

交通荷重によるコンクリート充填鋼管アーチ橋の動的挙動について

長崎大学大学院 学生員 ○岡谷まり子 中国・福州大学 非会員 陳 宝春
長崎大学大学院 学生員 呉 慶雄 長崎大学工学部 フェロー 岡林 隆敏

1. はじめに

近年の中国では、コンクリート充填鋼管アーチ橋の架設が数多く見られる。コンクリート充填鋼管構造は、剛性、耐力を期待でき、経済性の面からも有利な構造であるため、日本でも注目が高まっている。しかし、このような構造の橋梁建設は、日本においては実績が少ないため、橋梁の動的挙動は明確にされていない。また、中国において初期に架設された橋梁については、走行車両による橋梁の振動問題が発生している。本研究は、このような橋梁の振動を低減させる補強手法を検討するために、中国に架設されたコンクリート充填鋼管アーチ橋の交通振動による挙動を解明することを目的としたものである。

2. 対象橋梁のモデル化

対象橋梁は、中国福建省に架設されたコンクリート充填式中路アーチ橋の石潭溪大橋である。橋梁のスパン長は $L=136m$ 、ライズスパン比は $f/L=1/5$ である。アーチリブは、断面 $D550 \times 8mm$ のコンクリート充填鋼管 4 本を用いており、橋軸直角方向を断面 $D400 \times 8mm$ 、鉛直方向と斜方向を断面 $D219 \times 8mm$ の鋼管部材で組立てた立体トラス構造である。図 - 1 に橋梁一般図とアーチリブの断面形状を示す。対象橋梁は、有限要素法を用いてモデル化した。その際、コンクリート充填鋼管の伸び剛性

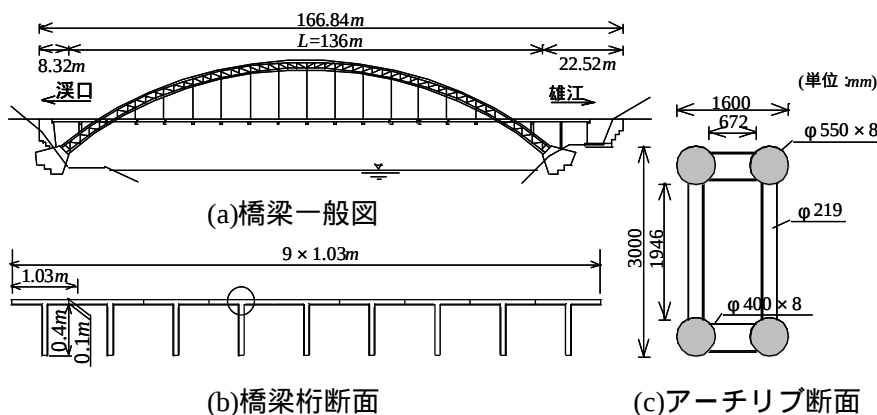


図 - 1 石潭溪大橋一般図

EA は $EA=E_c A_c+E_s A_s$ 、曲げ剛性 EI は $EI=E_c I_c+E_s I_s$ として考慮した¹⁾。ここで、 E_c, E_s ：コンクリート、鋼管の弾性係数、 A_c, A_s ：コンクリート、鋼管の断面積、 I_c, I_s ：コンクリート、鋼管の断面 2 次モーメントである。本研究は、このようにしてコンクリートと鋼管を合成するものとする。図 - 2 に、橋梁の固有値解析による鉛直方向の振動モードと振動数を示す。

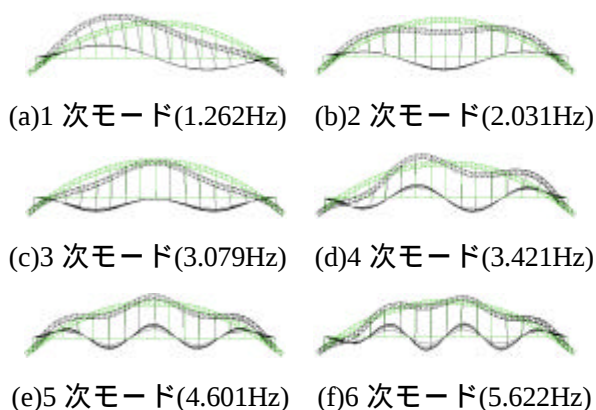


図 - 2 橋梁の鉛直方向振動モード

3. 走行車両と路面凹凸のモデル化

橋梁に交通振動を与える走行車両は、1 自由度系でモデル化した。車両振動数は $3Hz$ である。図 - 3 に走行車両モデルを示す。橋梁が有する路面凹凸 $r(t)$ は、路面凹凸の実測を行い、MEM 法を用いて路面凹凸のパワースペクトル密度を求めた。図 - 4 に、実測結果より得られた路面凹凸のパワースペクトル密度を実線で示す。また、実測結果が持つ路面凹凸の良否を評価するために、単位長さあたりの凹凸数 $\Omega(c/m)$ に対するパワー

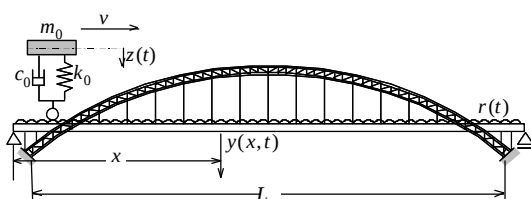


図 - 3 橋梁 - 車両 - 路面系

キーワード：コンクリート充填鋼管アーチ橋、橋梁振動、振動レベル

連絡先：長崎大学工学部(〒852-8521 長崎市文教町 1-14, Tel 095-847-1111, Fax 095-848-3628)

スペクトル密度を $S(\Omega)=A/\Omega^2$ とし,路面凹凸の良否を表すパラメータ A を変化させた結果も図 - 4 に併せて示す.これより実測結果は,路面凹凸の良否 Good の場合のパワースペクトル密度とほぼ一致する.そこで路面凹凸は $A=0.0062$ を用いてモデル化する.分散が有限で微分ができる路面凹凸のパワースペクトル密度は $S(\Omega)=A/(\Omega^2+a^2)$ となり,速度 $v(\text{m/sec})$ で走行する車両上で観測すると,路面凹凸のパワースペクトル密度は $S_r(\omega)=S_0/(\omega^2+\beta^2)$ で近似することができる.ここで, $S_0=2\pi vA$, $\beta=2\pi va$, a : 実測結果より決定するパラメータ($=0.05$)である.

4. 実験・解析結果の考察

走行車両試験は,実橋に加速度計を設置し,交通振動が作用する場合の橋梁振動を計測した.車両走行点は,図 - 1 の(b)に○印で示した部分である.図 - 5 に走行車両試験結果を示す.橋梁の着目点は $L/2$ 点である.また数値解析として,図 - 3 のような路面凹凸を有する橋梁上を車両が走行する場合の橋梁の時刻歴応答解析を行った.車両速度は 50km/h , 橋梁の着目点は $L/2$ 点である.橋梁の振動モードは上下振動 15 次までを考慮した.図 - 6 に数値解析結果を示す.時刻歴応答波形を比較すると,実測結果,解析結果とも振動レベルはほぼ一致している.そしてパワースペクトル密度を比較すると,両者とも 3Hz 付近で卓越振動数が

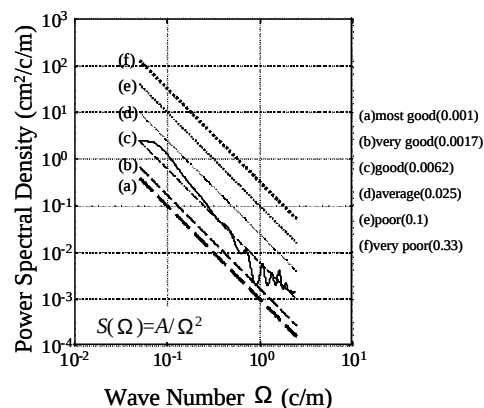


図 - 4 路面凹凸のスペクトル密度

表れており,ほぼ一致している.これより,数値解析法の有効性が確認できた.また,橋梁スパンのどの部分において最大応答が発生するのかを把握するために,図 - 7 にスパン各点の橋梁応答の最大値を示す.図 - 7 より,振動レベルは加速度で $50 \sim 100\text{gal}$, 変位振幅で $2 \sim 3\text{mm}$ となっており,強い振動が発生している.振動レベルは,実測とシミュレーションでは良い一致を示しているので,このようなモデルでの橋梁 - 車両 - 路面系のモデル化が可能であると考えられる.

5. まとめ

走行車両による実測結果と対応するシミュレーションの結果を示した.実測結果は,試験車両を走行させたものではないので,厳密にシミュレーションとは対応しない.しかし,橋梁の振動挙動の解明はできたものと考えている.今後の課題としては,具体的な振動低減対策を行うことが必要であると考えている.

[参考文献] 1)陳 宝春:鋼管混凝土拱橋設計与施工,人民交通出版社, pp.42-45, 1999 年 9 月

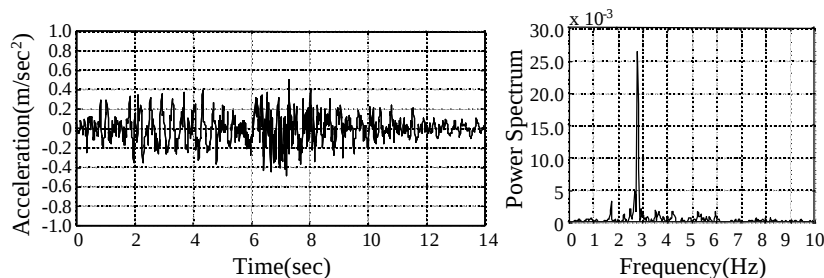


図 - 5 走行車両試験による橋梁の加速度応答

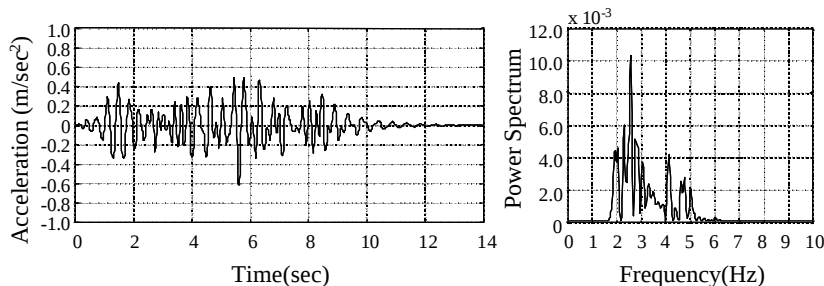
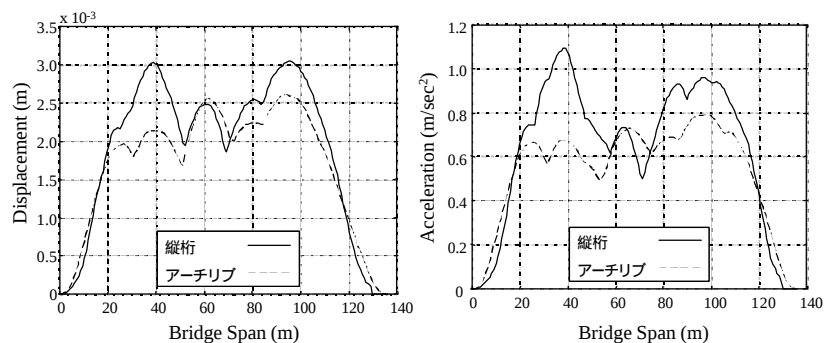


図 - 6 数値解析による橋梁の加速度応答



(a)変位応答

(b)加速度応答

図 - 7 橋梁スパン各点における最大応答値