

ラチス梁に関する研究 (第1報)

- 小径カラマツ未乾燥材を用いたラチス梁の試作、
及び梁形状の経時変化の観察 -

小松 幸平 堀江 秀夫
倉田 久敬

1. はじめに

カラマツのねじれ狂いに関して、これまでに幾つかの傾向が知られている。すなわち、材表面の繊維傾斜角に比例してねじれ角度¹⁾若しくはねじれを拘束するに要するトルク²⁾が大きいこと、心去り材より心持ち材の方がねじれ狂いが大きいこと¹⁾、素材より、薄板に挽割ってそれを元の年輪構成を崩すように再配列させた集成材のねじれ狂いが小さいこと^{3),4)}、そして、心持ち角の場合、断面が大きくなるとねじれ狂いが小さくなること^{1),5)}等である。これらの傾向から、その原因を考察すると、以下の推論が成立する。すなわち、ねじれの最大の要因は繊維傾斜* (旋回木理) にあり、その断面内分布がねじれの中心に関して点対称分布である場合ねじれ易く、非点対称分布の場合ねじれにくく、その程度はねじり剛性に左右される場合が多いということである。したがって、これらの諸点を考慮すれば、ねじれに対するある程度の抑制効果が期待できそうである。しかしながら、目下の最大課題である小径間伐木の利用促進を考えると、直径が限定されているため、製材木取り上の自由度はあまり望めない。したがって、小断面の製材を幾つか複合して、全体としての剛性を高める方法が残された1つの方向であろうかと考えられる。

本研究は、以上のような見地から、カラマツ小径間伐木を製材後速やかに最終製品である複合梁に組立て、その全体としてのねじり剛性を高めることにより、乾燥による梁の外見上のねじれ狂いを実用上支障のない程度に抑制可能か否かを検討したものである。

ここで、ラチス梁を対象としたのは、腹材に小径間伐木を積極的に利用できることが大きな理由である。また、材料内部に発生する「ねじれようとする力」を弱める試みとして、一部の梁の弦材に、正角から挽割った平割材を心が外に出るように配列を変えて使用した。

なお、本報告は日本木材学会北海道支部第10回研究発表会 (昭和53年11月、旭川市) において発表したもので、内容の多くは、その後の講演集⁷⁾に発表したものと重複することをお断りしておく。

2. 実験方法

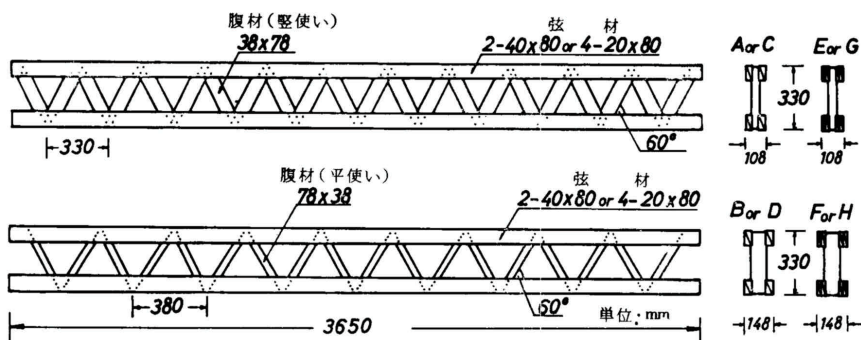
2.1 供試材料

当场士場に搬入された上川郡上士別町産のカラマツ丸太107本を供試した。原木の材長は3.7m前後、末口径9~16cmである。原木は所定の調査終了後、当场製材試験料において製材された。その概要は、小径木からまず正角若しくは押角を一丁取りし、それを2つ若しくは4つに挽割って梁の構成部材とした。原則と

第1表 原木使用量及び最終製品の歩止り

最終製品	仕上げ寸法 (mm)	原木末口径 (cm)	原木使用本数 (本)	最終製品の原木からの歩止り (%)	
				平均値	95%信頼下限値
腹材	38×78×400	9	1	59.1	—
		10	28	42.3	30.9
		11	19	35.8	31.1
弦材	40×80×3650	12	12	27.8	19.0
		13	21	29.8	24.7
		13	1	37.8	—
材	20×80×3650	14	12	29.3	25.8
		15	9	28.4	28.4
		16	4	21.9	—
		16	4	21.9	—

*大倉らの報告⁶⁾では、カラマツより繊維傾斜の大きいヒメコマツのねじれ狂い小さかった例もあり、必ずしも言い切れない面もある。

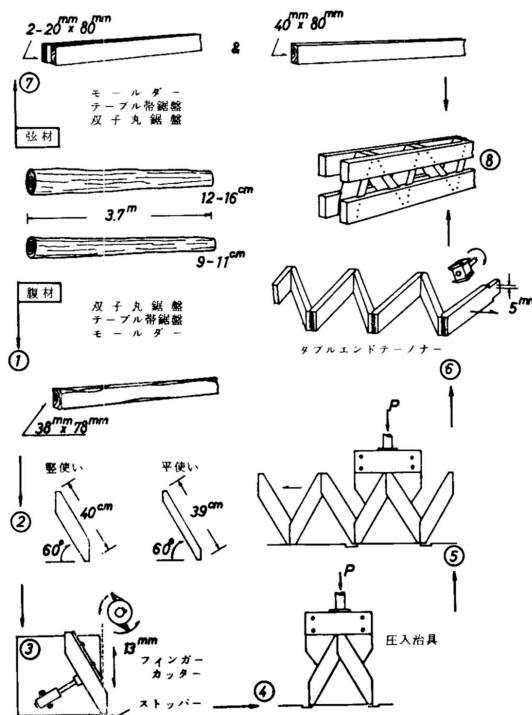


第1図 試作ラチス梁の寸法及び構成上の特徴

第2表 試作ラチス梁の型式とその構成上の特徴

梁の型式	弦材 ^{*1}	腹材 ^{*2}	弦材-腹材の接合
A	2-40×80	たて使い	釘 着 ^{*3}
B	2-40×80	平使い	釘 着
C	2-40×80	たて使い	釘打ち接着 ^{*4}
D	2-40×80	平使い	釘打ち接着
E	4-20×80	たて使い	釘 着
F	4-20×80	平使い	釘 着
G	4-20×80	たて使い	釘打ち接着
H	4-20×80	平使い	釘打ち接着

*1 たとえば2-40×80とは断面40×80mmの材を2枚使用したことを意味する。*2 断面38×78mm、*3 65mmスクリュー釘 *4 湿潤用エポキシ樹脂接着剤



第2図 ラチス梁の製作の手順

して、製材は3.7mの長さで行ったが、曲がりの極端に大きいものについては、中央で玉切って製材した。したがって、短尺で製材された材は腹材用となった。なお、原木使用本数の内訳と最終製品の歩止りを第1表に示した。

2.2 ラチス梁の種類と試作手順

第2表及び第1図に示すような構成上の特徴を有する8種類のラチス梁を各3体ずつ試作し、その型式を区別するためA~Hまでの記号を付した。

梁の試作手順は第2図のとおりである。これを順に説明すれば、腹材の場合、末口径9~11cmの原木から双子丸のこ盤で一辺9cmの押角を採り、テーブル帯のこ盤で2つに挽割り、モルダーで断面78×38mmに仕上げる。丸身20%程度まで許容し所定角度を付けて横切りする。この段階で測定した含水率は最低29%、最高173%、平均60%であった。フィンガージョインターのラライスマシンに60度の角度を付けてセットし、13mmフィンガーカッターによってフ

ィンガー切削する。ミズナラ集成材で作った特製圧入治具により60度の開き角度を有する逆字型の単位ラチスを先に作る。このコーナージョイントに使用した接着剤は湿潤用エポキシ樹脂接着剤ミタックEA255Aである。圧縮圧力は斜材の軸圧縮応力に換算して51kg/cm²とし、10ton油圧プレスで圧入した。所定数の単位ラチスを同様の圧入方法により連結し、3.6m程度の連続ラチスを形成する。一晩静置後、ダブルエンドテナーにてラチス頂点部分に探さ

5mmの弦材受け欠き込みを設け、同時に幅決めを行う。

次に、乾材であるが、断面40×80mmの平割材を採る場合は末口径12～13cmの原木から一辺9cmの正角を、一方20×80mmの平割材の場合は13～16cm径の原木から一辺10.5cmの正角を、それぞれ双子丸のご盤で採り、テーブル帯のご盤、モールダーで所定の寸法に仕上げ、市販の長さ65mm、直径3.35mmのスクリー釘を用いて弦材と腹材を釘着し、ラチス梁を完成させる。なお、梁型式C、D、G、Hについては、腹材欠き込み面に前記エポキシ樹脂接着剤を塗布し、釘打ち接着した。釘本数は、腹材をたて使いとしたA、C、E、Gの型式の場合1接合部あたり片面5本、腹材を平使いとしたB、D、F、Hの型式の場合は6本使用した。なお、上記の製造手順や梁の形態はあくまでも今回の試作に関するものであり、この手順や形態は今後の試験の進み具合により大いに変わり得るものである。

2.3 コントロール試験体

カラマツで製作したラチス梁のほかに、気乾エゾマツ1等材を乾材とし、腹材に未乾燥カラマツを使用した梁型式A及び、B（いずれも、弦材と版材の接合は釘着のみ）のラチス梁を2体ずつ製作した。梁の寸法、弦材や腹材の断面寸法、釘本数等はカラマツラチス梁と全く同じである。更に、弦材単独の狂いを見るために断面40×80mmのカラマツ平割材5本、並びに断面20×80mmの平割材を2枚前記スクリー釘にて釘着（20cmピッチで上下2列に釘着）した2層積層材を3体用意した。

2.4 経時変化の測定法

ラチス梁の天然乾燥は、当场二次加工工場内にて、梁の長手方向の3カ所に10.5cm正角を敷き、無負荷の状態で行った。なお、乾燥開始日は昭和53年8月5日である。

ラチス梁の狂いを測定する基準点とし、梁のほぼ中央部及びそこから両端にそれぞれ1.75mずつ離れた2カ所の計3カ所に合板細片を釘着した。

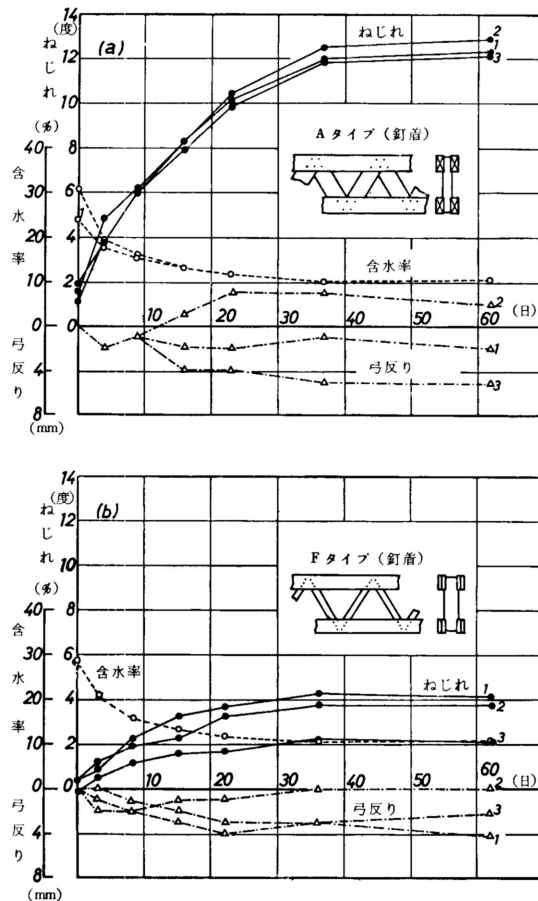
ねじれに関しては、両端の合板細片上に最小読み1分の測斜水準器を置いて傾斜角を測定し、両端の傾斜角の相対値をもって3.5m区間のねじれ角を算出した。

これを梁の4面について行い、その平均値をもってラチス梁のねじれ角とした。

反りは、3.5m区間に張った水系に1mm単位の物差しをあてて中央矢高を読んだ。

重量は、最小目盛り0.01kgの計りで測定した。

欠点は、弦材と腹材の接合部に発生するすき間（主に、腹材のカップによるもの）、及び接合部付近、特に腹材木口面に発生した割れ（接着層のはく離によるクラックも割れとみなす）の2種類を測定した。なお、弦材の表面割れは測定しなかった。



第3図 ラチス梁の狂いと含水率の経時変化

すき間及び割れは次の3段階に分類し、接合部に発生した最大の欠点を3段階のいずれかで評価し、その発生数を総接合部数で割った百分率を欠点発生率とした。

	軽微	中	顕著
すき間	0.5mm以下	0.5~1.5mm	1.5mm以上
割れ	1cm以下	1~3cm	3cm以上

3. 結果及び考察

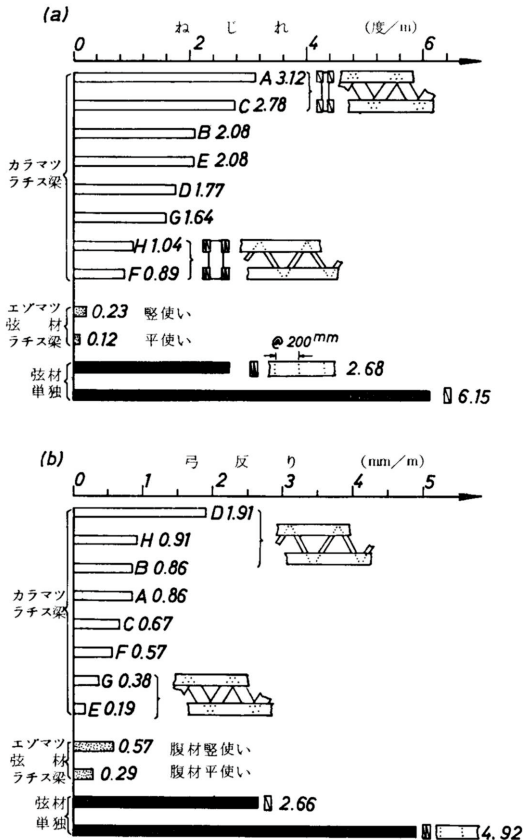
3.1 狂い

第3図は狂いと含水率の経時変化の代表的な2例を示したものである。図中に示した含水率は、2ヵ月経過時に電気水分計 (Kett MT-8S型) で一体あたり4点につき測定した含水率を基に、梁の重量から逆算した値である。ねじれ角 (3.5m区間の値) の増加は指数関数的で、含水率の減少と対称的である。一方、

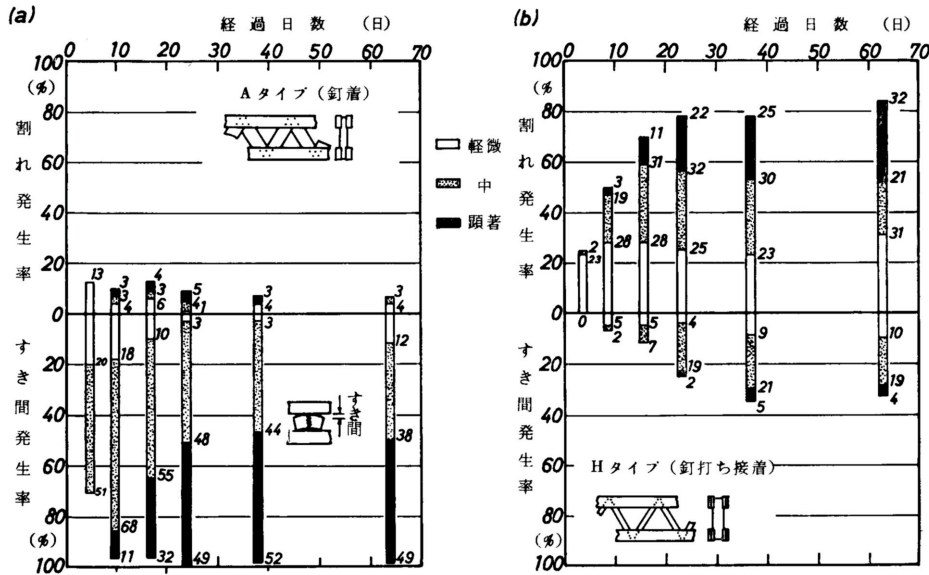
反りの方は測定値に不規則な変動がみられる。これは、ねじれに影響されたためではないかと推定される。第3図 (a) のAタイプの梁は8種類の試作梁中最もねじれ狂いの大きかったもので、狂いは更に進行しそうな気配である。一方、同図 (b) のFタイプの梁は最も狂いの小さかったもので、ねじれは一応おさまった様子である。なお、縦反りについては、全般的に小さめの値であった。

第4図は全試験体の2ヵ月経過時の狂いを単位長さあたりの値に換算し比較したもので、値は平均値である。同図 (a) のA, Cタイプは正角を2つに挽割った平割材を弦材とし、腹材をたて使いとしたもので、ねじれ狂いはかなり顕著で、一端の持ち上がり量は6~6.5cmにも達する。一方、H, Fタイプの梁は正角を4つに挽割った平割材を弦材とし、脂材を平使いとしたもので、未乾燥カラマツを用いたラチス梁として最もねじれ狂いの少なかったタイプである。このタイプのねじれ狂いはA, Cタイプの約1/3であるが、実用上の判定基準である一端の持ち上がり量は約2cm (梁せいは33cm) で、当初の目的である「実用上支障のない程度」とは必ずしも言いきれない値である。しかしながら、今回の実験によって、ラチス梁のねじれ狂いを抑制するのに有効と思われる幾つかの知見が得られた。すなわち、

- (1) 同一断面の弦材を使用し、同一の接合法を用いたラチス梁において、その腹材に注目すれば、いずれも腹材を平使いとした方がねじれ狂いが小さいこと (A>B, C>D, E>F, G>H, エゾマツ弦材のコントロールラチス梁も同様)、
 - (2) 平割コントロール材と2層釘着コントロール材の比較から、挽割って積層した方がねじれ狂いが小さいこと、
 - (3) エゾマツ弦材のコントロールラチス梁 (腹材は未乾燥カラマツ) にはほとんどねじれ狂いが生じなかったことから、弦材のねじれ狂いが一体梁のねじれ狂いに大きく寄与していること、
- 等である。これらの知見を総合して考察すれば、H, Fタイプのラチス梁のねじれ狂いが最も小さかったこ



第4図 天然乾燥2ヶ月経過時の狂いの比較



第5図 欠点発生率の経時変化

とがうなずける。なお、実験当初の予想では、接合部に接着剤を併用することにより、弦材と腹材の結合が剛となり、弦材のねじれによる「そり⁸⁾ (warping)」を効果的に拘束するのではないかと思われたが、実際には効果は認められなかった。

次に、第4図 (b) の弓反りに関してみると、どちらかと言えば、腹材を平使いとした梁に弓反りが生じ易いように思われる。しかし、反りに関しては、確かに測定すれば矢高は読み取れるものの、実感としてはねじれ狂いの副産物的な変形という印象であり、いわゆる弓なりの反りを連想させるものではない。ただし、Dタイプの3体のうち、1体だけは典型的な弓反り (中央矢高18mm / 3.5mスパン) を示したが、これはむしろ例外である。このことは、縦反りについても言えることであり、言い換えれば、カラマツラチス梁の狂いにおいて、「ねじれ狂い」がすべてを代表していると言っても過言ではない。

3.2 欠点

第5図は欠点発生率の代表的な2例を経時的に示したものである。同図 (a) はAタイプのもので、釘着梁であるため割れはほとんど発生していないが、すき間の発生は著しい。逆に、(b) のHタイプの梁は湿潤用

エポキシ樹脂接着剤を併用した釘打ち接着梁であり、割れの発生率が高い。しかし、そうかといってすき間の発生が少ないということではなく、すき間の発生も相当認められる。これは、接着層のはく離で生じたクラックが大きく成長して、すき間と判定されたことによるものと思われる。

第6図は全試験体の2ヵ月経過時の欠点発生率を比較したもので、値は平均値である。(a) の割れ発生率をみれば当然ながら接着剤を併用した梁に割れの発生が目立つ。一方、(b) のすき間の発生率については割れと判定された部分もあって、いずれの梁にもかなりの発生が認められる。

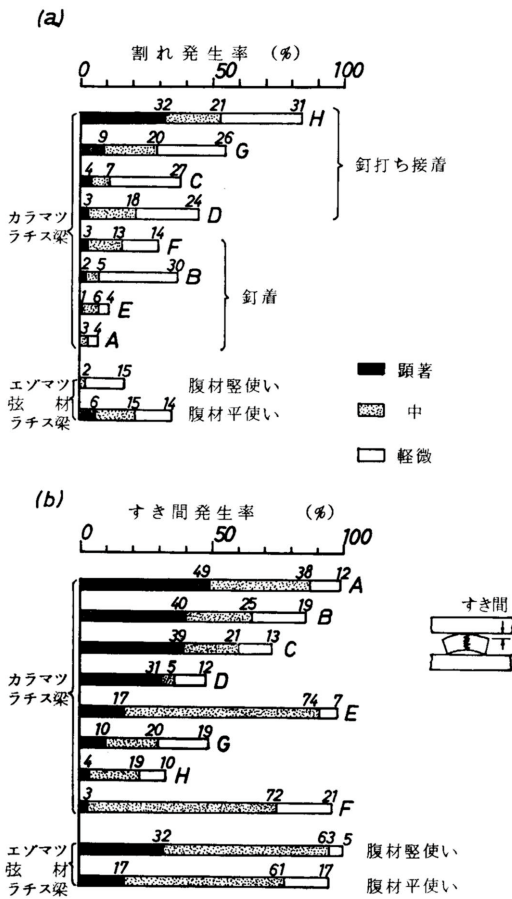
4. まとめ

未乾燥カラマツ小径間伐木を原材料として、スパン3.65m、梁せい133cmのラチス梁を試作し、乾燥に伴う梁の狂いと欠点の発生状況を観察した。得られた結果をまとめると以下のとおりである。

(1) 正角材を4つに挽割り、心が外に出るように並べかえた平割材を弦材に使い、腹材を平使いとし、スクリー釘のみで接合したFタイプの梁のねじれ狂いが最も小さかった。

文 献

- 1) 加納孟ほか3名：用材品質におよぼす立木素材および角材の条件，林試研報，第162号，pp.21，41，（1964）。
- 2) 山本ら：カラマツ生材の狂いの拘束（1），本誌，6月，（1978）。
- 3) 名取潤，渡辺利一：高含水率カラマツ間伐・樹梢材の集成化（2），第27回木材学会要旨策，p.147，（1977）。
- 4) 伊藤勝彦：カラマツ集成材の品質について．北方林業，Vol.20，No.6，p.183，（1968）。
- 5) 倉田八敬ほか3名：針葉樹小径材の製材と加工法に関する試験，林野庁メニュー課題昭和52年度実施成果報告書，（1978）。
- 6) 大倉精二ほか2名：木材のねじれ狂い（第4報），木材学会誌，Vol.9，p.124，（1963）。
- 7) 小松幸平ほか2名：小径カラマツ末乾燥材を用いたラチス梁の試作及び，梁形状の経時変化の観察，木材学会北海道支部講演集第10号，pp.8～12，（1978）。
- 8) S.P. ティモシェンコ，J.N. グーディア：弾性論（第3版），p.307，（金多潔監訳），コロナ社，（1972）。



第6図 天然乾燥2ヶ月経過時の欠点発生率の比較

- 試験部 複合材試験科 -
（原稿受理 昭54.5.18）

- (2) ラチス梁では，弦材のねじれ狂いが一体梁のねじれに寄与する割合が大きいと推定された。
- (3) 生材で釘着組立て梁を作る場合，接合部におけるすき間の発生は避けられなかった。