

(III-88) 飽和・不飽和状態にある模型地盤におけるコーン貫入試験の適用性に関する一考察

日建設計中瀬土質研究所 正会員○西村正人 片上典久 片桐雅明

1. はじめに

遠心模型実験は、小型の模型地盤に遠心加速度を付与させ、実物と同様の応力状態が再現できる。この実験結果をより詳細に解釈するために、模型地盤の性状を把握する必要がある。その方法として、地盤の工學特性を連続的に把握できるコーン貫入試験(以下、CPT とする)が有効と考えられる。

本研究では、不飽和状態にある粘土質砂地盤のコーン貫入特性を把握するために CPT を実施し、飽和した地盤でのコーン貫入特性と比較検討したので報告する。

2. 模型地盤の作製方法

本実験では、珪砂 7 号とカオリン粘土を重量比 8 : 2 で混合した粘土質砂(以下、混合砂 20 とする)を使用した。表-1 に、混合砂 20 の物性値を示す。

上述の試料を用いて、試料容器内に層厚 20cm の水平地盤を作製した。その方法は次のとおりである。まず、混合砂 20 を最適含水比である $w_0=14.2\%$ に調整し、試料容器内に投入した。それに、地盤の乾燥密度が $\rho_d=1.467\text{g/cm}^3$ (締固め度 $D_c=83.4\%$ 、飽和度 $S_r=46.4\%$) となるように、静的に圧縮圧力を加えた。今回、その荷重は 225kPa であった。

3. 実験方法

コーン貫入試験は次の応力場で行った。まず、重力場で CPT を行った後、10G の遠心加速度場で実施した。次に 10G の CPT 終了後に地盤内水位を上昇させ、飽和したことを確認した後に再度 CPT を実施した。さらに、遠心荷重装置を停止した後にも CPT を実施した。すなわち、同一の模型地盤において、重力場と 10G 場で不飽和状態にある地盤と飽和した地盤での実験を異なる場所で合計 4 回実施した。なお、実験に使用した CPT 装置は、ロッド先端に先端角 60° 、直径 11 mm のコーンが取り付けられている。これを 14 mm/min の速度で地盤に貫入し、その時の貫入抵抗を貫入ロッド上端のロードセルで測定した。

4. コーン貫入特性

(1) 飽和状態： 図-1 に、混合砂 20 の飽和した地盤で得られたコーン貫入抵抗 q_c ~ 貫入深度 z の関係を示す。同一深度において、10G 場での q_c は、重力場のそれに比べて常に 3 倍程度大きい。また、両者の q_c は深度とともに増加している。

そこで、 q_c の応力依存性を考慮してその挙動を明らかにするため、この結果をもとに、 q_c ~ 有効土被り圧 σ_{v0}' 関係について整理したものが、図-2 である。ここで、 σ_{v0}' の算定には、水中密度を $\rho'=0.916\text{g/cm}^3$ を用いた。同図によると、 σ_{v0}' に対する q_c の増加率は重力場と 10G 場で 3 倍程度異なっている。なお、豊浦砂地盤 ($\rho_d=1.610\text{g/cm}^3$)

表-1 混合砂 20 の物性

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.662	
砂分 (%)	76.7	
細粒土分 (%)	23.3	
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.760	
最適含水比 w_{opt} (%)	14.2	
飽和供試体 (Dc=83.4%)	ϕ_{cd} (°)	30.6
	c_{cd} (kPa)	0.33

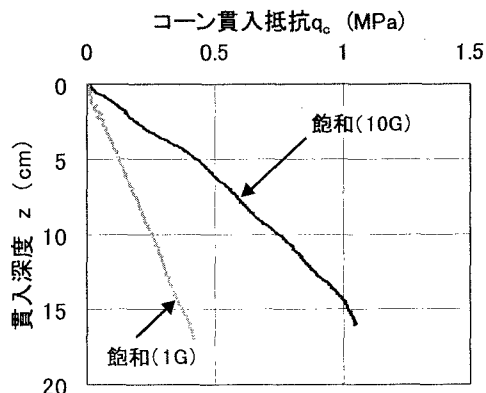


図-1 q_c - z 関係 (混合砂 20 (飽和状態))

キーワード：砂粘土混合地盤、コーン貫入試験、飽和・不飽和、遠心模型実験

〒212-0055 神奈川県川崎市幸区南加瀬 4-11-1 TEL 044-599-1151 FAX 044-599-9444

から得られた $q_c \sim \sigma_{v0}'$ 関係でも同様の傾向がある。この差は、コーンの寸法効果によるものと解釈できる。

以上の結果より、飽和状態にある粘土質砂地盤は、砂と同様のコーン貫入特性を有することがわかった。

(2) 不飽和状態： 図-3に、不飽和状態にある混合砂 20 の地盤で得られた $q_c \sim z$ 関係を示す。なお、同図には既往の過圧密粘土地盤での同関係¹⁾も示してある。過圧密粘土地盤と同様に、不飽和状態にある混合砂 20 の地盤は、重力場と 10G 場における $q_c \sim z$ 関係に大きな違いはなく、両者はほぼ重なった。しかし、過圧密粘土地盤では深度方向に q_c が一定であるのに対し、不飽和状態にある地盤では深度方向に q_c が増加している。

不飽和状態にある混合砂 20 の地盤は深度方向に q_c が増加しており、この点では飽和した地盤と類似している。そこで、 q_c と有効土被り圧との関係について検討する。ここで不飽和状態にある地盤の密度を 1.675g/cm^3 と設定した。また、模型地盤の底面では水圧が測定されなかったため、静水圧を 0 とした。図-4に、混合砂 20 に対する CPT から得られた $q_c \sim \sigma_{v0} - u_s$ 関係を示す。ここで、 σ_{v0} は全土被り圧、 u_s は静水圧を表す。

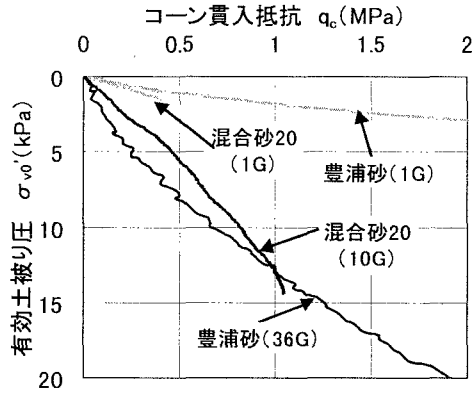
$q_c \sim \sigma_{v0} - u_s$ 関係の形状に着目すると、飽和した地盤では重力場、10G 場ともに直線的であるのに対し、不飽和状態にある地盤では非線形となっている。また、飽和した地盤における同一土被り圧での重力場の q_c は 10G 場の 2 倍程度であり、不飽和状態にある地盤では 2.5~3.0 倍であった。飽和地盤では、先に指摘したコーンの寸法効果による影響と考えられる。しかし、不飽和地盤では、それ以上の増加が認められる。この特性は、重力場と 10G 場の $q_c \sim \sigma_{v0} - u_s$ 関係にコーンの寸法効果以外の要因が働いているものと考えられる。その一つに不飽和状態にある地盤特有のサクシオンがあるが、ここで定義した土被り圧にはその影響は加味されていない。この点もコーンの寸法効果とともに考慮する必要がある。

5. まとめ

本研究では、飽和状態と不飽和状態にある粘土質砂地盤に対し、重力場および遠心加速度場において CPT を実施した。その結果、飽和した粘土質砂地盤では、 σ_{v0}' に対して q_c はほぼ直線的に増加するという砂と同様のコーン貫入特性が認められた。また、重力場と遠心加速度場では異なる増加率を示したが、これはコーンの寸法効果とみなせた。一方、不飽和状態にある粘土質砂地盤の場合、過圧密粘土地盤と同様に重力場と遠心加速度場で $q_c \sim z$ 関係はほぼ重なったが、深度方向に q_c が増加する関係となっている。

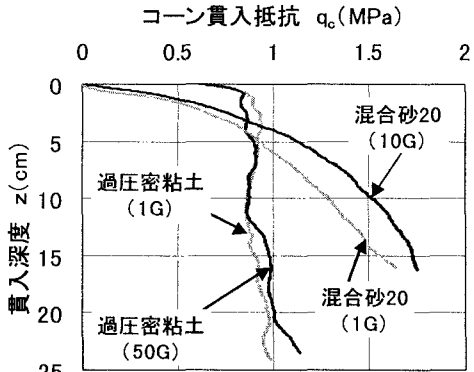
今後は、不飽和状態にある粘土質砂地盤の工学特性を CPT で把握するために、地盤内のサクシオンやコーンの寸法効果の影響を明らかにする予定である。

(参考文献) 片上ら：地盤剛性の深度方向変化を考慮した杭の水平抵抗評価法, 土木学会論文集 VI-48, pp. 181-191, 2000



(混合砂 20 (飽和状態)、豊浦砂)

図-2 $q_c - \sigma_{v0}'$ 関係



(混合砂 20 (不飽和状態)、過圧密粘土)

図-3 $q_c - z$ 関係

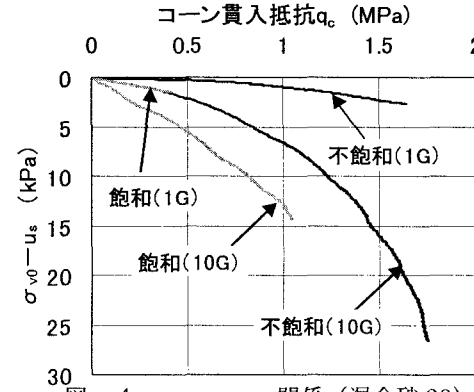


図-4 $q_c - \sigma_{v0} - u_s$ 関係 (混合砂 20)