

せん断降伏型ダンパー・ブレースを有するRC架構水平加力実験の解析

鉄道総合技術研究所 正会員 松本信之^{*1}
 大林組 技術研究所 正会員 岡野素之^{*2}
 鉄道総合技術研究所 正会員 曽我部正道^{*1}
 鉄道総合技術研究所 フェロー会員 涌井 一^{*1}
 大林組技術研究所 フェロー会員 大内 一^{*2}

1. まえがき

鉄道高架橋の高剛性化・高減衰化を目的とし、RC架構の内部に鋼製ダンパー・ブレースを配置した新型鉄道高架橋下部工を提案し、正負交番載荷試験などにより、その耐震性能に関し検討してきた¹⁾他。これまでに、高剛性・高減衰性能を確認し、また全体性能はRC架構とダンパーブレースの各性状の重ね合わせで実用上評価できることなどを把握した。本報告では、これらの実験結果に基づき提案したダンパーの評価式を用いてダンパー・ブレースを含めた全体架構の挙動をファイバーモデル解析により評価した。

2. 実験の概要

実験に用いた試験体は実構造物の1/2.5スケールで、図1に示すようにRC架構にせん断パネル型ダンパーとブレースが付加された構造である。試験体は合計4体(BS,BH,BH2,S)で、RC架構を共通として、ダンパーおよびブレースの種類を変えている。なお、BH2はBHと同じ仕様のダンパーで、震災後の復旧を意図し、BHにおいて途中(3 δy , δy は架構の降伏で定義)まで加力した後、損傷したダンパーを取り替えて再び加力した。上部構造と列車荷重に相当する荷重として各柱の直上位置に154kN(柱断面積当り2.1N/mm²)の鉛直荷重が載荷された状態で、正負交番載荷試験を行っている。使用材料の性質を表1,2に示す。ウェブには低降伏点鋼材BT-LYP235が用いられている。

各試験体ともダンパーは載荷履歴に従ってウェブ・補強板の降伏からウェブの座屈へと損傷が進み、4 δy (ダンパーのせん断変形角で0.13)付近でウェブが座屈し耐力低下した。ダンパーのフランジは終局まで引張降伏せず、ダンパー全体として曲げ降伏していない。

3. せん断型ダンパーの評価

せん断変形だけで評価可能と判断し試験体におけるダンパーの評価法を以下の条件に基づいて提案する。

- 1) ウェブと補強板の和で評価する。
- 2) ウェブは既往の評価法²⁾に従う。

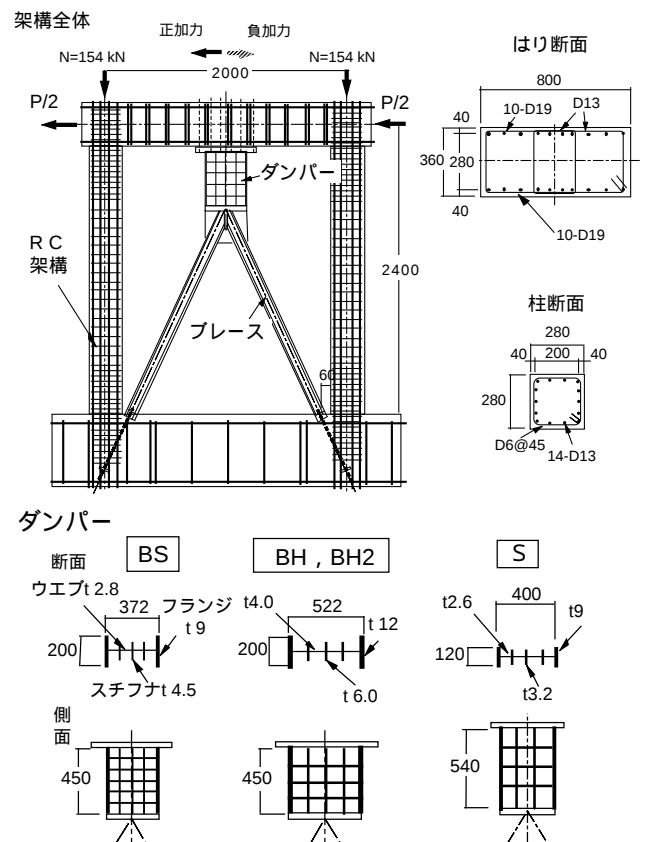


図1 試験体の概要

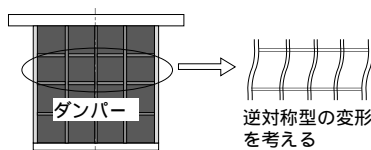


図2 補強板の変形モード

表2 コンクリートの性質

使用部位	圧縮強度 f_c (N/mm ²)	引張強度 f_t (N/mm ²)	ヤング係数 $E_c \times 10^4$ (N/mm ²)
柱	19.7 ~ 25.8	2.15 ~ 2.77	2.04 ~ 2.21
はり	20.4 ~ 26.0	1.88 ~ 2.77	2.03 ~ 2.25

表1 鋼材の性質

使用部位(試験体)		材質	降伏点 fy (N/mm ²)	引張強度 fu (N/mm ²)	ヤング係数 Es × 10 ⁴ (N/mm ²)	
鉄筋 (共通)	D6	SD345	371	509	2.01	
	D13		345	514	1.98	
	D19		384	582	1.95	
ダンパー	ウェブ(共通)		LYP-235	225	331	2.05
	フランジ	t9 (BS)	SMA490	371	561	2.22
		t12 (BH)		375	561	2.18
		t9 (S)		374	531	2.10

キーワード：耐震、鉄道RC高架橋脚、高減衰ダンパー、ブレース

*1 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL 042-573-7279 FAX 042-573-7472

*2 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸4-640 TEL 0424-95-0996 FAX 0424-95-0903

3) 補強板は図2に示すモードで変形し、各水平補強板間で固定された逆対称曲げを受けるはりとする。

なお、ウェブ・補強板とも降伏後の剛性はひずみ硬化を考慮して弾性剛性の1%としている。

図3に上記評価法と実験値の比較を示す。実験値は累加経験則³⁾に従い、繰り返し載荷を正側加力と負側加力の単調載荷モデルに置き換えた。縦軸はウェブのせん断降伏応力度で除し、横軸はせん断変形角として無次元化して表現した。BSにおいては、評価式は実験値よりも低い傾向があるが、鋼材の降伏以降の勾配を評価していることを考慮すれば全般に概ね評価できていると言えよう。

3. 全体架構の解析

全体架構の静的非線形解析を実施した。解析モデルを図4に示す。各部材は、それぞれRC架構をファイバーモデル(鉄筋層を有する積層コンクリート)、ブレースをはり要素、ダンパーはせん断モデルを前節の評価法による非線形パネ、軸方向は全断面有効のトラス要素とし、柱の上下端に主筋の抜け出しパネを用いた。またP- δ 効果などの幾何非線形性を考慮した。

図5に全体架構の実験値と解析値の比較を示す。各試験体とも、解析値はダンパーのウェブが座屈する最大荷重付近(3 δ_y)まで、精度よく表すことができ、モデルの妥当性が検証されている。最大荷重以降の変位では、ダンパーのせん断パネルが破断するため解析値と実験値の差が生じるようになる。

4. まとめ

せん断パネル型ダンパーを有するRC架構において、ダンパーを弾塑性パネとした全体架構モデルで実験結果を実用上評価可能であることがわかった。

なお、これらの成果は設計指針⁴⁾に適用されている。今後繰り返しの影響、動的な挙動などの評価法に関してさらに検討を進める予定である。

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, 土木学会構造工学論文集 Vol.45A, pp.1411~1422, 1999.3.
- 2) 高橋, 品部: せん断降伏型薄鋼板の復元力特性に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第494号, pp.107~114, 1997.4.
- 3) BEN KATO: Beam-To-Column Connection Research In Japan, Jurnal of the Structural Division, ASCE, vol. 108, No. ST2, pp.343-360, Feb. 1982
- 4) (財)鉄道総合技術研究所, (株)大林組: ダンパー・ブレースを用いた鉄道高架橋の設計指針, 2000.1

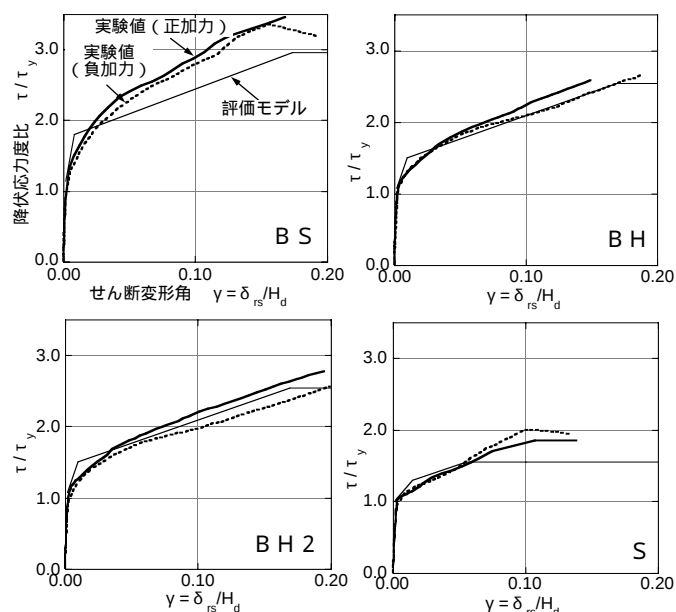


図3 ダンパーの評価

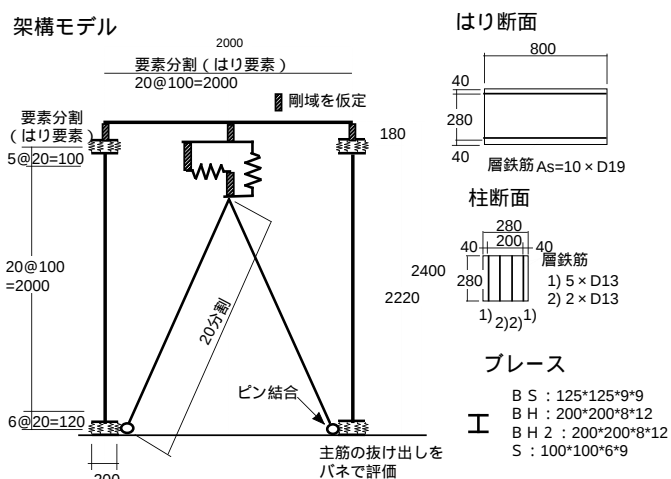


図4 全体架構の解析モデル

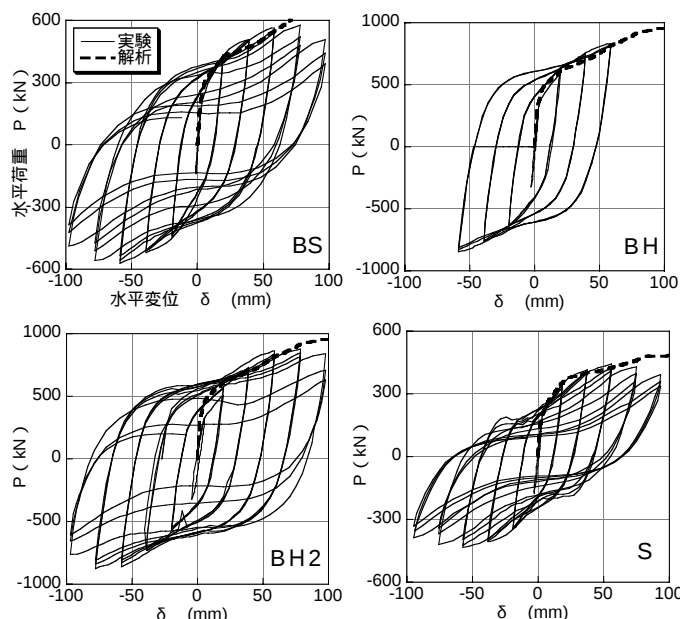


図5 実験と解析の比較