

大きな外力を想定した天井の耐震性に関する研究

その2 動的振動台実験 実験概要および実験結果

正会員 ○荒井 智一^{*1} 同 小林 俊夫^{*2}
同 高石 幸寿^{*3}

キーワード：天井、軽量鉄骨天井下地、振動台実験、応答加速度

1. はじめに

前稿では、部分モデル天井の静的水平加力試験を行い、従来よりも大きな外力を想定（天井の設計用水平震度が2倍等）した場合の接続金具や納まり等の検証を行った。

本稿では、接続金具および「鼓型」プレース配置の特性・安全性の把握を目的として地震波を用いた振動試験を行った。鉛直方向の加速度に対する検証も含めて、3軸加振を中心に行った。

2. 実験概要

4m×6mの振動台の上に、上部が一方向跳ね出した架台フレームを設置し、フレーム上部の梁から天井を吊り下げた。試験状況を写真1に示す。

図1に示すように、在来工法は5,000mm×4,700mm、システム天井は5,120mm×3,840mm、の試験体を設置した。

在来工法は野縁受けにC-40×20×1.6、野縁にt=0.8mmの25形ダブル野縁を使用した、風圧力等を想定した緊結型の天井下地材をベースに「鼓型」耐震プレースシステムを導入した。仕上げ材は、石膏ボード12.5mm2層貼りとし、天井重量（下地材+仕上げ材）は、5153N（約520kgf）約219N/m²。また、試験の途中で天井下間仕切り壁（パーティション等）を想定した重量として、鋼製の錘1961N（200kgf）を付加した。（写真2参照）

グリッドシステム天井は、640モジュールのスリット型のTバーを用いた。プレース負担面積を実際の使用状況に合わせるために、仕上げ材（岩綿吸音板t=15mm）毎に約46.1N（4.7kgf）の錘を付加した。さらに、試験の途中で、天井下の間仕切り壁を想定した鋼製のおもり2353N（240kgf）をTバーにぶら下げるよう取付けた。（写真2参照）

3. 加振（測定）方法および加振波

加速度計により架台フレームおよび天井面の加速度を測定し、レーザー式の変位計により架台フレームと天井面との相対変位を計測した。センサー取付け位置を図2に示す。

入力波にはBCJ Level2波（以下BCJL2波とする）と1995年兵庫県南部地震（JMA神戸）原波および2011年東北地方太平洋沖地震（KiK-net 芳賀）増幅（縮小）波の3波を用いた。固有振動数把握の目的で、各試験の地震波加振前にホワイトノイズ加振（～100Gal）も行った。



写真1 試験状況



写真2 おもり設置状況

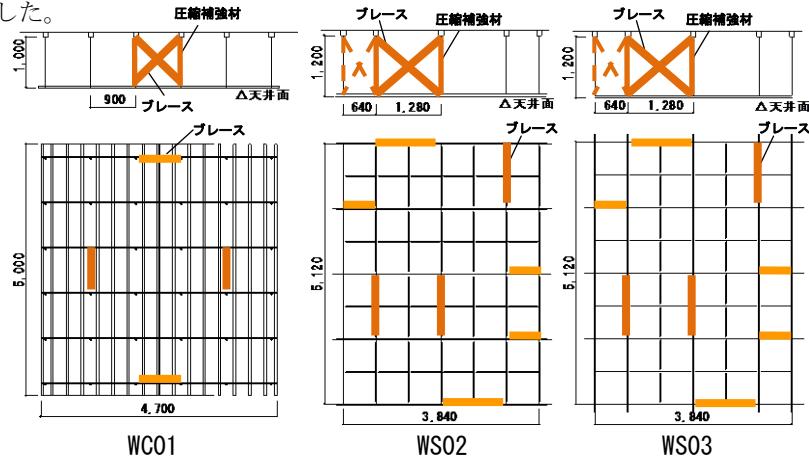


図1 試験体概要

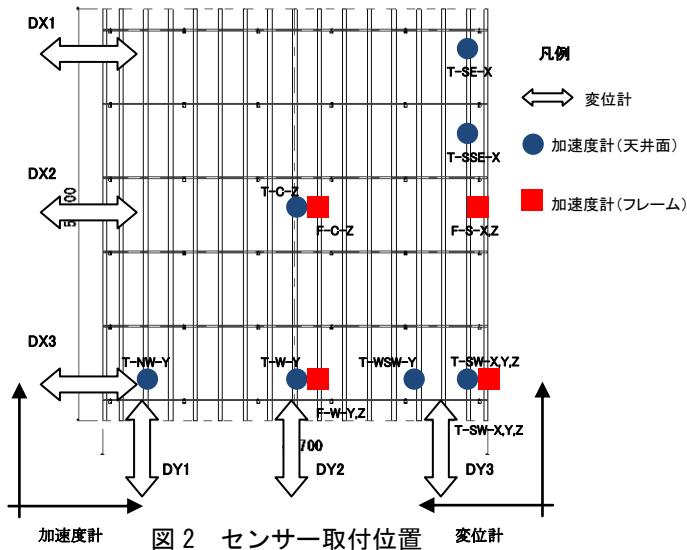


図2 センサー取付位置

4. 実験結果（ホワイトノイズ）

図3に伝達関数を示す。在来工法（天井ふところ1,000mm）は、X方向（野縁受け方向）で6.69Hz、Y方向（野縁方向）で8.69Hzであった。グリッドシステム天井（天井ふところ1,200mm）では、X方向、Y方向とも8Hz前後であり、在来工法に比べ方向性が少ない結果となった。

グリッドシステム天井では、ふたこぶ型を示している。これは、仕上げ材が天井フレームへ落とし込む工法であることが起因していると考えられる。

5. 実験結果（応答加速度比）

天井面（Y方向）の最大応答値（加速度計T-NW-Y、T-W-Y、T-WSW-Y、T-SW-Yの平均）のフレームの最大応答値（F-W-Y）に対する比として算出した（天井/フレーム）の応答加速度比を表1に示す。

在来工法、グリッドシステム天井とも、1~2倍程度の応答倍率（錘無し：1~1.5倍程度、錘有り：1.5~2倍程度）を示し、入力レベルが大きいほど応答倍率も大きくなる傾向を示している。

6. 実験結果（地震波波形および損傷状況）

天井面等に大きな損傷を生じた加振の天井面での応答波形（加速度T-W-Y）を図4に示す。

- WC01 錘有り[HAGA1200XYZ]：最大加速度2275.5Galを示し、Y方向のブレース下部取付けのビス接合部が破損した。当該部破損直後ブレースが座屈変形した。
- WS02 錘有り[HAGA1200XYZ]：最大加速度3483.1Galを示し、Y方向ブレース周辺のTバージョイントが外れパネル10枚が脱落した。
- WS03 錘有り[HAGA1500XYZ]：最大加速度4359.3Galを示し、Y方向、X方向共ブレース周辺のTバージョイントが外れパネルが全体的に脱落した。

7. まとめ

在来工法天井は、総重量5153N、25m²に2組のブレースを設置した加振試験で、2.3Gを超える加振において天井に損傷が無いことが確認できた。天井総重量7114N、25m²に2組のブレースを設置した加振試験で、2.2Gを超える加振で、大きな損傷および天井の脱落は生じなかった。

グリッドシステム天井は、総重量7200N、20m²に3組のブレースを設置した加振試験で、2.42Gを超える加振で天井に損傷が無いことが確認できた。

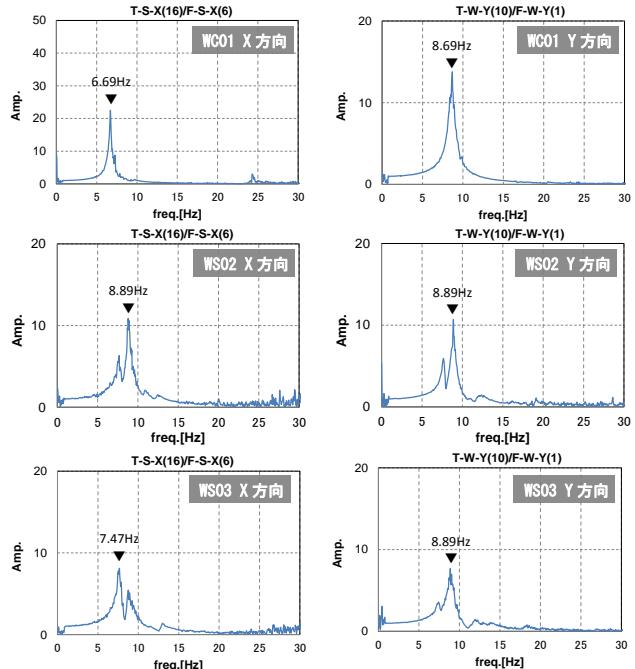


図3 伝達関数

表1 天井/フレーム 応答加速度比

試験体	試験名称	錘	F-W-Y (Gal)	T-NW-Y (Gal)	T-W-Y (Gal)	T-WSW-Y (Gal)	T-SW-Y (Gal)	天井平均 (Gal)	天井/フレーム 応答加速度比
WC01	BCJ500Y		709.5	1440.8	1444.1	1435.2	1468.5	1447.1	2.04
	BCJ400Y		722.3	1319.4	1520.5	1381.5	1424.1	1411.4	1.95
	HAGA 400XYZ		586.1	932.7	1494.4	865.1	878.9	1042.8	1.78
	HAGA 750XYZ		1356.3	1409.4	1350.2	1344.8	1331.4	1358.9	1.00
	HAGA 1200XYZ		2048.2	2313.4	2275.3	2316.2	2384.7	2322.4	1.13
	KOBEXYZ	○	895.1	1457.9	1267.8	1203.1	1200.6	1282.3	1.43
	HAGA 400XYZ	○	617.8	1256.1	1204.1	1196.8	1287.7	1236.2	2.00
	HAGA 750XYZ	○	1141.5	2206.5	2149.7	2127.5	2279.2	2190.7	1.92
WS02	HAGA 1200XYZ	○	1929.2	2042.7	2275.5	2338.1	2464.4	2280.1	1.18
	BCJ400Y		604.8	1058.2	1065.1	1371.9	1199.9	1173.8	1.94
	HAGA 400XYZ		619.5	866.1	683.0	722.0	951.8	805.7	1.30
	HAGA 750XYZ		1202.5	1500.7	1335.7	1572.7	1570.9	1495.0	1.24
	HAGA 1200XYZ		2100.8	2746.6	2314.3	2839.1	3363.2	2815.8	1.34
	HAGA 400XYZ	○	620.7	857.5	809.0	861.8	1079.7	902.0	1.45
	HAGA 750XYZ	○	1297.9	1905.3	1568.9	2218.3	1830.6	1880.8	1.45
	HAGA 1000XYZ	○	1552.2	2550.3	2376.5	2765.3	3073.8	2691.5	1.73
WS03	HAGA 1200XYZ	○	2052.4	3955.5	3483.1	4088.8	3907.5	3858.2	1.88
	BCJ400Y		599.1	1236.5	952.9	1184.4	1433.5	1201.8	2.01
	HAGA 400XYZ		596.4	917.7	622.8	683.5	741.5	741.4	1.24
	HAGA 750XYZ		1308.0	2002.7	1369.1	1454.6	1446.2	1568.2	1.20
	HAGA 1000XYZ		1542.7	2569.3	1621.3	2009.3	1980.9	2045.2	1.33
	HAGA 400XYZ	○	632.1	903.9	691.4	874.5	845.0	828.7	1.31
	HAGA 750XYZ	○	1208.1	1737.2	1600.4	1443.2	1868.7	1662.3	1.38
	HAGA 1000XYZ	○	1640.1	2172.2	2598.8	2209.1	2539.9	2380.0	1.45
WS03	KOBEXYZ	○	1005.2	1648.7	2962.8	1522.4	2029.4	2040.8	2.03
	HAGA 1200XYZ	○	2000.3	3088.1	2482.2	3422.7	3890.6	3220.9	1.61
	HAGA 1500XYZ	○	2334.4	4162.0	4359.3	4626.7	7058.1	5051.5	2.16

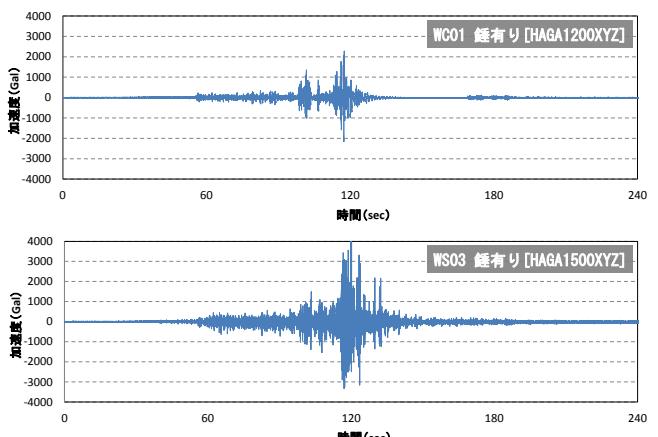


図4 応答加速度（加速度T-W-Y）

*1 桐井製作所 修士（工学）

*2 桐井製作所 工学博士

*3 桐井製作所

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

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

Kirii Construction Materials Co., Ltd.,