

B-14

鉄塔構造物に適用する制震改修システムの研究  
その2. パンタグラフ式D.M.同調システムの性能確認実験

Research on Response Control Systems for Steel Tower Structures

Part2. Performance Verification Experiment of Tuned Dynamic Mass System with Pantograph Mechanism

○稲毛康二郎<sup>5</sup>, 秦一平<sup>2</sup>, 石丸辰治<sup>1</sup>, 真下貢<sup>4</sup>, 荻原実<sup>4</sup>, 公塚正行<sup>1</sup> 浅井剛<sup>3</sup>

\*Kojiro Inage<sup>5</sup>, Ippei Hata<sup>2</sup>, Shinji Ishimaru<sup>1</sup>, Mitsugu Mashimo<sup>4</sup>, Minoru Ogihara<sup>4</sup>, Masayuki Kimiduka<sup>1</sup>, Go Asai<sup>3</sup>

This paper is showed the experiments that confirm effectiveness of tuned dynamic mass systems with pantograph mechanism. For the result of experiment, it is examined that the method of the seismic control improvements with the tuned dynamic mass systems is effective of two horizontal directional responses.

2-1. はじめに

前報 (その 1) では, 立体フレームモデルを用いた解析結果を示した. 共振曲線及び応答解析結果から, パンタグラフ式D.M.同調システムが水平2方向の応答に対して, 高い制震効果を発揮することを示した.

本報 (その 2) では, パンタグラフ式 D.M.同調システムの有効性を確認する為に行った振動実験の概要と結果を示す. この実験結果から, パンタグラフ式D.M.同調システムが, 支柱材の軸変形に追従して作用し, 水平2方向の応答に対して制震効果を発揮することを示す.

2-2. 試験体概要

実験は, 前報で示した鉄塔構造物 (以下, 原構造) の下部層を模擬した Figure 2-1 に示す2層の試験体を用いる.

Table 2-1 制震デバイスの諸元

$m_d(\text{ton})$	$c_d(\text{kN} \cdot \text{s}/\text{m})$
1.0	4.4

Table 2-2 複素固有値解析結果 (非制震時, 制震時)

・非制震時		・制震時		
次数	固有周期 $T(\text{s})$	次数	固有周期 $T(\text{s})$	粘性減衰 定数 $h$
1	1.201	1	1.292	0.181
2	0.032	2	0.855	0.180

Table 2-3 試験体の使用部材リスト

・鋼材		
使用箇所	断面形状	寸法(mm)
筒身	鋼管	$\phi 318.5 - t9.0$
支柱2層目	鋼管	$\phi 216.3 - t8.0$
斜材1層目	鋼管	$\phi 101.6 - t5.0$
斜材2層目	溝型鋼	100 - 50 - 5.0 - 7.5
水平材	H型鋼	200 - 100 - 5.5 - 8.0
パンタグラフ腕	鋼管	$\phi 76.3 - t4.0$

・コイルばね			
使用箇所	軸剛性(kN/m)	層	質量(ton)
支柱1層目	520	2	7.0
パンタグラフ腕	90	1	11.2

本試験体は, 筒身基礎部に全回転方向自由ピンを設け, 支柱材1層目にコイルばねを用いている為, 加振時は筒身基礎部を中心としたロッキング振動となる. この時のコイルばねの伸び縮みで, 原構造の支柱材の軸変形を模擬している. 設置する制震デバイスの諸元を Table 2-1 に, 非制震時と制震時の 0° 方向(X方向)及び45° 方向(X-Y方向)の固有値結果を Table 2-2 に示す. 非制震時の1次固有周期が1.201(s)となっており, 前報(その2)で示した原構造の固有周期1.194(s)とほぼ一致している為, 本試験体は原構造を模擬出来ているといえる. なお, 試験体に用いた鋼材, コイルばね, 錘の諸元を Table 2-3 に示す.

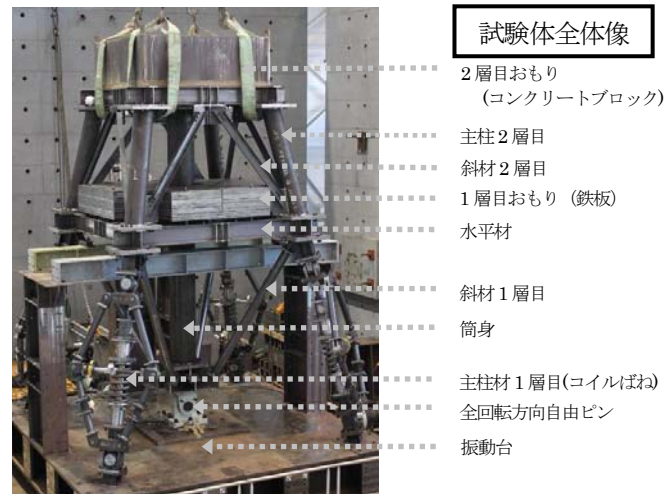


Figure 2-1 試験体概要

1: 株式会社 i2S2 2: 日大理工・教員・建築 3: 日大理工・院・建築 4: 東電設計株式会社 5: 日大理工・学部・建築

### 2-3. 実験概要

本実験は、正弦波加振と地震波加振を行った。正弦波加振実験では、応答倍率（各層の応答変位／振動台変位）を算出し、解析により得られた共振曲線と一致することを確認する。なお、正弦波加振実験は、①0° 方向(X 方向)に正弦波入力する場合と②45° 方向 (X-Y 方向) に正弦波入力する場合の 2 種類の加振方法で実験を行った。地震波加振実験には、八戸 1968 NS (原波の 10%)と JMA 神戸 1995 NS (原波の 5%) を用いた。X 方向には各地震波の NS 成分、Y 方向には EW 成分を入力して振動実験を行った。以上の加振実験により、パンタグラフ式制震装置を用いた制震改修方法が水平 2 方向の応答に対して有効に作用することを示す。

### 2-4. 実験結果

Figure 2-2 には、解析による共振曲線と実験測定値の相対変位応答倍率を示す。①に 1 層目、②に 2 層目の応答結果を示す。なお、(a)に 0° 方向、(b)に 45° 方向の応答結果を示す。これらの結果から、非制震時の加振実験における実験測定値の応答倍率と解析による共振曲線が対応していることが分かる。また、制震時の加振実験においても、実験測定値の応答倍率と解析による最適共振曲線 ( $c_d=4.4 \text{ kN}\cdot\text{s/m}$ の線) が対応していることが分かる。

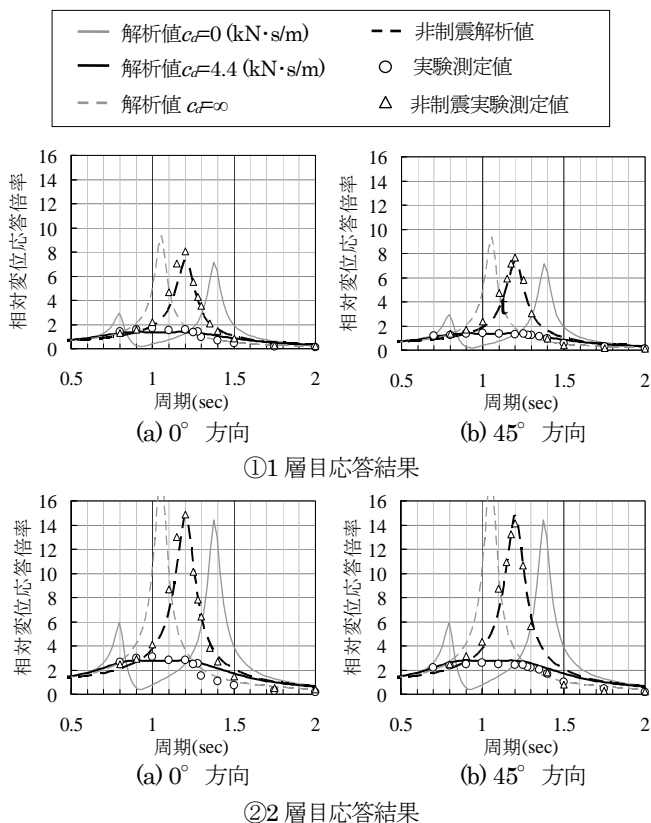


Figure 2-2 相対変位応答倍率曲線

この結果から、支柱材の軸変形に対してパンタグラフ式制震装置が作動し、デバイスが有効に作用することで、実際の応答制御が可能であることを確認した。

また、正弦波加振 0° 方向と 45° 方向の実験測定値が、ほぼ一致していることが確認出来る。これより、パンタグラフ式制震装置を用いた制震改修方法は、水平 2 方向に対して等しく有効に作用するといえる。また、Figure 2-3 には、JMA 神戸 1995 NS と八戸 1968 NS の地震波入力による、非制震時と制震時の最大応答値についての解析結果と実験測定値を示す。この結果より、制震時では X 方向、Y 方向共に応答を大きく抑えられていることを確認することが出来る。

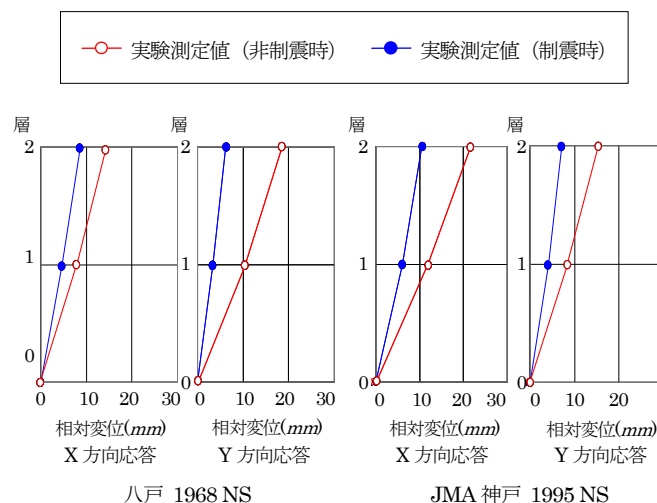


Figure 2-3 最大応答値 (X 方向, Y 方向)

### 2-5. まとめ

パンタグラフ式 D.M. 同調システムの、有効性を確認するために行った振動実験について示した。

正弦波加振実験と、地震波加振実験を行うことで、以下に示すパンタグラフ式 D.M. 同調システムの特性を確認することが出来た。

- 支柱材の軸変形に対するパンタグラフ式制震装置の有効性
- 水平 2 方向の応答に対する高い制震効果

#### 【参考文献】

- (1) 石丸辰台 泰一平, 真下真, 荻原実, 宮島洋平, 中澤史成, 他: 鉄骨構造物に適用する制震工法の研究(その 1~その 5), 日本建築学会大会学術講演要覧集(B-2), pp.611-620, 2010.9
- (2) 石丸辰台, 三上朝台, 泰一平, 古橋剛: D.M.同調システムの簡易設計法, 日本建築学会構造系論文集, 第 75 巻, 第 652 号, 2010.6
- (3) 石丸辰台, 泰一平, 三上朝台, 公塚正行: 付加剛性による D.M.同調システムの簡易設計法, 日本建築学会構造系論文集, 第 75 巻, 第 654 号, 2010.8
- (4) 石丸辰台, 泰一平, 廣谷直也, 郭銜桓, 他: ツイントグル機構による D.M.同調システムに関する基礎的研究(その 1~その 4), 日本建築学会大会学術講演要覧集(B-2), pp.477-484, 2010.9