

## 三軸試験機を用いた小型コーン貫入試験による貫入抵抗と液状化強度の関係

中央大学理工学部 正会員 國生 剛治、原 忠  
 学生員 村端 敬太、森山 豊

### 1. はじめに

コーン貫入試験(CPT)から液状化強度を予測する方法は、標準貫入試験のN値を用いる方法に比べ、研究論文は多くない。しかし、近年コーン貫入抵抗と一部の物理試験結果から液状化強度を予測する方法や、土槽を用いてのコーン貫入試験と室内液状化試験を組み合わせた予測方法、またコーン貫入抵抗値をN値に変換し、N値と液状化強度の関係から強度予測する方法が研究されてきた<sup>1)</sup>。さらに原位置凍結サンプリングによる不攪乱試料の液状化強度とコーン貫入試験結果の関係を直接的に求める研究<sup>2)</sup>が行われ、コーン貫入試験結果から液状化強度を予測する方法は、N値から推定する方法とほぼ同程度のレベルにまで至っている。

本研究では貫入試験を三軸供試体の中で簡便に行えるよう三軸試験機を改良し、試験中に先端抵抗値と間隙水圧の変化を測定できるように工夫した。この試験機を用いて、今回、まさ土の細粒分を含む試料において、コーン貫入抵抗値と液状化強度の関係について検討を行った。

### 2. 試験装置

図-1は試験に用いた中型三軸試験装置であり、試験を行う際は下のペDESTALを図-2に示す新たに開発した貫入ロッド付のものに替える。コーンの寸法は高さ11.2mm、内径6.0mmとなっており、地盤工学会基準の断面積10cm<sup>2</sup>のコーンと比較すると、断面積は1/35のサイズとなっている。コーン先端角は学会基準と同様に60°である。先端抵抗を計測するひずみゲージは図-2に示すように先端からやや離れた位置の表面に貼ってあり、エポキシ樹脂で表面をコーティングしてある。コーン貫入時には、あらかじめペDESTAL内に注入してある水を排水することで、供試体が落下し、貫入ロッドが供試体内に貫入されるシステムとなっている。

### 3. 試験試料

図-3に試験で用いた試料の粒径加積曲線を示す。今回試験に用いた試料は豊浦砂と、利根川砂に $I_p=6$ 程度のほぼ非塑性なまさ土細粒分を段階的に含有率を変化させて混ぜた試料1( $F_c=0, 5, 10, 30\%$ )である<sup>3)</sup>。まさ土細粒分は兵庫県南部地震の際に液状化したポートアイランドより採取した試料を用いている。

### 4. 試験方法

供試体サイズは高さ195mm、直径100mmで、ウェットタンピング法で作製し、有効拘束圧98kPa、背圧196kPaで等方圧密させ、非排水条件で貫入速度およそ0.1cm/secで初期貫入長4.7cmから最終貫入長7.2cmまで2.5cm貫入させた。また貫入試験後にも再圧密し、液状化試験を行った。試験では非排水条件、載荷周波数0.1Hz、応力制御にて両振幅ひずみが5%発生するまで繰り返し載荷を加えた。また、B値が95%以上のものを試験対象と

キーワード：コーン貫入試験、液状化、N値、相対密度、細粒分  
 連絡先：中央大学理工学部土木工学科土質研究室 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel03-3817-1799

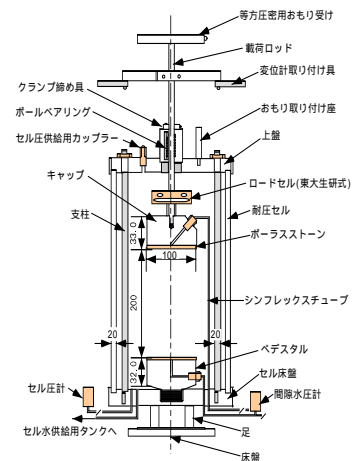


図-1 試験に用いた中型三軸試験機

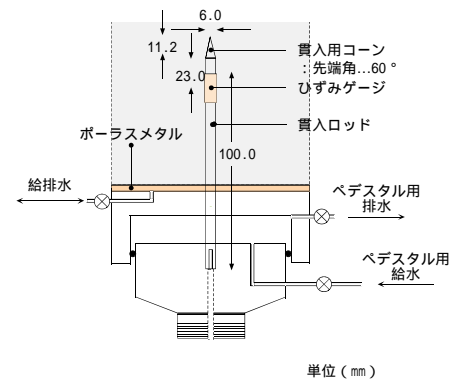


図-2 コーン貫入試験用に開発したベDESTAL

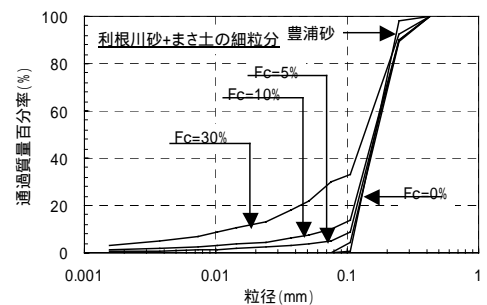


図-3 試験試料の粒径加積曲線

した。なお、貫入ロッドが存在したままの液状化強度が砂供試体のみの強度とほぼ一致する<sup>4)</sup>ことは確認済みである。

## 5. 試験結果

図-4 は利根川砂について  $Dr = 50\%$  で  $F_c=0, 5, 10, 30\%$  と変化した時の通常のロッドのない供試体における液状化試験による液状化強度曲線と貫入ロッドを供試体に入れた状態で得られた液状化強度をプロットしたものである。この図から  $F_c=0, 5, 10\%$  での液状化強度にほとんど差異は見られないことがわかる。その一方で  $F_c=30\%$  では液状化強度の低下<sup>4)</sup>が顕著に見られた。

図-5 は  $F_c$  の異なる利根川砂試料 ( $Dr = 50\%$ ) に対し貫入試験を行い、得られた変位と先端抵抗値の関係図である。豊浦砂では変位 1.1cm 付近でいったん先端抵抗値はピークを示し、その後下降しているが再び上昇し、挙動は不連続であることがわかる。この原因として、豊浦砂の角張った粒子形状が影響していると考えられる。利根川砂では豊浦砂とは異なる傾向を示し、 $F_c=0\%$  では試験開始から先端抵抗値は単調増加することがわかる。また  $F_c$  の増加で先端抵抗値はやや低下し、 $F_c=10\%$  の場合は変位が 1cm 付近に達してからは、先端抵抗値は頭打ちの傾向が見られる。特に  $F_c=30\%$  では大きく先端抵抗が低下する結果となった。このことから、粒子形状や細粒分含有率の違いが、先端抵抗値に影響を与えていることがわかった。

図-6 は貫入試験と同時に計測された過剰間隙水圧の変化を示している。こちらも試料の違いで大きく挙動が異なっていることがわかる。豊浦砂では試験開始直後から負の過剰間隙水圧が発生しているが、利根川砂では貫入後から直線的に正の過剰間隙水圧が生じていることがわかる。また  $F_c$  の増加で、その傾きも大きくなっているようである。

図-7 は先端抵抗と繰返し応力比  $R_{L20}$  について整理したもので、貫入試験後に貫入ロッドを入れたまま液状化試験を行った結果の  $R_{L20}$  と先端抵抗の関係図である。この図より、細粒分の混入により、液状化抵抗値  $R_{L20}$  と先端抵抗値の間に正の相関が認められる。

## 6. まとめ

(1)三軸供試体内で行う貫入試験により、試料の粒子形状、細粒分含有率の違いが、先端抵抗に大きな影響を与えることがわかった。(2)細粒分含有率が増加するとコーン貫入抵抗も液状化強度も共に低下し、両者はほぼ一意的関係で結ばれることがわかった。

参考文献】1)社団法人 地盤工学会：第2編 礫を含む粗砂および細粒分を含む砂の液状化特性、液状化メカニズム・予測法と設計法に関するシンポジウム発表論文集 pp.265-273,平成11年5月10日発行  
2)Y. Suzuki, K. Tokimatsu, Y. Taya, Y. Kubota: Correlation between CPT Data and Dynamic Properties of In Situ Frozen Samples., Proceedings of Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, April, 3)原 忠, 國生 剛治, 村端 敬太, 森山 豊 細粒分を含む砂質土の液状化強度に及ぼす相対密度の影響, 第59回土木学会年次学術講演会講演概要集(投稿中), 3)國生 剛治 村端 敬太 伏木田 達朗 伊藤 菜穂子 三軸試験機を用いた小型コーン貫入試験法の開発と液状化強度との相関 第58回土木学会年次学術講演会講演概要集 -096 pp191-192

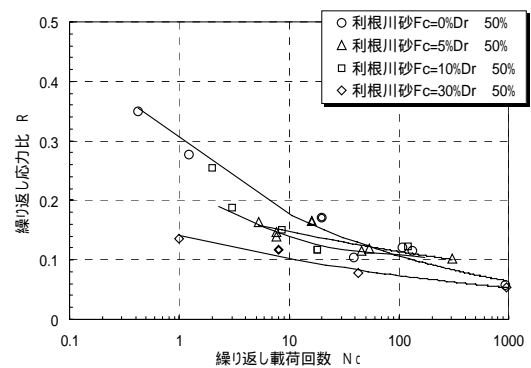


図-4  $Dr = 50\%$ での液状化強度曲線

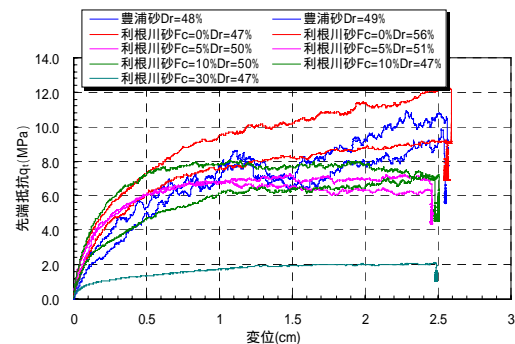


図-5 貫入試験時の貫入変位と先端抵抗の関係

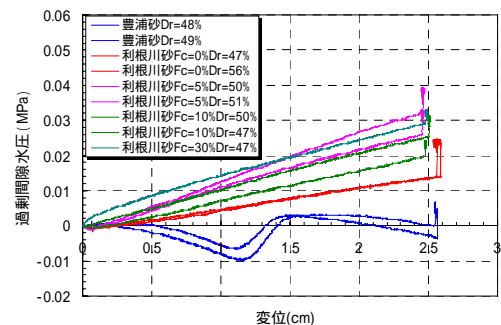


図-6 貫入試験時の貫入変位と過剰間隙水圧の関係

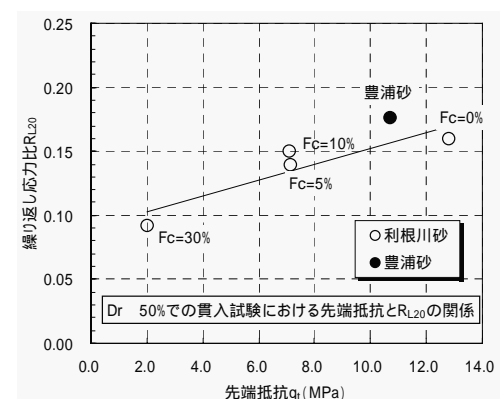


図-7 先端抵抗と繰返し応力比  $R_{L20}$  の関係