

ダンパーブレース付き RC 橋脚構造の動的加振試験

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 小林 俊彦^{†1}, 正会員 松本 信之^{†1}
 (株) 大林組 正会員 岡野 素之^{†2}, JIRO-会員 大内 一^{†2}, 勝保 英雄^{†2}

1. はじめに

RC 橋脚内に鋼製ダンパーブレースを取りつけた構造に対する水平交番载荷試験¹⁾により耐震性向上と大きなエネルギー吸収性が期待でき, また, この構造により地震動による水平変位が抑制されることから列車走行性向上²⁾なども期待できることが筆者らの研究により得られているが, 本構造について, その動的加振時における耐震性能・減衰性能を確認するために, 振動台試験を行ったので, その結果について報告する.

2. 試験方法

2.1 試験体

試験体は, 図 - 1 に示す RC 架構に鋼製のダンパーとブレースを取りつけた試験体 (SD) および RC 架構のみの試験体 (B₀D) の 2 体を用いた. また, 試験体の大きさは, 鉄道の桁式高架橋をモデルとし, 実大 (高さ 6m 程度) の 1/2.5 とした. 上載質量 (付加マス) は 2.1N/mm² 程度の静的軸応力度が生じるように設定した. 試験体に用いた材料特性を表 - 1 に示す. 柱軸方向鉄筋が降伏する静的震度は B₀D, SD 試験体それぞれ 0.4, 0.8 となるように設定した.

表 - 1 材料特性

使用部位	材質	降伏点 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	ヤング係数 N/mm ²	
鉄筋	D 6	340	460	2.06	
	D 13	365	542	1.89	
	D 16	413	599	1.93	
	D 19	372	546	1.92	
	D 22	406	608	1.95	
ダンパー	ウェブ	LYP235	220	328	2.01
	スチフナー	SS395	294	450	2.09
	フランジ	SMA490	421	625	2.05
ブレース	SMA490	347	533	2.05	
アンカー ボルト	M 20	S45C	678	885	1.90
	M 27	S45C	653	799	1.89
試験体		圧縮強度 N/mm ²	ヤング係数 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	
B ₀ D・SD	試験前	34.6	2.35	3.10	
	試験後	35.0	2.30	2.92	

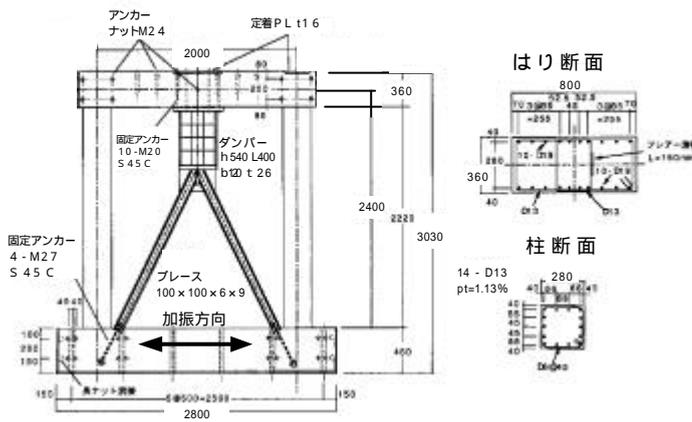


図 - 1 試験体の緒元

2.2 加振方法

動的加振は 3 次元振動台 (最大能力: 積載質量 50t, 加速度 3G, 速度 200kine) を用いて行ったが, 今回の試験では橋軸直角方向 (試験体の面内方向) の 1 方向のみに加振した.

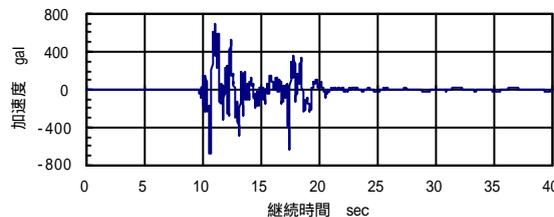


図 - 2 L2 地震動スペクトル 適合波

加振のための入力地震波としては, 鉄道構造物等設計標準 (耐震設計)³⁾ に示されている L1 地震動および L2 地震動スペクトル II のスペクトル適合波などを縮尺・伸張したものをを用いた.

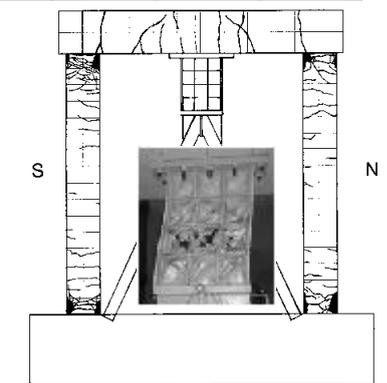


図 - 3 実験終了時のひび割れ状況 (SD 試験体)

キーワード: 耐震構造, 鉄道 RC 高架橋, 高減衰ダンパー, 鋼製ブレース, 列車走行性

連絡先 †1 〒185 - 8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7290 FAX 042-573-7320
 †2 〒204 - 8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-0950 FAX 0424-95-0909

測定は、RC架構の加速度、RC架構およびリンク材各部の変位、鉄筋・ブレース・リンク材のひずみなどについて行った。

3. 試験結果

3.1 加振過程と変形状況

B₀D 試験体および SD 試験体とも設計スペクトル適合地震波や観測地震波の振幅を徐々に増加させながら加振を行ったが、その間ランダム加振などを行い、固有周期の推移についても測定した。

B₀D 試験体の場合、架構の柱端の軸方向鉄筋が降伏したのは、加振地震動（十勝沖地震八戸港湾観測波）の振動台上最大加速度（以下、最大入力加速度）が 271gal、はり中心位置の最大応答加速度（以下、最大応答加速度）は 485gal の時であった。また、加振地震動（L2 地震動適合波 G4 地盤対応（以下、L2 適合波）の最大入力加速度が 549gal、最大応答加速度が 497gal の時に柱上端の軸方向鉄筋が座屈したため、試験を終了した。一方、SD 試験体の場合、加振地震動（L2 適合波）の最大入力加速度が 880gal、最大応答加速度が 938gal の時に柱端の軸方向鉄筋が降伏し、同じ加振地震動で最大入力加速度が 1500gal、最大応答加速度が 1358gal の時に柱上端の軸方向鉄筋が座屈したため、試験を終了した。

3.2 荷重 - 変位関係

図 - 4 に梁中心位置で測定した応答加速度と上載質量の積から求めた水平力とその位置での水平変位との関係の例を示す。図 4(a)および(b)の最大入力加速度はそれぞれ 349gal、307gal である。この時に B₀D 試験体は塑性化しているが、SD 試験体は概ね弾性域に留まっており変形が抑制されていることが分かる。図 - 5 に SD 試験体に対して L2 適合波（最大入力加速度 732gal）により加振した場合の荷重 - 変位関係を示す。この場合には柱は塑性化しているが、変形は十分小さく、優れた制振効果が得られるとともに安定した減衰特性も得られている。

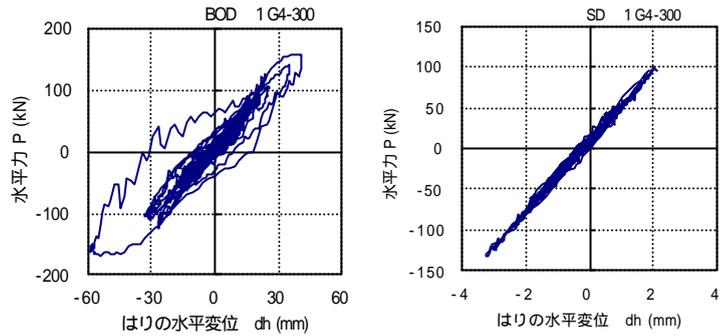
図 - 6 に既往の静的交番載荷試験 1)の履歴と振動台試験により得られた各試験体の加振毎の最大応答（最大慣性力と最大変位）とを比較したものを示す。今回の最大応答が概ね静的交番載荷試験の包絡線に沿っていることが分かる。

4. まとめ

- 1) ダンパーブレース付き RC 橋脚の加振時において優れた制振効果と大変位加振時における優れた減衰効果が発揮されていることが確認できた。
- 2) 動的試験結果と静的試験結果が整合していることが確認できた。

なお、本件は国庫補助を受けて実施されました。

- 【参考文献】1)松本，岡野他：鋼製ダンパー・ブレースを有する RC 鉄道高架橋の耐震性能，構造工学論文集，Vol45A，1999.3
 2)松本，曾我部他：鋼製ダンパー・ブレースを用いた鉄道高架橋の振動性状改善に関する研究，構造工学論文集，Vol46A，2000.3
 3)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），1999.10



(a) B₀D 試験体 (b) SD 試験体の例(1)

図 - 4 荷重 - 変位曲線

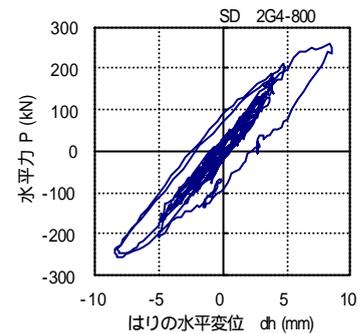
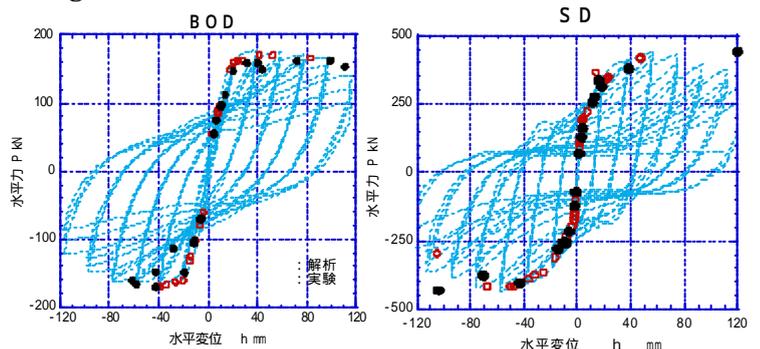


図 - 5 荷重変位 (SD 試験体) (732gal 加振)



(a) B₀D 試験体 (b) SD 試験体

図 - 6 試験体の最大応答