

個別要素法を用いた丸太打設シミュレーション

東電設計 正会員 中瀬 仁
 飛島建設 正会員 筒井 雅行
 飛島建設 正会員 沼田 淳紀

1. 目的

軟弱地盤に木杭を多数陥入することにより地盤改良する方法が考案されており、その効果について解析的に分析する技術が求められている。本稿では、そのような解析に有利な特徴を持つ個別要素法を用いた丸太打設シミュレーションを行い、解析手法のフィージビリティを確かめる。

2. 粒子接触モデル 図-1に個別要素法の新しい粒子接触モデル

(図は法線方向、圧縮時)の構成関係 η を示す。従来のモデルでは、圧縮荷重 F と2粒子の接近量 δ が、ばね係数 K_2 の傾きをもつ線形の関係であるが、これを、载荷初期には K_2 より傾きの小さい K_1 、荷重 F が硬化点 F_P に達した後は、 K_2 となる非線形の構成関係を導入する。このモデルは特殊ではなく、土粒子は一般的に载荷初期に剛性が小さいと考えてよい²⁾。

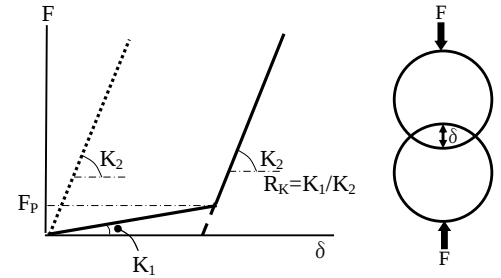


図-1 接触点における法線方向の構成関係

3. 三軸試験のシミュレーション 図-2 左に示すような三軸試験のシミュレーションを行って、軟弱地盤材料の試験結果を良好に再現するよう解析パラメータを定めた。シミュレーション結果を図-2の右に、決定した解析パラメータを表-1に示す。

表-1 解析パラメータ

平均粒径(m)	0.005
密度(t/m ³)	2.6
均等係数	1.2
法線方向ばね係数(N/m) , K_n (K_2)	1.0×10^{07}
接線方向ばね係数(N/m) , K_s	$K_s = K_n \times 0.025$
剛性比, R_k	0.005
硬化荷重, F_{p1} (N)	200
法線方向粘性減衰係数(N・s/m) , η_n	$\eta_n = 2 \times h_n \times (K_n \times m_{p50})^{0.5}$: h_n は法線方向減衰定数で25% : m_{p50} は、平均粒径粒子質量
接線方向粘性減衰係数(N・s/m) , η_s	$\eta_s = 2 \times h_s \times (K_s \times m_{p50})^{0.5}$: h_s は接線方向減衰定数で0.0006%
時間間隔(s) , dt	2.0×10^{06} $dt_{limit} = 0.3 (K_n \times m_{min})^{0.5}$: m_{min} は、最小粒径粒子質量 : dt は dt_{limit} より小さい値
要素間摩擦角($^\circ$)	30
要素間転がり摩擦	0.05

4. 杭の貫入試験のシミュレーション 杭陥入の地盤モデルとして、軟弱地盤モデルと礫質地盤モデルを考える。軟弱地盤モデルとは、表-1による地盤モデルである。一方、礫質地盤モデルとは、表-1の硬化荷重を0、つまり最初からバネ係数の値として K_n を持つ旧接触モデルによるモデル化地盤を示す。

図-3に解析モデルを示す。幅24cm、奥行き24cmの土槽に深さ50cmの地盤モデルを作成し、南西隅に長さ21cm半径5cmの円柱型およびこれに10°のテーパをつけたテーパ型のそれぞれ剛な杭を5cm/sの速度で貫入する。

地盤モデルと杭モデルの組み合わせは表-2の3つとした。

試験前後のモデルの鉛直変位分布を図-4に示す。下向きの杭の貫入にもかかわらず、杭近傍に

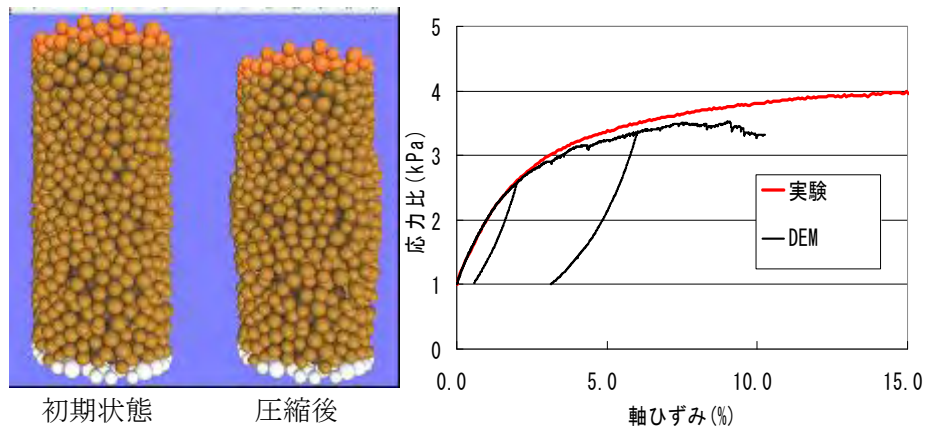


図-2 三軸圧縮試験のシミュレーション

キーワード 軟弱地盤、圧縮性、杭

連絡先 〒110-0015 東京都台東区上野 3-3-3 東電設計(株) 土木本部耐震技術部 TEL 03-6372-5563

ダイレイタンスーによる地盤鉛直上向きの変位が、特に軟弱地盤モデルに顕著に観察される。このダイレイタンスー量は、二次元解析に比べて著しく小さくなっており実挙動に近づいている。

図-5 に接点力伝達経路(粒子間力の分布をその大きさに応じて要素中心を結ぶ線分の太さを換え色分けして示したもの)を示す。粒子間力は、自重解析の終了時からの増分を示している。杭貫入によって、杭先端を中心とする樹根状の接点力伝達により、この網目状の経路を構成する粒子群が、互いに拘束力を増して地盤のせん断強度を増大させていると期待できる。杭の形状による樹根のパターンにあまり差異はないが、円柱杭は右斜め下、テーパ杭はやや右斜め上に極僅か、成長する度合いが大きくなっている。礫質地盤は軟弱地盤に比べて杭打設の効果が大きい。次フェーズでは対偶位置に杭を陥入し、地盤改良の効果を確かめる予定である。

参考文献 1)中瀬他：個別要素法における接触モデルの改良，第

66 回土木学会全国大会年次学術講演会概要

集，第 III 分野，pp.321-323，2011. 2)中

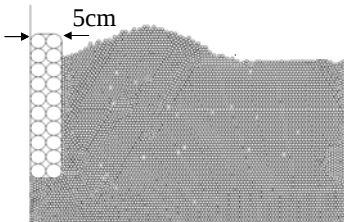
瀬他：非圧縮性砂粒子の圧縮強度について，

第 45 回地盤工学研究発表会，pp.399-400，

2010.

表-2 解析ケース

	地盤モデル	杭モデル
ケース1	軟弱地盤モデル	円柱型モデル
ケース2	軟弱地盤モデル	テーパ型モデル
ケース3	礫質地盤モデル	テーパ型モデル



2次元解析例

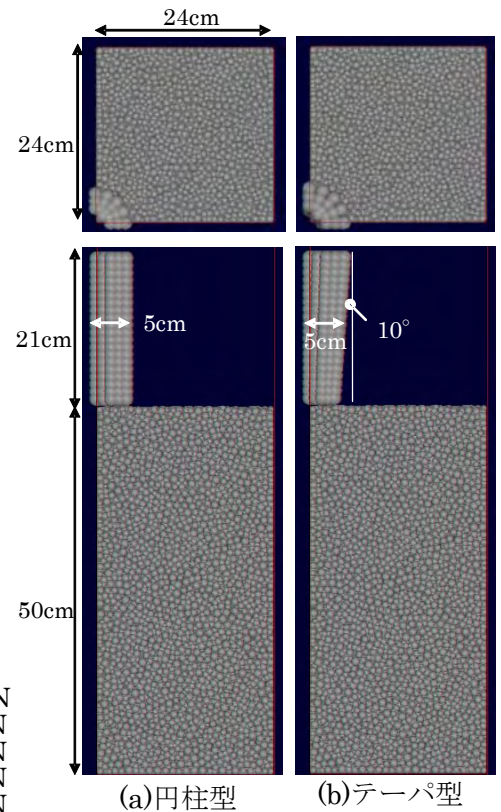
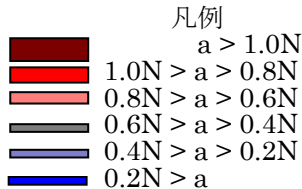


図-3 解析モデル

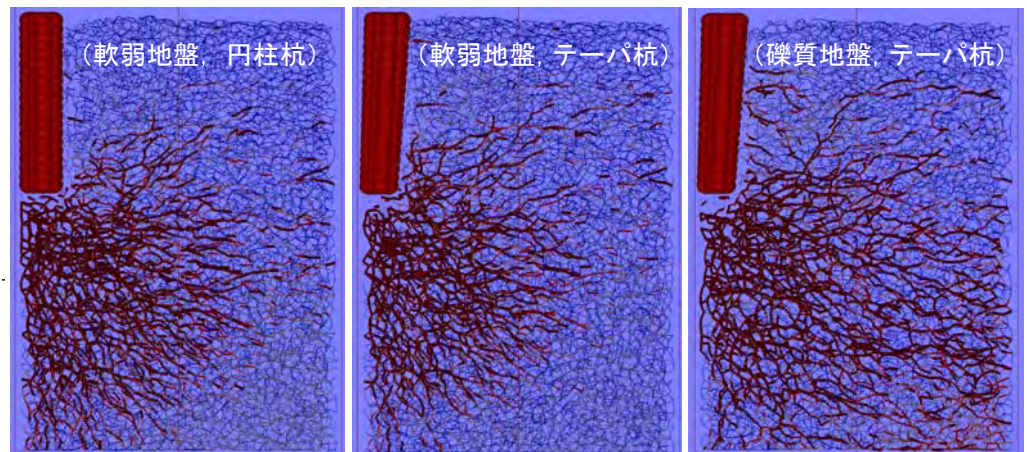


図-5 接点力伝達経路(初期状態からの増分)

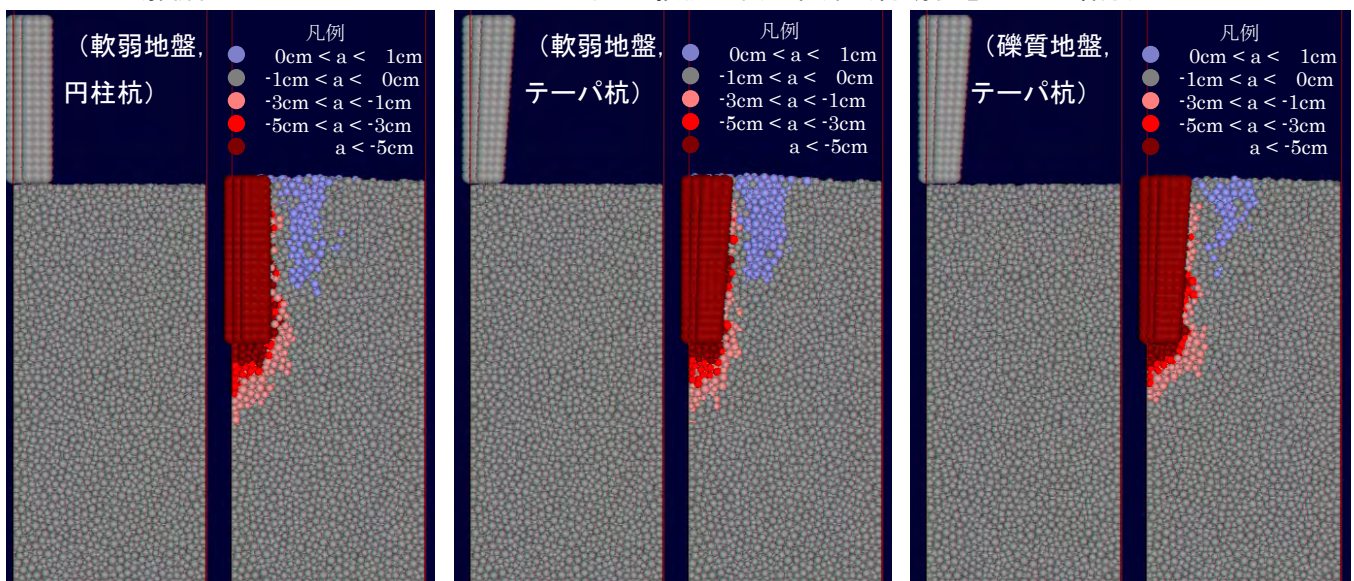


図-4 杭 20cm 貫入時における鉛直変位分布