

鋼製ブレースダンパーを用いた鉄道RC高架橋脚の水平交番載荷試験

大林組 技術研究所	正会員	岡野素之*1
鉄道総合技術研究所	正会員	松本信之*2
鉄道総合技術研究所	正会員	在田浩之*2
鉄道総合技術研究所	正会員	曾我部正道*2
大林組技術研究所	フェロー会員	大内 一*1

1. まえがき

鉄道の標準高架橋として、現在一般にピームスラブ式ラーメン高架橋が用いられているが、この構造は厚いスラブを必要としトップヘビーな上部構造を剛性の低い柱部材で支える形式であり、地震時には大きな慣性力と水平変位が生じるため鉄道高架橋としては機能上不利な構造といえる。このため高剛性・減衰性能を有する高架橋構造を得る目的で、鋼製ブレースダンパーを有するRC架構の交番載荷試験を行なった。

2. 試験体および試験法

2.1 試験体 試験体は図1に示すようにRC架構Aにリンク材B（高減衰ダンパー）とブレースCが付加された試験体BSとRC架構Aのみの試験体B0の2体を用いた。寸法諸元は実構造物の1/2.5スケールとし、部材の降伏耐力の設定は図2に示すようにRC架構Aのみの試験体B0の場合は降伏震度が0.4となるように、また、試験体BSの場合はリンク材Bの降伏震度が0.4となるようにした。架構には上部構造と列車荷重に相当する上載荷重として左右の柱のそれぞれの直上位置に154kNずつ鉛直荷重を載荷した。使用材料特性を表1、2に示す。減衰機能を期待するリンク材Bのウェーブには低降伏点鋼材BT-LYP235を用いた。

2.2 加力方法および測定法 鉛直荷重を一定に保持した状態で、水平方向には試験体の左右から 押・引の1対の静的ジャッキにより 均等に水平力を加え正負交番載荷した。載荷履歴は、試験体B0の柱端部すべての最外縁鉄筋が降伏した変位を降伏変位 δy と定義し、変位制御により δy の整数倍の各変位で各3回ずつ繰返すこととした。測定は架構の変位、鉄筋・プレース・リンク材のひずみなどについて行った。リンク材の荷重負担量についてはプレース材のひずみを用いて算定した。

3. 試驗結果

3.1 荷重履歴と破壊性状 試験体B0およびBSの荷重と頂部変位の関係をそれぞれ図3(a)、(b)に示す。試験体B0の降伏耐力 P_y および降伏変位

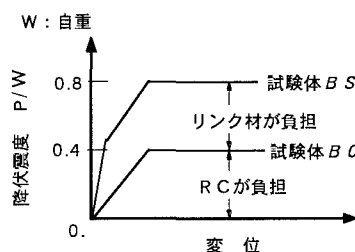


図2 試験体の隆伏耐力設定の考え方

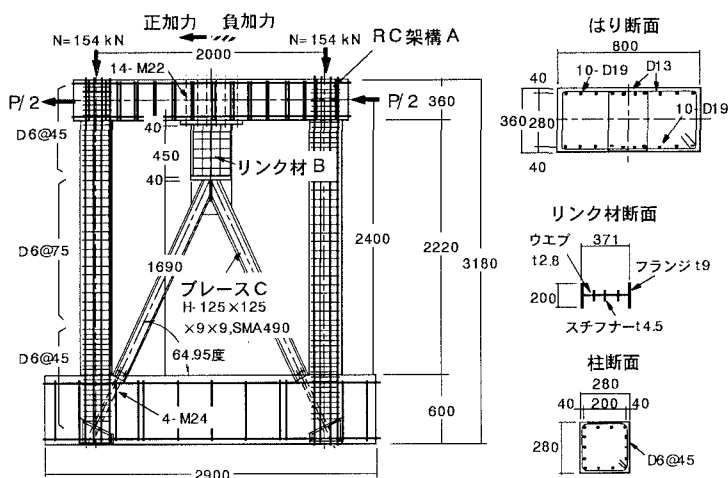


図2 試験体の形状・寸法と配筋

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

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

使用部位		降伏点 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 ×10 ⁴ (N/mm ²)
鉄筋	D6	371	509	2.01
	D13	345	514	1.98
	D19	384	582	1.95
アンカー ボルト	φ20	640	856	2.07
	φ22	584	728	2.08
リンク材	ウエブ	225	331	2.05
	フランジ	371	561	2.22
ブレース材		371	561	2.22

表2 コンクリートの性質

使用部位	引張強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数×10 ⁴ (N/mm ²)
はり	2.02	22.5	2.19
柱	2.26	22.3	2.13
基部	2.32	24.2	2.28

δy はそれぞれ140kN, 19.5mm（部材角 θ で1/114）となった。荷重履歴曲線の包絡線において5 δy （ θ ：1/23）まで降伏耐力 P_y を保持する比較的安定した紡錘形の履歴を示した。7 δy 正載荷時に右側柱上端塑性ヒンジ領域内にせん断ずれが生じて鉛直荷重を保持できなくなり試験を終了した。図3(a)にはファイバーモデルを用いた解析値も同時に示してあるが、降伏耐力・変位および最大耐力とも実験結果と概ね合致している。一方、試験体BSは、リンク材ウェブのせん断降伏後（ P_y ：224kN）、試験体B0と同じ変位 δy で柱端部鉄筋が降伏した（ P_y ：418 kN）。また、2 δy 時にリンク材ウェブの部分座屈が始まり、4 δy 時に正載荷で最大耐力（ P_{max} ：576kN）を示した後負載荷中にリンク材ウェブの部分破断が生じた。この変位までは剛性の大きい安定した紡錘形の履歴を示した。その後は耐力低下が生じるとともに履歴曲線も逆S形へと変化をしている。しかし、この場合でも試験体B0に比較して十分高いエネルギー吸収能を有していることが分かる。さらに、荷重履歴の包絡線で6 δy 時までは降伏耐力 P_y を保持したが、この変位の正載荷2サイクル目に試験体B0と同様な右側柱上端塑性ヒンジ領域内のせん断ずれが生じた。図3(b)にはリンク材の力学特性に関する既往の研究結果[1]を用いた架構全体に対する解析値を同時に示してある。リンク材のせん断降伏時の耐力・変形までは実験結果と合致するものの、それ以降は耐力を過小に評価する結果となった。図4にリンク材が負担する荷重とリンク材部分の変位との関係を示す。ウェブ破断が生じるまでは紡錘形の履歴であるがその後は逆S形となり全体系の履歴と対応していることが分かる。また、ウェブ破断後の耐力増加は抵抗機構がウェブせん断モードからフランジ引張モードに移行するためと考えられる。

3.2 エネルギー吸収性能 吸収エネルギー量 E と累加変位 $\Sigma \delta$ の関係を図5に示す。同図からRC架構Aによる吸収エネルギー量 E_{RC} は試験体BS、B0ともに同程度であることが分かる。また、試験体BSにおけるリンク材の吸収エネルギー量 E_L は E_{RC} に比較して約4.5倍となり、両者の耐力比(3.7)以上の性能が得られることが分かった。

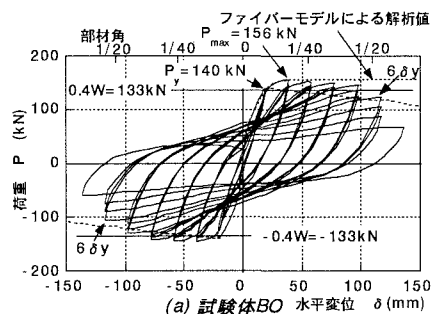
4. まとめ

鋼製ブレースダンパーを有するRC架構の交番載荷試験を行った結果、RC架構に比して水平剛性が高くエネルギー吸収性能の大きな荷重履歴が安定して得られることが分かった。また、リンク材の吸収エネルギー量は架構との耐力比以上となることが得られた。

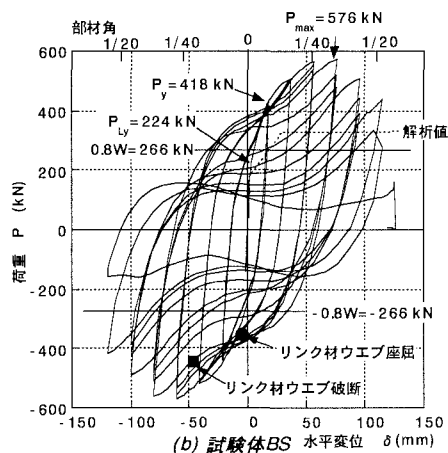
謝辞：今回試験に使用した低降伏点鋼材は、新日鐵（株）よりご提供頂きました。ここに深謝します。

参考文献

[1] 品部祐児，高橋泰彦：せん断抵抗型耐震要素の復元力特性のモデル化に関する実験的研究（その1，その2），日本建築学会1995年度大会（北海道）学術講演梗概集，C-1構造III，pp.469～472，1995.8.



(a) 試験体B0 水平変位 δ (mm)



(b) 試験体BS 水平変位 δ (mm)

図3 水平荷重と頂部変位との関係

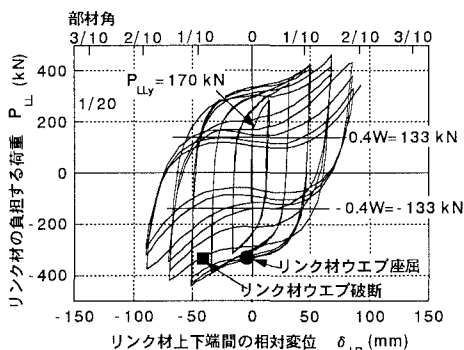


図4 リンク材が負担する荷重と変位との関係

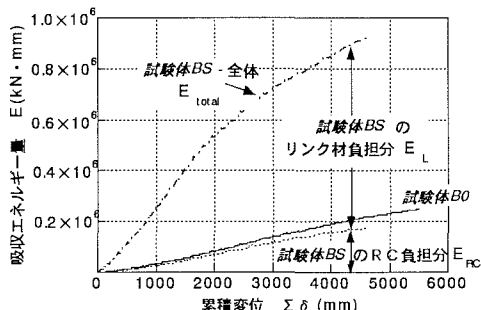


図5 吸収エネルギー量と累積変位との関係