

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)

～正負交番载荷試験～

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 ○大木 皓平

大阪市立大学大学院工学研究科 (現 財団法人 鉄道総合技術研究所) 正会員 中田 裕喜

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 大内 一, 角掛 久雄

1. はじめに

現行の鉄道構造物等設計標準¹⁾において、レベル1地震動に対しては修復性(無損傷)および使用性が(耐震性能I)、レベル2地震動に対しては、安全性(耐震性能III)が要求性能として規定されている。ただし、新幹線などの重要度の高い構造物に対しては、修復性も要求される(耐震性能II)。一方で、旧基準で設計された既存高架橋の中にはせん断補強筋が少なく、脆性的な破壊をするものが多い。これらの耐震補強に当たって、一般に柱の巻き立てや減衰装置が適用されている。しかし、巻き立て補強は応答変位の抑制効果は少なく、また減衰装置はせん断破壊するものに適用できるものは少ない。

そこで、履歴減衰型の鋼製湾曲状ダンパー²⁾を開発し、また高架橋フレーム内への効果的配置により、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考案した。

本研究は、提案する湾曲状ダンパーの耐震補強効果の実証・確認を目的として、耐震補強設計した鉄道RCラーメン高架橋³⁾縮小模型を作製し正負交番载荷実験を行ったものである。

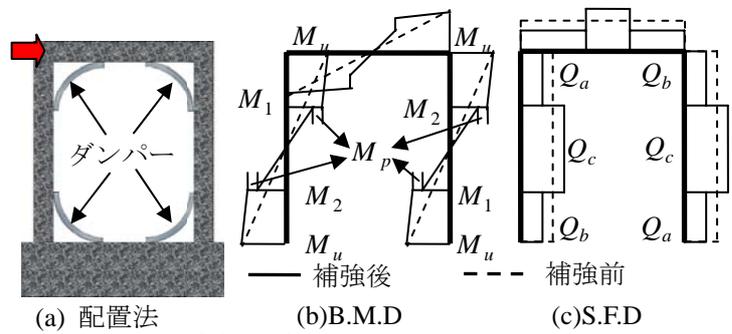


図-1 湾曲状ダンパーの配置法と断面力分布

2. 正負交番载荷実験

2.1 実験概要

設計例⁴⁾を用いて耐震補強設計した高架橋を基に、図-2に示す1/5縮尺模型を制作した。実験パラメータは、湾曲状ダンパーの有無とせん断補強筋比の2種類である。過去の設計基準で最小せん断補強筋比前後の0.15%を基準とした。実験パラメータと供試体を表-1に示す。なお表の耐力比(せん断/曲げ耐力比)は補強前の架構に対するものである。ダンパーには軟鋼板(SS400)を用い、4隅に設置した。载荷方法は油圧ジャッキにより、梁軸線位置で正負交番载荷を行った。

载荷プログラムは柱の部材角が1/200, 1/100, 2/100, 3/100, 4/100, 5/100, 6/100(rad)となる強制変位を2サイクルずつ与えた。なお、R15とR25は交番载荷後、約9/100(rad)まで単調载荷を行っている。

2.2 実験結果

2.2.1 破壊性状

図-3にN15とR15の右柱ひび割れ図を示す。図よりN15は柱中腹部にひび割れは入らず、端部にひび割れが集中しており、6/100に達したときに右柱基部がせん断破壊した。一方、R15では柱端部には曲げひび割れが、中腹部には斜めひび割れも生じた。しかし、せん断破壊には至らなかった。これはダンパーを設置したことによる柱材端部の作用せん断力の低

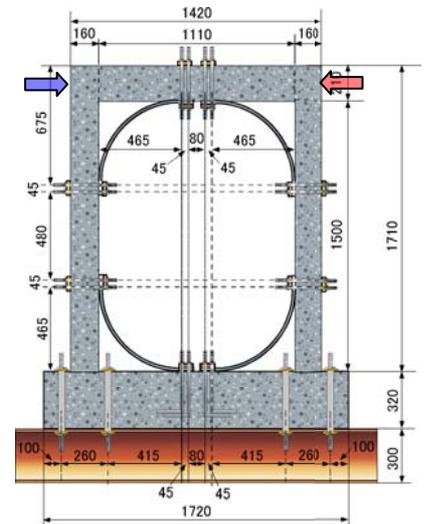


図-2 供試体概要

表-1 実験パラメータ

供試体名	せん断補強筋比(%)	ダンパー	耐力比
N15	0.15	無	1.09
R15	0.15	有	1.09
R05	0.05	有	0.81
R25	0.25	有	1.35

Key Word : 湾曲状ダンパー, 耐震補強, 履歴減衰, ディーブビーム, 鉄道RCラーメン高架橋

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL/FAX : 06-6605-2723

減と中腹部のディーブビーム効果によるせん断耐力の向上効果によるものと考えられる。また R05 は部材角 5/100 で柱中腹部がせん断破壊し, R25 は R15 と同様に曲げ型となった。

2.2.2 荷重-部材角関係

N15 と R15 の荷重-部材角関係を図-4 に示す。ここに、ダンパー全降伏とはダンパーの中央と端部両方の降伏時である。図中の履歴曲線の形状はスリップ型の N15 に対し, R15 は紡錘型となっている。

さらに表-2 に実験結果の一覧を示す。終局時部材角は, N15 と R05 はせん断破壊時点と与えられる。なお, R15 と R25 は試験終了変位まで明確な耐力低下は観察されなかった。

2.2.3 等価粘性減衰定数

等価粘性減衰定数を図-5 に示す。N15, R15 とともに 2/100 までは同等であるが, 部材角 3/100 以降では R15 がより高い吸収性能を示す。大変形時にダンパーの塑性化が進むことにより, 履歴減衰が向上するためと考えられ, ダンパーの降伏部材角と一致する。また, 補強していない N15 は変形が大きくなると耐力が低下するのに対し, R15 は耐力が低下していない。これはダンパーが直線状になり軸引張力が卓越し, 引張部材として作用することが要因と考えられる。

3. 実験結果の解析

有限要素解析ソフト FINAL を用いて静的解析を行った。解析モデルを図-6 に示す。架構とダンパーの要素は全てファイバー要素とした。ただし, 柱下端部では引張鉄筋の抜け出しを考慮した回転ばねを, 柱上端部では接合部の曲げ変形を考慮した回転ばねを考慮した。

図-4 中の破線で単調載荷解析値を示す。剛性は実験よりも大きくなるが耐力は概ね一致している。

4. 結論

本研究より得られた成果を以下に列記する。

- (1) せん断補強筋比 0.15% の場合, ダンパーを設置することでせん断破壊型から曲げ破壊型に移行させることができた。
- (2) エネルギー吸収性能は, ダンパーを設置すると, 部材角 3/100 以降, ダンパーの減衰効果により吸収性能が向上する。

表-2 実験結果の一覧

供試体名	RC架構降伏時		最大荷重 P_{max} (kN)	終局時		破壊形式
	部材角 R_y (rad)	荷重 P_y (kN)		部材角 R_u (rad)	靱性率 μ_u	
N15	$R_y = -0.008$	$P_y = -40.8$	$P_{max} = 59.8$	$R_u = -0.058$	$\mu_u = 7.9$	せん断破壊
R15	$R_y = 0.013$	$P_y = 66.6$	$P_{max} = 87.7$	$R_u > 0.092$	$\mu_u > 8.0$	曲げ破壊
R05	$R_y = 0.012$	$P_y = 62.1$	$P_{max} = 87.1$	$R_u = 0.045$	$\mu_u = 4.2$	せん断破壊
R25	$R_y = 0.013$	$P_y = 63.5$	$P_{max} = 87.7$	$R_u > 0.091$	$\mu_u > 8.1$	曲げ破壊

参考文献

1)財団法人 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説一耐震設計, 1999 2)島端嗣浩：湾曲状仕口ダンパーの耐震補強へ適用に関する研究, 大阪市立大学大学院工学研究科修士論文, 2008 3)中田裕喜ら：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1)～耐震補強設計と静的・動的的非線形解析～, 第64回年次学術講演会第v部門発表予定, 2009 4)土木学会：コンクリート標準示方書 耐震設計編, 1996

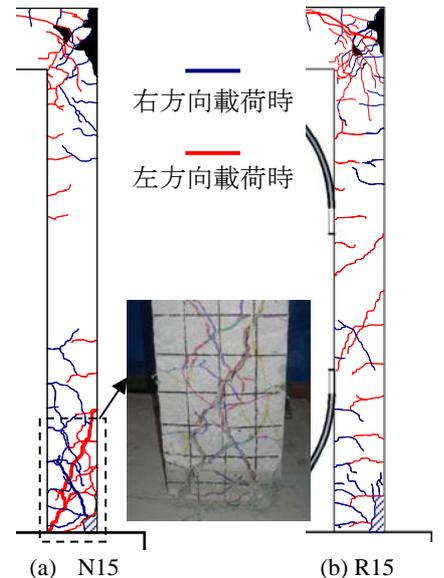


図-3 ひび割れ状況(右柱)

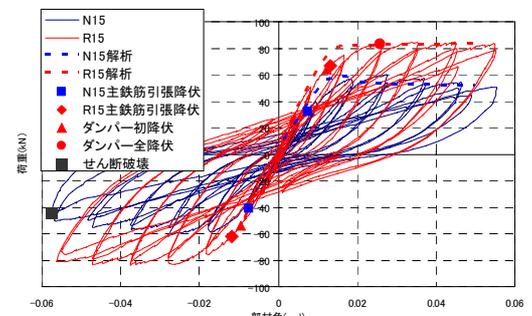


図-4 荷重-部材角関係

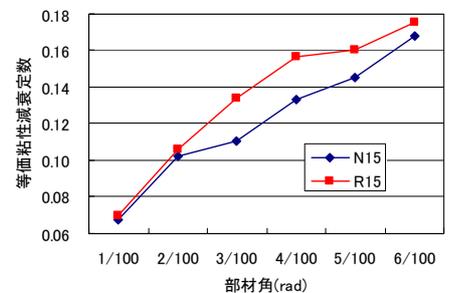


図-5 等価粘性減衰定数

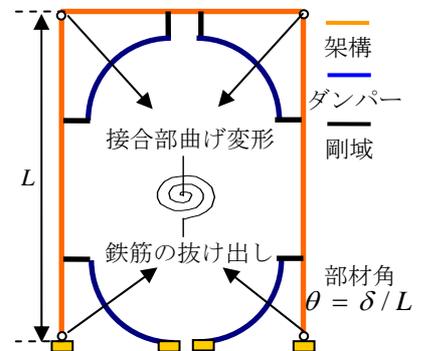


図-6 解析モデル