

# 温室用基礎としての斜杭の引き抜き特性に関する模型実験

## Model Experiment on Pulling Resistance of Batter Piles as a Greenhouse Foundation

桑原孝雄，木全 卓，工藤庸介，武藤秀治

Takao KUWABARA, Takashi KIMATA, Yosuke KUDO and Shuji MUTO

1. はじめに 園芸などに用いられる温室は比較的軽量の構造物であるため，その基礎部分には自重による押し込み荷重よりも風などによる引き抜き荷重が卓越する．従来から，温室にはコンクリートのフーチング基礎がよく用いられているが，大きな引き抜き抵抗を確保するためには大きなコンクリートブロックが必要となる上に，建設にかかる手間やコストも増大する．従って，より簡易に設置でき，コスト的にも有利な基礎方式があれば非常に有用である．本研究は，コンクリートフーチングに代わるものとして安価な足場パイプを利用した斜杭による基礎方式を考え，模型実験を行ってその引き抜き特性を検討するものである．

2. 模型実験の方法 斜杭基礎は，鉛直荷重を支持する通常の鉛直杭基礎とはその方式やメカニズムが大きく異なり，杭頭部に載荷された荷重は杭周面に作用する摩擦力や土圧に加え，杭自体が地盤に貫入する際の抵抗によっても強く支持される．従って，杭を打ち込む角度によってその引き抜き抵抗が大きく変化すると考えられるため，杭間の挟角と引き抜き抵抗との関係に着目して実験を行った．具体的には図1に示すような装置を作製し，模型実験を行った．その概要は次の通りである．

(1)模型の縮尺は1/5とした．(2)斜杭の模型は直径10mmのステンレスパイプの頭部を剛結し，杭間挟角は0°，30°，60°，90°の4種類を設定した．(3)農用地を対象とするため，模型地盤は自然含水比の粘性土を標準締固めエネルギーの1/10である55kJ/m<sup>3</sup>で突き固めて作製した．(4)斜杭の引き抜き速度は0.1mm/minとし，引き抜き量20mmまで変位と荷重を計測した．また，用いた地盤材料の物理特性を表1に示したが，関東地方で採取した試料でもあり，火山灰質粘性土である関東ロームの性質が強く表れていると考えられる．

3. 引き抜き試験の結果 図2に，代表的な引き抜き量 - 引き抜き抵抗力の結果を示した．この図より，斜杭を用いたものはいずれも直杭よりも大きな引き抜き抵抗力を有しており，斜杭基礎の有

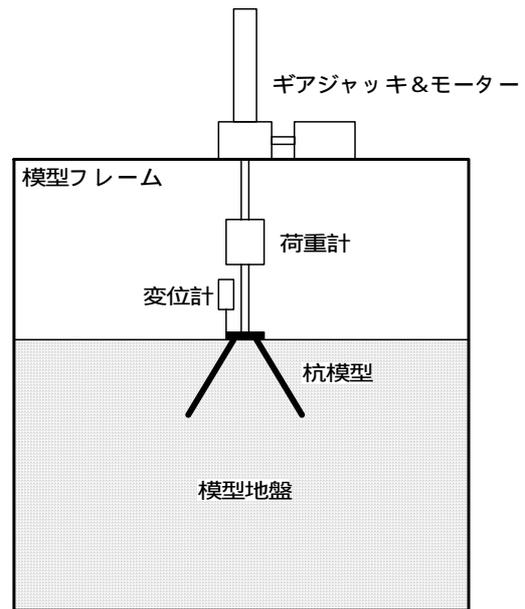


図1 引き抜き実験装置の概略  
Overview of apparatus

表1 試料の物理特性  
Physical properties

土粒子密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.645
粗砂分(%)	13
細砂分(%)	12
シルト分(%)	53
粘土分(%)	22
塑性限界(%)	60.8
液性限界(%)	50.5
最適含水比(%)	69.8
最大乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.85
自然含水比(%)	73 程度
自然乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.7 ~ 0.9

効性が確認できる。また、杭間狭角によってその効果は異なるが、必ずしも杭間狭角が大きければ引き抜き抵抗が大きくなるとも限らないこともわかる。よって、この点をさらに検討するため、試験後に模型地盤の深さ方向への密度と貫入抵抗（山中式土壌硬度計による）の変化を調べた。その結果を表2に示したが、地盤が深くなるにつれて密度や貫入抵抗も大きくなっており、よく締め固まっていることがわかる。斜杭が引き抜き抵抗力を発揮する要因（周面摩擦、土圧、せん断抵抗など）については、地盤がよく締め固まっている深部の方が大きく、また、摩擦力とせん断抵抗力を比較すると後者の方がより大きな影響を及ぼすと考えられる。従って、杭の先端がより深くまで到達し、せん断抵抗力が大きくなるような形状のもの（すなわち杭間狭角が大きなもの）ほど引き抜き抵抗力が大きくなることが予想される。今回の実験結果で、杭間狭角60°のものが最も大きな引き抜き抵抗を示し、30°のものがこれに続いたのはこのためであると考えられる。なお、杭間狭角90°の引き抜き抵抗力がそれほど大きくならなかったのは、比較的浅い位置に杭が設置されていたことに加え、写真1に示すように、斜杭設置部分の土被りが小さく地盤ごと抜け上がるような破壊形態を示したことも一因であると考えている。

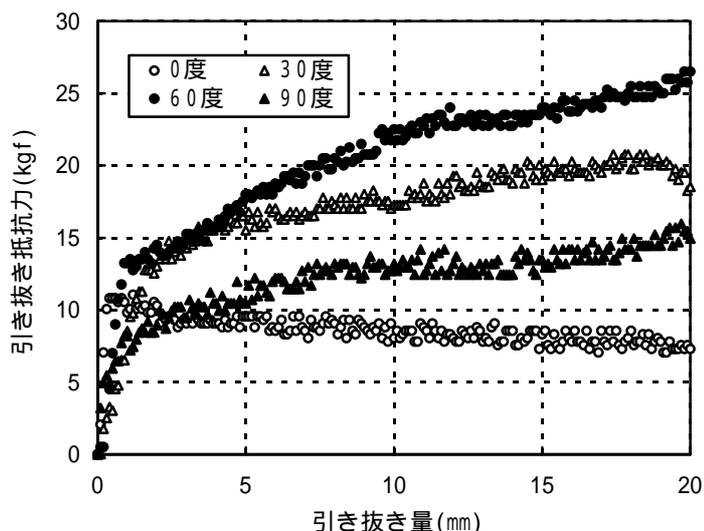


図2 引き抜き量 - 引き抜き抵抗力の関係  
Pulling displacement vs. pulling resistance

表2 地盤特性の変化  
Variation of ground properties

深さ(cm)	0	5	10	15	20
湿潤密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.429	1.435	1.458	1.458	1.464
貫入抵抗(mm)	16.03	16.21	16.57	17.04	17.06



写真1 斜杭90°の引き抜き結果  
Pulling result of batter pile(90°)

4. おわりに 本研究では、模型実験を行うことにより斜杭の引き抜き特性に関する基本的な力学特性を検討した。その結果、斜杭は直杭に比べてはるかに大きな引き抜き抵抗力を発揮し、温室用の基礎方式として非常に有効であることがわかった。今後は、さらに実験を追加して水平荷重や繰り返し荷重に対する抵抗を調べるとともに、地盤の力学特性との関係についても検討を進める予定である。また、実スケールでの引き抜き実験も実施し、模型実験との対応を検討する。なお、本研究はグリーンテック株式会社との共同研究の一部である。  
参考文献 桑原、木全、工藤、山形、北島(2003)：温室用基礎としての斜杭の引き抜き特性に関する基礎研究、大阪府立大学大学院農学生命科学研究科学術報告、Vol.55, pp.23-28.