

散水—乾燥処理が釘およびその周辺の 木材の劣化に及ぼす影響

今村 浩 人⁽¹⁾

Hiroto IMAMURA : Influence of Condition of Wet and Dry Cycles
on Deterioration of Nail and Wood around it

要 旨 : 木材の釘接合部は、使用される場所の環境によって劣化の進む程度が異なる。特に、湿潤—乾燥の1サイクル期間の長さは、釘および釘周辺の木材の劣化に複雑な影響を及ぼすものと考えられるが、詳細な研究はなされていない。本研究では、1サイクルの長さが異なる散水—乾燥のくり返し処理が、どのように釘接合部を劣化させるかについて検討を行った。散水（室温）および乾燥（60°C）の期間を等しくし、1サイクルの期間を10日、30日および60日とし、全処理期間を120日とした。釘接合部の劣化を総合的に評価するため、2本の短冊状のベイツガ材を端部で重ね合わせ、CN50 釘1本で接合した試験体を作成し、これに釘を中心に回転してV字に変形するような荷重を与え、最初に現れるピークでの荷重を P とした。

処理後、試験体の含水率を15%に調湿して得た P は、1サイクル期間が10日および30日より60日の場合が低下は大きい。 P は、接合部に生じた割れによって低下し、割れの長さは2本の木材の木口面からみた年輪方向の組合わせの影響を受け、木表と木裏が接する場合で最大である。釘のさび量は、散水—乾燥の1サイクル期間の短いほど大である。釘のさび量は、ベイツガでは比重（0.55~0.61）が低い場合の方が大きかった。釘のさび量と、釘を引き抜いたあとの木材の釘穴の直径とは直線関係にある。 P は、木材の比重、釘のさび量および木材の割れの長さを説明変数とした重回帰式で表すことができ、釘および周辺の木材の劣化程度を表す一つの尺度と考えられる。

なお、異なる樹種を用いてさび量を求めた結果、エゾマツの場合がナラ、センおよびキリよりさび量が多く、樹種による特性も考えられる。

1. はじめに

木材の釘保持力は、釘が打たれたのちの時間が経過するにしたがって変化し、このときの環境によって大きな影響を受ける。すなわち、釘の保持力が低減する原因として、木材の応力緩和のほか、釘の腐食、釘の周辺部の木材の劣化および木材の膨張収縮に帰因する釘穴の拡大が考えられる。また、これらはいずれも水に関連しておきる現象である。木造家屋においても、雨や結露など水の影響を受ける部位では、釘や木材の劣化が著しく、この条件を実験的に再現すれば、十分な酸素の供給下での乾湿くり返しとなる。そこで本研究では、散水—乾燥処理における種々の条件が釘および周辺の木材の劣化にどのような影響を及ぼすかを検討した結果について報告する。

2. 実験方法

1) 供試材料

釘および周辺の木材の劣化を、保持力を含め総合的に比較、評価する手段として、つぎの方法を採用した。長さ（繊維方向）200 mm、幅 25 mm、高さ 35 mm のベイツガ材2本を、Fig. 1 のように互に端部

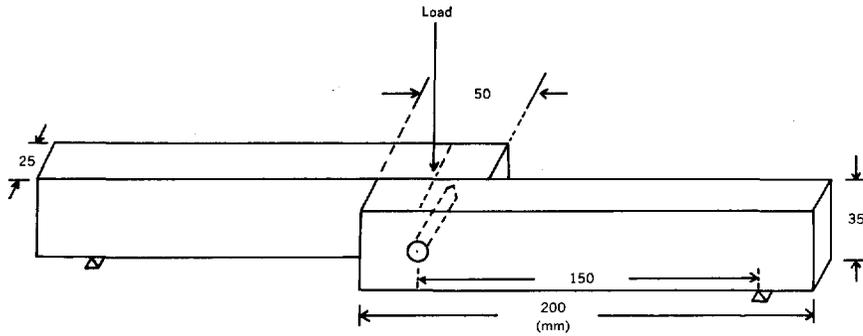


Fig. 1. 試 験 体
Test specimen.

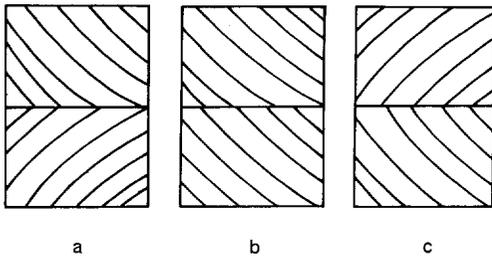


Fig. 2. 木口面からみた木材の組合わせ
Combinations of end grains.

を 50 mm 重ねた状態で CN 50 釘 1 本で固定し、これを試験体とした。試験は、この試験体が釘を中心に曲がるような方向に荷重を加えて行った。なお、釘の先端はちょうど反対側の表面に達している。一つの試験体における 2 本のベイツガ材の木口面から見た年輪方向の組合わせは、Fig. 2 に示すように 3 種とした。すなわち、いずれも追まさであるが木表が互に接する (a)、木表と木裏

が接する (b)、および木裏が互に接する (c) 状態である。それぞれの組合わせについて試験体を 9 個作成し、さらに 2 本の木材の平均の気乾比重により I、II および III のグループに 3 試験体ずつつけた。I、II および III はそれぞれ合計 9 試験体となり、気乾比重の平均は、

- I : 0.55 (0.004)
- II : 0.58 (0.005)
- III : 0.61 (0.007)

である。括弧内は、それぞれ 18 本のベイツガ材の標準偏差である。

2) 測定条件

散水 - 乾燥処理の条件は、室温で試験体に散水したのち 60°C で乾燥することのくり返しによった。この処理条件をつきの 3 種類とした。

| | 散水 | 乾燥 | 1 サイクル 期 間 | サイクル数 |
|---|------|------|---------------|-------|
| ① | 5 日 | 5 日 | 10 日 | 12 |
| ② | 15 日 | 15 日 | 30 日 | 4 |
| ③ | 30 日 | 30 日 | 60 日 | 2 |

いずれの処理条件でも、延べ日数は 120 日であり、全体の散水時間および全体の乾燥時間は等しい。

2 本のベイツガ材の CN 50 釘による接合は、含水率約 15% において行い、翌日オートグラフにより処理前の曲げ試験を行った。曲げ試験は、100 kgf のロードセルを用い、クロスヘッドスピードを 30 mm/

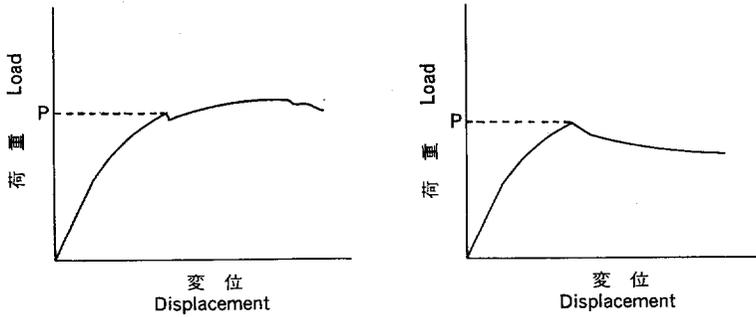


Fig. 3. 荷重 - 変位曲線における降伏点と P
Yield point and P of load-displacement curve.

min とした。荷重 - 変位曲線は、Fig. 3 のように、初期に小さなピークを示し、さらに上昇あるいは低下する。このピークを降伏点とみなし、このときの荷重を P (kgf) とした。こののち、試験体の変形を復元し、散水を開始した。散水 - 乾燥の処理が終了したのち、試験体を再び含水率 15% に調湿し、同様の曲げ試験を行い、さらに釘を引抜いて釘のさび量、釘穴の直径、木材端部の割れの長さを求めた。釘のさび量は、遊離しているさびをワイヤブラシで除去し、釘を秤量する方法により求めた。釘穴の直径は、2本の木材の接合面における釘穴の直径をノギスで測定し、平均した。木材の割れは、釘打ちのさいに生じたものであり、接合面での割れ長さを測定し合計した (Fig. 4)。

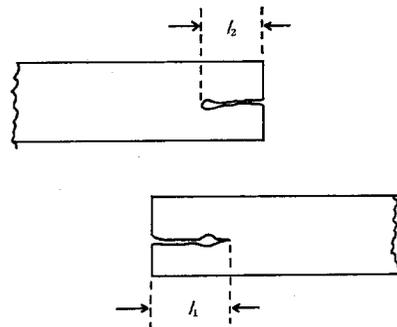


Fig. 4. 木材の割れの長さ
Length of wood crack.
 $C = l_1 + l_2$

3. 結 果

1) 降伏点における荷重

Table 1 に、散水 - 乾燥処理前に求めた降伏点における荷重 (P_1) を示す。検定の結果、これらの値は木口の年輪の組合わせ (a, b, c)、比重 (I, II, III) およびこれらの交互作用のいずれにおいても有意差はみられない。

Table 1 の試料 No. の 1, 2, 3 の試験体を、散水 - 乾燥処理におけるそれぞれ①, ②, ③の処理条件に当てた。

処理後に求めた P_2 の結果を Table 2 に示す。これを分散分析すると Table 3 のようになり、 P_2 は、処理条件、比重および木材の組合わせのそれぞれの因子の間で 0.5% の危険率で有意、処理条件と比重および比重と木材の組合わせの交互作用により 5% の危険率で有意である。さらに検定を進めると、処理条件の中では③が最小であり、①と②の間に差があるとはいえない。比重では、 P_2 は III で最大、I で最小である。木材の組合わせでは b において最小、a と c の間には差があるとはいえない。また、処理条件と比重の交互作用では、数値の大ききで比較すると①と III のとき最大、③と I のとき最小となる。木材の

Table 1. 処理前の降伏点における荷重
Load at yield point before conditioning, P_1 . (kgf)

| 比 重 Sp. grav. | 試 料 No. Samp. No. | 組 合 せ Combination | | |
|------------------|----------------------|-------------------|------|------|
| | | a | b | c |
| I | 1 | 2.70 | 1.58 | 2.73 |
| | 2 | 1.18 | 2.06 | 1.98 |
| | 3 | 1.15 | 1.66 | 1.26 |
| II | 1 | 2.00 | 1.98 | 2.06 |
| | 2 | 2.03 | 1.00 | 1.60 |
| | 3 | 2.13 | 2.16 | 2.15 |
| III | 1 | 2.28 | 1.87 | 2.26 |
| | 2 | 1.76 | 1.70 | 2.53 |
| | 3 | 2.30 | 1.97 | 1.92 |

Table 2. 処理後の降伏点における荷重
Load at yield point after conditioning, P_2 . (kgf)

| 比 重 Sp. grav. | 処 理 Condition | 組 合 せ Combination | | | 平均減少率 Average decreasing rate (%) |
|-------------------------------------|------------------|-------------------|-------------|-------------|---|
| | | a | b | c | |
| I | ① | 0.52 (80.7) | 0.70 (55.7) | 0.40 (85.4) | (65.9) |
| | ② | 0.74 (37.3) | 0.80 (61.2) | 1.10 (44.4) | |
| | ③ | 0.36 (68.7) | 0.42 (74.7) | 0.19 (84.9) | |
| II | ① | 0.88 (56.0) | 0.38 (80.8) | 0.72 (65.1) | (64.0) |
| | ② | 0.84 (58.6) | 0.31 (69.0) | 1.10 (31.3) | |
| | ③ | 0.79 (62.9) | 0.48 (77.8) | 0.55 (74.4) | |
| III | ① | 1.68 (26.3) | 0.64 (65.8) | 1.64 (27.4) | (54.8) |
| | ② | 1.18 (33.0) | 0.38 (77.7) | 1.18 (53.4) | |
| | ③ | 0.85 (63.0) | 0.56 (71.6) | 0.48 (75.0) | |
| 平均減少率 Average decreasing rate(%) | | (54.1) | (70.5) | (60.1) | |

(): 減少率 decreasing rate (%)

Table 3. 分 散 分 析 表
Analysis of variance (P_2).

| 変 動 因 Factor | 自 由 度 Deg. of freedom | 平 方 和 Sum of squares | 分 散 Variance | F |
|------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|---------|
| 全 変 動 Total | 26 | 3.76 | | |
| A 処理条件 Condition | 2 | 0.63 | 0.315 | 12.1*** |
| B 比 重 Sp. grav. | 2 | 0.68 | 0.340 | 13.1*** |
| C 組合わせ Combi. | 2 | 0.65 | 0.325 | 12.5*** |
| A × B | 4 | 0.60 | 0.150 | 5.8* |
| A × C | 4 | 0.41 | 0.103 | 4.0 |
| B × C | 4 | 0.58 | 0.145 | 5.6* |
| 誤 差 Error | 8 | 0.21 | 0.026 | |

***: significant at the level of 0.5%

**: significant at the level of 1%

*: significant at the level of 5%

組合せと比重の交互作用では、a とⅢのとき最大、b とⅡのとき最小となる。

処理による P_1 から P_2 の減少率の平均値は、① : 60.4%、② : 51.8%、③ : 72.6% であり、危険率 5% で有意差がある。

2) 釘のさび量

釘の初期の重量に対するさびの量 (%) は Table 4 のとおりであり、分散分析の結果は Table 5 のようになる。

これらの表からわかるように、釘のさび量は処理条件によって差を生じ (危険率 0.5%) ①、②、③の順で大きい。また、比重の間にも危険率 5% で有意差を示し、ⅠのときがⅢのときより大であり、他は差がみられない。

3) 釘穴の直径

処理後の釘穴の直径を Table 6 に、これに関する分散分析表を Table 7 に示す。釘穴の直径は、処理条件の間に危険率 0.5% で有意差があり、①の条件のときに最大である。

なお、さび量 R と釘穴の直径 D は Fig. 5 および (1) 式に示す直線関係をもつ (相関係数 0.82)。

$$R = 27.1D - 76.6 \dots\dots\dots(1)$$

Table 4. 釘のさび量
Rust of nail. (%)

| 比 重 Sp. grav. | 処 理 Condition | 組 合 せ Combination | | |
|------------------|------------------|----------------------|----|----|
| | | a | b | c |
| Ⅰ | ① | 21 | 21 | 21 |
| | ② | 7 | 7 | 11 |
| | ③ | 4 | 4 | 4 |
| Ⅱ | ① | 21 | 18 | 21 |
| | ② | 7 | 7 | 7 |
| | ③ | 4 | 4 | 4 |
| Ⅲ | ① | 18 | 18 | 14 |
| | ② | 7 | 7 | 7 |
| | ③ | 4 | 4 | 4 |

Table 5. 分散分析表 (釘のさび量)
Analysis of variance (Rust of nail).

| 変 動 因 Factor | 自 由 度 Deg. of freedom | 平 方 和 Sum of squares | 分 散 Variance | F |
|------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------|
| 全 変 動 Total | 26 | 1209 | | |
| A 処理条件 Condition | 2 | 1147 | 573.6 | 358.5*** |
| B 比 重 Sp. grav. | 2 | 16.6 | 8.3 | 5.2* |
| C 組合せ Combi. | 2 | 1.0 | 0.5 | 0.3 |
| A × B | 4 | 18.1 | 4.5 | 2.8 |
| A × C | 4 | 5.7 | 1.4 | 0.9 |
| B × C | 4 | 8.1 | 2.0 | 1.3 |
| 誤 差 Error | 8 | 12.5 | 1.6 | |

Table 6. 釘 穴 の 直 径
Diameter of nail hole. (mm)

| 比 重 sp. grav. | 処 理 Condition | 組 合 せ Combination | | |
|------------------|------------------|-------------------|------|------|
| | | a | b | c |
| I | ① | 3.85 | 3.25 | 3.45 |
| | ② | 3.08 | 3.20 | 3.35 |
| | ③ | 3.13 | 2.98 | 2.90 |
| II | ① | 3.45 | 3.28 | 3.38 |
| | ② | 3.15 | 3.18 | 3.18 |
| | ③ | 3.05 | 2.95 | 3.15 |
| III | ① | 3.23 | 3.30 | 3.35 |
| | ② | 3.05 | 3.23 | 3.15 |
| | ③ | 3.00 | 3.08 | 3.05 |

Table 7. 分 散 分 析 表 (釘穴の直径)
Analysis of variance (Diameter of nail hole).

| 変 動 因 Factor | 自 由 度 Deg. of freedom | 平 方 和 Sum of squares | 分 散 Variance | F |
|------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------|
| 全 変 動 Total | 26 | 1.00 | | |
| A 処理条件 Condition | 2 | 0.60 | 0.300 | 20.00*** |
| B 比 重 Sp. grav. | 2 | 0.03 | 0.015 | 1.00 |
| C 組 合 せ Combi. | 2 | 0.02 | 0.010 | 0.67 |
| A × B | 4 | 0.05 | 0.013 | 0.87 |
| A × C | 4 | 0.09 | 0.023 | 1.53 |
| B × C | 4 | 0.09 | 0.023 | 1.53 |
| 誤 差 Error | 8 | 0.12 | 0.015 | |

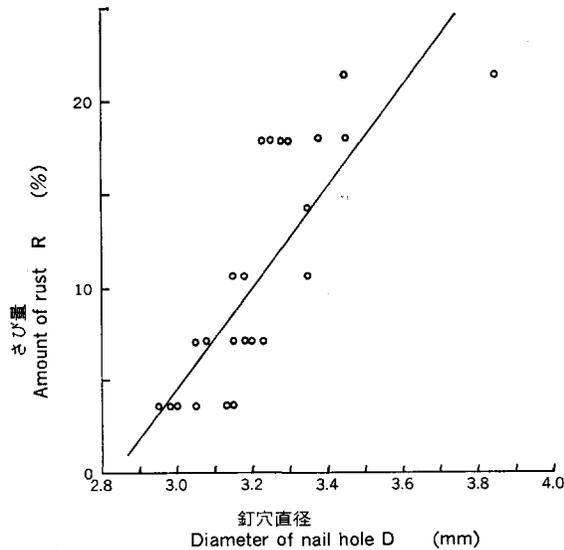


Fig. 5. 釘のさび量と釘穴直径の関係
Relationship between amount of nail rust and diameter of nail hole.

Table 8. 割れの長さ
Length of crack, (C_2). (cm)

| 比重 Sp. grav. | 処 理 Condition | 組 合 せ Combination | | |
|-----------------|------------------|-------------------|-------------|-------------|
| | | a | b | c |
| I | ① | (2.0) 4.4 | (9.2) 10.2 | (5.3) 10.8 |
| | ② | (3.4) 3.6 | (4.5) 4.9 | (2.6) 3.2 |
| | ③ | (5.6) 6.0 | (4.0) 4.2 | (8.3) 8.8 |
| II | ① | (5.3) 5.4 | (10.2) 10.7 | (3.4) 3.9 |
| | ② | (4.4) 4.5 | (9.1) 9.6 | (2.0) 2.3 |
| | ③ | (2.0) 2.1 | (4.8) 5.0 | (0.4) 0.7 |
| III | ① | (4.7) 5.1 | (9.1) 9.1 | (2.5) 3.0 |
| | ② | (2.1) 3.6 | (8.3) 8.7 | (1.5) 2.0 |
| | ③ | (3.0) 3.4 | (4.3) 5.0 | (5.4) 5.6 |

(): C_1 before conditioning

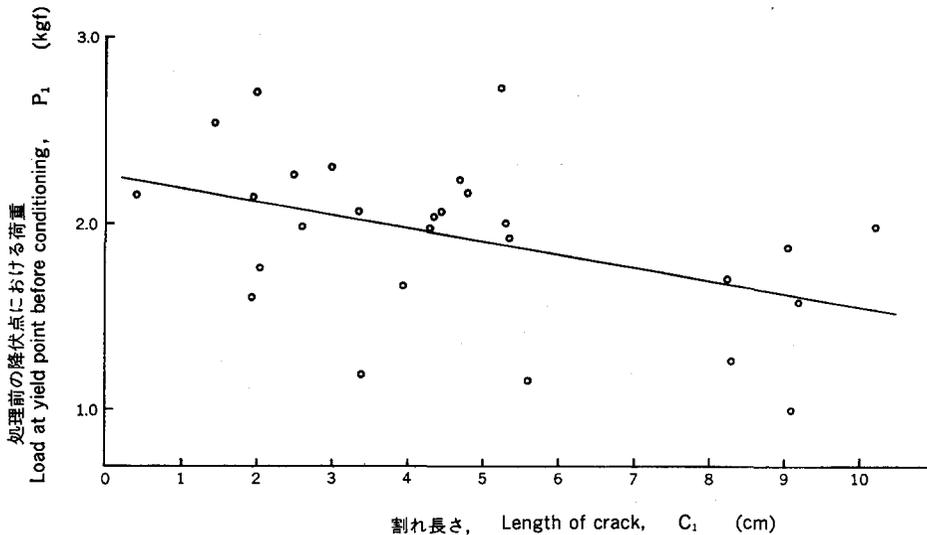


Fig. 6. 処理前の降伏点における荷重と割れ長さ (C_1) の関係
Relationship between load at yield point before conditioning and length of wood crack.

4) 割れの長さ

試験体作成のための釘打時に発生した割れは、木材の組合せの b で特に大きく、a と c とでは差は認められない。初期の割れ長さ C_1 (cm) が大になるほど、 P_1 (kgf) は低下し (Fig. 6)、次式で表される (相関係数 0.44)。

$$P_1 = -0.07 C_1 + 2.26 \quad \dots\dots\dots(2)$$

この割れ長さは、処理によって増大し、処理後の割れ長さ C_2 も b において最大である (危険率 5%)。

4. 考 察

P_2 , 釘のさび量および釘穴の直径は、いずれも処理条件の要因の間で高度に有意であった。処理条件

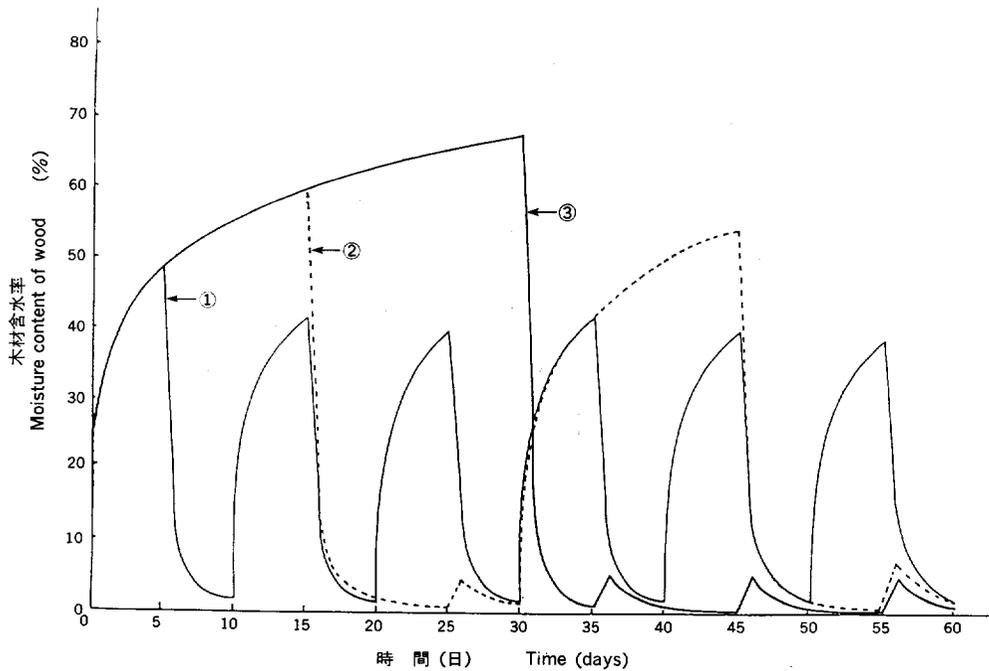


Fig. 7. 散水 - 乾燥処理における木材含水率の変化

Change in moisture content of wood during wet-dry cycles

- ① : 10日サイクル 10 days' cycle, ② : 30日サイクル 30 days' cycle.
- ③ : 60日サイクル 60 days' cycle

①ではサイクル数が多いため、釘穴の緩みが大であるにもかかわらず、 P_2 が③より大きい理由として、釘のさびの効果が考えられる。Fig. 7 に示すように、③では散水中に木材の含水率がかなり高くなるが、乾燥期間中は他の試験体の出し入れの際に含水率が多少上昇するのみである。これに対し、①では、散水中の含水率は③、②より低いが、乾燥期間が短いため、十分に乾燥されず、結果として釘さびの発生に適した水分条件にある期間が長くなったものと考えられる。

釘のさび量と釘穴直径とが直線関係にあることについては、さびによって釘穴が拡張するのではなく、両者の促進される条件が合致していることによるものと考えた方がよいであろう。

木材の組み合わせでは、bにおいて、 P_2 は最小、処理前後の割れ長さは最大、aとcでは差が認められない。このことは、bでは割れの伝ばんが容易な組み合わせであるために割れ長さも大になると考えられ、これがPの低下の原因となると推測される。

木材の比重については、 P_2 は明らかに比重の大きいものほど大きく、釘保持力についての一般的な現象として理解できる。これに対し、釘のさび量が比重の小さい場合に大きいこと、およびこれと直線関係にある釘穴の直径では比重の影響が全くみられないことについては明らかでない。

以上の結果から、 P_2 を目的変数、説明変数として比重 ρ 、釘のさび量R(%)および処理後の割れの長さ C_2 (cm)とし重回帰式を求めると次式ようになる。

$$P_2 = 4.01 \rho^{3.57} \cdot R^{0.41} \cdot C_2^{-0.47} \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 $\rho, R, C_2 \neq 0$

説明変数のうち、 P と R は互に独立ではない結果がえられているが、不明な点もあるため両者とも使用した。また、(3) 式の両辺の対数をとった式の偏回帰係数 ((3) 式の指数部分) について有意性を検定すると、 R と C_2 の偏回帰係数は高度に有意 (危険率 0.1%) であるが、 P については t の値が 2.039 であるに対し、 t 分布の 5% 点の値が 2.069 であり、この水準での有意性に疑問があるが、 P_2 に与える影響が大きいことから (3) 式に含めた。(3) 式の重相関係数は 0.70 である。

本実験では、釘および周辺の木材の劣化を総合した数値としてみるため、従来の釘に関する試験法である引き抜き試験あるいはせん断試験以外の方法を採用した。引き抜き試験では、釘の頭部を引っばるため、すべてを打ち込まず、また二つの木材を接合する形式ではない。せん断試験は、より実用的な数値がえられるが、釘の変形が複雑である。前者では釘の長さが、後者では釘の直径が試験結果に大きく影響する。本実験での試験方法は、釘と木材の間に働く、さびの効果および摩擦作用による比較的低い結合力を数値としてえるためであった。試験の結果、Fig. 3 に示すような荷重 - 変位曲線がえられたが、初期に現れる降伏点と思われるピークにおける荷重は規則的であり、比較のための数値としては所期の目的にかなうものと考えられた。この荷重に、2本の木材間の摩擦力が含まれるという危ぐがもたれるが、一般に木材は膨張収縮をくり返すと、元の寸法より小さくなる傾向があり、荷重は乾燥状態で求めたものであるため、この摩擦力は特に大きいものとは考えられない。

ベイツガでは、釘のさび量は、比重の小さい場合に大きい結果がえられ、その原因が不明であった。このため、異なった樹種を用いてさび量を求めた。使用した木材は、ナラ (比重 0.56)、セン (0.42)、エゾマツ (0.35)、キリ (0.27) である。試験体の寸法は 5×5×5 (cm) 角であり、板目面またはまさ目面に Fig. 8 に示す位置に釘を打った。釘の位置の 1, 2, 3, 4 は端部より 1 cm 内側に入っている。散水 - 乾燥の処理条件は先に述べた①と③である。実験結果を Table 9 に、その分散分析表を Table 10 に示す。これらの表からわかるように、釘のさび量は、処理、比重および位置のそれぞれの要因の間で有意差がみられる (危険率 5%)。このうち、さび量は処理条件の中では先の結果同様①の方が③より大きい。比重では Fig. 9 のようにエゾマツの 0.35

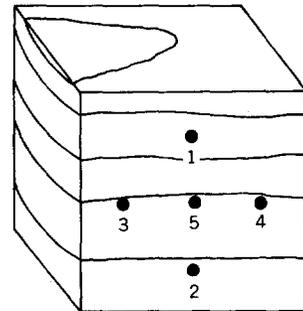


Fig. 8. 試験体と釘の位置
Specimen and positions of nails.

Table 9. 比重の異なる樹種と釘のさび量
Amount of rust of nails driven in woods with different specific gravities. (%)

| 樹種 Wood | | Nara | | Sen | | Ezomatsu | | Kiri | |
|------------------------------|---|------|------|------|------|----------|------|------|------|
| 比重 Sp. grav. | | 0.56 | | 0.42 | | 0.35 | | 0.27 | |
| 処理 Condition | | ① | ③ | ① | ③ | ① | ③ | ① | ③ |
| 釘の位置 Position of the nail | 1 | 1.79 | 1.42 | 2.15 | 1.42 | 2.16 | 1.42 | 1.42 | 1.09 |
| | 2 | 2.13 | 1.07 | 1.78 | 1.77 | 1.78 | 1.77 | 1.42 | 1.43 |
| | 3 | 1.78 | 0.71 | 1.07 | 1.08 | 2.14 | 1.42 | 1.77 | 1.08 |
| | 4 | 1.81 | 1.07 | 1.79 | 1.09 | 2.13 | 1.80 | 1.78 | 1.07 |
| | 5 | 2.14 | 1.78 | 2.49 | 1.78 | 2.48 | 1.42 | 1.79 | 1.44 |

Table 10. 分散分析表 (釘のさび量)
Analysis of variance (Rust of nail).

| 変 動 因 Factor | 自 由 度 Deg. of freedom | 平 方 和 Sum of squares | 分 散 Variance | F |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|---------|
| 全 変 動 Total | 39 | 7,037 | | |
| A 処 理 Condition | 1 | 2,843 | 2,843 | 52,65** |
| B 比 重 Sp. grav. | 3 | 0,932 | 0,311 | 5,76** |
| C 位 置 Position | 2 | 1,035 | 0,518 | 9,59** |
| A × B | 3 | 0,155 | 0,052 | 0,96 |
| A × C | 2 | 0,111 | 0,056 | 1,04 |
| B × C | 6 | 0,775 | 0,129 | 2,39 |
| 誤 差 Error | 22 | 1,186 | 0,054 | |

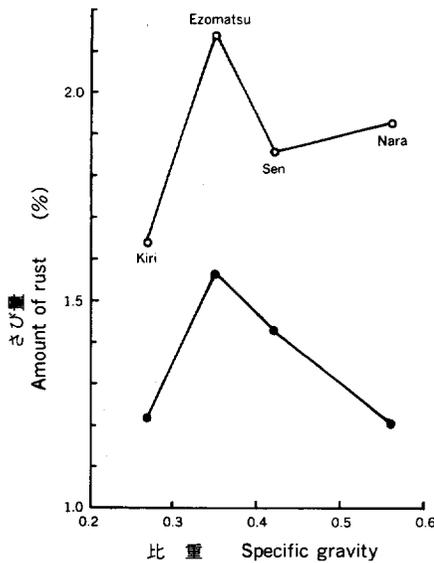


Fig. 9. 異なった樹種におけるさび量
Amount of rust of nails driven in
woods of some species.

○ : 処理条件 ① condition ①
● : 処理条件 ③ condition ③

られない。

5. ま と め

散水 - 乾燥の処理条件が、釘および周辺の木材の劣化に及ぼす影響を検討するため、Fig. 1 のような試験体を作成し、降伏点と思われる初期のピークにおける荷重を P とした。総合的な劣化の尺度として、処理後求めた P_2 を用いた。結論はつぎのとおりである。

- 1) P_2 は、散水 - 乾燥の 1 サイクル期間の長い条件の方が低下が大である。

において最大となるが、検定 (危険率 5%) ではエゾマツ (0.35) はナラ (0.56) およびキリ (0.27) より大、セン (0.42) はキリ (0.27) より大であるが、他は有意差がみられない。これは、比重のみからみると、釘のさび量は I (0.55) のときが III (0.61) より大であり、I と II, II と IIIの間では有意差がみられないという先のベイツガの場合の結果と一致している。なお、釘のさび量に影響を与える因子として、木材の pH, 塩素イオン濃度などが考えられる。微小ガラス電極を用いて測定した pH 値は、ナラ 4.8, セン 5.0, エゾマツ 4.8, キリ 4.5 であり、特に大きな差は認められない。塩素イオン濃度は測定していないが、特に差があるとは考えられない。しかしながら、この場合は樹種が異なるため、水の浸透に関連する組織が異なることも考えられ、必ずしもさび量が比重のみと関係があるとはいえない。

釘の位置については、乾燥の遅れる 5 の位置でさび量が大きく、その他の位置では有意差がみ

- 2) P_2 は, 接合部の木材の割れによって低下し, 割れの長さは, 木口面からみた2本の木材の年輪方向に基づく組み合わせにより変化し, 木表と木裏が接する場合で最大である。
- 3) 釘のさび量は, 散水 - 乾燥サイクルが短いほど大である。
- 4) 釘のさび量は, 比重が0.35のとき最大値を示したが, 比重以外の原因も考える必要がある。
- 5) 釘のさび量は, 釘を引き抜いたあとの木材の釘穴直径と直線関係にある。
- 6) P_2 は, 比重, さび量および割れの長さを説明変数とした重回帰式で表わすことができる。

Influence of Condition of Wet and Dry Cycles on Deterioration of Nail and Wood around it

Hiroto IMAMURU⁽¹⁾

Summary

The nail holding strength varies as time elapses, due to the relaxation of the wood, corrosion of the nail, deterioration of the wood around the nail, and enlargement of the nail hole due to the repetition of the swelling and shrinkage of the wood. These deteriorating factors derive mainly from water.

This study was carried out in order to examine the influence of the conditions of wet-dry cycle tests on the deterioration of nail and wood around it.

EXPERIMENT : The test specimen was made by nailing the ends of the two pieces of western hemlock with one nail (CN 50 : 50 mm length, 2.87 mm in diameter). A load was applied on the center of the joint in a manner to bend the specimen in a V shape. Three kinds of the combination of the wood were prepared as shown in Fig. 2, which illustrated the end grains of the specimens.

Three groups of specific gravity (the average of the two pieces of the wood for one specimen) were prepared :

| Group | Average | Standard deviation |
|-------|---------|--------------------|
| I | 0.55 | 0.004 |
| II | 0.58 | 0.005 |
| III | 0.61 | 0.007 |

One group consists of nine specimens. The standard deviations was obtained on eighteen pieces of the wood.

A wet condition was made by water sprayed at room temperature and a dry condition was obtained in an oven at 60°C. Condition ① is 5 days in the water spray and 5 days in the oven (10 days' cycle), ② : 15 days and 15 days (30 days' cycle) and ③ : 30 days and 30 days (60 days' cycle). The total days in the water spray, or the total days in the oven dryer are the same for each condition in 120 days in all. Two pieces of the wood were jointed by the nail when the moisture content of the wood was 15%. The bending test was made with the cross head speed of 30 mm/min. The distortion of the specimen by the test was restored before the wet-dry cycles. The specimen was tested again at the moisture content of 15% after the wet-dry cycles. The load at the yield point (*P*) (Fig. 3) was regarded as a measure of the deterioration of nail and wood around it.

After the wet-dry cycles, the nails were withdrawn, and scraped with a wire brush to take off the rust. The amount of the rust (*R*) was obtained. The diameters of the nail holes (*D*) were measured at the contact surfaces of the two pieces of the wood. The lengths of the cracks were measured at the ends of both woods and summed up as (*C*) (Fig. 4).

RESULT : Table 1 shows P_1 obtained before the wet-dry cycles. According to the analysis

Received December 27, 1983

(1) Wood Utilization Division

of variance, no significance was found among the factors of the combinations of the wood (a, b, c), the specific gravity (I, II, III) and the interactions of these factors. The specimens for the number 1, 2 and 3 in Table 1 was allotted to the treatment conditions of the wet-dry cycles ①, ② and ③ respectively.

P_2 obtained after the wet-dry cycles is shown in Table 2. P_2 shows significant differences among the factors of the conditions (the wet-dry cycles), the specific gravities and the combinations of the wood at the 0.5% level. P_2 shows also significant differences among the interactions of the conditions and the specific gravities, and the interactions of specific gravities and the combinations at the 5% level (Table 3). P_2 is the minimum at ③ among the factors of the conditions. P_2 is the maximum at III among the factors of the specific gravities. P_2 is the minimum at b among the factors of the combinations.

The amount of the rust (R) increases as the period of the wet-dry cycle decreases from ③ to ①, due to insufficient drying time. R shows the significant differences among the factor of the specific gravity (Tables 4 and 5) : R is higher when the specific gravity is I than III. This phenomenon is unusual and needs an additional test with a wider range of the specific gravity.

Fig. 8 shows the specimens for the supplemental test. The species of the wood used were Nara (specific gravity : 0.56), Sen (0.42), Ezomatsu (0.35) and Kiri (0.27). The size was $5 \times 5 \times 5$ (cm). The amount of the rust differs in the conditions (① and ③), the specific gravities and the positions of the nails at the 5% level (Tables 9 and 10). Fig. 9 shows the relationship between the amount of the rust and the specific gravity. The amount of the rust shows a maximum at the specific gravity of 0.35; however, the reason remains unknown. These are the results of the supplemental test.

The diameter of the nail hole shows the maximum value at the wet-dry cycle ①. The relationship between the amount of the rust (R) and the diameter of the nail hole (D) is shown in Fig. 5, and expressed as eq. (1).

The length of the crack (C_1) made upon nail driving shows the maximum at the combination b. P_1 decreases as C_1 increases as shown in Fig. 6 and eq. (2). C_1 increases by the wet-dry cycles and C_2 shows the maximum also at the combination b.

P_2 is expressed as eq. (3). Where, ρ is the specific gravity, R is the amount of the rust and C_2 is the length of the cracks after the wet-dry cycles. The multiple correlation coefficient is 0.70.