

機関番号：32678

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560465

研究課題名 (和文) 伝統的基礎工法の支持力特性とその適用性に関する実験的解明

研究課題名 (英文) Experimental analysis of bearing capacity of Japanese traditional wooden foundation and its applicability

研究代表者

片田 敏行 (KATADA TOSHIYUKI)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：30147897

研究成果の概要 (和文)：日本古来の木製伝統的基礎である「杭付き胴木基礎」の支持力を 1G 場で実験解析した。関東ローム (含水比 70%) で小型模型地盤を作成し、その表面に木製基礎模型を設置した。杭付き胴木基礎模型は沈下につれて、土が胴木直下に流動して土の密度が増加し胴木一杭一直下の土が一体となって支持力を発揮することが明らかになった。そして、本実験で想定した地盤では木造家屋のような小規模構造物に対して十分な支持力が期待できた。

研究成果の概要 (英文)：

The bearing capacity and practical utility of Japanese traditional wooden foundation was experimentally analyzed. This foundation harmonizes with environment and is sustainable construction method. The structure of this wooden foundation is in the form of ladder with pile and very low cost. The results of the bearing test show the sufficient practicality for wooden house by using the compact earth tank.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
—	—	—	—
—	—	—	—
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：地盤工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：伝統的基礎、杭付き胴木基礎、支持力、軟弱地盤

1. 研究開始当初の背景

(1) 従来の基礎工法は、コンクリート杭の打設や地盤改良など環境に大きな負荷を及ぼすものが主であった。そのため、中・小規模な構造物に対しては、より環境に優しい基礎工法の開発が社会的使命と考えた。そこで、間伐材で製材される木材を用いた、環境に優しく、先人の知恵の結晶である「胴木基礎工法」に着目した。

(2) また、軟弱地盤では住宅の不同沈下が社会問題となっている。従来工法では個人

住宅に基礎工事を施すのは経済的に不可能に近かった。それゆえ、本研究で取り上げた間伐材を利用した木製伝統基礎工法の実用化は社会的にも意義があると判断した。

2. 研究の目的

木製杭付き胴木基礎の支持メカニズムと極限支持力を明らかにして、その適用性と実用性を実験的に評価することを目的とする。すなわち、

(1) 杭付き胴木基礎の沈下に伴う基礎直下

の地盤状況の**説明**：荷重による杭付き胴木基礎の沈下に伴って、基礎周辺、基礎直下の地盤変形の状況を明らかにして、支持力が発揮されるメカニズムを考察する。

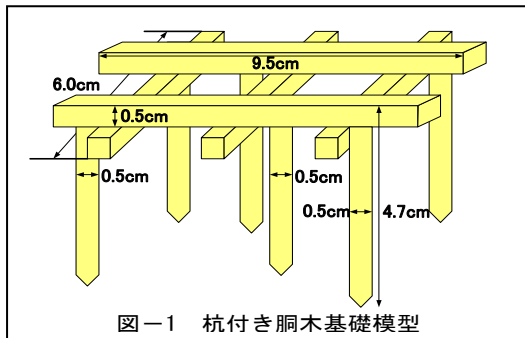
(2) **荷重～沈下量曲線による支持力特性の**説明****：試料土に関東ローム及び藤森粘土を使用して、荷重に伴って杭付き胴木基礎の荷重～沈下曲線がどのように違うかを1G場及び遠心荷重実験によって明らかにする。この実験結果によって、杭付き胴木基礎の支持力メカニズムと極限支持力を考察し、その適用性と実用性に関して一次的な評価を行う。

(3) **軟弱な粘性土地盤対策としての敷葉工法の併用効果の**説明****：予備的な実験より軟らかい粘性土地盤では、どうしても沈下量が多くなってしまう。そこで、敷葉工法を併用した場合、杭付き胴木基礎の沈下がどの程度抑制され、適用性と実用性が高まるかを解析する。

3. 研究の方法

(1) 木製の杭付き胴木基礎模型

木製基礎杭は5mmの模型用ヒノキ角材で作成した。その形式には様々なものが考えられる。実際にこれら模型基礎を作成し、荷重実験を行い、最も実用性があると思われた**杭付き胴木基礎**(下図参照)を使用することとした。なお、杭付き胴木の高さは47mmと設定した。



(2) 試料土、土槽及び模型地盤

使用した**試料土**は、関東ロームと藤森粘土である。関東ローム(含水比50%あるいは70%)の場合には模型地盤はペロフラムシリンダーを用いて50kPaで圧縮を行い、層状に5層で大まかに密度様な地盤を作製した。また、地盤内変位の確認のため、層間にはカオリン層を設ける。土槽側面には、境界条件の影響を無くすためシリコンスプレーを塗布した。土槽には、地盤変形が確認できるように1面がガラスの組立式鋼製土槽(奥行12cm、長さ40cm、深さ30cm)。藤森粘土の場合には底面には排水板を設置し、底面と排水板の間に水が通る隙間を開けるために等間隔で2mmの穴を開けた。十分に攪拌したスラリー状の藤森粘土をペロフラムシリ

ンダーにて30kPaで48時間圧縮した。圧縮終了後、基礎模型を地盤表面中央部に敷設した。

(3) 荷重方法及び計測

荷重実験は速度制御(0.01mm/sec)とし、荷重に当たっては、圧縮板として厚さ0.5cmの塩化ビニル板を7枚重ねたものを使用する。荷重においては5kN計ロードセルにより鉛直荷重を、荷重板に取り付けた50mm変位計により基礎模型の鉛直変位を計測する。

本研究は1G場での荷重実験が主であったが、比較のために遠心場での荷重実験も行なった。その際に用いた荷重装置はドラム式遠心装置である。遠心加速度を徐々に上げて、胴木基礎模型に鉛直荷重を加える。

荷重により、杭付き胴木基礎が沈下するにつれて基礎直下の地盤が変形する様子は、針貫入試験による地盤密度の変化とマーカーとして入れたカオリン層の変化で観察する。針貫入では、荷重実験後に針径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荷重の模型地盤についても針貫入試験を行う。

4. 研究成果

(1) 杭付き胴木基礎の沈下に伴う基礎直下の地盤状況の**説明**：関東ローム地盤

針貫入試験結果の評価として、荷重実験後の貫入量4cmの位置での模型地盤の貫入抵抗値(N)を4段階に分類し、地盤密度変化は①『よく締まった』、②『軟らかくなる』として評価した。その結果、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の変化により、杭間・胴木基礎周辺に土が流動してより締固まったと推測された(図-2)。

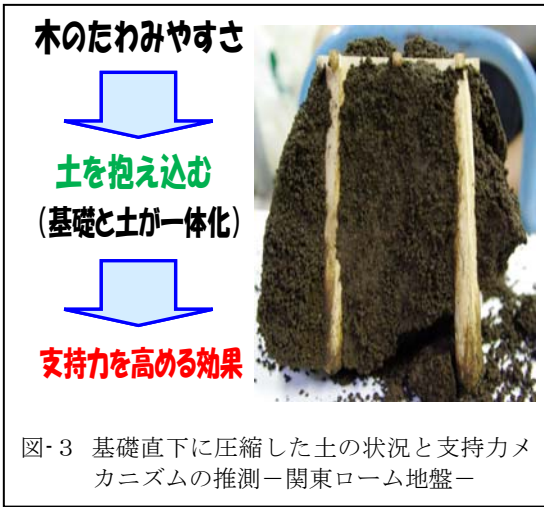
基礎直下の地盤密度の増加は、杭付き胴木基礎が胴木基礎の特徴である格子構造を活



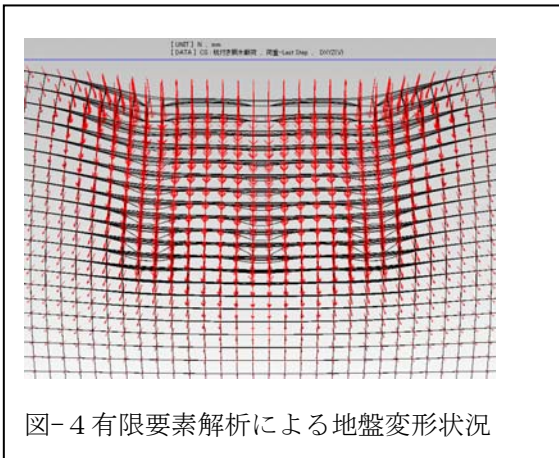
図-2 基礎模型の沈下状況及び地盤変形状況

- 関東ローム地盤の場合 -

かし、格子と杭群が構成する空間に土が流動することで土と基礎が一体化し支持力を発揮していると推測された。この支持力に加えて、杭自身の支持力も付加されて沈下が抑制されていると判断した(図-3)。



なお、比較のために有限要素解析を行い基礎モデルの沈下に伴う地盤変形状況を解析した。周辺地盤ひずみの方向は基礎直下へ向いており、基礎周辺地盤の土が基礎直下の方向へ流動していく様子が図-2に示される載荷実験結果と良く一致していた(図-4)。



(2) 荷重～沈下量特性とその評価

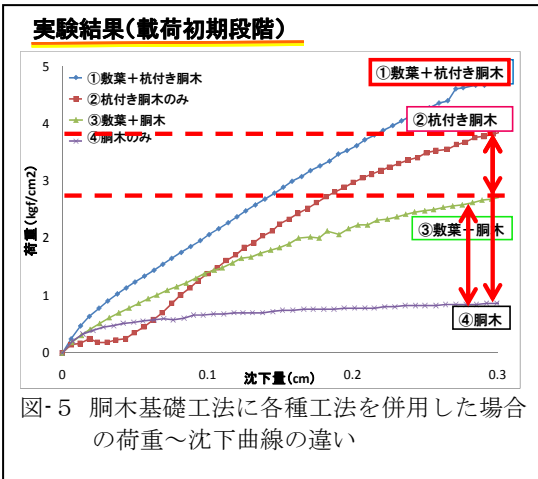
実験で得られた関東ローム地盤の荷重～沈下曲線によれば、2mmの基礎沈下に対して200kN/m²という値が得られた。関東ローム地盤では基礎モデル直下の締め固まった土が支持力の発揮に寄与していることが推測された。しかしながら、模型実験であるので境界の影響などの照査がさらに必要であると思われるが、本実験で用いたような関東ローム地盤では十分な支持力が期待できると評価している。これに対して、粘性土地盤では基礎直下において土は全く締まっておらず、支持力も1/4～1/6にとどまる結果となった。

それゆえ、軟弱な粘性土地盤では、基礎直下に沈下に伴って土塊ができず杭付き胴木基礎のみで十分な支持力を発揮するのは難しいと言えるかもしれない。城の石垣基礎などでは杭付き胴木基礎に加えて、しばしば敷葉工法が併用されているのは、この理由によるものかもしれない。

(3) 敷葉工法の併用効果

粘性土地盤は軟弱で沈下に伴い土の流動性が増す。そこで敷葉工法を併用した場合の支持力の増加を実験的に解析した。注目した点は、①敷葉の位置と②敷葉の向きと③その敷設方法である。使用した地盤材料は、含水比70%の関東ロームである。同じ状態でこの試料土を用いて模型地盤を作成し、①敷葉工法+杭付き胴木基礎工法、②杭付き胴木基礎工法、③敷葉工法+胴木基礎工法、④胴木基礎工法、の各基礎工法の荷重～沈下曲線(図-5)を求めて、支持力の違いを考察した。

図-5は、沈下量3mmまでの載荷初期段階のみを示したものである。その結果を見ると、杭付き胴木基礎に敷葉工法を併用することによって、同じ載荷荷重4kgf/cm²に対して、沈下量は約30%低減されており、敷葉工法の沈下抑制効果は大きいことが明らかになった。また、胴木基礎工法でも敷葉の有無によって支持力が約3倍の違いがある。しかし、杭付き胴木基礎工法と杭のない胴木基礎工法と敷葉工法の併用と比較した場合、杭付き胴木基礎工法の方が支持力は、約1.4倍大きくなり、杭は支持力効果に優れていることが分かる。



敷葉の敷き方に関しては、載荷初期では杭の中程に位置している方が支持力は大きいですが、沈下量が増加していくと杭先端に敷葉が位置している方が支持力は若干大きくなった。また、敷葉は格子状に敷いて設置した場合にもっとも大きな支持力効果が発揮されることが明らかになった。

載荷実験は、最大3cmに達するまで実施した。その結果、3cmに達する載荷荷重は胴木

基礎のみ、敷葉工法+胴木基礎、杭付き胴木基礎、敷葉工法+杭付き胴木基礎の順で、載荷荷重は小さくなった。すなわち、胴木基礎に敷葉工法を併用した場合に最も支持力を発揮した。その支持力効果は、胴木基礎工法の約6倍、杭付き胴木基礎工法の約1.2倍となった。胴木基礎工法に敷葉工法を併用した場合は、支持力は約4.5倍となり、敷葉工法の沈下抑制効果は大きいことが明らかになった。

(4)まとめ

本科研費では、杭付き胴木基礎の支持力を模型載荷実験で解析した。その結果、関東ローム地盤では住宅のような小規模構造物に対して、十分な支持力があることが明らかになった。また、杭付き胴木基礎に敷葉工法を併用することによって、さらに支持力が増加することが明らかになった。

この実験結果は、木と敷葉を材料とし、エコで環境に優しい伝統的工法である杭付き胴木基礎工法に敷葉工法を併用することで、実験室レベルではあるが住宅などの小規模構造物に十分な適用性が有ることを示していると評価している。

今後の課題としては、実際に原位置での載荷実験による実用性の更なる検証が必要と考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計6件)

①小橋 江里, 片田 敏行, 末政 直晃, 敷葉工法を併用した杭付き胴木基礎の沈下抑制効果に関する実験的解析, 2011.03.10, 土木学会第38回関東支部技術研究発表会, 東京, CD-ROM, III-15.

②小野 裕輔, 栗田 悠史, 片田 敏行, 田中剛, 末政 直晃, 胴木の組立方式及び接合方法の違いによる杭付き胴木基礎の支持力比較, 地盤工学会第6回関東支部研究発表会, 宇都宮, pp. 283-284, 2009. 11. 12.

③栗田 悠史, 片田 敏行, 田中 剛, 末政 直晃, 小規模構造物に対する杭付き胴木基礎の実用化の検討, 2009. 9. 3, 土木学会第64回年次学術講演会講演概要集, 福岡, CD-ROM, III-100.

④栗田悠史, 片田敏行, 田中剛, 末政直晃, 杭付胴木基礎の支持力メカニズムの解析, 2009. 8. 18, 地盤工学会第44回地盤工学研究発表会, 横浜, DVD-ROM, No610, E-14, pp. 1219-1220.

⑤栗田悠史, 片田敏行, 田中剛, 末政直晃, 間伐材の有効利用としての伝統的基礎工法について, 2008. 9. 12, 土木学会第63回年次学術

講演会講演概要集, 仙台, CD-ROM, III-123.

⑥栗田悠史, 片田敏行, 田中剛, 末政直晃, 伝統的基礎の力学特性の実験的解析, 地盤工学会第43回地盤工学研究発表会, 広島, 2008. 7. 7, DVD-R, No. 685, E-04, pp. 1369-1370.

[その他]

ホームページ等

http://www.civil.tcu.ac.jp/subject/staff/katada_toshiyuki.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片田 敏行 (KATADA TOSHIYUKI)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：30147897

(2) 研究分担者

末政 直晃 (SUEMASA NAOAKI)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：80206383