

四国産スギの構造材としての材質*

瀧野 眞二郎**・佐々木 光**・川井 秀一**

Structural Properties of Sugi from the Shikoku Districts*

Shinjiro P. TAKINO**, Hikaru SASAKI** and Shuichi KAWAI**

1. はじめに

四国産スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) の主伐ならびに間伐材より製材された間柱, タイコ根太, タイコ大引き, 母屋角の材質について試験した結果を報告する。なお, 供試材を御提供下さった住友林業住宅株式会社 に深甚なる謝意を表す。また, とりまとめに協力頂いた勝山主任に対してもここに謝意を表す。

2. 供試材および試験方法

2.1. 供試材

供試材は, 四国産スギで, 生育地, 樹齢, 材種および試験本数は Table 1. の通りである。間柱は幅 90 mm, 厚さ 30 mm, タイコ根太は幅約87 mm 厚さ 45 mm, タイコ大引きは幅約 128 mm 厚さ 90 mm, 母屋角 (背割り材) は幅 105 mm 厚さ 105 mm である。

Table 1. 材種, 植栽林班, 樹齢および供試本数

材種 \ 林班	高敷5林班 74年生	別子24林班 48年生	大永26林班 33年生
間柱	5本	5本	5本
タイコ根太	5	5	5
タイコ大引き	5	5	5
母屋角	5	5	5

2.2. 試験方法

2.2.1 乾燥による, 反り, ねじれ, 割れ, 収縮率の測定

伐採, 製材後未乾燥状態 (以下湿潤という) のまま重量, 中央断面の寸法を測定し, その後, 冷・暖房のきいた比較的相対湿度の低い実験室内 (約45% RH) に約6カ月間立てかけ急速にかつ十分に乾燥したものについて反り, ねじれおよび割れ, 重量, 含水率 (電気低抗による), 中央断面の寸法を測定した。この乾

* 間伐材の利用に関する研究 (Ⅳ) とする, Studies on the Utilization of Logs from the Thinning Operation (Ⅳ).

** 木質材料部門, Research Section of Composite Wood.

乾燥条件は現実に遭遇する最も苛酷なものを想定している。

反りについては曲率の最も大きな材面（タイコのもは厚さ方向の反りのみ）について材長 2,300 mm に対する中央矢高を測定した。ねじれについては間隔 2,500 mm に置かれた 2 本の平行な鋼製の丸棒の上に静置し（長方形断面のものは平に置く）、一方の丸棒の測線に材面を密着させたときの他方の丸棒からの材面の一端の浮き上がり量を測定した。また、割れについてはすべての材面に生じた乾燥割れの長さを測定し、その合計で表わした。収縮率は湿潤状態を基準に算出し、繊維飽和点含水率を 30% と考えそれ以上の含水率では収縮をおこさないとした場合の繊維飽和点から乾燥状態までの含水率 1% 当りの平均収縮率を求めた。

2.2.2. 曲げ試験

湿潤の状態では曲げヤング係数（間柱、タイコ根太で 60 kg、タイコ大引きで 200 kg、母屋角で 150 kg まで）を測定し、約 6 カ月間乾燥した後、実大寸法のまま曲げ試験を行った。試験方法は Fig. 1 に示す通りで、中央集中荷重の方法を用いた。曲げ破壊係数 MOR、曲げヤング係数 MOE は、中央における見かけの断面についての値である。試験には島津油圧式 10 t 万能試験機を用い、たわみ測定には精度 1/100 mm のダイヤルゲージを用いた。

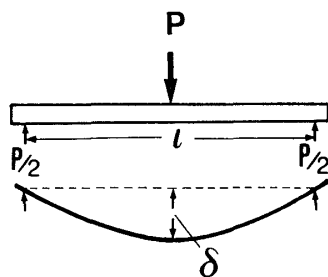


Fig. 1. 曲げ試験の方法

l : 間柱では 500 mm, タイコ根太では 800 mm, タイコ大引きでは 1,600 mm, 母屋角では 1,800 mm

2.2.3. くぎの引抜き抵抗

湿潤時に間柱材および母屋角材に N45 丸くぎを打ち込み、引抜き抵抗の経時変化を調べた。また、建築作業中に一旦ゆるみが生じたくぎの残留引抜き抵抗を調べる意味で、打ち込みの後数日～十数日経過したものをいったん 1 mm 程引抜き、そのときの引抜き抵抗と、その後数十日間乾燥を行った後の引抜き抵抗の残留値を比較した。なお、くぎ引抜き試験における乾燥条件はすべて 20 C, 65% RH である。

3. 試験結果および考察

3.1 乾燥による反り、ねじれ、割れ、収縮率

各材種についての乾燥による狂いを Table 2～Table 5 に示した。反り、ねじれは断面積の小さいものに大きく現われている。また、割れは大鼓落しの大引き材に多く見られた。これは、断面が大きいのに背割りが入っていないことに起因すると思われる。含水率 1% 当りの収縮率は、各材種とも約 0.1% となった。これらは、極めて苛酷な乾燥条件を経た材の性状であるから、とくに割れなどは実際の場合にはこれよりも幾分良いものと考えらるべきであろう。

3.2. 曲げ性能

各材種についての湿潤時および乾燥後の曲げ性能を Table 2～Table 5 に示した。Table には供試材の

Table 2. スギ間柱材の乾燥による狂いと湿潤時および乾燥後の曲げ性能

試験体 No.	湿潤時		乾燥後				1%当りの収縮率		湿潤時		乾燥後		乾気比
	幅	厚さ	含水率	反り	ねじれ	割れ	含水率	幅	厚さ	幅	厚さ	MOE	
	mm	mm	%	mm	mm	cm	%	mm	mm	%	mm	ton/cm ²	kg/cm ²
101	90.3	32.0	74.7	36.0	5.3	0	7.2	88.3	31.3	0.097	0.096	41.6	422
102	90.5	32.2	68.7	5.0	5.5	24	6.5	88.3	31.0	0.103	0.158	45.4	424
103	90.2	31.5	66.4	10.9	0.8	13	6.5	88.8	30.0	0.066	0.203	49.9	429
104	90.4	31.9	62.4	29.7	3.6	0	6.1	87.6	31.4	0.130	0.066	54.9	482
105	90.7	32.5	93.7	31.8	4.3	0	6.5	87.1	31.8	0.133	0.092	49.2	462
106	90.4	31.8	84.6	21.2	0	0	6.7	87.6	31.2	0.109	0.081	62.5	588
107	93.8	30.3	76.3	37.3	1.2	0	6.5	91.4	29.2	0.128	0.154	71.3	656
108	89.9	31.6	67.2	11.2	7.3	0	6.6	87.2	30.6	0.092	0.135	58.6	665
109	90.3	32.0	68.8	9.0	16.2	102	7.0	88.4	30.7	0.091	0.177	58.0	594
110	90.0	32.1	73.0	28.0	10.1	30	7.1	87.6	31.6	0.116	0.068	58.3	640
111	90.5	31.0	82.6	13.8	18.1	237	7.1	88.6	30.2	0.092	0.113	45.3	427
112	89.9	30.5	62.9	21.0	4.8	0	7.5	85.5	30.3	0.218	0.029	55.7	489
113	91.2	32.5	64.7	10.4	11.6	41	7.7	89.6	31.5	0.079	0.138	41.9	478
114	91.3	32.0	68.2	14.2	7.6	0	7.1	88.1	31.4	0.153	0.082	64.5	547
115	89.7	31.8	37.1	40.0	20.7	180	6.5	88.1	30.6	0.076	0.160	36.0	415
平均			70.1	21.3	7.8	41.8	6.8			0.117	0.117	52.8	514
標準偏差			12.7	11.6	6.4	73.7	0.44			0.040	0.048	9.8	92.0



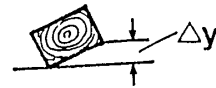
* 材長 2,700 mm に対する中央矢高 (2方向のうち最大のもの)
 ** 材長 2,500 mm に対する右図の Δy
 *** 材面に表われた割れの長さの合計

MOE : 曲げヤング係数
 MOR : 曲げ破壊係数 (強度)

Table 3. スギ根太（タイコ）材の乾燥による狂いと湿潤時および乾燥後の曲げ性能

試験体 No.	湿 潤 時			乾 燥 後						1%当り の収縮率	湿 潤 時	乾 燥 後		見掛け の気乾 比重
	幅	厚 さ	含水率	反 り*	ねじれ**	割 れ***	含水率	幅	厚 さ	厚 さ	MOE	MOE	MOR	
	mm	mm	%	mm	mm	cm	%	mm	mm	%	ton/cm ²	ton/cm ²	kg/cm ²	
201	88.0	45.3	81.8	8.1	1.5	303	7.2	86.0	43.9	0.136	54.0	58.8	487	0.39
202	83.6	45.3	59.8	20.4	7.8	108.5	7.1	82.0	44.6	0.067	48.7	52.7	500	0.39
203	90.4	46.0	39.6	10.7	1.0	249	6.8	87.6	44.5	0.140	61.6	76.5	659	0.46
204	80.8	45.2	48.4	14.3	2.1	50	7.0	79.0	44.0	0.115	60.0	66.4	475	0.39
205	80.7	46.2	49.5	10.3	0.4	195	6.7	78.5	45.0	0.111	68.7	77.6	527	0.38
206	94.6	44.8	73.3	9.5	11.2	154	7.0	92.1	43.0	0.175	66.0	73.6	681	0.46
207	88.4	45.6	59.4	17.7	3.0	112	7.0	85.5	44.0	0.152	51.9	62.2	524	0.44
208	99.3	45.6	69.4	24.4	6.3	196	7.0	93.7	43.8	0.172	59.6	72.8	547	0.36
209	96.0	44.7	79.2	10.7	0	192	6.5	92.1	44.6	0.010	61.7	62.5	491	0.38
210	80.8	45.6	62.2	8.5	0.8	244	6.2	78.4	44.3	0.120	63.8	73.0	457	0.38
211	84.7	45.7	55.4	7.9	4.8	261	6.4	82.5	44.3	0.130	82.5	90.4	744	0.47
212	89.7	45.7	44.2	11.3	4.2	288	6.7	88.1	44.7	0.094	63.4	67.2	399	0.37
213	79.8	46.2	51.0	9.4	5.9	233	7.5	78.1	44.8	0.135	61.2	72.7	570	0.38
214	85.9	45.7	100.4	7.2	0	179	7.5	83.5	44.7	0.097	59.6	78.0	558	0.35
215	78.4	44.8	36.2	26.8	2.0	90	6.5	77.7	43.9	0.085	48.3	50.0	363	0.32
平均			60.6	13.1	3.4	190.3	6.9			0.116	60.7	69.0	532	0.39
標準偏差			17.6	6.2	3.3	75.3	0.38			0.042	8.5	10.6	102	0.043

* 材長 2,700 mm に対する厚さ方向の反り（中央矢高）
 ** 材長 2,500 mm に対する右図の Δy
 *** 材面に表われた割れの長さの合計



MOE : 曲げヤング係数
 MOR : 曲げ破壊係数（強度）

Table 4. スギ大引き (タイコ) 材の乾燥による狂いと湿潤時および乾燥後の曲げ性能

試験体 No.	湿潤時		乾燥後				1%当りの収縮率		湿潤時	乾燥後		見掛けの気乾比重	
	幅 mm	厚さ mm	含水率 %	反り mm	* ねじれ mm	** 割れ cm	含水率 %	幅 mm	厚さ mm	厚さ %	MOE ton/cm ²		MOR kg/cm ²
301	133.4	91.1	58.0	1.5	0	330.0	8.5	130.2	89.2	0.097	55.6	369	0.37
302	134.1	90.0	101.0	3.1	3.1	434.0	7.6	131.4	86.2	0.188	57.0	370	0.32
303	142.0	90.3	70.1	2.0	2.5	343.0	8.0	139.0	87.0	0.166	64.9	438	0.30
304	143.5	90.2	121.8	0	0.5	314.0	8.0	141.2	89.0	0.060	50.0	392	0.32
305	129.6	90.5	85.1	21.0	1.1	342.0	7.1	127.3	89.6	0.043	38.2	235	0.32
306	114.6	91.9	55.1	1.6	2.4	487.0	7.1	112.0	90.0	0.090	62.3	537	0.35
307	121.8	90.8	118.4	1.6	2.8	861.0	8.0	119.6	88.5	0.115	51.5	315	0.32
308	138.3	91.4	73.2	3.1	3.1	361.0	7.5	134.8	88.5	0.141	80.6	668	0.46
309	122.3	92.4	109.0	2.9	1.3	436.0	8.5	119.5	91.7	0.035	55.8	364	0.34
310	117.1	90.7	60.5	3.0	0.5	320.0	7.5	104.6	88.5	0.108	86.1	697	0.44
311	124.0	91.6	70.4	2.7	2.4	445.0	8.5	121.8	88.3	0.168	68.0	551	0.37
312	121.8	92.4	80.0	6.2	1.5	316.0	8.5	119.5	88.7	0.186	59.4	403	0.37
313	127.8	91.8	101.2	2.2	3.5	496.0	8.2	125.0	90.6	0.060	61.4	487	0.36
314	121.2	89.8	70.6	3.4	0.5	346.0	7.6	117.9	86.9	0.144	75.3	749	0.41
315	130.4	91.4	97.4	3.3	5.5	374.0	7.4	127.8	88.7	0.131	57.2	421	0.34
平均			84.8	3.8	2.0	414.0	7.9			0.115	61.6	440	0.36
標準偏差			22.0	4.9	1.5	138.0	0.51			0.051	12.2	190	0.046



* 材長 2,700 mm に対する厚さ方向の反り (中央矢高)

** 材長 2,500 mm に対する右図の Δy

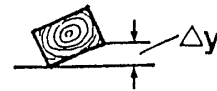
*** 材面に表われた割れの長さの合計

MOE : 曲げヤング係数
MOR : 曲げ破壊係数 (強度)

Table 5. スギ母屋角材の乾燥による狂いと湿潤時および乾燥後の曲げ性能

試験体 No.	湿 潤 時			乾 燥 後						1%当り の収縮率	湿 潤 時 MOE	乾 燥 後		気 乾 比 重
	幅	厚 さ	含水率	反 り*	ねじれ**	割 れ***	含水率	幅	厚 さ			MOE	MOR	
	mm	mm	%	mm	mm	cm	%	mm	mm	%	ton/cm ²	ton/cm ²	kg/cm ²	
401	105.8	106.2	61.0	3.6	3.7	43.5	6.5	103.1	103.4	0.108	70.4	76.1	632	0.43
402	107.2	107.0	90.8	6.7	3.4	0	8.0	105.0	104.2	0.093	50.5	57.6	424	0.39
403	106.5	108.8	46.0	1.4	0	0	6.1	103.9	105.2	0.102	62.8	72.7	557	0.40
404	108.3	107.1	76.3	1.1	2.4	215.0	7.2	105.2	103.8	0.126	58.9	66.0	536	0.40
405	107.7	108.3	76.0	3.2	3.8	0	6.6	105.7	105.9	0.079	58.8	66.5	508	0.39
406	107.9	107.1	71.5	3.0	8.8	11.0	7.1	105.6	104.9	0.093	52.9	57.1	472	0.37
407	105.4	105.0	23.1	1.7	8.6	44.5	6.0	101.8	102.5	0.142	57.8	77.4	525	0.40
408	107.0	107.9	65.7	1.6	2.7	136.0	6.3	104.4	105.2	0.102	74.3	83.3	636	0.44
409	108.1	107.9	98.9	1.8	1.4	207.0	7.0	105.8	105.1	0.092	68.2	76.8	587	0.43
410	108.3	109.7	76.4	1.9	8.4	120.0	7.3	106.0	107.4	0.094	61.9	67.5	594	0.39
411	108.0	107.1	76.9	11.0	4.5	0	7.5	105.9	104.8	0.086	45.2	49.4	309	0.34
412	107.0	107.3	73.7	8.0	0	150.0	7.4	104.8	104.6	0.091	52.9	44.2	405	0.38
413	108.8	108.5	85.9	1.4	0	101.0	7.8	106.9	104.2	0.079	57.2	63.4	428	0.34
414	106.9	106.7	44.7	16.4	4.8	0	7.4	104.5	103.3	0.099	54.5	60.5	499	0.39
415	106.2	106.2	38.0	1.5	0.7	0	7.5	103.4	104.0	0.117	57.7	62.6	415	0.37
平均			67.0	4.3	3.5	54.9	7.0			0.100	58.9	65.4	502	0.39
標準偏差			20.9	4.4	3.1	71.0	0.6			0.017	7.7	10.8	93.3	0.029

* 材長 2,700 mm に対する中央矢高 (2方向のうち最大のもの)
 ** 材長 2,500 mm に対する右図の Δy
 *** 材面に表われた割れの長さの合計



MOE : 曲げヤング係数
 MOR : 曲げ破壊係数 (強度)

瀧野・佐々木・川井：四国産スギの構造材としての材質

材断面 30×90 mm, くぎ引抜き抵抗の初期値 $P(T=0) = 17,02 \text{ kg/cm}$
 (試験数 $n=15$, S.D. = 3.74 kg/cm)

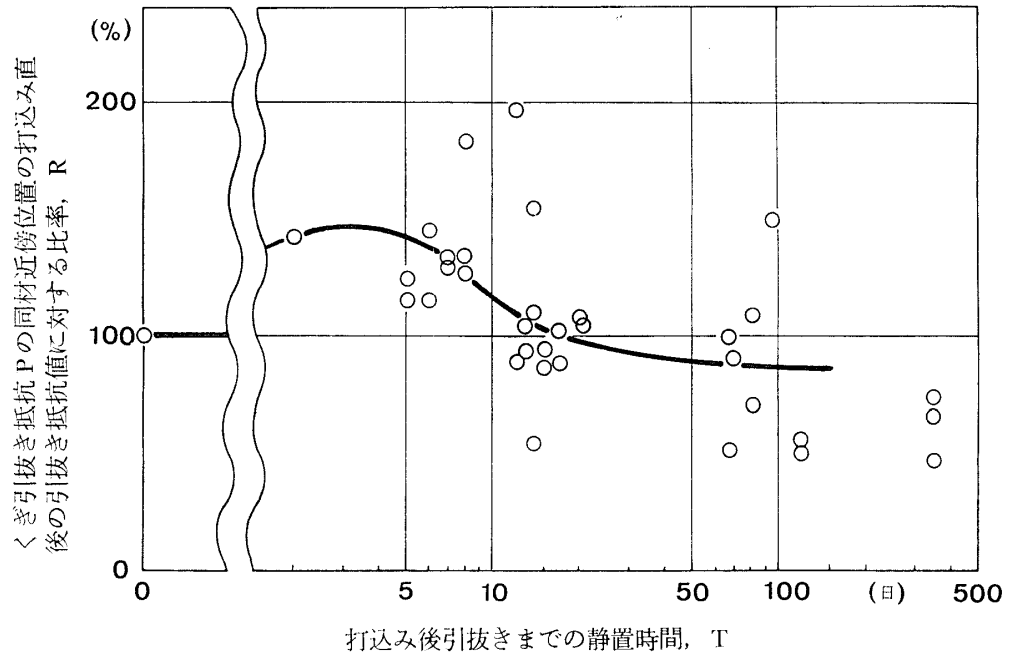


Fig. 2. 湿潤材に打ち込まれたくぎの引抜き抵抗の経時変化
 (間柱材に N45 を打ち込んだ場合)

材断面 105×105 mm, $P(T=0) = 15,03 \text{ kg/cm}$
 ($n=15$, S.D. = $3,40 \text{ kg/cm}$)

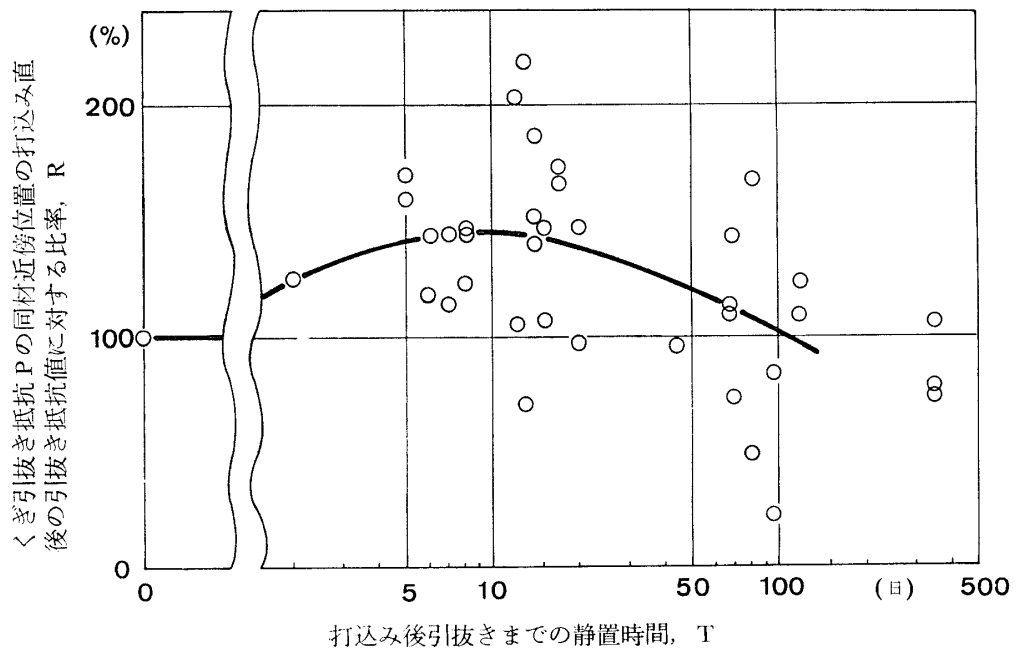


Fig. 3. 湿潤材に打ち込まれたくぎの引抜き抵抗の経時変化
 (母屋角材に N45 を打ち込んだ場合)

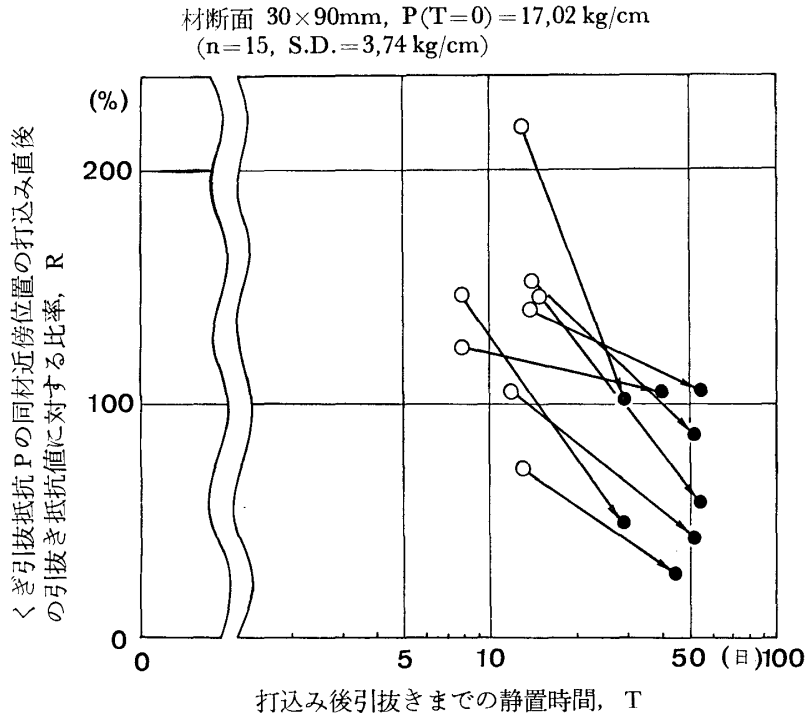


Fig. 4. 間柱材に湿潤状態で打ち込まれたくぎが数日～十数日間に一旦約 1 mm 引き抜かれた (図中○印) 後静置乾燥され再び引き抜かれた (図中●印) 場合の引抜き抵抗の変化 (建築作業中のくぎのゆるみを想定した実験)

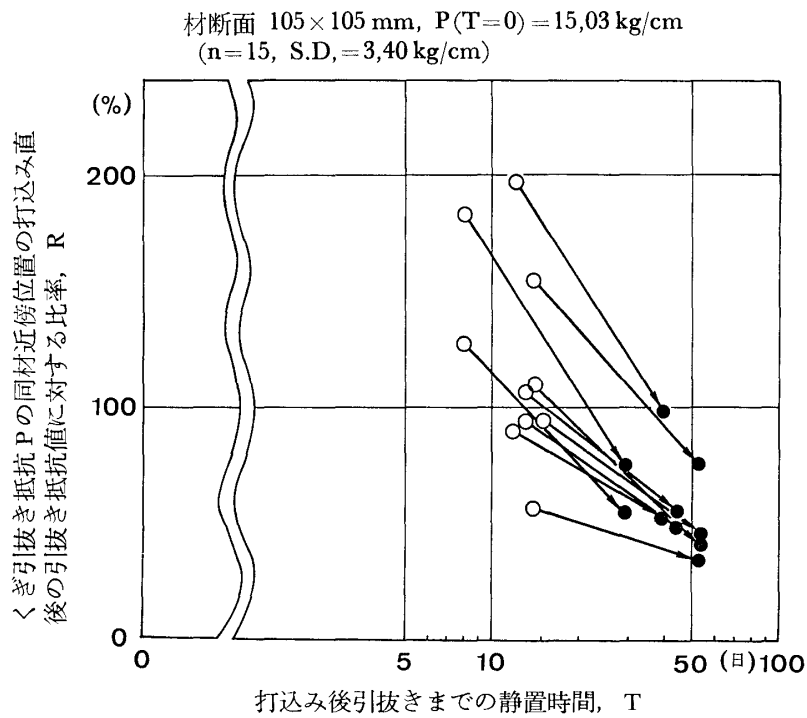


Fig. 5. 母屋角材に湿潤状態で打ち込まれたくぎが数日～十数日間に一旦約 1 mm 引き抜かれた (図中○印) 後静置乾燥され再び引き抜かれた (図中●印) 場合の引抜き抵抗の変化 (建築作業中のくぎのゆるみを想定した実験)

湿潤時および乾燥時の寸法、含水率および気乾比重があわせて記されている。乾燥することにより曲げヤング係数 (MOE) は増加しているが、その増加率は10%程度で、無欠点小試験片で観察されるものより増加率が著しく小さい。これは割れの発生、とくに節の周辺のマクロな割れの発生に起因するものと考えられる。No. 115 と No. 305 の材は荷重点直下に大きな節が存在したため反りも大きく、ヤング係数や強度も著しく低かった。このような材は品等区分の際除外されるべきである。これらを除けば全体として乾燥後のヤング係数は 50 ton/cm^2 以上が期待でき、強度 (MOR) は 350 kg/cm^2 以上が期待できる。また、樹齢による差異は、供試材の本数も少なく、植栽林地も異なるため明確には言えないが、曲げ性能に関して差異はないと考えられる。

3.3 くぎの引抜き抵抗

Fig. 2 と Fig. 3 に、くぎの引抜き抵抗の経時変化を示した。くぎの引抜き抵抗の経時変化はかなりバラツキが大きいのではっきりしたことは言えないが、打った後しばらくはサビの出現に伴って引抜き抵抗の増加が見られ、時間経過とともに初期の値またはそれよりわずかに低い値にまで下ってくるものと考えられる。Fig. 4 と Fig. 5 にくぎの引抜き抵抗の残留を示した。これらと Fig. 2, 3 を比べると、一度ゆるみを与えたくぎは与えないくぎより時間経過に対する引抜き抵抗の低下が著しいことがわかる。

4. おわりに

四国産スギの主伐ならびに間伐材より製材された4種の材の材質試験を行った結果次の結論を得た。

- 1) 乾燥による反り、ねじれは断面積の小さいものに大きく現われ、割れは大鼓落しの大引き材に多く見られた。
- 2) 全体として乾燥後の曲げヤング係数は 50 ton/cm^2 以上が期待でき、曲げ強度は 350 kg/cm^2 以上が期待できる。
- 3) くぎの引抜き抵抗の経時変化は、打った後しばらくは引抜き抵抗の増加が見られ、時間経過とともに初期の値またはそれよりわずかに低い値になると考えられる。