

木質プレハブ住宅用パネルの強度的性質 (2)

—圧縮性能について—

丸山 武 伊藤勝彦
宮野 博

1. まえがき

前報¹⁾においては曲げ剛性及びせん断性能について報告したが、今回は前報の場合と同種の壁パネルについて行なった圧縮性能試験の結果について報告する。

2. 試験体

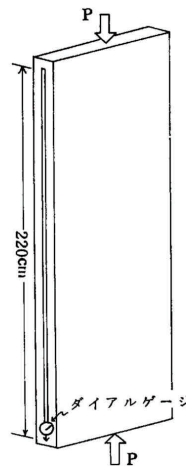
圧縮試験に供したパネルは幅91cm、高さ242.5cmで、外壁用パネル(尿素樹脂使用、冷圧縮)として8種27体、内壁用パネル(釘打ち)として4種12体で、それらの内訳は前報とまったく同じであり、骨組材、

第1表 外壁パネルの種類

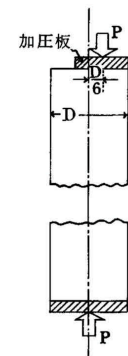
試験体番号	型式	栈木の構成および断面寸法 (mm)
SAI-1~3	A I	
CAI-1~3		
SBI-1~3	B I	
CBI-1~3		
SDI-1~6	D I	
CDI-1~6		
SDII-1~3	D II	
CDII-1~3		
SEI-1~3	E I	
CEI-1~3		
SD'I-1~3	D' I (4)	
CD'I-1~3		
SD'I-4~6	D' I (7)	
CD'I-4~6		
SD'I-7~9	D' I (9)	
CD'I-7~9		

第2表 内壁パネルの種類

試験体番号	型式	栈木の構成および断面寸法 (mm)
CP-1~3	P	
CQ-1~3	Q	
CR-1~3	R	
CS-1~3	S	



第1図 圧縮試験の方法



第2図 荷重側面図(外壁パネル)

表面材、接合方法等についても同様であるが、前報の第1表で栈木型式の図に入れ違いがあつたので(本誌1971年12月号で訂正)ここで改めてパネルの種類の内

訳を第1表及び第2表に示す。

た試験機は東京衡機製作所製油圧式堅型材料試験機(能力 20t, 100t)である。

3. 試験の方法

圧縮試験方法の概略を第1図に示す。外壁パネルの場合の負荷方法は第2図に示すようにASTM (E72-61)に準拠して一端を全面圧縮とし、他端をパネルの全厚の1/6だけ偏心したところに荷重の中心がくるようにした。片面張りパネル(D型)の場合には合板側に偏心させた。内壁パネルについては、偏心させずに両端全面圧縮とした。変形の測定は第1図に示すように、両側の縦框材の中央220cm区間の圧縮による縮みを1/100mm精度のダイヤルゲージで読み取り、破壊に至るまで負荷してその状態を観察した。使用し

4. 試験結果と考察

4.1 初期剛性

圧縮荷重とパネル側面の框材の圧縮歪みとの関係を試験体ごとにグラフ化した。ここでは紙数の都合上、掲載を省略する。それらの荷重-歪み曲線での比例限界は不明瞭で求められないものが多かったので、各試験体ごとの0.05%歪みに対応する荷重 $P_{0.05}$ と、0.1%歪みに対応する荷重 $P_{0.1}$ を、それぞれのパネルの有効断面に関する見掛けのヤング係数を用いて計算した圧縮荷重とで比較したものを第3~4表に示し

第3表 外壁パネルの圧縮剛性試験結果

試験体 No.	EA(10 ⁸ kg)	$\epsilon=0.05\%$ 時の荷重 $P_{0.05}$ (10 ⁸ kg)			$\epsilon=0.1\%$ 時の荷重 $P_{0.1}$ (10 ⁸ kg)			
		計算値	実測値	計/実	計算値	実測値	計/実	
CA I	1	13.34	6.67	7.70	0.87	13.34	—	—
	2	11.23	5.62	6.30	0.89	11.23	—	—
	3	10.14	5.07	—	—	10.14	—	—
(平均)	(11.57)			(0.88)			(—)	
CB I	1	13.02	6.51	7.74	0.88	13.02	11.94	1.09
	2	11.19	5.60	6.92	0.81	11.19	—	—
	3	10.10	5.05	6.21	0.81	10.10	10.46	0.97
(平均)	(11.44)			(0.83)			(1.03)	
CD I	1	13.18	6.59	8.00	0.82	13.18	13.11	1.01
	2	11.14	5.57	7.03	0.79	11.14	9.89	1.13
	3	9.96	4.98	5.56	0.90	9.96	9.82	1.01
	4	11.98	5.99	7.10	0.84	11.98	11.66	1.03
	5	10.91	5.46	5.82	0.94	10.91	9.83	1.11
	6	9.79	4.90	6.15	0.80	9.79	10.01	0.98
(平均)	(11.16)			(0.85)			(1.05)	
CD II	1	15.99	8.00	8.35	0.96	15.99	14.33	1.16
	2	14.11	7.06	8.25	0.86	14.11	13.51	1.04
	3	11.90	5.95	7.28	0.82	11.90	12.50	0.95
(平均)	(14.00)			(0.88)			(1.05)	
CE III	1	11.39	5.70	5.82	0.98	11.39	—	—
	2	9.48	4.74	4.31	1.10	9.48	6.93	1.37
	3	8.69	4.35	4.94	0.88	8.69	—	—
(平均)	(9.85)			(0.99)			(1.37)	
CD' I	1	10.47	5.24	6.50	0.81	10.47	—	—
	2	9.25	4.63	6.50	0.71	9.25	10.29	0.90
	3	7.70	3.85	6.81	0.57	7.70	—	—
(平均)	(9.14)			(0.70)			(0.90)	
CD' II	4	12.86	6.43	7.36	0.87	12.86	12.73	1.01
	5	11.27	5.64	6.35	0.89	11.27	11.80	0.96
	6	9.94	4.97	6.36	0.78	9.94	11.45	0.87
(平均)	(11.36)			(0.85)			(0.95)	
CD' III	7	15.20	7.60	14.50	0.52	15.20	—	—
	8	13.62	6.81	10.91	0.62	13.62	18.68	0.73
	9	12.35	6.18	—	—	12.35	—	—
(平均)	(13.72)			(0.57)			(0.73)	

木質プレハブ住宅用パネルの強度的性質(2)

第4表 内壁パネルの圧縮剛性試験結果

試験体 No.	EA(10 ⁶ kg)	ε=0.05%時の荷重 P _{0.05} (10 ⁶ kg)			ε=0.1%時の荷重 P _{0.1} (10 ⁶ kg)		
		計算値	実測値	計/実	計算値	実測値	計/実
CP 1	10.94	5.47	6.04	0.91	10.94	10.33	1.06
2	9.59	4.80	5.43	0.88	9.59	—	—
3	8.96	4.48	5.43	0.83	8.96	—	—
(平均)	(9.83)			(0.87)			(1.06)
CQ 1	10.95	5.48	5.04	1.09	10.95	10.04	1.09
2	10.28	5.14	5.41	0.95	10.28	9.73	1.06
3	9.59	4.80	4.47	1.07	9.59	9.02	1.06
(平均)	(10.27)			(1.02)			(1.07)
CR 1	8.91	4.46	4.76	0.94	8.91	8.25	1.08
2	8.41	4.21	4.57	0.92	8.41	8.00	1.05
3	7.56	3.78	4.10	0.92	7.56	—	—
(平均)	(8.29)			(0.93)			(1.07)
CS 1	9.12	4.56	4.59	0.99	9.12	8.28	1.10
2	8.81	4.41	4.96	0.89	8.81	8.57	1.03
3	8.54	4.27	4.54	0.94	8.54	8.06	1.06
(平均)	(8.82)			(0.94)			(1.06)

た。圧縮荷重Pの計算には次式，

$$P = EA$$

を用い、外壁パネルの場合、 $EA = E_f A_f + E_p A_p$

内壁パネルの場合、 $EA = E_f A_f + E_p A_p + E_b A_b$ を代

入した。ここで E_f = 縦材のヤング係数、 A_f = 縦材材の断面積の総和、 E_p = 合板の構成単板の繊維方向でのヤング係数、 A_p = 繊維方向単板の断面積の総和、

E_b = 石膏ボードのヤング係数、 A_b = 石膏ボードの断面積である。これらの計算では横材及び繊維方向に直交する単板は無視しており、各ヤング係数は前報で述べた数値を使用した。この式から明らかなように、パネルの有効断面に関するEAの値が大きいほど同じ歪み量に対する圧縮荷重は大きいことになる。

これらの計算値と実測値との比を見ると、外壁パネルの両面張りでは各型式の平均値で E 型を除くと

$\epsilon = 0.05\%$ の時 $0.83 \sim 0.88$ で、計算値より実測値の方が大きく、 $\epsilon = 0.1\%$ の時にほぼ等しい。E 型は $\epsilon = 0.05\%$ の時に既に計算値に等しく、 $\epsilon = 0.1\%$ の時は実測値は計算値を下回っている。片面張りでは $\epsilon = 0.05\%$ 時の比が両面張りよりも低目で、 $\epsilon = 0.1\%$ でほぼ計算値に近づくが、9mm合板ではかなり下回っている。次に内壁パネルを見ると、 $\epsilon = 0.05\%$ の時に計算値より実測値の方がわずかに大きい、ほぼ計算値と実測値は適合しているものと見ることができる。

いずれにしても、これらのパネルは初期剛性においては骨組材と表面材とが一体となった挙動を示し、パネルを構成する個々の部材のヤング係数を予め測定しておくことによって、パネルの初期圧縮剛性を予測することが可能であると思われる。

4.2 最大圧縮強度

圧縮破壊試験の結果を曲げ剛性試験結果と併せて、第5表及び第6表に示す。最大荷重の計算値 P_{cr} は、この最大荷重を長柱の座屈荷重とみなし、よく知られた両端ピンとしてのオイラーの式

$$P_{cr} = 2E / 1k^2$$

を用い、EIに曲げ剛性の実測値を代入し、座屈長さの1kにパネル高さを代入して求めたものである。最大荷重 P_{max} について各型式で比較すると、A 型、B 型、D 型とも同様な 13t前後の値で、横材の影響は無いと見ることができよう。D 型は D 型の20%増で、横材断面寸法の増加の効果が現われている。E 型ではD 型の60%程度の値にしか達していない。片面パネルでは P_{max} が合板厚さにはっきり影響されているようである。すなわち4mmで9.6tであるものが7mmになると17.1t、9mmで20.7tと、合板厚さに比例する傾向にある。内壁パネルは6.5~13.1tの範囲にあり、中材が1本よりも断面が小さくても2本入っている方が P_{max} は大きくなる傾向が見られる。

木質プレハブ住宅用パネルの強度的性質(2)

第5表 外壁パネルの圧縮破壊試験結果

試験体 No.	曲げ剛性EI(10 ⁸ kg・cm ²)			最大荷重 (10 ³ kg)			P0.05(実)	P0.1(実)
	計算値	実測値	実/計	Pmax	Pcr	Pmax/Pcr	Pmax	Pmax
CA I 1	158.8	116.1	0.73	14.3	19.5	0.73	0.54	—
2	137.7	107.8	0.78	12.4	18.1	0.69	0.51	—
3	125.2	106.5	0.85	13.3	17.9	0.74	—	—
(平均)			(0.79)	(13.3)		(0.72)	(0.53)	(—)
CB I 1	155.7	116.7	0.75	12.9	19.6	0.66	0.58	0.93
2	136.4	109.6	0.80	12.5	18.4	0.68	0.55	—
3	125.7	108.5	0.86	12.6	18.2	0.69	0.49	0.83
(平均)			(0.80)	(12.7)		(0.68)	(0.54)	(0.88)
CD I 1	160.8	115.4	0.72	16.0	19.4	0.82	0.50	0.82
2	137.1	105.4	0.77	12.0	17.7	0.68	0.59	0.82
3	123.8	103.0	0.83	15.0	17.3	0.87	0.37	0.65
4	147.4	111.5	0.76	13.5	18.7	0.72	0.53	0.86
5	134.2	106.9	0.80	12.8	17.9	0.72	0.45	0.77
6	121.4	101.9	0.84	12.4	17.1	0.73	0.50	0.81
(平均)			(0.79)	(13.6)		(0.76)	(0.49)	(0.79)
CD I 1	176.1	133.6	0.76	18.3	22.4	0.82	0.46	0.78
2	157.1	126.6	0.80	17.3	21.2	0.82	0.48	0.78
3	136.4	117.1	0.86	14.5	19.6	0.74	0.50	0.86
(平均)			(0.81)	(16.7)		(0.79)	(0.48)	(0.81)
CE I 1	128.0	66.2	0.52	9.2	11.1	0.83	0.63	—
2	116.6	65.6	0.56	9.0	11.0	0.82	0.48	0.77
3	105.6	63.3	0.60	7.5	10.6	0.71	0.66	—
(平均)			(0.56)	(8.6)		(0.78)	(0.59)	(0.77)
CD' I 1	100.4	75.6	0.75	9.2	12.7	0.72	0.71	—
2	89.9	67.8	0.75	10.8	11.4	0.95	0.60	0.95
3	76.7	59.3	0.77	8.7	9.9	0.88	0.78	—
(平均)			(0.76)	(9.6)		(0.85)	(0.70)	(0.95)
CD' I 4	133.6	97.5	0.73	18.2	16.4	1.11	0.40	0.70
5	118.4	90.2	0.76	15.5	15.1	1.03	0.41	0.76
6	103.7	86.1	0.83	17.5	14.4	1.22	0.36	0.65
(平均)			(0.77)	(17.1)		(1.12)	(0.39)	(0.70)
CD I 7	164.9	116.4	0.71	21.2	19.5	1.09	0.68	—
8	146.7	109.9	0.75	20.1	18.4	1.09	0.54	0.93
9	131.0	92.8	0.71	—	15.6	—	—	—
(平均)			(0.72)	(20.7)		(1.09)	(0.61)	(0.93)

(注) Pmax=最大圧縮荷重の実測値
Pcr=オイラー式による計算座屈荷重

この実測最大荷重 Pmaxと前述の計算座屈荷重 Pcr との比は両面張り外壁パネルで0.66~0.87と、計算値より低い値となり、片面張りでは4mm合板で平均0.85、7mm合板、9mm合板では逆に10%程度実測値の方が高めであった。これら4mm合板を使用した外壁パネルの破壊形態は、先ず表面合板が局部的座屈を起し、それが進行して合板の枠材から剥離して破壊に至った。4mmラワン合板と枠材との接着状態は本部破断率が極めて低かったことからあまり良好とはいえず、このように計算座屈荷重に至る前に破壊を起したものと考えられる。7mmカラマツ合板、9mm

ラワン合板の場合は本部破断の状態から接着は良好であったと判断されるので、このように計算値に近く、しかも安全側の値を示したものと考えられる。これらの場合、すべて偏心の影響は考慮していない。

次に、内壁パネルの場合の Pmaxと Pcr との比を見ると、全平均でおよそ2倍で、安全側とはいえかなり計算座屈荷重を上回る結果となった。その原因としては、計算が両端ピンと仮定したのに、実験は上下の油圧シリンダーに型ビームを取り付けてその間にパネルを挟み加圧したもので、必ずしもピン条件ではなく、かなりの拘束が加わってこのようにピン条件と固

第6表 内壁パネルの圧縮破壊試験結果

試験体 No.	曲げ剛性EI(10 ⁸ kg・cm ²)			最大荷重(10 ⁸ kg)			P _{0.05} (実) Pmax	P _{0.1} (実) Pmax
	計算値	実測値	実/計	Pmax	Pcr	Pmax/Pcr		
C P 1	60.1	29.1	0.48	10.78	4.88	2.21	0.56	0.96
	56.8	27.6	0.49	8.42	4.63	1.82	0.64	--
	55.2	24.6	0.45	7.94	4.12	1.93	0.68	--
	(平均)		(0.47)	(9.05)		(1.99)	(0.63)	(0.96)
C Q 1	60.2	36.1	0.60	13.10	6.05	2.17	0.38	0.77
	58.9	35.0	0.59	10.54	5.87	1.80	0.51	0.92
	57.1	32.8	0.57	11.52	5.50	2.09	0.39	0.78
	(平均)		(0.59)	(11.72)		(2.02)	(0.43)	(0.82)
C R 1	54.3	24.4	0.45	8.88	4.09	2.17	0.54	0.93
	53.1	22.7	0.43	8.17	3.81	2.14	0.56	0.98
	50.9	20.4	0.40	6.46	3.42	1.89	0.63	--
	(平均)		(0.43)	(7.84)		(2.07)	(0.58)	(0.96)
C S 1	54.6	27.1	0.50	9.26	4.54	2.04	0.50	0.89
	54.2	27.2	0.50	9.16	4.56	2.01	0.54	0.94
	53.6	25.2	0.47	9.48	4.23	2.24	0.48	0.85
	(平均)		(0.49)	(9.30)		(2.10)	(0.51)	(0.89)

(注) Pmax=最大圧縮荷重の実測値
Pcr=オイラー式による計算座屈荷重

定条件のちょうど中間的な実測値を示したものと考えられる。外壁パネルの場合も同様な加圧方法であったが、偏心が端部の拘束を少なくしたのでピンに近い条件になったものと思われる。これら内壁パネルの破壊形態は、片面に張ってある石膏ボードの座屈による扱が、パネル高さのほぼ中央の幅方向に入り、パネル全体が合板側を凸部にして彎曲し破壊に至った。

いずれにしても、最大荷重は曲げ剛性の実測値に比例しており、端部の支持条件さえ吟味すればオイラー式に曲げ剛性の実測値を代入することにより最大荷重(座屈荷重)を推定し得るものと思われる²⁾。

パネルの圧縮に関する粘り強さを比較する意味で、PmaxとP_{0.05}及びPmaxとP_{0.1}との比をそれぞれ第5~6表に付け加えた。両面張り外壁パネルのP_{0.05}/Pmaxの各平均値が0.48~0.59とあまり差はなく、片面張りでは表面合板の違いによる差が見られ、接着性能が粘りにも影響しているようである。内壁パネルでは各型式の平均値で0.43~0.63であり、外壁パネルの両面張りと同様な数値を示した。P_{0.1}/Pmaxの値は外壁内壁両パネルを通じて0.70~0.96の範囲に含まれており、荷重がP_{0.1}を過ぎて以後、急速に座屈が進行して破壊に至っていることがうかがえる。

5. むすび

以上、木質パネルの圧縮性能試験結果について述べてきたが、それらを要約すると次のようになる。

1) パネルの有効断面に関して計算した初期圧縮剛性は実測値とよく一致し、接合方法による差は認められなかった。従って、パネルを構成する各部材のヤング係数を実測することにより、組み立てられたパネルの初期剛性を予測することが可能であろう。

2) 偏心荷重とした接着外壁パネルの最大荷重は接着状態の良否に左右され、接着不良のパネルでは両端部ピンと仮定したオイラー式に実測曲げ剛性を代入した座屈荷重を下回る値を示し、接着良好なパネルはそれを上回る値を示した。全面圧縮とした釘打ち内壁パネルの最大荷重は、ピンと固定の中間的な端部条件としての値を示した。

おわりに、この試験を行なうに当たりご協力いただいた北海道立寒地建築研究所林勝朗氏に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 丸山 武, 伊藤 勝彦, 宮野 博: 北林産試月報または木材の研究と普及, 1971年10月号(1971)
- 2) 山井 良三郎: 材料, 20, 218(1971)

—木材部 強度科—

(原稿受理 47.4.1)