

II-83

沿岸樹木の倒伏耐力

秋田大学 学生員 ○今井健太郎 鈴木 明菜 正員 松富 英夫

1. はじめに 沿岸樹木の倒伏耐力特性を把握しておくことは津波減災効果とその限界を見極める際に重要であり、流木化による2次災害に向けての危機管理にも繋がる。河道内樹木については、国土交通省が精力的に実測値を集め、倒伏限界値の回帰式を提案している¹⁾。しかし、樹種は同一でも河岸と海岸では地盤や生育環境が異なり、適用範囲に不明な点がある。そこで、本研究では海岸域において実際の植林され繁茂している樹木（樹種を黒松に特定）について、国土交通省の方法に従った倒伏の実地試験²⁾を行い、その特性把握を目的としている。

2. 沿岸林の特性 沿岸樹木を津波災害に役立てるためには、現存する沿岸防備林の面的な育成状況を把握することが必要である。そこで、樹木の本数、胸高直径、そして樹木密度 κ （単位面積当たりの総樹木断面積/単位面積）、地盤の性質（含水比と砂粒径、砂の比重）について実地調査を行った。調査所在地は、秋田県南秋田郡天王海岸、同県山本郡釜谷海岸、同県山本郡峰浜海岸である。釜谷海岸と峰浜海岸は砂丘から連続的に防備林へと接続しており、1983年の日本海中部地震津波では8mの津波遡上高が確認されている²⁾。

表-1は倒伏試験を実施した樹木の各諸量と周辺環境を示したものである。 κ はおおよそ0.2~0.5程度であり、表には示していないが土壤はすべて砂地盤である。渡邊ら³⁾は土中含水比や根鉢表面積が倒伏限界モーメントに及ぼす影響を指摘している。本試験で扱った被試験樹木根元の土壤性質は砂質であり、その含水比は5~25%程度、砂比重の平均値は2.64であった。含水比や砂の比重が倒伏耐力に関係するものと考えられるが、砂地盤の場合、含水比の大きさよりも砂の拘束条件がその剪断強さに大きく関係してくる⁴⁾。本試験によって調べられた倒伏耐力は、同程度の胸高直径 D_c である場合、含水比や砂粒径の依存よりも地盤条件によってその値に2倍程度の差が生じた（表中のNo.4とNo.5）。従って、含水比と砂粒径、砂の比重についての考察は行っていない。また、根鉢表面積については胸高直径に関係があると考えられるので詳細な調査は行っていない。

調査箇所での黒松の胸高直径 D_c と頻度 P を図-1に示す。この頻度とは、測定地域の全樹木本数に対する、ある直径区間における本数の割合を示す。図から、胸高直径は6~15cm程度が非常に多く、全体の8割弱を占めて

表-1 倒伏試験を実施した樹木の各諸量

No.	location	date	D_c (cm)	H (m)	M (kN·m)	κ (%)
1	天王海岸	04/6/01	13.2	6.6	7.06	0.27
2	天王海岸	04/6/01	7.3	5.5	4.00	0.27
3	天王海岸	04/6/01	9.4	5.7	4.35	0.32
4	天王海岸	04/6/01	9.5	7.4	2.47	0.32
5	天王海岸	04/6/01	9.5	5.8	5.41	0.22
6	天王海岸	04/6/01	10.8	8.0	8.82	0.22
7	天王海岸	04/6/13	8.6	5.8	4.70	0.47
8	天王海岸	04/6/13	6.5	7.3	2.35	0.47
9	釜谷海岸	04/6/13	8.6	6.2	2.82	0.23
10	釜谷海岸	04/9/12	6.6	6.3	1.53	0.23
11	釜谷海岸	04/9/12	8.1	6.0	5.88	0.46
12	釜谷海岸	04/9/12	10.2	8.0	7.41	0.46
13	釜谷海岸	04/9/15	9.5	8.5	5.17	0.54
14	釜谷海岸	04/9/15	11.2	7.6	7.29	0.54
15	釜谷海岸	04/9/15	13.1	11.5	10.58	0.49
16	峰浜海岸	04/9/15	9.0	6.5	3.53	0.44
17	峰浜海岸	04/9/15	10.5	7.2	5.29	0.44
18	峰浜海岸	04/9/15	7.6	5.5	2.35	0.40

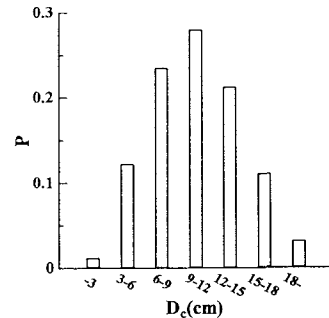


図-1 胸高直径と頻度の関係

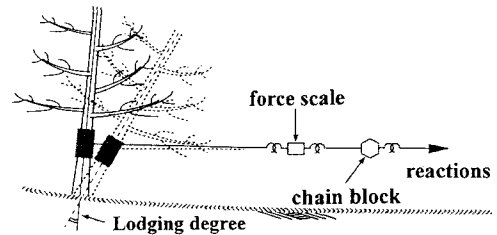


図-2 倒伏試験の概略

いた。また、調査地点における樹木の胸高直径の中央値は10.6cmであった。よって、植樹経年数にもよるが、本調査の範囲内では、秋田県沿岸の防備林像は平均胸高直径が10.6cm、植生密度は0.37%といえる。

3. 沿岸樹木の倒伏耐力 本研究では秋田県沿岸における防備林について、参考文献¹⁾にある試験方法に従い樹木の倒伏試験を行った。その概略を図-2に示す。試験方法は、樹木の根元から胸高位置である1.2mを作用点とし、チェーン・ブロックで荷重を架け引き倒し、力計からその時の荷重を読み取った。倒伏の判断については図-3に示すように、载荷を続けても力計の値は増えないが変位量は増加する状態を倒伏と判定した。

図-4には、胸高直径と倒伏時の樹木傾斜角度の関係を示す。傾斜角度については試験時に録画したビデオカメラから読み取った。図中、○は図-3で定義される倒伏に達した樹木を、●は根折れ時のものを示す(表-1のNo.1, 6, 15)。図から、 D_c が大きくなるに従い、倒伏時の樹木傾斜角度は小さくなる傾向にあった。一般的に、樹木は樹齢を重ねる毎に根、幹、枝部はその柔軟性が失われる。よって、 D_c の大きさに比例して柔軟性が失われた結果と考えれば理解できる。

図-5は D_c と倒伏モーメント M の関係である。なお、比較のために国土交通省の回帰式($M_c=76.4D_c^{2.0}$)とその下限式($M_c=24.5D_c^{2.0}$)、本調査により得られた回帰式($M_c=72.1D_c^{1.9}$)も併記した。図から、 D_c と倒伏モーメントには指数関係があり、我々が実施した試験結果は若干小さいが、国土交通省提案の回帰式と下限式の範囲内に収まる結果となった。これは河道内樹木における倒伏限界モーメントの回帰式が沿岸樹木にも適用できることを示している。図中の M_D は津波氾濫流による樹木に作用する抗力のみでの倒伏モーメントを、 M_T は流体力の総和(抗力、慣性力、線形造波抵抗力)による倒伏モーメントである。津波の流況に関して、浸水深については $h=2m$ とし、Matsutomi et al⁶⁾の津波事後における現地調査で得られた結果を参考にフルード数は $F_r=0.8$ を想定した。想定した樹木は樹高を6mとし、胸高直径を4~20cmの間で変化させ、投影面積についてはパイプモデル理論による概算式により求めた値を採用した。図より、秋田沿岸の樹木では倒伏の危険性が生じるのは津波浸水深が2m程度であることが判る。このように樹木の倒伏限界モーメント評価回帰式により、沿岸防備林による津波減災効果とその限界を簡便に判定することが可能となる。

4. おわりに 秋田県の沿岸防備林を対象として、面的な育成状況を把握し、倒伏試験を実施した。沿岸樹木の倒伏モーメントは国土交通省提案の回帰式が適用可能であることを示した。また、倒伏時の傾斜角度は胸高直径に依存し、胸高直径が大きい程、その傾斜角は小さくな

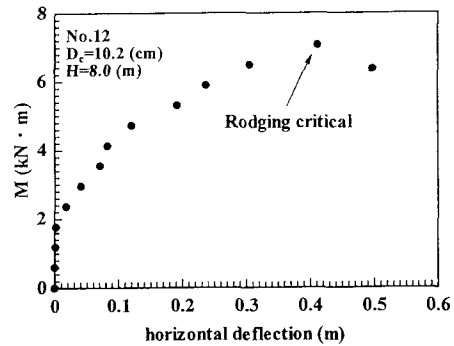


図-3 载荷モーメントと変位量の関係

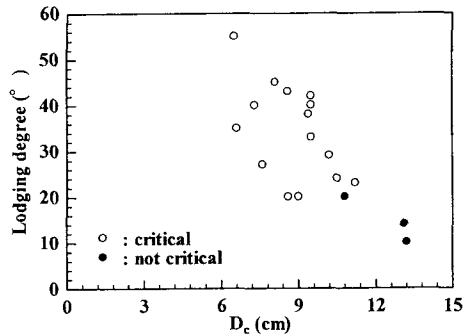


図-4 胸高直径と倒伏時樹木傾斜角度の関係

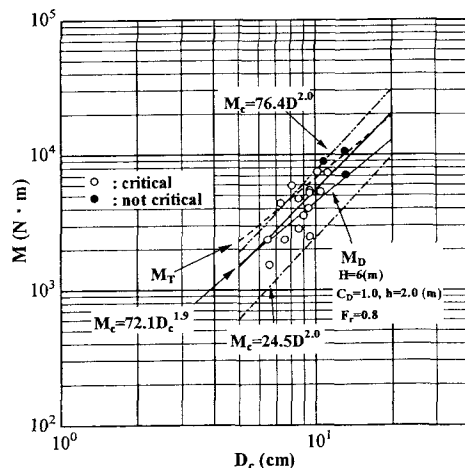


図-5 胸高直径と倒伏モーメントの関係

る傾向となった。

<参考文献> 1) リバーフロント整備センター 編集: 河川における樹木管理の手引き, 山海堂, pp.154-171, 1999. 2) 土木学会編著: 1983年日本海中部地震震害調査報告書, 土木学会, pp.112-126, 1986. 3) 渡邊ら: 水工学論文集, 第40巻, pp.169-174, 1996. 4) 河上房義著: 土質力学, pp.127-132, 1982. 5) 今井ら: 海岸工学論文集, 第50巻, pp.276-280, 2003. 6) Matsutomi et al: Advances in Natural and Technological Hazards Research, Vol.18, Kluwer Academic Publishers, pp.179-195, 2001.