

## ラーメン高架橋柱の曲げ補強方法に関する実験的研究

東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所 正会員 ○内田 有吏子  
 東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所 正会員 阿部 紗希子  
 東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所 正会員 田附 伸一  
 東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所 フェロー 岩田 道敏

### 1. 目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、沿岸線に位置する仙石線では津波による線区の流出等の被害を受けた。仙石線の復旧は、東松島市のまちづくり計画にあわせ、鉄道施設を約500m山側へ移設し、高架橋にてアプローチする。移設に伴い、終点方の鳴瀬川橋りょうに接続する既設高架橋のレベルが変更になった。既設高架橋3ブロックの内、既設高架橋R1は縦断変更量と平面移動量が大きいため、撤去・新設することとし、既設高架橋R2・R3は平面移動量が小さいため、既設高架橋を嵩上げて、再利用する計画とした。平面図を図-1に縦断図を図-2に示す。

既設高架橋は、平成9年に設計された構造物である。現在の設計標準<sup>1)2)3)</sup>に準拠して設計を行った場合、地震時において柱の上下端部で曲げ降伏耐力(Myd)が不足することが確認された。柱部材のMydの向上を目的として、軸方向鉄筋を追加することとし、軸方向鉄筋の定着にはドロップパネル構造(以下、DPと記す)を用いることとした。本構造は、柱の上下端に十分大きな剛性を有するパネルを構築し、DP部の有効高さを確保し、曲げ降伏耐力の向上を図るものである。本稿では、柱のMydの向上に必要なDPの剛度、柱部DP部の降伏荷重の比を決定するための静的正負交番載荷実験による実験結果について述べる。

### 2. 実験概要

#### (1) 試験体概要

試験体の諸元を表-1に示す。試験体の概要図を図-3に示す。試験体のコンクリートの設計基準強度は $27\text{N/mm}^2$ とし、既設高架橋の柱の軸方向鉄筋径、補強軸方向鉄筋径はそれぞれD22、D19とした。パラメータは、DPの剛度、柱部とDP部の降伏荷重Pyの比とした。剛度とは、DPを柱前面からの片持ち梁として、梁の長

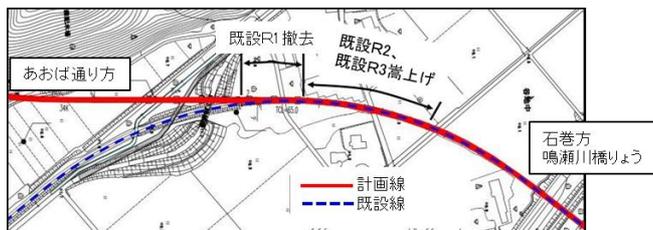


図-1 既設高架橋平面図

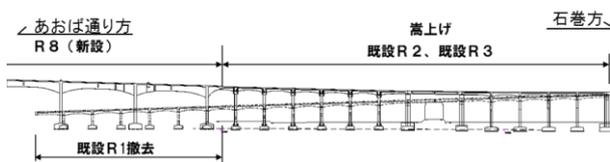


図-2 既設高架橋縦断図

表-1 試験体諸元

試験体 No	断面高さ		有効高さ		せん断スパン比		計算降伏荷重比	DP高さ (mm)	剛度K
	柱(mm)	DP(mm)	柱(mm)	DP(mm)	柱(mm)	DP(mm)			
1	450	800	397	476.5	4.46	4.51	1.26	380	0.0173
2	450	700	397	472	3.20	3.39	1.19	330	0.0168

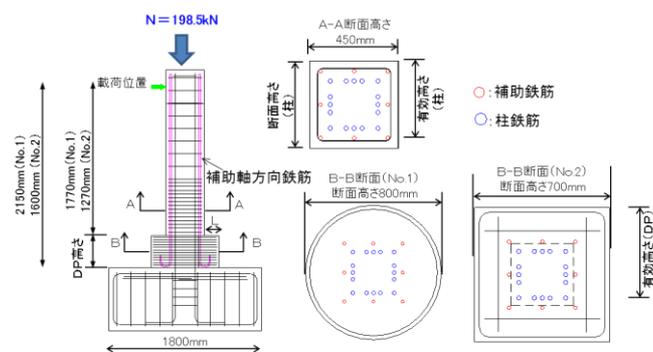


図-3 試験体概要図

さLで断面二次モーメントを割ったものである。柱部DP部の降伏荷重の比を検討した理由は、直接基礎の二柱式高架橋の場合、地震時に発生する柱の曲げモーメント分布が直線状なり、DP部に最も大きな曲げモーメントが発生するため、せん断スパンによる影響を考慮するためである。今回は降伏荷重比に注目し、パラメータを設定した。降伏荷重比の変更に伴い剛度のパラメータが幾分変動したが、降伏は荷重比の影響を確認する意図である。

キーワード 正負交番試験, ドロップパネル

連絡先 〒980-8580 宮城県仙台市青葉区五橋一丁目1番1号 TEL022-266-3713

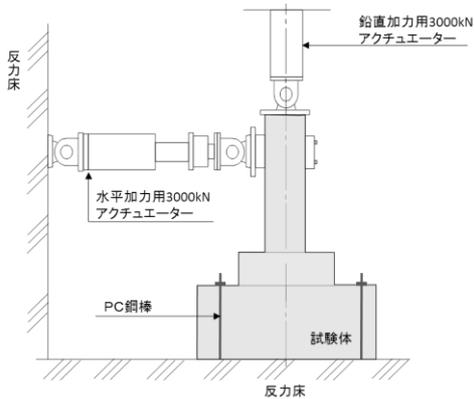


図-4 静的正負交番載荷実験の概要

表-2 実験結果・降伏荷重比較

試験体 No	降伏箇所	降伏荷重 $P_y = My_d / l_a$		$P_{yex} / P_{ycal}$
		実験値 $P_{yex}$ (kN)	計算値 $P_{ycal}$ (kN)	
1	柱基部	230.5	187.2	1.23
2	DP 基部	287.9	333.5	0.86

注)  $My_d$ :降伏曲げ耐力(kN・m)

$l_a$ :せん断スパン(m)

(2) 静的正負交番載荷実験概要

静的正負交番載荷実験の概要を図-4 に示す。

実験時の降伏変位は、補強軸方向鉄筋または既設の柱の軸方向鉄筋が、材料試験の結果から定まる鉄筋の降伏ひずみ値に達した正負の平均水平変位を降伏変位  $\delta y$  (No.1 : 20.6mm・No.2:12.3mm) とした。その後、試験体 No.1・No.2 で各々  $12 \delta y$ ・ $10 \delta y$  まで整数倍に載荷し、2~3 ステップ毎に載荷した。

3. 実験結果

表-2 に実験結果を示す。実験値は、軸力偏心による 2 次モーメントの影響を水平荷重に補正した。

試験体 No.1・No.2 の荷重変位曲線を図-5・図-6 に示す。図の降伏荷重  $P_{ycal}$  は、降伏箇所の計算値を示している。

(1) 試験体 No. 1

試験体 No.1 は、柱基部に設置した補強軸方向鉄筋が最初に降伏し、 $3\delta y$  で最大荷重 310kN を示した(写真-1)。最大荷重時に圧縮側の柱基部のコンクリートが圧壊した。その後、柱基部に損傷が集中するとともに、DP からの軸方向鉄筋の抜け出しが緩やかに進んだが、荷重は降伏荷重を下回らず、 $16\delta y$  で載荷装置が鉛直力を維持出来る限界に達したため載荷を終了した。

(2) 試験体 No. 2

試験体 No.2 は、DP の基部で既設柱を想定した軸方向鉄筋が降伏し、 $4\delta y$  で最大荷重 382.3kN を示した。最大荷重時に圧縮側の DP 部のコンクリートが圧壊した。



写真-1 No. 1  
最大荷重時 ( $3 \delta y$ )

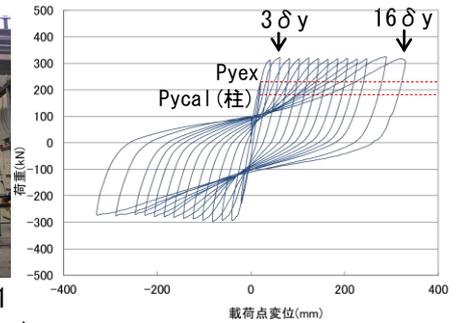


図-5 荷重変位曲線 (No. 1)



写真-2 No. 2  
最大荷重時 ( $4 \delta y$ )

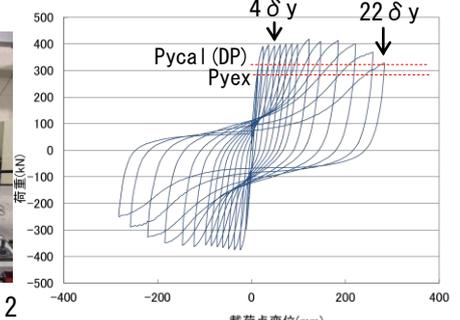


図-6 荷重変位曲線 (No. 2)

その後、DP 基部に損傷が集中し、DP から軸方向鉄筋の抜け出しが卓越し変形が進んだが(図-6)、荷重は降伏荷重を下回らず、 $22\delta y$  で載荷装置が鉛直力を維持出来る限界に達したため載荷を終了した(写真-2)。

4. 考察

降伏荷重の実験値と計算値の比較を表-2 に示す。試験体 No.1 では、実験値が柱部の計算値を 23%ほど上回り、試験体 No.2 では、実験値が DP 部の計算値を 14%ほど下回った。

この結果から、DP と柱の降伏荷重比が 1.26 以上であれば柱基部での先行降伏が可能となるが、降伏荷重比が 1.19 を下回ると柱基部よりも先に DP 部が損傷することを確認した。

5. まとめ

今回実施した実験の結果から、DP 部分が十分に性能を果たし、柱の基部にて先行降伏を誘導させるためには、荷重比 1.26 以上が必要である知見を得た。

参考文献

- 1) 財団法人鉄道総合技術研究所:鉄道構造物設計標準・同解説 耐震設計, 丸善株式会社, 1999.10
- 2) 財団法人鉄道総合技術研究所:鉄道構造物設計標準・同解説 コンクリート構造物, 丸善株式会社, 2004.4
- 3) 財団法人鉄道総合技術研究所:鉄道構造物設計標準・同解説 基礎構造物, 丸善株式会社, 2000.6