

鋼製橋脚を有する乗換こ線橋の耐震性能評価

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○大島 博之
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 浜田 栄治
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 山田 正人

1. はじめに

当社では、大規模地震に備え駅舎の耐震補強や駅構内の天井・壁の落下防止対策を実施している。駅構内には、他に利用者が鉄道線路を安全に横断するための設備として、乗換こ線橋を設置している(写真1)。本稿では、駅設備全体として地震時の安全性を確認するため、乗換こ線橋の耐震性能を評価した。



写真1 乗換こ線橋

2. 耐震性能評価の手順

これまで乗換こ線橋の耐震性能は、2次元静的非線形荷重漸増解析(プッシュオーバー解析)により評価してきた。プッシュオーバー解析は、通路部分に着目しており、階段部分の柱や梁をモデル化していない。そのため、解析結果に階段部分の剛性が反映されず、乗換こ線橋の耐震性能を過少評価している。本稿では、まず、階段部分の柱や梁をモデル化した3次元弾性骨組み解析(立体解析)を行い、弾性域の耐震性能および慣性力に対して構造的に弱い方向を把握した。次に慣性力に対して弱い方向のプッシュオーバー解析を行い、変形性能を考慮した耐震性能を評価した。耐震性能の評価手順を図1に示す。

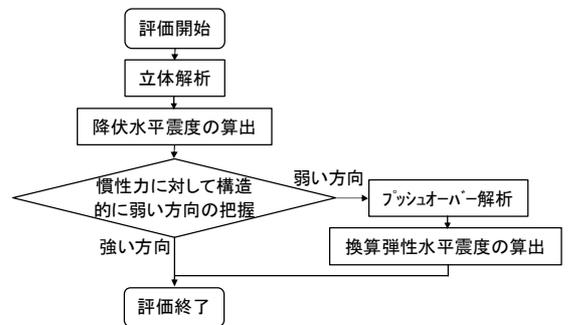


図1 耐震性能の評価手順

3. 立体解析

立体解析は通路と階段が直交する構造(パターン1)、通路と階段が平行する構造(パターン2)および通路の一端が建物に支持され、通路と階段が平行する構造(パターン3)に対して実施した。弾性域の耐震性能は降伏水平震度 k_{he} として評価した。降伏水平震度 K_{he} は式(1)により表した。

$$K_{he} = M_y / M \cdot 980 \text{ gal}, \quad M_y = (\sigma_y - N/A) \cdot Z \quad (1)$$

ここに、 M_y : 橋脚基部の降伏曲げモーメント、 M : 慣性力作用時の柱基部の曲げモーメント

σ_y : 鋼材の降伏応力、 N : 慣性力作用時の柱基部の軸力、 A : 柱の断面積、 Z : 柱の断面係数

表1 立体解析結果一覧

概念図	パターン1				パターン2				パターン3		
	A橋		B橋		C橋		D橋		E橋		
橋脚材料	□400×400×16(400N級)		○711.2×12(STK41)		P1 : ○558.8×16(400N級) P2~4 : ○558.3×13(400N級)		P1~4 : ○500×27(400N級) P2~3 : ○600×21(400N級)		□400×400×22(400N級)		
慣性力作用方向	通路方向	通路直角方向	通路方向	通路直角方向	通路方向	通路直角方向	通路方向	通路直角方向	通路方向	通路直角方向	
降伏水平震度(gal)	P1	690	11900	839	8570	1960	799	7730	1019	2690	1551
	P2	822	8260	839	8570	1700	421	10020	756	2180	857
	P3	---	---	---	---	1300	575	10560	651	3820	652
	P4	---	---	---	---	1570	1309	8770	808	---	---
慣性力に対して弱い方向	通路方向		通路方向		通路直角方向		通路直角方向		通路直角方向		

キーワード 乗換こ線橋, 鋼製橋脚, 耐震性能

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター TEL03-6276-1251

表1は立体解析結果である。慣性力作用方向が階段や建物と直交するときが構造的に弱い方向、平行するときが強い方向になる。これは、階段や建物による変位の拘束効果が表れたものだと考えられる。なお、変位の拘束効果を期待するためには、現物の階段基部や建物連結部が確実に固定されていることが必要である。

4. プッシュオーバー解析

慣性力に対して弱い方向の耐震性能をプッシュオーバー解析により評価した。骨組みは全体構造の一部を平面として切り出し、材料の骨格曲線は鉄道構造物等設計標準・同解説耐震設計¹⁾から求めた。死荷重および地震時群衆荷重による橋脚の軸力は立体解析結果を用いた。部材の損傷レベルは最大荷重の95%を維持する最大変位(損傷レベル3)まで許容し¹⁾、Newmarkのエネルギー一定則を用いて換算弾性水平震度を求めた(図2)。

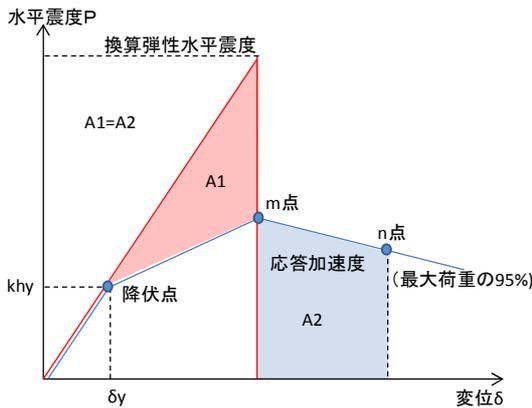


図2 Newmarkのエネルギー一定則概要図

表2 プッシュオーバー解析結果一覧(パターン1)

		パターン1		
検討方向		通路方向		
橋りょう名称		A橋	B橋	
概念図				
解析結果	橋脚名	P1-P2ラーメン	P1-P2ラーメン	
	降伏点	Kh(gal)	469	831
		変位(mm)	115	100
	n点	Kh(gal)	711	1158
変位(mm)		505	355	
換算弾性水平震度(gal)		1474	2302	

表3 プッシュオーバー解析結果一覧(パターン2・3)

		パターン2				パターン3							
検討方向		通路直角方向				通路直角方向							
橋りょう名称		C橋				D橋			E橋				
概念図													
解析結果	橋脚名	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	
	降伏点	Kh(gal)	659	292	312	576	568	606	502	492	653	751	639
		変位(mm)	60	39	39	42	78	63	63	78	115	115	115
	n点	Kh(gal)	1062	510	543	982	954	1054	868	823	953	1098	933
変位(mm)		276	192	192	204	309	267	264	306	400	405	400	
換算弾性水平震度(gal)		2226	1048	1113	2040	1739	1962	1611	1500	1782	2072	1751	

表2・3はプッシュオーバー解析結果である。全橋とも降伏震度は立体解析よりも小さく評価されたが、塑性域の変形性能を評価したため換算弾性水平震度の最小は1048galとなった。

5. まとめ

本稿では乗換こ線橋5橋に対して立体解析、プッシュオーバー解析を行った。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 立体解析：慣性力作用方向が階段や建物と直交するときが構造的に弱い方向となり、降伏水平震度の最小は421galであった。強い方向の降伏水平震度の最小は1300galであった。
- (2) プッシュオーバー解析：慣性力に対して弱い方向の換算弾性水平震度の最小は、Newmarkのエネルギー一定則を用いると1048galであった。平面解析のため降伏水平震度は立体解析より小さくなった。

当社では、製作年代や使用材料が異なる多くの乗換こ線橋を所有している。今回の検討をもとに、効率的な乗換こ線橋の耐震性能評価方法を検討していきたい。

参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 鉄道技術総合研究所編 平成24年9月