

地震時における大型ダクト及び支持部材の挙動への振れ止め鋼材設置効果の可視化

正会員 ○松田 吉弘\*<sup>1</sup> 正会員 筒井 寛太\*<sup>2</sup>  
正会員 猿渡 智治\*<sup>3</sup> 正会員 永野 康行\*<sup>4</sup>

耐震振れ止め 大型ダクト 地震時挙動  
支持部材 設備設計 構造計画

## 1. はじめに

生産工場では事業環境に対する給排気量要求の大規模化によりダクトが大型化することから、震災時のダクトの損傷や脱落によって天井や下部にある装置の被害や人的被害の規模拡大が考えられる。また、2021年2月13日の福島県沖地震では自動車部品生産工場で塩化ビニル鋼板製ダクトの破損による復旧に時間がかかった事が一因となり自動車の生産が7日間停止する等事業継続性へ大きく影響したケースも報告されている。建物天井内のダクト・配管が地震時にどのような挙動をしているかは目視が出来ず、また被害時映像が残ることは殆どない為損傷に至る地震時の挙動を明らかにすることは重要である。

公共建築工事標準仕様書<sup>[1]</sup>には横走り主ダクトの振れ止め鋼材設置は12m以内での設置となっており、建屋スパンの梁に振れ止め鋼材を設置出来ない場合、鋼材を梁間に渡す等により鋼材量が増え作業量やコストも高くなる。本研究は地震時の大型ダクトの挙動に着目し振れ止め鋼材の効果ダクト挙動のシミュレーションによって把握する物である。

## 2. モデルとするダクトの設置条件と目的

図1にダクトの概要を示す。ダクトサイズは1,000mm幅×500mm高さで、ダクト鋼板の厚みは0.8mmとし、吊り材は2,000mmから1,800mmの長さで、2,000mm間隔にて設置している。ダクトは共板工法のクリップによる接続で、表面接触のみが定義され(摩擦係数0.2)クリップ部の接点が互いに向き合う様に拘束している。

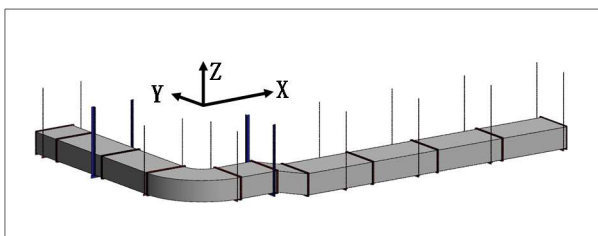


図1 ダクトモデル

本報では一部の吊り材を振れ止め鋼材に変える事で、地震時におけるダクトの挙動や発生する応力の変化をシミュレーションし、振れ止めの設置効果及び、振れ止め鋼材設置位置や間隔の比較を行う事によって、ダクト計画における適切な振れ止め鋼材設置を検証する。

## 3. シミュレーションモデル

図2に解析モデルの概略図を示す。表1に解析に用いた材料物性値を示す。

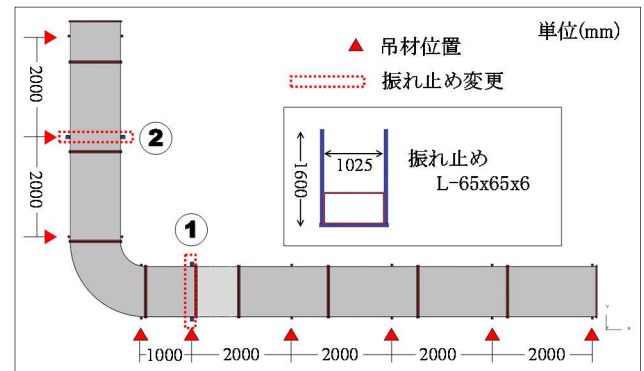


図2 解析モデル概略図(上面視)

表1 材料物性値

ヤング率 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン 比	質量密度 (ton/mm <sup>3</sup> )	降伏応力 (MPa)
206,000	0.3	7.89×10 <sup>9</sup>	250

表2 解析ケース

	吊り位置①	吊り位置②
Case A	吊り材	吊り材
Case B	振れ止め鋼材	吊り材
Case C	振れ止め鋼材	振れ止め鋼材

表2に解析ケース毎の振れ止め鋼材配置を示す。

吊ボルトはビーム要素でモデル化し、それ以外の部材はすべてシェル要素でモデル化した。またダクトと吊材もしくは振れ止め鋼材の間には接触を定義し、地震時における滑り挙動などを表現できるようにした。

地震応答解析には非線形形陽解法FEMソフトウェア「LS-DYNA」<sup>[2][3]</sup>を用い、計算には兵庫県立大学所有のスーパーコンピュータを使用した。

## 4. 分析に使用されるデータ(加振条件)

地震波は小千谷地震波を使用した。またダクトは吊材により上階スラブ下面より吊り下げられているため、自重の作用を考慮した。図3に入力地震動の時刻歴を示す。

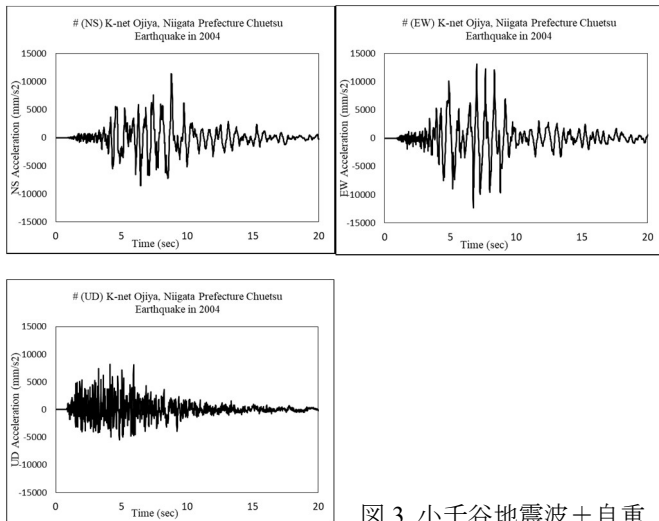


図3 小千谷地震波+自重

### 5. 計算結果

図4、図5、図6に Case A~C の各計算結果を示す。各図のコンターは応答変位最大時 (t=9.8 秒) における塑性ひずみの値を示す。

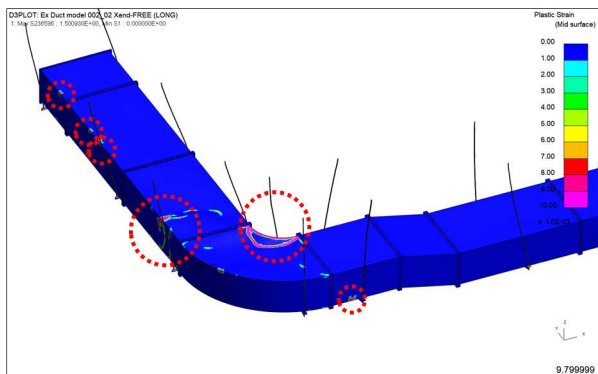


図4 Case A

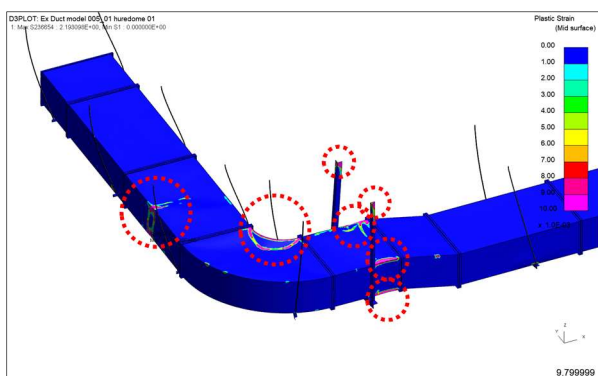


図5 Case B

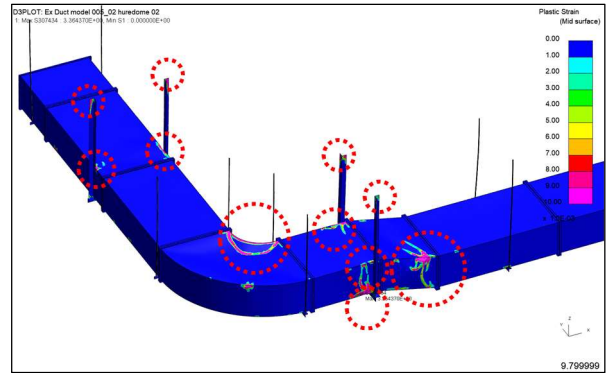


図6 Case C

### 6. 考察

結果より Case B、Case C ではダクトが振れ止めと接触することで損傷が発生したが、振れ止めによってダクト全体の挙動が抑制されたため Case A でダクト稜線部に発生していた歪の発生が無くなり、損傷部品点数が減少した。Case C では振れ止め鋼材②の追加により X 方向の変位が抑制されたため、段差部に作用するモーメントによってダクトに損傷が発生した。

### 7. まとめ

今回のシミュレーション解析によりダクトに設置する振れ止め鋼材の有効性と、設置位置、間隔の違いによるダクトへの影響の可視化を行った。振れ止め鋼材を適切に配置する事によりダクト全体の挙動を抑制してダクトの損傷部品点数を低減させる他、建屋や他設備に及ぼす被害を抑制する事が可能となる。今後の工場でのダクト設計における耐震計画の検討及び効率的な振れ止め鋼材等の設置による材料コスト及び施工にかかる人件費コスト削減の一助となると考える。

### 参考文献

- [1] 公共建築工事標準仕様書（機械設備工事編）平成 28 年度版、国土交通省大臣官房官庁営繕部、平成 28 年 3 月 2 日（国営設第 185 号）、p.166
- [2] 株式会社 JSOL、衝撃・構造解析ソフトウェア LS-DYNA 概要、<https://www.jsol-cae.com/product/struct/lstdyna/>（参照 2021 年 3 月 11 日）
- [3] Livermore Software Technology Corporation (2018). LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL VOLUME I, II, (LS-DYNA R11.0 10/18/18 r:10580). LSTC, 2018.10
- [4] Yoshihiro Matsuda, Tomoharu Saruwatari, Yasuyuki Nagano : Behavior of air conditioning ducts during earthquakes using detailed FEM simulation, COMPSAFE2020, MS13-2-01 Proceedings, 4 pages, 2020.12

\*1 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 博士後期課程院生  
 \*2 兵庫県立大学大学院情報科学研究科 博士前期課程院生  
 \*3 株式会社 JSOL  
 \*4 兵庫県立大学大学院情報科学研究科 教授・博士（工学）

\*1 Graduate Student, Grad., Sim .Studies, University of Hyogo  
 \*2 Graduate Student, Grad., Information Science, University of Hyogo  
 \*3 JSOL Corporation  
 \*4 Prof., Grad., Information Science, University of Hyogo, Dr. Eng.