

金属パネル天井の耐震性に関する研究

(その13) 動的振動台実験 実験結果

キーワード：振動台実験、天井、吊り天井、応答加速度

1. はじめに

前報(その12)に引き続き、地震波による加振時の天井の応答レベルおよび損傷等の加振の状況について報告する。

2. 実験結果

2.1 応答加速度比

天井面の最大応答値(T01-X, T02-X, T04-X, T05-Xの平均)のフレームの最大応答値(F01-X)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。

(MATIDA波500Gal)の応答加速度比は1.0~1.1倍程度で、(MATIDA波1000Gal)では1.2~1.8となった。MATIDA波よりもBCJL2波の方が大きな値を示し、1.5~2.1倍程度であった。JMA神戸原波は試験W05を除き、2倍程度であった。唯一野縁受け方向がメイン加振の試験W05は、他の試験に比べ小さな値を示した。

2.2 等価荷重 - 天井変位関係

各試験における天井面X方向の応答加速度($T_{01} \sim T_{04}$ 等)と、図1に示す加速度計の負担面毎の天井重量($W=3,000N$)との積の和を等価荷重Fと設定した(式1参照)。等価荷重Fと変位(DX0)の関係を図2に示す。

$$\text{等価荷重 } F = \alpha_{T01}(t) \times \frac{W}{8} + \alpha_{T02}(t) \times \frac{W}{4} + \alpha_{T03}(t) \times \frac{W}{4} + \alpha_{T04}(t) \times \frac{W}{8} \dots (\text{式1})$$

(MATIDA波1000Gal)加振で、プレース1対の負担が2,000Nとして比較すると、プレース1段の試験(W01, W02, W03)では大きな変位の差はなく、10~13mm程度だった。

プレース2段のW04は20mm弱の変位となった。

メイン加振方向が野縁受け方向の試験W05は、加速度応答比が小さく、剛性が高い傾向を示した。

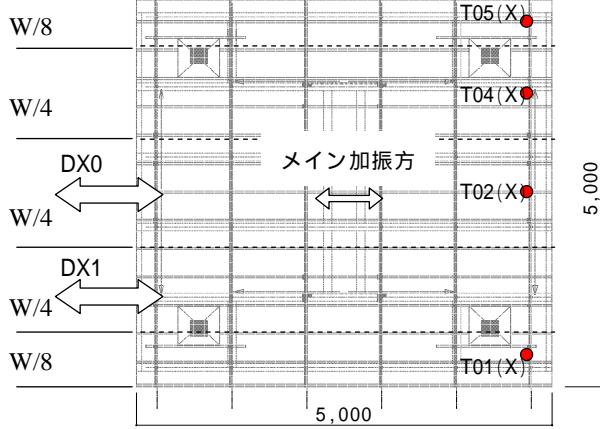


図1 加速計の負担面積

正会員	渡辺 恵介 ^{*1}	正会員	進藤 隆之 ^{*1}
正会員	大迫 勝彦 ^{*2}	正会員	吉田 宏一 ^{*3}
正会員	大庭 章 ^{*3}	正会員	小林 俊夫 ^{*4}
正会員	荒井 智一 ^{*5}		

表1 (天井/フレーム) 応答加速度比

試験 名称	加振波形	方向	目標加振 レベル	F01-X (Gal)	T01-X (Gal)	T02-X (Gal)	T04-X (Gal)	T05-X (Gal)	天井平均 (Gal)	天井/フレーム 応答加速度比
W01	MATIDA波	X	500Gal	551.1	642.2	539.4	521.0	541.7	561.1	1.02
	BCJ Level2	X	500Gal	796.6	1585.6	1465.4	1456.1	1525.9	1508.3	1.89
	BCJ Level2	X	800Gal	1092.7	2555.6	2258.0	2176.7	2277.1	2316.9	2.12
	MATIDA波	X	1000Gal	1044.2	2082.7	1889.1	1811.5	1732.6	1879.0	1.80
	JMA神戸原波	XYZ	906.2	2373.8	2129.0	2109.0	2047.2	1913.0	2.11	
W02	MATIDA波	X	1200Gal	2496.9	15246.8	11062.5	12394.3	15144.5	13462.0	-
	BCJ Level2	X	500Gal	551.4	657.7	570.5	599.3	629.1	614.2	1.11
	BCJ Level2	X	500Gal	699.8	1481.2	1414.9	1417.0	1450.4	1440.9	2.06
	BCJ Level2	X	800Gal	1149.9	2448.9	2107.9	2094.0	2053.1	2176.0	1.89
	MATIDA波	X	1000Gal	1312.8	2099.9	1760.4	1633.9	1807.4	1825.4	1.39
W03	JMA神戸原波	XYZ	1010.6	2014.8	1938.3	1916.6	1860.8	1932.6	1.91	
	MATIDA波	X	1200Gal	2122.2	17679.9	15421.0	18894.4	22175.6	18543.7	-
	MATIDA波	X	500Gal	553.1	616.8	540.3	563.3	568.6	572.3	1.03
	BCJ Level2	X	500Gal	721.3	1456.6	1462.9	1423.3	1405.1	1437.0	1.99
	BCJ Level2	X	800Gal	1080.8	2164.5	1838.9	1786.7	1784.7	1893.7	1.75
W04	MATIDA波	X	1000Gal	1329.9	1772.7	1626.8	1528.3	1532.9	1615.2	1.21
	JMA神戸原波	XYZ	942.0	1788.0	1656.2	1611.2	1560.7	1654.0	1.76	
	MATIDA波	X	1200Gal	1736.3	2695.5	2398.9	2209.8	2275.2	2394.8	1.38
	MATIDA波	X	500Gal	608.9	700.7	680.7	666.0	677.1	681.1	1.12
	BCJ Level2	X	500Gal	710.4	1727.7	1527.0	1426.4	1397.8	1519.7	2.14
W05	BCJ Level2	X	800Gal	1051.4	2191.7	1952.1	2012.4	2079.5	2058.9	1.96
	MATIDA波	X	1000Gal	1324.7	2202.1	1993.2	1906.8	1966.8	2017.2	1.52
	JMA神戸原波	XYZ	907.4	2365.9	1746.2	1684.9	1631.3	1857.1	2.05	
	MATIDA波	X	1200Gal	1215.3	11479.4	7815.7	7500.2	13476.9	10068.0	-
	MATIDA波	X	500Gal	563.0	624.8	599.5	504.5	528.6	564.4	1.00
W06	BCJ Level2	X	500Gal	714.9	1067.3	1334.7	1274.0	1447.3	1280.8	1.79
	BCJ Level2	X	800Gal	1015.3	1620.2	1680.0	1190.4	1589.7	1520.1	1.50
	MATIDA波	X	1000Gal	1230.9	1761.2	1762.7	1246.2	1373.4	1353.9	1.25
	JMA神戸原波	XYZ	942.1	1183.4	1370.8	1034.4	1277.0	1216.4	1.29	
	MATIDA波	X	1200Gal	1633.4	2415.6	2382.8	1733.7	1968.7	2125.2	1.30
W07	MATIDA波	X	1500Gal	1591.7	9596.8	3362.7	2048.5	2227.8	4309.0	-

2.3 静的試験との比較

加振試験で得られた等価荷重F-変位DX1(プレース構面の変位)関係と既往の正負繰返し静的水平加力試験結果参考文献¹⁾を比較した。試験W02と試験W04の荷重-変位関係の比較を図3に示す。ヒステリシスループ面積Sと最大歪エネルギーW(+側と-側の平均値)より求めた等価減衰定数hを各図に明記した。荷重と変位の関係は、同様の傾向を示したが、ループ面積は加振試験の方がやや小さな値となった。

2.4 地震波波形および損傷等の加振状況

各試験で天井面等に大きな損傷を生じた加振の地震波波形(加速度T02-X)を図4に示す。

<試験W01> (MATIDA波1200Gal)加振時に野縁受けの横曲げの変形が大きくなかった後、野縁受け繋ぎ(CC-19)が座屈した。プレース設置部の野縁受けがハンガーから脱落し、天井の変位が大きくなった。開口部の柱に天井面が衝突し天井面全体が垂下した。

<試験W02> (MATIDA波1200Gal)加振時にメイン加振方向に取付たプレース上部の吊りボルトのつけ根が破断した。続けて他のプレースが破壊し、開口部の柱に天井面が衝突し試験を停止した。加振後の観察により、ハンガーの補強金具の破断が確認された。

<試験W03> (MATIDA波1200Gal)加振時に野縁受けの横曲げの変形の増大と共に、クリップおよびハンガーの補

強金具が変形した。クリップ、ハンガーは変形したがビスによる連結は保持していたため、開口部の柱への天井面の衝突は無かった。

<試験 W04> (MATIDA 波 1000Gal) 加振時にメイン加振方向に取付たプレース上部の吊りボルトのつけ根が破断した。開口部の柱への天井面の衝突は無かったため、吊りボルトを交換後、(JMA 神戸原波) の加振を行い、ハンガーの補強金具が破断した。破断した金具を交換後 (MATIDA 波 1200Gal) の加振を行い、野縁受け繋ぎ (CC-19) が座屈しクリップおよびハンガーの補強金具が破損した。

<試験 W05> (JMA 神戸原波) の加振を行い、ハンガーの補強金具が破断した。破断した金具を交換後 (MATIDA 波 1500Gal) の加振を行い、加振方向に取付たプレース上部の金具と吊りボルトのつけ根が破断した。開口部の柱に天井面が衝突し試験を停止した。

3.まとめ

所定の加振レベルにおける、天井懐や使用する部材が異なる場合の天井面の挙動を確認した。また、加振試験と水平加力試験との比較も行った。

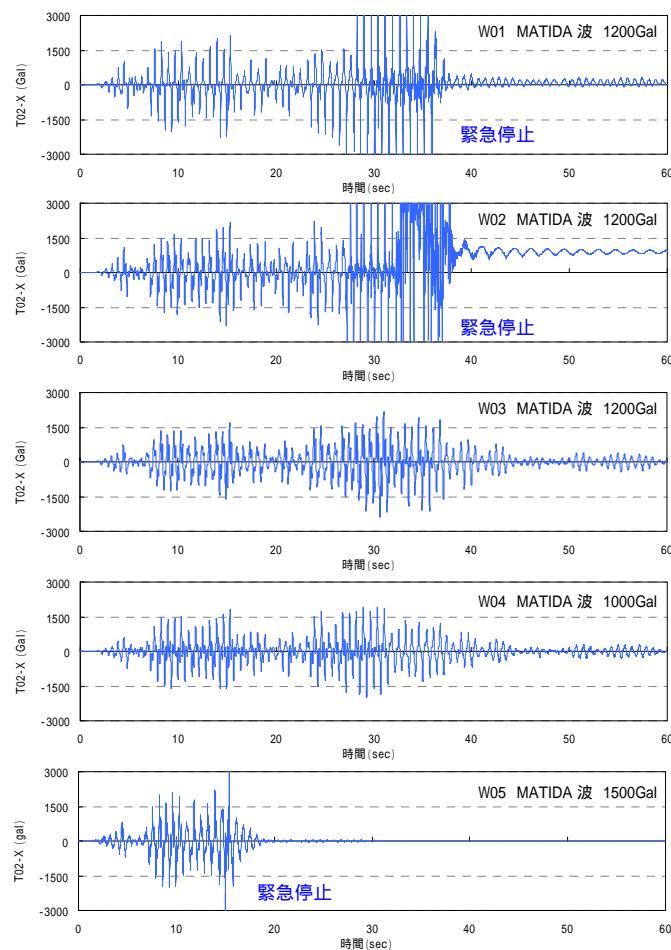


図 4 地震波波形

*1 東日本旅客鉄道 東京工事事務所

*2 東日本旅客鉄道 建設工事部 博士（工学）

*3 東日本旅客鉄道 建設工事部

*4 桐井製作所 工学博士

*5 桐井製作所

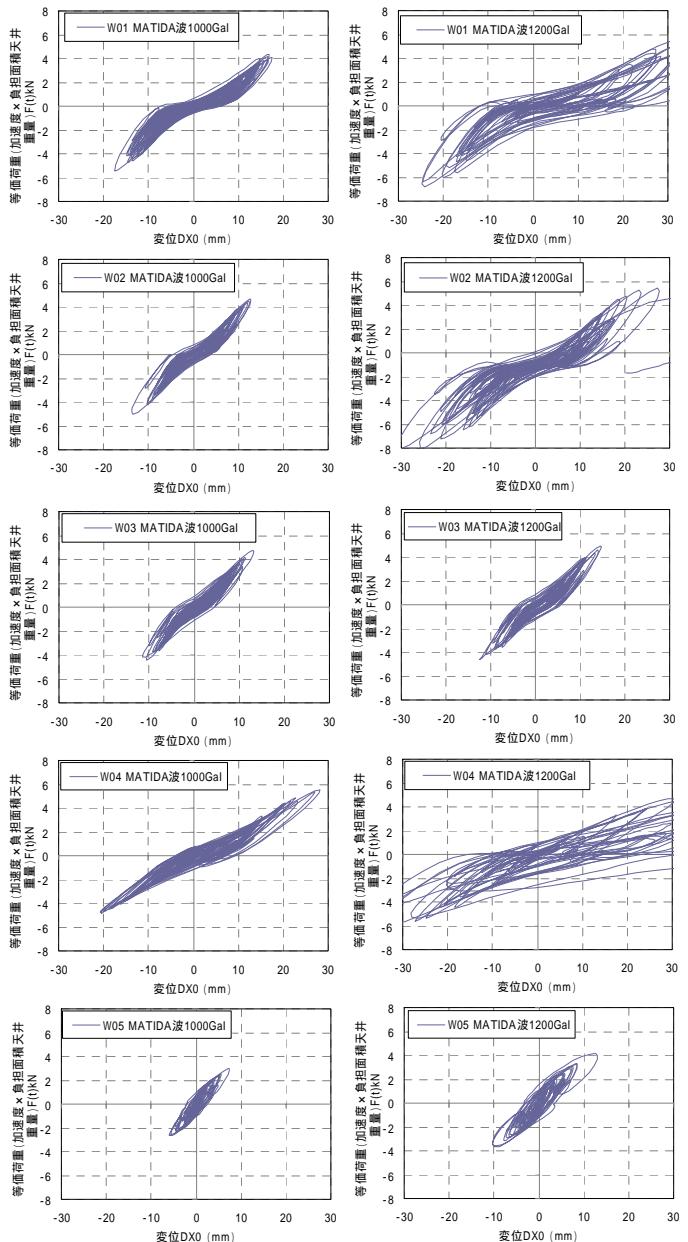


図 2 等価荷重 - 変位 (DX0) 関係

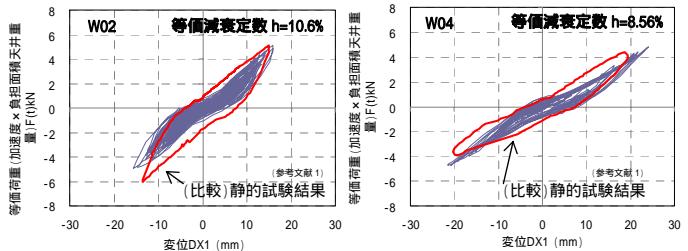


図 3 荷重 - 変位関係 (比較)

(参考文献)

- 「天井の耐震性に関する研究(その 7)」野曽原瑞樹、小林俊夫、荒井智一、日本建築学会大会梗概集、2008 年 9 月

Tokyo Construction Office, East Japan Railway Company

Construction Dep., East Japan Railway Company

Construction Dep., East Japan Railway Company, Dr. Eng.

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

Kirii Construction Materials Co., Ltd,