

スパイラル筋を用いたコンクリートの横拘束効果についての一考察

東日本旅客鉄道株式会社
東日本旅客鉄道株式会社
東日本旅客鉄道株式会社
東日本旅客鉄道株式会社

正 会 員
正 会 員
正 会 員
フェロー会員

○堀内 俊輔
高橋 紗希子
田 附 伸一
岩 田 道 敏

1. はじめに

当社では、新設する鉄道ラーメン高架橋鉄筋コンクリート（以下、RC）柱の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）を部材端部に配置することで、変形性能を向上している。①（図-1）これは軸

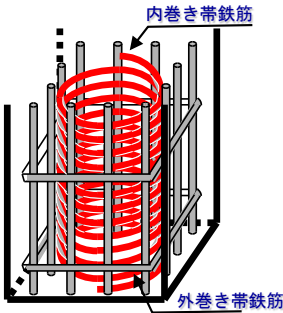


図-1 内巻き帯鉄筋概要図

方向鉄筋のはらみ出しにより、帯鉄筋のフックが外れた後も、内巻き帯鉄筋で拘束された内側のコンクリートが断面内の圧縮力を維持することで、一定の耐力を保持し続けるものである。

堺ら②や佐々木ら③は、横拘束筋のコンクリートに対する拘束効果を定式化しているが、これらは円形帯鉄筋を使用した一軸圧縮試験から定めたものであり、当社が使用している内巻き帯鉄筋は、SBPDN1275/1420の円形スパイラル状の鉄筋であり、強度と形状が異なる。本研究では、圧縮力維持に寄与している内巻き帯鉄筋の拘束効果の把握を目的とし、円形スパイラル状のSBPDN1275/1420鉄筋で拘束した円形断面供試体の一軸圧縮試験を行った。本稿では、その実験結果について報告する。

2. 実験の概要

堺ら、佐々木らの実験概要を表-1に示す。堺らはSD295A鉄筋を使用し、軸方向応力・軸方向ひずみ関係を

提案している。佐々木らは降伏強度 404~1413N/mm²の鉄筋、圧縮強度 34.1, 65.3N/mm²のコンクリートを使用し、軸方向応力・軸方向ひずみ関係を提案しており、堺らより高強度の鉄筋を使用している。

実験に用いた供試体の諸元、材料試験値および、最大軸方向応力（最大圧縮応力 σ_{cc} ）の実験値と計算値を表-2に示す。試験体は全て軸方向鉄筋を配置しておらず、横拘束筋にスパイラル筋を使用している点が既往の研究と異なる。本研究では、No.1~3はSD295A鉄筋を、他供試体は全てSBPDN1275/1420鉄筋を使用する。また供試体寸法は直径 150, 200, 300mmの3種類と変化させている。

実験方法は、鉛直ジャッキにより上部から載荷し、載荷点荷重、載荷点変位、コンクリートひずみ、横拘束筋ひずみを測定した。供試体 No.8 を図-2に示す。コンクリートひずみは、アクリル棒にコンクリートゲージを貼付け、試験体中央で測定した。また横拘束筋ひずみは、ひずみゲージを鉄筋に貼付け、供試体上、中、下部（1/4, 1/2, 3/4 高さ）で測定した。

表-1 既往の実験概要

	堺ら	佐々木ら
軸方向鉄筋	D10-12 本・SD295A	D6-4 本・SD295A
横拘束筋	円形帯鉄筋 SD295A	円形帯鉄筋 降伏強度 404~1413 N/mm ²
コンクリート強度	呼び強度 24 N/mm ²	34.1, 65.3 N/mm ²
横拘束筋体積比 ρ_s	0.28~2.26%	0.54~1.94%
試験体寸法	直径 300mm, 高さ 900mm	

表-2 供試体諸元・材料試験値

供試 体名	直径 d' (mm)	高さ H (mm)	コンクリ ートの圧 縮強度 (N/mm ²)	横拘束筋						最大軸方向応力 σ_{cc} (N/mm ²)				
				材料	直径 ϕ (mm)	間隔 s (mm)	横拘束 筋体積 比 ρ_s (%)	降伏 強度 (N/mm ²)	降伏 ひずみ (μ)	計算値		実験値		
										(堺ら)	(佐々 木ら)			
No. 1	300	740	21.3	SD 295A	6.0	20	2.3	392.6	2059.3	36.6	34.9	39.7		
No. 2	200	500	22.0				3.5			45.7	42.7	45.6		
No. 3	150	380					4.5			51.9	47.9	52.2		
No. 4	200	500	21.2	SBPD N127 5/14 20	6.2	20	3.3	1435.6	7244.4	108.8	84.1	75.5		
No. 5	150	380	22.0				4.3			131.1	99.7	75.2		
No. 6			16.1							125.8	90.2	71.9		
No. 7			43.0							150.0	127.9	126.5		
No. 8						30	2.9			106.7	93.4	83.3		

キーワード：コンクリート、スパイラル筋、高強度鉄筋、拘束効果
連絡先：〒980-8580 仙台市青葉区五橋一丁目1番1号 東日本旅客鉄道（株）東北工事事務所 TEL 022-266-3713

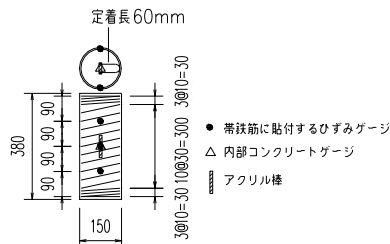


図-2 No.8 試験体

3. 実験結果

3. 1 既存の算定手法による評価

SD295A スパイラル筋を使用した No.2 と SBPDN1275/1420 スパイラル筋を使用した No.4 の軸方向応力・軸方向ひずみ関係を図-3 に示す。堺ら、佐々木らの研究により算出した計算値を併せて示す。No.2, 4 では、コンクリートの圧縮強度に大きな差はない。しかし、横拘束筋に SD295A より高強度な鉄筋を用いた No.4 の最大軸方向応力が、No.2 に比べ、大幅に増加していることがわかる。

実験値と堺らの研究より算出した計算値を比較すると、SD295A スパイラル筋を使用した No.2 では、応力ひずみともに、計算値が実験値を精度よく再現している。帯鉄筋でなくスパイラル筋を用いた場合も計算値の適用が可能であることがわかった。一方、SBPDN1275/1420 スパイラル筋を使用した No.4 では、最大軸方向応力が計算値と大きく乖離する結果となった。SD295A 鉄筋を使用し、提案した軸方向応力・軸方向ひずみ関係では、SBPDN1275/1420 鉄筋を使用した場合とは条件が異なり、適用範囲外であると考えられる。また、実験値と佐々木らの研究より算出した計算値を比較すると、SD295A スパイラル筋を使用した No.2, SBPDN1275/1420 スパイラル筋を使用した No.4 とともに、最大圧縮応力とその時のひずみの計算値が実験値と近いことがわかる。ただし、応力上昇域においては計算値と実験値は異なる結果となった。

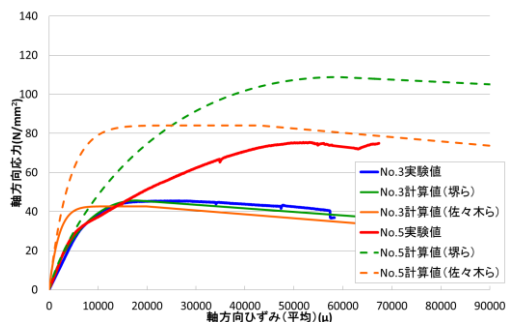


図-3 No.2,4 の軸方向応力・軸ひずみ関係

3. 2 横拘束筋のひずみ

SD295A 鉄筋を使用した堺らの研究は、SD295A スパイラル筋の拘束効果を再現することができ、降伏強度 $404 \sim 1413 \text{ N/mm}^2$ の鉄筋を使用した佐々木らの研究は、SD295A スパイラル筋、SBPDN1275/1420 スパイラル筋の拘束効果を、応力上昇域を除き再現することができた。その違いを把握するため、SD295A スパイラル筋を使用した No.3 と、SBPDN1275/1420 スパイ

ラル筋を使用した No.5 の軸方向応力・横拘束筋ひずみ関係を比較した結果を図-4, 5 に示す。実験結果から SD295A スパイラル筋は降伏し、SBPDN1275/1420 スパイラル筋は降伏していないことがわかる。

堺らの研究は、SD295A 鉄筋のみを使用しており、最大圧縮応力時に帯鉄筋が降伏強度とその断面積の積に相当する横拘束力を与えるとしている。それに対し、佐々木らの研究は、高強度な鉄筋を使用した場合、圧縮強度発現時に横拘束筋が降伏強度に達しないことがあることを考慮している。堺らの研究は横拘束筋の降伏強度で評価するが、高強度な帯鉄筋が降伏しない点異なっており、本実験における SBPDN1275/1420 スパイラル筋も同様に、降伏しなかった。

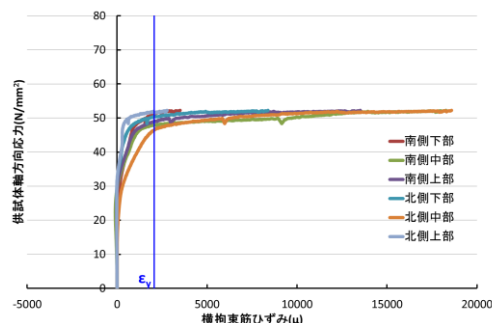


図-4 No.3 のスパイラル筋ひずみ

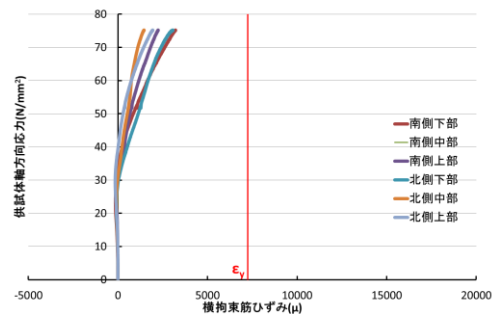


図-5 No.5 のスパイラル筋ひずみ

4. まとめ

本研究では、内巻き帯鉄筋の拘束効果把握のため、円形スパイラル状の SBPDN1275/1420 鉄筋で拘束した円形断面供試体の一軸圧縮試験を行い、以下の知見が得られた。

- ・鉄筋の材質が SD295A で、形状が帯鉄筋でなく、スパイラル筋を用いた場合も、堺らの研究による計算値を適用できる。
- ・鉄筋の材質が SBPDN1275/1420 のように高強度で、形状が帯鉄筋でなく、スパイラル筋を用いた場合、応力上昇域を除き、佐々木らの研究による計算値を適用できる。応力上昇域に改良を加えることで、内巻き帯鉄筋の拘束効果を把握できると考える。

参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道株式会社(2005),『鉄道構造物等設計標準（コンクリート構造物）のマニュアル』
- 2) 堺他: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,pp91-106,2002.10
- 3) 佐々木他:一軸圧縮を受ける高強度 RC 円柱で生じる圧縮破壊の局所化, コンクリート工学年次論文集 Vo.27No.2,pp697-702,2005
- 4) 堀内他:高強度帯鉄筋を用いたコンクリートの横拘束効果についての一考察, 平成 27 年度土木学会東北支部技術研究発表会,2016