

模型実験による液状化時の密度の常時計測

中部大学工学部 正会員 ○杉井 俊夫
中部大学工学部 正会員 山田 公夫

1. まえがき

液状化時の軸ひすみや地表面変位の計測についての報告はこれまで多くなされているが、密度変化について常時計測されていない。今回、著者らは誘電率式水分計を用いることで液状化時の密度変化を常時計測することを試み、これまで考えられていた液状化による再堆積の様子、深さによる密度の変化が測られたので、ここに報告する。

2. 誘電式水分計測センサーと密度計測

ADR(Amplitude Domain Reflectometry)法に基づく土壌水分センサー(Theta Probe)で、プローブ内部に発振器と測定電子回路が内蔵されており、センサー部は4本の平行なステンレス製のロッドからなっている。このセンサー部のロッドは真中の1本が信号ロッドでその周りの3本は信号ロッドの周囲に電気的な遮断を形成するシールドロッドとなっている。本センサーは、一般に水分量を体積含水率として計測するものであるが、今回、飽和地盤中の体積含水率から乾燥密度を算定し、密度の常時計測を試みた。なお、体積含水率の定義(式(1))と飽和時($S_r=100\%$)の乾燥密度との関係は式(2)のようになる。また、図-2はセンサーからの出力電圧と体積含水率の校正曲線である。

$$\text{体積含水率} : \theta = \frac{V_w}{V} \times 100(\%) \dots(1)$$

$$\text{より} \quad \rho_d = \rho_s \left(1 - \frac{\theta}{100} \right) \dots(2)$$

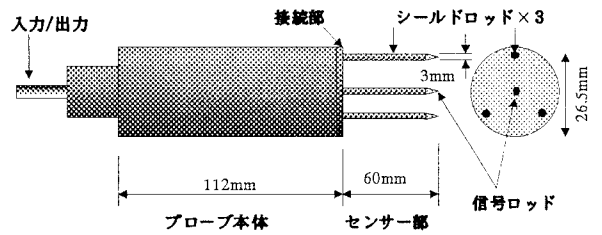


図-1 水分センサー

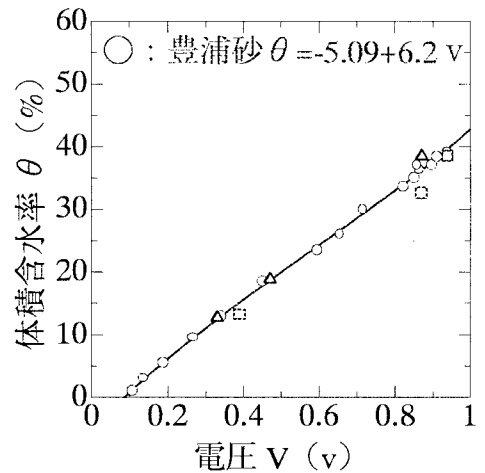


図-2 センサー校正曲線

ここに、 V, V_w : 土、土中水の体積、 ρ_d : 乾燥密度、 ρ_s : 土粒子密度 である。

3. 液状化モデル実験

砂試料には豊浦砂を使用しており、実験手順を以下に、

また、5つの計測センサーを表-1に示す。

1. 水槽に3種類、5個のセンサーを設置する
2. 水槽に水を適度に入れる
3. 水中落下法によって砂を流し入れる
4. ストレートエッジを使って砂の表面を均す
5. 砂の表面と水位が一致するまで下端から排水する
6. 収集条件を設定し測定開始
7. 加振開始
8. 加振終了
9. (最後の値を記録するため完全に揺れ終わってから)測定終了

表-1 計測センサー

| 収集Ch | 波形名 | 収集時間 | 測定範囲 | |
|------|------|---------|--|-----------------|
| 1 | 水分計1 | 40.960s | 0%~100% | |
| 2 | 水圧計1 | 40.960s | 0kgf/cm ² ~0.5kgf/cm ² | |
| 3 | 加速度計 | 40.960s | ±49.03m/s ² (±5Gal) | 応答周波数 ~120Hz |
| 4 | 水圧計2 | 40.960s | 0kgf/cm ² ~0.5kgf/cm ² | |
| 5 | 水分計2 | 40.960s | 0%~100% | |

実験装置の概要を図-3 に示す。センサーはロガーを介してパソコンにつながれている。

4. 実験結果

図-4 に5つのセンサーで得られた結果を示す。なお、間隙水圧で得られた過剰間隙水圧を初期有効拘束圧で除した過剰間隙水圧比で示した。測定開始後、2.3秒で揺れ始め、2.9秒には過剰間隙水圧比が1を越え、液状化していることがわかる。乾燥密度の変化を見ると下部の砂が一旦緩み徐々に密度が高くなっていく傾向にある。上部の砂についてはどんと緩み下部の砂の密度変化がなくなると密度が上昇し、再堆積している現象が読み取れる。最終的には、上部、下部とも同じ密度に収束していく傾向がわかった。また、下部の乾燥密度、過剰間隙水圧のデータから過剰間隙水圧比の減少とともに乾燥密度が上昇し再堆積の様子を表している。

5. あとがき

今後、加振終了後、密度の変化と過剰間隙水圧比の挙動について調べていく予定である。本研究は、中部大学ハイテクリサーチセンター第三プロジェクトの研究費の補助を受けた。また、本研究における実験では杉井研究室の倉橋弘明・上杉真一両君に協力いただいた。ここに記すとともに謝意を表します。

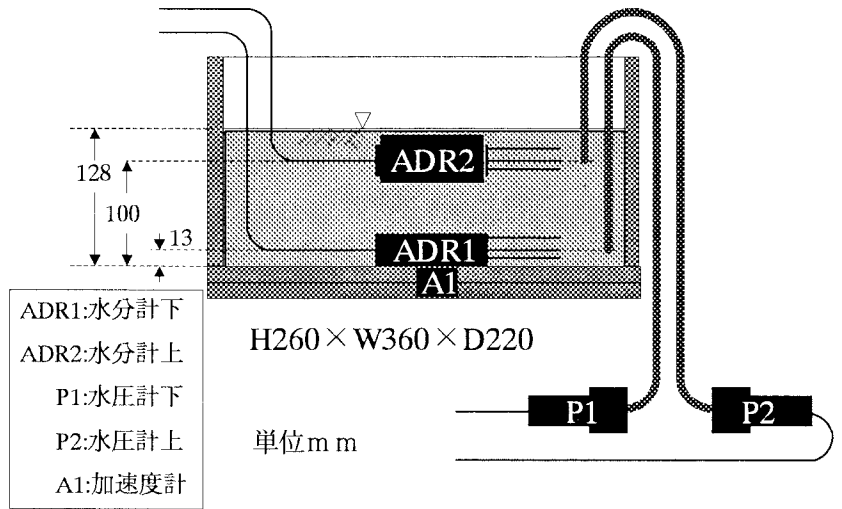


図-3 実験水槽とセンサー位置

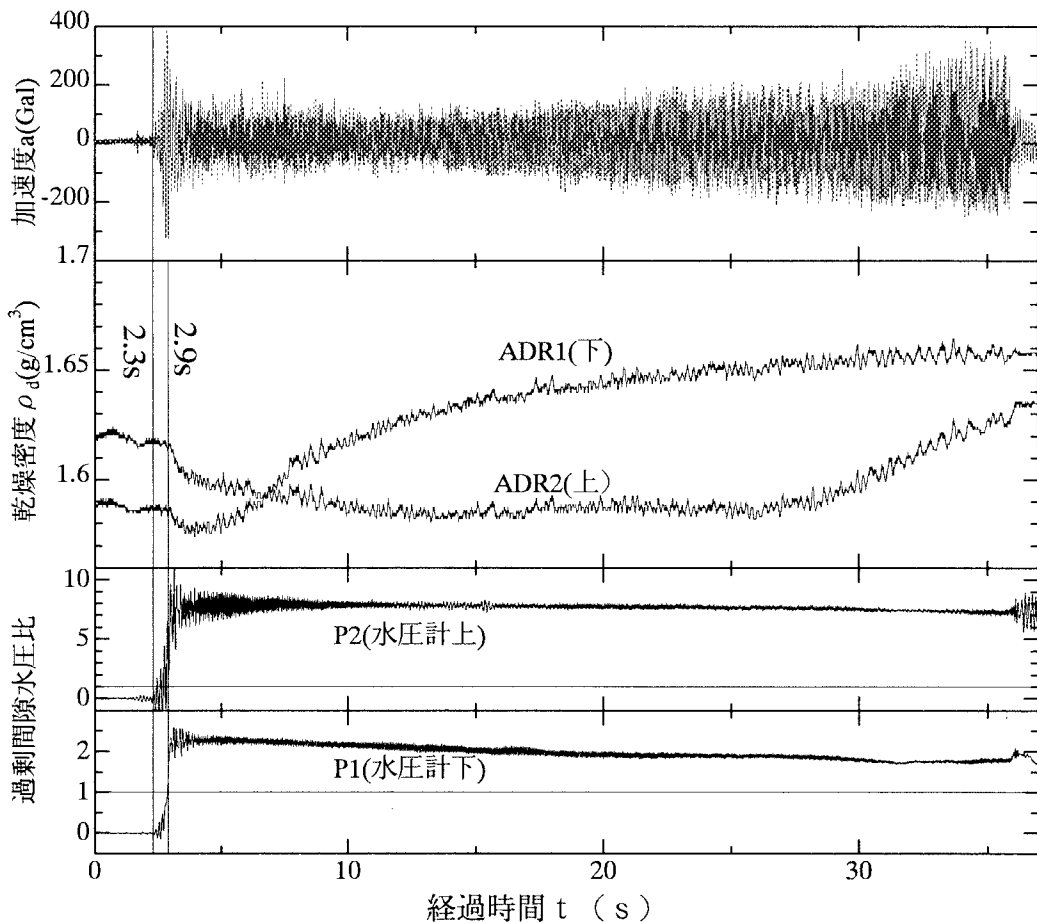


図-4 加速度・密度・過剰間隙水圧比