

地震波の相違が CFT アーチ供試体の地震応答特性に及ぼす影響

長崎大学大学院 学生会員 ○藤田洋幸 長崎大学工学部 正 会 員 呉 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

コンクリート充填鋼管 (CFT) アーチ橋は近年、中国において多く採用されている構造形式であり、日本では CFT アーチ橋に関する解析や実験研究が始まっている。既往の研究において、著者の一人である中国・福州大学の陳が行った実橋をモデルとする CFT アーチ供試体の固有振動特性および地震応答特性を示すとともに、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差がないことを確認できた¹⁾。しかし、入力地震波の違いによる地震応答の変化は検討されていない。引き続き本研究では、既往の研究において作成した解析モデルを用いて、道路橋示方書²⁾の標準波形により非線形地震応答解析を行う。さらに、本研究で用いる地震波と既往の研究に用いたエルセントロ地震波との地震波特性の違いが供試体の地震応答特性に及ぼす影響を評価する。

2. 供試体の概要

解析対象となる CFT 供試体¹⁾ (図 - 1) は、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 $\phi 76 \times 1$ mm の鋼管にコンクリートを充填している。

3. 非線形地震応答解析

解析モデル¹⁾ (図 - 2) 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。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、減衰にはレーリー減衰を用い、減衰定数を 0.01 としている。幾何学的非線形に P- δ 効果を考慮し、材料非線形は、鋼管は完全弾塑性モデル²⁾、充填コンクリートは佐藤が提案している鋼管とコンクリートの合成効果を考慮したコンクリートの応力 - ひずみ曲線³⁾を用いる。

通常、固定アーチ橋は良好な地盤に架設されること、および既往の研究に用いた地震波であるエルセントロ地震波の観測点の地盤条件を考慮して、入力地震波は道路橋示方書の地盤種別を I 種とする標準波形を用いる。また、タイプ I 地震波を用いる理由として、本供試体の 1 次固有振動数は固有振動解析結果から 1.061Hz であり、固有周期は振動数の相似係数 3.43 を用いると、 $1/1.061 \times 3.43 = 3.233$ sec となる。タイプ I およびタイプ II 地震波の標準応答加速度応答スペクトル (図 - 3) から、タイプ II 地震波よりもタイプ I 地震波の方がアーチの応答が大きくなる。このことは、計算結果から確認済みである。

タイプ I の T113 地震波が橋軸直角方向に作用するときの、アーチリブの 1/4 点および 1/2 点における橋軸直角方向変位の時刻歴を図 - 4 に、アーチリブのスプリング部の応答を図 - 5 に示している。

図 - 4 より、橋軸直角方向の変位は、アーチ支間 1/4 点では最大約 50mm、アーチクラウンでは約 65mm と

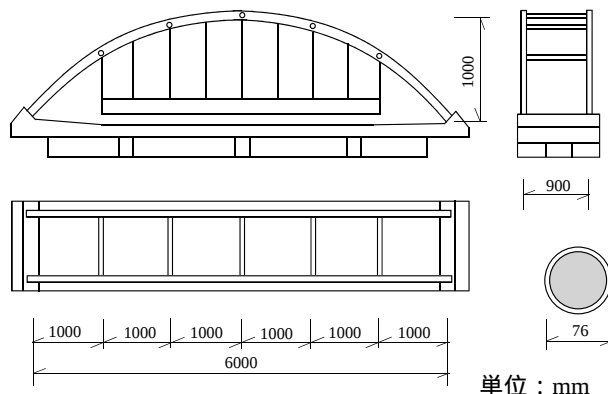


図 - 1 供試体の側面図、平面図および CFT 断面図

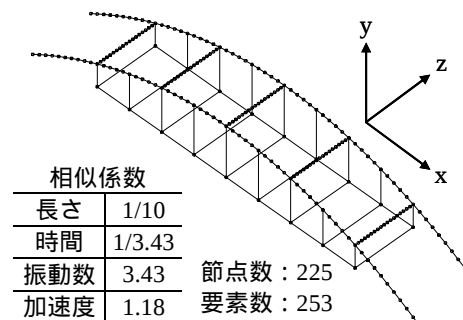


図 - 2 解析モデル

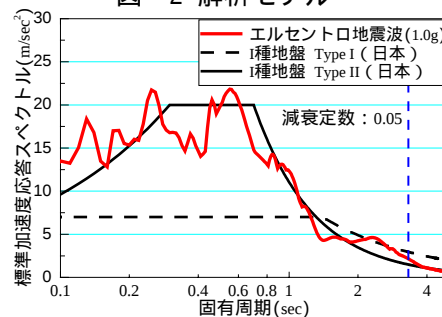
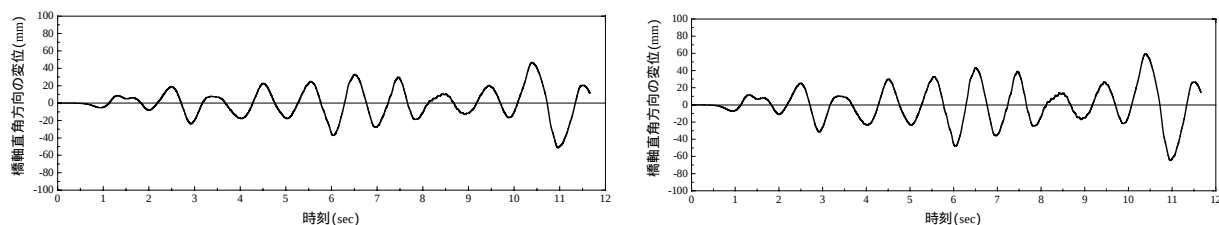


図 - 3 標準加速度応答スペクトル



(a) アーチ支間 1/4 点

(b) アーチ支間 1/2 点

図 - 4 橋軸直角方向の変位時刻歴 (T113 橋軸直角方向加震)

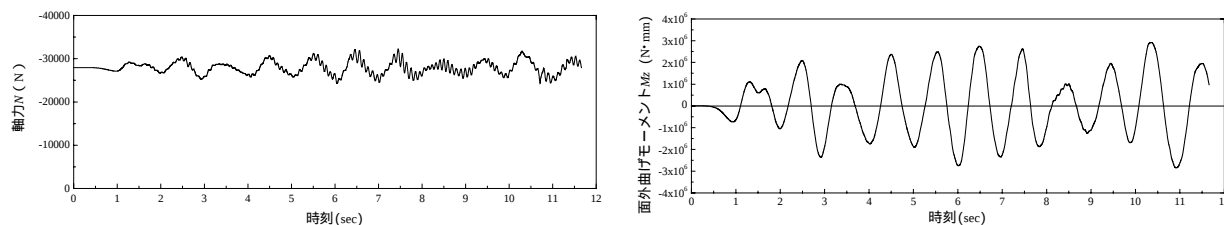
(a) 軸力 N の時刻歴(b) 面外曲げモーメント M_z の時刻歴

図 - 5 スプリングの応答 (T113 橋軸直角方向加震)

なっている。

図 - 5 より、面外加震の場合は、軸力 N は圧縮側のみに入り軸力変動が小さいが、面外曲げモーメント M_z は変動が卓越している。

図 - 6 に、タイプ I 地震波および最大加速度を 1.0g に修正したエルセントロ地震波 (EL1.0g) を橋軸直角方向に作用させたときの鋼管最外縁のひずみ分布を示す。縦軸は鋼管のひずみを降伏ひずみ ($\varepsilon_{sy}=0.00174$) で除して無次元化している。この図より、スプリングにおいて、ひずみが最大となり、タイプ I 地震波の方がエルセントロ地震波より大きいことがわかる。また、T113 地震波作用時では、降伏ひずみを超えている。

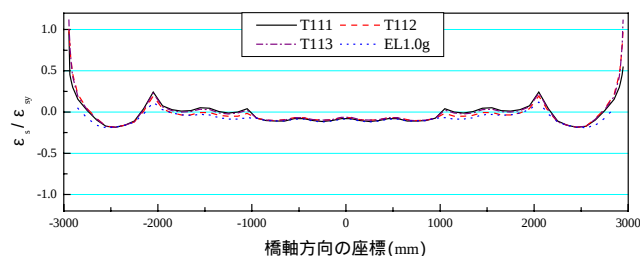


図 - 6 鋼管最外縁のひずみ分布

表 - 1 最大応答値の比較

		タイプ I 地震波				EL1.0g	/
		T111	T112	T113	3 波平均		
クラウン	橋軸直角方向変位 (mm)	64.879	56.320	64.613	61.937	26.321	2.35
スプリング	軸力 N (N)	-32,436	-31,486	-32,236	-32,053	-30,390	1.05
	面外曲げモーメント M_z ($\times 10^3$ N·mm)	2,981	2,689	2,913	2,861	1,311	2.18
	ひずみ $\varepsilon_s/\varepsilon_{sy}$	0.97	1.00	1.11	1.02	0.18	5.67

表 - 1 に入力地震波の違いによるアーチリブの最大応答値の比較を示す。この表より、タイプ I 地震波によるアーチクラウン橋軸直角方向の変位は、エルセントロ地震波 (EL1.0g) の 2.35 倍である。また、軸力 N を比較するとあまり差はないが、面外曲げモーメント M_z を比べると、タイプ I 地震波の方が 2.18 倍大きい。面外曲げとひずみの相関関係が強く、スプリングにおいて鋼管が降伏する場合、面外曲げによる影響が大きいためと考えられる。

4. まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。

面外加震の場合、軸力 N の変動は小さいが、面外曲げモーメント M_z の変動が卓越している。

入力地震波の違いによるアーチリブの最大応答値の比較から、タイプ I 地震波の方がエルセントロ地震波よりも応答が 2 倍程度大きい。

参考文献 1) 藤田, 陳, 吳, 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.