

巨礫による立木の衝撃応答 実験に関する一考察

防衛大学校 学生員 小林直行 防衛大学校 学生員 齋藤英明
防衛大学校 正 員 石川信隆 建設省土木研究所 正 員 水山高久

1. 緒 言

山岳地帯に砂防ダムを建設する場合、ダム地域内に生育している樹木（以下、立木と呼ぶ）の巨礫による衝撃抵抗力を定量的に把握できれば、これを積極的に活用することが望ましい。このような観点から著者らは先に、立木の衝撃抵抗力を定量的に把握するための第一段階として、切り出し直後の杉丸太材を単純ばりとして重錘の自由落下による衝撃載荷実験を行い、衝撃吸収エネルギーを実験的に求めた。

本研究では、さらに実際に生育している1本の立木に振子式の重錘による衝撃荷重を作用させ、立木の破壊形態および立木の最大衝撃荷重(耐力)と衝撃吸収エネルギーを実験的に求めようとしたものである。

2. 実験の概要

(1) 衝撃載荷実験装置：図-1に示すように、クレーンで吊り上げた500kgfの鋼球を立木に衝突させることにより衝撃力を与える振子式衝突載荷装置とした。鋼球と立木の衝突は、鋼球を目標の衝突速度が得られる高さまで引き上げ、鋼球の振子式落下によって行った。なお、本実験における鋼球の最大衝突速度は8m/secである。

(2) 試験体：自然に生育している杉の立木で、表-1のような諸元をもち、地表面から1.5mの高さの直径が約10cm及び約15cmの比較的まっすぐな立木2種類を用いた。衝撃時の載荷点の変位及び載荷点の3～4倍の高さの変位を測定するために、立木の枝葉は伐採した。なお、試験体の平均樹高は約10mである。

(3) 計測装置：衝撃荷重の測定は、立木側の衝突点にロードセルを針金で取り付けて行い、立木の衝突時の変位の測定は、図-1に示す位置に光学変位計を設置して行った。また、立木の生育状態を確認するために、簡易含水率測定器を用いて立木の含水率も測定した。

3. 実験結果及び考察

(1) 破壊形態：表-1に示すようにすべての実験ケースで衝突時の根の浮き上がりによって破壊が生じた(破壊形態A)。今回の実験では、幹の

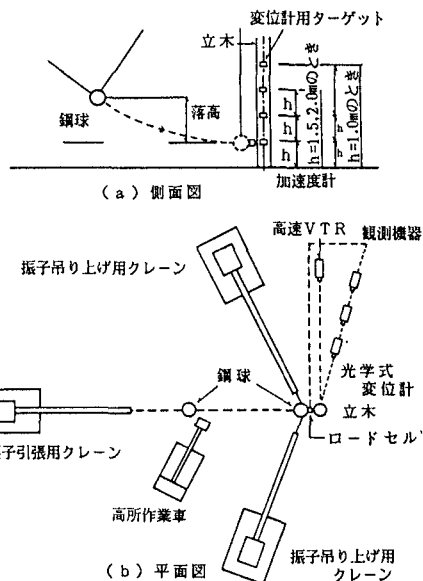


図-1 実験設備の概要

表-1 実験条件及び実験結果

実験 ケース No.	試験体 No.	樹高 φh (cm)	樹径 φb (cm)	衝突 高さ h (m)	衝突 速度 V0 (m/s)	最大 衝突 力 Pmax (tf)	最大 変位 t-max (tf)	最大 変位 t-max (cm)	最大 変位 t-max (rad)	最大 変位 t-max (tf·cm)	破壊 形態 Type
10	1	12.5	5.5	1.0	4.0	1.81	1.81	0.258	29.43	2	A
	2	14.8	17.5	1.0	6.0	0.89	0.89				A
	3	14.0	18.0	1.0	8.0	2.86	2.86	0.100	16.30	1	A
	4	12.0		1.0	10.0	1.41	1.41				A
	5	13.5	18.5	1.5	8.0	2.52	3.78	0.128	19.01	2	A
	6	11.0		2.0	8.0	2.46	4.92	0.127	24.91	2	A
15	7	14.0	15.0	1.0	6.0	1.67	1.67	0.174	21.44	1	A
	8	16.5	21.0	1.0	8.0	3.15	3.45	0.361	83.46	1	A
	9	18.5	19.0	1.5	8.0	3.02	4.53	0.140	40.44	2	A
	10	15.0	17.0	2.0	8.0	2.65	5.30	0.110	27.71	2	A
	11	14.3	19.0	2.0	8.0	2.04	4.08	0.074	12.39	2	A
	12	18.5	20.0	2.0	8.0	2.90	5.80	0.155	40.24	2	A

【注】破壊形態Aは根の浮き上がりによる破壊を示す。

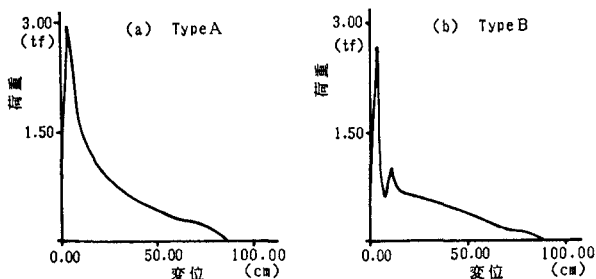


図-2 荷重～変位曲線

破断や完全に倒木するような破壊形態は生じなかった。

(2) 荷重～変位曲線：衝突点の荷重～変位曲線を、図-2(a, b)に示す。 ϕ - η 値が1つしか出ないtypeAは衝突点が高い場合に、 ϕ - η 値が2つ出るTypeBの方は、衝突点が高い場合に現われた。

(3) 根元樹径が最大衝撃荷重に与える影響：図-3は衝突速度を一定($=8\text{m/sec}$)としたときの最大衝撃荷重(P_{max})と根元樹径(ϕ_b)との関係を示したもので、同時に実施した静的引き倒し実験結果の静的最大荷重も併記した。樹径($\phi_b=16\sim 21\text{cm}$)が太くなるにしたがい、最大衝撃荷重($2\text{tf}\sim 3.5\text{tf}$)もほぼ比例的に増大していることが認められる。また静的最大荷重もほぼ同様な傾向を示すが、その大きさは最大衝撃荷重の約1/5程度であることがわかった。

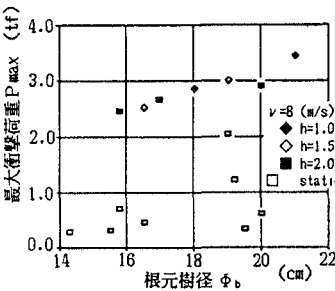


図-3 最大衝撃荷重～根元樹径

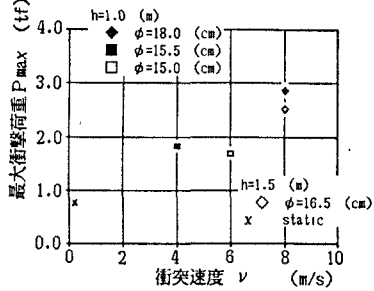


図-4 最大衝撃荷重～衝突速度

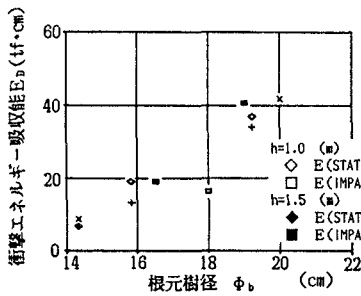


図-5 衝撃エネルギー吸収能～根元樹径

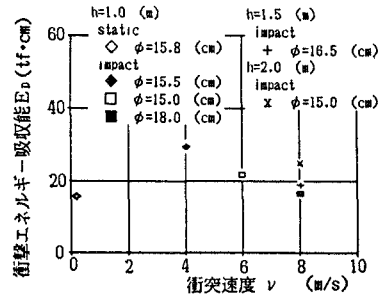


図-6 衝撃エネルギー吸収能～衝突速度

(4) 衝突速度が最大衝撃荷重に与える影響：図-4は樹径をほぼ一定としたときの最大衝撃荷重(P_{max})と衝突速度(v)との関係を示したもので、衝突速度が速くなれば当然 P_{max} は増大する傾向を示している。

(5) 根元樹径が衝撃吸収エネルギーに与える影響：図-5は衝撃吸収エネルギー(E_D)と根元樹径(ϕ_b)との関係を示したもので、樹径が太くなれば衝撃吸収エネルギーもほぼ比例的に増大していることが認められた。なお、衝撃吸収エネルギー(E_D)の算定に当たっては、図-2(b)の $P\sim\delta$ 曲線において第2 ϕ - η 荷重の70%(静的最大荷重と一致するので)まで低下したときの値を終局変位(δ_u)とみなし、これまでの $P\sim\delta_u$ 曲線の面積と定義した。

(6) 衝突速度が衝撃吸収エネルギーに与える影響：図-6は樹径をほぼ一定としたときの衝撃吸収エネルギー(E_D)と衝突速度(v)との関係を示したもので、衝突速度が速くなれば衝撃吸収エネルギーは逆に減少する傾向が認められた。これは、 ϕ - η が増すと根元の急激な浮き上がりにより、立木全体の衝撃抵抗力が小さくなるためと思われる、衝撃速度が立木の抵抗力に大きな影響を与えることがわかった。

4. 結 言

本研究の結果より、以下のことが要約される。

- ① 立木の破壊形態は、木材(幹)そのものの強度によって破壊したのではなく、根の浮き上がり(根と地盤との相互作用)によって破壊した。
- ② 樹径が太くなるに伴い、最大耐力および衝撃吸収エネルギーとも増大することが認められた。
- ③ 衝突速度が速くなるに伴い、最大耐力は上昇するが、衝撃吸収エネルギーは逆に減少する傾向を示した。

なお、本研究を行なうに当たり、大野友則氏、八千代エンジニアリング 柳松永繁氏、渡辺岳志氏、建設省土木研究所鈴木浩之氏の御指導、御協力を得たことを付記し、謝意を表します。

参考文献 1) 香月、齋藤、石川、水山: 杉材の破壊エネルギーの簡易推定式について、土木学会第42回年次学術講演会概要集, pp190～191, 昭和62年9月