

圧縮型鋼製ダンパー・ブレースで補強された曲げ破壊型高架橋の振動台実験

東海旅客鉄道 正会員 吉田 幸司
 大林組 土木技術本部 正会員 喜多 直之
 大林組 技術研究所 正会員 ○岡野 素之
 東海旅客鉄道 フェロー 関 雅樹

1. まえがき

鉄道高架橋の耐震性能を向上させる工法として、圧縮力だけで抵抗してアンカーなどの引張接合を必要としない新しい鋼製ダンパー・ブレースを提案し、静的非線形 FEM 解析ならびに正負交番繰り返し実験により適用の可能性を示した¹⁾。また、せん断破壊型高架橋の性能向上工法として、比較的小さな応答変位レベルでの本補強工法の動的補強性能を確認した²⁾。しかし、本ダンパー・ブレースは塑性化部分がブレースの交点にあり、またブレース端部を引張固定していないため、大変位領域での補強工を含めた挙動が明確ではない。そこで、より大きなじん性を持つ曲げ破壊型高架橋に着目し、8本柱の試験体模型により振動台実験を実施した。

2. 実験概要

試験体の概要を図-1に、使用材料の性質を表-1に、また相似則の一覧を表-2に示す。試験体は、架構寸法 1/5、柱断面 1/4 縮尺として実物の曲げ破壊型高架橋を模擬した模型（2体）とした。柱主鉄筋の引張鉄筋比は $p_t=1.79\%$ 、せん断補強筋比は $p_w=0.07\sim0.21\%$ で、せん断余裕度は 1.31 である。ダンパーは□型鋼材の上下左右にせん断降伏型の塑性変形部を有し、ブレースはダンパーの終局まで弾性範囲で挙動する設計である。ダンパー・ブレースは、実物規模で降伏震度 0.53 の強度に相当し、1体の線路方向・線路直角方向に各2セット配置した。ダンパー断面は、事前のプッシュオーバー解析と非線形応答解析により応答塑性率 2~3 程度になるように決めた。

入力は、鉄道標準（耐震設計）³⁾に示される L2 地震動スペクトル波（G4 地盤）を用い、相似則にしたがって加速度と時間を調整した。また、他の1体は補強工を設置しない

RC 架構単独の状態での L2 地震動スペクトル波（G4 地盤）による加振を行い、最終的な破壊性状を確認した。

表-1 使用材料

鋼材使用部位	サイズ 材質	降伏点 f_y N/mm ²	引張強度 f_u N/mm ²	ヤング係数 $E_s \times 10^5$ N/mm ²
柱主筋	D6 SD295	403	541	1.99
柱せん断補強筋	$\phi 2$ (SWRM6)	205	291	1.97
ダンパー(ウェブ)	$t=4.6$ SM490	344	529	2.00

コンクリート 24-18-10N	圧縮強度 f_c N/mm ²	ヤング係数 $E_s \times 10^4$ N/mm ²	引張強度 f_t N/mm ²
材令135日(ダンパー無)	31.0	2.57	2.45
材令198日(ダンパー有)	31.7	2.52	2.62

表-2 相似則

物理量	相似比	物理量	相似比
長さ	$1/\lambda$	剛性	$1/\lambda$
ひずみ	1	固有周期	$1/\sqrt{\beta\lambda}$
応力度	1		
加速度	β	速度	$\sqrt{\beta/\lambda}$
質量	$1/(\beta\lambda^2)$		
力	$1/\lambda^2$		
$(\lambda=5, \beta=1.84)$			

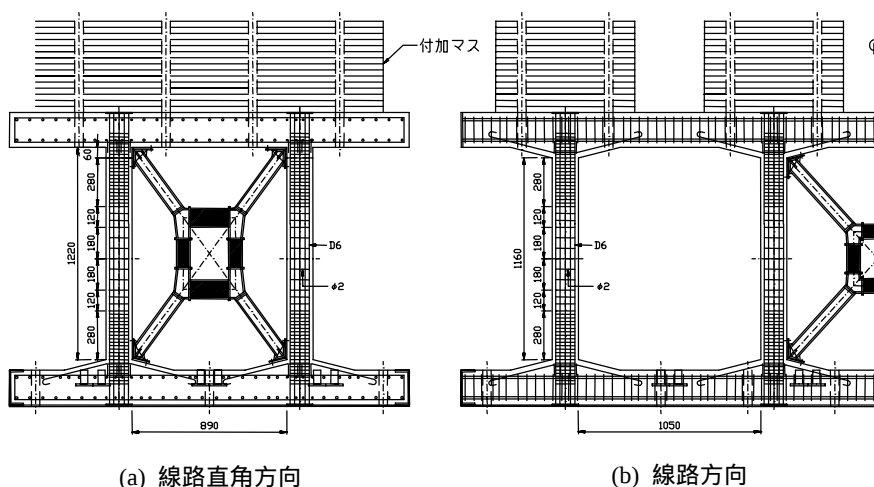


図-1 試験体概要

キーワード：鉄道高架橋，鋼製ダンパー，耐震補強，振動台実験

連絡先：〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道技術開発部 TEL.0568-47-5374 FAX.0568-47-5364

〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林組技術研究所土木構造研究室 TEL.0424-95-0996 FAX.0424-95-0903

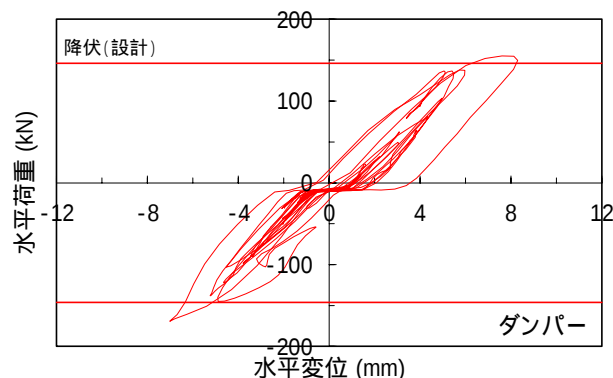
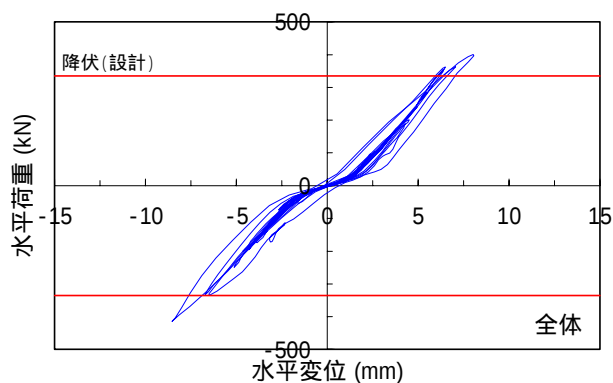


図 - 2 線路方向履歴

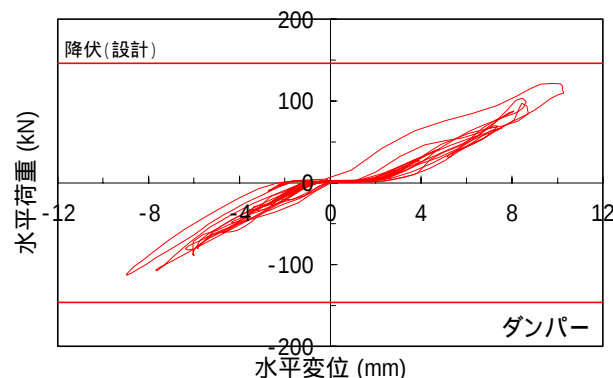
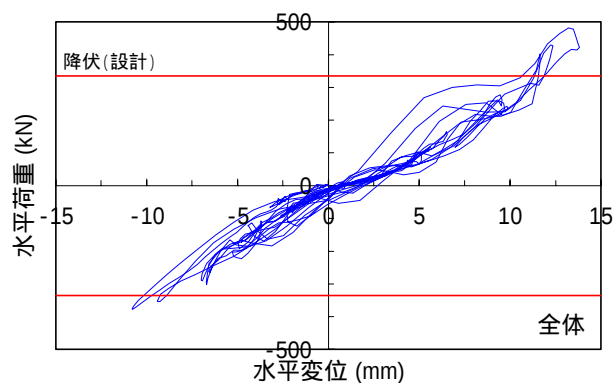


図 - 3 線路直角方向履歴

4. 実験結果

線路方向ならびに線路直角方向の L2 Spec.II による加振時の履歴（全体およびダンパー）を図 - 2, 3 に示す．全体架構，ダンパーともスリップ部を有するが，適切なエネルギー吸収のある履歴を示している．線路方向加振では最大応答変位が 8.54mm，柱の部材角が 1/136 で，線路直角方向では同じく 13.8mm，1/84 であった．両方向ともダンパー・ブレースにより応答変位が塑性率（RC 架構の降伏で定義）で 1.0～1.6 程度に抑制され，柱の曲げ破壊が防止されている．

ダンパー撤去後の加振履歴を図 - 4 に示す．応答変位 133mm（部材角 1/9）まで変位し，かつ強度が 70% 程度まで低下して，一般に破壊領域と考えられる非常に大きな部材角まで達したが，倒壊には至らず自立した状態を保っていた．

5. まとめ

圧縮力で抵抗する新しいダンパー・ブレースによる耐震補強工法に関して，曲げ破壊型高架橋模型による振動台実験を実施した．その結果，圧縮型ダンパー・ブレースは，L2 クラスの地震動に対し，高減衰性を発揮して比較的大きな変位領域まで機能し，曲げ破壊を防止できることがわかった．

参考文献

- 1) 吉田幸司，喜多直之，岡野素之，関 雅樹：圧縮型鋼製ダンパー・ブレースによる RC ラーメン高架橋の耐震補強工法，構造工学論文集 Vol.50A，pp.551-558，2004.3
- 2) 吉田幸司，喜多直之，岡野素之，関 雅樹：圧縮型鋼製ダンパー・ブレースで補強されたせん断破壊型高架橋の振動台実験，土木学会第 59 回年次学術講演会概要集（投稿中）
- 3) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等標準設計・同解説（耐震設計），1999.10

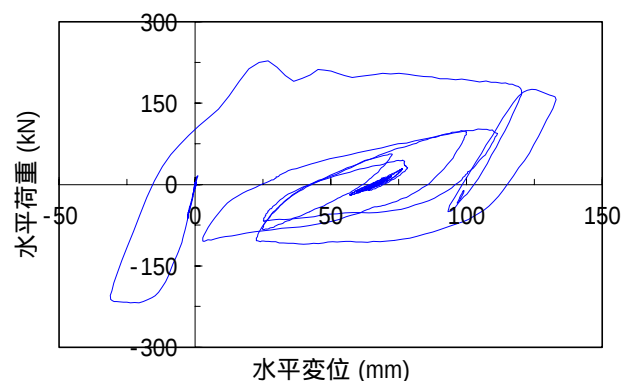


図 - 4 線路直角方向履歴（ダンパーなし）