

4. 振動台実験

4.1 整理方法

本研究では、Trifunac の方法と FFT によるスペクトル分析で補正した加速度から、せん断応力および変位を算定し、隣接する加速度計間の相対変位からせん断ひずみ γ を算定した²⁾。図-4.1 にせん断応力の算定方法を示す。

4.2 実験結果

代表例として、珪砂 7 号の Case 5.1 ($D_{rc}=51.0\%$, 80gal, 12 波液状化), Case 5.6 ($D_{rc}=83.2\%$, 200gal, 8 波液状化) の結果をそれぞれ図-4.2, 4.3 に示した。図は(1)過剰間隙水圧波形, (2)補正加速度波形, (3)せん断応力比振幅波形, (4)せん断ひずみ波形を示す。図中の矢印は、液状化と判断した時点を示している。

図(1)の過剰間隙水圧波形をみると、ほぼ有効応力まで上昇し、液状化に至っている。Case 5.6 では、上昇後、ある幅をもって上下する挙動が見られる。これは密地盤の特徴で、繰返しに伴い正のダイレイタンスにより有効応力が回復し間隙水圧が減少するためである。図(2)の加速度波形は、液状化後振幅が減少している。図(3)のせん断応力比波形では、液状化後に振幅が減少している。各ケースとも液状化直前までの正、負のピーク値の平均から、液状化時の振幅 τ_d/σ_c を定義した。図(4)せん断ひずみ波形を見ると、Case 5.1 では液状化時の約 6 秒からひずみが増大している。液状化直前の両振幅せん断ひずみ γ_{DA} は、4.2~10%で、その後も増大傾向である。Case 5.6 では約 10%の γ_{DA} が発生している。

振動台実験では液状化時に発生する γ_{DA} は、5~10% (平均的には 7.5%) であった。また今回の実験では、珪砂 5 号と混合珪砂が似た挙動を示したのに対し、珪砂 7 号は、同じ加速度で何度も液状化する現象が見られた点が特徴であった。

5. 要素試験結果と振動台実験の比較

振動台実験から、液状化時に発生する両振幅せん断ひずみが 5~10% (平均的には 7.5%) であったことから、要素試験では $\gamma_{DA}=7.5\%$ に対応する繰返し応力比 τ_d/σ_c で、振動台実験においては、液状化時の平均せん断応力比と波数で液状化強度を定義した。

図-5.1(1), (2)に珪砂 5 号の、図-5.2(1), (2)珪砂 7 号の繰返し定体積一面、単純せん断試験と振動台実験による液状化強度の比較図を示した。一面、単純試験は、実験値(白塗りプロット)による液状化強度曲線を太線で、図-3.4 のように D_{rc} と P_1 の関係から推定した 30~90%の等 D_r 液状化強度曲線を細線で示している。また、振動台実験結果は、黒塗りでプロットした。図中の数字は、プロット点に対する相対密度である。

図-5.1(1), (2)から、一面、単純ともに 30~50%の

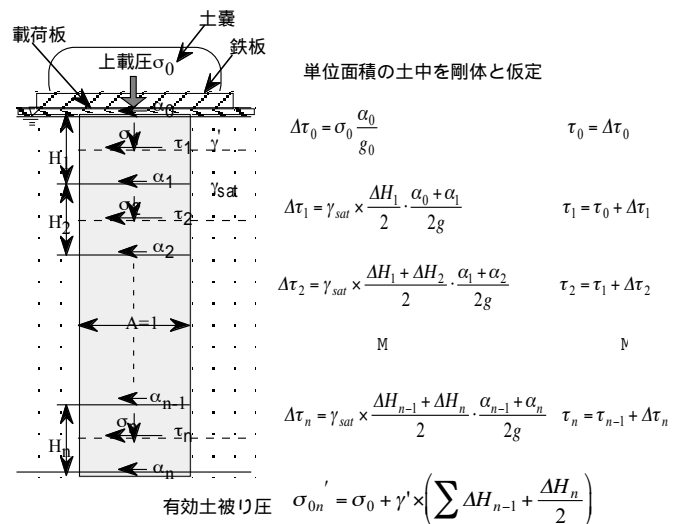


図-4.1 せん断応力の算定方法

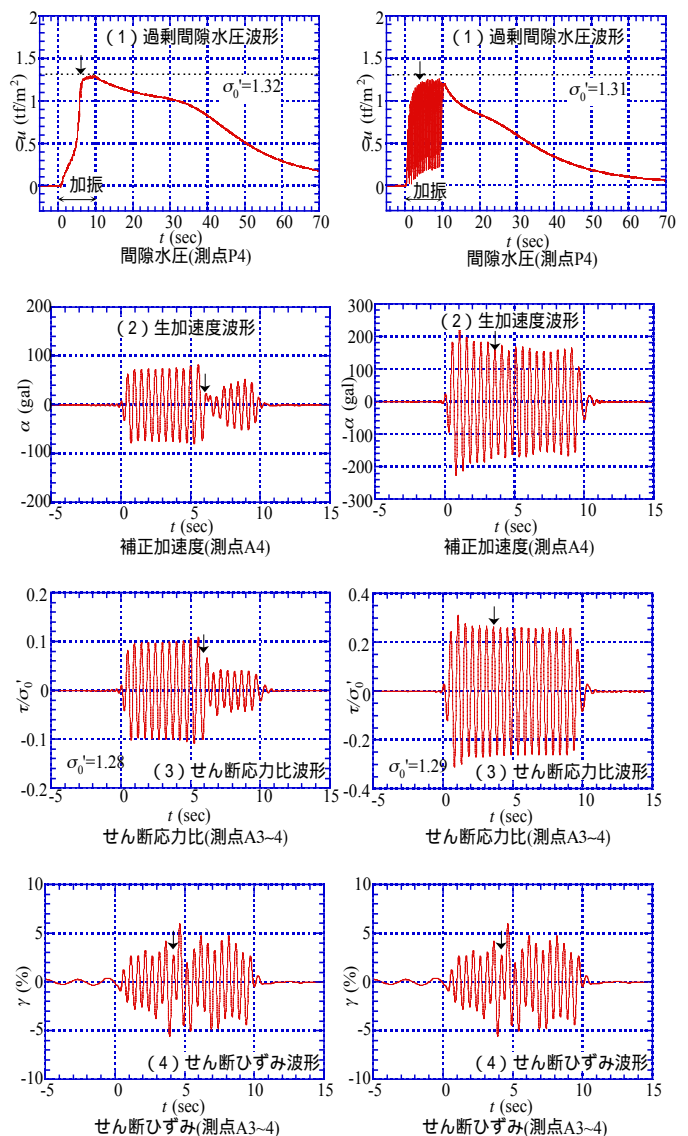


図-4.2 珪砂 7 号 $D_{rc}=53.6\%$, 80gal, Case 5.1 珪砂 7 号 $D_{rc}=83.2\%$, 200gal, Case 5.6

等 D_r 液状化強度曲線の間隔は、かなり狭い。すなわち、密度増加に対する強度増加が小さいということを考えると、振動台実験の $D_r=32, 35\%$ のプロット点に関しては、一面、単純ともに、比較的良好に対応していると考えられる。次に、密度が高い $D_r=73, 89\%$ のプロット点に関しては、一面より単純の方がよく整合している。混合珪砂に関しても、同様な傾向が見られた。

図-5.2(1), (2) から振動台実験の結果は単純よりも一面の方に整合する傾向が見て取れる。しかし、前述したように珪砂 7 号の振動台実験では、何度も同じ加速度で液状化する現象が見られ、土層全体が液状化したわけではなく、下層のみが液状化し、上層はせん断力が伝わらずに液状化しないというパターンが多かった。すなわち、珪砂 7 号の振動台実験における液状化パターンは、下層が液状化して密度増加した上にそれより緩い密度の層が残る、再び加振した際に密度増加した下層直上の緩い層が液状化する、という繰返しであったのではないかと考えられる。したがって、土層内に密度分布が生じており、図中に示した振動台実験の密度は、沈下量から求めた平均密度であるので、実際に液状化した層の密度より高い可能性がある。この点を考慮すると、一面よりむしろ単純の方が振動台実験と整合しているとも考えられる。

6. 結論

以上の結果から、以下の結果が得られた。

- 1) 同じせん断応力 τ_d/σ_c に対して、有効応力比 σ'/σ_c の減少は単純の方が早く、せん断変位 δ は一面が徐々に増加するのに対して、単純はある変位に収束する傾向がある。これは、単純の内部変形が供試体全体であるのに対して、一面は層厚の 1/3 に限定されるといった、供試体内部の変形性の違いに起因する。
- 2) 変形性を考慮するため、一面のせん断ひずみを $\gamma=3\delta/H$ で定義し、ひずみが等しい条件で、繰返し一面、単純せん断試験の液状化強度 R_l を比較すると、緩詰めでは一面が、密詰めでは単純が液状化強度を強く評価する傾向がある。
- 3) 珪砂 5 号と比較すると珪砂 7 号は液状化に対して弱い砂である。混合珪砂は、密度増加に対する強度増加率が大きい。
- 4) 振動台実験では、液状化時に発生する両振幅せん断ひずみ γ_{DA} は、平均的に 7.5% であった。
- 5) $\gamma_{DA}=7.5\%$ で液状化強度を定義し、要素試験と振動台実験を比較すると、両者は概ね整合し、単純せん断試験の方がより適合性が高かった。

参考文献

- 1) 玉瀬充康：一面、単純せん断試験による強度・変形特性の比較，2003.
- 2) 岡克彦：振動台実験における砂の強度特性，2003.

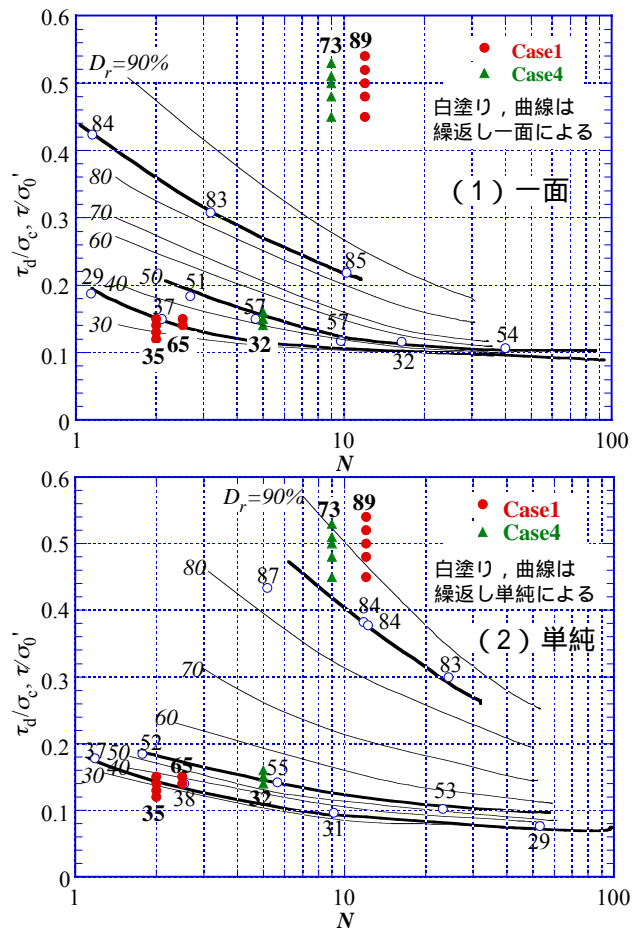


図-5.1 要素試験と振動台実験の比較 (珪砂 5 号)

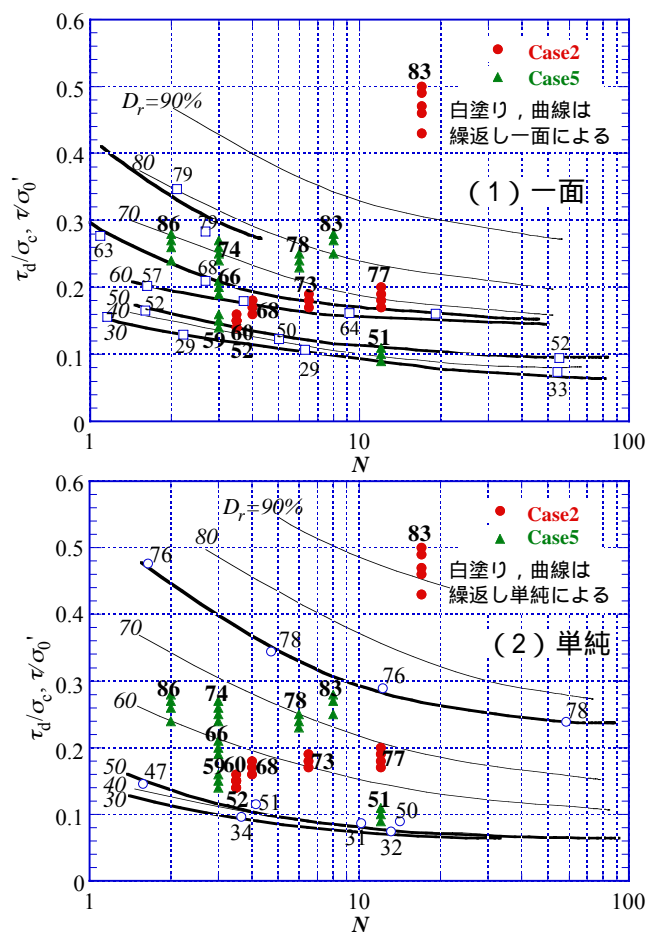


図-5.2 要素試験と振動台実験の比較 (珪砂 7 号)