

鉄道高架橋の途中定着ブレース補強の交番載荷実験

東海旅客鉄道株式会社 正会員 阿知波 秀彦

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、既存鉄道高架橋の耐震、変形性能の向上を目的とした耐震補強を実施してきた。また、2004年10月23日に発生した新潟県中越地震での事象を踏まえ、地震時の列車走行性向上を視野に入れた構造物強化対策として、地震時の構造物の応答変位を抑制するX型ブレース補強による高架橋変位対策を検討し、実施してきた(図-1)。

しかし、高架下の利用状況等によってはRCフレーム内全面にブレースを設置できない場合も想定されるため、空間的制約の少ない合理的なブレース補強仕様も必要である。そこで、本稿では途中定着仕様のブレース補強について、鉄道高架橋のRCフレーム縮小試験体を用いた正負交番載荷実験を実施した結果等を報告するものである。

2. 実験概要

(1)試験体

試験体概要、ブレース補強仕様について図-2、図-3に示す。試験体は標準的なRC1層2柱式ラーメンの鉄道高架橋の柱列1列分を模擬し、縮尺1/3として、柱主筋の鉄筋比が実際の高架橋と同等となるようにしている。柱主筋の鉄筋比は $p_s=2.25\%$ である。

実験対象としたブレース補強仕様は図-3に示す3タイプとした。標準型(一般的な土被り分の1.5D(D:柱幅)柱下端を空けている)上部型(柱上半分に設置し、柱下半分に鋼板巻き補強をして下部に空間を確保している)中間型(柱の上下端を1.5Dずつ空けている)の3タイプである。使用材料の材質を表-1に示す。

(2)載荷方法

鉛直方向には軌道、バラスト等の死荷重、および列車荷重を考慮した。また水平載荷の変位ステップは、事前解析における降伏変位の最も小さいもの(標準型)が3.11mmであったことから、降伏前に



図-1 高架橋変位対策(ブレース補強)¹⁾

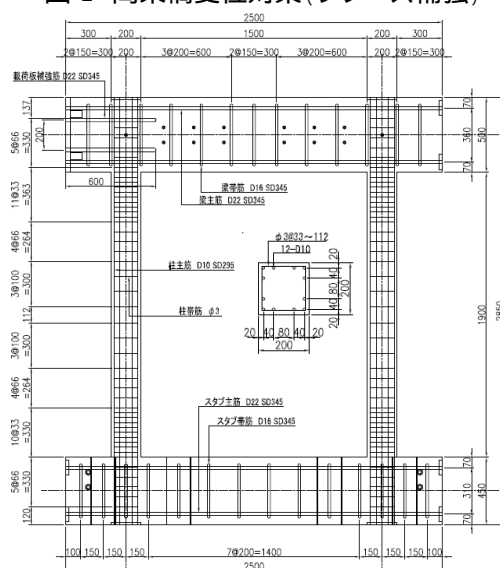


図-2 試験体概要

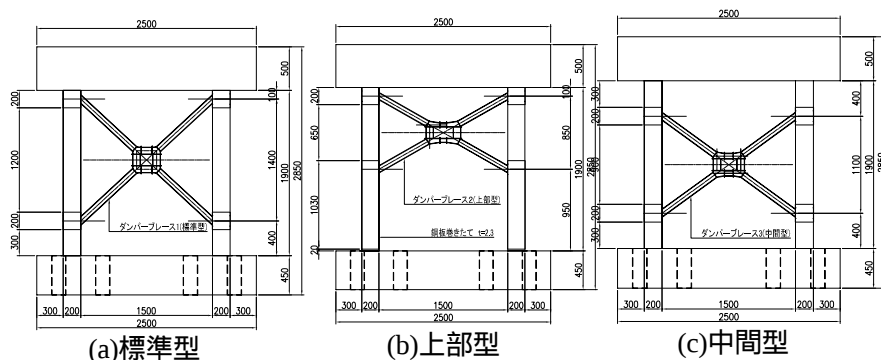


図-3 ブレース補強仕様

表-1 試験体材料

鋼材使用部位	サイズ	材質	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (10 ⁵ N/mm ²)
柱鉄筋	D10	SD295	375	416	1.89
ダンパーパネル材	t3.2	SS400	326*	464	2.10
ダンパー補剛材	t4.5	SS400	331	477	2.07
ダンパー側パネル ブレースフランジ材	t4.5	SS400	328*	472	2.08
コンクリート	材令	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (10 ⁴ N/mm ²)	
24-18-13H	38日	30.6	2.42	2.47	

必ず1サイクルの交番载荷を受けるように、2mmを基準変位とし、表-2のように定めた。低サイクル疲労の影響が大きくならないように繰り返し回数は全て1回とした。計測は、応答変位、主筋、帯筋、ダンパー、ブレースの各ひずみを計測した。実験の状況を図-4に示す。

表-2 载荷ステップ

変位(mm)	回転角
2	1/950
4	1/475
5	1/317
6	1/238
12	1/158
16	1/119
20	1/95
24	1/79
32	1/59

表-3 $\pm 4\text{mm}$, $\pm 32\text{mm}$ 変位時荷重値

タイプ	4mm 変位時荷重 (kN)	-4mm 変位時荷重 (kN)	32mm 変位時荷重 (kN)	-32mm 変位時荷重 (kN)
標準型	116	-117	179	-171
上部型	73	-75	140	-139
中間型	101	-103	167	-168

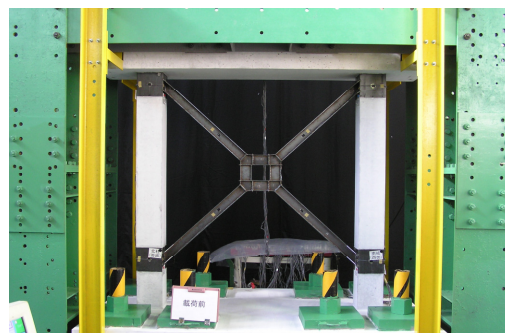


図-4 実験状況

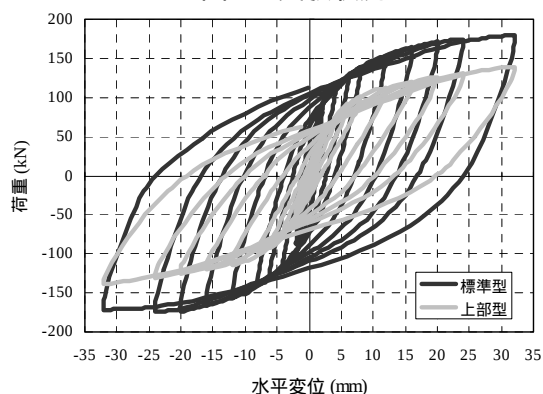


図-5 荷重 - 変位曲線

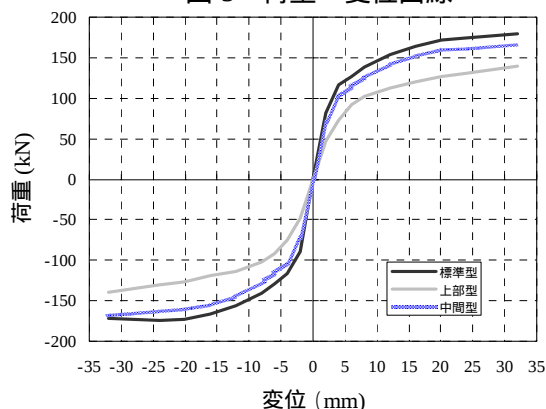


図-6 包絡線

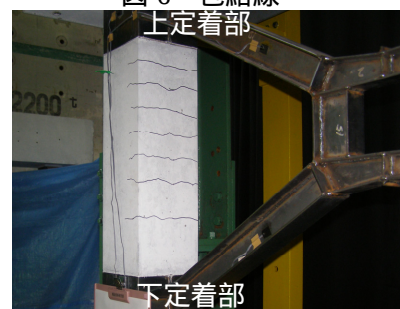


図-7 上下定着部間のクラック

3. 実験結果, 考察

表-3に各タイプの $\pm 4\text{mm}$ 変位時と $\pm 32\text{mm}$ 変位時の荷重値を示す。表から、標準型が最も剛性が大きく、続いて中間型、上部型の順で剛性が小さくなっていることが分かる。標準型と中間型は、上部型に比べて柱にせん断スパンの大きな部分がなかったため、上部型と比べ、剛性が大きくなったものと考えられる。

図-5に標準型と上部型の荷重 - 変位曲線を示す。 $\pm 32\text{mm}$ までの範囲においては、曲線形状に大きな差異はみられないが、エネルギー吸収能は標準型の方が大きい。

図-6に全タイプの包絡線を示す。包絡線は各サイクルのピーク点のみをつないで作成した。この図においても標準型と中間型で剛性が大きくなっていることが確認でき、また耐力の向上においても、標準型で大きかった。中間型はブレース全体で回転することができるが、標準型では回転が起こりにくいため、耐力が大きくなったものと考えられる。

各タイプともブレース補強の上下定着部間には曲げクラックが等間隔状に見られたが、クラックが大きく進展することはなかった。これは上下定着部間が等曲げ区間になっているからであると考えられる。図-7に上下定着部間に確認された曲げクラックを示す。

4. まとめ

途中定着型のブレース補強の交番载荷実験により以下の知見を得た。

- 1) 剛性は標準型が最も大きく、次に中間型、上部型という結果となった。
- 2) 標準型は耐力が大きくなったが、ブレースの回転が起こりにくいためであると考えられる。
- 3) ブレース補強上下定着部間は等曲げ区間となり、曲げクラックが生じるが大きく進展しない。

参考文献 1) 吉田幸司, 前田昌克, 阿知波秀彦, 松浦章夫, 岩田秀治, 関雅樹: 鉄道高架橋の変位制限対策による地震時走行性向上に関する研究, 土木学会構造工学論文集 Vol.56A, pp.543-553, 2010.3