

杭材としての木材地中利用について（その2）

兼松日産農林 正会員 ○水谷 羊介  
飛島建設 国際会員 沼田 淳紀  
兼松日産農林 非会員 中村 博  
同上 同上 今野 雄太

1. はじめに

木材には他材料と比較し地球環境を考えた場合には利点が多い。しかし、最近では木材を地盤補強工法に利用することはほとんどなくなってきた。その要因はいくつか考えられるが、支持力機構が不明瞭であるため設計が困難となっていることも大きな要因の一つである。そこで、筆者らは木杭の支持力機構を解明するため複数の木杭や既存工法（コンクリート杭及び鋼管杭）に対して載荷試験を実施し、その支持力を評価した。

2. 実験概要

実験は既存工法と木杭の支持力を比較すると共に養生効果の影響も考慮するため試験ヤードを4分割し、ゾーン毎に9本の試験杭を施工した（図-1）。それぞれのゾーンは1週間、1ヶ月、4ヶ月及び1年（期間未達のため未実施）の養生期間後に載荷試験を実施した。試験杭の詳細は表-1及び写真-1に示す通りであり、試験杭は既往の地盤補強工法としてコンクリート杭（C1）及び鋼管杭（S1、先端閉塞ストレート杭）、木材を用いた地盤補強工法として、スギ（Wbtp）、カラマツ（Pbtp）、細いスギ（Wbtn）、排水機能を有したスギ（Wbdr）、スギ杭の2箇所継ぎ（Wbjt）、テーパ状に定型化（ロータリー加工）したスギ（Wrtp）及び円柱状に定型化（ロータリー加工）したスギ（Wrst）を施工した。原木状の試験杭（Wbtp、Pbtp、Wbtn、Wbdr、Wbjt）に関しては、試験精度を向上させるため複数回の選定を行った。一次選定として製造地（福島県石川郡）において無作為に約2000本の木杭から200本（元口径は230～100mm）抽出し、二次選定として200本の材料の中から「欠け」や「曲がり」の著しいものを除外し100本（元口径は210～125mm）まで選定し、三次選定として元口径及び末口径を計測し、条件に見合う材料を40本選定した。さらに、最終選定として加工所（千葉県野田市）にて再度寸法を計測し、最終的に使用材料を決定した（図-2）。地盤データは図-3に示す通りであり、試験杭は無回転圧入でGL-4.0mまで貫入した。いずれの杭も最大の圧入力に20～30kN程度であった。また、杭の載荷試験は地盤工学会基準『くいの鉛直載荷試験の方法・同解説』に準拠し実施した。杭先端部の応力を計測する目的で杭先端部にはひずみゲージを設置した。

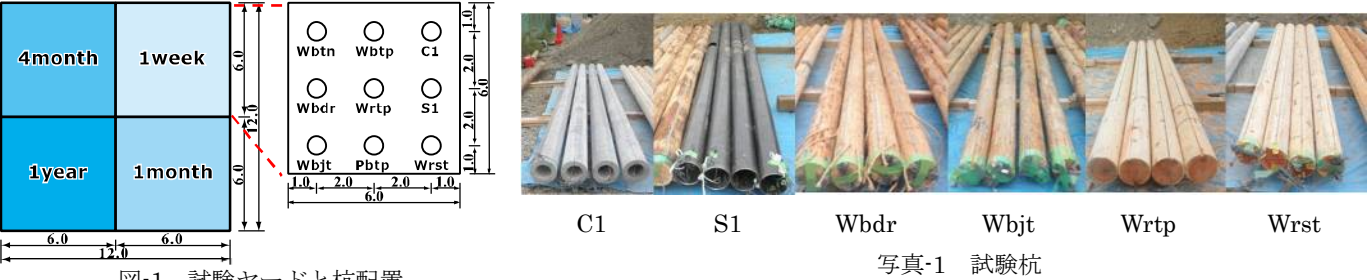


図-1 試験ヤードと杭配置

写真-1 試験杭

表-1 試験杭の詳細と試験結果

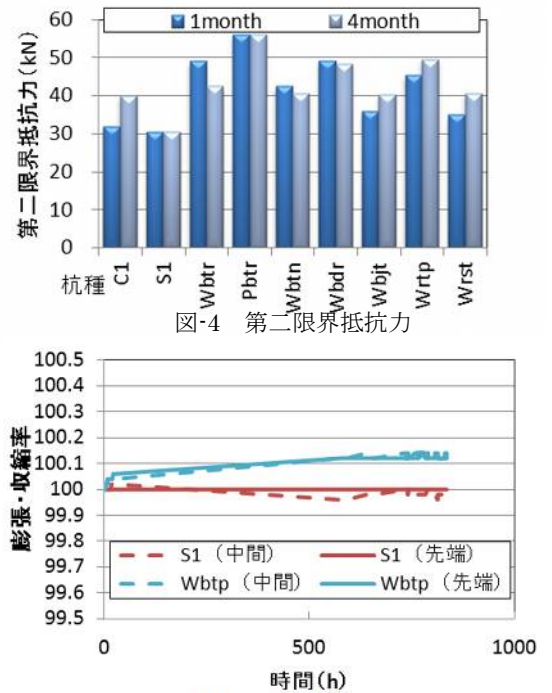
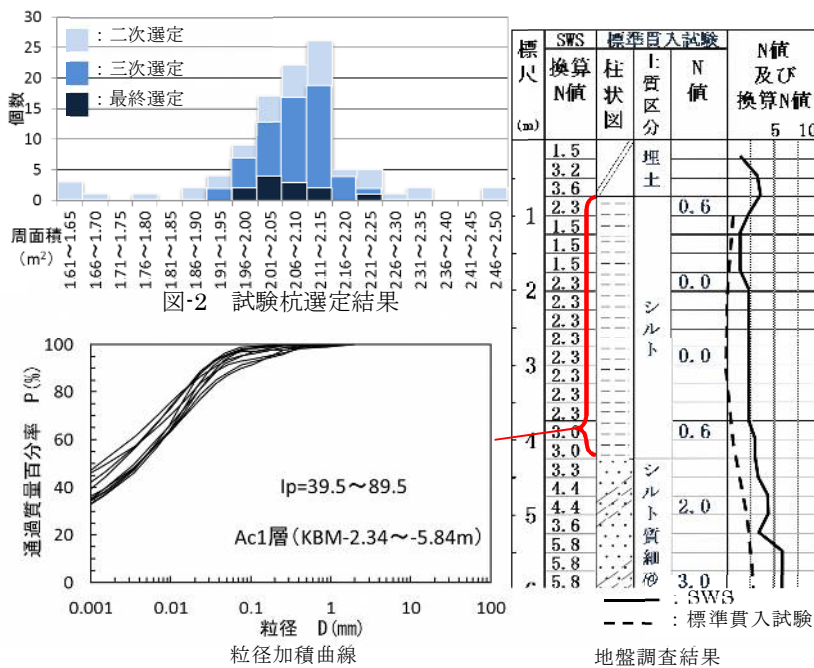
| 杭No. | 形状 | 継ぎ   | 排水機能 | 加工    | 元口( )は平均              | 末口( )は平均              | 備考    | 1month      |                            | 4month      |                            |
|------|----|------|------|-------|-----------------------|-----------------------|-------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
|      |    |      |      |       |                       |                       |       | 第二限界抵抗力(kN) | 周面摩擦力度(kN/m <sup>2</sup> ) | 第二限界抵抗力(kN) | 周面摩擦力度(kN/m <sup>2</sup> ) |
| C1   | tp | なし   | なし   | -     | 193.1                 | 140.0                 | RC杭   | 31.8        | 11.9                       | 40.0        | 16.1                       |
| S1   | st | なし   | なし   | -     | 165.2                 | 165.2                 | 鋼管杭   | 30.3        | 12.8                       | 30.3        | 12.8                       |
| Wbtp | tp | なし   | なし   | 皮むき   | 182.1 ~ 170.6 (176.4) | 153.4 ~ 145.5 (148.7) | スギ    | 49.0        | 21.5                       | 42.5        | 20.0                       |
| Pbtp | tp | なし   | なし   | 皮むき   | 194.5 ~ 182.7 (188.0) | 158.8 ~ 150.6 (153.8) | マツ    | 56.1        | 25.6                       | 56.1        | 25.5                       |
| Wbtn | tp | なし   | なし   | 皮むき   | 149.6 ~ 147.7 (149.0) | 132.1 ~ 124.1 (128.3) | スギ、細径 | 42.5        | 23.3                       | 40.5        | 21.9                       |
| Wbdr | tp | なし   | あり   | 皮むき   | 177.0 ~ 169.0 (173.3) | 151.5 ~ 143.2 (147.5) | スギ、排水 | 49.0        | 22.4                       | 48.3        | 19.8                       |
| Wbjt | tp | 3本継ぎ | なし   | 皮むき   | 188.1 ~ 172.2 (184.0) | 180.3 ~ 168.0 (174.0) | スギ、継ぎ | 35.8        | 15.1                       | 40.3        | 15.0                       |
| Wrtp | tp | なし   | なし   | ロータリー | 177.6                 | 150.0                 | 加工、tp | 45.5        | 18.4                       | 49.5        | 20.6                       |
| Wrst | st | なし   | なし   | ロータリー | 160.0                 | 160.0                 | 加工、st | 35.0        | 15.8                       | 40.5        | 19.3                       |

3. 試験結果及び考察

表-1 を見てみると、第二限界抵抗力は養生期間が1ヶ月であっても4ヶ月であってもほとんど変化は見られなかった。材料毎に比較してみると、第二限界抵抗力は、S1 (ave.=29.8kN) < C1 (ave.=38.5kN) ≤ Wbtp (ave.=43.9kN)

キーワード 木杭、支持力、地球環境

連絡先 〒102-0083 東京都千代田区麹町 3-2 兼松日産農林(株)技術部 TEL 03-3265-8243



となっていることがわかった。また、周面摩擦力度は、S1 (ave.=12.9kN/m<sup>2</sup>) < C1 (ave.=15.9kN/m<sup>2</sup>) < Wbtp (ave.=20.4kN/m<sup>2</sup>) となった。鋼管杭の第二限界抵抗力が C1 及び Wbtp と比較し著しく低下する結果が得られたが、その理由として、鋼管杭の杭周面状況は非常に滑らかであり、油分も付着しているため周面摩擦力の面から見ると不利になること、形状も唯一ストレート状であり、テーパー効果が得られなかったことが要因として考えられる。図-4 は表-1 より Wbtp、Wbdr、Wbdr、Wrtp 及び Wrst の第二限界抵抗力をまとめたものであるが、Wbjt 及び Wrst の第二限界抵抗力は明らかに他の木杭に劣る結果となった。いずれの試験杭においても支持力は周面摩擦力が大半を占めているが、Wrst は滑らかに加工されたことにより摩擦係数が低下したこと、ストレート状に加工されたことでテーパー効果が失われたことが考えられる。例えば、Wrst 同様にロータリー加工を施した Wrtp は原木状の Wbtp と同等程度の第二限界抵抗力が得られている。

Wbtp (原木状のスギ) 及び S1 (鋼管杭) において円周方向の膨張量を計測するためひずみゲージを取り付け実際に地中に貫入し、継続的に円周方向の膨張量を計測した。ひずみ量の計測は Wbtp、S1 とともに杭中間部 (GL.-2.0m) 及び杭先端部 (GL.-4.0m) で計測を行った。図-5 には縦軸に収縮・膨張率、横軸に計測時間を示したものであるが、S1 においては杭先端部分では全く変化は確認できず、杭中間部分においても極微量の収縮が見られたのみであったのに対し、Wbtp ではわずかながら杭先端部、中間部ともに時間の変化に伴い膨張傾向があらわれた (最大で周長約 470mm の 0.14% 程度)。今回の実験により地中の木杭の膨張傾向が確認できた。木杭の周面摩擦力にはこのような膨張圧も作用していると考えられる。

#### 4. まとめ

以上の実験結果をまとめると以下ようになる。

1. 今回の地盤において木杭は既往の地盤補強工法と同等程度の支持力が得られた。
2. 木杭の周面摩擦力は既往の地盤補強工法より増加する傾向があらわれた。
3. 木杭の大きな周面摩擦力の要因としては、木杭の膨張圧が有効に作用していることが考えられる。

<謝辞>

本試験は日本合板組合連合会の「地域材利用加速化支援事業のうち国産材原料転換技術開発事業」の一つとして実施されたものであり、試験費の一部を日本合板組合連合会より支援を受けて実施された。また、本試験にご協力頂いた(社)土木学会 木材工学特別委員会 (土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会) 地中海利用小委員会の委員の方々に感謝の意を表する。

<参考文献>

- 1) 水谷他、杭材としての木材地中利用について (その 1)、第 65 回土木学会年次学術講演会、2010. 9