熊本県荒瀬ダム撤去工事に伴う出土木の調査研究（その３　曲げ強度特性）

森林総合研究所　正会員　○加藤　英雄
高知大学　正会員　原　忠
熊本県林業研究指導所　非会員　平田　晃久
熊本県林業研究指導所　非会員　三井　幸成
高知大学　正会員　三村　佳織

１．はじめに

土木構造物に使用されている材を回収し各種調査研究ができれば、供与期間中の土木構造物の状態を推定したり、供与された材の強度特性を評価したりする上で有効である。このことは、材を回収した構造物に関する評価に単に留まらず、現在供用中である、もしくは、今後新たに建設する構造物の安全性評価に関する基礎資料として有用となると考えられる。

本報では、前々報[1)]および前報[2)]に引き続き、熊本県荒瀬ダム撤去工事に伴い出土した土木構造物に使用されていた材の曲げ強度特性について述べる。

２．供試材

熊本県荒瀬ダム撤去工事に伴い出土した土留め牛枠のうち、砂払木およびそだ木を曲げ試験に供試した。回収直前の砂払木およびそだ木は、**写真-1** に示すような状態で、そだ木の先端は円錐状だった。回収した材には、曲げ破壊と思われる破壊形態や人為的と思われる加工の痕跡が認められたことから、曲げ試験に適切な材を選別することにした（**写真-2**）。次に、選別した材から曲げ試験体を得るため、目視で健全と判断できる部分から比較的通直な形状になるようにした。そのため、円錐状の先端や回収時に既に破壊が認められた部分を除去し、最終的には材長が直径の 18 倍以上となるようにした。なお、試験に供した材は、全てスギの丸太と判断した[1)]。

写真-1　回収直前の砂払木およびそだ木の状態

写真-2　曲げ試験に供試した材
（左：砂払木、右：そだ木）

３．測定方法

作製した試験体について、縦振動法によるヤング係数、曲げ試験による曲げ強度特性、含水率および平均年輪幅の測定を行った。

縦振動法では、試験体をクッション用のスポンジを載せた脚立に静置後、片方の木口面をハンマーで打撃し固有振動数を測定した。また、式（1）により縦振動法によるヤング係数を算出した。

$$E_{fr-L} = 4\times\rho\times(fr-L)^2\times L^2 \quad （1）$$

ここで、ρ：振動測定時の試験体密度(kg/m^3)、L：材長(m)、
fr-L：1 次の固有振動数(Hz)

写真-3　曲げ試験の実施状況

曲げ試験は、4 点荷重方式の単調増加荷重とし、最大荷重のピークが確認できるまで加力した。全スパンは、両木口の平均直径の 16～19 倍、支点荷重点間距離は、両木口の平均直径の 5.4～6.4 倍とした。また、ワイヤーゲージを用いて、全スパンの中央部で試験体のたわみを測定し、曲げ強さ、見かけの曲げヤング係数を算出した。曲げ試験の実施状況を**写真-3** に示す。

含水率は、曲げ破壊試験終了後、含水率測定用試験片を切り出して全乾法により算出した。平均年輪幅は、試験体の片方の木口面において、木口の形状を円と見なし木口円周から求めた半径を完全年輪数で除して算出した。

キーワード：木材，スギ，曲げ強さ，ヤング係数
〒305-8687　茨城県つくば市松の里 1，TEL 029-829-8308，FAX 029-874-3720

表-1 砂払木およびそだ木の測定結果の概要

部材	項目	材長 (mm)	元口直径 (mm)	末口直径 (mm)	平均直径 (mm)	ρ (kg/m³)	年輪数	ARW (mm)	Efr-L (kN/mm²)	MOE (kN/mm²)	Pmax (kN)	MOR (N/mm²)	含水率 (%)
砂払木	試験体数	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	6
	最小値	2206	103	73	88	521	7	3.1	3.90	5.69	14.5	26.5	45
	平均値	2720	138	110	124	778	15	3.9	6.64	7.29	22.4	36.0	121
	最大値	3197	187	150	168	1071	23	5.2	10.55	10.40	27.8	39.8	223
	標準偏差	462	32	30	30	233	5	0.8	2.63	2.11	5.7	6.4	75
	変動係数(%)	17.0	22.9	26.8	24.6	30.0	35.3	19.4	39.6	29.0	25.6	17.7	62.3
そだ木	試験体数	28	28	28	28	28	28	28	28	23	23	23	28
	最小値	1502	81	69	78	769	11	1.2	4.52	4.80	4.8	16.4	111
	平均値	2020	104	90	97	967	23	2.1	7.86	7.35	10.2	33.5	181
	最大値	2270	134	113	123	1043	34	4.1	10.85	9.28	17.4	55.0	243
	標準偏差	247	14	12	12	59	6	0.7	1.56	1.34	3.4	9.7	38
	変動係数(%)	12.2	13.2	13.0	12.9	6.1	26.3	31.2	19.9	18.2	33.5	29.0	20.8

【凡例】 ρ :試験時の密度 MOE :見かけの曲げヤング係数
ARW :平均年輪幅 Pmax :最大荷重
Efr-L :縦振動法によるヤング係数 MOR :曲げ強さ

4. 実験結果

表-1 に部材別の試験結果の概要を示す。砂払木とそだ木の測定項目をノンパラメトリック検定（順位和）で比較すると、平均直径（p=0.0301）および平均年輪幅（p=0.0005）は砂払木の方が有意に大きかったが、含水率（p=0.0708）および縦振動法によるヤング係数（p=0.2402）には差はなかった。このことは、原木の元口側から直径が大きく比較的長く採材できる部分を合掌木や砂払木などの長尺材とし、残る梢側は直径が小さく採材長さが比較的短くても使用できるそだ木にするなどして、断面や長さの異なる形状の材を 1 本の原木から採材したのではないかと考えられる。

図-1 に縦振動法によるヤング係数と見かけのヤング係数との関係を示す。縦振動法によるヤング係数と見かけの曲げヤング係数との間には、正の相関が認められた。また、試験した材の含水率の最小値は 45%だったことから、全ての材は繊維飽和点以上だったといえる。以上のことから、繊維飽和点以上のスギ丸太の見かけの曲げヤング係数は、縦振動法によるヤング係数から推定できる可能性がある。

図-2 に見かけの曲げヤング係数と曲げ強さとの関係を示す。見かけの曲げヤング係数と曲げ強さとの間には、正の相関が認められた。

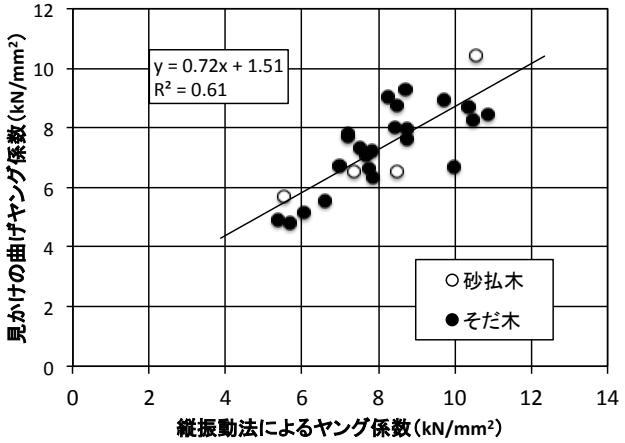

図-1 縦振動法によるヤング係数と見かけの曲げヤング係数との関係

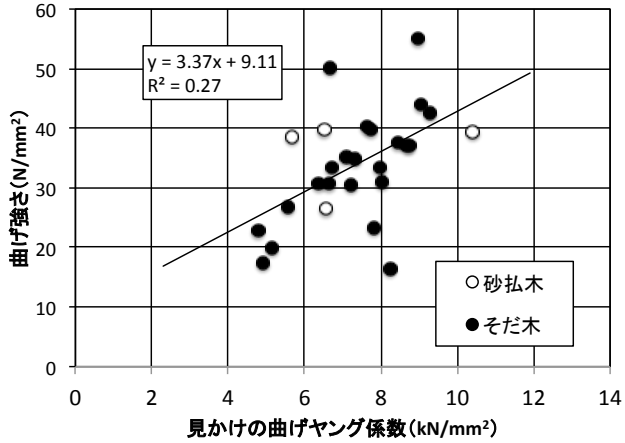

図-2 見かけの曲げヤング係数と曲げ強度との関係

5. まとめ

今回の結果を以下にまとめる。

1) 断面や長さの異なる形状の材を 1 本の原木から採材した可能性があると考えられる。
2) 繊維飽和点以上のスギ丸太の見かけの曲げヤング係数は、縦振動法によるヤング係数から推定できる可能性がある。
3) 繊維飽和点以上のスギ丸太の見かけの曲げヤング係数と曲げ強さとの間に、正の相関が認められた。

謝辞

本実験を行うにあたり、熊本県企業局総務局経営課荒瀬ダム撤去室の堀内眞二氏、村上昭太郎氏、株式会社フジタの桑本卓氏他荒瀬ダム撤去工事関係各位、高知大学地盤防災学研究室の小林かなほ氏の協力を得ました。ここに記して、深謝の意を表します。

参考文献

1) 原忠,三村佳織,加藤英雄,平田晃久,三井幸成：熊本県荒瀬ダム撤去工事に伴う出土木の調査研究（その 1 調査地点の概要と健全度評価），第 70 回年次学術講演会講演概要集，2015.（投稿中）2) 三村佳織,原忠,加藤英雄,平田晃久,三井幸成：熊本県荒瀬ダム撤去工事に伴う出土木の調査研究（その 2 縦圧縮強度特性），第 70 回年次学術講演会講演概要集，2015.（投稿中）