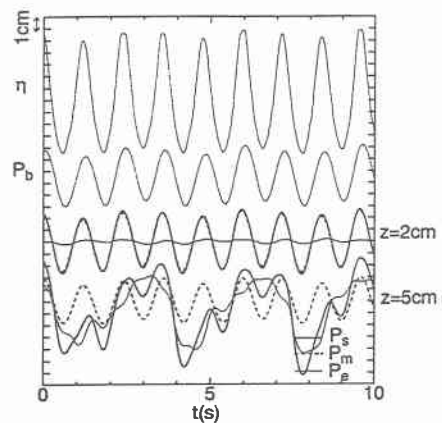


図-5 底質内部応力の共振現象
(水深 0.4m ，周期 1.2s ，波高 11.3cm)