

鋼製天井下地材の強度・剛性に関する研究

(その4) 天井面の水平載荷試験結果

正会員 ○相原 正史*4 正会員 三隅 哲志*2

正会員 藤井 孝晏*1 正会員 荒井 智一*5

キーワード：天井, 軽量鉄骨下地, 耐震天井

1. はじめに

ここでは耐風圧仕様+耐震仕様の実物大部分モデルの試験体を中心に、水平加力を行った場合の強度・剛性を確認することを主眼に置いた。

2. 試験体パラメーター

試験体のパラメーターは吊りボルトの吊元仕様 (RC 造インサート仕様と鉄骨母屋、金具仕様)、天井ふところ寸法 (826mm、2000mm)、ブレース形状 (V字形、逆ハ字形) として考えた。

3. 試験結果

各試験体の最大荷重、最大荷重時の変位量、15mm 変位時の荷重、破壊状況を表 1 に示す。



写真1 H-5 ブレース座屈状況



写真2 H-3 ブレース取付金具の破壊状況

4. 試験結果の比較検討

(1) ブレース形状の違いによる強度、剛性の比較

試験体 H-13、15 は逆ハ型のブレースを2段に取付けたもので、天井ふところ寸法が大きい天井でダクト等が多いときに比較的多く施工されている。それに対して H-11、H-16 は同様の仕様でブレースを V 字型 1 段で施工したものである。ブレース形状の違いによる強度、剛性の比較を図 1 および表 2 に示す。

最大荷重、剛性ともに V 字型が逆ハ型を上回っている。吊元を RC とした試験では最大荷重は 1.3 倍、剛性は 1.38 倍の差がある。吊元を鉄骨母屋を想定した試験では最大荷重は 1.17 倍程度だが、剛性は 1.7 倍の差がある。したがってブレースの形状が逆ハ型の場合、強度的にはある程度期待できるが、水平変位が大きくなり壁等とのクリアランス寸法を大きくする必要があるのである。V 字型の場合、ダクト等の影響による施工性を考慮しなければならないが、強度的には合理的だと考えられる。

なお、天井ふところ寸法が大きい場合、ブレースを 1 段にするとブレースと吊りボルトが交差する部分が発生するが、図 2 に示すように吊りボルトとブレースをビス、金具等で緊

表 1 試験結果一覧

試験体番号	最大荷重	最大荷重時変位	変位 15mm時 荷重	最終破壊状況
H-1	2522	28.2	1610	ブレース金具の滑り、変形
H-2	4845	29.68	3850	ブレースの座屈、野蠻野蠻受けの変形
H-3	2600	37.24	1502	ブレース金具の滑り、ボルト吊元の変形
H-4	2960	29.62	1907	ブレース金具の滑り、変形
H-5	2765	34.44	2655	ブレース金具の滑り、変形及びボルト吊元の変形
H-6	3002	22.64	2457	ブレース金具の滑り、変形
H-7	3810	52.94	1865	ブレースの座屈、母屋金具の変形
H-8	4867	35.54	2905	ブレースの座屈、母屋金具の変形
H-9	4635	115.6	1770	ブレースの座屈、母屋の変形
H-10	4895	91.1	2412	ブレースの座屈、母屋の変形
H-11	2752	67.2	1165	ブレースの座屈、母屋の変形
H-12	3112	68.5	1152	ブレースの座屈、母屋の変形
H-13	2352	84.0	800	ブレース金具の滑り、変形
H-14	3750	111.9	1797	ブレース金具の滑り、羽子板ボルトの変形
H-15	3255	32.4	1800	ブレースの座屈、母屋の変形
H-16	4232	30.4	2702	ブレース金具の滑り、変形その後ブレース座屈
H-17	3727	94.8	2025	ブレース金具の滑り、変形その後ブレース座屈
H-18	2640	77.8	822	防振ハンガーの変形、ボルトの変形

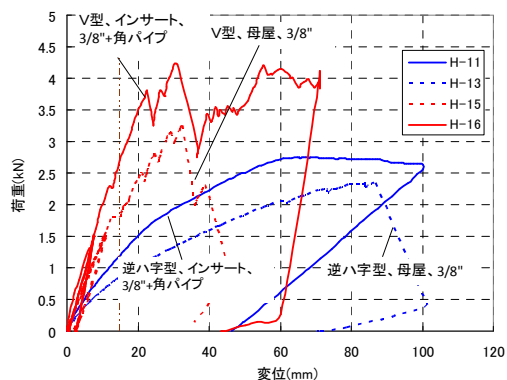


図 1 ブレース形状の違いによる強度、剛性の比較

表 2 ブレース形状の違いによる強度、剛性の比較

試験体番号	ふところ (mm)	ブレース形状	最大荷重 (N)	最大荷重時変位 (mm)	15mm変位時荷重 (N)	剛性 (N/mm)
H-11	2000	V字形	2752	67.2	1165	45.6
H-13		逆ハ形	2352	84.0	1165	26.9
H-15		逆ハ形	3255	32.4	1800	100.5
H-16		V字形	4232	30.4	2702	139.2

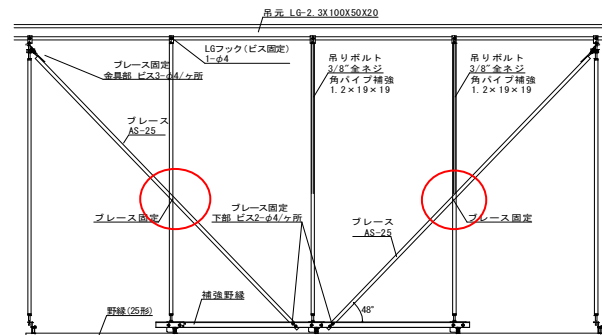


図 2 試験体の一例(H-2)

結するとブレースの座屈長さが小さくなり、天井全体の水平強度と剛性が大きくなる。

(2) 天井ふところ寸法の違いによる比較

天井ふところ寸法がH-1は826mm、H-2は2000mmである。図3に示すように、変位15mm程度まではほぼ同じ剛性であり、その後H-2の剛性は若干下がるが最大荷重はほぼ同じで、ブレースと吊りボルトを緊結することで、ふところが大きい天井でも剛性を高められることがわかる。

(3) 吊りボルトの剛性、吊元の違いによる比較

験体H-1～13までが鉄骨母屋を想定したもので、H-14～18がコンクリートスラブを想定したものであり、同様の仕様同士を比較したものが図4である。H-15、17はふところ寸法2000mm、逆ハ型2段ブレース、吊りボルトを角パイプで補強、25形の下地で生まれ、ほぼ同じ仕様である。H-13はふところ寸法、ブレース形状は同じであるが、吊りボルトの補強無し、19形の下地で生まれている。試験結果を見ると、強度、剛性ともにH-15とH-17が同程度なのに対してH-13が下回っており、特に剛性は大きく違っている。これはH-15とH-17は吊りボルトが角パイプで補強されており、吊りボルトの曲げ剛性の違いが影響しているのと、コンクリートスラブを想定した吊りボルト吊元はほぼ固定端の性状で変形しているのに対して、母屋から吊りボルトを設置した場合は金具の回転が発生し、ピン支持の性状を示していることと、母屋自身が変形しているためと考えられる(写真3参照)。

表4 吊りボルトの剛性、吊元の違いによる比較 (H-13, 15, 17)

試験体番号	吊元仕様	吊りボルト仕様	ふところ(mm)	最大荷重(N)	最大荷重時変位(mm)	15mm変位時荷重(N)	剛性(N/mm)
H-13	金具	3/8"	2000	2352	84.0	800	28.0
H-15	インサート	3/8"+□-	2000	3255	32.4	1800	100.5
H-17		19補強	2000	2792	23.5	2025	118.8

(4) 天井の水平変位量

すべての試験体の荷重-変位曲線を図5に示す。剛性、最大荷重は試験仕様により様々な曲線を描いているが変位が15mm程度まではほぼ弾性範囲内にある。大地震の場合、下地材強度を塑性域まで含めて考えることは可能であるが、その場合の変位量は大きくなり壁等とのクリアランスを大きくとる必要があり仕上げ材(ボード、スパンドレル)の変形にも考慮が必要となり、意匠的に困難な場合がある。変位を15mm程度で抑えるように設計すれば意匠的にも無理がなく、地震時の天井下地材の応力を弾性範囲内に留めることができる。

5. まとめ

- ①ブレースの形状まで検討することにより変形を小さくすることが可能である。また天井ふところ寸法が大きい場合、ブレースと吊りボルトを緊結することにより天井全体の剛性を高めることができる。
- ②吊りボルトの剛性、吊元の仕様により同様の下地仕様でも強度、剛性が変わるので設計段階で検討する必要がある。
- ③地震時に天井下地の応力を弾性範囲内に抑えるためには、水平変形量が15mm以内になるように天井下地材の仕様に応じてブレースの配置量を設計するべきである。

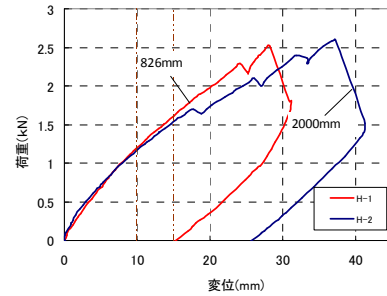


図3 天井ふところ寸法の違いによる比較 (H-1, 2)

	ふところ(mm)	最大荷重(N)	15mm変位時荷重(N)
H-01	826	2522	1610
H-02	2000	2600	1502

表3 H-1, 2 結果

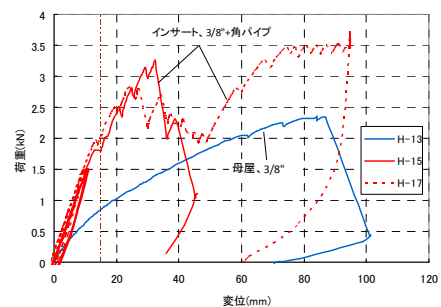


図4 吊りボルトの剛性、吊元の違いによる比較 (H-13, 15, 17)



写真3 ブレース取付部
母屋材の変形状況(H-13)

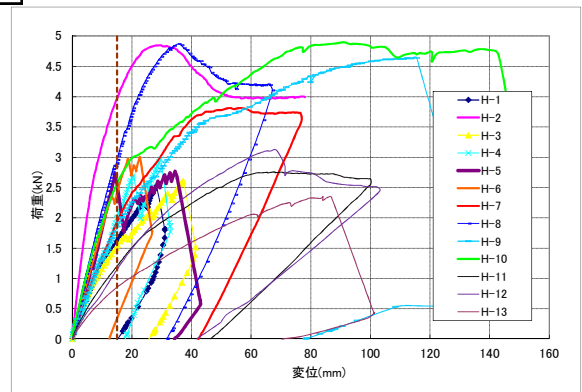


図5 全試験体の荷重-変位曲線

*1 大鉄工業

*2 西日本旅客鉄道 修士(工学)

*4 桐井製作所

*5 桐井製作所 修士(工学)