

大径カラマツの建築構造材への利用 (第1報)

- 大断面構造用製材の乾燥特性について -

中 篤 厚 土 橋 英 亮

Utilization of Karamatsu Large Diameter Logs

for Structural Timber (I)

-Drying characteristics of structural timbers-

Atsushi NAKAJIMA Hideaki TUTIHASHI

We examined the drying characteristics, and the changes of the moisture content of kiln-dried beams (cross-sectional dimensions : 105 × 150 and 105 × 300mm) which were sawn from karamatsu (*Larix leptolepis* GORDON) large-diameter logs (360-400mm).

The beams were dried from less than 50% initial moisture content to about 21% in a kiln using a high-temperature drying schedule for about 4 days, and dried to a final moisture content of 17-18% for about 6 days. Since the final moisture content of the kiln-dried beams varied widely , it was suggested that proper storage periods are needed to minimize the variance of moisture content.

It was possible to dry the structural lumber without trouble using weights placed on the top of a load of lumber to reduce warp during kiln-drying. Large diameter logs frequently have heart shakes, which cause surface checks of the lumber after kiln-drying.

Key words : 高温乾燥, 梁材, ねじれ, 縦ぞり, 曲がり
high-temperature drying, beam, twist, bow, crook

カラマツ大断面材の乾燥特性および乾燥後の含水率変化等について検討し,以下の知見が得られた。

高温乾燥によって,初期含水率50%弱のものが乾燥日数4日前後で約21%,約6日の乾燥でそれより3~4%低い含水率に仕上げられた。ただし,仕上がり含水率の高い製材が含まれることが多いので,養生期間を設け,含水率の低減化・均一化を図る必要がある。

乾燥後の狂いは,圧締条件の適用によって建築用材としての利用に支障がない品質に上げることが可能と認められた。原木段階で心割れが生じているものがあり,乾燥後の割れはその影響を受ける傾向が見られた。

1. はじめに

今後、北海道内では径級30cm上のカラマツ大径木が主伐期を迎え、出材の増加が予想されている¹⁾。そこで林産試験場では、有効利用の視点から針葉樹製材需要の大半を占めている建築用材として、大径木から採材可能な大断面構造用製材(梁・桁等)への用途開発を進めてきた。これらの構造用材への利用を進める上で特に重要な工程として乾燥が挙げられるが、本報では高温乾燥後の品質特性を中心に検討し、次報では乾燥後の養生中の形状変化等について報告する。

2. 試験材

試験材は、上川郡美瑛町産の径級36~40cmの大径カラマツ原木を用いた。木取りを第1図に示す。断面寸法107×307mm(以下、梁300Aと呼ぶ)と107×155mm(以下、梁150と呼ぶ)、いずれも材長3.66mの2種類の大断面製材を各24体木取った。また、乾燥条件を変更した同様の試験を実施するため、別の大径カラマツ原木から断面寸法112×309mm(以下、梁300Bと呼ぶ)、材長3.66mの大断面製材を27体供試した。木取り位置は、梁300Aおよび梁300Bは、髓^{すい}がおおむね中心に位置する心持ち材で、梁150はそれに接する部位から木取った心去り材である。

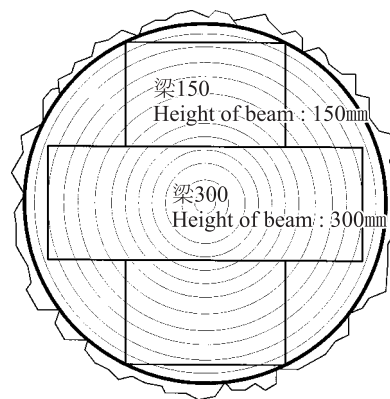
3. 試験方法

3.1 乾燥および養生工程

製材時の梁300Aは挽きたて後、直ちに(7月下旬)人工乾燥を実施し、乾燥後、105×300mmの断面寸法に鉋削加工^{ほうさく}し、約1年間、倉庫内で養生を行った。梁300Bは梁300Aと異なる乾燥条件で6月上旬に人工乾燥し、105×300mmの断面寸法に鉋削加工した後、養生工程を約半年間設けた。また、梁150は人工乾燥を8月上旬に実施した後、105×150mmの断面寸法に鉋削加工し、梁300Aと同様に約1年間養生を行った。

3.2 乾燥条件

人工乾燥は、高温タイプの蒸気式乾燥装置(収容材積約5m³)を使い、温湿度条件として第1表に示すスケジュールを適用し実施した。各材種とも最高



第1図 大径材の大断面木取り
Fig. 1. Sawing patterns for large diameter logs.

第1表 高温乾燥スケジュール

Table 1. Time schedules for kiln-drying at high temperature.

乾球温度() D.B.T.	湿球温度() W.B.T.	梁せい Height of beam		
		300A	300B	150
		時間(h) Time		
97	97	14	14	14
130	97	4	4	4
120	97	6	6	6
110	92	45	70	36
90	84	-	26	-
80	77	34	34	34
	合計時間 Total time	103	152	94

温度130 の高温乾燥条件とし、それぞれ乾燥時間を第4ステップ以降で変更した。梁300Bについては、梁300Aに対し約50時間の時間延長とした。これは含水率低下を促進させる意図によるものである。なお、乾燥経過については、各材種1体のサンプル材を棧積み内に置き、これらの重量測定によって含水率を把握した。

また、梁300Aと梁150については、試験材の半数は棧積みした後、上部に約5tの重錘を載せ圧縮乾燥条件として、残りの半数はその上部に棧積みし、非圧縮条件とした。梁300Bについてはすべての試験材を約2.5tの重錘による圧縮乾燥条件とした。

高温乾燥スケジュールについては数多くの報告がなされている。例えば長野県林業総合センターにおいては心持ち柱材に対し、蒸煮後、乾球温度120、乾湿球温度差30を36時間、その後、乾

第2表 含水率
Table 2. Change in moisture contents.

梁せい Height of beam	生材 Before kiln-drying	乾燥後 After kiln-dried	養生期間 Storage duration				
300A	42.6 ~ 47.3 ~ 54.0	17.8 ~ 21.9 ~ 25.1 8/2	15.6 ~ 18.4 ~ 20.5	15.4 ~ 17.5 ~ 19.1	15.0 ~ 17.1 ~ 18.7	14.8 ~ 16.6 ~ 17.9	14.0 ~ 15.1 ~ 16.3
			9/28(57)	12/17(137)	3/17(228)	5/24(296)	8/2(366)
300B	46.0 ~ 49.5 ~ 56.5	15.3 ~ 18.7 ~ 21.7 6/26	15.7 ~ 17.5 ~ 19.6	14.2 ~ 15.6 ~ 16.8			
			8/11(46)	11/20(147)			
150	41.0 ~ 46.8 ~ 52.7	17.8 ~ 21.4 ~ 24.3 8/10	15.6 ~ 18.0 ~ 20.4	15.4 ~ 17.1 ~ 18.7	15.3 ~ 16.8 ~ 18.3	14.5 ~ 15.8 ~ 17.2	13.1 ~ 14.2 ~ 15.5
			10/5(56)	12/21(133)	3/17(220)	5/26(290)	8/1(357)

注：表中，上段の数値は，最小値～平均値～最大値を示す。下段は，測定月日と（ ）内は乾燥後からの経過日数を示す。

Note: Values in the first line show moisture content; Minimum ~ Average ~ Maximum(%); Those in the second line show measured dates and storage duration in parentheses.

球温度105℃，乾湿球温度差30℃を30数時間とする高温低湿条件を普及型乾燥スケジュールの一例として示している²⁾。今回のスケジュールは高温による強度低下と内部割れ抑止を意識して組み立てたもので，高温条件120～130℃の時間設定を短くし，また低湿条件には変わらないが，湿度をやや高めた条件となっている。そのため，乾燥時間は高温低湿条件に比べやや長くなっている。

3.3 測定項目

以下の項目はいずれも，乾燥前・後，鉋削後，さらに養生期間中2～3か月ごとに各段階で測定を行った。

3.3.1 含水率

各段階で試験材重量を測定し，測定の最終段階に試験材の両木口から50cm以上内側で材長方向に等間隔で5つの試片を採材し，各試片の含水率を全乾法によって求めた。これらの試片の平均値を試験材1体の含水率とみなし，各段階における含水率をあらかじめ測定している試験材重量との関係に基づき推定した。

3.3.2 ねじれ

隣接2材面(木口長辺と短辺)について，材長当たりのねじれ角度を角度計を用いて測定した。

3.3.3 縦ぞりと曲がり

木口長辺側(1材面)の材長当たりの縦ぞり矢高を0.5mm単位で測定した。

木口短辺側(1材面)の材長当たりの曲がり矢高を0.5mm単位で測定した。

3.3.4 割れ

長さ50mm未満を除いたすべての割れを対象に，木口と表面割れを区別して，1本の割れにつき長さ(mm単位)と最大幅(0.1mm単位)を測定した。

3.3.5 寸法

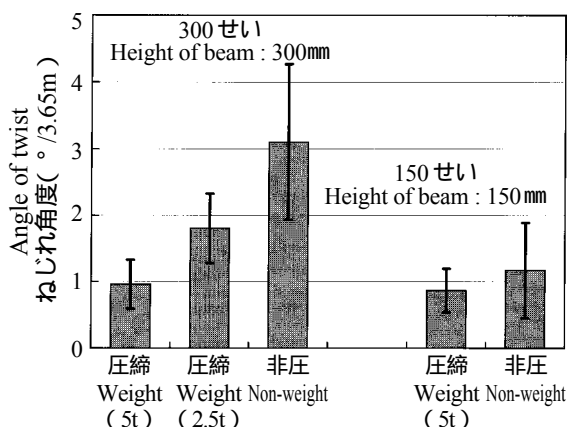
試験材の材長方向中央の幅方向(長辺側，150せいは木表側)と厚さ方向(短辺側)の寸法を1/100mm単位で測定した。

4. 結果および考察

4.1 含水率

第2表に乾燥前後および養生期間中の含水率を示す。生材の平均含水率は，いずれの材種も40%台後半でそろっており，ばらつき範囲は小さい。乾燥後は梁300Aが約22%に対し，乾燥時間が長い梁300Bは19%以下と3%程低い値となり，ばらつきも小さい傾向を示した。梁150は梁300Aとほぼ同様の値であり，さらに含水率を低下させる場合は，梁300B同様の時間延長が必要である。しかし，乾燥後約2か月弱経過した時点の含水率は18%台となり，最大値も約20%とJASに規定される乾燥材として流通可能な数値であった。

養生期間1年後の含水率については，梁300Aが約15%，梁150が約14%となり，おおむね平衡状態に達しつつあった。一方，低い含水率に仕上がった梁300Bは養生期間約半年で約15%に到達し，人工乾燥後の仕上がりが含水率が平衡期間に影響を及ぼすことが確認された。



第2図 乾燥後のねじれ

注：範囲は平均値区間：信頼度95%

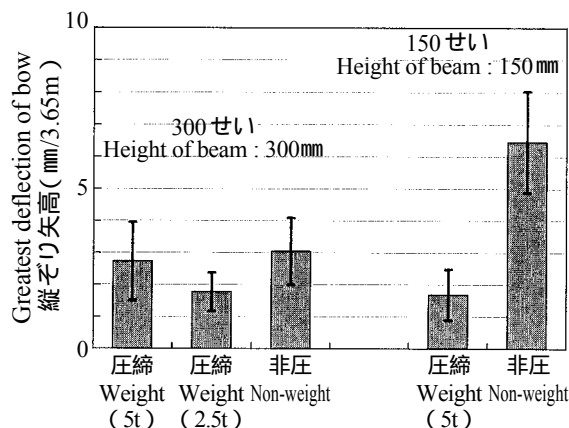
Fig. 2. Twists after kiln-dried.

Note : Vertical lines show interval estimation of average (confidence coefficient 95%).

4.2 乾燥後のねじれ

人工乾燥直後のねじれの平均値とその区間(信頼度95%)を材種ごと、圧縮・非圧縮条件ごとに比較した(第2図)。なお、図に示す圧縮(2.5t)は梁300Bの値である。

梁300の非圧縮条件はねじれ角度3.1°で最大値を示す一方、梁150は1.2°程度で非圧縮条件であるにも関わらず低い数値を示した。これは、梁150の製材が心去り材であり、繊維傾斜度が顕著な未成熟材部を含んでいないことによるものと考察された。梁300のものは心持ち材であり、ねじれ量を左右する繊維傾斜度が最大を示すと報告³⁾されている髓から数えて3~4年輪目を含むことになり、圧縮によるねじれ抑制効果が顕著に認められた。針葉樹の構造用製材のJASに示されている甲種構造材構造用の曲がり等級を、木口長辺面のねじれによる矢高(四隅の一つが浮き上がる)として解釈した場合、1級(0.2%以下:300せいでねじれ角度1.4°以下、150せいで2.8°以下)にランクされる割合は梁150ではすべての試験材にあてはまるが、梁300の非圧縮条件では皆無、圧縮条件では91%(5t)、58%(2.5t)となった。梁せいが大きくなるほど、ねじれによる矢高(浮き上がり)が大きくなるので、心持ちの大断面材は圧縮乾燥が不可欠と判断できる。



第3図 乾燥後の縦ぞり

注：第2図参照

Fig. 3. Bows after kiln-dried.

Note : See Fig. 2.

4.3 乾燥後の縦ぞり

4.2同様に縦ぞりについて比較したものを第3図に示す。

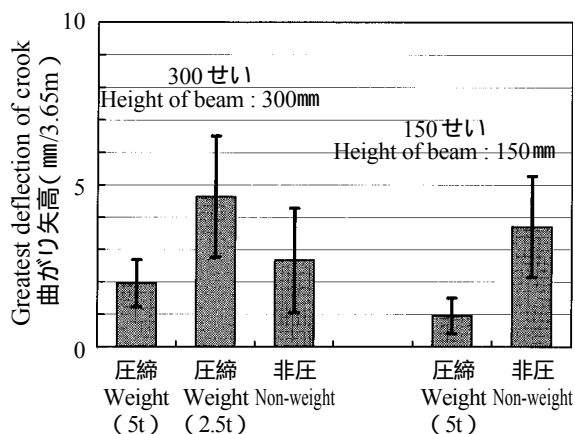
梁150の非圧縮条件が6.5mmの最大値を示し、他と比較して大きな狂いとなった。これは、木口長辺の相対面が木表・木裏の関係となり、両材面における材長方向の収縮差が主な原因と考えられる。すなわち、繊維方向の収縮量が木表側より木裏側の方が大きいため、木表側で凸のそり形状となる。今回、非圧縮条件に供試した梁150の試験材12体はすべてこの形状であった。しかし、圧縮によって1.7mmに抑制された。これは梁300と同等の狂い量となり、圧縮効果が十分に得られた。

梁300は心持ちのため、木口長辺の相対面が同じ年輪数どうしの板目面となっており、圧縮・非圧縮条件に関わらず2~3mm程度のわずかな狂いとどまった。ただし、製材時の髓の位置が中心から上下方向にずれることによって、縦ぞりの増加が予想される。

4.4 乾燥後の曲がり

幅方向に発生する曲がりについて、4.2同様に第4図に示す。

梁300の圧縮2.5tの条件が非圧縮条件よりも大きな曲がり矢高の値を示したが、両者に統計的有意差は認められなかった。一方、梁150では圧縮効果が認められた。この理由として、幅方向への曲



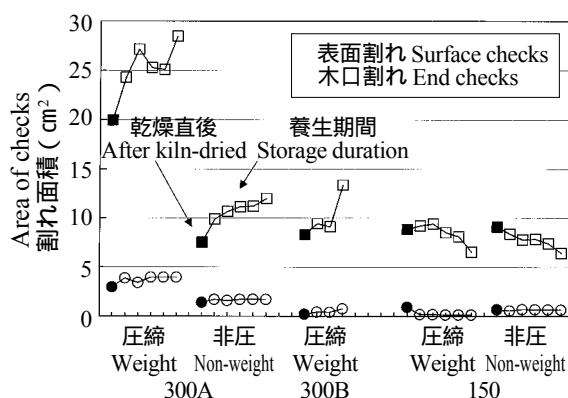
第4図 乾燥後の曲がり
注：第2図参照
Fig. 4. Crooks after kiln-dried.
Note : See Fig. 2.

がりも木取り位置やあてなどの材質特性によって個体間のばらつきが考えられ、また曲がりに対しては圧縮条件がねじれ抑制ほどの効果を与えないと考えられるが、ここではこれらを結論づけることができなかった。

4.5 割れ

乾燥直後から養生期間終了までの割れ面積の推移を第5図に示す。割れ面積は、割れ1本につき(割れ長さ×割れの最大幅/2)の式で計算したのから、試験体1体分の合計値を求め、材種別に平均値として算出したものである。

梁300Aの圧縮条件が比較的大きな割れの発生量を示しているが、他の試験材に比べ数本が特に顕著な割れを発生させるなど個体間のばらつきは大きく、統計的には非圧縮条件との有意差はなかった。また、心持ち材である300せいの乾燥後にカウントされた割れは、元々、原木の髄から放射状に伸びていた心割れに起因するものが多く含まれる。例えば梁300Bにおいて乾燥前の割れ長さが試験材1体の平均で1,730mmとなり、このほとんどは心割れに起因するもので、乾燥後が2,350mmであるから、乾燥後に計測された割れ長さの74%はすでに乾燥前(原木段階)に生じていたものと判断される。製材後に材面観察したところ、心割れ部分から多量のヤニが^{にじ}しみ出していた。また、過去に行った正角材のデータ⁴⁾と比較すると、大断面材は表面積が増え



第5図 乾燥後および養生中の割れの推移
Fig. 5. Area of checks after kiln-dried and stored.

る分、製材1体の割れ発生量は増える傾向にあり、同面積で比較すればほぼ同じ損傷程度と推定された。

乾燥後を起点とした養生期間中の割れの経時変化は、おおむね梁300が増加傾向、梁150で減少傾向がとらえられる。これは全般的には、養生期間中、梁300では割れの長さが伸長傾向で、割れ幅は変わらないか閉じる傾向、一方梁150では割れ長さが変化しない、もしくは逆に閉じる状態、すなわち割れ幅が縮んできたことなどが原因である。これらの違いは、心持ち材と心去り材の材質的差異によって、内部応力の作用がそれぞれ異なる現象を生じさせたことによるものと推測する。

4.6 収縮率

人工乾燥後における気乾収縮率をすべての試験材の平均値で推定した結果、梁300の幅方向が約1.4%、厚さ方向で約3.2%となった。また梁150の幅方向は約2.4%、厚さ方向が約2.0%となった。これらは木口断面の周囲長短辺における寸法から導いた数値のため、梁300の幅方向は板目面ではあるが髄に極めて近く半径要素がほとんどの長辺面となり、厚さ方向は辺材部の接線方向となる。また梁150の幅方向は辺材部に近い接線方向、厚さ方向は追根目面などにあたり、これら収縮率の大きさは木取り位置による木材の物理的特性に強く依存している。さらに水分傾斜に起因する材表面の引張り応力

によって、小断面材に比べ低い値を示すことが認められる。

5. まとめ

カラマツ大断面材の乾燥特性および乾燥後の含水率・割れの変化等について検討を行った結果、以下の知見が得られた。

カラマツ大断面材は高温による乾燥によって、初期含水率50%弱のものが乾燥日数4日前後で約21%、約6日の乾燥でそれより3～4%低い含水率に仕上がり、適正な乾燥時間の設定によりほぼ十分な乾燥状態が得られた。ただし、仕上がり含水率が高い製材が含まれる可能性が高いので、養生期間を設け、含水率の低減化・均一化を図る必要がある。

乾燥後の狂いは、圧縮条件の適用によって建築用材としての利用に支障がない品質に上げることが可能と認められた。また原木段階で心割れが生じているものがあり、乾燥後の割れはその影響を受ける傾向が見られた。

文 献

- 1) 北海道カラマツ・トドマツ等人工林材対策協議会：季報，No.85，2-13，1996.
- 2) 吉田孝久，橋爪丈夫：長野県林業総合センター研究報告，第14号，3-18，2000.
- 3) 北海道カラマツ・トドマツ等人工林材対策協議会：季報，No.100，11-29，2000.
- 4) 中 厚，土橋英亮：日本木材学会北海道支部講演集，第32号，29-32，2000.

- 製材乾燥科 -
(原稿受理：02.4.10)