

軸方向鉄筋の内側に円形帯鉄筋を配置した壁式橋脚における耐力評価

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○杉田 清隆
 東日本旅客鉄道株式会社 フェロー 築嶋 大輔

1. 目的

軸方向鉄筋の内側に円形スパイラル状の鋼材（以下、内巻き帯鉄筋）を配置した鉄筋コンクリート柱（以下、RC柱）は、内巻き帯鉄筋により拘束されたコアコンクリートが圧縮抵抗を維持することで、かぶりコンクリートが剥した後の大変形領域においても、一定の耐力を保持し続け、通常のRC柱と比較して飛躍的に変形性能が向上することが確認されている。これまで、耐力を保持する耐荷機構や耐力の算定方法については、既往の研究¹⁾において提案されているが、長方形断面を有する壁式橋脚における適用性については、十分に検証されていない。そこで、今回過去に実施した内巻き帯鉄筋を有する壁式橋脚(長方形断面柱)の供試体の正負交番載荷実験の結果を用いて、提案されている耐力の算定方法について検証したので報告する。

2. 正負交番載荷実験概要

既往の研究²⁾³⁾で実施した供試体の諸元および形状寸法を表-1および図-1に示す。供試体は、載荷装置への固定のため、フーチングを有する片持ち形式の柱部材とし、載荷方法は、軸力(0.98N/mm²)を一定とした静的正負交番載荷で、載荷方向は、長方形断面の長辺方向、短辺方向で実施している。柱断面寸法は、長短辺比が3:1の1200mm×400mm、600mm×200mm、長短辺比が4:1の800mm×200mmの長方形断面としている。内巻き帯鉄筋の配置範囲は、塑性ヒンジを誘導する範囲である1D区間(D:柱幅)に10φ(φ:軸方向鉄筋径)を加えた範囲としており、今回検証した供試体は、載荷方向(短辺方向、長辺方向)に関わらず、短辺の柱幅を1D区間として設定している。また、1D区間に配置する外巻き帯鉄筋は直角フックによる定着とし、軸方向鉄筋の座屈により容易に外れ、軸方向鉄筋の座屈長を長くすることにより、疲労による鉄筋破断を生じにくくし、急激な耐力低下を避けるようにしている。1D区間以外の区間(以下、一般区間)においては、この区間での破壊を避け、塑性ヒンジを誘導できるように曲げ耐力に対するせん断耐力の余裕を確保して配置している。載荷パターンは、最外縁の軸方向鉄筋ひずみが材料試験から求めた降伏ひずみに達した変位を降伏変位δ_yとし、δ_yを基準として変位制御で載荷し、各載荷ステップで正負1サイクルずつ載荷している。なお10δ_y以降は、δ_yの偶数倍の変位毎の載荷としている。

3. 耐力評価方法

既往の研究¹⁾より、内巻き帯鉄筋を有するRC柱のかぶりコンクリート剥落以降の大変形領域における耐力(水平荷重)を保持し始めるL点の耐荷機構は、内巻き帯鉄筋により拘束されたコアコンクリートと軸方向鉄筋のみで

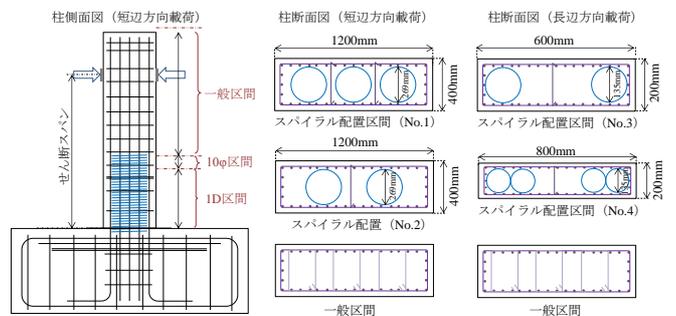


図-1 供試体概要図

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 (SD345) 種類×本数	内巻き帯鉄筋 (SBPDN1275/1420)				外巻き帯鉄筋 (SD345)			載荷方向
						径-ピッチ (mm)	配置高さ (mm)	個数 (個)	面積比 (%)	径-ピッチ (mm)			
										1D区間	10φ区間	一般区間	
1	1200×400	347	1200	3.46	D19×40	φ 6.2-6.2	590	3	35.5	D13-150	D13-100	D13-100	短辺方向
2	1200×400	347	1200	3.46	D19×40	φ 6.2-6.2	590	2	23.7	D13-150	D13-100	D13-100	
3	200×600	574	1500	2.61	D10×40	φ 6.2-6.2	300	2	23.7	D10-200	D10-100	D10-150	長辺方向
4	200×800	774	1700	2.20	D10×52	φ 6.2-6.2	300	4	31.8	D10-200	D10-100	D10-130	

キーワード 鉄筋コンクリート柱、内巻き帯鉄筋、拘束効果、壁式橋脚、曲げ耐力、正負交番載荷実験

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木2-2-6 東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 03-6276-1251

軸力および水平力を負担する耐荷機構となることが明らかになっている。ここで、長方形断面柱の荷重－変位関係の一例（試験体 NO.2）を図-2 に示す。図中に既往の研究において定義されている L 点耐力の実験値も併記する。図中の写真は、荷重完了後の写真であるが、長方形断面においても、内巻き帯鉄筋に拘束されたコアコンクリートと軸方向鉄筋のみが残存していることから、同様な耐荷機構になっていると考える。

L 点耐力の算定方法としては、内巻き帯鉄筋で拘束されたコアコンクリートの最外縁ひずみが最大圧縮応力時のひずみ ϵ_{cc} に達した時の耐力として提案されており、露出した軸方向鉄筋とコアコンクリートのみの断面に対して平面保持を仮定し、維ひずみを中立軸からの距離に比例させている。内巻き帯鉄筋により拘束されたコアコンクリートの拘束効果は、既往の研究⁴⁾の提案式である以下の式を用いて、最大圧縮応力度 σ_{cc} および最大圧縮応力時のひずみ ϵ_{cc} を算定している。また、コンクリートの引張応力は無視している。

$$\sigma_{cc} = 0.90 \cdot \sigma_{c0} + 4.22 \cdot C \cdot \sigma_{c0} \quad (1)$$

$$\epsilon_{cc} = 0.002 + 0.057 \cdot C \quad (2)$$

4. 耐力評価結果

上述の算定方法により、内巻き帯鉄筋を有する壁式橋脚（長方形断面柱）の供試体の L 点耐力を算定した結果を図-3 および表-3 に示す。短辺方向の供試体については、概ね評価できているのに対し、長辺方向の供試体では、計算値が大きめ値となった。これは L 点耐力を、内巻き帯鉄筋により拘束されたコアコンクリートの最大圧縮応力時のひずみ ϵ_{cc} を用いて、平面保持の仮定から算定しているが、長辺方向の場合には、有効高が大きいことから、平面保持の仮定による側方鉄筋のひずみ状況が実際とは異なることが起因していると考えている。さらに、長辺が長くなる場合には、最外縁鉄筋に対して、側方鉄筋の割合が多くなるため、この影響は大きくなると思われる。この点については、今後検証する必要がある。

5. まとめ

内巻き帯鉄筋を有する RC 柱の大変形領域における耐力を保持し始める L 点耐力について、既往の耐力評価式を用いて、長方形断面を有する壁式橋脚の耐力評価を実施した結果、短辺方向の供試体は、実験値を概ね評価できることが確認できた。

参考文献

- 1) 山田章史, 築嶋大輔, 井口重信：軸方向鉄筋の内側に円形帯鉄筋を配置した鉄筋コンクリート柱の耐力に関する一考察, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.36, No.2, pp127-132, 2014.7
- 2) 西村脩平, 門真太郎, 阿部紗希子, 田附伸一：軸方向鉄筋の内側に円形帯鉄筋を配置した壁式橋脚の短辺方向における正負水平交番載荷実験, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.36, No.2, pp613-618, 2014.7
- 3) 阿部紗希子, 門真太郎, 田附伸一, 築嶋大輔：軸方向鉄筋の内側に円形帯鉄筋を配置した壁式橋脚の長辺方向における正負水平交番載荷実験, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.36, No.2, pp619-624, 2014.7
- 4) 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, 2002.10

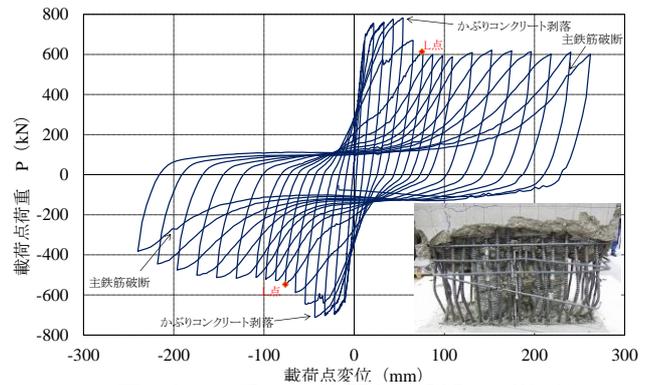


図-2 荷重－変位関係（試験体 NO. 2）

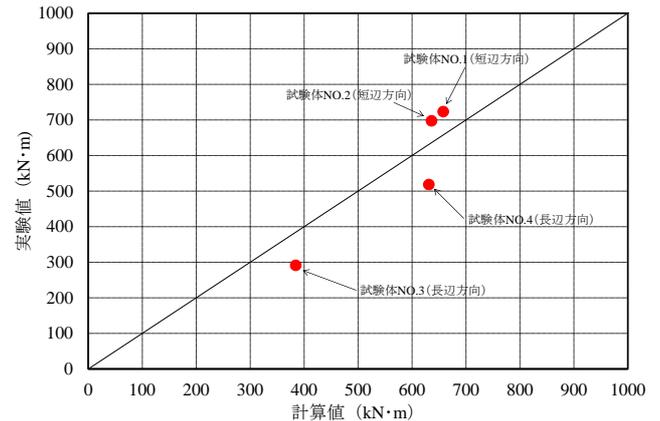


図-3 L 点耐力の耐力比較

表-3 L 点耐力の耐力算定結果

試験体	実験値 (kN・m)	計算値(kN)	実験値/計算値
NO.1	723.3	658.0	1.10
NO.2	697.4	636.2	1.10
NO.3	291.2	384.4	0.76
NO.4	518.3	631.2	0.82