

沈下を抑制するパイルド・ラフト基礎の実験的検討

J R東日本 研究開発センター 正会員 ○松浦 和也

J R東日本 研究開発センター 正会員 渡邊 明之

J R東日本 上信越工事事務所 正会員 藤沢 一

1. はじめに

一般に、工事桁等の鉄道構造物は沈下に対して厳密な制限がある。このため、杭先端を支持層まで到達させる必要があり、杭長が長くなることで工事費に対する杭施工の割合が大きくなる傾向にある。そこで、主に建築の分野で用いられているパイルド・ラフト基礎の概念を活用し、支持力を向上させ杭長を短くすることでコストダウンを図り、さらに、H鋼杭の沈下抑制対策を、杭と直接基礎の併用を模擬した模型試験体を作成して静的载荷試験を行い検討した。

その結果、杭と直接基礎とを併用した場合、最大荷重は概ね直接基礎のみの値と近い結果となり、さらには、杭にプレロードをかけることで初期沈下量が大幅に低減することがわかった。

2. 実験概要

(1) 試験概要

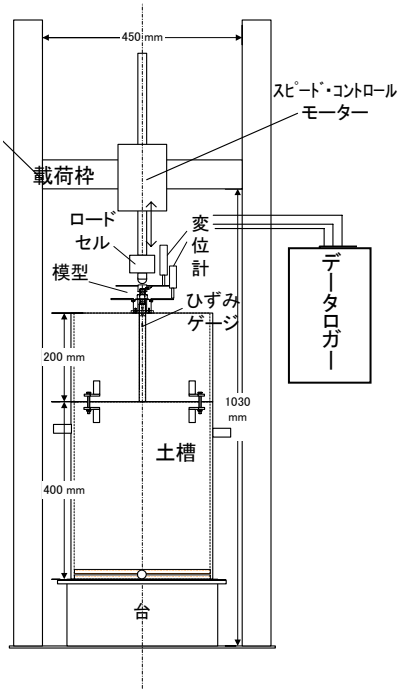
杭と直接基礎を併用した基礎構造として、従来は杭のみで負担した鉛直支持力を、杭と直接基礎の両者に負担させることで、まず杭の長さを杭単独のものより半分と設定する。この場合、従来は杭先端を支持層に到達させているためほとんど沈下は発生しないが、杭を短くして周面摩擦支持杭とするために、沈下が顕著に生じることとなり問題となる。

この対策として、杭打設後に、その杭の周面摩擦を反力として直接基礎を地盤に加圧させる方向にプレロードを与え、载荷時には構造物全体の沈下量が低減することの確認を模型载荷試験により行なった。载荷するプレロードの値は、単杭の引抜試験の結果から、最大引抜力の約60～70%の0.1kN程度とした。

(2) 模型杭の構造

各試験体の諸元を表－1に示す。模型試験体の杭（杭長20cm、40cm）は、φ15mmのアルミ管の表面に杭の周面摩擦を再現するためにナイロンメッシュを貼り付けて作成しており、いずれも杭先端部は開口形状となっている。また、直接基礎は鉄板で模擬し、その模擬した鉄板の大きさ（面積）は3種類用いた。また、その鉄板の厚さは30mmと十分に厚くすることで剛体として評価を行なっている。

図－1に载荷試験の全体概要図を示す。载荷方法についてはスピードコントロールモータにより静的に载荷（鉛直方向）を行い、载荷速度は約0.5mm/分とした。载荷荷重はロードセルで計測し、その他に沈下量を変位計、杭の軸力をひずみゲージで計測をそれぞれ行なった。プレロードの入力につ



図－1 载荷試験概要図

表－1 試験体諸元と試験結果

いては、杭の周面摩擦力を反力とし杭のひずみ値を観測しながら実施した。なお、模型地盤は6号珪砂を用いて自然落下により作成している。

3. 実験結果

(1) 荷重－変位関係

各試験ケースの最大荷重及び鉛直ばね定数の結果をまとめたものを表－1に記載し、そのうち鉄板が4cm×4cmである試験体のシリーズと

ケースNo.	構造形式	杭 長 (cm)	鉄 板 (cm×cm)	最大プレロード 荷重(kN)	最大荷重 (kN)	杭径5%時の 荷重(kN)	鉛直ばね定数 (kN/mm)	着目点
CASE 1-1	単杭	40	—	—	0.549	0.338	0.451	杭 長 基 準
CASE 1-2	単杭	20	—	—	0.231	0.179	0.239	
CASE 2-1	鉄板	—	3×3	—	0.426	0.152	0.203	
CASE 2-2	鉄板	—	4×4	—	0.886	0.234	0.312	直接基礎
CASE 2-3	鉄板	—	5×5	—	1.343	0.279	0.372	
CASE 3-1	杭＋鉄板	20	3×3	0.0	0.446	0.245	0.327	一体化のみ
CASE 3-2	杭＋鉄板	20	4×4	0.0	0.854	0.302	0.403	
CASE 3-3	杭＋鉄板	20	5×5	0.0	1.113	0.339	0.452	
CASE 4-1	杭＋鉄板	20	3×3	0.106	0.449	0.253	0.337	プレロード
CASE 4-2	杭＋鉄板	20	4×4	0.132	0.834	0.336	0.448	
CASE 4-3	杭＋鉄板	20	5×5	0.095	1.313	0.380	0.507	

キーワード パイルド・ラフト基礎、模型試験、直接基礎、プレロード、工事桁、H鋼杭

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2-0 JR 東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 TEL048-651-2552

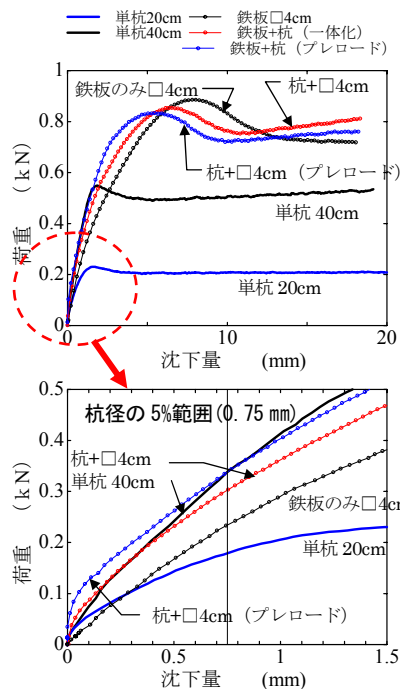


図-2 荷重と沈下量の関係

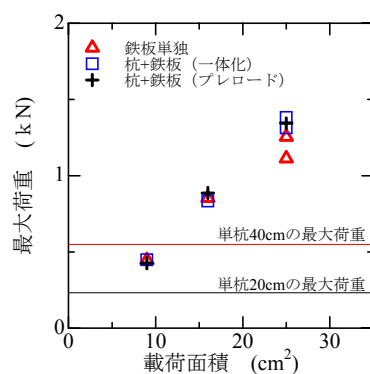


図-3 鉄板面積と最大荷重との関係

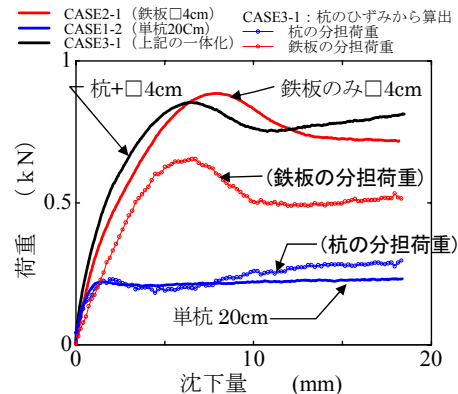


図-4 杭と鉄板の荷重分担

単杭の試験体の試験結果の比較を図-2に示す。ここで、最大荷重とは載荷荷重の最大値としている。図-2において、単杭の試験体の結果を相互に比較すると、杭長20cmの試験体は杭長40cmに比べて最大荷重が半分以下となっている。しかし、杭(=20cm)と鉄板とを一体化することで著しく支持力が向上していることがわかる。そして、その向上した支持力は鉄板のみの最大荷重とほぼ同じ水準であった。一方、プレロードの有無によって最大荷重の値に差異はほとんどみられなかった。また、弾性的な挙動を示している杭径の5%までの範囲の荷重と沈下量の関係に着目すると、プレロードを与えたものは初期の鉛直ばね定数が大きく現れており、プレロード荷重の絶対値と同じ水準まで鉛直ばね定数が顕著な上昇を示していることがわかる。このことは、載荷初期における沈下抑制は、杭に作用している引抜力(プレロード)が解消されることにより生じているものといえる。

次に、図-3に各ケースの最大荷重の値を対比して示す。載荷面積と最大荷重の関係から、杭+鉄板の場合の最大荷重は鉄板単独の最大荷重と概ね等しく、極限支持力は鉄板の面積に依存していることがわかる。図-4に単杭の荷重-変位曲線、鉄板が4cm×4cmのシリーズの各荷重-沈下曲線及び杭のひずみ計測値から、載荷荷重を杭と鉄板の各要素に分担した値を併せてプロットしている。杭の分担荷重は杭のひずみ出力の平均値から算出し、鉄板の分担分は載荷荷重から杭の分担分を控除することにより算出した。このようにして求めた荷重分担は、ひずみ出力が温度変化や杭の曲げの影響を受けるものではあるが、全体的な傾向について次のことが言える。a) 杭の分担荷重は単杭の場合の荷重-沈下曲線とほぼ同じ挙動を示す。また、沈下量5mm以上で単杭では荷重がほぼ一定なのに対し、鉄板+杭一体化の場合は沈下量と共に通増する傾向を示す。b) 鉄板の荷重分担分は鉄板単独の場合と比較して、沈下量1.5mm程度までは半分程度と小さく、また最大荷重も0.2~0.5kN程度小さくなっている。以上の試験結果は、他の試験ケース(鉄板3cm×3cm, 5cm×5cm)についても同様の傾向が見られた。

4. まとめ

今回の実験範囲において、次のような知見が得られた。1) 杭と鉄板を組み合わせた支持形式において、最大荷重すなわち支持力は鉄板単独の支持力の値で表されることが分った。また、杭の分担荷重は杭単独の場合とほぼ同じであった。2) プレロードを実施することにより、その荷重が鉛直載荷による荷重によって打ち消されることで、その範囲内で鉛直ばね定数が著しく上昇することが確認された。

次に今後の課題について述べる。

1) 今回の試験は1G場での試験であり、土圧の影響などの実際の構造物との相似性は保証されない。また、地盤条件が異なる場合、特に表層が軟弱な粘性土の場合、一体化やプレロードの、支持機構が今回と同じような効果があるか不明である。2) プレロードを載荷した場合、変位量一定の状態ではプレロードの値はかならずしも一定には保たれず時間と共に減少していく。3) プレロードによる沈下量の低減が、地表地盤の履歴荷重の影響による地盤反力(ばね値)の向上と、杭の軸力に対するプレロード(引抜力)の相殺による効果とのそれぞれの寄与度が明瞭になっていない。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針，第2版，2001年10月，339~348P
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（基礎構造物・抗土圧構造物），2000年6月