

### - 3 信頼性設計のための木質材料・部材の強度性能評価に関する基礎的研究 荷重継続期間影響係数の検討

#### Evaluation of Strength Performance of Wood for Reliability-based Design -DOL Adjustment Factors -

(研究期間 平成 16~17 年度)

材料研究グループ

山口修由

中島史郎

Dept. of Building Materials and Components

Nobuyoshi Yamaguchi

Shiro Nakajima

Structural design methods of buildings are shifted to limit state design method or reliability-based design method in the developed countries. Database and design tools for reliability-based design of timber structures are not sufficient in Japan. In order to evaluate DOL (Duration of Load) factors of Japanese wood for reliability-based design, long-term bending test using Sugi LVL small specimens for DOL was executed. Test results are compared to Madison Curves, log approximation and damage accumulation model for DOL adjustment factors. Results obtained from these tests until now are confirmed to agree with Madison curves and log approximation.

**【研究目的及び経過】** 建築物の構造設計手法は、先進諸国を中心に、限界状態設計法(LSD, Limit State Design)に移行しつつある。我が国においては、日本建築学会において限界状態設計法についての検討が行われてきているが、木造建築物に対して信頼性をベースとした限界状態設計を行うための基盤(データ、設計ツール等)が必ずしも整備されていないのが現状である。

木造建築物に対する信頼性をベースとした限界状態設計を行うために、特にデータが不足している国産材の荷重継続期間影響係数に関するデータの収集を行い、既存の荷重継続期間影響係数の妥当性を検討することを、本研究の目的とする。

#### **【研究内容】**

(1)試験体 試験体には、代表的な国産材としてスギを使用した。スギの製材は、等級区分された材料の流通が少ないため、製材の代わりに、スギ LVL (25 × 25 ×



写真 1, 長期曲げ試験装置

510, JAS 2 級、60E-160F、35V-30H、平均比重 0.415、

平均含水率(水分計) 8.5%)を試験体に使用した。なお、試験体は、恒温恒湿(20℃、RH65%)の環境に3ヶ月以上養生した後に、実験に使用した。曲げ試験における加力方向は、単板と平行方向とした。

(2)ランプ曲げ試験方法 長期曲げ試験で、設定した応力比(長期曲げ試験時の応力/ランプ曲げ試験から得られた平均最大応力度)に対応した試験用荷重を定めるために、20℃の環境でランプ荷重による小試験体の曲げ強度試験を実施した。曲げスパンは 456mm で、3等分点曲げ試験とした。曲げスパン/材高は、18.24 である。加力速度は 1mm/min とし、最大荷重に達するまでの時間は、おおむね 10~15 分であった。試験体数は 24 である。測定項目は、荷重 1 点と加力点および材中央の変形 3 点とした。試験体のサンプル方法は、試験体の比重分布に併せて、ランダムにサンプルした。

(3)長期曲げ試験方法 小試験体の長期曲げ試験を実施するために、Madsen<sup>1)</sup>の試験装置を参考に、連装式の曲げ試験装置を作成し、ランプ曲げ試験と同様に、曲げスパン 456mm の 3 等分点曲げ試験を実施した。試験環境は、恒温恒湿(20℃、RH65%)とした。応力比は、0.9、0.8、0.7、0.6 とした。測定は、材中央の変形 1 点とした。試験体のサンプル方法は、ランプ曲げ試験時と同様である。

#### **【研究結果】**

(1)ランプ曲げ試験結果 24 体の試験結果によると、最大荷重時の平均応力度は 42.3 N/mm<sup>2</sup> で変動係数は 0.1238、最小応力度は 30.46 N/mm<sup>2</sup>、最大応力度は 52.93 N/mm<sup>2</sup> であった。

(2)長期曲げ試験の結果 応力比 0.9 (15 体) と 0.8 (7 体) が終了し、0.7 が 5 体 (計 27 体) 終了した段階の結果を表 1 に示す。なお、表 1 中で Time 欄を 0 とした試験体は、設定荷重までの载荷途中で、試験体が曲げ破壊が生じたことを示す。

(3)対数近似との比較 現在までに得られた結果のうち、载荷中に破壊した場合を除く 20 体の、破壊までの時間と応力比(0.9, 0.8, 0.7)の関係を図 1 に示す。図 1 中には、これらのデータの対数近似式を示す。近似式から計算した荷重継続時間の強度調整係数 K2 (長期と短期の比) は、1/1.57 であった。この場合、長期は 50 年、短期は 10 分とした。木質構造設計規準等では、長期と短期の比は 1/1.818 である。

(4)Madison Curve<sup>2)</sup>との比較 図 2 に破壊までの時間と応力比の關係に併せて、対数近似 (木質構造設計規準等) と、1 式に示す Madison Curve を比較して示す。各応力比における破壊までの時間の平均値は、対数近似および Madison Curve の近傍に位置しており、現在まで実験結果と、対数近似および Madison Curve との關係は、比較的同様な傾向を示している。

$$SL = \frac{108.4}{T^{0.04635}} + 18.3 \quad 1 \text{ 式}$$

(5)ダメージ損傷理論との比較 図 2 に、ダメージ損傷理論 3)を示す 2 式を用いて計算した、破壊までの時間 応力比曲線を示す。

$$Ts = \frac{1}{\lambda} \ln \left[ 1 + \frac{\lambda}{a(\sigma - \sigma_0)^b} \right] \quad 2 \text{ 式}$$

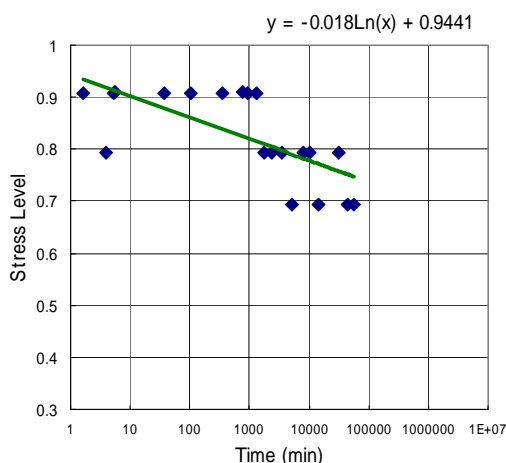


図 1 , 破壊までの時間と応力比の關係  
(対数近似式との比較)

この計算では、中村の計算例に閾値 0.1 および 0.2 を併用した場合の結果を示す。

現在までに得られた結果をまとめると、実験結果は対数近似や Madison Curve と比較的良い一致を示していた。

[参考文献]

- 1) Borg Madsen, "Structural Behavior of Timber", Timber Engineering LTD. 1992
- 2) Lyman W. Wood, "Relation of Strength of Wood to Duration of Load", Report No. 1916, Forest Products Laboratory, Forest Service, United States Department of Agriculture, Dec. 1951
- 3) 中村 昇, 「Duration of Load Effect (2) -ダメージ累積理論-」, Journal of Timber Engineering, Vol.18, No.5, No.67, 木質構造研究会, 2005.9

表 1 , 長期曲げ試験結果

SL	Time (hour)	Average Time (hour)
0.9	0	3.87
	0	
	0	
	0	
	0	
	0	
	0.03	
	0.09	
	0.09	
	0.63	
0.8	1.76	135.61
	5.88	
	12.85	
	15.31	
	21.48	
	0.06	
	28.80	
0.7	40.07	396.95
	59.25	
	135.96	
	172.09	
	513.02	
	0	
86.84		
235.80		
734.22		
927.89		

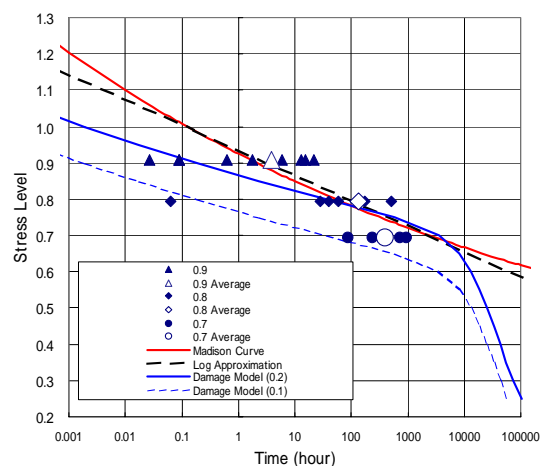


図 2 , 破壊までの時間と応力比の關係  
(Madison Curve とダメージ損傷理論との比較)