

1 背景および目的

愛媛県は人口減少率が全国 11 位であり、県民の 35.93% が 65 歳以上の高齢者である。これらの問題から愛媛県の林業は少しずつ衰退していき、後継者不足や技術継承が困難といった課題を抱えている。

愛媛県の林業の現状として、県土面積の 17.5%(約 10 万 ha) が桧であり、桧の生産量は毎年約 18 万 m^3 で平成 19 年から平成 22 年までの 4 年間生産量全国 1 位となった。

その一方で、平成 25 年に国税庁が発表した「民間給与実態統計調査」では林業は他産業に比べ約 110 万円給与が低いことがわかった。この問題から林業労働者は毎年少しずつ減少し、従事者の高齢化にも悩まされている。

また、人口減少と少子高齢化による問題は林業だけではない。令和 3 年 12 月にスポーツ庁が掲載した「令和 3 年度全国体力・運動能力・運動習慣等調査」では男女ともに年々運動能力が低下していることがわかった。

本卒論では積層材を用いたバランスバイクのための、材料評価、設計をおこなう。手段として愛媛県が取り組んでいる自転車新文化推進に関する計画をヒントにし、桧を中心に愛媛県産の間伐材と伝統技術を応用した木製マルチバイクを製作する。製作には積層構造を利用し、木材の柔軟性を取り入れ、乗り心地の良いフレームを目指して製作をおこなう。

2 マルチバイクについて

木製バランスバイクは既に商品化されていることもあり、オリジナルの形状や機構が要である。そこで容易にキックスケーターへと変換できる機構とする。

1 つの乗り物で 2 つの形（バランスバイク・キックスケーター）に変換できる機構をマルチバイクと名付け製作を行う。

Fig. 1 にマルチバイクの構想図を示す。



Fig.1 マルチバイクの構想図

1 の背景より小学校に入学する前の幼児を対象に製作を行う。

Table 1 に設計に必要な対象児の身体寸法の平均的な大きさを示す。

Table 1 対象児童の身体寸法

対象年齢 (歳)	身長 (cm)	腕の長さ (cm)	股下 (cm)	体重 (kg)
5~6	110	50	50	20

次に Table 1 から導き出したバランスバイクの寸法を Table 2 に示す。

Table 2 バランスバイクの寸法

バランスバイクの全長 (cm)	サドルまでの高さ (cm)
105	45

3 接着剤の選定

積層材作製の際に用いる接着剤の接着力を評価するためにせん断試験を行った。せん断試験には最大容量 500N の AND 社製ねじ式万能試験機 MCT-2150 を使用し、試験片の両端を挟んでクロスヘッド速度 10mm/min で引っ張る。

試験片は長さ 60mm、幅 5mm、厚さ 2mm の桧の板を使用し、入手のしやすさからセメダイン株式会社の木工用ボンドを選択した。板同士を 50mm 2 で接着し、24 時間加圧力をかけて乾燥後、せん断試験を行った。

実験に使用した試験片の形状を Fig.2 に示す。

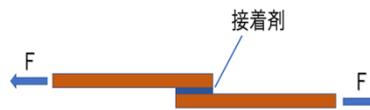


Fig.2 試験片の寸法及び

接着の際の圧力は 40KPa、80KPa、120 KPa に分ける。試験結果を Fig.3 及び Table 3 に示す。

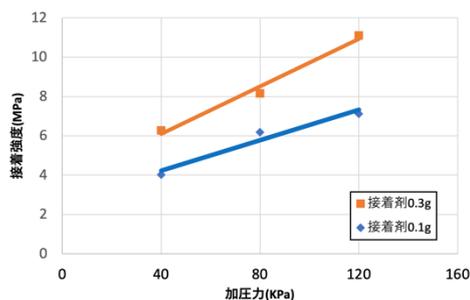


Fig.3 せん断試験結果

Table 3 せん断試験結果

		加圧力(KPa)		
		39.58	79.16	118.74
接着強度 (MPa)	接着剤 (0.1g)	4.03	6.19	7.12
	接着剤 (0.3g)	6.28	8.17	11.11

Fig.3 より、接着剤を増やし加圧力を大きくすることで接着力が増すことがわかった。

4 積層材の強度評価

フレーム作製では 5mm の薄板を使用して積層材を作製するため、積層材の耐久性や特性を理解するために 3 点曲げ試験を行った。

実験に使用した木材は、5mm 板を接着面が荷重方向に対して垂直方向に張り合わせた横積層材、それを 90 度回転させた縦積層材で曲げ試験を行う。

試験片の寸法を Table 4 に示す。

Table 4 試験片の寸法

寸法(mm)	長さ	幅	高さ
桧横積層	270	19	20
桧縦積層	270	20	20
桧無垢材	600	27	27

実験には最大容量 100kN の INSTRON 社製電気油圧サーボ式万能試験機 8516 を用いる。

実験手順は負荷速度 1mm/min、スパン長さ 250mm で 3 点曲げ変形を行い、キ裂が入ると試験終了とする。

横軸をひずみ、縦軸を応力として異なる積層方向の 3 点曲げ応力-ひずみ線図を Fig.4 に示す。

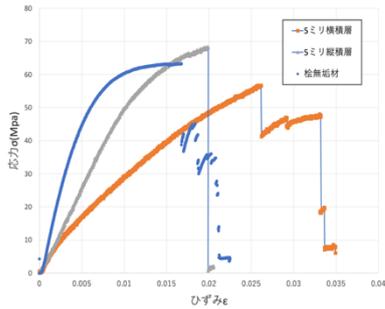


Fig.4 3 点曲げ応力-ひずみ線図

同図より求めた異なる積層方向の曲げ強さとヤング率を Table 5 に示す。ヤング率は弾性範囲が狭い材料があるため応力 0MPa から 10MPa を直線とみなし算出した。

Table 5 異なる積層方向の曲げ強さとヤング率

	縦積層材	横積層材
曲げ強さ (MPa)	69.1	56.7
ヤング率 (GPa)	11.42	5.61

Fig.4 から縦積層材はき裂後すぐに破断しているが、横積層材はき裂後徐々に破断に至ることがわかった。またヤング率が最も小さいことから、木のたわみを乗り心地の良さや推進力に変えられるのではないかと仮定した。よって本卒論では横積層材を用いてフレーム設計をするものとする。

5 フレーム設計

横積層材の曲げ強さとヤング率を用いて、200mm の高さから飛び乗った際の安全率が 1 を下回らないようにフレームをモデル化し、理論計算をおこなった。

計算に使った値を Table 6 に、モデル化フレームを Fig. に、計算式を以下に示す。

Table 6 理論計算で使った値

はりの長さ(フレーム全長)	$l=700\text{mm}$
断面形状	$b=60\text{mm}$ $h=60\text{mm}$
落下体の質量(子供の体重)	$m=20\text{kg}$
高さ	$H=200\text{mm}$
横積層ヤング率	$E=5.61\text{GPa}$

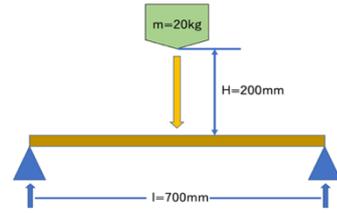


Fig.5 モデル化フレーム

$$\delta_0 = \frac{ml^3}{48EI} \quad \sigma_0 = 12 \frac{EI}{Z} \cdot \frac{\delta_0}{l^2} \quad \delta = \delta_0 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_0}} \right) \quad \sigma = 12 \frac{EI}{Z} \cdot \frac{\sigma}{l^2}$$

それぞれの計算結果を Table 7 に示す。

Table 7 フレーム強度計算結果

静かに乗った場合	変位 δ_0 (mm)	0.24
	応力 σ_0 (MPa)	0.97
200mm の高さから飛び乗った場合	変位 δ (mm)	9.95
	応力 σ (MPa)	41.0

Solid Works を用いて設計したフレームに 20kg の子供が乗った際の応力解析を Fig.6 及び Fig.7 に示す。

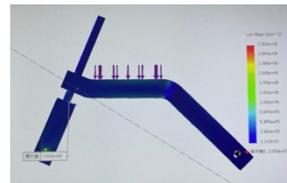


Fig.6 バランスバイク



Fig.7 キックボード

6 フレーム加工

フレームで使用する薄板を 3 日間水に浸け、作製した木型にはめ込み、木工用ボンドを塗布する。

木工用ボンドを塗布し、木型にはめ込んだ積層フレームを Fig.7 に示す。



Fig.7 接着剤を塗布し、木型にはめ込んだ積層フレーム続いて、加工し完成したマルチバイクを Fig.8 に示す。



Fig.8 完成したマルチバイク

7 結言

桧の特性を理解して応用し、オリジナルの形にトランスフォームするマルチバイクの機構を考え、製作することができた。