

合板の面内せん断疲労特性に及ぼす負荷周波数の影響 -力学特性-

名古屋大学[院] ○杉本貴紀 名古屋大学[院] 佐々木康寿

Effect of Load Frequency on the Fatigue of Plywood under Shear Load through Thickness -Mechanical Properties-

Takanori SUGIMOTO and Yasutoshi SASAKI

1 緒言

構造用木質パネルは、耐力壁・複合梁などに用いられ、使用中に風圧・地震による面内せん断力を繰り返し受ける。一方、木質パネルの面内せん断疲労はこれまでのところほとんど考慮されていない。しかしながら、耐力壁における枠材・パネル接合部の高性能化や、木質構造の長寿命化を背景として、その重要性が高まりつつあると考えられる。そこで我々は、木質パネルの面内せん断疲労に関する一連の研究を行っている^{1), 2)}。本報では、風圧・地震力の不規則性を考慮して、その一要素である負荷周波数が木質パネルの面内せん断疲労特性に及ぼす影響を検討した。

2 実験方法

2.1 試験体 供試パネルには、市販の公称厚さ 9 mm のラジアータパイン構造用合板 (JAS 特類 2 級) を用いた。供試パネルから、試験体短辺方向を表層単板の繊維方向と一致させ、寸法 350 mm × 240 mm の試験体を裁断した。裁断した試験体長辺の表裏に計 4 枚の重硬木をレゾルシノール樹脂接着剤で貼り付け、補強した。その後、治具固定のためのボルト孔 (計 14 箇所) をあけた (Fig. 1 (a))

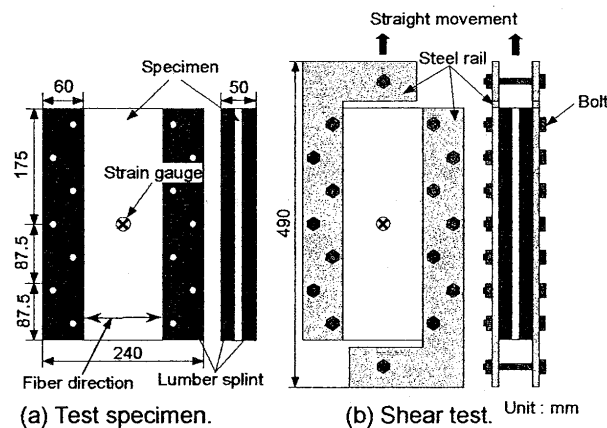


Fig. 1. Schematic illustrations of test specimen and shear test.

2.2 実験方法 実験には、電気油圧サーボ式疲労試験機を用い、“ASTM D 2719 Method C; Two Rail Shear Test for Larger Specimens” (TRS 法) に準じて行った。作製した試験体長辺を幅 60 mm の L 型スチールレール対で挟み、片側 7 本、計 14 本のボルトで固定して、これを介してせん断力を負荷させた (Fig. 1 (b))。疲労試験では、負荷周波数を 0.5, 5 Hz とし、木質パネルの面内せん断

疲労特性の周波数依存性を検討した。負荷波形には三角波・片振り引張を採用した。応力レベルは、静的試験から得られたせん断強さ (5.16 ± 0.35 MPa) を基準として、その値の 50, 70, 90 % の 3 段階を設定した。試験体中央部に貼付した 2 軸ひずみゲージを用いてせん断ひずみを検出し、同時にアクチュエータの動きも計測した。

3 結果・考察

3.1 S-N 関係 S-N 関係を Fig. 2 に示す。5 Hz の疲労寿命は、応力レベルが高いほど 0.5 Hz の場合よりも長くなる傾向を示した。既往の研究においても、周波数が高いと疲労寿命が長くなるという結果が報告されている^{3), 4)}。しかしながら、素材の引張・圧縮疲労に関する研究³⁾では、応力レベルに依らず周波数の影響が同程度であった。一方、チップボードの曲げ疲労では応力レベルが低いほど周波数の影響が強く現れたと報告されている⁴⁾。これらの結果は、材料・荷様式によって周波数の影響の応力レベル依存性が異なることを示唆している。

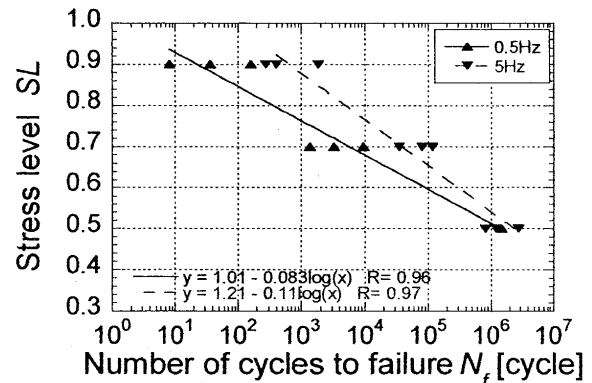


Fig. 2. S-N relationships.

3.2 せん断剛性 せん断剛性の経時変化を Fig. 3 に示す。いずれの周波数においても、せん断剛性は、1-2 回目の負荷でやや大きく低下した後、疲労の進行とともに徐々に低下し、破壊直前に顕著に低下する傾向を示した。2 回目の負荷以降の、せん断剛性が徐々に低下する期間に注目し、この期間を直線回帰してせん断剛性の低下率 (= 傾きの絶対値) を評価した (Table. 1)。せん断剛性の低下率は、周波数に依らず、応力レベルが高いほど大きい傾向を示した。また、応力レベル 0.9, 0.7 では、0.5 Hz の場合に比べて 5 Hz の場合の方がせん断剛性の低下率が小さい傾向がみられた。

3.3 せん断ひずみ 残留せん断ひずみの経時変化を Fig. 4 に示す. 残留ひずみは、1-2 回目の負荷でやや大きく増加した後、負荷回数とともに一定の割合で増加し、疲労破壊時には非常に大きな値になった。ここで、2 回目の負荷以降の、残留ひずみが徐々に増加する期間を直線回帰して、残留ひずみの増加率 (=傾きの絶対値) を評価した (Table. 1)。残留ひずみの増加率は、負荷周波数に依らず、応力レベルが高いほど大きい傾向を示した。また、5Hz の場合における残留ひずみの増加率は、0.5Hz の場合に比べて小さく、応力レベルが高いほどその差が大きくなる傾向を示した。さらに、それぞれの試験体について、疲労寿命 (N_f) の対数値の 20, 80% の段階における残留ひずみを評価した (Fig. 5)。いずれの段階においても、5Hz の場合の残留ひずみは 0.5Hz の場合に比べて小さい傾向を示した。これらのことから、0.5Hz の場合と比較して、5Hz の場合には損傷の進展が高応力レベルほど緩やかであるだけでなく、せん断負荷によって試験体に与えられる損傷そのものも小さいために、疲労寿命が長くなったものと考えられる。

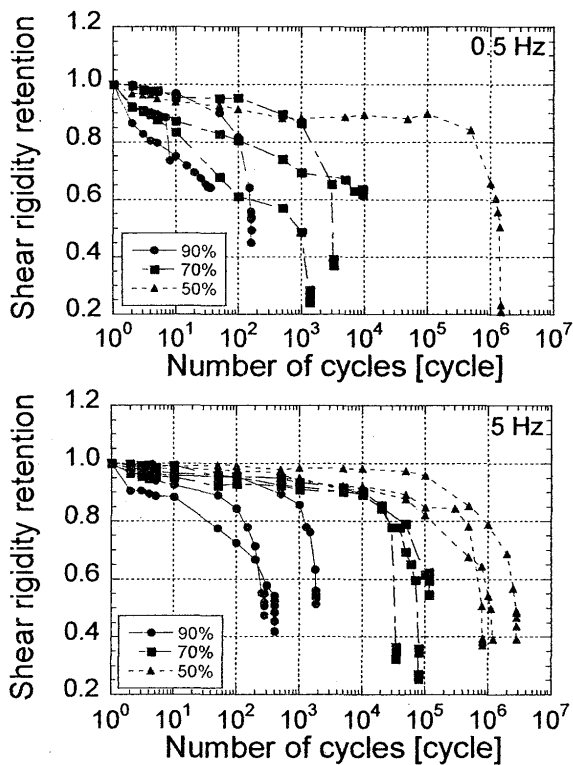


Fig. 3. Change of shear rigidity retention. Upper: 0.5 Hz, Lower: 5 Hz.

Table. 1. Rate of change in several mechanical parameters.

	SL	0.5 Hz	5 Hz
Reduction rate of shear rigidity retention [1/log cycle]	0.9	0.082 ± 0.064 (3)	0.031 ± 0.023 (3)
	0.7	0.087 ± 0.076 (3)	0.019 ± 0.012 (3)
	0.5	0.011 (1)	0.015 ± 0.011 (3)
Increase rate of residual strain [$\times 10^{-6}$ /log cycle]	0.9	1872 ± 1509 (3)	290 ± 151 (3)
	0.7	923 ± 753 (3)	107 ± 62 (3)
	0.5	203 (1)	129 ± 12 (3)

Values listed are Mean ± S.D.; Numbers in parentheses are number of test specimens.

4 結 言

構造用合板の面内せん断疲労に関して、負荷周波数が合板の力学特性に及ぼす影響を検討した。それにより、周波数が高いほど、疲労寿命が長くなることが明らかとなった。せん断剛性の低下や残留ひずみの増加は、高周波数ほど緩慢であり、合板が受ける損傷が小さくなることが示唆された。また、負荷周波数の影響は高応力レベルほど顕著に現れた。

参 考 文 献

- 1) 佐々木康寿, 安藤勝幸, 山崎真理子, 伊藤隆之, 鈴木滋彦, 材料, **52**, 827 (2003).
- 2) 杉本貴紀, 山崎真理子, 佐々木康寿, 日本材料学会第 53 期学術講演会講演論文集, 303 (2004).
- 3) T. Okuyama, A. Ito, and S.N. Marsoem, Mokuzai Gakkaishi, **30**, 791 (1984).
- 4) R.J.H. Thompson, P.W. Bonfield, J. M. Dinwoodie, and M. P. Ansell, Wood Sci. Technol., **30**, 293 (1996)

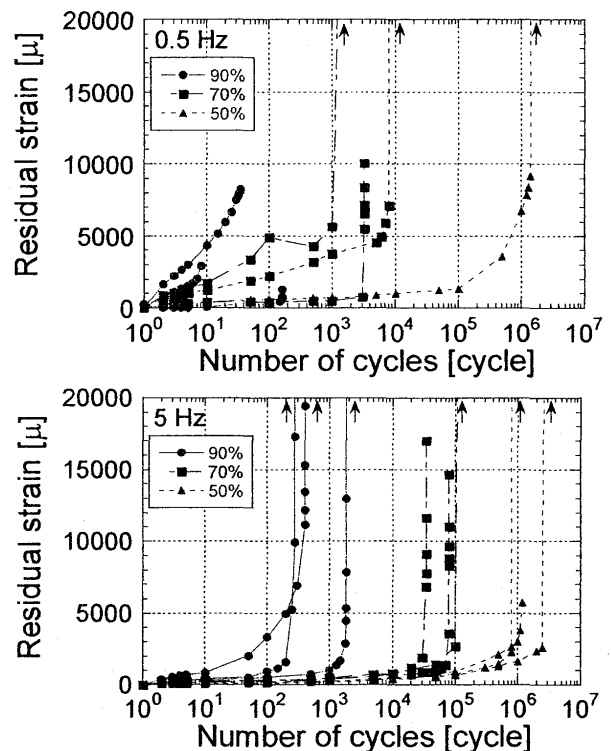


Fig. 4. Change of residual strain. Upper: 0.5 Hz, Lower: 5 Hz.

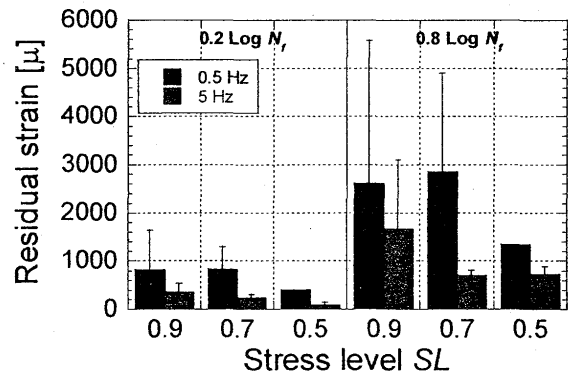


Fig. 5. Residual strain at several fatigue stages.