

大径流木が木造耐力壁に衝突する時の衝撃力 -大径流木の運搬形態モデルとフルスケールでの基礎実験-

三重大学生物資源学部 ○内田康太・山田孝

北海道大学大学院農学研究院 丸谷知己・笠井美青・野呂智之・野坂隆幸

株式会社林組 紀太一也

1.研究目的

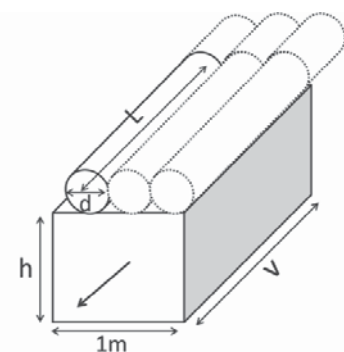
土砂災害防止法によって指定される「土砂災害特別警戒区域」,「土砂災害警戒区域」の設定には,計画対象規模の土石流の流体力で評価され,流木による家屋への衝撃力は考慮されていない。2014年に広島市で発生した土石流災害では,大径流木が木造家屋の甚大な被害を助長させているという研究結果が報告されている(吉留ら,2015)¹⁾。そこで本研究では,はじめに土石流によって運搬される大径流木の運搬形態モデルを作成した。また,原木丸太を木造耐力壁に動的載荷,衝撃載荷させる実物大の実験により,木造耐力壁の破壊・非破壊領域を判定し,衝撃応答時間の計測から大径流木の運搬形態モデルに基づいて衝撃力を試算した。

2.研究方法

吉留ら(2015)の流木調査の結果から本研究では流木の直径が 20cm 以上かつ長さが 3m 以上を「大径流木」と定義する。土石流の氾濫・堆積状況を撮影した映像(台湾桃園市,2015年)から大径流木の運搬形態を判読した。加えて 2014年8月20日に広島市安佐南区で発生した土石流の氾濫・堆積区域を撮影した斜め写真から大径流木が家屋に衝突した角度を判読した。以上の結果から土石流による大径流木の運搬形態モデルを作成し,両者の運動エネルギーの算出・比較を行った。また,原木丸太を木造耐力壁とひずみ式ロードセル(最大耐荷重 200kN(株)昭和測器)に動的載荷,衝撃載荷させる実験を行った。使用した原木丸太(杉)は直径 30cm,長さ 4m,質量 300kg である。製作した木造耐力壁(幅 182cm,長さ 290cm)は,圧縮筋かい耐力壁であり,現在の建築基準で施工される標準タイプのものである。木造耐力壁は四隅をコンクリートの上に乘せた H 鋼により固定してクレーンで釣り上げた原木丸太を動的載荷,衝撃載荷(自由落下)させた(実験 1)。自由落下高さは 0.5m,0.7m,1.0m,1.5m と段階的に変化させた。次いでマルチ入力データシステム NR-600,NR-ST04(キーエンス社)を接続したひずみゲージ式ロードセル(地面に設置)に原木丸太を自由落下により衝突させる実験(実験 2)を行って得られた波形から衝撃応答時間を判読した。そして得られた衝撃応答時間を基に大径流木運搬形態モデルにより 2014年8月に発生した広島県での土石流での大径流木の衝撃力を試算した。

3.結果と考察

映像判読と斜め写真判読より土石流により運搬される大径流木は,流れ方向に流木軸が直角または平行に流れて家屋に衝突することが多いことが分かった。図-1 に土石流により運搬される大径流木のモデル(流れ方向に流木軸が平行の場合)を示す。勾配は 2,5,12° とし,それぞれ土石流流動深を 0.5~2.5m,大径流木の直径を 0.2~1.0m,長さを 3~15m とした。モデルから土石流と大径流木の運動エネルギーを算出する際には Manning 式から求めた土石流の平均流速を流木の平均流速と等値とみなした。その結



h: 土石流の流動深 (m)	n: 流木の本数 (最大本数は1/d)
v: 土石流の平均流速 (m/s)	
d: 大径流木の直径 (m)	
L: 流木長 (m)	

図-1 作成した大径流木の運搬形態モデル

果,土石流全体の運動エネルギーに占める大径流木の単位幅あたりの運動エネルギーは,最大で 49%となった(図-2)。実験 1 では,自由落下高 0.5m(運動エネルギー: 1.47kJ)の場合には耐力壁に破壊は生じなかったが,0.7m(運動エネルギー: 2.4kJ)の場合には破壊が生じた。作成した大径流木の運搬形態モデルを基にして実験で使用した丸太 1 本の場合(図-2 の下側の条件)でその運動エネルギーを算出すると 2.1kJ,土石流全体の運動エネルギーに占める原木丸太の運動エネルギーの割合は,8%以下であったことから大径流木 1 本の場合でも家屋に被害をもたらす可能性があると考えられる。実験 2 では,荷重がかかり始めてからかかり終わるまでを「衝撃応答時間」,最大衝撃力が作用している時間を「最大衝撃応答時間」とすると,衝撃応答時間は 0.1 秒,最大衝撃応答時間は 0.02 秒であった。衝撃载荷による荷重は動的载荷によるその約 20 倍(最大値)であった。図-3 に衝撃応答時間と前述の大径流木の運搬形態モデル(1 本の場合)に基づく衝撃力の計算結果の事例を示す。大径流木 1 本,直径 0.3m,長さ 4m として衝撃応答時間と大径流木の平均流速を段階的に変化させた場合,最大で約 141kN,最小で約 2.8kN となった。実験 2 では,地面にひずみ式ロードセルを設置したため木造耐力壁に付けた場合を想定してそれと比べると衝撃応答時間は短く計測される(壁のたわみ等の影響がないため)と考えられる。ちなみに,吉留らが報告した 2014 年 8 月に広島市で発生した土石流による大径流木の衝撃力は,衝撃応答時間を 0.1 秒と仮定すると 110kN 以上であることが試算された。

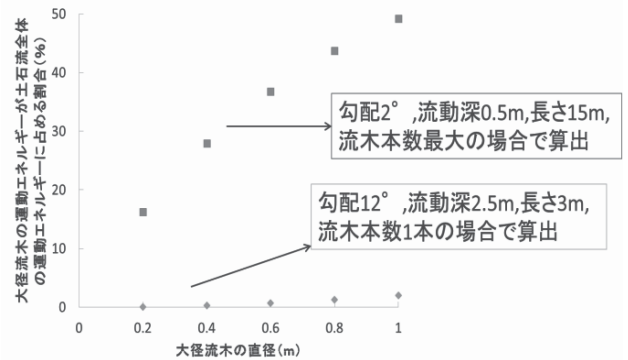


図-2 割合が最小・最大となる条件と結果

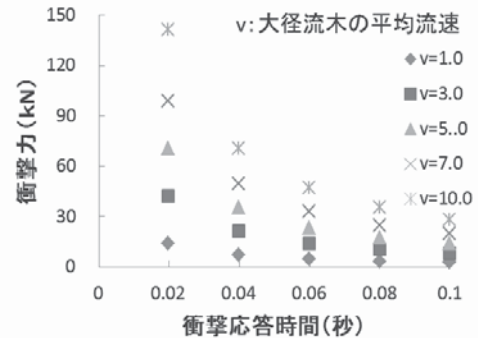


図-3 衝撃応答時間と衝撃力の関係

4.結論

本研究により以下のことが分かった。

- ①作成した大径流木の運搬形態モデルによれば,土石流全体に占める大径流木の運動エネルギーは,最大で 49%であった。
- ②木造耐力壁は丸太を 0.5m から自由落下させても破損しないが 0.7m であると破壊が生じる。よって 0.5m と 0.7m の間に破壊・非破壊の領域がある。
- ③地面に設置したロードセルに丸太を衝突させる実験から衝撃応答時間は 0.1 秒であり最大衝撃応答時間は 0.02 秒であった。
- ④大径流木の運搬形態モデルと実物大実験によって得られた衝撃応答時間を基に,2014 年 8 月に広島市安佐南区で発生した土石流による大径流木の衝撃力を算出すると 110kN 以上であることが試算された。

参考文献

- 1) 吉留慧, 山田孝, 笠井美青, 野呂智之(2015): 土石流によって流出した大径木の木造家屋への衝突 - 2014 年 8 月 20 日の広島県広島市安佐南区での事例, 平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集, B402-403
本研究の実施にあたり, 平成 27 年度国土交通省河川砂防技術研究開発制度指定課題分野「火山地域における流木を伴う山腹崩壊の発生と流動」(研究代表者: 北海道大学 丸谷知己)による助成を受けた。