

飽和砂地盤でのコーン貫入試験に関する加圧土槽の適用性

武蔵工業大学大学院

学 ○高柳 哲

正 末政直晃 正 片田敏行

1. はじめに

現在、コーン貫入試験を用いて液状化強度を推定する方法がいくつか提案されている。しかし、細粒分を含む砂地盤に対しては、たとえその影響を取り入れた手法であっても、きれいな砂に比べると予測精度にかなりの問題を有している¹⁾。そのため、模型実験において、細粒分がコーン貫入試験結果に及ぼす影響について調べる必要があると考えている。

そこで本研究では、飽和砂地盤でのコーン貫入試験に関する加圧土槽の適用性を調べることを目的として、一連のコーン貫入試験を実施した。特に、境界条件及び排水境界に着目し比較、検討を行った。

2. 実験概要

本実験に用いた試料は豊浦砂である。図-1に実験装置の概略図を示す。模型加圧土槽は、直径 28cm、高さ 63cm であり鉛直及び水平方向の応力を制御させることによって、深い地中応力を再現することが出来る。なお、鉛直圧及び側圧はコンプレッサーからの空気を水圧に変換し、ゴムメンブレンを介して模型地盤に作用させた。載荷装置は、電気駆動式のものであり、貫入速度はすべての実験において 0.5cm/sec とした。用いたコーンは、直径 15mm、先端角度 60° で、先端部分で貫入抵抗を、フィルター部分で間隙水圧を測定する 2 成分コーンである。模型地盤は、空中落下法により相対密度(Dr)を 40%と 80%になるようそれぞれ作製した。その後、所定の圧力まで 10 回に分け各 5 分間加圧し、地盤を拘束した。なお、地盤に十分圧力を作用させるために、所定の圧力に加圧した後に約 60 分間放置した。また、飽和地盤においては、地盤を鉛直圧、側圧で 10kPa に拘束後、二酸化炭素を用い脱気水で飽和させた。

本研究では、地盤の密度、応力状態及び地盤状態の影響を調べる目的とし、表-1 に示す条件とした。すべてのケースとも、静止土圧係数 $K(=\sigma_v/\sigma_h)$ は、実地盤とほぼ同様である 0.5 としている。

3. 実験結果及び考察

実験より得られた貫入抵抗～貫入深さの関係を図-2 示す。Dr=40%の地盤では貫入深さ 5cm 位まで緩やかに増加し、その後ほぼ一定の値になる傾向を示した。一方、Dr=80%では、貫入深さの浅いところで貫入抵抗が低下する挙動が認められる。この理由として、本実験で使用した加圧メンブレンが堅い材質であったため、圧力が十分に地盤に作用していないことが考えられる。また、地盤の密度の乱れも原因と思われる。

試験装置の適用性を確認する目的で、既往の研究と比較した。比較した実験結果は、先の貫入抵抗の傾向より深さ 15～40cm の平均値(平均貫入抵抗値)を用いた。また、既往の研究においては、貫入抵抗から Dr を求める関係式がいくつか提案されている²⁾。今回用いた関係式は、西野、周、谷沢、Lancelotta の式である。これらから、本実験の条件より貫入抵抗を算出した。この比較結果を図-3 示す。Dr=40%においては、応力状態の違うすべての本実験値で、既往の結果とほぼ同様な貫入抵抗値を示した。しかし、Dr=80%においては、その他の値に比べ 20～60%程度しか示していない。これは、模型土槽の境界条件の影響だと考えられる。岩崎らの研究³⁾によると、土槽とコーンの径の比が小さい場合

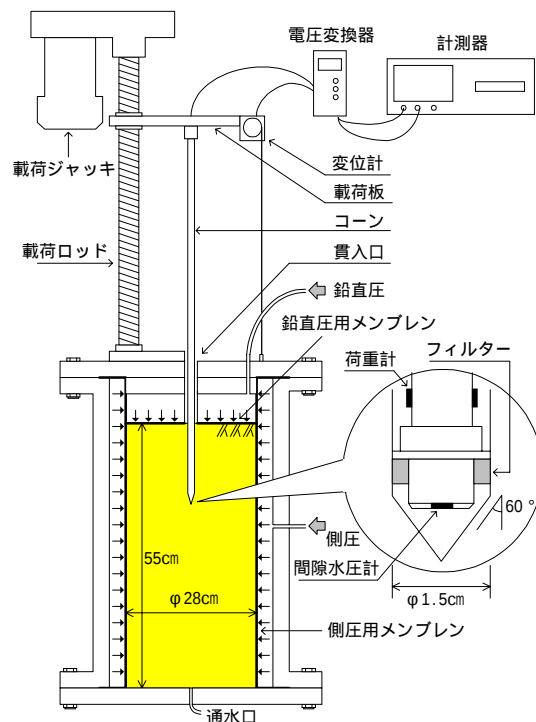


図-1 実験装置概略図

表-1 実験条件

相対密度 Dr(%)	鉛直圧 σ_v (kPa)	側圧 σ_h (kPa)	地盤状態
40	50	25	乾燥
	100	50	
	150	75	
	100	50	飽和
80	50	25	乾燥
	100	50	
	150	75	

キーワード： コーン貫入試験 加圧土槽 飽和砂地盤 排水境界

連絡先： 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 地盤工学研究室 TEL03-3703-3111 FAX03-5707-2202

の貫入抵抗は、緩い地盤では境界条件の影響は小さいが、密な地盤においては著しく影響することが報告されている。また、本実験のように径の比が小さく密な地盤において、境界条件で側方応力を一定にしている条件では、貫入抵抗を過小評価することも述べられている。本試験装置は径の比が最も小さいため、貫入抵抗が過小評価されたことが考えられる。これらのことから、本試験装置は、密な地盤において容器周面いわゆる境界条件の影響が大きいことがいえる。

また、飽和地盤への適用性を確認した。図-4に飽和地盤での貫入抵抗・間隙水圧～貫入深さの関係を示す。なお同図には、比較のため同条件での乾燥地盤の結果も示す。これより、飽和地盤の貫入抵抗挙動は乾燥地盤に比べ、貫入深さが 5cm 程度深い位置で一定になる傾向が認められる。この理由として、土槽のコーン貫入口の影響が挙げられる。鉛直圧が加圧できない貫入口近くの地盤では、有効応力が小さくなる。そのため、飽和、加圧過程に地盤上部でボイリング現象が起こり、液状化したことが考えられる。また、平均貫入抵抗値は、乾燥地盤で 3.7MPa、飽和地盤では 3.3MPa となった。ただし、飽和地盤の値は、貫入抵抗にフィルター部分より作用する間隙水圧を補正している。これより、飽和地盤が乾燥地盤に比べ小さい貫入抵抗を示していることが認められる。この理由として、コーン貫入時に発生した過剰間隙水圧の影響が考えられる。通常、透水性の良い砂地盤においては、コーン貫入試験の結果は静水圧となる傾向にある。しかしながら、本実験結果ではそれよりも大きい。この過剰間隙水圧の発生により有効応力が減少し、貫入抵抗が小さくなったためと考えられる。このことから、加圧模型土槽においては、飽和地盤に対する排水境界が重要な要因となることが考えられる。

4. まとめ

今回行った実験より、コーン貫入試験の加圧模型土槽への適用性として以下の知見を得た。

- ① 緩い地盤における貫入抵抗は、地盤の応力状態に良く対応する。
- ② 密な地盤は、境界条件の影響から貫入抵抗を過小評価する。
- ③ 飽和地盤では、貫入抵抗及び間隙水圧は排水境界に大きく影響する。

＜参考文献＞ 1)三村衛他,コーン貫入試験による砂質地盤の液状化強度評価,土と基礎 Vol.47, No.9, pp.21～24, 1999. 2)例えば周神根他:中型土槽砂層を用いたコーン貫入特性,第 23 回土質工学会研究発表会講演集, pp147～150, 1988. 3)岩崎公俊他:コーン貫入試験検定用中型土槽の設計,第 23 回土質工学会研究発表会講演集, 143～146, 1988.

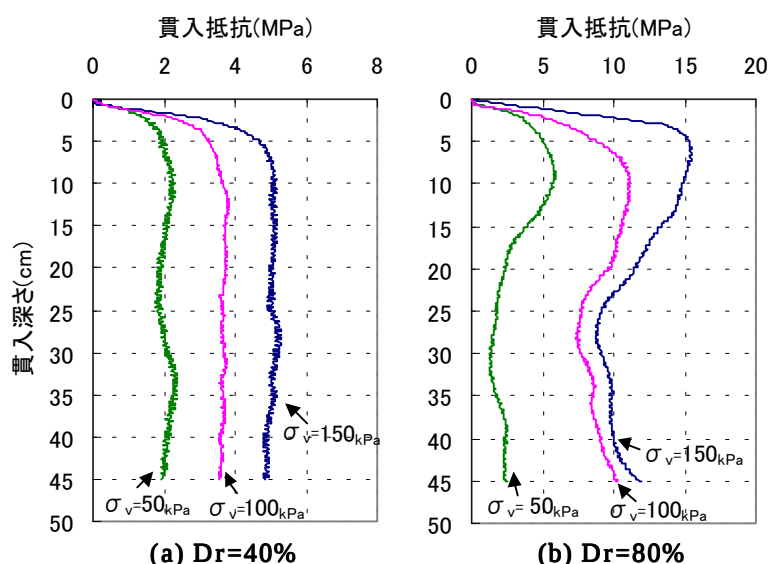


図-2 貫入抵抗～貫入深さ関係

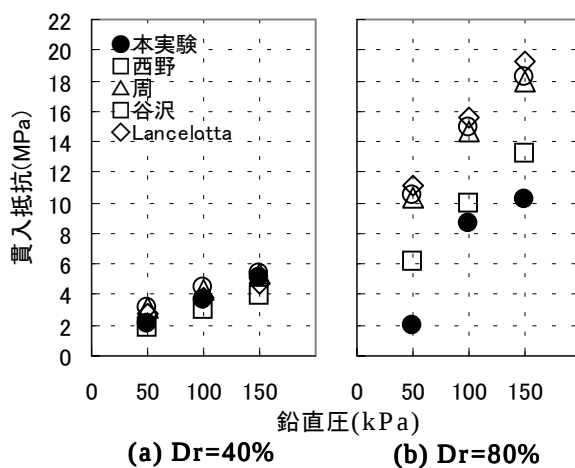


図-3 既往の研究との比較

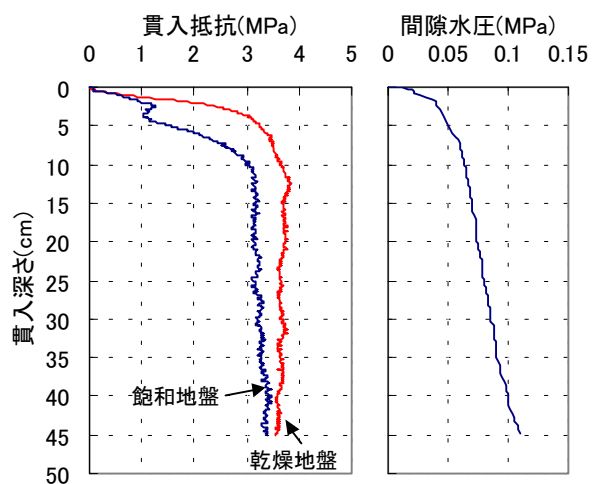


図-4 貫入抵抗・間隙水圧～貫入深さ関係