

柱中間部の帯鉄筋量と帯鉄筋形状に着目した既設高架橋柱の破壊性状について

東京急行電鉄株式会社 正会員 ○渡邊 竜太, 岩本 敏彦
株式会社ジェイアール総研エンジニアリング フェロー 西村 昭彦
株式会社東急設計コンサルタント 正会員 戸塚 信弥
東急建設株式会社 正会員 黒岩 俊之

1. 目的

阪神・淡路大震災以降、当社は鉄道高架橋柱の耐震補強を順次進めているところである。既設高架橋柱の耐震診断はせん断耐力比を指標としているが、帯鉄筋量の少ない中間部を有する柱部材では、同じ配筋条件であってもせん断スパン比によっては、せん断破壊と判定されることがある。また、建設年度が比較的古い旧基準¹⁾に準拠した既設高架橋の中には、現行の基準²⁾(以下 RC 標準)とは帯鉄筋の鉄筋量、配置間隔および形状寸法などといった横拘束鉄筋の仕様について相違するものがある。

そこで本研究では、柱中間部で帯鉄筋を減少させた柱試験体を用いて、せん断スパン比および帯鉄筋のフック形状を変化させた正負交番載荷を行い、既設高架

橋柱の破壊性状の把握を試みた。

2. 実験概要

表-1 に試験体の諸元と各耐力の算定値を示す。各耐力は表-2、3 に示す材料試験結果を使用し、安全係数を 1.0 として RC 標準に準拠して算出した。試験体は、A-1、A-2、B-1～B-4 試験体の計 6 体とし、各試験体はラーメン高架橋のせん断スパンを取り出した形の実物大モデルである。

図-1 に試験体形状および配筋の例を示す。帯鉄筋の間隔は、A タイプ試験体では基礎から 1.5m、B タイプ試験体では 1.2m の範囲を 150mm 間隔とし、中間部ではそれぞれ 300mm とした。A-2、B-4 試験体の帯鉄筋は鋭角フックとし、その他は直角フックとした。B タイプ試験体のせん断スパン比は、2.25～3.5 とした。

表-1 試験体諸元および耐力算定値

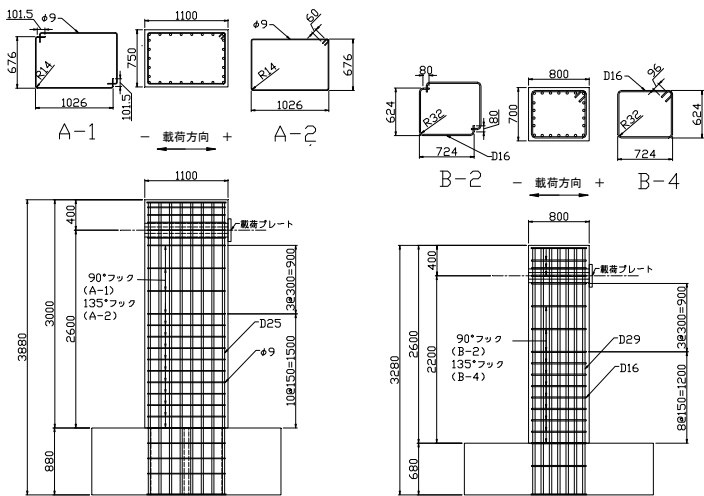
試験体	断面寸法		せん断スパン比	軸方向鉄筋 規格-径-本数	帯鉄筋		曲げ耐力 V _{mu} kN	中間部せん断耐力		基部せん断耐力	
	幅 mm	高さ mm			規格-径-間隔(中間部)	フック形状		V _{y1} kN	耐力比 V _{y1} /V _m	V _{y2} kN	耐力比 V _{y2} /V _m
A-1	750	1100	2.36	SD345-D25-26	SR235-φ9-150(300)	90° 直角	1067	553	0.52	692	0.65
A-2	750	1100	2.36	SD345-D25-26	SR235-φ9-150(300)	135° 鋭角	1070	557	0.52	697	0.65
B-1	700	800	3.5	SD345-D29-22	SD295-D16-150(300)	90° 直角	668	633	0.95	948	1.42
B-2	700	800	2.75	SD345-D29-22	SD295-D16-150(300)	90° 直角	857	641	0.75	956	1.11
B-3	700	800	2.25	SD345-D29-22	SD295-D16-150(300)	90° 直角	1046	640	0.61	954	0.91
B-4	700	800	2.75	SD345-D29-22	SD295-D16-150(300)	135° 鋭角	859	643	0.75	957	1.12

表-2 材料試験結果 (コンクリート)

試験体	圧縮強度	弾性係数
	N/mm ²	kN/mm ²
A-1	33.6	22.1
A-2	34.8	24.5
B-1	26.9	21.5
B-2	29.0	28.8
B-3	28.6	29.1
B-4	29.5	27.4

表-3 材料試験結果 (鉄筋)

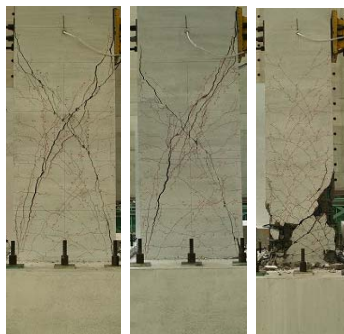
鉄筋の種類	降伏応力	引張強度	降伏ひずみ	ヤング係数
	N/mm ²	N/mm ²	μ	kN/mm ²
SD345-D25 軸方向鉄筋	392	589	2080	192
SD345-D29 軸方向鉄筋	388	588	2070	191
SR235-φ9 帯鉄筋	363	471	1780	203
SD295A-D16 帯鉄筋	374	542	1980	191



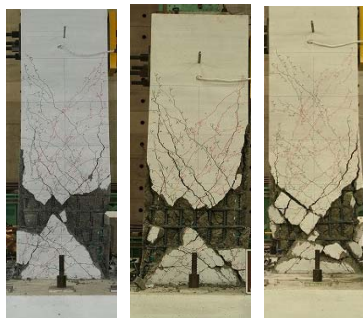
A-1、A-2 試験体 B-2、B-4 試験体
図-1 試験体形状および配筋

キーワード 既設高架橋柱、帯鉄筋、せん断破壊、曲げ破壊、せん断スパン比、フック形状

連絡先 〒150-8511 東京都渋谷区桜丘町 31 番 2 号 東急桜丘町ビル 東京急行電鉄株式会社 工務部 土木課 Tel03-3477-6322

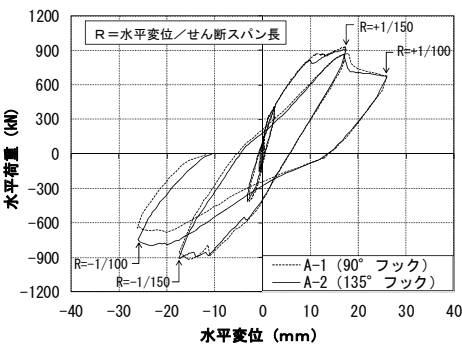


A-1 A-2 B-1

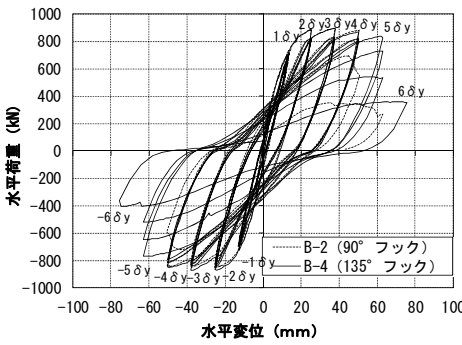


B-2 B-3 B-4

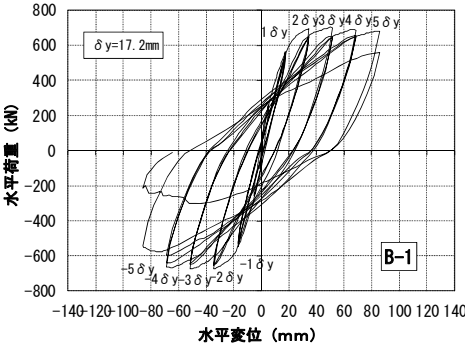
写真-1 破壊状況



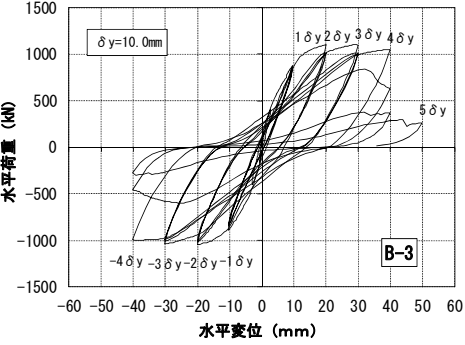
A-1, A-2



B-2, B-4



B-1



B-3

図-2 荷重-変位関係

表-4 実験結果一覧

試験体	最大荷重				最大じん性率		破壊形態
	正側		負側		正側	負側	
	kN	R, δy	kN	R, δy	δy		
A-1	923.0	1/150	-883.0	-1/150	-	-	せん断破壊
A-2	902.9	1/150	-901.9	-1/150	-	-	せん断破壊
B-1	691.2	3	-662.2	-3	5	5	曲げ破壊
B-2	882.9	3	-847.0	-2	5	4	曲げ破壊
B-3	1092.1	2	-1037.2	-2	5	4	曲げ破壊
B-4	882.2	3	-860.2	-2	6	6	曲げ破壊

3. 載荷方法

載荷は一定軸力（軸力比 3%）を作用させた状態で、水平方向に正負交番載荷を行った。載荷パターンは、A タイプ試験体が、部材角 R による 1 サイクル載荷とし、B タイプ試験体は、軸方向鉄筋の降伏変位 δy を基準とした 3 サイクル載荷とした。

4. 実験結果

表-4 に実験結果の一覧を、写真-1 に各試験体の破壊状態を、図-2 に各試験体の荷重 - 変位関係を示す。

A-1 試験体は、 $\pm 1/150$ 載荷中に斜めひび割れが発生し荷重低下を生じ、 $\pm 1/100$ 載荷中に斜めひび割れが大きく開き載荷を終了した。軸方向鉄筋は $1/150$ 載荷時に降伏に至っており、破壊形態は曲げ降伏後のせん断破壊であった。A-2 試験体も A-1 試験体とほぼ同様な破壊経過となり、帯鉄筋のフック形状の違いによるせん断耐力の差はみられなかった。

B-1 試験体は $\pm 5 \delta y$ 載荷中に、B-2, B-3 試験体は $\pm 4 \delta y$ の繰返し時に、柱脚部のかぶりコンクリートが大きくはらみ出すとともに、帯鉄筋の直角フックが拔出し

て荷重低下を生じた。B-2 試験体とせん断耐力が同様の B-4 試験体は、 $3 \delta y$ までは同様な破壊性状を示したが荷重低下を生じたのは $\pm 5 \delta y$ の繰返し時であり、B-2 試験体より変形性能は優れていた。これは、直角フックよりも鋭角フックの方が帯鉄筋の拘束効果が高いことを示している。また、各試験体とも中間部の斜めひび割れが大きく開くことはなく、柱脚部が塑性ヒンジ化し、RC 標準による設計曲げ耐力に達していたことなどから、破壊形態は曲げ破壊であったと考えられる。

5. まとめ

- 本実験の範囲から得られた所見を以下に示す。
- ・柱のせん断耐力および曲げ耐力は、帯鉄筋のフック形状が直角フックと鋭角フックの違いで大きな差は生じず、RC 標準による計算値に達した。
 - ・柱の変形性能は、帯鉄筋のフック形状が直角フックより鋭角フックの方が優れていた。
 - ・本実験の試験体諸元とせん断スパン比の範囲において、中間部でせん断破壊すると判定された試験体であっても、曲げ破壊となった。

参考文献

1) 土木学会：国鉄建造物設計標準解説，1974.11
2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，2004.4