

F型標識柱の振動耐久性評価方法の検討

中央大学 ○学生員 有田新平 積水樹脂(株) 正会員 安部和隆
中央大学 正会員 平野廣和 中央大学 正会員 佐藤尚次

1. はじめに

標識柱や照明柱を代表とする橋梁付属構造物は、一般に標準設計されており、静的な荷重状態のみで構造設計されている。このため動的な繰り返し荷重は、照査対象外となっているのが現状である。一方、これらの付属構造物の固有振動数は2~3Hzであり、幅広二主桁橋等の固有振動数とたいへん近い値となっている。そのため、車両通過時の振動や大型車がジョイント部を通過することによる起振により共振振動が発生し、基部に疲労による亀裂が生じる事故の発生が報告されている。そこで高架部設置の標識柱に発生する応力を動的照査も含めて検討する必要性が生じてきた。そこで本研究では、標識柱の高架部設置における振動耐久性の向上のため標識柱に発生する応力の大きさと、応力集中部がある程度推定できるような設計のための簡易式を作成するための基礎データ作りを行う。特に本研究では、従来の研究とは異なり、起振方向を鉛直方向に限定して検討を行うことである。これは、実機が置かれている状況での加振方向が鉛直方向が主との考えによる。

2. 研究の概要

簡易式の策定には図1に示す研究フローに従うこととする。まず、縮尺モデルを用いて簡易模型実験を行い、共振時の変位量を把握する。これと平行して実験と同一の条件で3次元シェル要素を用いた有限要素法による全体系の動的応答解析を実施する。両者の比較から共振時に最大発生応力が出たときの変形の様子を静解析に変換し、最終的に簡易式を算定することを目的としている。

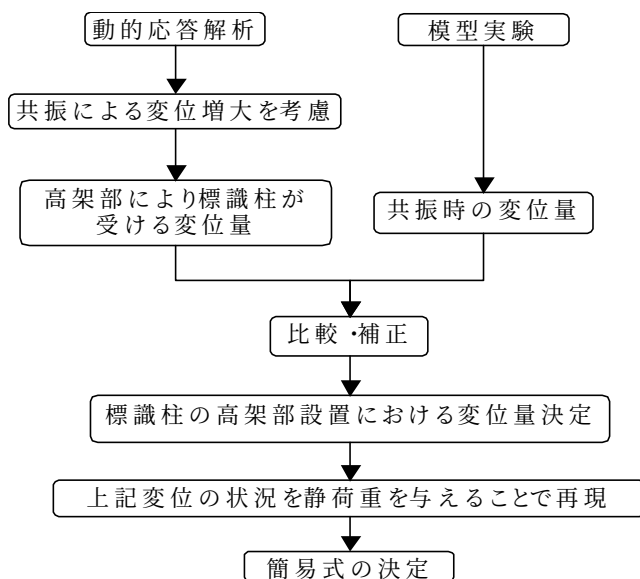


図1 研究フロー

表1 実験・解析諸言

	密度(N/mm ³)	縦弾性(N/mm ²)	ポワソン比
支柱・梁材	7.80E-09	205900	0.3

	寸法(mm)		単位質量	長さ	質量
	直径	肉厚	(kg/m)	(m)	(kg)
支柱材	89.1	3.2	6.78	2.5	16.95
梁材	51	2.3	2.63	1.47	3.87

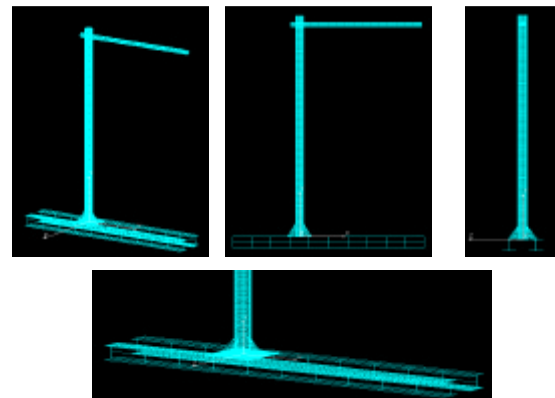


図2 解析モデル図

表2 固有値結果（面内1次）

	解析結果	実験結果
第1条件	9.50Hz	8.76Hz
第2条件	8.75Hz	(9.63Hz)

注：実験結果の括弧内は、加振機から取り外して計測

次に、実験と解析に用いたモデルの諸言を表1に、解析に用いた解析モデル図を図2にそれぞれ示す。ここでの要素総数は10,230である。

3. 固有値解析

固有値解析は、基部のモデリングの仕方により2種類行った。第1条件は、一般の解析と同様にモデル基部の底板の境界条件を完全固定で解析を行った。第2条件は、実験では基部底板が2本のH鋼を介しボルト4本で固定されていることを考慮してモデルを作成した。

面内1次の固有値解析結果を表2に示す。第1条件では、固有値は9.50Hzとなり、実験値である8.76Hzと大きな違いが生じた。これに対し、第2条件はほぼ実験値と等しい値である8.75Hzとなっている。

第1条件に関し、実験が振動試験機の上に写真1に示す



写真1 振動試験機基部

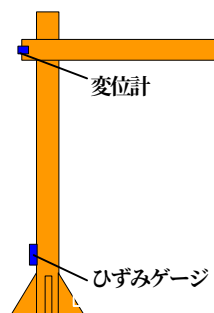


写真2 実験状況

図3 ひずみゲージと変位計位置

様に 2 本のH鋼を介してモデルを支持して計測していたことから、H 鋼の剛性が加味され、本体の構造より固有周波数が低い値になってしまったと予想される。なお、実験供試体を振動試験機の上ではなく、底板を床に固定して固有周波数を求めると、9.63Hz となった。この値は、解析で基部を完全固定させた固有値とほぼ等しい値となった。このことから、実験供試体の固有値は、第 1 条件で求めることができていると判断することができる。これに対し、第 2 条件は、実際の状況を考慮したうえで、解析のモデルを作成したため実験値に近い値を得ることができた。

4. 加振実験と動的解析の比較

4.1 実験内容

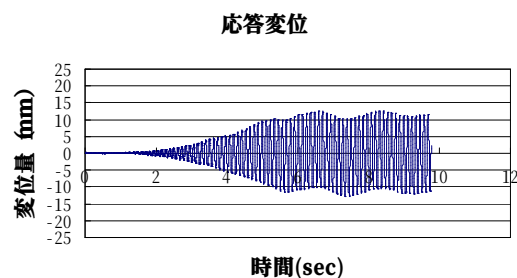
実験に用いた供試体の諸言は、表 1 に示したものをを用いた。変位計とひずみゲージの位置は図 3 に示す。加振試験機にモデルを取り付けたものを写真 2 に示す。変位計は G.L より 2400mm の位置で梁部材の端にとりつけており、面内の方向の変位を読み取るようになっている。ひずみゲージはリブ上端から 30mm の位置に貼り付けた。外力はこの実験の目的に応じ、共振している状況を実際に把握するというものである。加振機に負担がかからず、応答振幅がなるべく大きく取れる加速度ということで 0.5[G]とした。加振実験は、面内 1 次の固有振動数で鉛直方向に加振した。サンプリング周期は 512Hz、時間間隔は 0.00195 s で計測している。

4.2 動的解析

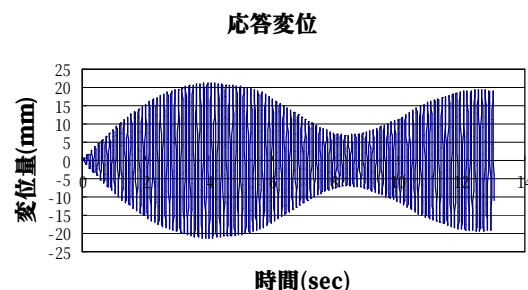
実験と並行して時刻歴応答解析を行い、動的応答を求める。モデルの減衰定数は、実験より得られたものを参考にし、1 次モード、2 次モードについて $h=0.25\%$ を用いた。外力は実験で与えたものと同様に加速度 0.5[G]を解析値の面内 1 次の周波数で与えた。Time step は 1 周期を 16 等分したので $\Delta t=0.0071$ となった。なお、ここでの解析は、H鋼までモデリングした第 2 条件を用いた。

4.3 実験結果と動解析結果

実験、解析結果の変位応答結果を図 4 に示す。実験での最大応答変位は 12.8mm となった。また、一度ピークに至った後、最大変位が 10mm～13mm の間をビートを打ちながら変化している。それに比べ解析結果では、最大応答変位は 21.2mm で、実験値よりかなり大きい値になっている。



実験結果



解析結果

図4 応答変位結果

また、最大応答変位が生じるまでの時間も解析結果では、約 4 秒程度で、実験結果では約 6.5 秒になっており差が生じている。最大応答変位の違いは、写真 1 から分かるように振動試験機上の H 鋼にリブが縦に溶接されていないことから、鉛直加振した際に面外にも大きく振れてしまい、実験値では最大応答変位が小さく出てしまったのだと考えられる。また、解析から考えられることは、振動試験機上では構造減衰に振動試験機の減衰等の付加減衰も加わっていると考えられる。よって今回の解析で用いた減衰定数 $h=0.25\%$ よりも大きい値になっていると予想される。そのため、解析値では最大応答変位が大きくなり、実験値と解析値の差が顕著に表れてしまった可能性が高い。

一方、最大応答変位が生じるまでの時間は、実験値の方が時間を要している。これは振動試験機が小型であることから、想定した鉛直加速度に達するまでに時間を要したことによる。このため図 4 に示すように試験開始から徐々に変位が増加することになった。それに対して、解析では最初から想定した外力を与えたことから、実験値よりも早く、ピークに達したものと思われる。

5. おわりに

実験と解析との条件が完全に一致していなかったことから、両者が一致せず、かつ最大発生応力が生じたときの変形の状況を静解析に変換するところまでは至らなかった。今後は振動試験機の上での状況を忠実にモデリングし、条件を見直したうえで解析を行い、これと実験値と比較して行くつもりである。なお、本実験は、積水樹脂(株)で実施したものである。

参考文献

- 1) 佐藤武司他：紫外線硬化型樹脂による補強対策を施した長柱の構造特性, 土木学会第 57 回年次学術講演会第 I 部門, 2002.9