

長方形断面柱の変形性能に関する一考察

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○門 真太郎
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 田附 伸一
 東日本旅客鉄道(株) フェロー 岩田 道敏

1. はじめに

鉄筋コンクリート柱の軸方向鉄筋の内側に円形のスパイラル状に加工した鋼材(以下、内巻き帯鉄筋)を配置することにより、柱の変形性能が向上することが確認されている。しかし、既往の研究で用いられている供試体断面は、長短辺比 2:1 までであり、それ以上の長方形断面を有する供試体を用いた実験は実施されおらず、長方形断面の構造物において、内巻き帯鉄筋が変形性能に与える影響については明らかにされていない。そこで、本実験では、長方形断面の構造物において、内巻き帯鉄筋が変形性能に与える影響を解明するために、長短辺比 3:1 及び 4:1 となる断面を有する供試体を製作し、長辺方向に正負水平交番載荷実験を実施した。

2. 実験概要

供試体の諸元を表-1に、材料強度、耐力比(部材が計算上曲げ耐力に達するときのせん断力 V_{mu} に対するせん断耐力 V_{yd} の比、 V_{yd}/V_{mu})、等価塑性ヒンジ長を表-2に示す。供試体の概要図を図-1に示す。内巻き帯鉄筋は SBPDN1275/1420 を使用している。供試体は、フーチングを有する柱部材で、柱断面寸法を No.1

では 200mm×600mm, No.2 では 200mm×800mm の長方形断面とした。損傷を誘導する範囲は、短辺方向の断面高さに相当する 200mm(柱基部より)とした。この長さは、載荷方向に対する断面高さを D とした場合、No.1 で 0.33D, No.2 で 0.25D となる。内巻き帯鉄筋は、損傷を誘導する範囲に加え、配置区間の境界部に塑性ヒンジが形成されることを避けるため、 10ϕ (ϕ : 軸方向鉄筋径)に該当する区間(以下、 10ϕ 区間という)まで配置してため、本実験での配置高さは 300mm となる。図-2には、正負水平交番載荷実験の概要図を示す。

3. 実験結果

写真-1に No.1 の $16\delta_y$ 載荷後の損傷状況を示す。柱基部に損傷が誘導されていることが分かる。また、No.1 と No.2 の荷重-変位曲線を図-3, 4 にそれぞれ示す。かぶりコンクリートの剥落により、一旦荷重が低下するものの、軸方向鉄筋の破断により試験が終了するまでは荷重を一定に保っていた。外巻き帯鉄筋の配置により塑性ヒンジを柱基部に誘導し、その区間に内巻き帯鉄筋を配置することによって変形性能が向上した。

4. 考察

本章では、本供試体の耐荷機構について検討を行う。

表-1 供試体諸元

No.	柱断面寸法 (mm) (b×h)	有効高さ (mm) (d)	せん断スパン (mm) (a)	せん断スパン比 (a/d)	軸方向鉄筋 種類×本数	内巻き帯鉄筋			外巻き帯鉄筋		
						径-ピッチ (mm)	配置高さ (mm)	個数 (個)	径-ピッチ(mm)		
									損傷を誘導する区間	10φ区間	一般区間
1	200×600	574	1500	2.61	D10×40	φ6.2-6.2	300	2	D10-200	D10-100	D10-150
2	200×800	774	1700	2.20	D10×52	φ6.2-6.2	300	4	D10-200	D10-100	D10-130

表-2 材料強度、耐力比及び等価塑性ヒンジ長

No.	コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	軸方向鉄筋		帯鉄筋		耐力比			等価塑性ヒンジ長 (mm) (Lp)
		降伏強度 (N/mm ²)	降伏ひずみ (μ)	降伏強度 (内巻き) (N/mm ²)	降伏強度 (外巻き) (N/mm ²)	損傷を誘導する区間	10φ区間	一般区間	
1	24.5	378	2482	1422	375	1.12	2.61	1.37	388
2	25.8	368	2388	1442	368	0.96	2.26	1.31	480

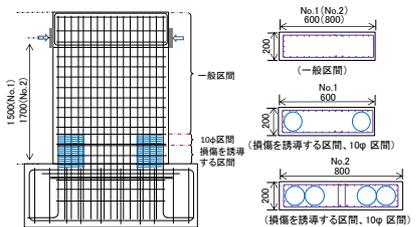


図-1 供試体概要図

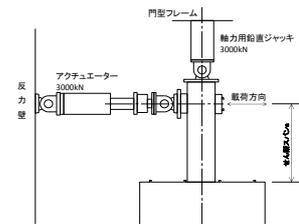


図-2 実験概要図

キーワード 正負水平交番載荷実験, 内巻き帯鉄筋, 変形性能, 壁式橋脚

連絡先 〒980-8580 宮城県仙台市青葉区五橋一丁目 東北工事事務所 工事管理室 TEL:022-266-3713



写真-1 No.2 16δ 載荷後

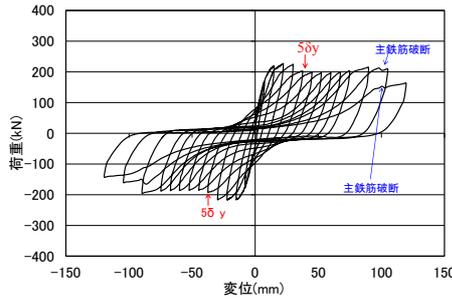


図-3 荷重-変位曲線 (No.1)

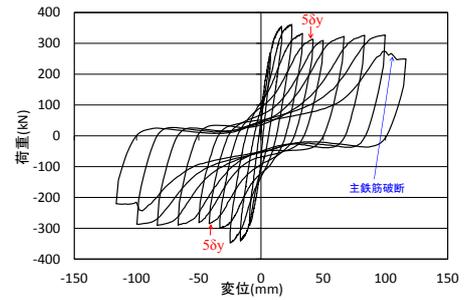


図-4 荷重-変位曲線 (No.2)

表-3 計算結果

No.	引張鉄筋が負担する合力 (kN)	中立軸位置 (mm) (*圧縮縁から距離)	コアコアコンクリート		
			圧縮力 (kN)	最大圧縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)	最大圧縮応力 (N/mm^2)
1	670	209	1140	17000	108
2	653	257	1123	10060	74

表-4 発生モーメントの比較

No.	発生モーメント		
	実験値 ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	計算値 ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	実験値/計算値
1	309	339	0.91
2	551	517	1.06

鉄筋の引張力と相応した圧縮力がコアコンクリートに作用するものとして、鉄筋が負担している引張合力とコアコンクリートが負担している圧縮合力の釣り合いから、中立軸を求め、コアコンクリートの圧縮応力を算出することとした。今回は、両供試体ともに最大荷重後において荷重が一定である $5\delta_y$ 時で検討した。圧縮縁から任意の位置に中立軸を仮定し、引張鉄筋のひずみは、実験値を用いて平面保持の仮定でひずみを直線分布する。この前提で、部材断面内の力の釣り合いを満足する中立軸を解く。

軸力は、実験で載荷していた 470kN を用いた。損傷状況より、圧縮鉄筋とコア外のコンクリートは荷重を負担しないこととした。また、コアコンクリートが負担する合力は、横拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係¹⁾に、実験パラメータを代入して算出した。引張鋼材が負担する合力に関しては、中立軸より引張側の軸方向鉄筋を考慮し、ひずみ分布と材料試験結果の応力-ひずみ関係を用いて荷重に換算した。

計算結果を表-3に示す。中立軸は、圧縮縁から No.1 は 209mm 、No.2 は 257mm の位置となった。ここで、圧縮縁はコアコンクリートの圧縮側の最外縁とした。鉄筋が負担する引張合力は、No.1 では 670kN 、No.2 では 653kN であり、コアコンクリートが負担する圧縮力は、No.1 では 1140kN 、No.2 では 1123kN である。コアコンクリートが負担する圧縮応力は No.1 では $108\text{N}/\text{mm}^2$ 、No.2 では $74\text{N}/\text{mm}^2$ を示している。コアコンクリートの圧縮応力が内巻き帯鉄筋の配置による拘束

効果で通常のコンクリートの圧縮強度より大きくなっている。表-4には柱基部に発生するモーメントの実験値と計算値の比較を示す。実験値は、水平荷重にせん断スパンを乗じた値と軸力に水平変位を乗じた値の和を示している。計算値は、部材断面内の釣り合いの計算過程で求められたコアコンクリートのモーメントと引張鉄筋のモーメントの和を示している。計算値と実験値に大きな差はなく、横拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係を用いることで、本供試体のような鉄筋コンクリート部材の大変形領域の耐荷力を推定できることがわかった。

5. まとめ

本実験では、長短辺比 3:1 及び 4:1 となる長方形断面を有する供試体を製作し、長辺方向に正負水平交番載荷実験を実施した。得られた知見を以下に示す。

(1) せん断スパン比 a/d が 2 以上の供試体において、損傷範囲を 0.33 区間及び 0.25D 区間にそれぞれ誘導し、その区間に内巻き帯鉄筋を配置することによって、変形性能が向上した。

(2) 横拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係を用いることで、本供試体のような鉄筋コンクリート部材の大変形領域の耐荷力を推定することができる。

参考文献

(1) 堺淳一, 川島一彦: コンクリートの横拘束効果に及ぼす横拘束筋の配置間隔と中間帯鉄筋の影響, 土木学会論文集, No.717/I-61, pp.91-106, 2002