

浅川実験林苗畑の杭試験（1）

杭の被害程度を評価する方法

雨 宮 昭 二⁽¹⁾

1. ま え が き

杭試験をはじめ、実用に供されている杭その他の土木用材や建物における各部材の被害程度を評価する方法には、いままで各種の方法が提案され、用いられてきた。その方法を大きく分ければ、木材を破壊して行なう方法と無破壊で行なう方法とがある。

前者のうち化学的な方法として木材成分を分析して、その成分変化、とくにセルロースやリグニンの変化割合から推定したり、アルカリ可溶成分の変化やアルカリ消費量から腐朽程度を簡易に測定する方法が提案されている^{1) 2)}。物理的な方法として、比重の減少、圧縮や曲げ強度の減少程度から腐朽程度を推定する方法が多く用いられている^{3) 4) 5)}。これらの木材を破壊する方法はかなり正確な評価を行なうことができるが、評価せんとする木材が破壊できない場合、たとえば杭試験のように時間の経過とともに材の変質状態を調査してゆく場合とか、土木用材や建築材のようにまだ使用中の材の場合には実行しがたい。

そのため、木材を破壊しないで被害程度を推定する方法が必要である。この方法のうちで最も多く用いられているのが、観察によりその材が使用可能であるか、不能であるかを区別する方法であるが⁶⁾、これはあまりにも定性的であり主観的であつて、評価された等級の内容が客観性に乏しい。とくに強度との関係が明らかでないので、評価された結果はその材料のみに適用され、しかも被害の具体的な状態は調査を行なつた人のみが理解しているだけで、他の人に伝えにくいからその結果の応用性に乏しい。これに対して無破壊で定量的な客観性のある結果を求めようとして試みられたのが、釘保持力の測定である^{7) 8)}。この方法は圧縮強度との関係も比例関係にあつて便利であるが、木材含水率の変化の烈しい材料では測定しがたく、測定方法そのものもかなり熟練を要するようである。その他にはX線や放射線により木材を透視撮影して診断する方法もあるが^{9) 10) 11)}、これらは定性的であり初期腐朽の段階では判定がむづかしいといわれている。また、当研究室の内藤により一定の力を金属棒に加えて材中へのめりこみ深さから、腐朽程度を定量的に表現しようという試みがなされたが、材の含水率の変化、測定箇所によるばらつきなどがあつて、まだかなり検討の余地を残している。

以上のように各種の方法を検討してみると、いずれも欠点があつてよりよい方法はなかなか決定しがたい。しかし、なんらかの方法で被害の程度を表現し、それに客観性を付与しなければ、せつかくの杭試験その他の実用試験を行なつても、自己満足に終わるのみで、普遍性、応用性に乏しい。そこでわれわれの研究室においては、定性的な客観性をかなりもつていると思われる方法、すなわち各部分ごとに観察により被害程度を評価し、各等級に分類する方法を採用して、数編の報告を發表している^{12) 13) 14) 15)}。この杭試

(1) 木材部材質改良科木材防腐研究室員

験においても、同じ方法を採用して記録をとっているが、各等級の定義は非常に抽象的であり、強度との関係も明らかでないので、定量的な客観性に乏しく、その結果の利用価値も少ない。そこで、われわれの行なっている観察による分類等級と強度との間に、どのような関係があるかを知り、できれば定量的客観性をあたえようとして本実験を行なった。

本実験では、毎年抜きとつてきた杭のうち、スギの無処理杭数 10 本の各部分について、観察による分類等級、すなわち被害度を求めるとともに、さらに新たな試みとして杭の表面に見える腐朽部分の面積とその腐朽の程度から腐朽度という連続的な数値で表現する方法を試みて、両者と圧縮強度との関係を求めたところ、両者ともかなり密接な相関関係の成立することが明らかになったので、ここに報告する所である。

なお、本報告の一部は、第 12 回木材学会大会において発表済みのものである。また、経過年数と杭の圧縮強度、比重、含水率などの変化については、別の機会に報告する予定である。

本実験に協力と助言を賜った早稲田大学理工学部十代田三郎教授、神山幸弘助手、城戸孝一郎氏、小穴隆雄氏と木材部強度研究室ならびに防腐研究室の諸氏に対して深く感謝する。

2. 実験に用いられた材料

防腐剤の野外における効果や各樹種の耐朽性を知るために、浅川実験林の苗畑で杭試験を行なっている。それらの杭のうち観察による変化のみを記録しているものと、定期的な杭を抜きとり、杭の各部の圧縮強度を測定しているものがあるが、本実験では後者のグループに属するものうち、無処理のスギ心材で、すでに抜きとつて圧縮強度を測定したあとの試験片について行なった。

使用した杭に関する資料は次のとおりである。

- 1) 樹 種 スギ
- 2) 寸 法 $3 \times 3 \times \text{約} 50 \text{ cm}$
- 3) 野外設置時期 昭和 33 年 7 月
- 4) 埋込方法 杭の長さの半分は地中に、他の半分は地上に出るように垂直に埋めこみ、常にその状態を保持させるようにした。
- 5) 抜取時期 3, 6, 9 月, 1 年, 1 年 3 月, 1 年 9 月, 2 年 3 月, 2 年 9 月, 3 年。
- 6) 抜取本数 心材材ごとに各時期に 3 本ずつ。ただし、2 年 3 月のみ 5 本。
- 7) 本実験に用いた杭の数 3, 6, 9 月, 1 年までは 1 本ずつ、それ以後は全数。合計心材、材材ごとに 21 本。
- 8) 杭の切断方法 地上部、地下部ともに木口部分、地際部分と両者の中間部分の各 3 カ所から長さ 6 cm の試験片を合計 6 個きりとつた。
- 9) 圧縮強度試験片 上記のようにしてきりとられた試験片の寸法は約 $3 \times 3 \times 6 \text{ cm}$ で、両木口面のみをかんな仕上げしてある。
- 10) 圧縮強度変化率の計算法 設置前に各杭の両端から長さ 6 cm の試験片を 1 個ずつきりと、縦圧縮強度を測定してその平均値をその杭の埋込前の強度とした。その値と 8) の項のように 6 部分からとられた 6 個の試験片の強度との差を、埋込み前の強度でわつた比率を百分率で表わしたものである。

- 11) 被害程度を評価した試験片 9)の項の強度を測定した試験片の側面をうすくかな仕上げして表面を平滑にし、汚染した色をけずりとつたものである。
- 12) 埋込み前の杭の圧縮強度の平均値と標準偏差 Table 1 のとおりである。

Table 1. 埋込み前の杭の圧縮強度
Strength of compression for stakes before setting.

	No. of stakes	No. of test pieces	Mean value	Standard deviation
Sapwood	35	70	232kg/cm ²	± 36kg/cm ²
Heartwood	35	70	272	± 40

3. 被害度の評価方法

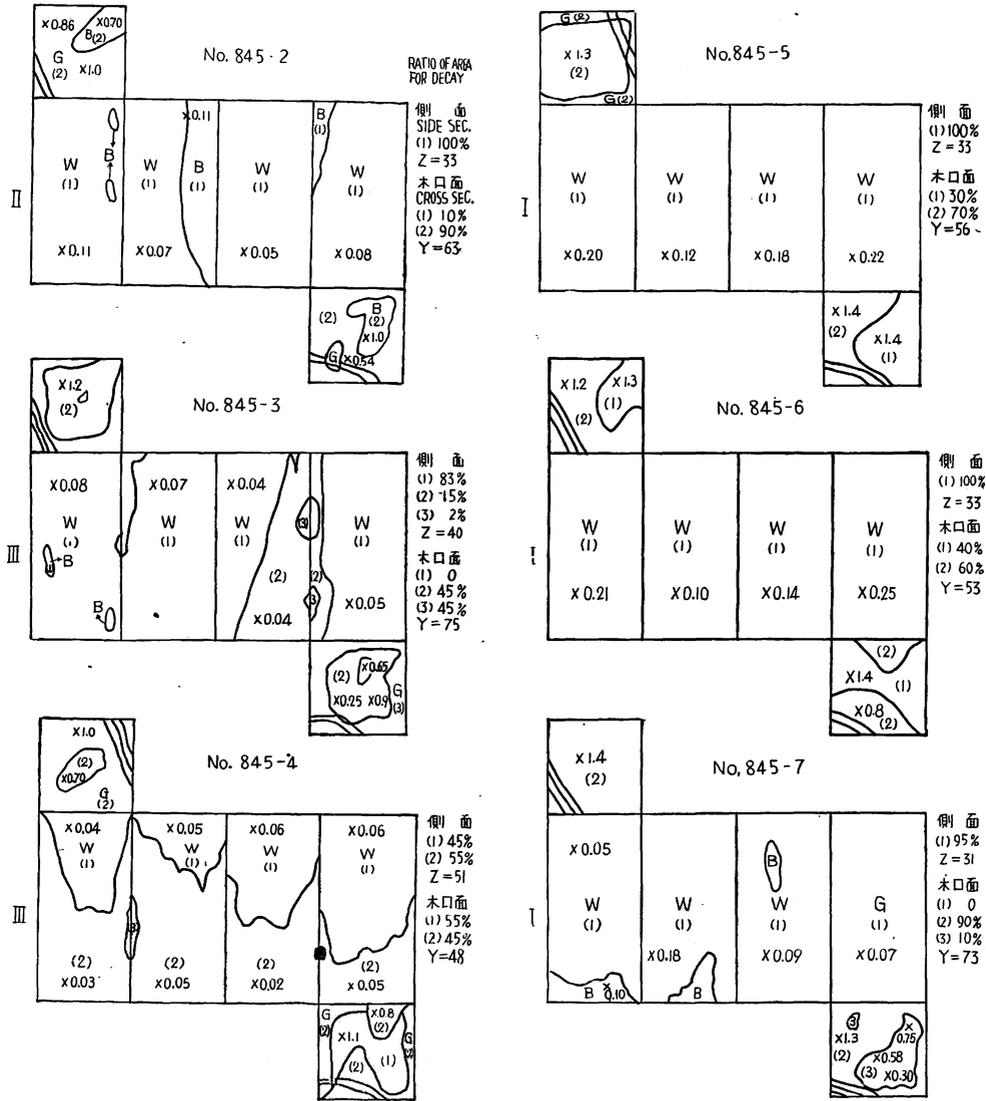
われわれの研究室では防腐処理木材の実地試験において、木材の被害程度をあらわすのに、木材表面の肉眼的観察状態を次のような基準にしたがつて6階級に分類し、それを被害度として数字で表わす方法を用いている¹²⁾¹³⁾。

被害度	観 察 状 態
0	健全
1	部分的に軽度の虫害または腐朽
2	全面的に軽度の虫害または腐朽
3	2の状態のうえに部分的にはげしい虫害または腐朽
4	全面的にはげしい虫害または腐朽
5	虫害または腐朽により形がくずれる

これらの各階級の観察状態は、あくまでも1つの代表的な例にすぎないから、実際に観察を行なう場合には、これらの各階級の中間的なものがあらわれたりして判断に苦しむこともある。それゆえ、実際に被害度を決定する場合には、各調査者がこれらの各階級の基準を念頭において、それに被害の程度を健全状態から形がくずれる状態までの6階級に分類するという考え方を加味して判断する。

このように各被害度の内容はあまり単純でないから、抽象的に文章としての表現は非常にむずかしいが、実際に被害をうけた木材を多数同時に観察すると、それほど熟練者でなくてもかなり妥当な評価を行なうものである。しかし、1人の調査者ではやはり多数の本数のなかには見落としや、誤った判断を下す場合もあるので、わが研究室で調査を行なう場合は4人から5人の者が評価を行ない、その結果を集計して、大部分の者が判断した値を採用している。ただ、あまりにも各人が異なつた評価をした木材については、全員が再調査を行なつて一致した値を採用するという方法で被害度を決定している。

本実験では圧縮強度を測定した後の試験片の側面をうすくかな仕上げして、表面の汚染した部分を取り、その個々の試験片について評価を行なつたのである。評価の基準は上記のとおりであり、木口面の状態は実際の場合には観察できないから、この場合も考慮せずに、Fig. 1の例のように4側面の観察結果から被害度を決定した。この際、本来ならば数人の観察者により被害度が評価されるべきであるが、都合により著者1人の評価によつて被害度を決定したので、多少誤つた評価を行なつた確率が高いかもしれない。また、被害度と強度変化率との間の関係を求めようとしているのに、強度測定をさきに行なつたこと



- I. II. III.被害度 Grade of damage.
- (1) (2) (3)腐朽係数 Coefficient of decay.
- W.....白変色 White stain.
- B.....褐 // Brown stain.
- G.....灰 // Gray stain
- X.....硬度 Hardness.
- Y.....木口面腐朽度 Degree of decay on cross section.
- Z.....側面腐朽度 Degree of decay on side section.

Fig. 1 杭の各部分の展開図の例

An example of developing figure for each part of stakes.

は好ましくないので、測定強度の先入観をいれないために各試験片の強度に関する資料と照合せずに、側面の腐朽・変色状態のみから評価を行なつて、両者の間の独立性を確保した。

4. 腐朽度の評価方法

被害度の評価を行なつた試験片を用いて、4側面と両木口面の外観的に変化している状態を展開図に写しとり、健全部分と被害部分に分け、その腐朽程度の大小を次のような基準によつて肉眼的観察により4階級に分類して、それに0から3までの数値を与えた。

- 全部分または変色部分…………… 0
- 表面のみがわずかに腐朽…………… 1
- 表面からわずかに内部に侵入している腐朽…………… 2
- 表面に亀裂が入り内部に深く侵入している腐朽…………… 3

これらの数値を腐朽係数と定義し、腐朽の程度を示すと同時に、その材の強度に影響をあたえる程度を表わすものと仮定した。

Fig. 1 に示すように、個々の展開図において4側面と両木口面の2つのグループに分けて、各グループにおいて、1, 2, 3の腐朽係数別に腐朽部分の面積 a, b, c と全面積 A を測定する。これらの数値を使つて次のような計算式によつて求められた値を腐朽度と定義する。

$$\text{腐朽度} = \frac{1 \times a + 2 \times b + 3 \times c}{3A} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

ただし $a + b + c \leq A$

すなわち、各腐朽係数とその部分の面積との積の和を、4側面または両木口面の合計面積の3倍で割つた値の100倍を側面腐朽度または木口面腐朽度とする。なお、健全な部分と変色部分は腐朽係数を0としているから、腐朽度の計算には関与しない。とくに変色部分の腐朽係数を0としたのは、変色した材の圧縮強度は健全材とほとんど変わらないという報告があつたからである¹⁶⁾。

この(1)式によれば、全面が健全と変色であれば腐朽度は0であり、各面が腐朽係数3に相当するくらいひどく腐朽していれば、 $3c = 3A$ となつて腐朽度は100となる。その一例は Fig. 1 に示す。

けつきよく、このような計算方法を用いたのは、腐朽面積が同じでも、その腐朽程度の大小によつて強度におよぼす影響はかなり異なるはずであるから、腐朽面積に腐朽程度を示す腐朽係数をかけて、強度に影響する程度を示し、しかも腐朽度の値を百分率と同じような数値で表現したいと考えたからである。

5. 被害度と圧縮強度変化率

多数の $3 \times 3 \times 6 \text{ cm}$ の試験片を評価した被害度別の圧縮強度変化率の平均値と標準偏差は Table 2 のとおりであり、度数分布は Fig. 2 のとおりである。

Table 2 をみるに、心辺材に分けてみても同一等級の強度変化率(大部分は減少率)は非常に類似しており、被害度が大きくなれば強度減少率も大きくなつていく。また、各被害度間の強度変化率を比べてみても、大部分が1%以下の危険率で有意差が認められる。

Fig. 2 のヒストグラムによる度数分布の状態をみても被害度が高くなること、すなわち被害がひどくなればなるほど強度減少率の大きい方にヒストグラムは移行している。

Table 2. スギの各被害度における圧縮強度変化率(%)の平均値と標準偏差
Mean value and standard deviation of variation for strength of compression on each grade of damage.

Grade of damage		0	1	2	3
Sapwood	f	20	60	26	13
	\bar{X}	-6.5%	-13.1%	-28.0%	-38.0%
	s	±8.3%	±10.2%	±10.0%	±11.4%
Heartwood	f	46	53	7	12
	\bar{X}	-4.5%	-12.0%	-23.0%	-37.0%
	s	±6.7%	±7.4%	±4.2%	±14.3%

Note f: Number of test pieces. \bar{X} : Mean value. s: Standard deviation.

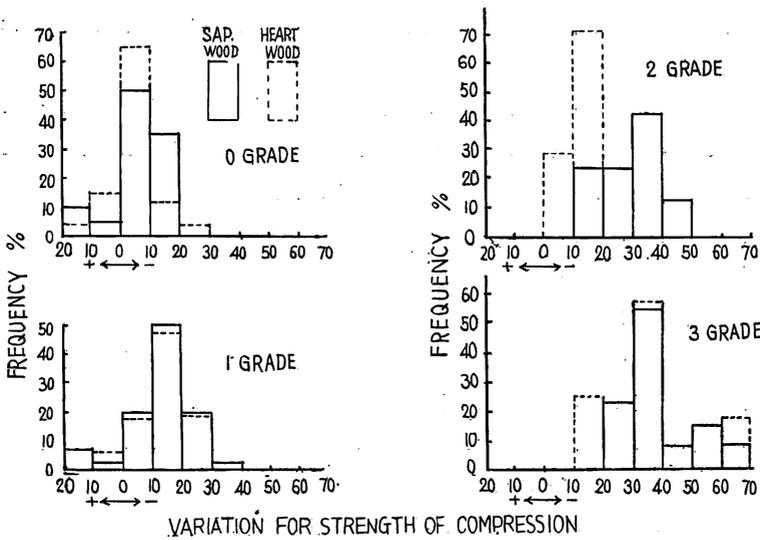


Fig. 2 各被害度における圧縮強度変化率の度数分布

Frequency of variation for strength of compression each grade of damage.

以上の結果からもわかるように、肉眼的に観察して分類した被害度でも、強度変化率と結びつけてみると、かなり妥当な評価を行なっていることがわかる。

6. 腐朽係数とプリンネル硬度

4の項で腐朽度を計算するとき腐朽係数という観察による係数を用いたが、これは測定者の主観によって決定する値であるから、はたして妥当な区別を行なつたかどうかを確かめる意味で、各係数に相当する部分のプリンネル硬度を測定した。このうち板目面においては、できるものは同一係数内で春材部と秋材部を測定した。

腐朽係数では健全部分と変色部分は0としたが、硬度の測定では両者を区別して行なつた。それらの測定結果を Table 3 に示す。また、それらの度数分布を木口面は Fig. 3 に、柾目・板目面については

Table 3. 各腐朽係数におけるブリネル硬度の平均値と標準偏差
Mean value and standard deviation of Brinell hardness
on each coefficient of decay.

Coefficient of decay		0	Stain	1	2	3
Cross section	f	189	—	126	111	45
	\bar{X}	1.8	—	1.7	1.1	0.5
	s	± 0.4	—	± 0.5	± 0.5	± 0.3
Radial section	f	248	213	342	66	—
	\bar{X}	0.50	0.39	0.22	0.10	—
	s	± 0.19	± 0.16	± 0.15	± 0.09	—
Tangential section	f	189	116	287	61	—
	\bar{X}	0.34	0.32	0.21	0.09	—
	s	± 0.17	± 0.16	± 0.14	± 0.06	—

f : Number of measuring point. \bar{X} : Mean value. s : Standard deviation.

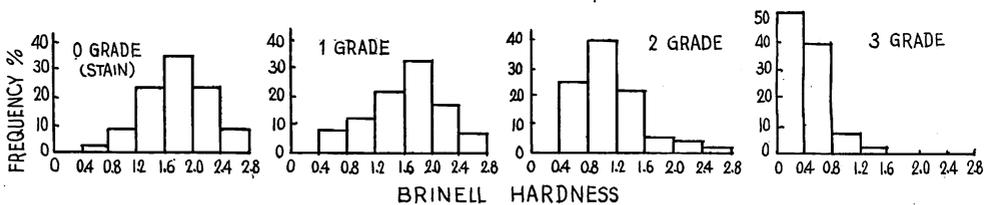


Fig. 3 各腐朽係数における木口面硬度の度数分布
Frequency of Brinell hardness on cross section for each coefficient of decay.

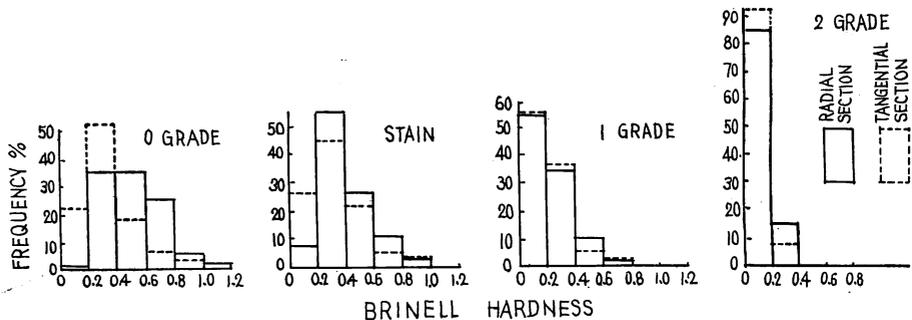


Fig. 4 各腐朽係数における柁目面、板目面硬度の度数分布
Frequency of Brinell hardness on radial and tangential section for each coefficient of decay.

Fig. 4 に示す。これらのとりまとめにおいては、心辺材の区別をせずに計算した。

Table 3 において、木口面では健全部の測定値が少ないので、変色部の値と健全部の値を合わせて腐朽係数0の平均値と標準偏差とした。板目面では健全部と変色部には約5%の危険率で有意差が認められず、柁目面は有意差が認められた。その他の各係数間には、どの面においても5%以下の危険率で有意差が認められた。しかも腐朽係数が大きくなるにしたがって、硬度の値も低下している。ただ、柁目・板目

面においては係数3の部分材表面がひどく変質しているため測定できなかった。

Fig. 3, 4 の度数分布をみても、腐朽係数が大きくなるにしたがつて、硬度の小さい値の出現度数は大となっている。

これらの結果からみても、観察により決定した各腐朽係数相互間の順位は大した誤りをおかしていないことがわかり、これらの係数はその腐朽部分はその試験片の圧縮強度に影響している程度を比例的に示していることになる。

7. 腐朽度と圧縮強度変化率

各試験片を Fig. 1 の例のように個々に展開図を描いて、木口面と側面に分けて別々に計算した腐朽度と各試験片の圧縮強度変化率との間にどのような関係が成り立つかを、縦軸に圧縮強度変化率を、横軸に腐朽度をとって、測定値を入れてみた。その結果は Fig. 5, 6, 7, 8 に示す。また、それらのおおの間の相関係数は Table 4 に示す。

これらの図の各点の分散状態からみて、両者の間、とくに腐朽度 50~60 まではかなり密接な直線関係が成り立つことがわかり、Table 4 に示した相関係数から求めた両者の間の関係式はそれぞれ次式に示すとおりであり、図に示せば Fig. 5, 6, 7, 8 の直線となる。

圧縮強度変化率 = Y% (増加率を+, 減少率を-とする)

木口面腐朽度 = X

側面腐朽度 = Z

とすると、辺材と心材別に次のとおりである。

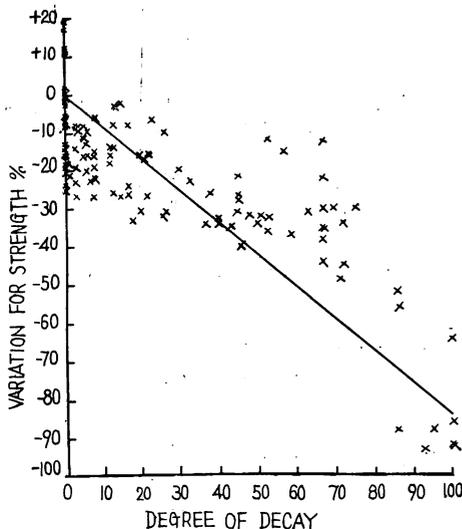


Fig. 5 スギ辺材の木口面腐朽度と圧縮強度変化率
Relation between degree of decay on cross section and variation for strength of compression on sapwood of SUGI.

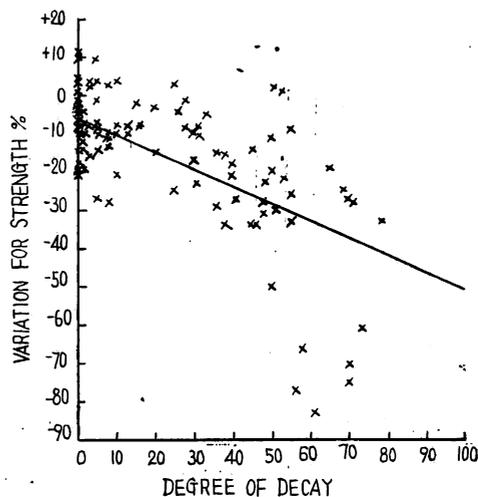


Fig. 6 スギ心材の木口面腐朽度と圧縮強度変化率
Relation between degree of decay on cross section and variation for strength of compression on heartwood of SUGI.

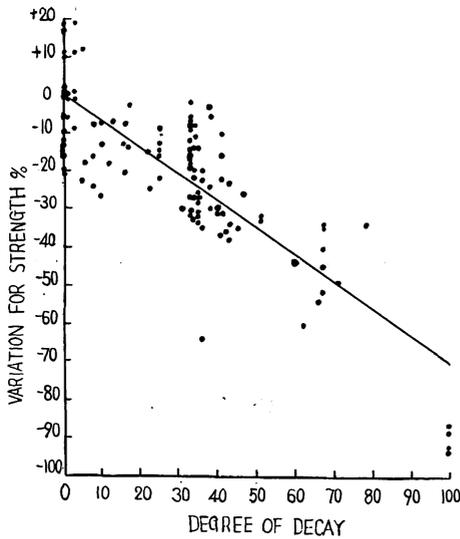


Fig. 7 スギ辺材の側面腐朽度と圧縮強度変化率
Relation between degree of decay on side section and variation for strength of compression for sapwood of SUGI.

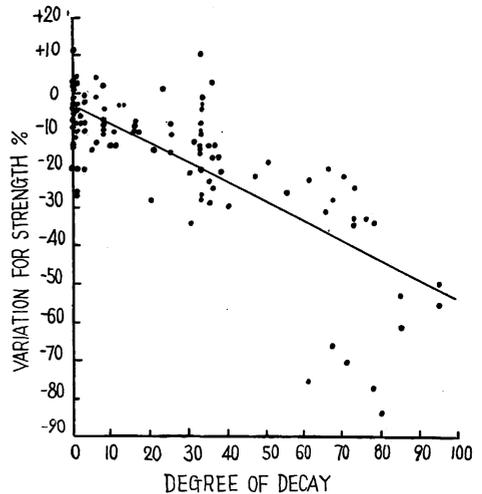


Fig. 8 スギ心材の側面腐朽度と圧縮強度変化率
Relation between degree of decay on side section and variation for strength of compression for heartwood of SUGI.

Table 4. 圧縮強度変化率と腐朽度との間の相関係数
Coefficient of correlation between variation for strength of compression and degree of decay.

	No. of test piece	Cross section	Side section
Sapwood	132	-0.995	-0.837
Heartwood	126	-0.622	-0.729

圧縮強度変化率と木口面腐朽度との関係式

辺材…… $Y = -0.83X - 1.0$

心材…… $Y = -0.44X - 6.4$

圧縮強度変化率と側面腐朽度との関係式

辺材…… $Y = -0.71Z + 0.4$

心材…… $Y = -0.50Z - 3.9$

以上の結果から、腐朽度を求めれば、心・辺材ともにそれほど大きな誤りをおかすことなく、上記の実験式から圧縮強度変化率、とくに減少率を推定することができる。

また、このように両者の関係が直線的に表現することができたのは、腐朽度の計算に使われた腐朽係数とその腐朽部分の存在によつて、その試験片の圧縮強度に影響する程度をだいたい誤りなく評価していることにもなる。

木口面と側面の腐朽度と圧縮強度変化率をみると、辺材では木口面の方が相関係数が大きく、心材では逆である。このことは、実際の杭の腐朽形態から解釈できる。すなわち、辺材では側面から腐朽が進行すると同時に、側面とは独立に杭の木口面から繊維方向にかなり深く進行している。それゆえ、少し腐朽が

ひどくなると側面からの観察では深部の腐朽が推定できず、腐朽度が小さい値のわりに圧縮強度減少率がかなり大きく出ることが多い。これに対して、木口面では側面からの腐朽の進行程度も、側面とは無関係の木口面から繊維方向に進入した腐朽も測定できるので、非常に妥当な数値が求められる。その結果として、両者の相関係数も木口面の方が大きくなるのであろう。

ところが心材の場合には、主として側面から腐朽が進行するケースが多く、木口面から繊維方向の腐朽は非常に浅いので、杭のときの木口面に近い部分のみが繊維方向に多少侵入しているのみである。その他の部分は、ほとんど側面からの腐朽である。それゆえ、木口面では側面からの腐朽部分が見分けにくく、したがって腐朽度も側面の方が妥当な値が求められるのであろう。

8. 被害度と側面腐朽度

被害度は木口面の観察を行わずに、側面のみを観察して決定するものであり、またその方が実用的

Table 5. スギの各被害度における側面腐朽度の平均値と標準偏差
Mean value and standard deviation of degree of decay
on side section for each grade of damage.

Grade of damage		0	1	2	3
Sapwood	f	20	59	26	14
	\bar{X}	10	22	41	51
	s	± 15	± 14	± 15	± 13
Heartwood	f	45	53	7	12
	\bar{X}	8	17	41	65
	s	± 11	± 13	± 9	± 14

Note f: Number of test pieces. \bar{X} : Mean value.
s: Standard deviation.

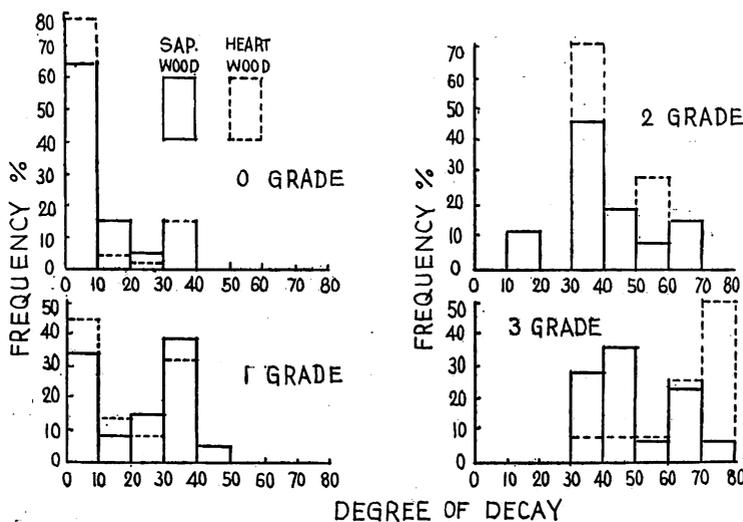


Fig. 9 各被害度における側面腐朽度の度数分布
Frequency of degree of decay on side section for each grade of damage.

であり、無破壊で行なえるから、側面腐朽度との関係のみを検討してみた。

各被害度に対する側面腐朽度の平均値、標準偏差は Table 5、に、度数分布は Fig. 9 に示す。これらの結果をみると、各被害度に対する腐朽度の平均値は心材、辺材ともほとんど等しい値であり、各被害度の間には1%以下の危険率で有意差があることが認められた。

このように被害度が腐朽度という値からみても妥当な分類を行なっていることがわかる。しかし、このことは腐朽度と圧縮強度変化率との間に直線関係が成り立ち、5の項で各被害度が圧縮強度変化率からみても妥当な分類であることが明らかにされたのであるから当然のことである。

9. む す び

浅川の実験林苗畑に設置した防腐処理の杭ならびに無処理の杭の各部分における被害程度を、いかにして客観的に表現するかを、無処理のスギの心辺材の杭の圧縮強度変化率との関連において検討してきたが、われわれが採用している観察による被害度という分類等級が、強度的にみてもそれほど矛盾することなく、大体妥当な評価を行なっていることが明らかとなった。

それ故、今後われわれが杭の観察結果を発表する際に、地上と地中の木口付近と地際付近の3部分について、被害度という分類等級を用いて表現し、被害度が3になるともはやその部分は使用にたえないものと判定する積りであるが、各被害度に対するその部分の圧縮強度減少率は大体 Table 2 における平均値前後の値であると考えれば、被害度3は40%以上の圧縮強度減少率となるから、使用にたえないと判定しても当然ではないかと考えられる。

ただ、被害度という等級を実用している材料などの部分的な調査に適用した場合、はたして本実験結果と同じような圧縮強度減少率との関係を示すかどうかは検討する必要があるが、被害程度を定性的に大きく分類する方法としては、非常に有用な、しかも比較的誤りの少ない方法ではないかと考えられる。しかし、被害調査を行なう人は、各等級に応じた被害の状態を頭の中にしつかり入れて行なわなければ意味がない。

もう1つの被害程度を表わす方法として、腐朽度という値を求めてみたが、この値は被害度とちがつて、連続的な値が求められ、しかも圧縮強度減少率との関係が直線的であることが明らかとなったので、被害度よりもつと定量的な客観性を持ち、もしも、強度変化との関係を知りたいと考えるときには、精度の高い値がえられることを示している。

また、腐朽度の計算に用いる腐朽係数の求め方をここでは観察によつたが、ブリネル硬度を測定した結果、腐朽係数との間には密接な相関々係があることがわかつたから、この硬度測定の代わりに、たとえば内藤が試みたような、なんらかの意味での硬さを測定する簡便な器具を工夫し、その器具によつて求めた値から、腐朽係数を定めておけば、この値を使つて腐朽度を計算することにより、実用的な材料の部分的な腐朽程度を無破壊で定量的に決定することができ、その部分の強度変化を推定することも可能になるであろう。

以上のように、生物とくに腐朽により被害をうけた木材の部分的な被害程度を無破壊判定する方法として、2つの方法を提案したが、いずれの方法を採用するかは要求精度によつて決定すべきであるが、いずれの方法でもある程度定量的に客観性のある資料を求めることが可能であることが明らかとなった。

10. 摘 要

野外に設置したスギの心・辺材の腐朽した杭を6部分に分け、それらを用いて、今日までわれわれが採用してきた部分的な被害程度を表わすための観察により求めた被害度という健全を0とした6等級の区分と圧縮強度変化率との関連を求めたところ、各区分に相当する圧縮強度変化率の平均値の間に、かなり小さい危険率で有意差が認められた。そこで今後、野外設置の杭試験の観察は杭の上中下の部分についてこの被害度で腐朽程度を表現することにした。

もう1つの腐朽程度の表現方法として、腐朽度という値を求めた。その求め方は杭を6部分に別けて表面の展開図から腐朽面積を求め、その腐朽部分の腐朽程度の大きさを観察により決定して腐朽係数とした。その値は健全ならびに変色を0として、それより腐朽程度が大きくなるにしたがつて1, 2, 3という値をあたえた。この両者の値の積と全表面積の3倍との比を100倍して腐朽度とした。この値と圧縮強度変化率とは直線的関係にあることがわかった。

また、この値を計算するために定めた腐朽係数ごとにその部分のプリンネル硬度を求めたところ、各係数間には有意差が認められた。これらの結果から、表面の硬度を測定する簡便な器具を工夫すれば、実用的な材料の部分的な腐朽程度を評価する場合に、腐朽度はかなり実用的にも精度の高い腐朽程度の判定法になるものと考えられる。

文 献

- 1) 福山伍郎・川瀬 清：稀アルカリの消費量による木材の簡易腐朽度測定法，北大演報，17，1，(1954) p. 151~178.
- 2) 浅野猪久夫・藤井正道：ブナ材の腐朽に関する研究，木材工業，8，3，(1953) p. 118~123.
- 3) 十代田三郎：木材の耐朽性，(1949) p. 53~75.
- 4) 十代田三郎・神山幸弘：木材建造物の老朽度測定と耐用年限判定法，早大理工研報告，4，(1956) p. 531.
- 5) ARMSTRONG, F. H. and J. G. SAVORY: The influence of fungal decay on the properties of timber, *Holzforchung*, 13, 3, (1959) p. 84~89.
- 6) BLEW, J. O.: Comparison of wood preservatives in stake tests, *Proc. A. W. P. A.*, 44, (1948) p. 88~119.
- 7) 十代田三郎：木造建造物の腐朽度診断法，日本建築学会研究発表会，(1951)
- 8) 福山伍郎・川瀬 清：釘保持力による木材腐朽度測定法，北大演報，17，1，(1954) p. 179~216
- 9) STOKER, R. S.: X-ray pole inspection, *Pro. A. W. P. A.*, 44, (1948) p. 298~313.
- 10) 木材保存部会編：木材の害虫による被害，木材保存ハンドブック，(1961) p. 394~395.
- 11) 森 八郎：古文化財の虫害とその対策，木材工業，17，4，(1962) p. 161~164.
- 12) 木材防腐研究室：木材防腐実地試験1，浅川分室廿里苗畑防腐処理外柵被害調査，林試研報，103 (1957) p. 155~158.
- 13) —————：木材防腐実地試験2，本場テニスコート防腐処理外柵およびその他付帯木造物被害調査，林試研報 103, (1957) p. 159~166.
- 14) —————：木材防腐実地試験3，本場テニスコート防腐処理外柵の4~7年間の被害調査(2)，林試研報 130, (1961) p. 193~194.
- 15) —————：木材防腐実地試験4，木材部水中貯木場防腐処理外柵の1~3年間の被害調査(1) 林試研報 130, (1961) p. 194~204.
- 16) 伊藤一雄：木材腐朽 (1953) p. 94~97.

Stake Test in ASAKAWA Experiment Forest (1).**Methods for the estimation of decay on stakes.**

Shozi AMEMIYA

(Résumé)

Research on methods for the estimation of decay on stakes was conducted with decayed stakes of SUGI (*Cryptomeria japonica*) in the field.

The method that we have used is to estimate the grade of damage on stakes by observation. The grading of damage is classified according to standards of observed conditions as follows:

Grade of damage	Observed condition
0	sound.
1	partial slight damage (insect attack and decay).
2	all slight damage.
3	condition of 2. and partial severe damage.
4	all severe damage.
5	destroyed.

The size of stakes used is about $3 \times 3 \times 50$ cm. The position of the ground line is the point of the half length on stakes. The strength of compression (fibre direction) for the two pieces (size is $3 \times 3 \times 6$ cm) having both end parts of each stake cut off before setting are measured. The mean strength of the two pieces becomes the standard strength of each stake. Mean values and standard deviations of the strength for used stakes before setting are shown in Table 1.

A decayed stake is cut off 3 parts above ground and 3 parts under the ground. The size of each piece is $3 \times 3 \times 6$ cm. The percentages of difference between the standard strength and the strength of decayed pieces to the standard strength indicates the variation for strength of compression on each piece. The mark of minus indicates decrease for the variation, and the mark of plus means increase.

The relation of each grade and the variation for strength of compression on each decayed piece are shown in Table 2, and Fig. 2. According to the results, significant difference is recognized in a high levels of significance between variations for the strength of compression corresponding with each grade of damage. This method will be used in order to estimate decay on stakes in future as it has been up to the present, in our laboratory.

One other method for the estimation of decay on stakes was attempted. A value for the estimation of decay is measured as follows:

At first, a developing figure of each piece is drawn. An example of developing figures is shown in Fig. 1. Then the area of the surface on pieces are measured for every different grade of decay. The grading of decay is classified according to standards of observed conditions as follows:

Grade	Observed condition
0	sound and stain parts.

- I decay on the surface only.
- II decay slightly in inner parts.
- III cracks exist on the surface and decay deeply in inner parts.

The grade is given the name of "coefficient of decay." The value is calculated by the formula as follows and given the signification of "degree of decay"

$$\text{degree of decay} = \frac{1 \times a + 2 \times b + 3 \times c}{3A} \times 100$$

$$a + b + c \leq A$$

A : area of total surface.

a : area of parts in which coefficient of decay are I.

b : area of parts in which coefficient of decay are II.

c : area of parts in which coefficient of decay are III.

According to this formula, degree of decay is 0 when the whole surface is sound and it is 100 when coefficient of decay on the whole surface is III.

The relation of each coefficient of decay and Brinell hardness are shown in Table 3, Fig. 3 and 4.

As a result, the larger the coefficient of decay is, the smaller is the Brinell hardness, and significant difference is recognized in a high levels of significance between Brinell hardnesses corresponding with each coefficient of decay.

The relation of degree of decay and the variation for strength of compression on each decayed piece are shown in Fig. 5, 6, 7 and 8, and the coefficient of correlation for them is shown in Table 4. The relation of them for each surface (cross section and side section) are linear almost.

If a simple apparatus for measuring the hardness is devised, it appears that the method to measure the degree of decay would have higher exactness than the method of observation only for the estimation of decay in practice.