

シベリア産オウシュウアカマツの実大曲げ強度性能（Ⅰ） — 構造用製材JASによる強度等級区分 —

中谷浩、坂井正孝、橋本彰、柴和宏、若島嘉朗

The Bending properties of European redwood in Siberia For Stress-graded Lumber by JAS for structural Lumber

Hiroshi NAKATANI, Tadayuki SAKAI, Akira HASHIMOTO, Kazuhiro SHIBA, Yoshiaki WAKASHIMA

シベリア産オウシュウアカマツの構造用材としての用途拡大を目的に実大曲げ試験を行い、その曲げ強度性能と構造用製材JASに基づく強度等級区分について検討した。結果は以下の通りである。

1) シベリア産オウシュウアカマツ（以下 オウシュウアカマツ）の曲げ強度性能は、平均でヤング率 MOE : 8.92GPa（標準偏差 sd : 1.74）、曲げ強度 MOR : 39.1MPa（SD : 10.54）であり、国産のアカマツの値¹⁾（MOE : 10.26GPa、MOR : 44.9MPa）に比べて低い値となった。

2) オウシュウアカマツの曲げ強度の5%下限値（信頼水準75%）は、21.0MPaであり、建築基準法施行令に示されるアカマツの基準曲げ強度 F_b : 28.2MPa²⁾ には達しておらず、無等級材としてアカマツの基準強度値を用いるのは、適当とは思われない。この結果は、心去り材の強度性能が心持ち材に比べて低いことが影響したものであり、心持ち材のみでの下限値は 23.7MPa が得られた。

3) 構造用製材の日本農林規格（JAS）³⁾ に基づき目視等級区分を行った結果、5%下限強度がアカマツの基準強度とほぼ同等であり、JAS目視等級区分材に対するアカマツの基準強度値を適用することが可能と思われる。

4) JAS機械等級区分に関しては、オウシュウアカマツではヤング率と曲げ強度の相関が非常に高い（相関係数0.82）こともあり、E等級ごとに計算した下限値は、基準強度値に比べて全て高い値となっており、現行の基準強度値を適用することが可能である。

5) オウシュウアカマツは、節が大きいために強度低下が大きく、無等級材として扱うと強度は低く評価されることから、目視、機械を問わず強度等級区分を行って利用するのが適している。

また、今後、構造用製材としての利用展開を進めていく場合には、無等級材、強度等級区分材ともアカマツとは異なる基準強度を設定するのが適当と考えられる。

1. はじめに

オウシュウアカマツ (*Pinus sylvestris* Linn.) は、

北洋材輸入量のほぼ半数⁴⁾を占める主要樹種の一つであり、木理が明瞭で性質が素直なことから、敷居、

鴨居などの造作材やタルキ等の小割材として利用されている。最近では、用途の多様化を求める傾向から、梁や桁などの構造材や集成材ラミナとしての用途展開が期待されているが、用途が造作材中心だったために、材質や強度的性質に関してのデータ、特に実大材に関するデータは、一部⁵⁾を除いてほとんど報告されていない。そのため、オウシュウアカマツ製材品についての曲げ強度性能を明らかにすることを目的として、在来構法用の正角、平角サイズで実大試験を行ったので、結果について報告する。

なお、試験にあたっては日本北洋材製材協議会、株式会社 多木に多大な協力をいただいた。ここに併せて謝意を表します。

2. 試験方法

オウシュウアカマツの実大試験体の総数は、214本に達するが、実験が多年にわたっていることもあり、正角、平角、心持ち・心去り、含水率などの試験材の条件は様々である。概ね、正角は12cm角、平角は12×21ないし12×24cmが中心であり、含水率は乾燥材で平均20～28%、他は生材条件である。曲げ試験は、正角でスパン270cmの3等分点4点荷重法、平角で主にスパン360cm、荷重点間距離100cmの4点荷重法とした。

このように試験条件により、せん断付加撓み、含水率、寸法効果等の強度に対する影響の違いが考えられ、データの基準化が必要となってくる。ここでは、「製材品の強度性能に関するデータベース」(以下強度データベース)¹⁾に従って、これらの補正を行った。

3. 結果と考察

3.1 実大曲げ強度性能

試験体数214本のオウシュウアカマツの実大曲げ試験の結果を一括して表-1に、密度、曲げ強度性能の分布状況を図-1、図-2に示す。密度は、試験時の比重と含水率から乾燥収縮量を無視して計算した、みかけの気乾密度である。オウシュウアカマツの曲げ強度性能は、平均曲げ強度39.1MPa(標準偏差sd:10.54)、平均ヤング率8.92GPa(sd:1.74)となった。この結果は、先の強度データベースに記載されている国産アカマツの実大強度データの曲げ強度平均44.9MPa(標準偏差sd:14.2)、ヤング率

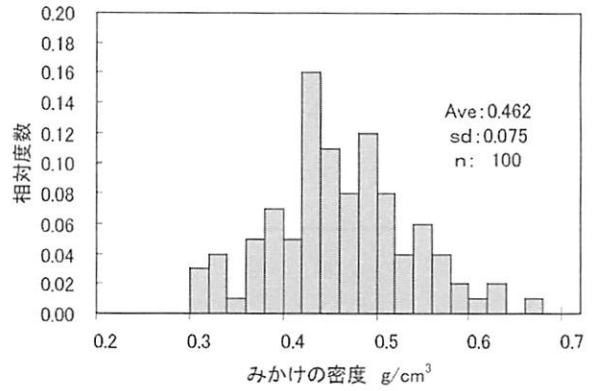


図-1 密度の分布

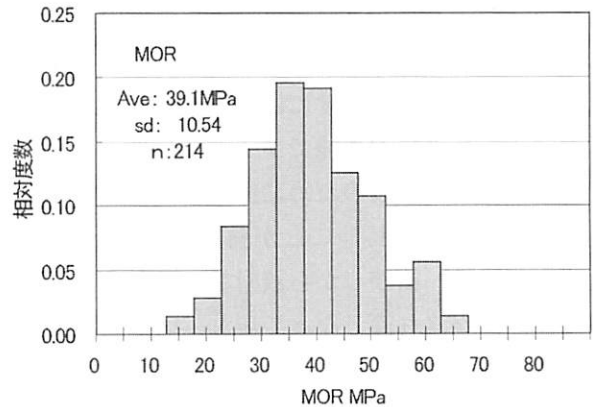
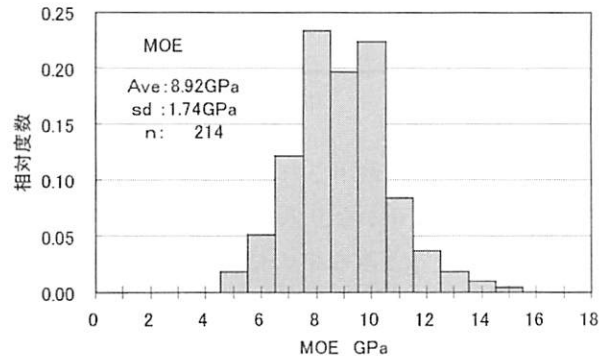


図-2 曲げ強度性能の分布

10.26GPa (sd:2.33)、あるいは東野ら⁶⁾による岩手県産アカマツ正角479kgf/cm² (sd:118)、101.2 tf/cm² (sd:17.8)の結果に比べて、やや低い値といえる。一方、錦織らによる島根県産アカマツ⁷⁾では曲げ強度352 kg/cm²、曲げヤング率99.5tf/cm²の結果報告もあるので、地域性あるいは試験体の材質的な違いが大きく影響する可能性をもっている。

今回の試験結果から、オウシュウアカマツの信頼水準75%、5%下限値(以下、下限値)を正規分布を仮定して求めると、21.0MPaとなった。この値は、

表-1 オウシュウアカマツ実大曲げ試験結果

	試験体数	寸法 cm	MC %	MOE		MOR		MOR 下限値 MPa	アカマツ 基準曲げ強度 MPa
				平均 GPa	SD GPa	平均 MPa	SD MPa		
全 体	214		29.0	8.92	1.74	39.08	10.54	21.0	28.2
心持ち材	159		26.6	9.37	1.67	41.38	10.20	23.7	
心去り材	55		37.3	7.62	1.20	32.43	8.56	17.0	
正角 心持ち	26	12x12	25.0	8.97	1.41	37.67	7.96		
正角 心去り	25	12x12	17.6	7.67	0.94	31.06	9.13		
平角 心持ち	130	12x21, 24	26.9	9.45	1.72	42.21	10.48		
平角 心去り	30	12x24	53.8	7.58	1.39	33.57	8.03		

現在のアカマツに適用されている基準強度（材料強度）28.2MPaよりかなり低い値といえ、アカマツと強度性能を同等とみなすのは難しいと考えられる。図-3に心持ち材、心去り材別の曲げ強度正規化順位曲線を示したが、心持ち材（平均41.38MPa）と心去り材（平均32.43MPa）の強度の違いが明確に現れており、心去り材が下限値を低下させているのが明らかである。心持ち材のみでは、下限値は23.7MPaとなっており、基準強度には及ばないものの、より高い値として評価が可能である。

アカマツは輪生枝のために節が断面内に集中することと大きな節を持つことが強度的な弱点となる。心持ち材では、節が心から放射状に現れるが、心去り材では、節が流れ節となって現れ、引張面では大きな強度低下を引き起こし、心去り材での強度低下を招いていると考えられる。

一方、東野による岩手産アカマツの試験結果⁶⁾では、心持ち材平均392kg/cm²、心去り材平均598kg/cm²で逆の結果が報告されている。これは、この試験では心持ち材に比べて心去り材の節径比が極めて小さい、すなわち心去り材は節の小さな良質材が多かったためと考えられる。

今回の試験結果からは、オウシュウアカマツを在来構法の梁・桁等の構造材として等級区分をしないで用いる場合には、低強度材が含まれ難い心持ち材で利用するのが望ましいと考えられる。

3.2 強度等級区分

構造用製材の日本農林規格（以下JAS）によって

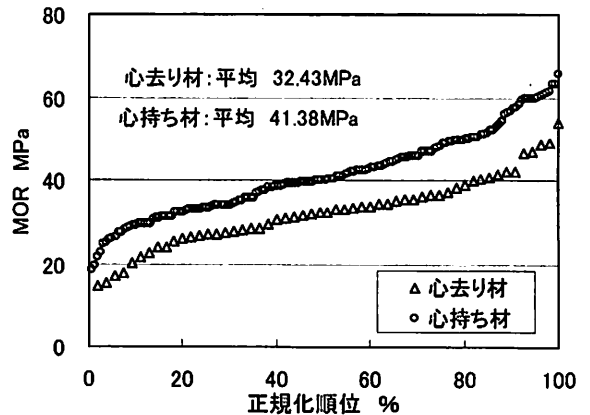


図-3 曲げ強度に対する木取りの影響

強度等級区分を行った結果を表-2に示す。JASによる目視等級区分を行った場合には、等外になった20本のうち18本は心去り材であったことから、等級区分により心去り材での低強度材は除去される結果となった。節の大きなアカマツでは等級区分の効果は大きいと言え、心去り、心持ちの影響も目視等級区分法が的確に対応しているようである。また、JAS甲種構造材の曲げ基準強度Fbに比べて、1級で若干低い結果となったが、試験体数により変動する可能性もあり、全体的には満足できる範囲と考えられ、現状ではオウシュウアカマツもアカマツの基準強度を用いても問題はないと思われる。

曲げヤング率と曲げ強度の関係を図-4に示す。相関係数は $r = 0.82$ であり、データ集に示されたアカマツの相関係数0.76あるいは他の樹種(ヒバ0.58

表-2 オウシュウアカマツの強度等級区分結果

	試験体数	MOE		MOR		アカマツ	
		平均	SD	平均	SD	下限値	基準曲げ強度
		GPa	GPa	MPa	MPa	MPa	Mpa
目視等級区分							
1 級	79	9.99	1.59	46.1	8.96	30.2	33.6
2 級	85	8.74	1.45	37.5	8.90	21.8	20.4
3 級	30	7.93	1.38	33.4	7.70	19.0	14.4
等外	20	6.95	0.92	26.5	6.22		
心持ち材のみ							
1 級	66	10.30	1.48	47.6	8.85	31.8	
2 級	72	8.91	1.44	38.1	8.96	22.2	
3 級	19	8.11	1.42	33.6	6.74	20.5	
等外	20	6.95	0.92	26.5	6.22		
機械等級区分							
E70 未満	8	5.50	0.33	23.1	3.53		
E70	64	7.29	0.54	30.9	6.52	19.2	12.0
E90	85	9.01	0.58	38.9	6.26	27.8	21.0
E110	49	10.73	0.59	49.5	7.23	36.4	30.6
E110 以上	8	13.23	0.96	58.8	5.93		

～シベリア産エゾマツ 0.86) に比べても最も相関の高いグループの樹種と見なし得る。また、心去り材はヤング率、曲げ強度ともに低い部分に集中しているが、心持ち材と心去り材で相関に大きな差は認められず、同一に扱える。相関が強いこともあり、各等級でバンド法により下限値を求めた結果は、基準強度を充分越える結果であり、アカマツの数値を用いることに全く問題はなく、より高い数値を与えるのが適当と思われる。

4. おわりに

シベリア産のオウシュウアカマツの正角、平角材の曲げ試験を行い、実大曲げ強度性能と構造用製材の日本農林規格に従って強度等級区分を行った場合の下限値を求めた。その結果、以下のことが明らかとなった。

1) シベリア産アカマツの曲げ強度性能は、平均でヤング率 E : 8.92GPa (標準偏差 sd : 1.74)、曲げ強度 σ_m : 39.1MPa (sd : 10.54) であり、この値は国産のアカマツに比べてやや低い値である。また、信頼水準 75% の 5% 下限値は、21.0MPa であり、建築基準法施行令に示されるアカマツの基準強度に達し

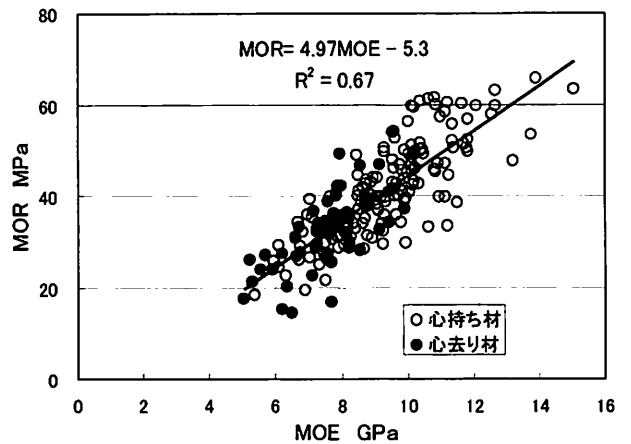


図-4 ヤング率と曲げ強度の関係

ておらず、無等級材として同数値を適用するのは適当ではない。

2) 曲げ強度は、試験材の木取りの影響を受けており、心去り材の強度性能が心持ち材に比べて明らかに低い結果となった。したがって、無等級材として在来工法用梁・桁として用いるなら、低強度材が含まれ難い心持ち材木取りで利用するのが望ましい。心持ち材のみで下限値を求めた場合には 23.7MPa が得られており、やや高めの評価が可能である。

3) 構造用製材の日本農林規格 (JAS) に基づき強度等級区分を行った場合には、目視等級区分、機械等級区分とも、強度差が明確に現れており、等級区分が効果的である。また、各等級の下限値は目視等級1級でやや基準強度を下回ったものの、他の等級ではより高い数値が得られており、現状ではアカマツの基準強度を適用しても問題はないものと思われる。

4) オウシュウアカマツは、節が大きく、かつ輪生しているために、節による強度低下が大きいことから、無等級材としてよりも強度等級区分を行って利用するのが適しており、特に機械等級区分はヤング率と曲げ強度の相関が高く、アカマツと大きく異なる値を示した。今後、構造用製材としての利用展開を進めていく場合には、無等級材、強度等級区分材ともアカマツとは異なる基準強度を設定する方向で検討するのが適当と考えられる。

文 献

- 1) 強度性能研究会 (独立行政法人森林総合研究所) : 「製材品の強度性能に関するデータベース」データ集 (5), p8-48 (2001)
- 2) 建設省 : 告示第1452号, 「木材の基準強度 F_c 、 F_t 、 F_b 及び F_s を定める件」 (2000)
- 3) 構造用製材の日本農林規格
- 4) 富山県森林政策課 : 「木材需給と木材工業の動向」, p5 (2003)
- 5) 中谷浩, 坂井正孝, 橋本彰 : 「シベリア産アカマツの実大強度性能」, 日本木材学会大会研究発表要旨集48巻, p112 (1998)
- 6) 東野正, 中野正志, 高芝俊雄 : アカマツ正角材の曲げ強度性能, 岩手林技セ研報, No.6, p29-48 (1996)
- 7) 錦織勇, 勝部理市, 安井昭 : 構造用製材の強度性能 (Ⅲ), 島根林技研報38, p51-59 (1987)

summary

This report deals with the bending properties of non-graded and stress-graded European redwood lumber in Siberia for increase of structural use. Results are summarized as follows;

- 1) The bending strength and Young's modulus of European redwood in Siberia were 39.1MPa (sd:10.54) and 8.92 GPa (sd:1.74) on average. These values were smaller than these (44.9MPa, 10.26GPa) of Redwood in Japan.
- 2) The 5% tolerance limit (75% confidence level) of strength was 21.0 MPa. This value does not reach the basic strength value (28.2MPa) of Redwood of the Japanese building code. This result is influenced by the low strength of lumber without pith, and the tolerance limit for lumber with pith were 23.7 MPa. Therefore the basic value must be smaller than 28.2 MPa for non-graded lumber of European redwood in Siberia.
- 3) The basic strength of European redwood in Siberia can use that of the building code of redwood, because the 5% tolerance limit of strength for graded lumbars for JAS was almost equivalent to the basic strength for graded lumber by JAS.
- 4) As the strength of lumber of European redwood is highly correlated with Young's modulus ($r:0.82$), the tolerance limits for all E grades are larger than the basic strength of redwood for the building code. Therefore the basic strength of mechanical graded lumber of European redwood can use that of the building code of redwood.
- 5) The basic strength for non-graded lumber of European redwood in Siberia becomes smaller, because strength plummets due to big knots. This indicates that European redwood in Siberia should be used as graded lumber. In order to promote further utilization of European redwood in Siberia as structural lumber, basic strength of the building code, which is different from that of redwood, should be provided regardless of non-graded or stress graded lumber.