

パイルドラフトの長期計測および有限要素法解析

正会員 ○川田 学\*1  
同 土屋 勉\*2  
同 吉田 勝之\*3

1. はじめに

当研究室では、杭とラフトを併用したパイルドラフトの沈下特性や、多翼鋼管杭の支持力機構に関する研究を行ってきた。多翼鋼管杭とは、杭に取り付けた複数の翼による回転推進力によって低騒音、無排土で設置され、設置後は翼による支持力増を期待する特殊杭であって、住宅地等の狭隘敷地でも施工可能である。これらの研究を通して、軟弱地盤上にある住宅地での建築においては、多翼鋼管杭を採用したパイルドラフト工法が理想形の1つと考えている。

著者等は、埼玉県北埼玉郡大利根町に建設された多翼鋼管杭で支持される事務所建物について、着工から竣工、使用開始後を含めた1年7ヶ月間(1997/5/14~1998/12/21)にわたり、種々の計測を行ってきた。本論文は、これらの長期計測結果を整理した後、FEM解析を行って、各種実測値と比較検討したものである。

2. 地盤および建物概要

現場は、加須低地と呼ばれる沖積低地の一面に位置しており、図1に地盤概要を示す。地表部はG.L. -8mまでは比較的均質な砂が分布しているが、それ以深はN値0~4程度の軟弱な粘性土がG.L. -25mまで厚く堆積している。これらは概ね正規圧密状態であるが、GL-8.00~-12.65mのシルト層では圧密降伏応力が土被り圧より幾分大きな値を示し、過圧密状態になっている。

建物は鉄骨2階建てで、総重量は220tf程度である。基礎は、図2に示すように、2本の布基礎に各4本、4つの独立基礎に各1本の多翼鋼管杭(図3)が配置されている。

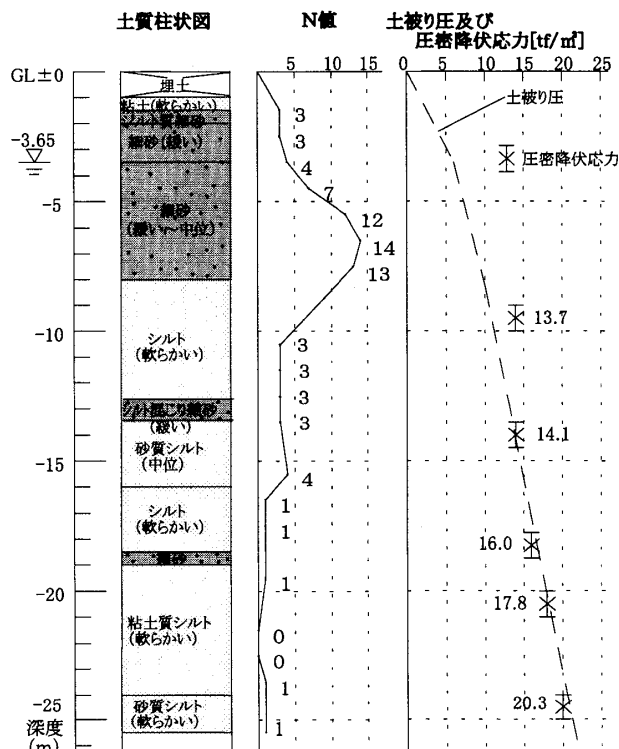


図1 地盤概要

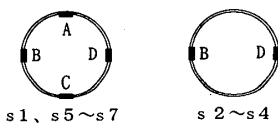
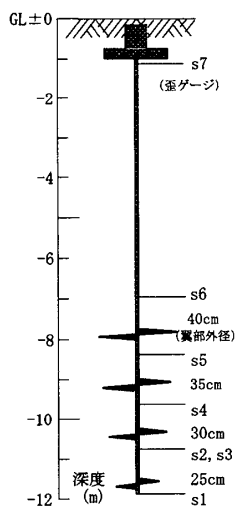


図3 杭の形状と  
歪計測位置

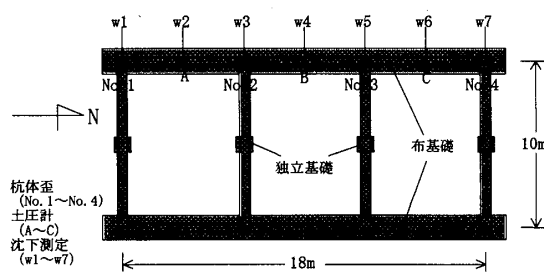


図2 基礎平面および各計測位置

表1 計測日と施工状況

計測日	累計日	施工状況
1997/5/14	—	杭設置前
5/20	—	杭設置後
5/26	0日後	基礎コン打設後
7/19	54日後	構造躯体施工完了後
8/21	87日後	沈下計測開始
10/20	147日後	使用開始
1997/12/20~1998/12/21	208日後~574日後	使用中

Long - term measurement and finite element analysis of piled raft.

KAWATA Manabu et.al.

### 3. 動態観測

#### 3. 1 計測の方法

計測は図2に示す建物西面通りを中心に、杭軸歪(No.1~No.4)、布基礎接地圧(A~C)および沈下量(W1~W7)について行った。

##### (1) 杭軸歪

杭軸歪測定は、図3に示す深度で1断面につき4ヶ所もしくは2ヶ所で行い、軸力算定の際はこれらの値を平均して用いている。歪ゲージは、溶接型ゲージと一般用ゲージ(接着剤使用)の2種類を使用している。ただし一般用ゲージの多くは、1年半の計測中に損傷を受けていると判断されるものが多かったため、溶接型ゲージの測定値を中心に考察を行った。なお、杭設置に伴う杭体軸歪については文献<sup>1)</sup>に報告済みである。

##### (2) 接地圧

基礎スラブ底面での接地圧を測定するため、図4のように周囲を砂で充填した土圧計を設置した。

##### (3) 建物沈下

ベンチマークを、当建物に隣接する鉄塔(洪積の砂礫層に場所打ち杭で支持されている)にとり、レベル測定を行った。ただし、躯体施工が完了した直後の1997/8/21(表1参照)を基準とした計測である。

#### 3. 2 計測結果および考察

##### (1) 杭頭軸力と接地圧の経時変化

図5および図6は、それぞれ杭頭軸力および布基礎接地圧の経時変化である。両計測値とも、構造躯体の施工が終了するまでは急激に増加している。その後、杭頭軸力は徐々に増加し、接地圧は逆に減少している。このことから、時間経過に伴って建物荷重の負担が布基礎から杭へと移行しているのが分かる。なお、A点の比較的初期段階での接地圧が急増しているのは、土圧計近傍での外構工事の影響が含まれているためである。No.3およびNo.4の杭頭軸力がNo.1およびNo.2の値よりも大きくなっているのは、後述する建物沈下

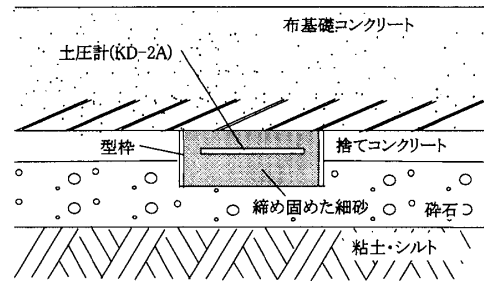


図4 土圧計の設置方法

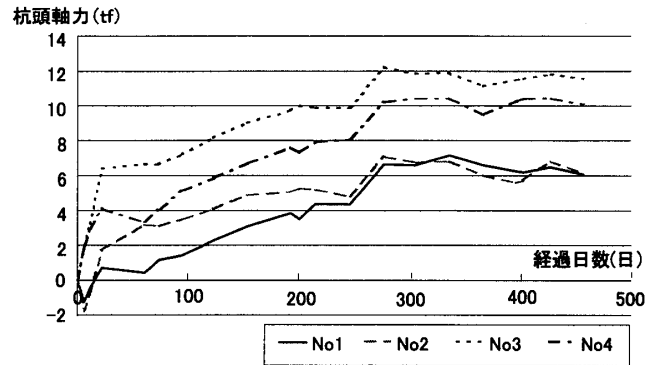


図5 杭頭軸力の経時変化(実測)

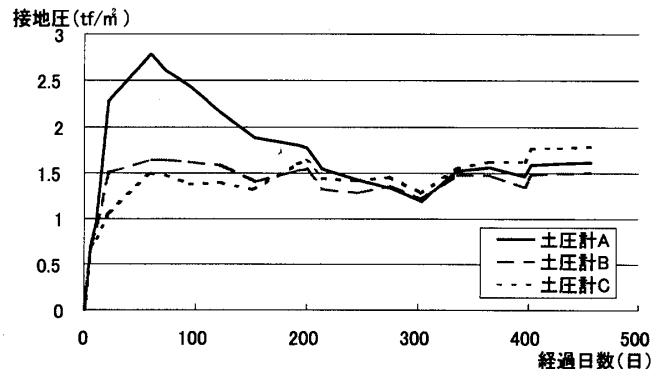


図6 接地圧の経時変化(実測)

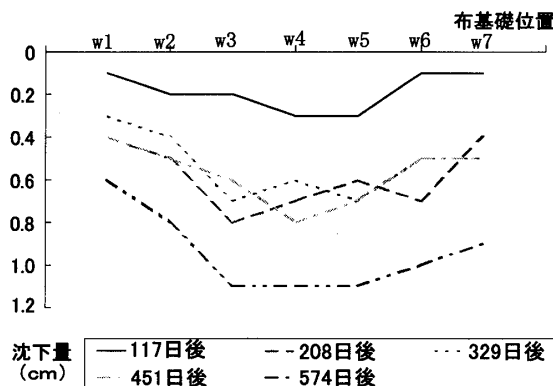


図8 布基礎沈下分布(実測)

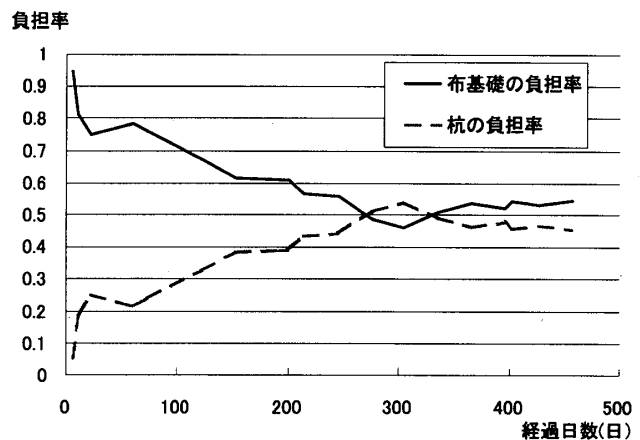


図7 杭と布基礎の荷重負担率の経時変化(実測)

が北側へわずかに傾斜しているのに関係しているものと思われる。

図7は、4本の杭の負担荷重と土圧計による接地圧に布基礎面積を乗じて求めた布基礎負担荷重の比率を示したものである。建物施工中においては全載荷重の8～9割ほどを布基礎が負担しているのに対して、250日後以降は杭と布基礎でほぼ同程度の荷重を負担しているのが読み取れる。

(2) 建物沈下について

図8は、建物西側通りの沈下分布である。躯体施工以後の圧密沈下により、建物中央部と端部のあいだで下に凸な型の相対沈下が進行している。また、前述の接地圧測定値を裏付けていると思われるわずかな傾斜(1/5000)が生じている。

4. FEM 解析

4. 1 解析方法

FEM 解析を行うにあたり、図2に示す対象建物の西側通りを取り出して、図9のようにモデル化を行った。ここで、奥行き方向はスパン方向の杭間隔である5mとして、地盤には平面歪条件が成立するものとして2次元的に取り扱った。杭については4枚の翼の平均翼径と軸部径の中間値を有するストレート杭に換算した。なお、GL-8.00～12.50mの粘土層については、土質調査の結果がやや過圧密であったことを考慮して、正規圧密(case1)および過圧密(case2)の2種類の条件で解析を行った。荷重は、全体の建物荷重から西面通りが負担する分を概算し、施工工程により4つのステージ(図10)に分けて行った。

4. 2 解析結果および考察

(1) 杭頭軸力および接地圧

図11および図12は、杭頭軸力および布基礎接地圧の経時変化である。荷重後の変動を見ると、case1では杭頭軸力が増加するのに対して接地圧は減少しており、杭と布基礎間の荷重移行の様子が読みとれる。しかし、case2ではこのような関係は見られない。前述の実測結果は case1 の傾向と一致することから、GL-8.00～12.65m間の粘土層は正規圧密とみなすの

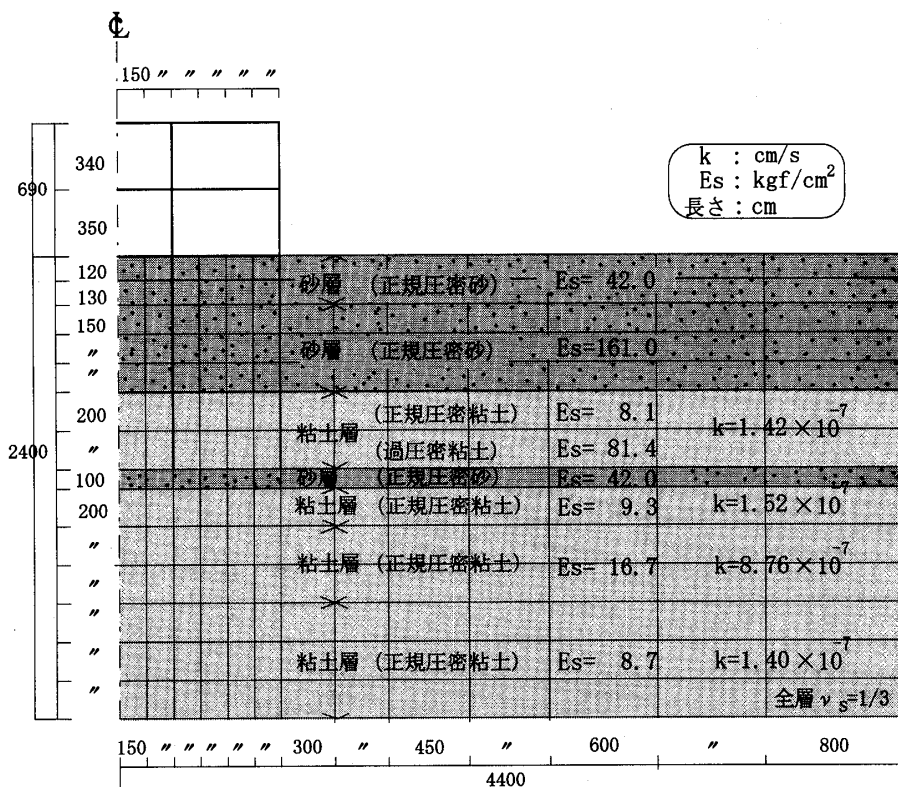


図9 地盤のモデル化

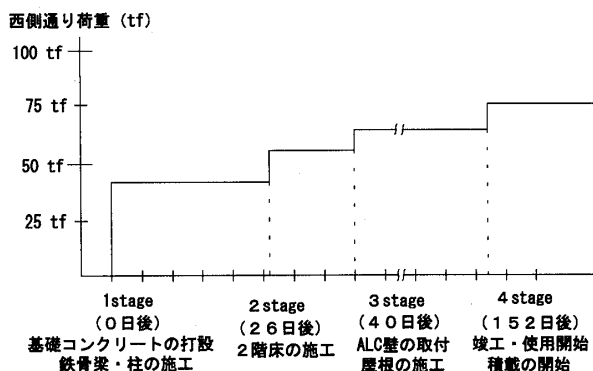


図10 荷重方法 (解析)

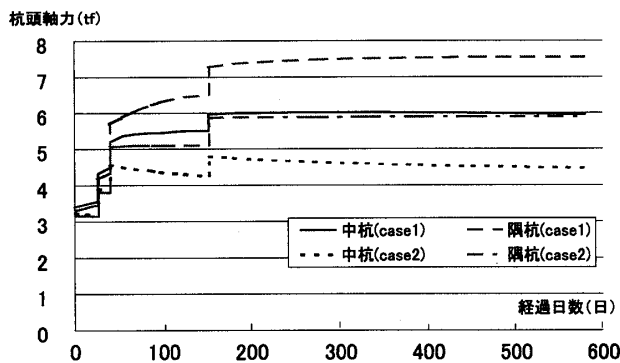


図11 杭頭軸力の経時変化 (解析)

が適当であると思われる。

図11の杭頭軸力(case1)は、実測値(図5)よりもわずかに小さく、図12の接地圧は、実測値(図6)よりもわずかに大きい傾向がある。しかし、これらの合計は概ね実測値に近似している。

図13は、case1における杭の荷重負担率の経時変化である。実測値(図7)と比較すると、解析値のほうが時間経過の早い時点(200~250日)で一定値に収束する傾向が見られる。この原因としては、解析で設定した透水係数が実際よりも大きかったことが考えられる。

**(2) 建物沈下**

図14は建物沈下の経時変化である。case1の方がcase2よりも20%程沈下量が多い。また、躯体の施工が終了した時点までに終局沈下量の50~60%もの沈下が生じていることが分かる。これは、現場の表層部地盤がN値3程度の軟弱な粘性土であることから、建物施工中に生じる非排水せん断変形による即時沈下の割合が大きいことを示している。

図15は、建物の沈下計測開始時点に合わせるために、1997/8/21を原点にして、布基礎側面の沈下形状を示したものである。実測での建物西面の沈下分布(図8)と比べると、絶対沈下は解析値の方が実測値よりも大きい。これは、(1)で述べた解析における透水係数が過大であったことが考えられ、実測沈下は今後も進行すると思われる。それに対して、相対沈下量は、明らかに実測値の方が解析値よりも大きい。この主な原因としては、コンクリートのクリープ変形によるものが考えられる。今回は、施工上の都合のため躯体施工後からの沈下計測となったが、このような軟弱地盤での相対沈下を評価するには、建物施工中の観測を行う必要がある。

**5. まとめ**

本論文では、布基礎の一部に杭を配した特殊なパイルドラフトについての長期挙動について、実測と解析の両面から検討してきたが、以下の事項が明らかになった。

- ①長期の歪測定には溶接ゲージの方が優れている。
- ②時間経過に伴って杭の荷重分担が増加し、布基礎から地盤に直接伝達される割合は減少する。
- ③杭頭軸力の大きい側に建物傾斜が観測された。
- ④建物施工中における絶対沈下の割合は、50~60%であり、施工後に生ずる相対沈下は小さい。

参考文献

1) 土屋勉, 浅見将史, 吉田勝之: 円錐状多翼鋼管杭の支持力機構に関する研究, 建築学会大会学術講演梗概集, 1998. 9  
 2) 土屋勉, 後藤証明: piled-raftの支持力と沈下特性に関する解析的研究, 構造工学論文集, 1994. 3

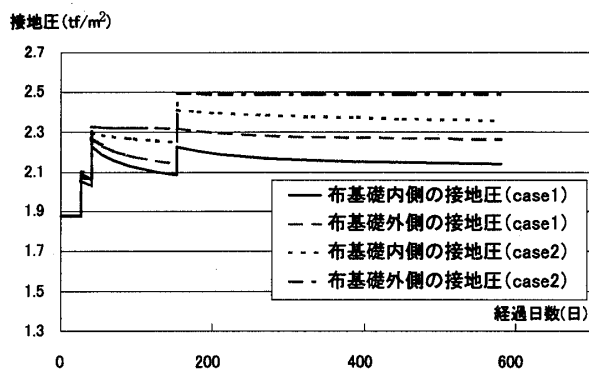


図12 接地圧の経時変化(解析)

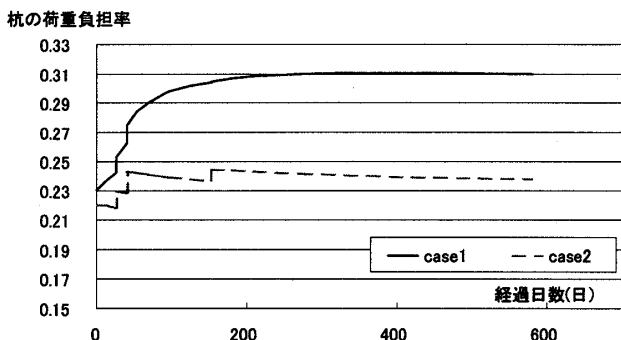


図13 杭の荷重負担率の経時変化(解析)

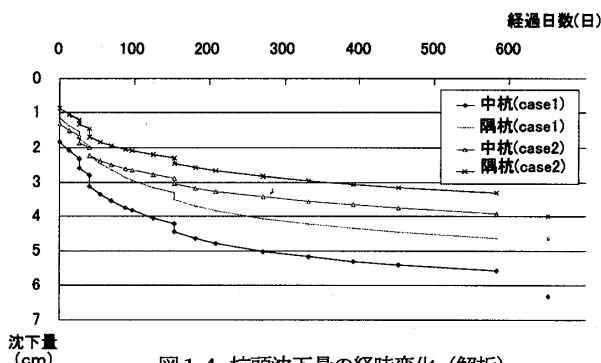


図14 杭頭沈下量の経時変化(解析)

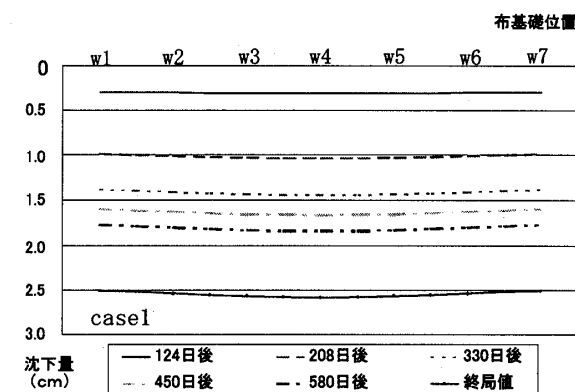


図15 布基礎沈下分布(解析)

\*1室蘭工大・大学院生 \*2同・助教授・工博 \*3千代田工営(株)