

スチールハウスボルト接合部せん断試験  
KC型スチールハウスの諸性能に関する研究 その14

スチールハウス ボルト 接合部 一面せん断試験  
支圧耐力

正会員○加藤 征宏\*<sup>1</sup> 同 井戸田秀樹\*<sup>2</sup>  
同 中川 郷司\*<sup>3</sup> 同 唐津 敏一\*<sup>4</sup>  
同 清水 秀夫\*<sup>5</sup>

1. まえがき

ねじ本数の低減と、施工時間の短縮を目的とし、ドリリングタッピングねじの代わりにトラス、柱脚、その他躯体でねじの数が集中する接合部にボルト接合を用いる方法が考えられる。本報では、スチールハウスに使用される表面処理薄鋼板のボルト接合部耐力のうち、薄鋼板の支圧耐力を明らかにするため、鋼材、板厚、ボルト径をパラメータにしたせん断試験を行ったので報告する。

2. 試験概要

スチールハウス用表面処理形鋼 ZSB400(1-92 × 40 × 0.8~1.6)同志およびその形鋼とスチールハウス接合金物用鋼材 SGHC(t=1.6~4.5)とのボルト接合部に、一面せん断試験を行い、荷重-変形関係、最大耐力、破壊状況を調べた。ボルトは強度区分 4.6、表面処理ユニクロの全ねじ六角ボルト(M8~16)で、接合部組立てに際しボルト締付けトルクを標準締付けトルクの70%に設定した。試験体は各ケース1体としたが、接合部耐力のばらつきを確認するために、一部のケースについて2体とした。試験体形状を図1、各試験体の明細を表1に示す。

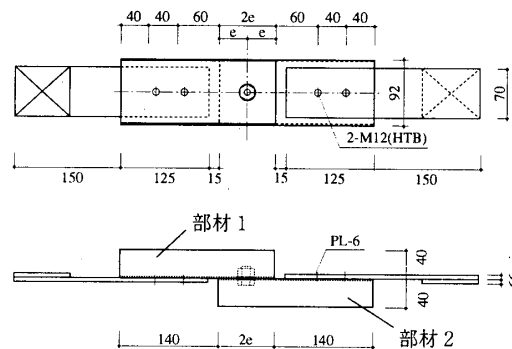
荷重は1000KN 万能試験機を使用した。接合部ずれ量測定はボルト接合部を中心にした100mmを標点間距離とした。ただし、部材2にSGHCを使用した試験体は110mmとした。また、使用した形鋼 ZSB400の5号試験片による引張試験結果を表2に示す。

3. 試験結果と考察

せん断試験結果を表3に示す。最大荷重は薄い方の板厚の支圧耐力で決まるが、その値は薄い方および厚い方の板厚の影響を受け変動した。また同一ケースでも支圧破壊の破断線の形状によって最大耐力、最大荷重時変形が変化した。またボルト径によっても最大支圧耐力は影響を受けた。破壊パターンは、材の支圧破壊による端抜け破断、ボルトの傾斜引抜け、ボルト耐力で決まるボルト破断の3パターンであった。

座金の有無による最大耐力の違いは、無い場合69~76%に低下し、AISI 規準の規定値74%に近い値となった(図2参照)。

(NO.1 ~ 18, 22 ~ 33)



(NO.19 ~ 21)

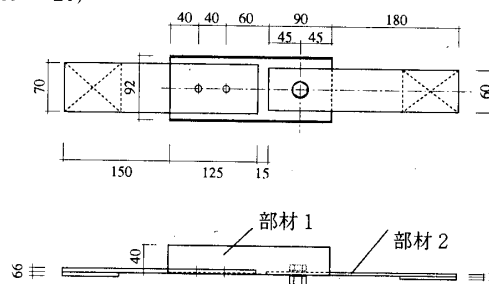


図1 試験体形状

表1 せん断試験体

NO.	試験体記号	ボルト径d	部材1鋼種 t1(mm)	部材2鋼種 t2(mm)	端明き e(mm)	ボルト孔径 φ(mm)	座金
1	M12-Z08Z08	M12	ZSB 0.8	ZSB 0.8	45	13(d+1)	丸座金 (D24,2.3t)
2	M12-Z08Z12	M12	ZSB 0.8	ZSB 1.2	45	13	〃
3	M12-Z08Z16	M12	ZSB 0.8	ZSB 1.6	45	13	〃
4	M12-Z12Z12	M12	ZSB 1.2	ZSB 1.2	45	13	〃
5	M12-Z12Z16	M12	ZSB 1.2	ZSB 1.6	45	13	〃
6	M12-Z16Z16	M12	ZSB 1.6	ZSB 1.6	45	13	〃
7	M8-Z08Z12	M8	ZSB 0.8	ZSB 1.2	45	9(d+1)	丸座金 (D17,1.6t)
8	M8-Z12Z12	M8	ZSB 1.2	ZSB 1.2	45	9	〃
9	M8-Z12Z16	M8	ZSB 1.2	ZSB 1.6	45	9	〃
10	M16-Z08Z12	M16	ZSB 0.8	ZSB 1.2	45	17(d+1)	丸座金 (D30,3.2t)
11	M16-Z12Z12	M16	ZSB 1.2	ZSB 1.2	45	17	〃
12	M16-Z12Z16	M16	ZSB 1.2	ZSB 1.6	45	17	〃
13	M12-Z10Z10	M12	ZSB 1.0	ZSB 1.0	45	13	丸座金 (D24,2.3t)
14	M12-Z10Z10-NW	M12	ZSB 1.0	ZSB 1.0	45	13	なし
15	M12-Z12Z12-NW	M12	ZSB 1.2	ZSB 1.2	45	13	なし
16	M10-Z10Z10	M10	ZSB 1.0	ZSB 1.0	45	11	丸座金 (D21,2t)
17	M10-Z10Z10-NW	M10	ZSB 1.0	ZSB 1.0	45	11	なし
18	M10-Z12Z12-NW	M10	ZSB 1.2	ZSB 1.2	45	11	なし
19	M10-Z10S16	M10	ZSB 1.0	SGHC 1.6	45	11	丸座金 (D21,2t)
20	M10-Z10S32	M10	ZSB 1.0	SGHC 3.2	45	11	〃
21	M10-Z10S45	M10	ZSB 1.0	SGHC 4.5	45	11	〃
22	M12-Z12Z12-E18	M12	ZSB 1.2	ZSB 1.2	18(1.5d)	13	丸座金 (D24,2.3t)
23	M12-Z12Z12-E24	M12	ZSB 1.2	ZSB 1.2	24(2.0d)	13	〃
24	M12-Z12Z12-E30	M12	ZSB 1.2	ZSB 1.2	30(2.5d)	13	〃
25	M12-Z12Z12-E36	M10	ZSB 1.2	ZSB 1.2	36(3.0d)	13	〃
26	M10-Z10Z10-E15	M10	ZSB 1.0	ZSB 1.0	15(1.5d)	11	丸座金 (D21,2t)
27	M10-Z10Z10-E20	M10	ZSB 1.0	ZSB 1.0	20(2.0d)	11	〃
28	M10-Z10Z10-E25	M10	ZSB 1.0	ZSB 1.0	25(2.5d)	11	〃
29	M10-Z10Z10-E30	M10	ZSB 1.0	ZSB 1.0	30(3.0d)	11	〃
30	M12-Z12Z12-C05	M12	ZSB 1.2	ZSB 1.2	45	12.5(d+0.5)	丸座金 (D24,2.3t)
31	M12-Z12Z12-C2	M12	ZSB 1.2	ZSB 1.2	45	14(d+2.0)	〃
32	M10-Z10Z10-C05	M10	ZSB 1.0	ZSB 1.0	45	10.5(d+0.5)	丸座金 (D21,2t)
33	M10-Z10Z10-C2	M10	ZSB 1.0	ZSB 1.0	45	12(d+2.0)	〃

Shear Loading Test for Bolted Connection on Steel-Framed Houses  
Study on Properties of KC-TYPE Steel-Framed Houses (Part 14)

KATO Masahiro, IDOTA Hideki, NAKAGAWA Satoshi, KARATSU Toshikazu, SHIMIZU Hideo

端明きについては、ボルト径M12では2.5d以上で最大耐力はほぼ一定となるが、M10では端明きが大きくなるほど最大耐力は上がった(図3参照)。また、ボルト孔径クリアランス0.5、1.0、2.0mmによる違いは、クリアランスよりも破壊パターンにより最大耐力は影響を受ける結果となった。

次に、基本タイプのうちボルト破断したものを除いた試験体の最大支圧応力度を表4に示す。表中に、AISI規準および「軽鋼構造設計施工指針・同解説」に準拠した最大支圧応力度を示した。AISI規準に対しては、ボルト径M8およびM10の厚い方の板厚1.6mm以下では計算値を上まわっていたが、M12では計算値の80~100%程度、M16では70~80%程度となった。また、「軽鋼構造設計施工指針・同解説」に対しては、全ての試験体で計算値を上まわった。指針は最大耐力を過小評価していることがわかった。

1) AISI 規準の最大支圧耐力

$$P_n = F_p \cdot d \cdot t$$

$F_p$ : 支圧応力度  
 座金有  $F_p = 3.00F_v$     座金無  $F_p = 2.22F_v$   
 $F_v$ : 接合される材の引張強さ

2) 軽鋼構造設計施工指針・同解説の許容支圧耐力

$$R_{t2} = d \cdot t \cdot f_1$$

$f_1$ : 接合される材の許容支圧応力度  
 (SS400 のとき 3.0t/cm<sup>2</sup>)

4. まとめ

- 1) ボルト接合部の支圧耐力は、板厚組合せ、ボルト径によって変動する。薄い方の板および厚い方の板とも板厚が厚くなれば支圧耐力が上がる。ただし金物用鋼材 SGHC を使用した試験体は逆の現象となった。ボルト径が大きくなると支圧耐力は下がった。
- 2) 薄鋼板のボルト接合部の薄鋼板のボルト最大支圧耐力を評価するうえで、AISI 規準は危険側となるケースがある。「軽鋼構造設計施工指針・同解説」は過小評価となる。
- 3) ボルト座金の有無については、AISI 規準の評価と概ね一致する。端明き、ボルト孔クリアランスについては一定の傾向を得ることができなかった。

参考文献

- 1) 軽鋼構造設計施工指針・同解説 日本建築学会
- 2) Cold-Formed Steel Design Manual, AISI
- 3) スチールハウス構造計算指針、鋼材倶楽部

- 1) 愛知産業大学建築学科教授・工博
- 2) 名古屋工業大学社会開発工学科建築系助教授・工博
- 3) 川崎製鉄
- 4) 神戸製鋼
- 5) 住友金属工業

表2 ZSB400の引張試験結果

板厚 (mm)	降伏点 (t/cm <sup>2</sup> )	引張強さ (t/cm <sup>2</sup> )	伸び (%)
0.8	3.19	4.90	33
1.0	3.39	4.88	36
1.2	3.29	4.93	34
1.6	3.22	4.76	35

表3 せん断試験結果

NO.	試験体記号	最大荷重 (ton)	最大荷重時 変形(mm)	破壊状況	比較パラメータ	
1	M12-Z08Z08(1)	1.13	4.79	支圧	ZSB材板厚の組合せ (0.8,1.2,1.6t) (ボルト:M12)	
	M12-Z08Z08(2)	1.07	5.89	支圧		
2	M12-Z08Z12(1)	1.35	5.70	支圧		
	M12-Z08Z12(2)	1.12	4.59	支圧		
3	M12-Z08Z16(1)	1.09	3.09	支圧		
	M12-Z08Z16(2)	1.56	6.72	支圧		
4	M12-Z12Z12	1.77	14.39	ボルト引抜け		
5	M12-Z12Z16	1.93	8.60	支圧		
6	M12-Z16Z16	2.66	13.40	支圧		
7	M8-Z08Z12	0.99	8.45	支圧		(ボルト:M8)
8	M8-Z12Z12	1.13	8.64	ボルト破断		
9	M8-Z12Z16	1.17	6.30	ボルト破断		
10	M16-Z08Z12(1)	1.36	4.10	支圧	(ボルト:M16)	
	M16-Z08Z12(2)	1.25	5.39	支圧		
11	M16-Z12Z12(1)	2.17	11.22	支圧		
	M16-Z12Z12(2)	2.09	12.25	支圧		
12	M16-Z12Z16(1)	2.33	6.90	支圧		
	M16-Z12Z16(2)	2.07	7.60	支圧		
13	M10-Z10Z10	1.50	15.04	ボルト引抜け		座金の有無 (ボルト:M12)
14	M12-Z10Z10-NW	1.11	8.86	ボルト引抜け		
15	M12-Z12Z12-NW	1.35	11.55	ボルト引抜け		
16	M10-Z10Z10	1.48	14.84	ボルト引抜け		(ボルト:M10)
17	M10-Z10Z10-NW	1.02	11.04	ボルト引抜け		
18	M10-Z12Z12-NW	1.26	10.22	ボルト引抜け		
19	M10-Z10S16	1.54	13.32	支圧	ZSB1.0tとSGHC材の組合せ (ボルト:M10) 端明き (ボルト:M12)	
20	M10-Z10S32	1.37	6.27	支圧		
21	M10-Z10S45	1.23	6.25	支圧		
22	M12-Z12Z12-E18	1.19	10.17	支圧		
23	M12-Z12Z12-E24	1.63	12.76	支圧		
24	M12-Z12Z12-E30	1.78	14.43	ボルト引抜け		
25	M12-Z12Z12-E36	1.78	14.62	支圧		
26	M10-Z10Z10-E15	0.89	8.98	支圧		(ボルト:M10)
27	M10-Z10Z10-E20	1.08	9.24	支圧		
28	M10-Z10Z10-E25	1.28	12.30	支圧		
29	M10-Z10Z10-E30	1.33	11.39	ボルト引抜け		
30	M12-Z12Z12-C05	1.80	12.07	支圧		ボルト孔径 (ボルト:M12) (ボルト:M10)
31	M12-Z12Z12-C2	1.67	13.73	ボルト引抜け		
32	M10-Z10Z10-C05	1.45	11.37	ボルト引抜け		
33	M10-Z10Z10-C2	1.40	14.10	ボルト引抜け		

表4 最大支圧応力度

ボルト径 d (mm)	薄い方の板厚 (mm)	試験値(tf/cm <sup>2</sup> )						計算値(tf/cm <sup>2</sup> )	
		厚い方の板厚(mm)						AISI規準	軽鋼構造指針
M8	0.8							14.7	9.19
	1							14.7	9.15
M10	0.8	14.8					15.4	13.7	12.3
	1		11.5				12.9	13.8	14.7
M12	1			12.5					14.7
	1.2				12.3				14.8
	1.6					13.4			14.3
							13.9		14.7
M16	0.8								10.2
	1.2								11.1

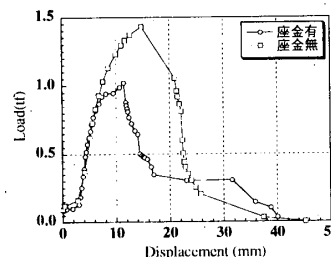


図2 荷重変形関係 (M10-Z10Z10 座金有無)

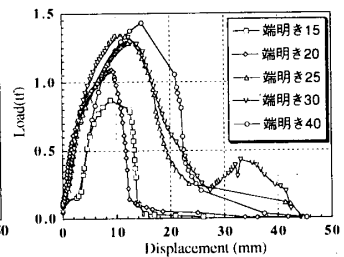


図3 荷重変形関係 (M10-Z10Z10 孔径別)