

破碎性地盤における杭基礎先端地盤の密度変化

熊本大学大学院 学 ○ 椋木俊文
 熊本大学工学部 正 大谷 順
 熊本大学工学部 正 尾原祐三

1. はじめに

杭基礎の支持力問題では、地盤は局部的な载荷の進行につれて複雑な挙動を示しながら最終的に破壊へと至る。このとき杭先端地盤に現れるせん断帯では、地盤の変形挙動に伴って密度変化が生じていると考えられる。近年、特に破碎性地盤を対象とした杭基礎の支持力問題が注目されているが、その破壊メカニズムの解明は現在研究段階にあると言える。

本研究の目的は、破碎性模型地盤における杭基礎先端地盤の変形挙動と粒子破碎に伴う密度変化特性を定量的に評価することである。今回破碎性模型地盤に対し杭の鉛直貫入実験を実施し、杭貫入に伴う杭基礎先端地盤の変形挙動について産業用 X 線 CT スキャナーを用いて観察した。本報は、得られた CT 画像を画像処理解析し、杭先端地盤の密度変化について考察を行うものである。

2. X 線 CT スキャナー装置の概要¹⁾

本装置では、供試体の全周方向から X 線を照射し、供試体透過前、透過後の X 線強度から物体内の X 線吸収係数をコンピュータを用いて算定し、断面画像を再構成する。さらに、3 次元画像は得られた断面画像を重ね合わせることによって構成される。本装置のシステム構成と仕様は参考文献 1) に示す。CT 画像は、水の X 線吸収係数を 0、空気のそれを-1000 とし次式で表される CT 値のデジタル画像である。

$$CT\text{-value} = \frac{\mu_t - \mu_w}{\mu_w} K$$

ここで、 μ_t は求める点の吸収係数、 μ_w は水の吸収係数、 K は定数(=1000)である。空気の吸収係数はほぼゼロであり、これを上式に代入すれば空気の CT 値が-1000 となる。また、X 線吸収係数が物体の密度に比例することから、ここで定義される CT 値も密度に比例する。CT 画像では、CT 値を白黒の 256 階調濃淡レベルに置き換えられて表示され、CT 値が高い領域(高密度領域)は白く、低い領域(低密度領域)では黒く表される。

3. 実験方法

実験装置の概略を図-1 に模型地盤と模型杭の諸条件を表-1 に示す。地盤材料には、比較的破碎が起こりやすい南関まさ土を用いた。载荷装置は、万能試験機であり载荷部分に杭をセット出来るカートリッジを取り付けた。杭周辺の地表面には、杭貫入時の土粒子の側方移動を軽減させる目的で 21.6kgf の荷重を与えている。毎分 1mm のスピードで杭を貫入させ、根入れ幅比(S/D: 杭沈下量/杭径)が 0.5、1.0、1.5 に至ったところでそれぞれ除荷し、模型地盤を CT 室に移動させてスキャンを行った。

4. 実験結果と画像解析

本実験の荷重-沈下曲線を図-2 に示す。ピークが表れず、杭先端では進行性破壊が起こっていることが分かる。図-3 は、杭貫入前と根入れ幅比が 1.5 の時の杭先端 2mm における模型地盤の断面画像である。杭先端では、明らかに密度が高くなっていることが

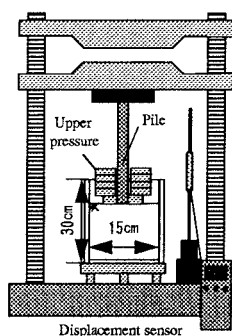


Fig.1 Apparatus of pile penetration

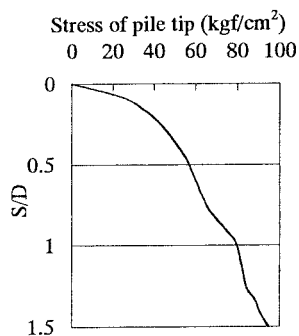


Fig.2 Load-Settlement relationship

Table-1 Condition of Model experiment

Soil material	Decomposed granite
Dry density	1.82 (g/cm ³)
Maximum grain size	4.75 (mm)
Moisture content	12.3 (%)
Size of the mold	φ=150 H=30 (mm)
Internal friction	45 (grad)
Pile material	Iron
Pile diameter	D=30 (mm)
Shape of Pile tip	Flat

確認できるが、この領域の面積を測定すると杭断面
積よりも 1.32% 拡大しており、粒子の側方移動が確
認できる。また、これらの画像の同じ位置の CT 値
の分布を図-4 に示す。これによれば、特に杭中心先
端付近の CT 値が高くなっていることが分かる。

次に、杭先端の深さ方向の密度変化について考察
する。図-5 は模型地盤の直径を含む縦断面画像で、
(a),(b),(c),(d)は、それぞれ初期、 $S/D=0.5$ 、 1.0 およ
 1.5 の杭先端の地盤状態を示している。根入幅比に比
例して、密度変化の領域が拡大していることが分か
る。図-6 は、 $S/D=1.5$ の 3 次元画像であるが、杭先
端地盤の密度変化の領域の形状は、ほぼ球根状では
あるが完全に対称な領域ではないことが観察された。

5. おわりに

今後は、実験装置を改良し実験の精度を向上させ
るとともに、CT 値と密度の関係、また実験結果の画
像処理解析から粒子破碎に伴う密度変化を定量的に
評価していく予定である。

参考文献

- 1) Jun OTANI, Toshifumi MUKUNOKI and Yuzo
OBARA, "CHARACTERIZATION OF FAILURE AND
DENSITY DISTRIBUTION IN SOILS USING X-RAY
CT SCANNER", Proceedings of China-Japan Joint
Symposium on Recent Development of Theory & Practice
in Geotechnology, pp.45-50, 1997.

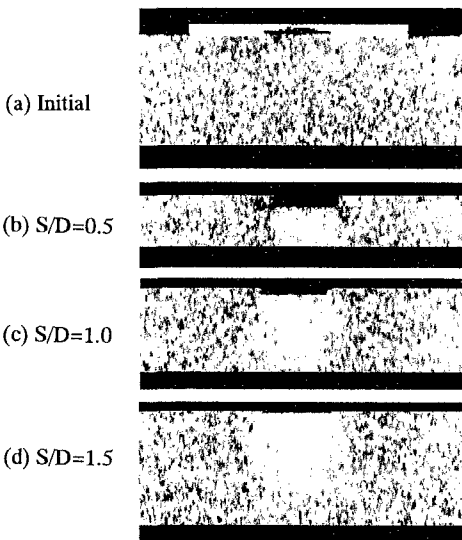


Fig.-5 Vertical sectional images at each S/D

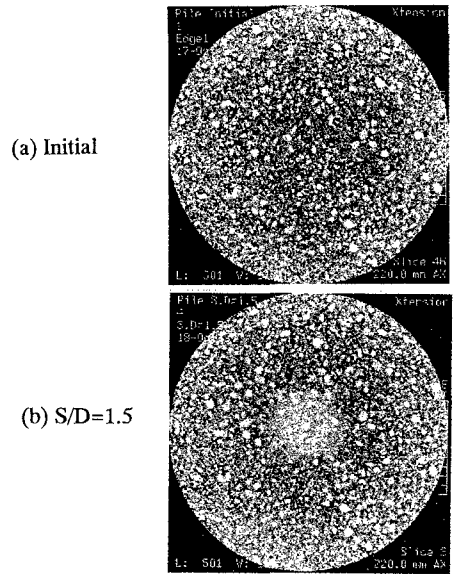


Fig.-3 Cross sectional images at 2mm from pile tip

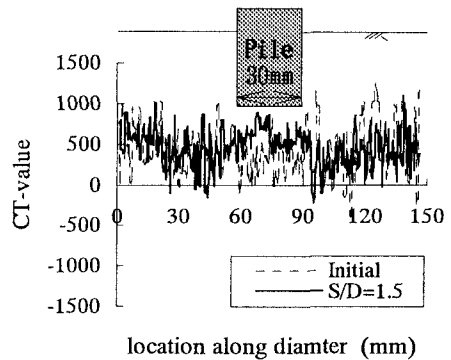


Fig.-4 Distribution of CT-value at 2mm on $S/D=1.5$

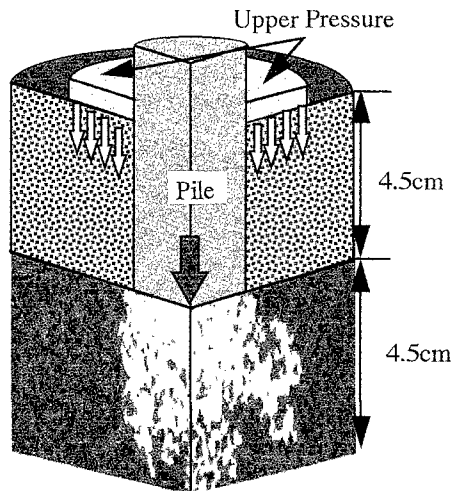


Fig.-6 3-D image of $S/D=1.5$