

鉄道高架橋の途中定着ブレース補強の振動台実験

東海旅客鉄道 正会員 ○吉田 幸司

東海旅客鉄道 正会員 阿知波 秀彦

東海旅客鉄道 正会員 荒鹿 忠義

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、既存鉄道高架橋の耐力や変形性能の向上を目的とした耐震補強を実施してきた。一方、2004年10月23日に発生した新潟県中越地震での事象を踏まえ、地震時の列車走行性の向上も視野に入れた構造物強化として、地震時の構造物の横方向の振動変位を抑制するX型ブレース補強による高架橋変位対策(図-1)を検討¹⁾してきた。

しかし、高架下の利用状況等によってはRCフレーム内全面にブレースを設置できない場合も想定されるため、空間的制約の少ない合理的なブレース補強仕様も必要である。そこで、本研究では途中定着仕様のブレース補強について、その効果等について鉄道高架橋の縮小試験体を用いた振動台実験を実施し、検討する。

2. 実験概要

試験体概要、ブレース補強仕様をそれぞれ図-2、図-3に示す。ブレース補強仕様は、標準仕様(一般的な土被り分1.5D(D:柱幅)下端を空けた仕様)と途中定着仕様(柱下半分=3.5D空けた仕様)の2パターンとした。また、使用材料の性質を表-1に示す。試験体は標準的な鉄道高架橋(鉄筋コンクリート1層2柱式ラーメン高架橋)を模擬し、縮尺1/5として、せん断余裕度を実際の高架橋と等価となるようモデル化した。柱主筋の鉄筋比は $p_s=2.25\%$ 、せん断補強筋比は $p_w=0.07\sim0.21\%$ 、せん断余裕度は1.31である。

入力地震動は、鉄道耐震設計標準のL2地震動スペクトルII²⁾に対し、相似則に従い時間軸と加速度振幅を調整した地震動を用いた。計測は加速度計による応答加速度、レーザ変位計等による応答変位、鋼材ひずみを計測した。また、実験では、はじめに標準仕様の加振を実施し、その後、ブレースを途中定着仕様に付け替えて加振。さらに、途中定着仕様で、加速度振幅を125%、180%と増加させて加振した(図-4)。

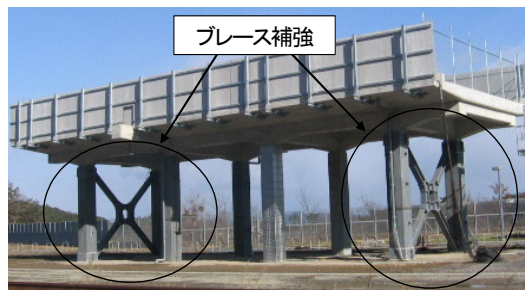
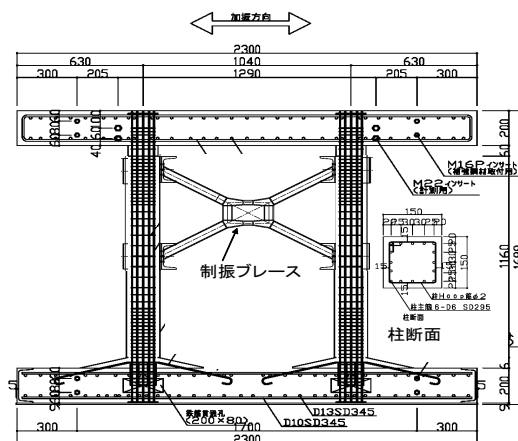
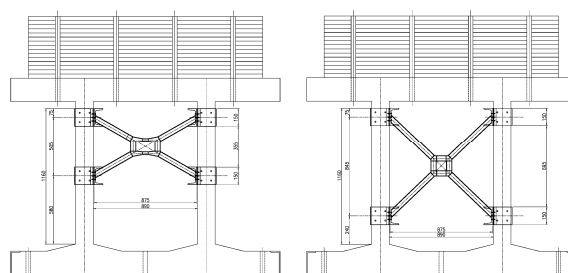
図-1 高架橋変位対策(ブレース補強)¹⁾

図-2 試験体概要(配筋図)



(a) 途中定着仕様

(b) 標準仕様

図-3 ブレース補強仕様

表-1 使用材料

鋼材使用部位	寸法	材質	降伏強度	引張強度	ヤング係数
			(N/mm ²)	(N/mm ²)	(10 ⁵ N/mm ²)
柱鉄筋	主筋	D6 SD295	368	536	1.87
	帯筋	φ2 規格外	334*	476	1.69
ダンパーパネル材	t3.2	SS400	360*	481	2.07

*:0.2%オフセットひずみにより降伏強度を算出。

コンクリート	材令	圧縮強度	引張強度	ヤング係数
		(N/mm ²)	(N/mm ²)	(10 ⁴ N/mm ²)
24-18-13N	35日	32.6	2.76	2.61

キーワード 鉄道高架橋, ブレース補強, 変位抑制, 振動台実験

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道(株)技術開発部 TEL.0568-47-5375 FAX.0568-47-5364

3. 実験結果・考察

実験結果の一覧を表-2 に示す。また、実験結果として、標準仕様（凡例:1.5D）と途中定着仕様（同:1/2H(3.5D)）を比較した荷重変位関係を図-5 に、応答変位波形を図-6 にそれぞれ示す。いずれのケースも加振による高架橋本体への目立った損傷はなく、L2specII に対し、最大応答変位は、標準仕様で 4.2mm、途中定着仕様で 11mm と、概ね弾性応答の範囲内の挙動であった。著者らの既往研究¹⁾より、ブレース補強がない場合では、柱部材の曲げ破壊（最大応答変位 133mm の大きな塑性変形）に対し、途中定着仕様では効果は低減するものの、ブレース補強による高い変位抑制効果が確認できた。

次に、入力地震動レベルを上げて加振した結果を図-7 に示す。加速度振幅を 100%（最大加速度 869Gal）から、125%（最大加速度 1086Gal）、180%（最大加速度 1629Gal）と段階的に増加させ連続して加振した。なお、これらはいずれも途中定着仕様である。入力加速度の増加に伴い、最大応答変位は 11mm、17mm、36mm と増加した。損傷イベントとしては、100%では主鉄筋がわずかに降伏ひずみを超えたのみに対し、125%では降伏程度が進行、180%加振後には、柱上下端付近にひび割れが見られ、上下のブレース取り付け部間の柱部材に曲げクラック（水平なひび割れ）が若干入った。しかし、3.5D の柱無補強部分において、L2specII の 180%（最大加速度 1629Gal）まで、せん断破壊等による損傷は生じなかった。大規模な入力地震動（しかも連続加振による累積作用）に対し、本仕様のブレース補強が高架橋の性能向上に寄与することを確認した。

4. まとめ

途中定着型仕様のブレースの振動台実験検討により、以下の知見を得た。

- (1) 空間的制約を考慮して途中定着仕様とすると、応答変位は増加し、変位抑制効果は小さくなる。しかし、本検討範囲（3.5D）において、L2specII に対し概ね降伏変位程度に変位抑制できることを確認した。
- (2) また、ブレース補強により、柱部材の無補強区間において、L2specII の 180%の極めて大きな加振レベルまで、柱部材のせん断破壊は生じず、高架橋の性能向上に寄与することを確認した。

参考文献

- 1) 吉田幸司，前田昌克，阿知波秀彦，松浦章夫，岩田秀治，関雅樹：鉄道高架橋の変位制限対策による地震時走行性向上に関する研究，土木学会構造工学論文集 Vol.56A, pp.543-553, 2010.3.
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），1999.10.

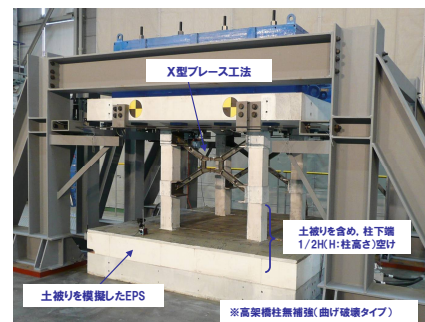


図-4 振動台実験の状況（途中定着仕様）

表-2 実験ケースと結果一覧

Case	補強仕様	入力地震動	最大加速度度[Gal]	最大応答変位[mm]
C3-L2	標準仕様	L2spec II	869	4.2 (21)
C4-L2-1	途中定着仕様	L2spec II	869	11 (55)
C4-L2-2	途中定着仕様	L2spec II *1.25	1086	17 (85)
C2-L2-3	途中定着仕様	L2spec II *1.8	1629	36 (180)

※最大応答変位の（ ）内は実高架橋換算値。

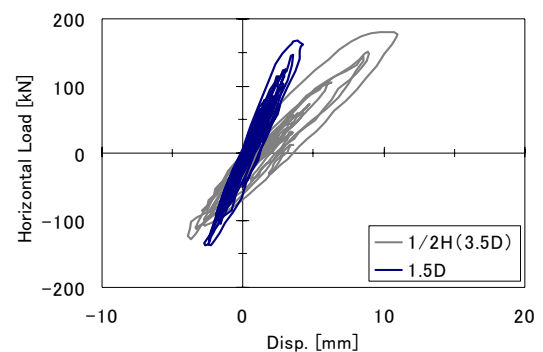


図-5 荷重変位関係の比較

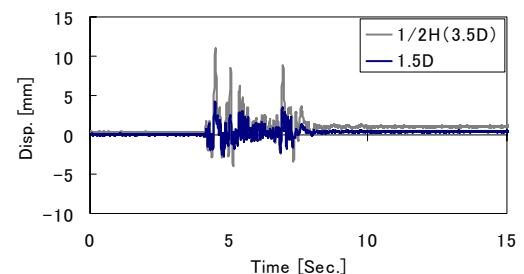


図-6 応答変位波形の比較

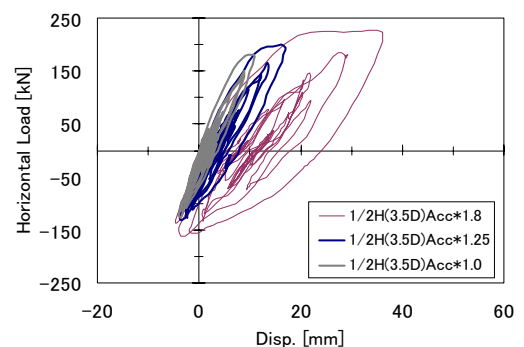


図-7 荷重変位関係（加振レベル比較）