

波浪による底質内部応力変動に及ぼす浸透流の影響

徳島大学工学部 正 員 中野 晋
徳島大学大学院 学生員 ○高橋 努
徳島大学大学院 学生員 大村 史朗
徳島大学工学部 正 員 三井 宏

1. はじめに

波浪により過剰間隙水圧が発生すると、海底地盤中には浸透流が発生し、その浸透流は海底地盤の液状化と密接な関係があると言われている。また高橋ら¹⁾は上向き浸透流が少しでもあると液状化が起こりやすくなる可能性があることを報告している。そこで本研究では、底質内部に段階的に浸透流を発生させることにより、底質内部応力変動に及ぼす浸透流の影響を調べ、液状化現象と漂砂現象との関連を調べた。

2. 実験方法

実験は長さ 27m、幅 0.8m、高さ 1.0m、の両面ガラス張りの二次元造波水槽で行い、計測は岸側から 6m の位置にある底質床部で行った。ただし、底質床部下部には浸透流発生装置を設置してある。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 $4.5\sim6.5\times10^{-3}\text{cm/s}$ 、間隙率 0.4~0.5）を用いた。底層内に受感部直径が 10mm の土圧計及び間隙水圧計を表面から深さ 2cm、10cm、20cm の位置に、波圧測定用の土圧計を砂表面に設置した（図-1）。また、底質内部に段階的に浸透流を発生させて実験を行った。浸透流条件は $Q=0\sim210\text{l/h}$ 、波浪条件は水深 0.4m、周期 1.2~1.4 秒、波高 5~13cm の約 70 ケースである。なお、有効応力変動は同時記録された土圧から間隙水圧を差し引いて求めた。

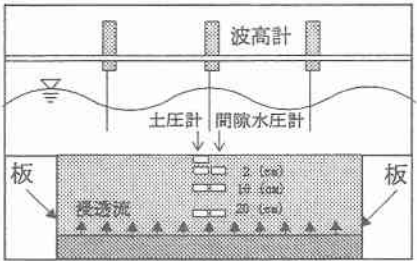


図-1 計器の設置状況

3. 実験結果とその考察

1) 間隙水圧振幅に及ぼす浸透流の影響

実験における間隙水圧の時系列変化を図-2 に示す。浸透流がないときに比べ浸透流がある時は間隙水圧振幅の鉛直方向への減衰が軽減しているのがわかる。これは浸透流をかけた場合、波浪による底質内部の変化が大きく、透水係数や飽和度などの諸量が大きくなったためではないかと考えられる。また、図-3 に縦軸に底面波圧振幅 P_b で除した間隙水圧振幅比 P_m/P_b 、横軸に浸透流速 V を砂の沈降速度 W_f で除した V/W_f を用い、浸透流の増加が間隙水圧振幅に及ぼす影響を調べる。図中に示した直線は鉛直一次元で間隙水の圧縮性を考慮した善ら²⁾による理論解で周期 $T=1.2$ 秒について求めたものである。測定困難である諸係数、つまり飽和度、体積圧縮係数は、理論値と実験値との鉛直方向の間隙水圧振幅の減衰状況を一致させることで飽和度 $S_r=96\%$ 、体積圧縮係数 $m_v=0.6\times10^{-3}\text{cm/kgf}$ と定めている。図-3 を見ると、理論値は浸透流の増減に関わらず一

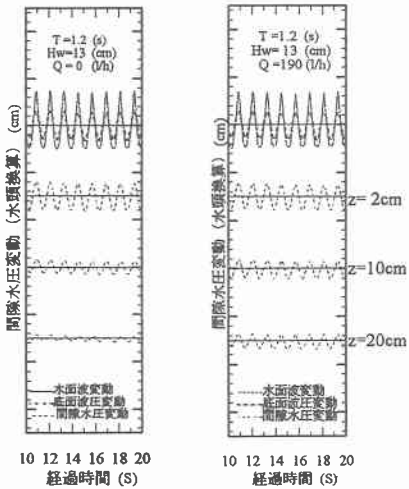


図-2 間隙水圧の時系列変化

定値を取っているが、実験値は浸透流の増加に伴って間隙水圧振幅も増加していることがわかる。この両値の違いは浸透流のある場合の波浪による底質内部の諸量変化の違いから生じたものと考えられる。理論値では底質の諸量は一定として考えているが、実験では浸透流をかけたとき、波浪により底質の飽和度、透水係数に変化が生じたためではないかと考えられる。

2) 液状化条件に及ぼす浸透流の影響

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

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

波浪場では p_e の最小値は P_e であることを考えると

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

の場合には瞬間的にでも底質の一部が液状化することになる。 $z=2\text{cm}$ での有効応力振幅比 $P_e / \gamma'z$ と Shields number ϕ との関係を図-4に示す。なお Shields number ϕ を算定する際には摩擦係数を Swart の方法により求めた。また、本実験では浸透流をかけているため底質の見かけの単位体積重量 γ' は、底質の乾燥単位体積重量を γ_s 、水の単位体積重量を γ_w 、浸透流による底質内部の間隙水圧増加を動水勾配 i とし、

$$\gamma' = \gamma_s - \gamma_w(1+i) \quad (3)$$

と考えている。浸透流がない場合に比べ、浸透流がある場合では理論値、実験値において有効応力振幅比 $P_e / \gamma'z$ が1を越えるケースが多くなっており液状化が発生しやすくなっていることがわかる。また、実験時に確認できた全体的な液状化の発生したケースは図に示した1ケース

だけであるが、図-4の実験値では Shields number ϕ が0.3を越えた付近から有効応力振幅比 $P_e / \gamma'z$ が1を越えるケースが多くなっており、つまり部分的な液状化が起こっていると考えられるケースが増加していることがわかる。上述した部分的な液状化が発生している領域とシートフローが発生する領域とほぼ一致していることから、漂砂現象と液状化現象には密接な関係があるのではないかと考えられる。

参考文献

- 1) 高橋重雄・下迫健一郎・山本悟・三浦祐信：液状化した砂地盤の特性とそれらによる消波に関する基礎実験，海岸工学論文集，Vol. 41, pp. 611-615, 1994.
- 2) 善 功企：砂地盤の波浪による液状化に関する研究，港湾技研報告，No755, 1993.

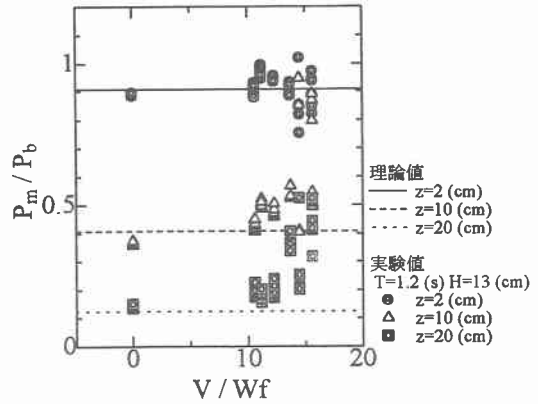


図-3 間隙水圧振幅に及ぼす浸透流の影響

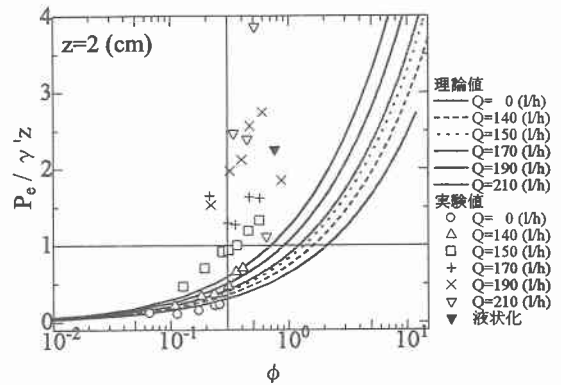


図-4 液状化条件に及ぼす浸透流の影響