

カワヤナギを利用したモデル木片布団かごの引張り抵抗について

池田和弘(埼玉県農総研)

要旨：中詰めに石材の代わりに木片を使用した木片布団かごは木材の腐朽に伴って重量を減少させ、その機能を徐々に低下させていく。そこで、木片布団かごにカワヤナギを挿し木して成長させることで幹や根茎による抵抗力を増大させ、機能低下を回復する手法について考案した。また、その引張り抵抗力を実験により求めるとともに、植物の成長式を取り入れた引張り抵抗力を説明するモデル式について検討した。

キーワード：布団かご、木片布団かご、引張抵抗力、カワヤナギ、根茎抵抗力

I はじめに

布団かご工は明治時代から施工されてきた簡易土木工法である。かごの中に割栗石を充填するだけの小規模な構造物であるが、土留工として現在でも盛んに利用されている。

池田(1)は割栗石の代わりに木片を詰めた木片布団かご工の有効性について述べたが、今回木片の腐朽に伴う重量減少に起因する経年的な土留工の機能低下を、カワヤナギ根茎と幹の抵抗力によって補う方法を考案したので報告する。

II 材料と方法

布団かごの標準的なサイズは 2.0m × 1.0m × 0.5m であるが、設備上の制約から四分の一スケールのモデル木片布団かごを 12 個作成し、この中に木片を充填した。これを鹿沼土からなる十分転圧した挿床の上に設置した。2002 年 3 月に長さ 20cm、直径 10mm に切りそろえたカワヤナギ (*Salix gilgiana*) を挿し木し、3 年間成長させた。なお、挿し木本数は 0 ~ 6 本とした。2005 年 3 月に手動ウィンチを用いてモデル木片布団かごの引張り抵抗力を測定した。その概要を図-1 に示す。

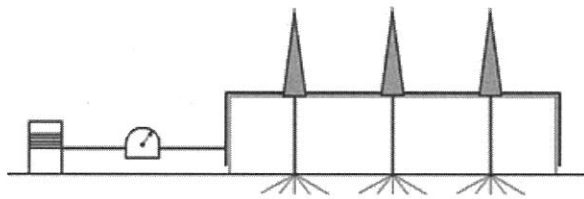


図-1. モデル木片布団かごの引張り実験概念図

図-1 は左から手動ウィンチ、デジタルフォースゲージ、鉄筋フレームを装着したモデル木片布団か

ごである。それぞれをワイヤーで直結した。モデル木片布団かごには鉄筋で作成したフレームを被せた。実験に際してはモデル木片布団かごの周囲を除草し、地盤を再度転圧した。引張り抵抗力はデジタルフォースゲージを用いて測定した。表示される数値をデジタルビデオカメラで記録したのち、コンピュータにキャプチャして、引張り開始からモデル布団かごが滑り出すまでの引張り抵抗力の数値を 2 秒間で隔読み取り、Excel に入力して解析に用いた。

次に引張り抵抗力をモデル式によって説明することを試みた。中詰めの木材は経年劣化に伴い重量が減少し抵抗力は小さくなるが、反面カワヤナギが成長することで幹や根茎による抵抗力が増加すると予想される。

III 結果と考察

カワヤナギが無しの場合と 3 本の場合のモデル布団かごの引張り抵抗力-時間応答曲線を図-2, 図-3 に示す。手動ウィンチの性格上「戻り」が発生するためグラフは波形となるが引張り時間に応じて抵抗力が増大し、木片布団かごの限界抵抗力を超えると滑り出し、抵抗力は減少することがわかる。カワヤナギが 0 本の場合の木片布団かごが滑り出す引張り抵抗力は 12.47kgf、木片布団かご全体重量は 8.28kgf であった。これより動摩擦係数 $\mu=1.5$ を求めた。また、滑動までに要した時間は 74 秒であった。3 本の場合の最大引張り抵抗力は 81.48kgf、滑動までに要した時間は 134 秒であった。両者の差はカワヤナギの本数の違いから生ずると考えられた。そこでカワヤナギの本数と引張り抵抗力の関係を求めたところ比例関係が認められた(図-4)。地上現存量と引張り抵抗力の間にも正の比例関係が認められた。

T/R 比一定から地下現存量も比例増加し、幹や根茎全体の現存量が引張り抵抗力を増すと考えられた。

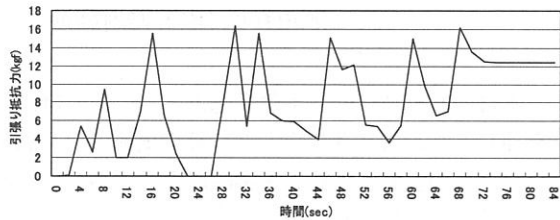


図-2. カワヤナギが無い場合の引張り抵抗力-時間応答曲線

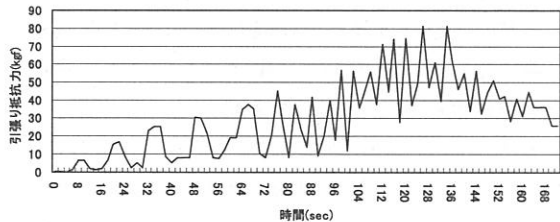


図-3. カワヤナギが3本の場合の引張り抵抗力-時間応答曲線

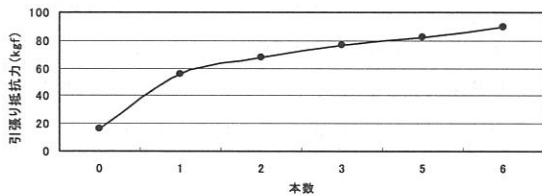


図-4. カワヤナギ本数と引張り抵抗力の関係

モデル式については、ウィンチによって生じた引張り力=木片布団かごの自重+カワヤナギの幹が木片布団かごから受ける力+根茎抵抗力と仮定して以下のように考えた(図-5)(4)。

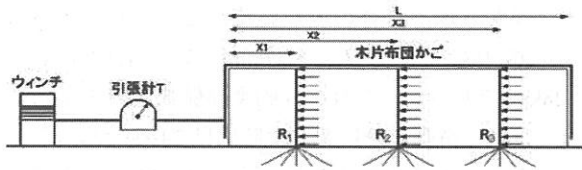


図-5. モデル化した引張り実験の概念図

$$T(\text{kgf}) = (Fr + Bg + W_0 \exp(-\alpha t)) \mu + \Sigma \text{樹木抵抗力} \quad (1)$$

$$\Sigma \text{樹木抵抗力} = \Sigma \text{片持ちばり支点反力 } R_n + \Sigma \text{根茎抵抗力} \cdot A$$

$$\Sigma \text{片持ちばり支点反力 } R_n = \frac{(1+b)}{(1+b \cdot \exp(-ct))} \cdot W_0 \exp(-\alpha t) \cdot (nL - \Sigma X_n) / L$$

ここで、T は引張り抵抗力、Fr はフレーム重量、Bg はモデル布団かご重量、W0 は木片の初期重量、 α

は低減率、t は時間、 μ は動摩擦係数、Rn は横等分布加重を受ける片持ちばりの支点反力、b は積分定数、c は内的自然増加率、n はカワヤナギの本数、 X_n は布団かごの端から n 本目のカワヤナギまでの距離、L は布団かごの長さ、A は内部応力度である根茎抵抗力が作用する面積の合計値とした。なお、単位は全て kgf である。

Σ 根茎抵抗力 $\cdot A$ 以外の値は計測や計算から求めることが可能である。(1)式にその値を代入すると Σ 根茎抵抗力 $\cdot A$ が求まる。ちなみにカワヤナギの本数が 1 本の場合、 Σ 根茎抵抗力 $\cdot A$ は約 20kgf、3 本の場合は約 61kgf であり、一本当たり約 20kgf になった。

反省点として、根茎抵抗力については既にいくつかの解析方法が提案されている(3, 5, 6)が、適用に至らなかったこと、ひずみ量(布団かごの時間当り移動量)を計測し弾性やクリープ現象として説明すべきであったこと、もっと多くのモデル布団かごを設置し、長期間の実験計画を立てるべきであった。

IV おわりに

木片布団かごは割栗石の代わりに木材を充填するものである。布団かごの中に防草シートで内張して、製材所から排出される残材や作業道開設で発生する間伐木と残土を詰めれば開設経費を抑えることができる。今回の実験により木材の腐朽に伴い減少する木片布団かごの機能がカワヤナギの成長により補充され、機能を維持できる可能性が示された。木材はやがて消失するが、上述の方法で土を充填すれば木片布団かごは機能する。作業道の小規模盛土の土留工や耐用年数を考慮すると実用性のある工法と考える。

引用文献

- (1) 池田和弘(2003) プレカット工場から排出される端材の布団かご工への適用について. 埼玉農総研研報(3):131-135.
- (2) 巖佐庸(1998) 数理生物学入門.4p., 共立出版, 東京.
- (3) 駒村富士弥・渡辺武夫(1977) 樹木の斜面安定効果. 日林誌 59(9):338-340.
- (4) 近藤泰夫・安宅勝・伊藤富雄・神田一雄(1983) 構造力学.302pp., 国民科学社, 東京.
- (5) 野々田稔郎・林拙郎・川邊洋(1994) 根茎の引張強度と曲げ強度から推定した樹木根茎の斜面安定効果. 日林誌 76(5):456-461
- (6) 松野操平(1973) 樹木の横力抵抗に関する研究(I). 日林誌 55(11):334-340.