

南極昭和基地第10居住棟木質材料の残存強度

平居孝之¹・平山善吉²・大谷俊浩³・松田忠広⁴

Remaining strength of wooden material of the old living hut built in 1969
at Syowa Station, Antarctica

Takayuki Hirai¹, Zenkichi Hirayama², Toshihiro Otani³ and Tadahiro Matsuda⁴

Abstract: The remaining strength of wooden frames in the panels used in the old living hut built in 1969 at Syowa Station in Antarctica, which is 29 years old, and that in the balloon-launching building, which is 31 years old, were examined. The pulling out strength of the nail screwed into the wooden frames was used to measure the strength of the wooden frames. The relation between the strength of virgin wood of the same kind as wooden frames and its air dried specific gravity was measured by preliminary test. The ratio of the remaining strength against the initial strength of the virgin wood was estimated from the strength of wooden frames using the result of the preliminary test. It is concluded that the strength of the wooden frames deteriorated little.

要旨: 建設後29年経過した南極昭和基地の第10居住棟と建設後31年経過した放球棟で使用されていた木質パネル枠材の残存強度を調べた。木質枠材にねじ込んだビスを引き抜いたときの強度を同じ材質の新材について、強度と気乾密度の関係を前もって測定した数値と比較して木質枠材の強度を表した。この関係を用いて、木質枠材の強度の測定結果から強度残存率を評価した。その結果木質枠材の強度の低下は小さいと考えられた。

1. はじめに

南極昭和基地第10居住棟は築29年、放球棟は築31年がそれぞれ経過している(1999年時)。今回、それらの施設に使用されていた木質パネル枠材を持ち帰り、その木質パネル枠材の劣化状況の調査ならびに残存強度の推定を行った。試料は採取後、ビニールシートで覆

¹ 日本文理大学工学部建築学科。Department of Architectural Engineering, Faculty of Engineering, Nippon Bunri University, 1727, Ichiki, Oita 870-0397.

² 日本大学理工学部建築学科。Department of Architecture, College of Science and Technology, Nihon University, 8-14, Kanda-Surugadai 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8308.

³ 大分大学工学部福祉環境工学科。Department of Human Welfare Engineering, Faculty of Engineering, Oita University, 700, Dannoharu, Oita 870-1192.

⁴ 大分大学大学院博士後期課程。Graduate Student, Doctor's Course of Architectural Engineering, Oita University, 700, Dannoharu, Oita 870-1192.

い、雨露に曝さぬように持ち帰った。なお木質パネルの枠材にはカナダ産ヒノキの集成材が使用され、枠材の両面に合板が張られている。

残存強度の推定方法として、ビス引抜きによる引抜き強度と圧縮強度および曲げ強度等の各強度との相関性があることから、そのパネル枠材にビスをねじ込んで引き抜くことで求めたビス引抜き強度から残存強度を推定することとした。しかしながら、第10居住棟および放球棟で使用された木質パネル枠材のビス引抜き強度の初期値が存在せず、またビス引抜きによる強度の推定に関する研究もほとんど行われていないことから、まずそのパネル枠材と同じ樹種の新材を用いてビス引抜き試験を行い、その試験方法について検討を行うとともに、その試験結果からパネル枠材の初期値を推定した。また、その試験と平行して新材の圧縮試験と曲げ試験を行い、今回使用する供試体が一般的な木材の物性から逸脱していないことを確認するとともに、新材のビス引抜き強度の初期値に対応する圧縮強度と曲げ強度を求めた。次に木質パネル枠材でビス引抜き試験を行うことで木質パネル枠材のビス引抜き強度を求め、新材のビス引抜き強度と比較することでパネル枠材の残存強度の推定を行った。

2. 新材のビス引抜き試験、圧縮試験および曲げ試験

2.1 供試体

試験に使用した新材は、木質パネルに使用されているカナダ産ヒノキに一般的に木造住宅で使用されているスギ、ヒノキおよびツガを加えた4種類とした。また新材は集成材ではなく単材を使用した。供試体はすべて繊維方向に取り、寸法はビス引抜き試験用5 cm × 5 cm × 12 cm、圧縮試験用3 cm × 3 cm × 9 cm、曲げ試験用3 cm × 3 cm × 48 cmとした。供試体数は一つの樹種につきビス引抜き試験用12体、圧縮試験6体および曲げ試験6体とした。

各試験を行う前に各供試体を20°C、75%RHの条件で恒量になるまで静置して含水率が一定(気乾状態)になるようにし、気乾質量および気乾寸法を計測することで気乾密度を求めた。各試験終了後、供試体を105°Cの乾燥機に恒量になるまで静置して全乾質量を計測することで含水率を求めた。

2.2 ビス引抜き試験方法

ビス引抜き試験は基準となる試験方法が存在しないため、JIS Z 2121(木材のくぎ引抜き抵抗試験方法)を参考にして供試体の繊維と平行な面(正目面または板目面)に繊維方向と垂直に図1に示すビスをねじ込んで行った。使用したビスは、木造住宅の外壁補修用のパネルを取り付けるのに使用されているもので、長さ70 mm、胴径4 mm、ピッチ3 mmの鋼製のものである。ビスのねじ込み位置は図2に示す通りで、ねじ込み深さは4箇所のねじ込み位置ですべて変化させ、それぞれ15、25、35、45 mmとした。ねじ込んだビスを図3に示すような

材質：鋼（JIS G 3539 SWCH22A）にダクロタイズド処理
 （亜鉛やクロム酸等による表面処理）
 ピッチ：3mm

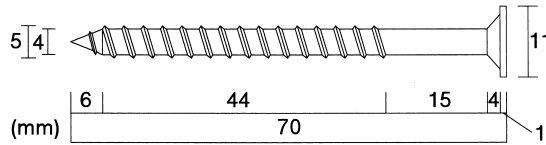


図1 ビス

Fig. 1. Screw.

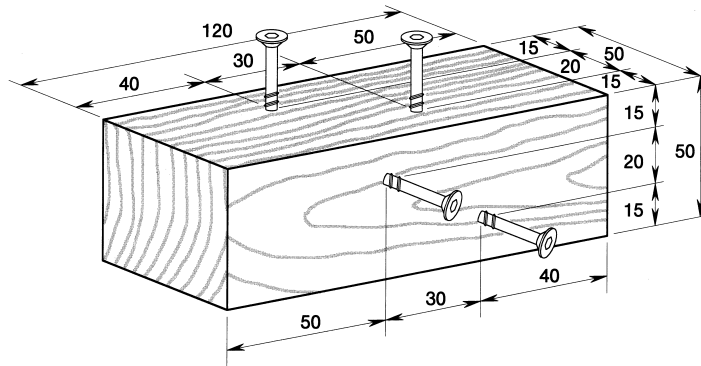


図2 ねじ込み位置

Fig. 2. Screw in tightly fastened position.

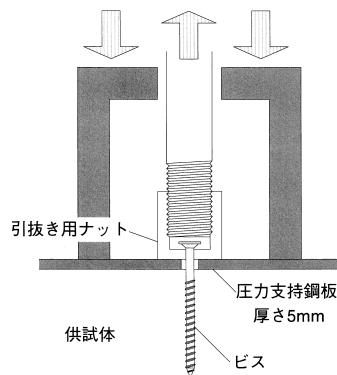


図3 ビス引抜き試験

Fig. 3. Screw pulling strength test.

方法で建研式接着力試験機にて引っ張り，最大引抜き荷重を求めた．表1にビス引抜き試験結果を示す．表中の引抜き荷重無負担部分長さとは，ビス引抜き荷重とビスねじ込み深さの関係グラフにおいて，各供試体の近似直線のビスねじ込み深さ軸に対する切片を求めたものである．

引抜き荷重無負担部分の長さの平均値は6.5 mmである．また図1に示すように，ビスは

表1 ビス引抜き試験結果
Table 1. Results of the screw pulling strength test.

木材種類	項目	気乾密度 (g/cm ³)	含水率(%)	引き抜き荷重 無負担部分長さ (mm)	引き抜き強度 (N/mm)
スギ	範囲	0.37~0.40	13.0~14.6	4.2~7.8	94.3~111.0
	平均	0.39	14.1	6.7	103.7
	変動係数	2.28%	3.62%	1851.88%	481.27%
ヒノキ	範囲	0.41~0.55	12.5~13.8	4.5~8.8	100.5~173.7
	平均	0.49	13.1	6.6	145.4
	変動係数	10.57%	3.42%	1899.80%	1941.58%
ツガ	範囲	0.52~0.59	13.4~14.1	5.4~8.6	115.0~160.1
	平均	0.55	13.7	7.1	133.5
	変動係数	4.48%	1.72%	1443.86%	1095.07%
カナダ産 ヒノキ	範囲	0.40~0.44	13.2~15.2	-2.7~8.6	94.3~122.4
	平均	0.42	13.8	5.9	101.4
	変動係数	2.15%	4.26%	5234.47%	676.74%

表2 圧縮試験結果
Table 2. Results of compression test.

木材種類	項目	気乾密度 (g/cm ³)	含水率(%)	圧縮強度 (N/mm ²)
スギ	範囲	0.26~0.33	14.7~15.5	15.9~28.0
	平均	0.31	15.1	22.9
	変動係数	8.50%	1.40%	18.83%
ヒノキ	範囲	0.51~0.56	15.3~16.1	42.0~48.2
	平均	0.53	15.7	44.6
	変動係数	3.76%	1.98%	4.45%
ツガ	範囲	0.46~0.51	13.7~14.4	39.6~45.2
	平均	0.48	14.1	42.7
	変動係数	3.36%	1.52%	4.43%
カナダ産 ヒノキ	範囲	0.38~0.39	15.5~16.4	29.7~32.7
	平均	0.39	16.1	32.0
	変動係数	1.11%	1.97%	3.88%

表3 曲げ試験結果
Table 3. Results of bending test.

木材種類	項目	気乾密度 (g/cm ³)	含水率(%)	曲げ強度 (N/mm ²)
スギ	範囲	0.30~0.36	15.2~16.3	36.9~54.6
	平均	0.32	15.6	45.8
	変動係数	6.37%	2.59%	11.41%
ヒノキ	範囲	0.43~0.46	14.2~15.8	72.9~80.9
	平均	0.44	15.0	77.0
	変動係数	2.12%	3.77%	3.51%
ツガ	範囲	0.48~0.53	14.8~16.6	57.6~85.6
	平均	0.51	15.9	76.1
	変動係数	4.00%	3.66%	12.42%
カナダ産 ヒノキ	範囲	0.38~0.39	15.3~16.3	52.2~69.9
	平均	0.39	15.9	66.0
	変動係数	0.56%	2.03%	9.42%

先端 6 mm が傾斜しており、この部分とプラス α が引抜きに対して抵抗していないものと考えられる。現時点ではそのプラス α の部分がどこに相当して、どのような力学的作用によって生じるのか分かっていない。この件については今後明らかにする必要がある。そのため、今回はねじ込み深さから 6.5 mm を引いた長さを有効ねじ込み深さとする。

2.3 圧縮試験方法

圧縮試験は JIS Z 2111 に準拠して行い、試験機は変位制御型載荷試験機で、載荷スピードは 10 N/mm^2 以下になるようにした。表 2 に試験結果を示す。

2.4 曲げ試験方法

曲げ試験は JIS Z 2113 に準拠して行い、試験機は変位制御型載荷試験機を使用した。載荷方法はスパン 42 cm 中央集中載荷で行い、載荷スピードは 15 N/mm^2 以下になるようにした。表 3 に試験結果を示す。

2.5 試験結果および考察

図 4 にビス引抜き強度と木材の気乾密度の関係を示す。一般的に木材強度は気乾密度に大きく影響を受け、気乾密度が大きくなると木材強度も増加する。図 4 よりビス引抜き強度も気乾密度から大きく影響を受けている。ビス引抜き強度と木材の気乾密度の関係を全計測データの近似直線から求めると、今回の試験範囲 (気乾密度 0.35–0.6) では次式となった。

$$P = 266.9 \rho. \quad (1)$$

P : ビス引抜き強度 (N/mm), ρ : 気乾密度 (g/cm^3)

図 5 に木材の圧縮強度と木材の気乾密度の関係を示す。図中の直線は一般的木材の圧縮強度と気乾密度の関係として使用されている式である。関係式が実験結果のほぼ下限値を示し、

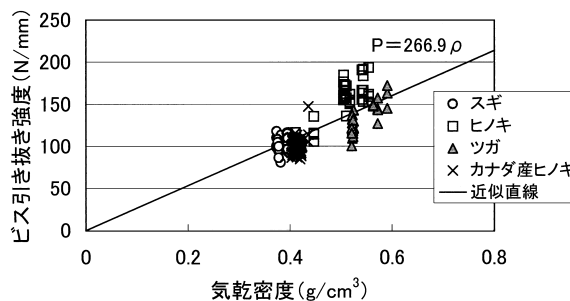


図 4 ビス引抜き強度と気乾密度の関係

Fig. 4. Relation between strength and air dried specific gravity.

今回使用した供試体について特に問題点はないと考えられることから、この関係式を圧縮強度推定のための圧縮強度と気乾密度の関係式として採用する。

$$F_c = 68.6 \rho. \quad (2)$$

F_c : 圧縮強度 (N/mm²)

図6に木材の曲げ強度と木材の気乾密度の関係を示す。図中の曲線は一般的木材の曲げ強度と気乾密度の関係として使用されている式である。関係式が実験結果の下限値よりさらに低くなっているが、これは実験方法や含水率の違い等によって生じたものと考えられる。今回使用した供試体は、曲げ強度が一般的木材の関係式より離れた値を示したが、関係式より大きな値を示し安全側に存在していることから、特に問題点はないと考えられ、この関係式を曲げ強度推定のための曲げ強度と気乾密度の式として採用する。

$$F_b = 99 \rho^{1.2}. \quad (3)$$

F_b : 曲げ強度 (N/mm²)

式(1)と式(2)より、ビス引抜き強度と木材の圧縮強度は次式によって表せる。

$$F_c = 0.257 P. \quad (4)$$

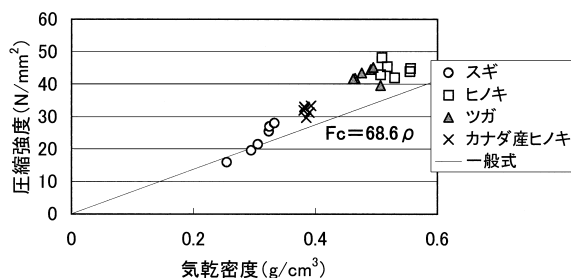


図5 圧縮強度と気乾密度の関係

Fig. 5. Relation between compressive strength and air dried specific gravity.

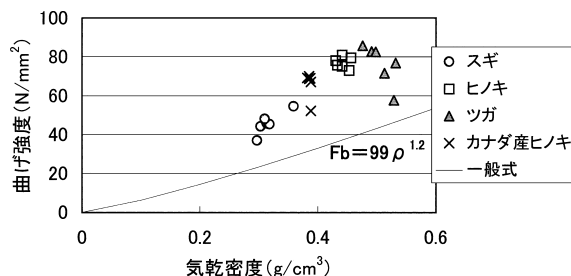


図6 曲げ強度と気乾密度の関係

Fig. 6. Relation between bending strength and air dried specific gravity.

また式 (1) と式 (3) より, ビス引抜き強度と木材の曲げ強度は次式によって表せる.

$$Fb = 0.121 P^{1.2}. \quad (5)$$

3. 第 10 居住棟木質パネル枠材のビス引抜き試験

3.1 試験方法

第 10 居住棟の各部位および放球棟から取り出した供試体を気乾状態 (含水率約 15%) にしてビス引抜き試験を行った. ビス引抜き方法は新材の試験のときと同様である.

表 4 に各供試体の数, 寸法および目視による観察状況を示す. なお第 10 居住棟根太の気乾密度が他と比較して大きな値を示しているが, それは鋼製蝶番とワッシャが強固に取り付いていたためそれらを含んだ値であり, 実際はもっと低い値になるものと考えられる.

表 4 供試体データ
Table 4. Various data of specimens.

採取箇所	供試体数	寸法 (cm)	状態
第10居住棟 屋根パネル	6	3×9×50	変色している部分があるが全体的に良好。 幅が狭くビス引き抜き強度の測定はやや困難。
第10居住棟 外壁パネル	5	3×9×46	全体的に変色し脆弱化している。 幅が狭くビス引き抜き強度の測定はやや困難。
第10居住棟 床パネル	7	3×11×40	変色または脆弱化した部分がある。 幅が狭くビス引き抜き強度の測定はやや困難。
第10居住棟 根太	6	5×9×60	良好。一部錆あり。 鋼製蝶番とワッシャが強固に取り付いている。
放球棟	6	6×10×50	良好。

3.2 結果および考察

表 5 に試験結果と式 (1) から推定したビス引抜き強度の初期値ならびに強度残存率を示す. 実験以前は第 10 居住棟および放球棟のパネルに使用されていた樹種 (カナダ産ヒノキ) の新材のビス引抜き強度を初期値として採用すればよいと考えられたが, 今回使用した新材カナダ産ヒノキの気乾密度がパネルに使用されていた木材のそれより低く, 強度残存率を大きく見積もってしまうと考えられたため, 式 (1) から初期値を推定した. 強度残存率の平均値は外壁パネルが最も低く 79.4%, 続いて根太 85.3% である. その他の箇所はほぼ 100% またはそれ以上の値を示し, ビス引抜き試験結果からは劣化が進行していない結果となった. その原因としてパネルは両側に合板が張られた構造であるため屋根パネル, 床パネルおよび放球棟では劣化があまり進行しなかったことが考えられる. しかしながら, 目視による観察で変色や脆弱化が観察されたことより実際には劣化は進行しているものと考えられ, 残存強度率が大きくなった原因は他にあると考えられる. それは今回, 残存強度の計算をするにあたり, 木材の気乾密度が劣化の進行とともに変化しないものとみなして計算したためであり, 実際

表5 試験結果と強度残存率

Table 5. Test results and the percentage of remaining strength.

採取箇所	項目	気乾密度* (g/cm ³)	ビス引き抜き強度 (N/mm)	推定初期値 (N/mm)	強度残存率 (%)
第10居住棟 屋根パネル	範囲	0.37~0.44	72.5~128.8	98.8~117.4	69.7~119.6
	平均	0.40	114.0	107.6	105.8
	変動係数	5.29%	16.74%		
第10居住棟 外壁パネル	範囲	0.38~0.47	87.1~105.3	101.4~125.4	70.5~89.0
	平均	0.44	93.2	118.0	79.4
	変動係数	7.21%	7.07%		
第10居住棟 床パネル	範囲	0.41~0.56	107.0~138.1	109.4~149.5	80.2~124.9
	平均	0.46	125.6	123.9	103.0
	変動係数	10.09%	9.19%		
第10居住棟 根太	範囲	0.45~0.52	103.8~142.3	120.1~138.8	79.4~118.5
	平均	0.52	118.4	138.8	85.3
	変動係数	5.21%	9.44%		
放球棟	範囲	0.46~0.50	117.1~134.5	122.8~133.5	95.4~100.8
	平均	0.48	124.6	127.2	97.9
	変動係数	3.57%	5.86%		

*含水率約15%

表6 推定圧縮強度と推定曲げ強度

Table 6. Estimated compressive strength and bending strength.

採取箇所	項目	推定圧縮強度 (N/mm ²)	推定曲げ強度 (N/mm ²)
第10居住棟 屋根パネル	範囲	18.6~33.1	20.7~41.2
	平均	29.3	35.7
第10居住棟 外壁パネル	範囲	22.4~27.1	25.8~32.3
	平均	24.0	28.0
第10居住棟 床パネル	範囲	27.5~35.5	33.0~44.8
	平均	32.3	40.0
第10居住棟 根太	範囲	26.7~36.6	31.8~46.4
	平均	30.9	37.9
放球棟	範囲	30.1~34.6	36.7~43.4
	平均	32.0	39.6

には木材は劣化の進行とともに組織が粗となり、気乾密度が減少し、かつ強度も低下していくものと考えられることから、残存強度はもっと低い値になると考えられる。そのため劣化の進行とともに減少する気乾密度の減少量と強度の低下量とともに評価する方法を求める必要がある。

最後に表6に式(4)および式(5)から求めた推定圧縮強度と推定曲げ強度を示す。

4. ま と め

建設後約30年経過した南極昭和基地第10居住棟および放球棟に使用された木質パネル枠材の残存強度をビス引抜き試験により推定することを試みた結果、ビス引抜き強度と木材の

気乾密度の間に相関関係が認められ、ビス引抜き試験でも木材の劣化状態を調べることが可能であると考えられた。しかし劣化する前のビス引抜き強度を調べていない場合、劣化が進行した木材の強度残存率や圧縮強度および曲げ強度を推定するためには木材の劣化と密度ならびに強度の関係を明らかにする必要があることが明らかとなった。この点は今後の検討課題であると考えられる。

第10居住棟および放球棟の木質パネル枠材の強度残存率は外壁パネルが79.4%、根太85.3%、その他の箇所はほぼ100%という結果となった。これらの結果からは、ほとんど劣化が進行していないことになるが、目視による観察結果からは劣化が進行していることが確認された。その原因は残存強度の算出には木材の気乾密度が木材の劣化の進行によって低下しないものとして算出したためである。実際には木材の気乾密度と強度は木材の劣化の進行とともに低下すると考えられることから、それを見込んで算出すればもっと低い値になると考えられる。

文 献

- 原田 有・橋本敏秀・仕入豊和 (1991): 建築材料. 理工図書, 366 p.
平居孝之・藤永郁子 (1999): 木質パネル枠材の残存強度. 国立極地研究所シンポジウム論文集, 61-66.
平居孝之・藤田東一・大谷俊浩・井上正文 (1999): 既存木造建物の外壁改修のためのタイル化粧パネルの取り付け強度に関する研究. 日本建築仕上学会論文報告集, 6, 1-4.
林業試験場 (1991): 木材工業ハンドブック. 丸善, 1099 p.

(2001年7月16日受付; 2002年1月29日改訂稿受理)