

令和7年度 建築基準整備促進事業 成果報告会

TEIJIN


Woodist[®]
山佐木材株式会社

<事業番号>

S44

<事業名>

木質系異種複合部材の品質基準における
長期性能の評価方法の検討

<実施者名>

(代表) 帝人株式会社
山佐木材株式会社

<共同研究先>

国立研究開発法人 建築研究所

目次

- 01 事業の背景・目的
- 02 事業の実施体制／委員体制
- 03 事業の実施計画
- 04 要素試験
- 05 複合部材試験
- 06 まとめ

目次

- 01 事業の背景・目的
- 02 事業の実施体制／委員体制
- 03 事業の実施計画
- 04 要素試験
- 05 複合部材試験
- 06 まとめ

1. 事業の背景・目的

脱炭素社会の実現に向け、木材利用を促進する観点から中大規模建築物の木造化等が推進されており、民間企業において、木造の中大規模建築物において特に必要とされる横架材の長スパン化、高剛性化を目指した研究開発が進められている（例えば、鋼棒や炭素繊維を集成材と複合する方法）。

しかしながら、当該複合部材については、構造安全性を容易に確認するための技術基準等が位置づけられておらず、**現状は、建築物の構造ごとに大臣認定を取得する必要がある。**また、これらの木質系異種複合部材などの新材料・新技術等が用いられた部材の性能把握に当たっては、検証に時間を要する**長期特性の評価等が課題**となっており、民間企業において開発された新材料・新技術等の活用に時間を要する要因の一つとなっている。

そこで本事業では、**木質系異種複合部材の長期特性の評価方法について検討し、基準整備等に資する技術的資料をまとめることを目的とする。**

1. 個別認定の建築物例



炭素繊維強化集成材“LIVELY WOOD®”
(帝人株式会社)



鉄筋強化集成材“SAMURAI”
(山佐木材株式会社)



ささしま高架下オフィス
場所：愛知県名古屋市／構造：木造2階建て
横架材としてLIVELY WOODを使用している。



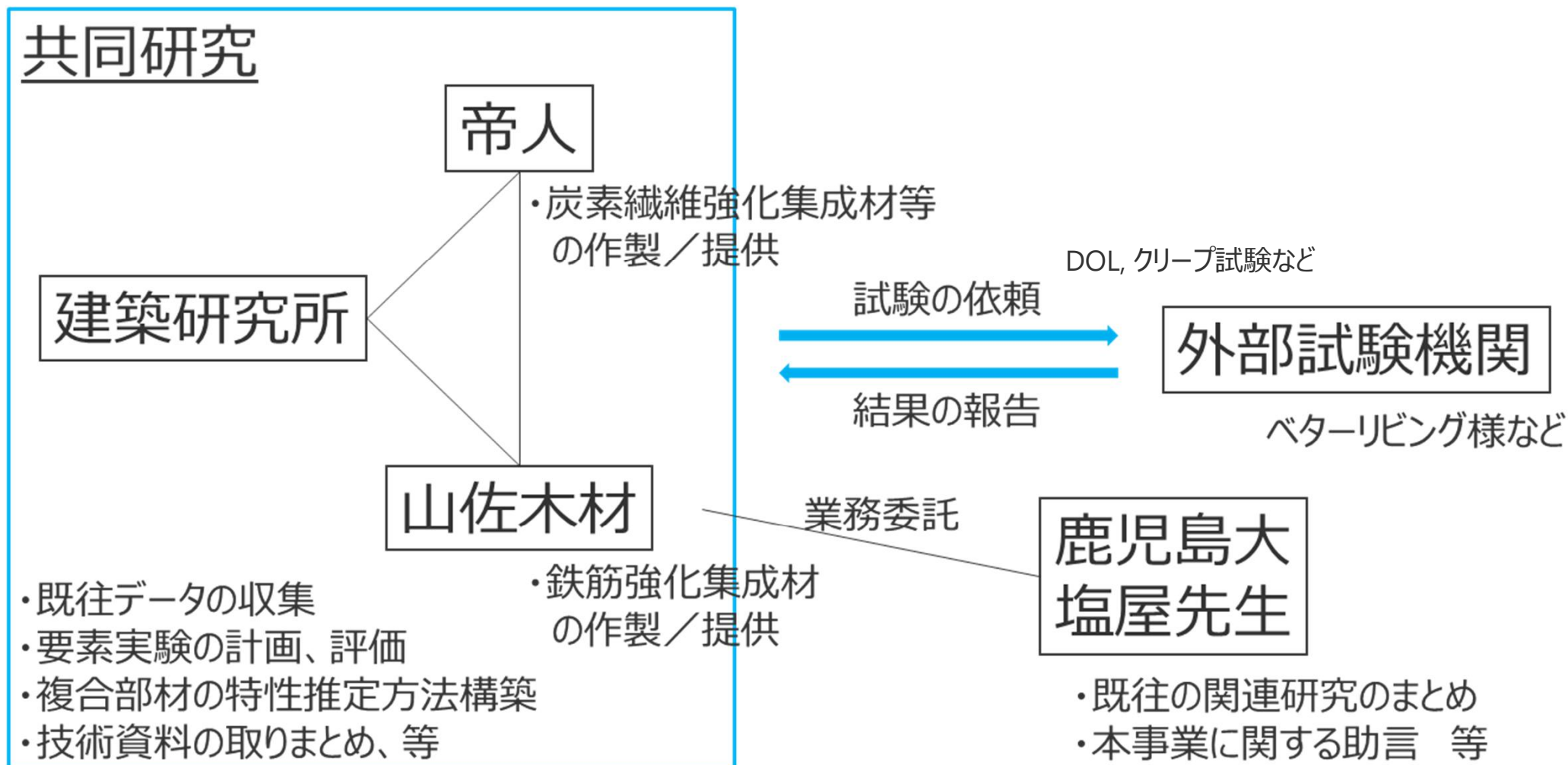
試作棟
場所：山佐木材工場内／構造：木造平家
横架材としてSAMURAIを使用している。

目次

- 01 事業の背景・目的
- 02 事業の実施体制／委員体制
- 03 事業の実施計画
- 04 要素試験
- 05 複合部材試験
- 06 まとめ

2. 事業の実施体制

※2025年度事業開始時点



2. 事業の委員体制（令和7年度）

※所属は2025年度事業開始時点

役割	氏名	所属
委員長	中村 昇 様	岡山大学 グリーンイノベーションセンター 特任教授
委員	中島 史郎 様	宇都宮大学 地域デザイン科学部 建築都市デザイン学科 教授
委員	塩屋 晋一 様	鹿児島大学 理工学域工学系 理工学研究科（工学系） 工学専攻 建築学プログラム 教授
委員	槌本 敬大 様	国立研究開発法人 建築研究所 材料研究グループ グループ長
委員	秋山 信彦 様	国立研究開発法人 建築研究所 材料研究グループ 主任研究員
委員	酒井 優太 様	国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部 材料・部材基準研究室
委員	平松 靖 様	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材研究部門 複合材料研究領域 領域長
委員	宮武 敦 様	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材研究部門 複合材料研究領域 研究専門員
委員	津田 千尋 様	株式会社サトウ 開発営業グループ 研究技術専門部長
委員	大野 吉昭	一般財団法人 ベターリビング つくば建築試験研究センター 性能試験研究部 主席試験研究役
オブザーバー	担当官様	国土交通省 住宅局
オブザーバー	瀧能 功介 様	小松マテレ株式会社 新規事業開発部 先端材料リーダー
オブザーバー	橋向 秀治 様	セメダイン株式会社 技術本部 品質保証部長
オブザーバー	池田 尊子 様	株式会社オーシカ 中央研究所 副所長
オブザーバー	磯淵 僚太 様	株式会社オーシカ 中央研究所 係長
実施者	桐野、小松	山佐木材株式会社
実施者	長瀬、佐藤	帝人株式会社

目次

- 01 事業の背景・目的
- 02 事業の実施体制／委員体制
- 03 事業の実施計画**
- 04 要素試験
- 05 複合部材試験
- 06 まとめ

3. 事業の実施計画

- (イ) 木質系異種複合部材に関する既往のデータ収集。
- (ロ) 木質系異種複合部材を構成する要素の長期特性を把握するための調査、実験及び解析を行う。
- (ハ) 木質系異種複合部材を構成する要素の長期特性から複合部材の特性を推測するための与条件及び推定方法を検討し、検証実験及び解析を行う。
- (二) (イ) から (ハ) の検討内容を踏まえた、木質系異種複合部材の基準整備等に資する技術的資料をとりまとめる。

実施項目	2024年度				2025年度				2026年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
体制構築、実施計画 ・内容検討	→				→				→			
既往データ収集		→										
要素の長期特性に関する 調査、実験、解析等		→										
複合部材の特性推定方法 の検討、検証実験、解析等				→								
技術的資料とりまとめ		→		→		→		→		→		→

目次

- 01 事業の背景・目的
- 02 事業の実施体制／委員体制
- 03 事業の実施計画
- 04 要素試験**
- 05 複合部材試験
- 06 まとめ

4. 要素試験 目次

04 要素試験

1. CFRP, フロートガラス曲げ試験

①短期曲げ試験

※長期：クリープ、DOL

②長期曲げ試験

2. 木/木, CFRP/木, ガラス/木接着試験

3. 鉄筋/木付着試験

①短期付着試験

②長期付着試験

4. 要素試験

全体試験計画 (2025年度事業時点)

今回報告範囲

異種部材	要素曲げ			接着・付着ブロックせん断			複合部材曲げ		
	短期試験	クリープ試験	DOL試験	短期試験	クリープ試験	DOL試験	短期試験	クリープ試験	DOL試験
CFRP	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ガラス*	○	○	○	○	○	○	○	○	○
鉄筋	-	-	-	○	○	○	○	○	○
(木)	-	-	-	○ 比較	○ 比較	○ 比較	○ 比較	○ 比較	○ 比較

*昨年度は、PET樹脂について報告したが、今年度はフロートガラスについて報告（背景は後述）

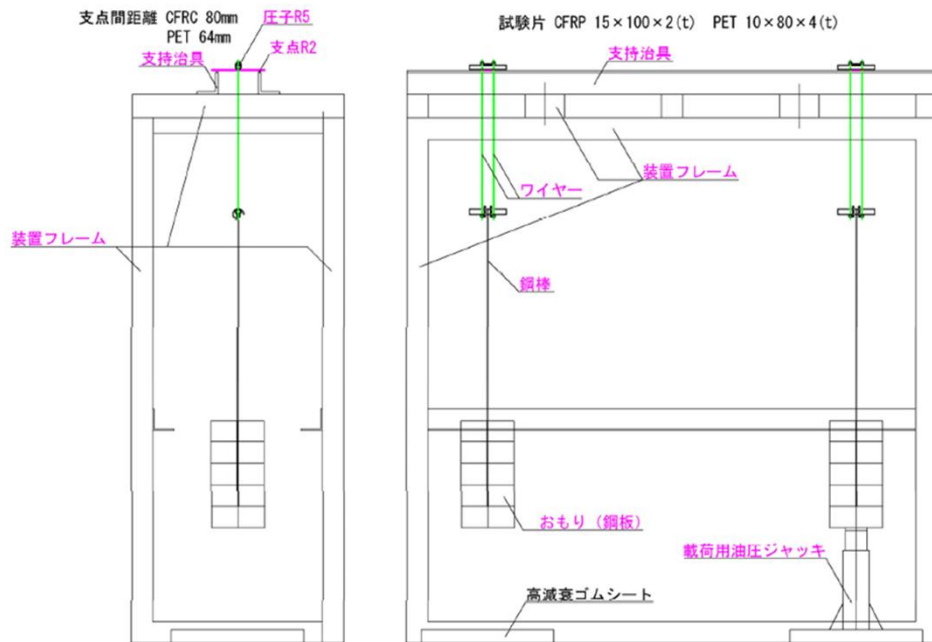
4.1 CFRPの曲げDOL試験（昨年度続報）

CFRP単独のDOL特性把握のため、短期曲げ試験と同様の試験片（ $b15 \times L100 \times t2$ ）を用いて、曲げDOL試験を実施した。

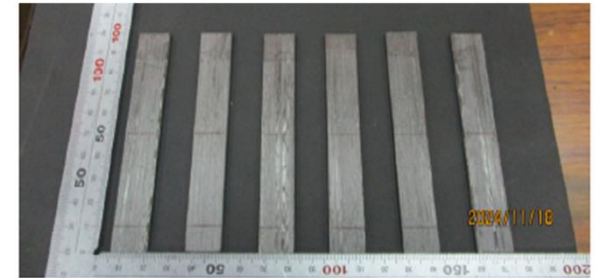
応力レベル：CFRP 95,90,80,70,60%,

試験室環境雰囲気： $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $65\% \pm 5\%$

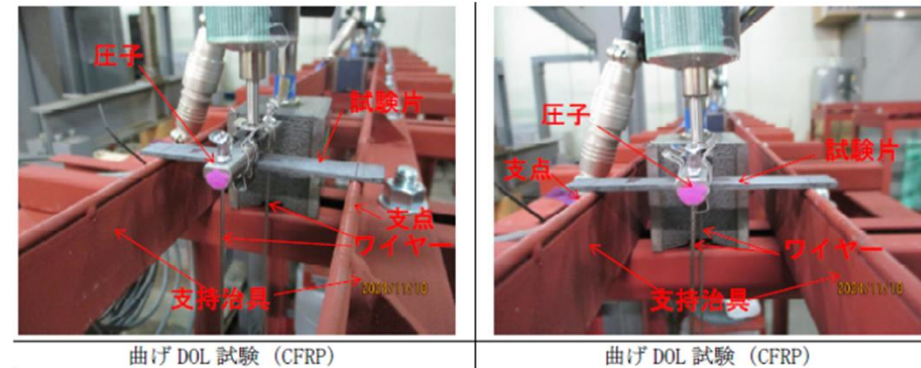
試験装置の図 ※载荷は、支点間距離の中心の試験片上に配置した圧子とワイヤーを介して、おもりに接続した鋼棒を吊り下げる方法で行った



試験片



試験時の様子

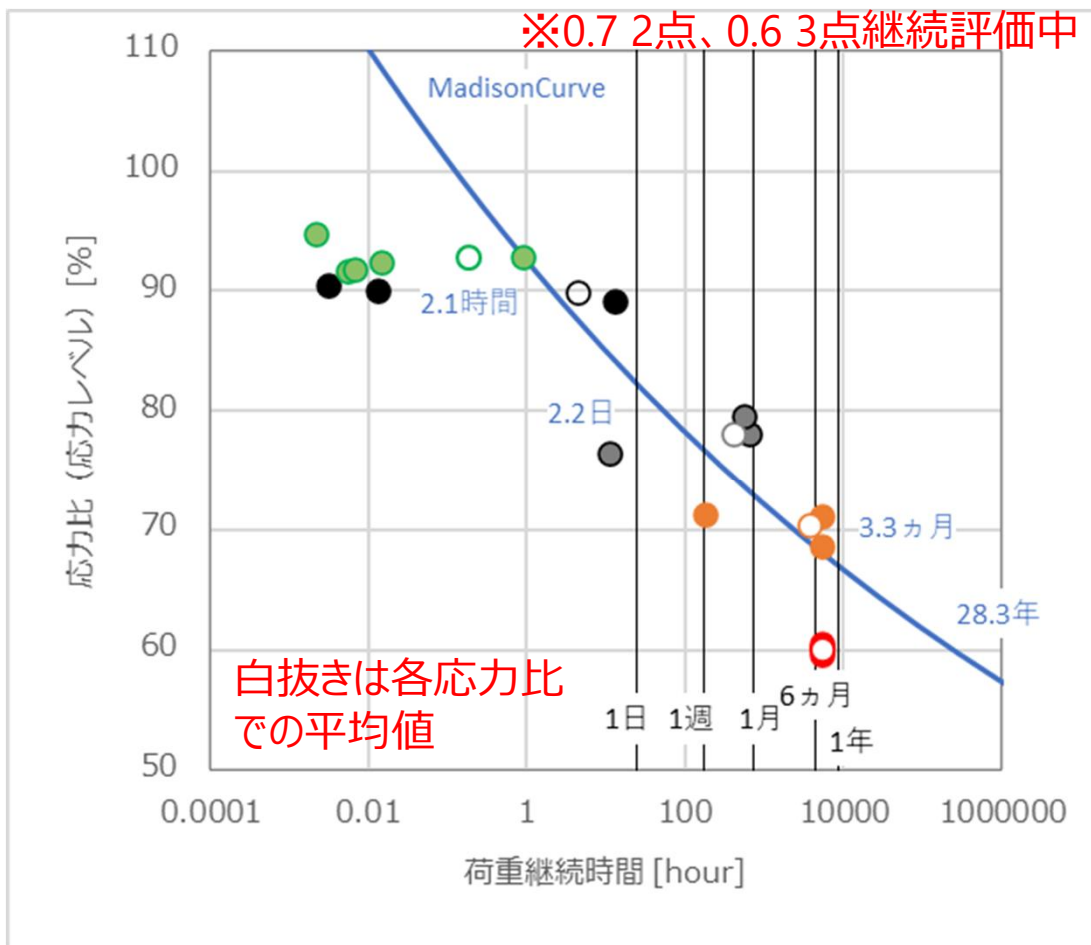


曲げ DOL 試験 (CFRP)

曲げ DOL 試験 (CFRP)

4.1 CFRPの曲げDOL試験 (昨年度続報)

試験結果



- ほとんどの応力レベルでマディソン・カーブを超える結果となった。
- 70%は継続中だが、すでに平均でマディソン・カーブを超えている結果。
- 60%も継続評価中であり、3点中3点とも6か月以上破断せずに経過している。



CFRPは木よりもDOL調整係数が高いことが示唆され、CFRP/木複合試験体の曲げDOLは、木のDOLで決まることが予想される。

4.1 フロートガラスの短期曲げ試験

背景

昨年度、CFRPや鉄筋以外の異種部材としては、予想される物性（CFRPや鉄筋対比、弾性率が低い等）や入手・加工のしやすさなどの観点から、PET樹脂を検討してきた。しかしながら、検討を進めていく中で、PET樹脂はその柔らかさゆえに、曲げDOL評価を適切に行うことが難しいことが見えてきた。



PET樹脂に代わる代替素材を改めて探索・評価することとした。

候補素材として、変形性能が小さい（破壊歪が小さい）と予想された以下の素材の評価を行い、木材よりも破壊歪が小さい結果が得られた、フロートガラスを最終的に選定した。

- ① アクリル樹脂：プラスチックの中ではガラスに近い性質で、比較的固く・脆い材料。加工もしやすい。
- ② フロートガラス：固くて脆い性質を持つ代表的な素材。

4.1 フロートガラスの短期曲げ試験

以下の条件で、フロートガラスの曲げ試験（三点曲げ）を実施した。

	フロートガラス
試験機	エー・アンド・デイ社製 テンシロン RTF-2430 型
試験片形状	長さ約50 mm×幅約4 mm×厚さ約3 mm の短冊
加圧方向	任意
たわみ測定	クロスヘッド移動量法
加圧クサビ／支点半径	5 mm
支点間距離	45 mm
試験速度	1 mm/min(クロスヘッド速度)
試験温度	室温
室内雰囲気	23 °C±2 °C、50 %RH±10 %RH(室温)
試験繰り返し数	n=5
弾性率算出方法	ひずみ0.05 %～0.1 %の傾きから算出

試験時の様子

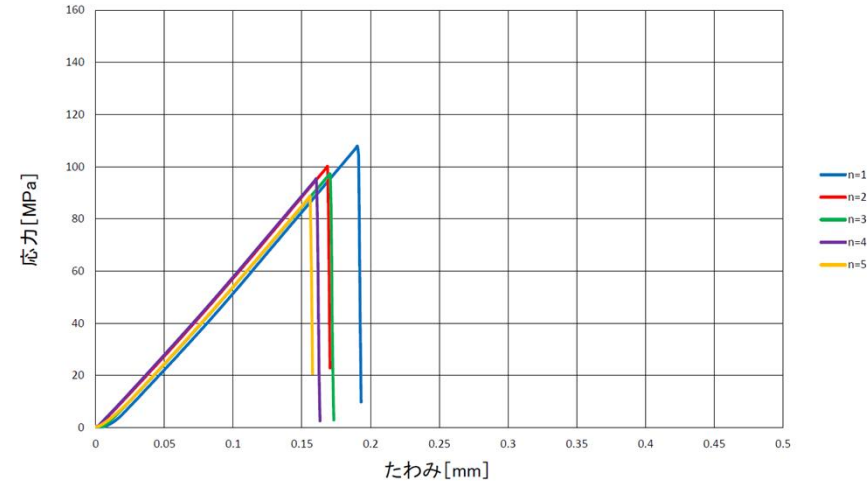


4.1 フロートガラスの短期曲げ試験

試験結果

*"曲げ強さ/弾性率"で算出

	曲げ強さ	たわみ	曲げ弾性率	破断歪み*
	MPa	mm	GPa	-
1	108.0	0.19	71.0	0.0015
2	100.0	0.17	71.7	0.0014
3	97.3	0.17	71.2	0.0014
4	95.3	0.16	71.9	0.0013
5	88.7	0.16	71.2	0.0012
Ave.	97.9	0.17	71.4	0.0014
σ	7.039	0.012	0.381	0.000
C.V.(%)	7.19	7.20	0.53	7.37



部材	①曲げ強さ	②曲げ弾性率	③破断ひずみ	④スギ対比の 破断ひずみ倍率	備考
	MPa	GPa			
スギミナL80	40.1	8.58	0.0047	1.00	帝人での過去試験結果より
CFRP	1,230.0	120.67	0.0102	2.18	要素曲げ試験 (CFRP 2回目) 結果より
PET樹脂	76.0	2.07	0.0367	7.85	要素曲げ試験結果より
アクリル樹脂	106.0	3.14	0.0338	7.22	要素曲げ試験結果より
フロートガラス	97.9	71.40	0.0014	0.29	要素曲げ試験結果より

- 予想通り、**フロートガラスの破断歪みは非常に小さい値**となった。
- フロートガラスは木よりも破断ひずみが小さく、フロートガラスを木と複合化して曲げ試験を行った場合、複合部材の中のガラスが先に壊れることが予想される。

4.1 フロートガラスの曲げクリープ・DOL試験

ガラスのクリープ・DOL特性把握のため、短期曲げ試験と同様の試験片を用いて、短期曲げ試験の最大荷重平均値をベースに、曲げクリープ・DOL試験を実施。

クリープ：最大荷重平均値 $\times 1.1/3$

DOL応力レベル：最大荷重平均値 $\times 85,78,69\%$

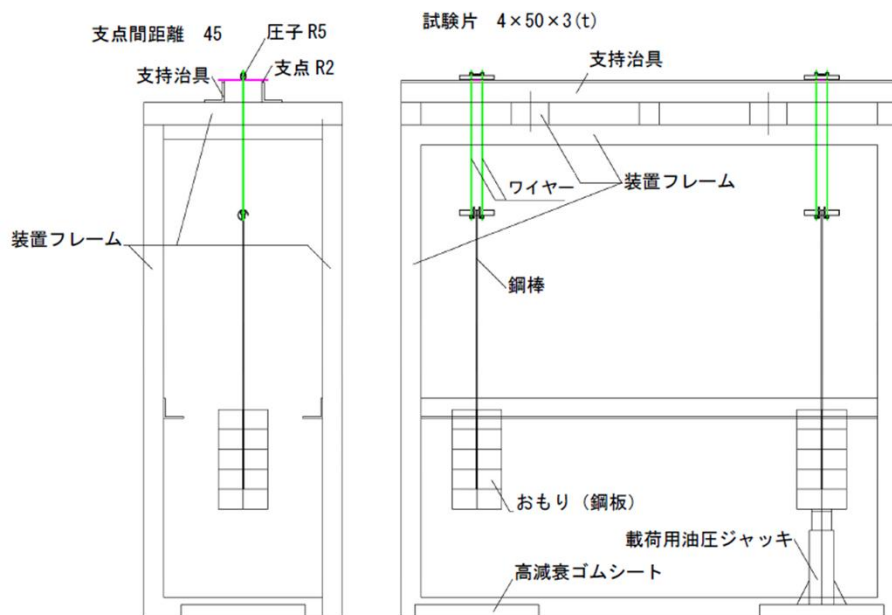
試験室環境雰囲気： $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $65\% \pm 5\%$

・試験片寸法：長さ約50 mm \times 幅約4 mm \times 厚さ約3 mmの短冊

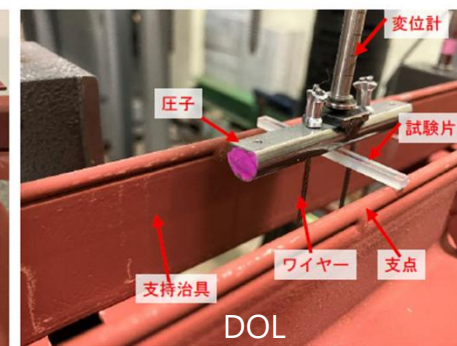
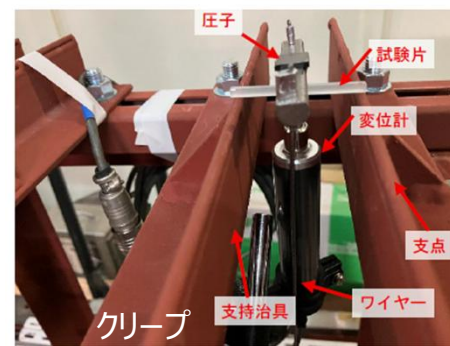
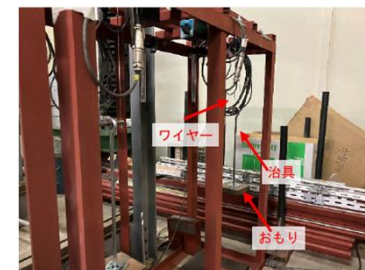
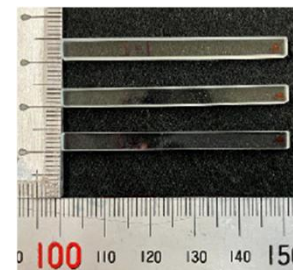
・支点間距離：45 mm

試験装置の例

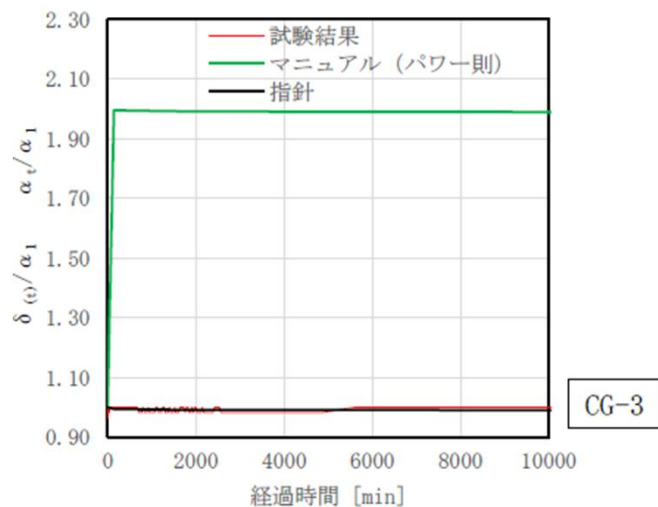
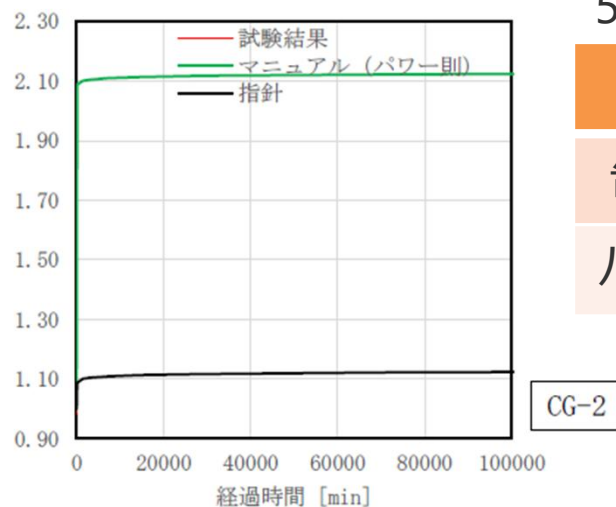
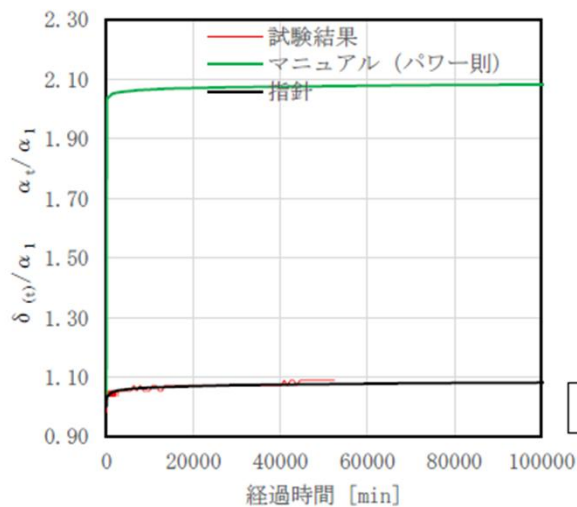
※荷重は、支点間距離の中心の試験片上に配置した圧子とワイヤーを介して、おもりに接続した鋼棒を吊り下げる方法で行った



試験時の様子



4.1 フロートガラスの曲げクリープ試験



50年に対するクリープ調整係数

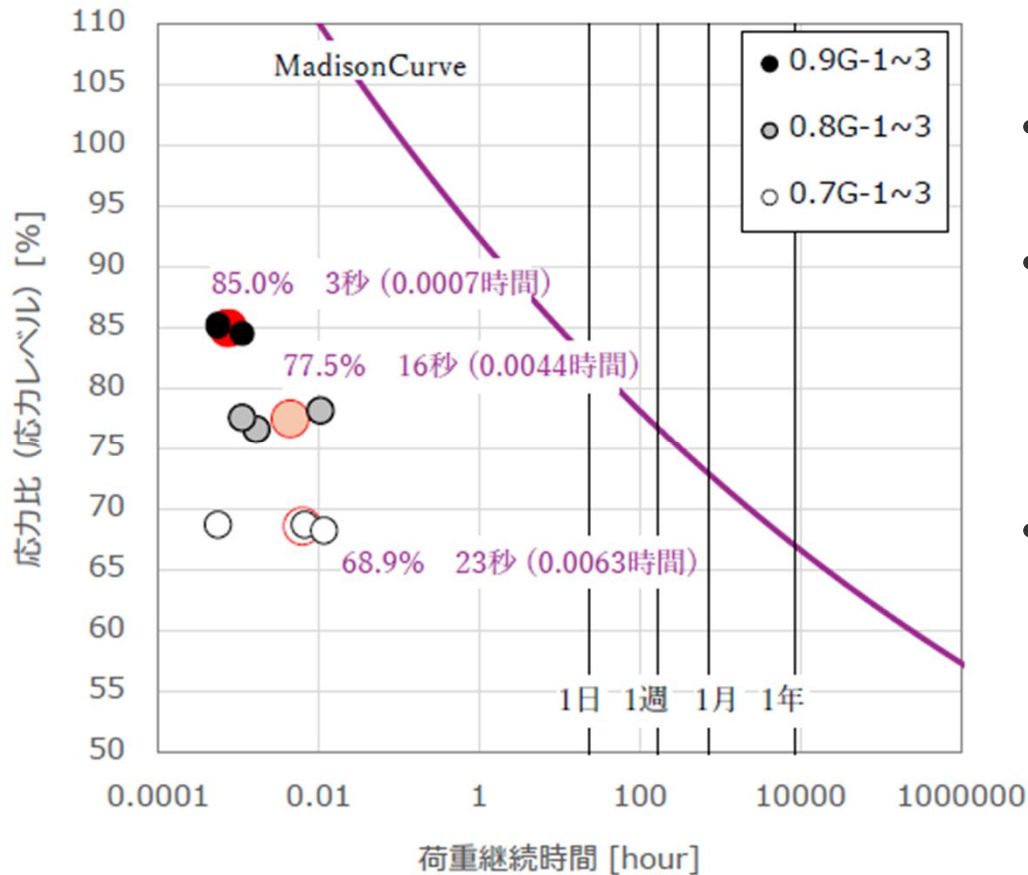
	CG-1	CG-2	CG-3	平均
告示法	1.12	1.16	0.98	1.09
パワー則	2.12	2.16	1.98	2.09

※873時間時点
(CG-2は破断時点 (5.32時間))

- 告示法による解析がよりフィットした結果であり、ガラスはほとんどクリープが見られなかった。ただ、ガラスは脆性材料であり、ほぼ粘弾性がないことから、実際は粘弾性によるクリープ進行はほぼないと考えている（ガラスは部材の微小欠陥を起点として破壊が進行すると言われている）。
- ガラス/木複合部材の曲げクリープを試験した際には、ガラスによるクリープ抑制効果があることが見込まれる。（ただし、ガラスが破断しない前提において。）

4.1 フロートガラスの曲げDOL試験

DOL試験結果



- フロートガラスは、曲げのDOLが木材対比、**非常に小さい**ことが示唆された。
- ガラスは脆性材料で、部材の微小欠陥を起点として破壊が進行すると言われており、今回、時間とともに亀裂が成長し、破断に至ったと考えている。
- ガラス/木複合部材の曲げDOLを試験した際には、ガラス部位が木部より先行して破断する可能性が示唆された。

4.2 木/木, CFRP/木, ガラス/木接着試験

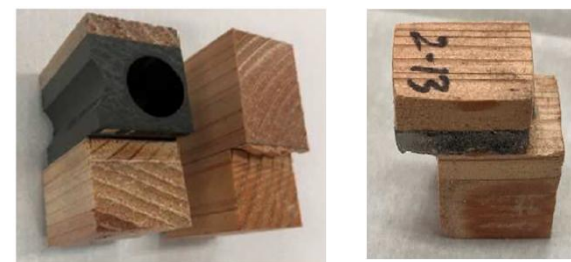
昨年度報告で、イソシアネート系接着剤を用いた、木/木等の接着のバラつき（ブロックせん断試験におけるせん断強さ）が大きかったという結果を報告した。今年度は、試験体作製方法等の見直し（養生時間等）を行い、バラつきを改善することができた。また、接着剤種として、イソシアネート系以外に、異なる特性を示す、弾性接着剤での接着評価も行い、接着できることを確認した。現在、これら結果を踏まえ、長期評価を実施中である。

ブロックせん断試験結果

組合せ	接着剤	平均せん断強さ [N/mm ²]	平均木破率 [%]	せん断強さ 変動係数[%]
木/木	イソシアネート	4.97	100	7.71
	弾性	5.60	54	7.86
CFRP/木	イソシアネート	6.16	100	13.18
	弾性	5.20	10	15.47
ガラス/木*	弾性	3.11	1	13.80

*ガラスは接着性を向上させるため、事前にショットブラスト処理により表面を荒らした。
予備試験時にイソシアネート系接着剤でのせん断強さが低かったため、弾性接着剤に限定した。

いす型試験片



試験時の様子



4. 要素試験 目次

04 要素試験

1. CFRP, フロートガラス曲げ試験

①短期曲げ試験

※長期：クリープ、DOL

②長期曲げ試験

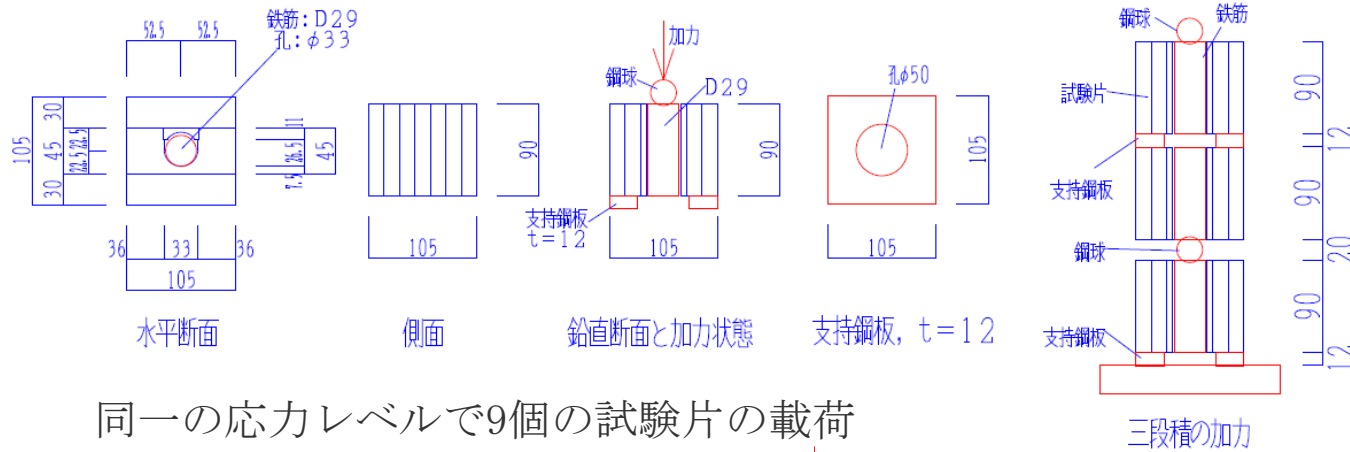
2. 木/木, CFRP/木, ガラス/木接着試験

3. 鉄筋/木付着試験

①短期付着試験

②長期付着試験

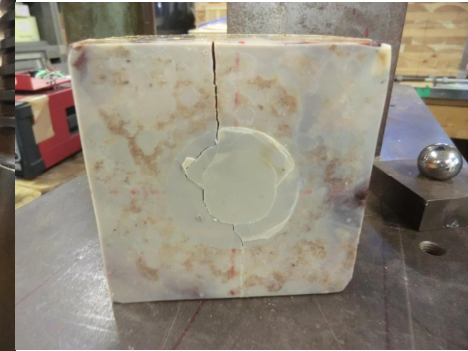
4.3 鉄筋/木/鉄筋押し抜き試験/短期(1)



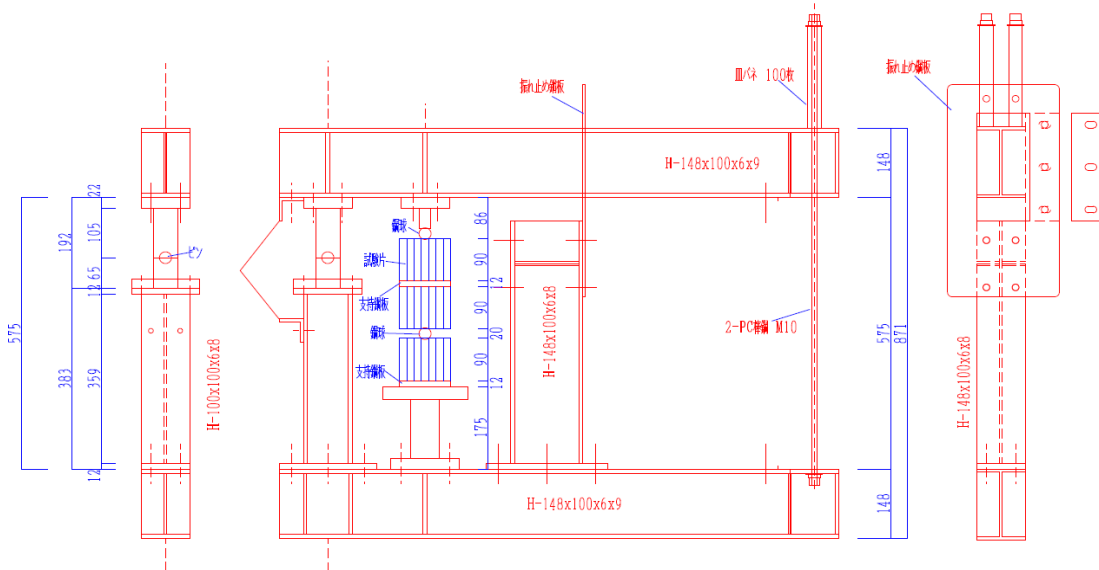
同一の応力レベルで9個の試験片の载荷



短期载荷



底面の破壊状況

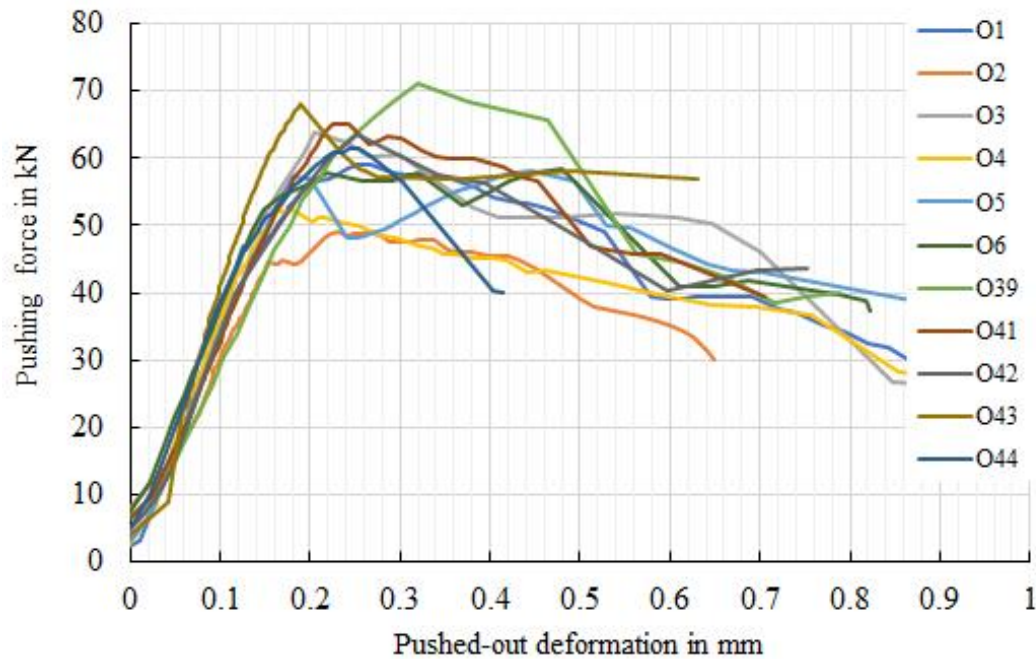


加力装置



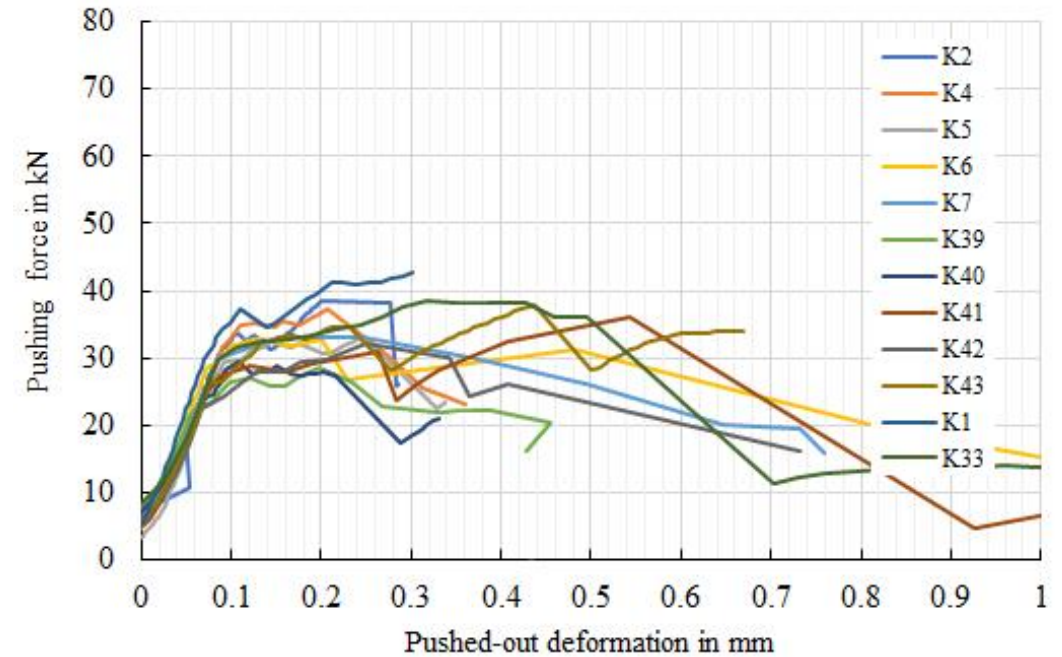
恒温室に設置された6台の加力装置

4.3 鉄筋/木/鉄筋押し抜き試験/短期(2)



オーシカTE-257L2とネジ鉄筋

図5.3.3 押し抜き荷重－抜け出し変形関係(オーシカ接着剤とねじ鉄筋)



コニシE206と普通鉄筋

図5.3.4 押し抜き荷重－抜け出し変形関係(コニシ接着剤と普通鉄筋)

4.3 鉄筋/木/鉄筋DOL押し抜き試験(3)

試験室環境雰囲気：常温

試験体:全面接着剤コーティング
鉄筋と鉄筋の接着剤:

オーシカ257L2+ネジ鉄筋D29

コニシE206W+異形鉄筋D29

応力レベル:90%,80%,70%で各9個

現在:90%が進行中

変動係数が10.6%, 8.0%と大きく

応力レベルが難しい。

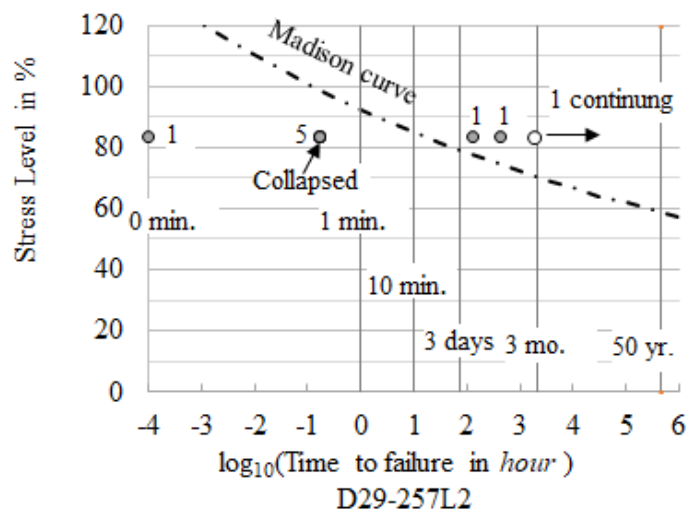


図5.3.5 応力レベル比-荷重継続時間関係(オーシカ接着剤とねじ鉄筋)

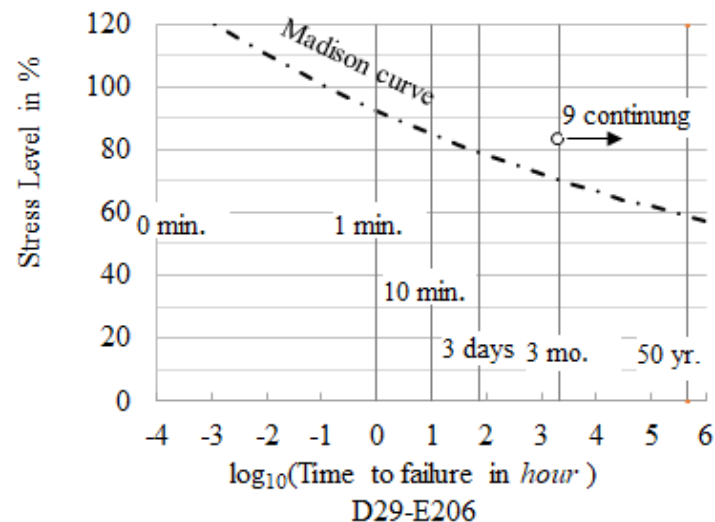


図5.3.6 応力レベル比-荷重継続時間関係(コニシ接着剤と普通鉄筋)



合板による座屈防止



押し抜き防止



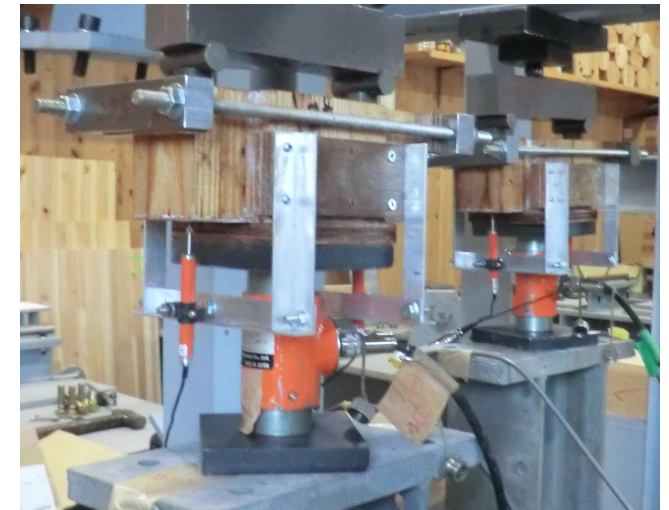
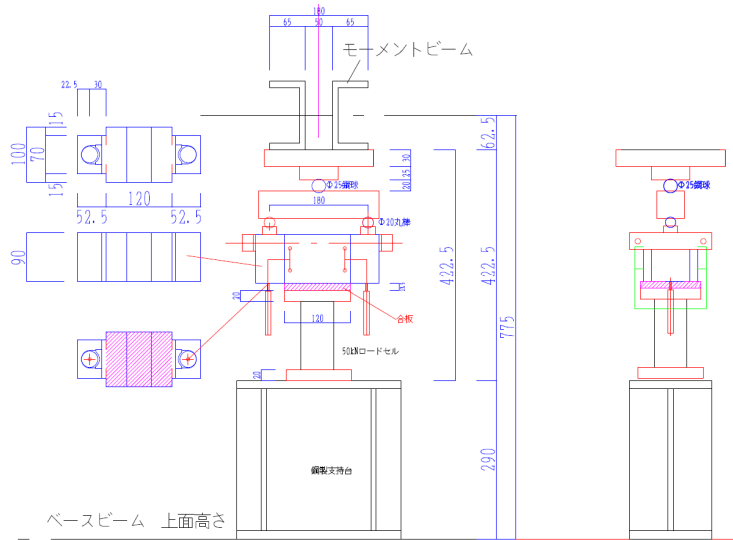
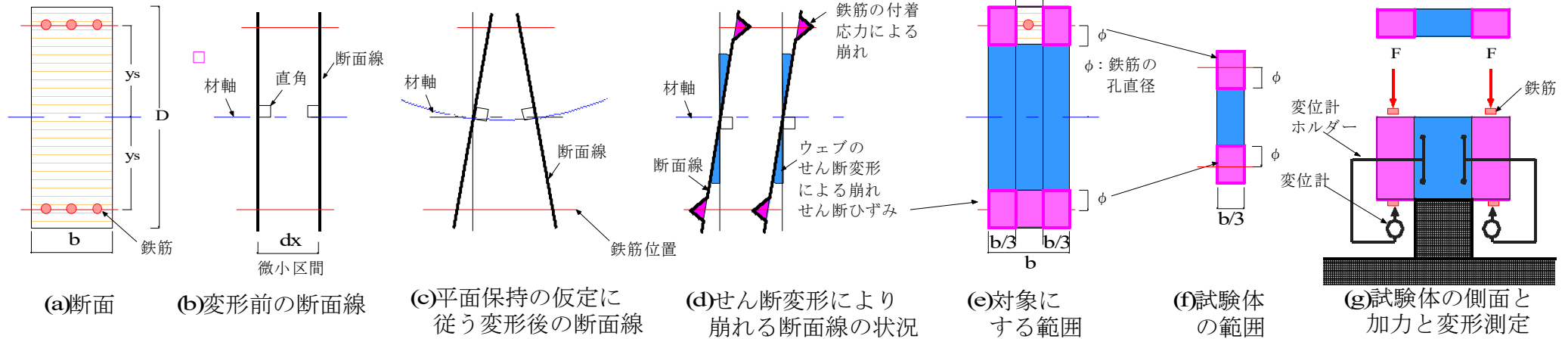
ビスによる角形合板
圧縮加力を安定させる



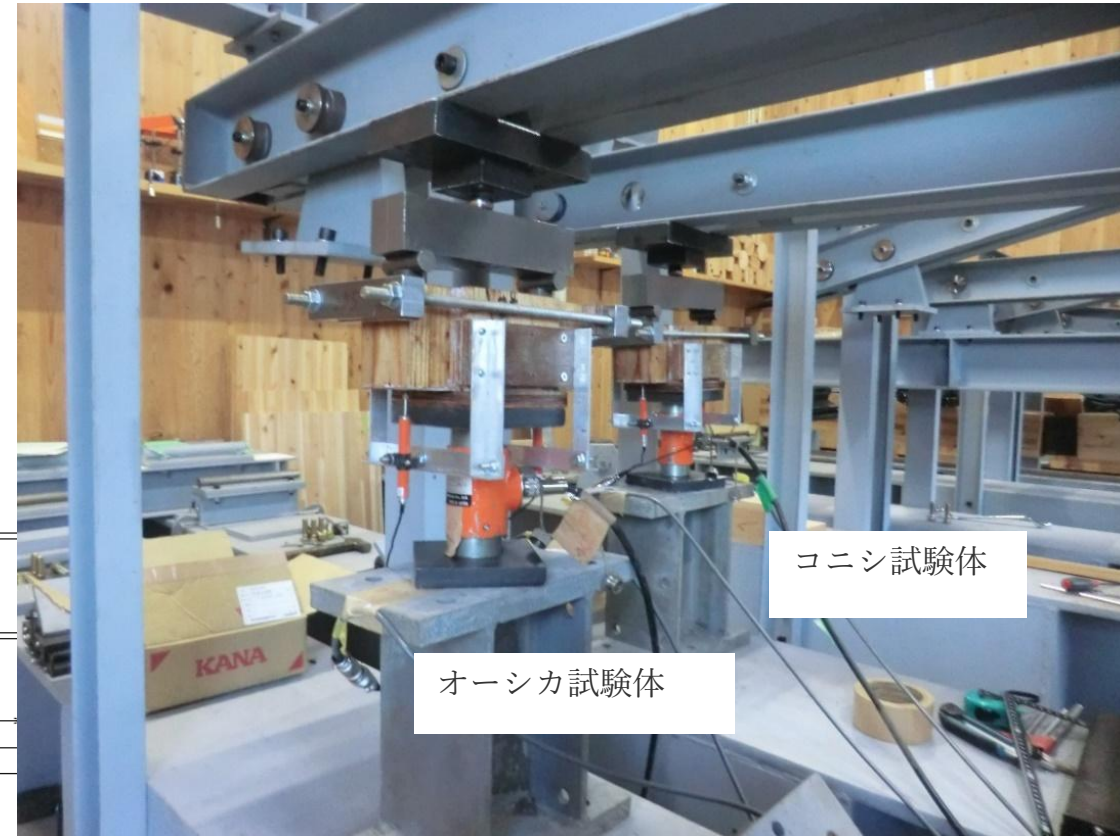
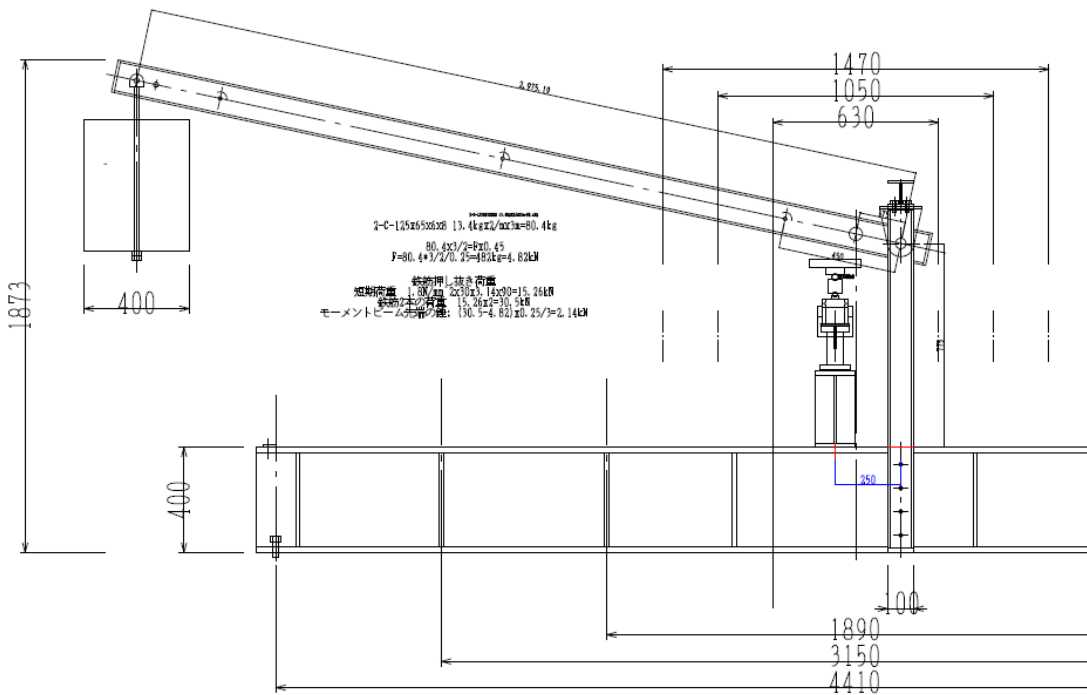
接着剤別番号	接着剤	試験片高さ mm	最大荷重 kN	最大応力 N/mm ²
O-No.1		91.50	48.50	5.11
O-No.2		90.80	49.14	5.09
O-No.3		91.00	50.30	5.33
O-No.4		90.20	50.60	5.41
O-No.5	オーシカ	90.60	52.40	5.58
O-No.6	257L2	91.20	57.22	6.05
O-No.7		92.00	58.53	6.14
O-No.8		93.20	59.07	6.11
O-No.9		91.50	63.58	6.70
O-No.10		92.40	63.77	6.66
平均値		91.44	55.31	5.82
標準偏差		0.90	5.85	0.60
変動係数		0.010	0.106	0.103

接着剤別番号	接着剤	試験片高さ mm	最大荷重 kN	最大応力 N/mm ²
K-No.1		92.4	28.66	2.99
K-No.2		91.7	28.98	3.05
K-No.3		90.4	32.23	3.44
K-No.4		91.8	32.82	3.45
K-No.5	コニシ	91.7	33.05	3.48
K-No.6	E206	91.2	33.30	3.52
K-No.7		91.2	33.30	3.52
K-No.8		90.6	35.57	3.79
K-No.9		92.3	36.04	3.77
K-No.10		90.8	36.34	3.86
平均値		91.41	33.03	3.49
標準偏差		0.69	2.64	0.29
変動係数		0.007	0.080	0.083

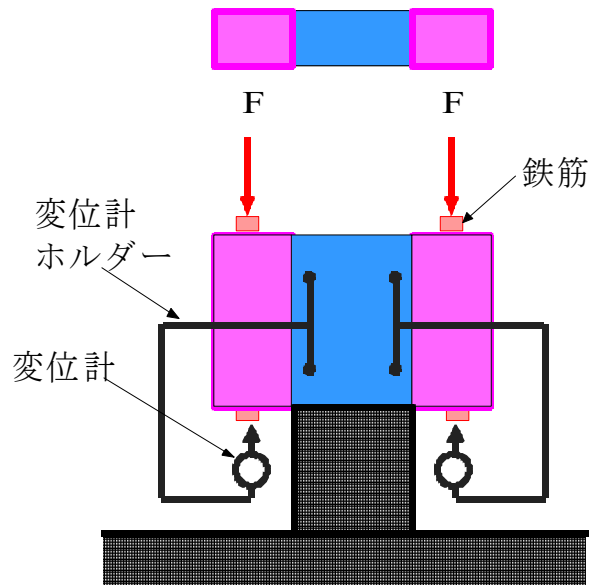
4.3 鉄筋/木/鉄筋押し抜きクリープ試験



4.3 鉄筋/木/鉄筋押し抜きクリープ試験 (2)

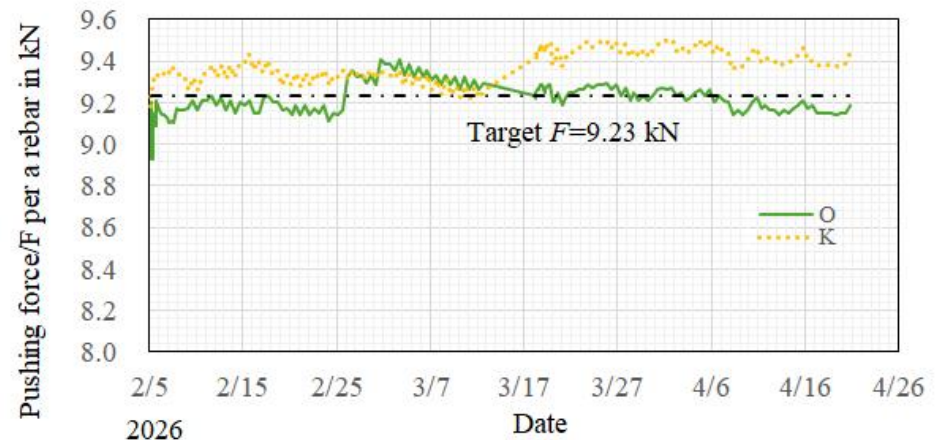
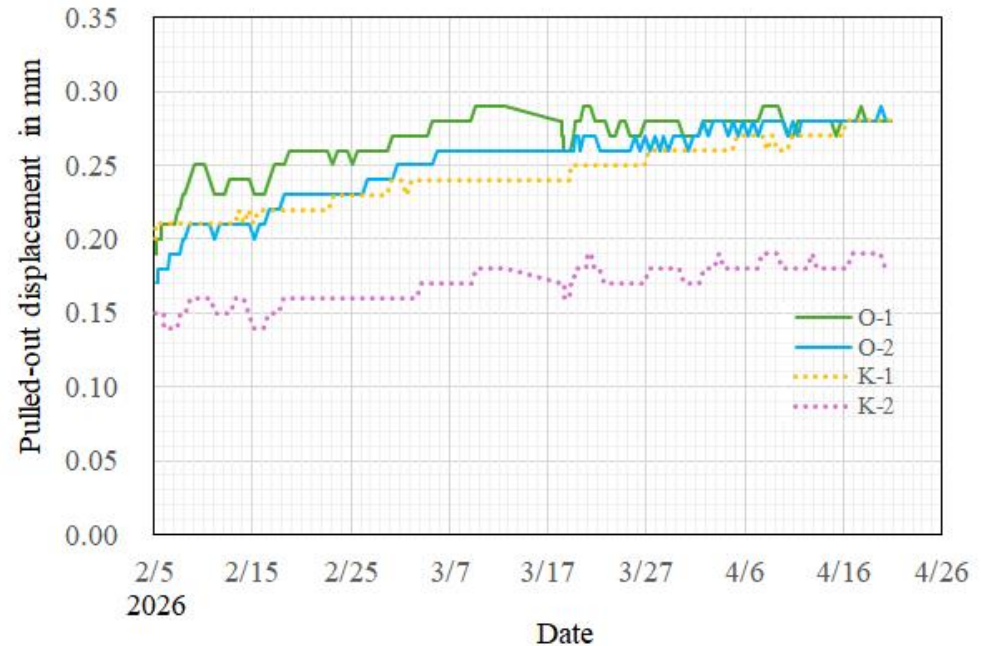


4.3 鉄筋/木/鉄筋押し抜きクリープ試験 (3)



(g)試験体の側面と加力と変形測定

鉄筋1本あたりの載荷荷重の計算
 $2.7\text{N/mm}^2(\text{せん断強度}) \times 1.1 \times 3 \times 33 \times 3.14 \times 90 = 9.23\text{kN}$



目次

- 01 事業の背景・目的
- 02 事業の実施体制／委員体制
- 03 事業の実施計画
- 04 要素試験
- 05 複合部材試験
- 06 まとめ

4. 要素試験 目次

05 複合部材試験

1. CFRP/木複合部材曲げ試験

①短期試験

②長期試験

2. 鉄筋/木複合部材曲げ試験

①短期試験

②長期試験

※長期：クリープ、DOL

5.1 CFRP/木複合部材の短期曲げ試験

CFRP/木複合部材の長期曲げ試験のベースとなる曲げ強さを確認するため、短期曲げ試験を実施した。

試験室環境雰囲気：常温・常湿

試験体：CFRP/木（イソシアネート接着）

試験方法：三等分四点曲げ

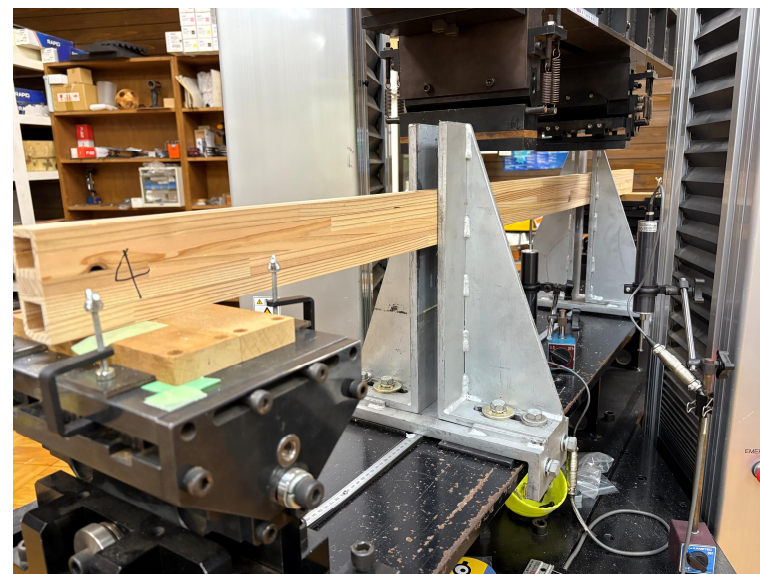
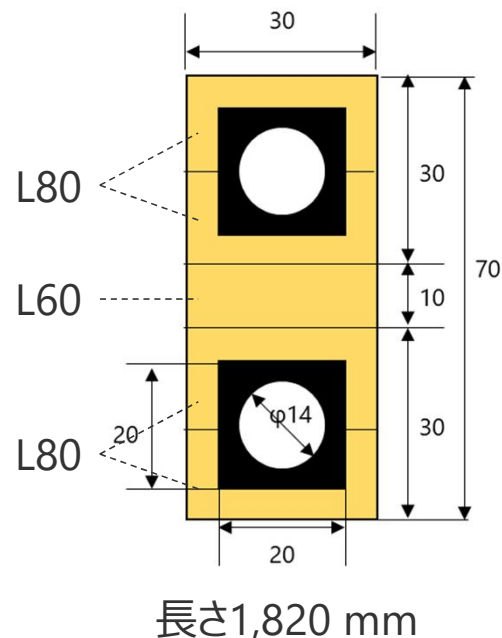
スパン：1,680 mm（スパン/梁せい比=24）

試験体断面

全断面中CFRP割合：23.4%

CFRP応力負担割合*：90.0%

*各層の剛性寄与割合（ $E \times I$ ）から算出
CFRP 110 kN/mm², L80 8 kN/mm²,
L60: 6 kN/mm² として。



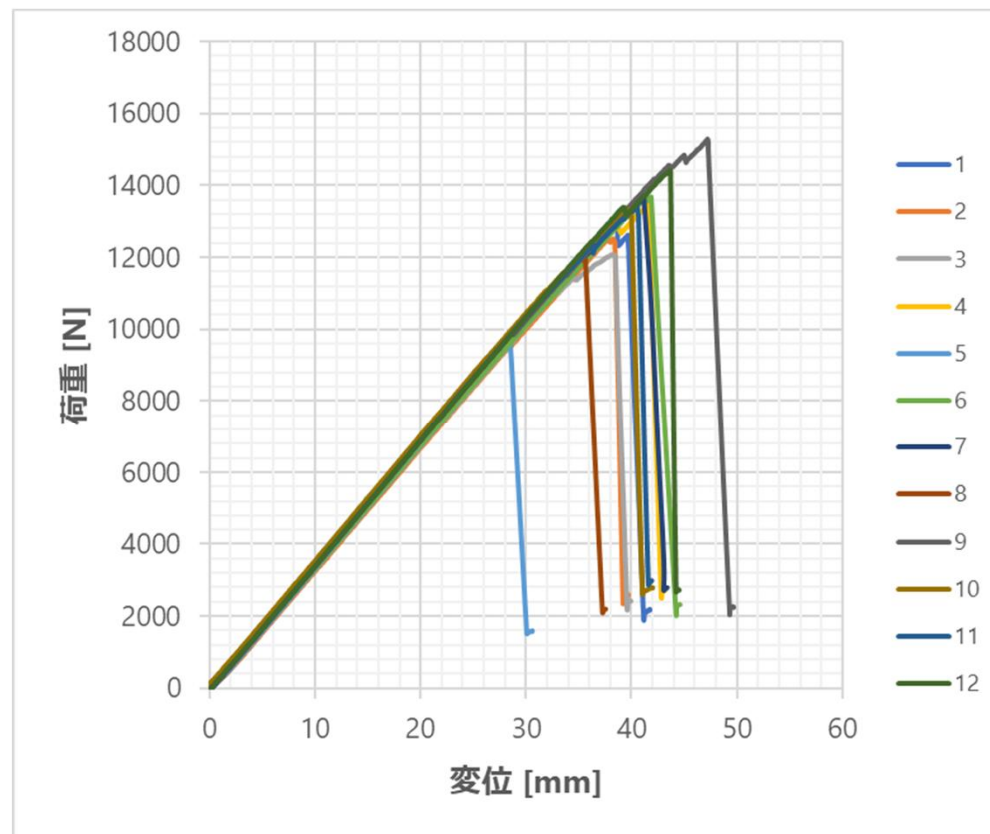
試験時の様子

※転倒・横座屈防止のため、振れ止めを設置した

5.1 CFRP/木複合部材の短期曲げ試験

試験結果

No.	最大荷重	最大たわみ	曲げ強さ	曲げヤング係数
	N	mm	N/mm ²	kN/mm ²
1	12,963	41.74	148.2	34.24
2	12,517	39.70	143.1	33.42
3	12,077	39.94	138.0	33.35
4	13,490	43.17	154.2	34.06
5	9,603	30.59	109.8	33.56
6	13,683	44.61	156.4	33.41
7	13,640	43.38	155.9	34.21
8	12,037	37.55	137.6	34.70
9	15,290	49.68	174.7	34.23
10	13,347	42.01	152.5	33.99
11	13,390	41.92	153.0	34.16
12	14,417	44.52	164.8	34.07
平均	13,038	41.57	149.0	33.95
Max	15,290	49.68	174.7	34.70
min	9,603	30.59	109.8	33.35
標準偏差	1,419.8	4.600	16.23	0.421
C.V.(%)	10.9	11.1	10.9	1.2

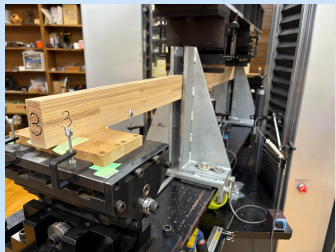
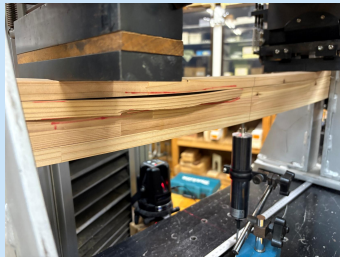






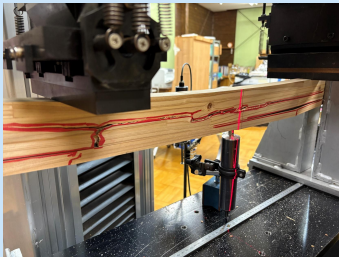



最大荷重の平均値は13,038 N（曲げ強さ149.0 N/mm²）、曲げヤング係数の平均値は33.95 kN/mm²であり、予想値（それぞれ121.3 N/mm², 29.21 kN/mm²）以上の結果が得られた。

本試験で得られた平均値をベースに、長期荷重の設定を行った。

5.1 CFRP/木複合部材の短期曲げ試験

試験体写真の例

試験体 No.	試験前	試験後		
3				
5				
9				

5.1 CFRP/木複合部材の短期曲げ試験

CFRP/木複合部材の短期試験で得られた結果を元に、曲げクリープ・DOL試験を行った。

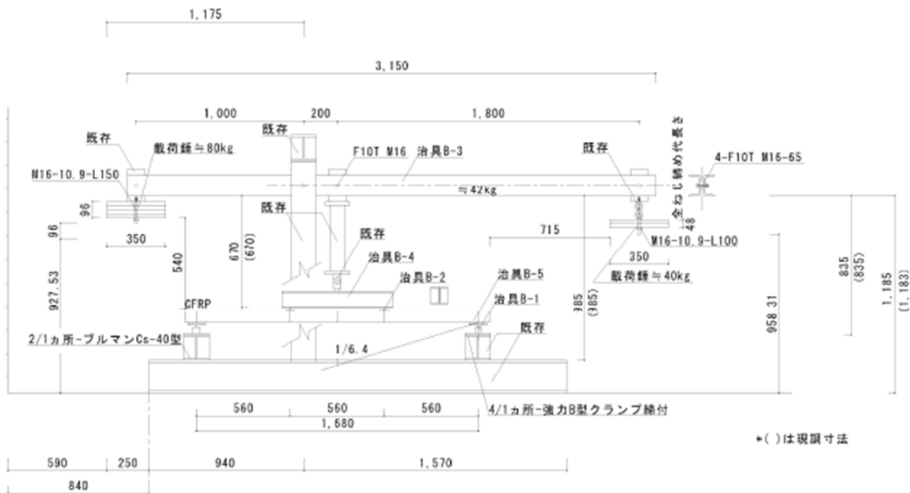
試験体：CFRP/木（イソシアネート接着）

クリープ 応力レベル：短期曲げ試験平均値 × 1.1/3

DOL 応力レベル：短期曲げ試験平均値 × 90,80,70%

試験室環境雰囲気：20°C±2°C、相対湿度65%±5%

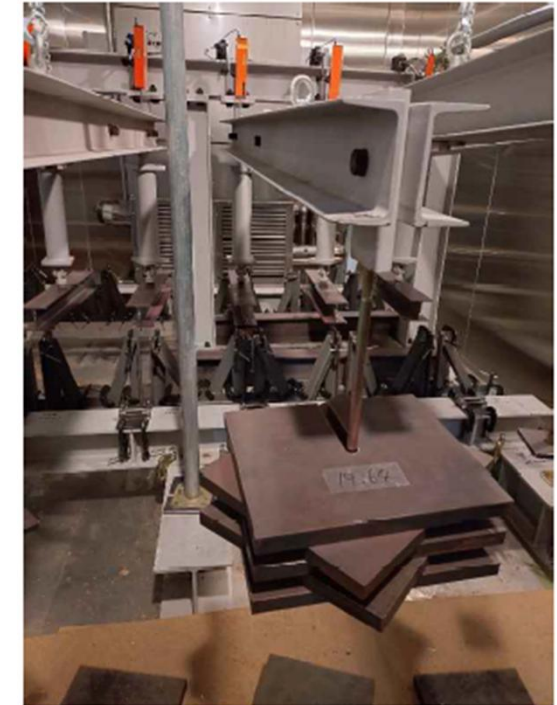
試験方法：モーメントアーム式試験機を用いた三等分四点曲げ



クリープ载荷試験機



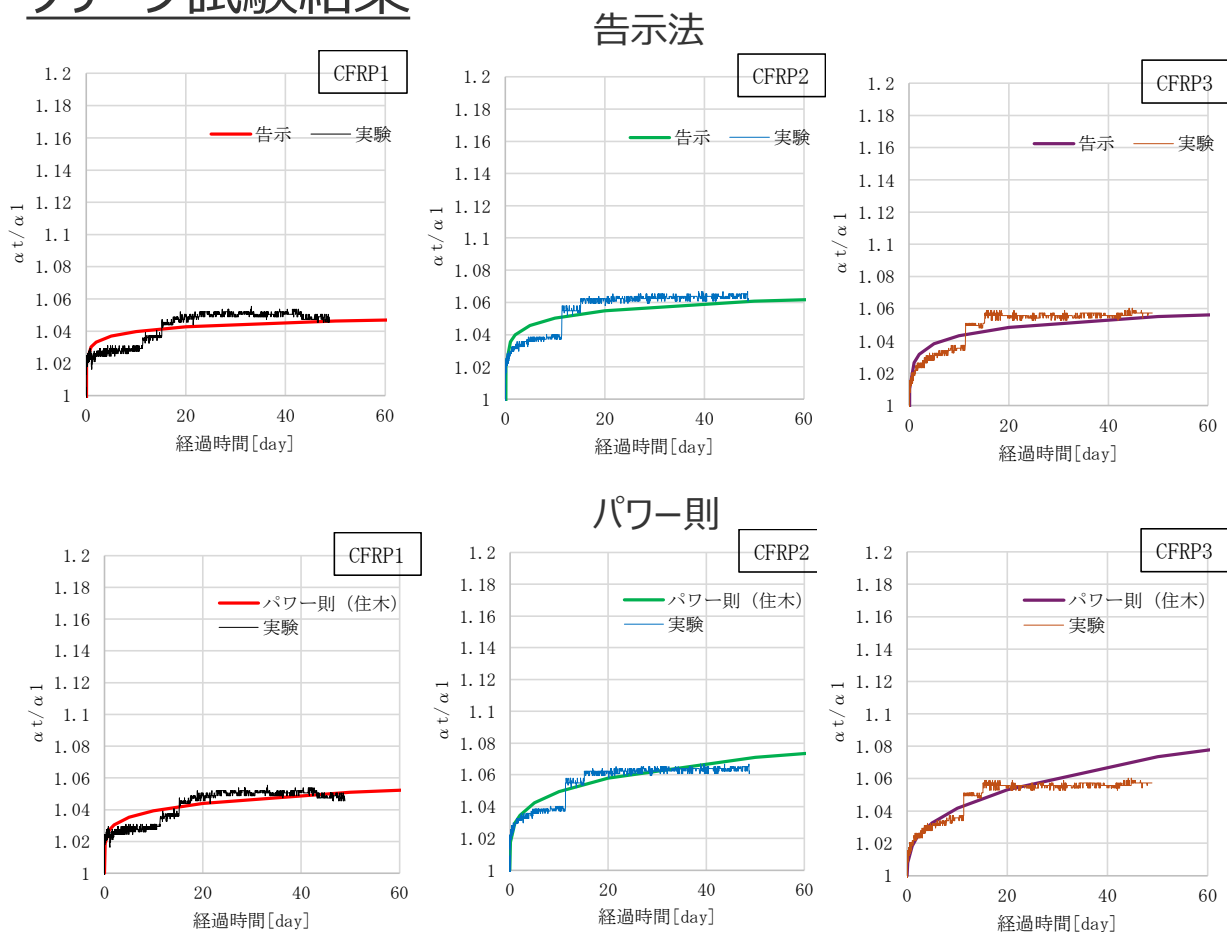
クリープ载荷試験機



DOL载荷試験機

5.1 CFRP/木複合部材の曲げクリープ試験結果

クリープ試験結果



たわみ比（载荷後1分のたわみに対する比）-経過時間

50年に対するクリープ調整係数

	1	2	3	平均
告示法	1.07	1.10	1.10	1.09
パワー則	1.13	1.27	1.59	1.33

*5週間時点での結果より。

CFRP単独の場合、告示法/パワー則 = 1.04/1.09。

- 告示法による解析がよりフィットした結果となった。
- 予想通り、CFRP/木複合試験体のクリープ調整係数はかなり低い値（帝人過去試験時と同傾向）となった。

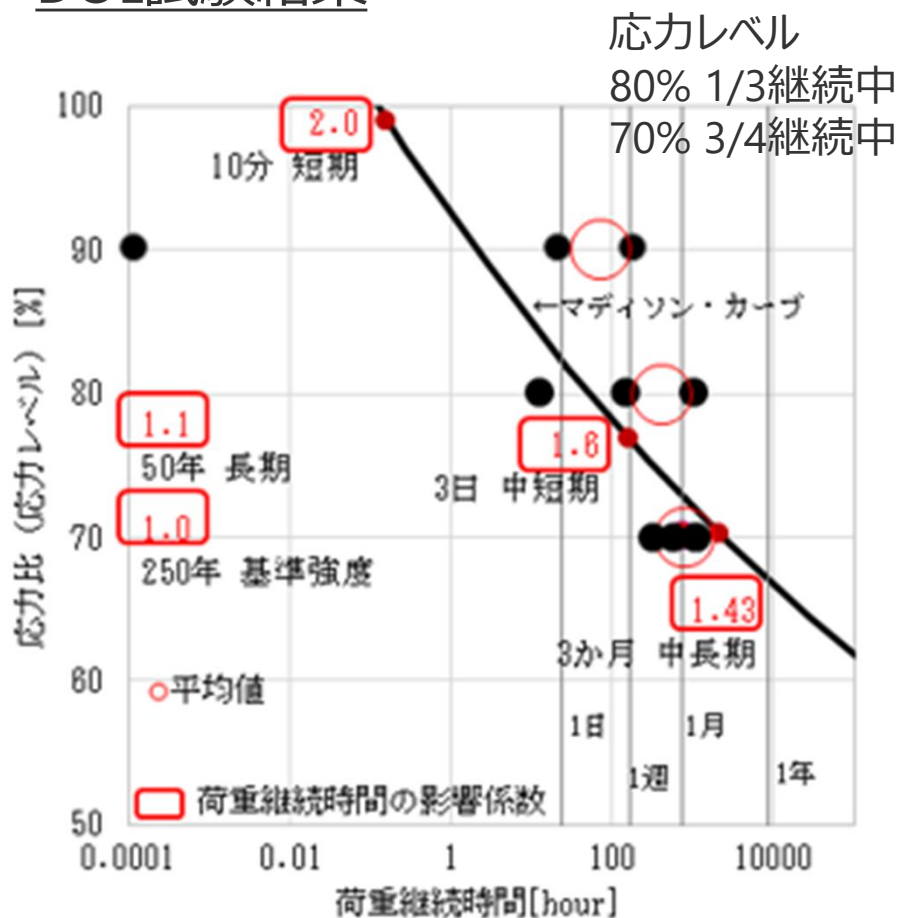


梁断面の設計がたわみ律速となる場合において、断面サイズ縮小に大きく寄与できる可能性が示唆された。

（変形増大係数：2 → 1.1 など）。

5.1 CFRP/木複合部材の曲げDOL試験結果

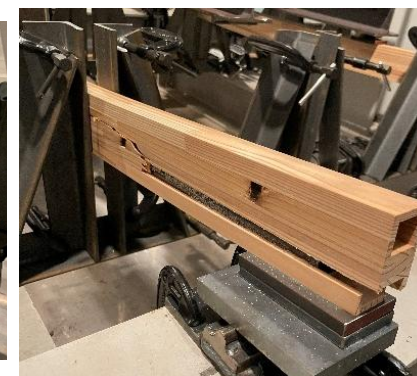
DOL試験結果



90%



80%



70%

- 応カレベル90,80%でマディソン・カーブを超えており、70%も超えそうな傾向が得られている。
- 破断した試験体は、木部で破壊している。



CFRP単体、接着、上記曲げのDOL試験の結果を踏まえると、木部が破壊するようなCFRP/木複合部材のDOL調整係数は、木材以上（安全側として木材同等）と考えて良いように思われる結果が得られた。

4. 要素試験 目次

05 複合部材試験

1. CFRP/木複合部材曲げ試験

①短期試験

②長期試験

2. 鉄筋/木複合部材曲げ試験

①短期試験

②長期試験

※長期：クリープ、DOL

5.2 鉄筋/木複合部材の短期曲げ試験(1)

鉄筋/木複合部材の長期曲げ試験のベースとなる曲げ強さを確認するため、短期曲げ試験を実施した。

試験室環境雰囲気：20±2℃ 相対湿度65±5%，建築研究所

試験体：鉄筋/木（エポキシ接着剤/E206W）

試験方法：三等分四点曲げ

スパン：1,680 mm（スパン/梁せい比=24）

試験体断面

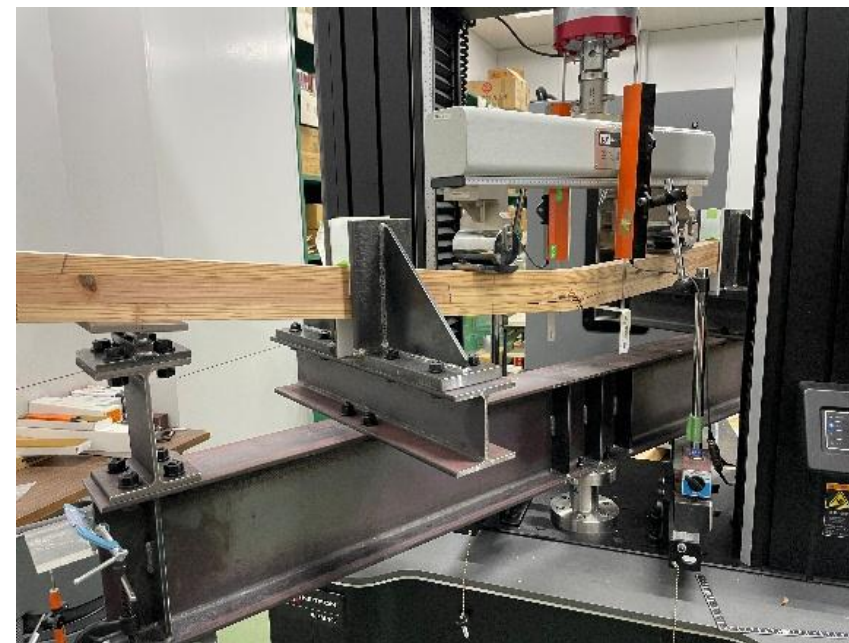
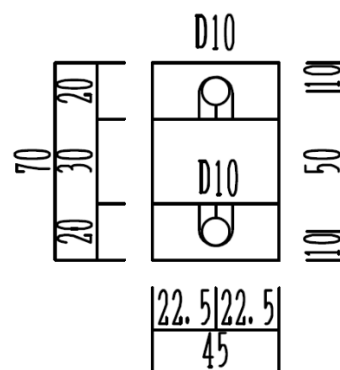
スギラミナL70で構成

全手鉄筋比：4.42%

引張鉄筋比，圧縮鉄筋比：2.21%

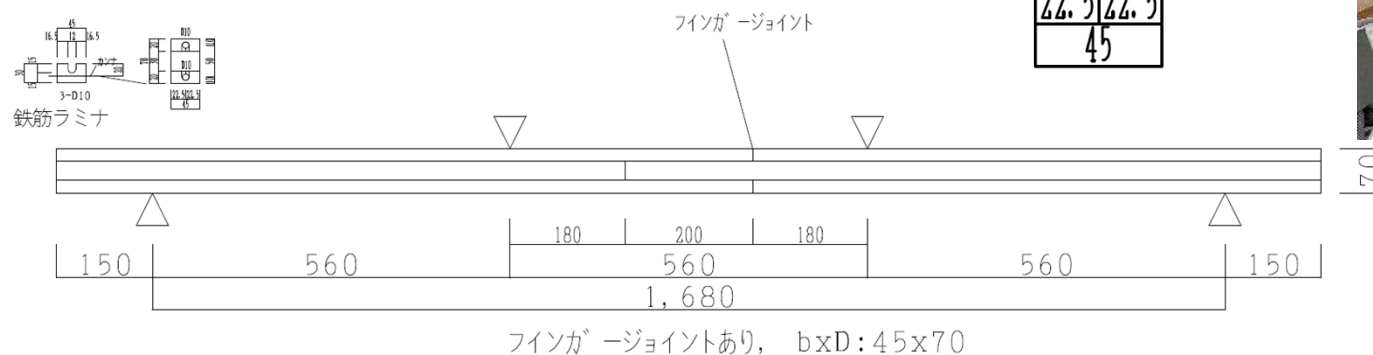
鉄筋の応力負担割合：52%

鉄筋：異形鉄筋SD295



試験時の様子

※転倒・横座屈防止のため、振れ止めを設置した



フィンガージョイントあり， bxD: 45x70

5.2 鉄筋/木複合部材の短期曲げ試験(2)

鉄筋集成材の梁のDOL係数の推定式

$$\begin{aligned} \gamma_{hy}(t) &= (sM_y + \gamma_w(t) \cdot wM_u) / (sM_y + wM_u) \\ &= (\alpha + \gamma_w(t)) / (\alpha + 1.0) \end{aligned} \quad (7)$$

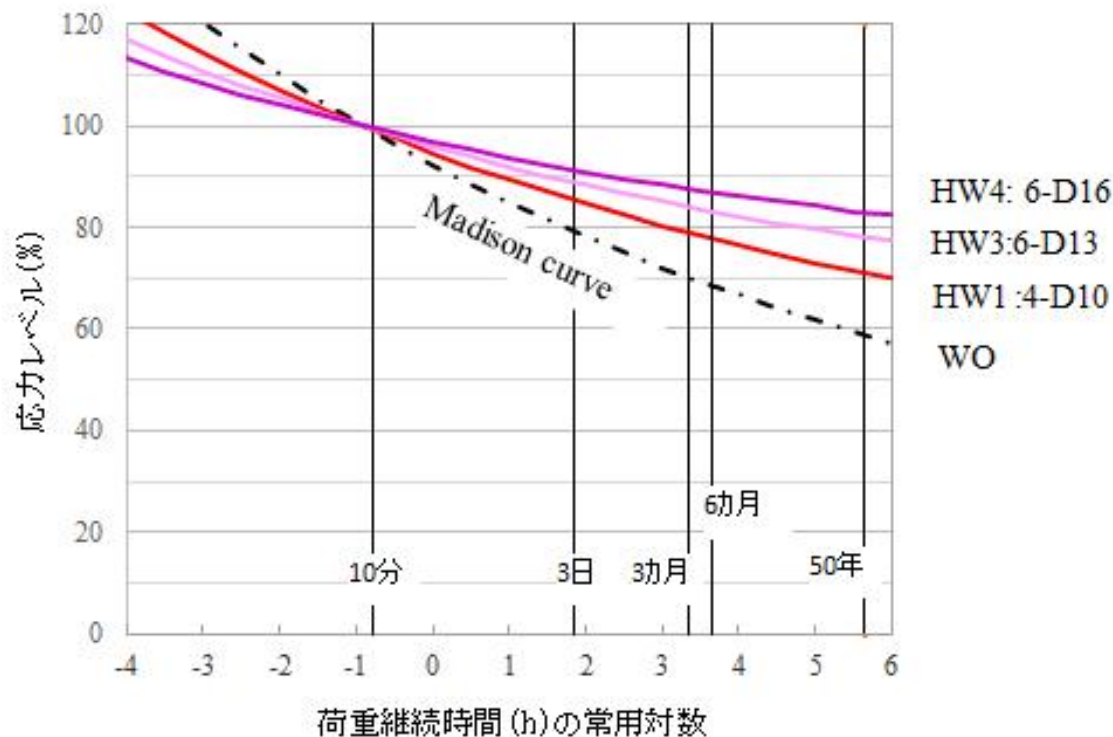
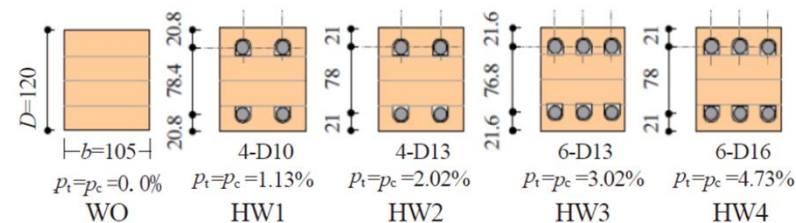
ここに、 α : wM_u に対する sM_y の比

$$\gamma_w(t) = 108.4 / (t^{0.04635}) + 18.3$$

t : 破壊までの経過時間(単位: 秒)

鉄筋量によりDOL係数の曲線は変化する。

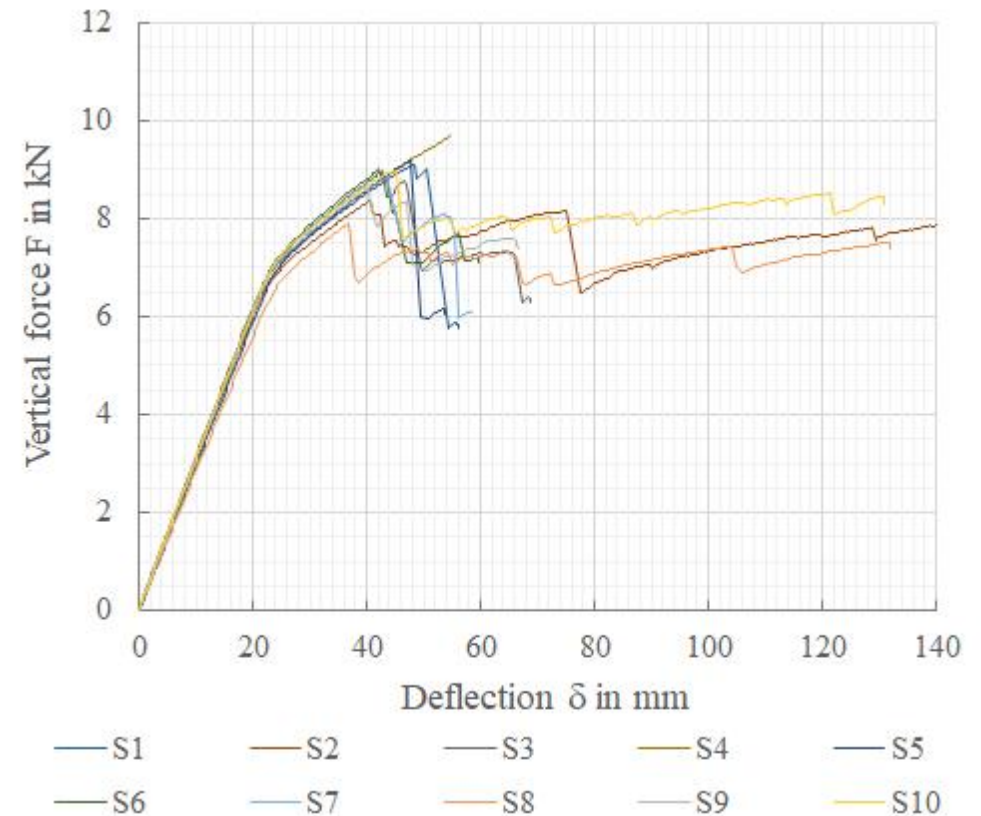
応力レベルを80%以下にすると破壊時間の確認が困難になる。



推定式による鉄筋集成材の応力レベルと荷重継続時間の関係

5.2 鉄筋/木複合部材の短期曲げ試験(3)

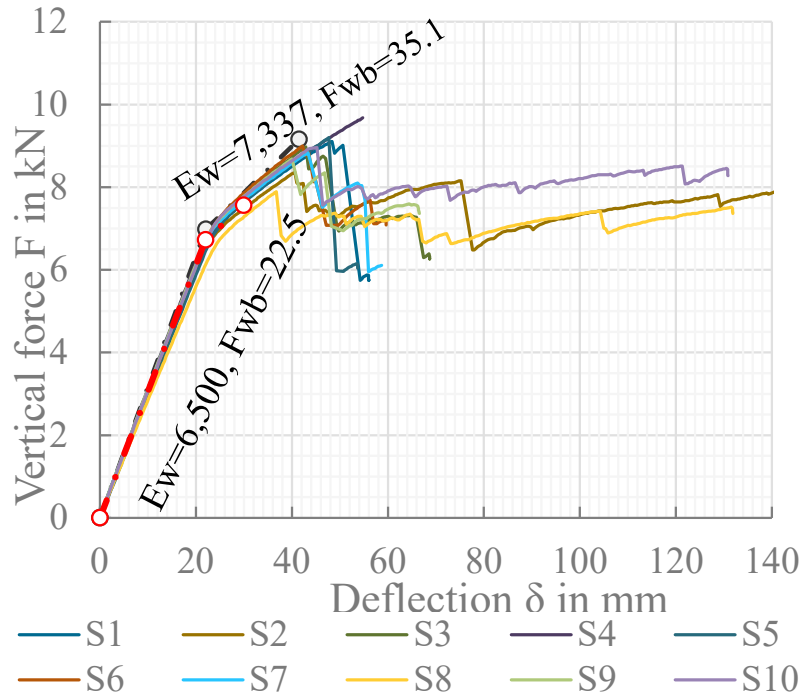
No.	Specimen	F _y kN	δ _y mm	F _{max} kN	δF _{max} mm	Test's room
1	K1	7.50	22.50	9.75	84.41	Kagoshima university
2	K2	7.40	20.50	8.57	31.85	
3	S1	6.95	24.00	9.11	48.38	Building research institute
4	S2	6.95	24.00	8.37	40.58	
5	S3	7.05	23.50	8.97	42.88	
6	S4	7.00	23.00	9.68	54.79	
7	S5	7.05	24.00	9.20	47.66	
8	S6	7.10	23.50	9.00	42.19	
9	S7	7.10	23.50	8.84	43.36	
10	S8	7.10	23.50	7.89	36.77	
11	S9	7.10	23.50	8.68	40.03	
12	S10	7.15	23.50	8.96	45.20	
AVE		7.12	23.25	8.92	46.51	
SD		0.069	0.316	0.484	5.107	
CV		0.010	0.014	0.054	0.110	



5.2 鉄筋/木複合部材の短期曲げ試験(4)

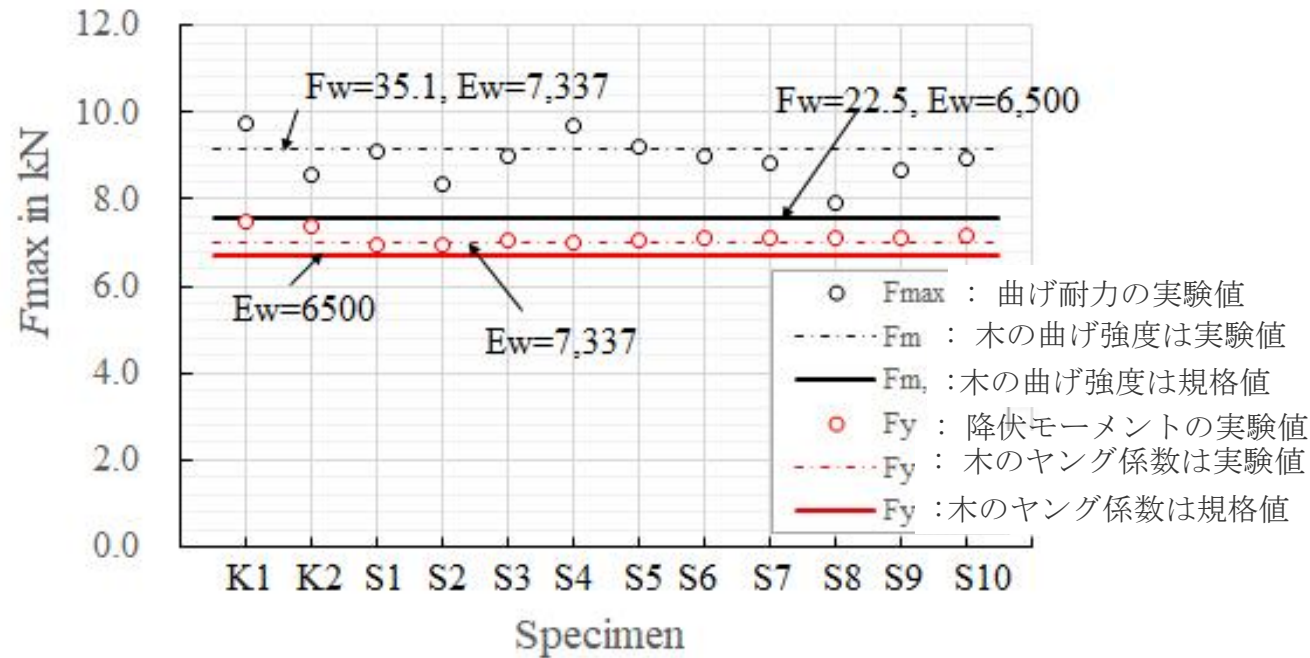


5.2 鉄筋/木複合部材の短期曲げ試験/計算値と比較(5)



計算値と比較

- - - : 集成材梁の加力による曲げ剛性と曲げ強度による計算
- · - · : 集成材梁の規格値の曲げ剛性と曲げ強度による計算



加力による集成材梁の曲げ強度の実験値と鉄筋の降伏強度および曲げヤング係数を用いると、鉄筋集成材の曲げ降伏モーメントと曲げ耐力を推定している。

集成材の曲げヤング係数とヤング係数を規格値を用いると安全側で推定している。鉄筋SD295の降伏強度はミルシートの降伏強度の値(359N/mm²)を用いている。

5.2 鉄筋/木複合部材の曲げDOL試験(6)

試験体名	応力レベル	進捗	载荷時間(時)
S11	90%	継続	1258
S12	90%	継続	1258
S13	90%	破壊	2.35
S14	85%	-	-
S15	85%	-	-
S16	85%	-	-
S17	95 or 80%	-	-
S18	95 or 80%	-	-
S19	95 or 80%	-	-

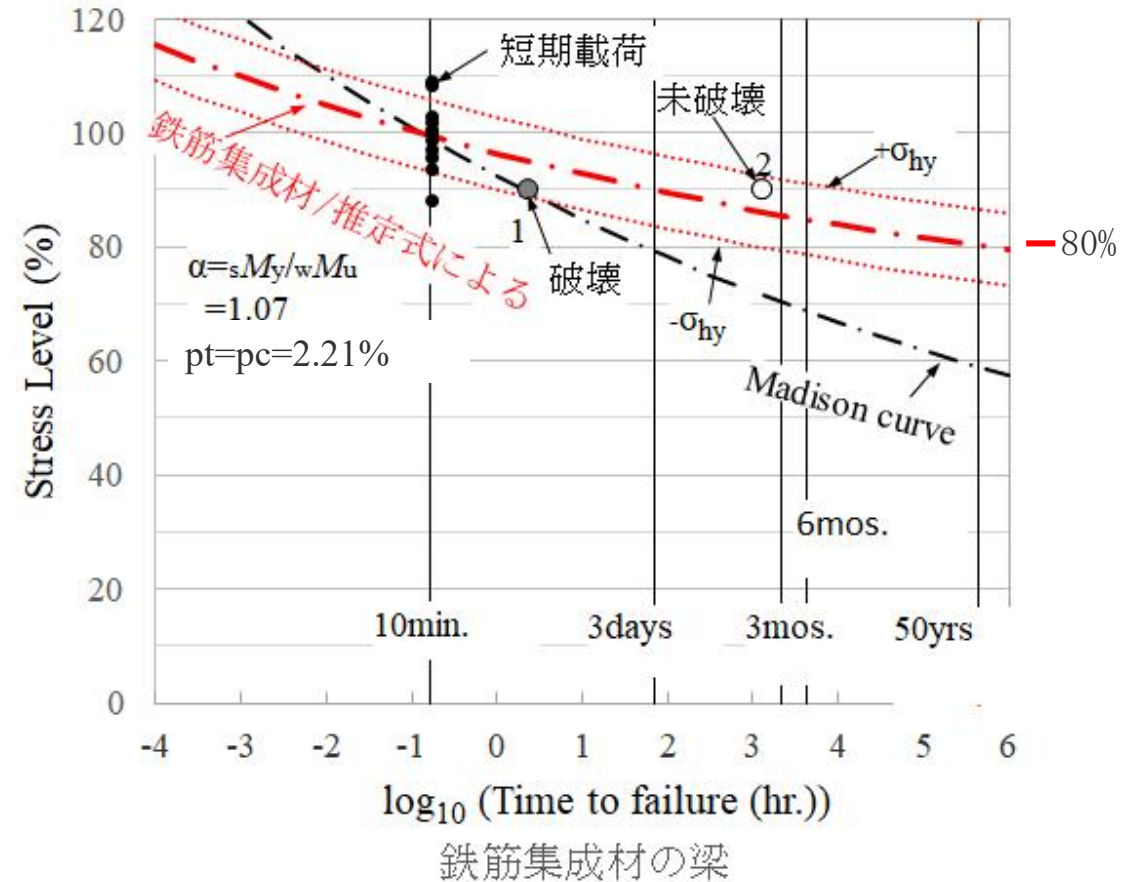
鉄筋集成材の梁のDOL係数の推定式

$$\begin{aligned} \gamma_{hy}(t) &= (sM_y + \gamma_w(t) \cdot wM_u) / (sM_y + wM_u) \\ &= (\alpha + \gamma_w(t)) / (\alpha + 1.0) \end{aligned} \quad (7)$$

ここに、 α : wM_u に対する sM_y の比

$$\gamma_w(t) = 108.4 / (t^{0.04635}) + 18.3$$

t : 破壊までの経過時間(単位: 秒)



推定式の曲線に沿って鉄筋集成材の梁の曲げ耐力の標準偏差の範囲内に破壊時間となっている。

5.2 鉄筋/木複合部材の曲げDOL試験(7)

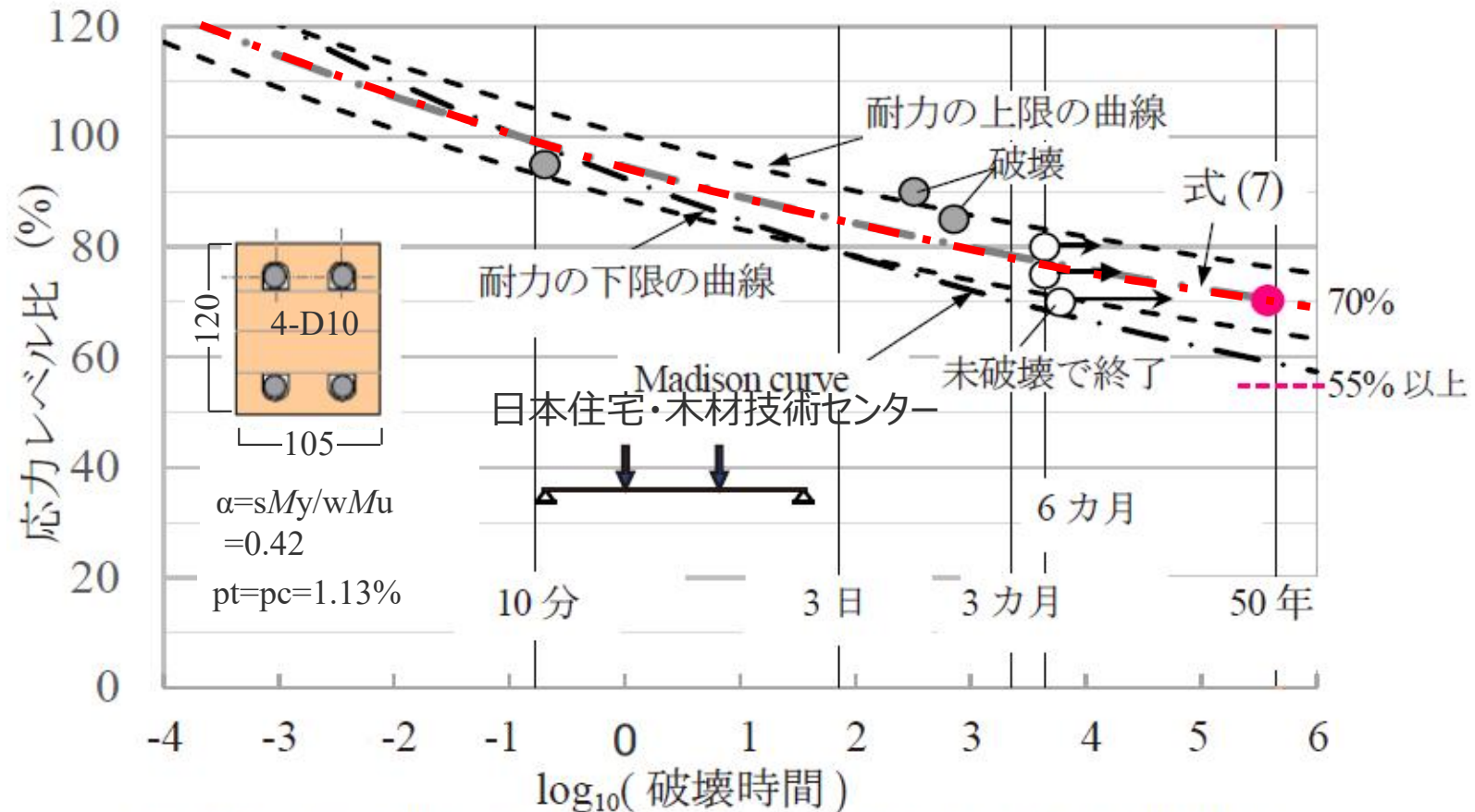


図7 梁の载荷の応力レベル - 荷重継続時間関係

木質系複合材料の長期構造性能の検討/平成29年日本住宅・木材技術センター

5.2 鉄筋/木複合部材の曲げクリープ試験結果(1)

鉄筋/木複合部材の集成材の梁の曲げ強さを確認するため、短期曲げ試験も実施した。

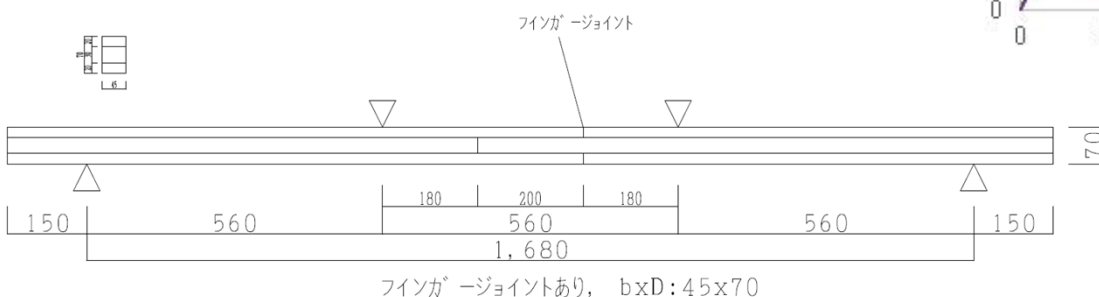
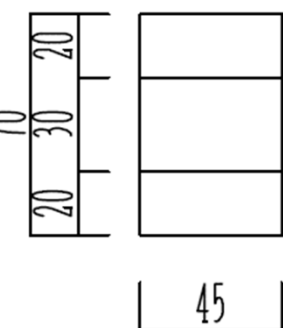
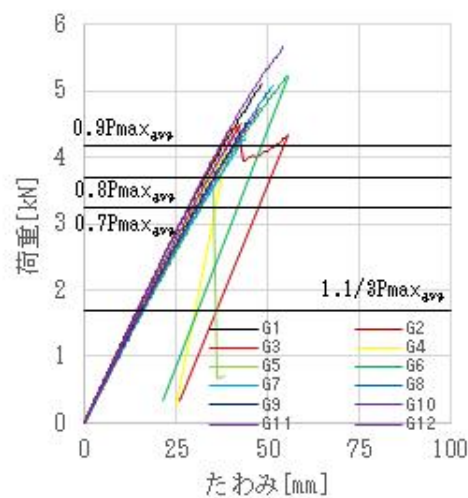
試験室環境雰囲気：20±2℃ 相対湿度65±5%，建築研究所

試験体：鉄筋/木（エポキシ接着剤/E206W）

試験方法：三等分四点曲げ

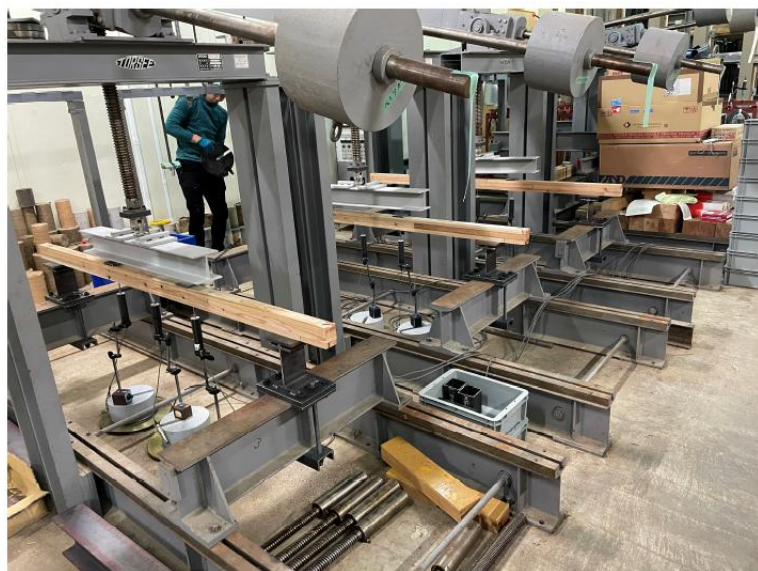
スパン：1,680 mm（スパン/梁せい比=24）

名称	最大荷重 kN	平均変位 mm	曲げ強度 N/mm ²	ヤング係数 N/mm ²
G1	5.107	48.54	38.54	7441
G2	4.452	41.71	33.77	7553
G3	4.513	42.87	34.21	7109
G4	4.056	38.56	30.77	7112
G5	3.557	35.30	26.90	6970
G6	5.220	55.49	39.60	6744
G7	4.287	44.05	32.43	6861
G8	5.080	51.38	38.62	6947
G9	4.544	44.73	34.47	7058
G10	5.653	54.32	42.76	7516
G11	4.738	47.84	35.94	6939
G12	4.351	40.71	33.00	7345
AVE	4.630	45.46	35.08	7133
SD	0.569	6.22	4.31	268.55
CV	0.12	0.14	0.12	0.04

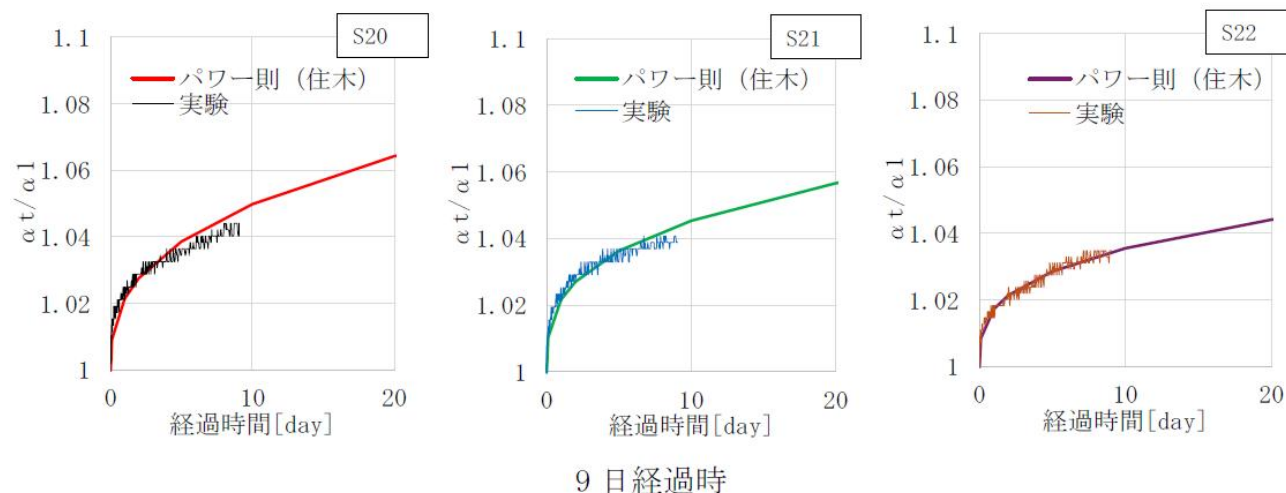


5.2 鉄筋/木複合部材の曲げクリープ試験結果(2)

名称	荷重比	載荷荷重 kN
S20		
S21	1.1/3	3.253
S22		



S20-S22試験体のクリープ載荷状況



鉄筋集成材の梁の曲げ変形のクリープ係数の推定式

$$C_{\phi} = (1.0 + EI_s/EI_w) / (\alpha_w + \alpha_s EI_s/EI_w)$$

集成材の梁のクリープ試験(3体)を追加して、集成材の相対クリープ係数の時系列変化を特定して、鉄筋集成材の相対クリープ係数を式により推定して、推定式の推定精度を明らかにして、実用範囲の断面での鉄筋量の変化に伴う相対クリープ係数を安全側で提供する。

目次

- 01 事業の背景・目的
- 02 事業の実施体制／委員体制
- 03 事業の実施計画
- 04 要素試験
- 05 複合部材試験
- 06 まとめ

6. まとめ（鉄筋関連以外）

1. 昨年度から継続して、CFRPの曲げDOL試験を行った。実施したほとんどの応力レベルでマディソン・カーブを超える結果が得られており、CFRPは木よりもDOL調整係数が高いことが示唆され、CFRP/木複合試験体の曲げDOLは、木のDOLで決まることが予想される。
2. 木と組み合わせる、CFRP、鉄筋以外の異種部材として、PET樹脂に代えて、フロートガラスを評価した。フロートガラスは木材よりも曲げ破壊歪みが小さいという結果が得られた。また、クリープはほぼなく、DOLは木材対比、非常に小さいことが示唆された。
3. 木/木、CFRP/木、フロートガラス/木の接着性をブロックせん断試験で評価した。接着剤としては、イソシアネート系接着剤、弾性系接着剤2種を用いてそれぞれ評価し、接着性能を確認した。今後、長期性能を評価していく。
4. CFRP/木複合部材の短期曲げ試験を行い、その結果を元に、曲げクリープ試験、曲げDOL試験を実施した。クリープについて、クリープ調整係数は1.09であり、梁断面の設計がたわみ律速となる場合において、断面サイズ縮小に大きく寄与できる可能性が示唆された。DOLについて、各応力レベルでマディソン・カーブを超えた結果が得られており、複合部材としてのDOLは、木材以上（安全側として木材同等）と考えて良いように思われる結果が得られた。

6. まとめ（鉄筋関連）

1. 鉄筋の押し抜きDOL試験を実施している。各応力レベルで試験片9個を破壊させる。しかし90%がまだ全て破壊していない。鉄筋の押し抜きは木のせん断破壊または木と鉄筋の界面の破壊により最大荷重が決定するため最大荷重のバラツキが大きく、各試験片に対する応力レベルが適切に設定されていないことが原因と推察される。長期間の载荷が要される。
2. 鉄筋の押し抜きのクリープ試験は実施している。設計での最大荷重の1.1/3の応力レベルで2個の試験片を実施している。梁でのたわみのクリープの成分は梁の曲げ変形とせん断変形のクリープ成分が主である。鉄筋周りの木のせん断変形のクリープ成分は小さいことを確認するために計画した。現在、継続して実施されている。極めて小さな変形量となっている。
3. 小型の鉄筋集成材の梁の曲げDOL試験を実施している。鉄筋量によりDOL係数は大きくなる。90%のデータは既に提案している式の曲線に沿っている。今後95%,85%を実施。
4. 小型の鉄筋集成材の梁の曲げ载荷クリープ試験を実施している。今後同寸法の集成材のクリープ試験も追加する。集成材の梁のクリープ特性と鉄筋の量に応じて鉄筋集成材の梁の相対クリープ係数の推定式は既に提案しており、その式の検証をして実際の梁断面の相対クリープ係数を設定できることを確認する。小型の試験体で特性を把握できることを示す。