

鉄塔構造物に適用する制震改修システムの研究

その1. 立体フレームモデルによるパンタグラフ式D.M. 同調システムの検討

Research on Response Control Systems for Steel Tower Structures

Part4. Examination of Tuned Dynamic Mass System with Pantograph Mechanism by Three-Dimensional Frame model

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

*Go Asai³, Ippei Hata², Shinji Ishimaru¹, Mitsugu Mashimo⁴, Minoru Ogihara⁴, Masayuki Kimiduka¹, Kojiro Inage⁵

This paper is showed the simple method of seismic design of a three-dimensional frame model that applying the simple design method for tuned dynamic mass systems on a basis of auxiliary stiffness factor. This system confirms effectiveness of the model that designed for a method that simulated the steel tower structures.

1-1. はじめに

本研究では、パンタグラフ式 D.M.同調システムをもちいた、鉄塔構造物の制震改修システムを提案する。本システムは、塔状構造物特有の曲げ変形を利用して、鉄塔下層部支柱材の軸方向変形に対応して制震効果を発揮するような制震改修方法となっている。本報では、立体フレームモデルによる解析から、パンタグラフ式 D.M.同調システムの有効性を示す。

1-2. 対象鉄塔構造物及び制震改修システムの概要

対象鉄塔構造物を **Figure 1-1** に示す。また、解析に用いる立体フレームの振動モデルを **Figure 1-2** に示す。非制震時の 0° 方向 (X 方向) 及び 45° 方向 (X-Y 方向) の複素固有値解析結果を **Table 1-1** に示す。対象鉄塔構造物は、整形な構造物であり、使用する部材も鋼管のみとなっている。よって、固有周期に方向性はなく、全方向において等しい周期となる。

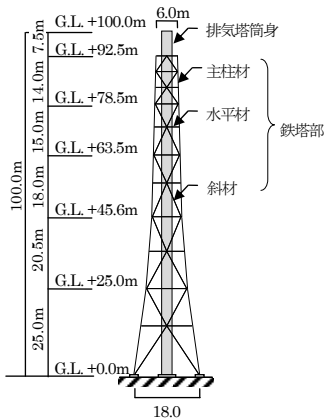


Figure 1-1 対象鉄塔構造物

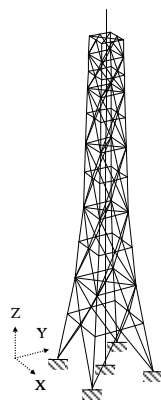


Figure 1-2 解析モデル (非制震)

Table1-1 0° 方向、45° 方向の複素固有値解析結果(非制震)

次数	固有周期 T(s)	粘性減衰定数h [*]
1	1.194	0.020
2	0.406	0.059
3	0.201	0.119

*1 次モードに対する剛性比例減衰 2%

パンタグラフ式制震装置は、支柱材の軸変形にも追従して作用する為、全方向の入力に対して制震デバイスが作用する。よって、各制震装置は、水平 2 方向の応答を同時に制御可能である。

1-3. D.M. モード制御による制震設計

制震モデルの制震設計については、前報までと同様に、既往の研究^{(2),(3)}で示された(1-1)~(1-3)式を用いて、設計を行っている。

$$\kappa_k = \left(\frac{T_0}{T_\infty} \right)^2 - 1 \tag{1-1}$$

$$T_\infty = \sqrt{T_{0,1} T_{0,2}} \tag{1-2}$$

$$h_1 = h_2 \approx (0.5 \sim 0.6) \sqrt{\frac{\kappa_k}{2 + \kappa_k}} \tag{1-3}$$

- κ_k : 付加剛比
- T_0 : 粘性ダンパーの減衰係数 $c \neq 0$ 時の、制御対象とする構造体モードの固有周期
- T_∞ : 粘性ダンパーの減衰係数 $c = \infty$ 時の、制御対象とする構造体モードの固有周期
- $T_{0,1}$: D.M.を付加した時の、制御対象とする構造体モードの固有周期
- $T_{0,2}$: D.M.を付加した時の、D.M.モード(D.M.付加により発生するモード)の固有周期
- h_1 : 制御対象とする構造体モードの最適減衰定数
- h_2 : D.M.モードの最適減衰定数

Figure 1-3 には、解析に用いる制震モデルを示す。また、(1-1)~(1-3)式を用いて設計した制震装置 1 基あたりの最適デバイス量は、**Table 1-2** に示す。最適設計時の複素固有値解析結果 (固有値、刺激関数のイメージ図) は、**Table 1-3** 及び **Figure 1-4** に示す通りとなっている。

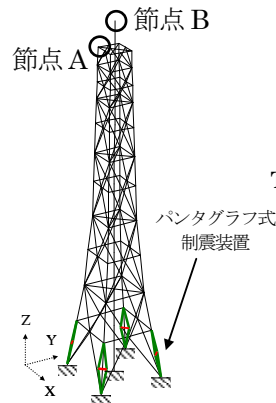


Figure 1-3 解析モデル(制震)

Table 1-2 最適デバイス量 (制震装置 1 基あたり)

m (ton)	c (kN · s/m)
250	950

Table 1-3 0° 方向及び 45° 方向の複素固有値解析結果(最適設計時)

次数	固有周期 T(s)	粘性減衰定数 h [*]
1	1.285	0.185
2	0.924	0.187
3	0.393	0.062

*1 次モードに対する剛性比例減衰 2%

1-4. 解析結果

Figure 1-5 には鉄塔部最上部 (Figure 1-3 の節点 A), 筒身部最上部 (Figure 1-3 の節点 B) それぞれの相対変位応答倍率曲線を, Figure 1-6 には非制震時と最適設計時の弾性応答解析結果を示す. 同図に①0° 方向入力時の応答結果と②45° 方向入力時の応答結果を示す.

Figure 1-5 より, 定点 P,Q の高さが揃う最適同調条件と, 最適減衰時の応答倍率が定点 P,Q で最大となる最適減衰条件を満足しており, 決定したデバイス量が, 最適であることが確認出来る. これは, (1-1)~(1-3)式の最適設計式が, 構造物の固有周期の関係で構成されていることから, 立体フレームモデルに対しても適用出来ることを示している. 目標性能として, 粘性減衰定数 20%程度, 層間変形角 1/100 程度としてデバイス量を設計している.

Figure 1-6 の結果より, 検调用入力地震動入力時の応答結果が, 目標性能である層間変形角 1/100 程度となっていることが確認できる.

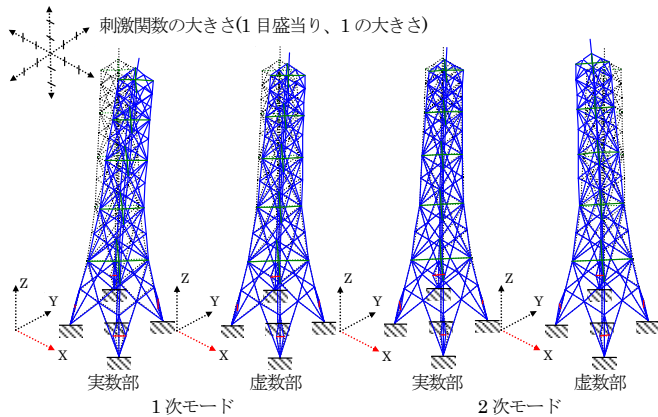
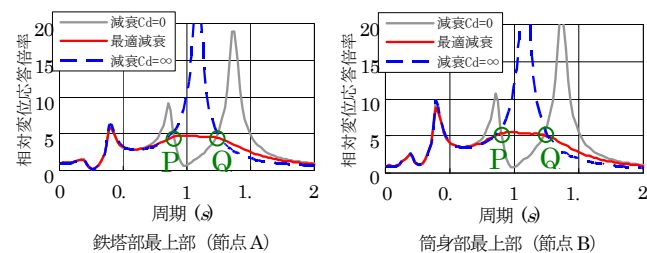
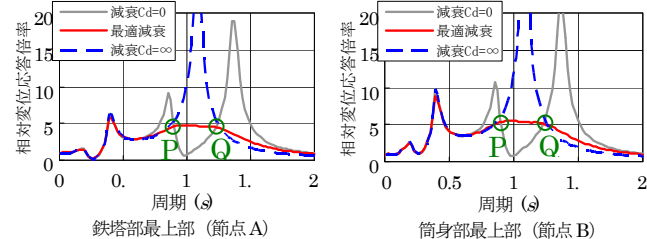


Figure 1-4 0° 方向入力における刺激関数のイメージ図



① 0° 方向応答結果



② 45° 方向応答結果

Figure 1-5 相対変位応答倍率曲線

Figure 1-5, Figure 1-6 から, どちらも 0° 方向と 45° 方向の応答結果が等しいことが分かる. これは, 水平 2 方向の応答に対して, 等しい制震効果が得られていることを表している.

以上より, 本制震システムは, 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確認出来た.

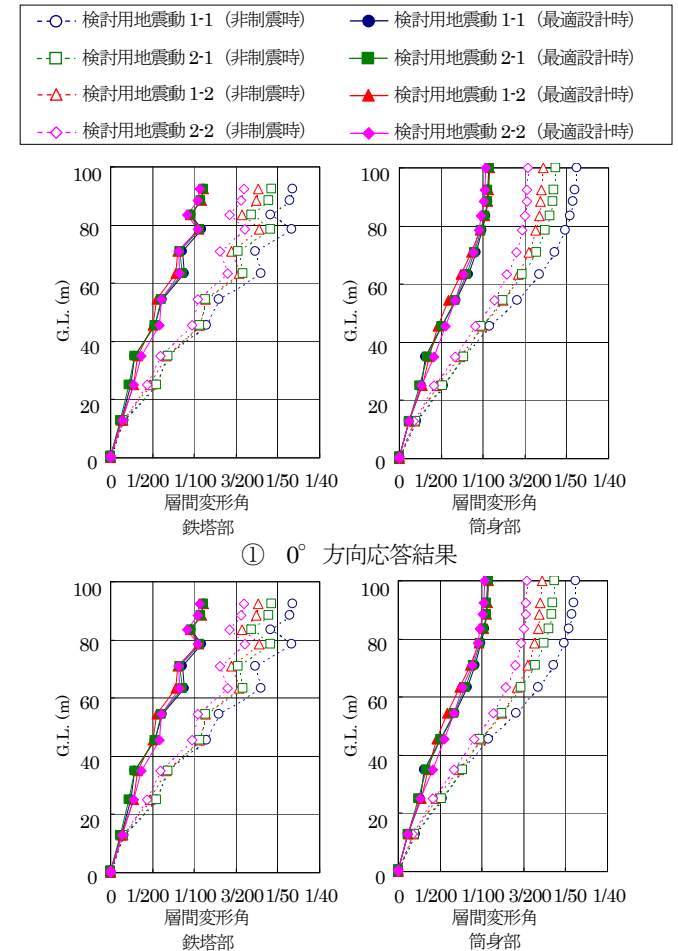


Figure 1-6 最大応答値(非制震時, 最適設計時)

1-5. まとめ

本報では, 立体フレームモデルを用いた解析により, パンタグラフ式 D.M.同調システムによる改修方法が, 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. 次報 (その 2) では, 本システムによる改修方法の有効性を確認する為に行った実験の概要及び実験結果について示す.

【参考文献】

- 石丸辰台, 秦一平, 真下貢, 荻原実, 宮島洋平, 中澤史成, 他: 鉄塔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叢刊集(B-2), pp.611-620, 2010.9
- 石丸辰台, 三上朝台, 秦一平, 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 632 号, 2010.6
- 石丸辰台, 秦一平, 三上朝台, 公家正行: 付加剛による 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
- 石丸辰台, 秦一平, 廣谷直也, 郭敏桓, 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叢刊集(B-2), pp.477-484, 2010.9