

サンドサンプラ - 内への砂粒子侵入メカニズムに関する一考察

九州大学大学院工学研究院 正会員 ○平松 浩三
九州大学大学院工学研究院 国際会員 善 功企
九州大学大学院工学研究院 国際会員 陳 光斉
株式会社 ウエスコ 正会員 田平 健二

1. はじめに

従来、乱さない砂のサンプリングに関する研究は多い。しかし、サンプリングされた砂の品質を適正に評価する方法がないため、サンプリング試料の試験前の品質状態が不明のまま試験結果が対比され利用されている状況である。そこで、筆者らはサンプリングされた砂の品質（状態）を適正に評価することを目的として、砂粒子の個々の挙動を非連続体として扱うことができる個別要素法¹⁾による数値解析を用いてサンプラ - 押込時のサンドサンプラ - 内への砂粒子の侵入メカニズムについて検討を行っている。本研究は、サンプリング時の諸条件（サンプラ - 形状、押込速度、地盤特性）による試料への影響について考察を行ったものである。

2. 解析概要

解析に用いたモデルは、図-1 に示すように幅 40cm、高さ 40cm の 2 次元モデル地盤に均一粒径の砂粒子を空中落下法で生成し、内径 7cm のサンプラ - を 20cm 押込させるものとした。解析ケースについては、サンプラ - 形状による影響、サンプラ - 押込速度による影響、砂粒径による影響、地盤の相対密度による影響など現在未統一な緒元を評価するため、表-1 に示す 10 ケースで実施した。解析に必要な材料定数は、粒子間の法線方向および接線方向バネ定数 (k_n, k_s)、粒子～境界壁およびサンプラ - 間の法線方向および接線方向バネ定数 (k'_n, k'_s)、粒子間摩擦角 (ϕ_μ)、粒子～境界壁およびサンプラ - 間摩擦角 (ϕ'_μ)、粒子の質量密度 (ρ) である。表-2 に解析に用いた材料定数を示す。

本研究では、主にサンドサンプラ - 内での密度変化について着目して解析を実施し、図-1 に示すサンプリングされた試料の中心部（せん断試験供試体規格：直径 5cm × 高さ 10cm）において、比較検討を行う。

1) サンプラ - 形状（内外径比）による影響

図-2 に示すように押込時のサンプラ - 内間隙比は、サンプラ - 肉厚が大きくなるに従い変化が大きくなる。これは、サンプラ - 通過時に肉厚幅にある粒子が移動することによりサンプラ - 中心部および下部では圧縮が促進され、サンプラ - 周辺部では移動による乱れが顕著となっているためである。また、サンプラ - 内外径比が大きくなるにつれ、サンプラ - 内部の粒子の移動量が増加しひずみが大きくなる。これより、サンプラ - 肉厚は薄い方が採取された試料への影響は減少することがわかる。

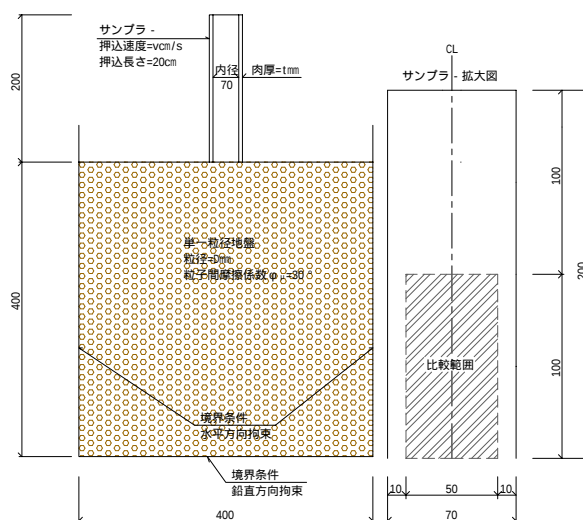


図-1 解析モデル図

表-1 解析ケース

検討項目	肉厚 t (mm)	押込速度 (cm/s)	相対密度 Dr (%)	地盤粒径 D (mm)	解析ケース No.
サンプラ - 形状	3	5	75	2.0	1
	9				2
	25				3
押込速度	3	10	75	2.0	4
		20			5
		5			6
地盤要素	3	5	25	1.0	7
				2.0	8
				3.2	9
				1.0	10
				3.2	10

表-2 解析に用いた材料定数

材料定数	採用値
k_n, k_s	1.0×10^8 (N/m)
k'_n, k'_s	1.0×10^8 (N/m)
ϕ_μ	30°
ϕ'_μ	30°
ρ	2,600 (kg/m ³)

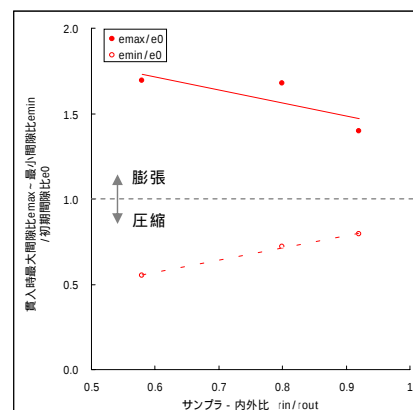


図-2 サンプラ - 内外径比～間隙比変化関係

キーワード 個別要素法, サンプリング, 砂, 密度

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院防災地盤工学研究室 TEL092-642-4399

2) サンプラ - 押込速度による影響

図-3 に示すようにサンプラ - 速度が速くなるにつれ、採取された試料のゆるみが少なくなり圧縮が強まる。これは、押込速度が速まることにより、粒子間で発生する圧縮応力が高まるためである。しかしながら、押込速度がサンプリングされた試料に与える影響は軽微である。

3) 地盤特性による影響

図-4 に示すように押込時のサンプラ - 内間隙比は、地盤粒径が大きくなるに従いゆるみが大きくなる。これは、粒子が大きくなるほど圧縮応力が高まり、サンプラ - 内粒子の移動量が増加しひずみも大きくなっているためである。また、図-5 に示すように地盤の相対密度が増加するほど、サンプラ - 内間隙比のゆるみも増加する。これは、相対密度が高くなるほど地盤内応力伝播が広まり、サンプラ - 内部の移動量およびひずみ分布が増加しているためである。

これより、粒径をサンプラ - 径で割り無次元化した値 (D/B) と相対密度 (Dr) ～ 間隙比変化率の関係を図-6 に示す。図-6 に示すように、サンプラ - 内の間隙比変化率 5% 以内 (相対密度 3% 減以内) の品質を確保することができる地盤条件は $D/B = -0.0011 \cdot Dr + 0.0622$ で示す範囲となる。

3. 結論

サンプラ - 形状 (内外径比) による影響

押込時のサンプラ - 内間隙比は、サンプラ - 肉厚が大きくなるに従い変化が大きくなる。サンプラ - 肉厚は薄い方が採取された試料への影響は減少する。

サンプラ - 押込速度による影響

サンプラ - 速度が速くなるにつれ、採取された試料のゆるみが少なくなり圧縮が強まる。押込速度がサンプリングされた試料に与える影響は軽微である。

地盤特性による影響

押込時のサンプラ - 内間隙比は、地盤粒径が大きくなるに従いゆるみが大きくなる。地盤の相対密度が増加するほど、サンプラ - 内間隙比のゆるみも増加する。

粒径/サンプラ - 径 ～ 相対密度 ～ 間隙比変化率の関係を示した。

4. 今後の課題

本研究では、サンプラ - 内での密度変化に着目して単一粒径地盤モデルを用いて解析を実施し、サンドサンプラ - 内に採取された試料の品質評価を試みた。しかし、必ずしも実際の現象と一致しない仮定を設けた部分もある。さらに、サンプリングされた砂の品質 (状態) を適正に評価するためには、試料採取方法、複合粒径への適用など課題がまだ多数残っている。今後更なる研究を行うことにより最適なサンプラ - 形状の提案・開発を目指していく所存である。

【参考文献】

1) Cundall, P.A : A Computer Model for Simulating Progressive, Large Scale Movement in Blocky Rocks-stem, Symp. ISRM, Nancy, France, Proc. vol.2, pp129 ~ 136. 1971.

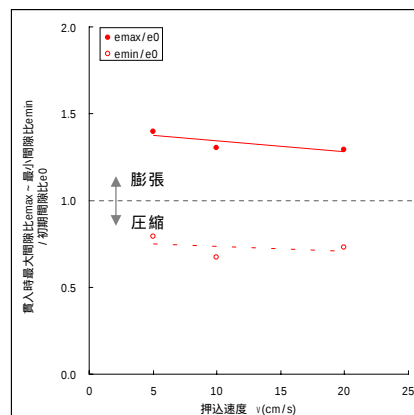


図-3 サンプラ-押込速度～間隙比変化関係

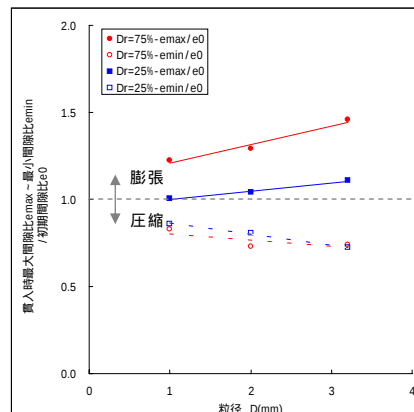


図-4 地盤粒径～間隙比変化関係

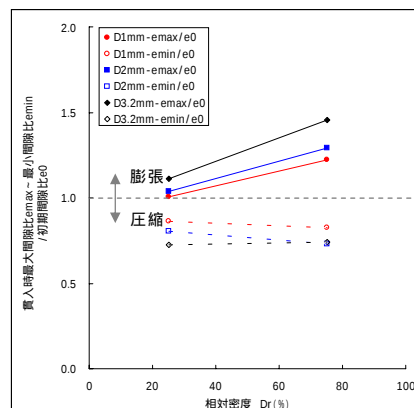


図-5 相対密度～間隙比変化関係

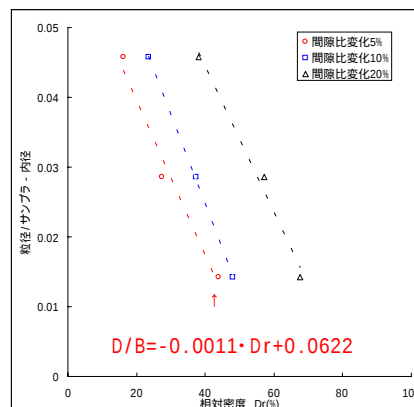


図-6 サンプラ-適用範囲