

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21 加速度記録を用いた1次モード応答の分析  |
| Title(English)    | Development of Damage Mitigation Technique for Wide-area Suspended Ceiling Systems using E-Defense Part 21 Analysis of First Mode Response from Acceleration Records |
| 著者(和文)            | 和田穂月, 佐藤大樹, 鈴木理恵, 佐々木智大, 青井淳, 梶原浩一   |
| Authors(English)  | Hotsuki Wada, Daiki Sato, Rie Suzuki, Tomohiro Sasaki, Atsushi Aoi, Koichi Kajiwara  |
| 出典(和文)            | 日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 965-966   |
| Citation(English) | , vol. B-2, , pp. 965-966  |
| 発行日 / Pub. date   | 2017, 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21 加速度記録を用いた1次モード応答の分析

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

鉄骨造体育館 山形屋根 実大試験体  
1次モード 加速度応答 E-ディフェンス

1. はじめに

本研究では、E-ディフェンス振動台を用いた実大鉄骨造体育館試験体の加振実験のデータ<sup>1)</sup>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している。

その基礎的な検討として文献2)では、複数回加振を行った試験体の損傷によって、固有振動数が低下することを確認した。本報その20<sup>3)</sup>では、屋根面の加速度応答のコヒーレンスについて分析し、屋根面のブレースが塑性化しても1次モードのコヒーレンスが高いことを示した。その21では、モード形状に着目し、試験体屋根面における加速度計から計測された値を用いて梁間方向の1次モード加速度応答を算出し、損傷によるモード形状の分析を行う。

2. 固有振動数と試験体損傷の分析

2.1 屋根ブレースのひずみ計測<sup>1)</sup>

屋根面の屋根ブレースに材のひずみ計測位置を図1に示す。図1より、ひずみ計は屋根面の外周部を2枚貼り、外周部以外を1枚貼りとし、ひずみゲージはねじやま端部から200mm逃げた側面に設置した。

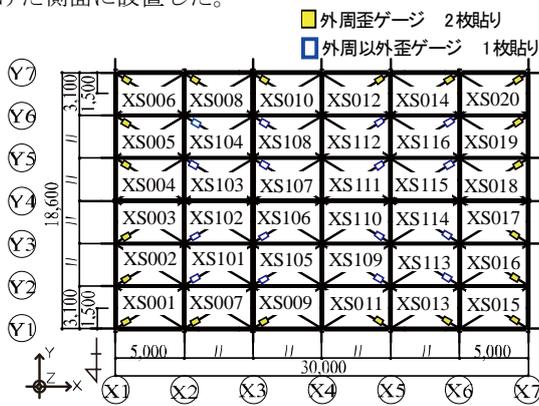


図1 屋根ブレースのひずみ計設置位置

2.2 伝達関数と1次固有振動数の傾向<sup>2)</sup>

伝達関数はランダム波加振による震動台四隅の加速度応答の平均と屋根面速度計RA19(その20, 図2)の加速度応答のパワースペクトル密度の比とした。詳しくは文献2)を参照されたい。ランダム波の伝達関数を算出し、そのピークから求めた1次固有振動数を図2に示す。図2より梁間方向の固有振動数は、耐震天井においてK-NET 仙台波25%(加振No.24)までは、ほぼ一定の値となっていることがわかる。K-NET 仙台波50%(加振No.27)の加振後に固有振動数が低下していることがわかり、これは文献2)より、壁ブレースの引張り降伏ひずみあるいは圧縮座屈の影響としている。その後もK-NET 仙台波80, 100%(加振No.30, 加振No.32)に加振後も固有振動数の低下がみられる。

2.3 屋根ブレースの塑性化の分析

屋根ブレースに設置されたひずみ計(図1)より測定されたひずみの時刻歴波形から屋根ブレースの引張り変形による塑性化の分析を行った。K-NET 仙台波80%において屋根ブレースが70%近く塑性化し、JMA 神戸波100%(加振No.34)では100%塑性化したことが確認された。これより、K-NET 仙台波80%後の固有振動数の低下は屋根ブレースの塑性化が影響したと考えられる。詳しくは文献2)を参照されたい。

3. 1次モード加速度応答分布の算出

3.1 1次モード加速度応答分布の算出方法

実験の加速度データから1次モード応答分布を算出する。入力波は図2におけるランダム波とし、図2に示す各加振No.におけるそれぞれの方向の固有振動数に関して0.9~1.1<sup>4)</sup>倍したバンドパスフィルターを加速度応答にかけ1次モード加速度応答を算出する。1次モード加速度応答の分布を算出する際は、試験体屋根面の加速度計RA18(その20, 図2)の梁間方向における加速度が最大となる時刻の各節点の加速度を、

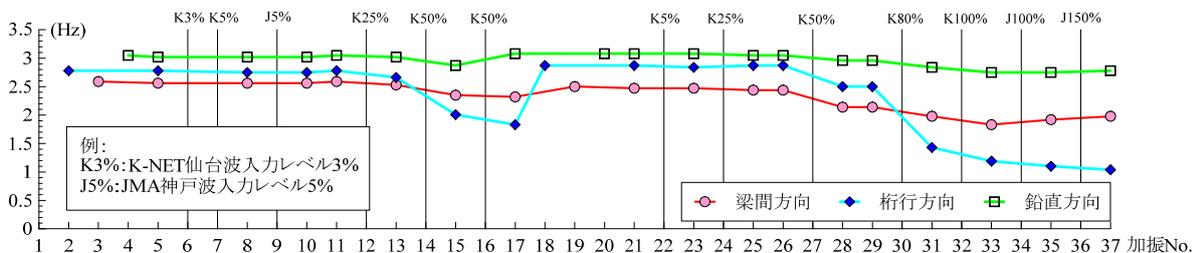


図2 固有振動数の変化

加速度計 RA18 の梁間方向の加速度で基準化する。例としてフィルター処理を行った加速度計 RA18 における加振 No.21 のランダム波の時刻歴応答を図 3 に示す。

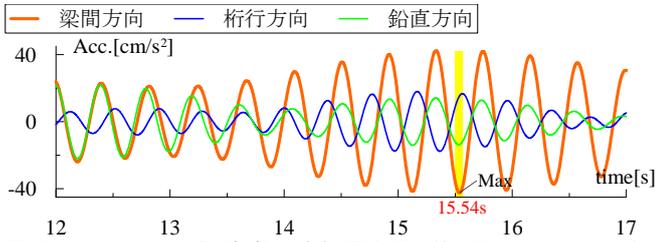


図 3 1 次モード加速度の時刻歴応答 (加振 No.21, RA18)

図 3 より、梁間方向における加速度が最大となる時刻は 15.54s であることがわかる。また、鉛直、桁行方向に比べて梁間方向の応答が大きいことがわかる。次節では梁間方向の 1 次モード加速度応答の分析を行う。

### 3.2 無損傷時における 1 次モード加速度応答分布

3.1 節で示した方法を用いて X 構面における 1 次モード加速度応答を算出する。入力波は図 2 における試験体が損傷していない加振 No.21 のランダム波を用い、バンドパスフィルターは梁間方向の固有振動数 (図 2) より 2.22~2.72Hz とした。図 4 に試験体妻面の X1 と中央の X4 構面の一次モード加速度応答分布を示す。

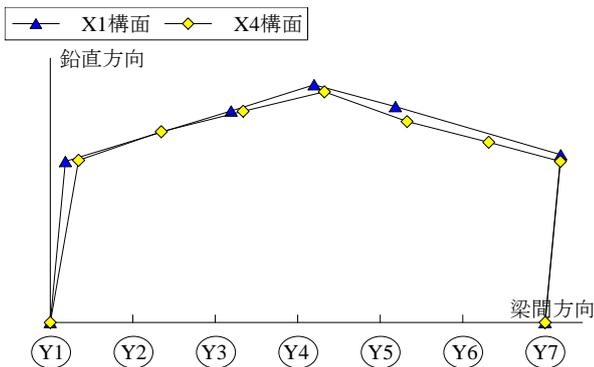


図 4 1 次モード加速度応答分布図 (加振 No.21)

図 4 より、試験体中央の X4 構面における梁間方向の 1 次モード加速度応答は、柱と壁ブレースを有する妻面の X1 構面に比べて概ね大きいことがわかる。また X4 構面における鉛直方向の 1 次モード加速度応答は、X1 構面に比べて Y4~7 通りで大きいことがわかる。これは、妻面の X1 構面と中央の X4 構面の構面内の剛性の違いがあると思われる。次節では、1 次モード加速度応答が大きくみられる X4 構面において屋根ブレース材の塑性化による影響について分析を行う。

### 3.3 試験体の損傷による応答分布の変化

加振 No.21~37 (図 2) のランダム波の一次応答分布を算出し、試験体の損傷によるモード形状の変化の検討を行う。図 5 に 1 次モード加速度応答分布比較を示す。

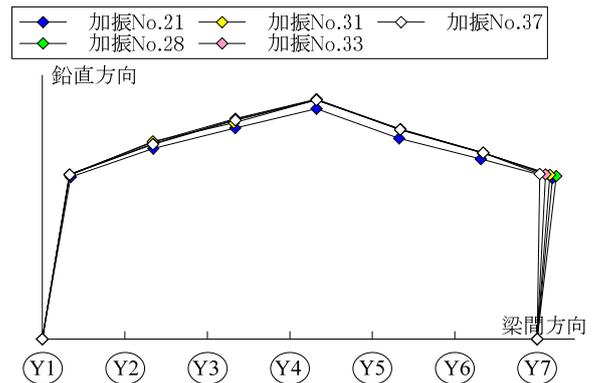


図 5 1 次モード加速度応答分布比較 (X4 構面)

図 5 の 1 次モード加速度応答分布において、加振 No.が大きくなるほど梁間方向の応答がわずかに大きくなるが、顕著な変化はみられないことがわかる。これは本報その 20<sup>1)</sup> で述べたように、屋根ブレースが塑性化し、固有振動数が低下しても 1 次固有振動数における屋根面応答加速度のコヒーレンスの値が高いことと整合している。

## 4. まとめ

試験体屋根面における加速計から計測された値を用いて一次応答分布を算出し、加振波ごとの比較を行い屋根ブレースの塑性化による固有振動数の変化が梁間方向の 1 次モードに与える影響について分析した。以下に本報でのまとめを示す。

- (1) 試験体中央の X4 構面における梁間方向、鉛直方向の 1 次モード加速度応答は、妻面の X1 構面に比べて大きい。
- (2) ブレースの塑性化により、固有振動数の値が低減しても、1 次モード形状は大きく変化しないことを確認した。これは、屋根面 1 次固有振動数における加速度応答のコヒーレンスの値が高い事とも一致する。

以上から今後は、桁行、鉛直方向についても同様の分析を行い、屋根面ブレースの塑性化がモード形状に与える影響について検討を進める予定である。

### 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：E-ディフェンスを用いた実大鉄骨造体育館加振実験における固有振動数の変化と損傷の分析，構造工学論文集，Vol.63B，pp.241-250，2017.3
- 3) 鈴木理恵，佐藤大樹，佐々木智大，青井淳，梶原浩一，田川浩之：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 20 周波数領域における屋根面応答の分析，日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国)，2017.9
- 4) 佐々木智大，佐藤大樹，鈴木理恵，田川浩之，青井淳，梶原浩一，：実大体育館加振実験における加速度の二重積分による変位算出法の精度検証，日本建築学会技術報告集 第 23 巻 第 54 号，pp.427-432，2017.6

\*1 東京工業大学

\*2 元東京工業大学大学院生

\*3 国立研究開発法人 防災科学技術研究所

\*4 株式会社 竹中工務店 技術研究所

\*1 Tokyo Institute of Technology

\*2 Former Graduate Student, Tokyo Institute of Technology

\*3 National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

\*4 Research & Development Institute, Takenaka Corporation