

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	E - ディフェンス実験に基づく大規模空間吊り天井の脱落被害低減技術開発 その18 実大鉄骨造体育館試験体の振動特性の変化
Title(English)	Development of Damage Mitigation Technique for Wide-area Suspended Ceiling Systems using E-Defense Part 18 Variation of Dynamic Properties of Full Scale Steel Gymnasium
著者(和文)	鈴木理恵, 佐藤大樹, 佐々木智大, 青井淳, 梶原浩一, 田川浩之
Authors(English)	Rie Suzuki, Daiki Sato, Tomohiro Sasaki, Atsushi Aoi, Koichi Kajiwara, Hiroyuki Tagawa
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-1, , pp. 855-856
Citation(English)	, vol. B-1, , pp. 855-856
発行日 / Pub. date	2016, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

E-ディフェンス実験に基づく大規模空間吊り天井の脱落被害低減技術開発

その18 実大鉄骨造体育館試験体の振動特性の変化

正会員 ○鈴木理恵\*1 同 佐藤大樹\*1 同 佐々木智大\*2  
同 青井淳\*3 同 梶原浩一\*2 同 田川浩之\*4

鉄骨造体育館 山形屋根 実大加振実験  
伝達関数 ランダム波 E-ディフェンス

1.はじめに

本研究では山形形状を有する実大鉄骨造体育館試験体の加振実験のデータを用いて、屋根面の応答性状を把握し、天井の設計用外力の提案を行うことを目的とする。その基礎的な検討の一つとして本報では、複数回加振を行った試験体の損傷が進行する過程において、固有振動数に生じる変化に対し、ブレース材の塑性化等の試験体の損傷との関係性について検討を行う。

2.実験概要

試験体全体写真を図1に示す。試験体は山形形状の屋根を有した鉄骨造体育館である。屋根面と壁面にはブレースを配置している。天井形式は吊り天井とし、未対策天井と耐震天井の2種類の天井を有した実験を行った<sup>1)</sup>。

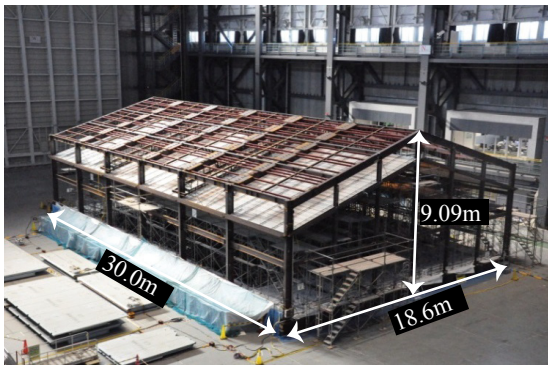


図1 試験体全体写真

表1に加振計画を示す。入力波はK-NET 仙台波(以下、仙台波)とJMA 神戸波(以下、神戸波)の入力レベルを変え、同一試験体に複数回加振を行っている。各加振の前にはランダム波による加振を行っている。ランダム波は0.1~35Hzの成分が含まれ、最大加速度は約0.6m/s<sup>2</sup>となるよう調整した波形である。天井の張り替えの際は屋根面と壁面のブレース材の締め直しを行った。

表1 加振計画

実験日	2014/1/27								2014/1/28								2014/2/27								2014/2/28											
天井試験体	未対策天井																1.1G耐震天井								2.2G耐震天井											
加振No.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
入力波形	ランダム波	ランダム波	ランダム波	ランダム波	仙台波3%	仙台波5%	ランダム波	神戸波5%	ランダム波	ランダム波	仙台波25%	ランダム波	仙台波50%	ランダム波	仙台波50%	ランダム波	ランダム波	ランダム波	ランダム波	仙台波5%	ランダム波	仙台波25%	ランダム波	ランダム波	仙台波50%	ランダム波	ランダム波	仙台波80%	ランダム波	仙台波100%	ランダム波	神戸波100%	ランダム波	神戸波150%	ランダム波	
加振軸	梁間軸	桁行軸	鉛直軸	鉛直軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	3軸	

3.試験体の損傷に応じた振動特性の変化

各加振実験の合間に入力したランダム波加振23回分のデータより図2に示すRA19位置の振動特性の変化について検討を行う。図2のXを桁行方向、Yを梁間方向、Zを鉛直方向とし、丸で囲まれた数字は耐震天井試験体の仙台波80%加振時の屋根ブレース材の塑性化順序である<sup>2)</sup>。

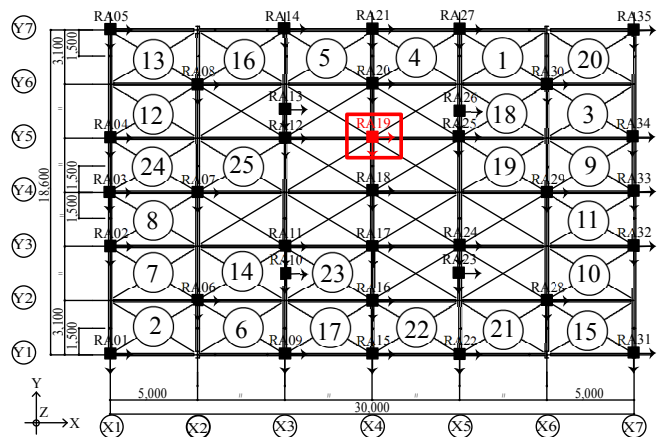


図2 屋根面加速度計測計画と塑性化順序(仙台波80%)<sup>2)</sup>

3.1 伝達関数と1次固有振動数の算出

ランダム波加振による震動台四隅の応答加速度の平均を $A_G(t)$ 、屋根面RA19の応答加速度を $A_R(t)$ とする。屋根面の伝達関数 $|\tilde{H}(\omega)|^2$ は震動台四隅の入力加速度の平均のパワースペクトル密度 $G_{A_G}(\omega)$ と屋根面RA19の応答加速度のパワースペクトル密度 $G_{A_R}(\omega)$ の比としている。

各々の波形にローパスフィルター (Low Pass Filter, LPF) 100Hzをかけ、はじめの1秒間の平均値が0になるようオフセットしたものを用いた。なお、パワースペクトル密度は50%ラップで8回のアンサンブル平均により平滑化を行った。

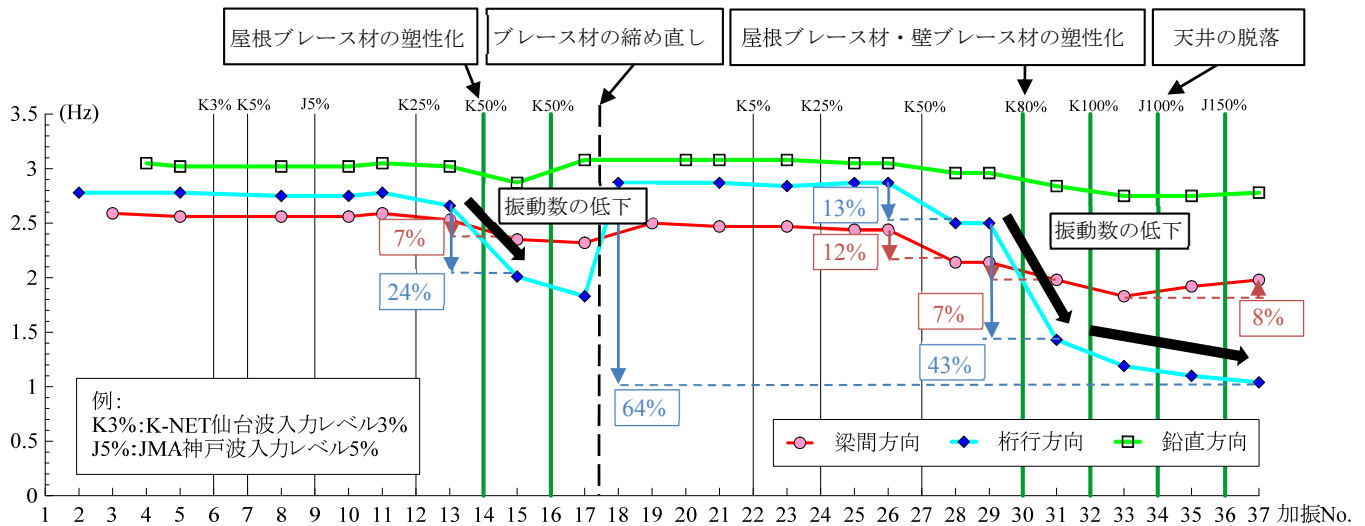


図3 振動特性の変化(RA19)

各ランダム波の伝達関数を算出し、そのピークをとることで1次固有振動数(以下、振動数)とした。

### 3.2 試験体の損傷と振動特性の変化

各ランダム波の伝達関数を算出し、振動数をプロットしたものを図3に示す。単軸加振については加振方向のみの振動数をプロットする。横軸を加振 No., 縦軸を振動数とし本加振時には縦線(屋根ブレースが塑性化した加振については太線)を記入した。

各本加振による屋根ブレース材と壁ブレース材の損傷、天井脱落を文献 1),2)を参考に記述する。屋根ブレース材について未対策天井試験体では仙台波 50%(K50%)加振時に屋根ブレース材全体 36 個のうちの 11%が塑性域に達した。耐震天井試験体では仙台波 80%(K80%)加振の際に 69%が塑性域に達し(図 2 参照), 神戸波 100%(J100%)加振時にはすべての屋根ブレース材が塑性域に達した。壁ブレース材について耐震天井試験体では仙台波 80%加振時に梁間, 桁行両方向において塑性域に達したが, 神戸波 100% (J100%), 150% (J150%)加振時では桁行方向のすべての壁ブレース材が塑性域に達していたのに対し, 梁間方向はすべての壁ブレース材が弾性域に留まった<sup>1)</sup>。天井の脱落について未対策天井試験体では仙台波 50%2 回目加振時に天井頂部が脱落に至った。耐震天井試験体では仙台波 80%, 100%加振時に耐震天井の多くの斜め部材等に座屈などの損傷が生じ, 神戸波 100%, 150%加振では斜め部材の性能が大きく低下した状態であったため天井の脱落が生じた<sup>1)</sup>。

これらを踏まえ各方向の振動数の変化を見る。梁間方向は入力レベルが小さな加振時において振動数に大きな変化はなく, 両試験体において仙台波 50%から振動数の低下は見られるが屋根ブレース材の塑性化により大きく

低下する特性は見られない。一方, 桁行方向は入力レベルが小さな加振の際は梁間方向同様振動数に大きな変化はないが, 未対策天井試験体では仙台波 50%, 耐震天井試験体では仙台波 80%の加振後に著しく振動数が低下している。これは屋根ブレース材が塑性域に達した加振の後である。その後の振動数の変化についても, 屋根ブレース材の塑性化の進行により剛性が下がり振動数の低下に繋がったものと考えられる。また, 神戸波 100%, 150%加振後の振動特性では桁行方向で振動数は低下しているのに対し梁間方向の振動数は上昇している。これは桁行方向の壁ブレース材がすべて塑性化したのに対し, 梁間方向の壁ブレース材はすべて弾性域に留まったため梁間方向の剛性の低下は起こらず, 神戸波 100%, 150%加振後の天井脱落により重量が軽減した影響から, 梁間方向の振動数が上昇したと考えられる。鉛直方向についてはブレース材の塑性化による振動数の低下は見られるが他の方向に比べ大きな振動数の変化は見られなかった。

なお, RA17, RA30(図 2 参照)についても同様の振動特性の変化が見られたことを追記する。

### 4.まとめ

山形形状を有する実大鉄骨造体育館の加振実験のデータより, 複数回加振を行った屋根面の振動特性とブレース材の塑性化等の試験体の損傷との関係について検討を行った。

#### 参考文献

- 1) 防災科学技術研究所：大規模空間吊り天井の脱落被害メカニズム解明のためのE-ディフェンス加振実験報告書—大規模空間吊り天井の脱落被害再現実験および耐震吊り天井の耐震余裕度検証実験—, 第391号, 2015.2
- 2) 鈴木理恵, 佐藤大樹, 佐々木智大, 青井淳, 梶原浩一, 田川浩之：実大鉄骨造体育館のE-ディフェンス震動台実験—その1 屋根ブレース材の塑性化順と応答加速度の相関係数の関係—, 日本建築学会関東支部研究報告集, 2108, pp.653-656, 2016.3

\*1 東京工業大学

\*2 国立研究開発法人 防災科学技術研究所

\*3 株式会社 竹中工務店 技術研究所

\*4 武庫川女子大学

\*1 Tokyo Institute of Technology

\*2 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

\*3 Research & Development Institute, Takenaka Corporation

\*4 Mukogawa Women's University