

CFT構造を適用したこ線人道橋の耐震性評価に関する基礎的検討(その2)

- こ線人道橋における各種耐震設計手法に関する一考察 -

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○柳沼謙一
 (株)トーニチコンサルタント 正会員 久保武明
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 池田 学

1. はじめに

こ線人道橋など列車荷重を受けない簡易な構造物の耐震設計は、一般に震度法によっている場合が多い。震度法は、他の耐震設計手法に比べて簡易な手法であるが、特に大規模地震時では所要降伏震度が大きくなり、過大設計になる場合が想定される。そこで、今回、こ線人道橋のモデルケースを選定して、現行の一般的な設計法である震度法¹⁾、前報告(その1)²⁾の成果を取り入れた非線形スペクトル法³⁾および時刻歴応答解析法⁴⁾により試設計を行い、それぞれの耐震設計手法の結果について比較・分析したので報告する。

2. 検討概要

今回、こ線人道橋のモデルケースとして選定したのは、図1・図2に示す、単柱式橋脚タイプとラーメン式橋脚タイプである。双方とも、柱はCFT(コンクリート充填鋼管)部材であり、充填コンクリート強度は 24N/mm^2 、また、文献1)に示している地盤区分では(文献3)では地盤種別G3)である。

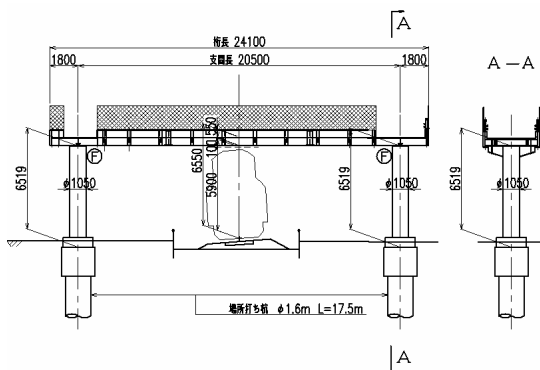


図1 モデルケース1(単柱式橋脚タイプ)

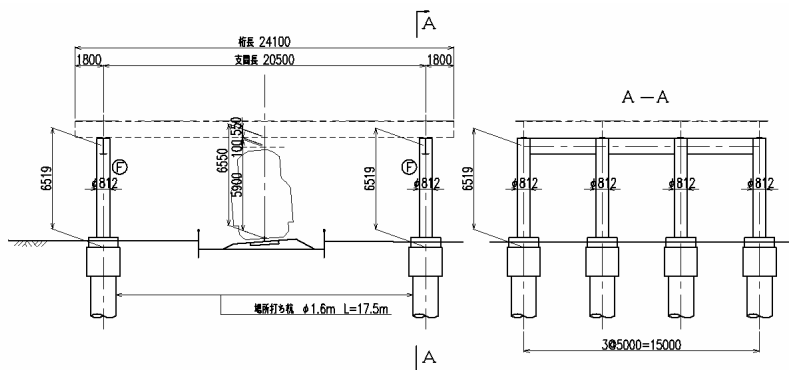


図2 モデルケース2(ラーメン式橋脚タイプ)

試設計の各設計法と手順の一覧を表1に示す。試設計の手順として、まず、文献1)の震度法(所要降伏震度0.65:L2地震動に対して耐震性能(崩壊しない))により静的解析を行い、断面を決定する【手順1】。なお、この手順1は、文献3)の非線形スペクトル法により解析、照査を行い、照査を満足するケースを包括する降伏震度を所要降伏震度として設定した震度法である⁵⁾。次に、断面を用いて前報告(その1)²⁾よりCFT部材の耐力と変形性能を算定し、非線形スペクトル法³⁾により照査を行い、断面に余力がある場合は、断面を変更して再解析を行い、断面を決定する【手順2】。さらに、断面もしくは断面を用いて文献4)より時刻歴応答解析法により照査を行う【手順3】。この照査で決定される断面を断面とする。

3. 検討結果・考察

試設計結果を表2・表3に示す。ここでは、各照査結果のみでなく、各照査法の適用条件である各パラメータの範囲を満足することも条件に断面を決定した。非線形スペクトル法における細長比パラメータの制限値は、前報告(その1)²⁾をもとにやや安全側の値として0.80に設定した。

試設計結果より以下のことが言える。前報告(その1)²⁾の成果を取り入れた非線形スペクトル法は、現行の一

キーワード CFT構造、こ線人道橋、耐震設計

連絡先 東日本旅客鉄道(株) JR 東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所
 〒331-8513 さいたま市北区日進町 2-479 TEL 048-651-2552

表1 設計手法・設計手順・決定断面の関係

	震度法	非線形スペクトル法		時刻歴応答解析法	
		初期仮定断面	決定断面	初期仮定断面	決定断面
手順1					
手順2					
手順3				or	

表2 解析結果総括表(単柱式橋脚タイプ)

設計手法		震度法		非線形スペクトル法				時刻歴応答解析法	
断面名称		断面		断面		断面		断面 (断面)	
断面寸法 ϕ (鋼管外径) $\times$ t (鋼管厚)		1050mm $\times$ 16mm		1050mm $\times$ 16mm		711.2mm $\times$ 9.5mm		1050mm $\times$ 16mm	
材質		SM400		SM400		STK400		SM400	
せん断スパン		6519mm		6519mm		6519mm		6519mm	
部材パラメータ	径厚比パラメータ R_t	計算値	制限値	計算値	制限値	計算値	制限値	計算値	制限値
	細長比パラメータ λ	-	-	0.383	0.80	0.564	0.80	0.39	0.2
	軸力比 $N'/N'y$	0.042	0.07	0.042	0.3	0.046	0.3	0.04	0.2
	耐震性能の照査 $\gamma_i \cdot M_d / M_{yd}$	0.949	1.0	-	-	-	-	-	-
損傷レベルの照査 $\gamma_i \cdot \phi_d / \phi_{d3}$		-	-	0.069	1.0	0.310	1.0	-	-
応答震度 K_h		-	-	1.416	-	0.504	-	-	-
降伏震度 K_{hy}		-	-	1.372	-	0.411	-	-	-
曲げの照査 ϕ_R / ϕ_a		-	-	-	-	-	-	0.308	1.0
断面決定要因		設計曲げ降伏耐力		-		(所要降伏震度)		パラメータ	

表3 解析結果総括表(ラーメン式橋脚タイプ)

設計手法		震度法		非線形スペクトル法				時刻歴応答解析法	
断面名称		断面		断面		断面		断面 (断面)	
断面寸法 ϕ (鋼管外径) $\times$ t (鋼管厚)		812.8mm $\times$ 12.7mm		812.8mm $\times$ 12.7mm		609.6mm $\times$ 9.5mm		609.6mm $\times$ 9.5mm	
材質		STK400		STK400		STK400		STK400	
せん断スパン		3260mm		3260mm		3260mm		3260mm	
部材パラメータ	径厚比パラメータ R_t	計算値	制限値	計算値	制限値	計算値	制限値	計算値	制限値
	細長比パラメータ λ	-	-	0.248	0.80	0.564	0.80	0.34	0.2
	軸力比 $N'/N'y$	0.068	0.07	0.033	0.3	0.046	0.3	0.12	0.2
	耐震性能の照査 $\gamma_i \cdot M_d / M_{yd}$	0.630	1.0	-	-	-	-	-	-
損傷レベルの照査 $\gamma_i \cdot \phi_d / \phi_{d3}$		-	-	0.114	1.0	0.313	1.0	-	-
応答震度 K_h		-	-	1.458	-	0.764	-	-	-
降伏震度 K_{hy}		-	-	1.266	-	0.615	-	-	-
曲げの照査 ϕ_R / ϕ_a		-	-	-	-	-	-	0.990	1.0
断面決定要因		パラメータ		-		(所要降伏震度)		曲げの照査	

般的な設計法である震度法より経済的な断面が可能である。また、文献 4)の時刻歴応答解析法は、耐震性能の設定や地震波の違いがあり、また自動車荷重を前提とした手法であるため、他の設計法と単純に比較することは困難であるが、単柱式橋脚タイプのように細長比が大きい部材には前報告(その1)²⁾の非線形スペクトル法よりも不合理な設計法となると考えられる。

なお、断面決定ケースを塗色箇所で示しているが、非線形スペクトル法の断面は、前報告(その1)²⁾より十分な塑性変形性能を考慮しているため、L2地震動に対する損傷レベルの照査よりも、L1地震動に対する照査(降伏震度が所要降伏震度 0.35 以上³⁾)で断面が決定される傾向にあることがわかる。

4. おわりに

前報告(その1)²⁾に示すこ線人道橋に見合った塑性変形性能を考慮した耐震設計手法を用いることにより、現行より経済的な断面になる結果が得られた。本検討では各構造形式1例のみの結果であるため、今後も他のモデルケースについて検証していく予定である。

参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道(株): 旅客・保守施設構造物設計マニュアル, 2004.12
- 2) 三木, 池田, 柳沼, 工藤: C F T 構造を適用したこ線人道橋の耐震性評価に関する基礎的検討(その1), 土木学会第64回年次学術講演会, 2009.9(投稿中)
- 3) (財)鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 1999.10
- 4) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 耐震設計編, 平成14年3月
- 5) 金子, 栗原: 旅客・保守施設構造物の設計について, S E D No.22, 東日本旅客鉄道(株)構造技術センター, 2004.5