

包括的耐震性能評価実験

その36 実大10層試験体8階のダクト及びSP設備の地震応答特性

正会員 ○水谷国男*1 非会員 村田孝友*2 非会員 廣井秀明*2
正会員 鈴木卓也*3 正会員 藤原 淳*4 正会員 西 峻汰*5

E-Defense 天吊りダクト スプリンクラー
実大建物加振実験 設備耐震 加速度応答倍率

1. はじめに

本報および次報では、防災科研による「10層鉄骨造オフィス試験体による建物の動的特性評価実験」の試験体内8階の余剰空間を利用して、地震時の空調・防災設備機器と設備システム全体の機能継続に関する検証実験を行った結果について報告する。

オフィスビルや工場などの空調設備は、一般に空調機器単体ではなく、配管やダクトおよび電気配線等が繋がったシステム全体で機能を発揮しており、その一部分だけが損傷しても、空調設備全体の機能喪失もしくは大幅な機能低下を招く可能性がある。また、スプリンクラーなどの防災設備も、地震により系統の一部が損傷するだけで、損傷個所以外のエリアで地震直後に発生した火災を消火できなくなり、深刻な2次災害を招く恐れがある。

そこで、我々は10層鉄骨造オフィス試験体の8階に、設備機器と配管・ダクト等を実際に近い形で施工し、地震時の設備の挙動を確認するとともに、実際の地震における損傷等の発生原因の推察や、現状の設備耐震設計・施工指針の妥当性検証に役立つデータ収集を目的として、実験を行った。

2. 試験体の概要

実験用鉄骨造オフィス試験体建物の骨組と実験に用いた地震波を図1に示す。試験体8階の実験対象設備機器・配管・ダクトの設置状況を図2に示す。なお、8階にはこのほかに、吹出し口ボックスや床から支持されたダクトなども設置したが、本報では、図2上部の天吊りダクト設備と、左下のスプリンクラー設備（以下SP設備と記す）の実験結果を報告し、次報で図2下部の設備機器の実験結果を報告する。

3. 天吊りダクト設備の地震応答特性

3.1 天吊りダクト設備の実験概要

実験に用いたダクトと計測器の仕様を表1に示す。ダクトは鉄板ダクト、GWダクト、発泡樹脂パネルダクト¹⁾（以下PIRダクト）の3種類のダクトを施工した。ダクトの耐震支持間隔は、鉄板ダクトとGWダクトは建築設備の耐震設計・施工指針2014年版²⁾（以降、センター指針）の規定（12m以内に1か所）に従って12m、PIRダクトは12mと6mの2ケースとした。

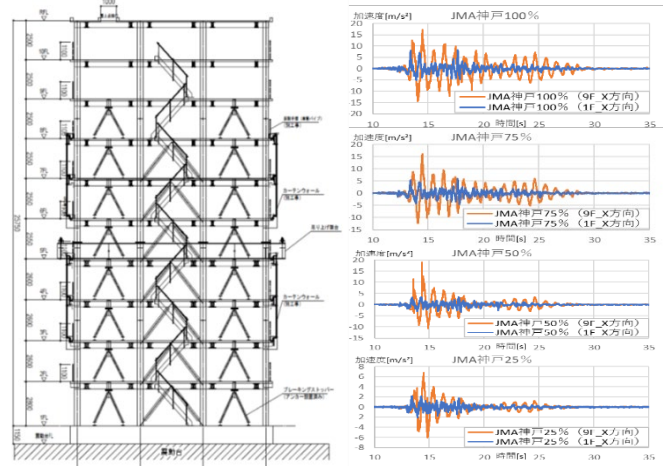


図1 試験体建物の骨組と実験に用いた主な地震波

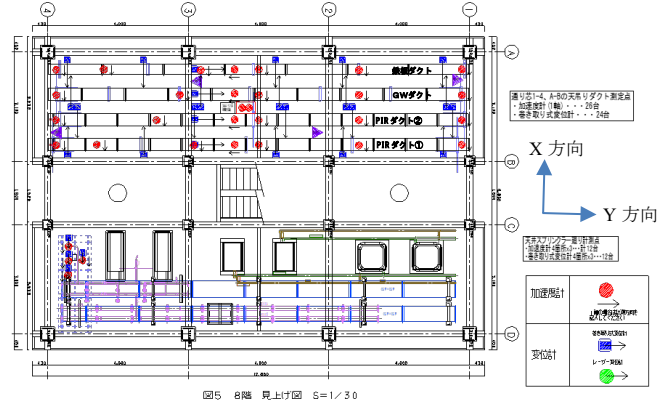


図2 8階の実験対象設備配置図

表1 実験に用いたダクトの仕様

ダクト	板厚 [mm]	接続方法	自重支持間隔	耐震支持種別・間隔
鉄板ダクト	0.5	1.74m 毎に共板工法	3m	A種 12m
GWダクト	25	1.23m 毎に接着材 + アルミテープ巻	2m	B種 12m
PIRダクト①	20	0.91m 毎に角ニップル + コーキング + アルミテープ巻	3m	B種 12m
PIRダクト②			6m	B種 6m

*ダクトサイズは全て内径 300mm×300mm、天井スラブからダクト底部までの吊り長さは1000mm

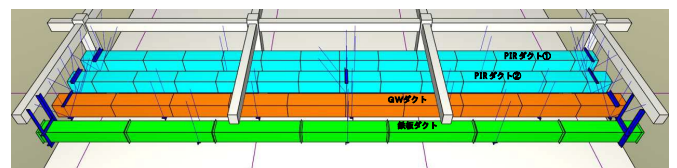


図3 各ダクトの自重支持・耐震支持状況

3. 2 天吊りダクト設備の実験結果

図4に各実験ケース毎の振動台の最大加速度に対する8階天井スラブ(9階床)の最大加速度を示す。1F床(振動台上)の最大加速度はJMA神戸25%ではX方向Y方向ともに 2.0m/s^2 程度であったが、JMA神戸100%ではX方向が 8m/s^2 、Y方向が 12m/s^2 とY方向の方が大きかった。

図5(1)に9階床に対する各ダクトの最大応答加速度を示す。鉄板ダクトは、中央部で加速度が大きく増幅し、天吊りによる加速度応答倍率が9倍近いケースも見られた。このため、JMA神戸50%(9F床加速度 5m/s^2 程度)で鉄板ダクト中央部の加速度はセンサの上限を超えて計測不能となり、変位が増大して柱に衝突し損傷した。そのため、それ以降の実験では鉄板ダクトの中央に耐震支持(軸直角方向のみ)を追加して、耐震支持間隔を6mとした。その結果、鉄板ダクト最大加速度の天井スラブに対する応答倍率は3倍以下で、変位も許容範囲内となった。

GWダクトは、JMA神戸50%まではダクト加速度が 40m/s^2 以下で、目立った損傷はなかったが、JMA神戸75%(9F床加速度 15m/s^2 程度)において中央部のダクト接続部でアルミテープが切れてダクトが断裂した。

PIRダクトは、JMA神戸100%(9F床加速度 18m/s^2 程度)において、耐震支持間隔12mも6mもともに損傷・断裂することはなかった。これは、天吊りによる加速度応答倍率は2倍程度とGWダクトより小さく、ダクト重量もGWダクトの約1/2程度であるため、変位も小さく、損傷しにくいことが分かった。

4. スプリンクラー設備の地震応答特性

4. 1 スプリンクラー設備の実験概要

地震時のスプリンクラー設備の損傷は、天井クリップの滑りやSPヘッド取付け金物の脱落により、天井とSPヘッドが衝突することによって発生するケースが多い。これは、スプリンクラー巻き出し配管と天井の動きが異なることが原因と考えられ、巻き出し配管にフレキ管を採用することによって改善されてきた。

しかし、フレキ管は鋼管に比較すると管の肉厚が薄いため、過度な曲げや天井内の梁などへの衝突によって断裂し、漏水被害を生じる被害事例も見られる。

そこで、図6のようにSPヘッド3か所(1か所は野縁受けに角パイプを設置、2か所は野縁に角パイプを設置)を天井(2730×910石膏ボード1枚貼り)に設置した。また、フレキ配管が天井内の部材に衝突する現象を再現するため、鋼材を障害物として再現した。

4. 2 スプリンクラー設備の実験結果

図5(2)に天井とSP設備の9階床に対する最大応答加速度を示す。JMA神戸25%~100%に対して天井とSPヘッドは、ほぼ同じ加速度となり、SPヘッドの脱落や天井との衝突による加速度の増大や損傷は見られなかった。

一方、SPフレキ配管は、余長部分を屈曲させたところの加速度が応答倍率2.5倍を超える値となっており、この場所に障害物があれば、衝突による損傷の可能性も考えられる。

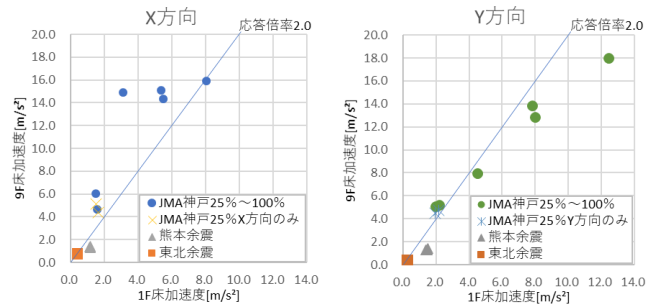


図4 建物の1階床に対する9階床の最大加速度応答

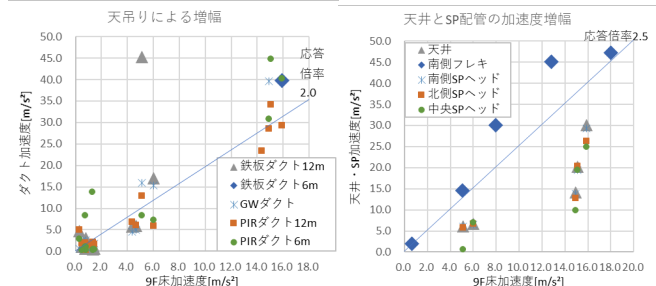


図5 9階床に対する設備の最大加速度応答

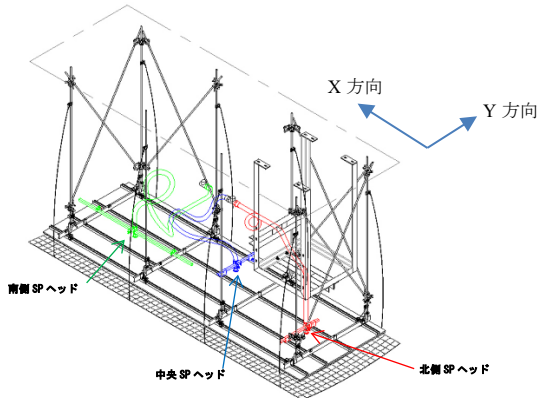


図6 スプリンクラー設備の施工状況

【参考文献】

- 1)村田、水谷、京井、廣井：樹脂パネルダクトの強度と耐震性に関する研究(第4報~第5報)、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.425-432、2022.9
- 2)日本建築センター:建築設備耐震設計・施工指針 2014年版、2014.9

*1 元東京工芸大学教授、学術博士
 *2 フジモリ産業株式会社
 *3 日栄インテック株式会社
 *4 防災科学技術研究所、主幹研究員、博士(工学)
 *5 防災科学技術研究所、特別技術員

*1 Former Professor, Tokyo Polytechnic University, Ph.D
 *2 Fujimori Sangyo Co. Ltd.
 *3 Nichiei Intec Co.,Ltd
 *4 Senior Research Fellow, NIED, Dr. Eng.
 *5 Technical Staff, NIED