

複合杭の支持力発現メカニズムに関する模型実験

九州大学工学部 学生会員 〇鴨川 慎矢 九州大学大学院 正会員 善 功企
九州大学大学院 正会員 陳 光斉 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸

1. はじめに

複合杭とはパイプロジェクトを用いて鋼管杭外周面にセメントミルクを注入し、その結果杭とセメントミルク固化体が一体となった杭のことである。複合杭は、従来の摩擦杭に比べて支持力が飛躍的に増加するため、現地での支持力向上の対策として用いられており、その有効性については確認されている¹⁾。しかし、支持力増加のメカニズムについては不明な点が多く、設計方法についてもいまだに確立されていないのが現状である。

そこで本研究では、複合杭の支持力増加メカニズムの解明を目的とし、セメントミルク固化体を突起に見立て複合杭をモデル化し、アルミ棒積層地盤を用いて鉛直載荷実験を行い、杭周辺地盤の土粒子挙動と支持力増加の特性および破壊メカニズムとの関係を明らかにした。

2. 実験概要

実験には、アルミ棒積層地盤を用いた。実験装置および実験方法は参考文献²⁾に詳しい。また、複合杭の支持力の分担として図-1に示したように先端抵抗(Q_p)と周面抵抗力(Q_s =突起支持力(Q_r)+周面摩擦力(Q_f))に分けた。また、突起支持力は最下部突起支持力(Q_{r1})と上部突起支持力(Q_{r2})に分けた。模型杭の種類は突起の本数(n)、ピッチ(b)、高さ(h)、深さ(y)を変えて実験を行い、詳しい実験パターンを表-1に示す。

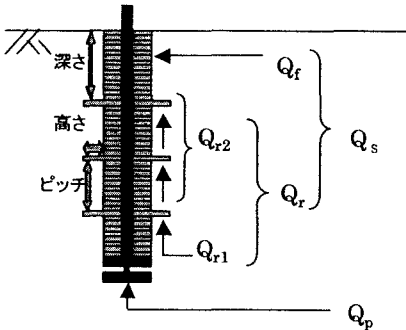


図-1 複合杭の模型概略図

実験結果および考察

突起付近のアルミ棒地盤の挙動に関する考察：図-2のメッシュ図から地盤の破壊状況に着目すると、突起のない杭は表面付近の粒子が動く程度であったが、突起下方の地盤には突起の影響でくさびが形成されており、突起下面に地盤から受動抵抗を受けることで強い突起支持力が得られていると考えられる。しかし、上部突起の下方には下部にとりつけた突起の影響で小さいくさびしか形成されず、小さな突起支持力しか得られていないと考えられる。突起周囲の地盤は周面抵抗力がピーク値になるまでは、形成されたくさびの影響からなめ下方に動き、ピーク値に達した後は突起の影響で押し出され上面に向かい、全体として弧を描くように移動している。

突起高さおよび深さに関する考察：最下部突起支持力(Q_{r1})を評価するために、図-3は突起深さを変えた時の突起支持力(Q_r)と深さとの関係を示す。この図から突起をとる位置が深くなるほど大きな突起支持力が得られ、その傾向は深さにほぼ比例するように増加している。また、その増

表-1 実験パターン

本数	ピッチ(b)cm	高さ(h)cm	深さ(y)cm
0			
1		1,2,4	5,8,15,20,25
2	5,10,15,20	1,2,4	上下対称
3	7.5	1,2,4	上下対称
4	6	1,2,4	上下対称
8	3	1,2,4	上下対称
15	1.5	1,2,4	上下対称

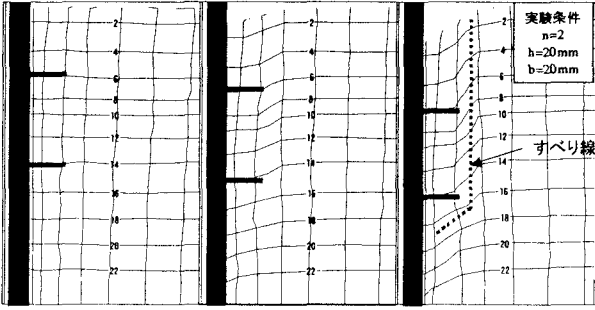


図-2 アルミ棒粒子の移動メッシュ図

加率は突起が高いほど顕著である。これは、突起部分の根入れ深さの影響で上載圧が大きくなり、受動抵抗が増加することに起因するためと考えられる。

複数の突起を有する場合に関する考察：図-4 は、各実験における高さ、ピッチと突起 1 本あたりの平均突起支持力 (Q_r/n) との関係である。突起高さに注目すると、高い突起ほど突起が影響を与える地盤の範囲が広いため、予想していたとおりつけた突起の高さが高くなると強い突起支持力が得られることが分かる。

突起ピッチに関しては、図-4 からピッチと Q_r/n の関係を見ると、各ケースで共通して言えることとして、ピッチが狭いときは突起支持力が小さく、逆にピッチが広がると突起支持力が大きくなっている。これは、ピッチが狭いときは突起どうしが影響しているため、十分な突起支持力が得られていないためと考えられる。しかし、ピッチを広げると突起どうしの影響が弱まり、それぞれの突起が地盤からより大きな受動抵抗を受けるためだと考えられる。

図-3 を用いて各突起が独立して支持力を発揮すると仮定したときの上部突起支持力 (Q_{r2}') とその実測値 (Q_{r2}) の割合とピッチの関係を図-5 に示す。この図より、高い突起ほど同じピッチで発揮する支持力の割合は小さくなっており、上部支持力 (Q_{r2}) が発揮されておらず突起の影響範囲が広いと考えられる。また、ピッチが大きくなればなるほどその割合は増加するが本実験の範囲では約 6 割しか増加していない。この関係には、ピッチと突起高さが関係していると考えられるので今後十分に検討したい。

4. 結論

- 1) 突起の本数、深さ、ピッチが等しいとき、高さが高くなるほど強い突起支持力が得られる。
- 2) 突起の本数が 1 本で同じ高さの突起をつけた時、深さが深くなればなるほど突起支持力は強くなり、その値はほぼ深さに比例する傾向を示す。
- 3) 同じ高さの突起をつけた時、本数を増やすと周面抵抗力は増加するが、ピッチが小さくなってしまい、下部突起の影響をうけることで上部突起 1 本あたりの支持力が減少し、十分な上部突起支持力が発揮されない傾向になる。
- 4) 突起の高さが大きい突起ほどその影響を与える範囲は広く、上部突起の支持力を発揮するにはより大きいピッチが必要である。

<参考文献>

- 1) 上蘭晃ほか：ジェットパイプロ工法で施工した栈橋鋼管杭の支持力増大工法について、土木学会論文集
- 2) 仁井井明ほか：複雑な周面形状でモデル化した模型複合杭の支持力特性、第 36 回地盤工学研究発表会
平成 13 年 6 月、pp.1585-1586

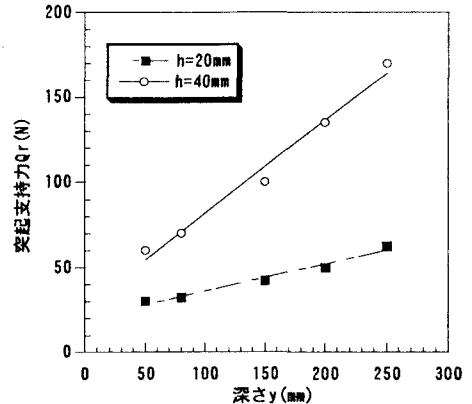


図-3 突起支持力と深さ

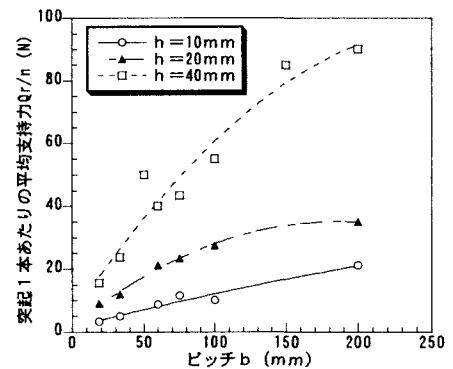


図-4 ピッチと突起 1 本あたりの支持力

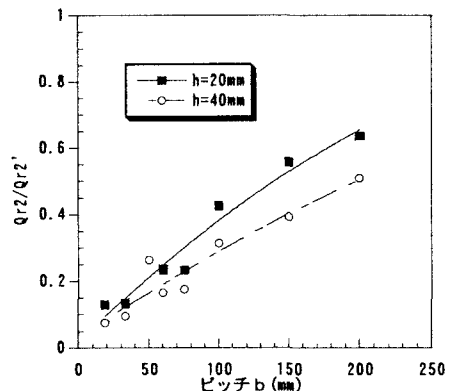


図-5 ピッチと発揮される上部突起支持力の割合