

内巻き帯鉄筋を有する RC 柱の低サイクル疲労による軸方向鉄筋破断時期の評価

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○大澤 章吾

東日本旅客鉄道(株) 正会員 井口 重信

東日本旅客鉄道(株) 正会員 杉田 清隆

東日本旅客鉄道(株) 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）を部材端から高さ 1D 付近（D：柱断面高さ）の間に配置することで、変形性能を飛躍的に向上させる方法（以下、内巻きスパイラル工法）（図－1）が提案されている¹⁾。この工法を用いた RC 柱部材の低サイクル疲労による軸方向鉄筋の破断時期を評価する手法については、既往の文献²⁾により提案されており、縮小試験体の正負交番載荷試験結果を概ね評価できることが確認されている。本論では、実物大クラスの試験体を用いて、正負交番載荷試験を実施し、低サイクル疲労による軸方向鉄筋破断時期の評価を行った。

2. 実験概要

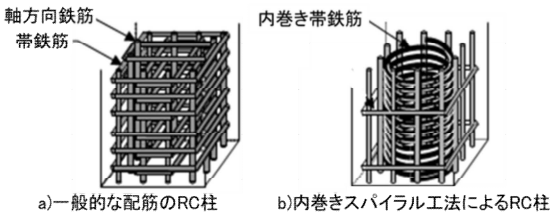
試験体諸元および形状寸法の例を表－1 および図－2 に示す。一般的な RC 柱の配筋方法とは異なり、1D 区間においては、外巻き帯鉄筋の定着を直角フックとした。これは軸方向鉄筋の座屈長を長くすることにより軸方向鉄筋座屈後の低サイクル疲労による鉄筋破断を生じにくくさせるためである。1D 区間以外においてはせん断破壊を生じさせないだけの外巻き帯鉄筋を配置し、曲げ破壊先行型の

柱とした。軸方向鉄筋および外巻き帯鉄筋には SD345 の異形鉄筋を、内巻き帯鉄筋には SBPDN1275/1420

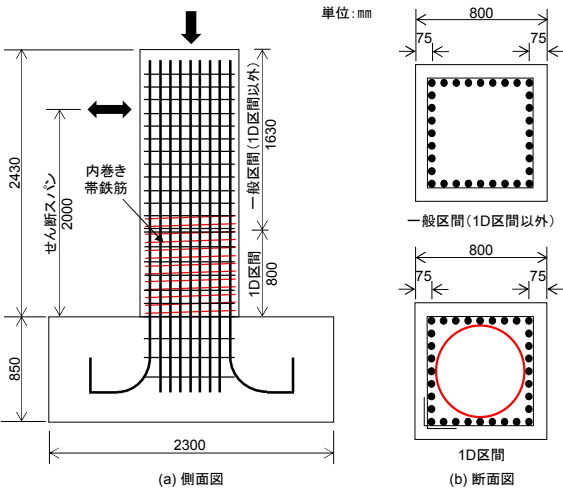
の高強度鉄筋を用いた。コンクリートの圧縮強度試験結果は 23.3～31.0N/mm²であった。水平荷重の載荷パターンは、最外縁の軸方向鉄筋のひずみが降伏する時の変位を δ_y とした上で、 $1\delta_y$ 以降は δ_y の偶数倍の変位を基本に試験状況を勘案しながら載荷した。

3. 実験結果および考察

載荷試験の結果、得られた荷重－載荷点変位曲線の例を、塑性率（ δ/δ_y ）を指標として、図－3 に示す。図－3 より、最大耐力を保持した後に荷重が一旦減少するが、内巻き帯鉄筋の効果により $10\delta_y$ 以



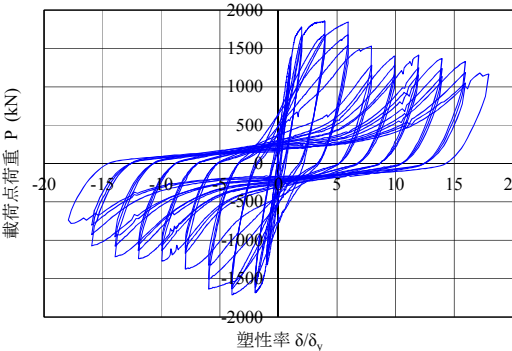
図－1 内巻きスパイラル工法



図－2 試験体形状（J-1～J-4）

表－1 試験体諸元

試験体 No.	柱断面寸法 (mm)	有効高さ (mm)	せん断スパン (mm)	軸方向鉄筋 (径×本数)	内巻き帯鉄筋 1D区間 (径@ピッチ)	外巻き帯鉄筋 1D区間 (径@ピッチ)	外巻き帯鉄筋 1D区間以外 (径@ピッチ)	軸方向圧縮応力度 (N/mm ²)	繰り返し回数
J-1	800×800	725	2000	D32×32本	φ12.6@32mm	D19@125mm	D19@70mm	1.0	1
J-2	800×800	725	2000	D32×32本	φ12.6@32mm	D19@125mm	D19@70mm	1.0	3
J-3	800×800	725	2000	D32×32本	φ12.6@32mm	D19@125mm	D19@70mm	4.0	1
J-4	800×800	725	2000	D32×32本	φ12.6@32mm	D19@125mm	D19@70mm	4.0	3
J-5	600×600	545	1500	D25×28本	φ10.7@30mm	D16@125mm	D19@70mm	1.0	3



図－3 荷重－載荷点変位曲線（J-2）

キーワード 内巻き帯鉄筋、鉄筋コンクリート柱、軸方向鉄筋、低サイクル疲労
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) 構造技術センター TEL 03-6276-1251

降は、軸方向鉄筋が破断するまで、ほぼ一定荷重を保持することが確認できる。その他の試験体においても、内巻き帯鉄筋の拘束効果により大変形領域において一定荷重を保持し続けることが確認された。

低サイクル疲労による軸方向鉄筋の破断時期の計算結果と実験結果の比較を表-2に示す。破断時期は、軸方向鉄筋が低サイクル疲労により破断した時の载荷サイクルである。計算結果は既往の手法²⁾により求めた結果であり、表には既往の文献²⁾の結果も併せて示している。また、各計算値は材料試験結果を反映した値としている。表-2より、計算結果は実験結果を概ね評価できていることが確認された。しかしながら、L/φ (L：両端固定条件での座屈長さ、φ：鉄筋径)が18.8である試験体(S-1～S-4)に比べて、L/φの値が23.1～25である試験体(S-5、J-1～J-5)では、評価の精度が低下する結果となった。

鉄筋の低サイクル疲労にL/φが及ぼす影響については、既往の手法²⁾で用いられている鉄筋単体の低サイクル疲労破断回数評価式³⁾においても考慮されている。この式を式(1)に示す。

$$N = \frac{1.5 \times 10^{-3} (L/\phi) + 1.0 \times 10^{-2}}{(\varepsilon_{\min} - \varepsilon_{\max})^2} + 1 \quad \dots (1)$$

ここでε_{min}：平均最小ひずみ、ε_{max}：平均最大ひずみ
ただし、この式を導出する際に実施された既往の実験³⁾におけるL/φは6～18であり、この範囲を超えると評価の精度が変わることが推測される。また、既往の実験³⁾における平均ひずみ振幅Δεと破断回数Nの関係を図-4に示すが、その最小二乗法により求めた近似式は各L/φ毎に、式(2)に示すManson-Coffin型になり、材料により決まる定数(k、C)がL/φにより異なっていることが確認される。

$$\Delta\varepsilon \cdot N^k = C \quad \dots (2)$$

この結果から、鉄筋単体の低サイクル疲労破断回数には、L/φが大きく影響しており、既往の手法²⁾においても、L/φによる影響をさらに考慮することで、実物大試験体の低サイクル疲労による軸方向鉄筋破断評価の精度を向上することができると思われる。

4. まとめ

内巻き帯鉄筋を有するRC柱の実物大クラスの試験体を用いて、正負交番载荷試験を実施し、低サイクル疲労による軸方向鉄筋破断時期の評価を行った。その結果を以下に示す。

- (1) 内巻きスパイラル工法を用いたRC柱部材の低サイクル疲労による軸方向鉄筋破断時期は、既往の評価手法²⁾により、実験結果を概ね評価できている。
- (2) 既往の評価手法²⁾では、L/φが大きくなると評価の精度が低下する。

参考文献

1) 菅野貴浩, 石橋忠良, 木野淳一, 小林薫: 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地震時変形性能, コンクリート工学論文集, Vol.20, No.2, 2009.5
2) 大澤章吾, 井口重信, 杉田清隆, 築嶋大輔: 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限界変位に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.2, pp.133-138, 2015
3) 土木学会コンクリート技術シリーズ48: コンクリート構造物の耐震性能照査技術ー現状と将来展望ー, pp.36-37, 2002.12

表-2 軸方向鉄筋の破断時期

試験体 No.	L/φ	破断時期		
		計算	実験	
			正	負
S-1	18.8	16δ _y	18δ _y	16δ _y
S-2	18.8	18δ _y	18δ _y	18δ _y
S-3	18.8	16δ _y	16δ _y	16δ _y
S-4	18.8	18δ _y	18δ _y	18δ _y
S-5	23.1	20δ _y	18δ _y	—
J-1	25	20δ _y	未破断(24δ _y)	未破断(24δ _y)
J-2	25	14δ _y -1	16δ _y -3	14δ _y -3
J-3	25	16δ _y	未破断(20δ _y)	未破断(18δ _y)
J-4	25	12δ _y -1	14δ _y -1	—
J-5	24	14δ _y -1	16δ _y -2	—

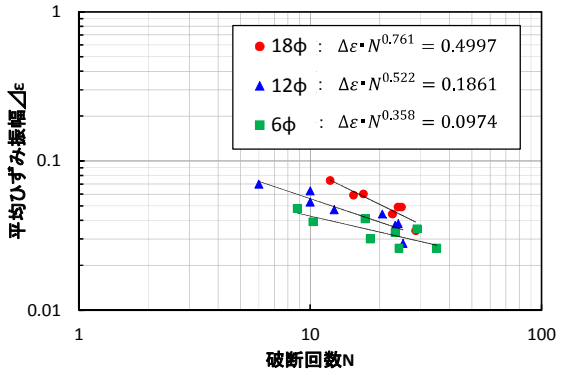


図-4 平均ひずみ振幅-破断回数関係