

防草シート損傷に対する樹木の限界高さの検討

独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

正会員 ○米澤豊司, 佐藤文英, 山洞晃一

公益財団法人 鉄道総合技術研究所

正会員

小島謙一

はじめに

建設発生土による土捨場の構造において、盛土本体からの浸出水が周囲環境に悪影響を及ぼさないように遮水工を配置する場合がある。さらに盛土表面は、自生樹木等の根の張りを防ぐためとその下の遮水シートの防護のために防草シートを配置することがあるが、倒木に伴う根返り力による防草シートの損傷を検討した例は少ない。倒木の可能性は、地震や雪害などを除くと、常時においては風の大きさと樹高との関係で決まるものと考えられる。さらに樹高は、土壌層の厚さによって抑制され、過去の種類別樹木根系形状データの蓄積から推定可能となっている¹⁾²⁾。そこで今回、東北新幹線（八戸・新青森間）の土捨場において、自生が確認されたカラマツを例に風倒木による防草シート損傷の可能性について検討を行った。

1. 盛土表層部の構造と検討方針

盛土表層部の構造断面を図1に示す。建設発生土と保護盛土 50cm の上に不織布 10mm 厚を、その上には遮水シート 1.5mm 厚と防草シート 0.6mm 厚で覆い、最後に 30cm 厚の覆土としている。一般的に樹木の生長には、根系の広がりやを許容する土壌厚さが必要となる。樹高を極力抑制させたいという配慮から覆土厚さを 30cm としたものである。過去の現地調査結果から落葉性高木のカラマツの幼木がみられ、これまで一定程度の樹木を伐採してきた。しかしながら、現状において樹高と防草シート損傷との関係が明らかとなっていない。そこで本検討においては、過去の樹木形成データ分析結果の各種文献から、土壌厚さ 30cm のケースでの樹高、樹径、根系等の形状を推定し、これを条件に樹木の風による転倒、防草シート損傷の検討を行う。樹木の転倒・幹折れの照査方法は文献1)による。

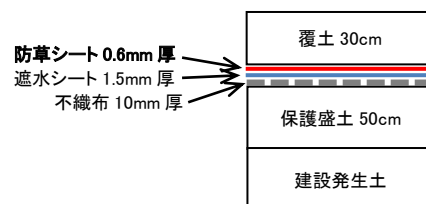


図1 盛土表層部の構造

2. 検討方法

(1) 樹木の受風面積の算定方法

風倒木の検討を行うには樹木の受風面積（投影面積）を算出しておく必要がある。図2に示す代表的なカラマツのカラー画像ファイルをコンピュータに取り込み、そのデータを白黒2値化ビットマップに変換し、白黒データ数のそれぞれの合計を計算し、黒の面積率を算出した。同画像全体の縦横比は 1.0 : 0.59 であり、面積率は 50.2% となった。受風面積は樹高 $H(m)$ に応じて相似比例すると仮定すれば、樹木受風有効面積は $A_2(m^2) = 0.59(m^2/m) \times 50.2\% \times H = 0.296 \times H$ となる。なお、検討計算時は変動を考慮して 1.5 倍の面積とした。



図2 処理前画像

(2) 樹木の重量

樹木の重量の算出方法は、文献1)および図3による。地上部： $W_1 = k_1 \cdot \pi(d/2)^2 H \cdot w(1+p)$ 、地下部： $W_2 = k_2 \cdot \pi(A/2)^3 \cdot \gamma$ 、ここに d ：目通り直径(m) $\approx 0.0579e^{0.1092H}$ 、 H ：樹高(m)、 k_1 ：樹幹形状係数 ≈ 0.5 、 w ：樹幹の単位体積重量(kN/m^3) ≈ 12800 、 p ：枝葉の多少による割増率 ≈ 1.2 、 A ：根鉢の直径(m)－落葉樹・中木 $5D + 0.09$ 、 D ：根元直径(m) $\approx 0.1177e^{0.0942H}$ 、 k_2 ：鉢の形状係数－並鉢 $7/48$ 、 γ ：根を含む土壌の単位体積重量(kN/m^3)で一般的に 16700 である。なお、鉢深さが土壌厚さ 30cm を超える場合は、安全側に配慮して鉢深さ形状の重量で検討する。

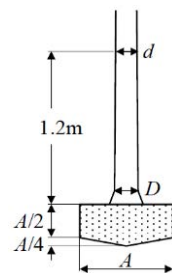


図3 根鉢形状

キーワード 建設発生土、防草シート、風倒木、樹高

連絡先 〒105-0011 東京都港区芝公園 2-4-1 (芝パークビル) (独) 鉄道・運輸機構 東京支社 TEL 03-5403-8718

(3) 樹木の転倒・幹折れ検討

樹木のモデルを図4のように仮定すると転倒しないための条件は、 $P_1 \cdot h_1 \leq (W_1 + W_2) \cdot l_1$ ただし、 P_1 ：樹木重心（樹冠高さの1/3）にかかる風力(kN) $= 0.5\rho \cdot C_1 \cdot A_2 \cdot v^2$ 、空気の密度 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ 、風速 $v \text{ (m/s)}$ 、 h_1 ：防草シート面から樹木重心までの距離(m)、 W_1 ：地上部の重量(kN)、 W_2 ：地下部の重量(kN)、 l_1 ：転倒支点から重心までの距離(m)、 C_1 ：樹木形状による風力係数、 A_2 ：樹木受風有効面積(m^2)である。なお、樹冠部と幹部との高さ比率は、図2より 0.83 : 0.17 とした。一方、樹木が折れないためには、次式を満足する必要がある。樹木は根元付近で折れると仮定する。 $(P_1 \cdot h_1) / Z \leq \sigma_a$ 、ただし、 Z ：根元付近幹の断面係数(cm^3) $= (\pi \cdot D^3) / 32$ 、 σ_a ：樹木の曲げ許容応力度(kN/m^2)である。カラマツの風力係数は文献3)で測定された Ledgepole Pine をカラマツに適用し、風速 30m/s で 0.23 と仮定した。ちなみに風速 10m/s で 0.56 となる。一般的には風速が大きくなるにつれて風を通しやすい樹形に変わっていき、風力係数が小さくなっていく。カラマツの曲げ強度は文献4)から引用し、80000kN/m² とする。

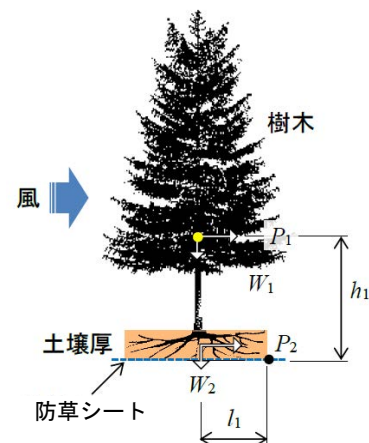


図4 風倒木検討モデル¹⁾

(4) 防草シート損傷の検討

a) 滑動作用力に対する検討：風による全ての水平力が防草シートの許容引張強度以下であることを確認する。なお、作用幅は根鉢直径 A と仮定する。防草シートの製品規格は、厚さ 0.6mm、単位面積当り質量 260g/m²、密度 0.40g/cm³、単位幅当り引張強度 9.80kN/m である。

b) 回転押込み力に対する検討：転倒支点での先端押込み力（線荷重）が防草シートの許容引張強度以下であることを確認する。なお、作用幅は根元直径 D と仮定する。

表1 検討結果

条件	風速	m/s	30.0
	風力係数	—	0.23
検討結果	樹高	m	3.58
	転倒照査 $P_1 \cdot h_1 \leq (W_1 + W_2) \cdot l_1$	N・m	415.9 ≤ 416.4 OK
	幹折れ照査 $(P_1 \cdot h_1) / Z \leq \sigma_a$	kN/m ²	944.7 ≤ 80000 OK
	滑動力によるシート損傷照査 $\sigma_t \leq \sigma_{ta}$	N/m	240.4 ≤ 9800 OK
	回転押込み力によるシート損傷照査 $\sigma_v \leq \sigma_{va}$	N/m	5522 ≤ 9800 OK

3. 検討結果

検討結果を表1に示す。樹高 3.58m までは転倒・幹折れ・防草シートの損傷は生じない結果となった。特にシートは 1.8 倍弱の安全余裕がある。さらに樹高 3.58m を超えると転倒する結果となるが、防草シートは損傷しない。計算で用いた風速や風力係数、樹木受風有効面積が実際と異なれば当然ながら結果も変化してくるが、今回の検討ではかなり安全側に配慮している。仮に風速 10m/s、風力係数 0.56 の条件では、樹高 6.46m までは転倒・幹折れ・シート損傷は生じない。しかし、実際には土壌厚さと根・樹木生長との関係から樹高は自然的に抑制されると思われる。ちなみに文献1)で示される図5では、土壌厚さ 30cm での生長樹高は 3～5m 程度までが限界とされ、これを超える場合には、倒木しないように支え等が必要とされる。以上から、この事例の建設発生土による盛土においては、樹木の転倒等が生じたとしても防草シート 0.6mm 厚には損傷が生じないという結果となった。

おわりに

今後は、経年に伴う樹高の生長と防草シートの安全性を継続して調査・検討していきたい。

参考文献 1) 奥水肇：建築空間の緑化手法，影国社，pp.27-86，1988。 2) 荻住昇：樹木根系図説新装版，誠文堂新光社，1998。 3) Mayhead, G. J. : Some Drag coefficients for British forest trees derived from wind tunnel studies, *Agricultural Meteorology*, Vol.12, pp.123-130, 1973。 4) 森林総合研究所：木材工業ハンドブック，p.188，1982。

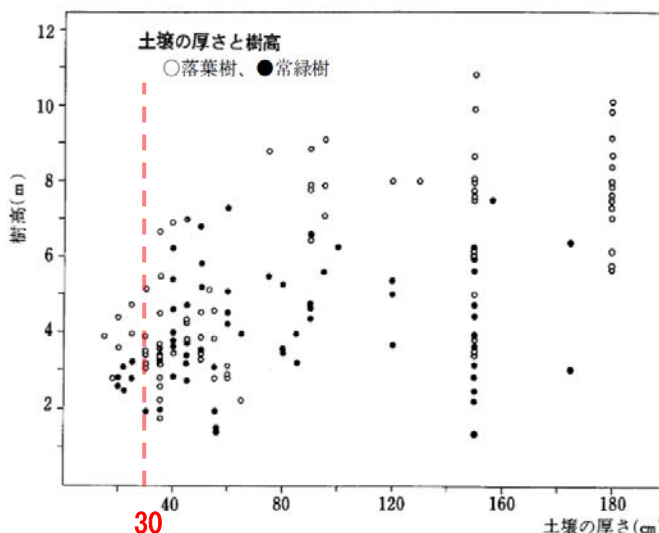


図5 土壌の厚さと樹高¹⁾