

ニッカウキスキー余市蒸溜所施設リキュール工場における 木造トラスと鉄骨補強部材接合部の性能試験

- 種別：材料試験 [木材・煉瓦・鉄・コンクリート・その他]、重量測定、
要素試験 [接合部・軸組・壁・水平構面 (床・天井・小屋組・屋根)・非構造部材・その他]、
補強性能試験 [接合部・軸組・壁・水平構面 (床・天井・小屋組・屋根)・非構造部材・その他]

- 基本情報

文化財名称：ニッカウキスキー余市蒸溜所施設リキュール工場

文化財種別（指定年月日）：重要文化財（令和4年(2022年)2月9日）

所在地：北海道余市郡余市町黒川町7丁目6

所有者：ニッカウキスキー株式会社

構造形式：木骨石造、平屋建、梁間 8.72m、桁行 27.73m、切妻造、鉄板葺、小屋組キング
ポストトラス

建築年：昭和14年（1939年）

事業名称：重要文化財（建造物）ニッカウキスキー余市蒸溜所施設リキュール工場耐震診
断事業

事業期間：令和6年4月1日～令和7年3月31日

工事種別：耐震診断

事業者：ニッカウキスキー株式会社

技術指導：株式会社文化財保存計画協会

実験計画者：株式会社コンステック

実験機関：北海学園大学工学部山鼻キャンパス3号館地下1階 大型振動実験室

実験年月日：2025年1月24日、25日、26日

引用・参考文献：「木質構造設計規準・同解説-許容応力度・許容耐力設計法-」（日本建築
学会、2006）（以下、「木規準」と略記）

「中大規模木造建築物の構造設計の手引き 改訂版」（彰国社、稲山正弘、
2019）

「半剛節接合部を持つ木造フレームの変形挙動：(1)釘打ちガセット接
合法による梁およびラーメン型フレームの曲げ変形」（北海道大学農
学部演習林研究報告第44巻第1号、平井卓郎、1987）

「木造建築物の一步進んだ構造設計入門」（（一社）北海道建築技術協
会、平井卓郎、2019）

「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）」（公益財団法人日本
住宅・木材技術センター、2017）

●実験に至る経緯と目的

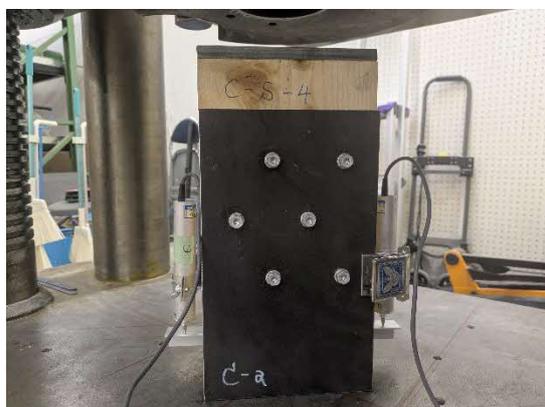
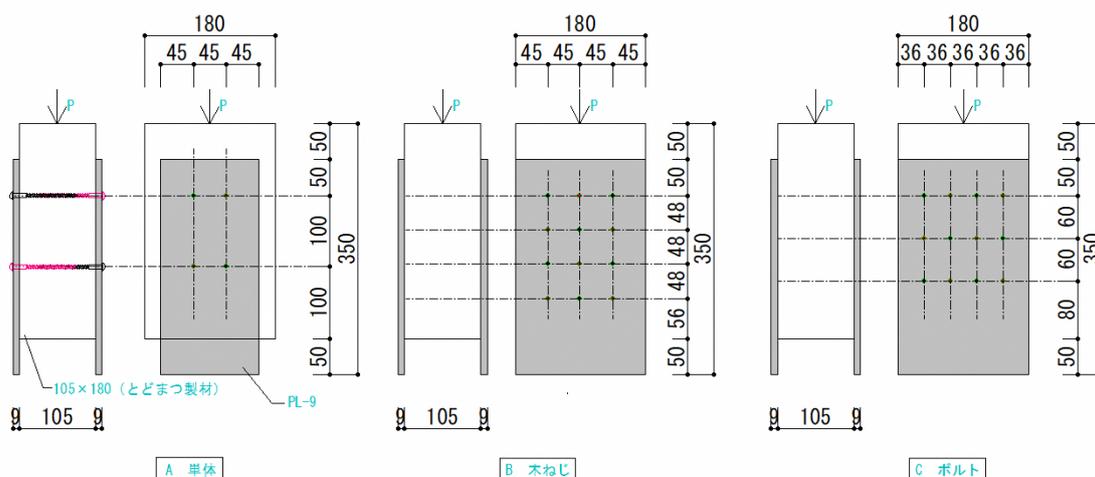
- ・本建物の耐震補強計画では、鉄骨造ラーメン架構の補強フレームを建物内部に設けて木骨柱頂部近傍の梁材と接続し、補強することとしている。
- ・補強部材と既存木造軸組を接続する方法として、補強フレーム鉄骨柱頂部の周囲に鉄製アングル材によるトラス部材を配置し、トラス部材の端部と既存木造軸組をガセット付き鋼板を介して、木質構造用ねじで接続する方法として計画を立案している。
- ・引用・参考文献により机上での検討によって接合部の詳細仕様を定めたものの、
 - ①使用を想定している木ねじはメーカーからは 1 本あたりの強度は示されているものの、複数打ち込んだ場合の資料がない
 - ②打ち込み間隔は「木規準」及び「中大規模木造建築物の構造設計の手引き」を参考に定めたものの、その妥当性や母材への影響(破壊に至った際の割裂状況)に関する資料が少ない
 - ③木ねじの引抜方向に対して、傾斜して引抜力が加わった場合に、各ねじに均等に力が分配されないことの影響に関する資料がない
 - ④メーカーによって多少ではあるものの性能に差があることが想定されるが、その選定を行うための資料が少ないといった問題点がある。よって、実験によりデータを収集することで種々の資料の補完を行い、接合部の仕様について妥当性を判断し、内容を詰める必要がある。
- ・実験は接合部の木質構造用ねじにおいて、せん断力と引張力の複合応力および、ねじの配置による耐力の影響を確認するために、既存はり部材に用いられていると想定されるえぞまつを母材として、ねじ接合部のせん断試験、引張試験、傾斜引張加力試験を行うことを計画した。

●実験方法

1)せん断強度試験

木質構造用ねじの間隔は、A 単体、B 木ねじ（木規準を参考にした標準的なもの）、C ボルト（中大規模木造建築物の構造設計の手引きを参考にしたもの）の3種類で実施する。

木質構造用ねじはS社製およびW社製の2種類で、試験体数は各6体の計36体である。一面せん断とし、変位計測は柱の軸芯で前後2箇所計測し、接合部変位は2箇所の平均値を用いた。



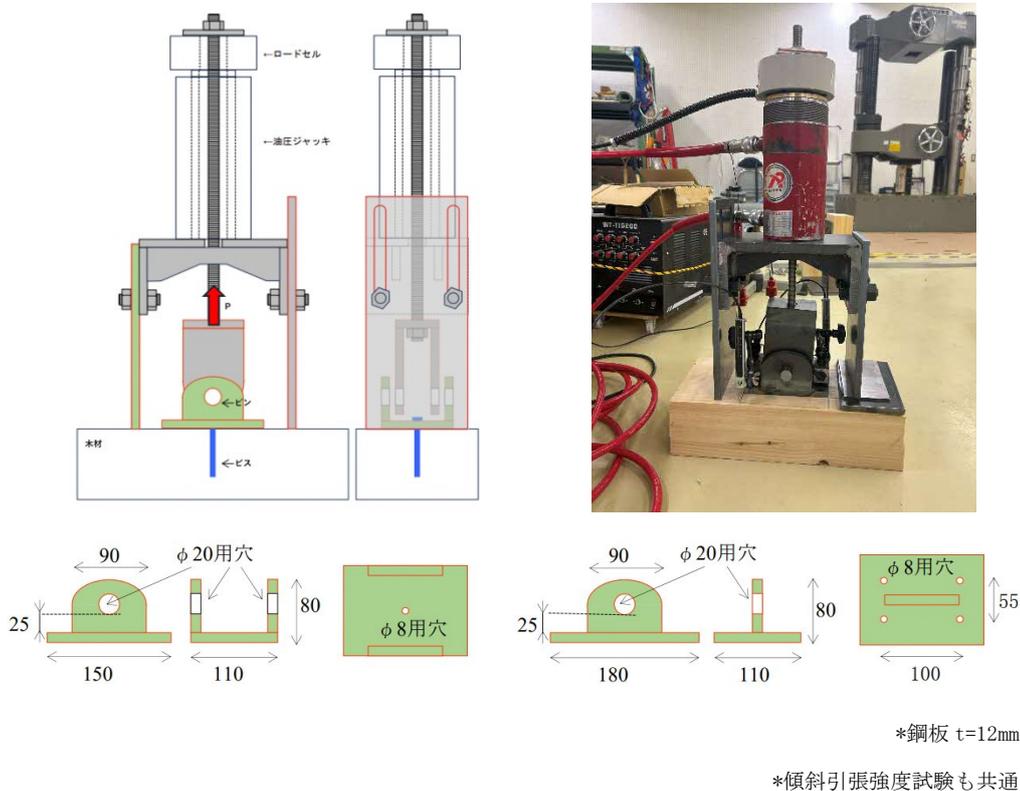
※A 単体について、両サイドから互い違いに木ねじを打ち込むため、片側2本となる。

※B 木ねじについて、両サイドから互い違いに木ねじを打ち込むため、片側での木ねじ間隔は横方向90mm、縦方向96mmとなる。片側6本の打ち込みを行う。

※C 木ねじについて、両サイドから互い違いに木ねじを打ち込むため、片側での木ねじ間隔は横方向72mm、縦方向120mmとなる。（反対側の木ねじとの間隔を60mm>7dとして）片側6本の打ち込みを行う。

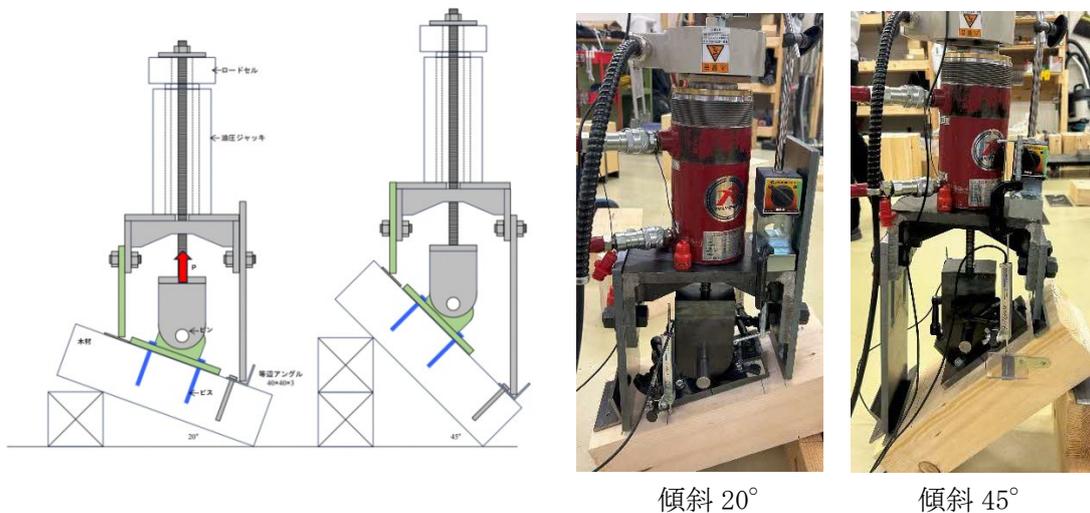
2) 引張強度試験

木質構造用ねじはS社製およびW社製の2種類、ねじ本数は1本および4本の2種類で、試験体数は各6体の計24体を実施する。変位計測は柱の軸芯で前後2箇所計測し、接合部変位は2箇所の平均値を用いた。



3) 傾斜引張強度試験

架台の傾斜角度は20° および45° の2種類、木質構造用ねじはS社製およびW社製の2種類で、試験体数は各6体の24体を実施する。変位計測は柱の軸芯で前後2箇所計測し、接合部変位は2箇所の平均値を用いた。



●使用材料

木材：えぞまつ製材（無等級）、105×180mm

木質構造用ねじ：径8mm、長さ90mm

① S社製 「PK8-90」

② W社製 「K8060KA」

鋼材：A. せん断強度試験 鋼板 PL-9mm

B. 引張強度試験 鋼板 PL-12mm

C. 傾斜引張強度試験 鋼板 PL-12 mm



- 使用試験機：アムスラー型万能試験機、センターホール型油圧ジャッキ、
ロードセル（容量：50kN）、ひずみ変換型変位計（容量：100mm、50mm）
木材水分計（高周波容量式、20MHz）

●試験体数

1) せん断強度試験

		ねじ配置			合計 (体)	
		A	B	C		
ビス メーカー	S社	6	6	6	18	36
	W社	6	6	6	18	

2) 引張強度試験

		ねじ本数		合計 (体)	
		1本	4本		
ビス メーカー	S社	6	6	12	24
	W社	6	6	12	

3) 傾斜引張強度試験（複合応力）

		傾斜		合計 (体)	
		20°	45°		
ビス メーカー	S社	6	6	12	24
	W社	6	6	12	

* 試験体記号 [S:S社製、W:W社製]

せん断試験 A、B、C（配列） - S、W（メーカー）

引張試験 T-S、W（ねじ本数、1本：無記入、4本：4）

傾斜引張試験 M-S、W-20、45（傾斜角）

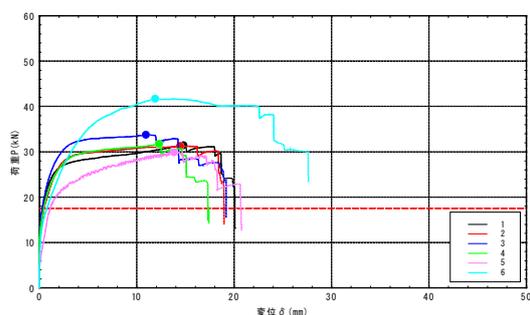
●試験結果

短期基準接合耐力の算定は、「公益財団法人日本住宅・木材技術センター木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）」における第4章 試験方法と評価方法 4.4 継手・仕口接合部の試験の評価方法に準じて行う。

図中の赤点線は設計に採用したS社の社内実験値（短期許容耐力）である。

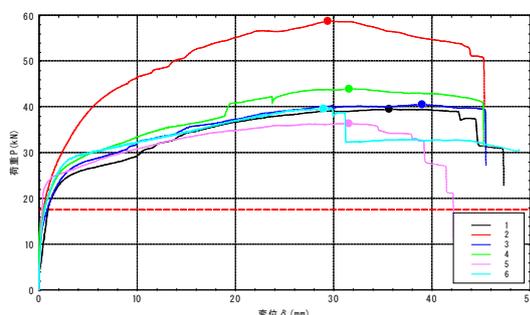
せん断耐力：4.37kN、引張耐力：3.97kN ※W社の社内実験値は無い。

なお、傾斜引張試験においては、木ねじ打ち込み面に対する鉛直成分が支配的となるため、ここでは参考値として、実験時の荷重値に $\cos\theta$ (θ ：傾斜角) を乗じた値に変換して、引張耐力（短期許容耐力）とを比較した。



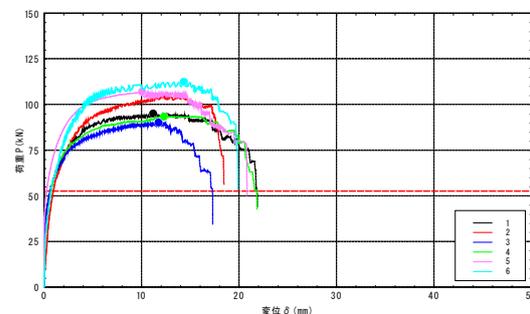
(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

A-S



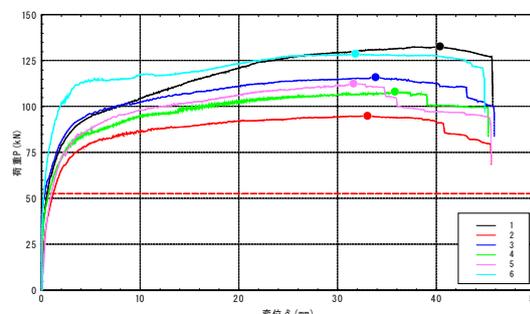
(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

A-W



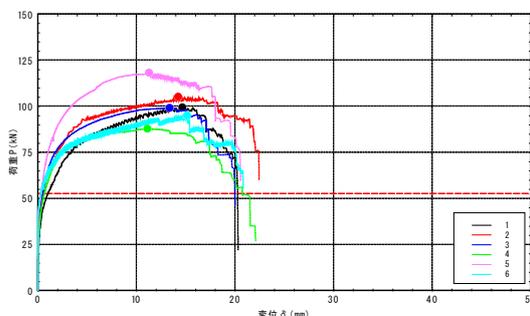
(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

B-S



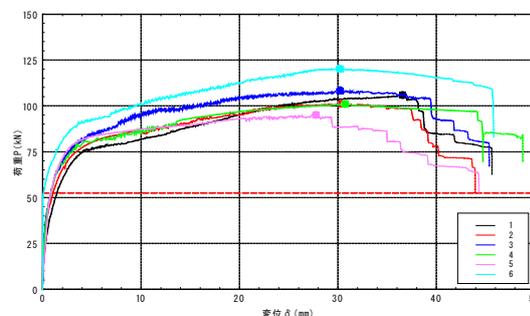
(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

B-W



(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

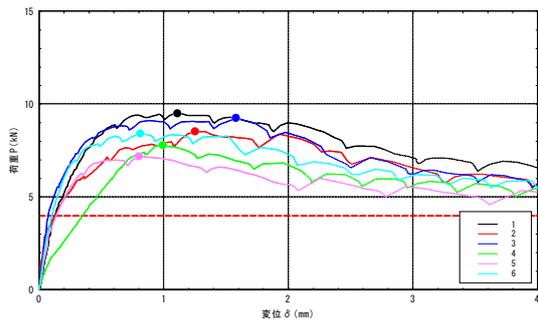
C-S



(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

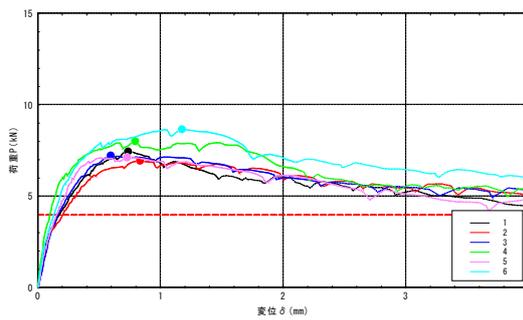
C-W

2503 ニッカウキスキー余市蒸溜所施設リキュール工場における
木造トラスと鉄骨補強部材接合部の性能試験
文化財建造物構造実験データ集



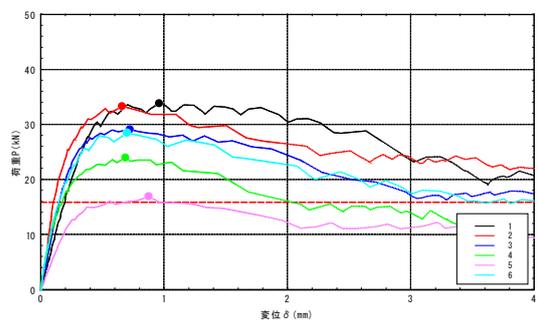
(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

T-S



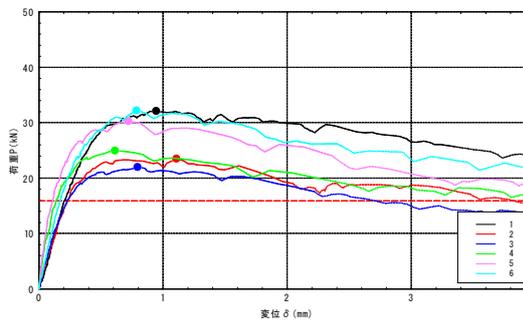
(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

T-W



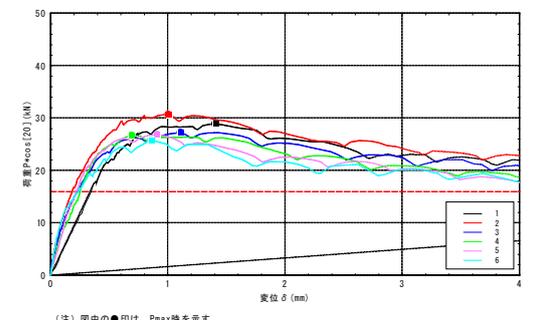
(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

T4-S



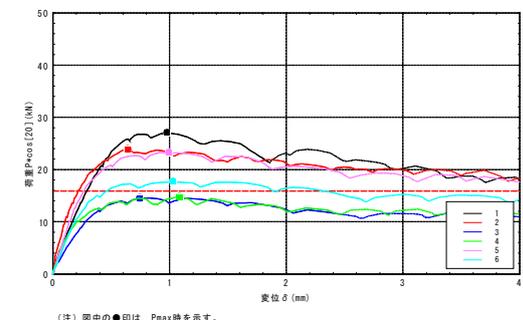
(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

T4-W



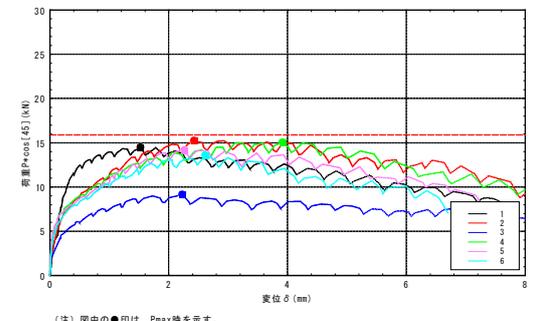
(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

M-S-20



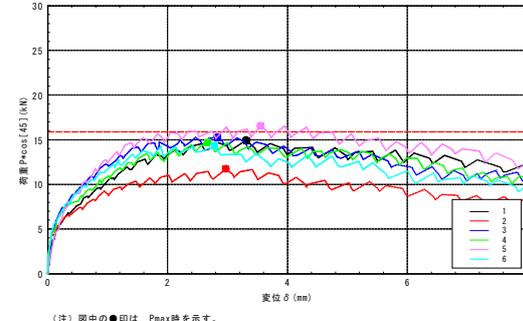
(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

M-W-20



(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

M-S-45



(注) 図中の●印は、Pmax時を示す。

M-W-45

・木材の見掛け密度 (g/cm³)

試験体記号			1	2	3	4	5	6	
A	S	/	0.39	0.39	0.39	0.40	0.42	0.46	
	W		0.41	0.47	0.41	0.43	0.41	0.41	
B	S		0.41	0.43	0.40	0.40	0.43	0.42	
	W		0.44	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44	
C	S		0.44	0.39	0.44	0.44	0.44	0.37	
	W		0.40	0.42	0.43	0.46	0.43	0.43	
T	S		0.58	0.60	0.60	0.55	0.56	0.61	
	W		0.54	0.57	0.55	0.55	0.61	0.61	
M	S		20	0.61	0.55	0.55	0.54	0.58	0.55
			45	0.56	0.57	0.56	0.59	0.57	0.54
	W		20	0.54	0.57	0.54	0.56	0.60	0.59
			45	0.57	0.54	0.60	0.61	0.60	0.60

平均値=0.50 (g/cm³)

・木材の含水率 (%)

試験体記号			1	2	3	4	5	6	
A	S	/	20.6	17.9	19.8	20.0	19.8	22.9	
	W		-	-	-	-	-	-	
B	S		20.3	23.0	18.3	19.0	21.6	21.4	
	W		-	-	-	-	-	-	
C	S		23.1	19.0	35.7	26.7	18.8	14.8	
	W		-	-	-	-	-	-	
T	S		18.6	25.5	25.1	21.7	24.2	25.2	
	W		17.8	18.2	22.3	21.1	24.2	26.8	
M	S		20	21.6	21.8	24.8	16.5	20.1	26.6
			45	18.7	22.4	17.8	19.5	20.8	19.8
	W		20	13.5	21.5	19.4	19.5	24.2	23.5
			45	16.7	22.3	25.1	21.4	22.3	24.1

* [-]は計測未実施。

平均値=21.4 (%)

●考察

- ・せん断強度試験および引張強度試験において、各々の供試体において木ねじ1本に対するメーカー（S社）の社内実験値（短期許容耐力）を上回るP- δ 曲線が得られた。
- ・傾斜引張試験における、M-W-20、M-S-45、M-W-45では、メーカーの社内実験値よりも下回る供試体が見られた。ただし、含水率が高かったことを踏まえると、実験値は過少評価になっている可能性がある。含水率の平均値は21.4%であったため、昭62 建告第1898号における含水率15%以下の規定に対して6.4%多いことや、本実験における含水率測定が木材表面での測定であることから、木材内部はさらに高かったと推察される。
- ・木ねじを複数打ち込んだせん断試験において、木ねじ1本の耐力より換算した値が実験値と大きく異なる様子は見られなかった。配置による違いについても特筆する違いは見られなかった。また、メーカーの社内実験値より計算した接合部耐力に対して、木ねじ本数の減らすことを検討できるような試験結果までは得られなかった。
- ・その他、破壊性状においては、いずれの場合も木材が割裂せず、脆性的な破壊をしないこと、また、せん断特性についてはW社の木ねじの靱性が高いことを確認した。

以上より、接合部の検討にあたっては、以下の通りとする。

○接合部の検討において、メーカー（S社）の社内実験値を採用する。社内実験値を下回る供試体が見られたことから、本来であればこれらを勘案して導き出した数値を用いて、安全率を考慮した上で計算を行うべきである。しかしながら、今回は文化財を対象とした検討であることから、特に既存躯体に孔明するような補強は最小限であることが求められる。そういった観点からは必ずしも安全率を見込むことが正しいとはいえず、過剰設計となる可能性もある。また、メーカーに拠る社内実験値は5%下限値を見込んでおり、一定程度信頼できる数値と考えられる。その他、接合部の検討にあたってはDs値を0.55と安全側に設定している（補強鉄骨フレームはDs=0.40）。以上の見解を踏まえて、総合的に判断してメーカー社内実験値を用いて構造検討を行うこととした。

○いずれの試験でも母材が割裂することはなかった。よって、木ねじの打ち込み間隔は「木規準」及び「中大規模木造建築物の構造設計の手引き」によって示された間隔を採用する。

○メーカーによる差異については、どちらかの優位性を判断するまでの資料は得られなかったことから、各メーカーの同等製品の両方を用いることができるように仕様書を作成する。