

鋼製下地材を用いた壁の曲げ剛性に関する基礎的研究

正会員 相原 正史*1 正会員 小林 俊夫*2
正会員 荒井 智一*3

壁、複合剛性、たわみ、LGS、ビス効率

1. はじめに

内装壁について公共建築工事標準仕様書では壁の高さは最大 5m となっている。しかし、建築物の多様性から工場やショッピングセンター等の多くに 5m を越え、場合によっては 10m を超える壁が軽量鉄骨下地により施工されているのが見受けられる。そして、その多くは安全性の検討が不十分のまま施工されている可能性がある。内装壁下地の強度はその下地単体だけの強度ではなく、面材を含めた強度で成り立っているが、下地材と面材との複合材の性能については明確にはなっていない。昨今大きな地震が相次いで発生し、非構造部材においても人命の保護は無論であるが、内装材の被害により工場の操業停止や補修にかかる費用等の経済的損失についても関心が高まっている。

本研究は、下地材と面材（仕上げ材）の複合材としての組み上げた壁の面外力に対する構造特性を把握する事を目的とし、実大部分モデルの壁に対する加力試験（実大実験）と部材単体の要素試験（単純曲げ試験）を行った。

2. 試験概要

- a) 単純曲げ試験 下地材（スタッド）単体で単純曲げ試験を行い、その剛性を確認した。（図 1 参照）
- b) 実大実験 壁高さを 6m ~ 10m と想定して試験体を作製した。壁の全幅は 2730mm とした。写真 1 に試験体全景を、表 1 に試験体一覧を示す。

軽量鉄骨下地は高い壁を想定した部材で板厚 (t) 1.2mm または 1.0mm、成 (h) 100mm、見付幅 (w) 45mm のスタッドとし、303mm または 455mm ピッチで配置した。

面材（仕上げ材）は強化石膏ボード (JIS A6901 GB-F) PB21mm、石膏ボード (JIS A6901 GB-R) PB12.5mm、珪酸カルシウム板（ケイカ）6mm とし、表 1 に示す組み合わせとした。図 2 に試験体概要および計測位置を示す。面材は 4 のボード用ビスを使用し、ビスピッチはボードジョイント部 200mm、中間部 300mm（試験体 12,13 はすべて 200mm）とした。試験体 12,13 のみ二層貼りに、石膏ボード張合せ接着剤を使用した。

試験体は鉛直方向にたわまないように仮設架台上で製作し、製作終了後に仮設架台を取り除き、自重による変形量を測定した。これは壁が直立している場合に、水平加速度 1.0G がかったことを想定している。

その後、人がよりかかる位置を想定し、試験体端部より 1350mm の位置に荷重を加えその挙動を計測した。試験体 12、13 に対しては、最後に人力による自由振動から固有周期を計測した。



写真 1 試験体全景 (片側面材施工前)

表 1 試験体一覧

試験体 No.	スタッド寸法 (mm)			ピッチ (mm)	壁高さ (mm)	面材 (仕上げ材)	
	成	幅	板厚			A 面	B 面
1	100	45	1.0	303	6,000	PB12.5mm	PB12.5mm
2	100	45	1.0	303	6,000	PB12.5mm × 2	PB12.5mm × 2
3	100	45	1.0	455	6,000	PB12.5mm × 2	PB12.5mm × 2
4	100	45	1.2	303	8,000	PB12.5mm	PB12.5mm
5	100	45	1.0	303	8,000	PB12.5mm	PB12.5mm
6	100	45	1.2	303	10,000	PB12.5mm	PB12.5mm
7	100	45	1.2	303	7,500	PB12.5mm +ケイカ6mm	PB12.5mm +ケイカ6mm
8	100	45	1.2	303	7,500	PB12.5mm +ケイカ6mm × 2	PB12.5mm +ケイカ6mm
9	100	45	1.0	303	6,000	PB21mm × 2	なし
10	100	45	1.2	303	8,000	PB21mm × 2	なし
11	100	45	1.2	303	8,000	PB21mm × 2	PB15mm × 2
12	100	45	1.2	303	9,000	PB21mm × 2	PB12.5mm
13	100	45	1.2	303	10,000	PB21mm × 2	PB12.5mm

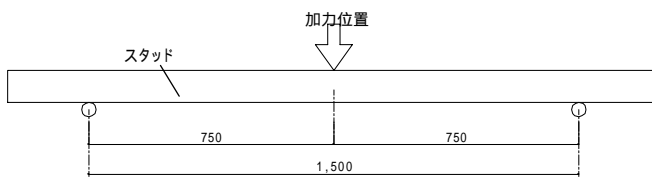


図 1 試験体概要 (単純曲げ試験)

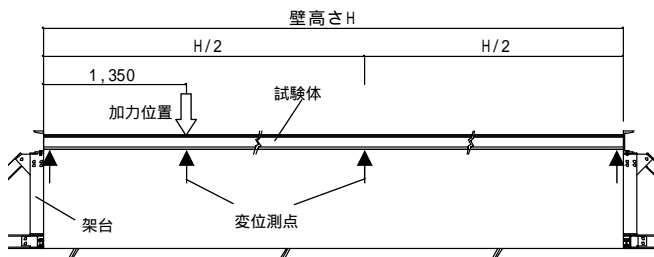


図 2 試験体概要および計測位置

3. 試験結果

a) 単純曲げ試験 2種類のスタッド各3体行った試験結果の平均を表2に示す。剛性と単純梁のたわみの公式より、ヤング係数を 2.05×10^5 (N/mm²)とした場合の断面2次モーメント(実験値)を逆算で求め、図形上の断面性能(計算値)と比較すると、計算値に対しての有効率は53%と65%となった。これは、軽量鉄骨壁下地材では薄板鋼板を使用しているため、曲げ変形に対して断面保持が成立していないことによると推測される。

b) 実大実験 実大試験体のEIを自重による変形と荷重による変形から算出すると、先に行った試験の方が大きな値となった。これは、1つの試験体により順次実験を行った為、ボード内の石膏のひび割れなどの残留変形が蓄積されたためと考えられる。固有周期は、2.19Hz(試験体12) 2.42Hz(試験体13)であった。

4. 結果の解析

解析は合成梁の考え方を基本として次のように行った。

上面ボード 有効軸剛性 $K_U = E_1 \cdot d_U \cdot b \cdot \alpha_U$

上面ボード 有効軸剛性 $K_D = E_1 \cdot d_D \cdot b \cdot \alpha_D$

軸力0の条件より、次式の釣りが成り立つ。

$$K_U(x_U - x_G) = E_2 \cdot A_S \cdot x_G + K_D(x_G - x_D)$$

$$\text{よって、} x_G = \frac{K_U x_U + K_D x_D}{E_2 A_S + K_D + K_U} \quad x_G: \text{合成梁の図心}$$

合成梁として図心に対するEIを(EI)_Tとすると

$$(EI)_T = E_1 I_D + K_U (x_U - x_G)^2 + E_1 I_D + K_D (x_D - x_G)^2 + E_2 (I_S \beta + A_S x_G^2)$$

これより試験体中央部の変形量 δ を下式で算出した。

$$\delta = \frac{5wL}{384(EI)_T}$$

面材と下地材が一体となり変形したと想定すると、試験体4,6を除き実測変位(たわみ量)に比べ計算値が小さい値となった。また面材と下地材がせん断方向の荷重を分担せず別々に変形したと考えた場合の計算値は実測変位が小さかった。面材と下地材はビスにより接合されている。ビスにより曲げひずみが伝達する率をビス効率として考えた。この状態でのひずみと応力の分布は図4のようになると考えられる。面材と下地材の曲げ歪が線形に連続する場合をビス効率1(100%)別々に変形する場合をビス効率0とし、各試験結果と計算値が同じ値になるビス効率 α を求めると表3となる。

5. まとめ

下地材断面の有効率とビス効率を考慮することにより、壁の剛性を評価可能であることを示すことが出来た。これにより同仕様の壁において、壁の高さが変わった場合でも、その剛性、強度を適正に評価できると考えられる。

今後の課題として以下の項目が挙げられる。

*1 桐井製作所
*2 桐井製作所 工学博士
*3 桐井製作所 修士(工学)

表2 試験結果(単純曲げ試験)

部材名称	剛性 N/mm	最大耐力 N	断面2次モーメント(mm ⁴)		有効率
			実験値 ¹	計算値 ²	
-100×45×1.0	571.8	5253.2	196,119	370,974	53%
-100×45×1.2	836.6	8622.7	286,937	440,272	65%

1 実験値: 実験結果より逆算した断面2次モーメント
2 計算値: 図形上の断面2次モーメント

表3 試験結果(実大実験)

試験体 No.	自重による たわみ量 試験体中央 (mm)	荷重1765N時の たわみ量 加力点 (mm)	合成材のたわみ量 (計算値) 試験体中央		ビス効率
			=0 ³	=1 ³	
1	21.0	9.90	31.54	14.42	45%
2	29.2	5.65	53.61	13.59	28%
3	29.4	12.00	75.55	13.99	35%
4	31.8	10.90	72.14	39.81	100%
5	48.8	12.90	99.67	45.58	88%
6	94.0	13.30	176.12	97.19	100%
7	29.2	5.40	75.56	22.25	65%
8	29.5	5.40	85.17	20.11	57%
9	21.4	6.90	47.42	14.62	43%
10	49.6	8.00	107.05	40.82	64%
11	75.8	10.40	165.78	37.51	34%
12	75.8	8.90	199.99	63.79	75%
13	121.5	7.20	304.81	97.23	69%

3 ビス効率: ビスにより曲げひずみが伝達する率

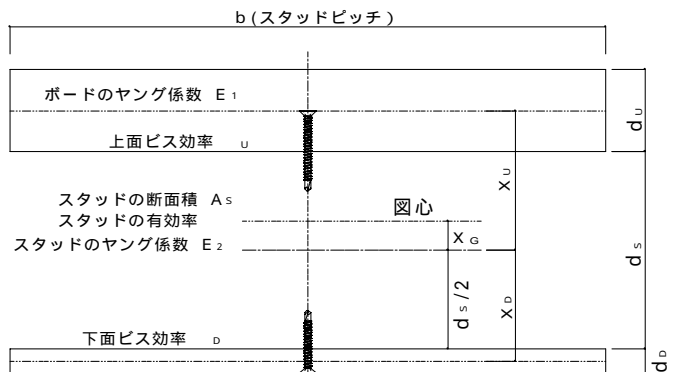
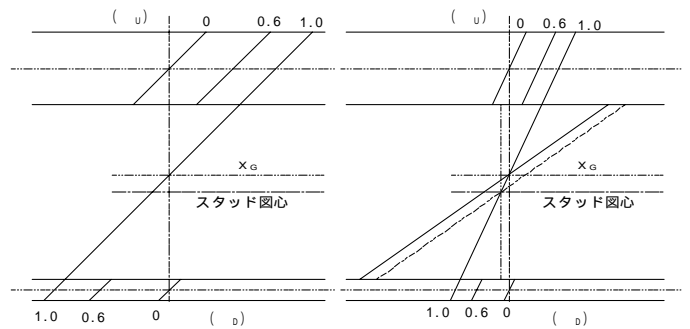


図3 解析モデル図



(a) ひずみ (b) 応力

図4 断面内のひずみ・応力図

軽量鉄骨壁下地材の断面が変わることにより有効率の設定。

面材と下地材の組み合わせなどによるビス効率の設定。内装壁の面材として多く使用されている石膏ボード、珪酸カルシウム板等のように構造的にばらつきがある材料の剛性の評価。

Kirii Construction Materials Co., Ltd.
Kirii Construction Materials Co., Ltd, Dr.Eng.
Kirii Construction Materials Co., Ltd, M Eng.