

高層建物スプリンクラー設備の中地震振動実験

大阪谷 彰^{*1}

藤堂 正喜^{*1} 渡壁 守正^{*1}
 稲井 慎介^{*1} 桑 素彦^{*2}

概 要

本実験では、代表的なスプリンクラー設備が中地震後も地震前と同等に機能を維持するために必要な技術基準を検討するための基盤的情報を得ることを目的として、スプリンクラー設備を備えた実大試験体について、高層建築物の応答を模擬した振動実験を行った。本実験により、中・大規模事務室空間に標準的な仕様で施工されたスプリンクラー設備については、中地震によって機能損失が起きる可能性が小さいことが示された。

Shaking Table Test of High-Rise Building Sprinkler Systems on Level-1 scale Earthquake

Akira OHSAKAYA^{*1} Masanobu TOHDO^{*1}
 Morimasa WATAKABE^{*1} Shinsuke INAI^{*1}
 Motohiko KUWA^{*2}

The purpose of this experiment is to obtain basic information to examine a technological standard necessary so that typical sprinkler equipment may maintain the function equally before the earthquake after level-1 scale earthquake.

In this experiment, the shaking table test that imitated the response of the high-rise building was done about the real large examination model that had provided with the sprinkler equipment.

It was shown that the possibility that the function loss occurs due to level-1 scale earthquake was small by this experiment about the sprinkler equipment constructed to the middle or large-scale office space by a standard specification.

^{*1} 技術研究所 ^{*2} 建築設計統轄部 構造設計部

^{*1} Technical Research Institute ^{*2} Structural Design Department

高層建物スプリンクラー設備の中地震振動実験

大阪谷 彰^{*1} 藤堂 正喜^{*1}
 渡壁 守正^{*1} 稲井 慎介^{*1}
 桑 素彦^{*2}

1. はじめに

スプリンクラー設備については、稀に起こる地震(レベル1地震、中地震)後の機能維持に関わる基準が明確になっていないこともあって、スプリンクラー設備の初期消火能力等を避難安全性能などに組み入れる建築基準にはなっていない。

地震時にはスプリンクラー設備に被害が生じたとする調査結果^{1,2)}があり、被害発生を抑えるための検討³⁾がなされている。しかしながら、兵庫県南部地震のような極稀に起こる地震ではなく、稀に起こる地震に対するスプリンクラー設備の機能維持に関して、実大規模で検討した研究はない。

そこで、本実験では代表的なスプリンクラー設備が中地震後も地震前と同等に機能を維持するために必要な技術基準を検討するための基盤の情報を得ることを目的として、スプリンクラー設備を備えた実大試験体について、高層建築物の応答を模擬した振動実験を行った。

2. 実験における想定建物

スプリンクラー設備は、11階以上の階を有する建物に設置が義務付けられることから、本実験の対象として、超高層事務所ビルを想定した。想定建物の概要は次の通りである。

- 建設場所：東京都内(第2種地盤)
- 建築規模：地上19階、地下2階
- 構造種別：地上階S造(柱CFT造)
 地下階SRC造およびRC造
- 構造形式：制震ダンパー付ラーメン構造
- 基礎構造：直接基礎
- 基準階高：4.25m

なお、上部構造の設計クライテリアは、稀に発生する地震動に対して各階の層間変形角1/200以下、極めて稀に発生する地震動に対して各階の層間変形角1/100以下である。

3. 試験装置及び試験体

3.1 振動台

写真-1に示す西松建設(株)所有の3次元大型振動台を使用した。表-1に振動台の諸元を示す。



写真-1 3次元大型振動台

表-1 振動台諸元

テーブル	寸法 5.5m × 5.5m, 重量約 400kN
積載重量	定格 300kN(最大積載重量 650kN)
加力方向	3軸 6自由度
駆動方式	電気・油圧方式
制御方式	繰り返し入力補償 逐次適応型入力補償 リアルタイム制御方式
加振振動数	DC ~ 50Hz
加振波形	地震波, ランダム波, 正弦波
計測チャンネル数	96チャンネル
サンプリング振動数	2kHz/ch (96チャンネル取込時)

加振性能

項目 \ 方向	X	Y	Z
加速度	± 2.0G	± 2.0G	± 2.0G
速度	100cm/s	150cm/s	100cm/s
変位	± 20cm	± 50cm	± 20cm

3.2 架台フレーム(写真-2参照)

架台フレームは、剛性を確保するために全構面にブレースを配置している。架台フレームの固有振動数は、X軸方向(弱軸):約7Hz、Y軸方向(強軸):約10Hz、Z軸方向(鉛直):約16Hzであった。

3.3 試験体

試験体平面図を図-1に示す。概要は次の通りである。

(1) 天井

天井の形式は超高層事務所ビルで一般的に採用されている600mmグリッドタイプとした。天井外周サイズは、5460mm × 5460mmである。試験体の外観を

^{*1} 技術研究所 ^{*2} 建築設計統轄部 構造設計部

写真-2に示す。実験における天井四周の扱いについては、大規模天井の一部を取り出した状況を再現するために、架台フレームから270mm離し、自由に振動できることとした。ただし、本実験では天井被害が軽微な場合におけるスプリンクラー設備被害の原因特定を主な目的としたため、天井の水平方向耐力は余力を持たせており、耐震ブレースについては標準仕様より1対多い3対のブレース（一部の実験では標準仕様の2対）を配している。

(2) スプリンクラー設備

スプリンクラーヘッドは、事務所ビルに多く用いられているフラッシュ型を9個配置し、すべてシーリングプレートを取り付けた。スプリンクラーヘッドおよびその固定状況を写真-3および写真-4に示す。巻き出し配管は、次の3通りの方式を対象とした。

- 1) 在来実管方式（図-1中Bパターン）：巻き出し方向を変化させた3種類の施工を行い、設備プレートは用いず、スプリンクラーを直接天井ボードに設置した。
- 2) フレキ単体方式（図-1中Cパターン）：横引き管から設備プレートに設けたスプリンクラーヘッドにフレキを用いて1対1で接続し、フレキは1m,2m,3mの3種類を用い、3mフレキについては吊りボルトにて支持を行った（一部実験では自由）。
- 3) フレキ多口継手形式（図-1中Aパターン）：横引き管に設けた一ヶの多口継手から設備プレートに設けた三ヶのスプリンクラーヘッドにフレキを用いて接続した。フレキの長さ、支持方法は上記2）と同様である。

その他、横引き管は枝管を想定しスプリンクラー個数に応じた配管径とした。縦管の配管径についても同様である。縦管には圧力計およびバルブを設置し、圧力漏れの監視に利用した。

配管およびフレキ管内の水重量については、写真-4に示す鉛テープおよび鉛シートを巻き付け再現している。

4. 実験入力加振波の作成と実験ケース

実験における入力加振波（レベル1地震、中地震）は地震応答解析により求めた。作成フローを図-2に示す。

4.1 入力地震動

平成12年建設省告示第1461号（改正平成13年国土交通省告示第388号）による方法により、モデル建物の解放工学的基盤における模擬地震動を作成し、地盤応答解析により基礎底位置の応答加速度を算定した。地震動の位相は、海洋型地震を対象とした八戸位相および直下型地震を対象とした神戸位相を採用した。表-2に入力地震動の諸元を、図-3に応答スペクトル（ $h = 0.05$ ）を示す。

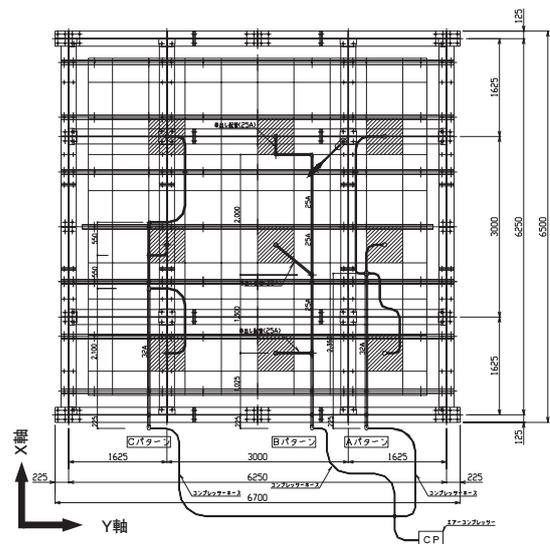


図-1 試験体平面図

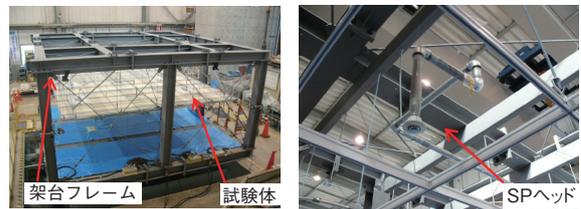


写真-2 試験体外観



写真-3 SPヘッド



写真-4 天井上面 SPヘッド固定状況

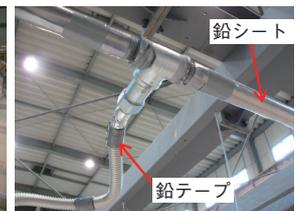


写真-5 鉛シートおよび鉛テープ

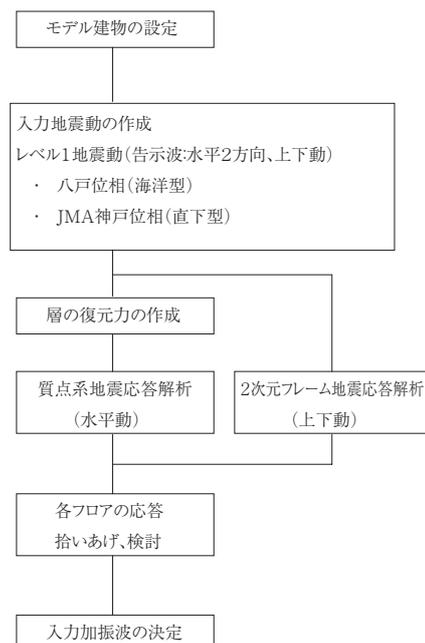


図-2 入力加振波作成フロー

表-2 入力地震動の諸元 (レベル1地震、中地震)

	八戸位相 (海洋型)		神戸位相 (直下型)	
	最大加速度	最大速度	最大加速度	最大速度
水平主要動	72.2Gal	10.2cm/s	73.6Gal	10.0cm/s
水平直交動	41.3Gal	6.0cm/s	50.8Gal	7.3cm/s
上下動	43.3Gal	5.1cm/s	31.6Gal	5.4cm/s

表-3 モデル建物固有周期 (単位:sec)

	1次	2次	3次
X方向	2.65	0.90	0.54
Y方向	2.68	0.91	0.54
Z方向	0.41	0.34	0.30

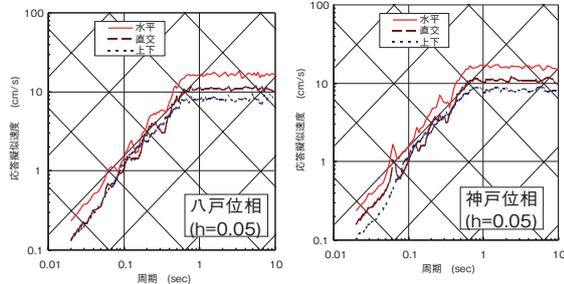


図-3 入力地震動の応答スペクトル

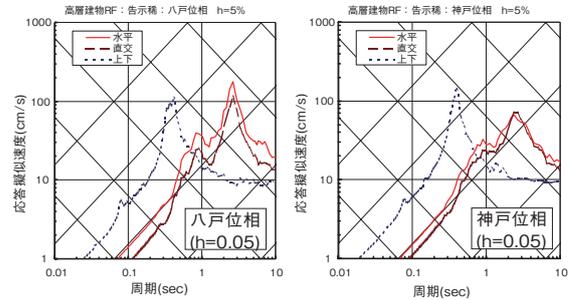


図-4 実験入力加振波の応答スペクトル

4.2 地震応答解析

水平方向の主要動、直交動については質点系地震応答解析、上下動については2次元フレーム地震応答解析を行い、各フロアの応答加速度を求めた。モデル建物の固有周期を表-3に示す。解析の結果、主要動、直交動および上下動ともR階における応答がおおむね各周期帯にわたり最大となることから、R階の応答結果を実験入力加振波として採用した。図-4に実験入力加振波の応答スペクトル (h = 0.05) を示す。

実験入力加振波の応答スペクトルのピークは、八戸位相および神戸位相とも表-3に示す建物固有周期近傍に生じている。紙面の都合上割愛するが、各階ともおおむね同様のスペクトル性状が確認できる。

4.3 実験ケース

実験入力加振波 (以下、目標波) について、加振軸・加振倍率などを変えた実験ケース (表-4) を実施した。ここで、加振倍率は、中地震レベル (表-2に示す地震波を入力した際のR階応答) を1.0として定義した。図-5に目標波と架台フレーム加速度の加速度応答スペクトル (加振倍率1.0における八戸位相波、JMA神戸位相波) を示す。0.4秒以下の短周期で架台フレームの応答が大きいものの、0.4秒以上の周期帯域において、両者はほぼ一致している。なお、ケース⑰については、振動台の最大ストロークを超えないよう長周期成分[0.5Hz以下]をカットした。また、ケース⑪~⑭及び⑯、⑰は3mフレキの吊りボルトを外し、ケース⑯、⑰の実験は天井の耐震ブレースを3対から2対に減らして行った。

表-4 実験ケース

番号	加振波	加振軸	入力レベル	加振倍率 r	フィルター処理	備考
①	八戸	1軸 (主要動)	50%	0.4	0.2 ~ 50Hz	
②	八戸	1軸 (主要動)	100%	0.8	0.2 ~ 50Hz	
③	八戸	3軸	50%	0.4	0.2 ~ 50Hz	
④	JMA	3軸	50%	0.4	0.2 ~ 50Hz	
⑤	八戸	3軸	100%	0.8	0.2 ~ 50Hz	
⑥	JMA	3軸	100%	0.8	0.2 ~ 50Hz	
⑦	JMA	1軸 (主要動)	100%	0.8	0.2 ~ 50Hz	
⑧	JMA	3軸	100%	0.8	0.5 ~ 50Hz	
⑨	八戸	3軸	125%	1.0	0.2 ~ 50Hz	中地震想定
⑩	JMA	3軸	125%	1.0	0.2 ~ 50Hz	中地震想定
⑪	JMA	3軸	100%	0.8	0.2 ~ 50Hz	3mフレキ吊りボルト外し
⑫	八戸	3軸	100%	0.8	0.2 ~ 50Hz	3mフレキ吊りボルト外し
⑬	JMA	3軸	175%	1.4	0.2 ~ 50Hz	3mフレキ吊りボルト外し
⑭	JMA	3軸	200%	1.6	0.2 ~ 50Hz	3mフレキ吊りボルト外し
⑮	八戸	3軸	150%	1.2	0.2 ~ 50Hz	
⑯	八戸	3軸	150%	1.2	0.2 ~ 50Hz	3mフレキ吊りボルト外し ブレース2対
⑰	八戸	3軸	300%	2.4	0.5 ~ 50Hz	3mフレキ吊りボルト外し ブレース2対

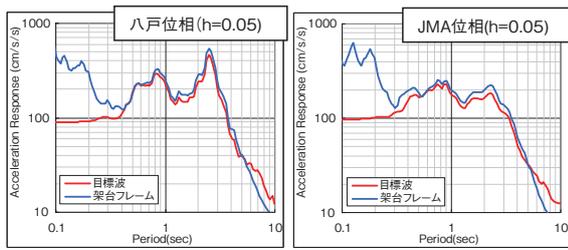


図-5 目標波とフレームの加速度応答スペクトル

表-5 自由振動結果

計測箇所	X方向ピーク振動数 [Hz]		Y方向ピーク振動数 [Hz]	
	⑦加振前	⑬加振後	⑦加振前	⑬加振後
Tバー (4箇所)	5.62	5.62	5.52	5.52
ボード SP有り	5.62	5.62	5.52	5.52
ボード SP無し	5.62	5.62	5.54	5.54

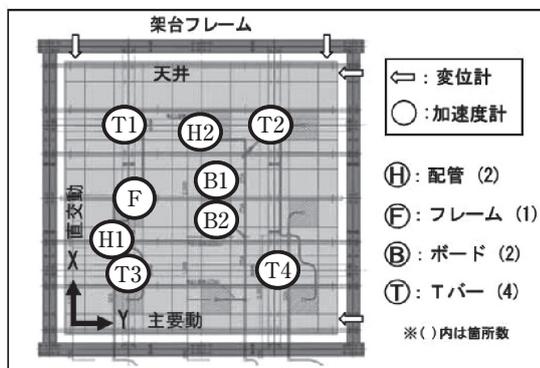
4.4 自由振動実験

中地震応答波加振の前後の自由振動実験結果を表-5に示す。加振は人力で天井を直接押す方法で実施した。Tバー(4か所)とボード(2か所)のピーク値(X:5.62Hz,Y:5.52Hz)が同じであるため、天井全体が一体となって挙動したと言える。また、中地震応答波加振の前後において、ピーク振動数に変化はなかったことや目視でのチェックなどから、天井部材の応答は弾性範囲内におさまっており損傷を受けていないと判断した。

5. 計測、確認方法

5.1 振動性状計測方法

振動性状の計測については、図-6に示すように架台フレーム上、Tバー、ボード(スプリンクラー有り:SP.add,無し:SP-non)、配管(フレキ接続部,在来実管部)の加速度および天井の変位とした。ここで、Y方向が主要動、X方向が直交動である。加速度計設置状況の一部を写真-6、7に示す。



H1: フレキ接続, H2: 在来実管, B1: SP.non, B2: SP.add

図-6 各部の計測状況



写真-6 加速度計設置状況(フレキ接続部)



写真-7 加速度計設置状況(ボード、スプリンクラー有り)

5.2 スプリンクラー設備機能維持確認方法

スプリンクラー設備の地震時機能維持に関しては、それぞれ以下の確認方法を用いた。

(1) 天井部材目視チェック

加振後、外部からおよび一部天井ボードを取り外して天井内部を目視し、照明パネル、設備プレート、天井ボード、Tバー、ブレースおよび接合部材等の破損やねじれなどの異常の有無を確認した(写真-8)。

(2) スプリンクラー設備目視チェック

加振後、外部からおよび一部天井ボードを取り外して天井内部を目視し、スプリンクラーヘッド、配管、フレキ管、吊りボルト、天井部材との取り合いなどの破損や外れなどの異常の有無を確認した(写真-9)。

(3) 圧力変動監視

3種類の配管ルートの圧力をコンプレッサーにて0.3MPaに加圧した後加振し、空気漏れによる圧力変動を圧力計にて5~10分おきに20~60分間監視した(写真-10)。

(4) スプリンクラー配管空気漏れチェック

配管の接続状況を確認するために、加振後、配管接続部に石鹼水を塗布し、配管接続部の空気漏れの有無を確認した。(写真-11)



図-8 天井部材目視チェック



図-9 SP設備目視チェック

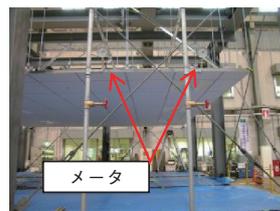


図-10 圧力変動監視 圧力計



図-11 SP配管空気漏れチェック

5.3 動画撮影

試験体の振動の様子、スプリンクラー配管の機能維持確認状況などを記録するために、計7台のビデオカメラで全実験の撮影を行った。ビデオカメラの設置位置および撮影方向を図-7に、それらの瞬間的映像の一部を写真-12~17に示す。このうちビデオカメラV3~V5はフレームに固定し、相対的な動きを撮影した。

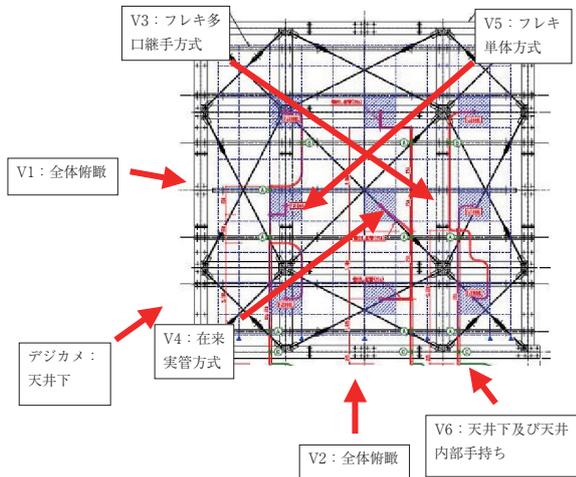


図-7 ビデオカメラ設置位置及び撮影方向



写真-12 V1 全体俯瞰



写真-13 V3 フレキ多口継手方式



写真-14 V5 フレキ単体方式



写真-15 V6 天井下



写真-16 V2 全体俯瞰



写真-17 V6 天井内部

6. 計測、確認結果

6.1 中地震応答波加振時の振動性状

中地震応答波加振時(ケース⑧, $r = 1.0$)の試験体振動性状(Tバー, ボード, 配管)を計測データにより確認した。

(1) Tバー

図-8にY方向の加速度時刻歴波形、加速度フーリエスペクトルを示す。図より自由振動(表-5)と同様に5.5Hz付近にピークが確認できる。計測位置による差異がほとんどないため、Tバー全体は一体となって挙動していたと言える。なお、最大変位はX方向1.5mm、Y方向1.8mmであった。

(2) ボード (スプリンクラー有り, 無し)

図-9にボード(スプリンクラー有り: SP.add, 無し: SP.non)の加速度時刻歴波形(Y,Z方向)、加速度フーリエスペクトル(Y方向)を示す。Tバーと同様に5.5Hz付近にピークが確認できる。Z方向の時刻歴波形で、スプリンクラー無しは4Gを超える加速度となっており、ボードが浮き上がって着地した時の波形と考えられる。スプリンクラー有りは、ヘッド部とボードのクリアランスを設けているが、厳密にはシーリングプレートを通じて繋がっているため、ほとんど浮き上がらなかったと考えられる。

(3) 配管 (フレキ接続部, 在来実管部)

図-10に配管の加速度フーリエスペクトル(X,Y方向)を示す。フレキ管の水平方向の振動は、長さ方向と直交方向で異なるのは、配管吊り治具の剛性差の影響と考えられる。在来実管の水平方向の振動は、長さ方向と直交方向で差は小さい。スプリンクラーヘッドとボードの摩擦により直交方向の剛性が高くなっているためと考えられる。

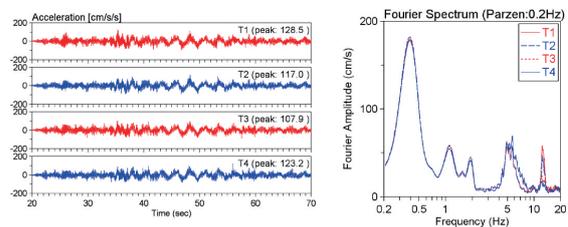


図-8 Tバーの加速度⑧ (Y方向, 4箇所)

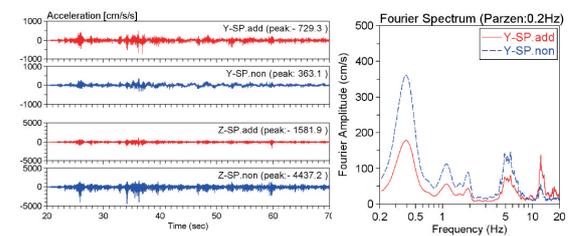


図-9 ボードの加速度⑧ (Y,Z方向)

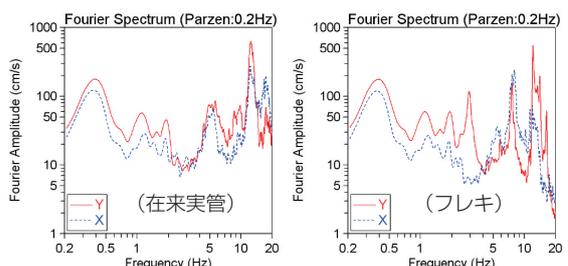


図-10 配管の加速度フーリエスペクトル⑧

(4) 耐震ブレース

耐震ブレースについては特にセンサーを設置してはなかったが、加振後の確認では取付金具などの緩みはなく、健全な状態であった。動画では耐震ブレースが細かい振動をしていたが、取付金具は固定が維持されているのが確認できる。

6.2 その他の加振結果

(1) 中地震以上の応答波加振時の振動性状

図-11に加振倍率 $r = 1.0$ 及び $r = 1.6$ のボード(スプリンクラー有り: SP.add, 無し: SP.non) のフーリエスペクトル (Y方向) を示す。加振倍率を上げてピーク振動数に変化はなく、そのフーリエ振幅は約1.6倍になっている。図-12に $r = 0.4 \sim 1.6$ におけるボードの最大加速度を示す。Z方向の増幅率が大きいのは、浮き上がりによるものと考えられる。

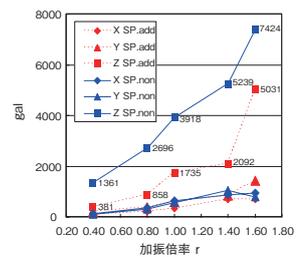
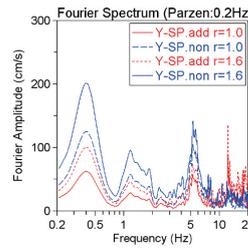


図-11 フーリエスペクトル⑨、⑭ (ボード)

図-12 ボードの最大加速度

(2) 耐震ブレース 2 対の応答波加振時の振動性状

ケース⑩では耐震ブレースを3対から2対に減らし、 $r = 1.2$ で加振した。加振前の自由振動実験結果から、Y方向のピーク振動数が5.52Hzから4.86Hzとなったが、特に試験体の損傷などは認められなかった。

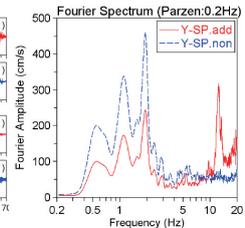
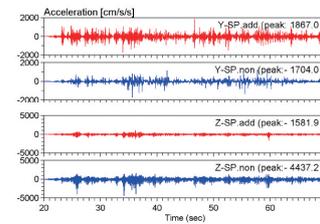


図-13 ボードの加速度⑰ (Y、Z方向)

(3) ケース⑰

長周期成分をカット [0.5 ~ 50Hz] して入力レベルを300%とした加振がケース⑰である。図-13にボード(スプリンクラー有り: SP.add, 無し: SP.non) の加速度時刻歴波形 (Y,Z方向)、フーリエスペクトル (Y方向) を示す。加速度時刻歴波形において最大加速度が5G (Z方向) を超えているのが確認でき、ボードのすべりや浮き上がりがより激しくなり、Tバーと衝突していると考えられる。しかしながらボードが外れたり、損傷を受けたりした形跡は確認されなかった。

6.3 スプリンクラー設備機能維持確認結果

それぞれの加振パターンにて試験体加振後、5.2に記した機能維持確認方法により、確認を行った。その結果を表-6に示す。一部のケースにおいては目視および石鹸水によるスプリンクラー配管空気漏れチェックを省略したが、すべてのケースにおいて加振後の圧力低下は見られなかった。

また、目視および石鹸水によるスプリンクラー配管空気漏れチェックを行ったすべてのケースにおいて天井およびスプリンクラー配管・ヘッドの損傷、またスプリンクラー配管の空気漏れは確認されなかった。これらは限られた試験条件における結果ではあるが、中大規模事務室空間に標準的な仕様で施工されたスプリンクラー設備については、中地震によって機能損失が起きる可能性は小さいと思われる。

表-6 スプリンクラー設備機能維持確認結果

番号	加振波	加振軸	加振倍率 r	フィルター処理	備考	天井部材目視結果*	SP設備目視結果*	配管空気漏れ*	各配管内圧力 (MPa) **							
									加振前	加振後	10分	20分	30分	40分	50分	60分
⑩	八戸	1軸(主要動)	0.4	0.2~50Hz		-	-	-	0.3	0.3	-	-	-	-	-	-
①	八戸	1軸(主要動)	0.8	0.2~50Hz		-	-	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
②	八戸	3軸	0.4	0.2~50Hz		異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
③	JMA	3軸	0.4	0.2~50Hz		異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
④	八戸	3軸	0.8	0.2~50Hz		異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
⑤	JMA	3軸	0.8	0.2~50Hz		異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
⑥	JMA	1軸(主要動)	0.8	0.2~50Hz		異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	-	-	-	-	-	-
⑦	八戸	3軸	0.8	0.5~50Hz		異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
⑧	八戸	3軸	1.0	0.2~50Hz	中地震想定	異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
⑨	JMA	3軸	1.0	0.2~50Hz	中地震想定	異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
⑩	JMA	3軸	0.8	0.2~50Hz		異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
⑪	JMA	3軸	0.8	0.2~50Hz	3mフレキ吊りボルト外し	異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
⑫	八戸	3軸	0.8	0.2~50Hz	3mフレキ吊りボルト外し	-	-	-	0.3	0.3	-	-	-	-	-	-
⑬	JMA	3軸	1.4	0.2~50Hz	3mフレキ吊りボルト外し	異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
⑭	JMA	3軸	1.6	0.2~50Hz	3mフレキ吊りボルト外し	異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
⑮	八戸	3軸	1.2	0.2~50Hz		異常なし	異常なし	なし	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
⑯	八戸	3軸	1.2	0.2~50Hz	3mフレキ吊りボルト外し ブレース2対	-	-	-	0.3	0.3	-	-	-	-	-	-
⑰	八戸	3軸	2.4	0.5~50Hz	3mフレキ吊りボルト外し ブレース2対	異常なし	異常なし	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

* これらの欄においては、天井ボードを開け、5.2「スプリンクラー設備機能維持確認方法」に記した詳細な確認を行った結果を記している。

** 圧力は3通りの巻き出し配管方式について監視したが、全て一定であったので一つの値のみ記入している。

さらに、レベル1地震に対する応答の2.4倍程度の応答を与えた場合（ケース⑰）でも今回の加振によって天井およびスプリンクラー設備に損傷は生じておらず、本実験で対象とした19階を越える高層部分に対しても、本実験と同様の仕様であれば、中地震に対してスプリンクラー設備の損傷は起きにくいと考えられる。

ただし、3mフレキ管の吊りボルトを外した場合（ケース⑪～⑭）には、結果的には天井およびスプリンクラー設備に損傷は無かったものの、フレキ管の振動は非常に大きく、天井ボードに接触寸前となるケースも映像で確認できた。今回の実験では天井空間にかなりの余裕があったが、実際の建物においては天井内に空調機や空調ダクトその他配管類があり、その合間を縫ってフレキ管を通すことになる。そのような場合には地震時にフレキ管と他の設備および天井部材との衝突によるお互いの損傷が皆無とは言いきれない。それを避ける意味では、長いフレキ管に対する吊りボルトの必要性は考慮の余地があると思われる。

7. まとめ

標準的なグリッド形システム天井とスプリンクラー設備を備えた実大試験体および3次元大型振動台を用いて、高層建築物の応答を模擬した振動実験を行った。その結果、中・大規模事務室空間に標準的な仕様で施工されたスプリンクラー設備については、中地震によって機能損失が起きる可能性が小さいことが示された。今後は、今回実験対象としなかった事務所以外の建築物、グリッド形システム天井以外の天井、大地震時における機能維持などについて検討する必要がある。

謝辞

本研究は（独）建築研究所、戸田建設（株）、西松建設（株）および（財）日本建築センターの共同研究として、平成20年度国土交通省建築基準整備促進補助金事業により実施したもの⁴⁶⁾である。記して、関係各位に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 神戸市消防局予防部査察課：兵庫県南部地震によるスプリンクラー設備の損傷に関する実態調査結果，火災，Vol.46，No.3，pp.5-8，1996
- 2) 大阪市消防局予防課：兵庫県南部地震における大阪市内の消防用設備等（スプリンクラー設備）の被害と耐震対策，火災，Vol.46，No.3，pp.9-12，1996
- 3) 國川明輝：地震に対するスプリンクラー配管の防御（その1），火災，Vol.46，No.3，pp.25-29，1996，（その2），Vol.46，No.4，pp.52-57，1996
- 4) 河野他：「スプリンクラー設備の地震時挙動確認実大実験」平成21年度日本火災学会研究発表会 概要集
- 5) 桑，高井，大阪谷他：「高層建物スプリンクラー設備の中地震振動実験－第1報～第3報」日本建築学会2009年度大会学術講演 梗概集
- 6) 戸田建設（株），西松建設（株），（財）日本建築センター：「大規模空間を持つ建築物の天井脱落等およびスプリンクラー設備の地震時機能維持等に関する調査」2009.3