

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

長崎大学大学院 学生会員 ○藤田洋幸 中国 福州大学 陳 宝春
 長崎大学工学部 正 会 員 吳 慶雄 長崎大学大学院 学生会員 松坂博幸
 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) アーチ橋は、近年中国で多く使われている構造形式であるが、その歴史は浅く CFT アーチ橋の耐震性の評価は行われていないのが現状である。

そこで本研究では、著者の一人である福州大学の陳が行った CFT アーチ橋の振動実験供試体についての実験結果を報告するとともに、固有振動および地震応答解析を行い、実験で得られた固有振動および地震応答の結果との比較を行う。

2. 実験概要

振動実験の CFT アーチ供試体を写真-1 に示す。実験を行った場所は中国同済大学である。供試体は、縮尺が中国のある実橋のケースの 1/10 となる、アーチ支間 6000mm、ライズ 1000mm の放物線状アーチである。アーチリブは $\phi 76 \times 1\text{mm}$ のコンクリート充填鋼管、横構は $\phi 60 \times 1\text{mm}$ の鋼管を 1000mm 間隔で 5 本用いている。主桁の質量は 5.5ton である。吊材はアーチリブ毎に 9 本ずつ設置している。コンクリートおよび鋼管の材料試験結果を表-1、表-2 に示す。

固有振動数は白色雑音で測定する。次に加振方法は、最大加速度が 0.1g となるように修正したエルセントロ地震波 (図-1) および上海人工波 (図-2) を橋軸直角方向に作用させる。相似係数は 1.18 であり、供試体に 1.18g の地震波が作用したときは、実際には 1.0g に相当する地震波を受けることとなる。測定には加速度計とひずみゲージを用いる。

3. 実験結果

修正エルセントロ地震波を 0.1g から 1.0g まで作用させた場合、1.0g に到達しても供試体は破壊せず、損傷が見当たらなかった。このことから、この供試体は強地震に対して安全であることがわかった。次に、横構 (両アーチリブ基部から 1000mm の位置) を 2 本除去して、修正エルセントロ地震波を 1.6g まで作用させた。このときも降伏せず、横構を全て除去して 2.0g まで作用させた場合も降伏しなかった。これより、横構がない場合でも CFT アーチは良好な耐震性を有することがわかった。破壊状況を調べるため、供試体の固有周期に近い上海人工波を作用させた。最大加速度が 0.6g に達したとき、振動が大きくなり、応答が増大した。0.8g に到達したとき、突然破壊し、アーチリブが倒れた。このとき、アーチリブ表面には損傷は見られなかったが、スプリングングで局部座屈が発生した (写真-2)。

4. 解析概要

供試体の解析モデルは、アーチリブおよび横構をファイバー要素、吊材および主桁を線形はり要素とする

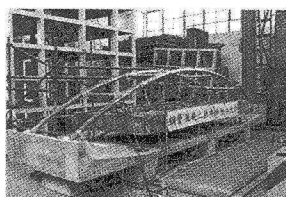


写真-1 CFT アーチ供試体

表-1 充填コンクリートの材料特性

圧縮強度 (N/mm ²)	43.33
ヤング率 (N/mm ²)	2.79×10^4

表-2 鋼管の材料特性

降伏強度 (N/mm ²)	353.2
引張強度 (N/mm ²)	678.5
ヤング率 (N/mm ²)	2.03×10^4
ポアソン比	0.28

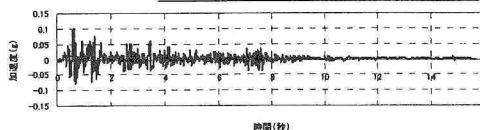


図-1 修正エルセントロ地震波

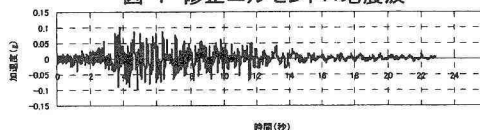
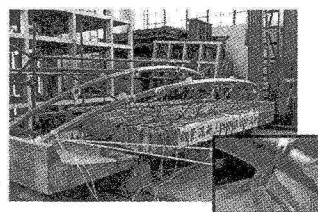


図-2 修正上海人工波

写真-2 破壊時の CFT アーチ供試体
(上海人工波 0.8g のとき)

立体骨組みモデルである。図-3 に解析モデルを示す。解析ソフトは TDAPⅢを用いる。

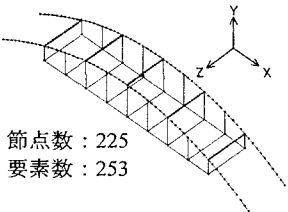


図-3 解析モデル

5. 解析値と実験値との比較

(1)固有振動解析

面外振動の解析および実験による固有振動数を表-3 に示す。また、対応する次数の振動モードも示している。解析値と実験値を比較すると、最大で面外 1 次振動の 5.7%であり、その差は小さいことから今回作成した解析モデルは妥当であるといえる。

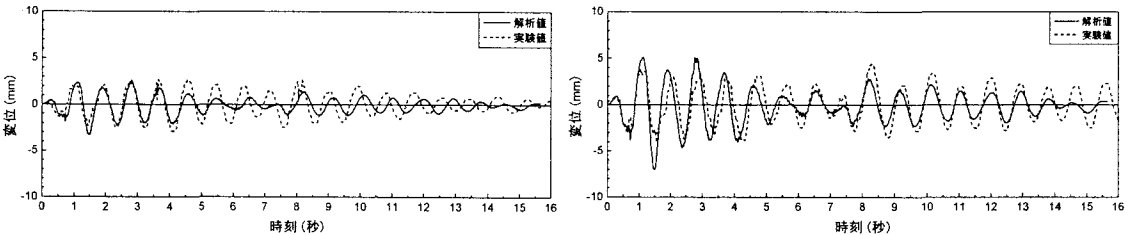
表-3 面外固有振動数と固有振動モード

次数	①解析値 (Hz)	②実験値 (Hz)	誤差 (%)	固有振動モード
1	1.061	1.004	5.7	
2	9.499	9.812	-3.2	
3	23.907	22.946	4.2	
4	41.242	39.402	4.7	
5	63.347	62.697	1.0	

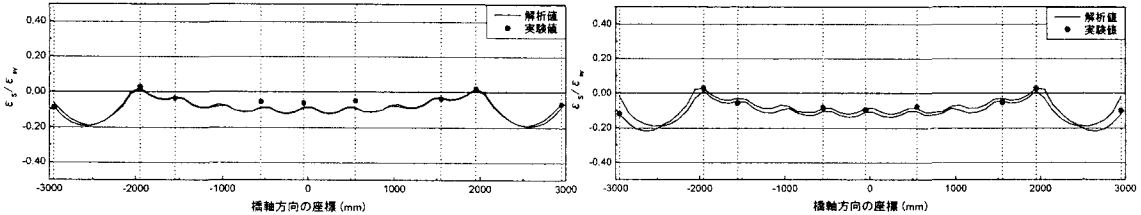
(2)地震応答解析

図-4 に修正エルセントロ地震波 (0.2g および 0.4g) を作用させたときの解析値と実験値のアーチ支間 1/4 点の橋軸直角方向変位時刻歴を示す。図-4 より、解析値は実験値と比較して応答変位はほぼ一致しており、周期も同程度ということから、実験結果をよく表しているということがわかる。

修正エルセントロ地震波 (0.2g および 0.4g) を作用させたときの解析値、実験値のひずみ ε_s を鋼管の降伏ひずみ ε_{sy} で除した値 ($\varepsilon_s / \varepsilon_{sy}$) の橋軸方向の分布を図-5 に示す。この図より、 $\varepsilon_s / \varepsilon_{sy}$ の解析値は実験値と比較して目立った差は見られず、よく一致した結果が得られた。また、 $\varepsilon_s / \varepsilon_{sy}$ の値が 1 を超えていないことから部材が降伏していないということもわかる。



(a) エルセントロ地震波 (0.2g) (b) エルセントロ地震波 (0.4g)
図-4 アーチ支間 1/4 点の橋軸直角方向の変位時刻歴



(a) エルセントロ地震波 (0.2g) (b) エルセントロ地震波 (0.4g)

図-5 鋼管外縁のひずみ分布図

6. まとめ

実験結果から、CFT アーチは耐震性に優れた構造であることがわかる。固有振動解析および修正エルセントロ地震波による地震応答解析値と実験値との比較から、両者の差はほとんどなくよく一致している。今後、上海人工波を用いて地震応答解析を行い、実験と同様に降伏することを調べ、非線形解析モデルの妥当性を確かめる。