

交通荷重による門型標識柱の振動と疲労に関する研究

○ 名古屋大学 学生員 李 相勲
 名古屋大学 正会員 小塩 達也
 名古屋大学 正会員 山田健太郎

1. はじめに

本研究では、疲労き裂が発生したために、設計変更されて取り替えられた門型標識柱とその基部の橋梁振動を対象に、荷重車を用いて振動測定を行い、周波数解析から振動特性を把握した。また、基部のガセット部のひずみ、および門型柱の加速度に着目して応力頻度測定を行い、一般供用下でのひずみ、振動状態の時間推移や、疲労寿命の推定等を行った。また、新設およびき裂の発生した旧門型柱に対して有限要素法を用いた固有値解析を行い、新設の実測値との比較、あるいは新設門型柱と旧門型柱の振動特性に関して検討した。旧門型柱に関しては、疲労き裂の発生メカニズムを明らかにするためシェル要素を用いて有限要素解析を行う。

2. 鋼製門型柱の振動および応力頻度測定

平成 11 年 7 月、名古屋高速道路に設置されている渋滞感知センサー用の鋼製門型柱の隅角部に、疲労き裂が発生しているのが点検で確認された。この損傷した門型柱は、すぐに撤去され、再設計により構造が変更された門型柱が取り付けられた。門型柱が設置された橋梁は、入口ランプと本線の合流点にあるため、橋梁中心線と橋脚中心線が偏心した構造の 3 径間連続鋼床版ラーメン箱桁橋である。本研究では、この橋梁に新設された鋼製門型柱を対象に測定を行った。門型柱の一般図を図-1 に示す。全幅 18.7m、高さ 6.0m の鋼管製であり、壁高欄にアンカーボルトで固定されている。図-2 に加速度計とひずみゲージの設置位置を示す。基部で、鉛直方向 4 点と橋軸方向 1 点、門型柱本体で、柱上部に橋軸方向、梁部中央で 3 成分の計 10 点の振動加速度を測定した。加振方法は、交通量の少ない深夜に 195kN の散水車を橋梁上に走行させて行った。また、一般交通下で、進入車線側の基部のリブプレート上端部にひずみゲージを貼付し、24 時間の応力頻度測定を行った。

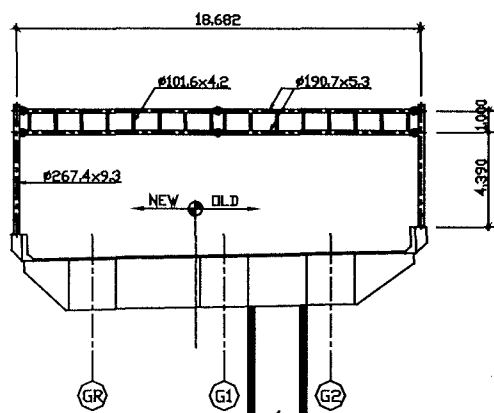


図-1 門型柱の一般図

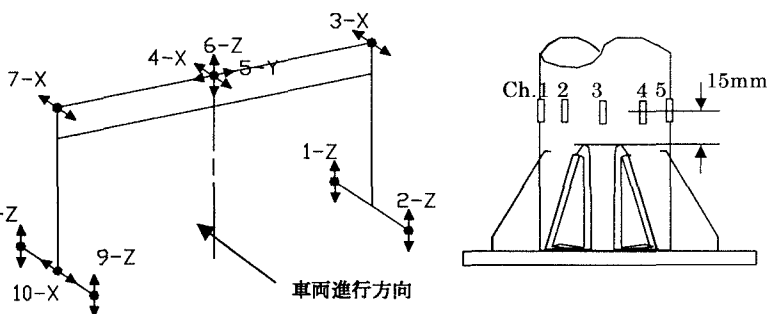


図-2 加速度計とひずみゲージの設置位置

3. 基部および門型柱の振動特性

荷重車が走行した時に得られた基部の鉛直振動（図-2の1,2,8,9-Z）のパワースペクトルを図-3に示す。基部のスペクトルは2Hzから4Hzにわたって卓越振動数が見られる。荷重車のような大型車両の固有振動数は約3Hzであると言われており、橋梁の固有振動数の内、3Hz付近を中心としたモードが励振される結果、このような結果が生じていると考えられる。次に、門型柱の橋軸方向(3,4,7-X)と橋軸直角方向(5-Y), 中央部鉛直(6-Z)の加速度のパワースペクトルを図-4に示す。また、モード形状を特定するために行った固有値解析によるモード図を図-5に示す。1.59Hzで梁の弱軸（水平方向）1次曲げモード、3.69Hzで門型柱全体の面外ねじり

振動, 4.32Hz で梁部の鉛直 1 次曲げモードとなっている。実測結果と比較すると, 振動数に若干の違いがあるものの, 両者の振動数と振動モードは概略では良い一致を示している。

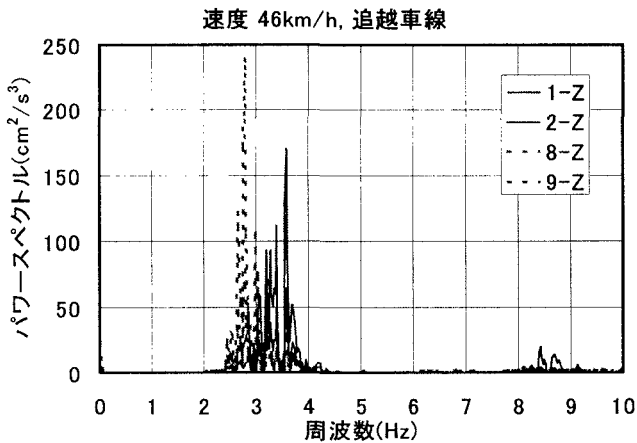


図-3 門型柱基部の鉛直加速度のパワースペクトル

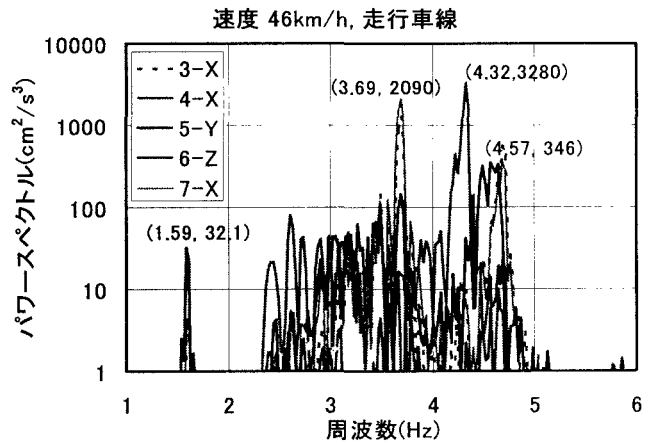
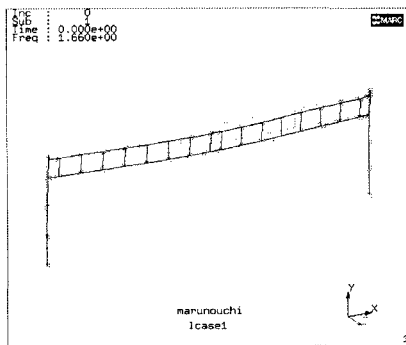
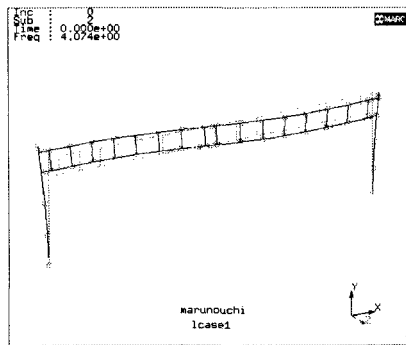


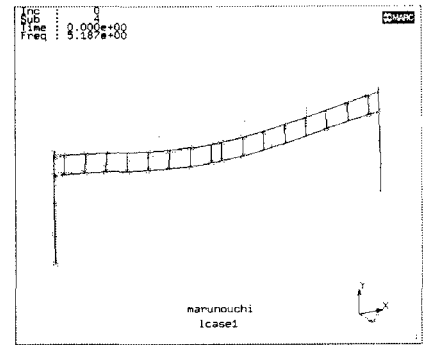
図-4 荷重車走行時の門型柱のパワースペクトル



1.59Hz : 梁の弱軸 1 次曲げ



3.69Hz : 門型柱全体の面外ねじり



4.32Hz : 梁の鉛直 1 次曲げ

図-5 門型柱の固有振動数と固有モード (図の下値は実測値)

4. 基部の疲労耐久性

1 時間に計測された加速度とひずみの繰り返し数をすべて集計し, 交通量の推移と比較した結果, 車両 1 台あたり 5~10 回の振動繰り返し数が生じたことが分かった。また, 時間当たりの繰り返し頻度は, 加速度, ひずみともに交通量の推移と強い相関が見られた。基部のリブ端で行った応力範囲頻度分布を用いて, 日本鋼構造協会疲労設計指針に示される方法で疲労照査を行った。JSSC-F で計算した時間あたりの疲労損傷度と交通量の関係では, 繰り返し数の場合と違って同じ交通量であっても, 測定日の午前と午後で異なっていた。これは, 大型車両の混入率の違いにより, 振動レベルが異なるためであると考えられる。測定日の応力頻度分布が 1 年すべてに連続すると仮定し, 計算した疲労寿命は F 等級の打ち切りなしで最低 110 年であり, 当面の間この部分から疲労き裂が発生する可能性は低いと考えられる。

5. まとめ

橋梁上測定点では大型車両の固有振動数に近い, 2~4Hz 程度の振動数が卓越した。門型柱では, 橋梁の卓越振動数に近い, 3.69Hz の面外ねじりモードと 4.32Hz の梁部鉛直 1 次曲げモードが卓越した。また, 振動と交通量は相関しており, 門型柱には車両 1 台あたり 5~10 回の繰り返し数が生じた。門型柱基部の疲労寿命は, JSSC-F で 110 年であった。旧型のき裂の発生要因および新型との振動特性の比較については当日発表する。

謝 辞

この研究を進めるにあたり, 名古屋高速道路公社工務部設計課の森成顕氏, 森下宣明氏に甚大なるご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。