

振動台を用いた液状化実験における地盤の比抵抗計測

(株)大林組技術研究所 正会員 山田 祐樹
同 上 正会員 並木 和人
同 上 正会員 鳥井原 誠

1. はじめに

比抵抗探査は、路線断面や地滑り斜面など比較的硬い地盤に対してその適用は拡大しているが、液状化対象となるような軟弱地盤への適用事例は少ないのが現状である。筆者らは前報¹⁾において、砂の比抵抗値の間隙比依存性について報告しており、間隙比の違いを比抵抗値の分布により評価できれば、液状化対象層の把握に有効であると考えられる。本報告では、3種類の地盤に対し比抵抗計測及びコーン貫入試験を実施し、併せて振動台加振実験を行うことにより、比抵抗計測の液状化対象地盤への適用性について検討を行った。

2. 実験概要

実験には図-1に示す幅 1200mm、奥行き 800mm、高さ 1000mm の小型せん断土槽を用いた。実験は表-1に示す3種類のケースについて行っており、試料には岐阜砂 ($G_s=2.649\text{g/cm}^3$ 、 $D_{50}=0.36\text{mm}$ 、 $e_{\max}=1.171$ 、 $e_{\min}=0.615$) を用いている。地盤の作製方法は、緩詰め CASE1 及び CASE3 の上層では空中落下法、密詰め CASE2 及び CASE3 の下層は突固め法により行っている。地盤作製後、約 48 時間かけて注水を行い、地盤を飽和させている。注水完了後、水位高さを GL-50mm に調節した。

今回の実験では、飽和した地盤に対し、比抵抗値の計測を行い、その後コーン貫入試験を実施している。比抵抗計測の電極配置図を図-1に示す。電極は深度方向に 100mm 間隔で計 8 箇所設置し、計測は隣り合う電極を使用して 2 極法により行っている。また、コーン貫入試験には先端角 60°、断面積 15.9cm² のコーンを使用し、貫入速度 1cm/sec で貫入を行っている。加振実験は 0.3、0.5、0.75、1.0、1.5、2.0m/s² のステップ加振で行っており、入力波には SIN 波 (5Hz:20 波) を用いている。加振時の計測については、加速度計及び間隙水圧計を図-1に示す深度に設置しており、データのサンプリングは加振開始から 1 分間行っている。

3. 実験結果

図-2に CASE1 および CASE2 の加速度振幅 2.0m/s² 時の GL-300mm 地点における過剰間隙水圧および加速度の時刻歴波形を示す。図をみても明らかのように、緩詰め CASE1 では加振開始直後から過剰間隙水圧が上昇し、それに伴う加速度応答の低下がみられ、液状化に至っているのがわかる。それに対し、密詰め CASE2 では、過剰間隙水圧の上昇はほとんど見られず、加速度に関しては緩詰め CASE1 のような応答の低下は現れていない。また、加速度の最大値は CASE1 の 1.5 倍程度になっているのがわかる。

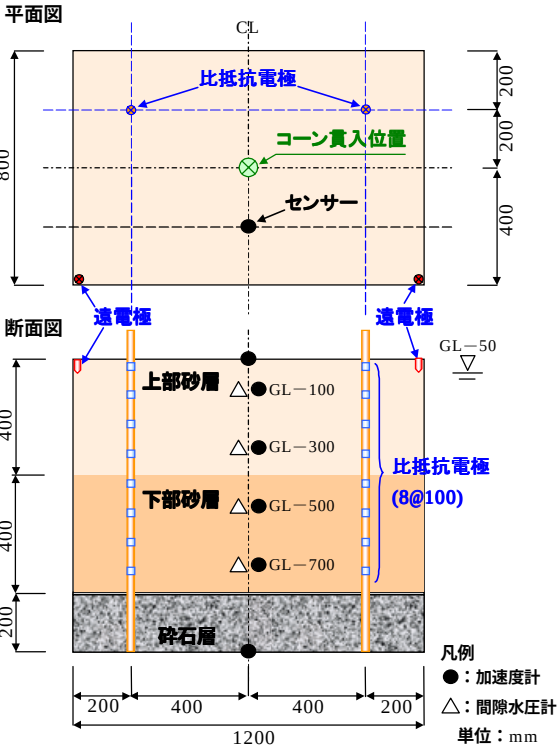


図-1 土槽モデル及びセンサー配置図

表-1 実験ケース

実験ケース	CASE1	CASE2	CASE3
上部砂層	緩詰め $e=0.904$ ($Dr=48.1\%$)	密詰め $e=0.639$ ($Dr=95.6\%$)	緩詰め $e=0.927$ ($Dr=44.0\%$)
下部砂層			密詰め $e=0.635$ ($Dr=96.5\%$)

液状化、コーン貫入試験、電気比抵抗、振動台実験

〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 Tel:0424-95-0973 Fax:0424-95-0903

次に、図-3に 2.0m/s^2 加振時の最大過剰間隙水圧の深度分布を示す。緩詰めの場合 CASE1 では、最大過剰間隙水圧が有効上載圧付近まで上昇しているのに対し、密詰めの場合 CASE2 ではほとんど上昇がみられない。また、CASE3 においては、緩詰めの上層部分では CASE1 同様、最大過剰間隙水圧が有効上載圧付近まで上昇しているのに対し、密詰めの下層部分では過剰間隙水圧の上昇は抑制されており、間隙比による差が明確に現れている。

図-4にコーン貫入試験により得られた貫入深度と先端抵抗の関係を示す。各ケースとも先端抵抗はほぼ直線的に増加しており、均一な地盤が作製できていることがわかる。上下層で間隙比の異なる CASE3 をみると、その変化点が明確に現れており、上下層の違いを確認することができる。また、図-4の最大過剰間隙水圧の深度分布と比較してみると、先端抵抗と最大過剰間隙水圧分布の対応は非常に良く、先端抵抗が大きな CASE2 や CASE3 下層部では水圧の上昇が抑制されているのがわかる。

比抵抗値の深度分布を図-5に示す。ここで、比抵抗値の深度は計測に使用した電極の中間の深度としており、比抵抗値は、地盤中の同一深度において異なる2地点より得られた比抵抗値を平均した値としている。飽和した砂層部分（GL-150～650mm）をみると、緩詰めの場合 CASE1 に比べ密詰めの場合 CASE2 では比抵抗値が最大で1.6倍程度大きくなっており、間隙比の違いによる差が現れているといえる。次に、上下層で間隙比の異なる CASE3 をみると、コーン貫入試験結果のような明確な変化点は確認できないが、上下層では明らかに比抵抗値が異なり、その値は上層部分では CASE1 に、下層部分では CASE2 に近い値となっている。また、水位高さである GL-50mm 付近では、全ケースにおいて比抵抗値が急激に増加しているのがわかる。これは、地表面に設置した電極が不飽和層内にあったため、計測値にその影響が現れたと考えられる。

4. まとめ

比抵抗計測の液状化対象地盤への適用性についてコーン貫入試験との比較と振動台加振実験により検討を行った。その結果として、以下のことが分かった。(1) 比抵抗値により、液状化強度と関係の深い砂の間隙比の予測が可能である。(2) 比抵抗値の深度分布により、不飽和層厚の予測が可能である。これらのことは液状化層厚をある程度予測できることを示唆している。ただし、今回の実験では、コーン貫入試験結果ほどの予測精度は得られなかった。今後は比抵抗計測によるより一層の予測精度の向上を計る必要があるといえる。

参考文献

1) 山田ら：砂の間隙比が比抵抗値に与える影響について：第36回地盤工学研究発表会，2001

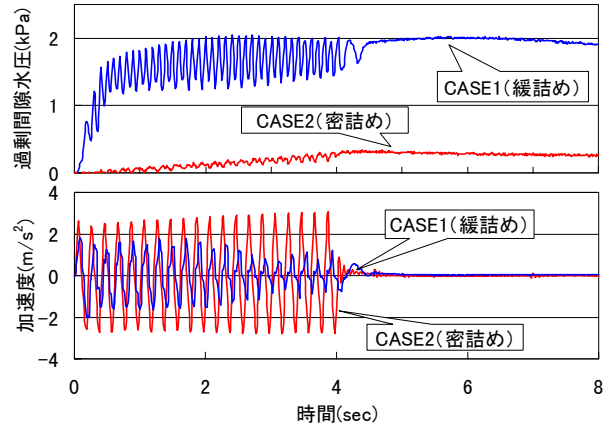


図-2 過剰間隙水圧及び加速度時刻歴波形

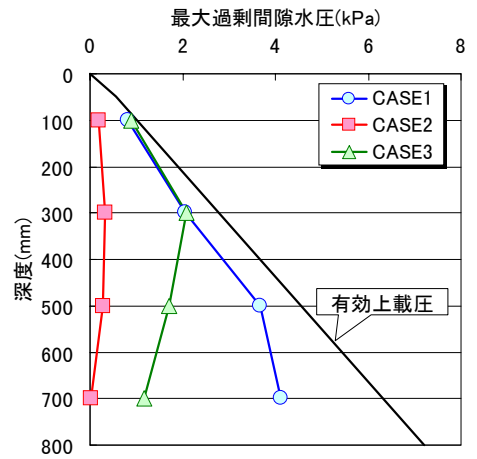


図-3 最大過剰間隙水圧深度分布

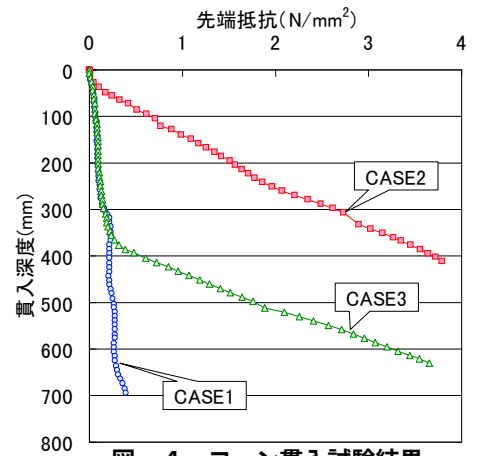


図-4 コーン貫入試験結果

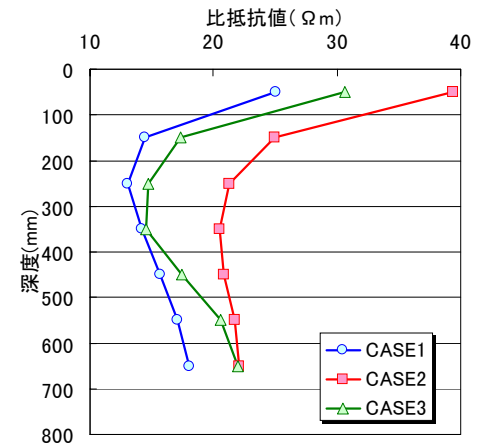


図-5 比抵抗深度分布