

複合材とした間仕切り壁の剛性についての考察

間仕切り壁 軽量鉄骨壁下地 石膏ボード
ビス効率

正会員 ○相原 正史^{*1} 同 小林 俊夫^{*2}
同 井上 雅之^{*3} 同 田附 遼太^{*3}
同 林 徹^{*3} 同 小林 祐亮^{*3}

1. はじめに

軽量鉄骨壁下地(以下スタッド)を使用した間仕切り壁はスタッド単体ではなく石膏ボード等の面材を含めた複合材として成り立っている。ただし、計算値が実際の強度、剛性よりも過大で不経済な場合や逆に強度不足により地震時に損傷する場合がある。そこで、複合材とした間仕切り壁の強度と剛性を把握することを目的に静的実験を実施した。本報では、静的実験の結果に基づく壁の剛性の解析方法を考察する。

2. 壁の剛性とビス効率

過去に行った実験結果では、実験値が計算値より小さい値となつた¹⁾。これはスタッドとボードが完全には一体化していないためと考えた。スタッドとボードを繋いでいるのはビスだけであり、ビス部分だけでせん断力を伝達しているため完全には一体化できていないと考え、以前の研究でビス効率という考え方を示し上面及び下面ボードの有効軸剛性に係数 α を考慮¹⁾した。図1の場合で考えると複合材としての剛性(EI_T)は下式となる。

$$K_U = E_1 \cdot d_U \cdot b \cdot \alpha_U \quad K_D = E_1 \cdot d_D \cdot b \cdot \alpha_D$$

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

この係数 α をビス効率とした。ビス効率はスタッドとボードとの接合するビスのせん断力伝達性能を表す。

完全に一体化している場合を $\alpha=1$ 、スタッドとボードが別々に変形する場合を $\alpha=0$ とした。

$\alpha=1$ の時は、スタッドとボードとの境界部分で両者の軸歪度は連続となる。(図2) α が1より低下するに従ってスタッドとボードとの境界部分で両者の軸歪度が不連続となり差が大きくなる。(図3) $\alpha=0$ になるとスタッドもボードも個別の図心の軸歪度が0となる。(図4)

この考えで過去の実験からビス効率¹⁾を求めたが、安定した値が求められなかった。今回、新たに行つた実験より再度考察を試みた。

2. 実験概要

表1に各試験体概要を示す。試験体は集合住宅の間仕切り壁を想定した。ボードを固定するビスは試験体4を除きピッチを中間部300mm 中間部200mmとした。

加力は下部より1500mmに治具を介して線荷重として試験体全体に加力し計測点で変位を測定した。(写真1)

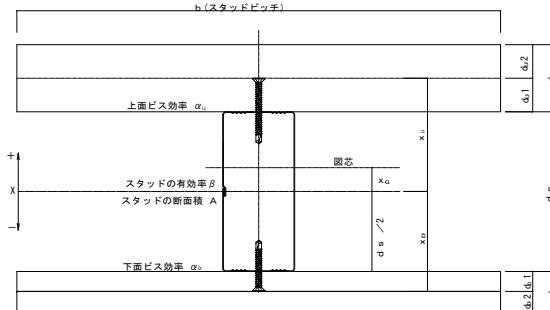


図1 解析モデル

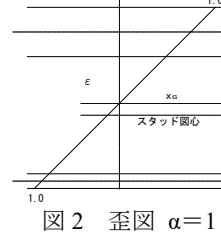


図2 歪図 $\alpha=1$

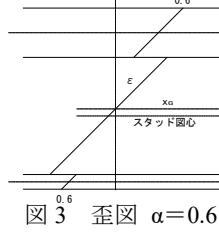


図3 歪図 $\alpha=0.6$

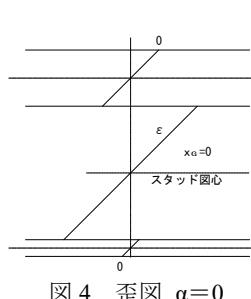


図4 歪図 $\alpha=0$

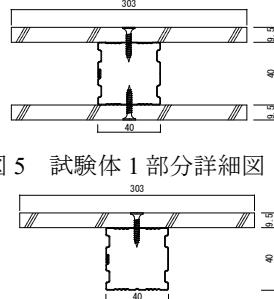


図5 試験体1部分詳細図

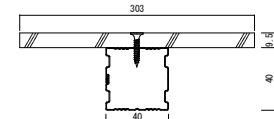


図6 試験体2、3部分詳細図

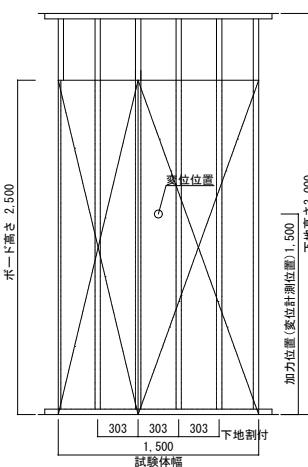


図7 試験体立面図



写真1 試験状況

表1 各試験体概要

試験体No.	面材	加力方向	図
試験体1	両面 石膏ボード1枚張り	-	図5
試験体2	片面 石膏ボード1枚張り	ボード側	図6
試験体3	片面 石膏ボード1枚張り	下地側	図6
試験体4	面材なし	-	-

間仕切り壁：高さ3000mm 幅1500mm

スタッド：40mm×40mm×0.45mm

スタッドのピッチ：303mm

石膏ボード：厚さ9.5mm 高さ2500mmを1枚張り（図7）

（長尺ボードを使用し、水平ジョイント無し）

3. 実験結果

実験結果一覧を表2に、荷重-変位図を図8に示す。試験体1及び2は目視で破壊前に加力を終了した。試験体3及び4は両者ともスタッドの局部座屈により終了した。実験結果では両面壁が最も剛性が高く次いで片面張りの下地側加力であった。過去の実験¹⁾ではボードが引張側になる場合は効果が少なくなっていたが、それはボードの水平ジョイントが影響していたためと考えられる。本試験では長尺ボードを使用し水平ジョイント無しとした。そのため引張、圧縮に差が少なくなったと考える。

表2 実験による剛性

試験体	試験体1	試験体2	試験体3	試験体4
面外剛性 N/mm	500N時	50.4	37.8	43.9
	1000N時	50.2	38.4	43.7
	1500N時	47.6	37.4	40.9
	最大荷重時	44.5*	34.3*	35.8

*破壊まで加力しなかったので最大荷重はもっと大きい可能性がある

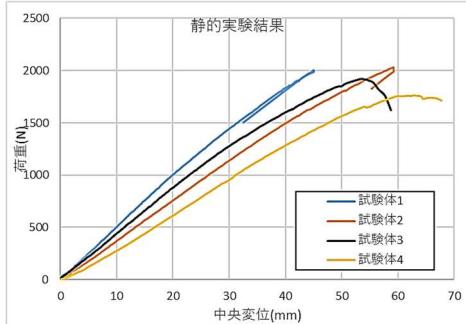


図8 荷重-変位関係図

5. 実験結果の検討

実験結果では、1000N程度まではほぼ一定の剛性であるが、それを超すと剛性が低下している。しかし、変形量から考えてスタッド及びボードは弾性範囲内と思われる。これについてビス効率は応力により変化するのではないかと考えた。スタッドとボードとの間のせん断力が大きくなると両者を接合するビスのせん断力伝達能力が低下し、ビス効率 α が減少する可能性が考えられる。

スタッドとボードとの間のせん断力は試験体にかかる荷重 P と比例関係にあるので、 α のせん断力依存性を最も簡単な P の1次式で表現することを試みた。

*1 桐井製作所

*2 桐井製作所 工学博士

*3 長谷工コーポレーション技術研究所

線荷重で試験体全体を面外方向に変形させたのでスタッド1本あたりで考えた。

$$\frac{\alpha}{p} + \frac{P}{q} = 1 \quad \text{より} \quad \alpha = p \left(1 - \frac{P}{q} \right)$$

ここで P:スタッド1本にかかる集中荷重

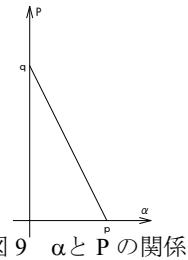
 $P = \text{試験力}/\text{スタッド本数}(6 \text{ 本})$

a:ビス効率 p, q:定数

荷重 P とビス効率 α および p, q は図9の関係となる。すなわち、 p は初期状態でのビス効率で q は荷重が進みビス効率が0の時の荷重となる。

今回は、実験結果とシミュレーション結果を目視により確認しながら最適な p, q を定めた。（表3）

試験体4の実験結果よりスタッドの有効断面2次モーメントを85%としてシミュレーションした。また石膏ボードのヤング係数は2000N/mm²²⁾とした。

表3 目視により最適化した各試験体の p, q

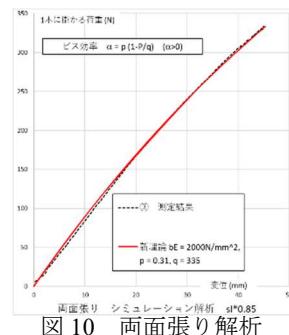
	p	q
両面張り	0.31	335
片面(ボード側加力)	0.30	200
片面(下地側加力)	0.50	250

解析結果を実験結果と重ね書きし、両面張りの場合を図10、片面張り(ボード側、下地側加力共に)を図11に表す。その結果 p, q の値を最適値化することにより計算値が実験値の荷重-変位曲線と近いものとなった。この解析における剛性とは、曲線の接線剛性である。

6. まとめと今後の課題

間仕切りの面外方向の変形についてビス効率 α を荷重 P の関数にすることにより、スタッドとボードの複合材で実際の挙動に近いものとすることが出来た。

今後の課題は、間仕切り壁の仕様と (p, q) との関係を定量的に結びつける必要がある。



参考文献

- 相原正史ら：鋼製下地材を用いた壁の曲げ剛性に関する基礎的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、2009. 8.
- 佐藤恭章ら：軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の地震時損傷抑制に関する研究その6 石膏ボードの材料特性、日本建築学会大会学術講演梗概集、2016. 8.

*1 Kirii Construction Materials Co, Ltd

*2 Kirii Construction Materials Co, Ltd Dr.Eng.

*3 Technical Research Institute, HASEKO Corporation