

中央大学 学生員 佐藤武司 三井造船(株) 正会員 連 重俊
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

阪神大震災の教訓をもとに橋梁の耐震性向上のために、種々の落橋防止対策が講じられてきている。振動系からの影響を考慮し、ゴムを主とした免震支承が橋梁支承部に導入されるに至った。しかし、それにより橋梁全体系での減衰が遅くなる傾向を示している。このような特性の変化と車両の走行に起因したくり返し起振の影響により、従来の設計手法で設計された橋梁付属構造物の照明柱や標識柱等の長柱基部で、疲労亀裂が生じる事例が発見されてきている。本研究ではこのような長柱が振動により加振され、どのような応力分布を示し、最終的にどのような軌跡を辿り疲労破壊に至るのかを検証する。

2. 標識柱の軌跡

本研究では、最も複雑な挙動を示すF型標準標識柱を対象とするモデルとした。まずこの挙動を知るために、数値解析により固有振動数を算出し、モード形状と応力発生状態を確認する。次に実機による大型振動台を用いた実験により標識柱の軌跡を求めることとする。実機による大型振動台を用いた実験は、愛知工業大学耐震実験センターで実施し、図-1の様な高さ7.25メートル横幅4.90メートルのF型標準標識柱を、加振方向・直交方向に変位計・加速度計を設置し自由振動させて標識柱の固有振動数、軌跡を解析結果と重ね合わせて評価した。

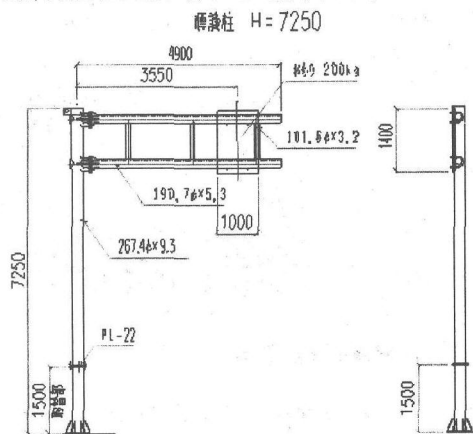


図-1 F型標識柱モデル

3. 解析条件

解析条件として以下の値を用いる。

表-1 解析パラメータ

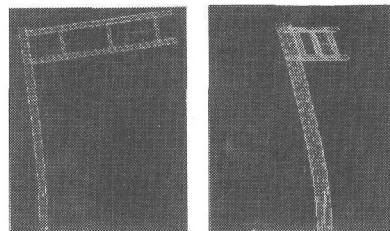
標識柱サイズ	ポール高さ	7250mm
	断面構成	267.4φ9.3mm
	標識部の幅	4900mm
	リブの高さ	200mm
Steel材料特性	単位質量	$8.02 \times 10^{-10} \text{ kg/mm}^2$
	弾性率	$2.1 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$
	ポアソン比	0.3

4. 解析結果

加振実験を実施するに際し、まず、標識柱の固有値を知ることが必要である。そこで、汎用構造解析ソフト COSMOS/M を用いて固有値解析を行った。結果は表-2に示す通りである。1次モードは標識の部分のみが面外に動く旗振りのようなモード形状である。また、2次モードと3次モードは図-2に示す様に面内方向、面外方向に動くモード形状である。

表-2 解析値結果

モード次数	固有振動数(Hz)	
1次	1.786	旗振り
2次	2.162	面内1次
3次	5.184	面外1次
4次	7.035	
5次	13.171	



(2次モード) (3次モード)

図-2 F型標識柱のモード形状

次に標識柱の塔頂部に変位を与えて線形静的解析を行い、その時に応力集中する基部周辺の応力を最大主応力で評価した。基部周辺の応力分布図を図-3に、同一鉛直方向断面での応力結果を図-4に示す。塔頂部に与えた変位は発生頻度の高い動きであるボールの直径の約1/3の100mmを想定した。この変位量でリブ先端に20kg/mm²程度の応力が生じることを本解析により把握できた。

Key Words: 照明柱や標識柱の基部、疲労による亀裂、軌跡
連絡先: 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科

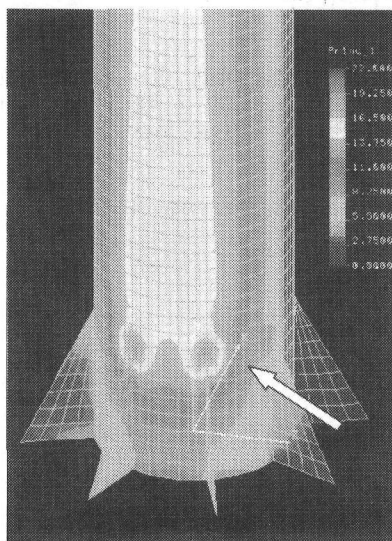


図-3 応力分布図

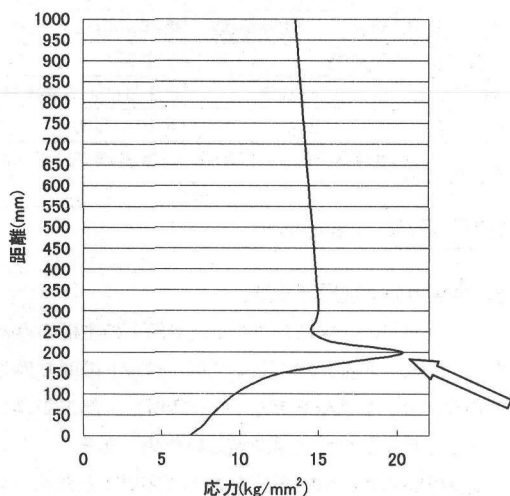


図-4 基部からの距離とリブ上の鉛直方向断面の応力の関係

5. 実験結果と考察

このF型標識柱の振動実験を実際の1/1モデルで、固有モードの1次・2次・3次モード方向の3方向に初期強制変位を与え自由振動実験を行った。実験では加速度計・変位計により固有振動数、標識柱の軌跡を把握した。実験から求めた固有振動数の値は、表-3に示す通りである。また、図-5の様にポール部分と標識部分の変位をそれぞれ分けて標識柱全体の上方から見た軌跡をグラフに描いた。固有振動数に関しては、解析値より実験値が多少小さくなっているがこれは1次モードの固有振動数が卓越してい

るために他のモードの固有振動数が出難くなっていると考えられる。また標識柱の軌跡に関しては、解析ではポール部分より標識部分の方の面外方向変位が大きく生じている。図-5からもわかるように実際の振動実験では、解析と同じ様な傾向が強く出ていることがわかった。

これらよりF型標準標識柱の軌跡は、1次モードの旗振りの影響を強く受けながら前後左右に動き、この様な軌跡を描いていることがわかった。

表-3 実験値結果

	解析値	実験値
固有振動数(Hz)		
1次	1.786	1次 1.685
2次	2.162	2次 1.758
3次	5.184	3次 3.369

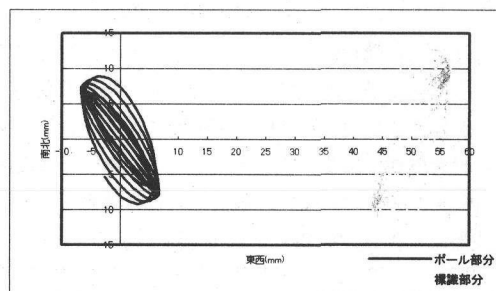


図-5 5秒間のポール部分・標識部分の軌跡

6. おわりに

本研究では、標識柱が実際にどのような軌跡を描いているのかを理解することができ、また、標識柱ポールの直径の約1/3の変位により、応力集中の場である基部の部分に降伏点近くの応力が発生することもわかった。それと共に、解析を行うことにより実際に既存の物の応力計測を行わなくても挙動の大部分を把握することが可能であることが考えられる。今後、橋梁支承部にゴム支承が導入された橋梁の照明柱や標識柱に代表される付属構造物が疲労破壊を生じて事故を起こす可能性が予想される。長柱底部の疲労破壊に対して異種材料を用いた複合構造を考慮した対処法を考えていく必要がある。

本研究は、中央大学、愛知工業大学、三井造船鉄構工事(株)、(株)十川ゴム、中井商工(株)、(株)大日本インキ化学との共同研究の一部である。

参考文献：ひずみゲージ入門 (株)東京測器研究所