

## 準構造天井の耐震性に関する研究

## その2 振動台実験

天井ユニット	準構造化	地震波加振
耐震天井	伝達関数	固有振動数

## 1. はじめに

前稿その1では、静的加力実験により剛性を確認し、接合部材を用いて固有周期が0.1s以下となる準構造耐震天井として設計可能であることを確認した。

本報その2では、音楽ホールや講堂等は段差や勾配・曲面を組み合わせた複雑な天井形状であることが多いため、試験体は段差部を有する水平天井や勾配天井、曲面天井とし、振動台による地震波加振実験を行うことで、地震動に対する準構造耐震天井の安全性を確認する。

## 2. 実験概要

試験体概要を表1に、平面図および断面図を図1に、加振前の試験体状況を写真1に示す。

天井仕上材はせっこうボード  $t12.5\text{mm}$  2枚張りとし、天井部材は接合部材@ $900\text{mm} \times 1200\text{mm}$  とする。支持構造部材は  $C-100 \times 50 \times 20 \times 2.3$ @ $900\text{mm}$  とし、鉄骨部材（溝形鋼）等で振動台のフレームに取り付ける。その他の天井下地材の構成は前稿その1と同じとする。

水平天井の段差部（高さ 300mm）は、野縁受けと同材である  $C-40 \times 20 \times 1.6$  を縦に配置し、上段と下段の野縁受けにそれぞれビス（ $\phi 4 \times 16$ ）2本で接合する。

加振方向は左右 X・前後 Y・上下 Z の3方向とし、加振波は、東北地方太平洋沖地震(2011.3.11)で

の気象庁による観測波である芳賀波 50%、芳賀波 100%、仙台波 100%の順に加振する。また、各加振後に、3方向それぞれランダム波加振を行い、試験体特性を確認する。

計測は、3方向を計測できる加速度計を各天井面の中央およびその上部の鉄骨部材に取り付ける。その結果から鉄骨部材に対する各天井面の伝達関数を算定し、それらのピーク値を読み取ることで天井の1次固有振動数を推定する。変位については、レーザー変位計を用いて測定する。主な計測位置を図1の試験体図に示す。

表1 試験体概要

	天井面寸法	備考
水平天井（下段）	1820mm×1360mm	段差部高さ = 300mm
水平天井（上段）	1820mm×3030mm	
曲面天井	1820mm×2165mm	野縁受け横曲げR=1500mm
勾配天井	1820mm×2700mm	天井勾配 = 5寸（26.6度）

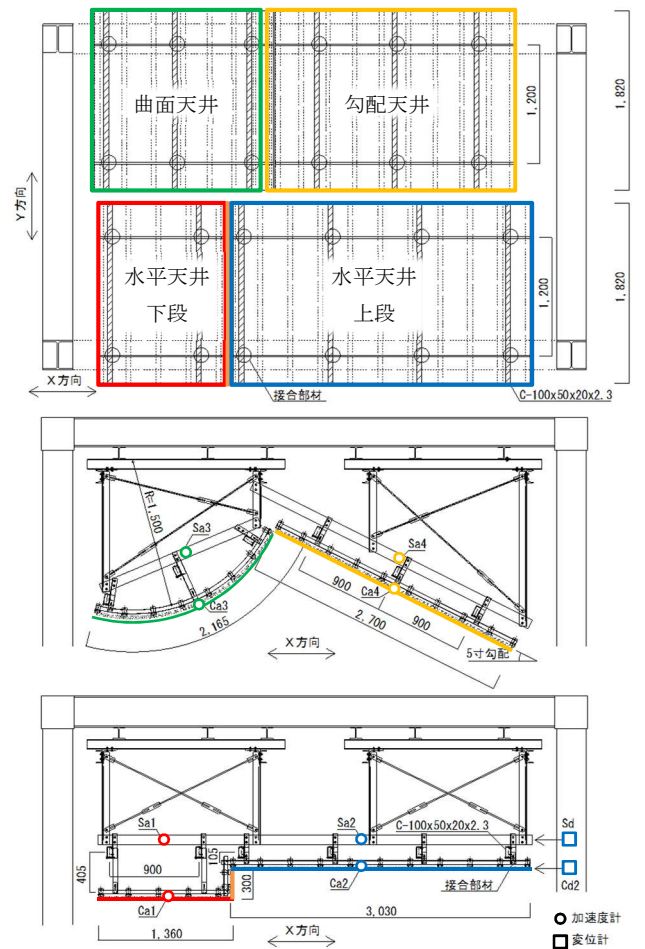
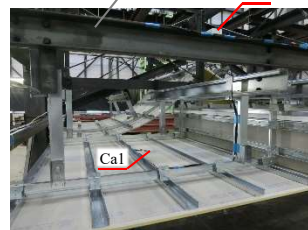


図1 試験体図



a) 水平天井側全景

b) 勾配・曲面天井側全景



c) 水平天井（下段）



d) 水平天井（上段）

写真1 加振前状況

### 3. 実験結果

図2に仙台波 100%加振時に計測した水平天井上段の X 方向の加速度および変位の時刻歴波形を示す。最大加速度は、鉄骨部材が  $1472 \text{ cm/s}^2$ 、天井面が  $2141 \text{ cm/s}^2$  であった。最大変位は、鉄骨部材が  $2.9 \text{ mm}$  に対して、天井面が  $5.3 \text{ mm}$  であった。天井面の残留変位は  $0.2 \text{ mm}$  であった。

表2に仙台波 100%加振時の主な計測位置の最大値を示す。天井面の最大加速度として、水平天井下段において  $3909 \text{ cm/s}^2$  (約  $4 \text{ G}$ ) を計測した。

写真2に仙台波 100%加振後の試験体状況を示す。写真の通り、芳賀波 50%、芳賀波 100%、仙台波 100%の順に加振した後の状況においても、全ての部材に変形や損傷が発生していないことを確認した。

図3に仙台波 100%加振後にランダム波加振を行った結果から算定した各鉄骨部材に対する各天井面の伝達関数を示す。この図より、各天井の X 方向 (野縁受け方向) と Y 方向 (野縁方向) の 1 次固有振動数を推定することができ、水平天井下段は X 方向  $16.8 \text{ Hz}$  Y 方向  $19.4 \text{ Hz}$ 、水平天井上段は X 方向  $28.0 \text{ Hz}$  Y 方向  $31.9 \text{ Hz}$ 、曲面天井は X 方向  $18.6 \text{ Hz}$  Y 方向  $18.6 \text{ Hz}$ 、勾配天井は X 方向  $17.6 \text{ Hz}$  Y 方向  $34.9 \text{ Hz}$  と推定する。

水平天井下段および上段、曲面天井、勾配天井それぞれにおいて、固有振動数  $10 \text{ Hz}$  以下の帯域において応答倍率が大きく増幅する傾向はなかった。また、各天井面の応答倍率が大きくなる固有振動数がそれぞれ  $10 \text{ Hz}$  以上であることを確認した。これより、地震波加振後においても準構造耐震天井の固有周期が  $0.1 \text{ s}$  以下であり、剛であることを確認した。

### 4. まとめ

段差部を有する水平天井や勾配天井、曲面天井といった複雑な形状の準構造耐震天井を振動台による地震波加振実験を行った結果、部材の変形や損傷は発生せず、準構造耐震天井の安全性を確認した。また、振動台実験結果から算定した伝達関数のグラフから各天井の固有振動数を確認し、固有周期が  $0.1 \text{ s}$  以下であり、剛であることを確認した。

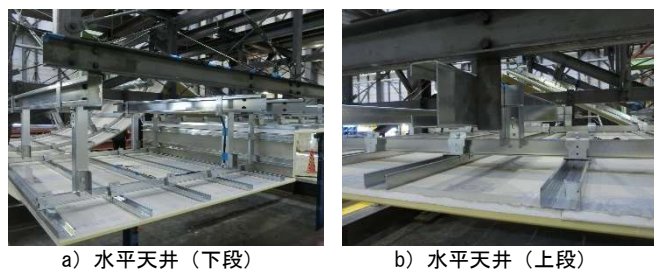


写真2 仙台波 100%加振後状況

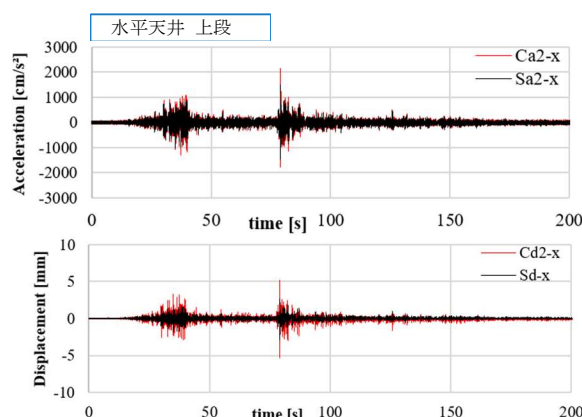


図2 加速度・変位時刻歴波形 (仙台波 100%)

表2 加速度・変位最大値 (仙台波 100%)

計測位置			X方向	Y方向	Z方向
振動台テーブル		Ta [cm/s <sup>2</sup> ]	948	1481	306
振動台フレーム		Fa [cm/s <sup>2</sup> ]	1122	2274	595
水平天井 下段	鉄骨部材	Sa1 [cm/s <sup>2</sup> ]	1472	2710	888
	天井面	Ca1 [cm/s <sup>2</sup> ]	3188	3909	1211
水平天井 上段	鉄骨部材	Sa2 [cm/s <sup>2</sup> ]	1472	3230	680
	天井面	Ca2 [cm/s <sup>2</sup> ]	2141	2662	1419
曲面天井	鉄骨部材	Sa3 [cm/s <sup>2</sup> ]	1564	2856	780
	天井面	Ca3 [cm/s <sup>2</sup> ]	2436	2733	1001
勾配天井	鉄骨部材	Sa4 [cm/s <sup>2</sup> ]	1598	3254	896
	天井面	Ca4 [cm/s <sup>2</sup> ]	2023	3086	1028
水平天井 上段	鉄骨部材	Sd [mm]	2.9	-	-
	天井面	Cd2 [mm]	5.3	-	-

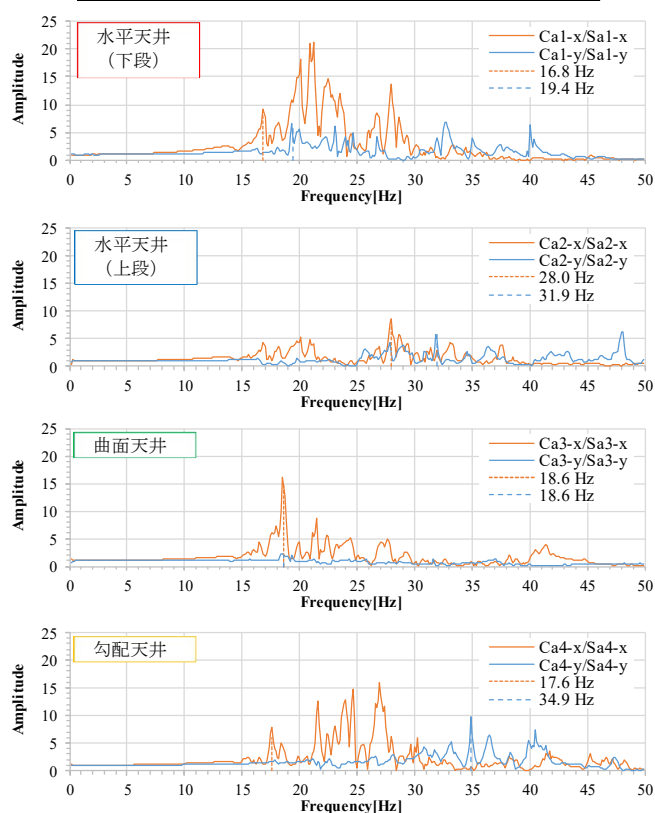


図3 伝達関数 (天井面/鉄骨部材)

\*1 桐井製作所

\*2 桐井製作所 修士 (工学)

\*3 桐井製作所 工学博士

\*1 Kirii Construction Materials Co., Ltd.

\*2 Kirii Construction Materials Co., Ltd, M Eng.

\*3 Kirii Construction Materials Co., Ltd, Dr.Eng.