

平成 21 年度林野庁補助事業 2×4住宅部材の開発事業

「北海道産材ランバーによる木造トラス部材の
商品化及び流通整備事業」
事業成果報告書

平成 23 年 2 月 28 日

全国木材協同組合連合会
株式会社FPコーポレーション

「北海道産材ランバーによる木質トラス部材の商品化及び流通整備事業」

(株)FP コーポレーション事業成果報告書

目 次

はじめに	2
・ 事業の概要	3
1. 事業の目的	4
2. 事業の内容等	4
2.1. 事業の内容	
2.2. これまでの取組み	
2.3. 事業実施体制、実施経過	
3. 事業の実施結果	9
3.1. 素材面の検討	
3.2. 木質トラスに用いるメタルプレートコネクターの検討	
4. 流通	49
5. 道産木材を用いたメタルプレートコネクター木質トラス製造管理基準	52
6. 道産木材を用いたメタルプレートコネクター木質トラス設計施工基準	57
7. 実験報告	61
8. モニタリングセミナー報告	78
9. 事業の成果と今後の課題	80
10. まとめ	81

はじめに

平成22年度林野庁補助事業 2×4住宅部材の開発事業における主旨である地域材による2×4住宅部材の普及に向けて本補助事業体は、ほぼ100%輸入木材で賄われている木質トラス市場に着目して地域材を活用させるべく執り行います。

輸入材と比較するとコスト高と思われる地域材（北海道産材）を用いて木質トラスを製品化する事で、地域木材に付加価値をつけた2次製品として市場価格に近づいた建築部材として製品することで地域木材の普及拡大する可能性があります。

現状では、メタルプレートコネクターを用いた木質トラスは輸入木材を用いることが前提の品質・技術等の認定基準が構築されております。本事業において木質トラスを国産地域材に対応するためには、北海道産木材の品質、性能、流通等を整備することで輸入材に勝る国産地域材を利用した木質トラスを商品化できるものと思われます。

また、事前のヒアリングにおいて地域材の認識が浅いと思われる北海道において、地域木材普及を図るためには本事業で開発する木質トラスを含めた地域材について北海道の建築実務者の意見を徴収した部材作りが必要となります。

北海道に本拠を置くわが社において、各事業体・各企業が本事業を有効に活用され、北海道産製材の普及率向上に活用されることを望む次第であります。

株式会社F P コーポレーション

事業の概要

1. 北海道産材ランバーによるメタルプレートコネクター木造トラスの商品化

- トドマツ材の強度試験実施

本事業共通の試験方法によるトドマツ材試験の実施

- メタルプレートコネクター接合強度試験実施（トドマツ・カラマツ）

トドマツ・カラマツによるメタルプレートコネクター接合部強度試験を行い、認定基準値を満たすことを確認。

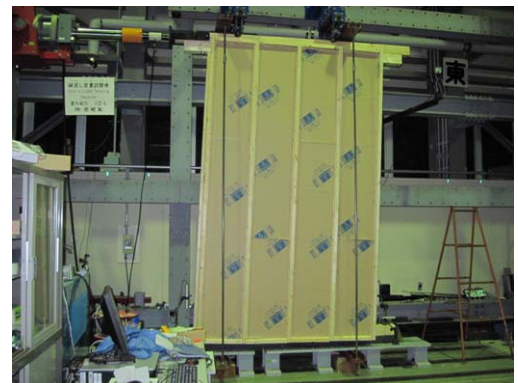


樹種	短期許容せん断耐力 (kN/mm ²)		
	①歯の角度 0°	②歯の角度 90°	
		(①×F)	試験値
S.P.F	1.27(認定値)	1.02	-
トドマツ	1.78	1.42	1.83
カラマツ	1.81	1.45	1.88

接合部強度試験状況

- 実物実験による検証

水平耐力及び鉛直荷重における実物実験を行い、汎用性・施工性を考慮し安全な耐力を確保できるトラスの設計基準、施工基準、製造基準を考案。



2. モニタリングセミナーの実施

- 建築実務者に向けて北海道内5ヶ所（札幌、旭川、釧路、帯広、函館）において、道産材及び北海道産建築部材としてのトラス活用方法について意見聴衆を行うセミナーを北海道のご協力のもと実施。全会場で約250名の参加者が集い、市場ニーズに対応したトラス部材の改善と北海道産木材を建築に用いる事における意見を収集。

1. 事業の目的

木質トラスは 2×4 工法住宅の部材として工法そのものが北米から輸入されてきた経緯もあり、資材のほとんどが北米材でまかなわれている現状にあります。

今までは 2×4 工法住宅、畜舎として木質トラスは用いられて来ましたが、本来の大スパンを確保できるという特性を生かして在来軸組工法住宅・木造店舗・公共物件など多種多様な分野への提案を行うことができるものであります。木質トラスに用いる木材を輸入木材から国産材とする事により環境配慮・環境保護及び地域産業の活性化を見込む事が出来ます。これにより、地域で事業を行う我々自らの手で国策でもある国産材普及率の向上という目的を果たすことに寄与できるとともに建築主・設計者が判り易く、既存製材事業者が容易に取り組める道産材木質トラスの普及を図る。

2. 事業の内容

2.1. 木質トラス部材に用いる北海道産 2×4 製材の開発

現状、北海道産製材はトドマツ・カラマツが主な材種であるが、共に小径木が主流であるために、2×4 構造用として用いられる 206・208・210 材等の大断面材及び 14ft 以上の長尺材としての調達が難しいとされている。このためほとんどの道産製材は、梱包材や土木用資材用途に利用されているのが現実である。これらの問題を計画伐採・製材・販売を考慮した流通体制システムを組む事によって、2×4 住宅で用いる大断面材及び長尺材の安定した供給量を確保する。また、製材時に生じる廃材を転用し(株)FP コーポレーションで製造している断熱パネル用木枠や桟木への利用も検討し、製材歩留りを良くする事も可能である。これにより、現状 1.5～2 倍程度割高となっている国産 2×4 製材価格の低減も図る事ができる。

2.1.1. トレーサビリティーの確保

木材の高度利用のために、流通での受け渡しが明示できるシステムを提供し、どこの森林から出てきた木材なのか、また関わった生産者の名前が消費者にまで伝わるようにシステム化することで消費者の安全への信頼と森林への関心を高めることができる。このためには流通及び品質管理体制を確立することが求められ、道木連との足並みをそろえ合法木材認証事業者からなる協力体制を築くことで消費者ニーズに応えられるシステムを構築する。

2.1.2. 北海道産材トラス用 2×4 製材の確保

本稿で提唱する木質トラス構造とは、建築基準法旧 38 条によるネイルプレートを用いた木質トラス構造（個別大臣認定）によるものであり、構造構成材はディメンションランバーである。北海道産トドマツ及びカラマツは、認定木質トラス構造の材種として問題は無いが、認定条件にある日本農林規格に適合している北海道産製材を調達することは非常に困難なのが現状である。この問題を解決するためには、歩留まりの改善を図るなどを行い、生産体制の整備も併せて行う必要がある。

また、ロングスパントラスに対応する為には 12 f 製材を有効に活用できるようにする必要がある。このため、様々な構造条件において製材とメタルプレートコネクタ（ジョイント金物）を組み合わせる長尺とした場合の挙動を確認するための強度試験・製造試験を実施して品質・安全性を確認する必要がある。

2.1.3. 実物試験

当事業において行う各試験によって汎用性・生産性を確認し、安定した品質確保が見込めるトラスの仕様を構築した上で実物試験を行い試験結果に基づき汎用製造・施工手順の検証を実施する。併せて設計施工基準・マニュアルの整備も行う。

2.1.4. 品質管理、流通体制の確立

製材事業者が、木材産地証明及び品質証明をできる流通システムを構築することで、産地が見えやすく円滑な流通体制を整えやすくなる。併せて同事業者が、機械等級区分による強度管理と乾燥材として18%以下の含水率を維持できる品質管理体制も構築を目指す。

2.1.5. 一般工務店、建築実務者へのモニタリングセミナーの開催動

木造トラス部材の商品化及び流通整備事業を推進するため、建築実務者を対象に道内主要5都市においてモニタリングセミナーを開催し、関係者の意見等ふまえたマニュアル等の整備を行う。

2.2. これまでの取組み

2.2.1. 情報収集

- ・ 林野庁主導によるトラスの国産材化に関するヒアリングに参加。
- ・ (独)北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場と国産材の利用状況について協議。
- ・ 北海道内林業・製材業者数社と道産ランバーについてヒアリング

2.2.2. 関係法令によるトラス材種選定

- ・ 認定内容及び道内の備蓄量・流通量からトドマツ・カラマツを選定。

2.2.3. 産地及び製材業者の選定

- ・ 森林認証及びトレーサビリティの実情を調査
- ・ 道内合法木材認証事業者の選定
- ・ 素材生産業者からトドマツ原木調達を検討

2.3. 事業の新規性・先導性又は波及性・普及性

2.3.1. 地域木材事業の活性化

現在道産木材は主に合板・木箱やチップ用途として利用されており、その流通量は不安定であると思われる。また、2×4住宅用部材のほとんどが北米からの輸入材である。これに対し、森林認証・流通体制の構築によって計画伐採が可能になればコストも安定すると共に、12尺の定尺材を有効活用することにより歩留まりを向上させながら長尺や大断面の道産ランバー材を流通させることが出来る。高品質・安全・安心を掲げて北海道ブランド構造材として流通させることにより道内木材事業の活性化をはかる。

2.3.2. 国産トラスの先駆け

旧 38 条の木質トラス認定で運用できる北海道産トドマツ材をトラスに用いることにより、本州地域でのスギ材トラスの運用に先駆けて事業化することが可能となる。北米材（輸入材）からトドマツを經由してスギ材への転換を図ることで、検討事項・試験事項・法整備事項を事前に洗い出し、スギ材への転換をスムーズに出来る事も考えられる。

2.3.3. 国産材の多様利用

木質トラスは、2×4 住宅のほか在来軸組住宅・非住宅（店舗、畜舎、公共建築）等への多方面での利用拡大を図る事が出来る。特に非住宅の木造化を大々的に後押しする事となり、国産木材普及の足掛かりとなる。

2.4. 事業の効果

2.4.1 地域の活性化

北海道内の林業、製材業は衰退し小規模の業者が将来に不安を抱えながら操業している状況であり、素材生産業者・製材業者・流通業者・建設業者の地域一体となって流通システムを模索する必要があると考えられる。本事業はトレーサビリティを備えた合法木材を木質トラスの部材として用いることにより林業・製材業を中心とする地域の活性化・普及効果をめざしていく。

2.4.2. 脱コンクリート化の普及

非住宅の木造化の背景には、建設時のイニシャルコスト、CO₂の排出量の削減効果がある。いままで木造で計画されていなかった規模の建築物に国産材トラスを用いることにより木造建築物化が図れることから、建築物における木造化普及を推し進めることが出来る。

2.5. 事業実施体制

2.5.1 本事業連携事業者

事業体

(株)FPコーポレーション	技術開発部部长	大高 勝
(株)FPコーポレーション	営業開発部部长	井上 雅弘
(株)FPコーポレーション	特需課主任	小柳 昌彦
(株)FPコーポレーション	技術開発部	松田 健志
(株)FPコーポレーション	工法支援課	佐藤 豪 他

オブザーバー

委員長	キタヂカラ木材店	代表	上島 信彦
委員	麻生木材工業株式会社	代表取締役社長	麻生 保宏
	麻生木材工業株式会社	常務取締役	山田 吉秋
	麻生木材工業株式会社	取締役工場長	丸山 正男
	北海道林産試験場	研究主任	戸田 正彦
	北海道林産試験場	研究主任	大橋 義徳

2.5.2. 事業実施経過

平成22年7月	事業体制整備、材種の絵検討
同年 9月	製材・品質の検討
同年 10月～11月	材料試験（トドマツ）
同年 12月	トラス接合部試験
平成23年1月	トラス実物実験実施
同年 2月	全道5箇所にてモニタリングセミナー開催

3. 事業の実施結果

3.1. 素材面の検討

従来、木質トラスの素材については北米産 S.P.F が多用され実績が充分にある。一方、メタルプレートコネクターを使用した木質トラス工法の技術根拠となる旧 38 条認定においてトドマツの許容耐力は S.P.F と同等に区分されている。このことから、設計上は S.P.F からのシフトが容易と判断出来る。

北海道での蓄積量についてはトドマツが 26% で最も多い。今後、利用期の森林が増加傾向に推移するため供給量の増加が見込める。

これらの検討によりトドマツを選択した。

本事業の木材採取については大径木の入手が可能な北海道上川地区の材料とした。

3.2. 加工（木取り）面の検討

3.2.1 木取りについて

北海道産トドマツの試験体について口径 20cm から 28cm の原木から 204 材および 206 材の木取りを行った。荒引き寸法については 204 材は 100mm×45mm の断面寸法で、206 材は 155mm×45mm の断面寸法で長さは 3650mm とした。木取りの内訳を表 3.2.2 に示す。

3.2.2 乾燥

15%以下を目標に延べ 204 時間の乾燥とした。乾燥スケジュールを表 3.2.2 に示す。

表 3.2.1 乾燥スケジュール

処理		時間(H)	
1	乾球温度:65度/湿球温度:65度/温度差:0度	36	
2	乾球温度:65度/湿球温度:63度/温度差:2度	24	
3	乾球温度:65度/湿球温度:61度/温度差:4度	24	
4	乾球温度:65度/湿球温度:59度/温度差:6度	24	
5	乾球温度:65度/湿球温度:57度/温度差:8度	24	
6	乾球温度:65度/湿球温度:55度/温度差:10度	24	
7	乾球温度:65度/湿球温度:53度/温度差:12度	48	含水率 15%以下
TO		204	8.5日/延

3.2.1 鉋削り

乾燥後に 204 材は 38mm×89mm、206 材は 38mm×140mm に鉋削りをした。

3.2.2 格付け

試験体は JAS 枠組壁構造用製材の甲種 2 級に格付けしたものを採取した。格付けは株式会社 FP コーポレーション石狩工場にて行った。製材を試験体の採取番号を表 3.2.3 に示す。

表 3.2.2 木取り内訳

原木 番号	径級	2×4 木取り番号					小計	2×6 木取り番号					小計	合計枚 数
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
1	24	1	2	3	4	5	5							5
2	24	1		3	4	5	4		2				1	5
3	22							1	2				2	2
4	22	1					1		2				1	2
5	24	1		3	4	5	4		2				1	5
6	24	1	2	3			3							3
7	26							1	2	3	4		4	4
8	26	1					1		2	3	4		3	4
9	28							1	2	3			3	3
10	28	1					1		2	3	4		3	4
11	24	1		3	4	5	4							4
12	24	1	2	3			3							3
13	20	1					1		2				1	2
14	28							1	2	3	4	5	5	5
15	24	1	2	3	4		4							4
16	22	1					1		2				1	2
17	26							1	2	3	4		4	4
18	20	1					1		2				1	2
19	20	1	2	3			3							3
20	24	1		3	4		3		2				1	4
21	28							1	2	3	4	5	5	5
22	20	1					1		2				1	2
23	20	1	2	3			3							3
24	28							1	2	3			3	3
25	24	1		3	4	5	4							4
26	22	1					1		2				1	2
27	26							1	2	3	4		4	4
28	20	1	2	3			3							3
29	20	1					1		2				1	2
30	24	1		3	4	5	4							4

原木 番号	径級	2×4 木取り番号					小計	2×6 木取り番号					小計	合計枚 数
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
31	24	1	2	3	4	5	5							5
32	24	1		3	4	5	4		2				1	5
33	22							1	2				2	2
34	22	1					1		2				1	2
35	24	1		3	4	5	4		2				1	5
36	24	1	2	3			3							3
37	26							1	2	3	4		4	4
38	26	1					1		2	4	4		3	4
39	28							1	2	3			3	3
40	28	1					1		2	4	4		3	4
41	24	1		3	4	5	4							4
42	24	1	2	3			3							3
43	20	1					1		2				1	2
44	28							1	2	3	4	5	5	5
45	24	1	2	3	4		4							4
46	22	1					1		2				1	2
47	26							1	2	3	4		4	4
48	20	1					1		2				1	2
49	20	1	2	3			3							3
50	24	1		3	4		3		2				1	4
51	28							1	2	3	4	5	5	5
52	20	1					1		2				1	2
53	20	1	2	3			3							3
54	28							1	2	3			3	3
55	24	1		3	4	5	4							4
56	22	1					1		2				1	2
57	26							1	2	3	4		4	4
58	20	1	2	3			3							3
59	20	1					1		2				1	2
60	24	1		3	4	5	4							4

原木 番号	径級	2×4 木取り番号					小計	2×6 木取り番号					小計	合計枚 数
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
61	24	1	2	3	4	5	4							4
62	24	1		3	4	5	4		2				1	5
63	22							1	2				2	2
64	22	1					1		2				1	2
65	24	1		3	4	5	4		2				1	5
66	24	1	2	3			3							3
67	26							1	2	3	4		4	4
68	26	1					1		2	3	4		3	4
69	28							1	2	3			3	3
70	28	1					1		2	3	4		3	4
71	24	1		3	4	5	4							4
72	24	1	2	3			3							3
73	20	1					1		2				1	2
74	28							1	2	3	4	5	5	5
75	24	1	2	3	4		4							4
76	22	1					1		2				1	2
77	26							1	2	3	4		4	4
78	20	1					1		2				1	2
79	20	1	2	3			3							3
80	24	1		3	4		3		2				1	4
81	28							1	2	3	4	5	5	5
82	20	1					1		2				1	2
83	20	1	2	3			3							3
84	28							1	2	3			3	3
85	24	1		3	4	5	4							4
86	22	1					1		2				1	2
87	26							1	2	3	4		4	4
88	20	1	2	3			3							3
89	20	1					1		2				1	2
90	24	1		3	4	5	4							4

原木 番号	径級	2×4 木取り番号					小計	2×6 木取り番号					小計	合計枚 数
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
91	24	1	2	3	4	5	5							5
92	24	1		3	4	5	4		2				1	5
93	22							1	2				2	2
94	22	1					1		2				1	2
95	24	1		3	4	5	4		2				1	5
96	24	1	2	3			3							3
97	26							1	2	3	4		4	4
98	26	1					1		2	3	4		3	4
99	28	1					1		2	3	4		3	4
100	24	1		3	4	5	4							4
101	24	1	2	3			3							3
102	20	1					1		2				1	2
103	28							1	2	3	4	5	5	5
104	24	1	2	3	4		4							4
105	22	1					1		2				1	2
106	26							1	2	3	4		4	4
107	20	1					1		2				1	2
108	20	1	2	3			3							3
109	24	1		3	4		3		2				1	4
110	28							1	2	3	4	5	5	5
111	20	1					1		2				1	2
112	20	1	2	3			3							3
113	28							1	2	3			3	3
114	24	1		3	4	5	4							4
115	22	1					1		2				1	2
116	20	1	2	3			3							3
117	20	1					1		2				1	2
118	24	1		3	4	5	4							4
119	24	1		3	4	5	4		2				1	5
120	24	1	2	3			3							3

表 3. 2. 3 試験体の採取番号

	曲げ試験	引張試験	縦圧縮試験	めり込み試験	せん断試験
1	002_4	001_2	015_4_1	09_1	02_2
2	005_3	005_5	015_4_2	47_4	33_1
3	005_4	006_1	015_4_3	44_5	37_4
4	013_1	006_3	025_3	39_3	38_2
5	016_1	008_1	028_1_1	67_3	44_5
6	020_3	011_4	028_1_2	51_4	51_3
7	025_5	012_1	032_5	56_2	54_1
8	030_3	012_2	036_3_1	37_2	64_2
9	031_5	015_1	036_3_2	40_2	03_1
10	040_1	015_3	036_3_3	40_3	04_2
11	060_1	019_1	036_3_4	57_3	05_2
12	061_4	019_2	036_3_5	46_2	07_1
13	065_4	023_2	049_1	37_3	07_4
14	079_2	023_3	050_1_1	54_1	08_3
15	079_3	025_4	050_1_2	51_3	10_3
16	080_1	030_4	050_1_3	05_2	16_2
17	080_4	031_2	053_1	51_2	20_2
18	083_1	031_4	058_3	16_2	21_2
19	089_1	032_4	059_1_1	27_2	22_1
20	091_1	034_1	059_1_2	08_3	24_1
21	091_2	035_1	060_3_1	44_1	27_2
22	092_4	043_1	060_3_2	39_1	35_2
23	100_4	045_1	060_3_3	51_1	37_1
24	101_3	045_2	060_5	64_2	37_2
25	104_1	045_3	062_3_1	52_1	38_3
26	104_3	045_4	062_3_2	68_4	38_4
27	108_3	049_3	062_3_3	07_4	39_1
28	109_4	050_4	062_4_1	40_4	39_3
29	111_1	053_2	062_4_2	38_4	40_2
30	112_1	055_5	064_1_1	10_3	40_3
31	112_3	057_1	064_1_2	20_2	40_4
32	114_3	065_3	064_1_3	47_1	44_1

	曲げ試験	引張試験	縦圧縮試験	めり込み試験	せん断試験
33	114_5	065_5	068_1_1	37_4	44_4
34	116_1	066_2	068_1_2	22_1	46_2
35	116_2	066_3	071_1_1	54_2	47_1
36	117_1	072_1	071_1_2	24_1	47_4
37	119_1	072_2	071_3	21_2	50_2
38	120_1	073_1	072_3_1	50_2	51_1
39	122_1	075_1	072_3_2	68_2	51_2
40	125_1	088_2	072_3_3	51_5	51_4
41	126_1	090_4	072_3_4	03_1	51_5
42	127_1	092_1	078_1_1	27_1	52_1
43	128_1	101_1	078_1_2	04_2	54_2
44	131_1	118_5	082_1	07_1	56_2
45	132_3	119_5	085_1_1	38_3	57_3
46	133_1	120_3	085_1_2	02_2	59_1
47	135_2	135_1	096_1_1	68_3	63_1
48	137_1	137_5	096_1_2	69_1	63_2
49	137_4	142_1	096_1_3	57_1	67_1
50	141_1	144_1	096_1_4	63_2	67_4
51	141_3	146_1	096_2_1	44_4	68_2
52	141_5	173_4	096_2_2	63_1	68_3
53	143_1		100_5_1	35_2	68_4
54	143_6		100_5_2	37_1	69_1
55	145_1		108_1	67_4	09_1
56	161_2		109_4_1	33_1	27_1
57			109_4_2	65_2	37_3
58			112_2_1	67_1	57_1
59			112_2_2	59_1	65_2
60			114_1_1	38_2	67_3
61			114_1_2		
62			120_2_1		
63			120_2_2		

※試験体番号：「原木番号_木取り番号_（1本の製材から複数個採取による枝番）」

3.3. 強度試験及びデータ整備

3.3.1 曲げ試験

3.3.1.1 試験体

曲げ試験体は、甲種2級に判定されたトドマツ204材（長さ2049mm）56体とした。

3.3.1.2 試験方法

曲げ試験は、「枠組壁工法建築物構造計算指針」の「材料および接合部の許容応力度を定める試験・評価方法」に準じて行った。試験方法を図3.3.1に示す。試験はエッジワイズ曲げ試験とした。加力は、油圧式強度試験機（東京衡機製造所、曲げ容量200kN）を用いて行い、ロードセル（東京衡機製造所、容量200kN）で荷重を計測した。荷重方式は3等分点4点荷重とした。試験スパンは、材幅の21倍とし、1869mmとした。荷重点および支点の支持長さはいずれも200mmとした。たわみの計測は、中央部の全たわみを両側面の2か所で、また荷重点間の相対たわみをヨーク（スパンは梁せいの6倍、534mm）を用いて両側面の2か所で、それぞれひずみゲージ式変位変換器（(株)東京測器、DTA-100・容量100mm、DTA-10・容量10mm）を用いて行った。開始から最大荷重に達するまでの時間はすべての試験体で1分以上であった。強度試験後に未破壊部分から試験片を採取して全乾法により含水率を測定した。試験は、温湿度無調整下の実験棟内で行った。

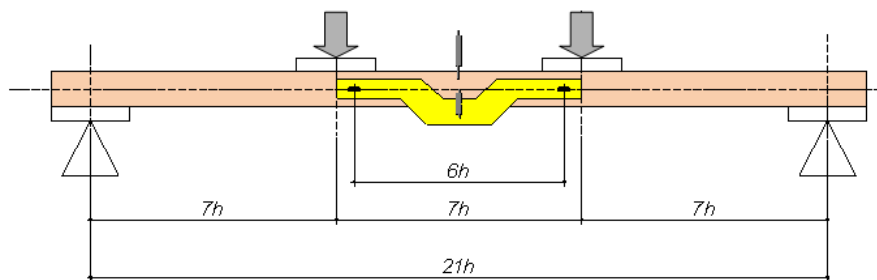


図 3.3.1 試験体図



写真 3.3.1 曲げ試験体

次に、最大荷重 P_{max} から曲げ強さ f_b 、荷重 P とたわみ d の関係から曲げヤング係数 E および見かけの曲げヤング係数 E_a を次式により算出した。なお、荷重点間の外側の欠点で曲げ破壊した一部の試験体では、破壊地点で生じた曲げモーメントから曲げ強さを求めた。

$$f_b = \frac{P_{max} \cdot L}{6 \cdot Z}$$

$$E = \frac{P \cdot L \cdot L_2^2}{48 \cdot \delta_1 \cdot I}$$

$$E_a = \frac{23 \cdot P \cdot L^3}{1296 \cdot \delta_2 \cdot I}$$

ここで、 f_b : 曲げ強さ (N/mm²)
 E : 純曲げヤング係数 (kN/mm²)
 E_a : 見かけの曲げヤング係数 (kN/mm²)
 P_{max} : 最大荷重 (N)
 L : 試験スパン (mm)
 L_2 : ヨークスパン (mm)
 Z : 断面係数 (mm³)
 I : 断面二次モーメント (mm⁴)
 P : 最大荷重の 10~40% までの荷重増分 (N)
 d_1 : 荷重増分 P に対応する中央たわみの平均増分 (mm)
 d_2 : 荷重増分 P に対応する相対たわみの平均増分 (mm)

3.3.1.3 試験結果

試験結果を表 3.3.1~3.3.2 に、曲げ破壊の代表例を写真 3.3.2~3.3.4 に示す。

表 3.3.1 曲げ試験個別データ

試験体 番号	目視等 級 甲種	密度 kg/m ³	E_f GPa	b mm	h mm	曲がり mm	平均 年輪幅 mm	MC %	F_b MPa	E_a GPa	E GPa
002_4	2	436	12.6	38.3	89.2	1	5.3	10.6%	39.3	12.1	12.2
005_3	2	422	13.9	38.3	89.1	0	3.7	10.9%	63.9	14.6	15.7
005_4	2	397	10.3	38.2	89.0		3.9	11.4%	59.1	11.0	11.3
013_1	2	391	10.6	38.2	88.9	2	3.3	11.1%	36.9	9.8	10.1
016_1	2	411	12.5	38.2	89.2	2	4.2	10.6%	38.6	13.3	14.0
020_3	2	425	13.1	38.2	89.1		4.6	10.9%	37.4	12.7	11.6
025_5	2	446	13.3	38.4	89.3	0	3.3	11.8%	19.9	13.9	14.5
030_3	2	403	10.9	38.2	89.1	0	5.1	12.0%	53.9	12.3	13.3
031_5	2	394	12.8	38.4	89.1	1	4.9	12.5%	69.0	13.3	13.9
040_1	2	405	11.2	38.3	89.2	2	3.6	12.4%	26.3	10.6	9.4
060_1	2	404	10.2	38.2	89.1		4.6	13.1%	25.1	9.6	8.4
061_4	2	366	9.9	38.2	89.0	0	2.7	12.7%	59.6	10.7	11.9
065_4	2	422	12.6	38.2	88.9		2.4	13.0%	64.9	14.0	15.0
079_2	2	459	11.4	38.2	89.1	1	3.2	12.2%	46.7	11.6	13.0
079_3	2	408	10.3	38.2	89.1		3.7	11.0%	38.0	10.5	11.0
080_1	2	378	9.8	38.3	89.0		4.4	13.0%	28.3	10.3	11.4
080_4	2	385	8.8	38.3	89.1		6.3	12.1%	19.8	9.0	9.6
083_1	2	408	12.1	38.3	89.1	0	2.1	12.9%	42.3	12.5	13.1
089_1	2	396	11.0	38.3	89.2		2.6	11.3%	24.6	9.9	9.4
091_1	2	382	10.2	38.3	89.3	0	3.0	12.2%	34.5	10.1	9.7
091_2	2	398	9.4	38.3	89.2		6.0	13.0%	38.3	10.3	11.2
092_4	2	405	11.2	38.3	89.2	0	3.8	12.7%	55.7	11.8	12.3
100_4	2	438	11.0	38.2	88.8	1	3.2	13.2%	46.2	10.9	12.2
101_3	2	419	10.5	38.6	89.2		4.1	11.9%	36.9	11.4	12.2

試験体 番号	目視等 級 甲種	密度 kg/m ³	E_{fr} GPa	b mm	h mm	曲がり mm	平均 年輪幅 mm	MC %	F_b MPa	E_a GPa	E GPa
104_1	2	388	10.7	38.3	89.1	1	5.0	12.3%	44.8	11.1	11.8
104_3	2	381	10.0	38.3	88.7		4.6	10.5%	41.5	9.6	10.5
108_3	2	401	10.6	38.2	89.1	3	3.6	11.8%	41.5	11.1	11.4
109_4	2	467	12.5	38.7	89.4	0	4.3	12.8%	56.8	12.8	13.9
111_1	2	442	9.3	38.2	89.1	1	4.6	12.4%	23.2	8.8	9.5
112_1	2	413	12.2	38.3	89.1	3	4.1	12.0%	55.5	12.1	12.8
112_3	2	384	11.4	38.3	89.0		4.0	10.3%	25.7	11.0	11.2
114_3	2	421	10.7	38.2	89.0		4.9	12.6%	27.5	10.5	12.8
114_5	2	386	9.6	38.3	89.0	1	4.3	12.9%	32.3	9.0	11.1
116_1	2	405	12.6	38.3	89.2		2.6	10.5%	57.8	12.6	12.9
116_2	2	408	9.6	38.2	89.5		3.5	11.7%	53.6	10.3	10.2
117_1	2	386	11.2	38.2	88.9	0	4.0	11.6%	36.7	11.1	11.3
119_1	2	489	11.3	38.4	89.2	0	3.6	12.3%	48.2	11.5	11.9
120_1	2	389	10.8	38.3	89.1	2	4.0	12.5%	27.8	10.2	10.8
122_1	2	410	12.2	38.2	89.0		4.8	12.8%	58.5	13.2	14.8
125_1	2	411	9.5	38.3	89.1	1	4.4	11.8%	36.2	9.8	9.5
126_1	2	397	9.7	38.3	89.0	1	3.9	13.1%	37.2	10.2	10.9
127_1	2	366	8.0	38.3	89.0	1	5.3	11.3%	27.4	8.5	10.6
128_1	2	393	11.8	38.2	89.1	2	4.8	12.2%	49.9	12.1	12.8
131_1	2	426	11.3	38.3	89.0	0	3.6	12.7%	62.8	12.0	12.8
132_3	2	371	10.8	38.3	89.1	0	3.1	10.3%	46.9	10.4	10.9
133_1	2	423	11.3	38.3	89.1	0	5.0	11.9%	50.3	12.0	12.3
135_2	2	478	13.7	38.4	89.2		3.6	10.5%	66.5	14.0	14.1
137_1	2	396	12.4	38.3	89.2		4.9	11.7%	72.5	13.0	13.6
137_4	2	390	10.7	38.3	89.1	1	3.9	10.5%	59.7	11.7	12.1
141_1	2	389	11.8	38.4	89.3	0	3.7	11.2%	47.6	12.2	12.6
141_3	2	415	11.6	38.2	89.0		3.6	11.3%	31.5	12.2	13.3
141_5	2	463	13.1	38.4	89.2	3	4.6	11.9%	30.6	13.1	14.2
143_1	2	419	12.1	38.4	89.3		3.6	11.5%	43.3	12.4	12.2
143_6	2	432	11.2	38.2	89.1		4.0	10.2%	47.0	11.0	11.3
145_1	2	413	11.1	38.3	88.9	2	3.1	11.9%	30.2	11.4	10.9
161_2	2	373	8.6	38.4	89.2		5.2	10.2%	19.9	8.2	7.5

※ E_{fr} : 打撃法による動的ヤング係数, b : 試験体の短辺長さ, h : 試験体の長辺長さ, MC: 全乾法による含水率, F_b : 曲げ強さ, E_a : 見かけの曲げヤング係数, E : 純曲げヤング係数

表 3.3.1 曲げ試験結果

	ρ kg/m ³	E_{fr} GPa	b mm	h mm	Δ mm	ARW mm	MC %	F_b MPa	E_a GPa	E GPa
Max	489	13.9	38.7	89.5	3.0	6.3	13.2%	72.5	14.6	15.7
AV	409	11.1	38.3	89.1	0.9	4.0	11.8%	42.8	11.3	11.9
Min	366	8.0	38.2	88.7	0.0	2.1	10.2%	19.8	8.2	7.5
SD	27	1.3	0.1	0.1	1.0	0.9	0.9%	14.0	1.5	1.7
CV	6.6%	11.8%	0.2%	0.2%	104%	21.6%	7.5%	32.7%	13.0%	14.4%
n	56	56	56	56	34	56	56	56	56	56

※Max：最大値，AV：平均値，Min：最小値，SD：標準偏差，CV：変動係数(%)， n ：試験体数， ρ ：密度， E_{fr} ：打撃法による動的ヤング係数， b ：試験体の短辺長さ， h ：試験体の長辺長さ， Δ ：試験体材長に対する曲がりの最大矢高量，ARW：平均年輪幅，MC：全乾法による含水率， F_b ：曲げ強さ， E_a ：見かけの曲げヤング係数， E ：純曲げヤング係数。

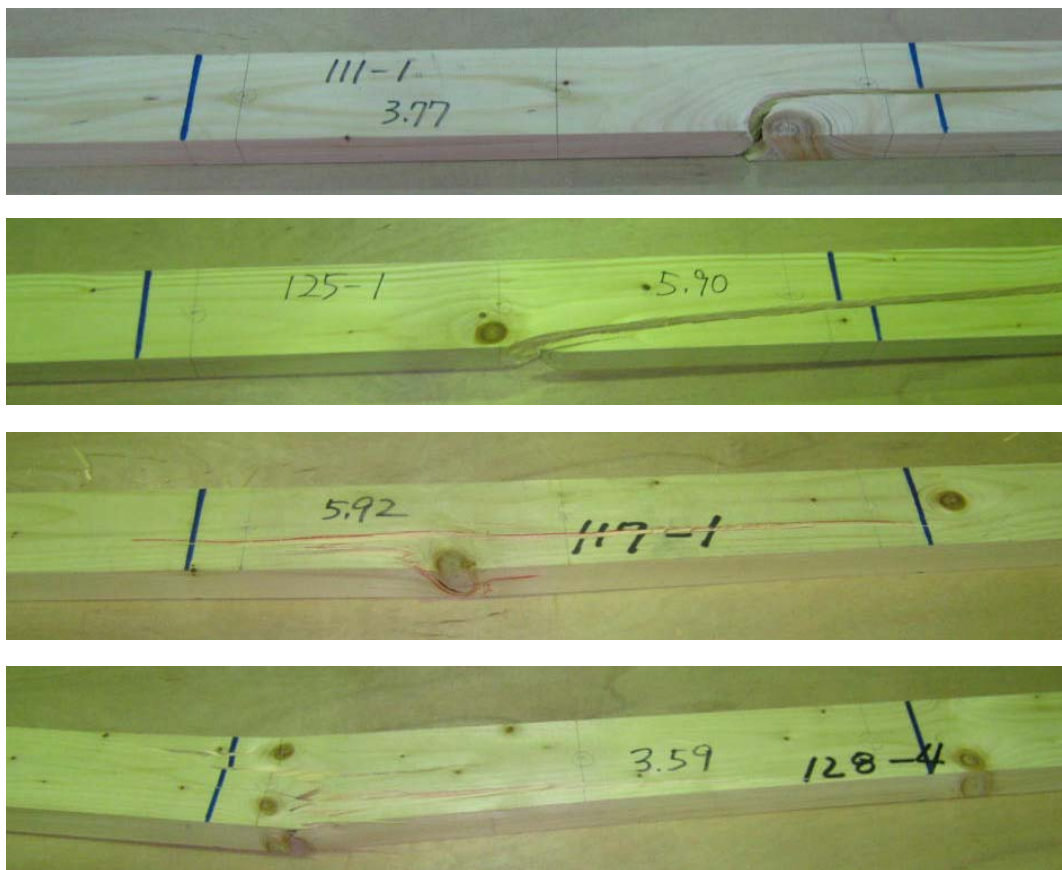


写真 3.3.2 曲げ破壊の代表例（材縁部の節）

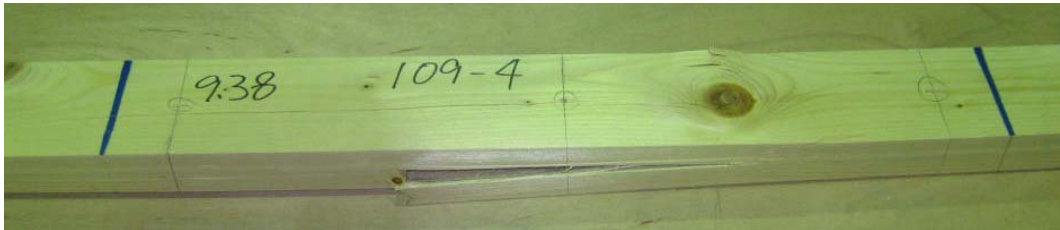
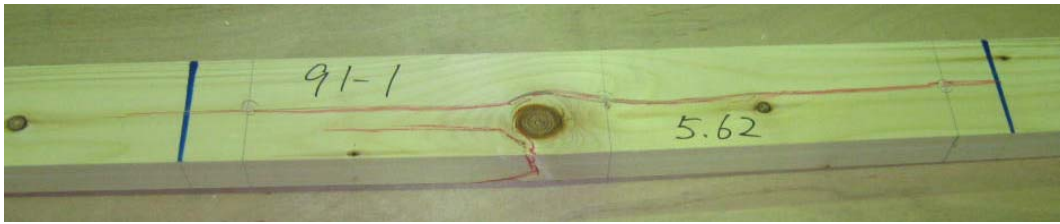


写真 3.3.3 曲げ破壊の代表例（材中央の節）

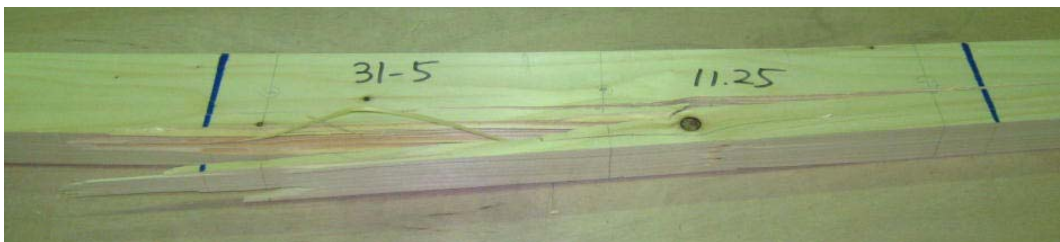


写真 3.3.4 曲げ破壊の代表例（小さな欠点）

3.3.2 引張試験

3.3.2.1 試験体

引張試験体は、甲種2級に判定されたトドマツ 204材（長さ 2400mm）60体とした。

3.3.2.2 試験方法

引張試験は、「枠組壁工法建築物構造計算指針」の「材料および接合部の許容応力度を定める試験・評価方法」に準じて行った。試験方法を図5に示す。加力は、実大引張試験機（岩崎（株）製、最大容量 1000kN、油圧式チャック）を用いて行い、荷重計測には容量 500kN のロードセルを使用した。片側把持部の長さは 800mm とし、チャック間距離は材幅の 9 倍とし、801mm とした。破壊した試験体のうち、チャック内で破断した試験体 8 体をデータから除外したため、測定数は 52 体となった。開始から最大荷重に達するまでの時間はすべての試験体で 1 分以上であった。強度試験後に未破壊部分から試験片を採取して全乾法により含水率を測定した。試験は、温湿度無調整下の実験棟内で行った。

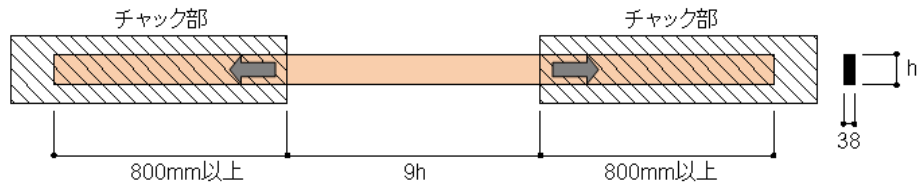


図 3.3.2 引張試験体図



写真 3.3.5 引張試験方法

次に、最大荷重 P_{\max} から引張強さ F_t を下式により算出した。

$$F_t = \frac{P_{\max}}{b \cdot h}$$

ここで、 F_t : 引張強さ (N/mm²)

P_{\max} : 最大荷重 (N)

b : 試験体断面の短辺 (mm)

h : 試験体断面の長辺 (mm)

3.3.2.3 試験結果

試験結果を表 3.3.3～3.3.4 に、引張破壊の代表例を写真 3.3.6～3.3.10 に示す。

表 3.3.3 引張試験個別データ

試験体番号	目視等級 甲種	密度 kg/m ³	E_f GPa	b mm	h mm	平均年輪幅 mm	MC %	F_t MPa
001_2	2	420	11.2	38.1	89.0	4.1	12.4%	21.9
005_5	2	387	9.3	38.2	89.0	2.3	11.7%	26.5
006_1	2	366	10.4	38.5	89.1	3.4	11.5%	30.5
006_3	2	393	10.4	38.4	89.1	7.0	11.0%	22.3
008_1	2	372	10.2	38.3	89.2	4.8	11.6%	19.1
011_4	2	339	9.9	38.4	89.2	2.6	11.5%	21.7
012_1	2	370	11.5	38.1	89.0	6.0	12.6%	33.3
012_2	2	434	12.3	38.5	89.3	4.0	11.2%	29.9
015_1	2	386	10.7	38.2	89.1	3.5	11.4%	34.7
015_3	2	416	10.7	38.2	89.1	3.2	11.1%	33.8

試験体番号	目視等級 甲種	密度 kg/m ³	E_{σ} GPa	b mm	h mm	平均年輪幅 mm	MC %	F_t MPa
019_1	2	391	10.6	38.2	89.1	3.4	11.8%	34.6
019_2	2	415	13.2	38.4	89.4	4.6	11.5%	14.0
023_2	2	406	11.5	38.2	89.1	3.6	11.6%	31.5
023_3	2	376	9.3	38.3	89.4	4.3	11.0%	23.3
025_4	2	473	13.6	38.7	89.2	2.3	11.6%	20.7
030_4	2	343	8.8	38.2	89.1	4.3	11.5%	34.5
031_2	2	393	9.3	38.7	89.1	4.3	12.9%	19.1
031_4	2	410	9.8	38.5	89.0	2.2	14.2%	32.6
032_4	2	347	7.3	38.2	89.0	4.1	12.8%	22.9
034_1	2	424	13.1	38.2	89.1	3.4	11.5%	27.1
035_1	2	439	10.3	38.4	89.1	3.3	12.3%	26.5
043_1	2	411	12.4	38.5	89.0	4.0	12.7%	22.4
045_1	2	443	10.2	38.5	89.2	5.0	13.0%	43.4
045_2	2	418	10.7	38.2	89.1	5.8	13.9%	17.3
045_3	2	393	10.5	38.4	89.2	3.5	14.0%	28.4
045_4	2	412	11.2	38.5	89.3	4.4	12.8%	19.0
049_3	2	439	12.4	38.2	89.3	4.0	13.1%	17.5
050_4	2	373	9.8	38.2	88.8	3.8	12.1%	20.0
053_2	2	392	9.3	38.2	89.1	3.2	12.3%	28.2
055_5	2	386	7.8	38.2	88.9	2.9	12.9%	33.0
057_1	2	367	9.4	38.2	88.8	3.4	13.7%	24.1
065_3	2	401	9.6	38.2	89.0	2.7	12.8%	21.3
065_5	2	395	9.8	38.2	89.1	4.3	12.8%	49.8
066_2	2	392	9.8	38.4	89.0	3.6	12.6%	31.3
066_3	2	427	13.4	38.1	88.9	3.1	13.2%	40.8
072_1	2	393	9.4	38.5	89.1	4.1	13.1%	31.5
072_2	2	370	10.2	38.5	89.0	4.3	14.5%	26.8
073_1	2	429	11.2	38.2	88.8	3.6	13.0%	19.6
075_1	2	403	12.3	38.2	88.9	2.8	12.7%	27.3
088_2	2	388	8.7	38.2	89.0	3.5	11.4%	44.5
090_4	2	381	8.6	38.4	88.7	3.0	14.2%	25.6
092_1	2	422	12.1	38.2	89.1	5.2	13.5%	9.1
101_1	2	371	9.8	38.2	89.0	3.8	12.3%	23.1
118_5	2	394	11.0	38.2	89.0	6.3	12.4%	21.5
119_5	2	408	10.2	38.1	89.2	3.2	12.6%	21.7
120_3	2	384	9.8	38.2	89.0	3.7	11.8%	35.6
135_1	2	442	12.7	38.2	89.2	3.3	12.3%	26.0
137_5	2	400	11.3	38.3	89.0	6.6	11.8%	15.2
142_1	2	392	10.7	38.2	88.8	4.0	12.9%	20.4
144_1	2	410	12.2	38.2	89.0	3.6	10.9%	21.9
146_1	2	438	13.0	38.2	89.1	3.8	11.3%	20.8
173_4	2	399	11.4	38.2	89.0	5.0	12.4%	22.3

※ E_{σ} : 打撃法による動的ヤング係数, b : 試験体の短辺長さ, h : 試験体の長辺長さ, MC: 全乾法による含水率, F_t : 引張強さ

表 3.3.4 引張試験結果

	ρ kg/m ³	E_{fr} GPa	b mm	h mm	ARW mm	MC %	F_t MPa
Max	473	13.6	38.7	89.4	7.0	14.5	49.8
AV	399	10.7	38.3	89.1	3.9	12.4	26.3
Min	339	7.3	38.1	88.7	2.2	10.9	9.1
SD	27	1.4	0.1	0.1	1.0	0.9	8.0
CV	6.8%	13.5%	0.4%	0.2%	26.6%	7.4%	30.4%
n	52	52	52	52	52	52	52

※Max: 最大値, AV: 平均値, Min: 最小値, SD: 標準偏差, CV: 変動係数(%), n : 試験体数, ρ : 密度, E_{fr} : 打撃法による動的ヤング係数, b : 試験体の短辺長さ, h : 試験体の長辺長さ, ARW: 平均年輪幅, MC: 全乾法による含水率, F_t : 引張強さ。

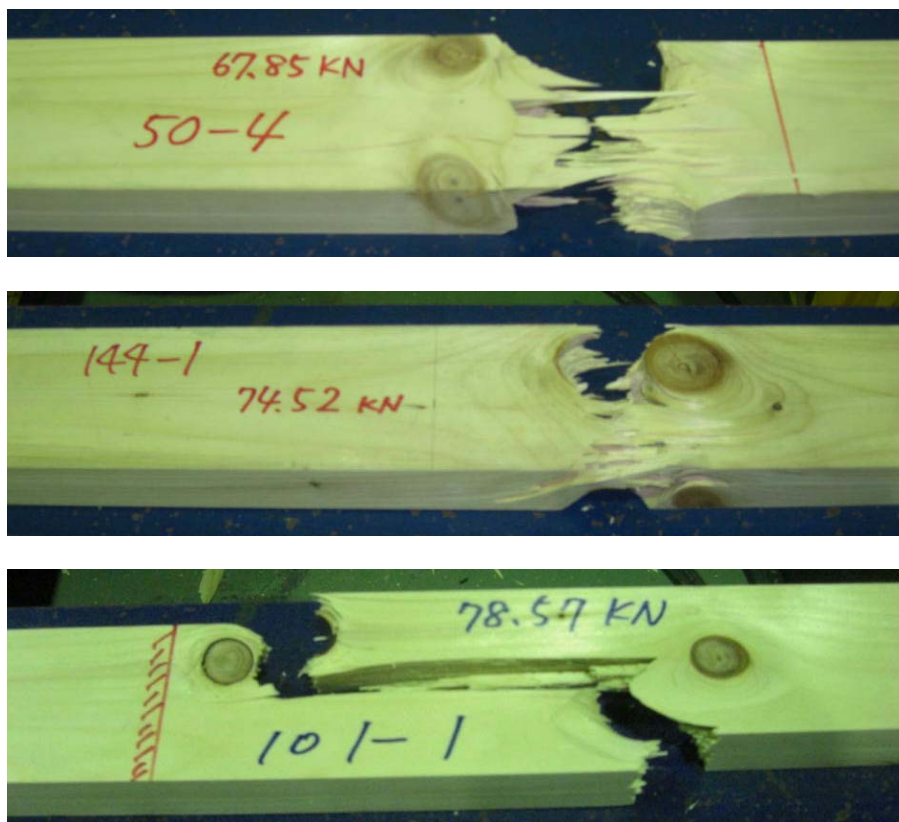


写真 3.3.6 引張破壊の代表例 (材縁部の節)

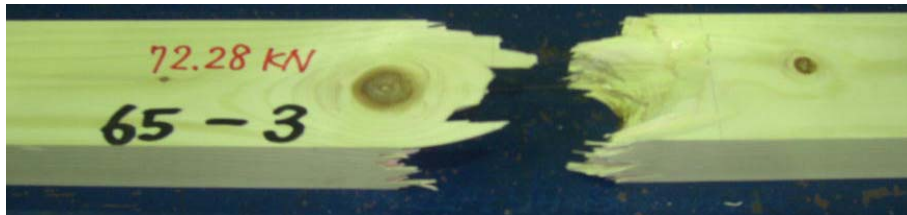


写真 3.3.7 引張破壊の代表例 (材中央の節)

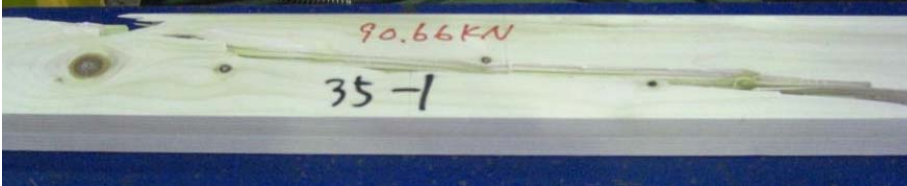


写真 3.3.8 引張破壊の代表例 (目切れ)

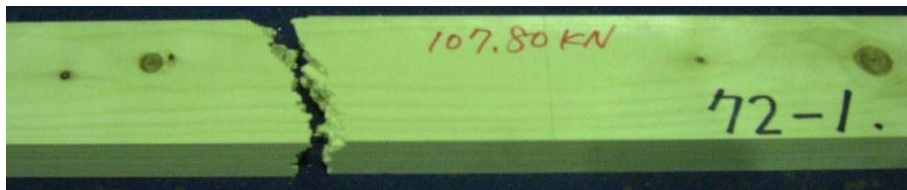
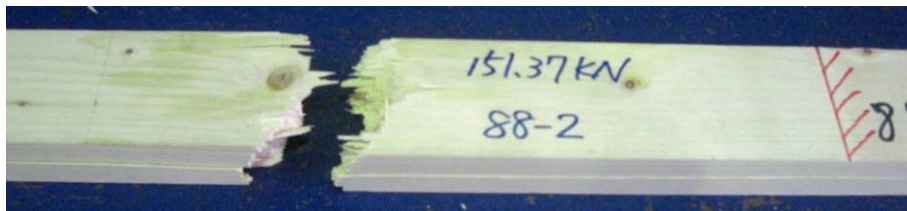


写真 3.3.9 引張破壊の代表例 (小さな欠点)

3.3.3 縦圧縮試験

3.3.3.1 試験体

縦圧縮試験体は、甲種2級に判定されたトドマツ 204 材（長さ 267mm）63 体とした。

3.3.3.2 試験方法

圧縮試験は、「枠組壁工法建築物構造計算指針」の「材料および接合部の許容応力度を定める試験・評価方法」に準じて行った。縦圧縮試験の方法を図 10 に示す。加力は、油圧式強度試験機（東京衡機製造所，圧縮容量 1000kN）を用いて行い，ロードセル（東京衡機製造所，容量 1000kN）で荷重を計測した。加圧部分の鋼板はピン支承であり，鋼板の回転方向が試験体の長辺と平行になるように試験体を設置した。開始から最大荷重に達するまでの時間はすべての試験体で 1 分以上であった。強度試験後に未破壊部分から試験片を採取して全乾法により含水率を測定した。試験は，温湿度無調整下の実験棟内で行った。



写真 3.3.10 縦圧縮試験方法

次に，最大荷重 P_{\max} から縦圧縮強さ F_c を下式により算出した。

$$F_c = \frac{P_{\max}}{b \cdot h}$$

ここで， F_c ：引張強さ（N/mm²）

P_{\max} ：最大荷重（N）

b ：試験体断面の長辺（mm）

h ：試験体断面の短辺（mm）

3.3.3.3 試験結果

試験結果を表 3.3.5～3.3.6 に、圧縮破壊の代表例を写真 3.3.11～3.3.13 に示す。

表 3.3.5 縦圧縮試験個別データ

試験体番号	目視等級 甲種	kg/m ³	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	平均年輪幅 mm	MC %	<i>F_c</i> MPa
015_4_1	2	372	38.2	89.0	2.6	9.5%	26.7
015_4_2	2	354	38.2	89.1	2.7	9.6%	32.9
015_4_3	2	294	38.2	89.1	2.7	8.9%	27.8
025_3	2	376	38.1	89.2	7.0	9.0%	30.6
028_1_1	2	460	38.0	88.9	5.0	10.3%	30.2
028_1_2	2	398	38.1	88.8	3.7	9.9%	29.7
032_5	2	408	38.2	88.9	2.9	10.0%	23.7
036_3_1	2	437	38.1	88.4	2.5	10.2%	24.5
036_3_2	2	441	38.2	89.0	2.9	9.8%	26.3
036_3_3	2	446	38.2	89.0	3.0	10.6%	25.6
036_3_4	2	441	38.1	88.7	2.5	10.1%	28.0
036_3_5	2	444	38.2	88.7	2.5	10.0%	26.8
049_1	2	366	38.2	89.0	2.9	10.0%	30.0
050_1_1	2	432	38.0	88.7	6.0	10.0%	25.8
050_1_2	2	417	38.2	88.9	6.0	9.4%	27.6
050_1_3	2	392	38.0	88.8	6.0	10.1%	31.3
053_1	2	419	38.1	88.8	2.8	10.5%	26.7
058_3	2	368	38.2	88.9	3.6	9.4%	28.5
059_1_1	2	469	38.1	88.3	3.4	10.4%	30.0
059_1_2	2	476	38.2	88.8	3.2	9.8%	29.6
060_3_1	2	484	38.2	88.9	3.6	9.8%	30.7
060_3_2	2	431	38.1	88.8	2.3	9.7%	39.6
060_3_3	2	441	38.2	89.0	2.8	9.7%	39.1
060_5	2	421	38.1	88.4	2.8	10.4%	26.6
062_3_1	2	411	38.2	88.8	3.9	9.6%	24.1
062_3_2	2	422	38.2	88.8	3.8	9.8%	30.7
062_3_3	2	407	38.1	88.9	5.6	9.6%	32.8
062_4_1	2	462	38.1	89.0	2.9	9.7%	35.4
062_4_2	2	443	38.2	88.9	2.1	9.8%	37.7
064_1_1	2	413	38.2	88.8	5.3	9.8%	26.7
064_1_2	2	427	38.2	89.0	4.8	9.7%	24.7
064_1_3	2	421	38.2	88.9	4.3	9.8%	26.7
068_1_1	2	455	38.2	89.0	4.4	10.1%	36.4
068_1_2	2	436	38.2	88.8	3.8	9.8%	31.8
071_1_1	2	406	38.1	89.0	3.4	9.9%	26.6
071_1_2	2	419	38.2	89.0	3.6	9.5%	30.0
071_3	2	484	38.0	88.3	2.8	9.9%	27.9
072_3_1	2	449	38.2	88.7	3.7	9.3%	26.3
072_3_2	2	440	38.2	89.0	4.0	9.4%	23.2

試験体番号	目視等級 甲種	密度 kg/m ³	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	平均年輪幅 mm	MC %	<i>F_c</i> MPa
072_3_3	2	431	38.1	89.0	4.0	9.5%	31.0
072_3_4	2	461	38.1	89.0	3.5	9.4%	29.4
078_1_1	2	382	38.1	89.0	4.3	9.9%	29.0
078_1_2	2	382	38.2	89.0	4.2	9.8%	28.2
082_1	2	468	38.2	88.8	4.6	10.7%	32.8
085_1_1	2	402	38.2	89.0	5.3	10.4%	24.8
085_1_2	2	448	38.2	89.1	4.3	9.6%	23.3
096_1_1	2	432	38.2	89.0	5.2	10.2%	25.2
096_1_2	2	479	38.1	89.0	5.8	10.6%	27.9
096_1_3	2	422	38.2	88.9	5.0	9.9%	26.8
096_1_4	2	425	38.2	89.0	4.3	9.9%	26.3
096_2_1	2	394	38.2	88.9	4.3	9.3%	29.9
096_2_2	2	398	38.2	89.0	4.3	9.6%	32.2
100_5_1	2	353	38.2	89.0	4.7	10.2%	30.4
100_5_2	2	367	38.2	89.0	5.3	9.2%	27.4
108_1	2	408	38.1	88.8	4.3	9.7%	26.4
109_4_1	2	503	38.2	89.1	5.4	10.6%	32.8
109_4_2	2	481	38.2	89.0	5.1	10.4%	47.0
112_2_1	2	394	38.2	89.1	4.0	9.4%	26.3
112_2_2	2	404	38.2	89.3	3.9	9.6%	26.8
114_1_1	2	391	38.2	89.0	5.4	9.8%	33.4
114_1_2	2	394	38.1	89.0	4.7	9.4%	32.5
120_2_1	2	436	38.2	89.1	3.7	9.4%	20.3
120_2_2	2	415	38.2	89.1	2.9	9.0%	24.6

※*b* : 試験体の短辺長さ, *h* : 試験体の長辺長さ, MC : 全乾法による含水率, *F_c* : 縦圧縮強さ。

表 3.3.6 縦圧縮試験結果

	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	密度 kg/m ³	平均年輪幅 mm	MC %	<i>F_c</i> MPa
Max	38.24	89.25	503	7.0	10.7%	47.0
AV	38.16	88.90	421	4.0	9.8%	29.1
Min	37.98	88.27	294	2.1	8.9%	20.3
SD	0.06	0.19	38	1.1	0.4%	4.5
CV	0.1%	0.2%	9.0%	27.9%	4.1%	15.4%
<i>n</i>	63	63	63	63	63	63

※Max : 最大値, AV : 平均値, Min : 最小値, SD : 標準偏差, CV : 変動係数(%), *n* : 試験体数, *b* : 試験体の短辺長さ, *h* : 試験体の長辺長さ, MC : 全乾法による含水率, *F_c* : 縦圧縮強さ。



写真 3.3.11 圧縮破壊の代表例 (材縁部の節)

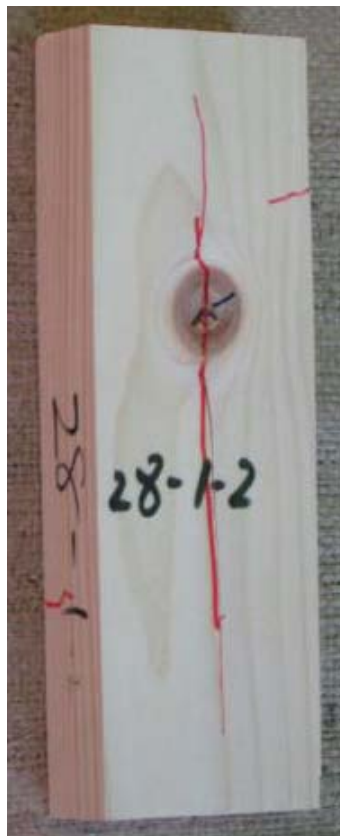


写真 3.3.12 圧縮破壊の代表例 (材中央部の節)

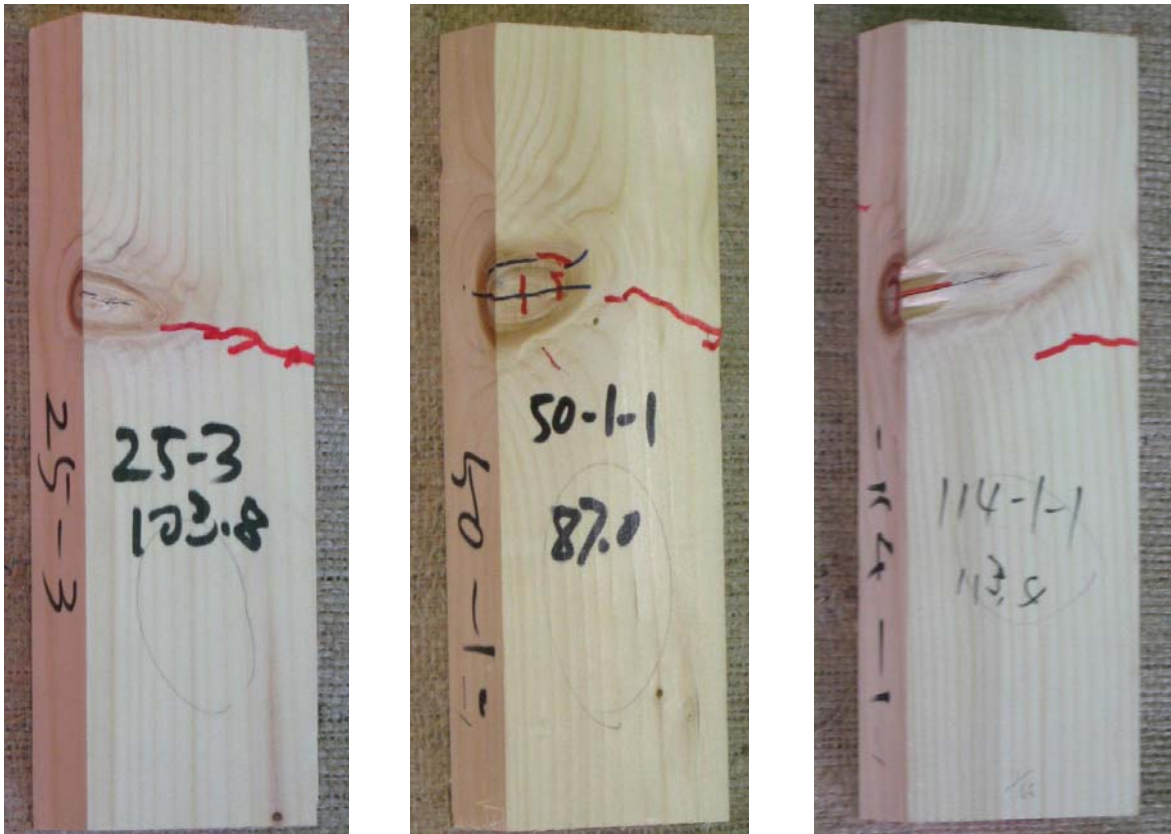
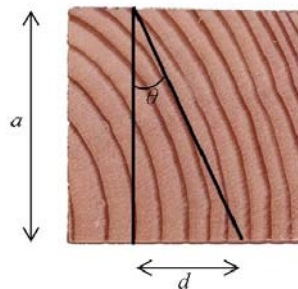


写真 3.3.13 圧縮破壊の代表例（厚さ面の節）

3.3.4 むり込み試験

3.3.4.1 試験体

むり込み試験体は 60 体とした。「枠組壁工法建築物構造計算指針」の「材料および接合部の許容応力度を定める試験・評価方法」では加力面は LT 面，LR 面のいずれか，または両方とされているが，今回は LT 面，LR 面加力よりも 45° 方向のむりこみ強度が低く，安全側となること，中小径材からの生産では年輪の曲率が大きな材の割合が多くなり，断面の中央部では LT 面，LR 面加力となったとしても材縁部では外れてくることなどから，供試体の厚さを木口断面の辺長とした 38×38×114 mm の試験体で試験を行った。また，加力面が任意となった関係上，年輪傾斜角の測定を行った。年輪傾斜角は木口面中央付近の年輪の接線を引き，その角度を測定した(図 1 4)。最初にすべて 0~45° の範囲になるように測定し，その半数を 90° 回転することで，0~45° と 45~90° の試験体が均等になるようにした。なお，ここでは LR 面(T 方向)加力を 0° ，LT 面 (R 方向) 加力を 90° とした。さらに木表側加力となるものと木裏側加力となるものを均等に割り振った。



$$\theta = \tan^{-1}(d/a)$$

図 3.3.3 年輪傾斜角の測定方法

3.3.4.2 試験方法

めり込み試験は、「枠組壁工法建築物構造計算指針」の「材料および接合部の許容応力度を定める試験・評価方法」に準じて行った。試験方法を図 3.3.4 及び写真 3.3.15 に示す。加力は、テンシロン型強度試験機（(株)オリエンテック，RTD-2410，容量 100kN）を用いて行い，試験体の中央上面に加圧鋼板（厚さ 24×幅 38×長さ 100mm，面取りなし）を載せ，それを介して荷重を加えた。めり込み量の計測は，クロスヘッドの下面でひずみゲージ式変位変換器（(株)共和電業，DTA-10，容量 10mm）を用いて行った。試験体の中央 38 mm 区間への片面に収縮量が加力方向の辺長の 5%を超えるまで 0.38 mm/分の速度で加力した。強度試験後に全乾法により試験片の含水率を測定した。試験は，温湿度無調整下の実験棟内で行った。めり込み強さ F_{cv} は下式により算出した。

$$F_{cv} = \frac{P_{cv}}{l \cdot b}$$

ここで， F_{cv} ：めり込み強さ（N/mm²）

P_{cv} ：最大荷重 P_{max} または試験体の収縮量が加力方向の辺長の 5%に達したときの荷重 $P_{0.05h}$ のうち小さな荷重値（N）

l ：荷重の作用面積の長さ，すなわち加圧鋼板の長さ（mm）

b ：試験体の幅（mm）

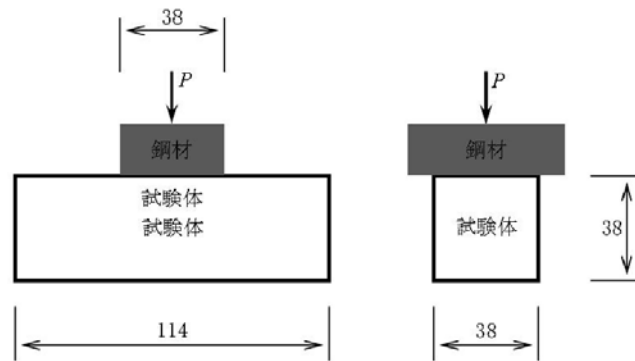


図 3.3.4 めり込み試験体図



写真 3.3.15 めり込み試験方法

3.3.4.3 試験結果

めり込み破壊の試験結果を表 3.3.7~3.3.8 に示す。

表 3.3.7 めり込み試験個別データ

試験体番号	密度 kg/m ³	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	θ (度)	F_{cv} MPa
09_1	419	38.1	38.0	9.0	6.93
47_4	360	38.2	38.0	11.9	7.06
44_5	372	38.1	38.2	14.7	6.18
39_3	445	38.0	37.7	21.7	7.60
67_3	342	38.2	38.2	26.4	5.14
51_4	448	38.1	38.2	27.7	7.36
56_2	433	38.4	38.1	27.7	7.59
37_2	404	38.1	38.3	28.8	6.76
40_2	359	38.0	38.1	28.9	4.58
40_3	413	38.1	38.3	29.9	6.74
57_3	372	38.2	38.1	30.0	4.81
46_2	433	38.1	38.2	32.1	7.23
37_3	392	38.5	38.0	34.4	6.02
54_1	373	38.1	38.0	34.4	5.76
51_3	413	38.2	38.2	35.3	6.15
05_2	414	37.8	38.3	36.1	7.58
51_2	372	38.2	38.3	36.2	5.10
16_2	384	38.0	38.1	36.3	5.24
27_2	396	38.2	38.1	37.3	5.02
08_3	394	38.2	38.5	38.0	5.60
44_1	467	38.1	38.2	38.1	8.49
39_1	382	38.2	38.1	38.2	5.87
51_1	445	38.1	38.3	39.0	6.88
64_2	384	38.1	38.2	40.0	5.50
52_1	383	38.2	37.8	41.1	4.99
68_4	394	38.1	38.2	42.5	4.84
07_4	341	38.3	38.3	43.3	4.57
40_4	467	38.3	38.1	43.4	6.93
38_4	344	38.3	38.0	43.5	4.80
10_3	505	38.1	37.8	45.2	8.23
20_2	420	38.0	38.3	47.4	5.83
47_1	383	38.3	38.2	47.6	5.77
37_4	360	38.1	38.3	49.1	5.50
22_1	344	38.3	37.9	51.0	5.48
54_2	406	38.0	38.2	51.7	6.50
24_1	392	38.1	38.3	51.8	6.62
21_2	404	38.3	38.2	51.9	5.08
50_2	417	38.0	38.2	52.7	4.68
68_2	383	38.2	38.0	52.8	4.90

試験体番号	密度 kg/m ³	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	θ (度)	F_{cv} MPa
51_5	415	38.3	38.2	53.8	6.83
03_1	420	38.4	38.1	53.9	5.73
27_1	379	38.1	38.2	54.6	5.92
04_2	346	38.3	38.2	54.8	4.70
07_1	409	38.0	38.2	55.6	6.12
38_3	427	38.1	35.2	55.7	7.10
02_2	396	38.2	38.1	56.8	7.00
68_3	299	38.0	38.3	57.7	4.31
69_1	447	38.1	38.2	57.8	6.78
57_1	343	38.2	38.2	57.9	6.56
63_2	378	38.1	38.1	58.9	5.57
44_4	328	38.1	38.3	60.0	4.30
63_1	393	38.0	38.1	61.1	5.67
35_2	372	38.2	38.1	61.2	6.38
37_1	401	38.0	38.1	62.2	6.45
67_4	388	38.1	38.1	62.3	5.19
33_1	400	38.5	38.2	62.6	6.16
65_2	365	38.1	38.1	64.7	5.06
67_1	450	38.2	38.1	72.6	8.51
59_1	419	38.0	38.1	78.1	6.01
38_2	361	38.2	38.0	79.6	8.17

※*b*: 試験体の幅, *h*: 試験体の高さ, F_{cv} : めり込み強さ, θ : 年輪傾斜角。

表 3.3.8 めり込み試験結果

	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	密度 kg/m ³	F_{cv} (MPa)			
				全数	$\theta=0-30$	$\theta=30-60$	$\theta=60-90$
Max	38.51	38.45	505	8.51	7.60	8.49	8.51
AV	38.15	38.09	395	6.07	6.59	5.88	6.40
Min	37.78	35.22	299	4.30	4.58	4.30	5.06
SD	0.13	0.40	38	1.08	1.02	1.04	1.20
CV	0.3%	1.1%	9.6%	17.8%	15.4%	17.6%	18.8%
<i>n</i>	60	60	60	60	10	41	9

※Max: 最大値, AV: 平均値, Min: 最小値, SD: 標準偏差, CV: 変動係数(%), *n*: 試験体数, *b*: 試験体の幅, *h*: 試験体の高さ, F_{cv} : めり込み強さ, θ : 年輪傾斜角。

3.3.5 セン断試験

3.3.5.1 試験体

ブロックせん断試験体の形状はイス型とし、寸法は 38×38×53mm とし、せん断面が 38×38mm となるように一部を切り欠いた。試験体は、節などの欠点を含まないように採材した。試験体数は 63 体とした。図 3.3.5 に試験体図を示す。

3.3.5.2 試験方法

試験方法は、「枠組壁工法建築物構造計算指針」の「材料および接合部の許容応力度を定める試験・評価方法」に準じて行った。試験方法を写真 3.3.16 に示す。加力は、テンシロン型強度試験機（株）オリエンテック、容量 100kN）を用いて行った。イス型ブロックせん断治具を用いて、試験体に施した切り欠き部に荷重を加え、せん断面でせん断破壊させた。試験体の中央上面に加圧鋼板（24×89×100mm、面取り半径=3mm）を載せ、それを介して荷重を加えた。開始から最大荷重に達するまでの時間はすべての試験体で 1 分以上であった。強度試験後に未破壊部分から試験片を採取して全乾法により含水率を測定した。試験は、温湿度無調整下の実験棟内で行った。

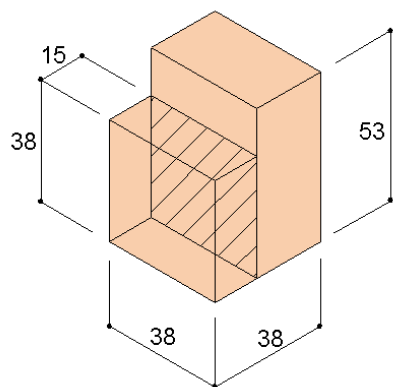


図 3.3.5 せん断試験体図



写真 3.3.16 ブロックせん断試験方法

$$F_s = \frac{P_{\max}}{b \cdot h}$$

次に、最大荷重 P_{\max} からブロックせん断強さ F_s を下式により算出した。

ここで、 F_s ：ブロックせん断強さ（N/mm²）

P_{\max} ：最大荷重（N）

b ：せん断面の幅（mm）

h ：せん断面の高さ（mm）

3.3.5.3 試験結果

試験結果を表 3.3.9～3.3.10 に、せん断破壊の代表例を図 3.3.17 に示す。

表 3.3.9 せん断試験個別データ

試験体番号	b mm	h mm	平均年輪幅 mm	木目	F_s MPa
02_2	38.1	38.4	3.4	板目	5.38
33_1	38.4	37.8	2.5	板目	6.28
37_4	38.4	38.5	6.0	板目	6.78
38_2	38.1	38.1	5.5	板目	3.78
44_5	38.3	38.4	2.8	板目	4.87
51_3	38.2	38.7	4.3	板目	6.92
54_1	38.4	38.5	2.7	板目	4.98
64_2	38.2	38.4	7.0	板目	5.44
03_1	38.3	38.5	4.5	追柢	6.02
04_2	38.4	38.0	3.5	追柢	4.97
05_2	38.4	38.2	5.3	追柢	6.86
07_1	38.4	38.2	3.4	追柢	5.97
07_4	38.4	38.8	3.5	追柢	4.89
08_3	38.5	37.9	3.8	追柢	5.35
10_3	38.2	38.6	5.5	追柢	7.07
16_2	38.2	38.5	3.4	追柢	5.09
20_2	38.4	38.6	2.3	追柢	5.37
21_2	38.3	38.4	3.4	追柢	6.39
22_1	38.3	38.1	5.3	追柢	6.38
24_1	38.2	38.5	3.0	追柢	6.98
27_2	38.2	38.4	5.8	追柢	6.40
35_2	38.3	38.8	4.0	追柢	7.34
37_1	38.4	38.3	3.0	追柢	6.74
37_2	38.4	38.7	4.4	追柢	6.85
38_3	38.4	37.9	4.3	追柢	7.03
38_4	38.4	38.1	4.3	追柢	5.74
39_1	38.4	38.1	4.0	追柢	8.00
39_3	38.3	38.5	4.0	追柢	6.38
40_2	38.2	38.5	4.5	追柢	5.21
40_3	38.3	38.7	4.2	追柢	4.59
40_4	38.2	38.4	4.5	追柢	5.88
44_1	38.5	38.8	2.3	追柢	7.26
44_4	38.5	38.2	3.5	追柢	4.83
46_2	38.3	38.4	2.4	追柢	6.77
47_1	38.4	38.4	3.9	追柢	5.88
47_4	38.2	38.4	3.0	追柢	4.71
50_2	38.4	38.0	2.4	追柢	5.55
51_1	38.2	38.3	4.5	追柢	6.57
51_2	38.5	38.1	5.2	追柢	4.83

試験体番号	b mm	h mm	平均年輪幅 mm	木目	F_s MPa
51_4	38.5	38.8	2.0	追柢	5.64
51_5	38.2	38.5	5.0	追柢	6.02
52_1	38.3	38.2	3.8	追柢	5.38
54_2	38.4	38.4	4.3	追柢	6.73
56_2	38.3	38.7	3.0	追柢	4.50
57_3	38.6	38.6	3.3	追柢	5.54
59_1	38.1	38.2	4.6	追柢	5.53
63_1	38.3	38.2	4.7	追柢	5.44
63_2	38.1	38.3	2.9	追柢	5.24
67_1	38.1	38.7	3.4	追柢	7.26
67_4	38.3	38.9	4.4	追柢	5.28
68_2	38.4	38.0	3.7	追柢	5.02
68_3	38.2	38.4	4.0	追柢	4.53
68_4	38.9	38.6	3.7	追柢	4.68
69_1	38.4	38.8	2.0	追柢	5.40
09_1	38.6	38.0	4.0	柢目	5.55
27_1	38.4	38.7	3.0	柢目	6.38
37_3	38.7	38.7	4.9	柢目	6.17
57_1	38.5	38.5	3.1	柢目	5.77
65_2	38.4	38.7	5.8	柢目	6.14
67_3	38.6	38.6	4.3	柢目	3.86

※ b : せん断面の幅, h : せん断面の高さ, F_s : ブロックせん断強さ。

表 3.3.11 ブロックせん断試験結果

	b mm	h mm	ARW mm	全数	F_s (MPa)		柢目
					板目	追柢	
Max	38.92	38.93	7.0	8.00	6.92	8.00	6.38
AV	38.41	38.34	3.9	5.81	5.55	5.87	5.65
Min	37.84	38.06	2.0	3.78	3.78	4.50	3.86
SD	0.26	0.15	1.1	0.92	1.06	0.90	0.92
CV	0.7%	0.4%	27.2%	15.8%	19.1%	15.4%	16.4%
n	60	60	60	60	8	46	6

※Max: 最大値, AV: 平均値, Min: 最小値, SD: 標準偏差, CV: 変動係数(%), n : 試験体数, b : せん断面の幅, h : せん断面の高さ, F_s : ブロックせん断強さ。

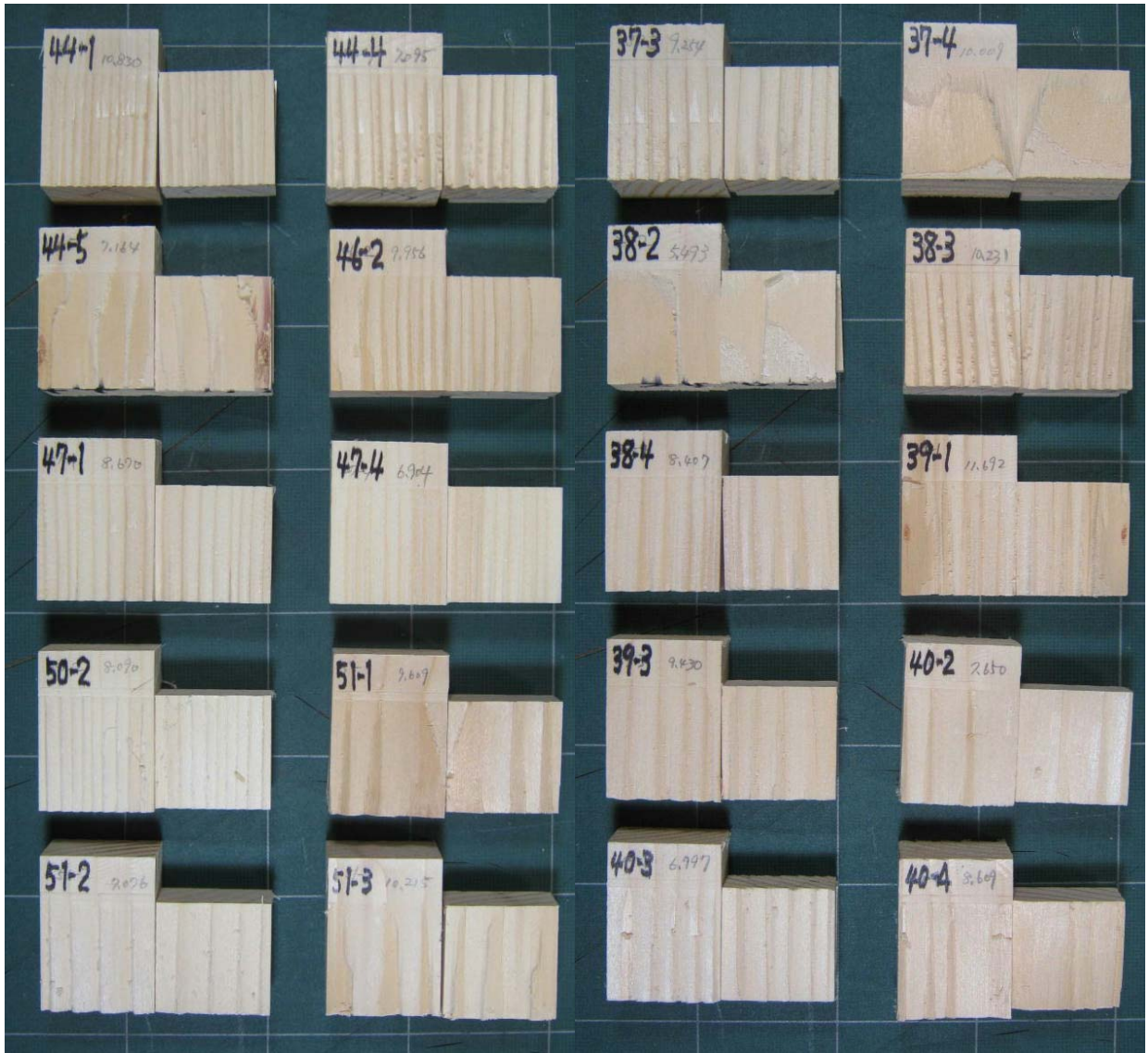


写真 3.3.17 ブロックせん断破壊の代表例

3.3.6 せん断弾性係数試験

3.3.6.1 試験体

曲げ試験体 56 体から，打撃法によるヤング係数が偏らないように 10 体を抜き取った。試験体図を図 3.3.6 に示す。

3.3.6.2 試験方法

せん断弾性係数試験は，「枠組壁工法建築物構造計算指針」の「材料および接合部の許容応力度を定める試験・評価方法」に準じて行った。試験方法を図 3.3.6 および写真 3.3.18 に示す。試験はエッジワイズ曲げ試験とした。加力は，インストロン型強度試験機（島津製作所，容量 100kN）を用いて行った。荷重方式は中央集中荷重とした。試験スパン L_1 は，材幅 h に対する比の 2 乗 $(h/L_1)^2$ が 0.035 から 0.0025 の範囲で，ほぼ等間隔になるように選択し，532, 637, 849, 1780mm の 4 条件とした。

支点の支持長さは 100mm とした。スパン中央部のたわみの計測は，支点のめり込みの影響を排除するため，ヨークを用いて行った。ヨークのスパンは各試験スパンと等しくした。中央たわみは試験体の両側面の 2 か所で，ひずみゲージ式変位変換器（株）東京測器，DTA-10・容量 10mm）を用いて計測した。試験は，温湿度無調整下の実験棟内で行った。

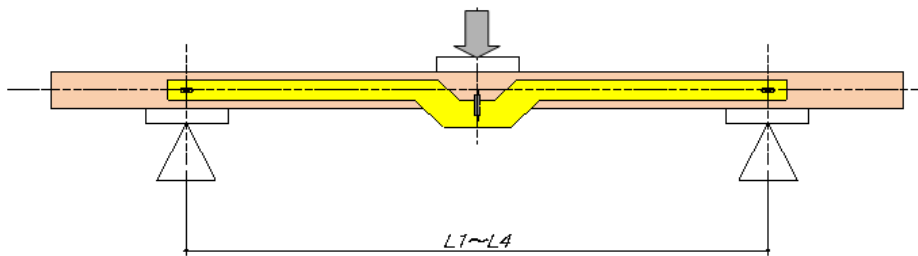


図 3.3.6 せん断弾性係数試験体図



写真 3.3.18 せん断弾性係数測定方法

次に、各スパンにおける見かけのヤング係数 E_{app} を次式により求めた。

$$E_{app} = \frac{P \cdot L_i^3}{48 \cdot \delta \cdot I}$$

ここで、 E_{app} : 見かけの曲げヤング係数 (kN/mm²)

L_i : ヨークスパン (mm)

I : 断面二次モーメント (mm⁴)

P : 荷重増分 (N)

d : 荷重増分 P に対応する中央たわみの平均増分 (mm)

次に、各試験体に対して、 $y=1/E_{app}$ 、 $x=(h/L_i)^2$ 、 $y=m+nx$ として、 y と x の関係を最小二乗法により直線回帰し、真の曲げヤング係数 $E=1/m$ 、せん断弾性係数 $G=1.2/n$ を求めた。

3.3.6.3 試験結果

y と x の関係の代表例を図 3.3.7 に、試験結果を表 3.3.12 に示す。

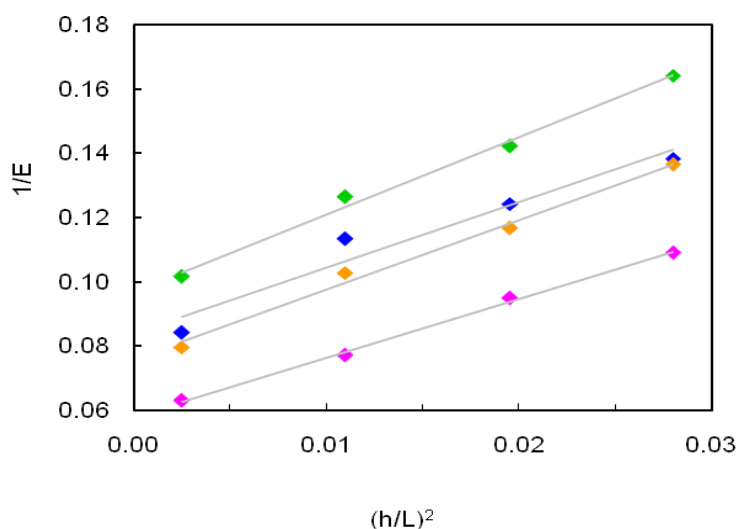


図 3.3.7 y と x の関係例 (試験体 4 体分)

表 3.3.12 せん断弾性係数の試験結果

	n	m	R^2	E GPa	G GPa	E/G
079_3	2.045	0.084	0.927	11.9	0.587	20.2
086_1	2.353	0.095	0.983	10.6	0.510	20.7
089_1	2.473	0.083	0.945	12.1	0.485	24.9
104_3	3.044	0.086	0.980	11.6	0.394	29.5
112_3	2.022	0.073	0.976	13.7	0.593	23.0
116_1	2.280	0.065	0.995	15.3	0.526	29.0
132_3	2.044	0.084	0.950	11.9	0.587	20.3
135_2	1.831	0.058	0.998	17.2	0.656	26.3
143_6	2.168	0.076	0.992	13.2	0.553	23.8
161_2	2.397	0.097	0.993	10.3	0.501	20.6
			AV	12.8	0.539	23.8
			CV	16.8%	13.5%	14.8%

※ n : 回帰式の傾き, m : 回帰式の切片, R^2 : 回帰式の決定係数, E : 変動スパン法による曲げヤング係数, G : 変動スパン法によるせん断弾性係数, AV: 平均値, CV: 変動係数(%)。

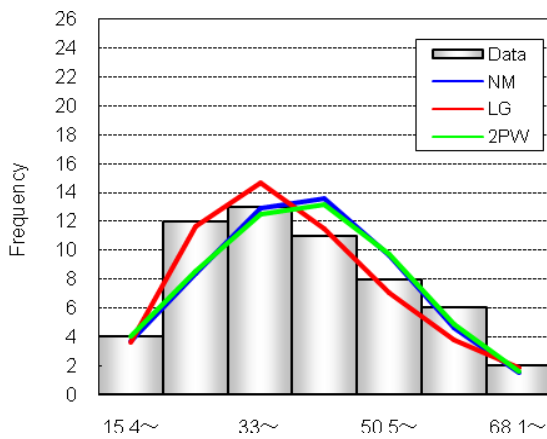
3.3.7 力学特性の統計的下限值

各強度試験で得られた力学特性値の統計解析結果を表 3.3.13 に、度数分布と理論分布（全数データを対象に解析）を図 3.3.7 に、統計的下限値のうち、IS013190：2005 で示されているテイルフィット法による下限値を採用した場合の JAS 基準値との比較を表 3.3.14 に示す。

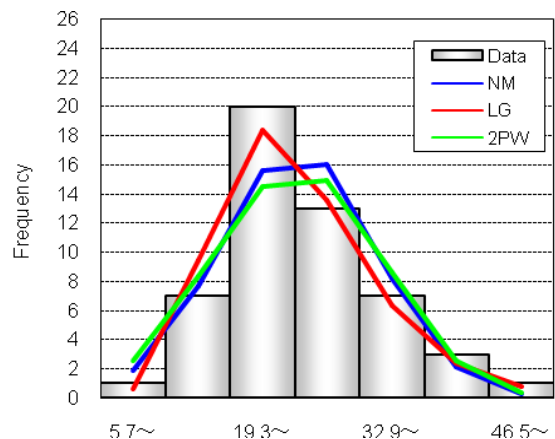
表 3.3.13 力学特性の統計解析結果

	n	CV	Max	Av	Min	NM	LG	2PW	NP	TF
F_b	56	32.7%	72.5	42.8	19.8	③17.6	①21.7	②18.1	19.9	19.3
F_t	52	30.4%	49.8	26.3	9.1	③11.9	①14.4	②11.2	14.0	14.7
F_c	63	15.4%	47.0	29.1	20.3	②21.1	①22.2	③16.4	23.1	22.8
F_{cv}	60	17.8%	8.5	6.1	4.3	② 4.1	① 4.4	③ 3.8	4.4	4.4
F_s	60	15.8%	8.0	5.8	3.8	② 4.2	① 4.3	③ 3.9	4.0	4.4

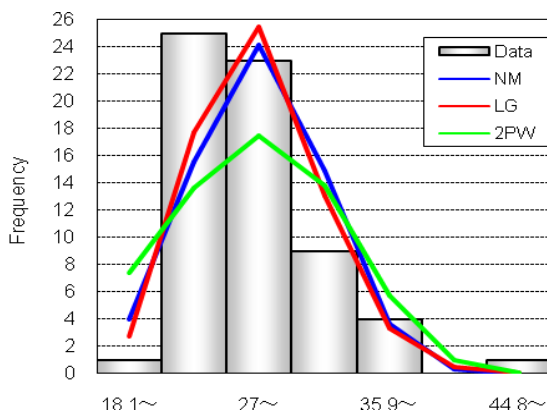
注) F_b ：曲げ強さ (MPa), F_t ：引張強さ (MPa), F_c ：縦圧縮強さ (MPa), F_{cv} ：めり込み強さ (MPa), F_s ：ブロックせん断強さ (MPa), n ：測定数, CV：変動係数, Max：最大値, Av：平均値, Min：最小値, NM：正規分布による 5%下限値, LG：対数正規分布による 5%下限値, 2PW：2 母数ワイブル分布による 5%下限値, TF：テイルフィット法による 5%下限値, 囲み数字：KS 検定の適合順位。



曲げ強さ (MPa)



引張強さ (MPa)



圧縮強さ (MPa)

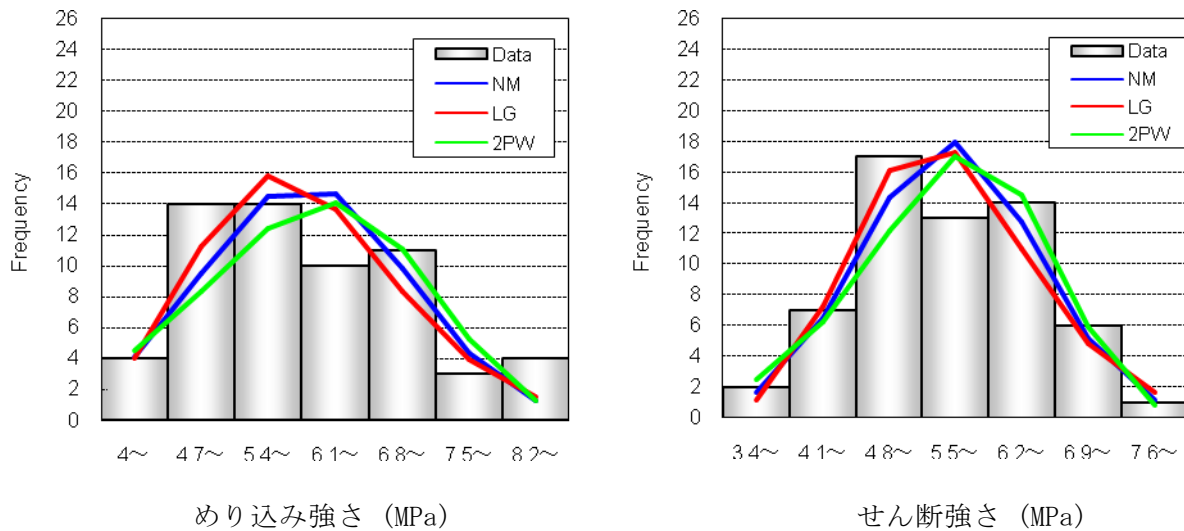


図 3.3.7 力学特性値の度数分布と理論分布

表 3.3.14 統計的下限值と JAS 基準値との比較

		F_b	F_t	F_c	F_{cv}	F_s	E_a
TF	トドマツ204-2級	19.3	14.7	22.8	4.4	4.4	11.3
JAS (SPF)	甲種特級	30.0	16.8	20.4	6.0	1.8	10.5
	甲種1級	22.2	12.0	18.0			10.0
	<u>甲種2級</u>	21.6	11.4	17.4			9.6
	甲種3級	12.6	6.6	10.2			9.3
	乙種C	16.2	8.4	18.6			9.8
	乙種S	9.0	4.8	15.6			8.9
	乙種U	4.2	2.4	10.2			8.3

注) F_b : 曲げ強さ, F_t : 引張強さ, F_c : 縦圧縮強さ, F_{cv} : めり込み強さ, F_s : ブロックせん断強さ, E_a : 曲げヤング係数,
TF: テイルフィット法による 5% 下限値, SPF: 枠組壁工法構造用製材の JAS の樹種グループ SPF の基準値。

3.3.8 考察

材料試験に使用したトドマツは甲種 2 級に格付けしたものであるが、曲げ強さ、めり込み強さにおいて SPF の甲種 2 級の基準を下回る結果となった。

サンプリングにおいて産地は全て同地区で比較的大径木から採取したため材料の性質に偏りがあると考えられる。特に曲げ試験の結果にばらつきが大きい。

本試験結果はサンプリング数が圧倒的に少ないため、トドマツの性質を判断できるものではなく、参考値として留め置きたい。

3.4 木質トラスに用いるメタルプレートコネクタの検討

3.4.1 品質

3.4.1.1 メタルプレートコネクタの選定

メタルプレートコネクタを用いる木質トラスの接合部には、MiTek 社の製作する GANGL-NAIL GNQ（以下、ギャングネイルプレート）を使用し、その接合システムによって構成するものとする。

3.4.1.2 品質・規格

ASTM A 446-67 の規定に合格し、かつ JIS G 3302（溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯）に規定する品質を有する材料で厚さ 0.92mm を用いる。

メタルプレートコネクタの形状を図 3.4.1 に示す。また、標準仕様寸法の範囲を表 3.4.1 に示す。

3.4.1.3 認証関係

メタルプレートコネクタを用いた木質トラスは建築基準法旧 38 条の認定を受けており、当条文が平成 12 年 6 月に廃止となり、平成 14 年 6 月 1 日からオープン化された。認定された許容耐力を使用して構造計算確認を行った上で施工することになる。

また、枠組壁工法については 2007 年版「枠組壁工法建築物設計の手引き」の中で「旧法 38 条認定を取得したトラスについて認定自体は失効しても認定時に行われた技術的な評価にもとづく許容耐力等は構造計算にあたって引き続き有効なものとして取り扱われる。」の記述が根拠となる。

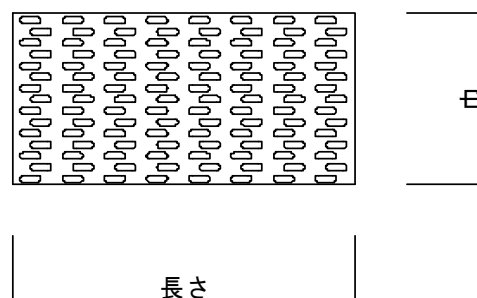


図 3.4.1 メタルプレートコネクタの形状

表 3.4.1 ギヤングネイルプレートの標準寸法

呼 名	巾 (mm)	長さ (mm)
25×75	25.2	76.2
25×100	25.2	101.6
40×75	37.8	76.2
40×100	37.8	101.6
50×100	50.4	101.6
50×125	50.4	127.0
50×150	50.4	152.4
50×175	50.4	177.8
63×150	63.5	152.4
75×100	75.7	101.6
75×125	75.7	127.0
75×150	75.7	152.4
75×175	75.7	177.8
75×200	75.7	203.2
75×250	75.7	254.0
100×75	100.9	76.2
100×100	100.9	101.6
100×150	100.9	152.4
100×200	100.9	203.2
100×250	100.9	254.0
150×125	151.4	127.0
150×150	151.4	152.4
150×175	151.4	177.8
150×225	151.4	228.6
150×300	151.4	304.8
150×400	151.4	406.4

3.4.2. 強度試験及びデータ整備

3.4.2.1 試験目的

旧 38 条認定によりトドマツの強度区分は S.P.F 樹種、カラマツは D.Fir-L の樹種の強度区分にそれぞれ属している。従来、メタルプレートコネクタを使用した木質トラスは北米産ランバーで製造されており、施工実績は充分にある。しかし、トドマツ、カラマツを使用した実績はまだ不十分で、メタルプレートコネクタの接合性については知見が乏しい。よって安全性を得るために破壊状況とともに基準耐力を満足することを試験により確認する。

3.4.2.2 試験体

試験体は、北海道産トドマツおよびカラマツを用いた枠組壁工法用製材 206 材（断面 38×140mm）を、メタルプレートコネクタによって接合した継手または仕口である。

メタルプレートコネクタの寸法は 100×100mm であり、プレート歯の角度は木材の繊維方向に対して 0 度または 90 度としている。

試験体は各 7 体である。

試験体の形状を図 3.4.1 に示す。

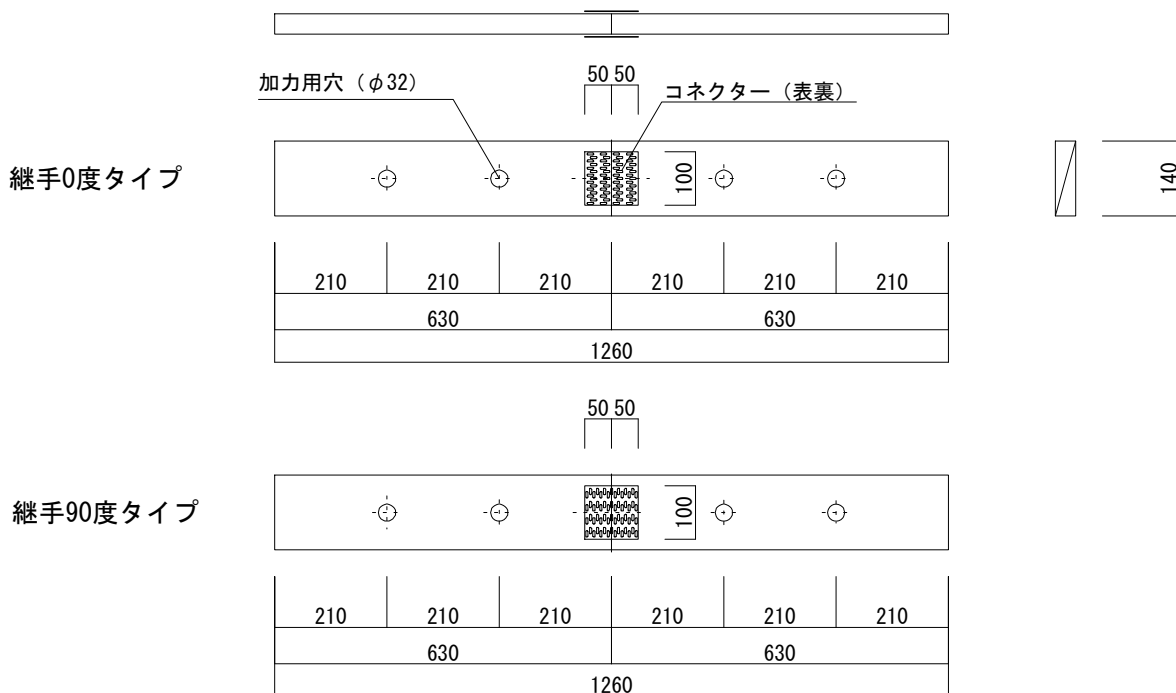


図 3.3.1 試験体の形状

3.4.2.3 試験方法

引張試験は、「接合金物試験法規格（財団法人日本住宅・木材技術センター編集・発行平成16年6月）」に従って実施した。

試験体は、直径 30mm のピンを使用して治具に固定した。加力は能力 200kN の復動シリンダ（株式会社岩崎繰返し試験機）で行い、シリンダに取付けたロードセル（容量 200kN）で荷重値を検出した。変位は定格容量 50mm・分解能 1/200mm の変位変換器を使用して計測し、荷重の増減約 0.1kN ごとに記録した。最初の 1 体は単調加力条件とし、2 体目以降は 1 体目で得られた降伏変位の 1/2, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16 倍を繰返し設定変位とする繰返し加力条件とした。試験体の製作は㈱FP コーポレーションの石狩工場にて行い、（独）北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場で試験を実施した。

試験方法を図 3.3.2 に、試験実施状況を写真 3.4.1～3.4.2 に示す。

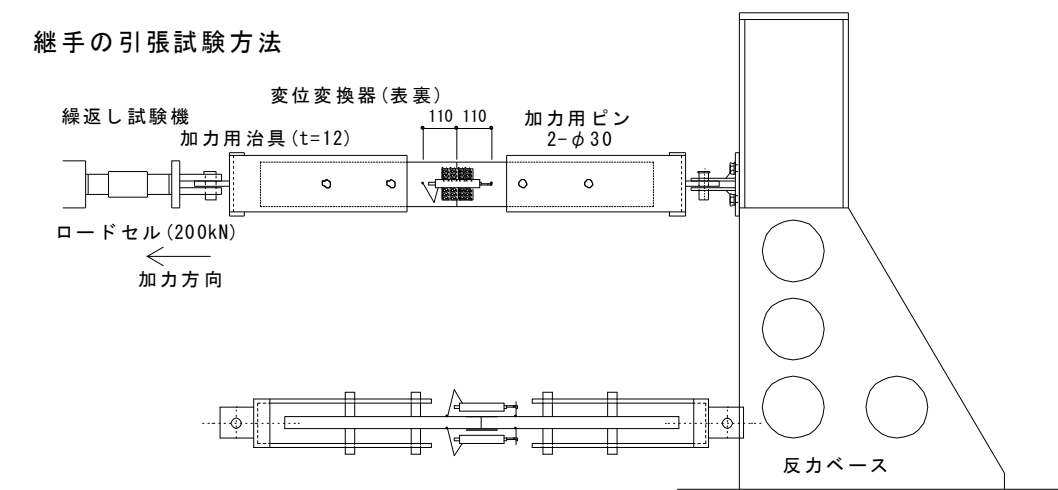


図 3.3.2 試験方法



写真 3.3.1 試験の様子（継手）

3.4.2.4 試験結果

試験結果を表 3.4.1、3.4.2 に示す。また荷重と変形の間係を図 3.4.3~3.4.4 に、破壊後の様子を写真 3.4.3~3.4.10 に示す。

メタルプレートコネクター接合は、従来、実験によりが、「2006 年版木質構造設計基準・同解説 第 4 版」の改定において最大耐力、0.76mm 変形時耐力を求め、その下限値に基準係数を乗じて、基準許容せん断耐力を求めることとした。しかし、今回はメタルプレートコネクター接合の旧 38 条認定中の値と比較するために許容耐力を従来の評価式より導出した。

表 3.4.1 試験結果（トドマツ）

トドマツ	0 度方向			90 度方向		
	P_{max} (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	$P_{0.76}$ (kN)	P_{max} (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	$P_{0.76}$ (kN)
平均(7 体)	31.7	21.1	27.7	31.6	21.1	26.5
変動係数	0.07	0.07	0.08	0.06	0.06	0.05
ばらつき係数	0.84	0.84	0.83	0.87	0.87	0.88
5%下限値		(17.8)	(23.0)		(18.3)	(23.3)
短期許容耐力 (N/mm ²)	1.78			1.83		

表 3.4.2 試験結果（カラマツ）

カラマツ	0 度方向			90 度方向		
	P_{max} (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	$P_{0.76}$ (kN)	P_{max} (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	$P_{0.76}$ (kN)
平均(7 体)	32.0	21.3	29.2	33.4	22.3	29.0
変動係数	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.02
ばらつき係数	0.85	0.85	0.86	0.84	0.84	0.95
5%下限値		(18.1)	(25.0)		(18.8)	(27.5)
短期許容耐力 (N/mm ²)	1.81			1.88		

- ・接合部耐力の評価式（屋根トラスに用いる場合）

P_{max} : 試験最大荷重の平均値 (kN)

$P_{0.76}$: 2 つの部材間の変位が 0.76mm のときの荷重の平均値 (kN)

また、許容せん断耐力は「木質構造設計規準」に基づき、以下の式から算定した。

$$P_0 = \min(P_{0.76}, 2/3P_{max}) \times j_k K_0 / A$$

A : 木材と金物が重なるすべての面積 (50×100mm×2 面=10000mm²)

なお、 P_y , $P_{0.38}$, $2/3P_{max}$ はそれぞれ 5%下限値とする。

ばらつき係数 : 1-変動係数× k

k : 信頼水準 75%の 5%下限値を求めるための係数で、試験体が 7 のとき 2.251 とする。

破壊形態は、ほとんど全ての試験体で金物が木材から引き抜ける形態であったが、90 度タイプでは金物が引張破壊したものがトドマツ、カラマツで一体ずつ認められた。

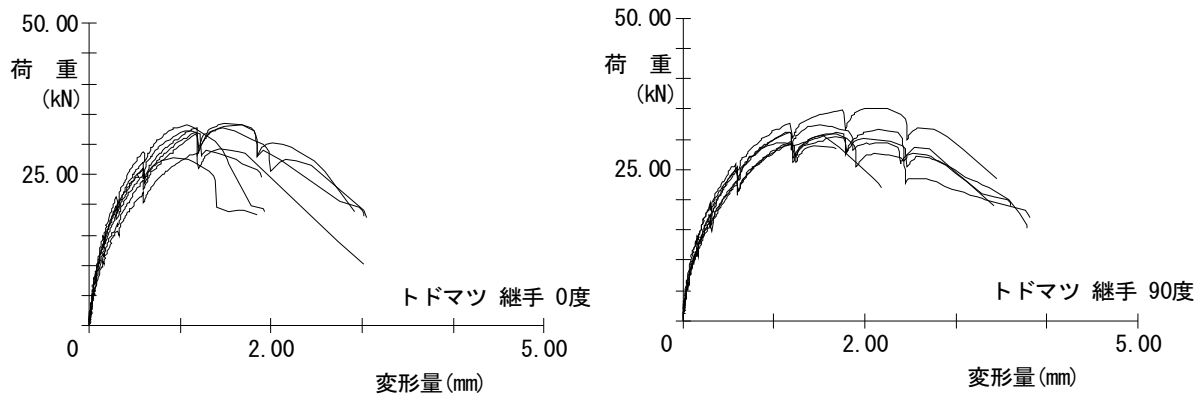


図 3.4.3 荷重と変形の関係包絡曲線 (トドマツ)

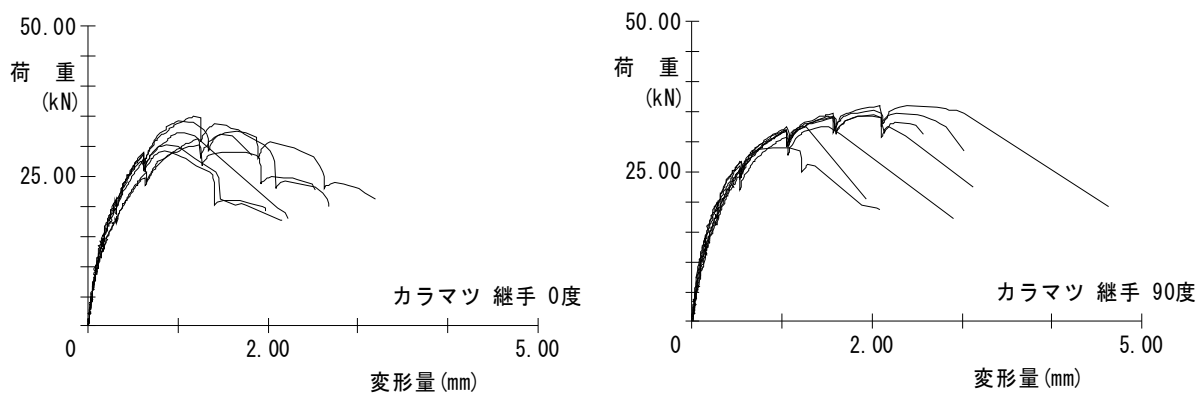


図 3.4.4 荷重と変形の関係包絡曲線 (カラマツ)

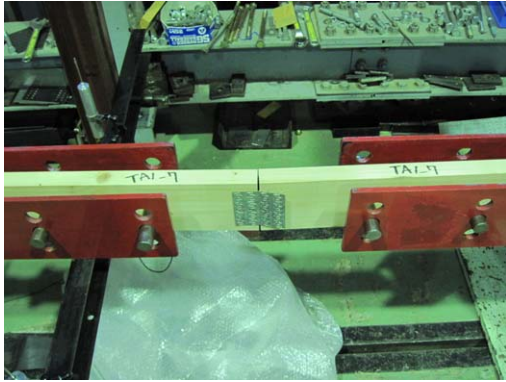


写真 3.4.3 破壊後の様子 (トドマツ)

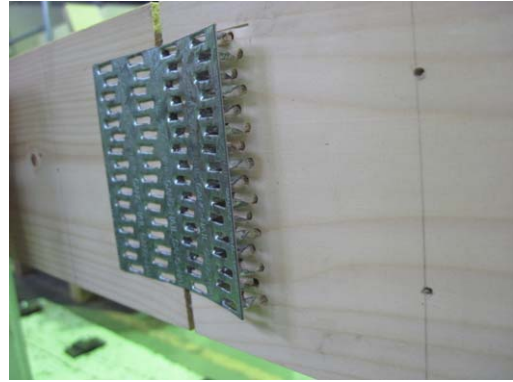


写真 3.4.4 破壊後の様子 (トドマツ)

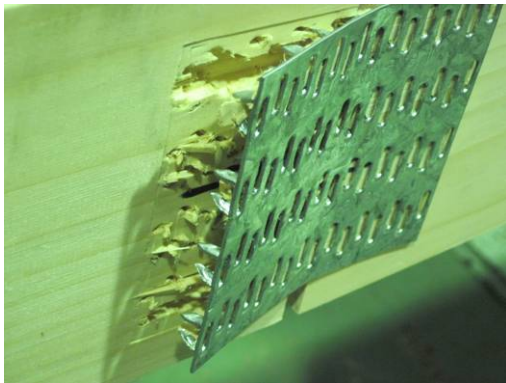


写真 3.4.5 破壊後の様子 (トドマツ)

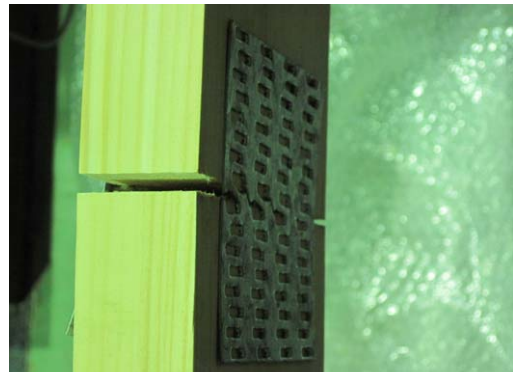


写真 3.4.6 破壊後の様子 (トドマツ)



写真 3.4.7 破壊後の様子 (カラマツ)



写真 3.4.8 破壊後の様子 (カラマツ)

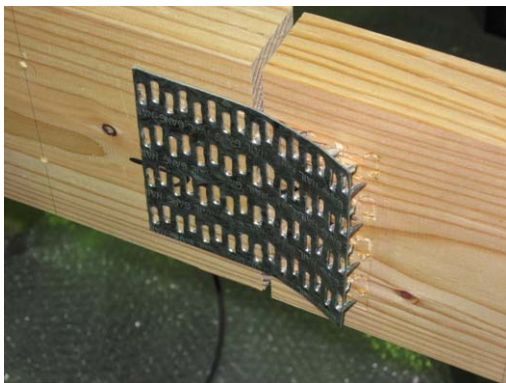


写真 3.4.9 破壊後の様子 (カラマツ)

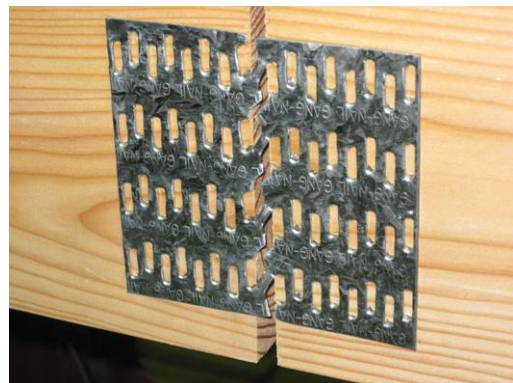


写真 3.4.10 破壊後の様子 (カラマツ)

3.4.2.5 考察

試験結果から北海道産トドマツ、カラマツを使用したメタルコネクター接合部の試験値による短期許容耐力はS.P.Fの規定値よりも高い耐力を示した。

メタルプレートコネクターは木材の繊維方向と歯の角度によって接合耐力が異なるため、歯の角度による許容耐力については歯の角度が90°のとき、0°の耐力に角度係数を乗じて低減することが旧38条の認定で定められている。歯の角度90°の本試験耐力はトドマツ、カラマツのともに次式により係数Fを乗じた低減耐力を満足している。

トドマツ、カラマツを用いたトラスのメタルプレートコネクター接合部は耐力、使用角度の設計について、安全性を確認することが出来た。

表 3.4.3 短期許容せん断耐力の比較

樹種	短期許容せん断耐力 (kN/mm ²)		
	①歯の角度 0°	②歯の角度 90°	
		(①×F)	試験値
S.P.F	1.27(認定値)	1.02	-
トドマツ	1.78	1.42	1.83
カラマツ	1.81	1.45	1.88

ここで、

歯の角度係数 (F) は旧 38 条の認定内において次式で規定されている。

歯の角度を持つときは F の値を乗じる。

$$F = 1 - \theta / 450$$

$$\theta = 90^\circ \text{ のとき、} F = 0.8$$

参考文献

- 1) 森泉周ほか 3 名：“小中径木カラマツから採った 204 材の生材強度性能”，林産試月報 **330**, 1-4(1978).
- 2) 倉田久敬ほか 4 名：“道産針葉樹による枠組壁工法構造用製材の品質と強度性能”，林産試験場研究報告 **67**, 1-31(1979).
- 3) 林産試験場：“枠組壁工法用住宅部材の生産技術開発”，1992, pp. 1-59.
- 4) 日本ツーバイフォー建築協会：“2007 年枠組壁工法建築物構造計算指針”，工業調査会，東京，2007.
- 5) 日本ツーバイフォー建築協会：“2007 年枠組壁工法建築物 設計の手引き”，工業調査会，東京，2007.
- 6) 日本建築学会：“木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法－”，丸善，2006, pp. 149-209.
- 7) 飯島泰男：木材学会誌 53(2)，63-71(2007).
- 8) 堀江和美：“木材強度データの確率統計手法”，木質構造研究所，1997.
- 9) 日本建築学会：“木質構造限界状態設計指針(案)・同解説”，2003.
- 10) 日本建築学会：“木質構造設計基準・同解説”，2006.
- 11) ISO：“ISO 13910：Structural timber－Characteristic values of strength-graded timber－Sampling, full size testing and evaluation”，2005.

4. 流通

4.1 北海道産木材を用いたトラスに使用する木材の流通

4.1.1 適用範囲

本規定は、トラス製作工場における北海道産木材の取り扱いに適用する。

4.1.2 検査体制及び記録

原材料の受入検査は、2名以上の人員を配置し、受入検査担当係員を定め、その係員が検査を行う。

受入検査結果は所定の書式に記録し、担当係員以外の人員が検査状況を確認した後に保管する。保管期間は10年間とする。

4.1.3 検査方法

1回の入荷を1ロットとし、1ロット毎に約5%の資料抜き取り検査を行う。

4.1.4 木材の受入検査基準

- ・ JAS認定枠組壁工法構造用製材工場が出荷したものとする。
- ・ 目視により樹種、節、欠点等を検査し、器具により測定する。
- ・ 表4.2に示す規格を満たすものとする。

表 4.2. 北海道産材の受入検査規準

区分		規格			
節及び穴の最大径 mm		幅面			厚面
		健全な節		穴	節穴
		材縁部	中央部		
	204材	32	51	32	13
206材	48	73	38	13	
集中節		上記数値の2倍以下			
穴の数		60cmにつき1個以下			
腐れ		強度的に影響のない程度に軽微なこと			
変色		辺材部のもの、堅固な心材部のものは可			
丸身		材長の1/3以下			
貫通割れ	木口面	材幅の1.5倍以下			
	木口面以外	無きこと			
その他の割れ	木口面	材厚の1/2以下			
	木口面以外	割れが90cm以下			
加工上の欠陥		利用上支障のないこと			
曲がり		0.5%以下			
そり		顕著でないこと			
ねじれ		顕著でないこと			
含水率		18%以下			
寸法	厚さおよび幅	±1.5mm以下			
	長さ	+制限しない -0mm			

4.1.5 トラスに用いる北海道産木材の品質

- ・メタルプレートコネクターを用いた木質トラスに用いる北海道産木材は「枠組み壁工法用製材の日本農林規格」に基づいて甲種2級格付けされた製材及び北海道産材カラマツMSR製材及び木材産地証明が可能且つ性能品質が明示されるものとする。
- ・トラスで用いる木材の比重は0.4以上とする。
トラスの製作に使用する木材は、含水率は18%以下の乾燥材とする。

表 4.1. 北海道産材の品質規準（案）

区分		規格					
節又は穴の 最大径 mm		幅面			厚面		
		健全な節			穴	節あな	
		材縁部	中央部				
	204材	32	51	32	13		
206材	48	73	38	13			
集中節		上記数値の2倍以下					
穴の数		60cmにつき1個以下					
腐れ		強度的に影響のない程度に軽微なこと					
変色		辺材部のもの、堅固な心材部のものは可					
丸身		材長の1/3以下					
貫通割れ	木口面	材幅の1.5倍以下					
	木口面以外	無きこと					
その他の 割れ	木口面	材厚の1/2以下					
	木口面以外	割れが90cm以下					
加工上の欠陥		利用上支障のないこと					
曲がり		18mm迄					
そり		10mm迄					
ねじれ		材長10f未満			材長10f以上		
	204材	12mm以下			16mm以下		
	206材	12mm以下			18mm以下		
含水率		19%以下					
寸法 mm		厚さ		幅		長さ	
		基準寸法	許容範囲	基準寸法	許容範囲	定尺材	カット材
	204材	38	+1.0	88	+1.0	+規定無	+1.5
					-0.5		-1.5
	206材	38	-1.0	140	+1.0	-0	+1.5
-1.0					-1.5		

4.1.6 流通経路

北海道産木材を使用するトラスは、図 4.2.1 に示す流通経路の合法木材を使用し、産地情報を確認できるものとする。

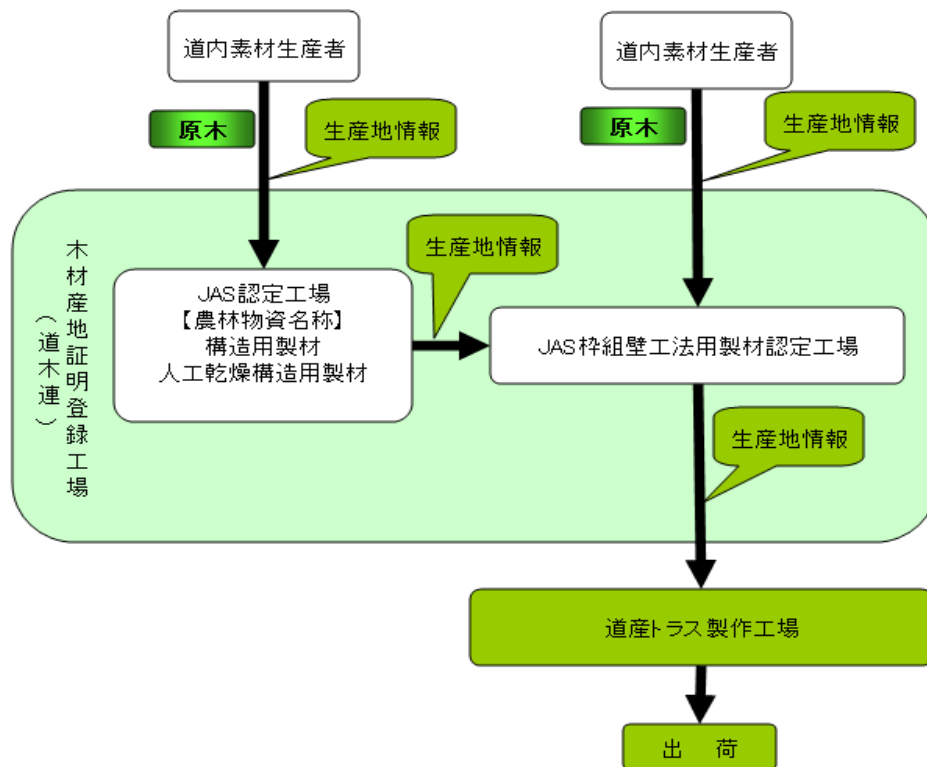


図 4.2.1. 北海道産材の流通経路-1

5. 道産木材を用いたメタルプレートコネクタ－木質トラス設計・施工規準

5.1 メタルプレートコネクタ－木質トラス設計規準

5.1.1 一般事項

- a) 建築基準法及び日本建築学会「木質構造設計規準・同解説」の方針に従い十分に安全かつ合理的なものとする。
- b) メタルプレートコネクタ－を用いた木質トラス工法(以下トラス)における接合部は、MiTek社の製作するGANG-NAIL GNQを使用し、その接合システムによって構成されたトラス又は同等の性能を明示できるもので構成する。
- c) 用途は屋根トラスとする。
- d) 木質トラスは、都度本書設計要領に基づき関係法令を遵守し、構造計算にて安全を確かめる。

5.1.2 木材の品質

- a) トラスに用いる北海道産木材は「桝組壁工法用製材の日本農林規格」に明記された樹種郡のうち北海道木材産業協同組合による合法木材供給事業者認定を受けた事業者が供給した性能品質が明示されるものとする。
- b) トラスで用いる木材の比重は0.4以上とする。
- c) トラスの製作に使用する木材は、含水率は18%以下の乾燥材とする。
- d) トラスを構成する部材の基準強度及び弾性係数を次に示す。桝組壁工法用製材は表5.2.1によるものとし、北海道産材については、特性を鑑みた上で桝組壁工法用製材の数値に置き換えるものとする。

表 5.1.1 桝組壁工法用製材の基準材料強度及び基準弾性係数

[N/mm²]

樹種	区分	等級	圧縮 Fc	引張 Ft	曲げ Fb	せん断 Fs	ヤング係数 ×10 ³ (N/mm ²)
D. Fir-L	甲種	特級	25.8	24.0	36.0	2.4	12.7
		1級	22.2	16.2	24.6		11.7
		2級	19.2	15.0	21.6		10.7
Hem-Fir	甲種	特級	24.0	22.2	34.2	2.1	10.6
		1級	20.4	15.0	23.4		9.8
		2級	18.6	12.6	20.4		9.1
S. P. F	甲種	特級	20.4	16.8	30.0	1.8	10.5
		1級	18.0	12.0	22.2		10.0
		2級	17.4	11.4	21.6		9.6

- e) トラスを構成する部材のうち寸法形式が 104, 203, 204 以外のものの許容応力度は表 5.1.1 の数値に寸法形式及び応力の種類に応じて表 5.1.3 の数値を乗じた数値とする。

表 5.1.3 寸法形式及び応力の種類に応じて乗じる数値

寸法形式	応力の種類			
	圧縮:c	引張:t	曲げ:b	せん断:s
106 206	0.96	0.84	0.84	1.00
208	0.93	0.75	0.75	
210	0.91	0.68	0.68	
212	0.89	0.63	0.63	

5.1.3 メタルプレートコネクタの品質

枠組壁工法製材及び北海道産材を用いたトラスに使用するメタルプレートコネクタは MiTek 社製のギャングネイルプレートとし、ギャングネイルプレートに定める品質基準を満足するものとする。

メタルプレートコネクタの各材種に圧入時の片面基準接合許容耐力（木材を保持する力）は次による。

表 5.1.4 メタルプレートコネクタの基準接合許容耐力

樹種	許容耐力
D. Fir-L	0.9310N/mm ²
Hem-Fir	0.7125N/mm ²
S. P. F.	0.6370N/mm ²

上記は許容耐力であり、設計時には荷重継続期間係数と後述のプレートの有効面積、プレート歯の角度係数を使用し安全をたしかめる。

また表 5.1.5 に S. P. F 材と北海道産材の許容せん断耐力を示す。北海道産材を使用する場合は、十分に安全を勘案した上で枠組壁工法製材の基準強度を用いて計算するものとする。

表 5.1.5 メタルプレートコネクタの許容せん断耐力

樹種	長期許容せん断耐力	短期許容せん断耐力
S. P. F	0.700N/mm ²	1.274N/mm ²
トドマツ	0.890N/mm ²	1.780N/mm ²
カラマツ	0.905N/mm ²	1.810N/mm ²

注) 短期許容せん断耐力時の荷重存続係数は 2.0 としている。

5.1.4 プレートの有効面積

木材の縁に当たっている部分のプレートは木材を保持していないと考えられます。このためプレートの面積算出には縁部分の面積を除くものとする。切り口先端から材軸方向に沿って13mm入った線と材の両端から6mm入った線とに囲まれた面積とする。但し設計応力が警備な場合でも全ての接合部は8cm²以上確保することとする。

5.1.5 プレート歯の角度係数 F

プレートの歯は木材の繊維方向に対する角度によって接合許容耐力に違いが出ます。基準接合許容耐力は繊維方向に対して直行している場合のものとなります。またプレートに角度がある場合は下記の計算式より、接合許容耐力を算出するものとする。

$$\text{歯の角度係数 } F = 1 - \theta_1 / 450$$

メタルプレートコネクターの許容耐力は表 5.1.6 による

表 5.1.6 メタルプレートコネクターの許容耐力

	長期	短期
長手方向の引張	1880N/cm	2820N/cm
短手方向の引張	1100N/cm	1650N/cm
全方向のせん断	640N/cm	960N/cm

注) 一对のプレート幅 1cm 当りの強度

5.1.6 荷重・外力及び変形

- a) 建築基準法及び日本建築学会「木質構造設計規準・同解説」による。
- b) 必要により特殊荷重を考慮する。

5.1.7 部材の設計

木部断面算定は日本建築学会「木質構造設計規準・同解説」に示す『5. 部材の設計』による。

- a) 剛性：水平構面の合成は屋根面に貼る合板により確保するものとする。
ころび止め等を適切に配置し、下弦材面においても合成を確保できる措置をする。
- b) 木材の厚さ：メタルプレートコネクターを用いるトラスの木材は、全て一定の厚さとし、その厚さは30mm以上60mm以下とする。
- c) 下弦材：メタルプレートコネクターにより仕口部分の木材断面が有効に働かない場合には、丈を低減して検討をする。
- d) 下弦材にはつなぎ材を取付け、東面には筋交を設ける。取付け方法は「6.1.10 小屋つなぎ」の項による。

5.1.8 トラス接合部の設計

- a) メタルプレートコネクター自身の許容耐力は表 5.1.6 とする。
- b) メタルプレートコネクターと木材との接合部許容耐力は、有効接触面積に応じて表 5.1.4 により安全面積を考慮して算出する。
- c) 全ての接合部は短期許容耐力で1700Nの軸方向力に耐え得るものとする。

5.1.9 トラスの構造計画

- a) トラスの形状：トラスの特性を生かした形状により設計をおこなう。
- b) トラスの組み方：トラスの斜材・束材はできる限り応圧力の長さが短くなる様な割付とし細長比 λ を150以下とし、必要に応じて面外座屈止めつなぎ材を設ける。
- c) メタルプレートコネクタの位置：トラスの設計を行う場合は、必ずネイルプレートコネクタの取付け位置を明確にした図書を作成し、ネイルプレートコネクタの有効性を保つ事を確認する。
- d) 全ての接合部は短期許容耐力で1700Nの軸方向力に耐え得る設計を行う。
- e) トラスの構造検討を行う場合は「MiTek ver4.70」等の構造解析ソフトを用いて検討を行う。

5.1.10 小屋つなぎ

a) つなぎ材の設置

下弦材には節点ごとに38mm×89mm以上の木材にてつなぎ材を設置する。使用する木材の品質はトラスで用いる製材の品質と同等以上のものとし、性能品質が明示されるものとし、2-CN75により緊結する。

b) クモ筋交の設置

必要に応じてクモ筋交を設ける。特記なき場合は、斜材に38mm×89mm以上の木材を@1800mmで2-CN75により緊結する。

c) つなぎ材（座屈止め）の設置

トラスの構造検討によりつなぎ材（座屈止め）が必要とされた部材には38mm×89mm以上の木材で2-CN75により緊結する。

d) 構造検討等により図面や特記に指示がある場合はそれに従うこととする。

5.1.11 ケラバ工法

ケラバはトラスより妻壁の上にケラバ垂木を乗せてはね出す。

はね出し長さはトラス間隔-100mmを標準とする。但し別途構造検討を行った場合はその限りではない。

5.1.12 トラスの支持構造物について

- a) トラスが乗る横架材又は上枠材は断面算定を行い、安全を確かめる。
- b) トラスと横架材・上枠材の緊結は小屋組で生じる水平力に耐え得るものとする。
- c) 支持構造物の設計者は建築基準法及び日本建築学会「木質構造設計規準・同解説」の定める処に従い安全な支持構造物を設計する。

5.2 メタルプレートコネクター木質トラス施工規準

5.2.1 適用範囲

この基準は、トラスを工場から出荷から現場にてトラスを施工する為の作業の管理に適用する。

5.2.2 運送規定

トラスの運送にあたっては、道路法、道路交通法、道路運送車両法に従い安全に努めることとする。

- a) トラスの運送はトラックの荷台にトラスを平積みに行うこととする。
- b) 現場へトラスを搬入（仮置き）する場合はクレーン等により荷卸しを行う。
- c) 現場にトラスを仮置きする場合は、平らな場所に台木を置いてトラスを水平に保つようにする。また積重ねる高さは1.5m以下とし、出来るだけ低く安定を良くする。
- d) 現場にてトラスを保管する場合は雨水や水濡れを避けるようにする。

5.2.3 吊上げ作業規定

トラスの吊上げ作業は労働安全衛生法及び同法クレーン等安全規則に従い安全に努めることとする。

- a) クレーンの運転者は、自己の修了証または免許証を携帯し、予め定められた運転者以外はクレーンを運転してはいけない。
- b) トラスの玉掛け作業は、玉掛け技能講習を修了したもの若しくはこれと同等の技能を有するものとする。
- c) トラスの吊上げは二点吊りとし、トラスのスペンが9mを超える場合は天秤棒を介して吊る様にする。
- d) トラスを吊上げる際には部材や節点に有害な応力や衝撃が加わらないように注意することとする。
- e) 風速が10m/sを超えるような強風時及び地震を感知した時は、トラスの吊上げ作業を中止することとする。

5.2.4 トラス施工規定

トラスの施工にあたっては、労働安全衛生法、設計・施工規準及び設計図書に従い安全に努め、且つ適切に施工していくものとする。

- a) トラスの設置位置には予め墨出しを行い、施工誤差が生じないように努めることとする。
- b) トラスの下部構造への緊結はトラス下弦材の両面から下部構造へCN75 釘にて斜め打ちを標準とする。尚釘打ちに関して図面等に特記がある場合はそちらに従うものとする。
- c) トラス間にはころび止めを設置するものとする。ころび止めの釘打ちはトラスに対して2-CN75 斜め打ちを両側、下部構造に対して2-CN75 とする。尚釘打ちに関して図面等に特記がある場合はそちらに従うものとする。

- d) トラスには風圧力に抗するため、金物等によりトラスと横架材に緊結することとする。
- e) トラス下弦材には節点ごとに断面寸法 38mm×89mm 以上のつなぎ材を配し、その釘打ちは下弦材毎に 2-CN75 とする。
- f) トラスの斜材には@1820mm ごとに断面寸法 38mm×89mm 以上のクモ筋交を配し、その釘打ちは斜材毎に 2-CN75 とする。
- g) 図面等に特記がある場合は、トラスの斜材及び束材に座屈止めを取付ける。その釘打ちは斜材及び束材毎に 2-CN75 とする。
- h) トラス上弦材には厚さ 12mm 以上の構造用合板を貼付けます。この場合の釘打ちは構造用合板の外周部では CN65 釘を 150mm 間隔、中間部においては CN65 釘を 300mm 間隔で上弦材に打付けることとする。尚母屋架け等の前記以外の場合は設計図書の指示による。
- i) その他図面等に特記事項がある場合は、それに従い施工を行うこととする。

6. 北海道産木材を用いたメタルプレートコネクタートラス製造管理基準

6.1 適用範囲

この基準は、トラスを製造する為の設備及び作業の管理に適用する。

6.2 一般事項

- ・ トラス取扱責任者を選定する。
- ・ 各設備及び機械の取扱責任者を定める。
- ・ トラスに関する設備・機械の起動は取扱責任者が行う。
- ・ 安全作業手順を定め、安全作業に勤める。
- ・ 各機械及び設備は点検項目を定め、定期的に点検を行う。
- ・ 点検修理結果は記録し保管する。
- ・ 標準作業工程を定め、作業内容、担当係、作業部署、点検時間、検査内容等を明示し安全作業に勤める。

6.3 工程管理

6.3.1 木材含水率の測定

- ・ 組立て直前の木材を含水率計により測定する。
- ・ 1回のサンプルは4本とし、サンプル部材のほぼ中央を測定する。
- ・ 含水率は18%以下とする。

6.3.2 材料の保管

6.3.2.1 木材

水潤にさらされる場所及び抱水性の土台を避け、乾燥われ防止を考慮した所定の場所に保管する。原木産地・材種・材幅・材長毎に保管する。

6.3.2.2 メタルプレートコネクタ

湿気を避け、雨雪を防止できる屋内に保管する。寸法毎に保管する。

5 ケース以上の積重ね保管を避ける。

6.3.2.3 在庫量の管理

品種別の入出庫数量を記録し、常に在庫量を把握する。

6.3.3 部材の加工

加工された部材は、規格値の許容範囲内であることを確認する。

6.3.4 組立て

トラス設計図に基づき寸法・形状・品質を確認して正確に組み立てる。特に接合部付近に腐れ、木材の変色、死節が無いことを確認する。

6.3.5 作業管理

- ・ 機械加工・刃物研磨作業

労働安全衛生法及び事業所で定める安全作業基準を遵守して作業を行うこととする。

- ・ 品質表示作業

表示は見やすい箇所に必要に応じ内容を表示する。

- ・ トラスの保管作業

トラス製品の堆積は必ず台木上とする。

台木は3箇所以上かつ2 m以内に設置する。

6.4 検査

検査の記録検査の結果は必要に応じて検査成績書に記録整理する。

6.4.1 検査方法

- ・ 抜取り検査と全数検査を検査項目別に行う。
- ・ 不合格ロットの処置は別途定める。
- ・ 抜取り検査の不合格ロットについては、全数検査を行う。
- ・ 検査項目

トラス製品検査項目は次の各項目について行う。イ)形状 ロ)寸法 ハ)含水率 ニ)マルブ°レートコネクターの種類 ホ)マルブ°レートコネクターの位置 ヘ)マルブ°レートコネクターの圧入程度 ト)接合目違い チ)キャンバー リ)外観(振れ、歪み)

- ・ 検査ロット

検査項目 ニ)ホ)ヘ)トリ)については全数検査とする。

全項目 イ)～リ)については20本につき1本の抜取検査を行う。

- ・ 検査に合格した製品は検査証印等で明示する。

6.4.2 判定基準

6.4.2.1 トラス製品

形状指示図又は設計図と照合し、タイプ別を目視により確認する。

6.4.2.2 寸法

- ・ スパン長さは下弦材下部縁をスチールテープで測定する。
- ・ スパン長さの許容誤差は規定値の+2mm/m以内とする。
- ・ 軒の出は上弦材中心線上をスチールテープで測定する。

- ・ 軒の出の許容誤差は規定値の+3mm/m 以内とする。
- ・ 勾配は型紙又は分度器で測定する。
- ・ 勾配の許容誤差は±0.5 度以内とする。
- ・ 成高はトラス頂部にスチールテープの一端を固定し下弦材下部線までの最小値を成高として測定する。
- ・ 成高の許容誤差は規定値の+5mm/m 以内とする。

6.4.3 含水率

トラス 1 本につき 1 箇所以上測定する。

平均含水率の許容値は 18% 以下

6.4.4 メタルプレートコネクタの種類

メタルプレートコネクタの呼称寸法を目視又はスチールテープにて確認する。

6.4.5 メタルプレートコネクタの圧入程度

形状指示図により、メタルプレートコネクタの配置・方向目視により確認する。

メタルプレートコネクタの位置は定規で測定し、その許容誤差は±5mm とする。

6.4.6 メタルプレートコネクタの圧入程度

目視により木材と密着していないものは不合格とする。

6.4.7 接合部の目違い

定規で測定し、許容誤差は 2mm 以内とする。

6.4.8 キャンバー

スパン全長に水糸を張り、スパン中央部の位置のキャンバーを測定する。

キャンバーの許容値はスパンの 1/700±20% とする。

6.4.9 外観

ねじれ、歪みは目視により軽微であることを確認する。

6.5 受入検査

6.5.1 検査体制及び記録

原材料の受入検査は、2 名以上の人員を配置し、受入検査担当係員を定め、その係員が検査を行う。

受入検査結果は所定の書式に記録し、担当係員以外の人員が検査状況を確認した後保管する。保管期間は 10 年間とする。

6.5.2 検査方法

1 回の入荷を 1 ロットとし、1 ロット毎に約 5 % の資料抜取り検査を行う。

6.5.3 木材の受入検査事項

- ・ JAS 認定枠組壁工法構造用製材工場が出荷したものとする。
- ・ 目視により樹種、節、欠点等を検査し、器具により納品基準を必要により確認する。
- ・ 北海道産材を使用する場合は、図*.*.*及び図*.*.*に示す流通経路の木材を使用し、産地情報を確認する。

6.5.4 メタルプレートコネクタ受入検査事項

MiTek 社の製作系列会社の検査済証を確認し、寸法型見本により検査する。前記のネ

イルプレートコネクタ以外を用いる場合は、性能・品質が明示されたものを用い、必要により試験を行う。

6.5.5 検査結果

検査結果の判定、検査結果が5章に示すトラス設計基準に適合するものを合格とし、不合格品は区別して他と混合しないようにする。

6.6 中間検査 製品検査基準により行う。

組立てられたトラスは同一種類 20 本毎にサンプル 1 本を取り、スパン長さ、勾配、軒の出長さ、接合部目違いを測定する。

スパン長さは仕上げ寸度の+2mm/m、軒の出+3mm/m、勾配±0.5 度、目違い+2mm を限度とする。

6.7 最終検査 製品検査基準により行う。

6.8 補修品の処置

検査の結果補修と判断されたものは正しい状態に補修して再検査する。

6.9 不合格品の処置

検査の結果不合格と判断されたものは、合格品と混同しないように処置する。

6.10 記録 諸検査の記録は常時整備し、品質管理に活用する。

6.11 出荷規定

- ・ 包装、結束の状態を調べ検査印を確認した後に出荷する。
- ・ 製品記号、寸法を出荷伝票と照合し、数量を確認する。
- ・ 車両に全数積載完了するのを確認する。

6.12 苦情処理規定

6.12.1 適用範囲

この規定は、製品の品質、納期、輸送などに関する購入者からの苦情に対する処理について定める

6.12.2 方針

購入者からの苦情に接した場合、これに対し迅速確実に誠意ある解決を与えることにより信用を保持すると共に、品質向上の資料として再び同じ原因による苦情が生じないように勤める。

6.12.3 処理

苦情に接した場合は、その内容が確実に把握できるよう聴取要項を記載した受付簿に記入し、直ちに責任者に報告する。苦情の原因は、経過、処理等につき整理の上、関係方面に連絡し、再発防止すると共に設計・製作・仕様等の改善に活用する。

6.13 保管・管理

トラス製造にかかわる品質・安全・作業管理等に必要な帳票を作成し保管する。保管期間は5年とする。

7. 実験報告

7.1. 天井構面の面内せん断試験

7.1.1. 試験目的

屋根構造にかかる水平力を耐力壁に均等に伝えるためには床面や屋根面の面内せん断力が充分剛である必要がある。

木質トラス工法により木造建築物の大スパン架構が可能になるが、大スパン化により耐力壁区画の負担面積が大きくなることで必要面内せん断耐力が大きくなる。これにより屋根水平構面の剛性が不足する問題を抱えている。

本試験では水平力伝達過程での安全性確保のため接合部を含めたトラス下限材の挙動を確認することを目的とするが、下弦材のみでの測定が試験方法上不可能であることから、すでに強度確認がされている木枠付きウレタンパネルを下弦材間に挿入して、測定に耐えうる面内せん断耐力を確保した状態で行った。

7.1.2. 試験体

試験体は木造トラス下限材によって構成された天井構面であり、下弦材の内側に木枠付きのウレタンパネルをCN75@300で釘打ち固定している。試験体の上下には加力・支持用に105mm角の梁材を設け、下弦材と梁材の固定は2-CN75釘の斜め打ちとし、下弦材間にころび止めを施工した。試験体数は6体であるが、このうち3体はウレタンパネルを一丁継ぎに配置した仕様であり、残りの3体は千鳥継ぎに配置した仕様である。

試験体の形状及び仕様を図7.1.1～7.1.3に示す。

7.1.3. 試験方法

強度試験は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）」（財団法人日本住宅・木材技術センター企画編集・発行平成21年1月（第2版））に記載の「鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」に従って実施した。

試験は、繰り返し試験機（株式会社岩崎製、最大能力200kN）を用いて、タイロッド式で行った。変形に伴うパネルの回転を拘束しないよう、試験体底面に幅100×高さ100mmの鋼製ベースを既設の支持ベースに固定し、試験体をその鋼製ベースにM16ボルトで固定した。加力は、軸組上面に4本のボルト（M16）で固定した加力用の105mm角製材を用いて行った。変位は、ひずみゲージ式変位変換器を用いて、加力梁および支持梁の水平方向変位（ $\delta 1$ および $\delta 2$ ）、左右柱相当材の鉛直方向変位（ $\delta 3$ および $\delta 4$ ）を計測した。変形角は以下の式から計算した。試験体の製作は株式会社FPコーポレーションの石狩工場にて行い、（独）北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場で試験を実施した。

$$\text{せん断変形角 } \gamma = (\delta 1 - \delta 2) / H - (\delta 4 - \delta 3) / V \quad (\text{rad})$$

繰り返し履歴は、変形角が $\pm 1/600, 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/30 \text{rad}$ 各1回ずつであり、その後 $1/15 \text{rad}$ 以上に達するまで加力した。

面内せん断試験の支持・加力方法、ならびに水平・鉛直方向変位の計測位置を図7.1.4に示す。また、試験の実施状況を写真7.1.1～7.1.4に示す。

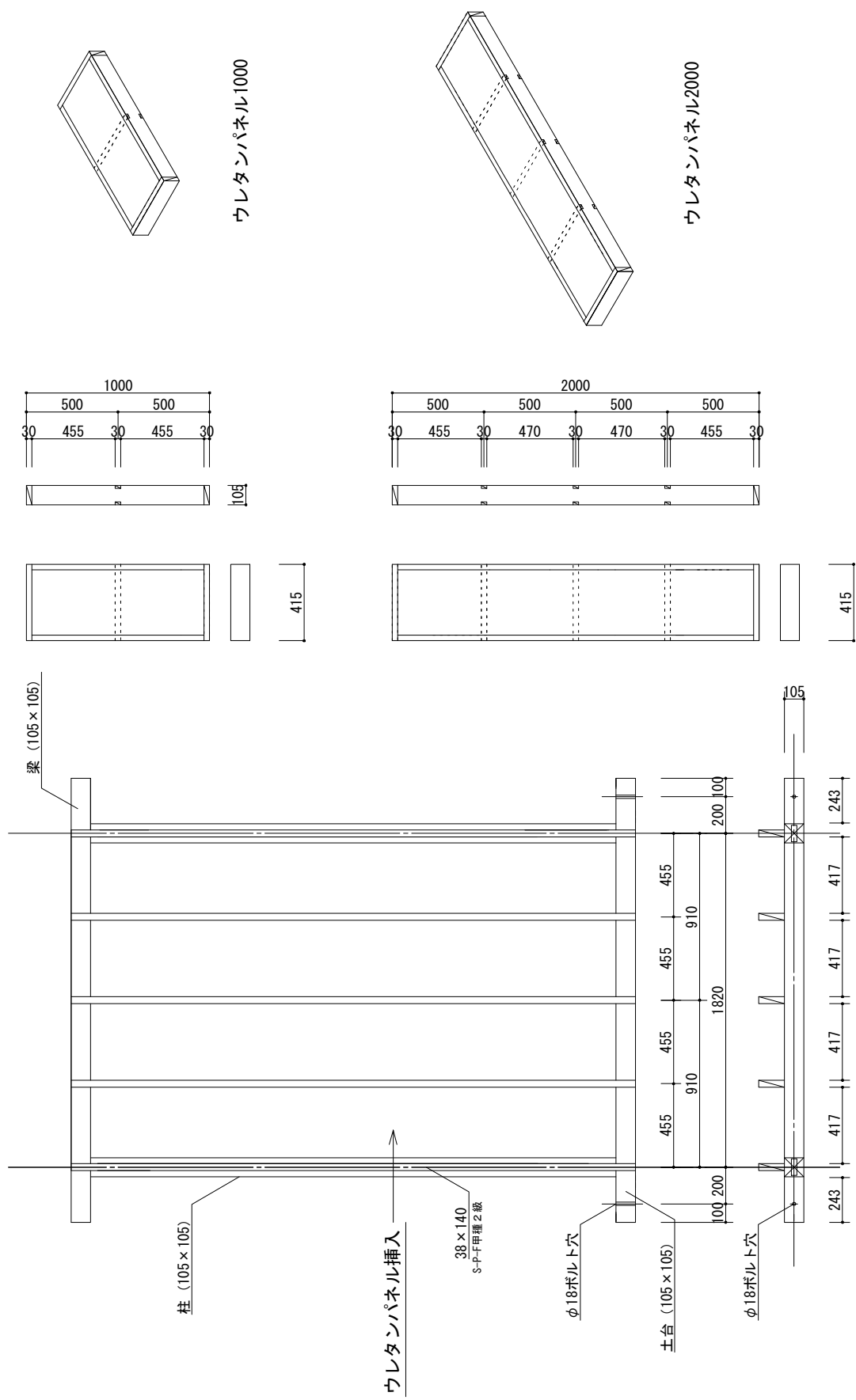


図 7.1.1 軸組とウレタンパネルの仕様

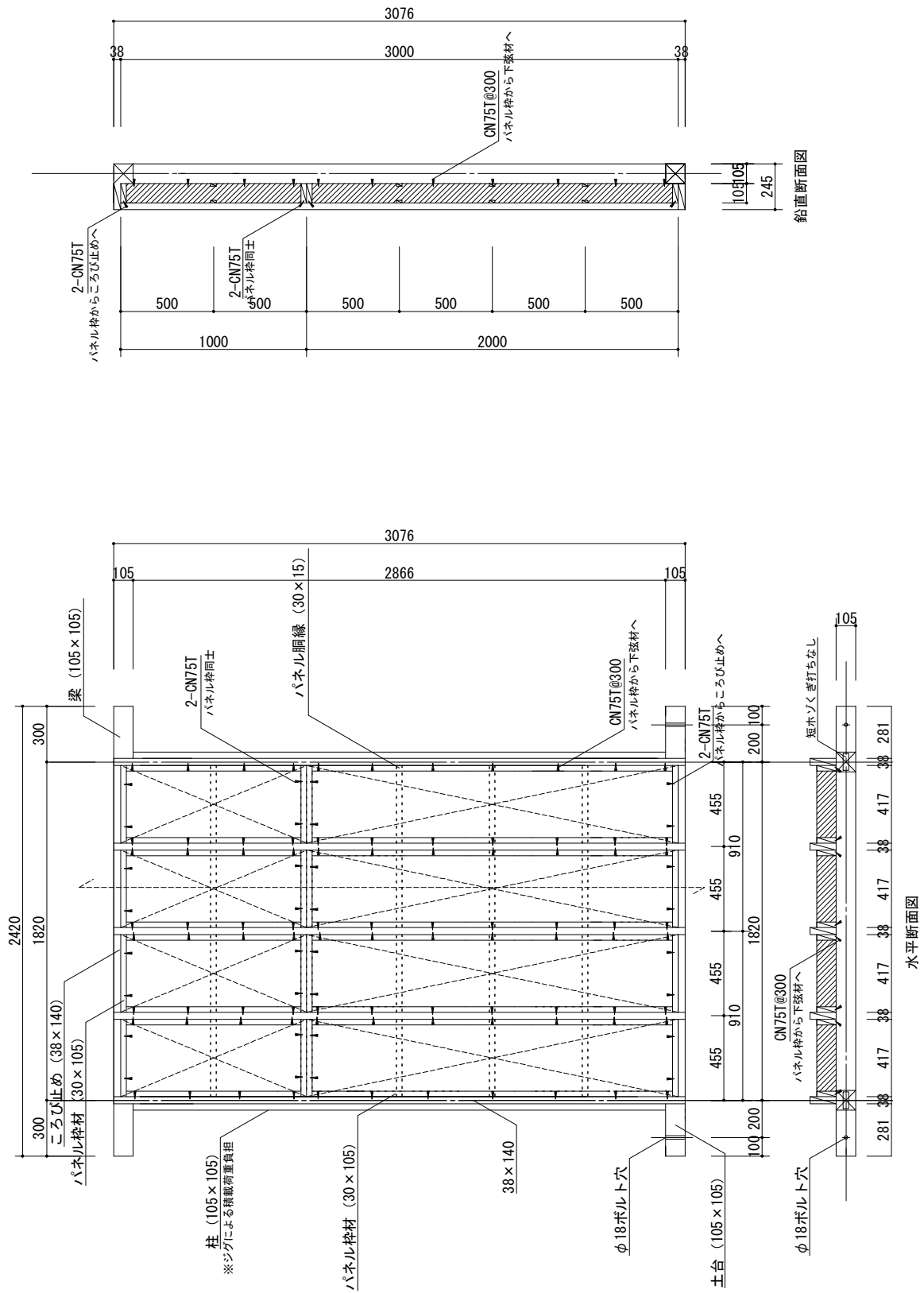


図 7.1.2 試験体（一丁継ぎ）の形状

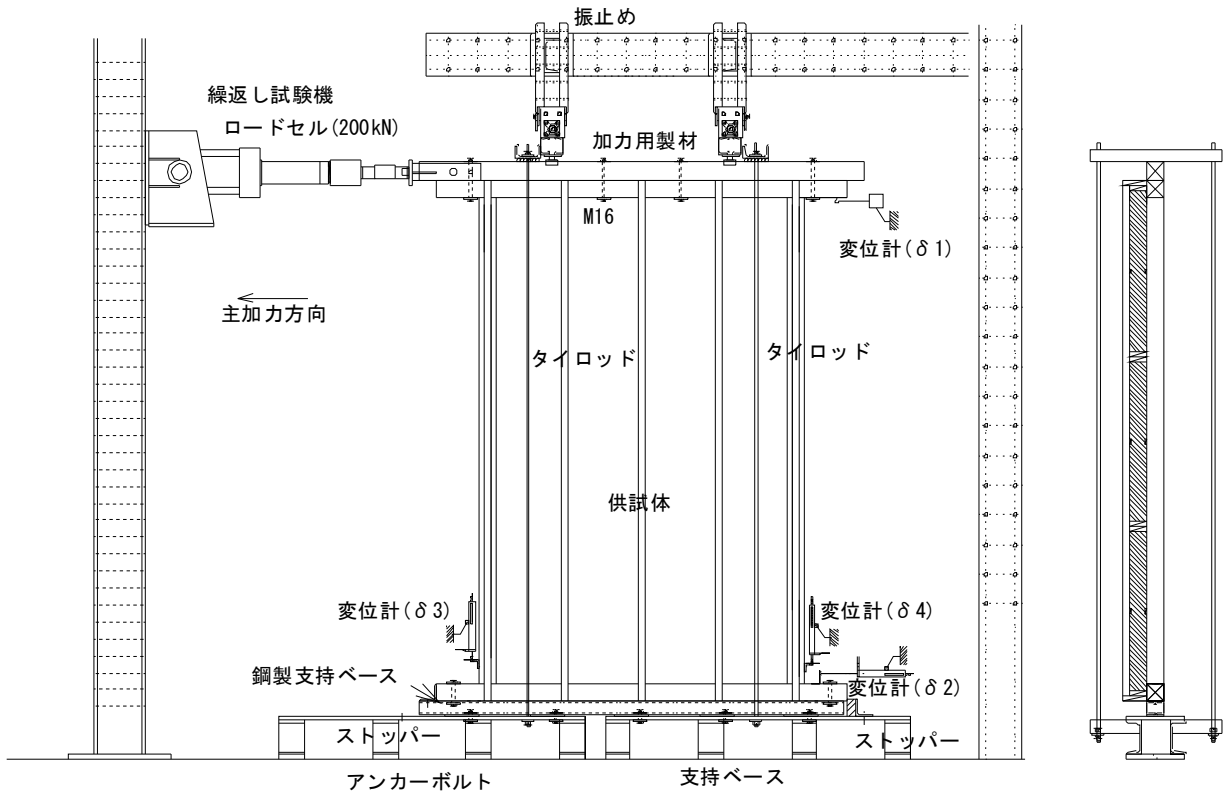


図 7.1.4 試験方法



写真 7.1.1 試験実施状況



写真 7.1.2 試験体設置状況

7.1.4. 試験結果

試験結果を表 7.1.1、7.1.2 に示す。荷重と変形の関係を図 7.1.5～図 7.1.16 に、破壊後の様子を写真 7.1.3～7.1.14 に示す。また、試験結果を比較するため、床倍率を参考までい試算した。

表 7.1.1 一丁継ぎ試験結果

項目	試験結果						
	①	②	③	平均	変動係数	ばらつき係数	50%下限値
最大耐力 P_{max} (kN)	4.87	4.37	4.37	4.54	0.064		
最大耐力時変角 γ_{pmax} (10^{-3} rad)	28.4	26.6	28.2	27.7	0.034		
降伏耐力 P_y (kN)	2.90	2.56	2.67	2.71	0.064	0.970	(a) 2.63
降伏変形角 γ_y (10^{-3} rad)	4.46	3.74	5.42	4.54	0.186		
終局耐力 P_u (kN)	4.44	4.07	3.89	4.13	0.067		
終局変形角 γ_u (10^{-3} rad)	65.9	33.4	50.5	49.9	0.325		
降伏点変形角 γ_v (10^{-3} rad)	6.83	5.96	7.88	6.89	0.140		
剛性 K(kN/rad)	649	684	493	609	0.167		
塑性率 μ	9.65	5.61	6.41	7.22	0.296		
構造特性係数 Ds	0.234	0.313	0.291	0.279	0.146		
$P_u \cdot (0.2/Ds)$ (kN)	3.79	2.61	2.67	3.02	0.221	0.896	(b) 2.71
$2/3P_{max}$ (kN)	3.25	2.91	2.91	3.02	0.064	0.970	(c) 2.93
特定変形角 (1/150rad)耐力 (kN)	3.38	3.28	2.88	3.18	0.083	0.961	(d) 3.06
短期基準せん断耐力 (kN)	2.63						
床倍率(試算値)	0.73						

表 7.1.2 千鳥継ぎ試験結果

項目	試験結果						
	①	②	③	平均	変動係数	ばらつき 係数	50%下限値
最大耐力 P_{max} (KN)	3.58	4.47	4.17	4.07	0.111		
最大耐力時変角 γ_{pmax} (10^{-3} rad)	17.6	31.2	19.7	22.9	0.321		
降伏耐力 P_y (KN)	2.11	3.04	2.50	2.55	0.184	0.914	(a) 2.33
降伏変形角 γ_y (10^{-3} rad)	3.60	6.16	3.98	4.58	0.301		
終局耐力 P_u (KN)	3.30	4.06	3.83	3.73	0.105		
終局変形角 γ_u (10^{-3} rad)	33.4	52.0	42.3	42.5	0.218		
降伏点変形角 γ_v (10^{-3} rad)	5.63	8.21	6.11	6.65	0.206		
剛性 K(kN/rad)	585	494	627	569	0.120		
塑性率 μ	5.93	6.33	6.92	6.39	0.079		
構造特性係数 Ds	0.304	0.293	0.279	0.292	0.042		
$P_u \cdot (0.2/Ds)$ (kN)	2.17	2.77	2.75	2.56	0.132	0.938	(b) 2.40
$2/3P_{max}$ (kN)	2.39	2.98	2.78	2.72	0.111	0.948	(c) 2.57
特定変形角 (1/150rad)耐力 (kN)	2.87	3.08	3.08	3.01	0.041	0.981	(d) 2.95
短期基準せん断耐力 (kN)	2.33						
床倍率(試算値)	0.65						

ばらつき係数 = $1 - \text{変動係数} \times k$

k : 信頼水準 75%の 50%下限許容限界値を求めるための係数で、試験体数が 3 のとき 0.471
短期基準せん断耐力は、(a)、(b)、(c)、(d) のうちの最小値とする。

床倍率は以下の式により試算した。

$$\text{床倍率} = P_a \times (1/1.96) \times (1/L)$$

ただし、 P_a ：短期許容せん断耐力＝短期基準せん断耐力 $P_0 \times \alpha$

1.96：床倍率＝1 を算定する数値 (kN/m)

α ：耐力に影響を及ぼす係数で、水平構面の床板、構成材料の耐久性・使用環境の影響、施工性の影響などを考慮して定める係数。

(木造軸組工法住宅の許容応力度設計(平成 16 年 4 月第 3 版)より)

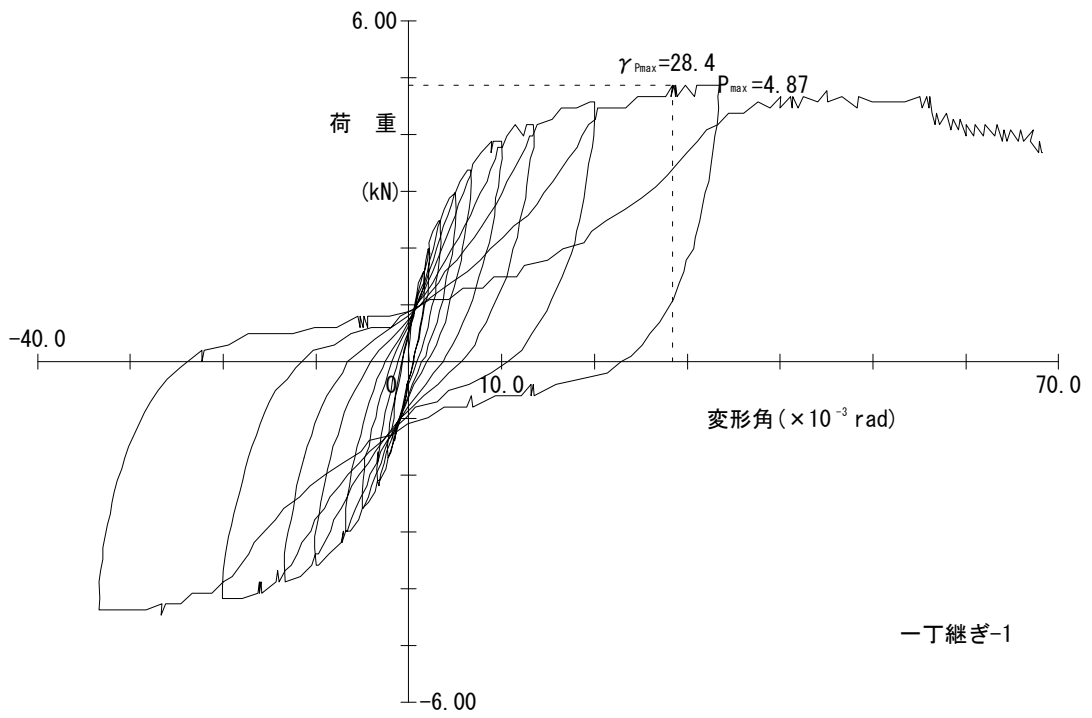


図 7.1.5 荷重 - せん断変形曲線 (一丁継ぎ①)

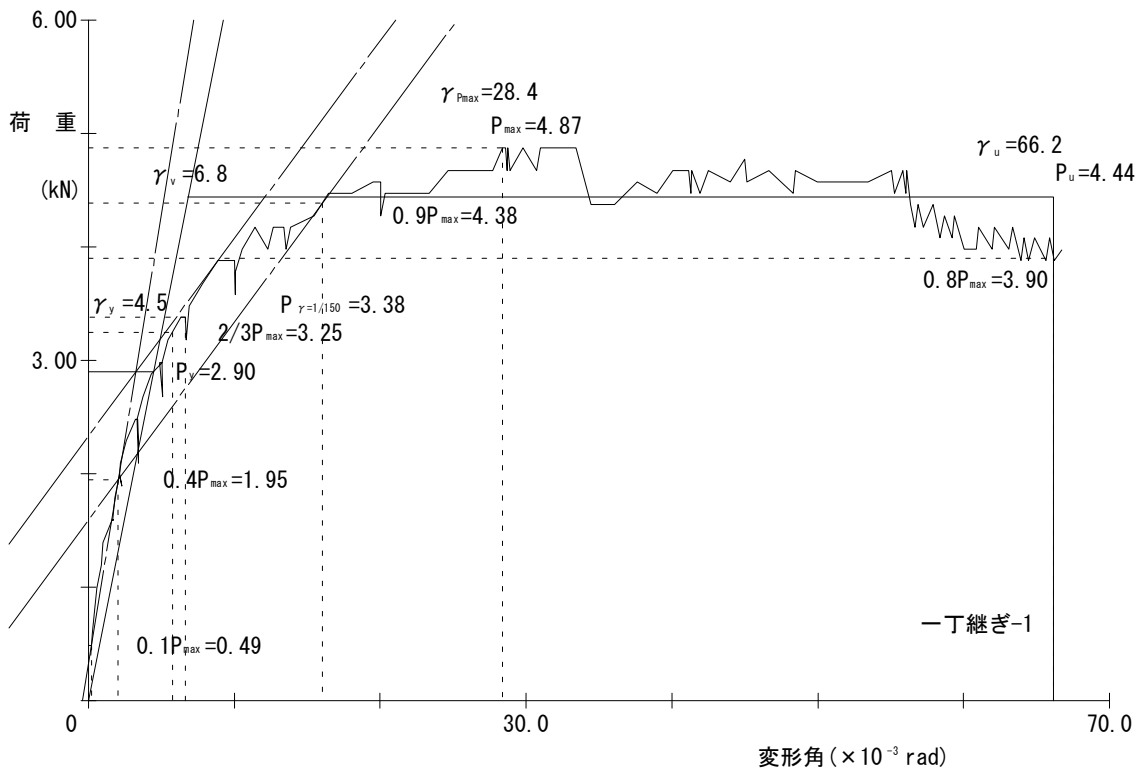


図 7.1.6 荷重 - せん断変形曲線 (一丁継ぎ①、包絡処理後)

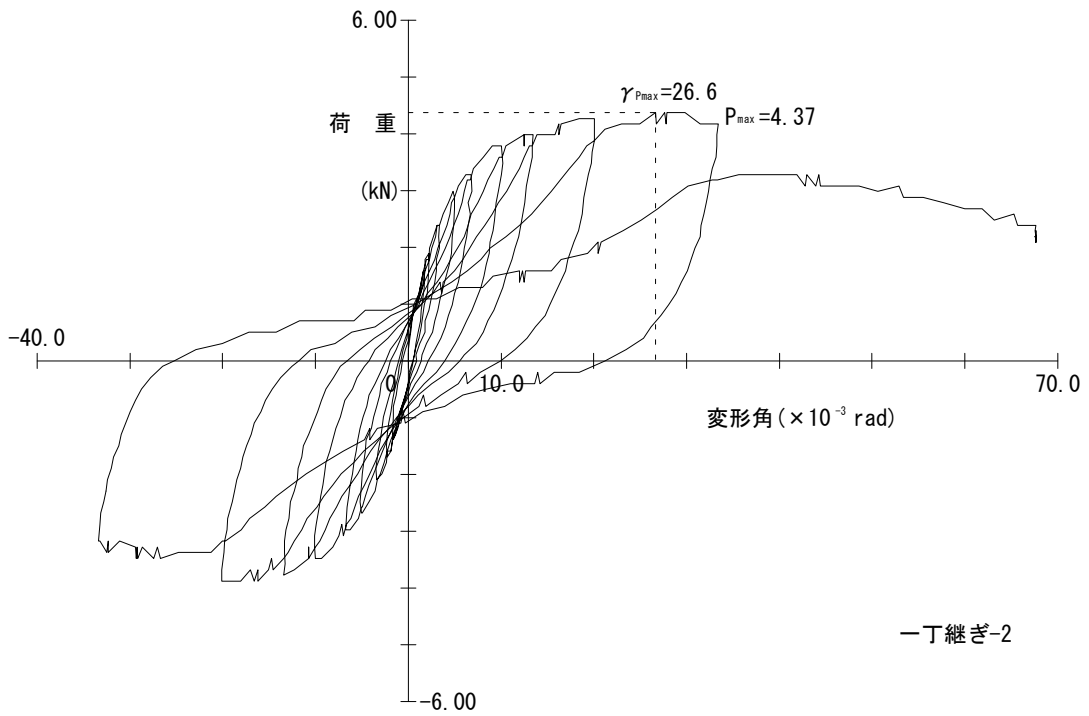


図 7.1.7 荷重 - せん断変形曲線 (一丁継ぎ②)

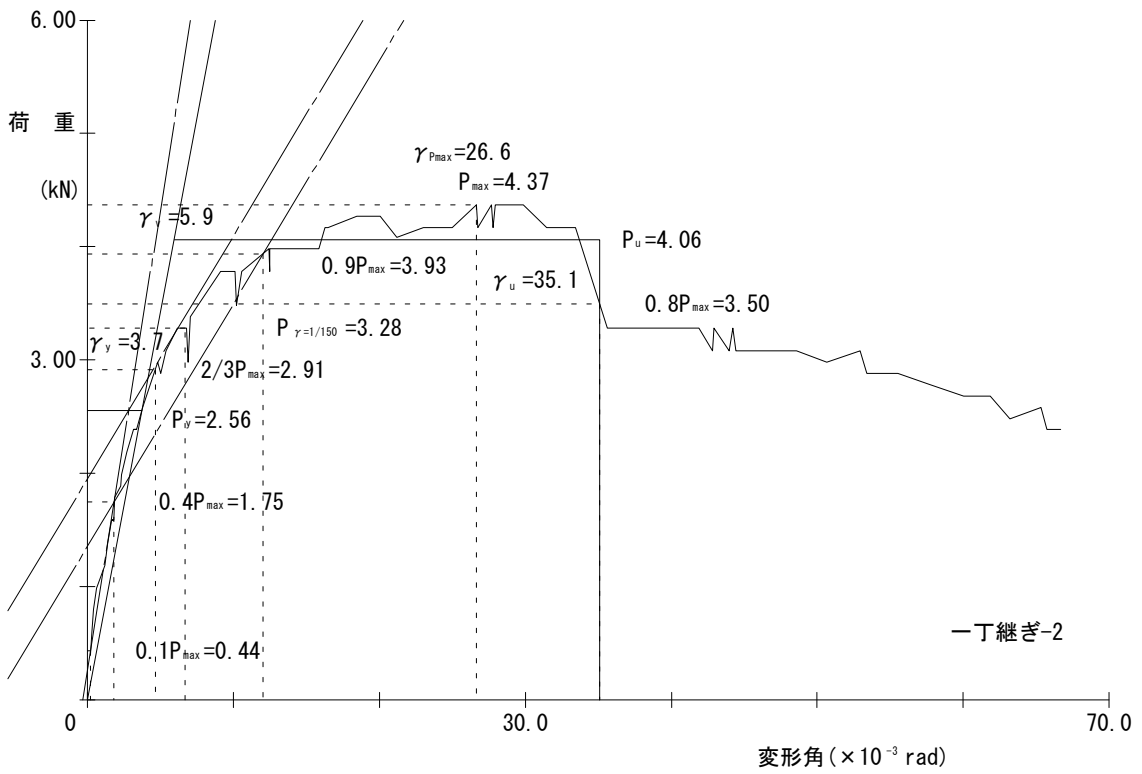


図 7.1.8 荷重 - せん断変形曲線 (一丁継ぎ②、包絡処理後)

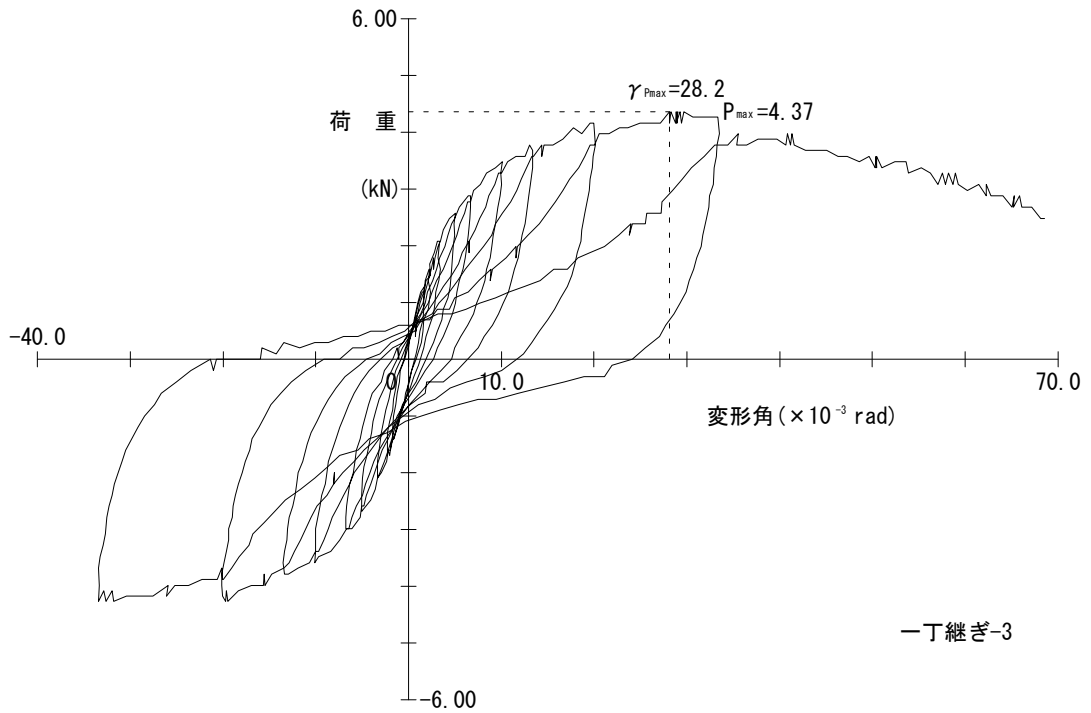


図 7.1.9 荷重 - せん断変形曲線 (一丁継ぎ③)

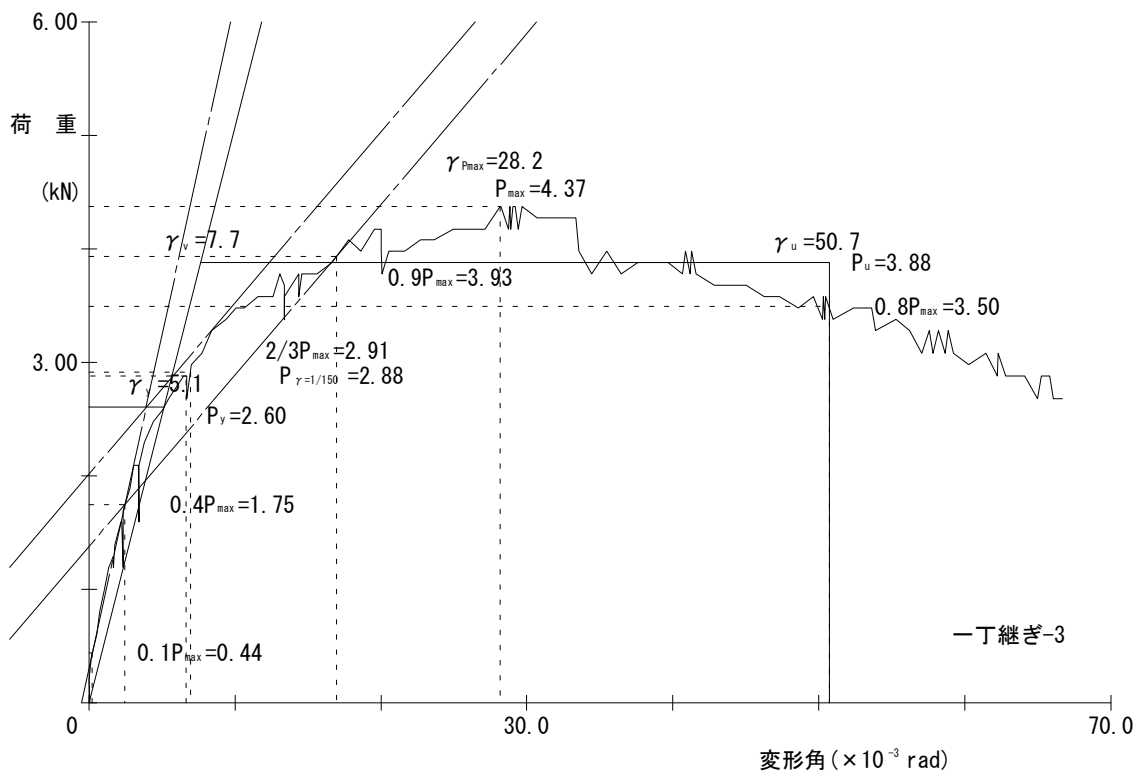


図 7.1.10 荷重 - せん断変形曲線 (一丁継ぎ③、包絡処理後)

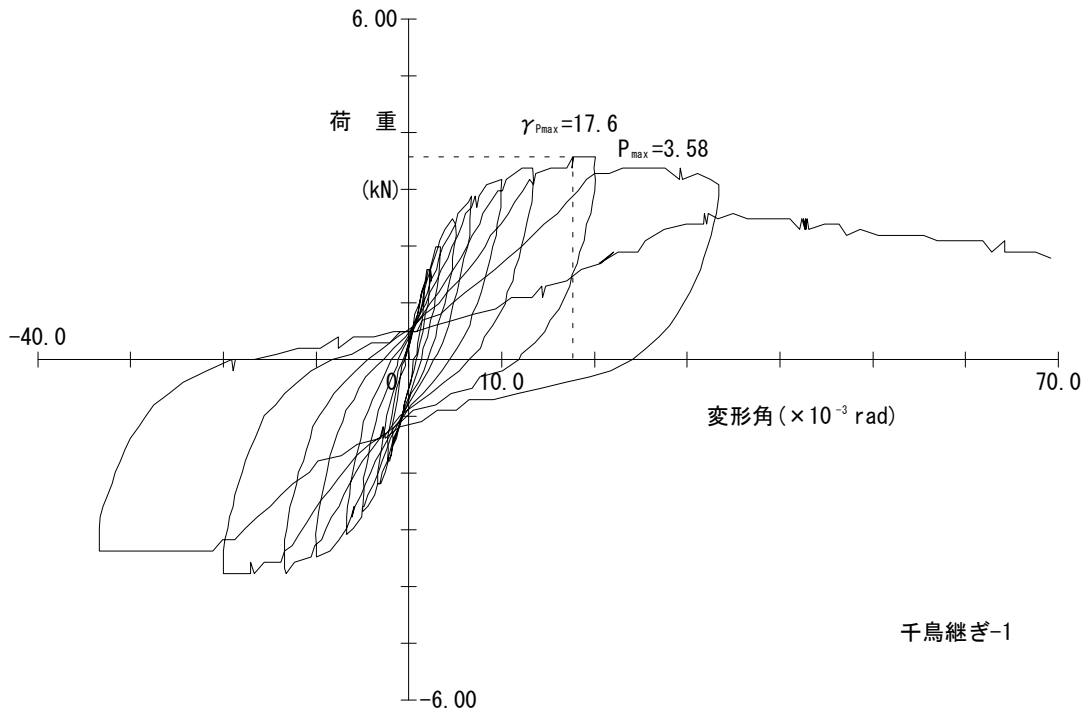


図 7.1.11 荷重 - せん断変形曲線 (千鳥継ぎ①)

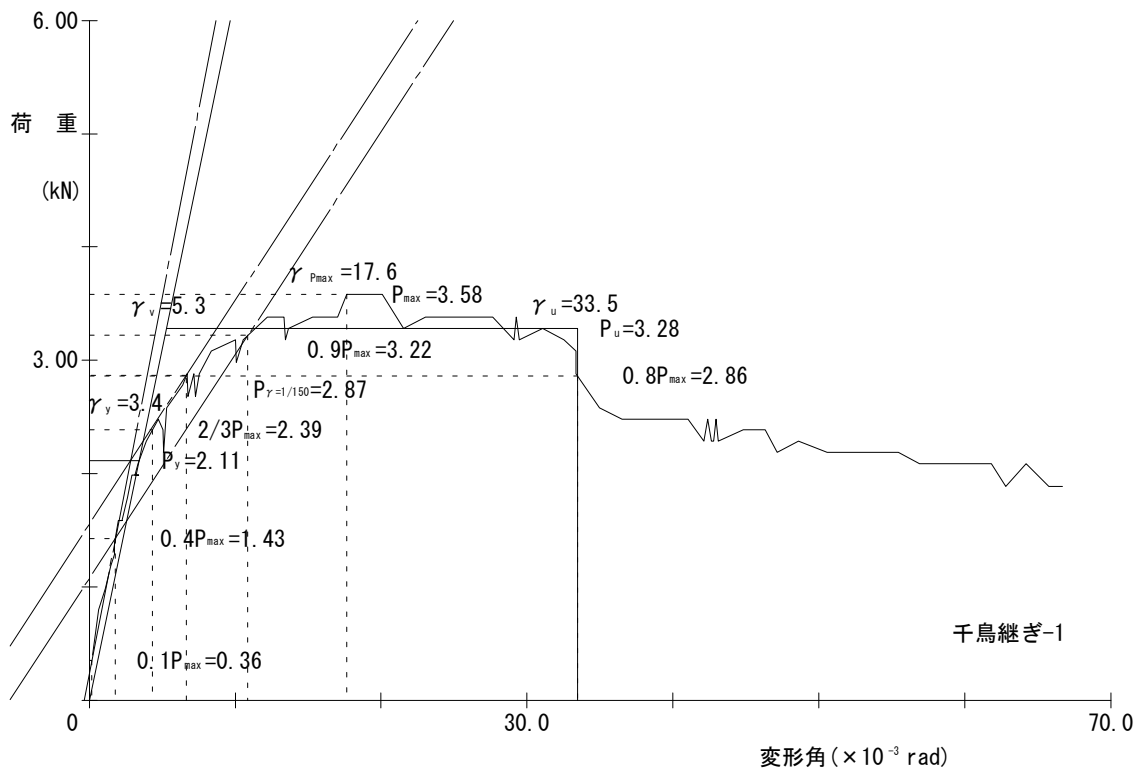


図 7.1.12 荷重 - せん断変形曲線 (千鳥継ぎ①、包絡処理後)

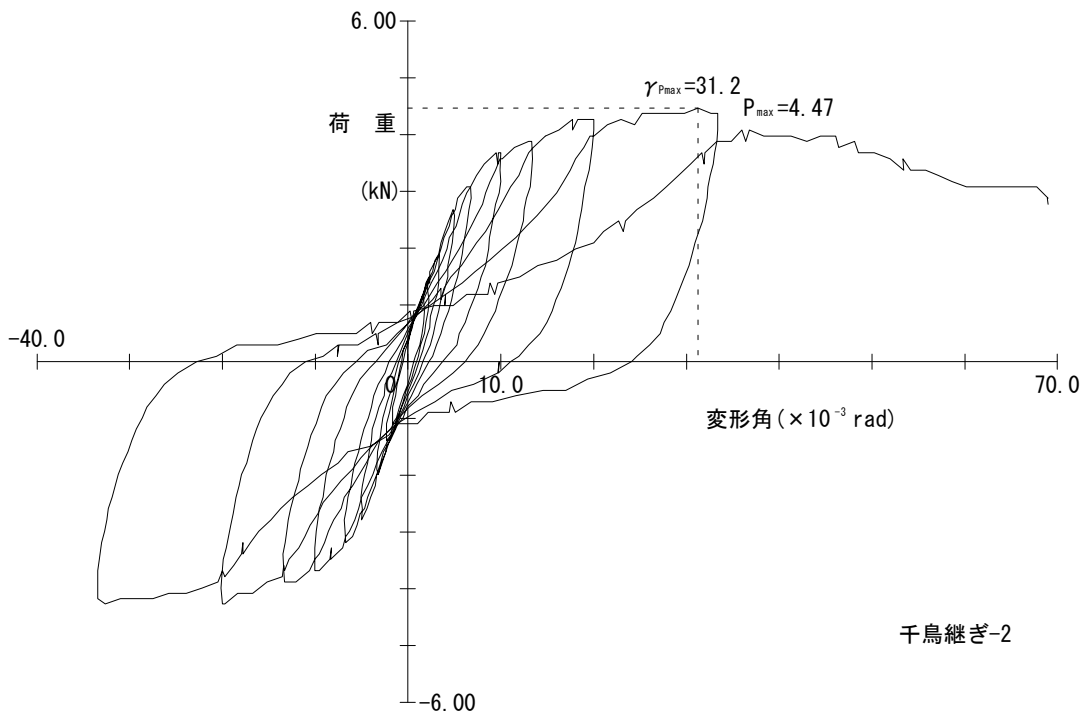


図 7.1.13 荷重 - せん断変形曲線 (千鳥継ぎ②)

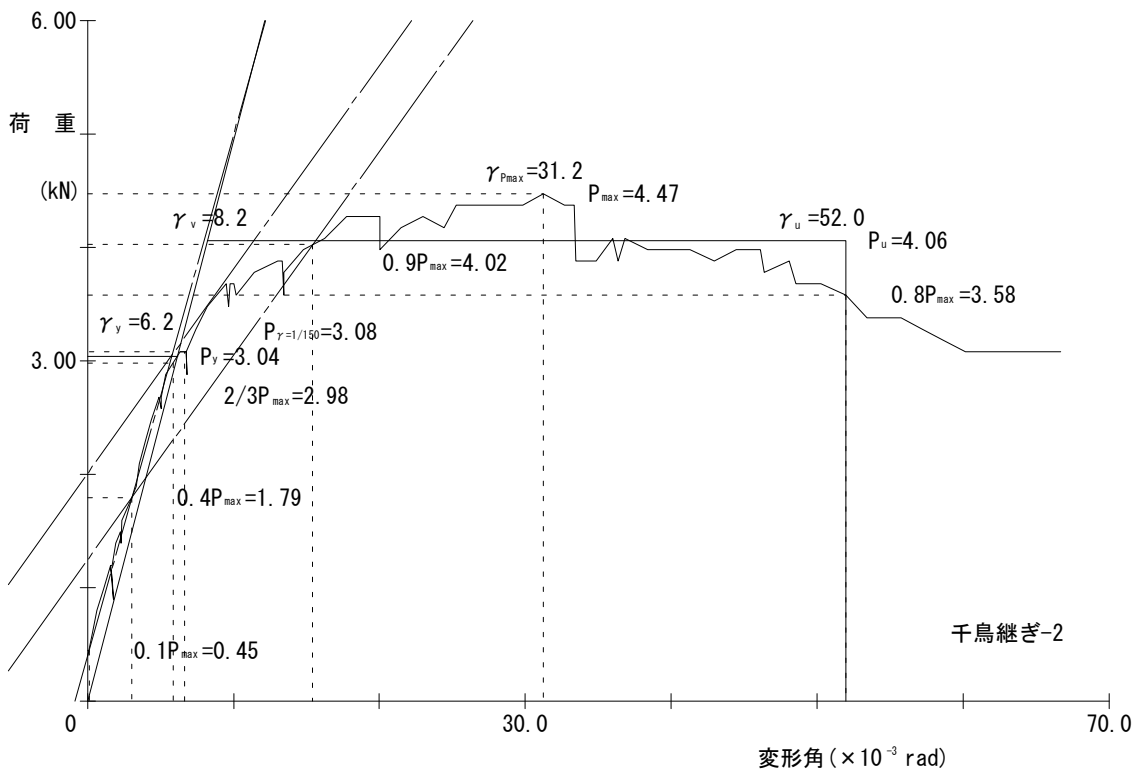


図 7.1.14 荷重 - せん断変形曲線 (千鳥継ぎ②、包絡処理後)

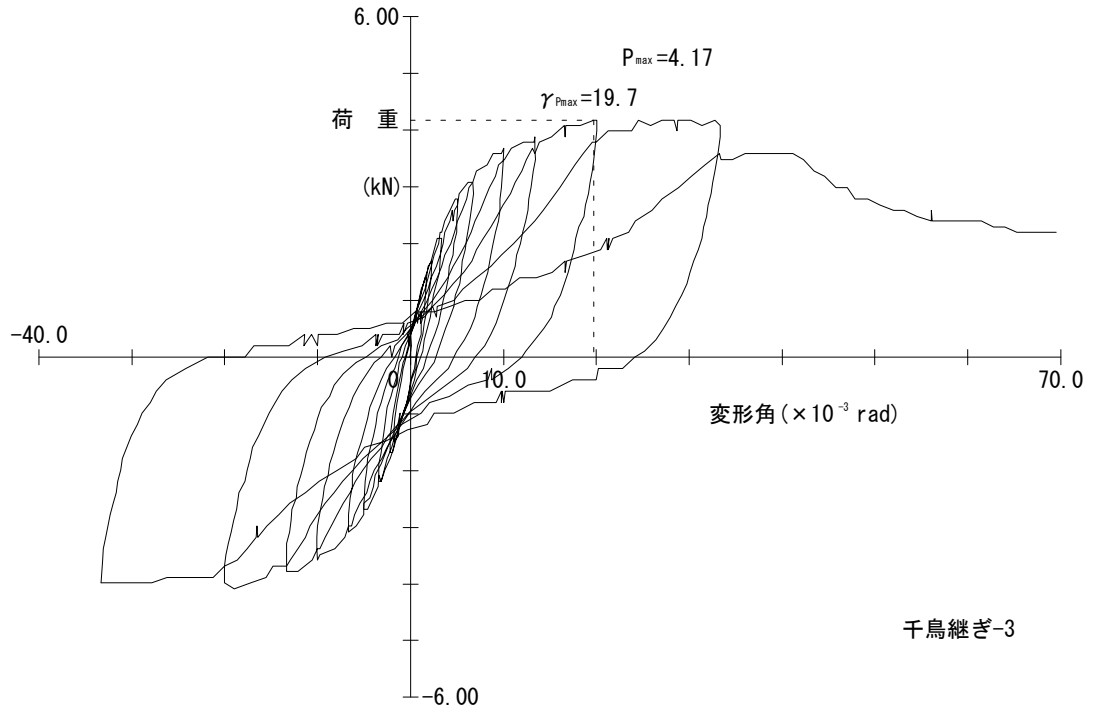


図 7.1.15 荷重 - せん断変形曲線 (千鳥継ぎ③)

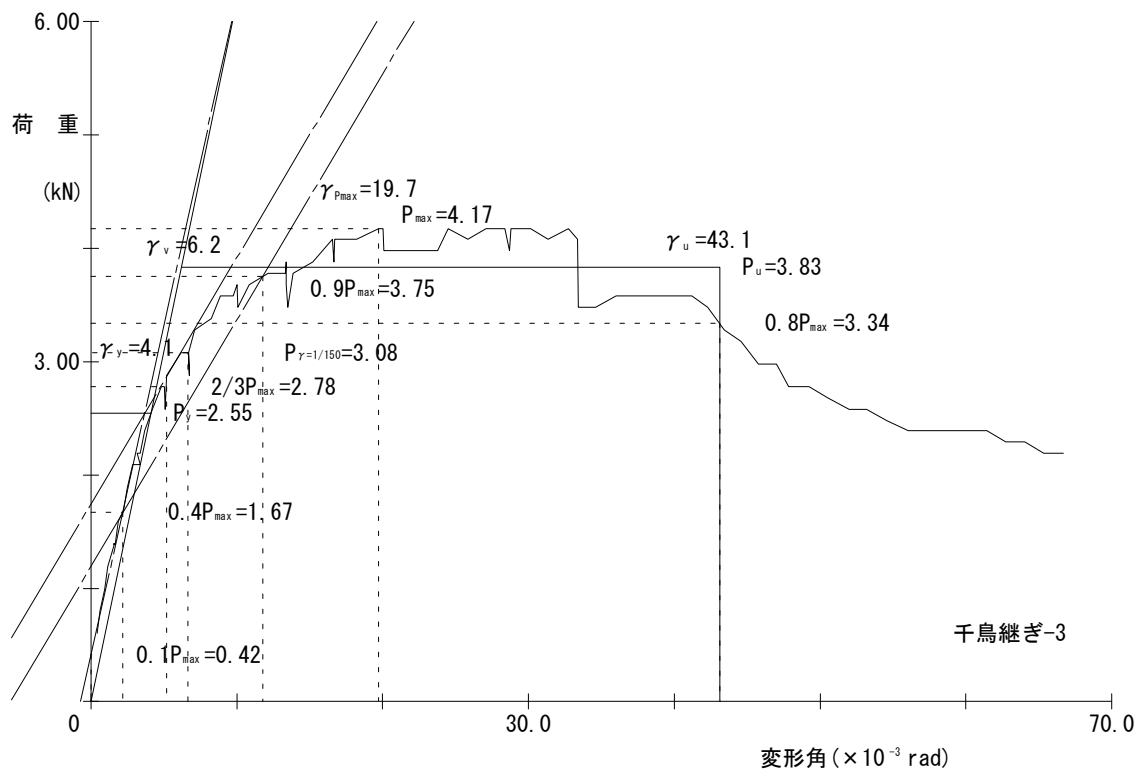


図 7.1.16 荷重 - せん断変形曲線 (千鳥継ぎ③、包絡処理後)



写真 7.1.3 破壊後の様子(千鳥継ぎ-1)
変形角 $1/15\text{rad}$ 時

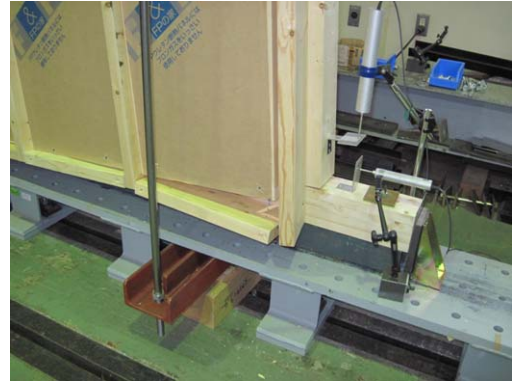


写真 7.1.4 破壊後の様子(千鳥継ぎ-1)
パネル枠の破壊



写真 7.1.5 破壊後の様子(千鳥継ぎ-2)
変形角 $1/30\text{rad}$ 時

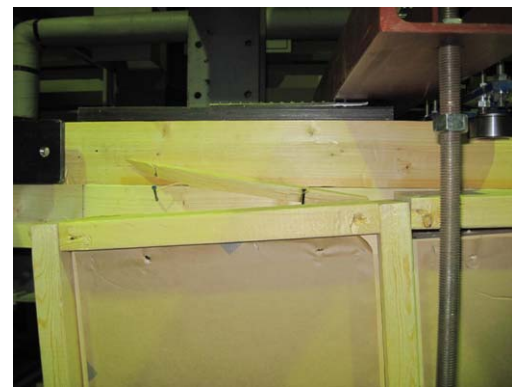


写真 7.1.6 破壊後の様子(千鳥継ぎ-2)
パネル枠と桁材の離脱



写真 7.1.7 破壊後の様子(千鳥継ぎ-3)
パネル枠材の変形



写真 7.1.8 破壊後の様子(千鳥継ぎ-3)
パネルの離脱

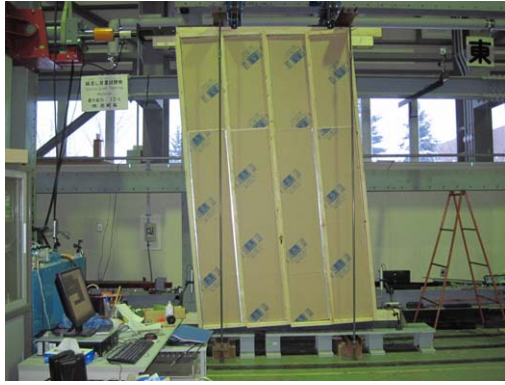


写真 7.1.9 破壊後の様子(一丁継ぎ-1)
変形角 $1/15\text{rad}$ 時

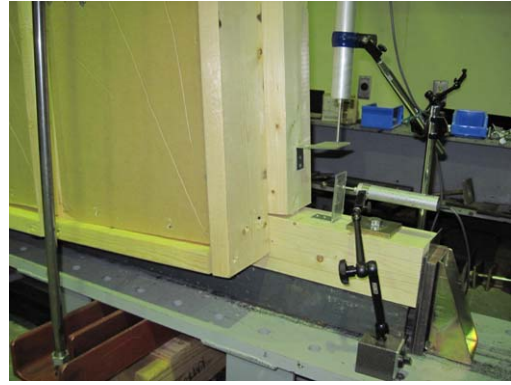


写真 7.1.10 破壊後の様子(一丁継ぎ-1)
全体の様子

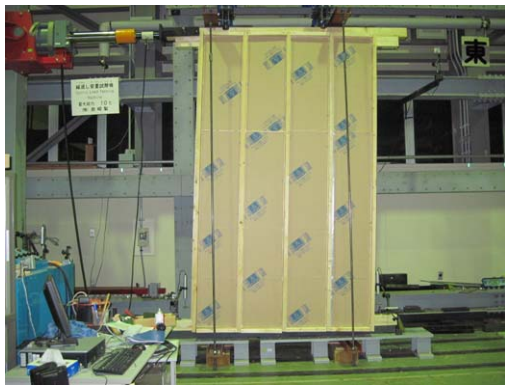


写真 7.1.11 壊後の様子(一丁継ぎ-2)
変形角 $-1/30\text{rad}$ 時



写真 7.1.12 壊後の様子(一丁継ぎ-2)
パネルの離脱



写真 7.1.13 壊後の様子(一丁継ぎ-3)
パネルと枠材とのずれ



写真 7.1.14 破壊後の様子(一丁継ぎ-3)
パネルの変形

7.1.5. 考察

1) 耐力の検証

屋根構造にかかる水平力は屋根面と火打ち水平構面により、壁耐力要素へ伝達される。木質トラス工法の場合、トラス下弦材の天井水平構面自体には面内せん断耐力はなく、現状は屋根面と火打ち水平構面で剛性を確保するしか方法がない。

本試験結果から千鳥継ぎ仕様は床倍率 0.65 で一丁継ぎ仕様は 0.73 であった。これは木製火打や火打ち金物 HB よりも高く、屋根垂木に 9mm 以上の構造用合板を張った仕様の 0.7 倍に匹敵する。

トラス下弦材に剛性を有する面材等を施工することにより面内せん断耐力を十分に期待できる事が確認できた。

表 7.1.3 床倍率の参考値 (品格法 評価方法基準告示より抜粋)

	水平構面の仕様	床倍率
屋根面	5 寸勾配以下、構造用合板 9mm 以上又は構造用パネル 1.2.3 級、垂木@500 以下転ばし、N50@150 以下	0.7
	矩勾配以下、構造用合板 9mm 以上又は構造用パネル 1.2.3 級、垂木@500 以下転ばし、N50@150 以下	0.5
	5 寸勾配以下、幅 180 杉板 9mm 以上、垂木@500 以下転ばし、N50@150 以下	0.2
	矩勾配以下、幅 180 杉板 9mm 以上、垂木@500 以下転ばし、N50@150 以下	0.1
火打ち水平構面	木製火打 90×90 (隅長 750) 又は火打ち金物 HB、平均負担面積 2.5m ² 以下、梁背 150 以上	0.8
	木製火打 90×90 (隅長 750) 又は火打ち金物 HB、平均負担面積 2.5m ² 以下、梁背 105 以上	0.5
	木製火打 90×90 (隅長 750) 又は火打ち金物 HB、平均負担面積 3.3m ² 以下、梁背 150 以上	0.48
	木製火打 90×90 (隅長 750) 又は火打ち金物 HB、平均負担面積 3.3m ² 以下、梁背 105 以上	0.36
	木製火打 90×90 (隅長 750) 又は火打ち金物 HB、平均負担面積 5.0m ² 以下、梁背 150 以上	0.24
	木製火打 90×90 (隅長 750) 又は火打ち金物 HB、平均負担面積 5.0m ² 以下、梁背 105 以上	0.15

2) 水平力に耐えうる構造部材の配置

今回の実験では、試験方法の関係により木枠付きウレタンパネルを挿入した状態で異なる 2 つの配列による実験を行った結果を比較すると、一丁継ぎ配列によるせん断力の方が 10% 程度高い値を示した。これは、構造用合板等の水平耐力に用いる構造部材の場合も同様と考えられる。構造面材等の配置は一丁継ぎの方が適していると判断する。

3) 耐力の向上

試験体の破壊状態はロッキングによるものであり、ころび止めが回転して変形拘束に対して充分には機能していない状況である。

本試験では下弦材端部と梁、及びころび止めの接合方法はあおり止めを除き建築基準法告示 1540 号に準拠して行い、告示による接合方法の安全性を確認した。今後、破壊メカニズムを考慮することで、汎用性・施工性を考慮し、より安全性の高い接合方法が構築できるものと思われる。

8. モニタリングセミナー報告

8.1. モニタリングセミナー概要

北海道内主要 5 箇所（札幌、函館、旭川、釧路、帯広）において木質トラスをはじめとする地域材を利用した建築部材を、建築実務者を対象として意見を伺うセミナーを実施することで、市場のニーズにより近づけた木質トラスの製品化に取り組む。

8.2. セミナー対象者

北海道内の 179 市町村及び建築士事務所登録をしている設計事務所約 600 社に向けて FAXDM にて本セミナーの募集を行う。

8.3. セミナー内容

下記 3 つについて講演を行い、アンケートを行い意見徴収を行う。

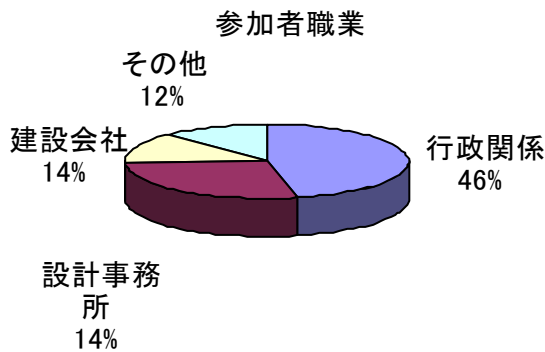
1. 北海道水産林産部林務局林業木材課より「北海道地域材利用推進方針について」
2. キタヂカラ木材店様より「北海道木材の現状と今後について」
3. 株式会社 F P コーポレーションより「道産材製品 木造トラスについて」

8.4. セミナー結果

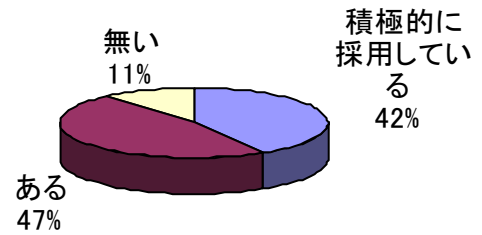
8.4.1. セミナー開催状況

平成 23 年 2 月 16 日開催	14:00～16:00	釧路会場	参加者 30 名
平成 23 年 2 月 17 日開催	14:00～16:00	帯広会場	参加者 29 名
平成 23 年 2 月 23 日開催	14:00～16:00	旭川会場	参加者 19 名
平成 23 年 2 月 24 日開催	14:00～16:00	札幌会場	参加者 52 名
平成 23 年 2 月 25 日開催	14:00～16:00	函館会場	参加者 15 名

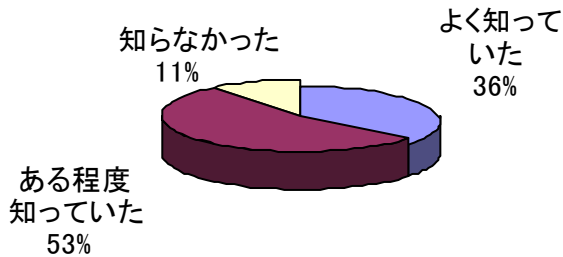
8.4.2 アンケート結果



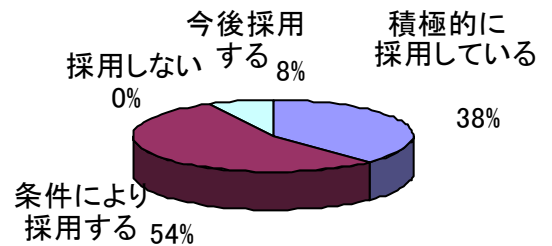
道産材建築材料を採用したことがありますか？



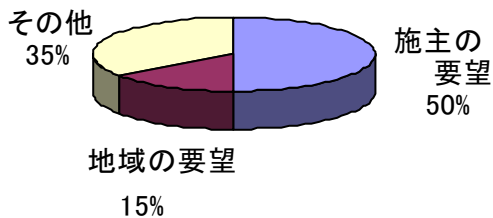
道産木材建築材料についてご存知でしたか？



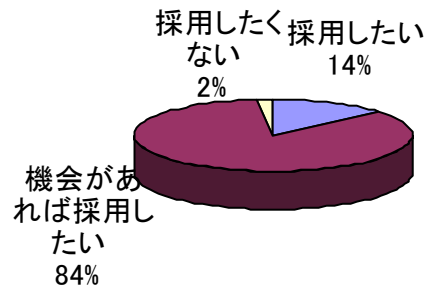
道産材を使用した木造建築物について



「条件により採用する」とお答えの条件とは



木質トラスを使ってみたいですか？



8.4.3 アンケートの総括

セミナー参加者の多くは公共事業に携わる建築実務者が多くを占めている。木造建築を率先して進めている状況では無い事が確認できた。木造建築および地域建築部材について「条件付では採用する」という意見が多くを占めている要因として次に挙げる点が多数をしめた。

- ・ コスト面で採用に踏み切れない。
- ・ 非木造に対して木造の優位性が明確であれば採用したい。
- ・ 材料品質に安定供給に疑問が残る。
- ・ 補助金などの助成が必要。
- ・ 木造にする理由が必要（施主・地域の要望等）

今回意見を伺った建築実務者の立場においては、木材におけるコスト、品質、流通についての認識が、生産者側とかなりのズレを改めて認識するものであります。改めて非木造建築に携わる建築実務者にわかりやすい性能、品質、流通システムが必要であると共に、官民共に地域木材についての認識を深める必要性を感じるようです。



セミナー会場（釧路）



セミナー会場（帯広）

9. 事業の成果と今後の課題

メタルプレートコネクターを用いた木質トラスは、旧38条認定のもと運用されており、その部材のほとんどが輸入製材であることから、既存の認定基準において国産地域材に転換すべく素材及び接合部分の検証を行ことから本事業が始まりました。

結果としては、北海道産トドマツ及びカラマツが旧38条認定によるトラス構成部材であるS.P.F.の材料性能条件を十分に満たすことが確認されました。また、懸案でありましたメタルプレートコネクターと北海道産材トドマツ及びカラマツの接合強度についてもS.P.F.の基準を満たすことが確認されました。この結果から本事業により北海道産材トドマツ及びカラマツによるメタルプレートコネクターを用いた木質トラスが建築基準法による性能規定を満たすこととなり、建築市場において地域材を用いたトラスが普及できる足がかりができたと考えられます。また、道木連による合法木材認定制度を活用して流通体制を構築することにより、既存製材事業者の活性化に役立つものと思われます。

今後の課題としては、二つ考えられます。

一つ目は、下部構造との固定方法の確立にあります。部材としての木質トラスは設計施工基準を明確にできたものと考えられますが、実際の構造設計と現場施工を鑑みた固定方法には改善の余地があると思われると共に、今後の開発如何ではトラス工法発展の可能性がみこまれます。たとえば固定方法をRC造、S造用にも確立することができれば木質トラスの活用場の広がり、更なる地域材の普及も可能となります。

二つ目は、北海道における地域材に対する認識不測にあります。モニタリングセミナーの結果にも現れておりますが、北海道における地域材の認識は現在でも非常に低くなっております。住宅関係の実務者以外では木造に接する機会が少なく、「木造は集成材表しのラーメン構造」というようなイメージを持つ方も散在されることが現状であります。今後は、行政をはじめとした様々な機関が協力して木造の汎用性を広めることができれば、RC、鉄骨造で計画されてきた建築物の地域材を利用した木造化が進むと期待しております。

10. まとめ

本事業により、メタルプレートコネクタを用いた木質トラスに国産地域材を用いることが容易になり、北海道における今後の建築部材として数多く利用されることを切望するものであります。2×4材で地域材を用いるためにはコストが最大の課題となることは周知の事実であります。この課題について、できる限り市場のニーズに近い価格設定をするために、製材事業者と検討を重ねて、歩留の検討と既存伐採長さを保持するなどして製材事業者の負担をできる限り低減したことにより、ある程度市場価格に近づくことができました。今後は、木質トラスの更なる技術的進化をはかり、住宅はもとより多種多様な建築物に登用される建築部材として、地域材を用いた木質トラスが認知されるように取り組んでいくものであります。

最後になりますが事業を取りまとめるにあたり、北海道、林産試験場、上島委員長をはじめとする委員の皆様のご協力の下、成果とすることが出来ました事を改めて感謝申し上げます。

平成23年2月

株式会社FPコーポレーション