

安全・安心な乾燥材生産技術の開発（Ⅱ）

－過度の高温乾燥材の強度特性（1）試験体の調製－

柴田直明・伊東嘉文*・吉田孝久・山内仁人

新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「安全・安心な乾燥材生産技術の開発」（2009～2011年度）の一環として、カラマツとアカマツの120mm心持ち正角を試験対象とし、過度の高温乾燥材の強度特性を検討した。本報では、それらの試験体の調製について記す。4m正角としてカラマツは計250本（乾燥処理：2回）を、アカマツは計150本（乾燥処理：1回）を調製したが、いずれもほぼ予定通りに仕上げられた。各正角から種々の試験体を切り出した際の鋸断位置等についても記した。

キーワード：カラマツ，アカマツ，天然乾燥，高温乾燥，強度低下

1 緒言

材面割れを軽減させるために蒸気式高温セット乾燥が広く行われるようになったが、過度な高温乾燥では内部割れが発生し、強度低下が懸念される。また、特にカラマツにおいては、高温処理による熱劣化も指摘されている。

そこで、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「安全・安心な乾燥材生産技術の開発」（2009～2011年度、中核機関：石川県林業試験場）の一環として、天然乾燥材と過度の高温乾燥材の強度特性を比較した。

なお、当センターは試験対象としてカラマツとアカマツの2樹種（いずれも120mm心持ち正角）を担当した。

本報では、それらの試験体の調製について報告する¹⁾。

2 試験の方法

2.1 カラマツ試験体の調製

2009年10月に生材状態のカラマツ丸太から140×140×4,000mmの心持ち正角150本を製材し、縦振動法によるヤング係数（以下、Efr）が等しくなるよう、直ちに3グループ（表-1のA、B、C）に仕分けた。仕分けに当たっては、正角寸法は製材寸法とし、重量は0.01kgの単位まで、縦振動数はハンディグレーダーHD-2001〔楸エーターエー〕を用いて測定した。

グループAの正角50本は棧積みし、屋根付天乾場にて天然乾燥に付した。グループB、Cの正角計100本は、意図的に内部割れや熱劣化を発生させるべく、表-4の過度の高温乾燥スケジュールによって乾燥させた。その後は、棧積み状態のま

ま室内に保管し、養生した。

いずれのグループの正角も、表-1に記した日程によって120mm正角にモルダー仕上げをした後、同表の備考欄に示した各種試験体に切り分けた。各試験体の長さは、表-2にまとめて示す。

グループAの試験体の鋸断は、図の(a)に従った。同図の木口aは、丸太時の元口側とした。正角の元末は、節の流れ方等から判断した。

同図の①③⑤⑦は、長さ約30mmの含水率試片である。同試片は、鋸断後直ちに重量を測定するとともに、スキャナにかけて内部割れ等の状態を記録した。その後、全乾法により鋸断時の含水率を求めた。

同図の②④⑥からは、表-1の備考欄の試験体を切り出した。ここで、同表の〔〕内の試験体は、曲げ試験体の非破壊部から後日切り出すことを示す。試験体の切り出しに際しては、木口からの距離による影響を避けるため、各試験体の採取位置を表-9の「鋸断案」のように分散させた。ただし、めり込み試験体は中央付近を無節にする必要があるため、「鋸断案」の位置で採取できない場合は、採材位置を変更した。また、正角の全長にわたって節が分散し、めり込み試験体が採取できない場合は、Efrの値に近い予備材と交換した。実際の鋸断位置の例を、表-9の右端に示す。

グループBの試験体の鋸断は、図の(c)に従った。同図の木口1は無作為とした。①～④は含水率試片で、グループAと同様に測定した。

グループCの試験体の鋸断は、図の(b)に従った。同図の木口aは、丸太時の元口側とした。試験体②④⑥⑧は、グループAと同様に採取した。

以上のほかに、カラマツについては縦引張試験

体も作製した。

2010年6月に生材状態のカラマツ丸太から145×145×4,000mmの心持ち正角100本を製材し、上記と同様にして2グループに仕分けた。

1グループは天然乾燥、もう1グループは表-4による過度の高温乾燥とした。

2.2 アカマツ試験体の調製

2010年1月に生材状態のアカマツ丸太から145×145×4,000mmの心持ち正角150本を製材し、表-1のカラマツ試験体と同様にして、各試験体を調製した。

アカマツ試験体の製造工程を、表-3に示す。

なお、アカマツの場合、製材直後の仕分けに当たっては、製材寸法をmm単位で実測した。

グループB、Cの正角計100本は、表-5の過度の高温乾燥スケジュールによって乾燥させた。

グループA、B、Cの試験体の鋸断は、表-1のカラマツと同様にした。ただし、グループBの鋸断は、図の(c)及び(d)に従った。

3 結果と考察

3.1 カラマツ試験体の調製

表-1の試験体作製において、製材直後の4m正角の密度とEfrを表-6に示す。3グループ間で比較すると、Efrとともに、密度についてもほぼ均等に仕分けられていた。

図によって作製した試験体の実際の鋸断位置を、表-10に示す。各試験体の鋸断位置は、ほぼ分散できたと思われる。なお、グループBは全て図の(c)に従って鋸断した。

上記で鋸断した含水率試片の全乾法による含水率を、表-12に示す。正角ごとの含水率には若干のバラツキ(高低)が認められたが、この時点での含水率としてはほぼ想定範囲内かと思われる。

なお、縦引張試験体についても、製材後の仕分け時における密度とEfrを表-7に示す。本試験体も、ほぼ均等に仕分けられたと思われる。

3.2 アカマツ試験体の調製

表-3の試験体作製において、製材直後の4m正角の密度とEfrを表-8に示す。

図の方式によって作製した試験体の実際の鋸断

位置を、表-11に示す。

上記で鋸断した含水率試片の全乾法による含水率を、表-13に示す。

グループB、Cの過度の高温乾燥材において表-13の含水率がやや高めであった以外は、カラマツの場合と同様、ほぼ予定通りの調製ができたと思われる。

4 結言

本報では、緒言に記した事業の前半で実施した試験のうち、その試験体の調製についてのみ記した。ほぼ予定通りの調製ができたと思われる。

これらの試験体は、原則として、全て当センターで節・材面割れ等の欠点調査をした上で、それぞれの強度試験に供した。ただし、グループCの接合部試験体のみは富山県農林水産総合技術センター木材研究所へ送付し、他県の試験体と共通の試験に供した。

当センターで実施した強度試験の結果については、別途報告する。

謝辞

本研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「安全・安心な乾燥材生産技術の開発」(2009～2011年度、中核機関：石川県林業試験場)の一環として実施した。

当該中課題責任者の加藤英雄氏(森林総合研究所)をはじめ、本事業の関係各位には多くのご指導をいただいた。

また、本試験の遂行に当たっては、守口海氏をはじめとする信州大学農学部の院生・学生諸氏、蒲原静子氏、五味妙子氏らの補助を得た。

関係する皆様に、厚く御礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 柴田直明・伊東嘉文・吉田孝久・山内仁人(2011)安全・安心な乾燥材生産技術の開発 ―乾燥条件と曲げ強度性能との関係―、長野県林業総合センター平成22年度業務報告, p. 114-115

表-1 カラマツ試験体の製造工程

工程	A 天然乾燥 (50本)	B 過度の高温 乾燥 (50本)	C 過度の高温 乾燥 (50本)
製材	2009年10月	2009年10月	2009年10月
モルダー仕上げ	2010年6月	2010年1~2月	2010年1~2月
試験体の鋸断	2010年7月	2010年2月	2010年6月
備考(試験項目)	曲げ [いす型せん断] [曲げせん断] 縦圧縮 めり込み	曲げ [いす型せん断] 曲げせん断 予備(乾燥評価)	縦圧縮 めり込み 接合部 予備(乾燥評価)

表-2 各試験体の長さ

試験体の種類	長さ(mm)
曲げ	2,400
いす型せん断*	150
曲げせん断*	720
縦圧縮	720
めり込み	720
接合部	1,000
Bの予備	630
Cの予備	1,200

* 表-1の[]内は曲げ試験体の非破壊部から後日鋸断

表-3 アカマツ試験体の製造工程

工程	A 天然乾燥 (50本)	B 過度の高温 乾燥 (50本)	C 過度の高温 乾燥 (50本)
製材	2010年1月	2010年1月	2010年1月
モルダー仕上げ	2010年6月	2010年2月	2010年2月
試験体の鋸断	2010年7月	2010年2月	2010年6月
備考(試験項目)	表-1の備考欄と同じ		

表-4 カラマツの過度の高温乾燥スケジュール

時間 (h)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	備考
10	95	95	蒸煮
24	120	90	高温セット
24	110	80	高温乾燥
240	90	60	中温乾燥

表-5 アカマツの過度の高温乾燥スケジュール

時間 (h)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	備考
10	95	95	蒸煮
24	120	90	高温セット
24	110	80	高温乾燥
144	90	60	中温乾燥

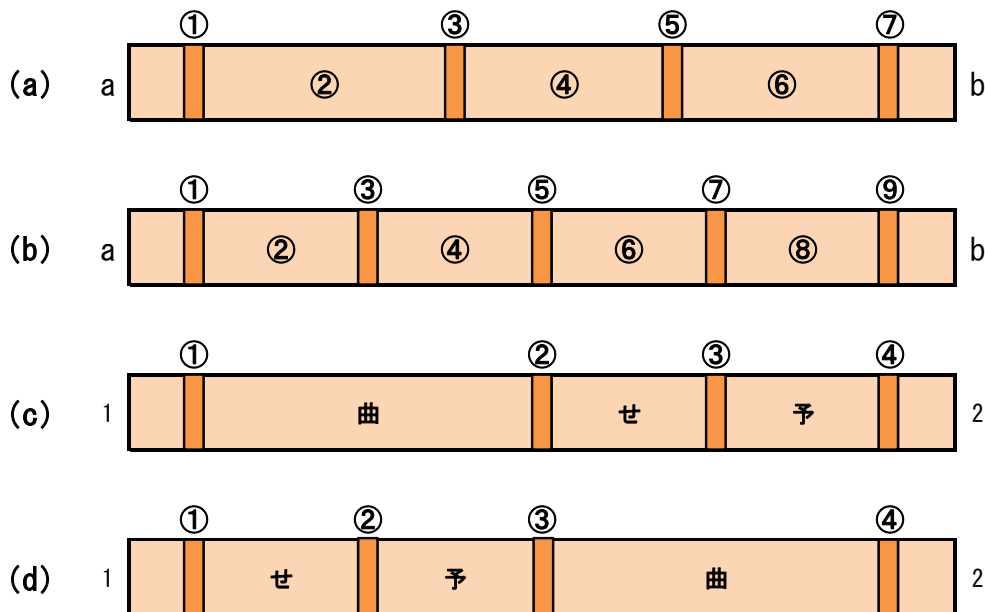


図 4 m正角からの試験体鋸断方式

①~⑨：試験体番号，曲：曲げ試験体，せ：曲げせん断試験体，予：予備(乾燥評価用)

表-6 製材直後のカラマツ4m正角仕分け時における密度とEfr

A 天然乾燥			B 過度の高温乾燥			C 過度の高温乾燥		
正角 No.	密度 (kg/m ³)	Efr (kN/mm ²)	正角 No.	密度 (kg/m ³)	Efr (kN/mm ²)	正角 No.	密度 (kg/m ³)	Efr (kN/mm ²)
4	695	11.98	1	770	11.43	6	562	6.98
10	727	11.49	2	673	11.81	8	671	12.58
11	738	10.96	3	659	12.43	13	616	9.14
17	760	13.46	5	582	10.30	16	675	14.54
20	746	10.98	7	560	9.09	24	649	10.04
21	701	10.41	9	713	11.58	25	767	11.06
22	576	10.68	12	612	11.13	28	740	12.35
27	734	14.37	14	762	12.97	35	642	11.46
31	595	11.15	15	524	8.01	37	621	9.81
33	664	10.79	18	622	10.51	38	654	11.27
36	653	13.02	19	702	11.09	39	639	7.75
43	714	10.60	23	676	14.06	45	677	9.43
47	612	10.14	26	550	10.11	46	594	10.51
50	543	8.89	29	621	9.61	53	665	10.08
51	519	8.84	30	628	10.70	55	716	11.72
52	581	7.27	32	706	11.79	68	716	14.28
54	626	9.68	34	743	12.56	70	653	13.36
56	569	10.08	40	658	8.50	72	633	11.50
57	624	9.18	41	622	6.37	77	588	8.91
60	717	11.64	42	617	10.22	78	665	10.89
61	532	8.23	44	641	10.13	80	684	12.90
62	590	7.63	48	637	12.11	83	721	9.66
63	710	10.76	49	676	14.17	84	620	10.76
64	613	9.68	58	510	8.68	87	614	9.58
65	637	11.71	59	585	10.17	90	717	13.63
66	680	13.56	67	676	13.72	91	645	10.69
71	631	11.18	69	630	9.63	95	589	10.14
73	609	9.81	74	664	10.70	98	701	13.14
75	694	12.28	82	628	9.24	100	574	8.77
76	607	10.26	85	704	10.89	102	517	8.16
79	688	9.50	86	565	10.00	103	684	12.10
81	672	10.27	88	708	13.72	104	552	9.22
89	528	9.52	93	645	10.56	105	654	11.14
92	679	12.24	96	545	10.36	106	688	10.95
94	607	11.97	97	645	9.78	111	659	10.40
99	678	11.33	101	573	8.94	112	639	11.62
110	655	13.86	107	657	14.75	113	643	9.74
115	600	11.33	108	699	12.95	117	672	13.99
116	734	12.89	109	657	11.54	118	636	11.91
119	819	12.77	114	736	11.38	122	693	12.18
125	722	14.40	120	612	9.94	127	526	8.48
130	582	9.90	121	719	13.22	128	728	10.13
132	688	13.97	123	517	8.06	131	602	10.58
134	585	10.07	124	621	11.21	133	702	13.00
136	678	13.13	126	590	9.77	137	727	10.26
139	673	11.46	129	610	12.16	138	715	13.75
141	637	10.14	135	545	10.95	140	631	11.18
144	615	10.47	147	575	9.34	142	672	11.35
146	513	8.33	149	711	13.31	143	596	10.27
148	513	9.16	150	670	11.20	145	637	9.94
平均	645	10.95	平均	639	10.94	平均	652	10.95
最大	819	14.40	最大	770	14.75	最大	767	14.54
最小	513	7.27	最小	510	6.37	最小	517	6.98
標準偏差	71.3	1.73	標準偏差	64.3	1.77	標準偏差	55.0	1.73
変動係数(%)	11.0	15.8	変動係数(%)	10.1	16.2	変動係数(%)	8.4	15.8

表-7 製材直後のカラマツ4m正角（縦引張試験体用）の密度とEfr

天然乾燥			過度の高温乾燥		
正角 No.	密度 (kg/m ³)	Efr (kN/mm ²)	正角 No.	密度 (kg/m ³)	Efr (kN/mm ²)
2	643	9.71	1	582	10.71
5	651	10.45	3	725	12.58
8	619	12.72	4	662	12.92
10	617	11.81	6	613	11.51
11	576	10.89	7	598	9.81
12	648	11.15	9	639	10.92
13	586	11.21	14	678	10.77
16	607	11.60	15	652	10.47
18	591	9.58	17	640	10.15
21	696	14.56	19	728	11.55
23	642	10.75	20	581	10.41
24	640	11.25	22	529	12.69
28	608	10.55	25	558	10.27
29	668	12.30	26	688	12.43
30	606	12.04	27	671	11.01
32	630	9.50	31	688	12.33
33	585	10.78	36	735	11.32
34	559	10.09	37	550	9.47
35	728	12.20	40	648	12.16
38	563	9.90	44	730	12.08
39	612	8.77	45	573	11.17
41	729	12.56	46	677	11.90
42	513	9.38	49	559	11.39
43	565	11.40	50	639	8.57
47	586	9.82	52	673	12.29
48	631	13.43	53	589	10.55
51	622	12.68	54	671	12.70
56	612	12.33	55	679	12.02
57	595	10.95	64	615	8.88
58	659	13.19	67	606	12.03
59	651	12.69	69	682	13.54
60	639	11.01	71	648	10.62
61	593	11.64	74	639	11.23
62	656	10.62	75	555	9.37
63	655	9.80	76	701	9.52
65	628	10.38	77	574	9.89
66	609	11.34	78	692	11.35
68	642	12.52	81	644	11.00
70	615	10.67	82	690	13.72
72	576	10.52	83	553	9.59
73	658	13.65	84	643	10.03
79	591	12.14	85	532	9.79
80	653	12.02	87	572	11.66
86	744	11.37	88	656	13.23
89	688	13.86	90	622	12.54
91	587	10.19	92	735	10.62
93	619	9.26	94	701	14.13
95	566	10.92	97	540	11.62
96	591	11.91	98	593	10.84
99	684	11.55	100	555	10.90
平均	625	11.31	平均	634	11.24
最大	744	14.56	最大	735	14.13
最小	513	8.77	最小	529	8.57
標準偏差	46.1	1.30	標準偏差	59.6	1.28
変動係数(%)	7.4	11.5	変動係数(%)	9.4	11.3

表-8 製材直後のアカマツ4m正角仕分け時における密度とEfr

A 天然乾燥			B 過度の高温乾燥			C 過度の高温乾燥		
正角 No.	密度 (kg/m ³)	Efr (kN/mm ²)	正角 No.	密度 (kg/m ³)	Efr (kN/mm ²)	正角 No.	密度 (kg/m ³)	Efr (kN/mm ²)
1	773	9.58	3	606	10.53	4	672	9.94
2	639	8.33	8	829	9.46	11	730	7.54
5	750	9.44	9	720	9.29	12	599	9.65
6	605	10.51	19	697	10.79	13	737	9.81
7	686	10.31	20	577	11.34	17	864	10.27
10	856	8.48	24	791	10.50	18	771	10.25
14	593	10.79	26	669	9.95	21	616	10.56
15	646	11.45	27	756	10.62	23	576	10.74
16	637	10.62	31	696	13.39	28	618	10.88
22	757	10.57	32	724	11.60	29	906	12.31
25	560	9.89	34	681	11.57	36	646	9.91
30	651	9.76	43	585	11.96	37	722	9.93
33	639	8.89	45	597	8.71	40	712	9.32
35	833	8.05	49	657	8.17	41	746	8.64
38	860	11.89	51	714	10.85	42	679	10.01
39	666	10.43	58	652	7.45	44	690	9.43
47	662	9.97	59	803	10.10	46	930	13.15
48	723	8.41	60	626	7.67	54	656	11.82
50	577	7.33	64	757	8.10	57	772	8.30
52	535	7.25	66	674	9.93	62	595	8.78
53	759	10.74	70	879	8.53	67	678	11.42
55	661	10.89	72	741	10.26	68	762	11.61
56	817	9.94	79	682	8.02	69	663	10.58
61	746	7.46	80	795	9.03	73	645	10.56
63	658	10.09	82	850	9.72	74	701	10.09
65	703	11.42	85	578	8.44	76	657	10.72
71	804	8.00	88	697	11.19	78	822	7.46
75	864	11.91	91	729	10.72	83	703	10.95
77	551	9.14	97	778	10.04	84	860	11.24
81	806	9.39	99	655	11.95	87	709	10.06
86	853	8.74	106	656	10.81	92	812	10.79
89	666	10.79	108	576	7.84	95	852	11.59
90	765	10.59	109	632	9.86	101	833	11.95
93	662	10.09	113	679	7.81	102	588	11.34
94	644	11.55	114	821	10.16	103	557	9.75
96	839	10.15	116	729	7.38	105	697	8.40
98	799	11.64	118	726	8.97	110	605	7.25
100	669	9.22	122	698	10.60	111	678	7.45
104	585	9.93	123	584	9.90	112	788	8.00
107	788	7.42	126	644	6.54	117	625	10.42
115	756	7.55	129	735	11.07	119	761	9.16
121	584	7.74	131	502	8.89	120	632	7.15
124	665	10.96	133	672	9.19	125	610	9.03
135	719	12.72	138	718	7.43	127	589	8.00
137	638	11.08	141	944	10.56	128	831	9.12
139	835	8.01	144	749	9.63	130	543	7.82
140	880	9.18	145	812	11.54	132	636	8.74
142	777	9.83	146	787	9.34	134	610	9.37
143	836	8.94	147	809	9.98	136	654	8.13
149	698	13.23	150	624	11.90	148	778	10.84
平均	714	9.81	平均	706	9.79	平均	702	9.80
最大	880	13.23	最大	944	13.39	最大	930	13.15
最小	535	7.25	最小	502	6.54	最小	543	7.15
標準偏差	95.5	1.46	標準偏差	88.8	1.47	標準偏差	95.3	1.44
変動係数(%)	13.4	14.9	変動係数(%)	12.6	15.0	変動係数(%)	13.6	14.7

表-9 カラマツ試験体の鋸断方法*

A 天然乾燥の鋸断案と実際の鋸断位置							
Efr 順位	正角 No.	鋸断案			鋸断位置		
		②	④	⑥	②	④	⑥
1	52	(予備)			(予備)		
2	62	曲	め	圧	曲	め	圧
3	61	圧	曲	め	(予備)		
4	146	め	圧	曲	曲	め	圧
5	51	曲	め	圧	め	圧	曲
6	50	(予備)			め	曲	圧
7	148	圧	曲	め	圧	曲	め
8	57	め	圧	曲	め	圧	曲
9	79	曲	め	圧	曲	圧	め
10	89	圧	曲	め	曲	め	圧
11	54	(予備)			(予備)		
12	64	め	圧	曲	圧	曲	め
13	73	曲	め	圧	め	曲	圧
14	130	圧	曲	め	め	曲	圧
15	134	め	圧	曲	め	圧	曲
16	56	(予備)			(予備)		
17	47	曲	め	圧	め	曲	圧
18	141	圧	曲	め	曲	め	圧
19	76	め	圧	曲	圧	め	曲
20	81	曲	め	圧	め	圧	曲
21	21	(予備)			め	曲	圧
22	144	圧	曲	め	(予備)		
23	43	め	圧	曲	め	圧	曲
24	22	曲	め	圧	め	圧	曲
25	63	圧	曲	め	圧	め	曲
26	33	圧	曲	め	圧	曲	め
27	11	め	圧	曲	圧	め	曲
28	20	曲	め	圧	曲	圧	め
29	31	圧	曲	め	圧	曲	め
30	71	(予備)			(予備)		
31	99	め	圧	曲	め	圧	曲
32	115	曲	め	圧	め	圧	曲
33	139	圧	曲	め	圧	曲	め
34	10	め	圧	曲	圧	曲	め
35	60	(予備)			(予備)		
36	65	曲	め	圧	曲	め	圧
37	94	圧	曲	め	め	曲	圧
38	4	め	圧	曲	圧	曲	め
39	92	曲	め	圧	(予備)		
40	75	(予備)			め	圧	曲
41	55	圧	曲	め	め	曲	圧
42	116	め	圧	曲	圧	め	曲
43	36	曲	め	圧	曲	め	圧
44	136	圧	曲	め	圧	め	曲
45	17	(予備)			(予備)		
46	66	め	圧	曲	曲	め	圧
47	110	曲	め	圧	圧	め	曲
48	132	圧	曲	め	圧	曲	め
49	27	め	圧	曲	曲	め	圧
50	125	(予備)			(予備)		

表-10 カラマツ試験体の鋸断位置*

A 天然乾燥				C 過度の高温乾燥				
正角 No.	鋸断位置			正角 No.	鋸断位置			
	②	④	⑥		②	④	⑥	⑧
4	圧	曲	め	6	(予備)			
10	圧	曲	め	8	(予備)			
11	圧	め	曲	13	予	め	圧	接
17	(予備)			16	予	接	圧	め
20	曲	圧	め	24	(予備)			
21	め	曲	圧	25	接	圧	め	予
22	め	圧	曲	28	圧	め	予	接
27	曲	め	圧	35	予	接	圧	め
31	圧	曲	め	37	接	め	圧	予
33	圧	曲	め	38	圧	め	予	接
36	曲	め	圧	39	接	圧	予	め
43	め	圧	曲	45	圧	め	予	接
47	め	曲	圧	46	接	圧	め	予
50	め	曲	圧	53	予	圧	め	接
51	め	圧	曲	68	圧	め	予	接
52	(予備)			70	(予備)			
54	(予備)			72	め	予	接	圧
55	め	曲	圧	77	圧	予	接	め
56	(予備)			78	(予備)			
57	め	圧	曲	80	接	圧	予	め
60	(予備)			83	め	接	圧	予
61	(予備)			84	め	予	接	圧
62	曲	め	圧	87	(予備)			
63	圧	め	曲	90	圧	め	予	接
64	圧	曲	め	91	(予備)			
65	曲	め	圧	95	予	圧	め	接
66	曲	め	圧	98	め	予	接	圧
71	(予備)			100	圧	め	予	接
73	め	曲	圧	102	接	圧	め	予
75	め	圧	曲	103	予	接	圧	め
76	圧	め	曲	104	接	圧	め	予
79	曲	圧	め	105	圧	め	予	接
81	め	圧	曲	106	予	圧	め	接
89	曲	め	圧	111	圧	め	予	接
92	(予備)			113	接	め	圧	予
94	め	曲	圧	117	接	圧	め	予
99	め	圧	曲	118	め	予	接	圧
110	圧	め	曲	119	め	圧	予	接
115	め	圧	曲	122	圧	め	接	予
116	圧	め	曲	127	接	圧	予	め
125	(予備)			128	接	圧	め	予
130	め	曲	圧	131	予	接	圧	め
132	圧	曲	め	133	予	圧	め	接
134	め	圧	曲	137	圧	め	予	接
136	圧	め	曲	138	予	接	圧	め
139	圧	曲	め	140	(予備)			
141	曲	め	圧	142	接	圧	め	予
144	(予備)			143	(予備)			
146	曲	め	圧	145	め	予	接	圧
148	圧	曲	め	172	(予備)			

※(表-8,9 共通) 曲：曲げ, め：めり込み, 圧：縦圧縮, 接：接合部, 予：予備(乾燥評価用)

表-11 アカマツ試験体の鋸断位置※

A 天然乾燥				B 過度の高温乾燥		C 過度の高温乾燥				
正角 No.	鋸断位置			正角 No.	鋸断 方式	正角 No.	鋸断位置			
	②	④	⑥				②	④	⑥	⑧
1	(予備)			4	(予備)	3	予	接	圧	め
2	圧	め	曲	11	(予備)	8	(予備)			
5	曲	め	圧	12	c	9	接	圧	め	予
6	圧	曲	め	13	d	19	接	圧	め	予
7	圧	め	曲	17	d	20	予	接	圧	め
10	圧	め	曲	18	(予備)	24	接	め	圧	予
14	め	圧	曲	21	c	26	(予備)			
15	圧	曲	め	23	c	27	圧	予	接	め
16	曲	圧	め	28	(予備)	31	予	接	圧	め
22	め	圧	曲	29	c	32	予	め	接	圧
25	曲	め	圧	36	(予備)	34	(予備)			
30	圧	曲	め	37	c	43	圧	め	予	接
33	圧	曲	め	40	c	45	予	接	圧	め
35	め	曲	圧	41	c	49	(予備)			
38	曲	圧	め	42	c	51	(予備)			
39	曲	圧	め	44	(予備)	58	め	予	接	圧
47	め	圧	曲	46	(予備)	59	め	圧	予	接
48	(予備)			54	c	60	(予備)			
50	曲	め	圧	57	(予備)	64	め	圧	予	接
52	(予備)			62	c	66	め	予	接	圧
53	圧	曲	め	67	c	70	接	圧	め	予
55	(予備)			68	d	72	圧	め	予	接
56	圧	曲	め	69	(予備)	79	接	圧	め	予
61	め	圧	曲	73	d	80	め	予	接	圧
63	め	曲	圧	74	d	82	接	圧	め	予
65	曲	め	圧	76	d	85	圧	め	予	接
71	圧	曲	め	78	d	88	接	圧	め	予
75	め	曲	圧	83	c	91	予	接	圧	め
77	曲	圧	め	84	c	97	接	圧	め	予
81	圧	め	曲	87	c	99	接	圧	め	予
86	曲	圧	め	92	c	106	圧縮	め	予	接
89	曲	め	圧	95	d	108	予	接	圧	め
90	(予備)			101	c	109	予	接	圧	め
93	曲	め	圧	102	c	113	圧	予	接	め
94	(予備)			103	d	114	(予備)			
96	(予備)			105	c	116	接	圧	め	予
98	め	圧	曲	110	d	118	(予備)			
100	め	曲	圧	111	d	122	(予備)			
104	め	曲	圧	112	d	123	(予備)			
107	圧	曲	め	117	d	126	め	圧	予	接
115	曲	圧	め	119	c	129	圧	め	予	接
121	(予備)			120	c	131	め	予	接	圧
124	圧	曲	め	125	(予備)	133	予	接	圧	め
135	曲	め	圧	127	d	138	予	接	圧	め
137	め	圧	曲	128	d	141	め	予	接	圧
139	め	圧	曲	130	d	144	圧	め	予	接
140	(予備)			132	c	145	め	予	接	圧
142	圧	め	曲	134	c	146	圧	め	予	接
143	曲	め	圧	136	c	147	予	接	圧	め
149	(予備)			148	c	150	予	接	圧	め

※(A, C共通) 曲 : 曲げ, め : めり込み, 圧 : 縦圧縮, 接 : 接合部, 予 : 予備 (Bのc, d) 図による

表-12 カラマツ試験体鋸断時の含水率（全乾法）

A 天然乾燥					B 過度の高温乾燥					C 過度の高温乾燥					
正角	試片別の含水率 (%)				正角	試片別の含水率 (%)				正角	試片別の含水率 (%)				
No.	①	③	⑤	⑦	No.	①	③	⑤	⑦	No.	①	③	⑤	⑦	⑨
4	14.0	16.0	15.9	13.8	1	6.3	15.2	14.3	7.1	13	7.6	11.9	11.8	11.4	7.9
10	14.3	16.1	16.2	13.3	2	7.8	15.7	14.2	7.7	16	7.9	14.0	14.6	13.6	8.4
11	13.6	15.8	15.7	12.8	7	7.3	11.0	9.5	7.3	25	7.8	13.1	12.0	12.2	8.6
20	14.1	17.0	16.8	14.1	12	7.3	14.7	13.5	7.5	28	8.3	14.6	14.9	13.3	8.2
21	13.7	16.6	16.3	14.0	14	7.5	16.2	15.3	7.4	35	7.4	10.1	10.3	10.1	7.9
22	14.2	16.3	16.8	13.2	15	7.2	9.8	8.2	7.2	37	7.9	11.0	10.7	10.7	8.0
27	13.9	16.2	16.4	13.8	18	8.0	13.8	13.3	8.0	38	7.8	11.6	11.8	11.8	8.1
31	14.2	17.1	17.0	14.3	19	7.7	11.7	10.8	7.6	39	7.8	10.7	10.7	9.9	7.5
33	14.4	16.9	16.9	13.8	23	7.4	12.6	12.1	7.6	45	7.8	12.4	12.5	11.2	7.4
36	13.9	16.6	17.0	14.3	26	7.2	11.1	9.5	7.1	46	8.0	10.8	11.0	10.7	7.8
43	13.4	16.0	15.9	13.4	32	7.9	15.7	14.0	8.0	53	8.0	10.7	10.5	10.1	8.0
47	14.0	16.6	16.4	13.9	34	7.4	17.0	15.7	7.8	68	8.1	15.4	14.6	14.8	8.5
50	13.6	15.7	15.4	13.6	40	7.7	10.9	10.1	8.0	72	8.0	10.4	11.2	10.7	8.2
51	13.8	16.9	16.7	13.6	41	6.8	9.4	9.1	7.6	77	8.0	10.6	11.4	11.3	7.9
55	13.5	15.9	16.0	13.4	42	7.3	10.8	9.3	7.0	80	7.8	13.1	13.3	12.6	8.2
57	13.7	15.5	15.4	13.4	44	7.5	11.9	10.9	7.4	83	7.7	10.0	10.0	9.3	8.1
62	13.3	14.8	14.6	13.4	48	7.8	13.7	12.7	8.0	84	7.3	11.0	11.7	10.9	7.7
63	13.7	15.9	16.0	13.8	49	7.5	11.9	13.4	7.4	90	8.3	15.1	15.0	14.0	8.5
64	13.0	15.2	15.5	13.4	59	7.4	10.7	10.3	7.8	95	7.3	8.3	9.2	9.4	7.7
65	13.3	15.5	15.3	12.9	67	7.8	14.4	13.1	7.6	98	7.8	12.4	12.7	12.4	8.0
66	13.1	16.3	16.8	13.2	69	7.5	11.1	10.9	7.6	100	7.5	8.5	9.2	9.2	7.9
73	14.1	16.2	16.2	13.7	74	7.7	13.1	12.2	7.4	102	7.6	9.2	9.7	9.7	7.7
75	13.4	16.1	15.9	13.5	82	7.6	13.4	12.6	7.6	103	7.9	13.5	13.2	12.6	8.1
76	13.0	15.9	15.7	13.7	88	7.1	13.9	12.2	7.2	104	7.7	10.0	9.9	9.7	7.5
79	13.9	16.1	16.1	13.7	93	7.5	13.5	12.3	7.4	105	7.9	12.0	11.9	11.5	8.0
81	13.4	16.8	16.3	13.7	96	7.4	10.9	9.4	7.5	106	8.0	12.5	12.4	11.9	8.0
89	13.8	15.2	15.0	13.7	97	7.6	14.2	13.2	7.8	111	8.2	14.1	13.9	13.4	8.4
94	14.0	16.8	16.9	14.1	101	7.5	11.8	10.8	7.7	113	8.1	12.3	12.4	12.8	8.2
99	13.4	16.7	16.5	13.9	107	7.9	16.6	16.9	8.1	117	8.0	13.1	13.2	12.8	7.9
110	14.3	17.0	17.1	14.0	108	7.9	15.6	14.7	7.9	118	8.2	12.1	12.2	11.7	8.2
115	14.0	16.6	16.8	14.1	109	8.4	17.3	16.1	8.0	119	8.8	14.9	14.6	13.9	7.9
116	14.5	18.2	18.0	14.2	114	7.6	14.7	14.3	7.6	122	7.8	12.1	12.2	12.7	8.2
130	13.1	15.1	15.2	13.5	120	7.8	12.4	11.1	7.9	127	7.5	10.4	10.1	10.0	7.5
132	13.7	16.2	16.2	13.2	121	8.3	17.7	16.6	8.3	128	8.1	11.6	10.9	10.7	7.9
134	13.2	15.4	15.6	13.3	123	7.8	7.9	7.7	8.3	131	8.0	11.2	11.1	10.3	7.6
136	13.8	16.4	16.5	13.6	124	7.3	12.0	11.7	7.6	133	8.3	13.5	13.4	13.2	8.1
139	13.4	16.1	16.2	13.4	126	7.6	13.1	12.6	7.8	137	7.4	10.7	11.4	11.1	8.0
141	14.0	15.8	16.0	13.7	129	7.0	12.9	11.7	6.9	138	7.8	10.4	10.0	9.6	7.4
146	13.1	15.4	15.5	13.3	135	7.2	12.5	11.5	7.7	142	8.1	12.2	12.9	12.0	8.2
148	13.2	14.9	14.3	13.4	147	7.6	12.2	11.9	7.7	145	7.8	11.9	12.0	11.6	8.1
平均	13.7	16.1	16.1	13.6	平均	7.5	13.1	12.2	7.6	平均	7.9	11.8	11.9	11.5	8.0
最大	14.5	18.2	18.0	14.3	最大	8.4	17.7	16.9	8.3	最大	8.8	15.4	15.0	14.8	8.6
最小	13.0	14.8	14.3	12.8	最小	6.3	7.9	7.7	6.9	最小	7.3	8.3	9.2	9.2	7.4
標偏*	0.41	0.69	0.73	0.36	標偏*	0.38	2.29	2.27	0.33	標偏*	0.30	1.73	1.60	1.47	0.30
変係*	3.0	4.3	4.6	2.6	変係*	5.0	17.4	18.6	4.4	変係*	3.8	14.6	13.4	12.8	3.8

* 標偏*：標準偏差， 変係*：変動係数 (%)

表-13 アカマツ試験体鋸断時の含水率 (全乾法)

A 天然乾燥					B 過度の高温乾燥					C 過度の高温乾燥					
正角	試片別の含水率 (%)				正角	試片別の含水率 (%)				正角	試片別の含水率 (%)				
No.	①	③	⑤	⑦	No.	①	③	⑤	⑦	No.	①	③	⑤	⑦	⑨
2	14.0	15.2	13.9	13.6	12	9.9	16.9	15.4	12.4	3	9.0	13.7	13.3	13.1	10.9
5	13.6	15.5	15.2	13.7	13	9.1	16.4	16.5	11.4	9	11.0	18.1	17.7	16.9	13.8
6	14.6	14.1	15.1	13.0	17	9.2	18.7	18.8	14.3	19	10.4	15.0	16.3	16.3	14.9
7	13.4	17.5	16.9	15.9	21	10.3	16.2	16.1	12.4	20	9.9	15.2	15.3	15.4	12.7
10	13.2	15.5	14.1	14.5	23	10.3	17.1	16.2	10.3	24	12.9	17.3	17.4	17.8	15.4
14	13.2	15.7	15.5	14.8	29	12.1	19.8	19.2	16.9	27	10.5	14.3	14.7	15.0	12.6
15	14.0	17.2	16.7	15.8	37	9.4	14.9	14.4	10.5	31	11.5	17.3	16.4	15.7	13.5
16	14.0	16.3	16.1	15.3	40	9.6	15.2	15.2	11.0	32	9.5	14.2	12.3	14.6	10.6
22	12.7	16.0	16.3	15.2	41	10.0	15.8	15.2	10.8	43	10.3	17.2	17.5	17.5	14.1
25	15.0	16.0	15.9	13.2	42	10.5	18.1	16.6	12.3	45	9.9	15.0	14.0	14.3	10.7
30	12.7	15.9	15.4	14.3	54	10.0	16.3	14.4	11.3	58	11.2	15.5	14.3	15.2	13.6
33	14.9	16.2	16.2	12.3	62	8.7	12.8	11.4	9.2	59	9.4	17.8	18.0	17.5	15.5
35	13.6	15.9	16.1	14.9	67	10.2	17.2	15.4	10.2	64	10.4	15.5	13.7	14.6	11.1
38	14.3	16.2	16.4	15.4	68	9.9	19.6	20.2	15.2	66	9.9	14.6	14.2	15.2	11.0
39	14.7	16.4	14.8	14.1	73	8.4	13.0	14.6	10.4	70	10.5	14.0	14.7	16.4	13.3
47	12.4	15.7	15.7	14.2	74	8.5	14.4	14.8	13.4	72	9.6	17.2	15.5	16.0	13.0
50	14.1	17.5	17.1	15.5	76	9.2	15.4	16.1	10.6	79	10.2	15.7	16.8	14.4	13.8
53	14.9	16.7	16.6	13.4	78	11.0	18.7	19.2	16.9	80	10.7	13.6	14.1	15.0	13.1
56	14.8	17.4	17.5	16.6	83	11.2	16.9	16.1	12.8	82	11.7	17.4	15.4	18.0	15.6
61	12.5	15.0	14.8	14.5	84	10.2	16.3	14.9	13.1	85	9.5	15.2	16.0	15.3	12.2
63	14.0	16.0	15.9	14.8	87	9.0	13.5	13.0	10.1	88	9.7	14.5	12.9	14.4	11.8
65	15.1	16.1	16.6	14.5	92	9.2	16.6	17.1	12.9	91	9.4	15.1	15.5	15.7	11.9
71	12.4	17.1	16.9	16.3	95	12.5	20.2	18.7	16.7	97	9.1	14.8	13.7	15.6	11.5
75	13.6	16.7	16.0	14.6	101	12.0	15.4	17.2	12.3	99	9.7	17.6	17.4	16.1	13.5
77	14.4	17.1	17.2	14.9	102	11.6	14.8	15.0	10.6	106	9.2	13.7	14.5	14.0	10.8
81	15.4	17.1	17.2	15.5	103	9.0	14.7	14.6	9.7	108	11.1	12.8	12.4	12.4	8.7
86	14.0	16.2	16.2	14.2	105	9.0	14.2	15.6	8.7	109	9.3	14.2	14.4	13.2	9.5
89	14.7	16.8	16.9	16.1	110	8.8	14.1	14.8	9.6	113	9.1	11.6	12.8	12.7	10.1
93	13.2	15.8	16.1	15.0	111	8.6	12.7	13.1	9.4	116	9.7	15.6	16.0	16.3	13.0
98	12.6	16.8	17.1	15.6	112	9.8	16.3	17.0	14.5	126	8.9	12.5	12.4	12.2	11.9
100	13.6	14.7	16.2	14.6	117	9.3	16.3	15.1	12.3	129	9.9	14.1	13.6	14.1	11.7
104	15.6	16.4	17.0	14.6	119	7.1	16.6	16.7	13.9	131	8.6	12.2	12.5	12.0	10.4
107	13.6	15.5	15.7	14.6	120	9.6	13.9	15.0	12.0	133	9.2	12.7	13.1	12.9	10.5
115	14.6	15.8	16.9	15.6	127	8.8	12.9	13.2	9.1	138	11.2	14.7	13.6	14.3	10.3
124	16.0	18.4	18.3	15.7	128	10.7	18.3	18.3	16.1	141	13.9	18.9	19.1	19.4	17.4
135	14.6	17.4	18.7	16.7	130	7.7	12.1	14.5	9.5	144	10.3	15.3	14.9	15.8	13.3
137	13.2	18.2	18.2	16.1	132	9.0	13.1	13.3	10.6	145	12.6	16.4	17.0	17.0	13.9
139	14.7	17.0	17.3	16.7	134	9.1	13.4	13.3	9.9	146	11.9	16.7	17.0	17.4	15.7
142	14.3	15.3	15.3	13.9	136	8.5	12.1	12.7	9.1	147	14.1	16.8	16.6	17.2	12.1
143	14.1	15.4	15.3	13.9	148	10.0	17.1	15.7	11.2	150	10.2	18.2	17.0	18.0	11.6
平均	14.0	16.3	16.3	14.9	平均	9.7	15.7	15.6	11.8	平均	10.4	15.3	15.1	15.4	12.5
最大	16.0	18.4	18.7	16.7	最大	12.5	20.2	20.2	16.9	最大	14.1	18.9	19.1	19.4	17.4
最小	12.4	14.1	13.9	12.3	最小	7.1	12.1	11.4	8.7	最小	8.6	11.6	12.3	12.0	8.7
標偏*	0.91	0.92	1.06	1.04	標偏*	1.16	2.17	1.96	2.29	標偏*	1.30	1.80	1.82	1.78	1.92
変係*	6.5	5.7	6.5	7.0	変係*	12.0	13.8	12.5	19.4	変係*	12.5	11.8	12.0	11.6	15.3

* 標偏* : 標準偏差, 変係* : 変動係数 (%)