

生育木の振動特性に関する実験的研究

北海学園大学工学部社会環境工学科

北海道大学大学院工学研究院

北海道大学電子科学研究所

横浜国立大学環境情報研究院

北海道大学大学院北方生物圏フィールド科学センター

北海道大学大学院工学研究院

○正 員 小幡 卓司

正 員 佐藤 太裕

中垣 俊之

田中 良巳

日浦 勉

正 員 鄭 好

1. まえがき

林業においては、台風や低気圧による強風時に、生育中の樹木が倒壊あるいは根本近辺から折れ、甚大な被害が発生することがある。倒壊した樹木は建設材料などに加工するには痛みが激しく、何らかの形で利用されることは少なく、塵芥として廃棄される運命にあり、その経済的損失は非常に大きい。また、本来は材として伐採されるまで CO_2 を吸収する役割を担う貴重な樹木が、逆に焼却処分されて多量の CO_2 が排出されることは、地球環境・温暖化の観点からも好ましいものではない。

一方、樹木の振動特性に関しての工学的研究は非常に少なく、著者らの知る限りでは海外・日本を含めて数件程度しかない。その中でも、樹木の倒壊メカニズムを実験的・解析的に研究したものはほぼ皆無であり、これを解明することは社会的にも非常に重要である。本研究を推進することにより、今後の林業に関する多くの知見を得られるものと考えられる。

また、一般的な樹木では枝の重さと長さの関係、枝の周長と長さの関係にべき則が成立することが古くから経験的に知られている。このことは、樹木の形態形成に一定のルールが存在

することを意味し、形態の最適化と何らかの関係があると我々研究グループでは予想している。このべき則を構造力学的に説明することは、上記の課題解決の糸口の一つになると考え、その基本データを入力するために生育木の振動実験を行ったので、ここに報告するものである。

2. 振動実験

実験は、2018年8月23日には北海道大学苫小牧研究林において、観測木として生育している約5mのホオノキを用いて、人力加振による振動実験を行った。写真-1に実験対象の生育木を示す。測定チャンネル数は、幹4ch、枝10ch、葉1chの合計11チャンネルの計測点を設定した。実験条件は、サンプリング周



写真-2 生育木の振動実験

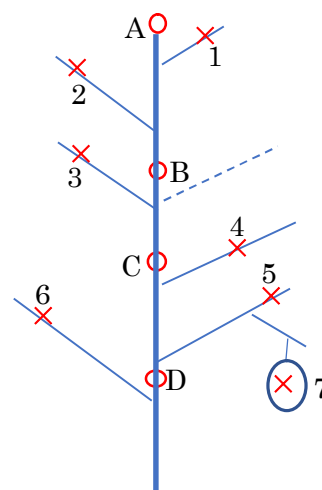


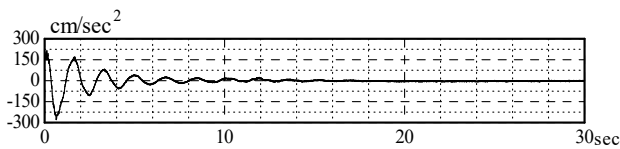
図-1 加速度計配置

波数 200Hz, 計測時間 2 分間とした。また、加振については、幹上部（約 3m）、中部（約 1.5m）の 2 か所にロープを結束し、これを人間がメトロノームの音に合わせて所定の振動数で引っ張ることで起振力を加えた。実験は、現場で簡易的な解析を行いながら加振振動数を 1 回目 0.6Hz, 2 回目 5.0Hz で加振することに決定した。実験ケースとしては、東西、南北の 2 方向に対し、1 次減衰自由振動、0.6Hz 強制加振、5.0Hz 強制加振の合計 6 ケースについて実施した。本稿では、主に東西方向の実験結果について述べる。

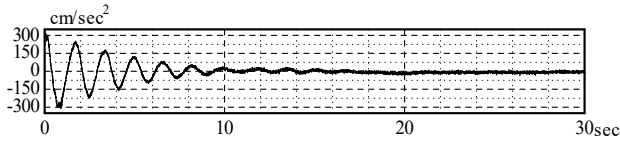
図-2 は減衰自由振動実験の幹の B 番と枝の 3 番の振動波形である。図-2 に着目すると、現場振動実験とし

キーワード ホオノキ、現場振動実験、固有振動数、減衰定数

連絡先 〒064-0926 札幌市中央区南 26 条西 11 丁目 1-1 北海学園大学工学部社会環境工学科

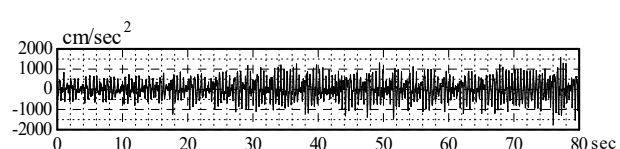


(a) B 番（幹）の振動波形

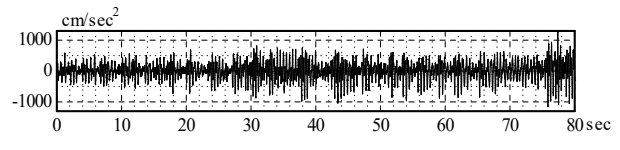


(b) 3 番（枝）の振動波形

図-2 減衰自由振動



(a) B 番（幹）の振動波形



(b) 3 番（枝）の振動波形

図-3 5Hz 強制加振

表-1 固有振動数 (Hz)

測点	1 次	2 次	3 次	測点	1 次	2 次	3 次	測点	1 次	2 次	3 次
1	0.598	1.856	--	1	0.501	1.099	1.502	1	1.880	4.834	5.090
2	0.586	1.892	--	2	0.501	1.001	1.502	2	2.100	4.089	5.981
3	0.610	1.892	--	3	0.501	1.001	--	3	2.100	4.199	4.456
4	0.574	1.953	--	4	0.501	1.001	1.502	4	2.100	4.138	--
5	0.510	1.843	2.393	5	0.501	1.001	1.514	5	2.100	4.102	4.517
6	0.574	1.904	3.357	6	0.501	1.050	1.502	6	1.880	4.199	4.456
7	0.610	1.909	--	7	0.501	1.062	1.489	7	2.100	4.199	4.456
A	0.586	1.831	--	A	0.501	1.001	1.502	A	2.100	2.417	4.199
B	0.586	1.856	--	B	0.501	1.001	1.502	B	2.100	2.417	3.906
C	0.586	1.880	2.564	C	0.501	1.001	1.489	C	2.100	2.417	3.540
D	0.586	1.856	--	D	0.501	1.001	1.489	D	2.100	2.417	3.967

(a) 減衰自由振動

(b) 0.6Hz 強制加振

(c) 5.0Hz 強制加振

表-2 減衰乗数

測点	減衰乗数(%)
1	6.088
2	7.936
3	9.080
4	7.701
5	7.250
6	8.203
7	9.612
A	10.521
B	9.422
C	9.249
D	8.145

ては非常にきれいな減衰自由振動波形となっている。幹の測点では、ほぼ同様な波形が得られたが、枝についてはやや複雑な波形で、位相が逆転しているものも観測された。図-3 は、5Hz 強制加振の際の、幹の B 番と枝の 3 番の振動波形である。この測定は、振動がある程度大きくなるまで加振し、測定開始後も同様に加振を続けた結果である。ほぼ一定の加振力を加えているにも関わらず、応答が次第に大きくなっていることが分かる。このデータから 1 軸のモーションキャプチャを作成して振動を確認したところ、幹はほとんどの時間で 1 次モードで振動しているが、時々、高次モードが卓越する時間帯があり、加速度が増大する傾向があることが見受けられた。その際に、木全体に掛かる力が増大し、折れる、あるいは倒れる可能性があるものと推定される。

表-1 は南北方向に振動させた際の、各実験ケースの固有振動数である。減衰自由振動と 0.6Hz 加振では、幹の振動に枝が引き込まれ、幹と枝の振動数にほとんど差が生じていないことが判明した。表-2 は減衰自由振動から求めた減衰定数であり、鋼や RC 構造物に比較して大きい値が得られた。ただし、減衰は振幅依存性があると考えられるため、振幅依存性を意識した実験が必要である。

3. あとがき

以上のように、本研究は、朴ノ木の振動実験を行い、その振動特性を明らかにしようとするものである。

実験結果そのものは、良いデータが得られているが、振動特性の把握が未だ不十分であり、さらに様々なデータ解析技術を用いることにより、解析モデル構築に資する結果をもたらすことが出来ると思われる。また、同様の実験を繰り返し、データの蓄積を続けることが非常に重要だと考えられることから、今後長期間に渡り、実験を繰り返す必要が認められる。