

杭の鉛直載荷試験にもとづく基礎木杭の支持力特性 Bearing Capacity of Wood Pile Foundation Determined by Vertical Load Test of Pile

伊藤広明*・小田里司*・○森井俊広**・鴨井幸彦***
Hiroaki Ito*, Satoshi Oda*, Toshihiro Morii** and Yukihiko Kamoi***

1. はじめに

構造物の大型化に伴い、杭基礎はコンクリート製あるいは鋼製が主流となり、木杭はほとんど使われなくなった。支持地盤に達した際に杭先端部が損傷・破損しやすいことや、長尺な杭が得にくいこと、あるいは地下水位の変動が大きいと腐食しやすいなどの理由が背景にある。このため、現在、多くの設計基準書や示方書から木杭の説明はなくなった。しかし、軟弱地盤に建設される水路などのように比較的レベルの荷重条件下では、基礎木杭が頻繁に使われている。廉価で運搬が容易であり、地下水位が高く変動が小さい場合には腐食しにくいなどの利点が理由としてあげられる。最近では、木材の積極的な利用を進めることにより、森林育成を促進しCO₂削減を図る¹⁾ことも期待されるようになっている。

本研究では、ここ3年度間にわたって実施してきた杭の鉛直載荷試験の結果に基づき、基礎木杭の支持力特性を分析した。新潟県の軟弱地盤で広く用いられている長さ2~6m、末口径120~180mmの針葉樹材の打ち込み杭を対象と



図1 試験に用いた木杭(松杭)

した(図1)。地盤のN値は20程度以下であり、杭1本当たりの極限支持力は100~150kN程度である。

2. 鉛直載荷試験の方法

杭の鉛直載荷試験法のうち「杭の押込み試験(JGS1811-2002)」²⁾により、杭の極限支持力を測定した(図2)。敷鉄板を15枚程度積み重ねて反力とし、杭頭の沈下は4本の変位計でモニターした。試験杭と基準杭との間隔は2mとした。計画最大荷重は、事前に実施した地盤調査から推定した極限支持力と、試験杭の打設時のリバウンド量より得られる動的支持力のうち、大きい方で設定した。1サイクル多段階荷重方式により、計画最大荷重まで8段階で荷重を加えた。1段階あたりの荷重保持時間は30分とした。杭の極限支持力は第2限界抵抗力より定めた。

3. 杭基礎の支持力特性

いまのところ木杭の記載があるのは、「土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」」³⁾のみであり、これによると、摩擦杭に準じた設計を行ってよいとされている。図3(a)は、杭の押込み

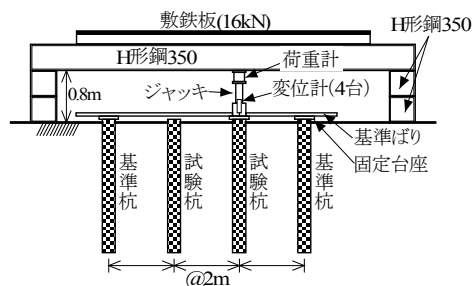


図2 杭の押込み試験の概要

所属：*新潟県農地部 Department of Agriculture, Niigata Prefectural Government, **新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University, ***新潟県地質調査業協会 Niigata Geotechnical Survey Association, Niigata

キーワード：基礎木杭 Wood pile foundation, 杭の支持力 Bearing capacity of pile, 杭の押込み試験 Static axial compressive load test of pile

試験によって測定した極限支持力を、上記の基準書にしたがい、杭の周面摩擦力のみを考慮して推定した極限支持力と比較したものである。ここで、周面摩擦力の算定では、末口径を用いている。同図から分かるように、周面摩擦力から推定した極限支持力は、押し込み試験で測定した支持力に比べ、平均的に 70~90%ほど小さめとなっている。つまり、杭は、実際のところ、周面摩擦以外に、地盤から少なからず抵抗を受けていることになる。この抵抗を、支持杭にならって、杭の先端で受ける先端抵抗力と考え、木杭の極限支持力 R_u を次式で評価する。つまり、

$$R_u = U \cdot \sum(L_i \cdot f_i) + q_d \cdot A \quad \dots\dots(1)$$

$$q_d = 100\bar{N}, \quad \bar{N} = (N_1 + N_2)/2$$

ここで U : 杭径 D を末口径に取った杭の周長(m), L_i : 周面摩擦を考慮する第 i 層の層厚(m), f_i : 周面摩擦を考慮する第 i 層の周面摩擦力(kN/m²), A : 杭先端の断面積(m²), q_d : 杭先端における単位面積あたりの極限支持力 (kN/m²), N_1 : 杭先端位置の N 値, および N_2 : 杭先端から上方へ $4D$ の範囲における層の N 値の平均である。

図 3(b)は、杭の押し込み試験で測定した極限支持力を、式(2)によって算定した極限支持力と比較したものである。図 3(a)に比べると、推定した極限支持力は、より試験値に近付いているのがわかる。現地試験の制約からデータにバラツキがあり、明確な判断は難しいが、少なくとも、杭の先端で地盤から受ける抵抗力を加味することにより、実際の杭の支持力特性をうまく説明できると考えてよいであろう。帰納的にいえば、軟弱な地盤に打ち込まれた木杭では、周面摩擦に加えて先端で受ける抵抗力が加わって支持力が発揮されているとみなすことができる。

4. まとめ

N 値が 20 程度以下の軟弱な地盤で実施した杭の押し込み試験から、木杭の支持力は、周面摩擦力と先端抵抗力の両者からもたらされていると考えられる。新潟県では、この両者を考慮した設計に基づき、多くの基礎木杭が施工されている。許容支持力の算定には安全率 3 ないし 4

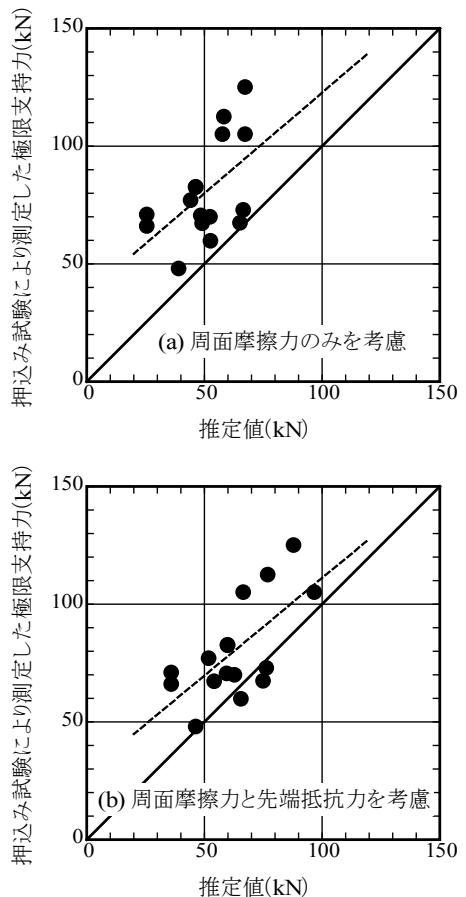


図 3 押し込み試験で測定した極限支持力と地盤情報から推定した極限支持力との比較

が用いられている。今回の杭の載荷試験に並行して、過去 3 年度間にわたって基礎木杭が施工された水路工 242 か所で、標高調査を続けている。いまのところ、支持力不足に起因する沈下や段差は確認されておらず、杭の先端抵抗力を加味することが不適切であるとするような根拠は見当たっていない。

参考文献

- 1) 中村裕昭・濱田正則・本山寛・沼田淳紀: 80 年前に施工された木杭の健全性調査, 第 44 回地盤工学研究発表会発表講演集, 1791-1792, 2009.
- 2) 地盤工学会: 杭の鉛直載荷試験方法・同開設, 第 1 回改定版, 地盤工学会, 19-48, 2002.
- 3) 農林水産省農村振興局: 土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」技術書, 277-278, 2001.