

3. 2 国産材 I ジョイストの力学的性能の把握

3. 2. 1 はじめに

試験生産品の品質と性能評価のための準備として、今回の断面種類と使用材料をもとに、木質複合軸材料として明らかにすべき性能項目とそれぞれに必要な試験方法を検証した。

木質複合軸材料として明らかにすべき性能項目については、平成 12 年建設省告示第 1446 号「建築物の基礎、主要構造部等に使用する建築材料並びにこれらの建築材料が適合すべき日本工業規格又は日本農林規格および品質に関する技術的基準を定める件」の第 1 において、I 形梁を含む木質複合軸材料が指定建築材料の第十一号として定められている。その品質基準は、同告示第 3 の別表第 2 (ろ) 欄に示され、具体的な試験方法等の詳細については枠組壁工法建築物構造計算指針¹⁹⁾に詳述されている。要求される品質基準の概要を表1に示す。

表1 木質複合軸材料として要求される品質基準

品質基準一	各部の寸法および曲がりの基準値が定められていること
(品質基準二)	各部の曲げ強さ・せん断強さ・曲げ弾性係数・せん断弾性係数・めり込み強さの基準値が定められていること
(品質基準三)	使用する接着剤の品質が定められていること
品質基準四	最大曲げモーメント・曲げ剛性の基準値が定められていること
品質基準五	せん断強さ・せん断弾性係数の基準値が定められていること
品質基準六	めり込み強さの基準値が定められていること
品質基準七	含水率の基準値が定められていること
品質基準八	湿潤状態となるおそれのある部分に用いる場合には各力学特性値の含水率の調整係数が定められていること
品質基準九	各力学特性値の荷重継続時間の調整係数が定められていること
品質基準十	曲げ剛性・せん断弾性係数に対するクリープの調整係数が定められていること
品質基準十一	各力学特性値の事故的な水掛かりを考慮した調整係数が定められていること
品質基準十二	接着耐久性に関する強さの残存率が0.5以上として定められていること
(品質基準十三)	防腐処理による力学特性値の低下率の基準値が定められていること

※カッコ内の品質基準は本研究では対象としない項目を示す。

品質基準二では、フランジに使用するカラマツ LVL、ウェブに使用する OSB の各力学特性の基準値が定められている必要がある。LVL および OSB とともに JAS 製品であることから、原料入荷時の書類で JAS 製品であることを確認し、それぞれに定められた基準値を引用することとした。

品質基準三では、使用接着剤の品質を受入時に書類で確認できればよいこととした。

品質基準八では、乾燥状態となる部分のみに使用する場合は除外できるが、施工部位や使用環境によっては断続的に湿潤状態になるおそれもあることから、今回は、使用環境を断続湿潤環境として調整係数を求めることとした。

品質基準九および十については、株式会社キーテックが別途実施することとし、本事業では対象外とした。

品質基準十三については、使用環境を防腐処理されない状態と限定し、調整係数を求めないことにした。

以上から、本事業の評価対象となる品質基準は、二・三・九・十・十三を除く、8項目とした。

2. 試験体数

今回の対象となる品質基準を求めるために各タイプごとに必要な試験体数の一覧を表3に示す。

試験体数は、まず、品質基準四～六の力学特性の基準値を求める試験においては、告示によれば、梁せい種類が3以下なら合計で53体以上になるように、梁せい種類が4以上なら各タイプ10体以上とされている。今回は、各タイプの梁幅ごとに梁せいが4種類であり、各試験体数は10体とした。

次に、品質基準八～十二の各調整係数を求める試験においては、製造長さや試験実施の都合により、告示と異なる部分が生じた。告示では、1標本から本試験体1体とその両側の隣接部位からマッチング試験体2体を採取することになっているが、枠組壁工法用製材の試験方法をベースにしているため、木質複合軸材料のような材料にはそぐわない部分がある。そのため、製造長さや試験労力の都合により、Aタイプについてはマッチング試験体は1体とし、さらに長さ方向のマッチング(エンドマッチング)についても必須条件とはしなかった。B、Cタイプについてもマッチング試験体は1体としたが、せん断試験体、めり込み試験体は長さ方向のマッチングを行った。また、品質基準九については、フランジ用LVLの製造大板の幅方向のマッチングを行った。なお、今回のフランジ用LVLの品質が前述のように株式会社キーテックでJASに準拠して製造されたものであり、かつ、単板の段階で曲げヤング係数が計測された後、LVLの曲げヤング係数区分が120Eとなるものを選定されていることから、エンドマッチされなくても、本試験体とマッチング試験体はほぼ同質であり、それぞれが当該母集団の材料特性を適切に表すものと考えられる。

以上より、試験体数は、本試験体とマッチング試験体を併せると、曲げ試験体数がAタイプ80体、B、Cタイプそれぞれ120体、せん断試験体数がAタイプ240体、B、Cタイプそれぞれ320体、めり込み試験体数がAタイプ80体、B、Cタイプそれぞれ120体、長期荷重用曲げ試験体がAタイプ60体、Bタイプ80体、Cタイプ70体、フランジたて継ぎ材の引張試験体が全タイプごとに100本となった。

これらの試験体のために用意した木質I形梁の標本は、Aタイプは406体、Bタイプは521体、Cタイプは455体となった。これらの標本は、株式会社キーテックにおいて平成22年4月から12月までに製造長さ6mで試験生産したロットから無作為に採取したものである。

表3-1 (Aタイプ)品質基準の統計データを求めるための試験の種類と試験体数

試験体の種類	I 形梁									LVL	
	曲げ試験 4310・5360mm			せん断試験 1800mm			めり込み試験 600mm			長期試験 4010mm	引張試験 1960mm
試験方法 試験体の長さ											
四 最大曲げモーメント・ 曲げ剛性の基準値	235-53	10		235-53	10		235-53	10			
	241-53	10		241-53	10		241-53	10			
五 最大せん断力・ せん断剛性の基準値	286-53	10		286-53	10		286-53	10			
	302-53	10	小計 40	302-53	10	小計 40	302-53	10	小計 40		
六 めりこみ強さの基準値 (材中央部めり込み・ 材端部めり込み)											
八 含水率の調整係数 (断続湿潤環境, 85%RH調湿処理)				235-53	10						20
				241-53	10						
				286-53	10	小計 40					
				302-53	10	40					
十 接着耐久性に関する強 二 さいの残存率(断続湿潤 環境, 煮沸処理と減圧 加圧処理)				235-53	10+10						20+20
				241-53	10+10						
				286-53	10+10	小計 80					
				302-53	10+10	80					
八・十二の マッチング試験 (65%RH調湿処理)				235-53	10						20
				241-53	10						
				286-53	10	小計 40					
				302-53	10	40					
十 一 事故的水掛りを考慮 した調整係数 (浸せき処理)	235-53	10		235-53	10		235-53	10			
	241-53	10		241-53	10		241-53	10			
	286-53	10	小計 40	286-53	10	小計 40	286-53	10	小計 40		
	302-53	10	40	302-53	10	40	302-53	10	40		
十一の マッチング試験	四と共用			五と共用			六と共用				
九 荷重継続時間の 調整係数										235-53	30
十 クリープの調整係数										235-53	10
九・十の マッチング試験										235-53	20
十 三 防腐処理の調整係数 (対象外)											
試験体数の合計	80			240			80			60	80
	460										

表3-2 (B タイプ)品質基準の統計データを求めるための試験の種類と試験体数

試験体の種類		I 形梁									LVL		
		曲げ試験 4310・5360mm			せん断試験 1800mm			めり込み試験 600mm			長期試験 4010mm		引張試験 1960mm
四	最大曲げモーメント・ 曲げ剛性の基準値	235-53	10		235-53	10		235-53	10				
		241-53	10		241-53	10		241-53	10				
五	最大せん断力・ せん断剛性の基準値	286-53	10		286-53	10		286-53	10				
六	めりこみ強さの基準値 (材中央めり込み・ 材端部めり込み)			小計			小計			小計			
		302-53	10	40	302-53	10	40	302-53	10	40			
八	含水率の調整係数 (断続湿潤環境, 85%RH調湿処理)				235-53	10							20
					241-53	10							
					286-53	10	小計						
					302-53	10	40						
八の マッチング試験 (65%RH調湿処理)					235-53	10							
					241-53	10							
					286-53	10	小計						
					302-53	10	40						
十二 二	接着耐久性に関する強 さの残存率(断続湿潤 環境, 煮沸処理と減圧 加圧処理)				235-53	10+10							20+20
					241-53	10+10							
					286-53	10+10	小計						
					302-53	10+10	80						
十二の マッチング試験 (65%RH調湿処理)					235-53	10							
					241-53	10							
					286-53	10	小計						
					302-53	10	40						
	八・十二のマッチング試 験(65%RH調湿処理)												20
十一 一	事故的水掛りを考慮 した調整係数 (浸せき処理)	235-53	10		235-53	10		235-53	10				
		241-53	10		241-53	10		241-53	10				
		286-53	10	小計	286-53	10	小計	286-53	10	小計			
		302-53	10	40	302-53	10	40	302-53	10	40			
十一の マッチング試験 (65%RH調湿処理)					235-53	10			235-53	10			
					241-53	10			241-53	10			
					286-53	10	小計		286-53	10	小計		
					302-53	10	40		302-53	10	40		
九	荷重継続時間の 調整係数									235-53	30		
十	クリープの調整係数									235-53	10		
	九・十の マッチング試験									235-53	40		
十三 三	防腐処理の調整係数 (対象外)												
試験体数の合計		120			320			120			80		80
640													

表3-3 (C タイプ)品質基準の統計データを求めるための試験の種類と試験体数

試験体の種類		I 形梁									LVL		
		曲げ試験 4310・5360mm			せん断試験 1800mm			めり込み試験 600mm			長期試験 4010mm		引張試験 1960mm
四	最大曲げモーメント・ 曲げ剛性の基準値	235-53	10		235-53	10		235-53	10				
		241-53	10		241-53	10		241-53	10				
五	最大せん断力・ せん断剛性の基準値	286-53	10		286-53	10		286-53	10				
六	めりこみ強さの基準値 (材中部めり込み・ 材端部めり込み)			小計			小計			小計			
		302-53	10	40	302-53	10	40	302-53	10	40			
八	含水率の調整係数 (断続湿潤環境, 85%RH調湿処理)				235-53	10							20
					241-53	10							
					286-53	10	小計						
					302-53	10	40						
八の マッチング試験 (65%RH調湿処理)					235-53	10							
					241-53	10							
					286-53	10	小計						
					302-53	10	40						
十二 二	接着耐久性に関する強 さの残存率(断続湿潤 環境, 煮沸処理と減圧 加圧処理)				235-53	10+10							20+20
					241-53	10+10							
					286-53	10+10	小計						
					302-53	10+10	80						
十二の マッチング試験 (65%RH調湿処理)					235-53	10							
					241-53	10							
					286-53	10	小計						
					302-53	10	40						
	八・十二のマッチング試 験(65%RH調湿処理)												20
十一 一	事故的水掛りを考慮 した調整係数 (浸せき処理)	235-53	10		235-53	10		235-53	10				
		241-53	10		241-53	10		241-53	10				
		286-53	10	小計	286-53	10	小計	286-53	10	小計			
		302-53	10	40	302-53	10	40	302-53	10	40			
十一の マッチング試験 (65%RH調湿処理)					235-53	10			235-53	10			
					241-53	10			241-53	10			
					286-53	10	小計		286-53	10	小計		
					302-53	10	40		302-53	10	40		
九	荷重継続時間の 調整係数									235-53	30		
十	クリープの調整係数									235-53	10		
	九・十の マッチング試験									235-53	30		
十三 三	防腐処理の調整係数 (対象外)												
試験体数の合計		120			320			120			70		80
640													

各品質基準を定める試験

3. 2. 3 寸法および曲がりの基準値(品質基準一)

【試験体】

寸法の測定、曲がりの測定は、次節の曲げ試験体（各タイプ4種類各10体）を対象に行った。

【試験方法】

寸法の測定は、梁せい、梁幅の2項目について行った。測定位置は、試験体の中央部および両端部の3か所、ウェブ厚のみ両端部の2か所とし、各点の平均値を求めた。測定にはデジタルノギス（(株)ミットヨ製、最小表示単位0.01mm）を用いた。曲がりの測定は、図2のように材長AB（梁せい235・241mmでは4310mm、梁せい286・302mmでは5360mm）に対する最大矢高CDの比の百分率として求めた。材長は巻き尺（最小単位1mm）を、矢高は糸と直角定規（最小単位1mm）を用いて測定した。測定は、株式会社キーテックの工場内にて曲げ試験直前に行った。試験体の製造から試験までの周辺環境は、工場内の温湿度測定データによれば、平均で温度27.3度、相対湿度49.1%であった。

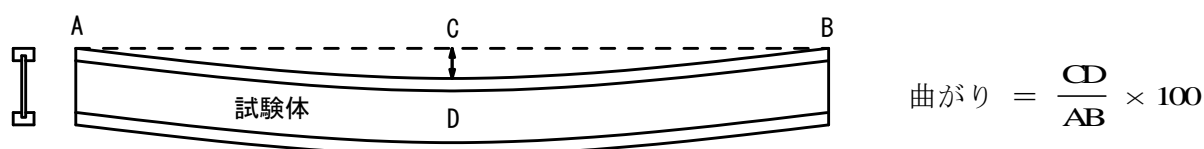


図3. 2. 3-1 曲がりの測定方法

【試験結果】

寸法および曲がりの測定結果を表3. 2. 3-1～表3. 2. 3-9に示す。枠組壁工法構造用製材のJASでは、梁せいと梁幅ともに許容差は±1.5mm、曲がりは甲種枠組材特級と1級で0.2%以下、2級で0.5%以下と定められている。それらと比較すると、梁幅はほとんどが許容差の範囲内であり、曲がりも適合基準を満たした。

表3. 2. 3-1 (Aタイプ)梁せいの測定結果

梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	236.5	242.3	287.5	302.9
AV	235.8	241.7	286.5	302.1
Min	235.2	241.1	285.3	301.2
SD	0.34	0.34	0.66	0.42
CV(%)	0.2%	0.1%	0.2%	0.1%
n	10	10	10	10
適合基準	梁せい±1.5mm			

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), n:測定数, 適合基準は枠組壁工法用製材のJASの甲種枠組材の値。

表3. 2. 3-2 (B タイプ)梁せいの測定結果

梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	235.4	241.9	287.4	302.9
AV	235.1	241.2	286.8	302.5
Min	234.1	240.4	285.5	301.9
SD	0.25	0.42	0.43	0.24
CV(%)	0.11%	0.17%	0.15%	0.08%
<i>n</i>	10	10	10	10
適合基準	梁せい±1.5mm			

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), *n*:測定数, 適合基準は枠組壁工法用製材のJASの甲種枠組材の値。

表3. 2. 3-3 (C タイプ)梁せいの測定結果

梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	235.2	240.9	285.8	302.2
AV	234.7	240.6	285.47	301.7
Min	234.4	240.2	285.1	301.4
SD	0.19	0.17	0.19	0.16
CV(%)	0.08%	0.07%	0.07%	0.05%
<i>n</i>	10	10	10	10
適合基準	梁せい±1.5mm			

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), *n*:測定数, 適合基準は枠組壁工法用製材のJASの甲種枠組材の値。

表3. 2. 3-4 (A タイプ)梁幅の測定結果

梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	54.0	54.0	54.1	54.1
AV	53.6	53.6	53.6	53.6
Min	53.4	53.3	53.3	53.2
SD	0.14	0.21	0.20	0.17
CV(%)	0.3%	0.4%	0.4%	0.3%
<i>n</i>	10	10	10	10
適合基準	梁幅±1.5mm			

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), *n*:測定数, 適合基準は枠組壁工法用製材のJASの甲種枠組材の値。

表3. 2. 3-5 (B タイプ) 梁幅の測定結果

梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	53.7	53.2	54.0	53.9
AV	53.4	53.4	53.4	53.5
Min	53.2	53.9	53.2	53.2
SD	0.10	0.12	0.20	0.16
CV(%)	0.19%	0.23%	0.37%	0.30%
<i>n</i>	10	10	10	10
適合基準	梁幅±1.5mm			

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), *n*:測定数, 適合基準は枠組壁工法用製材のJASの甲種枠組材の値。

表3. 2. 3-6 (C タイプ) 梁幅の測定結果

梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	54.1	53.6	53.5	53.4
AV	53.3	53.1	53.1	53.1
Min	53.0	52.9	52.8	52.8
SD	0.17	0.16	0.14	0.16
CV(%)	0.32%	0.29%	0.26%	0.29%
<i>n</i>	10	10	10	10
適合基準	梁幅±1.5mm			

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), *n*:測定数, 適合基準は枠組壁工法用製材のJASの甲種枠組材の値。

表3. 2. 3-7 (A タイプ)曲がりの測定結果

梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	0.05%	0.06%	0.06%	0.06%
AV	0.03%	0.02%	0.02%	0.04%
Min	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%
SD	0.01	0.02	0.02	0.01
CV(%)	47.4%	90.3%	110.0%	38.8%
<i>n</i>	10	10	10	10
適合基準	0.2%以下			

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), *n*:測定数, 適合基準は枠組壁工法用製材のJASの甲種特級の値。

表3. 2. 3-8 (B タイプ)曲がりの測定結果

梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	0.02%	0.08%	0.07%	0.12%
AV	0.01%	0.04%	0.04%	0.09%
Min	0.00%	0.00%	0.00%	0.07%
SD	0.01	0.02	0.03	0.02
CV(%)	86.1%	52.5%	71.2%	21.9%
<i>n</i>	10	10	10	10
適合基準	0.2%以下			

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), *n*:測定数, 適合基準は枠組壁工法用製材のJASの甲種特級の値。

表3. 2. 3-9 (C タイプ)曲がりの測定結果

梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	0.12%	0.12%	0.05%	0.05%
AV	0.05%	0.03%	0.02%	0.01%
Min	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
SD	0.03	0.04	0.01	0.01
CV(%)	63.5%	152.0%	65.7%	97.3
<i>n</i>	10	10	10	10
適合基準	0.2%以下			

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), *n*:測定数, 適合基準は枠組壁工法用製材のJASの甲種特級の値。

3. 2. 4 最大曲げモーメントおよび曲げ剛性の基準値(品質基準四)

【試験体】

試験体の材長は、後述の試験スパンと余長(200mm)をもとに、梁せい235mmと241mmでは4310mm、梁せい286mmと302mmでは5360mmとした。

試験体数は、前述のとおり、1タイプにつき10体とした。

【試験方法】

試験方法を図3に示す。荷重方式は3等分点4点荷重とし、試験スパンは梁せい235mmと241mmでは4110mm(梁せいの17.1~17.5倍)、梁せい286mmと302mmでは5160mm(梁せいの17.1~18.0倍)とした。加力は、精密万能試験機((株)島津製作所製、オートグラフAG-IS、容量250kN)を用いて行った。加力速度は10mm/minとし、開始から最大荷重までの時間はすべての試験体で1分以上であった。荷重点および支点の支持長さはともに200mmとした。たわみの計測は、中央部および両荷重点の3か所にてひずみゲージ式変位変換器((株)東京測器、SDP-200D、容量100mm、分解能1/100mm)を用いて行った。倒れ止めは6から10か所に配置した。試験は、株式会社キーテックの木更津工場の温湿度無調整下の室内で行った。

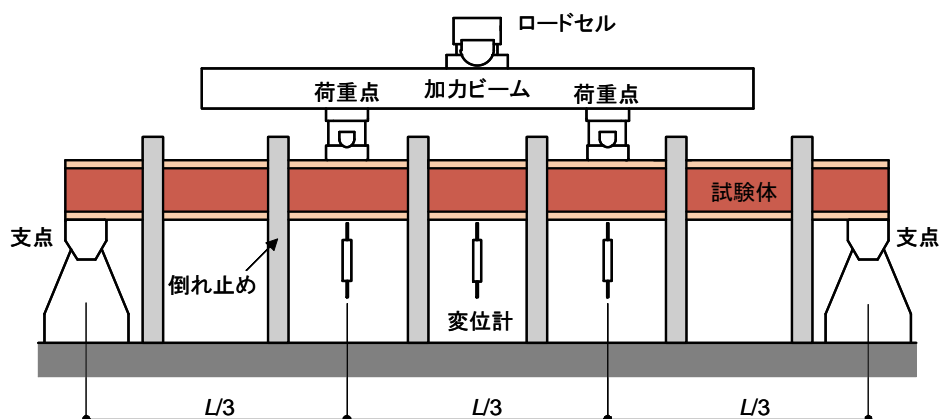


図3. 2. 4-1 曲げ試験方法

次に、最大荷重 P_{\max} から最大曲げモーメント M_{\max} 、荷重 P とたわみ d の関係から純曲げ剛性 EI および見かけの曲げ剛性 EI_{app} を次式により算出した。

$$M_{\max} = \frac{P_{\max} \cdot L}{6}$$

$$EI = \frac{P \cdot L^3}{432 (\delta_1 - \delta_{23})}$$

$$EI_{\text{app}} = \frac{23 \cdot P \cdot L^3}{1296 \cdot \delta_1}$$

ここで、 M_{\max} ：最大曲げモーメント (N・mm)

EI ：純曲げ剛性 (N・mm²)

EI_{app} ：見かけの曲げ剛性 (N・mm²)

P_{\max} ：最大荷重 (N)

L ：試験スパン (mm)

P ：最大荷重の 10～40%までの荷重増分 (N)

d_1 ：荷重増分 P に対応する中央たわみの増分 (mm)

d_{23} ：荷重増分 P に対応する荷重点たわみ 2 か所の平均値の増分 (mm)

次に、最大曲げモーメント M_{\max} の基準値を信頼水準 75% の 95% 下側許容限界値、曲げ剛性 EI および EI_{app} の基準値は信頼水準 75% の 50% 下側許容限界値として次式により算出した。

$$TL = AV - K_{\beta\%} \times SD$$

ここで、 TL ：信頼水準 75% の $\beta\%$ 下側許容限界値

AV ：平均値

SD ：標準偏差

$K_{\beta\%}$ ：試験体数による定数 ($n=10$ のとき $K_{95\%}=2.104$, $K_{50\%}=0.2222$)

【試験結果】

曲げ試験における各破壊形態の代表例を図 3. 2. 4-2～図 3. 2. 4-4 に、求めた力学特性値の結果を表 3. 2. 4-1～表 3. 2. 4-9 および図 3. 2. 4-5～図 3. 2. 4-7 に示す。



図3. 2. 4-2 Aタイプの破壊例





図3. 2. 4-3 Bタイプの破壊例



図3. 2. 4-4 Cタイプの破壊例

表3. 2. 4-1 (A タイプ)最大曲げモーメントの算出結果

特性値	最大曲げモーメント M_{max} (kN·m)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	14.6	13.3	18.4	19.0
AV	12.6	11.6	15.1	15.7
Min	10.3	10.1	12.1	12.4
SD	1.5	1.3	2.0	2.5
CV(%)	12.2%	11.2%	13.0%	15.7%
n	10	10	10	10
TL	9.3	8.9	11.0	10.6

表3. 2. 4-2 (B タイプ)最大曲げモーメントの算出結果

特性値	最大曲げモーメント M_{max} (kN·m)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	13.8	15.2	24.2	24.9
AV	12.6	13.1	22.0	21.2
Min	10.6	10.8	19.7	17.5
SD	0.9	1.7	1.5	3.1
CV(%)	7.2%	12.8%	6.8%	14.5%
n	10	10	10	10
TL	10.7	9.6	18.8	14.8

表3. 2. 4-3 (C タイプ)最大曲げモーメントの算出結果

特性値	最大曲げモーメント M_{max} (kN·m)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	11.5	14.1	17.6	18.3
AV	10.3	11.9	15.8	16.2
Min	9.0	9.9	13.9	14.6
SD	0.8	1.2	1.2	1.4
CV(%)	7.3%	10.5%	7.5%	8.5
n	10	10	10	10
TL	8.7	9.3	13.3	13.3

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), n :試験体数, TL:信頼水準 75%の 95% 下側許容限界値。

表3. 2. 4-4 (A タイプ) 曲げ剛性の算出結果

特性値	曲げ剛性 EI (kN·m ²)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	583	627	974	922
AV	476	477	755	828
Min	420	411	658	597
SD	45.8	63.1	89.7	94.7
CV(%)	9.6%	13.2%	11.9%	11.4%
n	10	10	10	10
TL	466	462	735	807

表3. 2. 4-5 (B タイプ) 曲げ剛性の算出結果

特性値	曲げ剛性 EI (kN·m ²)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	497	514	983	1051
AV	455	487	863	912
Min	404	447	764	798
SD	31.2	23.0	61.5	88.6
CV(%)	6.9%	4.7%	7.1%	9.7%
n	10	10	10	10
TL	448	482	850	892

表3. 2. 4-6 (C タイプ) 曲げ剛性の算出結果

特性値	曲げ剛性 EI (kN·m ²)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	361	432	628	730
AV	338	394	557	647
Min	310	365	500	568
SD	17.7	25.8	39.0	52.5
CV(%)	5.3%	6.5%	7.0%	8.1%
n	10	10	10	10
TL	334	388	548	635

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), n :試験体数, TL:信頼水準 75%の 50% 下側許容限界値。

表3. 2. 4-7 (A タイプ)見かけの曲げ剛性の算出結果

特性値	見かけの曲げ剛性 EI_{app} (kN·m ²)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	521	449	690	794
AV	412	419	652	744
Min	386	394	607	671
SD	39.9	15.7	26.9	38.0
CV(%)	9.7%	3.8%	4.1%	5.1%
n	10	10	10	10
TL	403	416	646	735

表3. 2. 4-8 (B タイプ)見かけの曲げ剛性の算出結果

特性値	見かけの曲げ剛性 EI_{app} (kN·m ²)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	433	444	803	901
AV	417	433	767	815
Min	401	423	737	714
SD	9.9	7.1	22.6	65.9
CV(%)	2.4%	1.6%	2.9%	8.1%
n	10	10	10	10
TL	415	431	762	801

表3. 2. 4-9 (C タイプ)見かけの曲げ剛性の算出結果

特性値	見かけの曲げ剛性 EI_{app} (kN·m ²)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	315	365	569	637
AV	306	350	538	608
Min	297	323	509	585
SD	5.9	11.7	18.9	17.0
CV(%)	1.9%	3.4%	3.5%	2.8%
n	10	10	10	10
TL	305	347	534	604

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), n :試験体数, TL:信頼水準 75%の 50% 下側許容限界値。

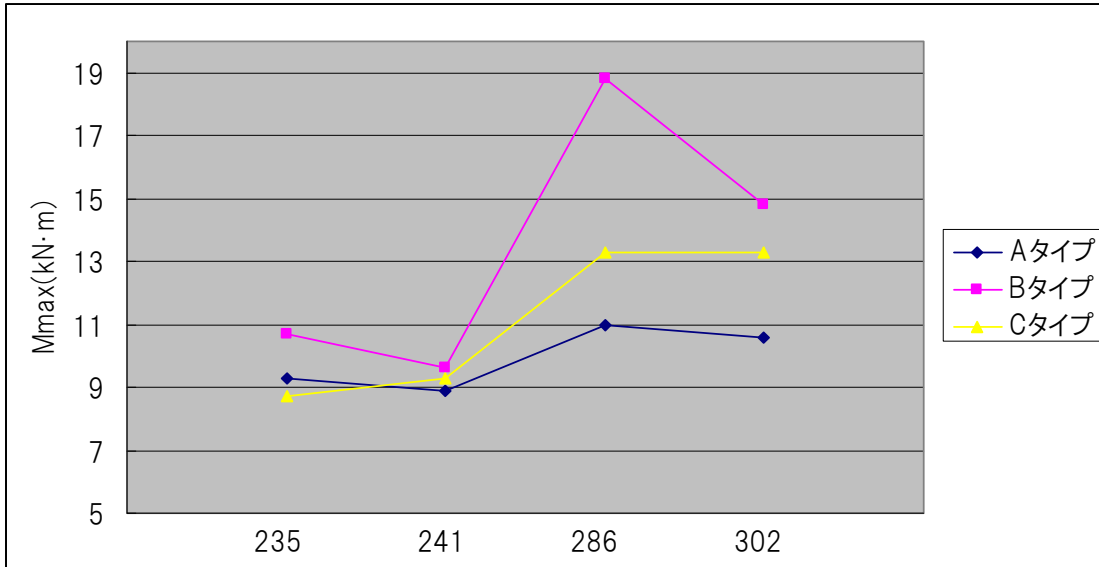


図3. 2. 4-5 最大曲げモーメントのタイプ比較

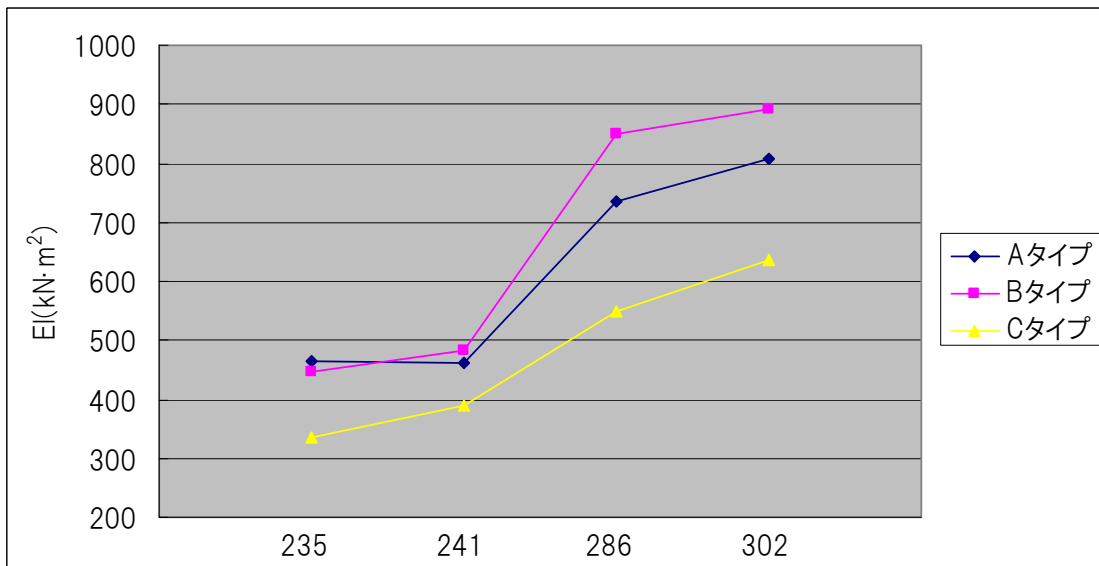


図3. 2. 4-6 曲げ剛性のタイプ比較

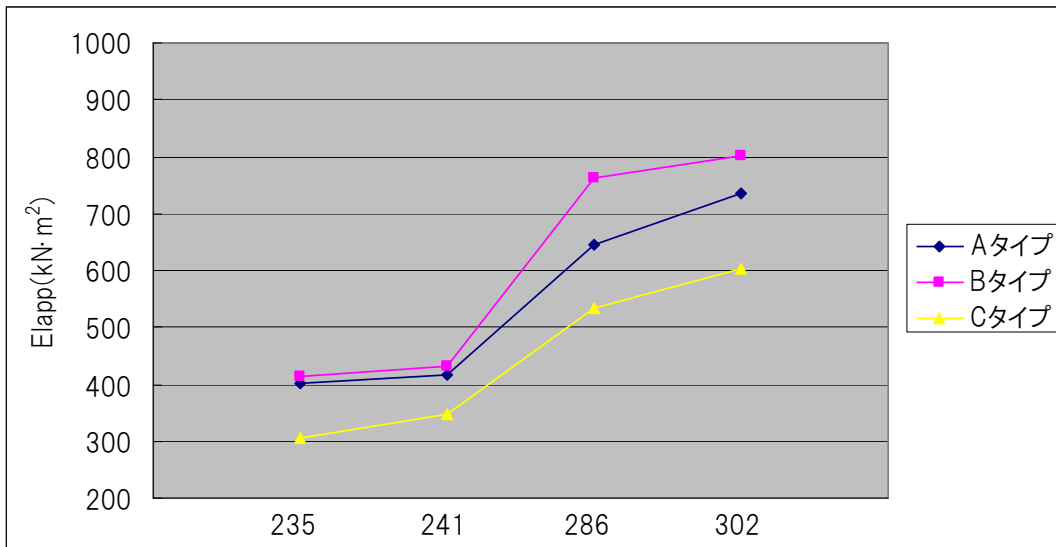


図3. 2. 4-7 見かけの曲げ剛性のタイプ比較

3. 2. 5 最大せん断力およびせん断剛性の基準値(品質基準五)

【試験体】

試験体の材長は、後述の試験スパンと余長(200mm)をもとに、1800mmとした。

試験体数は、前述のとおり、1タイプにつき10体とした。

【試験方法】

試験方法を図11に示す。荷重方式は、予備的な検討をもとに、荷重点のめり込みを防止するために中央集中荷重ではなく、2点荷重とし、荷重点間距離は200mmとした。試験スパンは、予備的検討において1200~1400mmでは荷重点や支点のめり込み破壊が頻発したために、せん断破壊が卓越するように1600mm(梁せいの5.3~6.8倍)とした。

加力は、精密万能試験機(株)島津製作所製、オートグラフAG-IS、容量250kNを用いて行った。支点の支持長さは200mmとした。荷重点では、局部的損傷を防止するために、クロスヘッドと試験体の間に十分な支持長さ(200mm)を有する鋼板を挿入した。加力速度は5mm/minとし、開始から最大荷重までの時間はすべての試験体で1分以上であった。倒れ止めは両側せん断区間の計4か所に配置した。ウェブの継ぎ手部がせん断破壊の決定要因となるため、告示のとおり、必ず片側せん断区間の中央に配置させた。たわみの計測は、スパン中央部の1か所にてひずみゲージ式変位変換器(株)東京測器、SDP-200D、容量100mm、分解能1/100mm)を用いて行った。試験は、株式会社キーテックの木更津工場の温湿度無調整下の室内で行った。

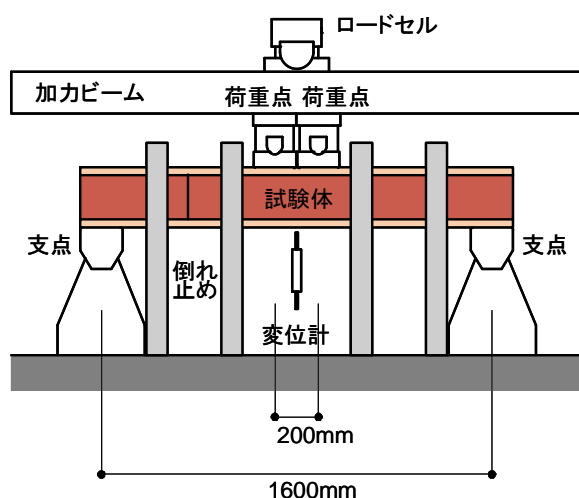


図3. 2. 5-1 せん断試験方法

【評価方法】

せん断剛性 GA/k は、前節の曲げ試験において得られる全たわみと純曲げたわみを用いて純曲げ剛性 EI と同時に求めてみたが、曲げ試験条件では、全たわみに占めるせん断たわみの割合が約20%と小さいこともあり、得られた GA/k は大きくばらついて適切な測定値を得ることができなかった。そこで、枠組壁工法建築物構造計算指針に示されている「指定建築材

料第十号木質接着成形軸材料」のせん断弾性係数の算出方法を参考に、せん断試験において GA/κ を求めることとした¹⁴⁾。なお、その方法では、曲げ試験（3等分点2点荷重方式）の全たわみから得られた見かけの曲げ弾性係数と、せん断試験（中央集中荷重方式）の全たわみから得られた見かけの曲げ弾性係数の差からせん断弾性係数を算出することになっている。接着成形軸材料（LVL）は、他の矩形断面材料と同様にせん断たわみの割合が少ないため、曲げ試験での見かけの曲げ弾性係数と純曲げ弾性係数をほぼ同等とみなせるが、I形梁の場合、全たわみに占めるせん断たわみの割合が大きいため、せん断成分の影響が無視できない。そこで、曲げ試験で得られた純曲げ剛性 EI を採用することとし、その値には前節の曲げ試験で得られた純曲げ剛性 EI の平均値を用いることとした。なお、今回のショートスパンのせん断試験では、全たわみに占める曲げたわみの割合は約2割と小さく、代入する EI のばらつきが算出結果に与える影響は小さいと考えられる。

以上より、最大荷重 P_{\max} から最大せん断力 Q_{\max} 、荷重 P とたわみ d の関係からせん断剛性 GA/κ を下式により算出した。

$$Q_{\max} = \frac{P_{\max}}{2}$$

$$GA/\kappa = \frac{P \cdot L}{\frac{2^5 \cdot \delta}{7} - \frac{11 \cdot 13 \cdot P \cdot L^3}{3 \cdot 2^9 \cdot EI_{av}}}$$

ここで、 Q_{\max} ：最大せん断力（N）

GA/κ ：せん断剛性（N）

EI_{av} ：曲げ試験で得られた純曲げ剛性の平均値（N・mm²）

P_{\max} ：最大荷重（N）

L ：試験スパン（mm）

P ：最大荷重の10～40%までの荷重増分（N）

d ：荷重増分 P に対応する中央たわみの増分（mm）

次に、最大せん断力 Q_{\max} の基準値を信頼水準75%の95%下側許容限界値、せん断剛性 GA/κ の基準値は信頼水準75%の50%下側許容限界値として次式により算出した。

$$TL = AV - K_{\beta\%} \times SD$$

ここで、 TL ：信頼水準75%の $\beta\%$ 下側許容限界値

AV ：平均値

SD ：標準偏差

$K_{\beta\%}$ ：試験体数による定数（ $n=10$ のとき $K_{95\%}=2.104$ 、 $K_{50\%}=0.2222$ ）

【試験結果】

せん断試験における各破壊形態の代表例を図3. 2. 5-2～図3. 2. 5-4に、求めた力学特性値の結果を表9～表14および図8～図10に示す。



図3. 2. 5-2 Aタイプの破壊例



図3. 2. 5-3 Bタイプの破壊例



図3. 2. 5-4 Cタイプの破壊例

表3. 2. 5-1 (Aタイプ)最大せん断力の算出結果

特性値	最大せん断力 Q_{max} (kN)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	18.2	19.9	20.5	21.3
AV	15.6	16.5	16.7	17.8
Min	14.8	14.9	15.5	16.9
SD	1.1	1.6	1.7	1.7
CV(%)	6.9%	9.5%	10.4%	9.3%
n	10	10	10	10
TL	13.3	13.2	13.1	14.3

表3. 2. 5-2 (Bタイプ)最大せん断力の算出結果

特性値	最大せん断力 Q_{max} (kN)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	12.6	13.2	17.0	17.2
AV	10.8	10.9	14.3	14.7
Min	10.2	10.6	11.4	15.2
SD	0.7	0.7	1.7	0.6
CV(%)	6.8%	6.8%	12.2%	4.3%
n	10	10	10	10
TL	9.2	9.3	10.7	13.4

表3. 2. 5-3 (Cタイプ)最大せん断力の算出結果

特性値	最大せん断力 Q_{max} (kN)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	12.9	13.6	14.1	15.4
AV	10.8	11.0	11.8	13.3
Min	10.0	10.3	11.3	12.7
SD	1.0	1.0	0.9	0.8
CV(%)	9.6%	8.7%	7.3%	6.0%
n	10	10	10	10
TL	8.6	9.0	10.0	11.6

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), n :試験体数, TL:信頼水準 75%の 95% 下側許容限界値。

表3. 2. 5-4 (Aタイプ)せん断剛性の算出結果

特性値	せん断剛性 GA/κ (kN)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	2569	2908	3134	3604
AV	2082	2483	2668	3097
Min	1993	2568	2757	2512
SD	182.1	119.0	119.9	328.8
CV(%)	8.7%	4.8%	4.5%	10.6%
n	10	10	10	10
TL	2042	2456	2641	3023

表3. 2. 5-5 (Bタイプ)せん断剛性の算出結果

特性値	せん断剛性 GA/κ (kN)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	1565	1636	1887	1916
AV	1360	1279	1580	1656
Min	1329	1212	1544	1675
SD	83.7	132.4	126.8	81.5
CV(%)	6.2%	10.4%	8.0%	4.9%
n	10	10	10	10
TL	1341	1250	1552	1638

表3. 2. 5-6 (Cタイプ)せん断剛性の算出結果

特性値	せん断剛性 GA/κ (kN)			
梁せい	235	241	286	302
梁幅	53			
Max	1639	1383	1711	1816
AV	1372	1157	1394	1520
Min	1242	1114	1244	1527
SD	110.7	78.6	142.5	88.0
CV(%)	8.1%	6.8%	10.2%	5.8%
n	10	10	10	10
TL	1347	1140	1362	1501

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), n :試験体数, TL:信頼水準 75%の 50% 下側許容限界値。

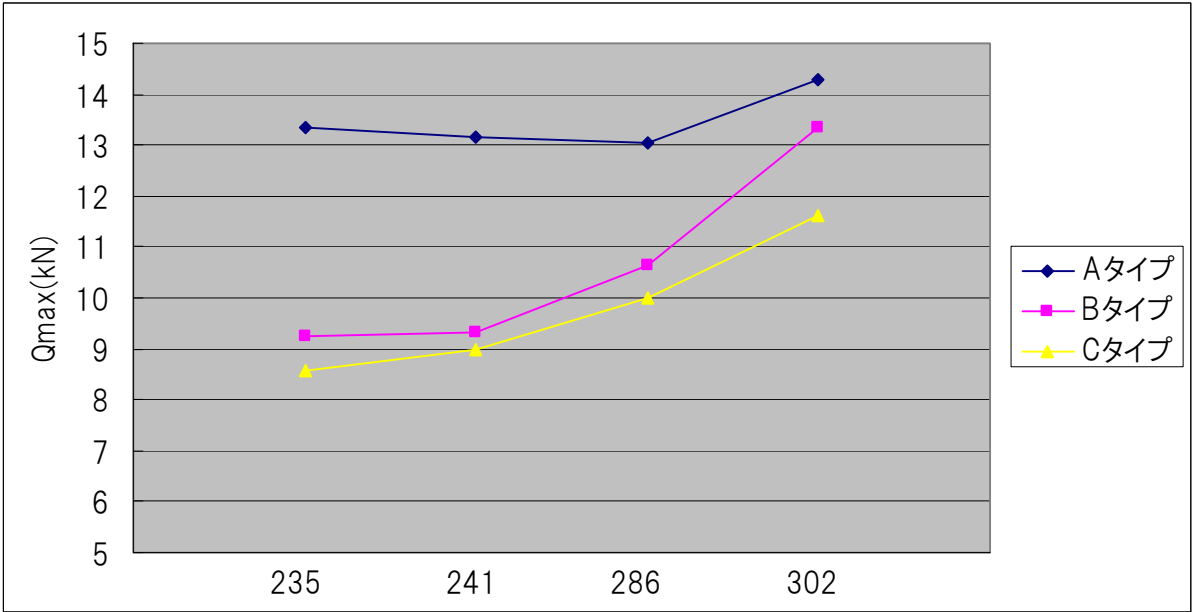


図3. 2. 5-5 最大せん断力のタイプ比較

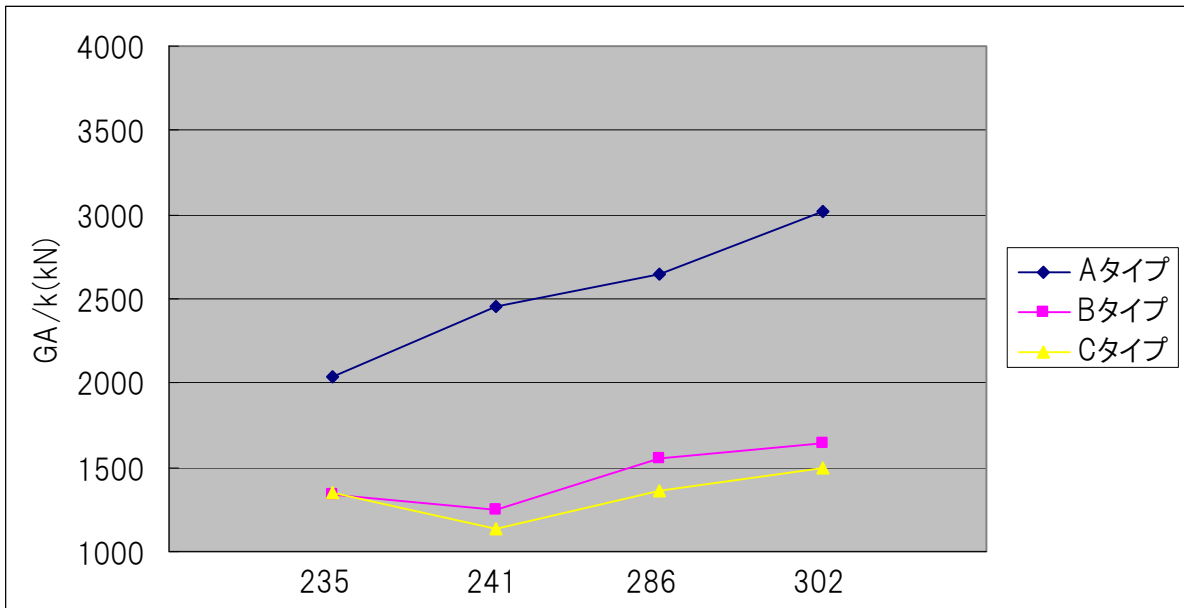


図3. 2. 5-6 せん断剛性のタイプ比較

3. 2. 6 りり込み強さの基準値(品質基準六)

【試験体】

りり込み試験体の断面形状については、告示では枠組壁工法用構造用製材を対象にした試験方法²²⁾をベースに正方形が例示されているが、ここでは、I形梁の断面形状そのままに試験を行うこととした。また、加力点については、告示では材端部りり込み強さについて求められていないが、実際の施工状態を想定すると、床根太や側根太、端根太、ころび止めなどの端部には鉛直荷重によるりり込み荷重が加わることが想定され、一般の製材でも材中央より材端部はりり込み耐力が低下する傾向にあることから、本研究では材端部りり込み強さも求めることとした。

試験体数は、告示では母集団の特性を適切に推定できる数としか示されていないが、ここでは曲げ試験やせん断試験と同様に、材中央用試験体は1タイプにつき10体とした。また、材端部用試験体は、材中央試験体の近傍から1体ずつ切り出し、同じく10体とした。

試験体長さについては、告示では梁幅の3倍と例示されているが、梁せいに比して梁幅の小さなI形梁では、梁せいに対して試験体が短くなってしまい、鋼板がフランジにりり込む前にフランジが梁幅方向に割裂したり、端部の木口付近で梁せい方向にワニ口状に割裂するおそれがあり、十分な余長が必要となる。そこで、予備的検討をもとに、主にりり込み破壊が卓越するように試験体長さを600mmに設定した。

加圧長さについては、告示では梁幅と同寸と例示されているが、枠組壁工法の床組部材の施工状態を想定すると、床根太I形梁の材中央部や材端部には、上部壁体などの鉛直荷重が下枠用204材を介して加わる場合が想定される。また、床根太の支点反力のうち、中間支点では上枠用204材を介して反力が加わり、端部支点では壁体上部や根太受け金物に40mm以上の掛かり長さで反力が加わることが想定される。そこで、加圧長さは、材中央部では204材を想定した89mm長さ、材端部では根太受け金物の掛かり長さを想定した45mm長さとした。

試験体は、温度20°C 相対湿度60%に設定された恒温恒湿室内で約10日間以上、静置した後、試験直前に室内から取り出して試験に供した。

【試験方法】

りり込み試験方法を図18に示す。加力は、テンシロン型強度試験機((株)オリエンテック、容量100kN)を用いて行い、容量50kNのロードセルで荷重を計測した。材中央部のりり込み試験では、試験体の中央上面に加圧鋼板(24×89×100mm、面取り半径=3mm)を載せ、それを介して荷重を加えた。材端部用試験体では材端上面に加圧鋼板(24×45×100mm、面取り半径=3mm)を載せて荷重を加えた。

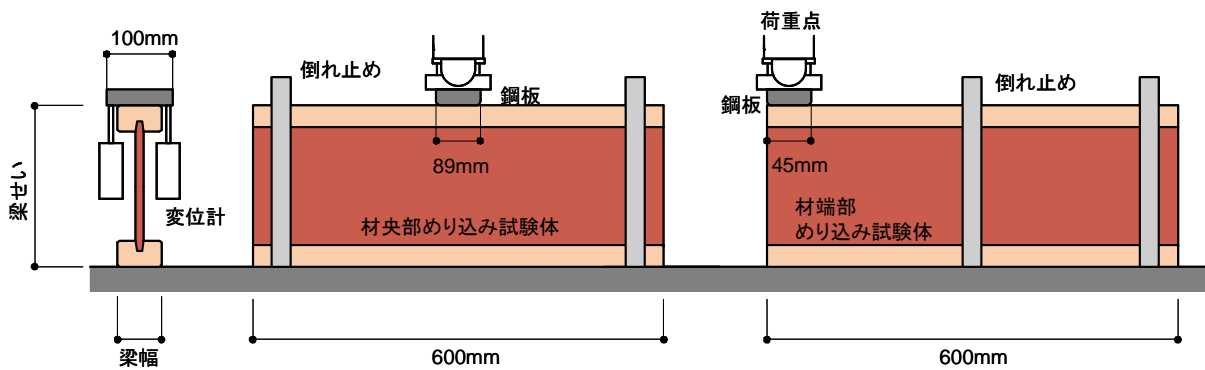
加力は、3mm/minの速度で行い、開始から最大荷重に達するまでの時間またはりり込み量が所定量に達するまでの時間はすべての試験体で1分以上であった。倒れ止めは、材中央部りり込み試験では両端の両側面の計4か所に、材端部りり込み試験では中央部と片側端部の両側面の計4か所に配置した。りり込み量の計測は、鋼板下面の両側2か所でひずみゲージ式変位変換器((株)共和電業、DTH-A-50、容量50mm、分解能1/100mm)を用いて行い、2点の平均値をりり込み量とした。試験は、北海道立林産試験場の温湿度無調整下の構造試験棟内で行った。



材中央部めり込み(加圧長さ 89mm)

材端部めり込み(加圧長さ 45mm)

図18 めり込み試験方法



【評価方法】

めり込み強さは、告示では一般の製材と同様に受圧面積の単位面積あたりの値 F_{cv} (N/mm²) として求めることとしているが、I形梁の場合、フランジ部分とウェブ部分では水平方向の断面積が大きく異なり、フランジ幅の寄与率はさほど高くないと考えられることから、単位面積あたりの値ではめり込み特性を適切に表現しづらい。また、一般に木材のめり込み強さでは、高い異方性により荷重が余長部に効率よく伝達され、余長部の負担荷重は鋼板長さによらず一定となり、加圧長さが短いほど単位長さあたりのめり込み強さが大きくなるとされ、I形梁でもその傾向が顕著に現れることが既報¹⁴⁾でも確かめられている。前述の曲げ耐力やせん断耐力も、各断面の固有の特性値として求めているように、実用設計では断面種類ごとのめり込み耐力 (kN) として表すほうが合理的かつ安全と考えられる。以上より、本研究ではめり込み強さ (kN) で表すこととした。

$$F_{cv} = P_{min}$$

ここで、 F_{cv} : めり込み強さ (N)

P_{\min} : 最大荷重 P_{\max} または試験体の収縮量が梁せいの 5%に達したときの荷重 $P_{0.05h}$ のうち小さな荷重値 (N)

次に、めり込み強さ F_{cv} の基準値は、試験体ごとの F_{cv} の信頼水準 75%の 95%下側許容限界値として次式により算出した。

$$TL = AV - K_{\beta\%} \times SD$$

ここで、TL : 信頼水準 75%の $\beta\%$ 下側許容限界値

AV : 平均値

SD : 標準偏差

$K_{\beta\%}$: 試験体数による定数 ($n=10$ のとき $K_{95\%}=2.104$, $K_{50\%}=0.2222$)

【試験結果】

試験は 2011 年 2 月から行い、現在結果集計中である。

3. 2. 7 木質構造材料の長期性能の評価

研究概要

実大の木質 I 型複合梁の荷重継続時間に係る調整係数とクリープに係る調整係数を示すことを目的として、3 種類の異なる材料（OSB、パーティクルボード、カラマツ合板）をウェブに使用した木質 I 形複合梁について荷重継続時間に係る調整係数とクリープに係る調整係数を実験により求めた。その結果、木質 I 形複合梁は異なった材料で構成されたものであっても荷重継続時間に係る調整係数 0.65 前後、変形増大係数が 1.13~1.66 の範囲に分布しており長期性能に関して製材と同等とみなしても良いことが確認された。

【緒言】木材や木質材料に対して定められている長期、中長期、中短期、短期の荷重に対する許容応力度を算定する際に基準強度に乗じる係数は、無欠点小試験片を用いて行った長期荷重載荷試験の結果を用いて Wood が誘導した実験式を参考としてその値が定められている。一方、木質 I 形複合梁などの木質構造部材の荷重継続時間の影響に対する評価方法については、所定の荷重を長期間載荷した際の、荷重比と部材が破壊に至るまでの時間との関係から荷重継続時間に係る調整係数を求める方法が我が国では採用されている。また、クリープ変形についても最大応力の 1/3 に相当する応力レベルの荷重を長期間載荷し、荷重時間とクリープ変形量との関係からクリープ調整係数を求める方法が採用されている。既報^{1,2)}に続き本報では、実大の木質 I 形複合梁の荷重継続時間に係る調整係数とクリープに係る調整係数を示すことを目的として、前述の方法に基づいて荷重継続時間に係る調整係数とクリープに係る調整係数を実験により求めた異なる 3 種類の木質 I 形複合梁の結果について報告する。

【実験方法】木質 I 形複合梁について長期荷重載荷試験（破壊試験）および長期荷重載荷試験（クリープ試験）を行った。これらの試験に供する試験体の最大耐力を推計するために曲げ試験を行った。試験体の仕様を表 1 に示した。試験体は構成材料がフランジに国産カラマツの LVL、ウェブに OSB を使用したもの（以後、I 形梁（OSB）とする。）、フランジに国産カラマツの LVL、ウェブにパーティクルボードを使用したもの（以後、I 形梁（PB）とする。）、フランジに国産カラマツの LVL、ウェブに国産カラマツの合板を使用したもの（以後、I 形梁（PW）とする。）を 3 種類、用意した。なお、フランジとウェブの接合部およびウェブ間の継ぎ手部の接着には、レゾルシノール系樹脂接着剤を使用している。

表 1. 試験体の仕様

	I形梁 (OSB)	I形梁 (PB)	I形梁 (PW)
梁せい (mm)	235	235	235
フランジ材	国産カラマツLVL	国産カラマツLVL	国産カラマツLVL
フランジ幅 (mm)	58	53	53
フランジ厚さ (mm)	35	35	35
ウェブ材	OSB	パーティクルボード	国産カラマツ合板
ウェブ厚さ (mm)	9.5	9.5	12.0

曲げ試験は 3 等分点 4 点曲げ試験とし、荷重速度が 10 mm/min、スパンが 3810 mm、各仕様、20 体ずつ用いた。

長期荷重載荷試験（破壊試験）は、曲げ試験によって求めた最大曲げ耐力の平均値に対して、荷重比 0.9、0.8、0.7 に相当する荷重を載荷し、試験体が破壊するまでの時間を試験体中央に設

置した変位計を用いて測定した。長期荷重載荷試験（クリープ試験）は、曲げ試験によって求めた最大曲げ耐力の平均値に対して、荷重比 0.33（I 形梁（OSB）については 0.5）に相当する荷重を載荷し、試験体中央部の変形を測定した。長期荷重載荷試験（破壊試験）および長期荷重載荷試験（クリープ試験）の試験条件は、温度 20℃、相対湿度 65%の恒温恒湿環境、3 等分点 4 点曲げ試験、スパンが 3810 mm とした。長期性能試験に供した試験体数は各荷重比について 10 体ずつとした。

【結果および考察】

(1) 長期荷重載荷試験（破壊試験）

約 100 日間の継続荷重載荷試験を行った結果、破壊に至った試験体の数量は、I 形梁（OSB）は荷重比 0.9 の荷重を載荷した試験体が 10 体中 10 体、荷重比 0.8 の荷重を載荷した試験体が 10 体中 10 体、荷重比 0.7 を載荷した試験体が 7 体中 1 体であった。I 形梁（PB）は荷重比 0.9 の荷重を載荷した試験体が 10 体中 10 体、荷重比 0.8 の荷重を載荷した試験体が 10 体中 10 体、荷重比 0.7 を載荷した試験体が 6 体中 0 体であった。

図 1 に応力レベル [Stress Level] と試験体が破壊に至るまでの時間（分）の常用対数 [$\log_{10}(time)$] との関係を示す。同図には各測定点に対する回帰直線とその回帰式並びに相関係数を示す。図 1 において求めた回帰直線を用いて、50 年 ($\log_{10}26280000=7.42$) に対応する荷重比を求め、荷重継続時間に係る調整係数を算出した。

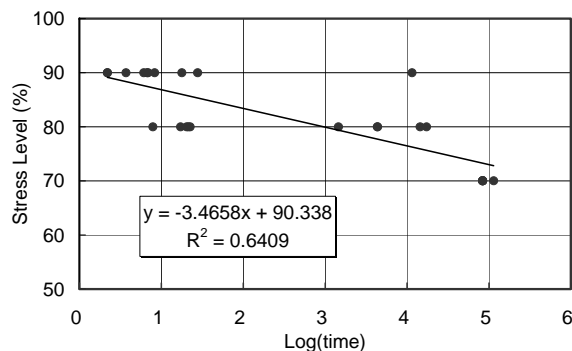
荷重継続時間に係る調整係数は I 形梁（OSB）が 0.66、I 形梁（PB）が 0.65 と求まった。

(2) 長期荷重載荷試験（クリープ試験）

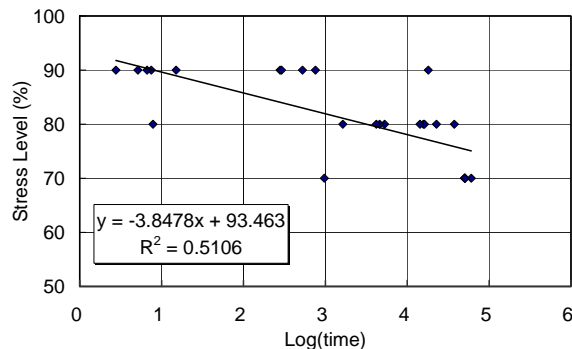
各試験体について荷重載荷後 t 分後のたわみに対する 1 分後のたわみの比の常用対数 [$\log(d_t/d_1)$] と荷重継続時間の常用対数 [$\log(time)$] との関係プロットし、回帰直線を求め、50 年間の継続荷重載荷時における d_t/d_1 の値を推計した結果 [$(d_t/d_1)_{50}$] を表 2 に示す。 $(d_t/d_1)_{50}$ は 0.60 から 0.88 の範囲に分布し、言い換えるとクリープ変形による変形増大係数は 1.13 から 1.66 の範囲に分布した。また、 $(d_t/d_1)_{50}$ の平均値は 0.71 であり、変形増大係数の平均値は 1.41 であった。

【結言】木質 I 形複合梁は異なった材料で構成されたもの

であっても荷重継続時間に係る調整係数 0.65 前後、変形増大係数が 1.13~1.66 の範囲に分布しており長期性能



I 形梁（OSB）の場合



I 形梁（PB）の場合

図 1 応力比と荷重継続時間の常用対数との関係

表 2. クリープ試験の結果

試験体番号	$(d_t/d_1)_{50}$		
	I 形梁 (OSB)	I 形梁 (PB)	I 形梁 (PW)
1	0.646	0.601	0.682
2	0.685	0.622	0.707
3	0.682	0.662	0.682
4	0.762	0.683	0.695
5	0.624	0.630	0.726
6	0.691	0.650	0.714
7	0.769	0.724	0.784
8	0.802	0.637	0.752
9	0.804	0.671	0.737
10	0.882	0.792	0.826
平均	0.735	0.667	0.731

に関して製材と同等とみなしても良いことが確認された。

文献

- [1] 国崎祐樹他：木質構造材料の長期性能の評価に関する研究（その1）木質 I 型複合梁の荷重継続時間とクリープに係る調整係数、日本建築学会大会学術講演梗概集，2010 年，富山。
- [2] 松里 整他：ウェブ材に再生建材を用いた木質 I 型複合梁の長期性能の評価、木質構造研究会技術発表会，2010 年，東京。

3. 2. 8 事故的な水掛かりを考慮した調整係数

【試験体】

試験体の詳細，材長は基準値を求める試験と同一とした。試験体数は各タイプごとに1つの梁せいにつき本試験体とマッチング試験体ともに各10体とした。

【処理方法】

本試験体は，独立行政法人建築研究所の散水処理装置にて72時間の処理を行った後，温湿度無調整環境にて乾燥し，各試験に供した。なお，マッチング試験体は，本試験体と同一環境下にて静置し各試験に供した。

【試験方法】

加力は，圧縮強さ試験機（(株)東京試験機製作所，容量100kN）を用いて行い，容量100kNのロードセルで荷重を計測し，変位計はひずみゲージ式変位変換器（東京測器㈱，CDP-50，容量50mm，分解能1/200mm）を用いた。試験は，独立行政法人建築研究所の温湿度無調整下の試験棟内で行った。

【評価方法】

各力学特性値について本試験体とマッチング試験体の平均値を求め，それらの比を事故的な水掛かりを考慮した調整係数とした。

表3. 2. 8-1 (Aタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (最大曲げモーメント)

特性値	最大曲げモーメント M_{max} (kN·m)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	14.6	17.9		13.3	14.7		18.4	17.4		19.0	17.7	
AV	12.6	16.3	1.29	11.6	12.8	1.10	15.1	15.3	1.01	15.7	16.0	1.02
Min	10.3	13.8		10.1	10.5		12.1	13.3		12.4	14.1	
SD	1.5	1.5		1.3	1.6		2.0	1.4		2.5	1.3	
CV	12.2%	9.4%		11.2%	12.5%		13.0%	9.0%		15.7%	8.0%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max: 最大値, AV: 平均値, Min: 最小値, SD: 標準偏差, CV: 変動係数 (%), n: 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio: M_a の平均値と T_r の平均値の比 (T_r/M_a)。

表3. 2. 8-2 (Bタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (最大曲げモーメント)

特性値	最大曲げモーメント M_{max} (kN·m)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	15.3	13.4		14.6	13.5		22.7	20.7		22.6	19.3	
AV	12.6	12.4	0.98	12.7	12.5	0.98	19.9	18.5	0.93	19.1	17.5	0.92
Min	9.4	11.5		11.2	9.2		16.3	14.3		15.0	14.5	
SD	1.9	0.7		1.2	1.2		2.3	2.1		2.4	1.5	
CV	15.1%	5.7%		9.1%	9.9%		11.6%	11.5%		12.5%	8.7%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max: 最大値, AV: 平均値, Min: 最小値, SD: 標準偏差, CV: 変動係数 (%), n: 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio: M_a の平均値と T_r の平均値の比 (T_r/M_a)。

表3. 2. 8-3 (Cタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (最大曲げモーメント)

特性値	最大曲げモーメント M_{max} (kN·m)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	11.1	11.1		12.8	12.5		16.9	15.4		20.0	16.0	
AV	9.7	9.5	0.98	11.6	11.3	0.97	14.8	14.1	0.95	16.0	15.0	0.94
Min	8.6	7.7		10.1	9.5		11.9	12.0		12.4	13.9	
SD	0.8	1.3		0.8	0.9		1.5	1.1		2.7	0.7	
CV	7.8%	13.8%		7.0%	8.3%		9.8%	8.0%		16.7%	4.7%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max: 最大値, AV: 平均値, Min: 最小値, SD: 標準偏差, CV: 変動係数 (%), n: 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio: M_a の平均値と T_r の平均値の比 (T_r/M_a)。

表 3. 2. 8-4 (Aタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (曲げ剛性)

特性値	曲げ剛性 EI (kN・m ²)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M _a	T _r	Ratio	M _a	T _r	Ratio	M _a	T _r	Ratio	M _a	T _r	Ratio
Max	583	555		627	398		974	582		922	648	
AV	476	505	1.06	477	384	0.81	755	546	0.72	828	605	0.73
Min	420	471		411	368		658	508		597	564	
SD	45.8	27.1		63.1	10.1		89.7	22.1		94.7	24.6	
CV	9.6%	5.4%		13.2%	2.6%		11.9%	4.1%		11.4%	4.1%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max : 最大値, AV : 平均値, Min : 最小値, SD : 標準偏差, CV : 変動係数 (%), n : 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio : M_aの平均値と T_rの平均値の比 (T_r/M_a)。

表 3. 2. 8-5 (Bタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (曲げ剛性)

特性値	曲げ剛性 EI (kN・m ²)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M _a	T _r	Ratio	M _a	T _r	Ratio	M _a	T _r	Ratio	M _a	T _r	Ratio
Max	348	363		378	366		695	724		832	752	
AV	300	340	1.13	356	349	0.98	630	669	1.06	779	701	0.90
Min	278	308		339	336		563	604		736	646	
SD	23.3	17.9		12.5	13.1		29.7	30.4		34.6	32.7	
CV	7.8%	5.3%		3.5%	3.7%		4.7%	4.6%		4.4%	4.7%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max : 最大値, AV : 平均値, Min : 最小値, SD : 標準偏差, CV : 変動係数 (%), n : 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio : M_aの平均値と T_rの平均値の比 (T_r/M_a)。

表 3. 2. 8-6 (Cタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (曲げ剛性)

特性値	曲げ剛性 EI (kN・m ²)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M _a	T _r	Ratio	M _a	T _r	Ratio	M _a	T _r	Ratio	M _a	T _r	Ratio
Max	270	234		377	291		488	544		567	572	
AV	248	216	0.87	340	270	0.79	466	476	1.02	501	517	1.03
Min	232	201		312	254		433	428		324	492	
SD	11.5	10.3		17.4	12.5		19.0	34.6		93.8	23.5	
CV	4.7%	4.8%		7.2%	4.6%		4.1%	7.3%		18.7%	4.7%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max : 最大値, AV : 平均値, Min : 最小値, SD : 標準偏差, CV : 変動係数 (%), n : 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio : M_aの平均値と T_rの平均値の比 (T_r/M_a)。

表3. 2. 8-7 (Aタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (最大せん断力)

特性値	最大せん断力 Q_{max} (kN)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	18.2	16.8		19.9	17.4		20.5	19.1		21.3	18.1	
AV	15.6	12.8	0.82	16.5	14.2	0.86	16.7	16.2	0.97	17.8	15.8	0.89
Min	14.8	12.2		14.9	12.8		15.5	15.7		16.9	15.8	
SD	1.1	1.8		1.6	2.0		1.7	1.1		1.7	0.8	
CV	6.9%	14.1%		9.5%	14.0%		10.4%	7.0%		9.3%	5.1%	
n	10	7		10	10		10	10		10	10	

※Max : 最大値, AV : 平均値, Min : 最小値, SD : 標準偏差, CV : 変動係数 (%), n : 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio : M_a の平均値と T_r の平均値の比 (T_r/M_a)。

表3. 2. 8-8 (Bタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (最大せん断力)

特性値	最大せん断力 Q_{max} (kN)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	12.7	11.2		12.5	12.2		16.1	14.8		16.0	15.0	
AV	10.6	9.7	0.92	10.6	9.9	0.93	13.2	12.6	0.95	13.8	13.1	0.95
Min	9.5	10.0		9.1	9.4		11.6	12.7		13.8	13.2	
SD	1.0	0.4		1.0	0.8		1.2	0.7		0.7	0.6	
CV	9.4%	4.1%		9.5%	8.5%		9.2%	5.6%		5.2%	4.3%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max : 最大値, AV : 平均値, Min : 最小値, SD : 標準偏差, CV : 変動係数 (%), n : 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio : M_a の平均値と T_r の平均値の比 (T_r/M_a)。

表3. 2. 8-9 (Cタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (最大せん断力)

特性値	最大せん断力 Q_{max} (kN)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	12.0	11.3		12.2	11.3		14.5	12.1		14.7	14.0	
AV	10.2	9.3	0.91	10.2	9.0	0.88	12.1	9.5	0.79	12.7	11.2	0.88
Min	10.7	8.8		10.0	7.5		12.5	7.8		12.9	8.8	
SD	0.4	0.8		0.7	1.1		0.7	1.5		0.6	1.3	
CV	4.3%	8.6%		7.2%	12.7%		5.7%	16.1%		5.0%	11.5%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max : 最大値, AV : 平均値, Min : 最小値, SD : 標準偏差, CV : 変動係数 (%), n : 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio : M_a の平均値と T_r の平均値の比 (T_r/M_a)。

表3. 2. 8-10 (Aタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (見かけの曲げ剛性)

特性値	見かけの曲げ剛性 EI_{app} (kN・m ²)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	268	241		282	258		375	359		422	399	
AV	231	203	0.88	250	227	0.91	330	310	0.94	372	340	0.91
Min	238	219		268	232		351	325		347	346	
SD	9.6	8.3		5.1	8.1		7.7	10.7		22.3	17.1	
CV	4.1%	4.1%		2.0%	3.6%		2.3%	3.5%		6.0%	5.0%	
n	10	7		10	10		10	10		10	10	

※Max : 最大値, AV : 平均値, Min : 最小値, SD : 標準偏差, CV : 変動係数 (%), n : 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio : M_a の平均値と T_r の平均値の比 (T_r/M_a)。

表3. 2. 8-11 (Bタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (見かけの曲げ剛性)

特性値	見かけの曲げ剛性 EI_{app} (kN・m ²)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	216	208		222	213		297	289		313	304	
AV	187	180	0.96	186	181	0.97	252	249	0.99	264	257	0.97
Min	187	186		191	174		246	244		277	256	
SD	10.7	8.9		9.8	12.2		13.6	12.1		10.2	13.8	
CV	5.7%	5.0%		5.3%	6.7%		5.4%	4.9%		3.8%	5.4%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max : 最大値, AV : 平均値, Min : 最小値, SD : 標準偏差, CV : 変動係数 (%), n : 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio : M_a の平均値と T_r の平均値の比 (T_r/M_a)。

表3. 2. 8-12 (Cタイプ) 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (見かけの曲げ剛性)

特性値	見かけの曲げ剛性 EI_{app} (kN・m ²)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	183	168		176	175		247	237		250	247	
AV	151	144	0.95	154	153	0.99	212	203	0.96	219	216	0.99
Min	151	145		165	162		218	210		229	223	
SD	9.0	8.0		3.7	3.6		10.9	8.7		7.0	7.1	
CV	6.0%	5.6%		2.4%	2.4%		5.1%	4.3%		3.2%	3.3%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max : 最大値, AV : 平均値, Min : 最小値, SD : 標準偏差, CV : 変動係数 (%), n : 試験体数, M_a : 常態のマッチング試験体, T_r : 処理された本試験体, Ratio : M_a の平均値と T_r の平均値の比 (T_r/M_a)。

3. 2. 9 接着耐久性に関する強さの残存率

杵組指針法では、接着耐久性に関する強さとして劣化処理後の最大曲げモーメントの残存率が 0.5 以上であることを確かめるように定められている。しかし、曲げ試験体に劣化処理を施すには大規模で特殊な煮沸装置や減圧加圧装置が必要となり、実施困難である。また、今回の I 形梁の力学特性を決定する接着性能としては、最大曲げモーメントを決定するフランジ用 LVL だけでなく、前節で述べたように、フランジ-ウェブ接合部、ウェブ継ぎ手部、ウェブ面材自体の接着性能があり、それらの接着耐久性についても調べる必要がある。

そこで、接着接合部の接着耐久性に関する強さの残存率を合理的かつ効率的に調べるために、最大曲げモーメントの残存率については、劣化処理と試験実施の困難な曲げ試験の代替として、LVL 単体の引張試験により調べることにした。また、フランジ-ウェブ接合部やウェブ継ぎ手部の残存率および接着製品であるウェブ面材の残存率については、せん断試験により総合的に調べることにした。

【試験体(せん断試験)】

試験体の材長は 1800mm、試験体種類は梁幅 53 タイプの梁せい 4 種類 (235, 241, 286, 302mm)、試験体数は梁せい 1 タイプにつき煮沸処理用本試験体と減圧加圧用本試験体、マッチング試験体いずれも各 10 体とした。

【試験体(引張試験)】

引張試験体の材長は 1960mm、断面寸法は 38×90mm、試験体数は煮沸処理用本試験体と減圧加圧用本試験体、マッチング試験体いずれも各 18 本とした。

【処理方法】

せん断試験および引張試験の本試験体は、杵組指針法に準じて煮沸処理 (沸騰水中に 4 時間浸せき、常温水中に 1 時間浸せき、70°C で 48 時間乾燥) または減圧加圧処理 (0.085N/mm² に減圧した常温水中に 5 分間浸せき、0.51±0.029N/mm² に加圧した常温水中に 1 時間浸せき、70°C で 48 時間乾燥) を、使用環境を断続湿潤環境と定めたためにそれぞれ 2 サイクル行った。各処理の様子を図4に示す。なお、マッチング試験体は、温度 20°C 相対湿度 65% に設定された恒温恒湿室内で平衡状態になるまで静置した後、試験直前に室内から取り出して各試験に供した。

【試験方法(せん断試験)】

試験方法を図2に示す。荷重方式は、2 点荷重とし、荷重点間距離は 200mm とした。試験スパンは、予備的検討をもとにせん断破壊が卓越するように 1600mm (梁せいの 5.3~6.8 倍) とした。加力は、テンシロン型強度試験機 ((株)オリエンテック、曲げ容量 100kN) を用いて行った。荷重点および支点の支持長さは 200mm とした。加力速度は 5mm/min とし、開始から最大荷重までの時間はすべての試験体で 1 分以上であった。倒れ止めは両側せん断区間の計 4 か所に配置した。ウェブの継ぎ手部がせん断破壊の決定要因となるため、杵組指針法のとおり、必ず片側せん断区間の中央に配置させた。たわみの計測は、スパン中央部の 1 か所にてひずみゲージ式変位変換器 ((株)共和電業、DT-100A、容量 100mm) を用いて行った。試験は、北海道立林産試験場の温湿度無調整下の構造試験棟内で行った。

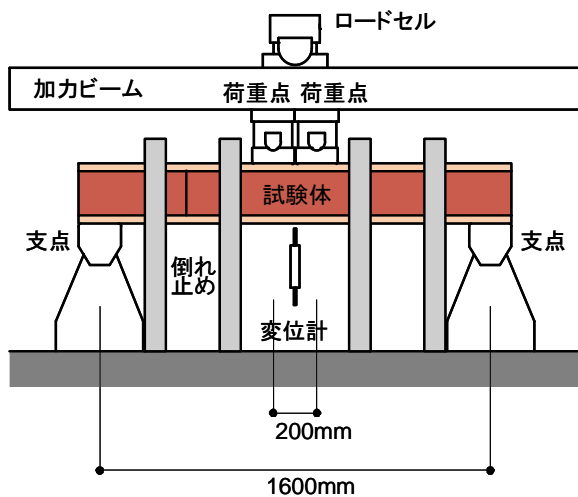


図2 せん断試験方法

【試験方法(引張試験)】

引張試験の方法を図3に示す。加力は、林産試験場にある実大引張試験機（岩崎(株)製，最大容量 100tf，油圧式チャック）を用いて行い，荷重計測には容量 500kN のロードセルを使用した。チャック間距離は 750mm とした。破壊した試験体のうち，チャック内で破断した試験体はデータから除外した。

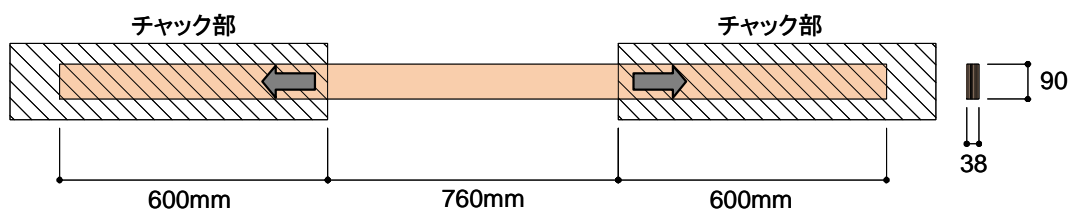


図3 引張試験方法

【評価方法】

力学特性値は最大せん断力 Q_{\max} および見かけの曲げ剛性 EI_{app} を求めた。本来はせん断剛性 GA_K を求めるのが望ましいが，曲げ試験を実施しないために純曲げ剛性が不明であるため，便宜的に見かけの曲げ剛性 EI_{app} を求めることとした。なお，せん断試験条件では，中央たわみの約 4~5 割はせん断成分であり， EI_{app} が曲げ剛性とせん断剛性への影響を表すものと考えられる。 EI_{app} は次式により算出した。

$$Q_{\max} = \frac{P_{\max}}{2}$$

$$EI_{\text{app}} = \frac{11 \cdot 13 \cdot P \cdot L^3}{3 \cdot 2^9 \cdot \delta_1}$$

ここで、 Q_{\max} ：最大せん断力 (N)

EI_{app} ：見かけの曲げ剛性 ($\text{N}\cdot\text{mm}^2$)

P_{\max} ：最大荷重 (N)

L ：試験スパン (mm)

P ：最大荷重の 10~40%までの荷重増分 (N)

d_h ：荷重増分 P に対応する中央たわみの増分 (mm)

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

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

ここで、 F_t ：引張強さ (N/mm^2)

P_{\max} ：最大荷重 (N)

b ：試験体断面の幅 (mm)

h ：試験体断面の厚さ (mm)

以上より得られた各力学特性値 (Q_{\max} , EI_{app} , F_t) について本試験体とマッチング試験体の平均値を求め、それらの比を接着耐久性に関する残存率とした。



煮沸処理(合板原木用煮沸槽)



減圧加圧処理(加圧注入装置)



乾燥処理(蒸気式乾燥装置)



65%調湿処理(恒温恒湿装置)

図4 促進劣化処理の様子

【試験結果】

せん断試験と引張試験を併せて、試験結果を表1～表8に示す。まず、最大せん断力の結果を見てみると、PBタイプ、カラマツ合板タイプともに、減圧加圧処理よりも煮沸処理のほうが残存率が小さく、劣化による影響が大きくなる傾向が看取された。この傾向は既往の研究でも確認されている。なお、PBタイプとカラマツ合板タイプでは、梁せい種類で大小が異なり、明瞭な差は見られなかった。カラマツ合板タイプとOSBタイプのI形梁の接着耐久性を評価した既往研究の結果では、せん断耐力とせん断剛性ともに合板タイプよりOSBタイプのほうが性能低下が大きくなったが、今回は、耐水性の高いPBを用いており、劣化処理による残存率も合板タイプより著しく劣ることはない可能性が示唆された。一方、見かけの曲げ剛性については、PBタイプよりカラマツ合板タイプのほうが性能低下が大きく、PBをウェブに用いても接着耐久性に問題がないことが明らかとなった。

各力学特性値の残存率は、すべてのタイプ、処理条件において告示の基準値である0.5を上回っており、I形梁の接着接合部であるフランジ・ウェブ接合部、ウェブ継ぎ手部の接着性能が十分な耐久性を有することが明らかとなった。

表1 接着耐久性に関する最大せん断力の残存率(カラマツLVL×PB, 煮沸処理)

特性値	最大せん断力 Q_{max} (kN)											
	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	18.5	15.3		19.8	16.4		21.4	17.1		21.2	15.9	
AV	16.2	12.6	0.78	16.8	11.2	0.66	19.5	15.7	0.80	19.6	14.5	0.74
Min	13.5	8.7		15.5	7.6		17.1	14.1		17.5	10.9	
SD	1.5	2.2		1.3	3.1		1.2	1.0		1.0	1.5	
CV	9.4%	17.4%		7.7%	27.4%		6.4%	6.3%		5.4%	10.1%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), n :試験体数, M_a :常態のマッチング試験体, T_r :処理された本試験体, Ratio: M_a の平均値と T_r の平均値の比(T_r/M_a)。

表2 接着耐久性に関する最大せん断力の残存率(カラマツLVL×PB, 減加圧処理)

特性値	最大せん断力 Q_{max} (kN)											
	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	18.5	17.4		19.8	16.0		21.4	19.0		21.2	18.8	
AV	16.2	14.1	0.87	16.8	12.6	0.75	19.5	16.9	0.87	19.6	17.2	0.88
Min	13.5	9.7		15.5	8.9		17.1	16.0		17.5	15.7	
SD	1.5	2.3		1.3	2.8		1.2	0.8		1.0	1.0	
CV	9.4%	16.0%		7.7%	21.9%		6.4%	4.8%		5.4%	5.8%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

表3 接着耐久性に関する最大せん断力の残存率(カラマツLVL×カラマツ合板, 煮沸処理)

特性値	最大せん断力 Q_{max} (kN)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	13.7	10.9		13.2	10.4		16.2	13.2		18.5	14.0	
AV	12.9	9.6	0.74	12.3	9.2	0.74	15.4	10.9	0.71	16.7	13.2	0.79
Min	10.5	8.0		11.5	6.9		14.5	8.4		14.9	12.2	
SD	1.0	1.0		0.5	1.0		0.6	1.6		1.0	0.6	
CV	7.5%	10.0%		4.1%	11.0%		3.6%	14.7%		6.3%	4.4%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), n :試験体数, M_a :常態のマッチング試験体, T_r :処理された本試験体, Ratio: M_a の平均値と T_r の平均値の比(T_r/M_a)。

表4 接着耐久性に関する最大せん断力の残存率(カラマツLVL×カラマツ合板, 減加圧処理)

特性値	最大せん断力 Q_{max} (kN)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	13.7	11.6		13.2	10.4		16.2	13.3		18.5	14.1	
AV	12.9	10.3	0.79	12.3	9.9	0.80	15.4	12.0	0.78	16.7	13.1	0.79
Min	10.5	8.1		11.5	9.1		14.5	9.1		14.9	12.0	
SD	1.0	0.9		0.5	0.4		0.6	1.1		1.0	0.6	
CV	7.5%	9.0%		4.1%	4.3%		3.6%	9.4%		6.3%	4.6%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

表5 接着耐久性に関する見かけの曲げ剛性の残存率(カラマツLVL×PB, 煮沸処理)

特性値	見かけの曲げ剛性 EI_{app} (kN·m ²)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	272	226		289	241		412	319		448	351	
AV	264	218	0.83	275	229	0.83	381	309	0.81	408	335	0.82
Min	256	205		256	219		362	294		383	321	
SD	5.6	7.1		9.3	7.1		19.7	6.4		19.8	9.8	
CV	2.1%	3.3%		3.4%	3.1%		5.2%	2.1%		4.9%	2.9%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

表6 接着耐久性に関する見かけの曲げ剛性の残存率(カラマツLVL×PB, 減加圧処理)

特性値	見かけの曲げ剛性 EI_{app} (kN·m ²)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	272	251		289	246		412	325		448	351	
AV	264	231	0.88	275	237	0.86	381	312	0.82	408	340	0.84
Min	256	211		256	218		362	297		383	326	
SD	5.6	12.5		9.3	9.0		19.7	9.0		19.8	7.2	
CV	2.1%	5.4%		3.4%	3.8%		5.2%	2.9%		4.9%	2.1%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

※Max:最大値, AV:平均値, Min:最小値, SD:標準偏差, CV:変動係数(%), n :試験体数, M_a :常態のマッチング試験体, T_r :処理された本試験体, Ratio: M_a の平均値と T_r の平均値の比(T_r/M_a)。

表7 接着耐久性に関する見かけの曲げ剛性の残存率(カラマツLVL×カラマツ合板, 煮沸処理)

特性値	見かけの曲げ剛性 EI_{app} (kN·m ²)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	216	172		220	168		281	225		323	240	
AV	210	159	0.76	208	159	0.77	263	205	0.78	300	225	0.75
Min	200	143		196	143		248	195		268	207	
SD	5.0	10.1		6.6	7.6		10.0	9.1		16.6	11.6	
CV	2.4%	6.3%		3.2%	4.8%		3.8%	4.4%		5.5%	5.1%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

表8 接着耐久性に関する見かけの曲げ剛性の残存率(カラマツLVL×カラマツ合板, 減加圧処理)

特性値	見かけの曲げ剛性 EI_{app} (kN·m ²)											
梁せい	235			241			286			302		
試験体	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio	M_a	T_r	Ratio
Max	216	169		220	162		281	209		323	232	
AV	210	161	0.77	208	155	0.75	263	198	0.75	300	218	0.73
Min	200	155		196	146		248	185		268	207	
SD	5.0	5.1		6.6	6.1		10.0	9.0		16.6	9.2	
CV	2.4%	3.1%		3.2%	3.9%		3.8%	4.5%		5.5%	4.2%	
n	10	10		10	10		10	10		10	10	

3. 2. 10 力学的性能まとめ

曲げ・せん断・めり込みの各性能値、含水率基準値、含水率調整係数、調整係数（荷重継続時間、クリープ、事故的水掛り）、接着耐久性の各項目の性能を明らかにした。現在継続中のデータが得られ次第、37条大臣認定を申請する予定である。