

木造住宅のウソ・ホント

石山 央樹

橋爪 洋司（太平洋設計事務所），神谷 誉彦（昭典木材）

2010年に「公共建築物等における木材利用の促進に関する法律」が施行され、さまざまな場面での木材利用の機運が高まっているが、木造建築に関する教育や情報は少ないのが現状である。木材を効果的に利用するためにはさまざまな工夫が不可欠であり、伝統的な技術には特にこのような工夫が見られることが多い。これら伝統技術を後世に残すためには、伝統技術を現代の解析技術で定量評価し、見直すことが望ましい。本研究では、木造建築における雨水対策ディテールと大工の釘打ち技術に着目し、降雨装置を用いた実験的検証および油圧加力装置を用いた実験的検証を通して、これらの技術の定量評価を試みた。

1. はじめに

2010年に「公共建築物等における木材利用の促進に関する法律」が施行され、さまざまな場面での木材利用の機運が高まっている。また、我が国では従来より木造建築物が多く、国民は木材への思い入れが比較的強いと考えられているが、木造建築に関する教育や情報は少ないのが現状である。写真1はオーストリア地方部のある宿泊施設のフェンスである。木材は特に小口が雨水に対して弱点となるため、板で小口を保護し、さらに傾斜をつけることによって雨水の滞留を防止している。一方、写真2は日本における公園施設の遊歩道である。手摺の支柱に使用されている木材の小口には雨水対策が見られない。木材を効果的に利用するためには、このような工夫が不可欠であり、伝統技術にはこのような工夫が多く見られるが（写真3）、わが国においては廃れてしまっているのが現状である。これら伝統技術を後世に残すためには、伝統技術を現代の解析技術で定量評価し、見直すことが望ましい。そこで本研究では、木造建築における雨水対策ディテールの評価と大工の釘打ち技術の評価に取り組んだ。



写真1 小口を保護した木製フェンス（オーストリア）

写真2 小口の雨水対策が見られない木製支柱（日本）

写真3 伝統建築にはまだ雨水対策が見られる（日本）

2. 雨水対策ディテールの評価

2.1 研究概要

木材に甚大な被害を及ぼす劣化形態として、腐朽や蟻害などの生物劣化が知られている。木材の生物劣化には一般的に①栄養、②酸素、③適度な温度、④適度な水分が必要とされるが、このうち、人為的にコントロール可能なのは水分である。すなわち、降雨下で木材が濡れ易いものは生物劣化しやすく、濡れにくいものは生物劣化しにくいといえることができる。本研究では、疑似的降雨装置を作成し、木造ディテールモデルに対して一定期間降雨を作用させ、そのモデルの含水率分布を測定することにより、相対的な腐朽リスクを評価する。

2.2 降雨装置作製と各部位の寸法決定のための準備実験

疑似降雨装置の模式図を図 1 に示す。簡易フィルターを通して水缶に貯めた水道水を、塵埃除去フィルターと塩素除去フィルターを通してチュービングポンプによって吸い上げ、シリコンチューブに取り付けたアルミ細管によって雨滴を生成、試験体に滴下するしくみである。アルミ細管の内径は既往の研究¹⁾(表 1)を参考に、0.4mm とした。目標降雨量は 60mm/h とした。また、以降に述べる各部位の寸法決定のための準備実験を行った。

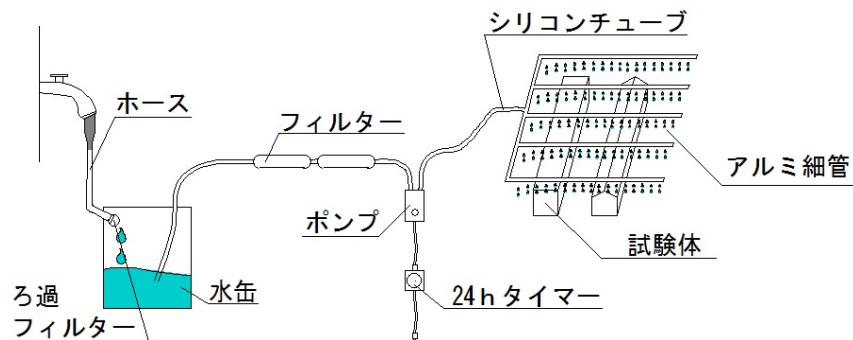


図 1 降雨装置模式図

表 1 降雨量と水滴寸法¹⁾

	並雨	強い雨	非常に強い雨
降水量	5mm/h	20mm/h	60mm/h
水滴寸法分布中央値(mm)	1.65	2.14	2.16
注射針の外径(mm)	0.35	0.5	1
水滴直径(mm)	1.9	2.45	2.94

2.3 シリコンチューブの長さの影響

まず、ポンプから細管までの距離の影響を確認した。図 2 のような装置を作成し、ポンプを 3 時間作動させ、平均降雨量を算出した(表 2)。表 2 より、図 2 に示す範囲内では降雨量に大きな違いが生じないことが確認できた。

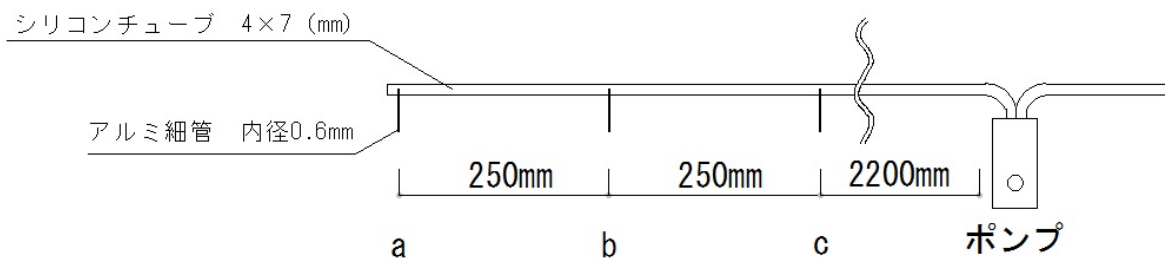


図2 シリコンチューブ長さの影響

表2 1時間当たり降雨量

	a(ml/h)	b(ml/h)	c(ml/h)
1時間	28	22	21
2時間	22	24	26
3時間	25	24	23
平均	25	23	23

2.4 細管の長さの影響

次に、図3のような装置を用いて、細管の長さを検討した。細管が短すぎると管内の抵抗が小さく、水滴を形成しない可能性があり、また、長すぎると抵抗が大きすぎて水が排出されない可能性がある。試行錯誤的に検証した結果、細管長さ 20mm 程度で適当な水滴を形成することが確認できた。

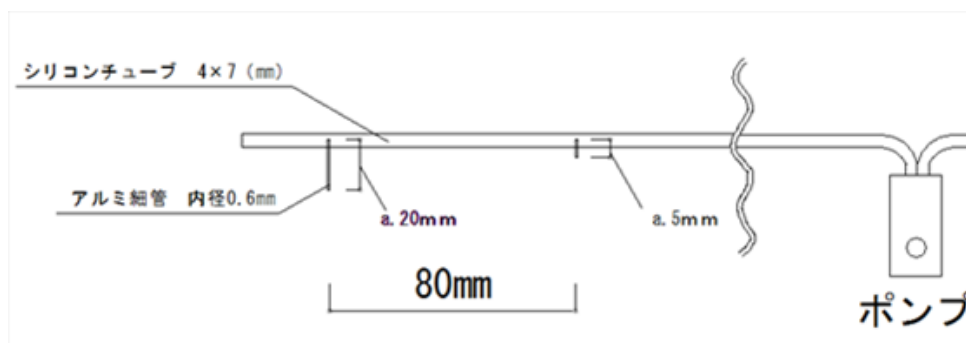


図3 細管の長さの影響



写真4 細管の長さ (左 5mm、右 20mm)

2.5 降雨散布実験

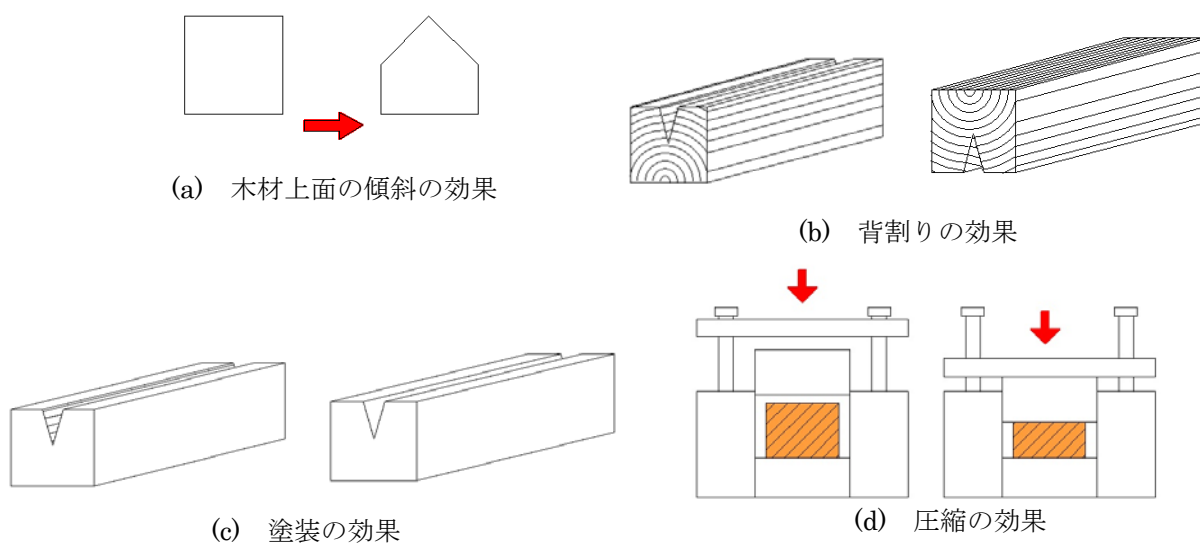
以上の準備を経て作成した疑似降雨装置（写真 5、6）を用いて、降雨散布実験を実施した。本研究では、木材上面の傾斜の効果、背割りの効果、塗装の効果、圧縮の効果に着目することとし、図 4(a)～(d)のような試験体を準備した。72 時間の降雨散布後ただちに試験体を取り出し、試験体を輪切りにした後、さらに細かく切断して、それぞれの部位の含水率を全乾法によって算出した。こうして求めた含水率を元にコンター図を作成し、含水率分布を可視化した。塗装の効果については、さらに 72 時間の放湿を行い、含水率分布を可視化した。



写真 5 疑似降雨装置



写真 6 降雨散布実験



(a) 木材上面の傾斜の効果

(b) 背割りの効果

(c) 塗装の効果

(d) 圧縮の効果

図 4 試験体仕様

2.6 実験結果

実験結果の一例を図 5～9 に示す。図中の数値は含水率(%)を表し、含水率が高いほど濃い色のプロットとなるように図示した。図 5 より、上面に傾斜を設けることにより、雨水が滞留しがちな上面隅部の含水率が低くなるのがわかる。一方、下面隅部は上面に傾斜を設けたものの方が含水率が高かった。図 6 より、背割りは下向きに入れた方が含水率が低く抑えられるのがわかる。図 7 より、塗装した部分の含水率が低いのがわかる。図 8 より、背割り部分に塗装が施されていない試験体でも、背割り部分の含水率は特に高くなることはないのがわかる。すなわち、塗装は一部

であろうとした方が望ましいと言える。図 9 より、圧縮率が高いほど含水率が高いことがわかる。すなわち、圧縮することによる吸水防止効果は望めないと言える。

65.0	27.4	26.2	27.8	67.0
23.2	19.2	20.4	21.0	23.1
21.1	21.6	24.0	22.5	22.5
21.4	23.1	30.2	23.4	27.3
41.0	19.9	26.6	22.3	56.2

42.4	32.8	30.5	33.5	42.7
30.3	26.6	30.5	28.7	25.4
29.6	26.8	29.8	30.9	34.1
28.8	25.8	28.4	29.0	42.4
67.6	23.5	24.8	25.1	110.3

76.6	23.0	35.1	23.5	41.3
19.6	15.9	40.4	17.1	27.4
24.3	25.2	29.8	36.7	25.3
26.6	16.0	14.4	14.4	22.3
57.2	27.8	13.7	14.2	27.7

61.9	32.3	17.5	35.9	52.5
22.9	15.2	16.3	15.2	37.8
18.3	15.3	15.3	15.4	27.2
31.4	15.3	15.5	15.3	32.8
92.5	34.2	24.7	37.1	99.4

図 5 実験結果（木材上面の傾斜）

図 6 実験結果（背割りの効果）

15.0	14.8	19.6	19.1	15.4	14.9	15.2	23.9	22.8	17.4	37.9	28.6	33.5	38.7	59.6
14.9	16.0	21.0	22.6	14.7	21.1	21.7	25.1	22.6	16.5	25.2	13.9	22.4	22.4	14.1
24.4	21.3	21.3	19.3	15.0	25.3	23.1	25.5	21.9	16.4	21.3	14.3	21.2	14.6	11.6
15.7	15.5	16.9	15.6	15.1	16.0	16.8	16.8	17.6	18.9	26.9	14.1	14.3	13.9	13.7
32.3	14.8	15.1	15.0	30.5	74.2	18.2	15.1	40.2	110.1	55.3	19.9	15.4	20.4	37.4

図 7 実験結果（塗装の効果 左：全塗装 中：背割り以外塗装 右：塗装なし）

13.0	14.5	18.0	14.7	13.2	12.5	14.1	17.1	16.9	13.7	15.7	16.1	21.1	19.8	16.6
14.9	15.1	20.0	21.5	15.9	15.1	17.5	23.2	20.0	14.6	15.0	15.4	25.1	17.7	15.8
18.0	28.6	23.7	17.5	13.8	16.5	17.7	21.2	17.8	14.8	14.4	15.9	19.7	23.6	24.3
20.1	19.2	15.9	15.3	14.0	14.6	15.5	16.4	15.7	14.7	16.1	15.5	16.0	17.8	17.6
13.8	14.6	15.1	14.4	16.1	26.2	14.8	14.8	14.6	14.2	15.7	15.0	15.5	15.7	24.3

図 8 実験結果（塗装の効果 放湿後 左：全塗装 中：背割り以外塗装 右：塗装なし）

38.6	23.9	24.5	30.2	36.5
35.3	12.0	12.3	12.8	19.7
110.5	33.1	25.1	26.8	95.0

55.1	33.2	73.8	28.8	30.1
66.4	32.7	20.5	47.2	53.2
104.4	80.2	90.6	125.2	143.5

167.9	153.5	152.0	162.9	165.5
127.0	58.5	72.1	72.4	42.2
114.8	62.0	71.8	61.9	62.4

137.5	94.3	127.3	150.6	161.5
24.5	51.5	25.4	58.3	59.3
107.9	110.2	114.1	119.8	151.7

図 9 実験結果（圧縮の効果 左上：圧縮率 0% 右上：圧縮率 20%
左下：圧縮率 40% 右下：圧縮率 60%）

3. 大工の釘打ち技術の評価

3.1 研究概要

木造建築物の接合部には釘が多用されている。現代では圧縮空気を利用した釘打ち機（写真7）が作業効率を大いに高めているが、手打ちにこだわっている大工も多い。釘を打ち込むと木材が繊維に沿って割れることがあるが、割れを防止するために先端をつぶすことがあるという。錆による釘の引抜耐力向上を期待し、釘を打ち込む前に釘を口を含む大工もいる。そこで本研究では、釘の施工方法や釘の状態が引抜耐力に影響を及ぼすのかどうか、定量的な評価を試みることにした。



写真7 圧縮空気を利用した釘打ち機

3.2 実験パラメータ

実験パラメータは、釘の施工方法（素人手打ち、職人手打ち、機械打ち）、釘の状態（写真8：先端をつぶしたもの、錆びさせたもの）とする。機械打ちでは連結釘を用いるため、比較用として釘の種類（写真9：連結釘、バラ釘）もパラメータとして加えた。



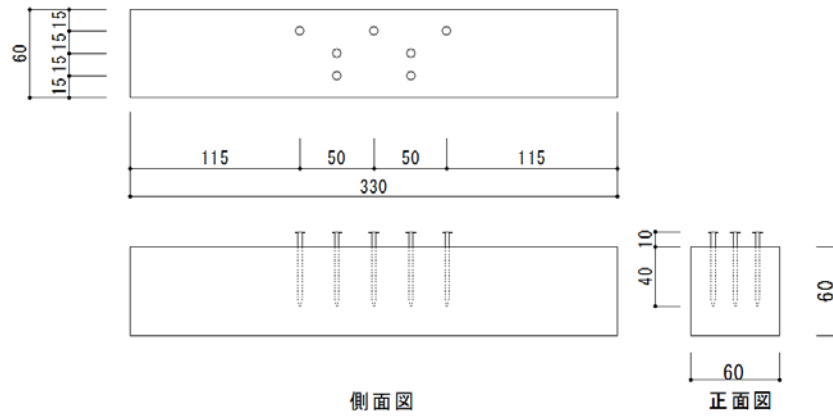
写真8 先端を1mmつぶした釘（右）
と先端を3mm削った釘（中央）



写真9 連結釘（右）とバラ釘（左）

3.3 実験方法

図 10 に試験体図を示す。同じ材に仕様の異なる釘を打ち込むことで、木材のバラツキによる影響を抑えることとした。試験体セットアップ図を図 11 に示す。油圧ジャッキを用いて釘を 2mm/min で引抜、変位と荷重を計測した。



側面図

正面図

図 10 試験体図

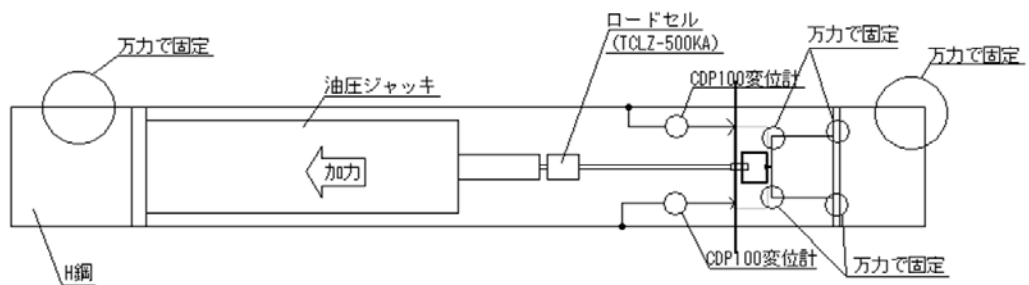
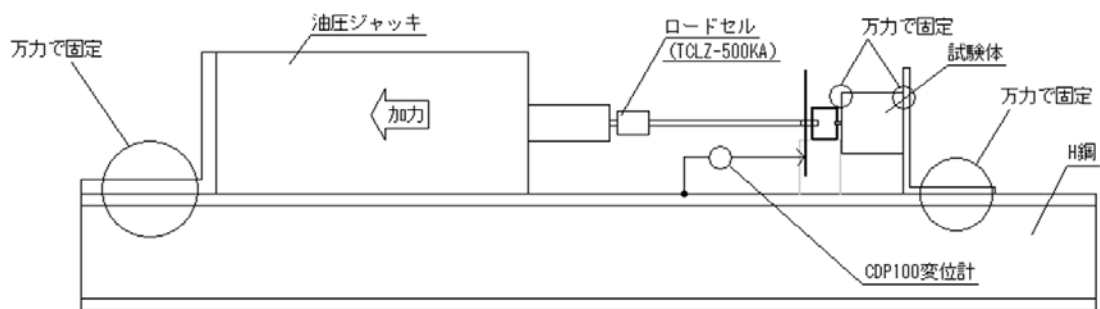


図 11 試験体セットアップ図

3.4 実験結果

荷重変形曲線の一例を図 12 に示す。引抜け始めるまで荷重が上昇した後、釘の引抜けに繋がって緩やかに荷重低下した。こうして得られた引抜耐力を使用ごとにプロットした(図 13)。「職人 連結釘」と「機械 連結釘」を比較すると、耐力に殆ど違いがないことがわかる。「職人 連結釘」と「職人 バラ釘」を比較すると、連結釘の方が耐力が高いことがわかる。連結釘の場合、連結ワイヤが木材内部にひっかかり、アンカーのような効果をもたらすためと思われる(写真 10)。「職人 バラ釘」と「素人 バラ釘」を比較すると、耐力に殆ど違いがないことがわかる。釘のような単純な施工方法の部品では習熟度が性能に及ぼす影響は小さいと思われる。「素人 バラ釘」と「素人 先端 1mm 潰し」を比較すると、耐力に殆ど違いがないことがわかる。木材の割れを防ぐために先端を潰す技術は、耐力の低下もないため、有効であるといえそうである。ただし、「素人 先端 3mm 削り」は耐力の低下が見られ、大きく削ることは性能を低下させる恐れがあるといえる。「素人 バラ釘」と「素人 錆釘」を比較すると、錆釘の耐力が高いことがわかる。釘を打ち込む前に口に含むことで錆びさせるといふ技術の有効性が示唆された。

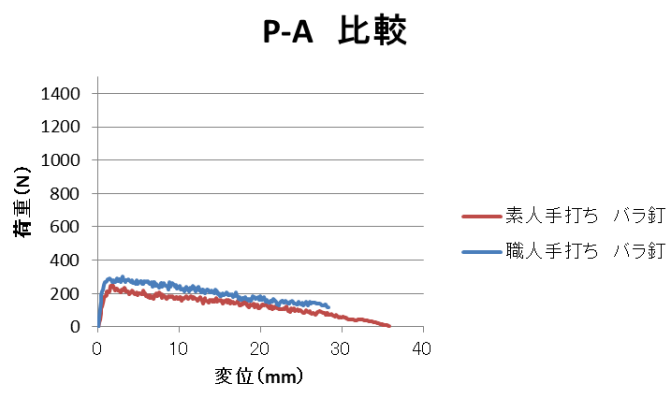


図 12 荷重変形曲線の一例

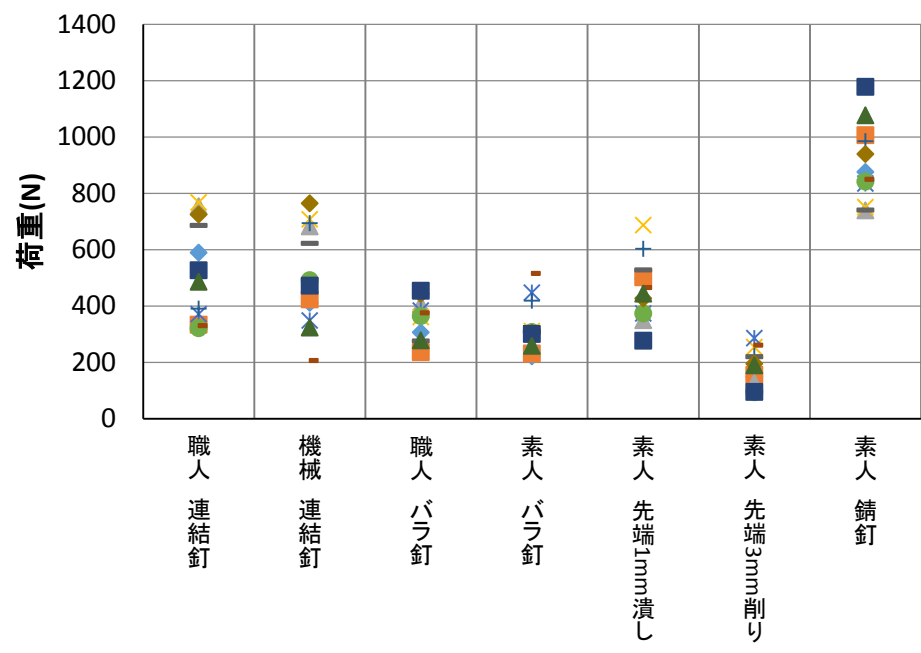


図 13 施工方法・釘種類と最大引抜耐力

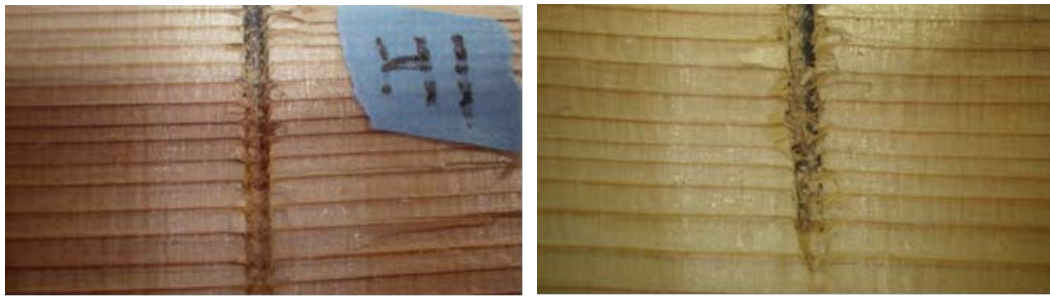


写真 10 試験後の木材内部の様子（左：バラ釘 右：連結釘）

4. おわりに

疑似降雨装置を利用した実験と評価により、木材に傾斜を設けたり、下面に背割りを設けたりする伝統的な雨水対策ディテールの効果を確認することができた。また、数種の仕様の釘の引抜耐力の検証により、釘の先端を潰して木材を割れにくくすることの有効性、意図的に釘を発錆させる有効性を確認することができた。一方、釘の場合、機械、職人、素人のいずれの施工方法でも耐力に大きな影響は及ぼさないことが確認された。

参考文献

- 1) 国土交通省：気象庁「雨の強さと降り方」