

底質内部の応力とシートフロー発生限界

徳島大学大学院 学生員○井上 洋
徳島大学工学部 正 員 中野 晋
鴻池組 吉金 康夫

1. はじめに 漂砂における研究の中でシートフローは、最も活発に議論が進んでいる問題である。前野ら¹⁾によるとシートフロー現象は、砂層の液状化と密接に関連すると言われており、底質内の応力状態を調べることが必要となる。そこで本研究では、比重の小さい塩化ビニル粒子を底質に用いた波動水槽実験を行い、底質内圧力の特性やシートフロー限界について検討した。

2. 実験方法 実験は中央付近に3mの底質床部を設けた水路長16.8m、幅0.49m、高さ0.75mの片面ガラス張り2次元造波水槽を用いた。底質には本実験水槽で起こせる波浪条件下でもシートフローが発生できるように、比重1.25、粒径0.1mmの塩化ビニル粒子（以下塩ビ粒子と呼ぶ）を用いた。土圧計および間隙水圧計を底質床中央に底質床表面から深さ3.0cm、6.0cmに水路直角方向に並べてそれぞれ埋設し土圧変動と間隙水圧変動を測定した。波浪条件は水深20, 30, 40cm、周期0.8~1.2秒、波高1.51~7.57cmの範囲の約100ケースである。また底質層厚は7.0cmの一定である。

3. 実験結果と考察

(1) 波と圧力の時間波形

図-1, 図-2 に水面波と圧力の時間波形を示す。なお圧力は水頭に換算している。図-1はシートフローは発生せず、rippleが形成されている状態であり、図-2はシートフローが発生している状態である。図-1を見ると有効応力は水面波より $\pi/2$ 程度遅れている。これは土圧に比べて間隙水圧が進んでいることに起因している。図からも若干、間隙水圧が土圧に比べ進んでいることが見て取れる。また図-2では図-1と異なり、有効応力の波形が分裂している。こうした波形の分裂は直上の底質が移動することにより、内部の応力が水面波の影響と底質運動の影響の両方を受けたためであると考えられる。

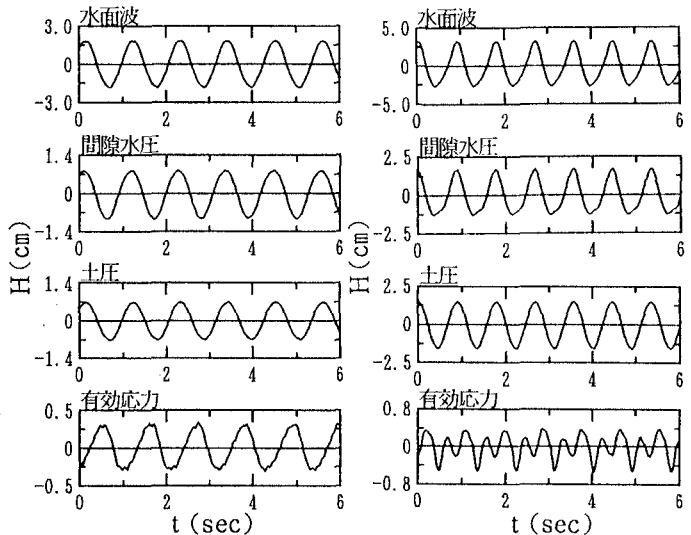


図-1 時間波形 (ripple)

図-2 時間波形 (シートフロー)

(2) 底質内圧力変動の特性

図-3, 図-4, 図-5に砂層表面での推定波圧振幅 P_b で除した間隙水圧振幅 P_z/P_b 、全水圧振幅 P_0/P_b 、有効応力振幅 P'/P_b とシールズ数 ϕ の関係を示した。 $z=3\text{cm}$ については、前野ら¹⁾の実験結果も同じ図中に示した。なお、図中で★で示したものはrippleが消滅し、シートフロー状態に達したと判断されたものである。これによると、間隙水圧振幅 P_z/P_b は、シールズ数の増加に従い、ゆるやかな減少傾向がみられる。しかし、 $\phi=0.05$ 以下の小さい場合においては、前野の値に比べ小さくなっており、ほとんど一定の $P_z/P_b=1.0$ となっている。一方、土圧振幅 P_0/P_b は $z=3\text{cm}$ においてはシールズ数が増加しても、ほぼ一定値となっているが、 $z=6\text{cm}$ においては、シートフロー状態付近から増加する傾向を示している。こう

した傾向はシートフロー状態で有効応力を増大させる方向に働くと考えられる。有効応力振幅 P_e/P_0 は、シールズ数の増加に対して減少している。この傾向は前野ら¹⁾と同様である。しかし、シートフロー状態での有効応力は、大きくなっているのがわかる。

これは先ほどの考察とよく一

致している。この傾向は波高が大きくなり、周期が短くなるに従って、有効応力変動は減少していくが、表層が液状化するに従い再び増加することを示している。このことから液状化している厚さが厚くなるほど有効応力は増加することを示唆している。

(3) シートフロー限界

図-6は、本実験でのシートフロー限界値について既従の研究（香取ら²⁾、樺山ら³⁾）と比較したものである。この図によると、本実験によるシートフロー限界のシールズ数 ϕ は、だいたい $\phi = 0.5 \sim 1.0$ の範囲であり、香取ら²⁾の結果と同程度の値を示している。これ

に対し、レイノルズ数 R ($=U_{max}d_0/\nu$, U_{max} :底面における最大水粒子速度, d_0 :水粒子軌道直径, ν :水の動粘性係数)は香取ら²⁾、樺山ら³⁾の結果と比べ、かなり小さい値でシートフロー現象が起きているのがわかる。これはレイノルズ数 R が底質の密度の影響を考慮できないためであり、シートフロー限界を表すためのパラメータとしては不充分であることがわかる。

謝辞 本研究は科学研究費（奨励研究(A), 中野 晋）の補助を受けた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 前野ほか:海工論文集, 36, 789-793, 1989. 2) 香取ほか:27回海講論文集, 202-206, 1980. 3) 樺山ほか:31回海講論文集, 381-385, 1984.

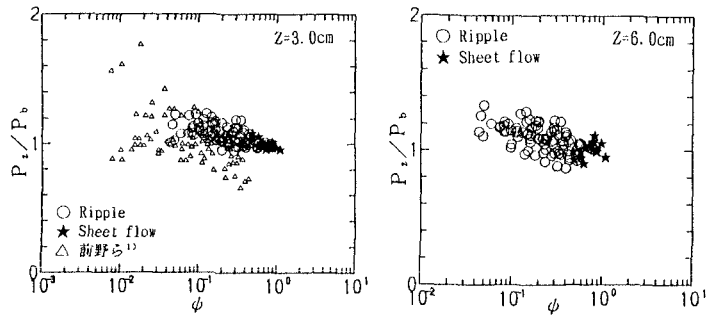


図-3 間隙水圧変動とシールズ数の関係

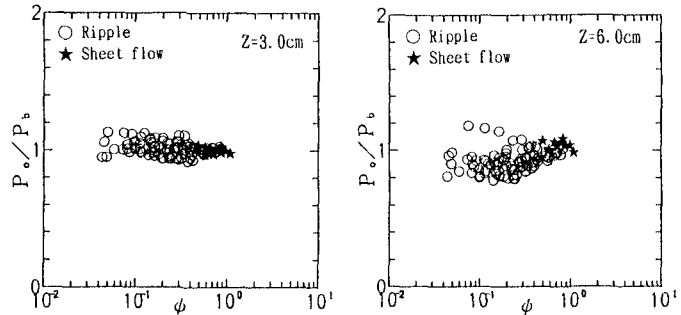


図-4 土圧変動とシールズ数の関係

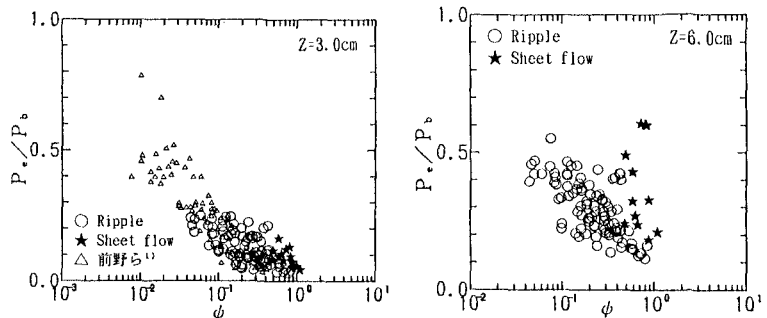


図-5 有効応力変動とシールズ数の関係

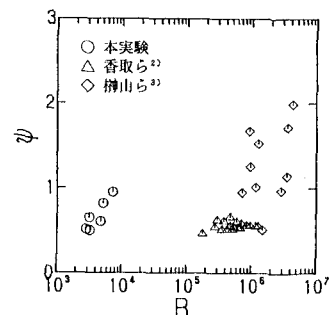


図-6 シートフロー限界