

FEM による木杭のせん断挙動解析

環境工学講座 7510753 渡辺竜太
指導教員 後藤文彦

1. はじめに

森林の中で樹木を育てていくためには、木々を計画的に伐採し間伐を行う必要がある。日本では、この間伐材が大量に発生し余っているのが現状である。そこで余った間伐材を土木分野でも有効利用する方法として、木杭基礎として利用することが見直されてきている。一方、自然環境や景観に配慮した自然型護岸として、伝統的な石積み工法にも注目されてきており、こうした石積み護岸の基礎として自然に馴染む木杭を利用することが期待される¹⁾。木材は水面下では腐らないという特徴を持っているため、木杭は間伐材の有効利用という観点からは有用であるといえるが、強度性能の面でも既存のコンクリート杭に特に劣らない、更には優位な性能を有す部分もあるならば、更に積極的に使用していいのではないかと考えた。一般に護岸の基礎として用いられる杭は、円弧すべりによるせん断を受けるので、せん断破壊により強度を支配されている面がある。そこで、今回は基礎研究として、木杭とコンクリート杭に水平方向から荷重を与えせん断の様子を比較した。

2. 解析モデル

本研究では一つの杭が地中に埋まっていると仮定した単純なモデルで研究を進めていく。地中に埋まっている杭には図-1の a のように上下に水平方向から荷重がかかると考えられる。そのため、杭の真ん中の所で切断し、b のように底面を固定した片側固定端のモデルで解析を行った。

図-2 と図-3 に本研究で対象とした基本モデルを示す。図-3 のモデルは秋田県大潟村で行われた秋田スギを利用した多自然型護岸工事に使用された木杭の寸法を参考にしている。解析する木材はスギと仮定する。直径 160mm、長さ 2500mm とする。図-2 はコンクリート杭である。直径 300mm、内径

60mm、長さ 2500mm とし、せん断補強用のスパイラル鉄筋は入っていないものとする。また鋼棒は直径 10mm のものを 6 本配置している。

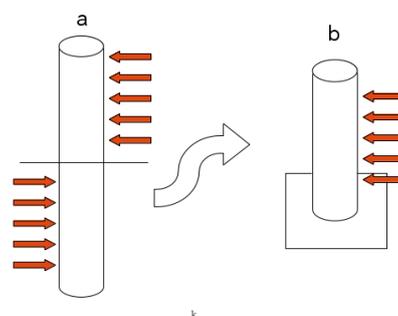


図-1 地中に埋まっている杭

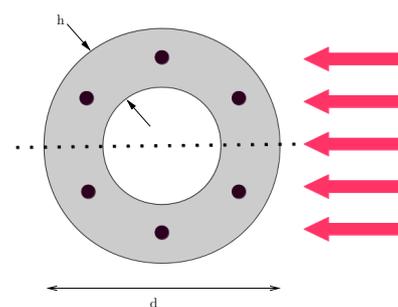


図-2 コンクリート杭断面

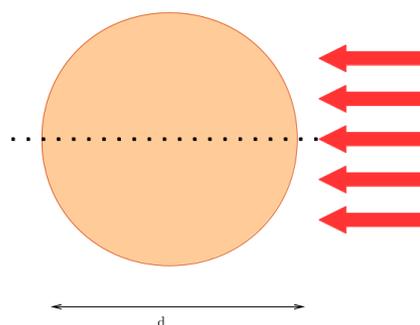


図-3 木杭断面

3. 解析手法

木杭とコンクリート杭のモデルの FEM 解析を行う。FEM 解析では、モデルを有限要素解析ツール CalculiX2.3 によって解析する。なおモデルの作成の際、実寸で計算を簡単にするために半解析を行

なっている。FEM 解析で得たそれぞれのせん断応力の分布の様子や数値を比較し考察する。

表-1 木杭 (スギ) の寸法

直径 d	160mm
杭の長さ	2500mm
ヤング率 E	$6 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$
せん断強度 (スギ)	1.8MN/m^2

表-2 コンクリート杭の寸法

直径 d	300mm
内径 h	60mm
杭の長さ	2500mm
ヤング率 E	40GPa
鋼棒の直径	10mm
鋼棒のヤング率 E	206GPa

4. 解析結果

a) 1. コンクリート杭の解析結果

図-4 はコンクリート杭の FEM 解析を行った結果をグラフにしたものと固定面のせん断応力の様子を表したものである。固定面に①から⑥まで番号がありそれぞれのせん断応力の変化を表している。結果、①と⑥のせん断応力が高い値を示した。また杭の内側に位置する②, ④, ⑤がそれぞれ近い値を示した。

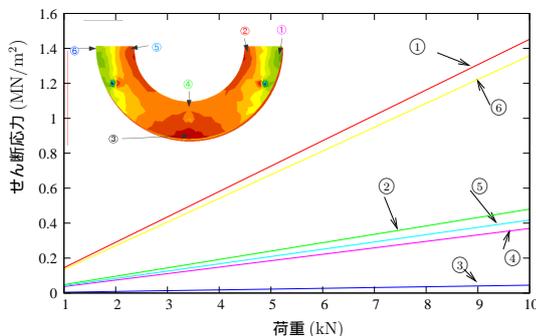


図-4 コンクリート杭のせん断応力

(1) 2. 木杭の解析結果

図-5 は木杭の FEM 解析を行った結果をグラフにしたものと固定面のせん断応力の分布を表したもの

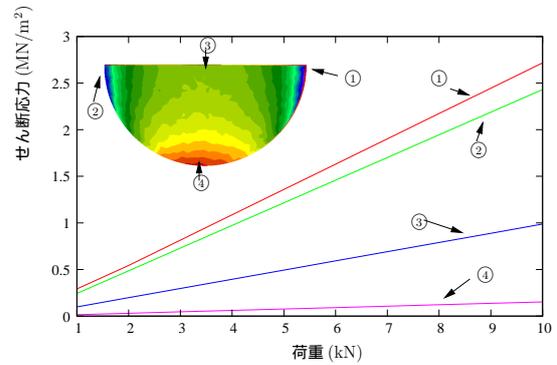


図-5 木杭のせん断応力と荷重

である。固定面のそれぞれ違う箇所にも 1 から 4 まで番号をふり、それぞれのせん断応力の変化を表している。解析の結果とスギのせん断強度値を比較したところ、スギのせん断強度に達しているのが①と②の 2 つで、③と④については許容範囲内であった。

5. まとめ

コンクリート杭も木杭も半解析の固定端部つまりせん断面の荷重を受ける面とその反対側の周付近でせん断応力が卓越している。コンクリート部分のせん断強度の評価には様々な方法があるが、無筋コンクリートのせん断許容応力 $\frac{\sigma_{ck}}{100} + 0.15$ の設計基準強度に、コンクリート杭製品の代表的な値として 80MPa を用いると、0.95 となり、7kN 程度の荷重でコンクリート部がせん断破壊する可能性がある。一方、スギ (甲種、1 級) のせん断強度は 1.8MPa であるので、木杭は、6kN 程度でせん断破壊する可能性がある。これらは、単純化した解析上での考察であるが、ヤング率が低く、鉄筋等で補剛されていない木材の方が、全体の曲げ変形で応力を吸収している面もあり、また、今回は実物の杭をモデルとしたため、木杭の方が断面が小さくなっており、一概にコンクリート杭の方がせん断強度が高いとも言い切れないだろう。今後、軸方向への応力の分散の状態や曲げ剛性等のパラメータを制御した上での検討を行っていくことが課題である。

参考文献

- 1) 佐々木貴信, 荻野俊寛, 後藤文彦, 原田紀文, 野田龍, 清水光弘: 木杭基礎と自然石の空積みによる多自然型護岸, 平成 25 年度第 68 回土木学会年次学術講演会講演概要集 (CD-ROM), 第 5 部門, V-042, 2013.