

小規模構造物に対する杭付き胴木基礎の実用化の検討

東京都市大学 学生会員 ○栗田 悠史

東京都市大学 正会員 片田 敏行 田中 剛

東京都市大学 正会員 末政 直晃

1.はじめに

昨今、環境や廃棄の問題から建設材料として間伐材を積極的に利用しようとする動きが高まっている。木材は生産・加工時の消費エネルギーが小さく、環境負荷が小さい木材(間伐材)の循環型社会の形成につながると考えられる。現在の土木事業において間伐材及び国産材が使用される割合は、農林水産業に比べて極端に少ないのが現状である。一方、日本の国土は沖積平野部に人口が集中し、住宅は海岸部の軟弱地盤地域に多く建設されている。このような状況下で、比較的軽量の構造物に利用できる基礎に、伝統的木製基礎工法を採用し、木材資源を有効に利用することが考えられる。

本研究では、間伐材を有効に活用した軟弱地盤上の石垣や家屋等に用いられてきた胴木基礎工法の利用を目指し、鉛直載荷実験及び針貫入試験より杭付き胴木基礎模型の支持力特性を調べ、FEM 解析ソフトを用いて、地盤密度変化及び杭付き胴木基礎の支持力メカニズムを確認した。これにより、小規模構造物に対する木製基礎の有効性について検討する。胴木基礎工法は、現在でも軟弱地盤に敷設される埋設管の基礎などに用いられている例もあり、古くは佐賀城や名古屋城の石垣の基礎に使用されていた¹⁾。既往の研究では、比較的硬い地盤と軟らかい地盤上に杭付き胴木基礎を敷設した時に、地盤の硬軟による影響を解析した²⁾。本報告では、模擬軟弱地盤に敷設した杭付き胴木基礎に対する FEM 解析を行い実験結果と比較した。特に柔構造として杭付き胴木基礎に着目して考察する。

2.杭付き胴木基礎工法地の盤密度変化

鉛直載荷実験は、地盤変形が確認できるよう 1 面がガラスの組立式土槽を使用し、試料土は関東ロームを用いた。模型地盤は 50kPa で圧縮を行い、層状に大まかに密度様な地盤を作製した。胴木基礎模型はヒノキの角材(断面積 25mm²)を用いて、図-1 に示すような杭付き胴木基礎模型を作製した。載荷実験は速度制御(0.01mm/sec)で行い、載荷板(質量 1.438kg)は金属製の円柱状の重りを載せて載荷した。

針貫入試験は、載荷実験後に針径 2mm の丸棒を貫入速度 2cm/min で貫入し、貫入抵抗と貫入変位を測定するものである。貫入箇所は及び貫入量は 12 箇所・約 6cm に設定し、比較のために基礎が設置されていない無載荷の模型地盤についても針貫入試験を行った³⁾。なお、試験結果評価として、載荷実験後の貫入量 4cm の位置での地盤の貫入抵抗値(N)を 4 段階に分類し、地盤密度変化は『よく締まる(◎)、軟らかくなる(△)』として評価した。

図-2 に杭付き胴木基礎の沈下に伴う地盤密度変化とカオリン層による地盤変形を示した。図-2 より広範囲に変形し、荷重分散した結果だと考えられる。また、杭付き胴木基礎は胴木基礎より杭があることにより、杭間・基礎周辺に土が流動してより締固まったことが考えられる。地盤表面は基礎の沈下で土が盛り上がり、ひび割れが起きたため初期状態より軟らかくなったと思われる。

キーワード 杭付き胴木基礎工法 模型実験 数値解析 地盤密度変化 沈下量

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学地盤環境工学研究室 TEL03-5707-2202 E-mail : kuriboo8290@yahoo.co.jp

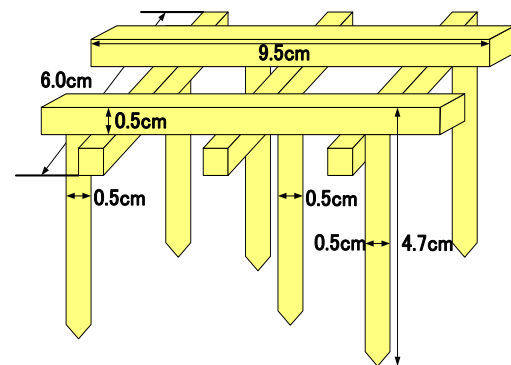
写真-1 杭付き胴木基礎工法¹⁾

図-1 杭付き胴木基礎模型

3.杭付き胴木基礎工法の数値解析

本報告の解析として使用した解析ソフトは『midas GTS』を用いて弾性解析を行った。図-1のような杭付き胴木基礎を解析対象とし、地盤及び胴木基礎模型の材料定数については、表-1に示す⁴⁾⁵⁾⁶⁾。既往の研究より、杭付き胴木基礎は比較的軟らかい地盤に対して、基礎としての効果が発揮されることがわかっている²⁾。この結果から本報告では、i)使用材料(RCと木材)による影響、ii)基礎の剛柔による影響について確認した。また、鉛直載荷実験の荷重～沈下量曲線より弾性域は沈下量2.5mm地点だと考え(図-3)、本解析の荷重は強制変位2.5mmとし、境界条件は表-2に示す通りである。

4.解析結果及び考察

基礎形状は杭付き胴木基礎の状態、使用材料を木材(ヒノキ)とRCとし、さらに基礎の剛柔を組み合わせた合計4ケースについて解析を行った。本報告では、特に変化の大きかった木材(柔構造)(以下木材)、RC(剛構造)(以下RC)について変化量を調べるために、2ケースのモデルを重ね合わせにより考察を行った(図-4)。基礎模型の使用材料による影響として、強制変位2.5mm沈下後の解析モデルの状態を比較した。沈下量を比較すると両者とも沈下が微小ながら軽減されていることがわかる。この理由として、地盤の表面に敷設した平板などの基礎は、土中を押し込み滑りながら沈下してしまう。一方、杭付き胴木基礎は胴木基礎の特徴である格子構造を活かし、格子の中を土が通過することで土と基礎が一体化し、さらに杭の影響により総合して沈下が軽減されているのではないかと考えている。また、既往の研究により、比較的軟らかい地盤において杭付き胴木基礎を載荷することで、木材がたわみ微小な変形により基礎が広がり土と一体化し、『杭が土を抱え込む効果』により大きな支持力が発揮することが確認されている。

5.おわりに

本報告では、杭付き胴木基礎工法の支持力メカニズムについて述べた。既往の研究と本報告の結果により、杭付き胴木基礎工法は小規模構造物(家屋等)ならば支持力が期待できると考えている。

今後は、杭付き胴木基礎の工法の支持力メカニズムを把握するために、材料の物性値や荷重条件の違いによるFEM解析を行い、より詳細な支持力メカニズムを確認し、実用化に向けた検討を行っていきたいと考えている。

<参考文献>1)愛知の城 HP-清洲城: <http://jyu-bako.vis.ne.jp/ISHIGAKI/aich.html>、2)栗田ら: 杭付き胴木基礎の支持力メカニズムの解析、第44回地盤工学研究発表会(投稿中)、2009.7、3)栗田ら: 胴木基礎の支持力に関する模型載荷実験の一考察、地盤工学会関東支部発表会発表論文集、vol.4、PP363-364、2007、4)林野庁: 平成16年度森林土木木製構造物施工マニュアル、2004、5)森林総合研究所: 木材工業ハンドブック、PP133-138、2004、6)浦田ら: 鉛直荷重を受けるパイルド・ラフトおよび群杭基礎の簡易三次元弾性変形解析例、第35回地盤工学研究発表会、PP1855-1856、2000.6、

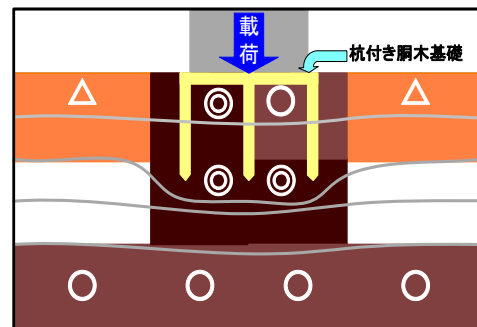


図-2 模型実験結果に見られる

地盤密度の変化

表-1 地盤及び使用材料の物性値⁴⁾⁵⁾⁶⁾

物性	軟弱地盤	胴木基礎	RC(コンクリート)
単位体積重量: γ (N/mm ³)	1.60×10^{-5}	3.94×10^{-6}	3.94×10^{-6}
弾性係数: E (N/mm ²)	0.056	9.0	3.0×10^4
せん断弾性係数: G (N/mm ²)	0.02154	4.5	1.293×10^4
粘着力: C (N/mm ²)	0	0	0
摩擦角: ϕ	0°	0°	0°
仮定	ダイレイタンス角	0°	0°
	ポアソン比: ν	0.3	0.16

※本解析は弾性範囲内での解析(緑は本報告で用いた物性値)

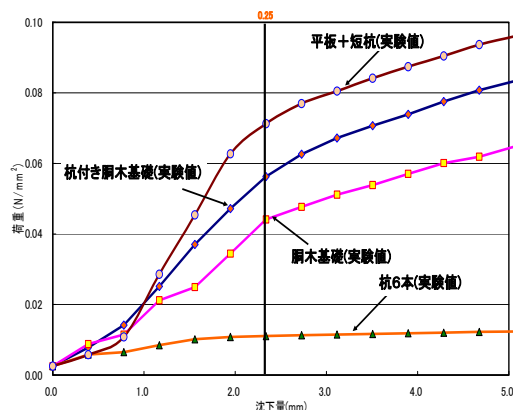


図-3 荷重～沈下量曲線(載荷初期)

表-2 本解析の境界条件

	TX(X変位)	TY(Y変位)	TZ(Z変位)	RX(X回転)	RY(Y回転)	RZ(Z回転)
側面(YZ)	○	x	x	x	○	○
側面(ZX)	x	○	x	○	x	○
底面	○	○	○	x	x	x
基礎(剛)	x	x	x	○	○	○

※拘束条件...○:拘束している x:拘束していない

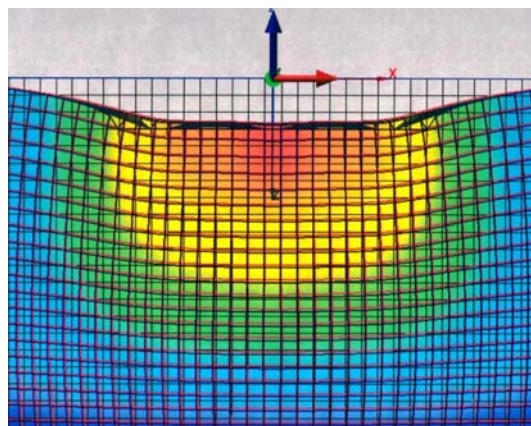


図-4 使用材料の沈下量への影響