

平成26年度林野庁委託事業

CLT等新たな製品・技術の開発促進事業のうち
住宅等における製品・技術の開発・普及の一層の促進
(住宅等における製品・技術の開発)事業

平成27年3月

全国木材協同組合連合会

1章 はじめに

1.事業目的

枠組壁工法構造用製材の日本農林規格(以下、「JAS」という。)の一部改正を控え(2015年3月5日現在)、枠組壁工法において国産材活用が広まることが期待され、JAS改正後、新たな構造計算等指針が求められる状況が考えられる。また、接合金物には、枠組壁工法や軸組構法用など構法特有のものがあるが、枠組壁工法用の接合金物は、外材(S.P.F、D.Fir-L等)による試験等を行って耐力を定めているのが一般的である。また、軸組構法用の筋かい金物等においてもベイツガで強度試験を行っていることから、スギ等の国産材による住宅等に対応していないのが現状であり、接合金物によっては、構法の仕様及び性能等に充分に応え切れていない状況がある。

これらの状況を踏まえ、必要とされる国産材の各種強度確認試験を実施し、国産材の導入や普及が円滑に進むことを目的とする。

2. 事業実施体制

(1) 実施体制について

本事業を実施するにあたり、図2.1に示す事業実施体制とした。

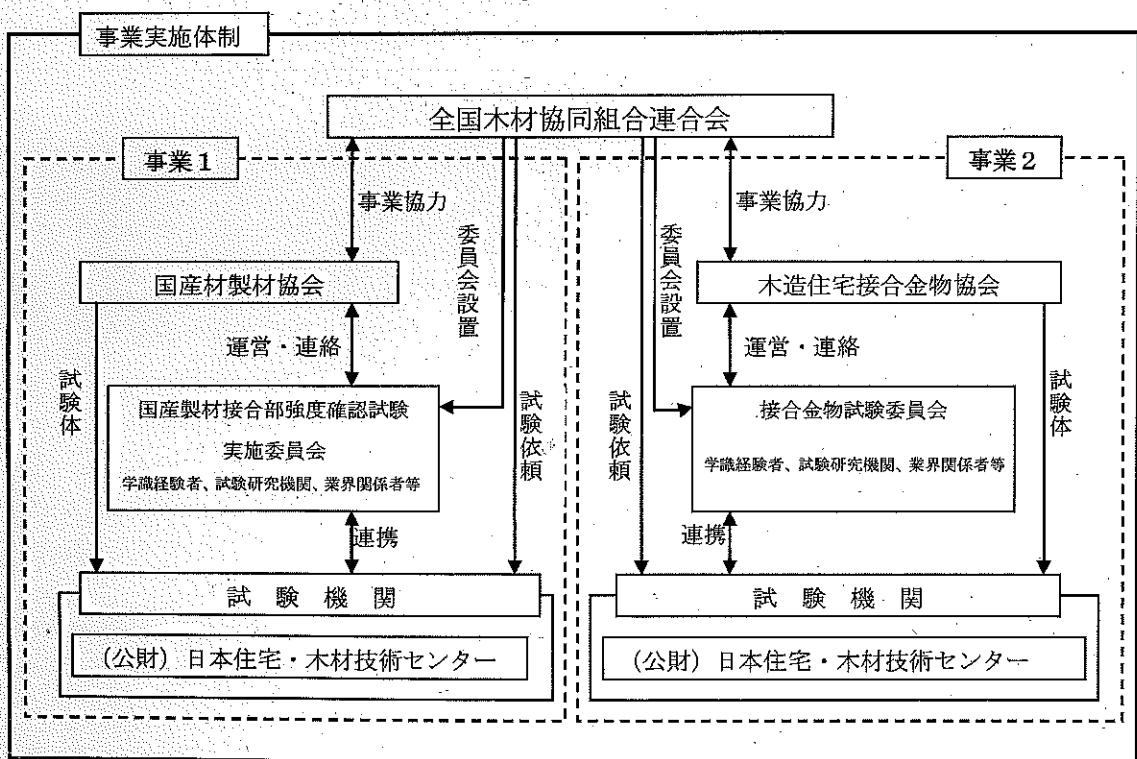


図2.1 事業実施体制

(2) 委員会構成について

事業1及び事業2を進めるにあたり、国産材製材協会には国産材接合部強度確認試験実施委員会、木造住宅接合金物協会には接合金物試験委員会を設置して実施した。委員会の構成は、下記のとおりである。

1)事業1

国産製材接合部強度確認試験 実施委員会
委員長 小野 泰 ものつくり大学建設学科 教授
委 員 中島 史郎 建築研究所建築生産研究グループ上席研究員
荒木 康弘 建築研究所構造研究グループ主任研究員
長尾 博文 森林総合研究所構造利用研究領域チーム長(強度性能評価担当)
渋沢 龍也 森林総合研究所複合材料研究領域複合化研究室室長
青木 謙治 東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室
飯島 敏夫 (公財)日本住宅・木材技術センター認証部長
清野 明 (一社)日本ツーバイフォー建築協会技術部会長(兼技術開発委員長)
小沼伸太郎 (一社)日本ツーバイフォー建築協会技術部会部資材委員長
(地域材活用WG主査)
戸田 淳二 (株)中央設計取締役技術室長
安池 淳二 国産材製材協会(協和木材(株)東京営業所営業企画課長)
行政 中村 誠 林野庁林政部木材産業課住宅資材企画係長
オブザーバー
辻村 行雄 (一社)日本ツーバイフォー建築協会技術部長
荒川 純一 (一社)日本ツーバイフォー建築協会品質管理部長

2)事業2

接合金物試験委員会
委員長 徳田 迪夫 三重大学 名誉教授
委 員 大橋 好光 東京都市大学工学部建築学科教授
小野 泰 ものつくり大学技能工芸学部建設学科教授
軽部 正彦 (独)森林総合研究所構造利用研究領域木質構造居住環境研究室長
佐藤 雅俊 東京大学大学院農学生命化学研究科教授
山口 修由 (独)建築研究所 材料研究グループ 研究員
試験研究所
後藤 隆洋 (公財)日本住宅・木材技術センター構造試験室長
清水 広介 (公財)日本住宅・木材技術センター構造試験室技術主任
コンサル 戸田 淳二 (株)中央設計取締役技術室長
行政 中村 誠 林野庁林政部木材産業課住宅資材企画係長

6章 実施内容の成果と今後の課題

6-1 ヒノキ、スギ、カラマツのめり込み終局強度試験

1.めり込み終局強度試験

<実施内容>

ヒノキ、スギ、カラマツなどの国産材を用いた枠組壁工法建築物の構造計算に必要な、めり込み終局強度、めり込み剛性を枠組材のめり込み終局強度試験により検証した。

<成果>

今回の試験で表1. 1に示したヒノキ、スギ、カラマツの纖維平行方向、直交方向のめり込み終局強度、めり込み剛性の値が得られ、国産材の枠組壁工法建築物の耐力壁や接合部の構造計算に利用できる基礎データを集められた。

表1. 1 めり込み終局強度試験結果

試験体				めりこみ終局強度Fe(N/mm ²)					めりこみ 基準剛性 平均値 k(N/mm ³)
樹種	纖維 方向	くぎ (公称値)	平均密度 (g/cm ³)	平均値	標準偏差	変動係数	5%下限値 TL ₉₅	50%下限値 TL ₅₀	
ヒノキ	平行	GNF40(φ 2.38)	0.46	39.12	6.35	0.162	25.7	37.7	77.6
		CN50(φ 2.87)	0.46	42.37	7.50	0.177	26.5	40.7	74
		CN90(φ 4.11)	0.46	43.21	6.44	0.149	29.6	41.7	67.7
	直交	GNF40(φ 2.38)	0.46	29.55	5.70	0.193	17.5	28.2	17.8
		CN50(φ 2.87)	0.46	31.06	6.15	0.198	18.1	29.6	16.1
		CN90(φ 4.11)	0.46	28.31	4.75	0.168	18.3	27.2	10.6
スギ	平行	GNF40(φ 2.38)	0.45	37.54	6.12	0.163	24.6	36.1	72.7
		CN50(φ 2.87)	0.45	40.05	4.59	0.115	30.3	39	65.7
		CN90(φ 4.11)	0.44	41.20	3.97	0.096	32.8	40.3	59.1
	直交	GNF40(φ 2.38)	0.44	25.35	6.36	0.251	11.9	23.9	14.6
		CN50(φ 2.87)	0.45	27.54	5.29	0.192	16.4	26.3	13.2
		CN90(φ 4.11)	0.45	25.58	5.61	0.219	13.7	24.3	9.2
カラマツ	平行	GNF40(φ 2.38)	0.51	39.40	5.74	0.146	27.3	38.1	85.4
		CN50(φ 2.87)	0.51	45.20	4.78	0.106	35.1	44.1	80.3
		CN90(φ 4.11)	0.51	42.73	5.63	0.132	30.8	41.4	65.2
	直交	GNF40(φ 2.38)	0.52	33.37	6.13	0.184	20.4	32	19.1
		CN50(φ 2.87)	0.52	28.94	5.58	0.193	17.1	27.7	16.4
		CN90(φ 4.11)	0.52	31.11	7.77	0.250	14.7	29.3	12.7

<今後の課題>

今回、得られた基礎データを元に枠組壁工法建築物構造計算指針に実用の設計値を追加するための検討が必要である。

6-2 ヒノキ、スギ、カラマツの接合部一面せん断試験

1.ヒノキ、スギ、カラマツの枠組材同士の接合部一面せん断試験

<実施内容>

ヒノキ、スギ、カラマツの枠組材同士の接合部一面せん断試験により、試験許容応力、基準許容応力の検証を行った。まためり込み終局強度試験によって得られた樹種ならびにくぎ毎のめり込み終局強度の纖維平行方向の値を用いて「2007年・枠組壁工法建築物構造計算指針」に示される降伏耐力式より、くぎ接合部の短期許容せん断耐力を試算した。その短期許容せん断耐力と試験によって得られた基準許容応力を比較し、設計用のめり込み終局強度値について検討を行った。

<成果>

ヒノキ、スギ、カラマツの枠組材同士の接合部一面せん断試験により、表2.1に示した試験許容応力、基準許容応力が得られた。めり込み終局強度の値を用いて算出した計算値と実験値を比較すると接合部設計用のめり込み終局強度は実験値をある程度低減させた値にする必要があることがわかった。表2.2に示した実験値と計算値の比較ではめり込み終局強度の低減係数 α を0.8とした場合で実験値を捉えられない部分(表中塗りつぶし箇所)があるが、試験上のばらつきで基準許容応力が低く算出されたものが多く、ばらつきが少ない状況での基準許容応力も加味して検討する必要があることがわかった。

表2.1 枠組材同士の接合部一面せん断試験結果

試験体			試験許容応力 ^{注)} (kN)				くぎ1本当たり
主材 側材	くぎ	平均密度 (g/cm ³)	平均値	標準偏差	変動係数	5%下限値	基準許容応力(kN)
ヒノキ	CN75	0.47	4.80	0.27	0.056	4.16	0.69
	CN90	0.46	5.16	0.60	0.116	3.75	0.62
スギ	CN75	0.45	4.26	0.16	0.038	3.88	0.64
	CN90	0.44	5.18	0.83	0.160	3.24	0.54
カラマツ	CN75	0.50	5.06	0.32	0.063	4.31	0.71
	CN90	0.51	6.26	0.47	0.075	5.16	0.86

注) 試験許容応力は試験体1体あたりの値を示す。

表2.2 枠組材同士の実験値と計算値の比較 (めり込み終局強度の低減係数 $\alpha=0.8$)

樹種	接合具	【実験値】 基準許容応力	【計算値】 短期許容 せん断耐力 (kN)	実験値/計算値	計算に用いためり込み終局強度	
					5%下限値	めり込み試験仕様 $\alpha=0.8$ 樹種/加力方向/接合具
ヒノキ	CN75	0.69	0.59	1.17	20.56	繊維平行/GNF40
	CN90	0.62	0.68	0.91		
	CN75	0.69	0.60	1.15		
	CN90	0.62	0.69	0.9	21.20	繊維平行/CN50
	CN75	0.69	0.64	1.08		
	CN90	0.62	0.73	0.85		
スギ	CN75	0.64	0.58	1.1	19.68	繊維平行/GNF40
	CN90	0.54	0.67	0.81		
	CN75	0.64	0.65	0.98		
	CN90	0.54	0.74	0.73	24.24	繊維平行/CN50
	CN75	0.64	0.67	0.96		
	CN90	0.54	0.77	0.7		
カラマツ	CN75	0.71	0.61	1.16	21.84	繊維平行/GNF40
	CN90	0.86	0.70	1.23		
	CN75	0.71	0.70	1.01		
	CN90	0.86	0.80	1.08	28.08	繊維平行/CN50
	CN75	0.71	0.65	1.09		
	CN90	0.86	0.74	1.16		

<今後の課題>

枠組材同士の接合部設計用のめり込み終局強度を定めるための低減率について検討が必要である。

2 ヒノキ、スギ、カラマツの枠組材と面材の接合部一面せん断試験

<実施内容>

ヒノキ、スギ、カラマツの枠組と面材の接合部一面せん断試験により、試験許容応力、基準許容応力の検証を行った。まためり込み終局強度試験によって得られた樹種ならびにくぎ毎のめり込み終局強度繊維平行方向の値を用いて「2007年 枠組壁工法建築物構造計算指針」に示される降伏耐力式より、くぎ接合部の短期許容せん断耐力を試算した。その短期許容せん断耐力と試験によって得られた基準許容応力を比較し、設計用のめり込み終局強度値について検討を行った。

<成果>

ヒノキ、スギ、カラマツの枠組材と面材の接合部一面せん断試験により、表2.3に示した試験許容応力、基準許容応力が得られた。めり込み終局強度の値を用いて算出した計算値と実験値を比較すると接合部設計用のめり込み終局強度は実験値をある程度低減させた値にする必要があることがわかった。表2.4に示した実験値と計算値の比較ではめり込み終局強度の低減係数 α を0.8とした場合、枠組材と面材の接合部では実験値が計算値を上回り、めり込みの終局強度の低減率として有効な値であることが確認できた。

表2.3 枠組材と面材の接合部一面せん断試験結果

試験体					試験許容応力 ^(注) (kN)					くぎ1本当たり
主材	くぎ	平均密度 (g/cm ³)	側材	平均密度 (g/cm ³)	平均値	標準偏差	変動係数	5%下限値	基準許容応力(kN)	
ヒノキ	CN50	0.46	構造用 合板2級	0.50	2.63	0.25	0.095	2.04	0.34	
	CN65	0.46		0.46	3.67	0.20	0.054	3.2	0.53	
スギ	CN50	0.45	構造用 合板2級	0.50	3.08	0.38	0.123	2.19	0.36	
	CN65	0.45		0.46	3.62	0.15	0.041	3.26	0.54	
カラマツ	CN50	0.50	構造用 合板2級	0.49	3.37	0.48	0.142	2.24	0.37	
	CN65	0.51		0.46	3.89	0.20	0.051	3.42	0.57	

注) 試験許容応力は試験体1体あたりの値を示す。

表2.4 枠組材と面材の実験値と計算値の比較 (めり込み終局強度の低減係数 $\alpha=0.8$)

樹種	接合具	【実験値】 基準許容応力 (kN)	【計算値】 短期許容 せん断耐力 (kN)	実験値/計算値	計算に用いためり込み終局強度	
					5%下限値 $\alpha=0.8$	めり込み試験仕様 樹種/加力方向/接合具
ヒノキ	CN50	0.34	0.33	1.03	20.56	繊維平行/GNF40
	CN65	0.53	0.44	1.2		
	CN50	0.34	0.33	1.03		
	CN65	0.53	0.45	1.18	21.20	繊維平行/CN50
	CN50	0.34	0.34	1		
	CN65	0.53	0.46	1.15		
スギ	CN50	0.36	0.33	1.09	19.68	繊維平行/GNF40
	CN65	0.54	0.44	1.23		
	CN50	0.36	0.35	1.03		
	CN65	0.54	0.46	1.17	24.24	繊維平行/CN50
	CN50	0.36	0.35	1.03		
	CN65	0.54	0.47	1.15		
カラマツ	CN50	0.37	0.34	1.09	21.84	繊維平行/GNF40
	CN65	0.57	0.45	1.27		
	CN50	0.37	0.36	1.03		
	CN65	0.57	0.48	1.19	28.08	繊維平行/CN50
	CN50	0.37	0.35	1.06		
	CN65	0.57	0.46	1.24		

<今後の課題>

枠組材と面材の接合部設計用のめり込み終局強度は低減係数を0.8とすることが有効であることが確認できたが、枠組材同士の接合部にも適用可能な低減係数も視野に入れ、検討が必要である。

6-3 スギ構造材に面材を介した接合金物用くぎの耐力

<実施内容>

スギ及びS.P.Fの枠組壁工法構造用製材に接合金物用くぎ(ZN65)で留めつけた、厚さ12mmの面材を介した場合と介さない場合の鋼板添え板一面せん断試験を実施し、面材の有無によるせん断耐力を検証した。

<成果>

スギ及びS.P.Fによる鋼板添え板一面せん断試験の結果、試験許容応力は表3.1のとおり面材の有無に関わらず、スギがS.P.Fよりも高い値を示した。面材が有る場合の試験許容応力は、面材が無い場合に比べて両樹種とも70%程度の耐力に低下することが確認できた。

表3.1 面材の有無による試験許容応力の比率

樹種	6体の平均試験許容応力(N)		試験許容応力 の比率
	面材有	面材無	
スギ	2,323	3,262	0.71
S.P.F	1,586	2,246	0.70

<今後の課題>

今回の試験は、面材を主材にくぎ打ち固定していないことが、耐力の低下につながった要因と考えられる。これは、試験結果が安全側に働くように配慮し過ぎた結果であり、実態とかけ離れた試験方法であることから、実状に合わせた試験方法を今後、検討する必要がある。面材を介することによる30%程度の耐力低下は、接合金物の使用範囲を狭めることが予想されるため、実態にあった試験方法で実施することができれば、接合金物の使用範囲をもっと拡大することができよう。

6-4 スギ構造材を用いた接合金物の耐力

1.スギ構造材にタッピンねじを使用した鋼板添え板一面せん断耐力

<実施内容>

枠組壁工法等に使用する長さ90mmのタッピンねじ(STS・HC90)で鋼板添え板一面せん断試験を実施し、短期基準耐力を検証した。

<成果>

スギ及びベイマツ構造材に留めつけた長さ90mmのタッピンねじ(STS・HC90)の短期基準せん断耐力は、表4.1の通りスギがベイマツより高い耐力を示した。

表4.1 長さ90mmのタッピンねじ(STS・HC90)の短期基準せん断耐力

樹種	加力方向	短期基準せん断耐力(kN)
スギ	繊維平行方向	3.0
	繊維直行方向	3.8
ベイマツ	繊維平行方向	2.7
	繊維直行方向	3.1

<今後の課題>

本試験の結果より、高耐力をを目指したタッピンねじ用接合金物の可能性が拡がったことから、さらに高性能な接合金物の開発が望まれる。

2. 帯金物及びコーナー金物の検証

<実施内容>

(公財)日本住宅・木材技術センター(以下、「センター」という。)が定める木造建築物用接合金物規格の枠組壁工法用接合金物である次の①～⑤について、スギの枠組壁工法構造用製材による接合部の実大実験を実施し、接合金物の許容耐力を検証した。

- ① 帯金物 S-30S
- ② 帯金物 S-60S
- ③ 帯金物 S-85S
- ④ 帯金物 SW-26S
- ⑤ コーナー金物 CP・CS

<成果>

スギの枠組壁工法構造材用製材による接合金物①～⑤の短期基準耐力は、表4. 2のとおりである。

表4. 2 スギの枠組壁工法構造材用製材による短期基準耐力表

接合金物名称	記号	短期基準耐力(kN)
① ② ③ ④	S-30S	2.3
	S-60S	5.3
	S-85S	7.1
	SW-26S	7.7
⑤	コーナー金物	CP・CS
		10.7

<今後の課題>

これらの接合金物のスギの耐力は現行のセンターの木造建築物用接合金物規格に追加する必要がある。規格金物に追加するためには、センター内に設置した接合金物審査委員会及び接合金物規格委員会の承認を受けなければならない。接合金物審査委員会は、中立的な立場にある学識経験者で構成され、接合金物規格委員会は、中立的な立場の学識経験者、需要者及び製造者から構成されている。これらの委員会で承認されれば、接合金物規格として位置付けることができる。

センターの規格金物は、下記の公的な仕様書等に位置付けられていることから、スギ構造材の普及・促進に寄与するものとなる。

<公的な仕様書>

- ・国土交通省「公共建築木造工事標準仕様書」
- ・住宅金融支援機構「枠組壁工法住宅工事仕様書」
- ・その他の仕様書

3.スギの筋かいによる接合金物の検証

<実施内容>

検証には建設省告示第1460号による厚さ9cm以上で幅9cm以上の木材で倍率1.5の性能を有することが確認されている筋かい金物を用いた。筋かいは最もニーズの高い厚さ4.5cm以上で幅9cm以上のスギとし、せん断耐力の検証実験を実施した。

<成果>

試験体3体の平均基準せん断耐力は、表4. 3のとおり 2.47 kN/m で、目標値である 2.94 kN/m を下回った。これは、筋かいに割れなどが生じたために韌性に乏しい結果となったためと考えられる。

表4. 3 スギ筋かいの基準せん断耐力実験値と目標値

	基準せん断耐力(kN/m)	
	3体平均の実験値	目標値
筋かい	2.47	2.94

<今後の課題>

最もニーズの高い厚さ4.5cm以上で幅9cm以上の筋かいにスギを用いても、目標せん断耐力を確保できるタッピングねじ用の筋かい金物の検討が必要である。

今回の課題を受けた検討が実施することができれば、スギを使った筋かいの用途が拡大すると思われる。