

CFT アーチ供試体のアーチリブの横構配置による固有振動特性および地震応答特性の変化

長崎大学大学院 学生会員 藤田洋幸 中国 福州大学 吳慶雄
 中国 福州大学 陳宝春 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. はじめに

著者らは、中国・福州大学で行った実橋をモデルとする CFT アーチ供試体の固有振動および地震応答実験結果を示すとともに、供試体の解析モデルを作成し、固有振動解析および非線形地震応答解析を行い、解析値と実験値との比較から解析の妥当性を検証した¹⁾。CFT アーチ橋は、アーチリブの鋼管にコンクリートを充填することで重量が増加し、アーチ作用が効かない面外方向加震時に問題となっている。実験においても面外方向の地震に対して横構の影響が大きいことがわかっている。本研究では既往の研究で作成した解析モデルの横構配置を変化させて、固有振動解析および非線形地震応答解析を行い、横構配置による固有振動特性および地震応答特性の変化について検討する。

2. 供試体の概要

CFT アーチ供試体¹⁾（図-1）は中国における実際の橋をモデルとしておりその 1/10 の縮尺で、スパン 6,000mm、ライズ 1,000mm（ライズ比 1/6）の放物線状アーチである。アーチリブは 76×1mm の鋼管にコンクリートを充填している。床版・縦桁に相当する部分の重量は実橋の 1/10 となる 53,900N である。モデルとなった実橋には主桁は用いられておらず、床版と縦桁が吊材によってのみ吊るされていることから、このような供試体が設定されている。

3. 解析概要

解析モデル¹⁾は、アーチリブおよび横構をファイバー要素とする 3次元骨組構造である。横構配置を変化させた 8種類の解析モデルを図-2に示す。Case1の解析モデルは供試体の実際の構造をモデル化したものである。また、ケース番号が奇数のものはアーチ支間 1/6 点に横構を有する解析モデルで、偶数番号のものは 1/6 点に横構を有さないモデルである。

境界条件はアーチ基部で完全固定としている。解析ソフトは土木・建築向け汎用 3次元動解析ソフト TDAP III を用いる。非線形地震応答解析時に用いる入力地震波はタイプ I 標準波形の 3波で動的解析結果は 3波平均とする²⁾。減衰にはレーリー減衰を用い、減衰定数 h を 0.01 としている¹⁾。幾何学的非線形に $P-\delta$ 効果を考慮し、材料非線形は、鋼管は完全弾塑性モデル、充填コンクリートはコンクリート標準示方書を参考にして応力-ひずみ曲線を作成している。また、鋼管とコンクリートの合成効果を次式で考慮する³⁾。

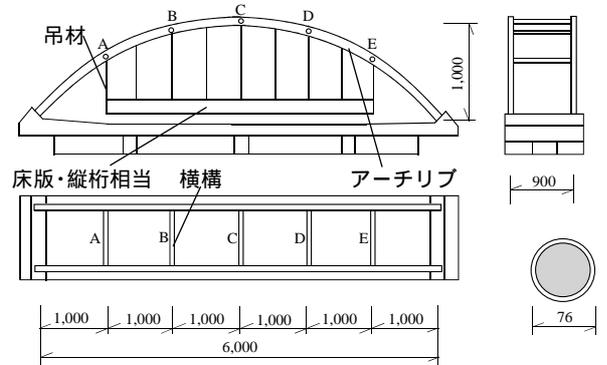
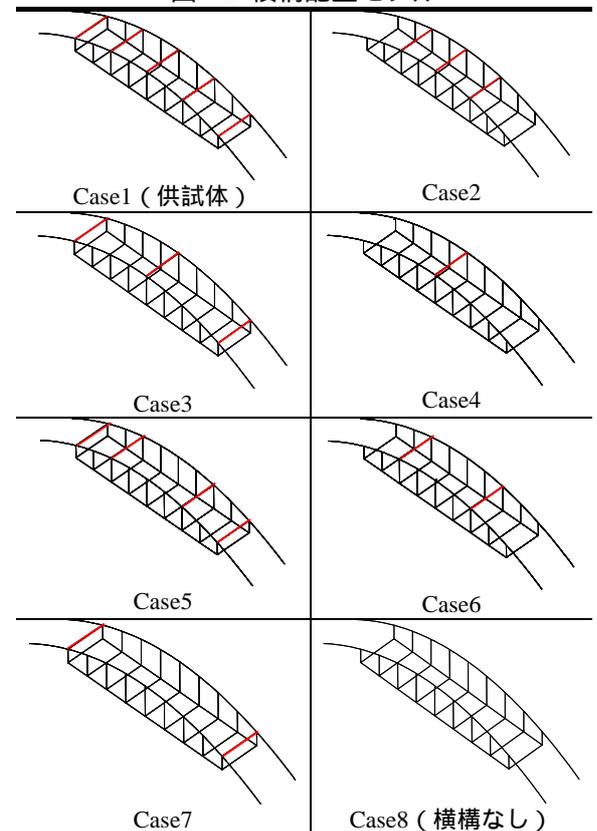


図-1 CFT アーチ供試体の一般形状（単位：mm）

図-2 横構配置モデル



キーワード：コンクリート充填鋼管（CFT）、アーチ橋、非線形地震応答

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 Tel.095-819-2610 Fax.095-819-2627

$$f_{cB} = -\{\sigma_{ck} + 0.8(2t/D)\sigma_{sy}\} \quad (1) \quad \varepsilon_{cB} = -(2.5 + 0.025\sigma_{ck}) \times 10^{-3} (\sigma_{ck} : \text{N/mm}^2) \quad (2)$$

ここに、 σ_{sy} ：鋼管の降伏応力， σ_{ck} ：コンクリートの設計基準強度， t ：鋼管厚， D ：鋼管の直径である。

4. 解析結果

固有振動特性

図 - 3に各ケースに対する面外対称 1 次モードの固有振動数の変動を示す。ここで、面外対称 1 次モードは床版・縦桁に相当する部分が面外方向に変位するモードで、地震時において卓越するモードである。

図 - 3(a)より、アーチ支間 1/6 点の横構の有無によって固有振動数が変化する。横構がない場合と比較して、最大 10% 増大する（図 - 3(b)）。また、アーチ支間中央に位置する横構について Case1 と 5，Case2 と 6，Case3 と 7，Case4 と 8 を比較すると、固有振動数に及ぼす影響は小さい。

非線形地震応答特性

図 - 4にアーチクラウンにおける橋軸直角方向変位の変動，アーチリブスプリングにおける鋼管のひずみの変動を示す。

アーチクラウンにおける橋軸直角方向の変位（図 - 4(a)）につ

いて、Case1~7 は Case8 と比較して応答が小さい。つまり、横構を配置することで応答が低減する。特にアーチ支間 1/6 点および 1/3 点に配置されている横構が効いている。また、図 - 4(b)より、Case1 および Case5 は横構がない Case8 と比較して、最大 53% 変位が減少する。

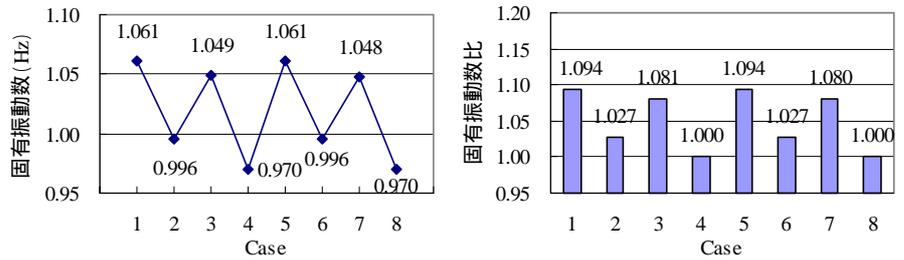
アーチリブスプリングにおける鋼管最外縁のひずみ（図 - 4(c)）に関して、アーチ支間 1/6 点に配置されている横構を有するケースは、降伏ひずみに達していない。また図 - 4(d)より、Case1（供試体）および Case5 は横構がない場合（Case8）と比較して、ひずみの最大値が約 48% 低減する。

5. まとめ

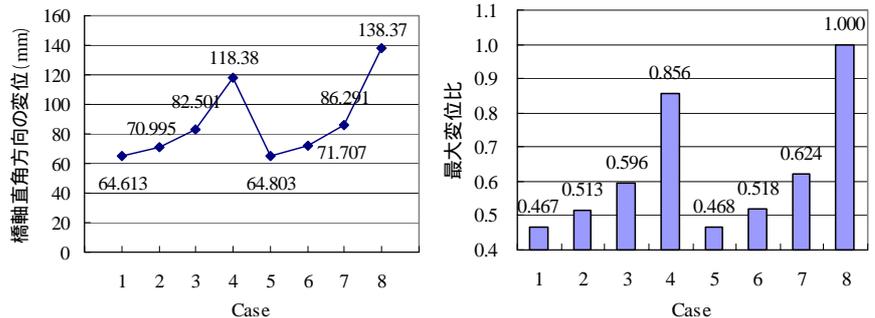
本研究により得られた知見を以下に示す。

アーチ支間 1/6 点に横構を配置することにより、面外対称 1 次モードの固有振動数が増加し、地震応答を低減できる。

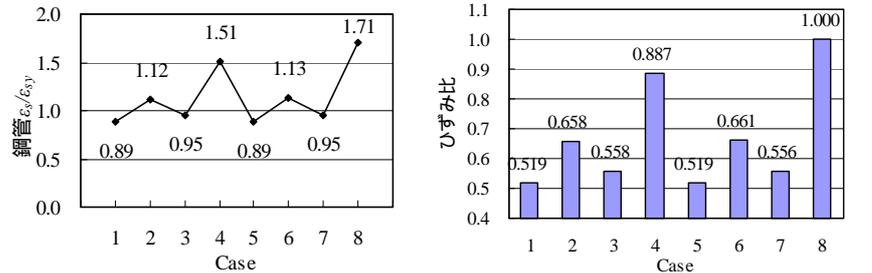
本供試体に対して、アーチ支間中央よりも 1/6 点に横構を配置するのが有効である。



(a) 固有振動数 (b) 固有振動数比 (Case8 基準)
図 - 3 各ケースに対する面外対称 1 次モードの固有振動数の変動



(a) 橋軸直角方向の変位 (b) 変位比 (Case8 基準)



(c) 無次元ひずみ (d) ひずみ比 (Case8 基準)

図 - 4 各ケースに対する地震応答の変動

参考文献 1) 藤田，陳，呉，松坂，高橋，中村：CFT アーチ供試体の非線形地震応答解析と実験結果との比較，土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集，第 1 部門，I-198，pp.395-396，2004.9. 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，1996.12. 3) 佐藤孝典：円形断面の充填鋼管コンクリート構造におけるコンファインド効果のメカニズムとモデル化，日本建築学会構造系論文報告集，第 452 号，pp.149-158，1993.10.