

山形鋼トラス鉄塔の減衰性評価に関する研究

九州大学大学院 学生会員○宇野州彦
九州大学大学院 フェロー 大塚久哲

九州大学大学院 正会員 松田泰治
日本鉄塔工業(株) 正会員 松永 稔

1. はじめに

我が国の送電鉄塔の耐震設計に関する設計基準にはUHV送電用鉄塔・基礎耐震設計指針・同解説^{1),2)}があり、UHV送電用鉄塔における減衰定数の想定について、「鉄塔の安全性を論ずるような大地震時には鉄塔の変形も大きく、従ってボルト接合による鉄塔構造物では、接合部におけるボルトのすべりなどによる振動エネルギーの損失はかなり大きいと予想される。」と記載されている。したがって支圧接合ボルトを用いた送電用山形鋼鉄塔は、ボルト接合部で生じるすべりなどにより、加速度の増加によって減衰性能が高くなると考えられる。しかしながら、大地震時を想定した両者の関係を検討した研究はあまり行われていない。

著者らはこれまでに、山形鋼鉄塔の振動特性を把握することを目的として、実大鉄塔の切り出しモデルを用い、常時微動試験および強制加振試験を実施した³⁾。その際に用いた実験供試体概略図を図-1に示す。結果として、入力加速度レベルを増加させると減衰定数が増加することを実験的に確認した。

本研究では、この実験供試体の解析モデルを作成し、解析値と実験値との比較を行うことで地震応答解析における等価粘性減衰定数の探索を試み、入力加速度レベルと減衰定数の相関性に関して検討を行った。

2. 解析手法の概要

(1) 解析モデルおよびモデル化手法

本研究で対象とした鉄塔は、図-1に示すような塔高が2101.5mm(供試体頂部の錘の厚さ含む)、1パネル250mmの山形鋼トラス鉄塔である。供試体は全てSS400の材料を用いており、総重量2.853kNである。

解析モデル図を図-2に示す。主要構造材である主柱材は3次元はり要素、斜材および水平材に関してはトラス要素として全て線形材料でモデル化を行った。ベースプレートに関しては、図に示しているような2本の3次元はり要素でモデル化した。また、ベースプレートと振動台を固定するボルトは、供試体の固有振動数と一致するようにばね定数を調節して、鉛直ばねでモデル化した。

質量に関しては、各層に集中質量として考慮している。主柱材や斜材、水平材に関しては、層境界で分割した。錘に関しては、各層の隅角部に入力した。平面プレートに関しては、はり材端部および主柱材との接合部に入力した。

(2) 入力地震波およびその他の解析条件

動的応答解析で用いた地震波は、台湾集集地震で観測されたCHY080, TCU068およびTCU084の3波、EL

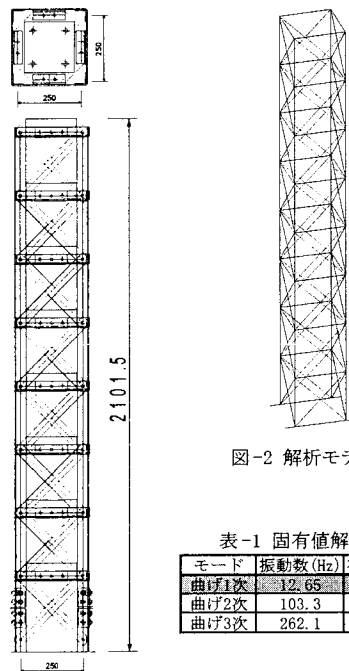


図-1 供試体概略図

図-2 解析モデル図

表-1 固有値解析結果

モード	振動数 (Hz)	有効質量比 (%)
曲げ1次	12.65	57
曲げ2次	103.3	13
曲げ3次	262.1	2

Centro, Taft の計5波を入力した際に得られた振動台上の加速度である。

動的応答解析においては、固有値解析によりひずみエネルギー比例型のモード減衰定数を算出した。本研究では、部材は全て線形材料でモデル化しており、線形挙動時には剛性の変化が生じないため高次の振動モードは励起されない。したがって、有効質量の卓越したモード(本研究では、次節より1次モードと2次モード)より、Rayleigh減衰を定義した。

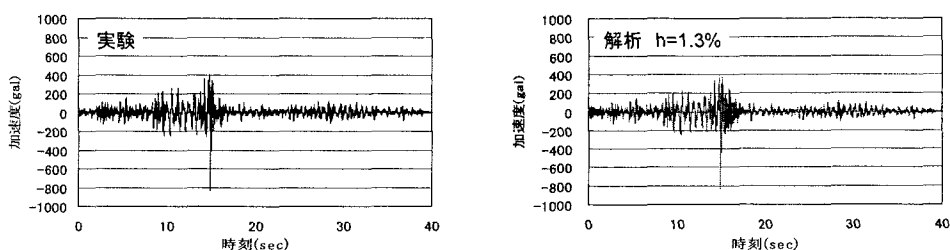
動的応答解析は、Newmark β 法($\beta=0.25$)による直接積分法で行った。また、解析するにあたり使用した解析ソフトは、汎用解析プログラムTDAPIIIである。

(3) 固有値解析結果

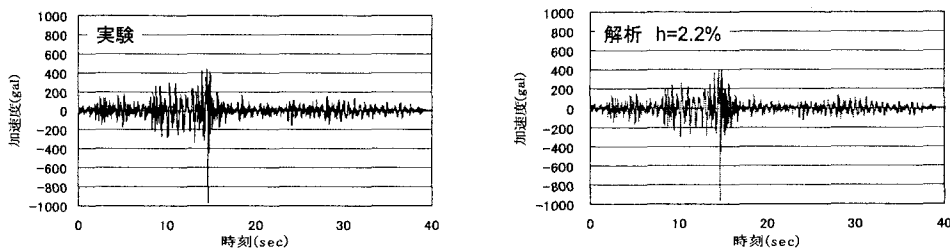
固有値解析によって得られた、曲げに関するモードの結果を表-1に示す。固有値解析の結果、有効質量比から1次モードが支配的な振動モードとなっている。

3. 地震応答解析における等価粘性減衰定数の探索

各地震波に対して動的応答解析を行い、振動実験で得られた結果と比較することにより、等価粘性減衰定数の探索を行った。ここでは、振動実験で得られた供試体頂部の応答加速度の最大値が一致するよう、解析における減衰定数



(a) 入力max 386gal (頂部応答max 833gal)



(b) 入力max 475gal (頂部応答max 966gal)

図-3 実験および解析より得られたCHY080y入力時の供試体頂部応答加速度の比較

表-2 CHY080y 動的応答解析結果

入力加速度の最大値 (gal)	頂部応答加速度の最大値 (gal)	減衰定数(%)
303	684	0.6
386	833	1.3
475	966	2.2
560	1086	3.4
683	1159	8.8
785	1320	10.8

を0.1%毎に変化させた。例として、CHY080yの解析結果の一部を図-3に示す。左側に実験で得られた供試体頂部の応答加速度時刻歴、右側に動的応答解析によって得られた応答加速度時刻歴を示している。図-3より、実験値と解析値がよく一致していることが確認できる。CHY080yの他の入力加速度レベル、また他の地震波に関しても同様の手法で解析を行った。CHY080yに関して動的応答解析の結果を表-2に示す。

動的応答解析を行った結果をまとめたものを図-4に示す。本研究では、各地震波毎に動的応答解析による解析値と振動実験で得られた実験値との比較を行い、入力加速度の最大値と等価粘性減衰定数の関係を示したが、全ての地震波において、入力加速度レベルの増加に伴い等価粘性減衰定数が増加する傾向を確認した。また図-4より、地震波の種類を問わず、地震波の入力加速度レベルと等価粘性減衰定数に相関があることを確認した。

4. まとめ

山形鋼トラス鉄塔は、ボルト接合部で生じるすべりなどにより、荷重や加速度の増加によって減衰特性が変化すると考えられる。したがって本研究では、地震時の入力加速度レベルによる減衰定数の変化に着目し、山形鋼トラス鉄塔の振動特性を把握することを目的とした地震波入力試験の結果を基に、地震応答解析における等価粘性減衰定数の

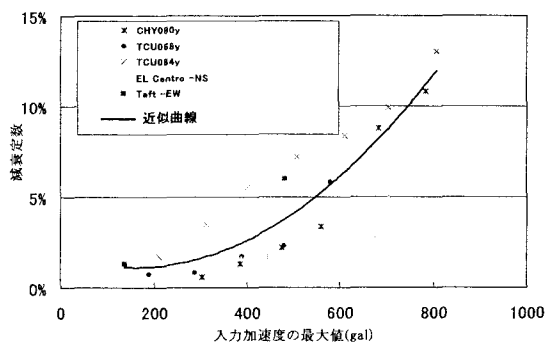


図-4 地震応答解析における等価粘性減衰定数の探索結果

探索を試みた。

本研究より得られた知見として、地震応答解析では計5波の地震波を用い解析を行い、解析により実験結果を模擬できることを確認した。また、解析結果と実験結果を比較することにより、地震波の入力加速度レベルと等価粘性減衰定数に相関があることを明らかにした。山形鋼トラス鉄塔は、地震時の応答加速度の増加により、見かけの等価粘性減衰定数が増加するものと判断される。

参考文献

- 1) 東京電力株式会社：UHV送電用鉄塔・基礎耐震設計指針・同解説，1984
- 2) 東京電力株式会社：UHV送電用鉄塔・基礎耐震設計指針・同解説(参考資料)，1984
- 3) 宇野州彦，松田泰治，大塚久哲，松永稔：山形鋼トラス鉄塔の振動特性に関する実験的研究，土木学会西部支部研究発表会講演概要集，I -68，pp.134-135，2003.3