

コンクリート充填鋼管アーチ橋の交通荷重による応答解析

長崎大学大学院 学生会員○岡谷まり子 中国・福州大学 非会員 陳 宝春
長崎大学大学院 学生会員 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が数多く架設されている。しかし、初期の頃に架設された橋梁においては、交通振動による振動が問題になっている。本研究は、中国に架設されたこれらの橋梁の交通振動を減少させる補強手法を検討するために、交通振動による橋梁の動的挙動を明らかにするものである。

2. 対象橋梁

対象橋梁は、中国の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。橋梁は福建省石潭溪を横断する国道 316 号線にあるスパン $L=136\text{m}$ のアーチ橋で、ライズスパン比 $f/L=1/5$ を採用している。図-1 に橋梁一般図を示す。アーチリブは、直径 $D550\times 8\text{mm}$ のコンクリート充填鋼管 4 本を水平方向は $D400\times 8\text{mm}$ 、鉛直方向と斜め方向は $D219\times 8\text{mm}$ の鋼管部材で組み立てている。図-2 に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 EA と曲げ剛性 EI は次のように考慮した。

$$EA = E_c A_c + E_s A_s \quad (1)$$

$$EI = E_c I_c + E_s I_s \quad (2)$$

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。このようにして、コンクリートと鋼管を一体化するものとする。これより、図-3 に固有値解析による橋梁の鉛直方向の振動モードと振動数を示す。

3. 車両、路面凹凸の解析モデル

走行車両は、1 自由度系でモデル化する。図-4 に車両のモデルを示した。路面凹凸 $r(t)$ の実測を行い、路面凹凸のパワースペクトル密度を MEM 法により求めた。図-5 に路面凹凸のパワースペクトル密度を示す。実測結果より得られたパワースペクトル密度は実線で示した。実測結果が持つ路面凹凸のレベルを評価するために、単位長さあたりの凹凸数 $\Omega(\text{c/m})$ に対するパワースペクトル密度を $S(\Omega) = A/\Omega^2$ とし、路面凹凸の良否を表すパラメータ A を変化させて図-5 に併せて示した。実測結果は路面凹凸の良否 Good の場合のバ

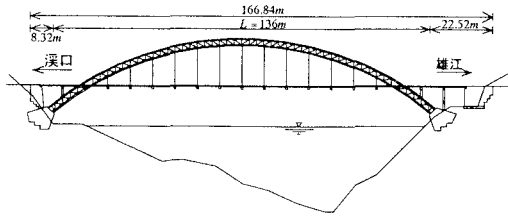


図-1 橋梁一般図

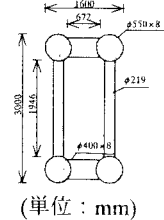


図-2 アーチリブ断面

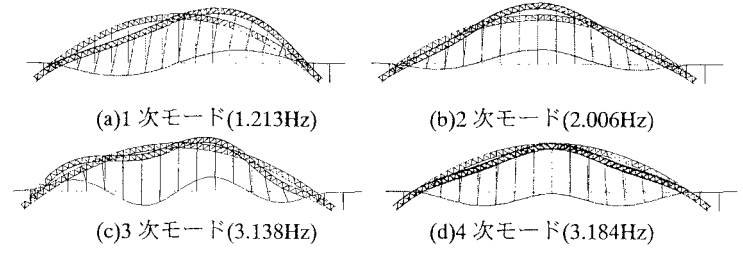


図-3 橋梁の振動モード(鉛直方向)

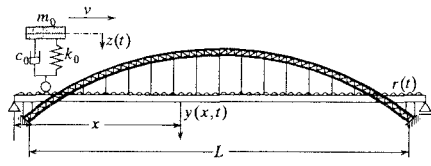


図-4 橋梁-車両-路面系

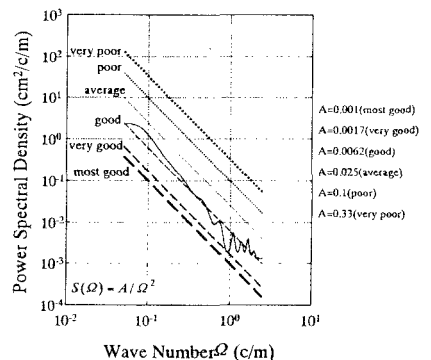


図-5 路面凹凸のスペクトル

ワースペクトル密度とほぼ一致する。これより路面凹凸は $A=0.0062$ 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 $v(m/sec)$ 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. 数値解析結果と考察

図-4 のような路面凹凸を有する橋梁上に車両が走行する場合の橋梁の振動応答解析を行った。橋梁の振動モードは30次モードまでを用いた。橋梁の着目点は、 $L/4$ 点と $L/2$ 点についてそれぞれ解析した。車両は雄江方面から溪口方面へ速度 $v=50km/h$ で走行するものとする。図-6 に、走行車両による縦桁の加速度応答とスペクトルを示す。 $L/2$ 点より $L/4$ 点の方が加速度応答は大きくなっている。図-7 に、走行車両によるアーチリブの加速度応答とスペクトルを示す。これも縦桁と同様に $L/4$ 点の方が加速度応答は大きくなっている。スペクトルの解析結果より、縦桁、アーチリブとも $L/4$ 点のスペクトルは1, 3Hz付近で、 $L/2$ 点のスペクトルは4Hz付近で振動数が卓越していることがわかる。図-8 に、スパン各点の時刻歴応答解析を行い、それぞれの応答の最大値をとったものを示す。これより、変位応答に関しては $L/4$ 点付近で、加速度応答に関しては $L/4$, $3L/4$ 点付近で応答の最大値が発生している。また、 $L/2$ 点付近の応答に卓越していない。

5. まとめ

固有値解析より、本橋梁の振動数が全体的に低く、これより橋梁の振動応答のレベルが大きくなることが予想される。

応答解析結果より、縦桁の振動が大きく、主桁の剛性が非常に弱いため、十分な剛性が確保されていないと思われる。

現地で行った走行車両実験結果と、本解析結果との比較を行い、本橋梁の振動性状を詳細に検討する必要がある。

[参考文献] 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

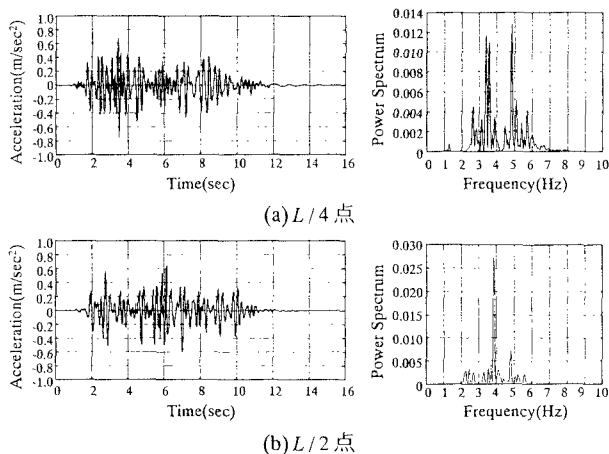


図-6 走行車両による加速度応答(縦桁)

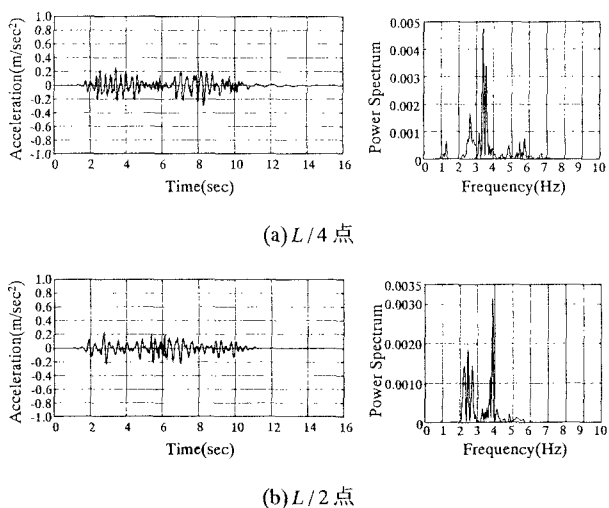


図-7 走行車両による加速度応答(アーチリブ)

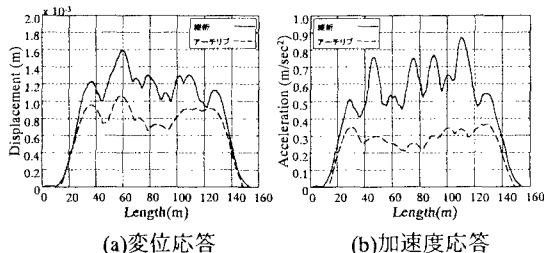


図-8 スパン各点の橋梁の最大応答