

内在繊維が木材およびセメント系硬化体の曲げ疲労特性に及ぼす影響

立命館大学大学院 学生会員 ○志村 彩 湊 翔太

常盤工業 (株) 市川 浩透, 太平洋セメント (株) 正 会 員 河野 克哉

立命館大学理工学部 フェロー 岡本 享久

1. はじめに

本研究では、古材が持つ力学的特性を新材と比較して明らかにすることを目的とした。すなわち、構造物解体で発生した古材を梁や柱といった構造部材として再利用するために、静的および動的（疲労）曲げ試験から必要な強度が確保されているか判断した。木材は繊維質の異方性・不均質・天然材料であるため、繊維を含む等方性・均質・人工材料として超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）を比較対象に用いて考察を行った。

2. 研究概要

静的および動的曲げ試験には、島津製作所製の疲労試験機サーボパルス 4830 を用いた。木材試験体には、一般的な構造物材料である「スギ」を選定した。古材は、天竜杉で有名な静岡県浜松市の解体材置き場から採取した。UFC の種類は、UFC には、φ0.1mm、長さ 15mm の鋼繊維を用いた。繊維量、

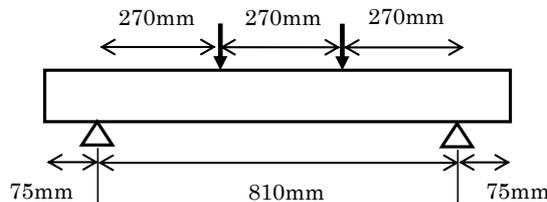


図1 試験体詳細

配向性の影響を確認するために各々の方法で供試体を作製した。UFC 試験体は、【1】繊維を UFC 体積の 2%混入した「FM2」（Fiber Metal 2%），【2】繊維を UFC 体積の 1%混入した「FM1」（Fiber Metal 1%），【3】繊維を UFC 体積の 2%混入し、内部の繊維を垂直方向に立たせて配向性を施した「配向あり」，【4】繊維を混入しない「NF」（Non Fiber）の 4 種類を用いた。疲労試験では繊維の配向性に着目するため、【1】と【3】のみを用いる。試験方法を図 2 に示す。試験体寸法は木材と UFC、また静的および動的曲げ試験で共通（80×80×960mm）である。

3. 静的曲げ試験

- (1) 方法：試験はピストン変位制御で行い、負荷速度は 0.035mm/sec、到達値は 30mm に設定した。見かけの曲げヤング係数を用いて木材の曲げ強度を推定した。
- (2) 結果：図 2 に曲げ試験の結果を示す。曲げ強度は古材>新材>FM2>FM1>配向あり>NF の順に大きかった。
- (3) 考察：繊維は多いほど、また載荷方向に平行に配向されているほど曲げ強度が大きくなった。従来の研究¹⁾より、見かけの曲げヤング係数が曲げ強度に寄与していると指摘されている。見かけの曲げヤング係数とは、試験体を 1mm たわませるために荷重が何 kN 必要かを表す指標である。図 3 より、古材、新材の両方で高い相関が得られたことから、見かけの曲げヤング係数は曲げ強度に大きく影響した。

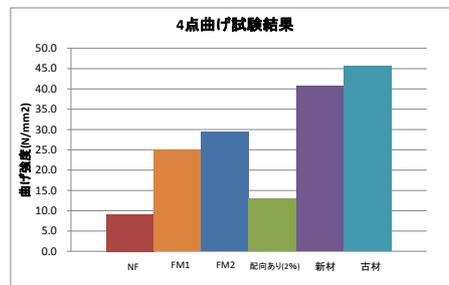


図2 曲げ試験結果

4. 動的曲げ試験（疲労試験）

- (1) 方法：図 4 に示す手順で実験を進めた。応力比は、下限応力比を曲げ強度の 0.1 倍で統一し、上限応力比は曲げ強度の 0.7 倍、0.8 倍、0.85 倍の 3 水準とした。試験条件として、ピストンの周波数は 3Hz で、破断は試験体の中央たわみが 35mm となるときと設定した。

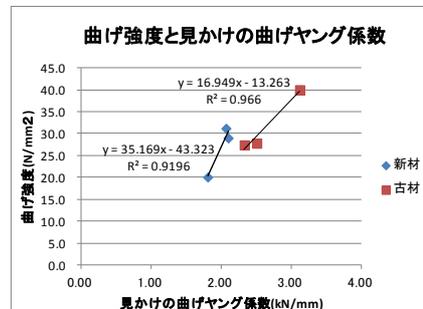


図3 曲げ強度と見かけの曲げヤング係数



図4 疲労試験手順

キーワード 繊維, 配向性, 疲労強度, スギ, UFC, 古材

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1 立命館大学イーストウィング 2 階 環境材料研究室 077-561-2617

(2) 結果：疲労試験の結果を表1に示す。木材は同一応力比でも疲労寿命にばらつきがあった。

(3) 考察：木材について各試験体の

表1 疲労試験の結果(応力比と疲労寿命)

	疲労寿命	下限応力	上限応力		疲労寿命	下限応力	上限応力
古材1	356400	0.1	0.7	新材1	82654	0.1	0.7
古材2	1002345	0.1	0.7	新材2	457487	0.1	0.7
古材3	286460	0.1	0.7	新材3	1822453	0.1	0.7
古材4	125413	0.1	0.8	新材4	18580	0.1	0.7
古材5	556168	0.1	0.8	新材5	703871	0.1	0.8
古材6	195832	0.1	0.8	新材6	305213	0.1	0.8
古材7	274	0.1	0.8	新材7	101039	0.1	0.8
古材8	140809	0.1	0.85	新材8	211	0.1	0.8
古材9	75612	0.1	0.85	新材9	2479	0.1	0.85
古材10	124410	0.1	0.85	新材10	181539	0.1	0.85
古材11	138	0.1	0.85	新材11	27988	0.1	0.85
古材12	40	0.1	0.85				
	疲労寿命	下限応力	上限応力		疲労寿命	下限応力	上限応力
FM2_1	485682	0.1	0.7	配向あり1	94956	0.1	0.7
FM2_2	948458	0.1	0.7	配向あり2	80881	0.1	0.7
FM2_3	1037	0.1	0.8	配向あり3	1278	0.1	0.8
FM2_4	13276	0.1	0.8	配向あり4	5368	0.1	0.8
FM2_5	166	0.1	0.85	配向あり5	2447	0.1	0.85
FM2_6	29	0.1	0.85	配向あり6	-	0.1	0.85

応力比と疲労寿命から S-N 曲線を作成し、図の整合性を確認するために、応力比 1.0 のサイクル数 1 を出発点として補正 S-N 曲線をまとめた(図 5)。補正した S-N 曲線の対数近似曲線式と R² 値がほぼ同等であった。よって、古材と新材は同等の疲労性状を有しており、古材の疲労はほぼ進展しておらず、古材も新材と同じように構造材として利用可能であると言える。応力比と疲労寿命の相関性の有無を明らかとするため、無相関の検定を行った。

結果は表 2 に示した通りである。木材において除外したのは、他に比べて明らかに疲労寿命が短かったと思われる表 1 の網掛け部の試験体である。

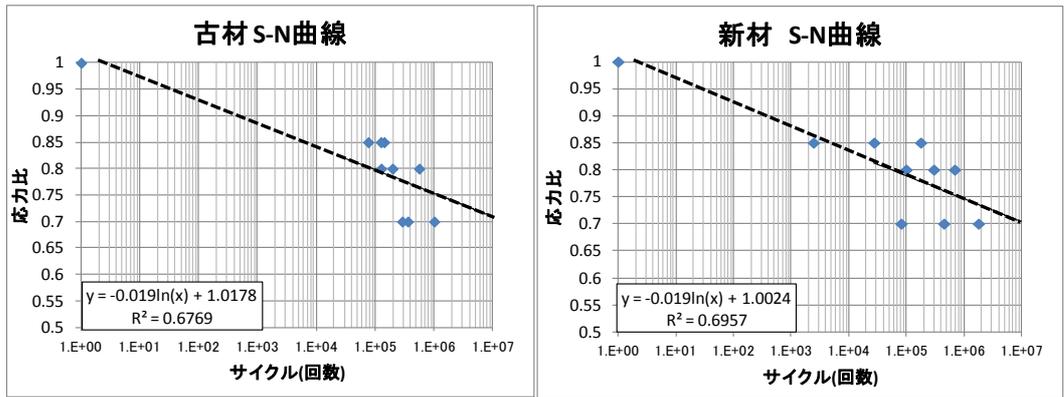


図 5 S-N 曲線(補正後)

P<0.05 のとき、帰無仮説を棄却できることから、UFC2 種と、古材の除外なしで応力比と疲労寿命に相関性があるといえる。古材ではデータの標本数が増加すると P 値が小さくなり、新材では標本数の増加とともに P 値も大きくなった。これは、古材と新材の乾燥状態、あるいは含水率の違いが影響していると考えられる。

表 2 疲労試験の検定結果

	古材	新材	FM2	配向あり
相関係数(除外あり)	-0.63407	-0.53815	-	-
P値(除外あり)	0.066667	0.135012	-	-
相関係数(除外なし)	0.6817	0.409975	-0.88071	-0.94625
P値(除外なし)	0.014623	0.210463	0.020498	0.004256

5. おわりに

本研究の範囲で以下のことが言える。

- (1) UFC と比較して木材は曲げ強度が大きい。
- (2) 古材は新材と同等の静的および動的曲げ耐力を有し、構造部材として再利用可能である。
- (3) 新材は試験体数を増加させてもばらつきが大きく、古材はばらつきが少なくなり安定した力学的特性が得られた。

【参考文献】

- 1) 松尾真希：古民家の価値の明確化と官能試験による外観評価，立命館大学卒業論文，2009年，p.18-27
- 2) 岡田清，明石外世樹，神山一，児玉武三：土木材料学，国民科学者 p.23-24, 27-28, p.32-48