

第Ⅲ部門

鉄筋挿入による地盤の支持力改良効果について

関西大学工学部 学生員 ○下脇 猛司
 関西大学環境都市工学部 正会員 西形 達明
 山田技術士事務所 正会員 山田 哲司

1. はじめに

不同沈下を抑えるためには、杭によって基礎を補強する工法が有効的である。この工法は通常、大口径の杭を地盤に対して鉛直方向に打設し、杭の周面摩擦力と先端支持力によって支持される。一方、地山斜面では小口径の補強材を複数に打設し、その変形拘束効果により斜面を安定化する補強土工法が用いられる。この補強メカニズムは打設角度によって支持力に差が生じることが指摘されている。

そこで小口径の補強材を基礎補強に適用すると、合理的な補強とコストの省力化が期待できるものと考えられる。また、補強材の周面摩擦力や先端支持力の効果が期待できない軟弱な地盤に対してもある程度の支持力増加を図れるものと考えられる。

本研究では、図-1のような小規模構造物を対象として斜め方向に小口径の補強材を打設した補強基礎による支持力改良効果について検討した。また、FEM解析によりこの工法の最適打設条件やその補強メカニズムを検証した。

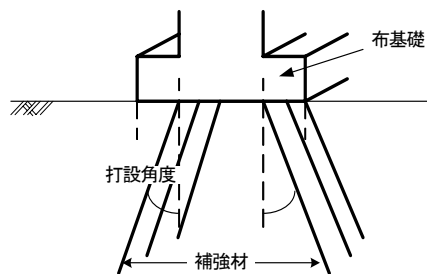
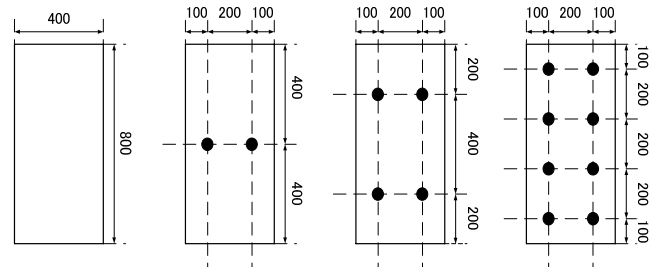


図-1 補強基礎

2. 実験方法および結果

本研究では図-2に示すように無補強と、鉄筋2本、4本、8本を所定の間隔で打設した4つのケースについて平板载荷試験(载荷板形状、400×800mm)を行った。また鉄筋はD19の異形棒鋼を用いて、人力によるハンマーでの打設を行なった。打設角度は後で述べるFEMの結果から20°とした。試験地盤はスウェーデン式貫入試験から得られた換算N値が2~4程度の比較的緩い砂質土地盤である。



(a) 無補強 (b) 鉄筋2本 (c) 鉄筋4本 (d) 鉄筋8本

図-2 補強材の打設本数と位置 単位:mm

载荷試験による荷重と沈下量の結果を図-3に示す(図中には後で述べるFEM解析の結果を同時に記されている)。鉄筋の本数の増加によって地盤の支持力が増加している。また、試験終了後鉄筋は人力によって容易に引き抜けることが確認されたことから、本工法における支持力の増加には通常の杭工法において考慮される周面摩擦力や先端支持力による効果はほとんど機能していないものと考えられる。

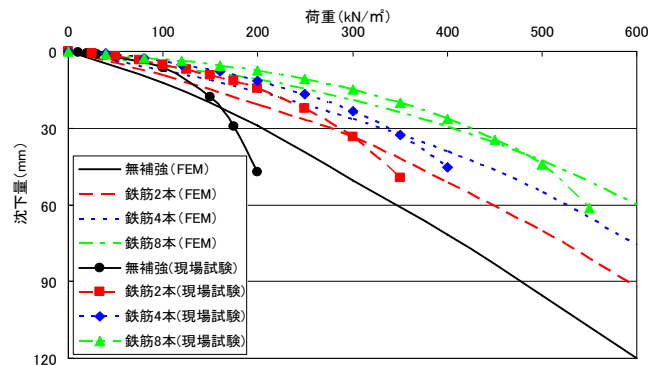


図-3 FEM解析と現場試験の比較

4. FEM解析による検証

次に本工法の補強メカニズムを検証するために行なった。図-3にFEM解析による荷重と沈下量の関係を示した。図-4と表-1に、本工法における鉄筋打設を検証するために実施したFEM解析に使用したモデルと物性値を示す。

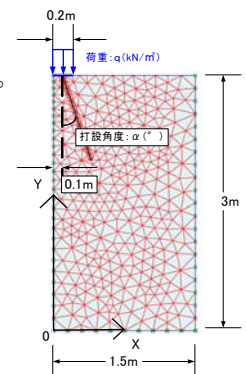


図-4 FEMモデル図

表-1 FEM 解析に用いた地盤と鉄筋の物性値

単位体積重量 (kN/m^3)	18.7
変形係数 (kN/m^2)	4.400×10^3
鉄筋の軸剛性 (kN)	6.02×10^4
鉄筋の曲げ剛性 ($\text{kN} \cdot \text{m}^2$)	1.34

本工法では沈下量が載荷板の短辺の 10%(40mm)に達したときの荷重を極限荷重としており、鉄筋打設本数と極限荷重の関係を図-5 に示す。打設本数の増加によって極限荷重も増加するが、鉄筋本数が 8 本でほぼ最大値をとっていることから、本工法では 8 本(打設間隔 200mm)が最適本数であると考えられる。

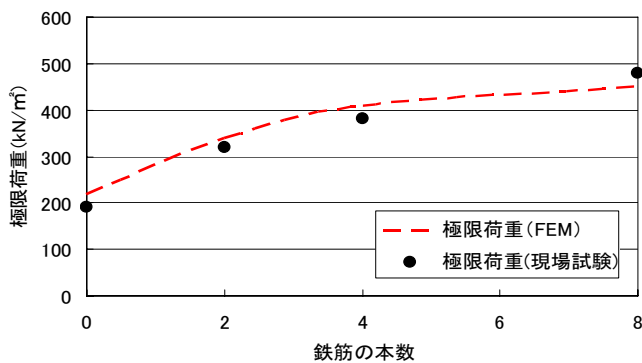


図-5 極限荷重の比較

ほぼ解析結果は実験結果を表現しているものと考えられる。そこで、図-6 に打設角度の違いによる荷重と沈下量の関係を示す。図よりわずかであるが、打設角度が 20° のときに最も沈下量が小さくなっている。前述した実験における鉄筋の打設角度はこの結果をもとに決定されたものである。

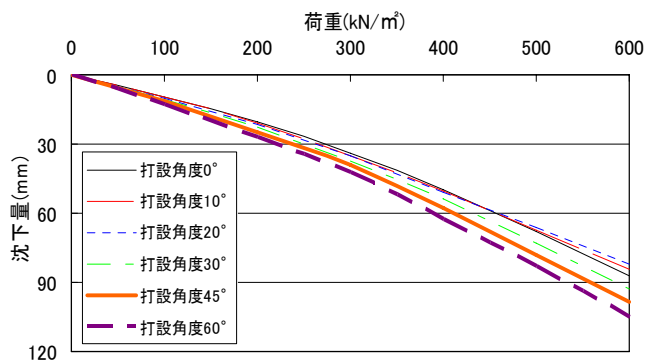


図-6 打設角度と支持力の関係

図-7 に鉄筋補強領域内における打設角度と 600 kN/m^2 載荷時の地盤内応力の関係を示す。図より打設角度によって鉛直応力に大きな差がないのは明らかであるが、水平応力は打設角度が 20° のとき

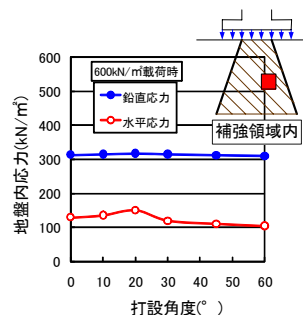


図-7 地盤内応力の比較

に若干大きくなる傾向を示しているよって変化し、この結果最大せん断応力が減少するものと推測される。

図-8 に鉄筋に作用する曲げモーメントの分布図を示す。図-8 に示すように載荷板から深さおよそ 0.5m の所で曲げモーメントは最大値となっている。また、このときの鉄筋に作用する曲げ応力はおよそ 5.3 MN/m^2 で D19 の鉄筋の曲げ強度から考えると非常に小さいものであり、施工する際の補強材として十分用いることが可能であると考えられる。

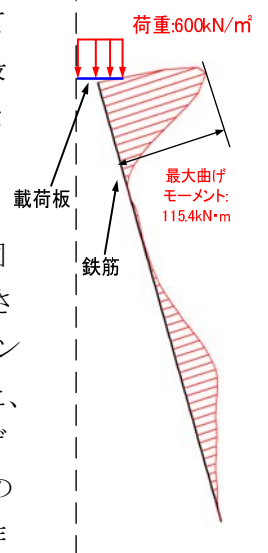


図-8 曲げモーメントの分布図

前述の実験結果から、本工法の補強効果には杭としての周面摩擦力と先端支持力はほとんど無いことが推測された。そこでFEM 解析による水平応力の増加と鉄筋の曲げモーメントの結果から本工法の補強メカニズムを考える。この結果、図-9 に示すように、補強メカニズムは鉄筋の打設領域内の地盤が変形拘束され一体化し、この結果としてフーチングの根入れ効果と同様の効果が生じたものと考えられる。

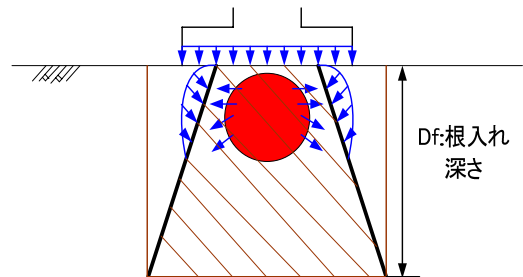


図-9 補強メカニズム

4. まとめ

本研究のまとめを以下に示す。

- (1) 最適打設角度はほぼ 20° である。これは補強領域内の水平応力の増加によりせん断応力が減少したことが原因と考えられる。
- (2) 補強材に作用する力は軸力よりも曲げモーメントが卓越するが、ただし本工法では D19 の異形棒鋼を用いれば補強材としては十分である。
- (3) 本工法の補強メカニズムは鉄筋と地盤の周面摩擦力ではなく、変形拘束効果によって基礎と地盤が一体化し、この結果として根入れ効果が生じたものと考えられる。