

コンクリート部分充填鋼管アーチ橋の動性能に関する研究

長崎大学工学部 学生会員 ○松坂博幸 長崎大学工学部 学生会員 Wu Qing Xiong
 長崎大学工学部 フェロー会員 高橋和雄 長崎大学工学部 正会員 中村聖三

1. まえがき

コンクリート充填鋼管(CFT)構造はアーチ橋への適用が可能であるために、中国において 100 橋以上の CFT アーチ橋が建設されている¹⁾。CFT 構造は面内荷重については十分な機能を発揮できるが、面外方向の地震が作用する時に、必ずしも有利とは言えない。したがって、面外方向の性能を確保することが CFT アーチ構造の一つの課題である。中国における建設の経験およびその他の事例を基に、コンクリート部分充填鋼管アーチ橋という新しい構造形式が提案されている。これまで中国において建設されたこのタイプの橋梁には、福建省の山前大橋がある¹⁾。そこで本研究では、その部分充填 CFT アーチ橋を対象に、動特性を検討するものである。また、コンクリート充填長をパラメータにして動的解析を行い、コンクリート充填範囲の変化による動特性の変動を検討する。

2. 山前大橋の概要

山前大橋はスパン 80m、ライズ比 $f/L=1/5$ (純径間 75m、ライズ 15m) である。全体図を図-1 に示す。アーチリブは、断面 $D1200\text{mm} \times 20\text{mm}$ の空鋼管および $D1200\text{mm} \times 16\text{mm}$ のコンクリート充填した STK400 鋼管一本を用いており、橋軸直角方向に $D1000\text{mm} \times 8\text{mm}$ の鋼管部材を用いた横構 2 本で組立てた構造である。アーチリブのスプリングから水平距離 16.305m (約 $L/4$) まではコンクリートが充填され、クラウン部の 42.390m 範囲は非充填鋼管である。

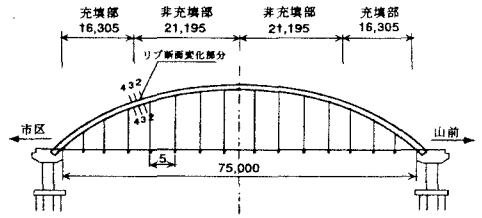


図-1 山前大橋の一般図(単位: mm)

3. 解析モデル

橋梁の FEM モデルは、図-2 に示すように、アーチリブ、横構、主桁、横桁および橋脚の実形状断面をはり要素として剛性を評価し、タイおよび吊材は非抗圧縮性をもつトラス部材とする立体骨組モデルとする。基礎は剛と仮定し、橋脚基部は全自由度固定とする。材料非線形については、充填したアーチリブの非線形モデルは軸力変動を考慮した trilinear モデル、充填しないアーチリブの非線形モデルは軸力変動を考慮した bi-linear モデルを用いる。橋梁の減衰定数 0.03 とし、レーリー減衰を用いる。

4. 解析値と実験値の比較

山前大橋については、中国福建省によって常時微動測定による固有振動数と固有振動形の測定および走行荷重実験が実施されているので、本解析値とこれらの実験値の比較を行う。

表-1、図-3 に鉛直 1 次および 2 次固有振動数と固有振動形を示している。解析値と実験値が良く一致している。また、表-2 に示すように走行荷重による主桁の応答についても、両者が一致している。以上より、解析結果は妥当と判断される。

5. コンクリート充填長の変化による動特性の変化

コンクリートの充填長 L_c の変化(0(充填なし)~37.5m(全充填))に伴う橋梁の動特性の変動を明らかにする。

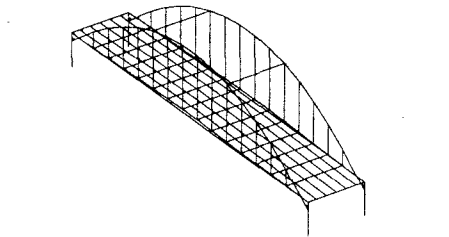
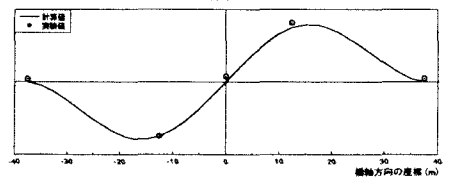
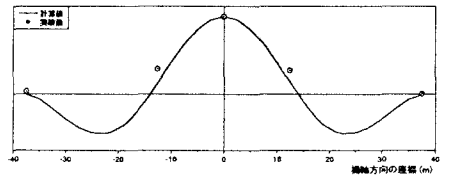


図-2 解析モデル



(a) 鉛直 1 次



(b) 鉛直 2 次

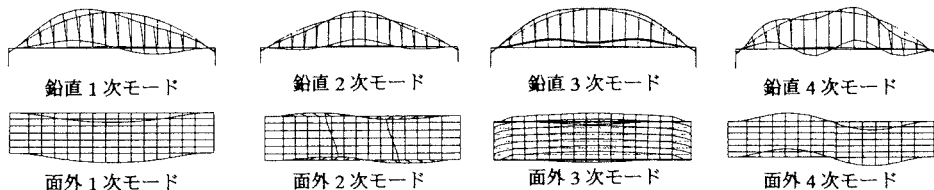
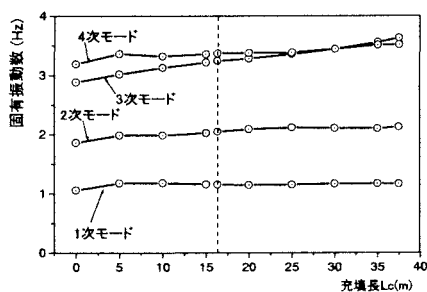
図-3 固有振動形(アーチリブ)

表-1 固有振動数

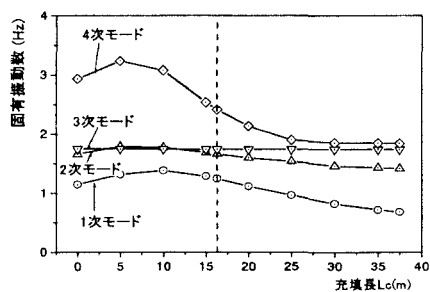
	計算値 (Hz)	実測値 (Hz)	差 (%)
鉛直 1 次振動数	1.156 Hz	1.137 Hz	2%
鉛直 2 次振動数	2.049 Hz	2.341 Hz	14%

表-2 走行車両による最大応答（主桁の中央点）

走行速度 (km/h)	計算値 (cm)	実験値 (cm)	差 (%)
20	0.167 cm	0.170 cm	2%
30	0.196 cm	0.194 cm	1%

図-4 固有振動形 ($L_c=16.305\text{m}$)

(a) 鉛直振動の固有振動数



(b) 面外振動の固有振動数

図-5 コンクリートの充填範囲と固有振動数との関係

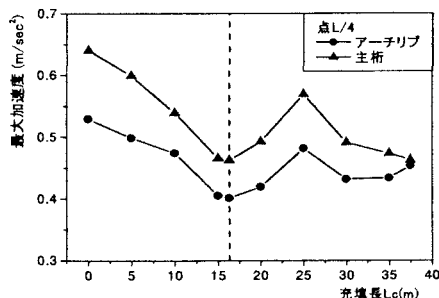


図-6 走行車両によるアーチリブおよび主桁の応答

(1) 固有振動数

図-4 に示すような固有振動形をもつ鉛直固有振動数は L_c の増加とともに増加するが、 L_c が 5m を超えると、増加の割合は小さくなる（図-5(a)参照）。これに対して、面外固有振動数は L_c が 5m 程度までは増加するが、さらに増加すると固有振動数が減少する次数が存在する。特に 1 次および 4 次の固有振動数の減少が著しい（図-5(b)参照）。

(2) 走行荷重による応答

走行荷重による橋梁の点 $L/4$ の主桁およびアーチリブの最大加速度を図-6 に示す。走行荷重による応答は L_c によって変化し、 L_c が 16.305m 付近で応答は最も小さくなる。

(3) 非線形地震応答

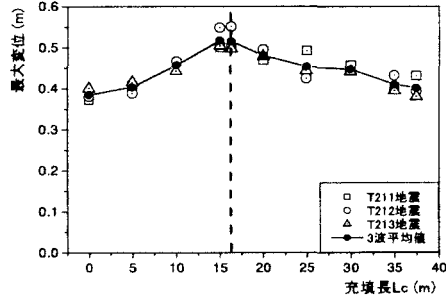


図-7 地震によるクラウン部の最大変位

道路橋示方書によるタイプⅡのⅠ種地盤の 3 波標準地震波を橋軸直角方向に作用させた場合の非線形地震応答解析を行う。図-7 はアーチリブのクラウン部の最大変位である。地震によるアーチリブのクラウン部の応答は L_c によって変化し、 L_c が 16.305m 付近で応答は最も大きくなる。

6. まとめ

コンクリート充填長によって面外固有振動数が著しく変化する。固有振動数と応答については今後さらに詳しい検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 吳, 陳, 高橋, 中村: 中国におけるコンクリート充填鋼管合成アーチ橋の建設の状況と技術的課題, 橋梁と基礎, Vol. 35, No.10, pp.40-45, 2001.10.