

# 円形鋼管柱を適用した線路上空自由通路の耐震設計 —鉄道および道路基準による比較—

ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社

正会員 ○宮 澤 明 子  
石 井 高 広  
フェロー会員 高 木 芳 光

## 1. はじめに

線路上空自由通路を設計する際、鉄道基準による場合は「旅客・保守施設構造物設計マニュアル（東日本旅客鉄道株式会社）」（以下、旅客保守マニュアルという）、道路基準による場合は「立体横断施設技術基準・同解説（日本道路協会）昭和54年1月」および、「道路橋示方書 耐震設計編（日本道路協会）平成24年3月」（以下、道示・耐震設計編という）に基づいて設計を行うことが一般である。

しかしながら、鉄道または道路基準のどちらを適用するかは設計対象物の管理者に委ねられ、構造物毎に異なっているのが現状であり、既設構造物においては同一構造物を鉄道および道路の両基準で設計した事例は無い。

本報告では、同一構造物を両基準により設計した円形鋼管柱を有する自由通路において、特に円形鋼管柱の部材断面決定根拠に着目し、両基準による耐震検討結果を報告するものである。

## 2. 耐震検討概要

「旅客保守マニュアル」は震度法レベルにて耐震設計を実施するものであり、「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計（鉄道総合技術研究所）」のスペクトルを用いた照査結果に基づき所要降伏震度が設定されている。（表-1）

一方「道示・耐震設計編」においては、平成14年3月の改定以降、鋼製橋脚に塑性化を考慮する場合は動的照査法による耐震設計が必要となる。

以上より本報告においては、鉄道基準による場合は震度法（所要降伏震度  $kh=0.45$ ）、道路基準による場合は動的照査法（レベル2地震動：平成7年兵庫県南部地震）により耐震検討を実施する。入力加速度波形図を図-1に示す。なお鉄道基準の円形鋼管柱は、部材塑性率  $\mu_{\theta}=8$  を確保するため、縦リブ付であり、道路基準の円形鋼管柱は、縦リブを有しない断面である。

表-1 所要降伏震度

構造種別 地盤種別	縦リブ付 円形鋼管柱	円形CFT柱
I	0.45	0.65
II	0.50	0.65
III	0.45	0.65
適用範囲	$R_t \leq 0.115$ $\lambda \leq 0.60$ $N'/Ny' \leq 0.07$	$R_t \leq 0.17$ $\lambda \leq 0.85$ $N'/Ny' \leq 0.07$

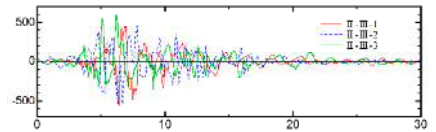


図-1 入力加速度波形図

## 3. 構造概要

本報告で対象としたモデルは、首都圏エリアの線路上空部に位置する自由通路を想定し、桁下空頭は十分に確保できる橋脚高とした。解析モデルは、上部工は線形要素、円形鋼管柱はM-φモデル（トリリニア）、地盤・基礎は地上構造物の応答値を算定することを目的としているため、線形の集約ばねモデル（3種地盤）とした。断面図および側面図を図-2、図-3、解析モデルを図-4に示す。

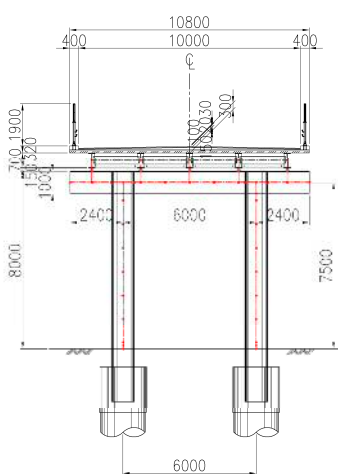


図-2 断面図

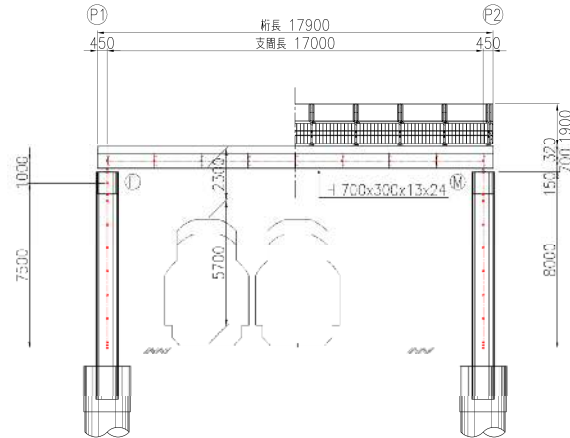


図-3 側面図

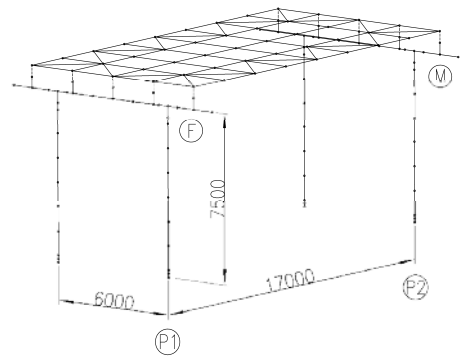


図-4 解析モデル

キーワード：震度法，動的照査法，部材パラメータ

連絡先：〒171-0021 東京都豊島区西池袋一丁目11番1号 メトロポリタンプラザ19階 TEL：03-5396-7248（鋼構造設計部）

4. 円形鋼管柱の健全度レベルの照査

鉄道基準および道路基準による耐震検討結果を表-2に示す。両基準による結果は、橋軸方向地震時および橋軸直角方向地震時の応答を比較し、応答が大きかった橋軸方向地震時について整理したものである。

「旅客保守マニュアル」は列車荷重を支持せず、主な上載荷重が群集荷重や上屋荷重を前提としている。一方、「道示・耐震設計編」は自動車荷重を前提としているため、両基準の部材パラメータの制限範囲は異なり、断面決定時に特に細長比パラメータ ( $\lambda$ ) の影響を受ける。

耐震検討の結果、P1橋脚（固定）およびP2橋脚（可動）の円形鋼管柱の断面形状は、鉄道基準は $\phi 1016 \times 19$ 、 $\phi 914.4 \times 16$ 、道路基準は $\phi 1219.2 \times 19$ 、 $\phi 1219.2 \times 16$ という結果が得られ、「旅客保守マニュアル」を適用した方が、断面形状がスレンダーとなる。断面決定根拠については、鉄道基準の場合は合成応力度、道路基準の場合は、曲率の照査結果が照査値1.0に対して0.92~0.95であるものの、部材パラメータで決定するという結果が得られた。

表-2 耐震検討結果

設計手法		鉄道基準（震度法）				道路基準（動的照査法）			
橋脚		P1（固定）		P2（可動）		P1（固定）		P2（可動）	
断面寸法 $\phi \times t$ [mm]		$\phi 1016.0 \times 19$		$\phi 914.4 \times 16$		$\phi 1219.2 \times 19$		$\phi 1219.2 \times 16$	
材質		STK400				STK400			
		計算値	制限値	計算値	制限値	計算値	制限値	計算値	制限値
部材 パラメータ	径厚比パラメータ $R_t$	0.052	$\leq 0.115$	0.055	$\leq 0.115$	0.061	$0.03 \leq \leq 0.08$	0.073	$0.03 \leq \leq 0.08$
	細長比パラメータ $\lambda$	0.46	$\leq 0.60$	0.55	$\leq 0.60$	0.39	$0.2 \leq \leq 0.4$	0.39	$0.2 \leq \leq 0.4$
	軸力比パラメータ $N'/N_y'$	0.03	$\leq 0.07$	0.06	$\leq 0.07$	0.04	$0.0 \leq \leq 0.2$	0.04	$0.0 \leq \leq 0.2$
軸方向力及び 曲げモーメント	曲げ圧縮応力度 [N/mm <sup>2</sup> ]	223	$\leq 233$	218	$\leq 233$	-	-	-	-
	曲げ引張応力度 [N/mm <sup>2</sup> ]	209	$\leq 233$	198	$\leq 233$	-	-	-	-
せん断応力度 [N/mm <sup>2</sup> ]		13	$\leq 135$	11	$\leq 135$	-	-	-	-
合成応力度 [N/mm <sup>2</sup> ]		0.96	$\leq 1.10$	0.94	$\leq 1.10$	-	-	-	-
曲率 $\phi \max / \phi a$		-	-	-	-	0.95	$\leq 1.00$	0.92	$\leq 1.00$
残留変位 [mm]		-	-	-	-	53.4	$\leq 75.0$	66.1	$\leq 75.0$
断面決定要因		合成応力度		合成応力度		部材パラメータ		部材パラメータ	

5. 今後の課題

- 本報告は線形の集約ばね（3種地盤）モデルでの検討のため、液状化による影響を検討する必要がある。また、1種および2種地盤においても、上述した耐震検討結果と同様の傾向になると考えられるが、今後、1種および2種地盤での耐震検討の確認が必要である。
- 近年、景観性を重視した上屋構造の採用が増加傾向にあり、上屋荷重の大きさによっては「旅客保守マニュアル」に示されている軸力比パラメータ ( $\lambda$ ) の制限範囲を超過することが考えられる。その場合、鉄道荷重を前提としている「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計（鉄道総合技術研究所）」による耐震検討が必要となる。各基準の部材パラメータを表-3に示す。

表-3 各基準の部材パラメータ

	旅客保守施設構造物マニュアル	鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計	道路橋示方書 耐震設計編
径厚比パラメータ $R_t$	$R_t \leq 0.115$	$0.05 \leq R_t \leq 0.115$	$0.03 \leq R_t \leq 0.08$
細長比パラメータ $\lambda$	$\lambda \leq 0.60$	$0.25 \leq \lambda \leq 0.5$	$0.2 \leq \lambda \leq 0.4$
軸力比パラメータ $N'/N_y'$	$N'/N_y' \leq 0.07$	$0.0 \leq N'/N_y' \leq 0.3$	$0.0 \leq N'/N_y' \leq 0.2$

<参考文献>

- 三木孝則, 池田学, 柳沼謙一, 工藤伸司: 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1）－細長比の大きいCFT部材の耐力・変形性能の評価－,土木学会第64回年次学術講演会（平成21年9月）,pp.39-40
- 柳沼謙一, 久保武明, 池田学: 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考察－,土木学会第64回年次学術講演会(平成21年9月),pp.41-42