

コンクリート部分充填鋼管アーチ橋の動特性に関する研究

長崎大学大学院 学生員○松坂 博幸 長崎大学大学院 学生員 Wu Qing Xiong
 長崎大学工学部 フェロー 高橋 和雄 長崎大学工学部 正会員 中村 聖三
 中国福州大学土木建築学院 非会員 陳 宝春

1. はじめに

アーチ橋において、アーチリブ部に高抗圧縮性をもつコンクリート充填鋼管（CFT）構造を適用することは合理的といえる。CFT 構造は面内荷重に対しては十分な機能を発揮できるが、面外方向にはアーチリブが圧縮部材になるわけではないため、CFT の高抗圧縮性が発揮されない。したがって、面外方向の耐震性を確保することは CFT アーチ構造の一つの課題である¹⁾。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、アーチの両端部にコンクリートを充填し、他の部分には充填しない新しい構造形式が提案されている。建設されたものとして中国福建省の山前大橋¹⁾がある。本研究では山前大橋を解析対象橋梁とし、コンクリートの充填長を変化させた動的解析をおこない、動特性の変動を検討する。初期断面力は死荷重状態を考慮する。

2. 解析対象橋梁および解析モデル

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 $D1200 \times 16\text{mm}$ のコンクリート充填した STK400 鋼管 1 本を用いており、橋軸直角方向に $D1000 \times 8\text{mm}$ の鋼管部材を用いた横構 2 本で組み立てた構造である。アーチリブのスプリングから水平距離 16.305m まではコンクリートが充填され、他は非充填鋼管である。

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非線形部材とする立体骨組みモデルとする。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、アーチリブは軸力変動を考慮したバイリニアモデル、橋脚および主桁は武田モデルとする。入力地震波は道路橋示方書によるタイプⅡのⅠ種地盤の 3 波標準地震波を用い、入力方向は橋軸直角方向とする。橋梁の減衰定数は 0.03 とし、レーリー減衰を用いる。

3. 実橋の解析

山前大橋においては、中国福建省により固有振動数および固有振動モードの測定が実施されているので、本解析値と実測値の比較を行う。表-1 および図-3 に、面内逆対称 1 次および面内対称 1 次の固有振動数と固有振動モードを示す。解析値と実測値がよく一致しているのでモデル化は妥当と判断される。

4. コンクリート充填長の変化による動特性の変動

コンクリート充填長による動特性の変動を把握するために充填長 L_c を変化させた解析を行う。また、実橋においてはコンクリートの充填部、非充填部によって鋼管断面が異なるが、本研究ではアーチリブの鋼管は変化させずコンクリートの充填長のみを変化させるものとする。

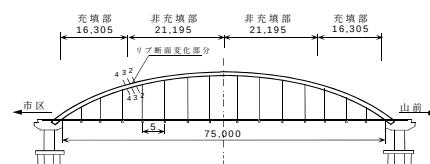


図-1 山前大橋の一般図（単位：mm）

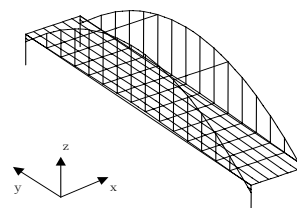
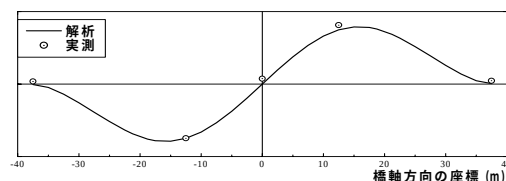


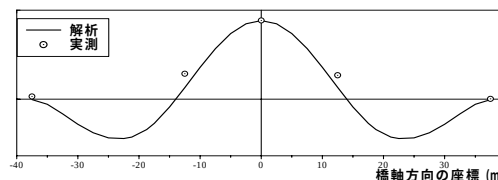
図-2 解析モデル

表-1 固有振動数

モード	解析値(Hz)	実測値(Hz)	誤差
面内逆対称 1 次	1.156	1.137	2%
面内対称 1 次	2.049	2.341	14%



(a) 面内逆対称 1 次



(b) 面内対称 1 次

図-3 固有振動モード（アーチリブ）

キーワード：CFT、アーチ橋、橋梁振動、地震応答

連絡先：〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学 工学部 社会開発工学科 TEL095-848-9639

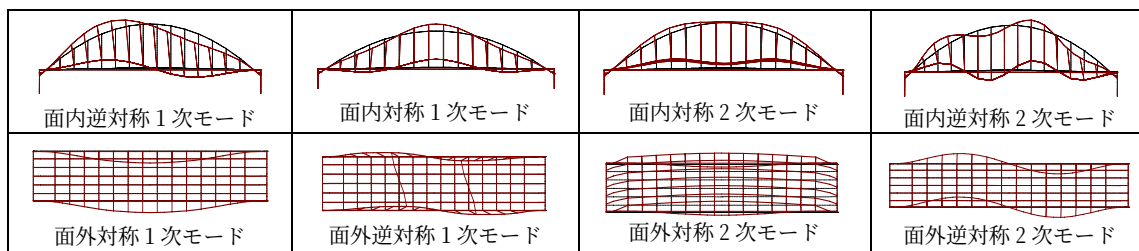


図-4 固有振動モード (Lc=16.305m)

(1)固有振動数

面内および面外の固有振動数における次数は図-4に示す実橋 (Lc=16.305m) の固有振動モードを基準とする。コンクリート充填長の変化による面内固有振動数の変動は、充填長が長くなるにつれ固有振動数はわずかに増加する (図-5(a)参照)。これは、充填長が長くなることで面内剛性が高くなることによる。一方で、面外固有振動数の変動は、Lc=5m まで増加するが、それ以降は面外対称 1 次モードと面外逆対称 2 次モードの面外固有振動数の減少が著しい (図-5(b)参照)。これは、この 2 つの振動モードにおいてアーチリブの変位が卓越しており、コンクリート充填による剛性の増加率より質量の増加率のほうが大きいためと判断される。

(2)走行荷重による応答

車両を 1 自由度でモデル化した走行荷重 (車両質量 $m=16.77\text{t}$ 、固有振動数 $f=2.6\text{Hz}$ 、減衰定数 $h=0.03$) を用いて、走行速度 $V=20\text{km/h}$ の場合を検討する。走行荷重による橋梁の 1/4 点における主桁およびアーチリブの最大速度を図-6に示す。Lc=16.305m 付近で応答は最小となる。

(3)非線形地震応答

非線形地震応答の変動を検討する際は、地震波による応答のばらつきを考慮するために 3 波による応答の平均値を用いる。図-7にクラウンの最大変位、図-8にスプリングの最大曲率を示す。横軸は充填長 Lc をとる。クラウンの最大変位については Lc=15m まで最大応答値が増加しそれ以降は減少する。スプリングの最大曲率は Lc=5m まで最大応答値が減少するが、その後 Lc=20m まで最大応答値が増加し、それ以降は減少する。

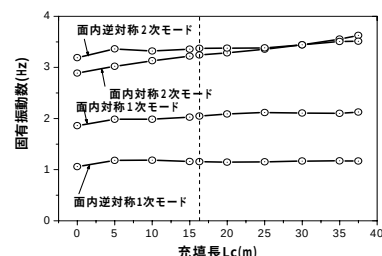
5. まとめ

本研究より下記の知見が得られる。

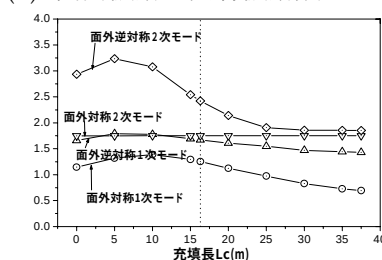
- (1) 面内固有振動数はコンクリート充填長の増加に伴い増大するが、変動は小さい。
- (2) アーチリブの面外変位が卓越している振動モードをもつ面外固有振動数は、コンクリート充填長の増加に伴い著しく減少する。
- (3) 非線形地震応答については、コンクリート充填長が Lc=15~20m まで最大応答値が増加するが、それ以降は減少する。

参考文献

- 1) 呉慶雄, 陳宝春, 高橋和雄, 中村聖三: 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.



(a) 面内振動の固有振動数



(b) 面外振動の固有振動数

図-5 コンクリートの充填長と固有振動数との関係

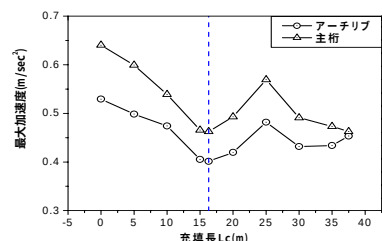


図-6 走行車両による応答

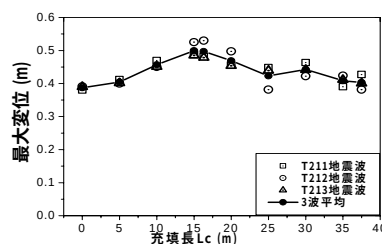


図-7 クラウンの最大変位

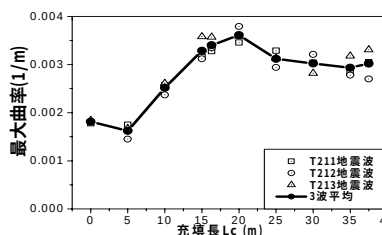


図-8 スプリングの最大曲率