

試作コーン貫入プローブのための模型土槽の作製と実験

城本 一義

鹿児島大学工学部技術部 生産技術系

1. はじめに

降雨に伴う斜面崩壊を予測するためには、崩壊要因である潜在すべり面、含水状態を知らなければならない。そのため、潜在すべり面の同定と地盤の負の間隙水圧の計測を目的としたCPT（コーン貫入試験）プローブ及び载荷装置を試作した。本試作CPTプローブを用い、鹿児島市内で採取したしらすを試料とし、模型土槽実験を行った。

2. 模型土槽

）土槽：模型土槽は図-1 に示すように内径は 750mm、高さは 1000mm の鋼製である。底部中央には、土圧計が設置されている。

）CPT プローブ：CPT プローブの概略図を図-2 に示す。CPT プローブは鋼製で先端角は 60°、径は 25.4mm、先端部の断面積は 5cm² である。三成分コーンと同じ構造を有しており、間隙水圧測定用の間隙水圧計、先端荷重測定用の荷重計が内蔵されている。

間隙水圧測定用フィルターとして、ポーラスストーンの代わりにセラミックフィルターを用いている。

）载荷装置：図-1 に示すようにコンプレッサーの圧力をレギュレーターで制御し空圧シリンダー（ペロフラムシリンダー）のピストンに取り付けられた载荷板を介して模型土槽地盤に上載圧を加えている。コーンプローブ貫入速度はオリエンタルモーター社のスピードコントロールモーターで制御し、スクリュージャッキを用いて連続的にコーンプローブを貫入させ、先端抵抗、間隙水圧をデータロガーで計測し、同時に RS-232C を介して接続されたパソコンの表計算ソフトに入力され表示するものである。

フレーム材料はH形鋼（100×100×6×8）溝形鋼（チャンネル）（50×100×5）フラットバー（9×100）を切断して溶接、穴あけをして、組立てにはM10 のボルトを使用した。模型地盤とペロフラムシリンダー底部に取り付けられた载荷板との間によって接地圧が等分布になるように考慮している。

）試料：用いた試料は、鹿児島市（旧日置郡松元町）で採取したしらすである（以下、松元しらすと称す）。松元しらすの物理特性を表-1 に示す。

）模型地盤の作製：実験には、通過粒径 4.75 mm の通過試料を用いている。相対密度 D_r を制御し、物理試験結果より得られた土粒子密度 ρ_s 、最大・最小間隙比 e_{max} 、 e_{min} より投入量を求める。最終試料高さは、土槽底面から 90cm とした。模型地盤は、10cm ごとに 9 回に分けて作製した。また、試料上面を木製ランマーで締め固めることによって設定した相対密度 D_r となるようにした。

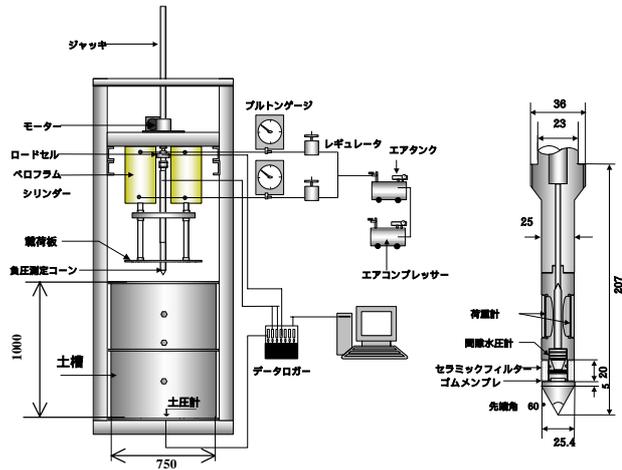


図-1 载荷装置の概略(mm)

図-2 CPT プローブ(mm)

表-1 松元しらすの物理特性

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.38
最大間隙比 e_{max}	1.681
最小間隙比 e_{min}	0.859
均等係数 U_c	23.61
曲率係数 U_c'	2.21
最大粒径 (mm)	4.75

表-2 実験条件

試料	松元しらす	
貫入速度	0.5mm/min	
計測間隔	10min	
地盤条件	上層地盤	相対密度 85%
	下層地盤	相対密度 100%
	潜在すべり面深さ	表層から 300mm

740mm のベニヤ板を介することによ

3. 実験手順

）潜在すべり面の同定：斜面崩壊を予測するには、潜在すべり面の位置や形状を精度よく把握しておく必要がある。従来の代表的な方法は、簡易貫入試験を行い、貫入抵抗の急変部を潜在すべり面とするものである。本実験では、模型地盤を作製し、CPTと簡易貫入試験結果の比較を行なった。具体的には、模型地盤は、底部から相対密度 $D_r=100\%$ ($e=0.86$), 85% ($e=0.98$) の2層模型地盤を作製した。2層模型地盤の実験条件を表-2に示す。貫入速度は、 $0.5\text{mm}/\text{min}$ である。

）負の間隙水圧の測定：実験には、湿潤状態{含水比 $w=20\%$ (飽和度 $S_r=35\%$ に相当)}の松元しらすを用いた。この含水比は、一般的なしらすの自然含水比 w_n に相当する。模型地盤は、相対密度 $D_r=85\%$ として1層模型地盤を作製した。載荷圧 P_v は 0kPa 、貫入速度は $0.5\text{mm}/\text{min}$ である。

4. 実験結果と考察

）潜在すべり面の同定：実験結果を図-3に示す。CPTと簡易貫入試験の実験結果は、図-3より同様の傾向が得られていることがうかがえる。CPTの結果は、上層と下層の境界付近において、先端抵抗が増加している急変部を確認することができる。簡易貫入試験結果は上層と下層の境界付近で N_c 値の変化は確認することができるものの、CPTに比べ劣っていることがわかる。また、CPTは貫入方向の連続的なデータを得ることが出来る。したがって、CPTを用いた潜在すべり面の同定は精度がよいと考える。また、図-3(b)に示すCPT結果において貫入深さ 10cm ごとに先端抵抗が変化しているのは模型地盤作成時において均一な模型地盤が作製されていないためであると考えられる。 10cm 単位で模型地盤を締め固めているにもかかわらず各層の底部では締め固めによる効果が得られていない可能性がある。これは、アーチ効果¹⁾による鉛直土被り圧の低減であると考えている。今後は、この結果を踏まえて模型地盤の作製方法・装置の改良を検討する。

）負の間隙水圧の測定：間隙水圧-貫入深さの関係を図-4に示す。実験終了後の含水比測定の結果を表-3に示す。間隙水圧を時間変化で表した結果を図-5に示す。間隙水圧、大気圧は実験開始時の大気圧をゼロとしている。温度の変化による影響はほとんどないものと考え、圧力値の温度補正は行なわず、図-4に示すように大気圧による補正のみ行なって整理している。

図-4に示すように、間隙水圧は初め正の値を示し、貫入とともに負の値を示した後、再び増加していく傾向を示している。貫入開始時、間隙水圧が正の値を示しているのは、大気圧開放状態をゼロとしているため水中でフィルターを取り付ける際に生じる水圧によるものである。

5. おわりに

実験終了後の装置の解体が簡単に行えるように溶接箇所をなるべく少なくしボルト締めにした為、解体は楽であった。

スクリージャッキは貫入長が長くなると座屈の懸念があるので、十分に余裕を持った機種を選ぶ必要がある。

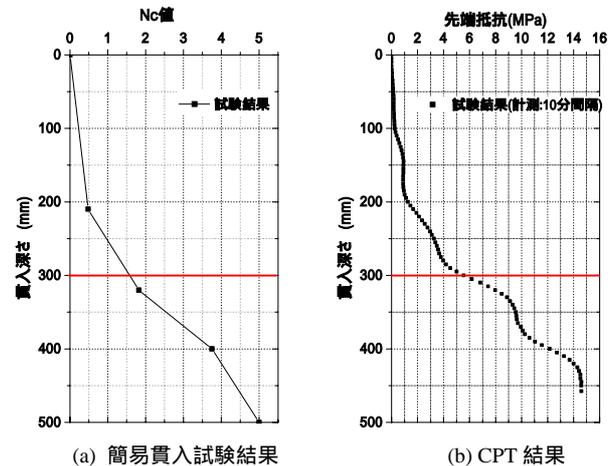


図-3 実験結果の比較

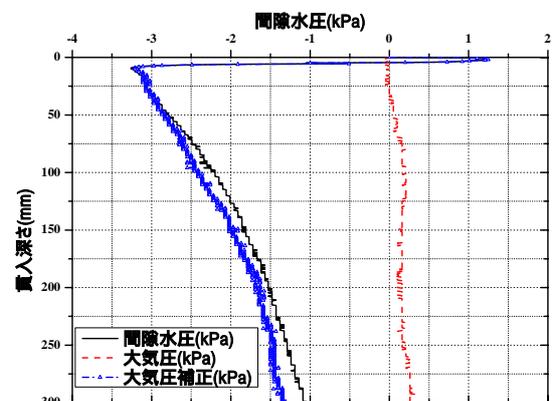


図-4 間隙水圧-貫入深さの関係

表-3 実験終了時の含水比分布

深さ(mm)	含水比w(%)
0	18.3
100	18.4
200	19.8
300	21.8
400	22.2