

## 高架橋振動を考慮した片持ち式標識柱に対する疲労照査方法の解析的検討

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2~4Hzであり、鋼製桁橋等の固有振動数<sup>1)</sup>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高架橋振動が発生している。両者の固有振動数がたいへん近いことから付属構造物に共振振動が生じ、その繰り返しにより基部に疲労による亀裂が生じる事故の発生が報告<sup>2)</sup>されている。そこで高架橋部へ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ている。そこで本研究では、標識柱の高架橋部設置における振動耐久性の向上のため標準的な方持ち式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数値解析の面から検討を行うものである。なお、本研究では従来の研究とは異なり、加振方向を鉛直方向に限定して検討を行う。これは、実機が置かれている状況での加振方向が、主として鉛直方向であるとの考えによる。

## 2. 研究の概要

本研究は、表-1に示す研究フローに示すように、模型振動実験と動的応答解析の二つの比較を行いながら進めていく。まず、簡易モデルによる簡易模型実験<sup>3)</sup>し、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

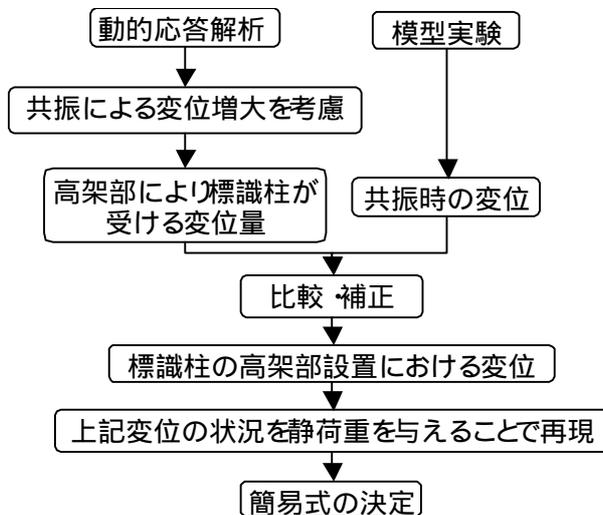


図1 研究フロー

表1 実験・解析諸元

	密度(N/mm <sup>3</sup> )	縦弾性(N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
支柱・梁材	7.80E-09	205900	0.3
標示板等	2.72E-09	68650	0.33

	寸法(mm)		単位質量 (kg/m)	長さ (m)	質量 (kg)
	直径	肉厚			
支柱材	114.3	3.5	9.57	3.5	33.5
梁材	89.1	3.2	6.8	2.3	15.6
標示板	縦	横	(kg/m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(kg)
	600	1800			

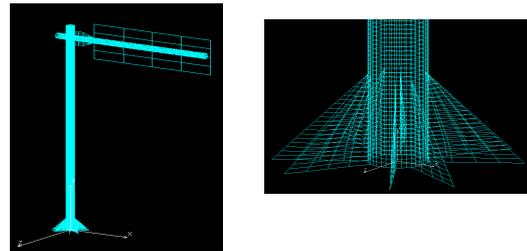


図1 解析モデル図

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生じ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。本報では、後者の動的解析に関して論ずる。

## 3. 標識柱のモデル化

方持ち式標識柱を対象として縮尺 1/2 のモデル化を行った。実験と解析に用いたモデルの諸元を表1に、解析に用いた解析モデル図を図1それぞれ示す。ここでの要素総数は10,230である。

## 4. 解析結果

## (1) 固有値解析

## 固有振動数解析結果

表2 固有値解析結果

モード	固有値 (Hz)	形状
1次	3.70430	面外 1次
2次	3.81072	面内 1次
3次	9.53105	面外 2次
4次	10.58370	面内 2次

表2に示す。ここで、面外1次とは片持ち式標識柱の標識部分が旗のように振られるモード、面内1次は標識部分の頭を振る様なモードである。この標識柱の特徴は、面内と面外の固有値の値が近いことである。なお、今までの解析結果から、面内1次モードが柱基部に生じる応力が大きいこと、さらに本報での主目的が鉛直方向の加振力の影響であるので、今後は面内1次モードに関して検討を行う。

## (2) 時刻歴応答解析

時刻歴応答解析を行い、標識柱が共振した際の応答変位、応力を求める。標識柱の減衰定数は、 $\eta=0.3\%$ 、 $1.8\%$ 、 $5.7\%$ の3種類に関して解析を実施した。加振は鉛直方向に加振し、加速度は0.3Gで面内1次の周波数で与える。時間増分量は、1周期を16等分とする。

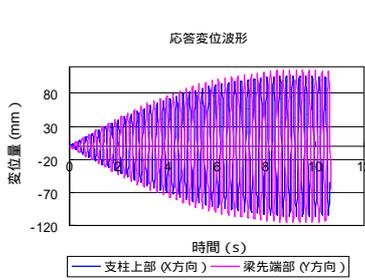


図 2-1 応答変位(0.3%)

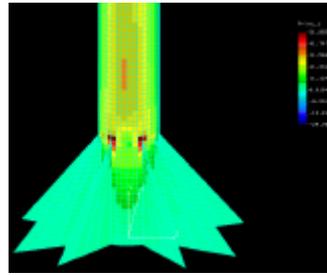


図 3-1 最大発生応力(0.3%)

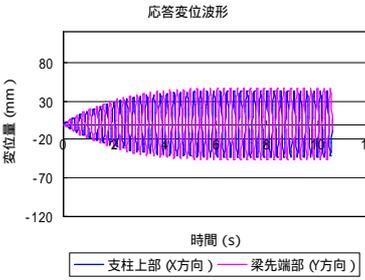


図 2-2 応答変位(1.8%)

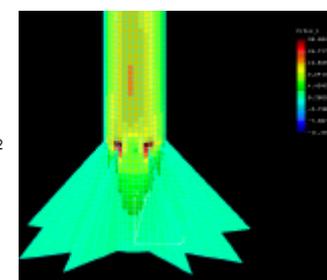


図 3-2 最大発生応力(1.8%)

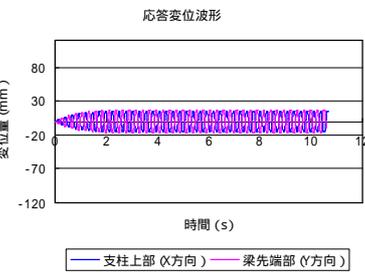


図 2-3 応答変位(5.7%)

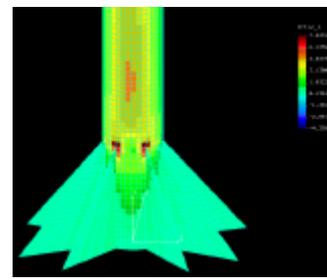


図 3-3 最大発生応力(5.7%)

表 3 動解析結果のまとめ

	減衰率		
	0.30%	1.80%	5.70%
支柱上部最大応答変位 (mm)	106.3	42.594	15.668
梁先端部最大応答変位 (mm)	115.5	46.26	16.99
最大発生応力 (MP a)	509.6	203.8	74.68

3種類の減衰定数それぞれの支柱上部の X 方向（水平方向）と標識先端の Y 方向（鉛直方向）の応答変位を図 2-1~2-3 に示す。これを選択したのは、共振状態において最も応答変位が大きい場所を示したものである。

図 2-1 の減衰率 0.3% では約 9 秒で、図 2-2 の同 1.8% では約 6.5 秒、図 2-3 の同 5.7% では約 4.8 秒で定常振幅状態に達している。ここでは、減衰率が大きい方が早くに定常振幅に達して最大応答変位が生じることがわかる。また、最大応答変位と発生応力は減衰率が大きくなるにつれ小さくなっている。柱基部周辺での最大発生応力分布を図 3-1~3-3 に示す。最大応答の値を表 3 に示す。

(3) 静的解析と時刻歴応答解析との関係

時刻歴応答解析で標識柱が共振した際の最大応答変位と最大発生応力が得られるように、標識柱梁先端部に色々な方向に静的荷重を作用させることを行う。梁先端部に水平方向からなす角度をパラメータとして解析を行った。その結果、梁先端部に水平方向から 30 度をなす方向に荷重をかければ、支柱部、梁部においてほぼ両者ともに同様な値を

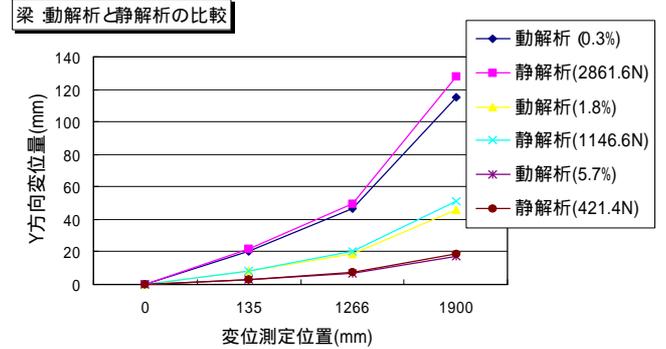
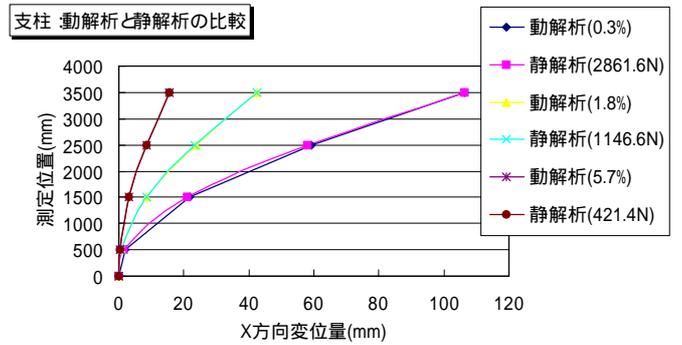


表 4 動解析と静解析の比較、30 度方向の荷重

	発生応力 (MP a)		30度方向の荷重 (N)
	動解析	静解析	
減衰率	0.30%	509.6	472.5
	1.80%	203.8	189.2
	5.70%	74.68	69.6

得ることができることが判った。時刻歴応答解析と静解析の変形を比較した図を図 4 に示す。また、最大応答の値を表 4 に示す。

図 4 より、支柱に関しては時刻歴応答解析で共振したときの変形の様子を十分に表している。また、梁部材では先端へ行くに従って若干の差が生じているが許容できる範囲と考えられる。

発生応力に関しては、3種類の減衰率においてほぼ満足の行く近い値を得ることができた。このことから梁部先端に水平方向と 30 度をなす方向に荷重をかけることにより共振した様子を静解析に置き換えて表現することができたと考えられる。

5. おわりに

今回、共振した標識柱の変形の様子を静解析に置き換えることができた。今後の課題としては、この梁先端部に水平方向と 30 度をなす方向への静的荷重の理論的証明、またどのようにその荷重を作用させるかなどが挙げられる。

参考文献

- 1) 佐藤武司他：標識柱等の橋梁付属物の振動特性、土木学会第 29 回関東支部技術研究発表会、1-38、2002.3
- 2) 山田健太郎他：鋼管柱基部の疲労強度 構造工学論文集, Vol.38A, pp.1045-1054, 1992.3.
- 3) 安部和隆他：高架橋振動を考慮した片持ち式標識柱に対する疲労照査方法の確立、土木学会第 59 回年次学術講演会、2004