

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

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、新しい鋼製ダンパー・ブレースを提案した¹⁾。このブレースは圧縮力だけで抵抗する機構であることから、アンカーなどの引張接合が不要である。そのため鉄筋が比較的密な隅角部であっても容易に施工が可能である。これまでに静的非線形 FEM 解析ならびに正負交番繰り返し実験を実施して基本的性能を把握し、耐震補強工法として適用可能であることを示した¹⁾。本報告では、比較的小さな応答変位レベルでの動的な補強効果を検討するため、せん断破壊型高架橋をモデルとした 8 本柱模型によって実施した振動台実験の概要について述べる。

2. 圧縮型鋼製ダンパー・ブレースの概念

圧縮型鋼製ダンパー・ブレースの概念を図-1に示す。RC 架構の内側に X 状にブレースを配置し、その交点に開口部を有する鋼製ダンパーを設ける。ブレース端部はグラウト材によって隅角部にセットするため引張力は負担しない。RC 架構の水平振動に応じて左右のブレースに圧縮力が交互に働き、中央のダンパー部分がそれに対応して菱形に塑性変形してエネルギーを吸収する。

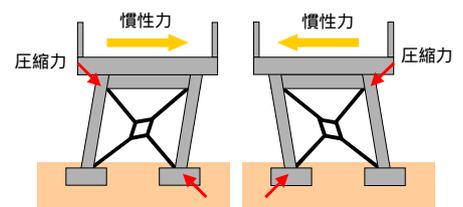


図-1 圧縮型ダンパー・ブレース

3. 実験概要

試験体の概要を図-2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 縮尺として実物のせん断破壊型を模擬した模型（1 体）とした。柱主筋の引張鉄筋比は $p_f=1.79\%$ 、せん断補強筋比は $p_w=0.07 \sim 0.21\%$ で、せん断余裕度は 0.87 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 0.57

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=4.7 SM490	372	544	2.10

コンクリート 24-18-10N 材令45日	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
	30.1	2.66	2.46

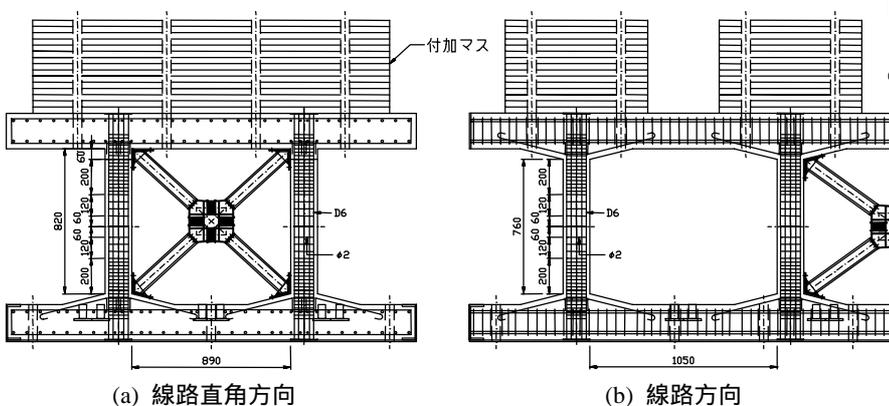


図-2 試験体概要

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	$1/\lambda^2$	$(\lambda=5, \beta=1.84)$	

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

〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川イナシティ 大林組土木技術本部設計第一部 TEL.03-5769-1305 FAX.03-5769-1973

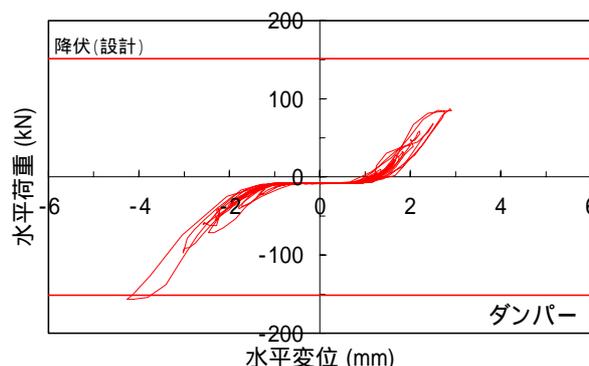
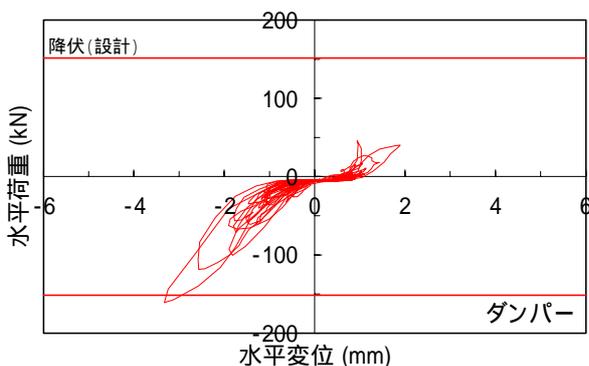
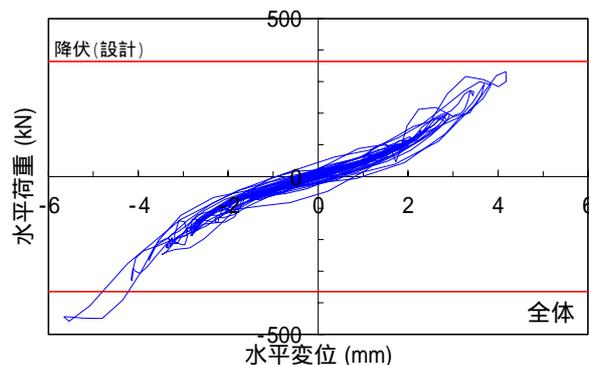
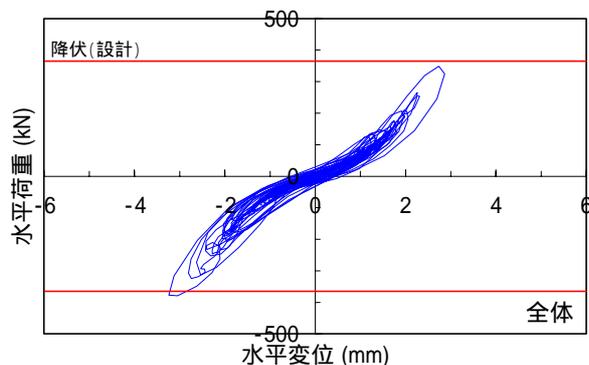


図 - 3 線路方向履歴

図 - 4 線路直角方向履歴

の強度に相当し、線路方向・線路直角方向に各 2 セット配置した。事前のプッシュオーバー解析と非線形応答解析により、応答変位が柱のせん断破壊変位以内に抑制されるようにダンパー断面を決めた。

入力は、鉄道標準（耐震設計）²⁾ に示されるスペクトル波（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、補強工を設置した加振の後、補強工を撤去し、RC 架構単独の状態再度加振して補強工のない場合の破壊性状を確認した。

4. 実験結果

線路方向ならびに線路直角方向の L2 Spec.I による加振時の履歴（全体およびダンパー）を図 - 3, 4 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 3.24mm、柱の部材角が 1/235 で、線路直角方向では同じく 5.65mm、1/135 であった。両方向ともダンパー・ブレースにより柱の応答変位が抑制され、せん断破壊が防止されている。

ダンパー撤去後の加振履歴を図 - 5 に示す。応答変位 17.2mm（部材角 1/44）付近で曲げ降伏後のせん断破壊に至り、せん断破壊防止効果があると判断した補強工ありの加振実験結果を裏付けている。

5. まとめ

圧縮力で抵抗する新しい鋼製ダンパー・ブレースによる耐震補強工法に関してせん断破壊型高架橋模型による振動台実験を実施し、ダンパー・ブレースの履歴減衰を利用することによって L2 クラスの地震動に対してせん断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) 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

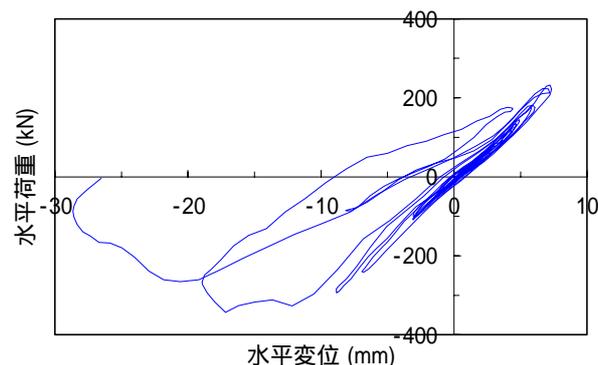


図 - 5 線路直角方向履歴（ダンパー撤去後）