

第6章 木ねじの品質に関する検討と木ねじの
標準化の可能性に関する検討

6.1. 検討の背景と目的

木ねじをはじめとするビスにはさまざまな種類が存在するが、JIS規格に指定されている木ねじ・タッピンねじ等を除き、その形状や材質は各製造業者独自のものとなっている。これらのビスを用いた耐力壁を使用する場合には、耐力壁のせん断試験を行いその性能を確認し、大臣認定を受けることとなる。しかし、仕様等をわずかに変更しただけでも認定を受けなおさなければならなくなるなど、困難な面が存在する。

接合部の一面せん断試験は耐力壁試験と比較してコスト、手間ともに少ないため、実施にあたっての負担は小さい。また一方で、接合部の一面せん断性能から面材張り耐力壁のせん断性能を推定する試みも報告されている。所定の性能を満たすビス接合部を用いた場合に対して耐力壁の性能を決定することができれば、ビス接合耐力壁の使用が容易となる。

本課題は耐力壁等に用いられる木ねじに求められる品質規格や接合部性能を整理し、木ねじおよびその接合部について性能規定的な観点から位置づけることにより、木ねじの木質構造への適正な利用を促進させることを目的とする。

6.2. 規格等の調査

6.2.1. 壁倍率認定耐力壁の調査(H22)

壁倍率認定を取得している耐力壁の中から、接合具にねじを使用しているものを抽出した。一覧を表 6.2.1 に示す。ピッチが異なるものなど類似した使用のものは除いてある。枠組壁工法用の耐力壁では石膏ボードなど標準的な仕様のもものがほとんどであったが、軸組構法用の耐力壁ではさまざまな仕様の耐力壁で認定が取得されている。

表 6.2.1 壁倍率認定取得耐力壁リスト

認定を受けた構造方法等の名称	申請者の氏名又は名称	指定性能評価機関又は承認性能評価機関の名称 (国土交通大臣が性能評価を行った場合 にあっては、その旨)	壁倍率	ねじ	面材	ねじメーカー
厚さ12.7mmのセルロース繊維混入せつこう板張り/ねじJP-MPS3940/ねじピッチ:外周@100mm、中通@200mm/大壁造直張り床勝ち仕様/木造軸組耐力壁	Powerscape Limited	(財)日本建築総合試験所	3.1	JP-MPS3940	セルロース繊維混入せつこう板	日本パワーファスニング
厚12mm両面塗装繊維混入セメントけい酸カルシウム板/リングくぎVRNG500/くぎピッチ15cm/通気受材仕様/木造軸組耐力壁	旭硝子株式会社営業建材事業部	(財)日本住宅・木材技術センター	2.6	リングくぎVRNG500	繊維混入セメントけい酸カルシウム板	旭トステム外装
壁の上下に開口を有する厚9mmミディアムデンシティファイバーボード張り/ねじKK50/ねじピッチ@12.5cm/直張り仕様/壁幅1mの木造軸組耐力壁	エイム株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	3.1	KK50	MDF	ダンドリビス
厚さ12.5mmの両面ボード用原紙繊維混入せつこう板張り/ねじPS4041W/ねじピッチ:外周@100mm、中通@200mm/大壁造床勝ちの直張り仕様/木造軸組耐力壁	チヨダウチ株式会社	(財)日本建築総合試験所	2.3	PS4041W	両面ボード用原紙繊維混入せつこう板	マックス株式会社
厚さ12.5mmのせつこうボード張り/ねじSCN3928N、SCN3932N、SCN3941N、SV3928H、SV3932H、SV3941H、TCB39-28D、TCB39-32D、TCB39-41D、KT3928、KT3932、KT3941/ねじピッチ: @150mm/床勝ち仕様/木造軸組耐力壁	トータル・ファスニング株式会社	(財)日本建築センター	1.1	SCN3928N、SCN3932N、SCN3941N、SV3928H、SV3932H、SV3941H、TCB39-28D、TCB39-32D、TCB39-41D、KT3928、KT3932、KT3941	せつこうボード	マーベル?(SCN) 日立工機(SV) トータルファスニング(TCB) カナイ(KT)
幅1m×厚12mm両面塗装バルブ混入スラグ・セメント板/ステンレス逆目リングくぎJK840/くぎ 外周@10cm、中通@20cm/直張り仕様/軸組工法耐力壁	ニチハ株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	2.7	ステンレス逆目リングくぎJK840	両面塗装バルブ混入スラグ・セメント板	ニチハ?
壁の下部に開口を有する厚9.5mm繊維混入スラグせつこう板張り/ねじPS4028W/外周@10cm、中通@20cm/木造軸組耐力壁	ニチハ株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	2.3	PS4028W	繊維混入スラグせつこう板	マックス株式会社
厚12.5mm繊維混入スラグせつこう板/ねじPS4028W/外周@10cm、中通@20cm/直張り・床勝ち仕様/木造軸組耐力壁	ニチハ株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	2.5	PS4028W	繊維混入スラグせつこう板	マックス株式会社
PS4028W、PS4032W又はPS4041Wを用いたねじ打ちせつこうボード上下受材張り木造軸組耐力壁	マックス株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	1.0	PS4028W、PS4032W又はPS4041W	せつこうボード	マックス株式会社
D28を用いたねじ打ちせつこうボード上下受材張り木造軸組耐力壁	マックス株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	1.0	D28	せつこうボード	マックス株式会社
厚12.5mmせつこうボードGB-R/ねじPS3828MW、PS3832MW、PS3841MW、D3828MW、D3832MW及びD3841MW/外周、中通@150mm/直張り・床勝ち仕様/木造軸組耐力壁	マックス株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	1.0	PS3828MW、PS3832MW、PS3841MW、D3828MW、D3832MW及びD3841MW	せつこうボード	マックス株式会社
厚9.5mm繊維混入けい酸カルシウム板/くぎFSP38T3-S/くぎピッチ外100mm、中200mm/直張り仕様・床勝ち仕様/木造軸組耐力壁	三菱商事建材株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	1.1	FSP38T3-S	繊維混入けい酸カルシウム板	マックス株式会社
厚12.5mmスラグせつこう板/ねじPS4028W/ねじピッチ外100mm中200mm/直張り仕様・床勝ち仕様/木造軸組耐力壁	三菱商事建材株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	2.2	PS4028W	スラグせつこう板	マックス株式会社
厚9.5mmスラグせつこう板/ねじPS4028W/ねじピッチ外100mm中20cm/直張り仕様/木造軸組耐力壁	三菱商事建材株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	2.2	PS4028W	スラグせつこう板	マックス株式会社
厚28mm構造用合板/胴縁ねじ接合/ねじKP4665W/真壁仕様/壁長1m木造軸組耐力壁	やましち建設株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	3.5	KP4665W	厚28mm構造用合板	マックス株式会社
厚14mm両面塗装繊維混入セメントけい酸カルシウム板/ステンレスリングくぎ/外周@125mm、中通@250mm/通気受材仕様/木造軸組耐力壁	旭トステム外装株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	2.5	ステンレスリングくぎ	両面塗装繊維混入セメントけい酸カルシウム板	
厚9mm構造用合板/くぎLL-45S/外周部、中通り@150mm/大壁造の直張り仕様/木造軸組耐力壁	安田工業株式会社	(財)日本建築総合試験所	2.7	LL-45S	構造用合板	安田工業株式会社?
厚さ12.5mmのせつこうボード張り/ねじSCN3928N、SCN3932N、SCN3941N、SV3928H、SV3932H、SV3941H、TCB39-28D、TCB39-32D、TCB39-41D、KT3928、KT3932、KT3941/ねじピッチ: @150mm/床勝ち仕様/木造軸組耐力壁	思智製板株式会社	(財)日本建築センター	1.1	SCN3928N、SCN3932N、SCN3941N、SV3928H、SV3932H、SV3941H、TCB39-28D、TCB39-32D、TCB39-41D、KT3928、KT3932、KT3941	せつこうボード	マーベル?(SCN) 日立工機(SV) トータルファスニング(TCB) カナイ(KT)
厚さ12.5mmのせつこうボード張り(GB-R)/ねじKT3932、KT3932L/ねじピッチ: 150mm/入隅受材仕様/木造軸組工法耐力壁	株式会社 カナイ	ハウスプラス住宅保証	1.1	KT3932、KT3932L	せつこうボード	カナイ
厚さ45mmの金属断熱サンドイッチパネル張り/ねじ(Φ5.5mm×80mm)/ねじピッチ: 外周@150mm、中通り@300mm/大壁造直張り仕様/木造軸組耐力壁	株式会社INAX	(財)日本建築総合試験所	4.3	ねじ(Φ5.5mm×80mm)	金属断熱サンドイッチパネル	
厚さ35mmの金属断熱サンドイッチパネル張り/ねじNC55070DIS/ねじピッチ: 柱・半柱@212.5mm、間柱@425mm/大壁造直張り仕様/木造軸組耐力壁	株式会社INAX	(財)日本建築総合試験所	2.6	NC55070DIS	金属断熱サンドイッチパネル	
ねじ(KT3928、KT3932、KT3941)を用いたせつこうボード張木造軸組耐力壁(内壁用・床勝ち仕様)	株式会社カナイ	(財)建材試験センター	1.0	KT3928、KT3932、KT3941	せつこうボード	カナイ
厚さ12.5mmのせつこうボード張り(GB-R)/ねじKT3925/ねじピッチ: 外周@150mm、中通@150mm/床勝ち直張り一部受け材仕様/木造軸組工法耐力壁	株式会社カナイ	ハウスプラス住宅保証(株)	0.9	KT3925	せつこうボード	カナイ
厚さ15.0mmのせつこうボード張り(GB-R)/ねじKT3932、APN-K3932Du、MRB-32、MTB-32/ねじピッチ: 外周@150mm、中通@200mm/床勝ち直張り一部受け材仕様/木造軸組工法耐力壁	株式会社カナイ	ハウスプラス確認検査(株)	1.3	KT3932、APN-K3932Du、MRB-32、MTB-32	せつこうボード	カナイ(KT) アマテイ(APN) ムラテックKDS
厚さ12.5mmのせつこうボード張り/ねじSCN3928N、SCN3932N、SCN3941N、SV3928H、SV3932H、SV3941H、TCB39-28D、TCB39-32D、TCB39-41D、KT3928、KT3932、KT3941/ねじピッチ: @150mm/床勝ち仕様/木造軸組耐力壁	株式会社カナイ	(財)日本建築センター	1.1	ねじSCN3928N、SCN3932N、SCN3941N、SV3928H、SV3932H、SV3941H、TCB39-28D、TCB39-32D、TCB39-41D、KT3928、KT3932、KT3941	せつこうボード	マーベル?(SCN) 日立工機(SV) トータルファスニング(TCB) カナイ(KT)
厚9mm構造用合板特級2級/KS4041/外周部@150mm、中通@150mm/大壁仕様/木造軸組耐力壁	株式会社カネシン	(財)日本建築センター	3.0	KS4041	構造用合板	カネシン
厚9mm又は9.5mm構造用合板/専用ねじJCW-41RF/ねじ間隔: 外周@150mm、中通@300mm/直張り仕様/木造軸組耐力壁	株式会社ジュエテック	(財)日本建築センター	3.1	JCW-41RF	構造用合板	東日本パワーファスニング

認定を受けた構造方法等の名称	申請者の氏名又は名称	指定性能評価機関又は承認性能評価機関の名称 (国土交通大臣が性能評価を行った場合にあっては、その旨)	壁倍率	ねじ	面材	ねじメーカー
ねじ(3928W、3932W、3941W)を用いたせっこうボード張木造軸組耐力壁(内壁用)	株式会社ダイドーハント	(財)建材試験センター	1.0	3928W、3932W、3941W	せっこうボード	株式会社ダイドーハント
厚1.2mm溶融めっき鋼板パネル/ビス 呼び径5.8×長さ55mm/長手方向@300mm以下、短手方向310mm以下、パネルコーナー部@30mm/真壁構造/木造軸組耐力壁	株式会社トーア	(財)日本住宅・木材技	4.5	ビス 呼び径5.8×長さ55mm	溶融めっき鋼板パネル	
厚さ12.5mmのせっこうボード張り/ねじTS3828、RS3828、TS3832、RS3832、TS3841、RS3841/ねじピッチ:外周@150mm、中通@150mm/大壁造の直張り仕様/木造軸組耐力壁	株式会社マキタ	(財)日本建築総合試験所	0.9	TS3828、RS3828、TS3832、RS3832、TS3841、RS3841	せっこうボード	マックス株式会社
厚さ26mmの木小舞下地バルブ及びセメント系固化材混入中塗土パネル張り/ステンレス鋼ねじ(Φ3.8mm×45mm)/ねじピッチ:縦120mm、横150mm/受材仕様真壁/木造軸組耐力壁	株式会社丸浩工業	(財)日本建築総合試験所	1.3	ステンレス鋼ねじ(Φ3.8mm×45mm)	木小舞下地バルブ及びセメント系固化材混入中塗土パネル	
木ねじピッチ7.5cmせっこうボード張木造軸組耐力壁(床勝ち仕様内壁用)	株式会社日本産業	(財)建材試験センター	1.6	木ねじ	せっこうボード	
厚12.5mm両面ボード用原紙張・ガラス繊維混入せっこう板/ねじPS3832MW/外周@10cm、中通@20cm/直張り・床勝ち仕様/木造軸組耐力壁	吉野石膏株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	2.6	PS3832MW	両面ボード用原紙張・ガラス繊維混入せっこう板	マックス株式会社
厚55mm四方枠付アルミニウム合金製鋳物パネル・厚9mm構造用合板/十字穴付き丸木ねじ50、CN50/たて枠29本、上枠・下枠各12本、構造用合板と軸組@100mm/横桎(上)4・N75、たて桎2・N75、横桎(下)4・N75・12・十字穴付き丸木ねじ50/木造軸組耐力壁	三協立山アルミ株式会社	(財)建材試験センター	2.6	十字穴付き丸木ねじ50	四方枠付アルミニウム合金製鋳物パネル・構造用合板	
厚さ9.5mmのけい酸カルシウム板張り/ねじBS8628DKT/ねじピッチ:外周@100mm、中通@200mm/大壁造床勝ちの直張り仕様/木造軸組大壁耐力壁	三菱マテリアル建材株式会社	(財)日本建築総合試験所	2.8	BS8628DKT	けい酸カルシウム板	ムロコーポレーション
厚12.5mmせっこうボード/ねじCV(PM)35-28M,CV(PM)35-32M又はCV(PM)35-41M/ねじピッチ15cm/上下受材・直張り仕様/木造軸組耐力壁	社団法人住宅生産団体連合会	(財)日本住宅・木材技術センター	0.8	CV(PM)35-28M,CV(PM)35-32M又はCV(PM)35-41M	せっこうボード	兼松日産農林
厚12.5mm繊維混入スラグせっこう板/ねじPS3832、PS4032W、APN3932C、APN3932H、PW-3832及びCW38-32W/ねじピッチ外@10cm、中@40cm/直張り仕様/軸組工法耐力壁	住友林業株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	2.5	PS3832、PS4032W、APN3932C、APN3932H、PW-3832及びCW38-32W	繊維混入スラグせっこう板	マックス株式会社(PS) アマテイ(APN) 兼松日産農林(PW,CW)
壁の上下に開口を有する厚12.5mm繊維混入スラグせっこう板張り/ねじPS3832、PS4032W、APN3932C、APN3932H、TS3832及びRS3832/外周@10cm、中通@40cm/直張り仕様/木造軸組耐力壁	住友林業株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	1.6	PS3832、PS4032W、APN3932C、APN3932H、TS3832及びRS3832	繊維混入スラグせっこう板張り	マックス株式会社(PS) アマテイ(APN) マキタ(TS,RS)
中央部を特殊金物で接合した枠付真壁パネル(厚24mm合板)/ねじJT5-75M@100mm両側打ち/壁長1000mm/木造軸組耐力壁	住友林業株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	5.0	JT5-75M	中央部を特殊金物で接合した枠付真壁パネル	東日本パワーファスニング
壁の上下に開口を有する厚12.5mm火山性ガラス質複層板張り/ねじDA5838/ねじピッチ@10cm/直張り仕様/壁幅1mの木造軸組耐力壁	大建工業株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	2.3	DA5838	火山性ガラス質複層板	
厚さ25mmのけい酸カルシウム保温板張り/ねじPS3841MW/ねじピッチ:外周@150mm、中通@150mm/大壁造直張り仕様/木造軸組大壁耐力壁	日本インシュレーション株式会社	(財)日本建築総合試験所	0.6	PS3841MW	けい酸カルシウム保温板	マックス株式会社
厚9mmパーティクルボード/くぎFS2950/くぎピッチ外10cm中20cm/直張り仕様/木造軸組耐力壁	日本ノボパン工業株式会社	(財)日本住宅・木材技術センター	3.0	FS2950	パーティクルボード	アマテイ
厚9mmパーティクルボード/くぎFS2950/くぎ 外周@10cm、中通@20cm/受材真壁・床勝ち仕様/軸組工法耐力壁	日本ノボパン工業株式会社	(財)日本住宅・木材技	3.0	FS2950	パーティクルボード	アマテイ
厚さ9mmの構造用合板張り/ねじJP-MO4240/ねじピッチ:外周@100mm、中通@300mm/大壁造の直張り仕様/木造軸組耐力壁	日本パワーファスニング株式会社	(財)日本建築総合試験所	5.0	JP-MO4240	構造用合板	日本パワーファスニング
厚さ12.5mmのせっこうボード張り/ねじSCN3928N、SCN3932N、SCN3941N、SV3928H、SV3932H、SV3941H、TCB39-28D、TCB39-32D、TCB39-41D、KT3928、KT3932、KT3941/ねじピッチ:@150mm/床勝ち仕様/木造軸組耐力壁	日立工機株式会社	(財)日本建築センター	1.1	SCN3928N、SCN3932N、SCN3941N、SV3928H、SV3932H、SV3941H、TCB39-28D、TCB39-32D、TCB39-41D、KT3928、KT3932、KT3941	せっこうボード	マーベル?(SCN) 日立工機(SV) トータルファスニング(TCB) カナイ(KT)
厚40mm落とし込み板+覆い突/外周受材/ステンレスねじW75S・@300mm/壁長1820~2000mm/落とし込み板壁/木造軸組耐力壁	婦負森林組合	(財)日本住宅・木材技	3.5	W75S	落とし込み板+覆い突	山喜産業
厚40mmスギ板+覆い突/ステンレスねじW100S・@300mm/外周両面受材/ステンレスねじW75S・@300mm/壁長1820~2000mm/真壁仕様/木造軸組耐力壁	婦負森林組合	(財)日本住宅・木材技	4.4	W100S	厚40mmスギ板+覆い突	山喜産業
厚さ7mmの両面合板貼り鋼板パネル張り/ねじIT-45/ねじピッチ:外周@200mm、中通@300mm/大壁造の直張り仕様/木造軸組耐力壁	有限会社オーバル	(財)日本建築総合試験所	5.0	IT-45	厚さ7mmの両面合板貼り鋼板パネル	
複合鋼板パネル張り/ねじIT-45/ねじピッチ:外周縦@171.25mm、外周横@141mm、中通@410mm/真壁造の受材仕様/木造軸組耐力壁	有限会社新技研	(財)日本建築総合試験所	4.5	IT-45	複合鋼板パネル	

認定年月日	認定番号	指定性能評価機関又は採択性能評価機関の名称 (国土交通大臣が性能評価を行った場合にあっては、その旨)	申請者の住所	申請者の氏名又は名称	申請者の住所	申請者の氏名又は名称	認定年月日	認定番号	指定性能評価機関又は採択性能評価機関の名称 (国土交通大臣が性能評価を行った場合にあっては、その旨)
平成19年12月19日	TBFC - 0050	(財)日本建築センター	千葉県白井市中90-2	株式会社天野製作所	千葉県白井市中90-2	株式会社天野製作所	平成19年12月19日	TBFC - 0050	(財)日本建築センター
平成19年12月19日	TBFC - 0051	(財)日本建築センター	千葉県白井市中90-2	株式会社天野製作所	千葉県白井市中90-2	株式会社天野製作所	平成19年12月19日	TBFC - 0051	(財)日本建築センター
平成19年12月19日	TBFC - 0052	(財)日本住宅・木材技術センター	東京都中央区日本橋橋頭町6-6	マックス株式会社	東京都中央区日本橋橋頭町6-6	マックス株式会社	平成19年12月19日	TBFC - 0052	(財)日本住宅・木材技術センター
平成19年12月19日	TBFC - 0053	(財)日本住宅・木材技術センター	東京都中央区日本橋橋頭町6-6	マックス株式会社	東京都中央区日本橋橋頭町6-6	マックス株式会社	平成19年12月19日	TBFC - 0053	(財)日本住宅・木材技術センター
平成20年3月16日	TBFC - 0055	(財)日本住宅・木材技術センター	東京都中央区日本橋橋頭町6-6	マックス株式会社	東京都中央区日本橋橋頭町6-6	マックス株式会社	平成20年3月16日	TBFC - 0055	(財)日本住宅・木材技術センター
平成20年3月16日	TBFC - 0056	(財)日本住宅・木材技術センター	東京都中央区日本橋橋頭町6-6	マックス株式会社	東京都中央区日本橋橋頭町6-6	マックス株式会社	平成20年3月16日	TBFC - 0056	(財)日本住宅・木材技術センター
平成20年3月25日	TBFC - 0057	(財)日本建築センター	東京都港区東新橋1-15-1	日立工機株式会社	東京都港区東新橋1-15-1	日立工機株式会社	平成20年3月25日	TBFC - 0057	(財)日本建築センター
平成20年3月31日	TBFC - 0058	(財)日本建築総合試験所	愛知県安城市吉野町1-11-8	株式会社マキタ	愛知県安城市吉野町1-11-8	株式会社マキタ	平成20年3月31日	TBFC - 0058	(財)日本建築総合試験所
平成20年6月12日	TBFC - 0060	(財)日本住宅・木材技術センター	東京都千代田区区内3-3-1	野野石音株式会社	東京都千代田区区内3-3-1	野野石音株式会社	平成20年6月12日	TBFC - 0060	(財)日本住宅・木材技術センター
平成20年5月15日	TBFC - 0062	(財)日本建築センター	大阪府八尾市桂町3-122	恵智製鉄株式会社	大阪府八尾市桂町3-122	恵智製鉄株式会社	平成20年5月15日	TBFC - 0062	(財)日本建築センター
平成20年6月15日	TBFC - 0063	(財)日本建築センター	福岡県山田市上丘1-71-2	トーナル・フーズ・エンジニアリング株式会社	福岡県山田市上丘1-71-2	トーナル・フーズ・エンジニアリング株式会社	平成20年6月15日	TBFC - 0063	(財)日本建築センター
平成20年7月25日	TBFC - 0064	(財)日本建築センター	大分県中津市大津中1-1-90	日本ハウーフーズエンジニアリング株式会社	大分県中津市大津中1-1-90	日本ハウーフーズエンジニアリング株式会社	平成20年7月25日	TBFC - 0064	(財)日本建築センター
平成20年6月9日	TBFC - 0065	(財)日本建築総合試験所	大阪府大阪市東淀川区中津1-1-90	大和ハウス工業株式会社	大阪府大阪市東淀川区中津1-1-90	大和ハウス工業株式会社	平成20年6月9日	TBFC - 0065	(財)日本建築総合試験所
平成20年6月9日	TBFC - 0066	(財)日本建築総合試験所	大阪府大阪市東淀川区中津1-1-90	日本ハウーフーズエンジニアリング株式会社	大阪府大阪市東淀川区中津1-1-90	日本ハウーフーズエンジニアリング株式会社	平成20年6月9日	TBFC - 0066	(財)日本建築総合試験所
平成20年6月30日	TBFC - 0067	(財)日本住宅・木材技術センター	愛知県稲沢市南郷堂1-3-18	東新製鉄株式会社	愛知県稲沢市南郷堂1-3-18	東新製鉄株式会社	平成20年6月30日	TBFC - 0067	(財)日本住宅・木材技術センター
平成20年6月30日	TBFC - 0068	(財)日本建築総合試験所	大阪府堺市東区本町通4-14-27	株式会社フジコネクティ	大阪府堺市東区本町通4-14-27	株式会社フジコネクティ	平成20年6月30日	TBFC - 0068	(財)日本建築総合試験所
平成20年7月25日	TBFC - 0069	(財)日本建築センター	福岡県山田市上丘1-71-2	トーナル・フーズ・エンジニアリング株式会社	福岡県山田市上丘1-71-2	トーナル・フーズ・エンジニアリング株式会社	平成20年7月25日	TBFC - 0069	(財)日本建築センター
平成20年7月25日	TBFC - 0070	(財)日本建築センター	大阪府八尾市桂町3-122	恵智製鉄株式会社	大阪府八尾市桂町3-122	恵智製鉄株式会社	平成20年7月25日	TBFC - 0070	(財)日本建築センター
平成20年7月25日	TBFC - 0071	(財)日本建築センター	東京都港区東新橋1-15-1	日立工機株式会社	東京都港区東新橋1-15-1	日立工機株式会社	平成20年7月25日	TBFC - 0071	(財)日本建築センター
平成20年6月28日	TBFC - 0072	ハウスプラス建設検査(株)	東京都足立区花畑4-24-5	株式会社カカイ	東京都足立区花畑4-24-5	株式会社カカイ	平成20年6月28日	TBFC - 0072	ハウスプラス建設検査(株)
平成20年6月28日	TBFC - 0073	ハウスプラス建設検査(株)	東京都足立区花畑4-24-5	株式会社カカイ	東京都足立区花畑4-24-5	株式会社カカイ	平成20年6月28日	TBFC - 0073	ハウスプラス建設検査(株)
平成20年6月26日	TBFC - 0074	ハウスプラス建設検査(株)	東京都足立区花畑4-24-5	株式会社カカイ	東京都足立区花畑4-24-5	株式会社カカイ	平成20年6月26日	TBFC - 0074	ハウスプラス建設検査(株)
平成20年7月26日	TBFC - 0075	ハウスプラス建設検査(株)	東京都中央区花畑4-24-5	株式会社カカイ	東京都中央区花畑4-24-5	株式会社カカイ	平成20年7月26日	TBFC - 0075	ハウスプラス建設検査(株)
平成20年10月31日	TBFC - 0076	(財)日本建築センター	大阪府大阪市東淀川区中津1-1-90	日本ハウーフーズエンジニアリング株式会社	大阪府大阪市東淀川区中津1-1-90	日本ハウーフーズエンジニアリング株式会社	平成20年10月31日	TBFC - 0076	(財)日本建築センター
平成20年12月18日	TBFC - 0077	ハウスプラス建設検査(株)	東京都渋谷区宮坂1-21-14	東急ホームズ株式会社	東京都渋谷区宮坂1-21-14	東急ホームズ株式会社	平成20年12月18日	TBFC - 0077	ハウスプラス建設検査(株)
平成21年1月7日	TBFC - 0078	(財)日本建築総合試験所	大阪府大阪市中央区谷町1丁目10-24号	山崎製鉄株式会社	大阪府大阪市中央区谷町1丁目10-24号	山崎製鉄株式会社	平成21年1月7日	TBFC - 0078	(財)日本建築総合試験所
平成21年2月17日	TBFC - 0079	ハウスプラス住宅保証(株)	兵庫県尼崎市高洲9	アマチイ株式会社	兵庫県尼崎市高洲9	アマチイ株式会社	平成21年2月17日	TBFC - 0079	ハウスプラス住宅保証(株)
平成21年5月29日	TBFC - 0081	(財)建築試験センター	東京都千代田区神田藤町3-11	ポンド製鉄株式会社	東京都千代田区神田藤町3-11	ポンド製鉄株式会社	平成21年5月29日	TBFC - 0081	(財)建築試験センター
平成21年6月8日	TBFC - 0082	(財)日本建築センター	東京都世田谷区太子堂4-1-11キヤロタワー2階	スカンパハンハウス株式会社	東京都世田谷区太子堂4-1-11キヤロタワー2階	スカンパハンハウス株式会社	平成21年6月8日	TBFC - 0082	(財)日本建築センター
平成21年6月19日	TBFC - 0083	(財)日本建築総合試験所	大阪府大阪市中央区谷町1丁目10-26	山崎製鉄株式会社	大阪府大阪市中央区谷町1丁目10-26	山崎製鉄株式会社	平成21年6月19日	TBFC - 0083	(財)日本建築総合試験所
平成21年11月26日	TBFC - 0085	(財)日本住宅・木材技術センター	東京都千代田区区内3-3-1(船東ビル山内)	野野石音株式会社	東京都千代田区区内3-3-1(船東ビル山内)	野野石音株式会社	平成21年11月26日	TBFC - 0085	(財)日本住宅・木材技術センター

6.2.2. 海外規格の調査(H23)

接合部の試験法整理および要求性能の検討に資することを目的として、木質構造接合部あるいはスクリューに関連した海外規格について調査を行った。以下に概要を示す。

(1) ISO 規格

a. ISO 6891:1983

Timber structures - Joints made with mechanical fasteners - General principles for the determination of strength and deformation characteristics

木質構造 - 力学的接合部 - 荷重変形特性の測定における一般原則

- ・ 静的加力を受ける力学的接合部を対象とする。
- ・ 測定精度は荷重・変位とも 1%以下 (変位 2mm までは 0.02mm 以下)
- ・ 加力スケジュール: $0.4F_{est} \rightarrow 30$ 秒静止 $\rightarrow 0.1F_{est} \rightarrow 30$ 秒静止 \rightarrow 終局
(F_{est} : 推定最大荷重)
- ・ 試験時間は 10~15 分
- ・ 各種特性値の計算式 (試験データからの定義)
- ・ 報告すべき項目を列挙

b. ISO 9087:1998

Wood - Determination of nail and screw holding power under axial load application

木材 - 軸方向力を受ける釘および木ねじの保持力の測定

- ・ 釘および木ねじの引き抜き試験について規定
- ・ 試験体の最小寸法を規定
- ・ 先穴の規定 (具体的な値は無し)
- ・ 打込後 2~3 時間以内に試験を行う
- ・ 引き抜き強度 = 最大荷重 / 打込深さ
- ・ 報告すべき項目を列挙

c. ISO 10984-1:2009

Timber structures - Dowel-type fasteners - Part 1: Determination of yield moment

木質構造 - ダボ型接合具 - その 1: 降伏モーメントの測定

- ・ Method A (EN 409) と Method B (ASTM F1575) からなる。どちらを選んでもよい
- ・ Method A
 - 4 点曲げ形式 (加力点が変わらない)
 - 最も弱い部分で試験を行う
 - 降伏モーメントは、モーメントの最大値および変形角 $45[^\circ]$ におけるモーメントのうちどちらか小さい方
 - 釘およびステーブルは $45[^\circ]$ まで、ボルト・スクリューおよび木質系接合具は $110/d[^\circ]$ まで加力する。また、材質や木材比重に応じて曲げ変形角を規定している
- ・ Method B
 - 通常の 3 点曲げ形式 (変形により加力点が変わる)
 - 降伏モーメントは接合具径の 5% オフセット値
- ・ 報告すべき項目を列挙

- ・ Annex A (Method A の試験方法例)

d. ISO 10984-2:2009

Timber structures - Dowel-type fasteners - Part 2: Determination of embedding strength
木質構造ーダボ型接合具ーその 2:面圧強度の測定

- ・ EN 383 および ASTM D5764 に基づく
- ・ 引張型と圧縮型
- ・ 最小寸法を規定
- ・ Pre-Loading の有無 (ある場合は ISO6891 と同様のスケジュール)
- ・ 報告すべき項目を列挙
- ・ ねじ部に対する言及は見当たらず

e. ISO 16670:2003

Timber structures - Joints made with mechanical fasteners - Quasi-static reversed - cyclic test method

木質構造ー力学的接合具による接合部ー準静的正負繰り返し加力試験法

- ・ 一方向加力試験から終局変位 (変形角) を決定
- ・ 終局変位の 10%まで 1 回ずつ、以降は 3 回ずつ繰り返し加力を行う (初期の部分は随時追加・省略可)
- ・ 加力速度は 0.1mm/s~10mm/s
- ・ Annex A (追加情報)
 - 加力スケジュールの背景・修正などについて
 - 正負で特性が異なる場合はそれぞれの終局変位を用いる
 - ボルト接合など、初期すべりがある場合は差し引く

f. ISO 21581:2010

Timber structures - Static and cyclic lateral load test methods for shear walls

木質構造ー耐力壁の静的および繰り返し水平加力試験法

- ・ Method I (耐力壁のせん断変形が支配的) および Method II (ロックキングが支配的、または複合)
- ・ 加力スケジュールの規定 (繰り返し加力は ISO 16670 と同様)

(2) EN 規格

a. EN 1380:2009

Timber structures - Test methods - Load bearing nails, screws, dowels and bolts

木質構造ー試験法ー釘、木ねじ、ドリフトピンおよびボルト接合部

- ・ 組み立て後試験するまで少なくとも一週間養生する (20°C 65%RH)
- ・ 一面・二面せん断接合部の図を記載。主材、側材間に隙間があるが、具体的な記載は見当たらず
- ・ 試験方法は EN 26891 (ISO6891) に準拠

b. EN 12512:2001+A1:2005

Timber structures - Test methods - Cyclic testing of joints made with mechanical fasteners

木質構造ー試験法ー力学的接合具による接合部の繰り返し加力試験

- ・ 降伏耐力の定義として、2直線の交点から、および $0.1-0.4P_{max}$ とその $1/6$ の勾配から求める方法の2種類を記載
- ・ 繰り返しによる荷重低下、等価粘性減衰定数
- ・ 加力スケジュール（完全版）
 - （推定）降伏変位の 0.25 倍、 0.5 倍で1回繰り返し
 - 0.75 、 1 、 2 、 4 、 6 倍…で3回繰り返し
 - 変位 30mm もしくは終局に至るまで加力を行う
- ・ 加力スケジュール（簡易版）
 - 試験に先立ち塑性率？を決めておく
 - 降伏変位×塑性率で3回繰り返す

c. EN 14592:2008

Timber Structures - Dowel type fasteners - Requirements

木質構造—ダボ型接合具—要件

- ・ 釘、ステーブル、スクリュー、ドリフトピン、ボルト
 - ※以下スクリューについて
- ・ 切削ねじあるいは転造ねじ
- ・ 軟鋼線、炭素鋼線 (EN 10083-2, EN 10016)、ステンレス鋼線 (EN 10083-1, EN 10088-2)
- ・ 呼び径 $2.4\sim 24\text{mm}$ （表示すること）
- ・ 谷径は山径の $60\%\sim 90\%$
- ・ ねじ部長さは $6d$ 以上、全長とねじ部長さを表示する
- ・ 以下の各種強度特性値（試験または計算によるもの）を表示する
- ・ 降伏モーメント (EN 409 (ISO10984-1))
 - ねじ部と胴部で試験を行う
 - 曲げ変形角は $45/d^{0.7} [^\circ]$ とする。さらに $+10 [^\circ]$ の曲げ変形に対し亀裂を生じないこと
- ・ 引き抜き、側材貫通に関するパラメータ、引張耐力、ねじり（打込時）

(3) まとめ

海外の規格ではねじの品質規格や要求性能が比較的詳細に定められており、そのための試験法も定められている。ねじの変形性能としては一方向曲げに対して規定の角度以上変形することを確認するなどとしていることから、海外で用いられているねじにはある程度の靱性が確保されているものと推察される。ただし、ねじ自体の繰り返し曲げ試験等はおこなっていないため、実際に繰り返し加力を受けた際の挙動を保証しているわけではない。

日本においては地震力に対する性能が重要となると考えると、上記の点について独自の試験法を定める必要性も考える。あるいは、その性能を一面せん断試験で担保する形が望ましいかもしれない。いずれにしても、これらの点は今後試験法を提案するにあたっての検討課題であるといえる。

接合具の繰り返し曲げ試験

6.2.3. 木ねじおよびビスの繰り返し曲げ試験(H25)

(1) はじめに

木ねじは施工時のねじ切れ等を防止するために、熱処理を行うことにより強度を向上させているものが多い。しかし、熱処理によって強度を高めると、一般に変形性能が低下し、降伏後に破断を生じる原因となる。

木質構造の接合部では変形性能が求められることから、変形性能の小さい接合具を接合部に使用することは避けることが望ましいといえる。たとえば EN14592 では、規定の曲げ変形角に対してクラックが生じないこととされており、接合具の曲げ変形性能を要求する規格となっている。

しかし、EN や ISO の試験法では接合具の単調曲げ試験を行っており、地震時のような繰り返し変形下における性能については不明である。

そこで、本項ではこれまでに用いた木ねじ及びビスの繰り返し曲げ試験を行うことにより、木ねじの曲げ変形性能に関するデータの蓄積を図ることとした。

(2) 試験方法

ISO10984-1 MethodA に規定される 4 点曲げ試験の概要図と試験写真を図 6.3.1 に示す。MethodA ではアームとロッドに接合具を取り付け、アームを回転させることにより接合具に曲げモーメントを与える。ロッドの端部にロードセルを取り付けて荷重を測定し、ロードセル取り付け部から接合具つかみ部までの距離を乗じてモーメントの値を得る。ロッドとロードセルの接続にはワイヤーを使用しており、水平移動をある程度許容するとともに、引張力のみ伝達されるようになっている。

本試験では繰り返し曲げ試験を行うため、ロッドとロードセルの間をピン接合とし、上下の移動を拘束することとした。その一方、水平移動を自由とするためにロードセル下部にリニアガイドを設けた。また、アーム回転軸を接合具の曲げ変形部の中心に一致させることにより、加力時の移動がなるべく生じないようにした。また、無負荷時にアームの重心を調節し、アーム自重による曲げモーメントが生じないようにした。

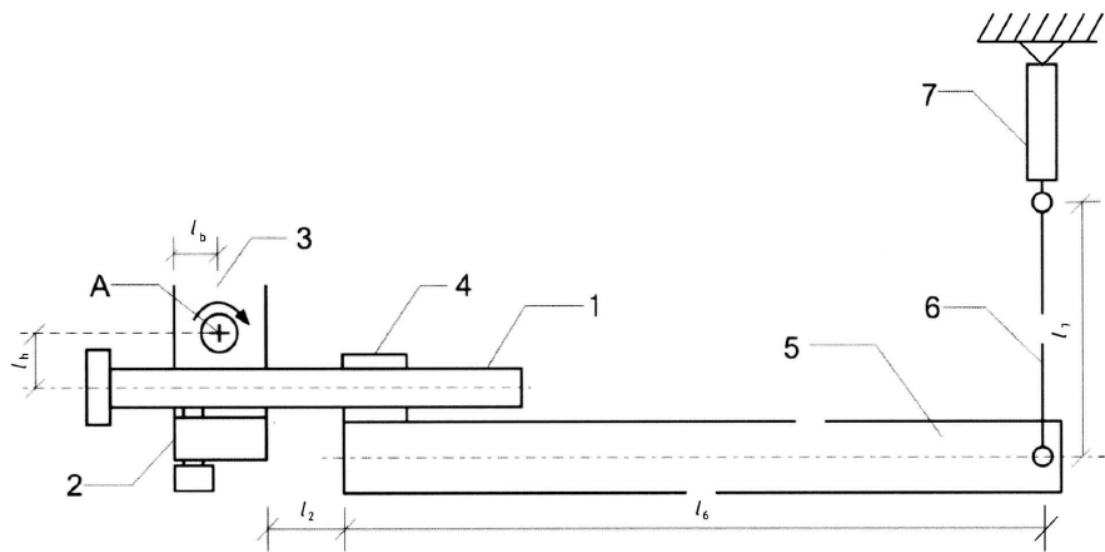
試験は万能試験機（島津製作所製 AG-1 オートグラフ）を用いて行い、クロスヘッドの移動をアームの回転運動に変換した。変形角はアームの回転軸に合わせて取り付けられたプーリーにワイヤーを巻き付け、ワイヤーの移動量を変位計 SDP-100CT にて測定し、回転角に換算した。なお、変形角の算出方法としてはアームの傾きを測定する方法も考えられ、これについても検討を行う予定である。

得られた荷重から次式により曲げモーメントを算出し、モーメントと変形角の関係を得た。

$$M = P_{LC} \times (l_1 + l_2) \quad (1)$$

ここで、 M :モーメント、 P_{LC} : ロードセル荷重

なお、 l_1 の値は 190mm、 l_2 の値は接合具径の 2 倍とした。



Key

- 1 dowel-type fastener under test
- 2 loose-fitting bushing
- 3 arm
- 4 fastener head
- 5 lever
- 6 rod
- 7 load gauge

- l_h fastener head
- l_b dowel-type fastener

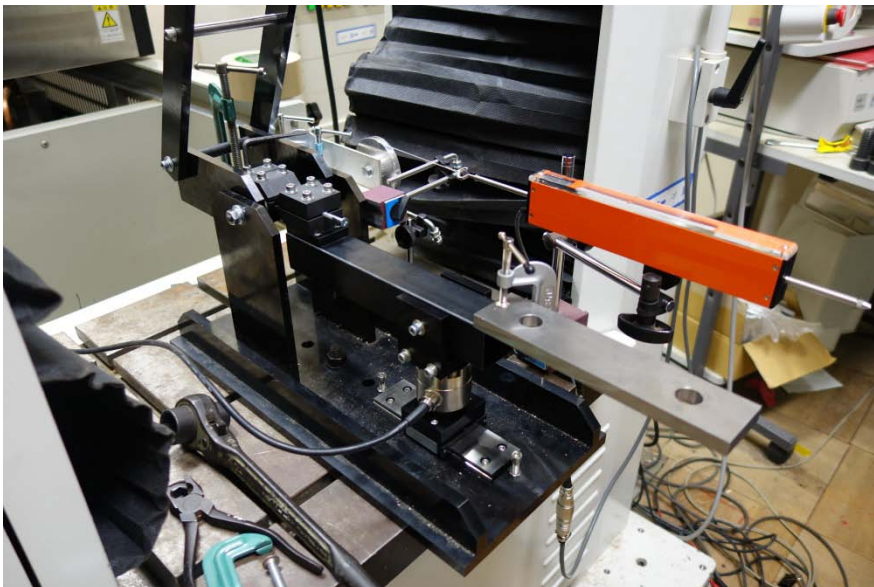


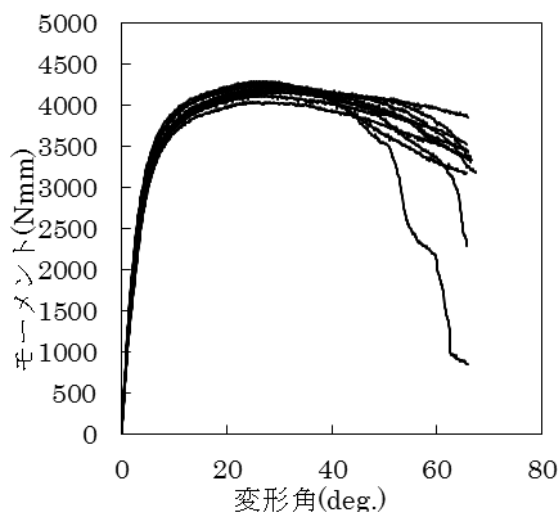
図 6.3.1 4点曲げ試験の概念図と試験の様子

(3) 加力スケジュール

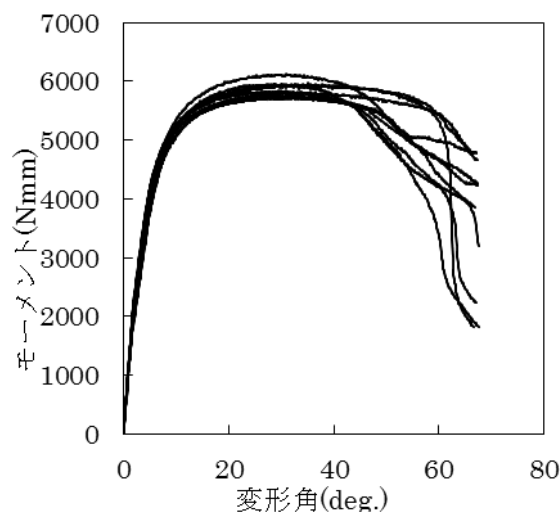
加力スケジュールは単調加力および一定振幅による繰り返し加力とした。単調加力では変形角が約 65 度（試験治具の上限）に至るまで、毎秒 1 度の速度で加力を行った。繰り返し加力では片側 22.5 度（両側 45 度）および片側 30 度（両側 60 度）の 2 条件を設定し、目標変形角まで 10 秒で到達するように（1 サイクル 40 秒となるように）加力速度を調節した。なお、ISO 規格では目標変形角まで 10 ± 5 秒で到達するように規定されている。

(4) 結果と考察

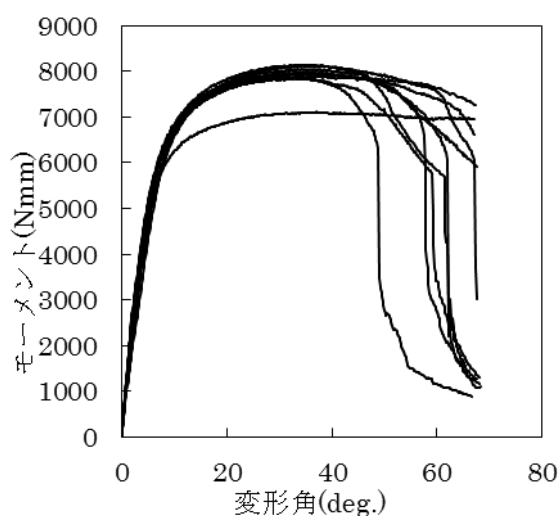
単調加力試験におけるモーメントと変形角の関係を図 6.3.2 に示す。昨年度の 3 点曲げ形式による結果と比較すると、わずかにモーメントの値が小さくなっているが、理由は不明である。変形角は鋼製の木ねじではおおむね 45 度以上、ステンレス製の木ねじでは破壊に至らなかった。造作用ビスである $3.3 \times 40\text{mm}$ では 30 度程度で破断に至るものも多く見られた。（いずれも弾性変形分を含む）



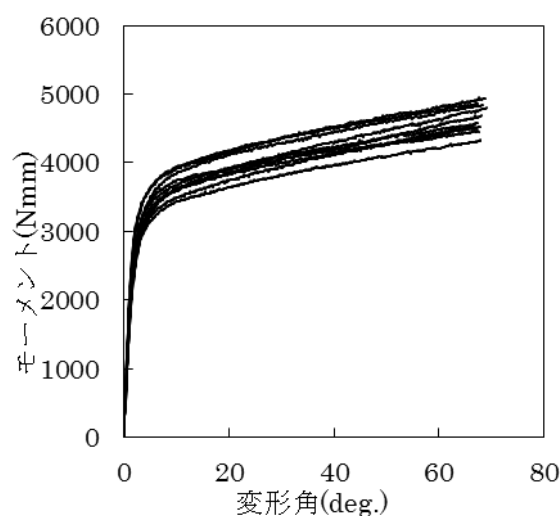
木ねじ 3.8×32mm 一方向



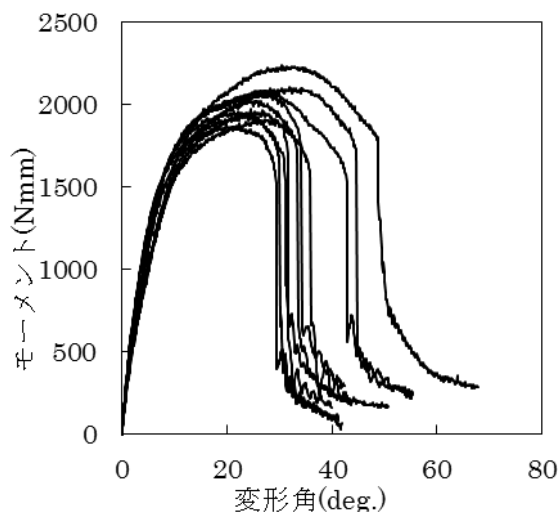
木ねじ 4.1×38mm 一方向



木ねじ 4.5×50mm 一方向



ステンレス木ねじ 4.8×50mm 一方向

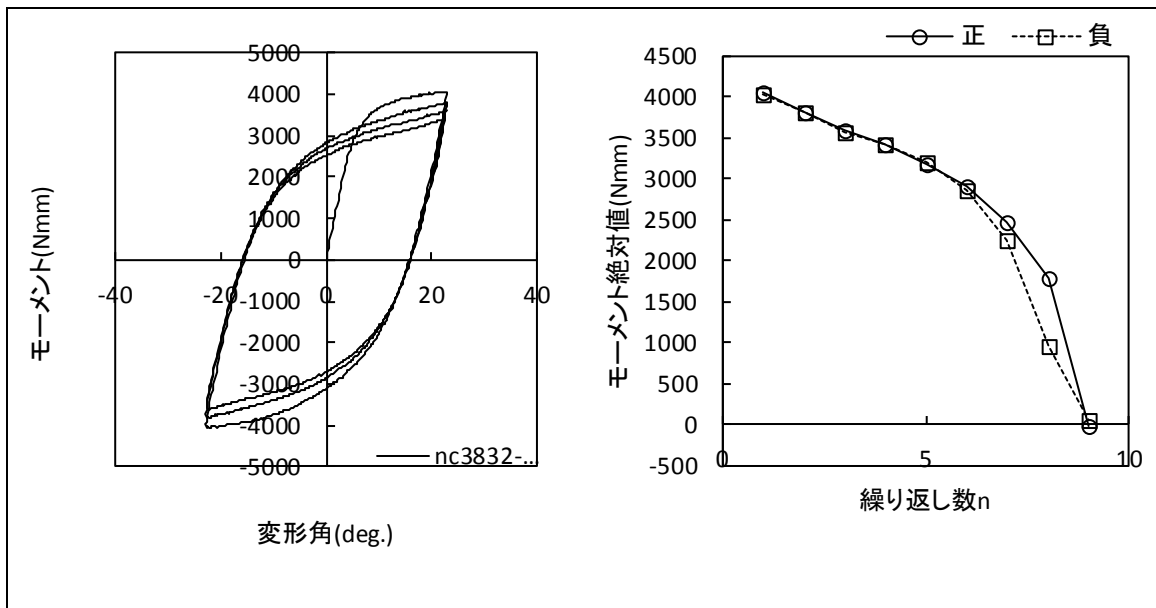


3.3×40mm 一方向

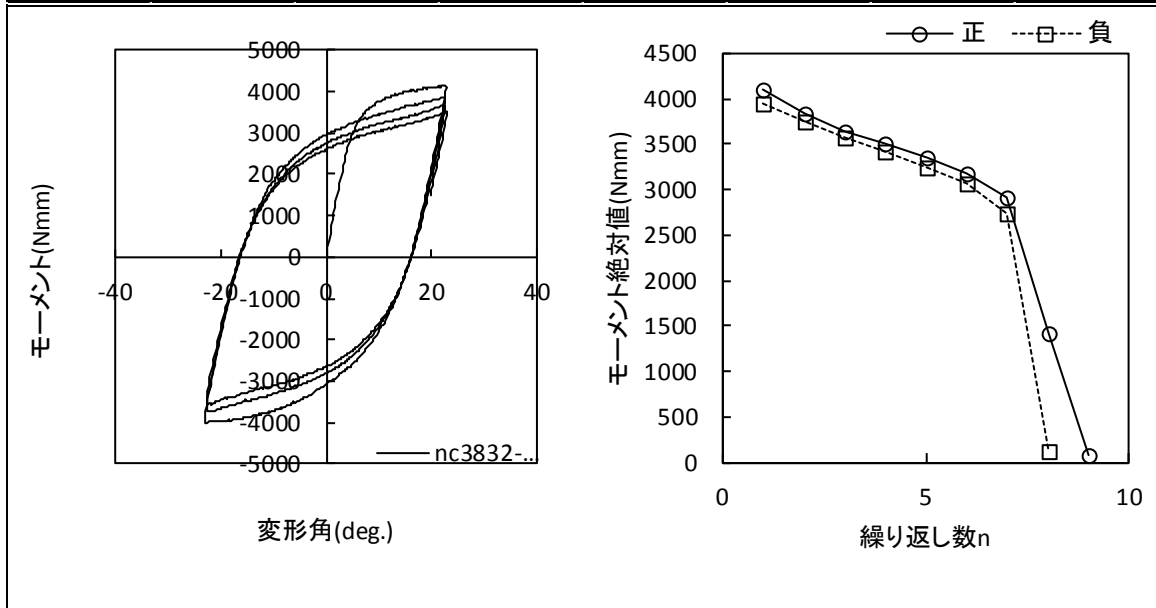
4.8×50mm 繰り返し

図 6.3.2 単調加力曲げ試験 荷重変位曲線一覧

繰り返し加力試験における荷重変位曲線および繰り返し数を図 6.3.3 から図 6.3.1 2 に示す。変形角 22.5 度の繰り返しでは、いずれのビスにおいても正負 3 回の繰り返し加力によってモーメントの低下を生じなかった（ここでは最大モーメントの 80%まで低下するかどうかを判断基準とした）。一方、変形角 30 度とした場合は、1 回ないし 2 回の繰り返し加力によって破断に至るものが多く見られた。ただし、試験体数が各条件 2 体であることと、弾性変形分を含むことなどから、結果の評価についてはさらに検討する必要がある。ステンレス製木ねじである 4.8×50mm の試験体については変形角 30 度でも 13 回以上の繰り返し加力に耐えることができていると、高い変形性能を有することが確認された。これらの試験より得られた変形性能と、接合部や耐力壁における変形性能との関係を明らかにすることができれば、木質構造用ねじにもとめられる性能の数値化につなげることができると考えられる。



種類	変形角 (deg.)	最大M(正) Nmm	最大M(負) Nmm	n(正)	n(負)
木ねじ3832	22.5	4065.075	-4048.76	4	4



種類	変形角 (deg.)	最大M(正) Nmm	最大M(負) Nmm	n(正)	n(負)
木ねじ3832	22.5	4130.325	-3996.56	5	5

図 6.3.3 繰り返し曲げ試験 荷重変位曲線 (木ねじ 3.8×32mm・22.5度)

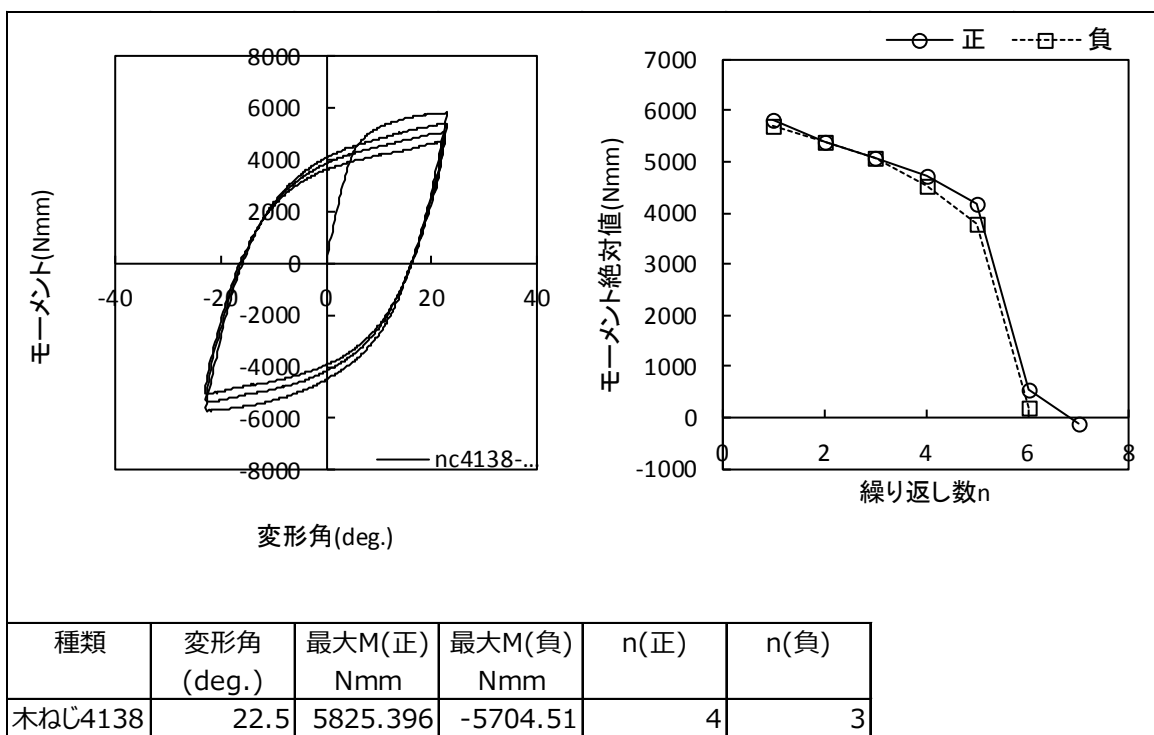
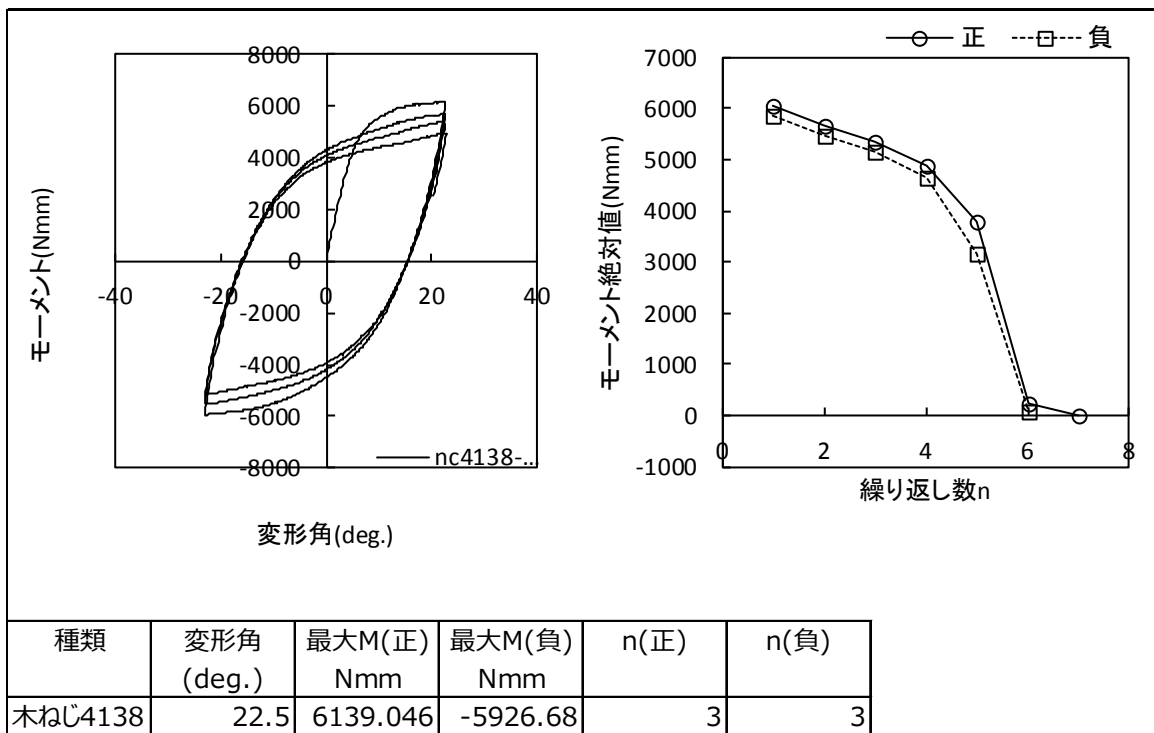


図 6.3.4 繰り返し曲げ試験 荷重変位曲線 (木ねじ 4.1×38mm・22.5度)

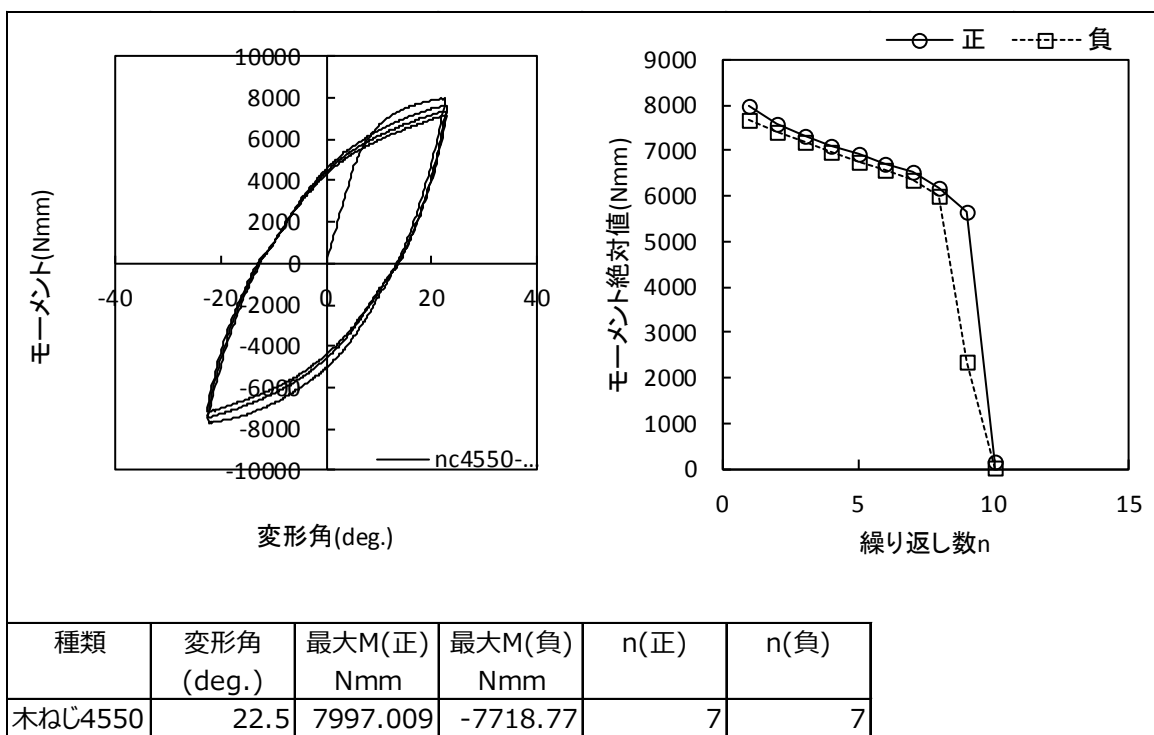
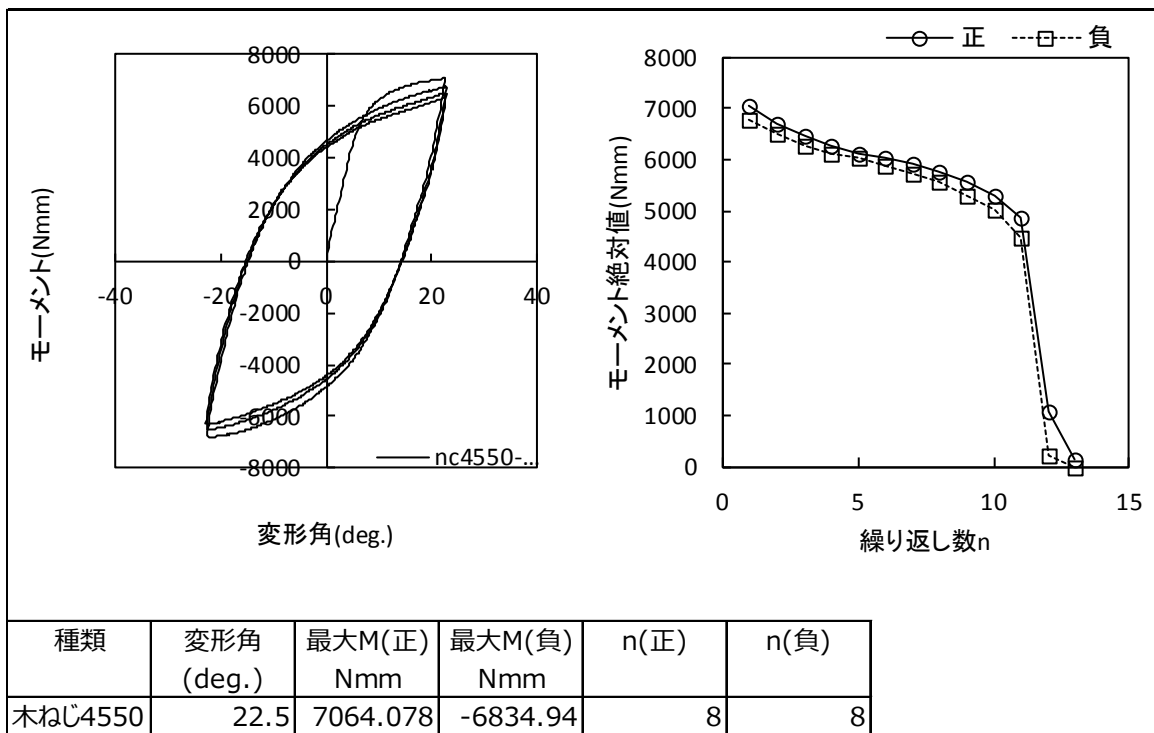


図 6.3.5 繰り返し曲げ試験 荷重変位曲線 (木ねじ 4.5×50mm・22.5度)

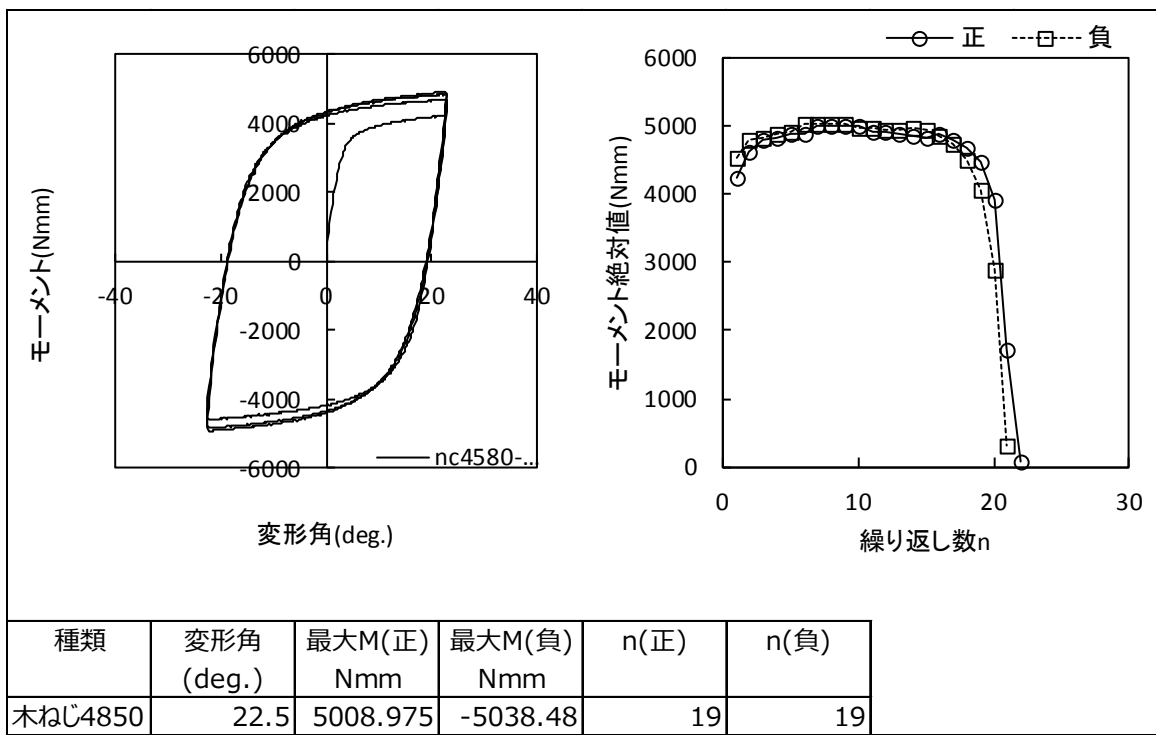
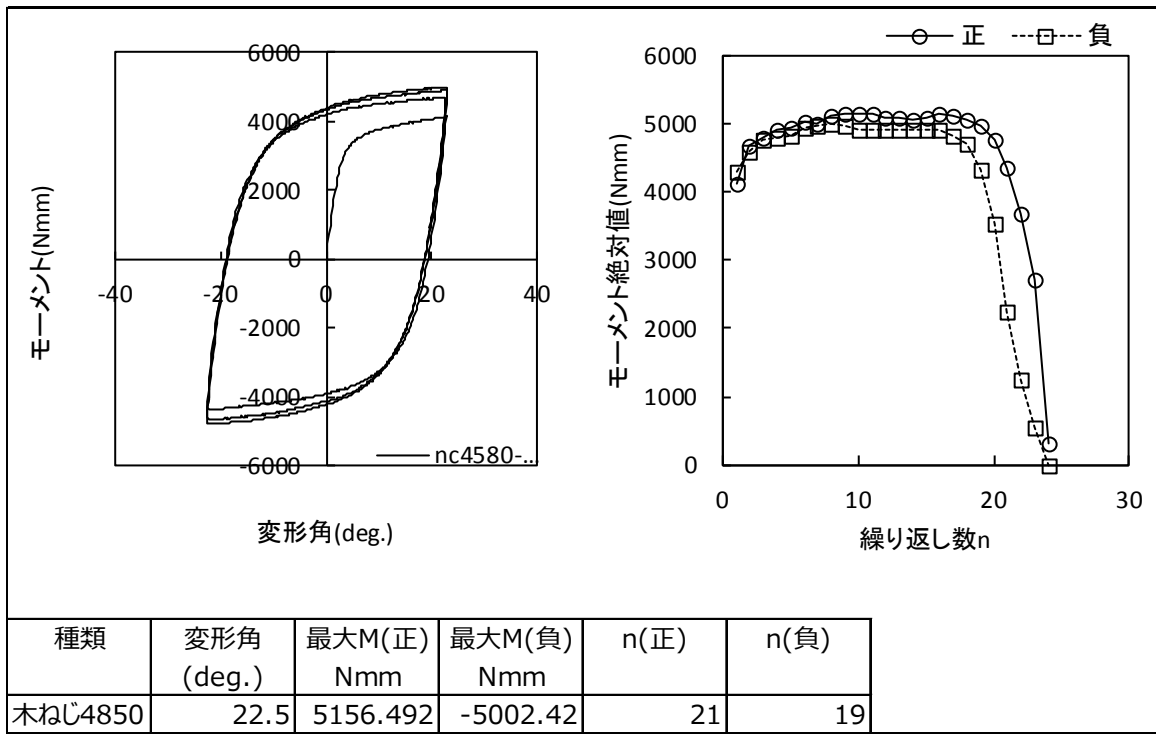


図 6.3.6 繰り返し曲げ試験 荷重変位曲線 (木ねじ 4.8×50mm・22.5 度)

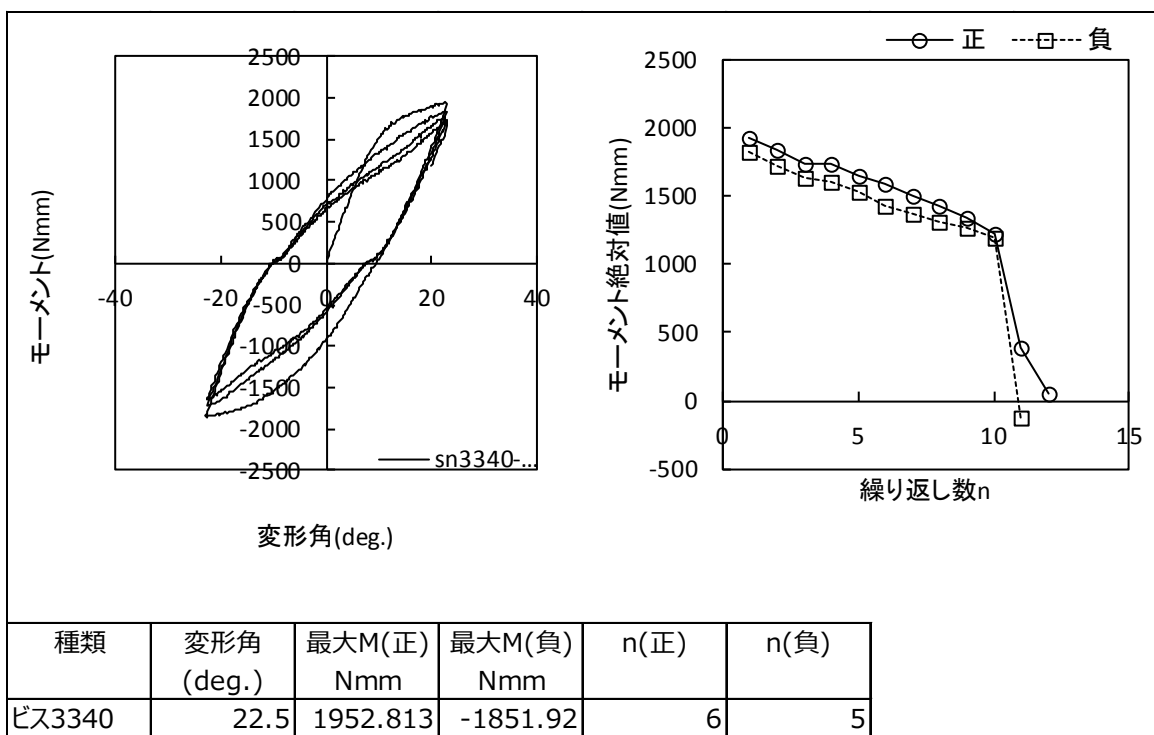
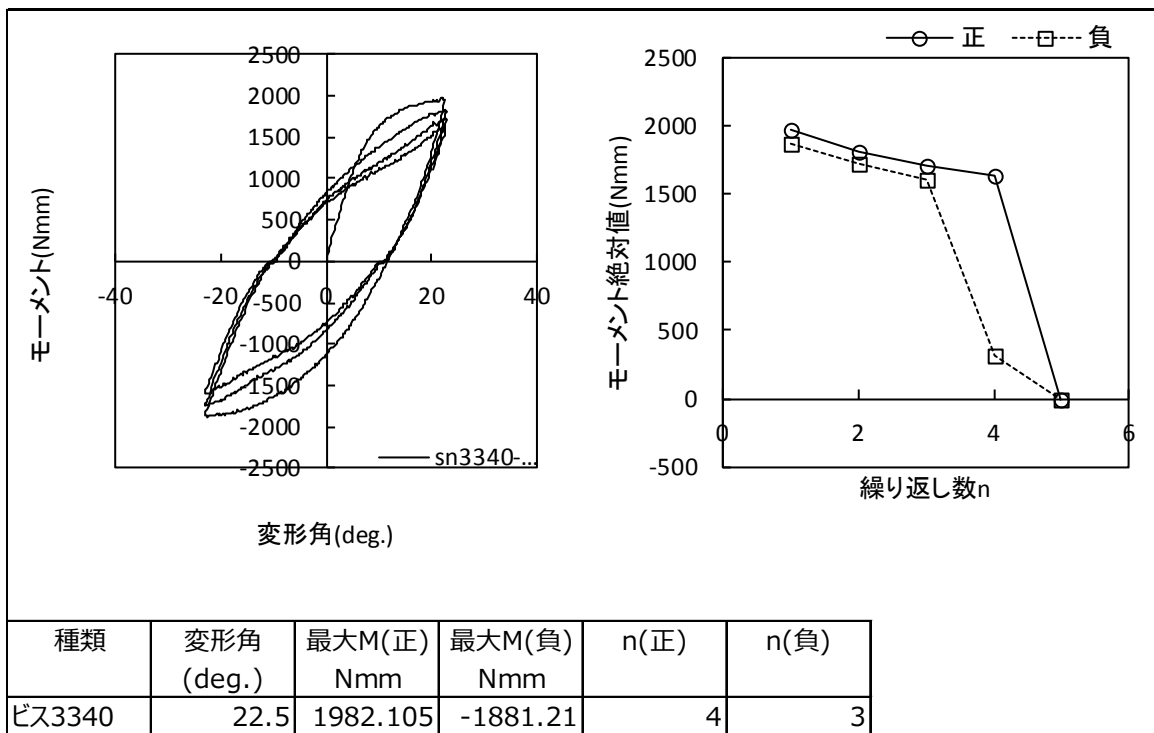


図 6.3.7 繰り返し曲げ試験 荷重変位曲線 (ビス 3.3×40mm・22.5度)

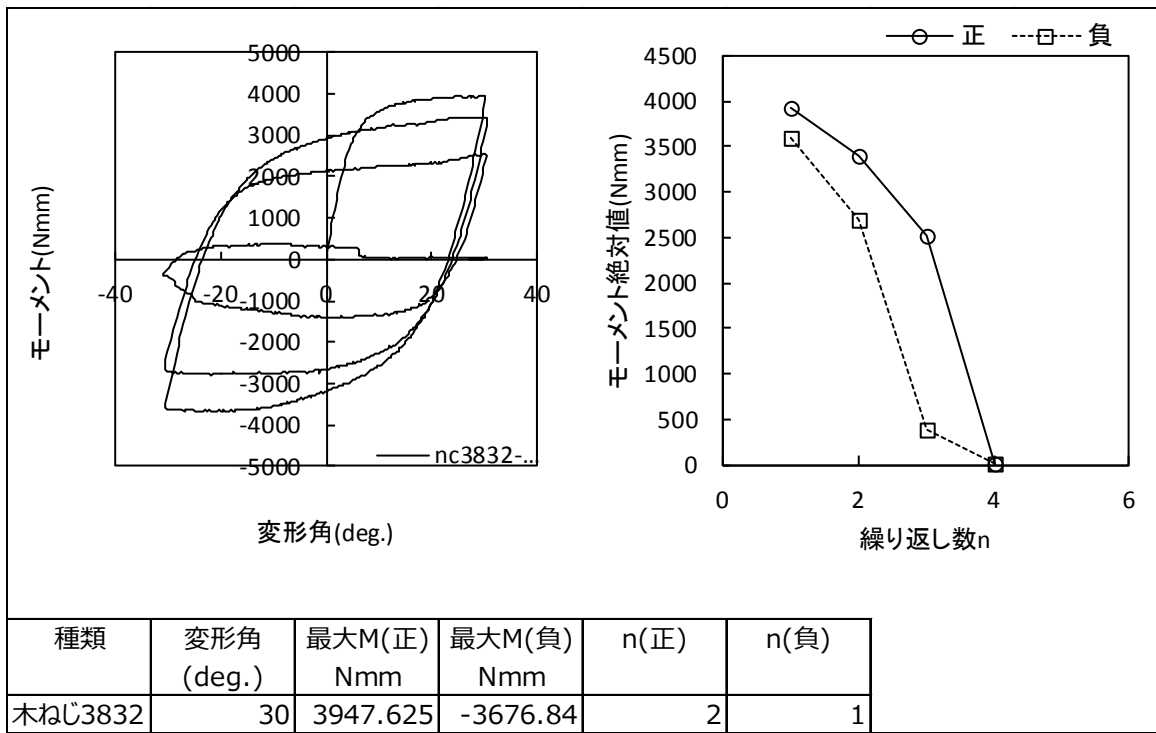
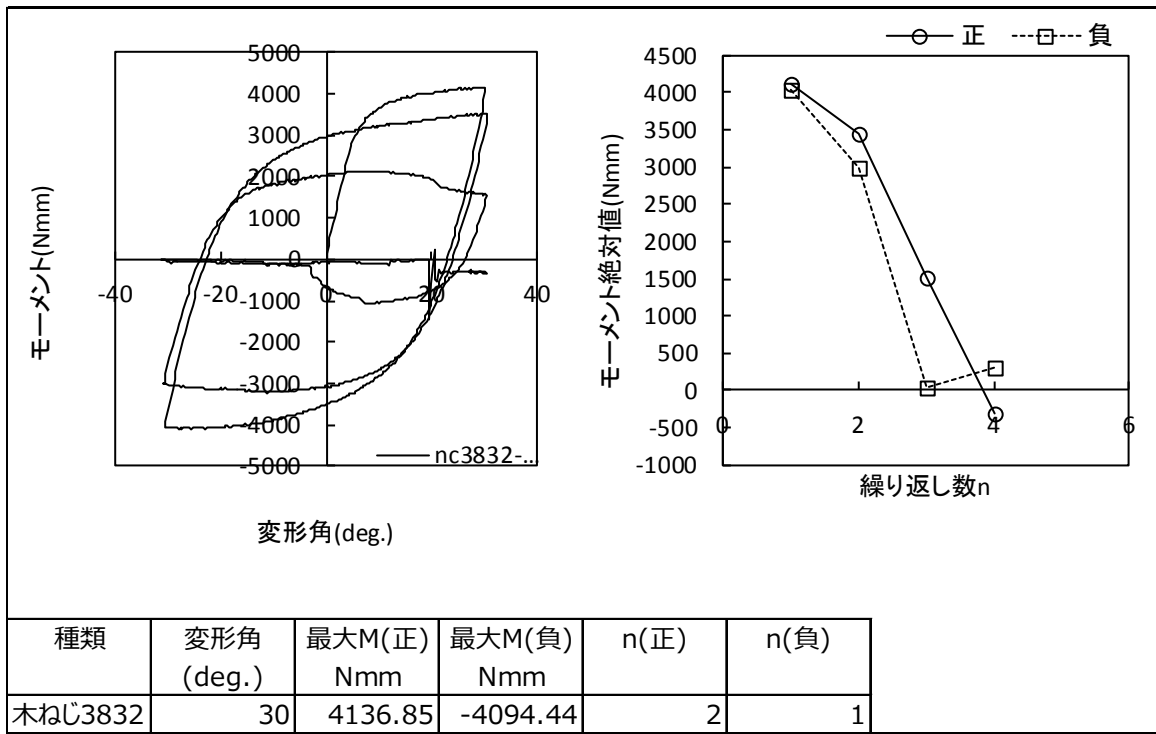


図 6.3.8 繰り返し曲げ試験 荷重変位曲線 (木ねじ 3.8×32mm・30度)

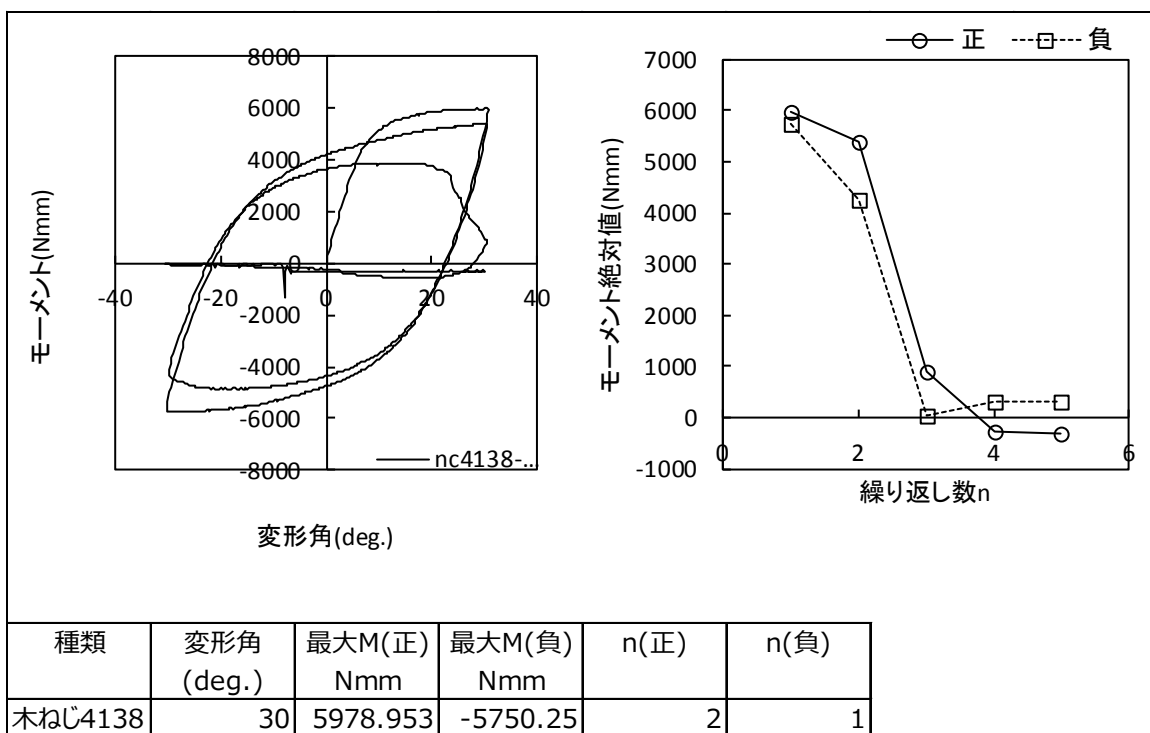
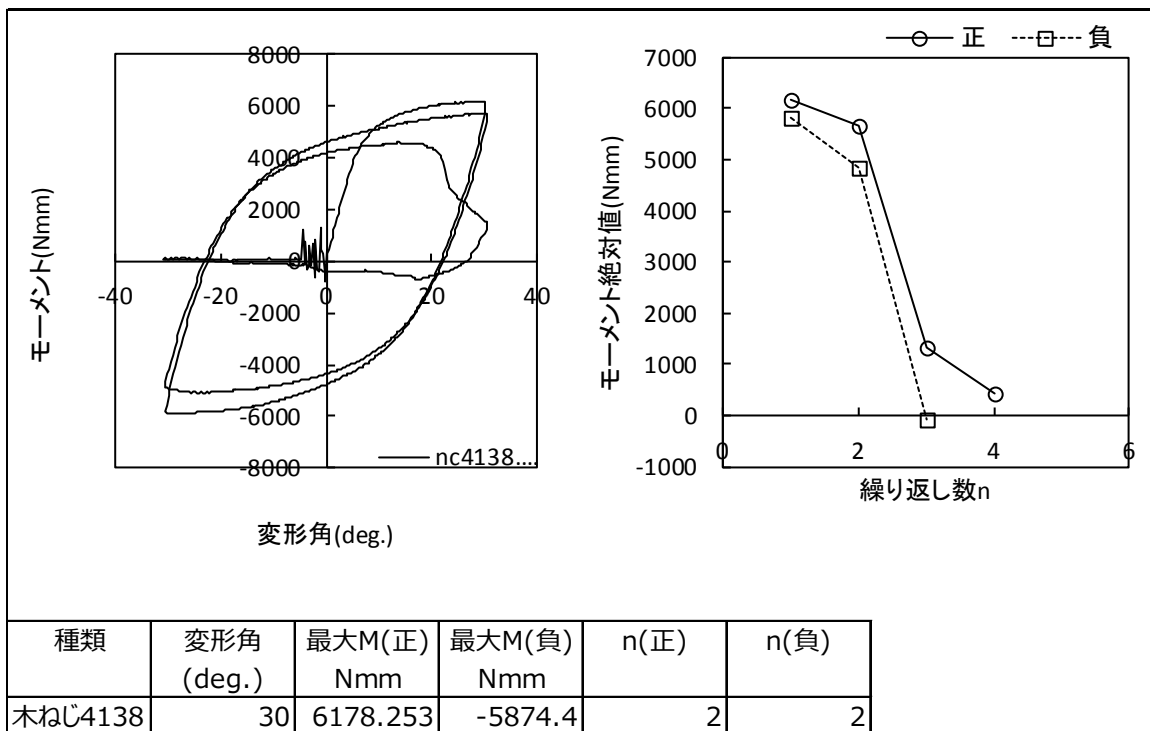


図 6.3.9 繰り返し曲げ試験 荷重変位曲線 (木ねじ 4.1×38mm・30度)

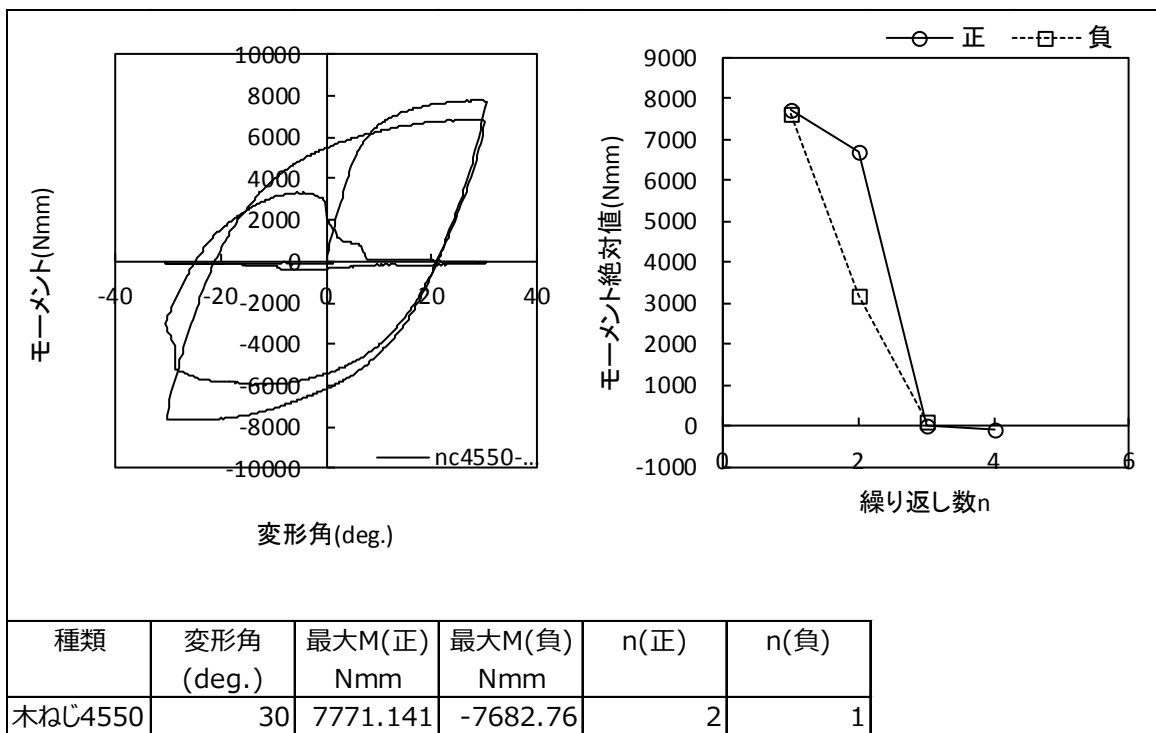
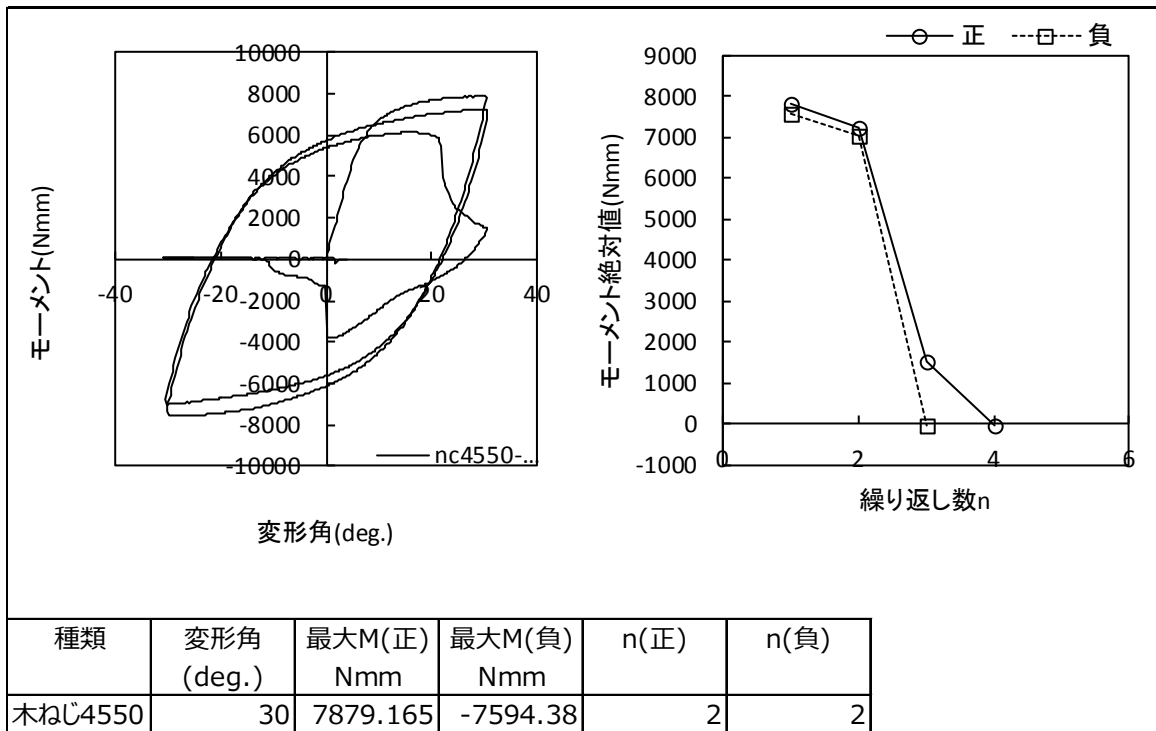


図 6.3.10 繰り返し曲げ試験 荷重変位曲線 (木ねじ 4.5×50mm・30度)

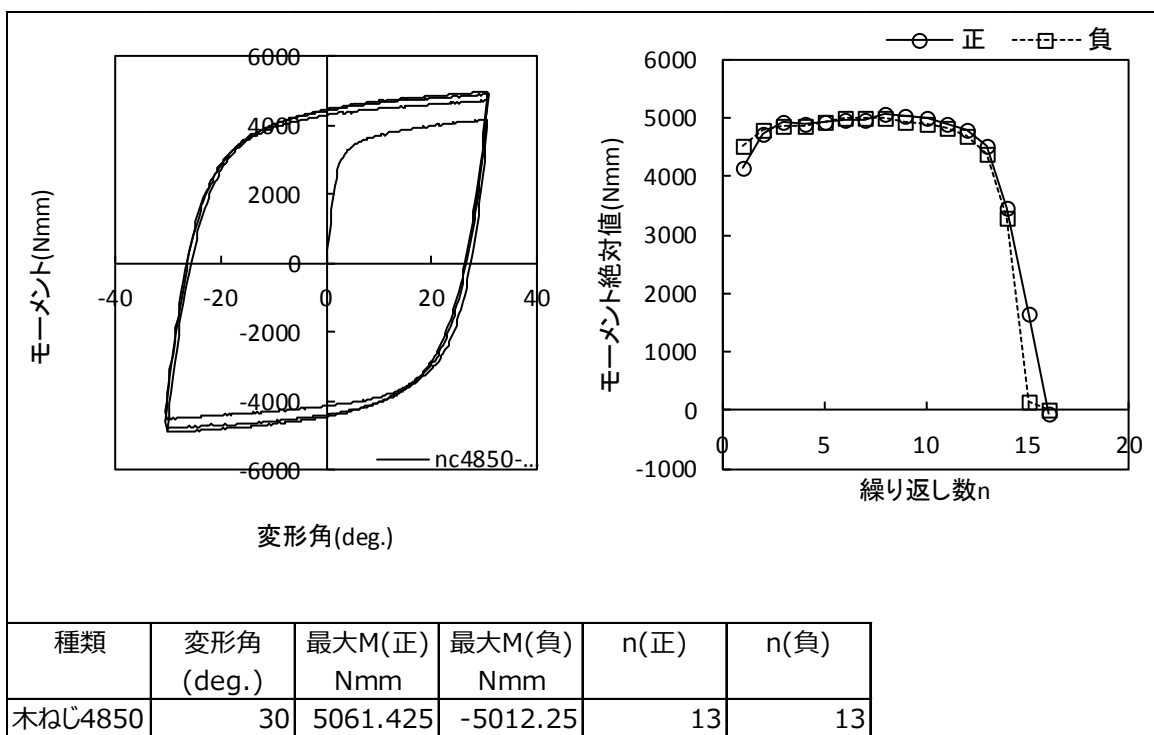
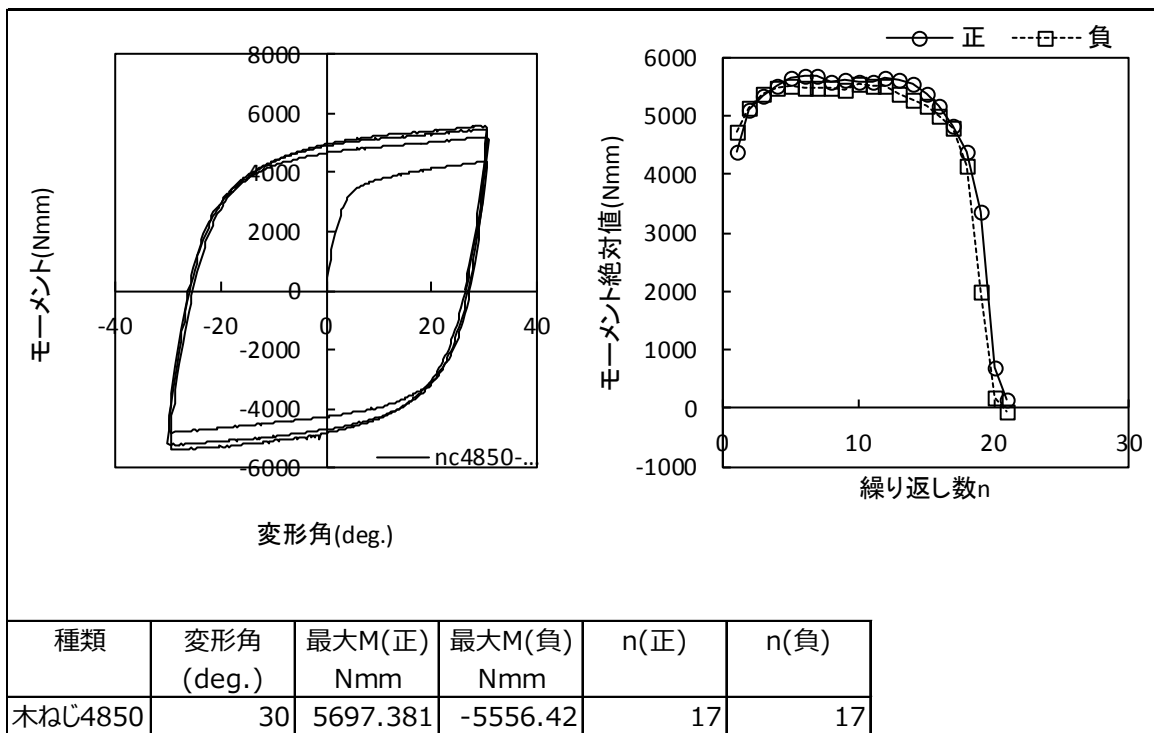


図 6.3.1 1 繰り返し曲げ試験 荷重変位曲線 (木ねじ 4.8×50mm・30度)

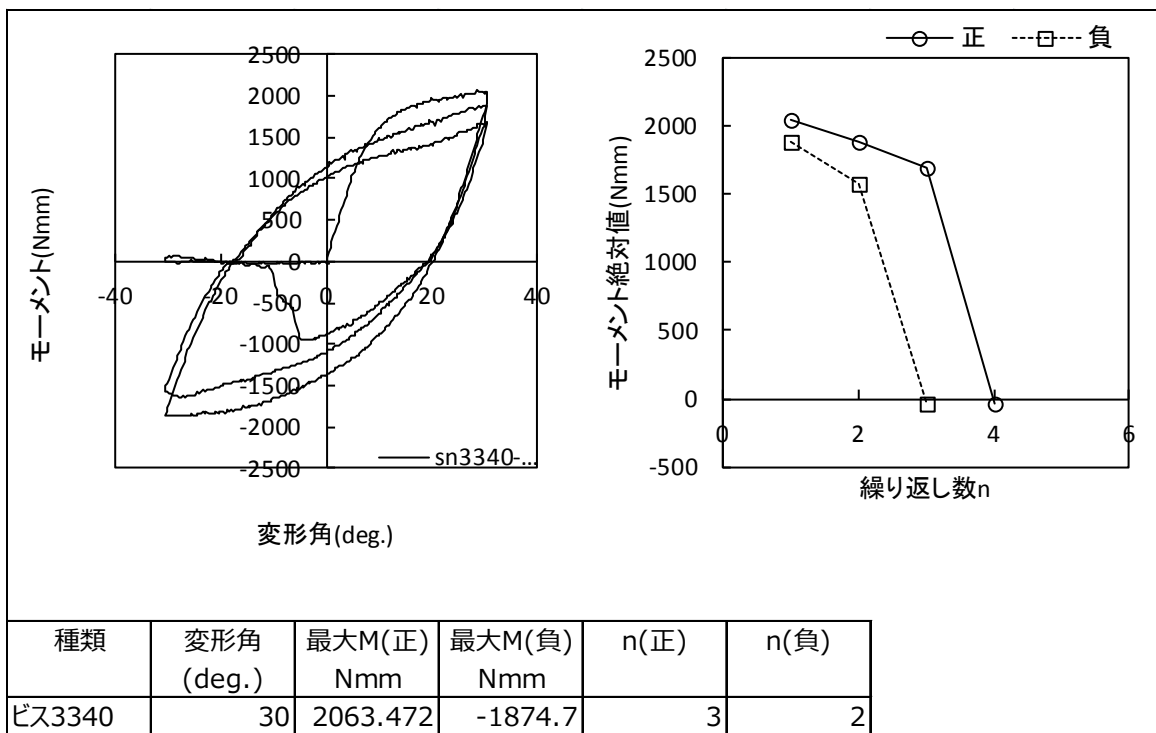
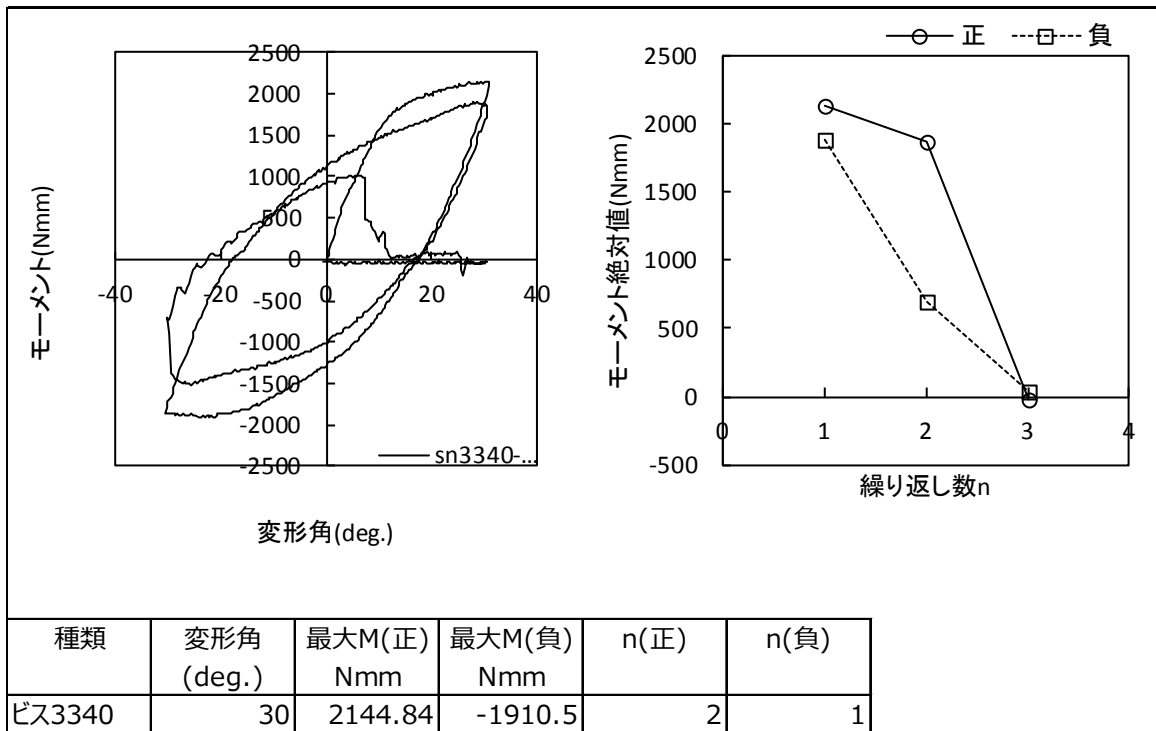


図 6.3.1 2 繰返し曲げ試験 荷重変位曲線 (ビス 3.3×40mm・30度)

6.3. 接合部の一面せん断試験

6.3.1. 摩擦条件の異なる合板張り木ねじ接合部の一面せん断性能(H22)

(1) はじめに

木ねじは建築構造物に使用した際釘に比べて引き抜き抵抗が大きいと、高い耐震性能を期待できる接合具である。木ねじ接合では打ち込み時に大きな締めつけ力が生じるが、地震力などの外力が作用する際にはすでに応力緩和していると想定されるため、初期摩擦を期待することはできない。接合部試験を行う際には摩擦の除去を行う必要があると考えられるが、木ねじの締めつけ力が大きいと、その作業が困難になっている。そこで、合板張り木ねじ接合部について摩擦力を除去する方法を変化させて一面せん断試験を行い、最適な摩擦除去方法について検討を行った。

(2) 試験方法

主材にはスギ製材 (E70) を、側材には針葉樹合板 (特類 2 級、厚さ 9mm) を用いた。密度と含水率を表 6.4.2 に示す。木ねじの種類、摩擦変化の方法ごとに密度のばらつきや偏りがないようにマッチングを行った。接合具には呼び径と長さがそれぞれ 3.8×32mm、4.5×32mm、4.5×50mm、4.1×3.8mm の 4 種類の皿木ねじ (JIS B 1112、天野製作所製) を使用した。

図 6.4.1 に試験体概要を示す。試験部分(上部)は主材の両面から側材を接合具 1 本で留めつけ、非試験部分(下部)は 4.1×32mm の木ねじ 6 本で緊結した。試験部分については表 6.4.2 に示す 7 種類の摩擦除去作業を行った。加力方法は一方向引張加力で 2mm/min の速度で試験し、各木ねじのサイズ・摩擦除去方法につき各 3 体ずつ行った。

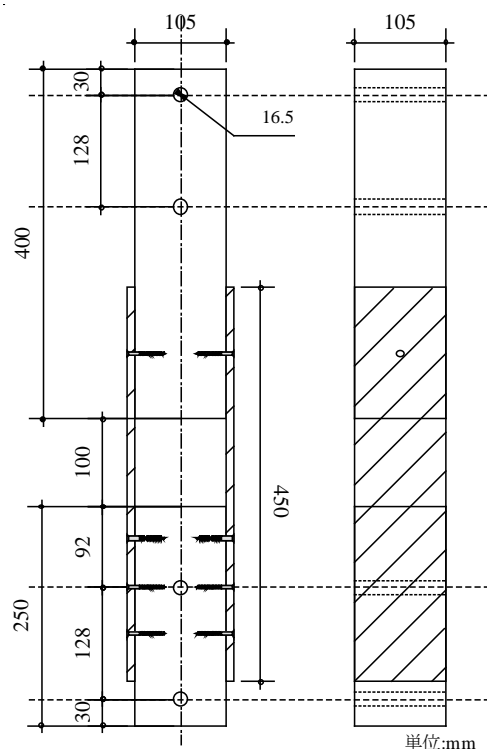


図 6.4.1 試験体概要

表 6.4.1 試験体密度と含水率

	密度(kg/m ³)	含水率(%)
主材	399±26	8.4±1.1
側材	540±28	11.0±1.4

※ 平均値±標準偏差

表 6.4.2 摩擦力変化方法の種類

(a)	Control	接合部を合板に面の位置になるまで打ち込む。
(b)	±1/8 回転	面位置にした後 1/8 回転分木ねじを締めつけ方向に回し、その後 1/8 回転解放方向に回したもの。
(c)	±1/4 回転	面位置にした後 1/4 回転分木ねじを締めつけ方向に回し、その後 1/4 回転解放方向に回したもの。
(d)	SP-out	鉄板(0.6mm)を主材と側材の間にはさみこみ、面まで木ねじを打ち込んだ後、鉄板を抜き取ったもの。鉄板を引き抜くのを容易にするため、鉄板と木材の間にテフロン (ポリテトラフルオロエチレン)シート(0.04mm)を挟みこんだ。
(e)	SP-No	鉄板を主材と側材の間に挟み込み、面まで木ねじを打ち込んだ後、鉄板を抜き取る。その後隙間を埋める量だけ締めつけ方向に木ねじを回したもの。回転量はねじのリードの長さから決定する。鉄板を引き抜くのを容易にするため、鉄板と木材の間にテフロンシートを挟み込んだ。
(f)	TS-Out	テフロンシートを 6 重に重ねたものを主材と側材の間に挟み、木ねじを面まで打ち込んだ後、それを引き抜いたもの。
(g)	TS	テフロンシートを主材と側材の間に挟み、木ねじを面まで打ち込んだもの。

(3) 試験結果

各木ねじの種類、摩擦条件ごとに荷重と変位の関係を図 6.4.2 に示す。図 6.4.2 左側は変位 25mm まで、図 6.4.2 右側は変位 1mm までを表示したものである。摩擦除去作業によって、初期変形域における挙動の違いが見られた。

包絡線の $0.1P_{\max}$ と $0.4P_{\max}$ 時の点を結んだ直線の傾きを初期剛性 K とした。図 6.4.3 のように、(c) $\pm 1/4$ 回転と (d) SP-Out の剛性が特に小さくなり、摩擦軽減効果が確認できた。一方、(e) SP-No、(f) TS-Out の剛性は (a) Control と同程度となり、摩擦軽減効果は確認できなかった。ばらつきが大きくなっているのは、試験体ごとに摩擦軽減具合が大きく異なるためである。

試験結果を完全弾塑性モデルに置換して得られた降伏耐力 P_y の平均値を図 6.4.4 に示す。摩擦除去作業による P_y の差はあまり見られず、初期剛性の違いによらず同程度の評価となった。一方、降伏変位 D_y は図 6.4.5 のように、摩擦力が小さいものほど大きくなる傾向が見られた。終局変位 D_u の平均値を図 6.4.6 に示す。 P_y と同様に摩擦除去作業による違いは見られなかった。

作業性については、(b) $1/8$ 回転と (c) $1/4$ 回転において作業が困難であり、(d) SP-Out は比較的容易であった。また、いずれの方法においても隙間の管理は困難であり、今後の検討を要する。

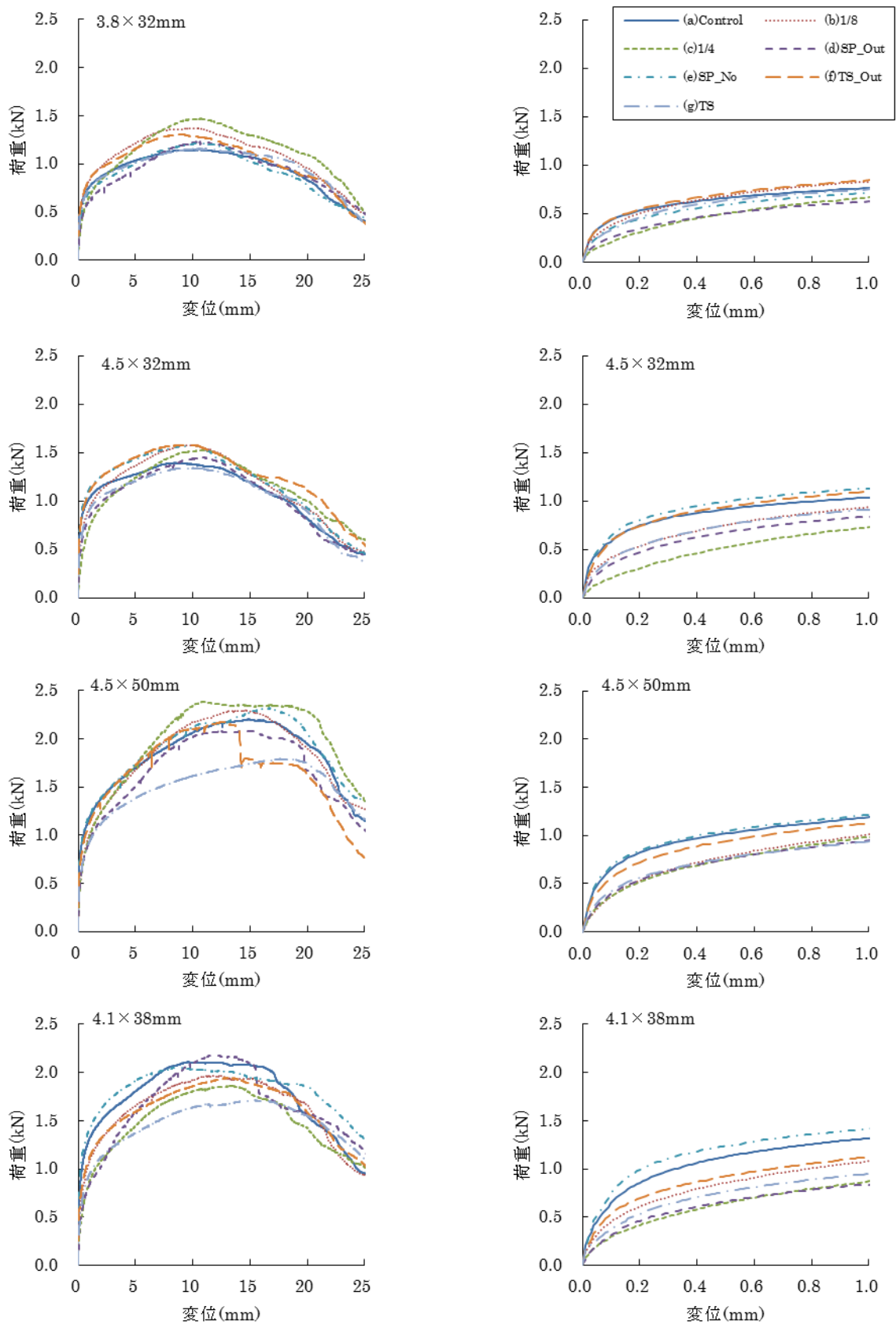


図 6.4.2 荷重変位曲線一覧（左:変位 25mm まで、右:変位 1mm まで）

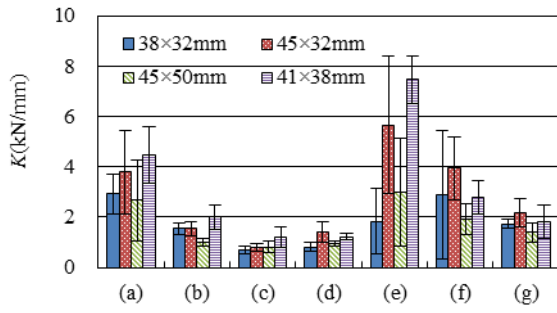


図 6.4.3 剛性(0.1-0.4 P_{max})の比較

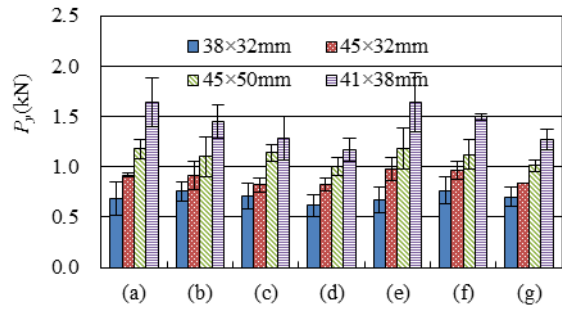


図 6.4.4 降伏耐力 P_y の比較

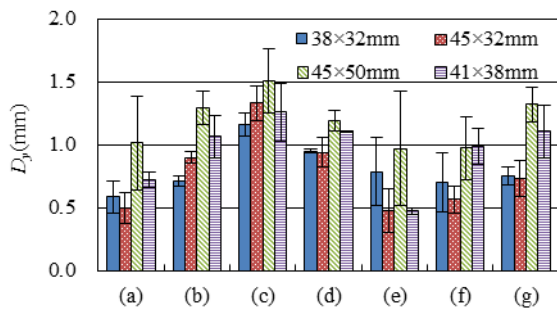


図 6.4.5 降伏変位 D_y の比較

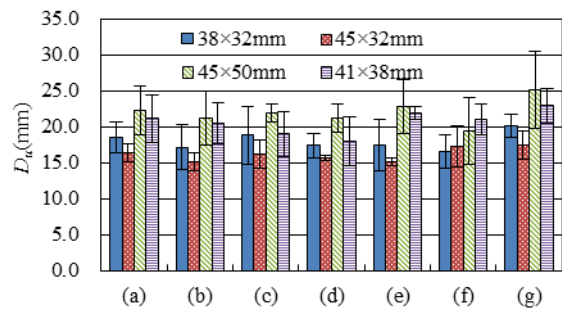
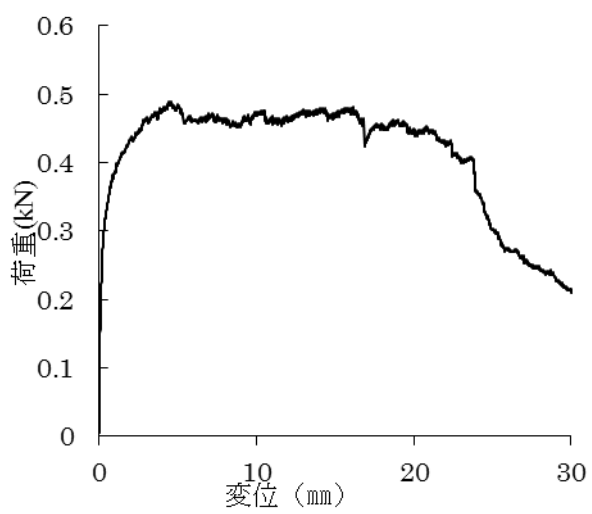


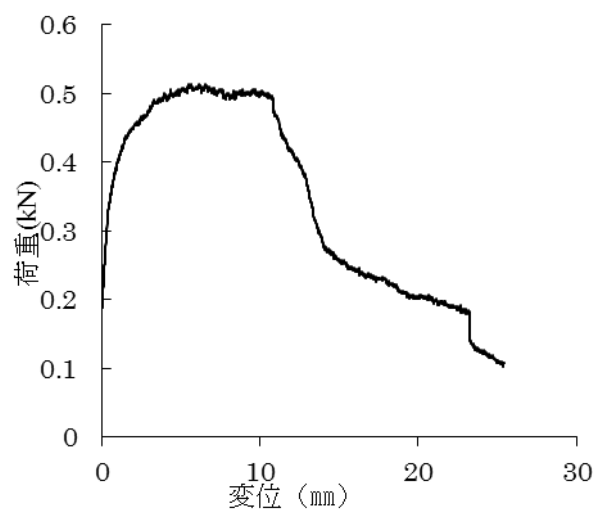
図 6.4.6 終局変位 D_u の比較

ねじの破断も一部見られた。正負繰り返し試験においてはすべてのビスが破断により破壊に至った。破壊状況から推定される降伏モードはモード IIIb（側材および接合具が降伏）であった。

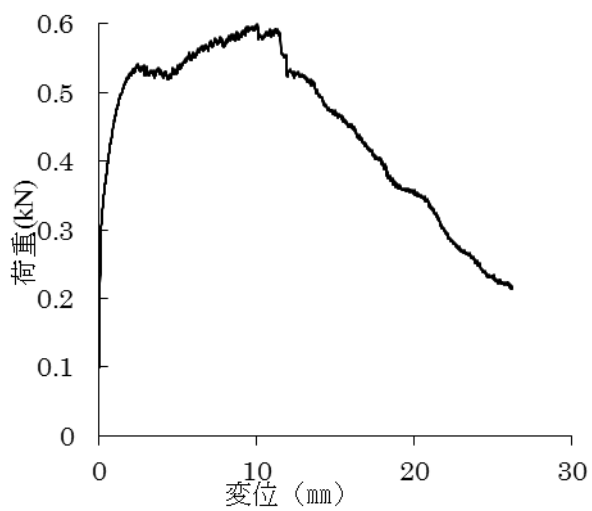
4.8×50mm の木ねじを用いたシリーズでは、主としてせっこうボードの圧潰により変位が進行した。一方向加力試験においては、曲げ降伏を生じる接合具が一部に見られた。正負繰り返し加力試験では1本の木ねじが破断を生じたものの、そのほかは一方向加力試験における挙動と同様であった。また、端距離が 50mm となる側材においては、せっこうボードの層内で破壊が生じ、荷重低下につながった。破壊状況から推定される降伏モードは主にモード Ia（側材が降伏）、一部モード IIIb（側材および接合具が降伏）であった。



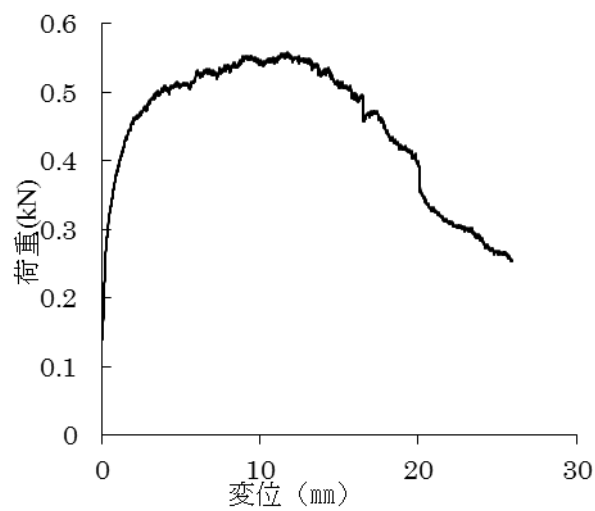
3.8×32mm 一方向 1 体目



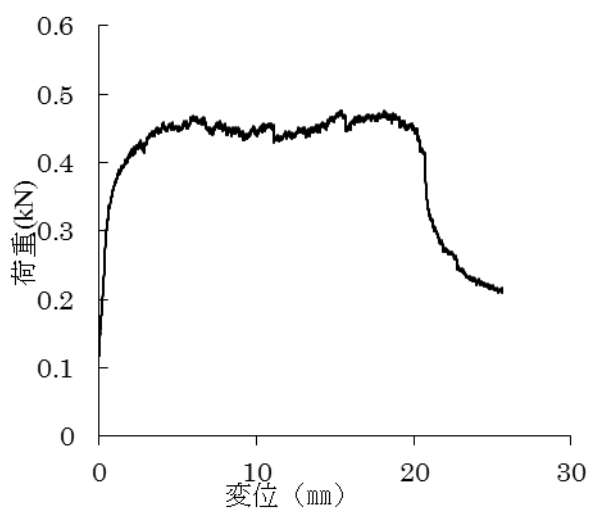
3.8×32mm 一方向 2 体目



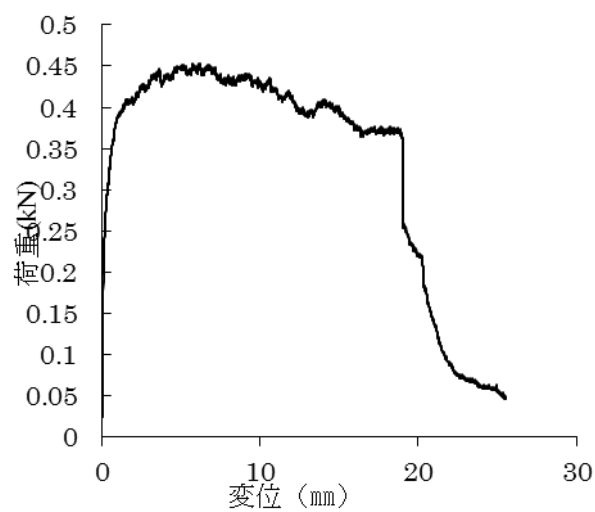
3.8×32mm 一方向 3 体目



3.8×32mm 一方向 4 体目

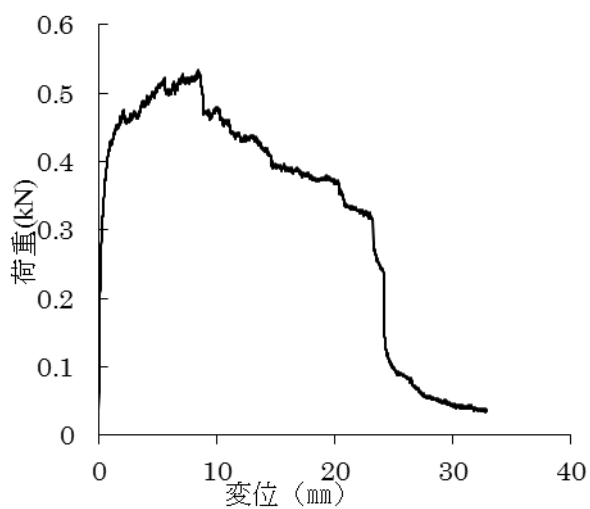


3.8×32mm 一方向 5 体目

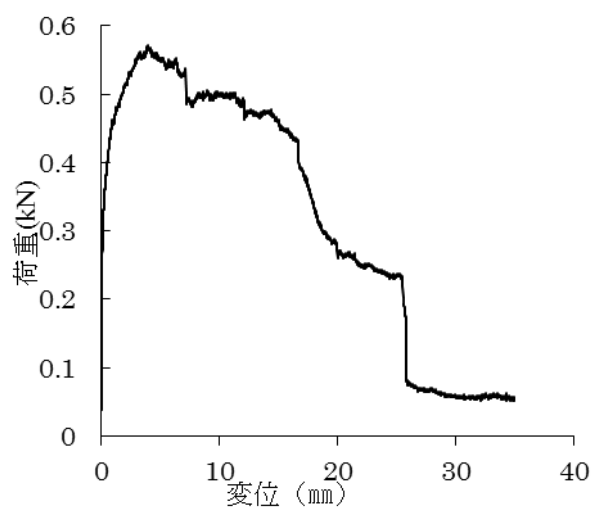


3.8×32mm 一方向 6 体目

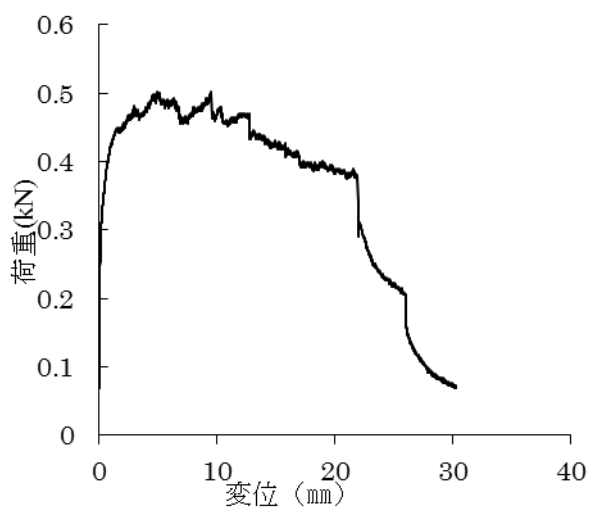
図 6.4.8 荷重変位曲線一覧 (木ねじ : 3.8×32mm 一方向加力)



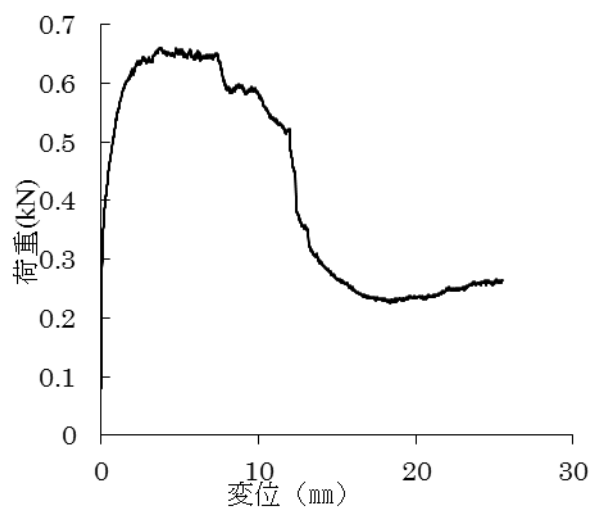
4.1×38mm 一方向 1 体目



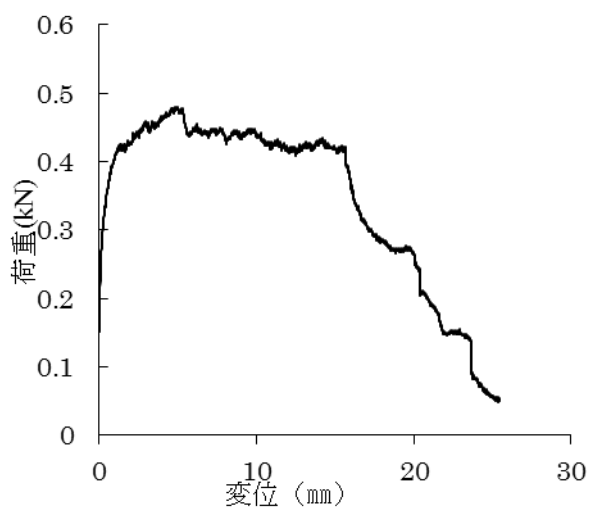
4.1×38mm 一方向 2 体目



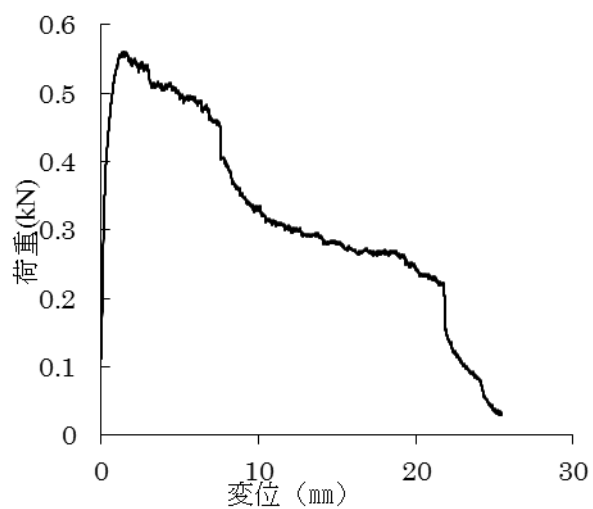
4.1×38mm 一方向 3 体目



4.1×38mm 一方向 4 体目

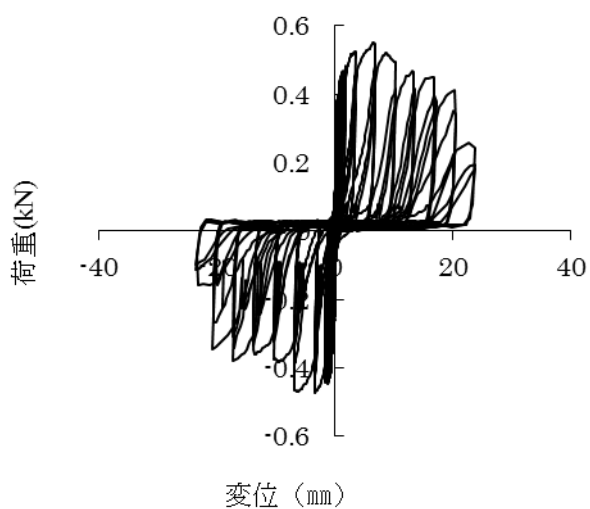


4.1×38mm 一方向 5 体目

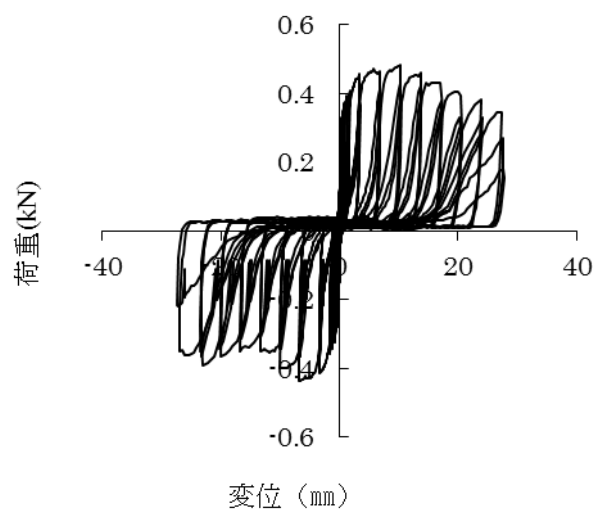


4.1×38mm 一方向 6 体目

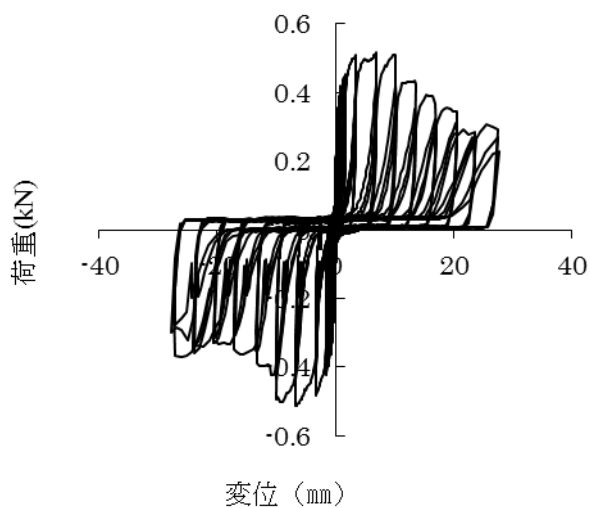
図 6.4.9 荷重変位曲線一覧 (木ねじ : 4.1×38mm 一方向加力)



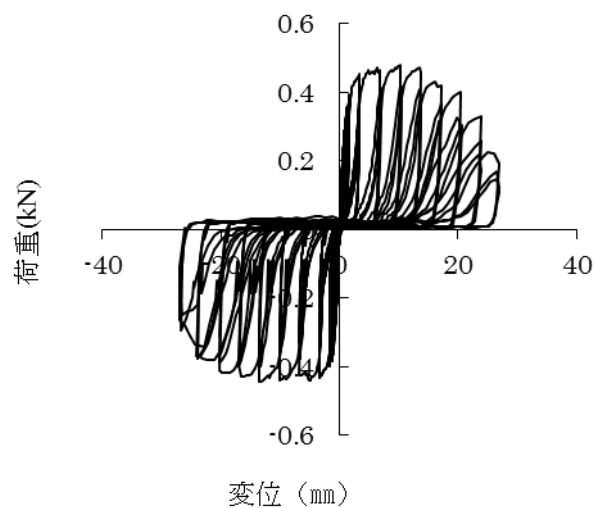
3.8×32mm 繰り返し 1 体目



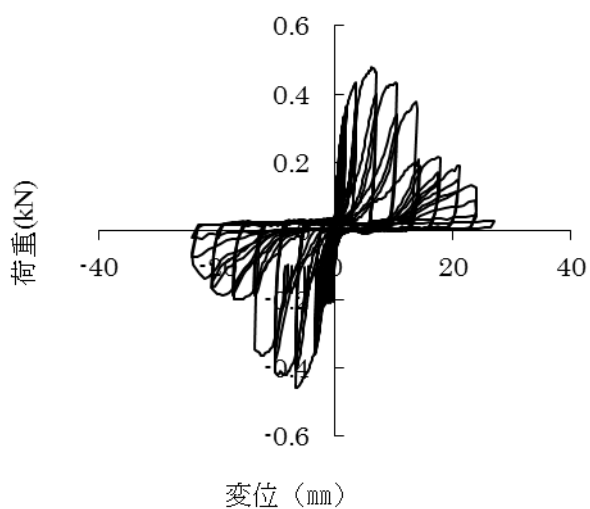
3.8×32mm 繰り返し 2 体目



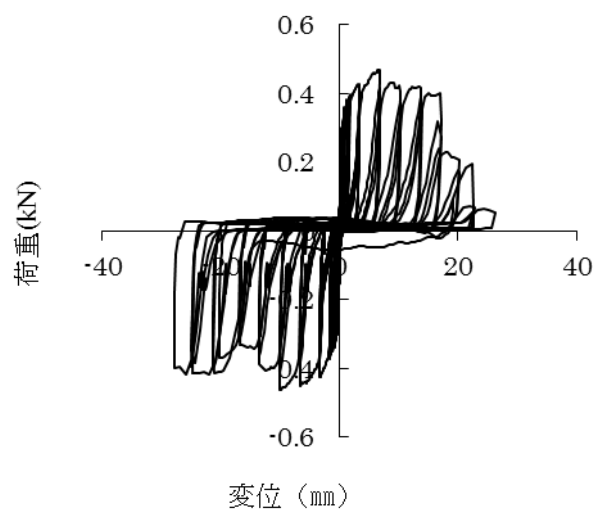
3.8×32mm 繰り返し 3 体目



3.8×32mm 繰り返し 4 体目

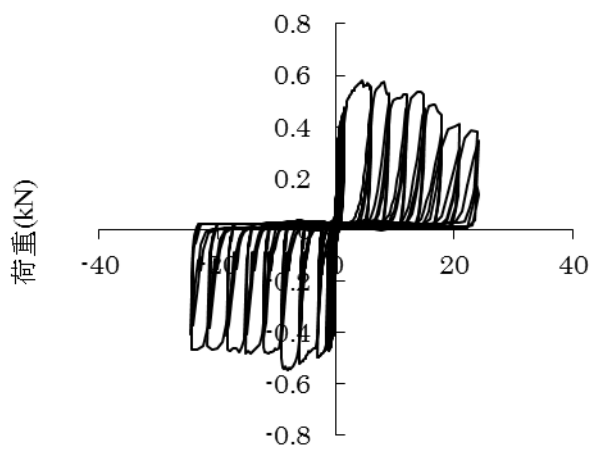


3.8×32mm 繰り返し 5 体目

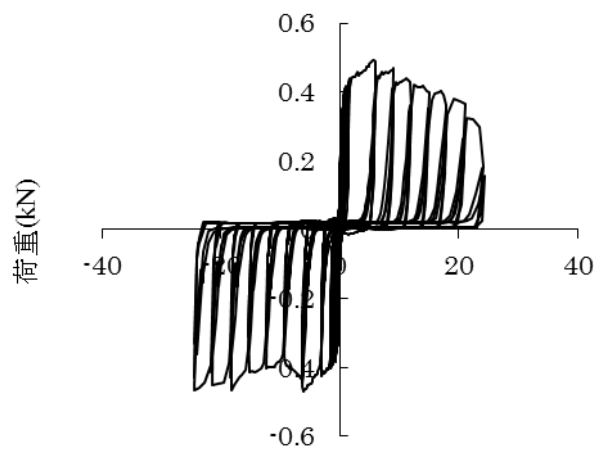


3.8×32mm 繰り返し 6 体目

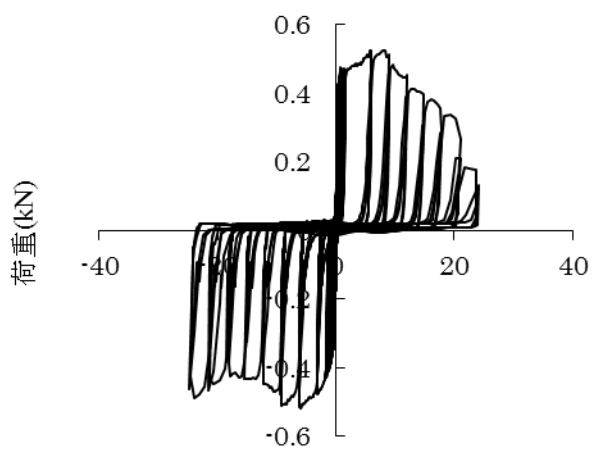
図 6.4.10 荷重変位曲線一覧 (木ねじ : 3.8×32mm 繰り返し加力)



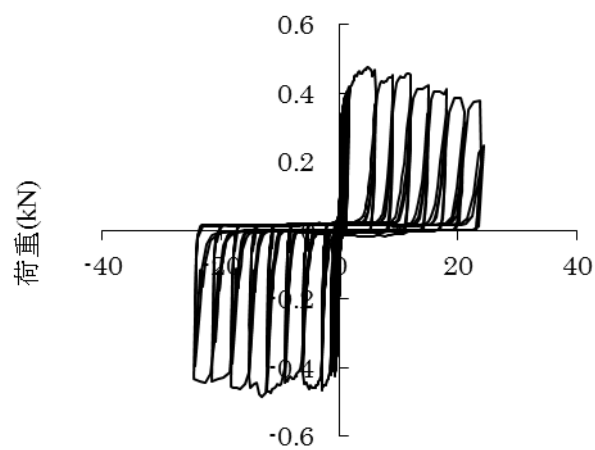
変位 (mm)
4.1×38mm 繰り返し 1 体目



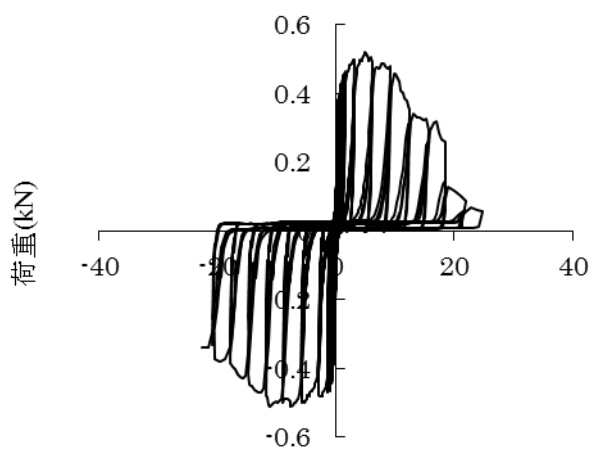
変位 (mm)
4.1×38mm 繰り返し 2 体目



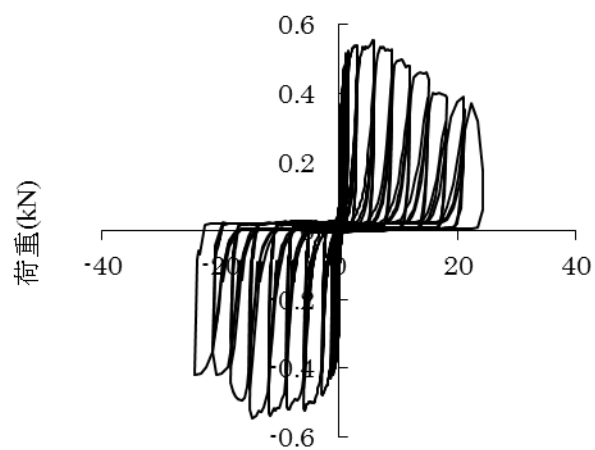
変位 (mm)
4.1×38mm 繰り返し 3 体目



変位 (mm)
4.1×38mm 繰り返し 4 体目



変位 (mm)
4.1×38mm 繰り返し 5 体目



変位 (mm)
4.1×38mm 繰り返し 6 体目

図 6.4.1 1 荷重変位曲線一覧 (木ねじ : 4.1×38mm 繰り返し加力)



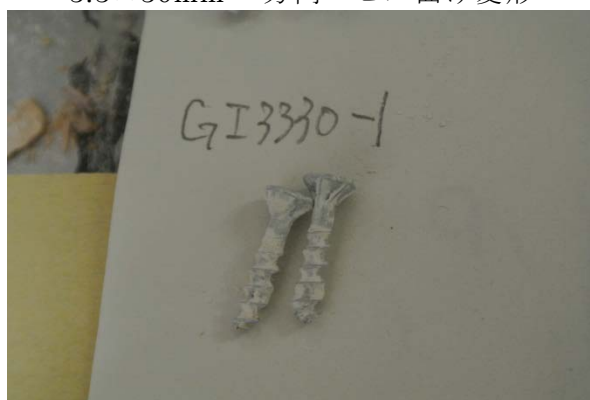
4.8×50mm 一方向 ボードの割れ



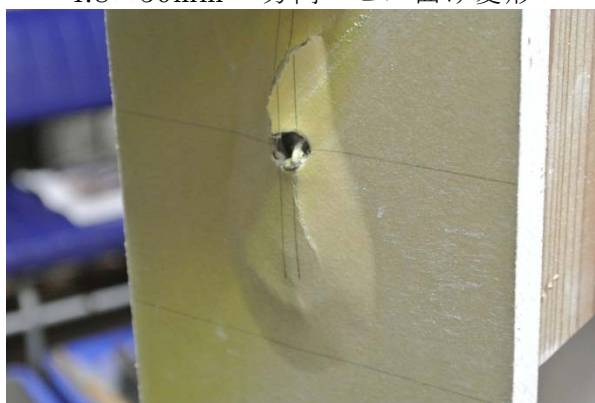
3.3×30mm 一方向 ビス曲げ変形



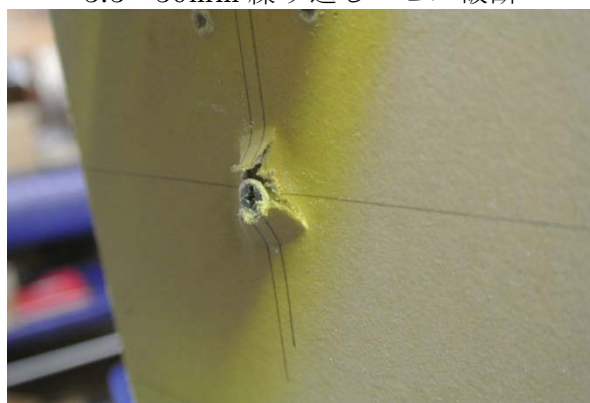
4.8×50mm 一方向 ビス曲げ変形



3.3×30mm 繰り返し ビス破断

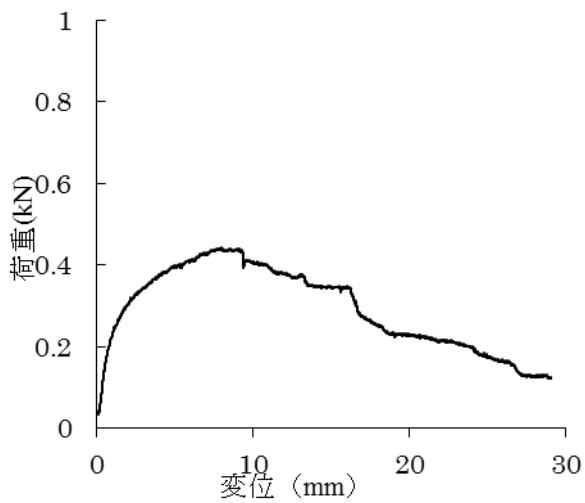


4.8×50mm 繰り返し ボードの破壊

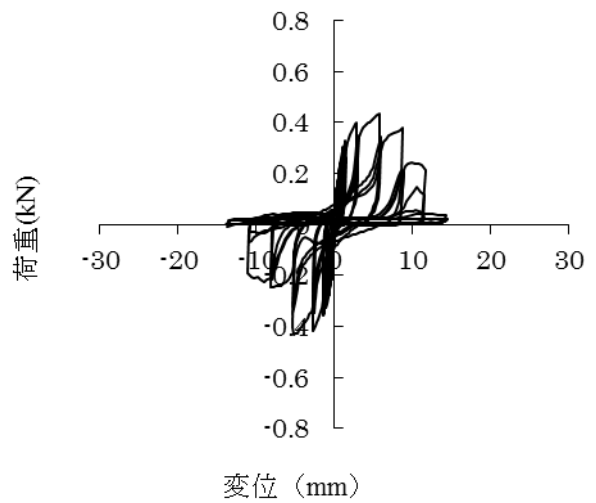


3.3×30mm 繰り返し ビス抜け出し

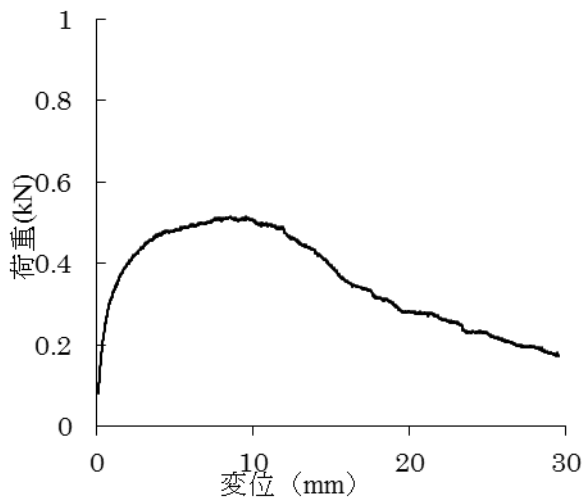
図 6.4.1 2 破壊状況



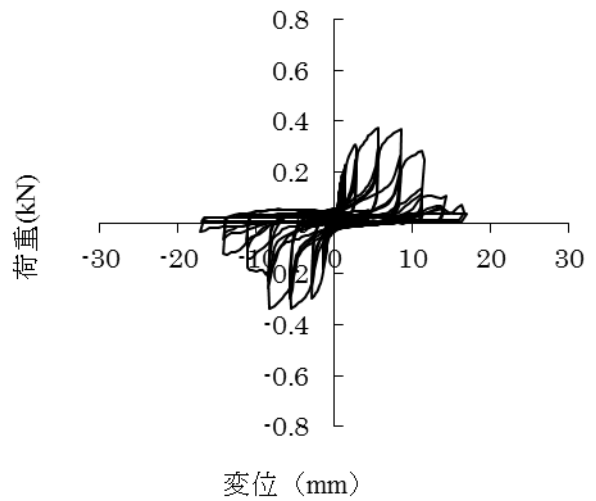
3.3×30mm 一方向 1 体目



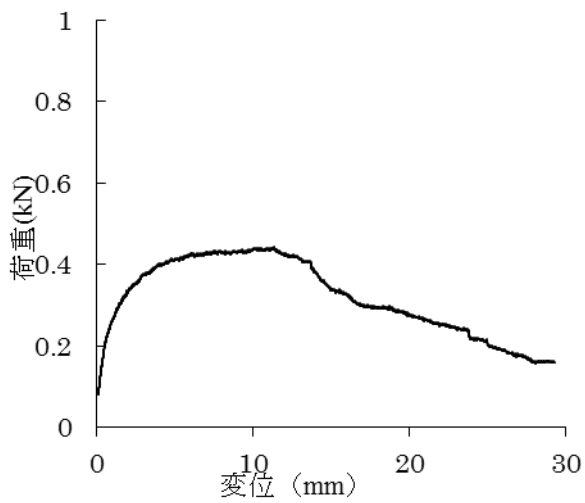
3.3×30mm 繰り返し 1 体目



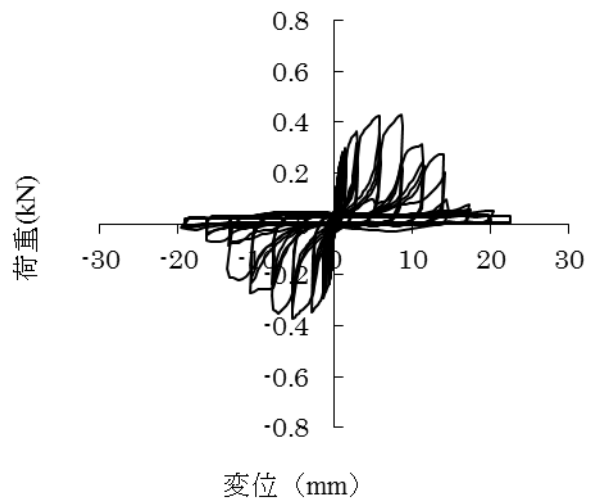
3.3×30mm 一方向 2 体目



3.3×30mm 繰り返し 2 体目

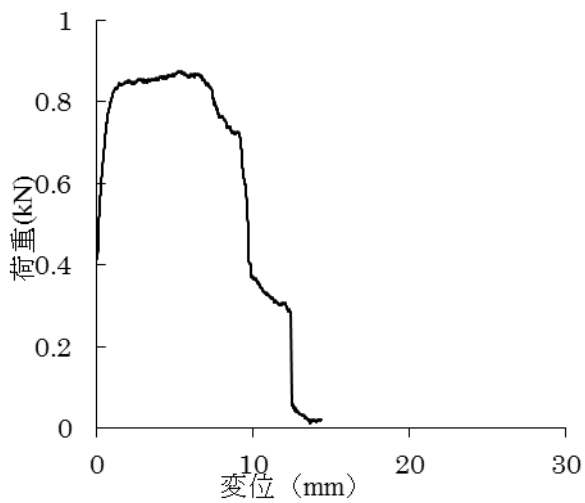


3.3×30mm 一方向 3 体目

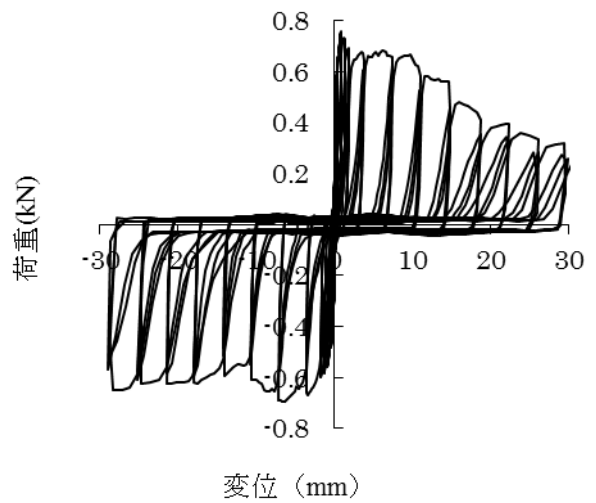


3.3×30mm 繰り返し 3 体目

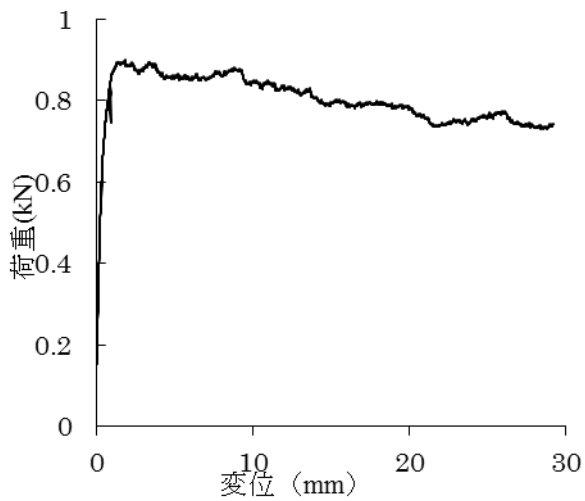
図 6.4.13 荷重変位曲線一覧 (ビス : 3.3×30mm)



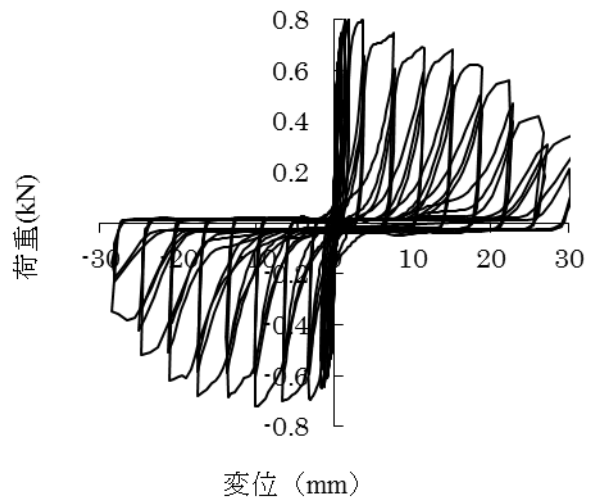
4.8×50mm 一方向 1 体目



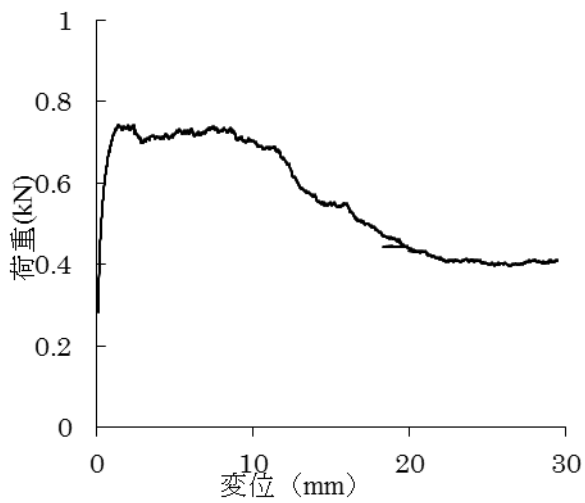
4.8×50mm 繰り返し 1 体目



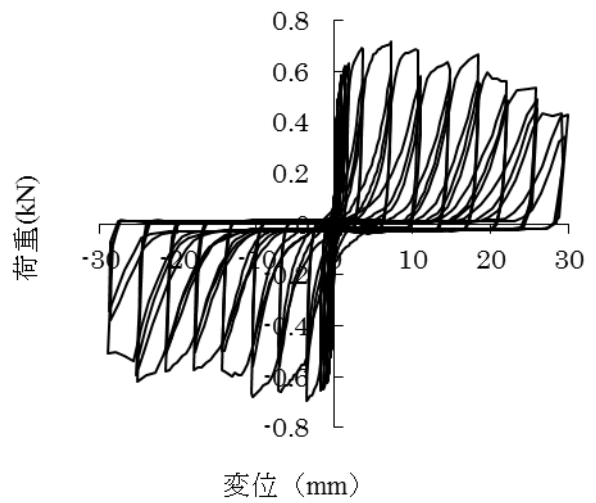
4.8×50mm 一方向 2 体目



4.8×50mm 繰り返し 2 体目



4.8×50mm 一方向 3 体目



4.8×50mm 繰り返し 3 体目

図 6.4.1 4 荷重変位曲線一覧 (木ねじ : 4.8×50mm)

荷重変位曲線から得られた特性値を表 6.4.3 および表 6.4.4 に示す。

荷重変位曲線の比較と同様に、加力履歴によってあまり違いが見られなかった。一方向加力よりも正負繰り返し加力において高い値を示しているものも一部にみられるが、標準偏差を見る限りばらつきの範囲と考えられ、両者の間に有意な差は見られないと考えられる。

3.3×30mm のビスを用いたシリーズでは、繰り返し加力により最大荷重、終局変位が低下する結果となった。4.8×50mm のビスを用いたシリーズについては、加力履歴による違いはあまり見られなかった。

表 6.4.3 特性値一覧

木ねじの種類	試験方法	P_y kN	D_y mm	P_{max} kN	D_{max} mm	P_u kN	D_u mm	K kN/mm	μ -
3.8×32mm	一方向加力	0.31 (0.03)	0.37 (0.13)	0.52 (0.05)	8.79 (4.32)	0.48 (0.04)	18.01 (4.13)	0.85 (1.39)	34.45 (13.10)
	正負繰り返し	0.31 (0.02)	0.56 (0.39)	0.50 (0.03)	7.82 (2.00)	0.46 (0.03)	16.83 (4.05)	0.56 (1.85)	31.80 (22.36)
4.1×38mm	一方向加力	0.34 (0.02)	0.28 (0.12)	0.55 (0.06)	4.57 (2.26)	0.51 (0.06)	13.41 (3.74)	1.20 (0.78)	34.83 (12.64)
	正負繰り返し	0.33 (0.01)	0.26 (0.07)	0.53 (0.04)	5.63 (1.30)	0.48 (0.04)	15.50 (3.12)	1.25 (0.59)	42.16 (11.49)

()内は標準偏差

表 6.4.4 特性値一覧

		P_y kN	D_y mm	P_{max} kN	D_{max} mm	P_u kN	D_u mm	K kN/mm	μ -	D_s -
3.3×30mm 一方向	1	0.26	1.27	0.44	7.96	0.40	13.50	0.20	6.85	0.28
	2	0.30	0.79	0.52	9.52	0.48	14.46	0.38	11.55	0.21
	3	0.25	0.89	0.44	11.37	0.41	14.60	0.28	10.10	0.23
	mean	0.27	0.98	0.47	9.62	0.43	14.19	0.29	9.50	0.24
	S.V.	0.03	0.25	0.04	1.70	0.04	0.60	0.09	2.41	0.04
4.8×50mm 一方向	1	0.47	0.08	0.88	5.17	0.82	9.21	5.60	62.58	0.09
	2	0.51	0.21	0.90	1.80	0.81	33.05	2.40	97.92	0.07
	3	0.42	0.17	0.74	2.00	0.71	12.94	2.45	44.31	0.11
	mean	0.47	0.16	0.84	2.99	0.78	18.40	3.48	68.27	0.09
	S.V.	0.04	0.06	0.08	1.89	0.06	12.83	1.83	27.26	0.02
3.3×30mm 繰り返し	1	0.24	0.90	0.41	8.58	0.37	10.85	0.27	7.82	0.26
	2	0.20	1.36	0.35	5.58	0.32	10.55	0.15	4.87	0.34
	3	0.24	0.90	0.41	8.58	0.37	10.85	0.27	7.82	0.26
	mean	0.23	1.05	0.39	7.58	0.36	10.75	0.23	6.83	0.29
	S.V.	0.02	0.26	0.03	1.73	0.03	0.17	0.07	1.70	0.04
4.8×50mm 繰り返し	1	0.49	0.54	0.72	7.35	0.67	21.95	0.90	29.59	0.13
	2	0.45	0.16	0.81	1.42	0.73	17.02	2.78	64.94	0.09
	3	0.49	0.54	0.72	7.35	0.67	20.76	0.90	27.84	0.14
	mean	0.48	0.42	0.75	5.37	0.69	19.91	1.53	40.79	0.12
	S.V.	0.02	0.22	0.05	3.42	0.03	2.57	1.08	20.93	0.03

6.4. 耐力壁の水平せん断試験

6.4.1. 木ねじ合板張り耐力壁の水平せん断試験における加力履歴の影響(H22)

(1) はじめに

JIS A1414-2 に定められている加力スケジュールでは、見かけの変形角が $1/450\text{rad}$ から $1/50\text{rad}$ の範囲で正負 3 回繰り返し加力を行い、その後終局に至るまで加力を行う。一方、ISO21581 では、終局まで繰り返し加力を継続することとなっている。昨年度における木ねじを用いた合板張り耐力壁の水平せん断試験では JIS A1414-2 に準じた加力スケジュールを用いたが、木ねじの種類によって繰り返し加力に伴い木ねじの破断が生じる結果が得られた。そこで本研究では、異なる加力スケジュールによる木ねじ合板張り耐力壁の水平せん断試験を行い、加力スケジュールの差違が耐力壁の水平せん断性能に及ぼす影響について検討した。

(2) 試験体

試験体概要を図 6.5.1 に、各部材の密度と含水率、ヤング係数の平均と標準偏差を表 6.5.1 に、試験シリーズの一覧を表 6.5.2 に示す。柱および土台は $105\text{mm} \times 105\text{mm}$ のスギ製材を用いた。梁には $105\text{mm} \times 180\text{mm}$ のベイマツ製材を用いた。面材には針葉樹合板(特類 2 級、厚さ 9mm)を用い、面材を留めつける木ねじは $3.8 \times 32\text{mm}$ 、 $4.1 \times 38\text{mm}$ 、 $4.5 \times 32\text{mm}$ 、 $4.5 \times 50\text{mm}$ の 4 種類とし、 150mm 間隔で留めつけた。両端の柱の柱頭および柱脚は、引き寄せ金物 HD-B20 を用いて緊結した。試験体数は一方向静的水平加力試験に各 1 体、正負繰り返し試験に各 2 体とした。

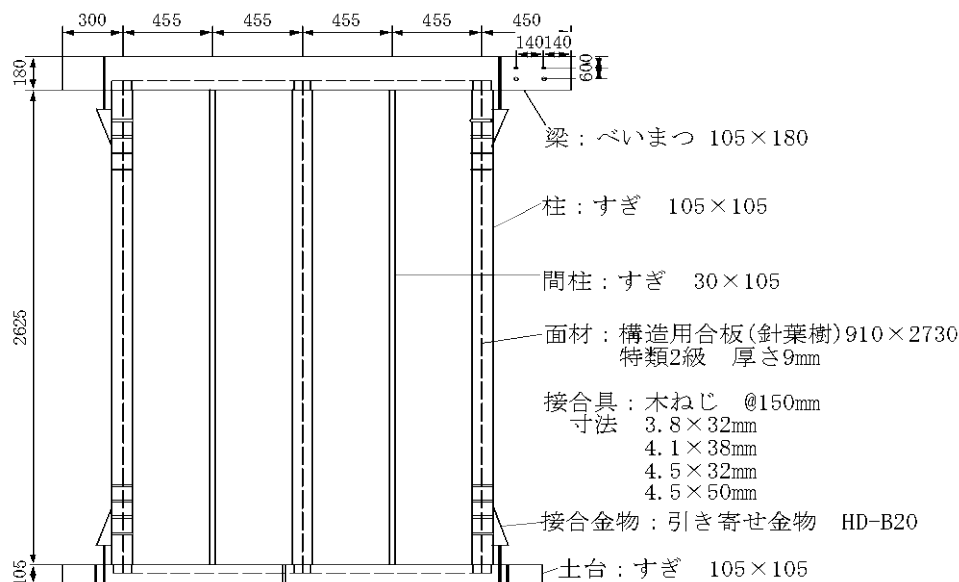


図 6.5.1 試験体概要

表 6.5.1 各部材の密度と含水率とヤング係数の平均と標準偏差

	密度 (kg/m ³)		含水率 (%)		ヤング係数 (MPa)	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
梁	457	31.8	11.5	2.1	90.5	7.05
柱	415	29.7	9.1	1.5	69.6	5.15
土台	407	34.1	8.6	0.9	70.0	7.17
間柱	423	38.6	9.8	1.2	—	—
面材	560	44.0	9.0	1.5	—	—

表 6.5.2 試験シリーズ一覧

試験体数	3.8×32mm	4.1×38mm	4.5×32mm	4.5×50mm
単調	1体	1体	1体	1体
JIS	3体 (実施済)	3体 (実施済)	3体 (実施済)	3体 (実施済)
ISO	2体	2体	2体	2体

(3) 試験方法

梁端部に油圧式アクチュエータ（島津製作所製静的最大加振力±150kN、ストローク±200mm）を接続し静的水平加力を行った。荷重はロードセルにより測定した。梁の水平変位は巻込型変位計（東京測器研究所製 DP-500C、500mm）で、土台水平変位および両端柱の鉛直方向変位は変位計（東京測器研究所製 SDP-100c、100mm）で測定した。

a. 一方向静的水平加力試験

加力速度 0.2mm/sec にて終局に至るまで一方向にのみ加力を行った。

b. 正負繰り返し静的水平加力試験

正負繰り返し静的水平加力はISO 21581による加力履歴を用いて行った。加力履歴を表 6.5.3に示す。設定変位が一方向加力試験における終局変位 D_u をもとに定めており、1.25%値、2.5%値、5%値、7.5%値、10%値において1サイクル、20%値、40%値、60%値、80%値、100%値、120%値・・・においてそれぞれ3サイクル正負繰り返し加力を行った。

表 6.5.3 加力履歴

Du (mm)	3.8×32mm	4.1×38mm	4.5×32mm	4.5×50mm
1.25 %	1.33	1.78	1.44	1.81
2.5 %	2.66	3.56	2.88	3.62
5 %	5.33	7.12	5.76	7.24
7.5 %	7.99	10.68	8.65	10.86
10 %	10.65	14.24	11.53	14.48
20 %	21.31	28.49	23.06	28.97
40 %	42.61	56.98	46.12	57.94
60 %	63.92	85.47	69.18	86.91
80 %	85.22	113.96	92.24	115.88
100 %	106.53	142.45	115.30	144.85
120 %	127.84	170.93	138.36	173.82

(4) 結果と考察

単調加力試験、ISOによる正負繰り返し試験における、荷重と見かけのせん断変形角の関係を図 6.5.2 から図 6.5.5 に示す。木ねじの径と長さが大きくなるほど最大耐力が大きくなる傾向を示した。これは、昨年度の JIS スケジュールによる結果と同じような傾向を示した。一方、ISOによる正負繰り返し試験では JIS および一方向静的水平加力試験と比較して、最大耐力を迎えてから荷重が急激に低下する傾向が見られた。

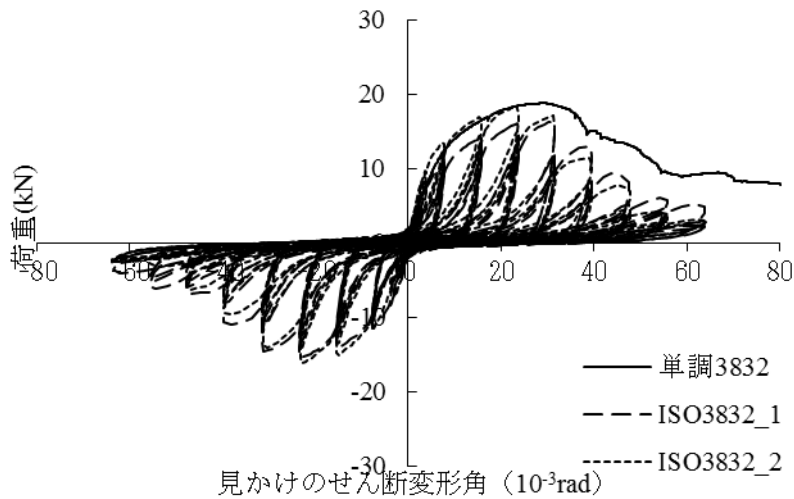


図 6.5.2 荷重変位曲線 (3.8×32mm)

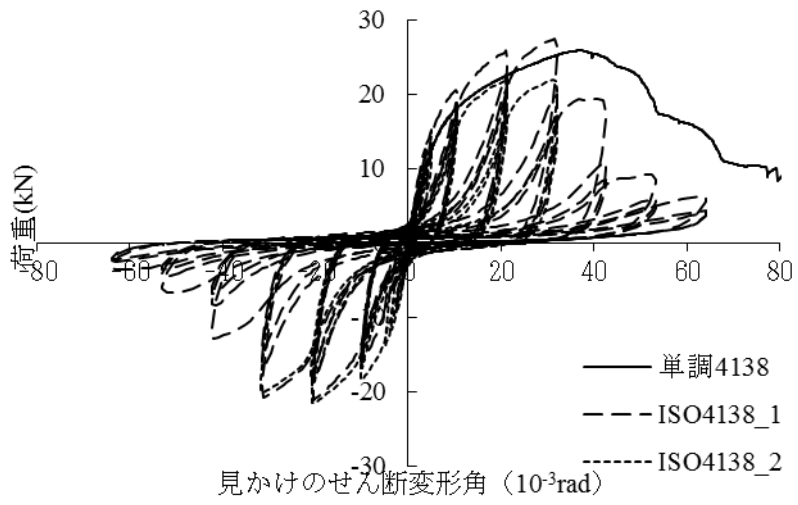


図 6.5.3 荷重変位曲線 (4.1×38mm)

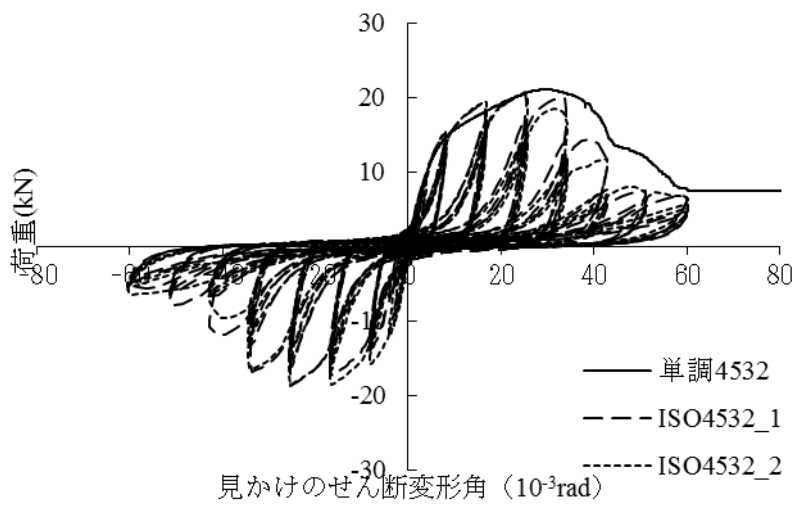


図 6.5.4 荷重変位曲線 (4.5×32mm)

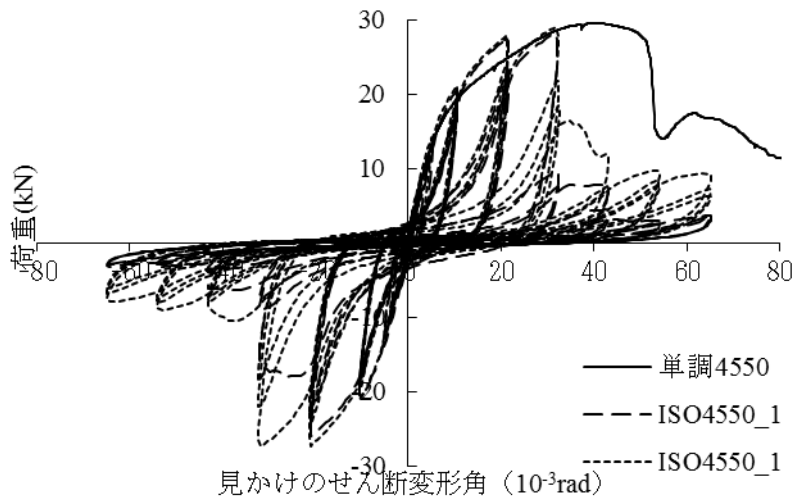


図 6.4.5 荷重変位曲線 (4.5×50mm)

試験結果から完全弾塑性モデルを作成して得られた各種特性値を表 6.4.4 に示す。各試験法における最大耐力 P_{max} 、終局変位 D_u の比較を図 6.4.6、図 6.4.7 に示す。 P_{max} は試験方法ごとにあまり違いが見られなかったのに対して、 D_u は一方向静的水平加力試験よりも正負繰り返し試験の方が下がっている傾向にあった。また、ISOの方が JIS よりも D_u の値が下がっている傾向にあった。

木ねじ接合部の破壊状況を図 6.4.8 に示す。縦軸の値は全接合部数に対する、それぞれの破壊形態が見られた割合を示した。一方向加力試験では、ほとんどねじ破断が見られなかったのに対して、正負繰り返し試験では、ねじの破断が多く見られた。また、JIS による正負繰り返し試験よりも今回行った ISO の基準による正負繰り返し試験の方が多くのねじの破断が見られた。また、ねじの長さが長くなるほどねじ破断が多くなっていく傾向となった。

以上より、正負を繰り返し行うことにより、 D_u の値が低くなっていたり、 P_{max} 後に荷重がすぐに落ちていることは、ねじ破断が多くみられることなどからだと思われる。また、ISO による試験方法では、靱性が低くなっていることがわかった。これは JIS と比較して ISO の加力履歴は大変形域で正負繰り返しを続けているためであると考えられる。

表 6.4.4 特性値一覧

木ねじ寸法	試験方法	Py	Dy	Pmax	Dmax	Pu	Du	stif	μ	Ds
		kN	10^{-3} rad	kN	10^{-3} rad	kN	10^{-3} rad	10^3 kN/rad	-	-
3.8×32mm	単調	11.0	6.26	18.8	29.1	17.4	38.3	1.95	3.85	0.39
	JIS	11.3	3.68	19.7	19.5	18.4	37.2	4.10	6.21	0.30
	ISO	10.0	5.49	16.6	25.2	15.0	35.3	2.11	4.42	0.36
4.1×38mm	単調	15.3	6.91	25.9	36.6	23.3	51.5	2.50	4.88	0.34
	JIS	14.4	5.13	24.0	28.6	22.1	46.4	3.45	5.97	0.30
	ISO	14.3	6.19	23.0	23.4	21.1	36.3	2.87	4.21	0.37
4.5×32mm	単調	12.7	5.83	21.1	29.0	19.2	41.7	2.45	4.73	0.34
	JIS	13.4	4.22	22.5	26.2	20.5	39.5	3.79	6.13	0.30
	ISO	13.0	6.59	19.7	23.0	18.4	35.8	2.56	4.44	0.38
4.5×50mm	単調	17.1	7.87	29.6	39.4	27.0	52.3	2.64	4.20	0.37
	JIS	16.3	4.86	28.5	23.7	25.8	33.2	3.99	4.26	0.37
	ISO	16.5	6.85	27.7	26.4	25.3	30.6	2.56	2.91	0.46

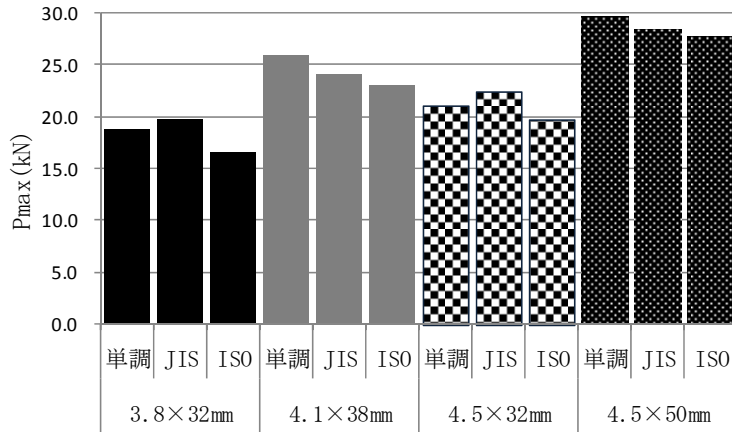


図 6.4.6 各試験法における P_{max} の比較

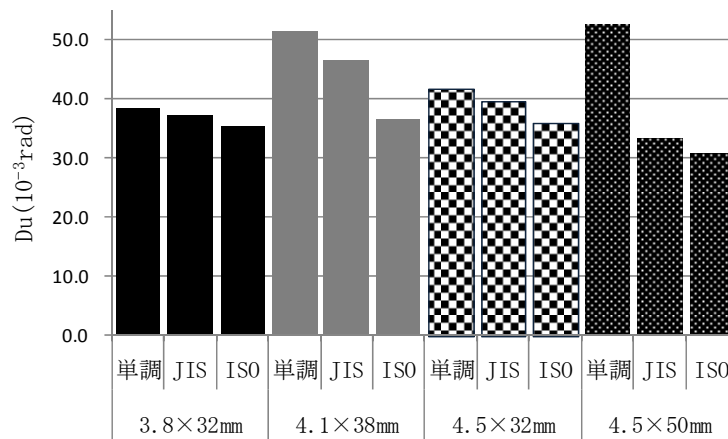


図 6.4.7 各試験法における D_u の比較

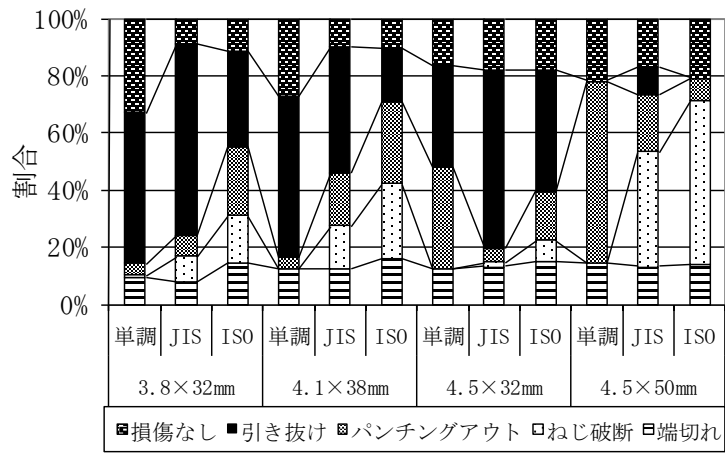


図 6.5.8 接合部の破壊状況

6.4.2. せっこうボード張り耐力壁のせん断性能(H23/H24)

(1) はじめに

前節と同様の接合部条件を用いて木造軸組構法耐力壁を作製し、その性能を検証した。

(2) 試験方法

試験体概要を図 6.5.1 に示す。柱および土台は 105mm×105mm のスギ製材を用いた。梁には 105mm×180mm のベイマツ製材を用いた。面材には JIS A6901 に示すせっこうボード(GB-R、厚さ 12.5mm)を用い、面材を留めつける木ねじは接合部試験と同様とし、150mm 間隔で留めつけた。縁距離は木ねじ 3.8×32mm、4.1×38mm、造作用ビス 3.3×30mm のシリーズでは 12mm、ステンレス製木ねじ 4.8×50mm のシリーズでは 12mm と 24mm の 2 種類とした。両端の柱の柱頭および柱脚は、引き寄せ金物 HD-B15 を用いて緊結した。

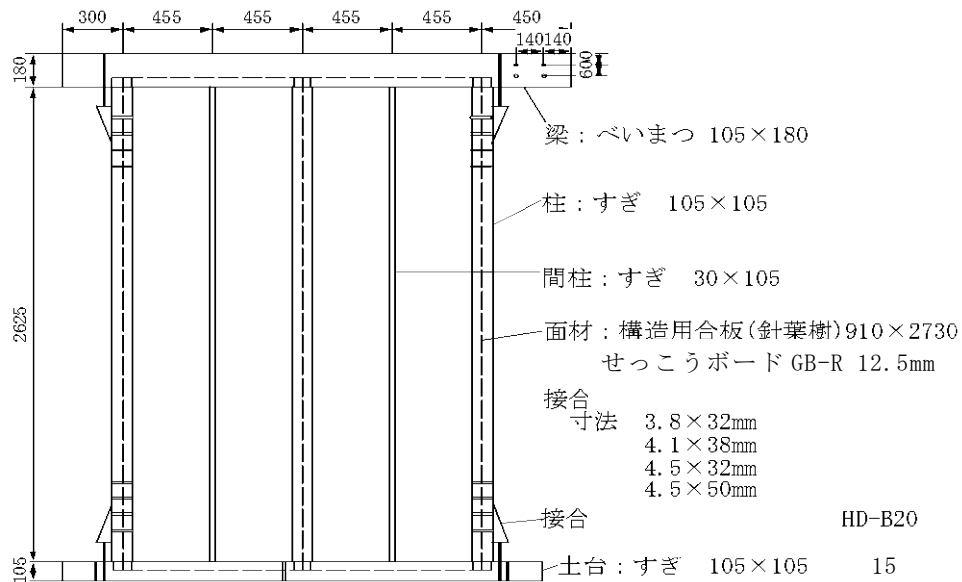


図 6.5.9 試験体概要

(3) 試験方法

梁端部に油圧式アクチュエータ（島津製作所製静的最大加振力±150kN、ストローク±200mm）を接続し静的水平加力を行った。荷重はロードセルにより測定した。梁の水平変位は巻込型変位計（東京測器研究所製 DP-500C、500mm）で、土台水平変位および両端柱の鉛直方向変位は変位計（東京測器研究所製 SDP-100c、100mm）で測定した。

a. 一方向静的水平加力試験

加力速度 0.2mm/sec にて終局に至るまで一方向にのみ加力を行った。

b. 正負繰り返し静的水平加力試験

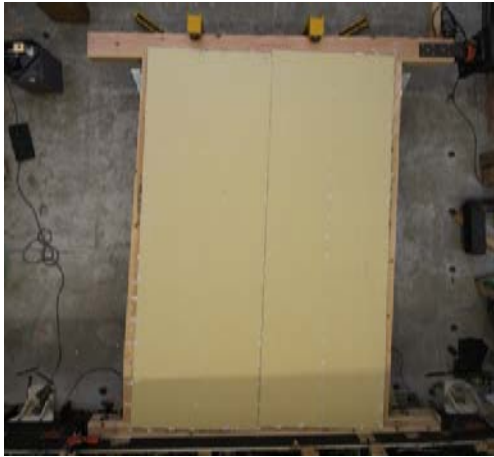
正負繰り返し静的水平加力はISO 21581による加力履歴を用いて行った。設定変位は一方加力試験における終局変位 D_u をもとに定めており、1.25%値、2.5%値、5%値、7.5%値、10%値において1サイクル、20%値、40%値、60%値、80%値、100%値、120%値・・・においてそれぞれ3サイクル正負繰り返し加力を行った。

(4) 結果と考察

a. 破壊性状

破壊性状を図6.5.10および図6.5.11に示す。全ての試験体において、端切れ、せっこうボードの圧潰が見られた。端切れは一方向加力試験よりも正負繰り返し試験の方が多かった。一方向加力試験では、接合部の変形がボード内側に進行する場合には端切れを生じない。これに対し、正負繰り返し試験ではいずれかの加力時においてボード外側への変形が生じるため、端切れの発生する頻度が増加した。また、全体的に中央の柱における端切れは少なく、石膏ボードの圧潰が進むものが多かった。これは隣あうボードによって端切れが妨げられたためと考えられる。また、正負繰り返し試験の3.8×32mm木ねじ一体目では中央の柱で、5本のねじの破断が見られた。接合部試験でも、石膏ボードの圧潰が進みねじの破断が見られたものがあつたため、似たような傾向が見られたと考えられる。また、一方向加力試験の3.8×32mm木ねじの試験体において、柱が終局変位 D_u (122mm)をむかえた直後に柱に割裂が生じた。これはホールダウン金物によって柱に曲げモーメントが生じたためであると考えられる。

せっこうボードの損傷は木ねじ4.8×50mm、縁距離12mmの試験体で特に顕著であつた。これはビスの太さに対して縁距離が小さかつたためと考えられる。なお、縁距離を24mmとした試験体ではボードの端切れがほとんど生じなかつたことから、ビスの太さに応じて適切な縁距離（少なくとも4d）を確保することが重要であるといえる。3.3×30mmのビスを用いた試験体では、一面せん断試験と同様にビスの破断が見られた。



3.8×32mm 一方向試験体



柱の曲げ破壊 (3.8×32mm 一方向)



せっこうボード隅角部の欠け
(4.1×38mm 一方向)



せっこうボードの圧潰
(4.1×38mm 一方向)



せっこうボードの端切れ
(3.8×32mm 正負繰り返し)



せっこうボードの圧潰
(3.8×32mm 正負繰り返し)

図 6.5.10 破壊性状



4.8×50mm 一方向 ボードの欠け



3.3×30mm 一方向 頭部めり込み

図 6.5.1 1 破壊状況

単調加力試験、ISOによる正負繰り返し試験における、荷重と見かけのせん断変形角の関係を図 6.5.1 2 から図 6.5.1 4 に示す。一面せん断試験結果と同様に、加力履歴によらず同様の荷重変位曲線形状を示した。試験後の様子を観察したところ木ねじの破断は見られなかったことから、繰り返し加力による荷重低下等が現れなかったものと考えられる。また、全体的に小さい変形角で最大荷重を迎え、その後緩やかに荷重が低下する傾向が見られた。これは変位の進行とともにせっこうボード端部の欠けが生じたためである。このような破壊は一面せん断試験体では考慮されていないため、試験法の修正あるいは解析におけるモデル化についてさらなる検討を要する部分であると考えられる。木ねじ 4.8×50mm、縁距離 12mm の試験体では縁距離 24mm の試験体と比較して荷重が全体的に低くなっており、前述したボードの端切れによる影響と考えられる。

試験結果から得られた特性値の一覧と短期基準せん断耐力を表 6.5.5 から表 6.5.8 に示す。短期基準せん断耐力は繰り返し加力試験結果についてのみ算出した。また、試験体数が少ないため参考値である。一面せん断試験の場合と同様に、加力履歴によらず同程度の結果となった。短期基準せん断耐力 P_0 の値は、鋼製木ねじ 2 種類については木ねじの種類によらず 4.4kN 程度の値となった。また、ビス 3.3×30mm を用いた試験体では 2.92~3.38kN、木ねじ 4.8×50mm を用いた試験体では 5.29~5.42kN となり、接合具の違いにより大きく異なる結果となった。なお、すべての試験体において決定因子は P_y となった。

せっこうボード耐力壁ではフレーム自体の耐力が大きく影響するものと考えられるため、この点についても今後検討する必要がある。

表 6.5.5 特性値一覧

木ねじの種類	試験方法	P_y	D_y	P_{max}	D_{max}	P_u	D_u	K	μ	D_s
		kN	10 ³ rad	kN	10 ³ rad	kN	10 ³ rad	kN/10 ³ rad	-	-
3.8×32mm	一方向加力	4.46 (0.03)	1.13 (0.27)	8.63 (0.03)	10.74 (2.39)	7.89 (0.06)	41.35 (0.49)	4.91 (0.86)	21.26 (4.79)	0.16 (0.02)
	正負繰り返し	4.73 (1.82)	1.13 (0.47)	7.77 (2.96)	12.69 (6.21)	7.11 (2.70)	40.41 (18.88)	6.48 (2.73)	24.79 (13.00)	0.15 (0.06)
4.1×38mm	一方向加力	4.39 (0.24)	0.89 (0.11)	8.29 (0.28)	6.45 (0.43)	7.34 (0.38)	49.63 (29.34)	5.36 (0.43)	34.67 (23.91)	0.13 (0.05)
	正負繰り返し	4.76 (0.30)	1.01 (0.15)	8.17 (0.48)	6.40 (0.11)	7.26 (0.43)	44.66 (10.27)	6.39 (1.15)	29.11 (5.74)	0.13 (0.01)

0内は標準偏差

表 6.5.6 短期基準せん断耐力

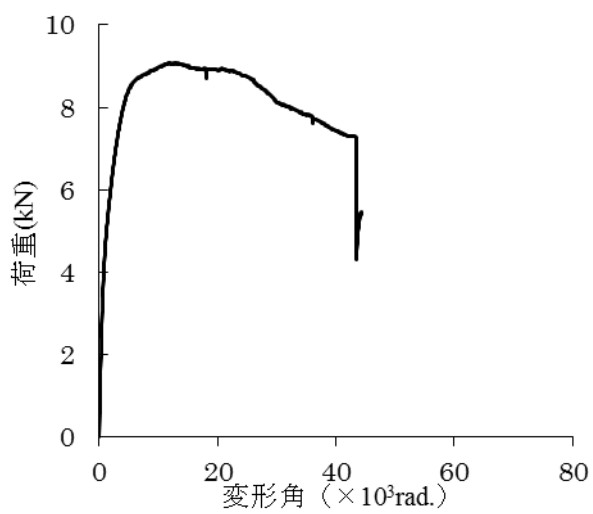
		P_y	$P_u \times (0.2/D_s)$	$P_{max} \times 2/3$	$P_{1/120rad}$	短期基準せん断耐力 P_0 (kN)	決定項目	1mあたり P_0 (kN/m)
		kN	kN	kN	kN			
3.8×32mm	平均	5.00	9.81	5.40	8.05			
	標準偏差	0.24	0.53	0.02	0.03			
	ばらつき係数	0.89	0.75	0.99	0.99			
		4.44	7.37	5.36	7.93	4.44	P_y	2.44
4.1×38mm	平均	4.90	10.55	5.69	8.38			
	標準偏差	0.23	0.15	0.20	0.29			
	ばらつき係数	0.89	0.93	0.90	0.86			
		4.37	9.82	5.15	7.24	4.37	P_y	2.40

表 6.5.7 特性値一覧

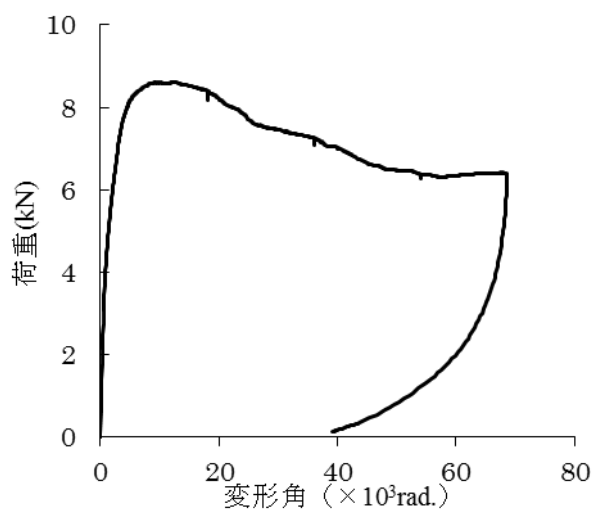
	P_y kN	D_y mm	P_{max} kN	D_{max} mm	P_u kN	D_u mm	K kN/mm	μ -	D_s -	
3.3×30mm 一方向	3.77	6.25	6.88	62.76	6.23	100.30	0.60	9.72	0.23	
4.8×50mm 一方向	12mm	4.91	3.70	9.30	21.87	8.44	78.84	1.33	12.40	0.20
	24mm	5.93	2.52	10.67	40.94	9.59	177.15	2.36	43.51	0.11
3.3×30mm 繰り返し	+	3.38	6.74	5.75	40.18	5.15	65.05	0.50	6.35	0.29
	-	2.92	3.94	5.29	39.20	4.68	60.19	0.74	9.53	0.24
4.8×50mm 繰り返し	+	5.29	3.56	9.66	33.93	8.87	177.44	1.49	29.70	0.13
	-	5.42	4.10	9.18	35.49	8.39	180.35	1.32	28.42	0.13

表 6.5.8 短期基準せん断耐力

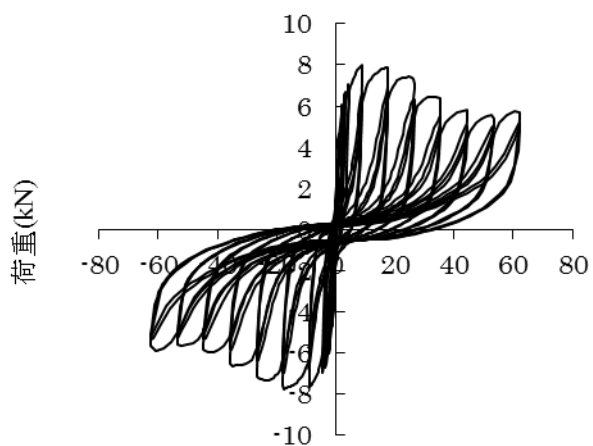
	P_y kN	$0.2P_u/D_s$ kN	$2/3P_{max}$ kN	$P_{1/120}$ kN	P_a kN	決定項目	
3.3×30mm 一方向	3.77	5.35	4.59	4.14	3.77	Py	
4.8×50mm 一方向	12mm	4.91	8.23	6.20	7.66	4.91	Py
	24mm	5.93	17.79	7.11	9.65	5.93	Py
3.3×30mm 繰り返し	+	3.38	3.52	3.83	3.57	3.38	Py
	-	2.92	3.98	3.53	3.70	2.92	Py
4.8×50mm 繰り返し	+	5.29	13.56	6.44	8.60	5.29	Py
	-	5.42	12.53	6.12	7.60	5.42	Py



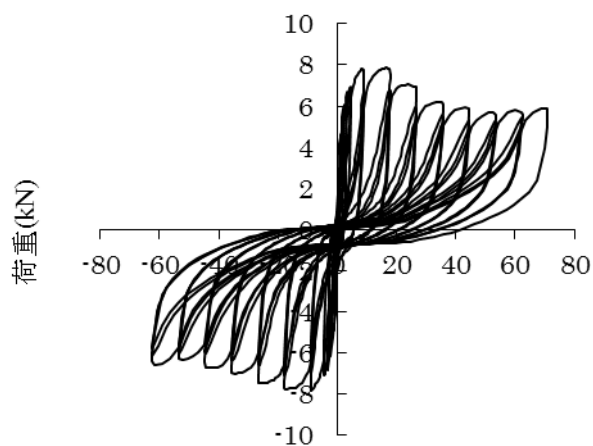
3.8×32mm 一方向 1体目



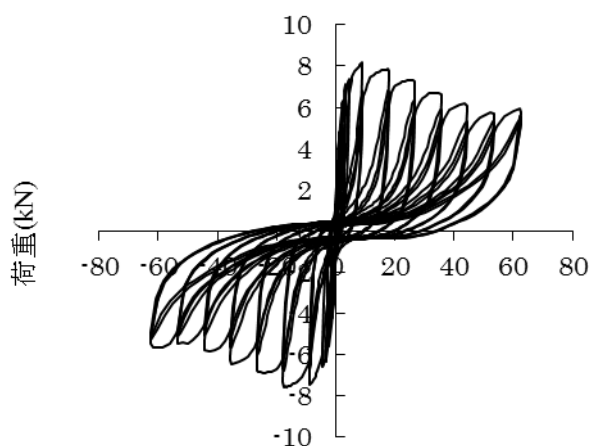
3.8×32mm 一方向 2体目



変形角 (×10³rad.)
3.8×32mm 繰り返し 1体目

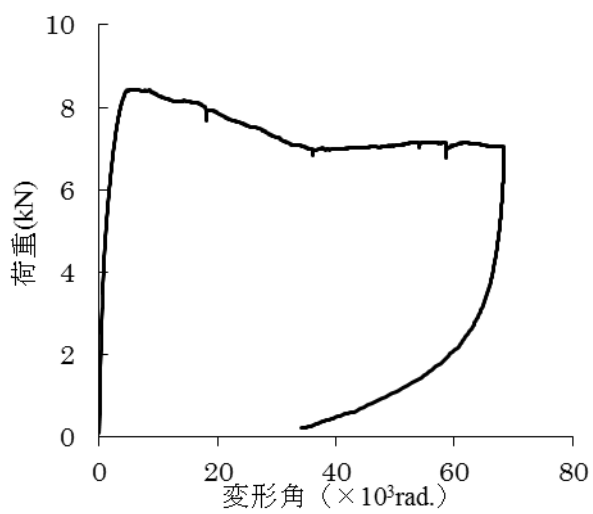


変形角 (×10³rad.)
3.8×32mm 繰り返し 2体目

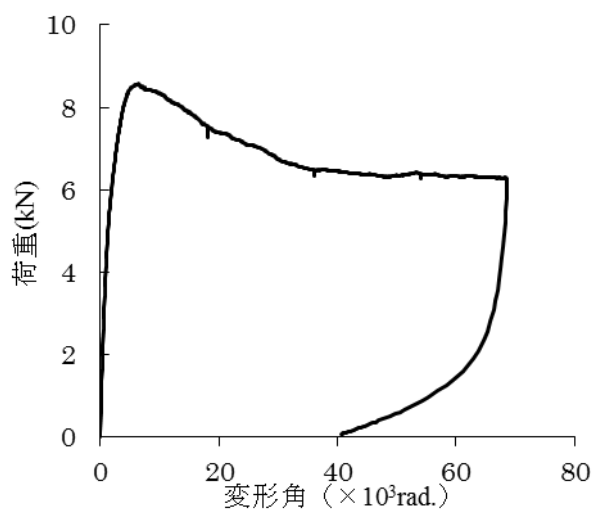


変形角 (×10³rad.)
3.8×32mm 繰り返し 3体目

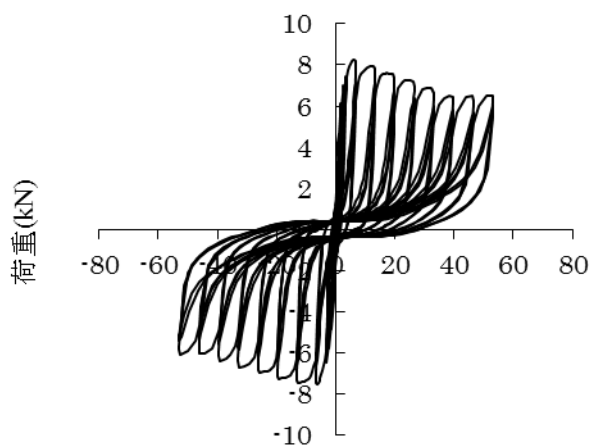
図 6.5.1 2 荷重変位曲線一覧 (木ねじ : 3.8×32mm)



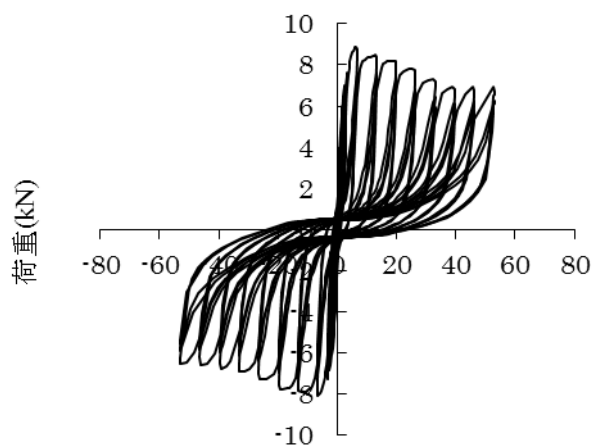
4.1×38mm 一方向 1 体目



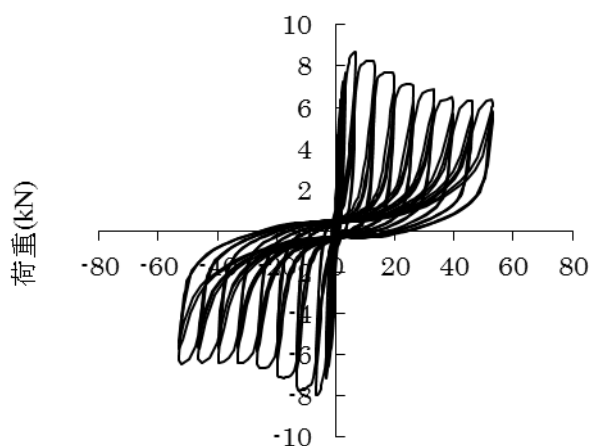
4.1×38mm 一方向 2 体目



変形角 (×10³rad.)
4.1×38mm 繰り返し 1 体目



変形角 (×10³rad.)
4.1×38mm 繰り返し 2 体目



変形角 (×10³rad.)
4.1×38mm 繰り返し 3 体目

図 6.5.13 荷重変位曲線一覧 (木ねじ : 4.1×38mm)

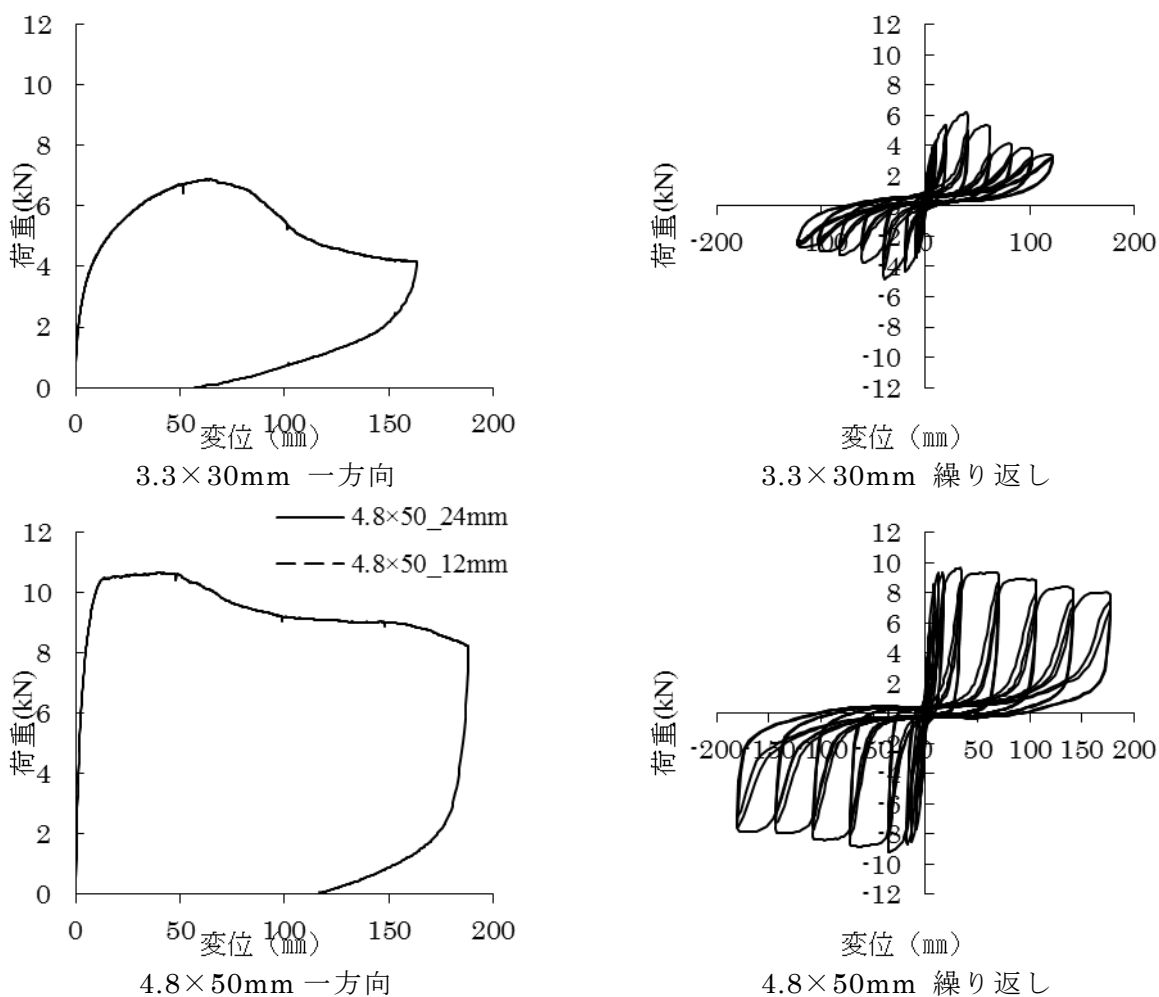


図 6.5.1.4 荷重変位曲線一覧

6.5. 接合部試験結果を用いた耐力壁のせん断挙動推定

6.5.1. 包絡線の計算と比較(H22)

6.4.1節で行った試験結果を用いて、接合部の荷重変位曲線から耐力壁の荷重変位曲線の包絡線を求めた。また、6.5.1節における実験値との比較を行った。

(1) 計算方法

ここでは、村上ら 1) による手法を用いた。計算方法は以下のとおり。

評価式の誘導にあたり、以下の仮定を設定する。

- ・ 面材は剛体として扱う。
- ・ 枠材の曲げ変形、せん断変形、軸方向変形は無視する。また、各枠材の接合はピン接合とする。
- ・ 枠材と面材間に生じたずれ(θ_x と θ_y)を、図 6.6.1 に示すようにXモードとYモードに分解できるものとする

各記号の定義を図 6.6.2 に示す。

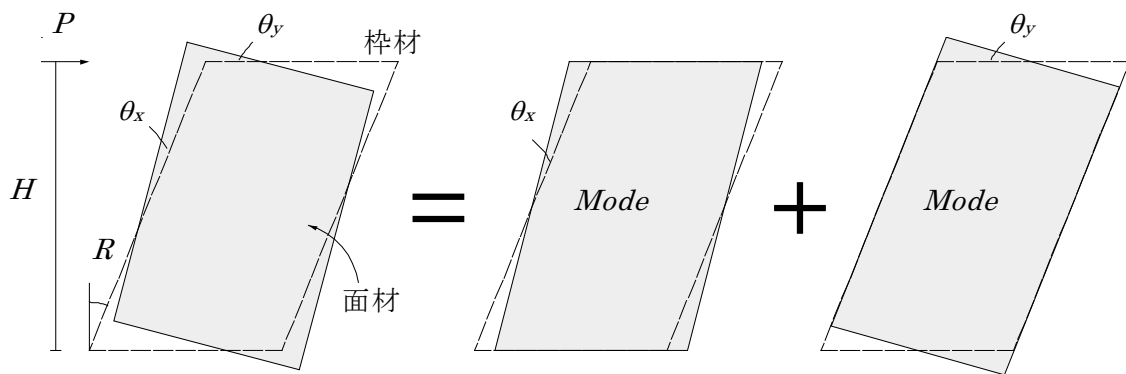


図 6.6.1 仮定された変形モード

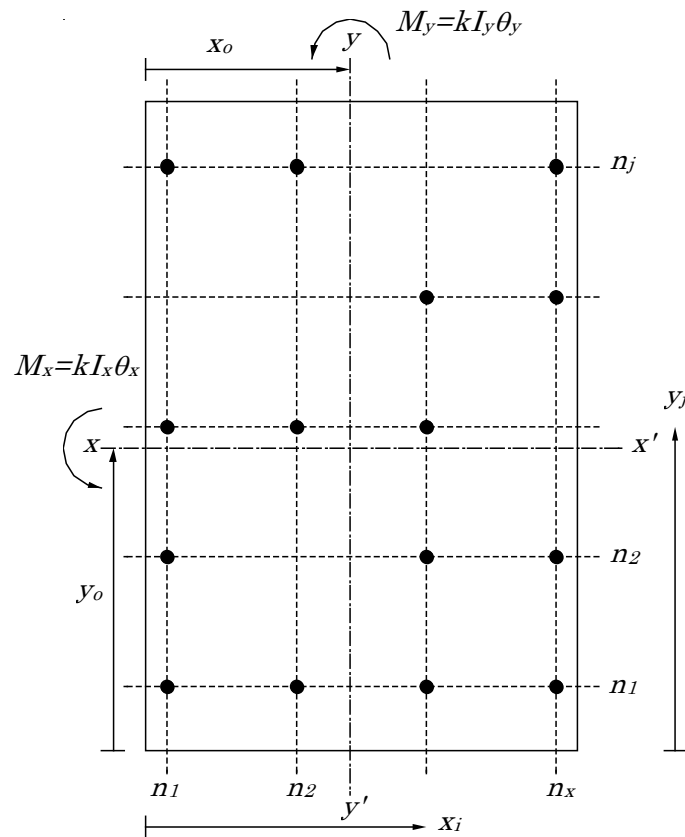


図 6.6.2 各記号の定義

X と Y 両方向の中立軸位置は式(6.6-1),(6.6-2)で与えられる。

$$x_o = \frac{\sum x_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (6.6-1)$$

$$y_o = \frac{\sum y_j \cdot n_j}{\sum n_j} \quad (6.6-2)$$

ここで、 x_o 、 y_o は座標原点から中立軸までの距離、 n_i 、 n_j は各釘列の本数、 x_i 、 y_j は座標原点

ら各釘列までの距離

位置 ij の釘のすべりが δ_{ij} となるときのせん断抵抗力を $f(\delta_{ij})$ とすれば、X と Y のそれぞれの方向のモーメント M_x , M_y と回転角 θ_x , θ_y の関係は式(6.5-3), (6.5-4)で表される。

$$M_x = \sum \frac{(y_j - y_o)^2 \cdot \theta_x}{\sqrt{(x_i - x_o)^2 \cdot \theta_y^2 + (y_j - y_o)^2 \cdot \theta_x^2}} f(\delta_{ij}) \quad (6.5-3)$$

$$M_y = \sum \frac{(x_i - x_o)^2 \cdot \theta_y}{\sqrt{(x_i - x_o)^2 \cdot \theta_y^2 + (y_j - y_o)^2 \cdot \theta_x^2}} f(\delta_{ij}) \quad (6.5-4)$$

X と Y のそれぞれの方向のモーメントは内力のつり合いより等しくなる。また、これが外力とつり合うことから式(6.5-5)を得る。

$$Ph = M_x = M_y \quad (6.5-5)$$

また、層間変形角 R_f と、X と Y のそれぞれの方向の回転角 θ_x と θ_y は式(6.5-6)の関係にある。

$$R_f = \theta_x + \theta_y \quad (6.5-6)$$

各変形時において式(6.5-3), (6.5-4), (6.5-5)を満たすような x_o , y_o , θ_x と θ_y の比を収束計算で求めることにより、モーメント $M_x (= M_y)$ と変形角 R_f の関係が得られる。 R_f には面材の変形が含まれていないため、式(6.5-7)と式(6.5-5)から面材のせん断変形角 R_s を計算し、式(6.5-8)を用いて変形角 R を求めた。

$$R_s = \frac{P}{G_b b t} \quad (6.5-7)$$

$$R = R_f + R_s \quad (6.5-8)$$

ここで、 P : 面材にかかる水平せん断力、 G_b : 面材のせん断弾性係数、 t : 面材厚さ

(2) 実験結果との比較

各木ねじにおける、摩擦条件(a)Control および(d)SP-Out について比較を行った。

計算および実験における荷重-変形角曲線を図 6.5.3 から図 6.5.6 に示す。耐力壁の単調加力試験結果と(a)Control から求めた推定曲線を比較すると、両者はおおむね一致しており、計算結果の妥当性が確認された。ISO の加力履歴では変形角が大きくなると実験値のほうが小さくなっているが、これは一面せん断試験結果が単調加力によるものであり、ねじの破断が生じにくいことによると考えられる。したがって、一面せん断試験を行う際には正負交番加力とすることが望ましいと思われる。また、摩擦条件について比較すると、(d)SP-Out では初期剛性が低い結果となっている。耐力壁の水平せん断試験においては特に摩擦の除去を行っていないため、(a)Control と近い結果となったものと考えられる

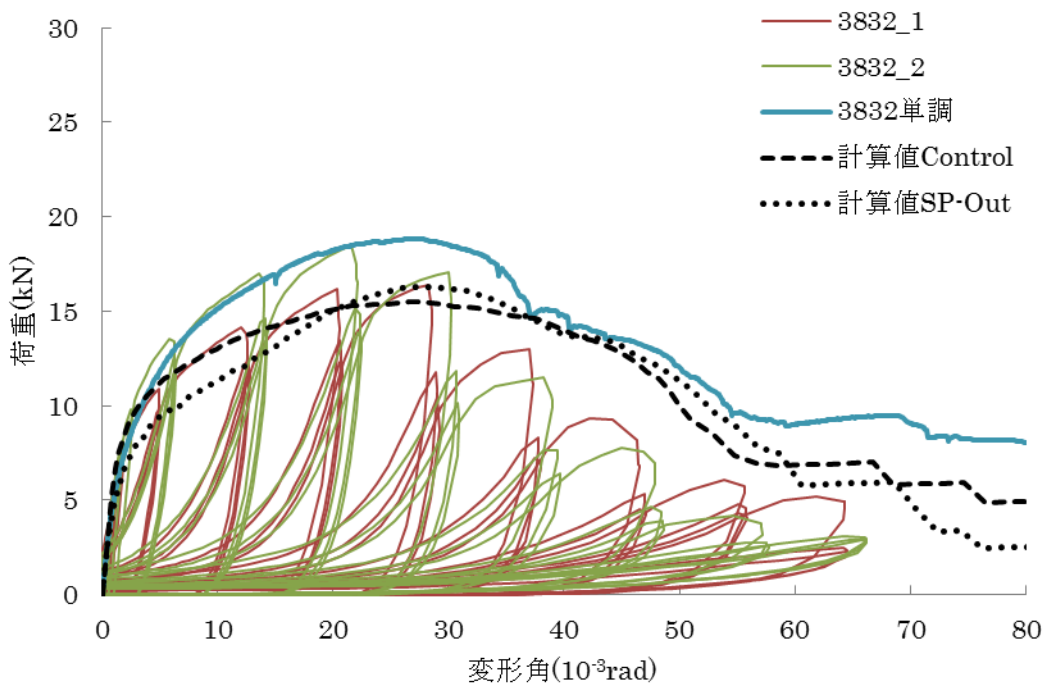


図 6.6.3 実験結果と計算結果の比較 (3.8×32mm)

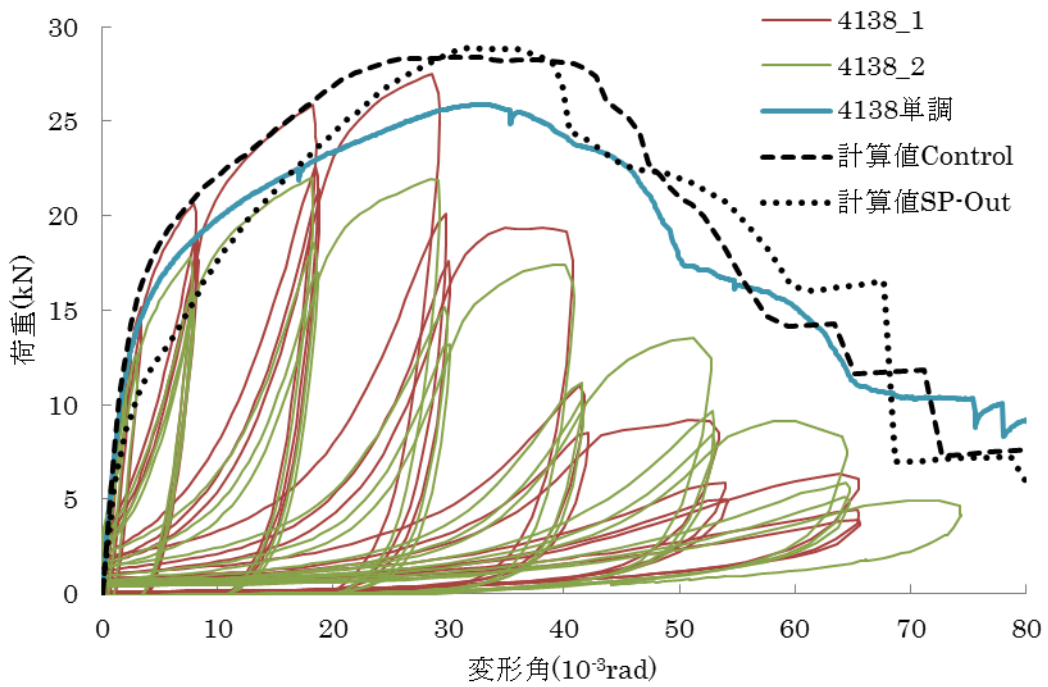


図 6.6.4 実験結果と計算結果の比較 (4.1×38mm)

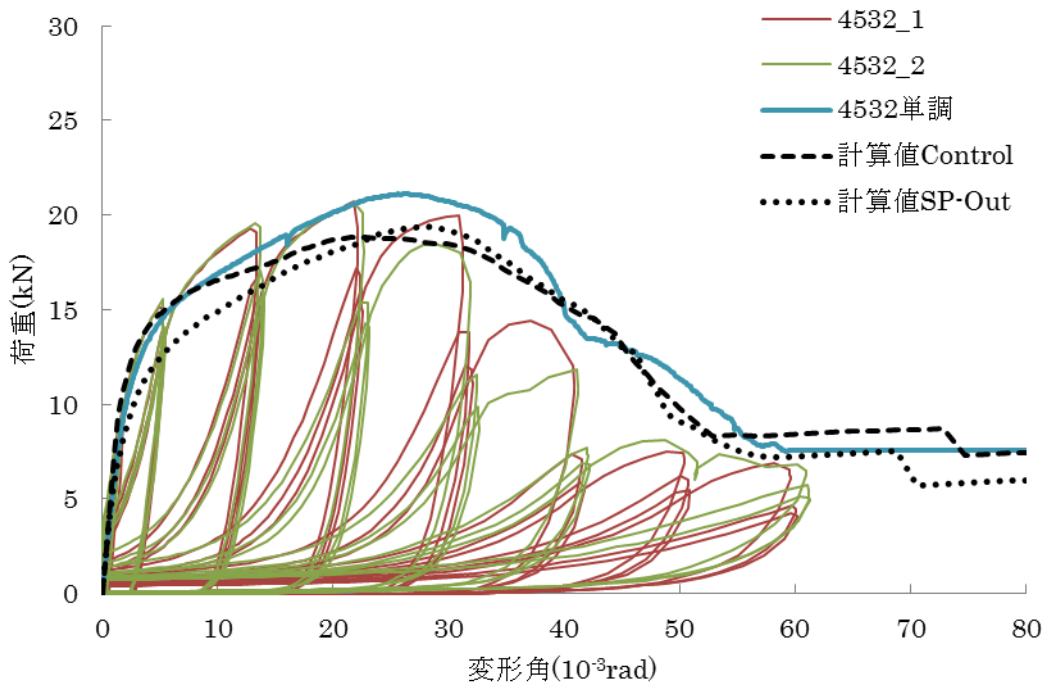


図 6.6.5 実験結果と計算結果の比較 (4.5×32mm)

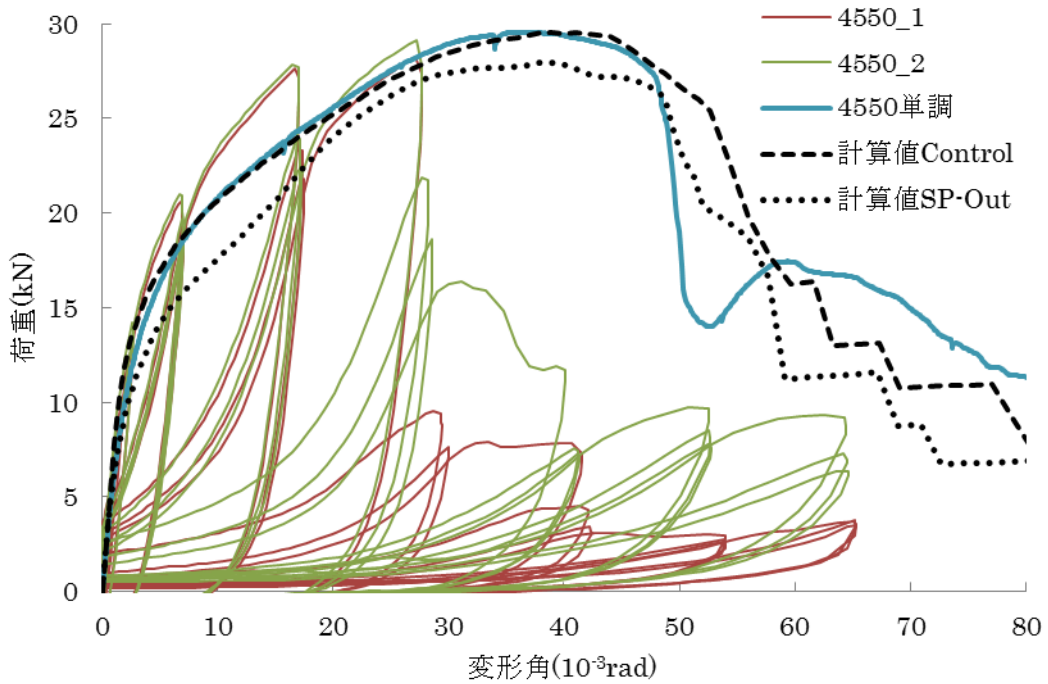


図 6.6.6 実験結果と計算結果の比較 (4.5×50mm)

6.5.2. 接合部試験結果を用いた耐力壁のせん断性能の推定(H23/H24)

本節では有限要素法を用いて、接合部試験結果をもとにした耐力壁のせん断性能の推定を試みた。

使用プログラムは、EFICOBOIS (by Nicolas Richard [1])を用いた。有限要素モデルの概要を図 6.6.7に示す。面要素は直交異方性とし、柱梁接合部には圧縮・引張それぞれのバネ要素を用いた。

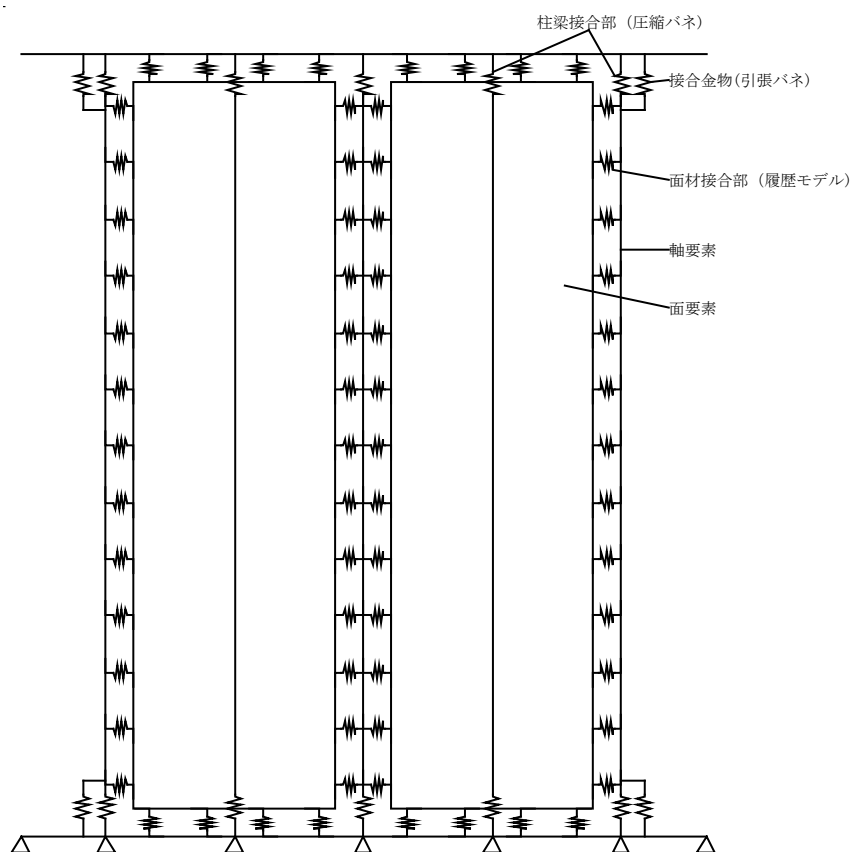


図 6.6.7 有限要素モデル

接合部履歴モデルは図 6.6.8のとおり。元のモデルは釘接合を想定したものであったが、木ねじ接合部の特性を表現するために履歴特性を一部修正した。

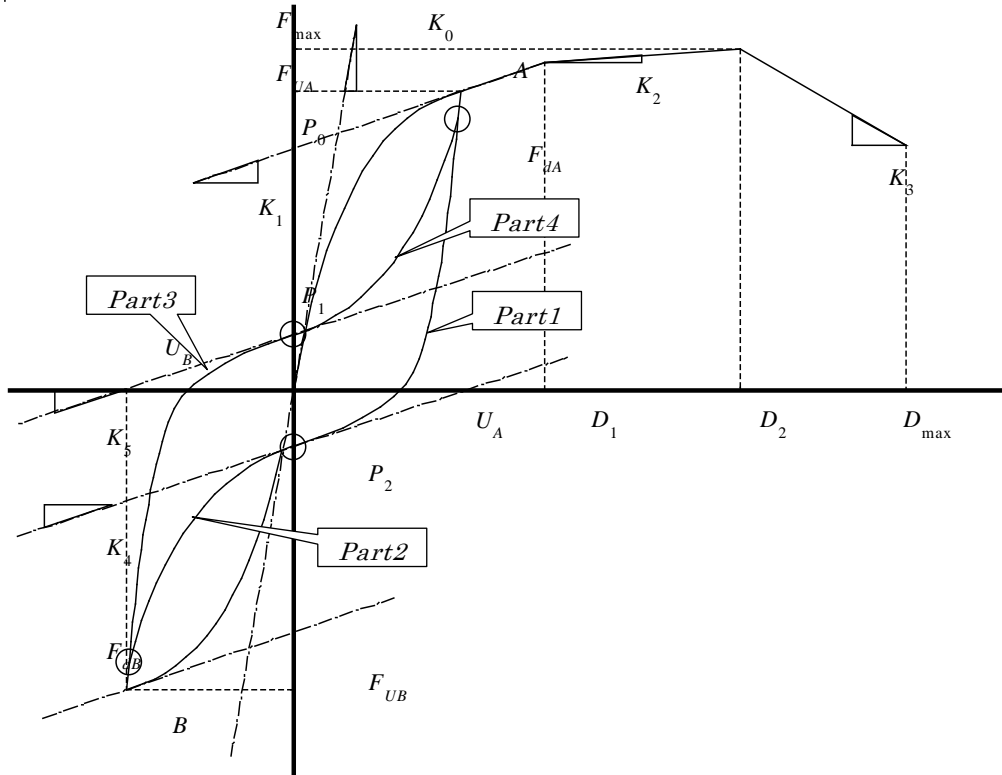


図 6.6.8 接合部履歴モデル

骨格曲線は下式のとおり。

$$0 \leq \Delta \leq D_1 : F(\Delta) = (P_0 + K_1 \Delta) \times (1 - \exp(-K_0 \Delta / P_0)) \quad (9)$$

$$D_1 < \Delta \leq D_2 : F(\Delta) = F(D_1) + K_2 (\Delta - D_1) \quad (10)$$

$$D_2 < \Delta \leq D_{\max} : F(\Delta) = F(D_1) + K_2 (D_2 - D_1) + K_3 (\Delta - D_2) \quad (11)$$

$$\Delta > D_{\max} : F(\Delta) = 0 \quad (12)$$

変位 D_1 までは Foschi のカーブとし、それ以降を傾き K_2 および K_3 の 2 直線で表した。変位 D_{\max} 以降は荷重ゼロとする。

繰り返し部分は図 1 の part1・part4 に対してそれぞれ下式から求める。

$$\text{part1} : F(\Delta) = F_{dA} + (K_4 \Delta + P_2 - F_{dA}) \times (1 - \exp(K_0 (U_A - \Delta) / 2P_2)) \quad (13)$$

$$\text{part2} : F(\Delta) = F_{dB} + (K_4 \Delta + P_2 - F_{dB}) \times (1 - \exp(-K_y (U_B - \Delta) / 2P_2)) \quad (14)$$

$$\text{part3} : F(\Delta) = F_{dB} + (K_5 \Delta + P_1 - F_{dB}) \times (1 - \exp(K_0 (U_B - \Delta) / 2P_1)) \quad (15)$$

$$part4: F(\Delta) = F_{dA} + (K_5\Delta + P_1 - F_{dA}) \times (1 - \exp(-K_y(U_A - \Delta) / 2P_1)) \quad (16)$$

F_{dA} および F_{dB} は繰り返し加力に伴う荷重低下を表す。低下率を示す係数 $\alpha_A \cdot \alpha_B$ は、逆方向加力時の最大荷重 F_{UB} または F_{UA} に応じて下式から求める。

$$F_{dA} = F_{UA} - \alpha_A (F_{UA} - (P_1 + K_5 U_A)) \quad (17)$$

$$F_{dB} = F_{UB} - \alpha_B (F_{UB} - (P_2 + K_4 U_B)) \quad (18)$$

ここで、 $\alpha_A = k \left| \frac{F_{UB}}{F_{\max}} \right|$, $\alpha_B = k \left| \frac{F_{UA}}{F_{\max}} \right|$, $K_4 = \frac{P_2}{U_A}$, $K_5 = \frac{P_1}{U_B}$, $K_y = \frac{F(D_y)}{D_y}$.

変位が降伏変位 D_y を超えた後は、逆方向加力時の最大変位 $U_A \cdot U_B$ に応じて骨格曲線に低減を乗じる。下式から β を求め、 $(1-\beta)$ を乗じる。

$$\beta_A = \gamma \left(\frac{U_B - D_y}{D_{\max} - D_y} \right), \beta_B = \gamma \left(\frac{U_A - D_y}{D_{\max} - D_y} \right) \quad (19)$$

元のモデルにおいては、 β はくぎの引き抜けによる荷重低下を想定しており、最大荷重以降に低減を考慮していた。今回のモデルでは、逆方向変位による接合具の劣化を考慮し、降伏変位以降に低減を考慮している。したがって、繰り返し加力によって最大荷重自体が低下する履歴モデルとなっている。

骨格曲線に関するパラメータ $P_0, K_0, K_1, K_2, K_3, D_1, D_2, D_{\max}$ は接合部の一方向加力試験から算出したものを用い、繰り返し加力および低減に関するパラメータ P_1, P_2, D_y, k, γ は接合部の繰り返し加力試験から算出したものを用いた。

木ねじ合板張り耐力壁における荷重変位曲線について、実験結果と解析結果の比較を図 6.6.9 に、各サイクルにおけるエネルギー吸収の比較結果を図 6.6.10 に示す。耐力壁試験の結果について、単調加力および繰り返し加力の両方に対して良好な推定ができたといえよう。

せっこうボード張り耐力壁における荷重変位曲線について、実験結果と解析結果の比較を図 6.6.11 に示す。3.3×30mm のビスを用いたシリーズではこれまでと同様に、単調加力および繰り返し加力の両方に対して良好な推定ができたといえる。一方、木ねじ 4.8×50mm、縁距離 24mm のシリーズについては、一方向加力における実験結果と計算結果がよく一致した。縁距離を 12mm としたシリーズではボードの端が欠けることにより耐力が発揮されなかったため、計算結果と比較して低い荷重を示した。繰り返し加力試験では実験結果において単調加力試験結果より最大荷重が低下したものの、終局変位は同程度となった。

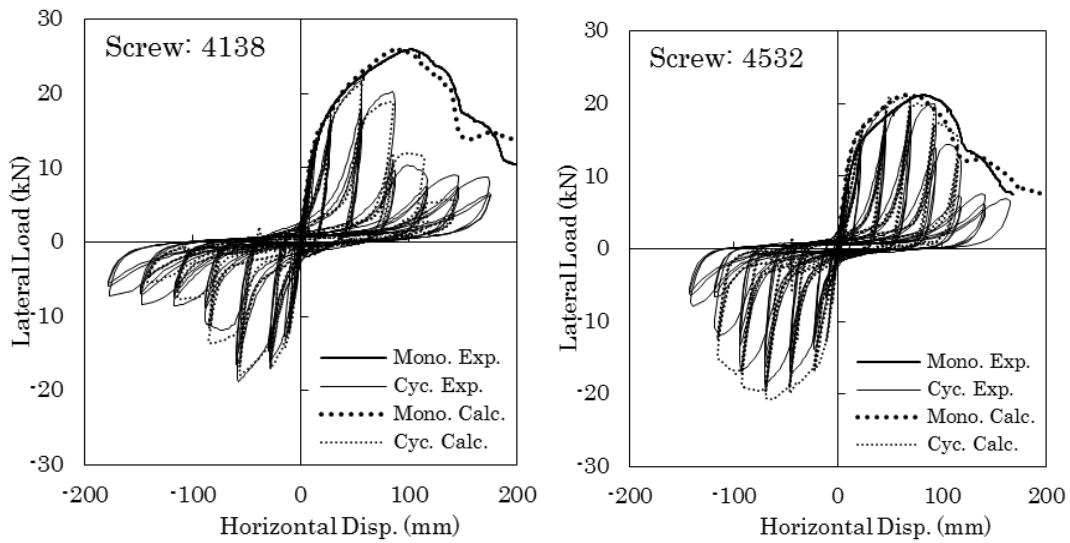


図 6.6.9 試験結果と解析結果の比較 (合板張り耐力壁)

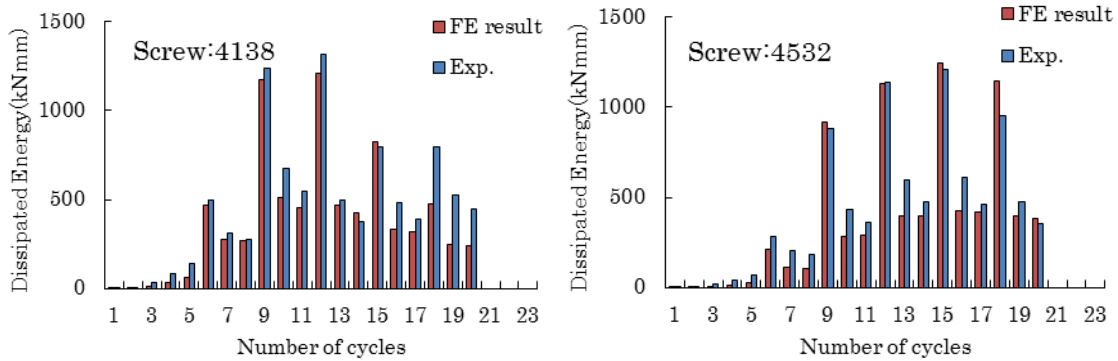


図 6.6.10 各サイクルにおけるエネルギー吸収の比較 (合板張り耐力壁)

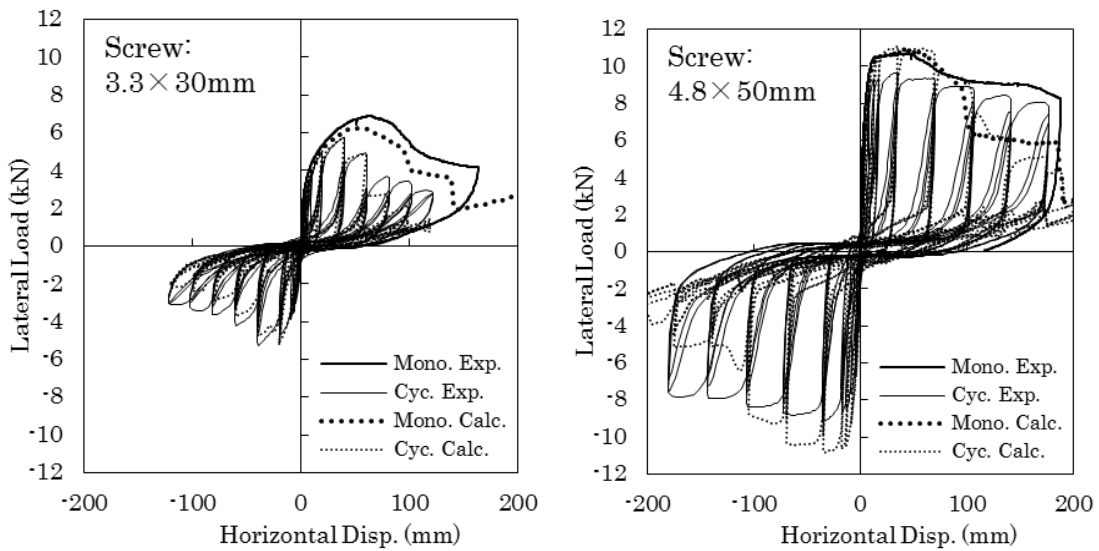


図 6.6.11 実験と解析の比較

[1] Richard N, Yasumura M, Davenne L. Prediction of seismic behavior of wood-framed

shear walls with openings by pseudodynamic test and FE model. *Journal of Wood Science*, 19:145-151, 2003

6.6. 木ねじに求められる品質と試験法

6.6.1. 概要

これまでに得られた結果を参考にして、木ねじに求められる品質とそれに基づいた試験法の一例を提示する。以下の内容については今後さらに検討を進めていく必要があると考えられる。

6.6.2. 接合具の要求性能と接合具の物性試験(H25)

EN14592 における”Screw”の項に記載された内容をもとにして要求性能・試験項目等を整理した。

(1) 材料

木質構造用ねじは、軟鋼、炭素鋼、またはステンレス鋼とする。品質については線材の JIS 規格を満たすなど、適切に管理されたものであることが望ましい。

(2) 寸法

寸法形状は基本的に各製造者によるものであるが、ある程度の範囲を示しておく必要があると考えられる。

木質構造用ねじの呼び径（ねじ山の径） d は 2.4mm から 24mm の範囲とする。ねじ部の谷径 d_1 は、ねじ山の径 d の 60% から 90% の範囲とする。ねじ部長さ l_g はねじ山の径 d の 6 倍以上とする。各部の寸法について明記すること。

(3) 機械的性質

a. 総則

接合具に求められる品質としては、以下のものが挙げられる。

- 1) 曲げ強度・曲げ変形性能
- 2) 引張強度
- 3) ねじり強度

b. 曲げ特性

木質構造用ねじの降伏曲げモーメントを求めるための試験方法としては ISO10984-1 が挙げられる。

降伏曲げモーメントを試験によって求めるときは、ねじ部と円筒部それぞれについて試験を行い、小さい方の値を採用する。降伏曲げモーメントは、曲げ変形角 α が $45/d^{0.7}$ 度（ d の単位は mm とする。）に至るまでの範囲における最大値とする。また、 $\alpha + 10$ 度まで曲げ変形させたとき、表面にひびが生じてはならない。

耐力壁の面材を留めつける場合など、特に靱性が要求される接合具については、6.3 のような繰り返し曲げ試験によって変形性能を確認することが望ましい。

c. 引張強度

引張強度は試験により求める。側材貫通抵抗試験において、木材の代わりに十分な厚さの鋼板を使用して行う。

d. ねじり強度

ねじり強度 f_{tor} は、JIS B1059 により求める。木質構造用ねじを木材に対して打ち込んだ際のトルク R_{tor} は、EN 15737 により求める。

e. 表面処理

木質構造用ねじの表面処理としては電気亜鉛めっき、溶融亜鉛めっきのほか、いくつかの表面処理方法が用いられている。

(4) 報告書に記載すべき内容

a. 寸法等の情報

- 1) 種類
- 2) 呼び径×長さ
- 3) 頭部径
- 4) 胴部径
- 5) ねじ谷径
- 6) ねじ部長さ
- 7) 材料

b. 試験結果

- 1) 降伏モーメント
- 2) 引張強度
- 3) ねじり強度

(5) その他

引き抜き性能や側材貫通抵抗についても重要な項目であるが、これらの値は使用する木材や面材料の物性によるところが大きいため、ここでは触れていない。試験を行う際は、木材の密度や含水率、面材料の種類などを記録することが望ましい。

6.6.3. 接合部の一面せん断試験方法(H25)

接合部の一面せん断試験方法は日本建築学会「木質構造設計規準・同解説」に記載された試験方法をもとに、木ねじ接合部に特徴的な注意点を加えた。

(1) 試験体形状

試験体形状は実情に即したものを基本とする。繰り返し加力を行うことを考慮して、試験体の座屈やつかみ部の破壊が生じないように考慮する。せっこうボードなどの材料では幅を十分にとるか補強するなどして、面材自体の破壊が生じないようにする。

初期摩擦は接合部の初期剛性に大きく影響するため、初期摩擦を取り除くことが望ましい。方法としては施工時に鋼板を挟み込む、若干緩める等の操作が挙げられる。なお、降伏耐力や終局耐力、終局変位に及ぼす影響は少ない。

接合具本数は側材 1 枚当たり 1~2 本とする。1 本とする場合の端距離については必要に応じて調整する。

(2) 試験方法

加力スケジュールは一方向加力または正負繰り返し加力とする。繰り返し加力のスケジュールとしては ISO16670 による方法などがある。

一方向加力の場合は最大荷重に至るまでの時間が 5~10 分程度となるように加力速度を調節する。正負繰り返し加力の場合は加力速度を毎秒 0.1mm から 10mm の範囲に設定し、1 サイクルあたり 1 秒以上となるようにする。

(3) 結果の整理

試験結果から、以下の特性値を算出する。

a. 降伏耐力、降伏変位

降伏耐力の算出方法は、以下のいずれかによる。

- ・ 2直線近似が妥当な場合は、当該2直線の交点
- ・ 初期の勾配に対し、接合部径の5%だけずらした直線と、荷重変形曲線との交点
- ・ $0.1 P_{\max}$ と $0.4 P_{\max}$ を結んだ直線と、 $0.4 P_{\max}$ と $0.9 P_{\max}$ を結んだ勾配で荷重変形曲線に接する直線との交点

降伏耐力時の変位を降伏変位とする。

b. 最大耐力

最大耐力は、特定変形に達するまでの間に接合部に加わる最大荷重の値とする。標準的な特定変形の値は15mmとする。

c. 終局変位

終局変位は、接合部の破壊時変位、 $0.8 P_{\max}$ まで荷重が低下したときの変位、特定変形のうち最低の値とする。標準的な特定変形の値は25mmとする。

d. 初期剛性

初期剛性は原点と降伏点を結ぶ直線の傾きとする。初期剛性を評価する場合は初期摩擦を除いた試験体を用いることを基本とする。

6.7. 事業を通して得られた結論と今後の課題

本課題では壁倍率認定を取得している木ねじ耐力壁について調査を行い、木質構造用ねじの品質規格の作成にあたり必要な要件を整理した。また、木ねじの一面せん断性能から耐力壁の性能を予測し、その妥当性を実験により検証するとともに、耐力壁の性能評価に適した一面せん断試験方法についても検討を加えた。

- ・ 壁倍率認定耐力壁の調査結果から、ねじ接合具は主としてせっこうボード張り耐力壁に使用されていることが分かった。
- ・ ねじに関する海外の規格を調査し、試験法や品質規格、要求性能に関する事項をまとめた。今後はこれらの情報を参考に試験法の整理を進める必要がある。
- ・ 摩擦条件を変化させた合板張り木ねじ接合部の一面せん断試験を行った結果、摩擦条件の違いによって初期剛性および降伏変位に違いがみられたものの、降伏耐力および終局性状に大きな違いは見られなかった。
- ・ 木ねじ-せっこうボード接合部の一面せん断試験において加力履歴の影響を検討した結果、全体的に加力履歴によらず同程度の性能を示したが、ビスの寸法や材質によっては接合部の一面せん断性能に違いが見られ、繰り返し加力により脆性的な破壊形態を示した。
- ・ 木ねじ合板張り耐力壁の水平せん断試験において加力履歴の影響を検討した結果、大変形域で繰り返し加力を行うISOスケジュールでは木ねじの破断が顕著となる結果が得られた。
- ・ 木ねじ-せっこうボード耐力壁の水平せん断試験において加力履歴の影響を検討した結果、一面せん断試験結果と同様に加力履歴の影響は見られなかった。短期基準せん断耐力は1mあたり2.4kN程度の値となった。縁距離が小さくなるとボードの端切れが顕著になり、耐力壁の性能が低下した。適切な縁距離を確保している試験体については、接合部試験とおおむね同様の挙動を示した。ボードの端切れなど耐力壁固有の

破壊形態を生じさせなければ、一面せん断特性から耐力壁の水平せん断性能を推定することが可能であることが分かった。

また、これまでに行った試験結果および検討内容と、それに基づく今後の課題および方向性をまとめると以下の通りとなる。

◇ 接合部試験について

使用するビスの素性を明らかにする必要がある。各部の寸法や材質を明確にするとともに、曲げ試験やねじり試験などにより性能を確認する。

樹種を（たとえばスギに）限定するかどうかは検討の余地がある。耐力だけを評価するのであればスギでよいと思われるが、密度の高い樹種ではビスの破断を生じる恐れがあるため、スギを用いれば必ずしも安全側とはならない。

接合部に生じる初期摩擦は一面せん断特性において初期剛性、降伏変位に大きく影響を及ぼす。塑性率などを評価に用いる際は、初期摩擦に大きく影響を受けるので留意すること。なお、降伏荷重、最大荷重、終局変位に及ぼす影響は小さい。

耐力壁に応じた縁端距離で一面せん断試験を行うのは難しい。これらの影響は側面抵抗試験により確認する。

◇ 壁試験について

縁距離が小さいと面材の端切れが顕著になる。このような破壊が生じると一面せん断特性から推定される性能を發揮できないので、少なくとも $4d$ 以上確保することが望ましい。間柱に継ぎ目が位置する場合などは枠組壁工法と同様に縁距離の確保が難しい。その場合、解析モデルに縁距離の影響を含めて検討するか、実情に応じた側面抵抗試験結果を用いて評価するなどの工夫が必要である。また、せっこうボード耐力壁は荷重変形特性に占めるフレームの影響が大きい。

◇ 試験法、評価法のイメージ

一面せん断試験を行うことにより、耐力壁試験を行うことなく壁倍率等が与えられる仕組みを目指す。ただし、まったく壁試験を行わないで済むというのは考えにくい。たとえば、大臣認定を取得した耐力壁およびビスが存在するとき、軽微な変更を加えた仕様について接合部試験を行い、所定の耐力・変形性能が確認できれば使用可能となるなどの形が考えられる。また、接合具の繰り返し曲げ試験によって一定回数以上の繰り返し変形に耐えるなど、接合具自体の物性を確認する（極端に脆性的なものを排除する）試験を盛り込むことも必要といえる。

