

RC 架構に対する湾曲状鋼製ダンパーの履歴特性に関する正負交番载荷実験

大阪市立大学大学院 学生員 ○山口 達也
 西日本旅客鉄道㈱ 正会員 小谷 洋平
 大阪市立大学大学院 正会員 鬼頭 宏明
 大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄

1. はじめに

兵庫県南部地震以前の設計標準¹⁾で設計された既存の鉄道高架橋の中には、せん断補強筋が少なく、せん断破壊先行または曲げ降伏先行であっても靱性に乏しいものが多い。このような背景の下、著者ら^{2), 3)}は、これまでに履歴減衰型の鋼製湾曲状ダンパーを開発し、ラーメン高架橋隅角部へ配置することで、脆性的な破壊を防止するとともに損傷を制御する耐震補強方法を提案し、**図-1(a)**のように RC ラーメン架構へに対し平鋼を湾曲加工したダンパーを設置した模型実験により補強効果を検証した²⁾。しかし、この実験において用いたダンパーは小変形域のエネルギー吸収性能に課題を残した。そのために、ダンパーのエネルギー吸収性能向上を目的とし、ダンパーの断面形状を変数にダンパー単体の正負交番载荷実験を行い、履歴特性とエネルギー吸収性能を検討した結果、エネルギー吸収性能の向上を図ることができた³⁾。

これらの経緯を踏まえ、本研究では、用いた3種類の断面を有する湾曲状鋼製ダンパーを RC 架構隅角部へ設置した模型と、ダンパーを設置しない模型の両者に対し正負交番载荷実験を実施し、得られた破壊性状や履歴特性からダンパーの効果を検討することを目的とする。

2. 実験概要

本実験では、1/6 に縮尺した鉄道高架橋より**図-1(b)**のように隅角部のみを取り出したものを対象としている。ここで配筋は、曲げ破壊型(M型)、せん断破壊型(S型)を用意し、ダンパー設置による履歴特性、エネルギー吸収性能、破壊形式の移行を確認するため、実験供試体は**表-1**に示す8体とした。破壊形式の移行はS型によって確認する。ダンパーの断面に関しては、文献3)の要素実験で高いエネルギー吸収性能を示したH鋼と丸形鋼管と文献2)の架構実験で用いた平鋼の3種類とし、断面形状による履歴形状の違いを把握する。ダンパーの断面寸法は**表-1**に示す通りであり、その断面寸法は補強後の耐力が一定となるように塑性断面係数Zをなるべく揃えるように決定した。ダンパーの材料はSS400級とした。実験は**図-2**のように供試体を载荷装置に設置し、正負交番载荷実験を変位制御で行った。载荷は架構部材角が1/1000, 3/1000, 5/1000, 7/1000, 1/100, 2/100, 3/100, 4/100, 5/100, 6/100となる変位で各2回の正負交番载荷実験を行った。

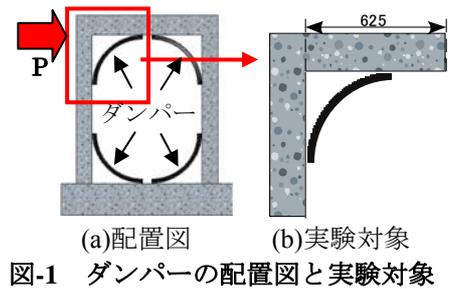


図-1 ダンパーの配置図と実験対象

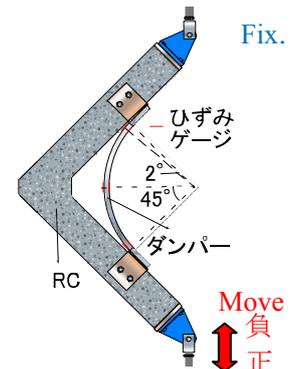


図-2 载荷実験概略

表-1 実験供試体概要

	ダンパー	名称	RC供試体概要					ダンパー寸法(単位:mm)						
			柱長さ(mm)	柱断面(mm)	主鉄筋	主鉄筋比	せん断補強筋	せん断補強筋比	コンクリート圧縮強度	高さ	幅	直径	板厚	Z(mm ³)
曲げ破壊型供試体(M型)	無し	M-N	625	135×135	D13 (SD345)	2.78%	φ4 (SWM-P)	0.231% (90mmピッチ)	28.4 (N/mm ²)	16	32	16	2690	
	平鋼	M-F								32	32	34	2.3	2320
	丸形鋼管	M-T								32	32	2.3	2620	
	H鋼	M-H												
せん断破壊型供試体(S型)	無し	S-N	625	135×135	D16 (SD390)	4.36%		26.9 (N/mm ²)	16	32	16	2690		
	平鋼	S-F							32	32	34	2.3	2320	
	丸形鋼管	S-T							32	32	2.3	2620		
	H鋼	S-H												

キーワード 湾曲状ダンパー, 断面形状, 正負交番载荷, エネルギー吸収, 履歴減衰

連絡先 〒558-8585 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL/FAX 06-6605-2723

3. 実験結果

図-3にM型の荷重-部材角関係を示す。S型はM型と傾向が類似しているため省略した。荷重と部材角の正負は図-2に示す方向で定義した。図より、ダンパーを設置していないM-Nは履歴形状が塑性エネルギー吸収能の乏しい逆S型となっているが、ダンパー設置後の供試体は全て塑性エネルギー吸収能に富んだ紡錘形へと変化していることが分かる。

図-4に図-3の荷重-部材角関係から得られた等価粘性減衰定数を示す。なお、実験時は部材角 1/100 未満では変位が小さく、変位計の計測値が不安定であったため、結果を示していない。本ダンパーはダンパーの断面高さが高く、中立軸位置から縁端までの距離が大きいもの(丸形鋼管, H鋼)程、小変形でダンパーの初降伏が発生すると考えられる。これは図の部材角 1/100 時点で既に丸形鋼管, H鋼が高いエネルギー吸収性能を發揮していることと、平鋼が部材角 2/100 以降で無補強時より高いエネルギー吸収性能を發揮することからも確認することができる。また、この傾向はS型でも確認された。さらに、履歴特性やひび割れ性状の比較などから妥当性が確認された解析結果におけるダンパーの初降伏部材角を表-2に示す。表より、ダンパーの降伏は丸形鋼管とH鋼が部材角 1/100 付近で、平鋼はそれよりも大きな部材角となっていることが分かる。以上より、丸形鋼管, H鋼は部材角 1/100 付近のダンパーの降伏によって、部材角 1/100 時点で高いエネルギー吸収性能を發揮するが、平鋼はそれよりも大きな部材角でダンパーの降伏が生じ、2/100 以降でエネルギー吸収性能を發揮することを明らかにした。

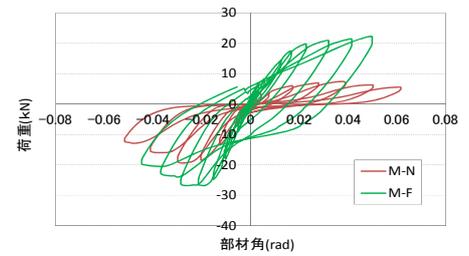
図-5にS-Nで最大荷重となった部材角 3/100 時点のS-N, S-F, S-Tのひび割れ線図を示す。S-Hはひび割れ傾向がS-Tと同様であるため省略した。図より、S-Nは柱スパン中央部(赤丸部)に斜めひび割れ、および隅角部の斜めひび割れより進展した付着割裂が発生しているが、S-F, S-Tは斜めひび割れが発生せず、付着割裂が抑制されている。これは、ダンパー設置後の供試体はダンパーが作用せん断力を負担することで、RC架構部の作用せん断力が低下したためであると考えられる。このことから、せん断損傷を呈する供試体にダンパーを設置することで、せん断損傷が抑制できるといえる。

4. 結論

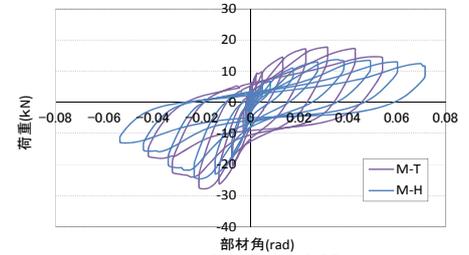
- 履歴形状が逆S型であった供試体がダンパー設置により紡錘形へと移行することを明らかにした。
- 丸形鋼管, H鋼は部材角 1/100 付近, 平鋼は 2/100 付近で高いエネルギー吸収性能を發揮する。
- せん断損傷を呈する供試体にダンパーを設置することで、せん断損傷が抑制できることを明らかにした。

参考文献

- 財団法人 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説—コンクリート構造物，1992。
- 大木皓平：湾曲状ダンパーによる高架橋耐震補強方法に関する研究(その2)～正負交番載荷試験～，第64回年次学術講演概要集，土木学会，V部門，V-492，2009。
- 小谷洋平：種々の断面形状を有する鋼製湾曲状ダンパーのエネルギー吸収特性，第66回年次学術講演概要集，土木学会，I部門，I-355，2011。



(a) M-N, M-F



(b) M-T, M-H

図-3 荷重-部材角関係

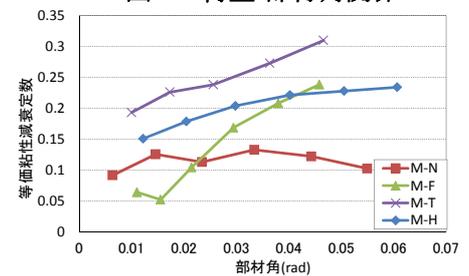


図-4 等価粘性減衰定数

表-2 ダンパー初降伏部材角(解析)

供試体名	部材角(/100rad)
M-F	1.49
M-T	1.01
M-H	0.76

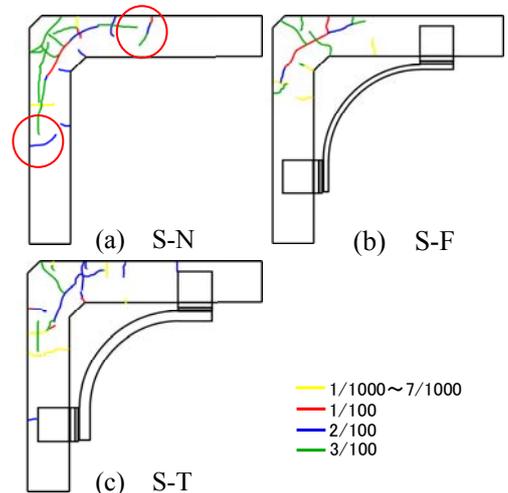


図-5 S型ひび割れ線図(3/100rad 時点)