

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 呉慶雄 横河工事(株) 正会員 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、近年中国で多く採用さ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 76×1mm のコンクリート充填鋼管、横構は 60×1mm 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。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。



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 ⁵
ポアソン比	0.28

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。図-3 に修正エルセントロ地震波 1.0g、修正上海人工波 0.8g の加速度応答スペクトルを示す。測定には加速度計とひずみゲージを用いる。

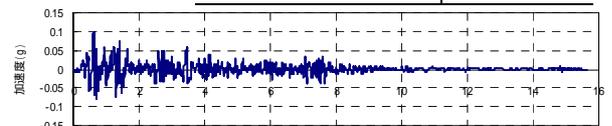


図-1 修正エルセントロ地震波

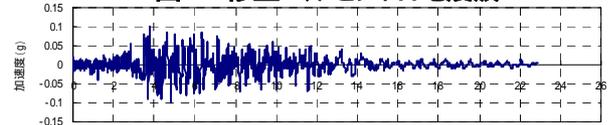


図-2 修正上海人工波

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 のとき、突然破壊し、アーチ

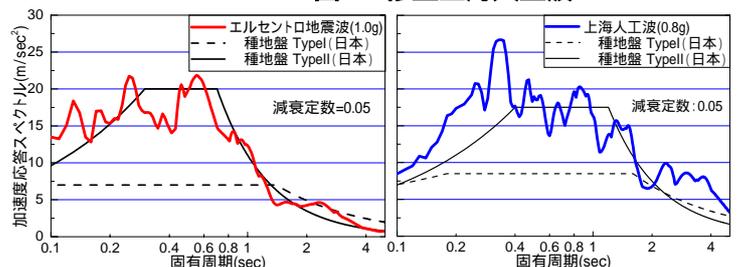


図-3 加速度応答スペクトル(左図; EL1.0g, 右図; SH0.8g)

写真-2 破壊時のCFTアーチ供試体
(上海人工波 0.8gのとき)

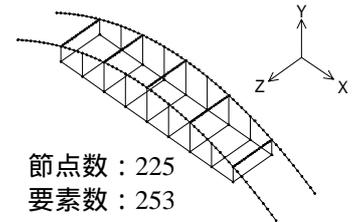
キーワード：コンクリート充填鋼管（CFT）、アーチ橋、非線形地震応答

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

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とする3次元骨組モデルである．境界条件はアーチ基部で完全固定としている．図-4に解析モデルを示す．解析ソフトは TDAP ，減衰にはレーリー減衰を用いる．幾何学的非線形に P- 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佐藤式を参考にし，て応力-ひずみ曲線を作成している（図-5）．



節点数：225
要素数：253

図-4 解析モデル

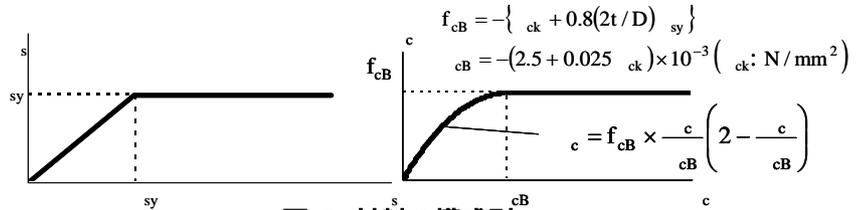


図-5 材料の構成則

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，面外1次振動で最大5.7%で，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	解析値 (Hz)	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)非線形地震応答解析

図-6に修正エルセントロ地震波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-6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．

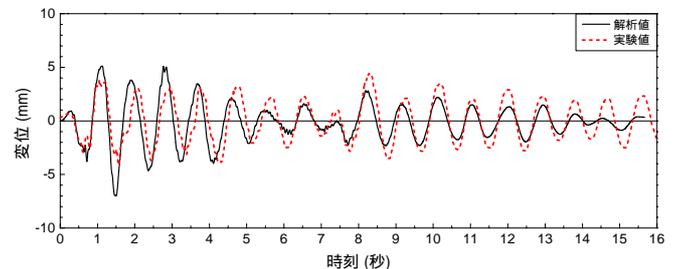
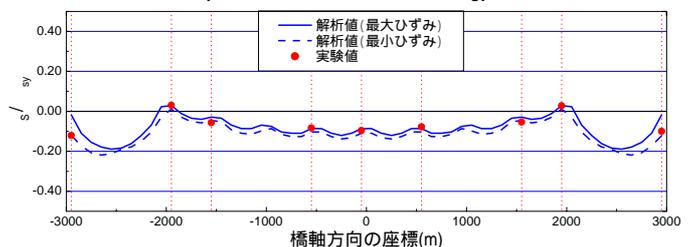
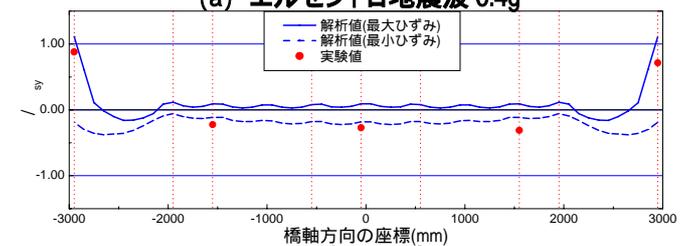


図-6 アーチ支間1/4点の橋軸直角方向の変位時刻歴 (エルセントロ地震波 0.4g)

修正エルセントロ地震波0.4gおよび修正上海人工波0.8gを作用させたときの解析値，実験値のひずみ s を鋼管の降伏ひずみ s_y で除した値 (s/s_y) の橋軸方向の分布を図-7に示す．これらの図より， s/s_y 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る．また，図-7(b)では，解析値において s/s_y の値がスプリングングで1を超えており部材が降伏していることが確認できる．



(a) エルセントロ地震波 0.4g



(b) 上海人工波 0.8g

図-7 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．解析値と実験値との比較から，固有振動数および地震応答とも差はほとんどなく解析においてスプリングングでの降伏を確認できる．今後，道路橋示方書に規定されている地震波を用いて耐震安全性を確認する．