

III - A151 遠心場における液状化実験前後でのコーン貫入抵抗値の測定

大成建設技術研究所 正 石井裕泰 正 堀越研一
正 樋口雄一

はじめに 遠心場での液状化実験を行う際、液状化前後の地盤性状の違いを判断する指標として相対密度がある。しかし、これは通常実験前後の地盤の体積変化を、地表面高さを測定して算出するものであり、地盤全体で平均的な値となる。そのため地盤性状の水平方向、鉛直方向の分布を把握することが出来ない。

そこで、遠心加速度場でのサウンディングが、より正確な地盤性状の把握のための有効な手段として挙げられる。本報では、遠心場における液状化実験で利用が可能なコーン貫入試験装置を開発し、実証実験を行ったので報告する。
コーン貫入試験装置の概要 写真-1に今回開発したコーン貫入試験装置全景を示す。試験装置は、全体高さ約1500mm、幅800mm、奥行き600mmであり、コーン、ロッド、駆動装置、架台からなる。コーンは直径10mm、先端角60°であり、鉛直方向に加えて水平方向（容器幅方向）に移動可能であるため、一度の実験で複数の貫入試験を行える。コーンおよび貫入装置は振動台をまたぐ架台にのせられており、直接遠心装置のバスケットに固定される。コーン先端部分とロッド部分にはロードセルが取り付けられており、先端抵抗および貫入力を測定することができる。

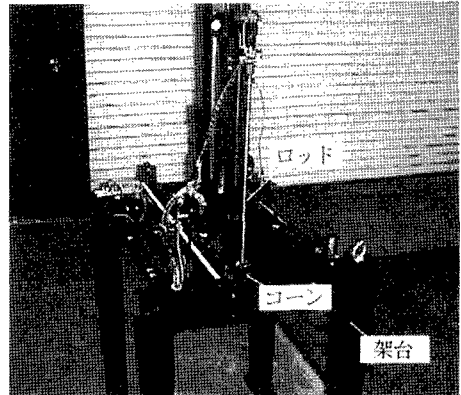


写真-1 コーン貫入試験装置全景

実験方法 図-2に実験で用いたモデル地盤を示す。実験容器は、軽量アルミ製のせん断容器（内寸法：長さ560mm、奥行き250mm、高さ300mm）を用いた。

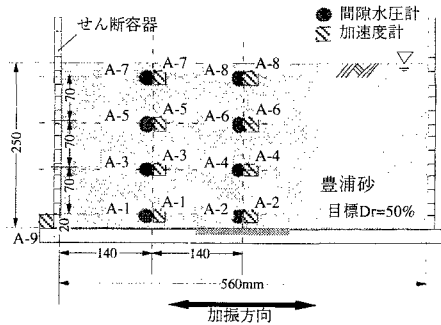


図-2 モデル地盤

表-1に地盤材料として用いた豊浦砂の物理特性を示す。地盤は、所定の位置に間隙水圧計、加速度計を設置しながら、目標相対密度50%で空中落下法により作成した。シリコンオイルにより飽和させた後、遠心振動台、モデル地盤、コーン貫入試験装置からなる実験システムを完成した。

表-1 豊浦砂の物理特性

密度 ρ	2.66 (g/cm ³)
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	1.654 (g/cm ³)
最小乾燥密度 ρ_{dmin}	1.349 (g/cm ³)
最大間隙比	0.608
最小間隙比	0.972

実験では、予備遠心として50Gの遠心加速度を与えた後、装置を一旦停止して、地盤の体積を測定することにより加振前の地盤の平均相対密度を算定した。再び50Gを加え、加振前のコーン貫入抵抗を2箇所測定した後、地盤に7.5g、50Hz（実物換算で150gal、1Hz）の正弦波を20波加えた。発生した過剰間隙水圧が消散したのを確認してから、加振後の貫入抵抗を3箇所計測した。装置を停止後、再び地盤の体積変化を測定することにより、加振後の平均相対密度を算定した。なお、コーンの貫入は1mm/secで行った。

実験結果 図-3にA-9での応答加速度と最も容器底面に近い計測位置であるP-2と地表面に近いP-8にお

キーワード：コーン貫入試験、遠心実験、液状化

連絡先：〒245-0015 横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL:045-814-7236 FAX:045-814-7257

ける過剰間隙水圧の時刻歴を示す。図中の点線は初期有効上載圧を示す。いずれの測定位置でも、過剰間隙水圧は加振中に初期上載圧 σ'_{v0} に近い値となっており、地盤全体が液状化していると判断される。ただし、浅い位置より深い位置のほうが液状化に達するまでの波数が多くなっており、拘束圧の影響により液状化強度が高くなっていると判断される。

図-5に液状化前後に測定したコーン貫入抵抗の深度方向分布を示す。液状化前の貫入抵抗値は2地点ではほぼ同じ分布となっており、高い再現性が見られる。また、全ての計測結果で深さ200mmからの抵抗値が急激に大きくなっているが、これは容器底面の影響が現れたためであると考えられる。コーン貫入抵抗は深さ方向に増大する分布を示すが、本実験条件の場合、液状化前後で一様に30~40%程度増大することがわかる。

図-6 (a), (b) に液状化前後のコーン貫入抵抗値より換算した、相対密度 D_r の深度方向分布を示す。 D_r の算定には式-1)を用い、式中の σ'_{v0} は実験開始前および終了後に測定した平均的な単位体積重量を用いて算出した。

$$D_r = -C + 66 \log_{10} \frac{q_c}{[\sigma'_{v0}]^{0.5}} \dots \text{(式-1)}$$

σ'_{v0} : 有効上載圧 (tf/m²)

q_c : コーン貫入抵抗 (tf/m²)

C : 砂の圧縮性に依存する値で88を用いる

また、図中には地盤高さから概算した平均的な D_r の値をあわせて示している。

D_r は液状化前後共に深さ方向に増加する分布を示すが、地表面近くでは極端に小さくなっている。これは換算式そのものの精度に加えて、地表面近くでは式中の q_c が極端に小さくなるためである。また、深さ200mm以深では容器底面の影響を受け大きめの貫入抵抗となるため、 D_r が実際より大きめになっている可能性もある。

まとめ 遠心模型実験で、液状化前後のコーン貫入抵抗を測定し、既往の換算式を用いて深度方向に増加する D_r の分布を確認した。

ただし、貫入試験結果から諸定数を算定するための換算式は、コーン貫入試験機の種類や試験条件、地盤材料に依存するものであり、基本的に実スケールの試験機に対して利用されるものである。そのため、今後の遠心実験での地盤性状を把握するためにキャリブレーション試験を実施し精度を高めたい。

【参考文献】 Jamiolkowski, M. et al., "New developments in field and laboratory testing of soils". State-of-the art report. Proc. of the 11th ICSMFE, San Francisco, 1, 57-153, 1985

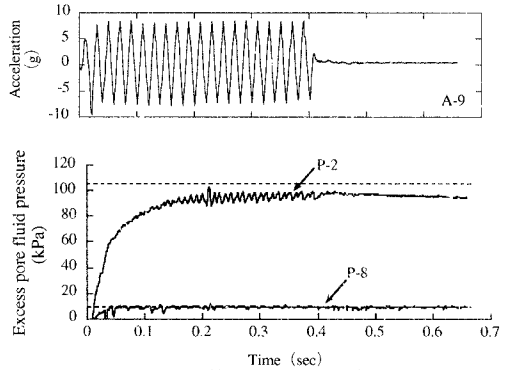


図-4 過剰間隙水圧の時刻歴

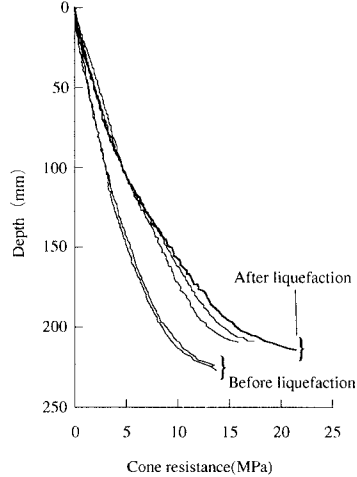
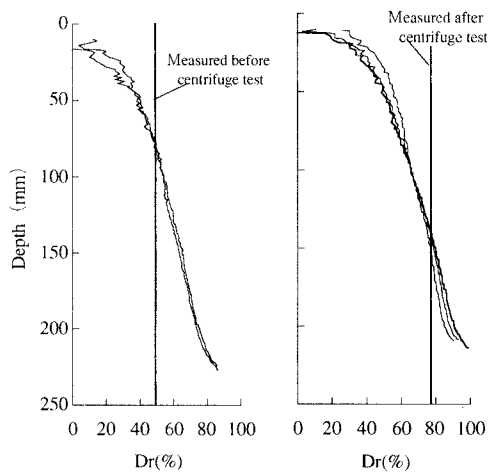


図-5 コーン抵抗値の深度方向分布



(a) 液状化前 (b) 液状化後

図-6 D_r の深度方向分布推定結果