

### 3. ツーバイフォー部材強度試験

それぞれの試験は、「2007年 枠組壁工法建築物構造計算指針」に定められる試験方法に沿って行った。

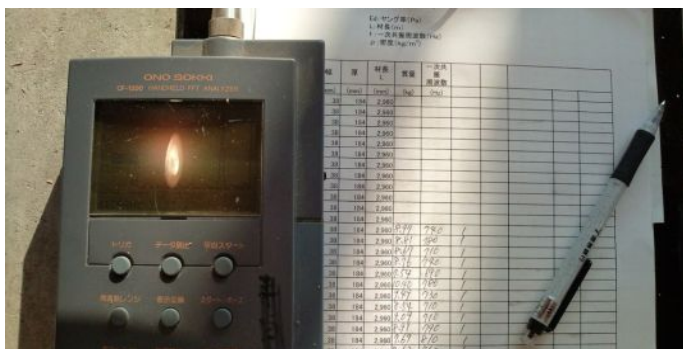
#### 3.1 試験体数

それぞれの試験に使用した試験体数は下記の通りである。

断面	動ヤング	曲げ	引張り	圧縮	めり込み	せん断	
2X4	30	30	30	30	60	64	合計
2X6	30	30	30	30			
2X8	30	30	30	30			
2X10	30	30	30	30			
2X12	30	30	0	30			
合計	150	150	120	150	60	64	544

#### 3.2.1 動ヤング係数測定

幅、厚さをキャリパーで、質量を台秤で、長さをコンベックスで、基本振動周波数を小野測器製ポータブルサウンドアナライザーで測定し、縦振動法による動的ヤング係数を求めた。



動ヤング係数測定結果

断面	項目	検体 No.	tonf/cm2	N/mm2
2X4	トップ 5	26	101.56	9.95
		3	93.28	9.14
		8	90.16	8.84
		5	87.12	8.54
		30	87.05	8.53
	ボトム 5	26	39.14	3.84
		14	39.40	3.86
		16	40.92	4.01
		13	45.95	4.50
		6	48.03	4.71
	平均値		6.11	

断面	項目	検体 No.	tonf/cm2	N/mm2
2X6	トップ 5	6	90.91	8.91
		25	88.06	8.63
		29	81.36	7.97
		20	80.25	7.86
		9	78.82	7.72
	ボトム 5	30	43.67	4.28
		12	46.92	4.60
		23	48.37	4.74
		16	48.80	4.78
		15	50.32	4.93
	平均値		6.31	

断面	項目	検体 No.	tonf/cm2	N/mm2
2X8	トップ 5	27	140.86	13.80
		29	112.67	11.04
		7	74.09	7.26
		18	74.24	7.28
		28	75.71	7.42
	ボトム 5	10	56.16	5.50
		17	59.30	5.81
		20	74.09	7.26
		25	74.24	7.28
		15	75.71	7.42
	平均値		8.61	

断面	項目	検体 No.	tonf/cm2	N/mm2
2X10	トップ 5	23	98.32	9.64
		25	87.79	8.60
		5	86.02	8.43
		7	85.19	8.35
		21	84.68	8.30
	ボトム 5	24	43.71	4.28
		9	45.55	4.46
		19	48.19	4.72
		8	48.73	4.78
		4	51.45	5.04
	平均値		6.60	

断面	項目	検体 No.	tonf/cm2	N/mm2
2X12	トップ 5	26	99.83	9.78
		22	97.25	9.53
		11	95.44	9.35
		4	89.37	8.76
		17	80.41	7.88
	ボトム 5	29	32.54	3.19
		7	53.36	5.23
		25	55.13	5.40
		3	56.03	5.49
		15	58.48	5.73
	平均値		6.83	

「枠組壁工法構造計算指針」による、SPF 材の基準値が 9.60N/mm<sup>2</sup> であるので、それに比べると 30%位低い値になった。

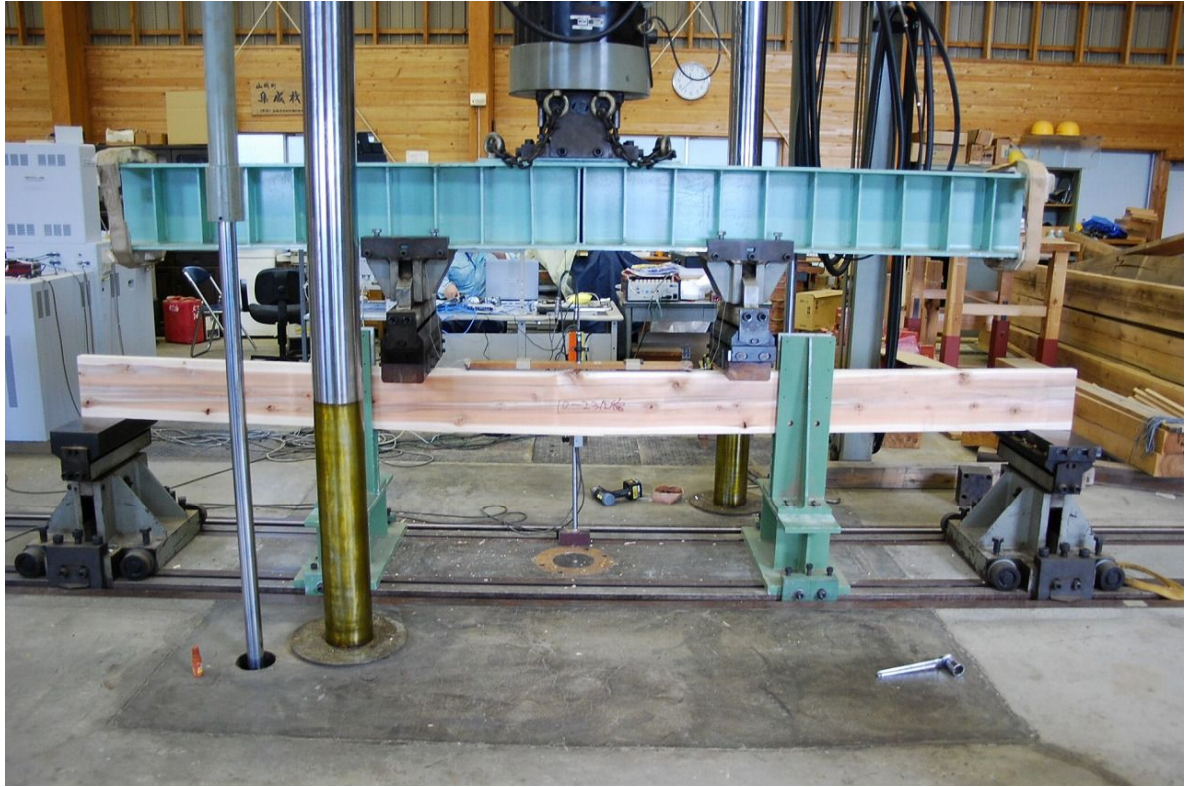
### 3.2.2 曲げ試験

曲げ試験時のスパンは下の表の通りである。クロスヘッド速度は、10~20mm/分で、試験時間3分を目標にした。曲げ強度、全スパンの曲げヤング係数、モーメント一定区間の曲げヤング係数を求めた。

		b	h	L1	L2	L3	余長	材長	L1/h	試験体数	ヨーク長
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			(mm)
1	2X4	38	89	450	450	450	200	1,550	5	30	200
2	2X6	38	140	700	700	700	200	2,300	5	30	400
3	2X8	38	184	920	920	920	200	2,960	5	30	600
4	2X10	38	235	1,200	1,200	1,200	200	3,800	5	30	800
5	2X12	38	286	1,450	1,000	1,450	200	4,100	5	30	600
合計										150	

L1, L3 : せん断スパン

L2 : 荷重点間距離



曲げ試験状況



曲げ試験後

曲げ試験結果

2X4	見かけ MOR	MOE (全スパン)	MOE (ヨーク長)	補正 MOR	含水率計 含水率
	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(%)
試験体数	30	30	30	30	30
最小	17.6	3.41	3.35	15.6	9.0
平均	35.3	5.21	6.07	34.1	11.9
最大	58.5	8.39	10.61	53.6	15.0
標準偏差	10.2	1.34	1.92	9.6	1.9
変動係数	29.0%	25.6%	31.7%	28.2%	16.0%
危険率 5%下限値	18.4			18.3	

2X6	見かけ MOR	MOE (全スパン)	MOE (ヨーク長)	補正 MOR	含水率計 含水率
	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(%)
試験体数	30	30	30	30	30
最小	22.7	4.80	5.33	17.9	8.0
平均	38.0	6.67	7.46	37.3	12.1
最大	52.7	10.20	10.98	52.6	15.5
標準偏差	8.3	1.32	1.50	8.3	1.6
変動係数	21.9%	19.7%	20.1%	22.3%	13.3%
危険率 5%下限値	24.3			23.6	

2X8	見かけ MOR	MOE (全スパン)	MOE (ヨーク長)	補正 MOR	含水率計 含水率
	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(%)
試験体数	30	30	30	30	30
最小	23.5	6.11	6.04	23.5	9.0
平均	43.9	8.87	10.15	42.6	13.1
最大	60.8	12.61	13.85	60.8	17.5
標準偏差	9.4	1.38	1.66	10.0	2.0
変動係数	21.4%	15.6%	16.4%	23.6%	15.3%
危険率 5%下限値	28.4			26.1	

2X10	見かけ MOR	MOE (全スパン)	MOE (ヨーク長)	補正 MOR	含水率計 含水率
	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(%)
試験体数	30	30	30	30	30
最小	17.6	4.35	4.75	17.6	8.0
平均	33.6	6.62	7.66	33.2	11.4
最大	43.8	10.09	11.98	43.8	14.5
標準偏差	6.9	1.21	1.56	7.1	1.9
変動係数	20.4%	18.2%	20.3%	21.3%	16.4%
危険率 5%下限値	22.3			21.6	

2X12	見かけ MOR	MOE (全スパン)	MOE (ヨーク長)	補正 MOR	含水率計 含水率
	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(%)
試験体数	30	30	30	30	30
最小	16.6	4.87	5.99	16.6	9.5
平均	33.4	6.81	8.56	33.4	11.8
最大	45.4	11.30	12.04	45.4	22.5
標準偏差	6.8	1.38	1.66	6.8	2.6
変動係数	20.4%	20.3%	19.4%	20.4%	22.1%
危険率 5%下限値	22.2			22.2	

「枠組壁工法構造計算指針」による、SPF材の基準値が21.6N/mm<sup>2</sup>であるので、杉試験体の数値は、ほぼ同等以上になった。2X4材の値が低く出たのは、木取り上、材芯部に近いと言うことが原因ではないかと思われる。また、2X8材の値が高く出たのは、単に丸太自体の品質や目あいによるものと思われる。

### 3.2.3 引張り試験

引張り試験機において、チャック間1800mmにおいて、試験時間1分以上で引張り試験を行い、引張り強度を求めた。



引張り試験状況



引張り試験後

引張り試験結果

2X4	引張り強度
	N/mm2
最小	15.51
平均	24.05
最大	39.71
標準偏差	6.00
変動係数	24.9%
危険率 5%下限値	14.18

2X6	引張り強度
	N/mm2
最小	16.23
平均	27.53
最大	40.78
標準偏差	6.75
変動係数	24.5%
危険率 5%下限値	16.42

2X8	引張り強度
	N/mm2
最小	16.23
平均	27.53
最大	40.78
標準偏差	6.75
変動係数	24.5%
危険率 5%下限値	16.42

2X10	引張り強度
	N/mm2
最小	13.45
平均	21.81
最大	35.82
標準偏差	5.42
変動係数	24.8%
危険率 5%下限値	12.90

\* SPF 11.4 N/mm2 (JAS 甲種 2級)

3.3.4 圧縮試験

2X4 から 2X10 材それぞれの長さを 200mm、300mm、400mm、500mm、600mm とし、  
圧縮試験機において、最大荷重まで 1 分以上で載荷し、圧縮強度を求めた。

試験結果

2X4	圧縮強度
	N/mm2
最小	25.24
平均	30.10
最大	37.87
標準偏差	4.40
変動係数	14.6%
危険度 5%下限値	22.87

2X6	圧縮強度
	N/mm2
最小	23.53
平均	27.57
最大	31.26
標準偏差	2.18
変動係数	7.9%
危険度 5%下限値	23.98



2X8	圧縮強度
	N/mm <sup>2</sup>
最小	24.15
平均	32.59
最大	45.02
標準偏差	5.30
変動係数	16.2%
危険度 5%下限値	23.88

2X10	圧縮強度
	N/mm <sup>2</sup>
最小	18.25
平均	24.27
最大	32.36
標準偏差	4.44
変動係数	18.3%
危険度 5%下限値	16.96

2X12	圧縮強度
	N/mm <sup>2</sup>
最小	23.81
平均	26.79
最大	30.61
標準偏差	1.45
変動係数	5.4%
危険度 5%下限値	24.40

\* SPF 17.4 N/mm<sup>2</sup>  
(JAS 甲種 2 級)

### 3.2.4 むり込み試験

38mmX38mmX長さ 114mm の試験体を 60 体作成し、板目面荷重 30 体、柃目面荷重 30 体で材料試験機で試験を行った。試験体の収縮量が加力方向の辺長の 5%に達したときの荷重をむり込み荷重とした。また、比例限度を求めた。加力面積は 38mmX38mm とした。



むり込み試験状況

めり込み試験結果

板目	めり込み 強さ	比例限 応力
	(N/mm2)	(N/mm2)
試験体数	30	30
最小	3.59	2.05
平均	5.44	3.44
最大	8.21	5.24
標準偏差	1.17	0.86
変動係数	21.6%	25.1%
危険率 5%下限値	3.5	2.0

柱目	めり込み 強さ	比例限 応力
	(N/mm2)	(N/mm2)
試験体数	30	30
最小	3.66	2.24
平均	5.49	3.69
最大	8.54	6.35
標準偏差	1.41	1.00
変動係数	25.7%	27.2%
危険率 5%下限値	3.2	2.0

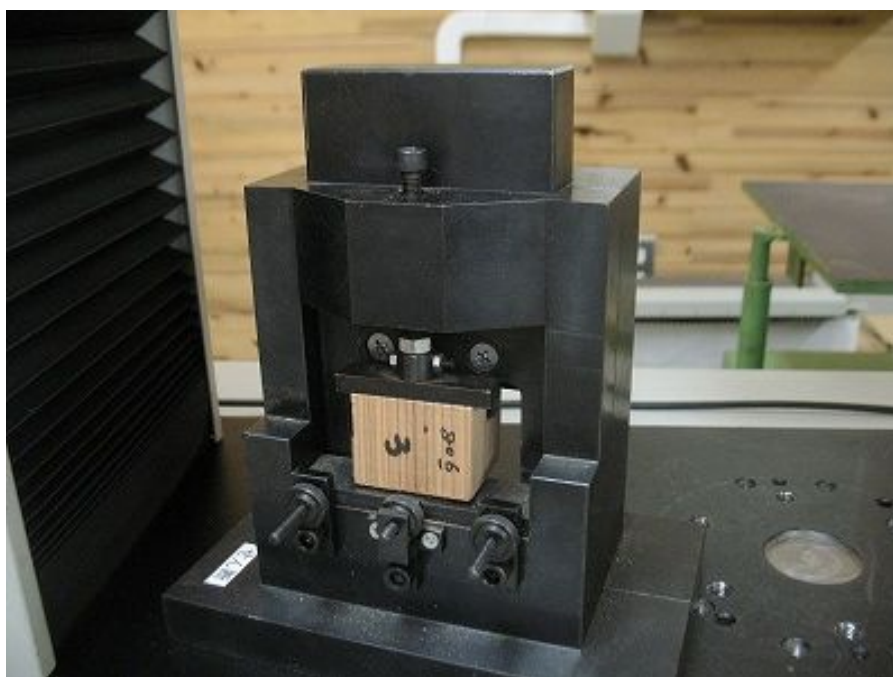
3.2.5 せん断試験

せん断面 20mmX38mm のイス型試験体を、せん断面が板目面となるもの 32 体、柱目面となるもの 32 体を試験に供した。

材料試験機で、試験時間が 1 分以上となるように加力し、最大荷重からせん断強度を求めた。なお、せん断強度は、最大荷重÷断面積 X (1/2) とした。



せん断試験体



せん断試験状況

せん断試験結果

板目	せん断強度
	N/mm2
最小	2.79
平均	5.21
最大	7.22
標準偏差	1.11
変動係数	21.2%
危険率 5%下限値	3.39

柱目	せん断強度
	N/mm2
最小	4.27
平均	6.38
最大	9.09
標準偏差	1.18
変動係数	18.4%
危険率 5%下限値	4.45

\* SPF 1.8 N/mm2 (JAS 甲種 2 級)

3.3 試験の成果と商品化に向けての課題

強度に関しては全体的にバラつきがかなりあったが、概ね SPF 材の基準強度を満たしていた。しかし、目視による選別では限界を感じるほど、予想しにくいものがあった。製品に関しては、そりや曲がりなどが予想以上に少なく、乾燥もうまくいき、手ごたえを感じる部分もかなりあった。商品化に向けての課題は、MSR システムの導入が不可欠であると感じた。コスト面においても課題があり、製材の合理化や乾燥の簡素化など、こちらでできる事は改善する余地があるが、それ以上に山手側の改革を進めなければ、コスト面で外国産材に対抗する事は不可能である。