

# 炭素繊維シートで補強したコンクリートに埋め込まれた鉄筋の引抜に関する実験的研究

東北学院大学工学部 学生会員 ○上野 啓  
 東北学院大学工学部 フェロー 大塚 浩司  
 東北学院大学工学部 正会員 武田 三弘

## 1. はじめに

現在、高層鉄筋コンクリート建物では、高強度せん断補強筋が多用されており、既存建物の柱においても、炭素繊維、アラミド繊維等の高強度材料がせん断補強のために使用されている。これまでの研究により<sup>1)</sup> 柱断面の最大耐力前・後の変形と内部ひびわれ性状について研究した結果、繊維の補強量が多いほど柱断面の最大耐力は上昇し、柱断面の中心と繊維付近のひずみ差が大きくなった。これは、トラス機構が働いたとされ、内部ひびわれを調べた結果、鉄筋近傍には放射状のひびわれが確認された。このように引張異形鉄筋周辺のコンクリートに発生するひびわれは、構造物の耐久性、鉄筋とコンクリートとの付着性に重要な影響を及ぼすもので、これらの性状を明らかにすることは、鉄筋コンクリート工学上重要である。しかし、試験体に働いたとされるトラス機構、補強した事により発生した放射状のひびわれを詳細に述べた研究は未だ少ない。そこで本研究では、補強量の異なるコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の引抜試験を行うことにより、引抜荷重と鉄筋の拔出し変位量の関係から破壊機構の変化、試験体に働いたとされるトラス機構、放射状のひびわれなどの内部ひびわれ性状を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験概要

### 2. 1 試験体形状および補強方法

実験には、骨材寸法を統一し、圧縮強度 20、40N/mm<sup>2</sup> の 2 種類で埋め込み長さ 100mm の試験体 (100×100mm) を使用した。さらに補強量が異なる 3 種類の試験体をそれぞれ 3 体ずつ、合計 18 体製作した。試験体は、補強なしの場合、割裂破壊が先行するように計画した。これにより、補強することによって割裂する試験体を拘束するため、試験体の破壊性状が変化すると考えた。使用した試験体の概要を図-1 に示す。使用した鉄筋は D19 の異形鉄筋、補強には、炭素繊維シートを使用した。鉄筋および炭素繊維シートの材料特性を表-1、表-2 に示す。試験体の補強方法として、図-1 に示したように、試験体の中層部分に貼り付ける方法を採用した。試験体の強度

計算を表-3 に示す。また、本研究は、試験体内部に働いているとされるトラス機構が重要な要素である。そこで試験体内部に発生するひびわれ（割裂に影響を与えるひびわれ向き）を 45 度と仮定した場合、文献<sup>1)</sup>などを参考にして、図-2 で示すようなトラス理論を仮定することができる。本研究では、この方法を採用して、設計計算を行った。

表-1 鉄筋の材料特性

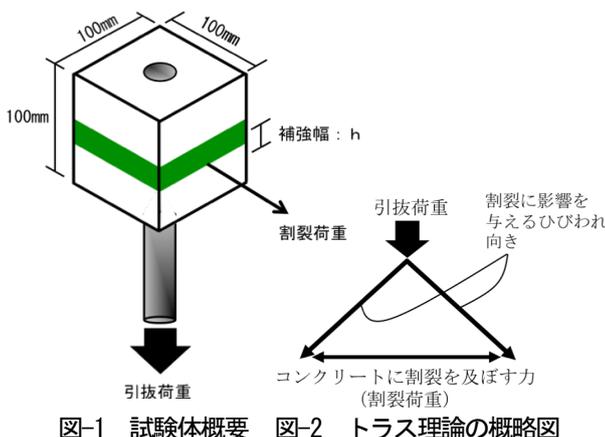
径	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )
D19	5.3×10 <sup>2</sup>	3.7×10 <sup>5</sup>	2.1×10 <sup>5</sup>

表-2 炭素繊維シートの材料特性

品番	引張強度(N/mm <sup>2</sup> )	引張弾性率 (N/mm <sup>2</sup> )	設計厚さ (mm)
MRK-M4-30	2900	3.9×10 <sup>5</sup>	0.165

表-3 試験体の補強幅と強度計算

No	圧縮強度 $f'_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	埋め込み長さ:L (mm)	幅:h (mm)	厚さ:d (mm)	強度計算値 (KN)	
					割裂荷重	引抜荷重
1	20	100	0	0	16.18	25.75
2			100	0.165	95.70	
3			100	0.495	287.1	
4	40	100	0	0	32.40	45.7
5			30	0.165	61.11	
6			60	0.165	89.82	



キーワード 炭素繊維、トラス機構、X線造影撮影法、内部ひびわれ

連絡先 宮城県多賀城市中央 1-13-1 TEL/FAX 022-368-7479

### 3. 実験結果および考察

図-3、4 は、補強量が異なる圧縮強度  $20, 40\text{N/mm}^2$  それぞれの引抜荷重と鉄筋の拔出し変位量との関係を表したグラフである。図-3 より、補強した試験体は、引抜荷重、鉄筋の拔出し変位量ともに上昇しているのがわかったが、No. 2 と No. 3 は、補強量に違いがあっても、大きな差はなかった。これは、割裂荷重が引抜荷重を上回ったため、鉄筋近傍のコンクリートがせん断し、鉄筋が引抜定着破壊を起こしたと言える。よって、繊維シートの拘束効果が影響しないということがわかった。図-4 では、No. 6 が割裂を起こさずに No. 2、No. 3 同様に鉄筋のすべる定着破壊が起こった。No. 5 は、引張を受け持つコンクリートが割裂し、繊維シートのみで引張を受け持つようになったが、耐えられずに繊維シートが破断した。そのため、急激に荷重が低下したと考えられる。図-5, (b) より圧縮強度  $20\text{N/mm}^2$  では、割裂強度が低い場合、定着破壊の際、鉄筋の節から次々とひびわれが発生、進展したことが言える。図-5, (c) より No. 6 は、放射状のひびわれが少なくなった。これは、圧縮強度が No. 3 より大きい場合、割裂強度も大きくなり、ひびわれを抑制したと考えられる。図-5, (d) より、鉄筋軸と水平方向の内部ひびわれは、鉄筋軸とのなす角度が  $30$  度～ $45$  度のひびわれを形成していたので、試験体内部ではトラス機構が働いていた事が分かった。

### 4. まとめ

- (1) 鉄筋軸と水平方向の内部ひびわれを調べた結果、鉄筋軸とのなす角度が  $30$  度～ $45$  度のひびわれがみられた。これにより引張を受ける鉄筋とコンクリート間では、トラス機構が働くことがわかった。
- (2) 鉄筋軸と垂直方向の内部ひびわれを調べた結果、補強することにより発生する放射状のひびわれは、コンクリートの割裂強度が低い場合において、多く発生する傾向がみられた。
- (3) 補強することにより、引抜荷重が上昇するのは、試験体内部に働くトラス機構により、引張作用をコンクリートだけではなく繊維シートも受け持つためであることが分かった。

### 謝辞

本研究を行うにあたり、終始ご協力していただいた郷内亮宏氏、松井靖志氏に心より御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) ルクマン、市之瀬敏勝、武田三弘、大塚浩司：アラミド繊維で補強した RC 柱の三次元ひずみと内部ひびわれ、コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, No. 2, pp. 205-210, 2009

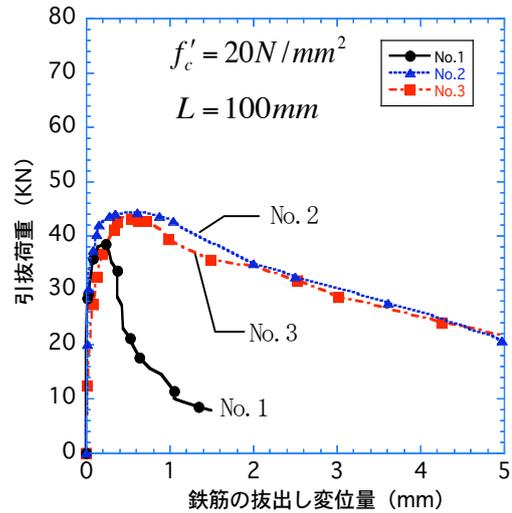


図-3 引抜荷重-鉄筋の拔出し変位量の関係 ( $20\text{N/mm}^2$ )

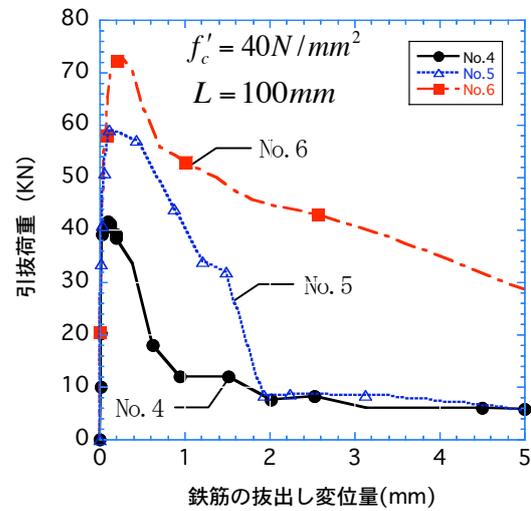


図-4 引抜荷重-鉄筋の拔出し変位量の関係 ( $40\text{N/mm}^2$ )

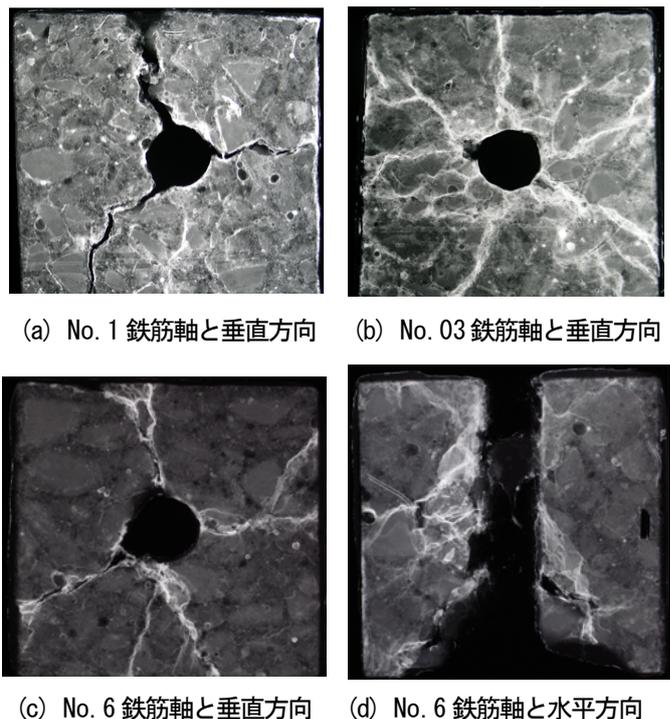


図-5 X線造影撮影による内部ひびわれ