

土槽実験による液状化現象のモデル化

産業技術総合研究所	地圏資源環境研究部門	正	○国松 直
産業技術総合研究所	地圏資源環境研究部門	正	神宮司元治
山口大学	工学部 社会建設工学科	正	羽田野袈裟義
大成建設	技術センター 土木技術研究所	正	泉 博允

1. はじめに

液状化現象は固体状態にある砂地盤が地震動を受けることにより、間隙水圧が徐々に増加し、間隙水圧が上載圧を上回ったとき、砂粒子の骨格構造を保持できなくなることにより生じる。この現象を解析的に追跡するために有効応力解析手法が種々提案されている。しかし、これらの手法において液状化発生以後の流体的な挙動を十分に再現するまでには至っていない。また、間隙水圧の消散による剛性の回復現象についても同様である。一方で、液状化発生以後については流体的な挙動を示すとして流体解析によって種々の検討が行われている。しかしこの場合、液状化砂の流体特性についての議論がまだ十分に行われていない現状にある。また、解析的に固体状態と液状化状態を時間的にどのように扱うかも明らかにされていない。

本報告では、まず円筒および土槽容器を用いた室内実験で加振による液状化再現実験を行い、加振中の容器内飽和砂試料の相対密度変化を比抵抗を用いて計測した結果を示し、次にその結果から、液状化現象の一連のプロセスをモデル化する考え方を提案する。

2. 室内実験による比抵抗から解釈される液状化現象

(1) 円筒容器による結果

図1は直径30cm、砂層厚約50cmの飽和砂試料に600gal, 5Hz, 4sの加振を加えたときの時間的な相対密度変化の結果である。比抵抗はアクリル円筒容器の側面から挿入した針状電極を用いて、4cm間隔で15点、250msのサンプリング速度で計測を行った。計測された比抵抗値から間隙率を求め、その値を用いて間隙比を算出し、相対密度へ変換した結果を示している。砂試料は豊浦砂である。

上部の低比抵抗帯は水を表している。

この結果から、明瞭に初期相対密度が急激に変化する砂層収縮面が存在することが分かる。

この実験において、加振とほぼ同時に液状化状態となり、砂層収縮面以後過剰間隙水圧の消散が生じることが判明した¹⁾。

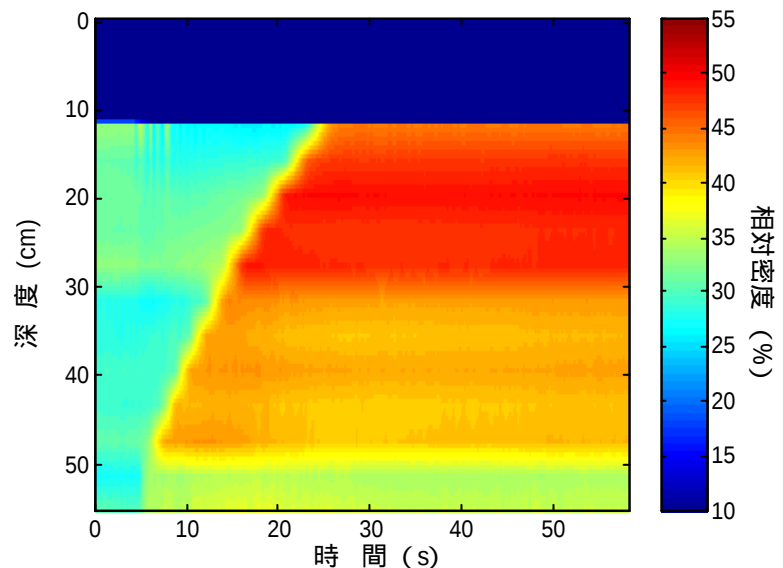


図1 円筒容器を用いた液状化現象における相対密度変化
加振：600gal, 5Hz, 4s

Key words: 液状化、比抵抗、相対密度、固体状態、液状化状態、モデル化

〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1 TEL 0298-61-8289, FAX 0298-61-8793, s.kuniumatsu@aist.go.jp

(2)土槽容器による結果

図2は横60cm、幅15cm、高さ30cmの土槽を用いて、150gal、5Hz、30sの加振を加えたときの比抵抗計測結果である。比抵抗の電極は1.5cm間隔で、ある同一深度でアクリル容器内壁に沿ってループ状となっている²⁾。

この結果においても、明瞭な砂層収縮面が観測されている。砂試料は豊浦砂である。

砂試料として豊浦砂以外を使用した実験も行っているが、同様な結果が得られている。

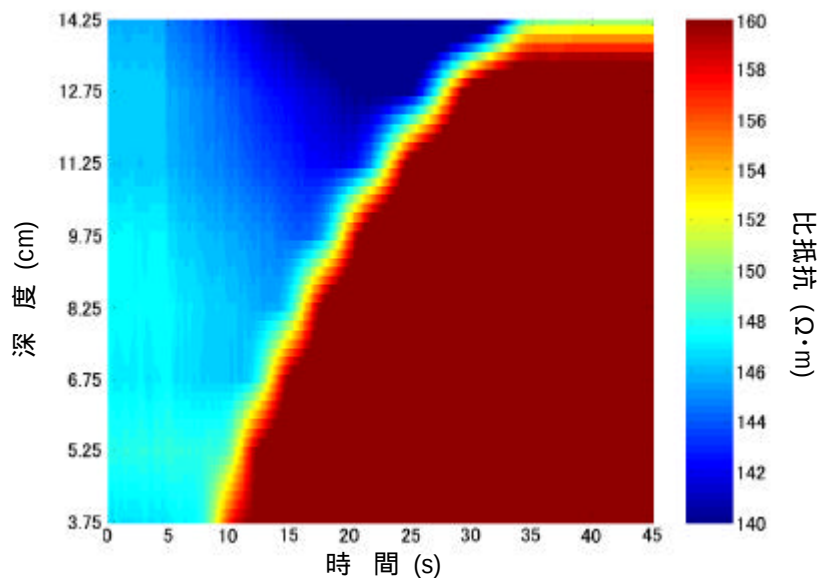


図2 土槽容器を用いた液状化状態の比抵抗変化
加振：150gal, 5Hz, 30s

3. 液状化現象のモデル化

上記の実験結果から、液状化現象について、図3のようなモデル化が考えられる。

すなわち、図3の領域は固体状態で初期相対密度が保持されており、過剰間隙水圧の上昇など有効応力解析で追跡可能な領域である。過剰間隙水圧比が1以上になるまで固体状態が維持される。時刻 t_{LS} で過剰間隙水圧比が1以上になると、ある深さ H_{LS} より浅が瞬時に液状化状態となり、時刻 t_{LS} から H_{LS} の深度より砂層収縮（再堆積）が始まる。図において、青色部分（領域）が液状化状態にあり、赤色部分（領域）では液状化が終了（剛性の回復）しているというモデルである。図はその収縮面上昇勾配を1次近似したものである。

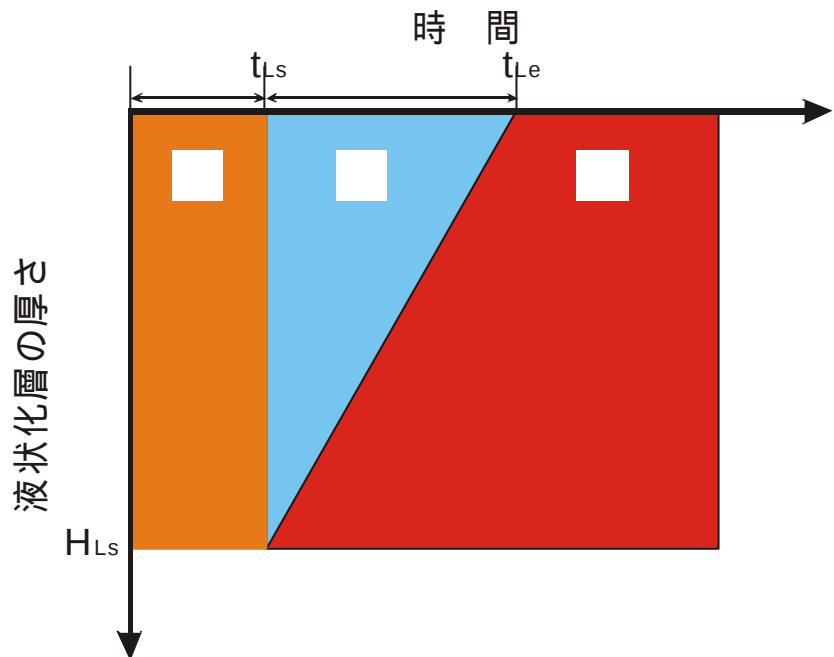


図3 液状化現象のモデル（収縮面上昇勾配を1次近似）

ここで、液状化継続時間は、 $(t_{Le} - t_{LS})$ であり、この時間で流体解析を行うとしても、境界面（砂層収縮面）が表面に向かってある速度で移動しているという現象を考慮する必要がある。今後はこのモデルを用いた解析を行うためのパラメータ（ H_{LS} 、砂層収縮面上昇速度など）について、検討を行う予定である。

参考文献：

- 1)神宮司元治・国松 直・泉 博允・望月智也：比抵抗を用いた液状化時の相対密度遷移過程の可視化およびその考察，土木学会論文集 投稿中。
- 2)神宮司元治・国松 直・泉 博允：比抵抗を用いた液状化地盤のモニタリング手法と大型土槽への適用方法，第2回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム, pp.95-98, 2001.