

ふっ素加工された鉄筋のコンクリート部材への適応性

長崎大学 正会員 ○山口 浩平
 長崎大学 学生会員 平地 健悟
 長崎大学大学院 学生会員 志岐 豊
 AGC 株式会社 尾知 修平

1. 背景および目的

腐食性環境下における鉄筋コンクリート構造物では、塩化物イオンや炭酸ガスなどの劣化因子の侵入による鉄筋腐食が問題となっている。この問題を解決するために、1980年代からエポキシ樹脂塗装鉄筋が開発され流通している¹⁾。エポキシ樹脂塗装鉄筋は、無被覆鉄筋と比較して高い防食性能を有する一方で、運搬・施工時に塗膜表面に損傷が発生しそのまま使用すると、鉄筋腐食が早期に発生する恐れがある。

以上のような課題に対して、より高性能な塗装鉄筋を開発するために本研究では、ふっ素加工された鉄筋（以下、ふっ素鉄筋）のコンクリート構造物への適応性を明らかにすることを目的とし、ふっ素鉄筋のコンクリートとの付着性能、RCはり曲げ試験による構造性能を評価する。

2. コンクリートとの付着性能

2.1 概要

ふっ素やエポキシ樹脂を塗装した鉄筋では、無被覆鉄筋に比べてコンクリートとの付着強度の低下が問題視されている。鉄筋コンクリート構造が成立する前提条件は、鉄筋とコンクリート間での力の伝達が付着作用によって行われることである。つまり、鉄筋コンクリートの挙動を知るために付着強度は重要な特性となってくる。そこで、付着強度試験を実施することで、ふっ素鉄筋と従来の鉄筋の付着性能を比較する。

2.2 試験方法

試験は、JSCE-E 516-2010「樹脂被覆鉄筋の付着強度試験方法」²⁾を参考に行った。供試体は図1、写真1に示すように、一辺の長さ150mmのコンクリート製の立方体とし、その中心に付着長75mmとして、SD345の鉄筋D19を通した。供試体の種類を表1に示す。無被覆鉄筋、エポキシ樹脂塗装鉄筋、ふっ素鉄筋（写真2）の計3種類として、供試体数は各3体作製する。以下、ふっ素鉄筋はF、無被覆鉄筋はN、エポキシ樹脂塗装鉄筋はEPと示す。用いたコンクリートの強度特性は、圧縮強度33.6N/mm²、引張強度1.10N/mm²、ヤング係数 2.95×10^4 N/mm²である。

試験方法は、供試体を試験装置上部に固定し、試験装置下部で鉄筋をつかむ。供試体上部の鉄筋突出部分に変位計を設置し、鉄筋とコンクリートの変位差からすべりを測定する。付着応力度は、文献2)を参考に

算出する。

2.3 付着特性を考慮した数値解析

試験で得られた付着特性、すべり0.04mm時の付着応力度と鉄筋のすべり始めの付着応力度の関係を特性値として数値解析に用いる。図2では、特にFの一例を示す。鉄筋とコンクリート間の条件に付着応力を徐々に伝達しなくなる半接着と定義した。すべり0.04mm時における付着応力度は鉄筋とコンクリートの摩擦が卓越する段階であり、初期段階の付着強度を評価するために有効であると考えられる¹⁾。

2.4 結果および考察

付着強度試験結果を図2、表3に示す。すべり0.04mm時の付着応力度は、Nは8.9N/mm²、EPは4.2N/mm²と

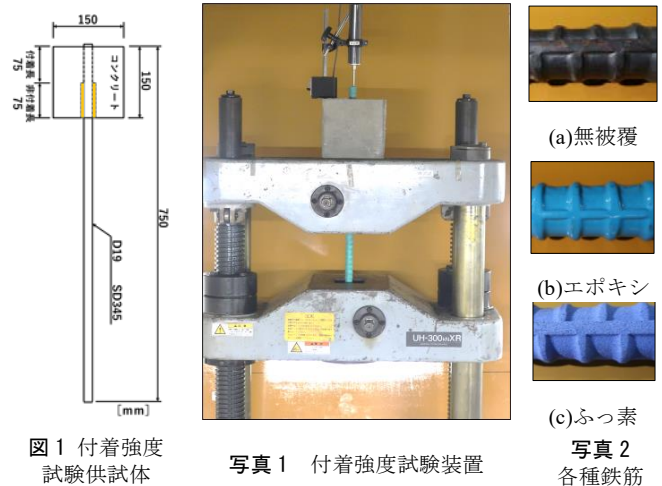


図1 付着強度試験供試体

写真1 付着強度試験装置

写真2 各種鉄筋

表1 付着強度試験結果(※Nとの比較)

名称	付着応力度 (N/mm ²)	
	すべり 0.04mm 時	最大荷重時
N	8.9(-)	14.2(-)
EP	4.2(-53%)	15.0(+6%)
F	7.6(-15%)	16.4(+15%)

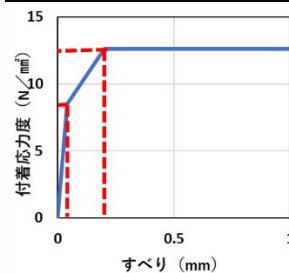


図2 半接着モデルの一例

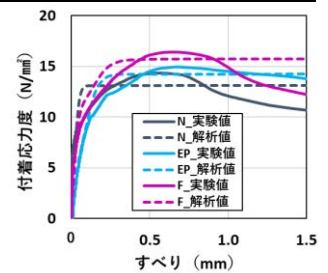


図3 付着応力度-すべり曲線

キーワード ふっ素鉄筋, 鉄筋腐食, 付着性能, 付着強度試験

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学工学部構造工学コース TEL 095-819-2591

N に比べて約 0.5 倍と大幅に小さくなった。F は 7.6 N/mm² と N とほぼ同等の値となった。最大付着応力度は、N は 14.2 N/mm²、EP は 15.0N/mm²、F では 16.4 N/mm² で同等の値が得られた。すべり 0.04mm における EP の付着応力度の減少は、エポキシ樹脂の塗布により、ふしの形状が滑らかになり、付着応力度が小さくなるという知見^{3), 4)}があり、本試験においてもその影響が出ていると考えられる。

図 3 は、実験値と解析値の比較であり、解析値は実験結果の概形とおおむね一致しており、妥当であるといえる。

3. 塗装鉄筋の RC 部材の曲げ補強筋としての性能

3.1 概要

2 より、鉄筋に塗装加工を施すと鉄筋とコンクリートとの付着性能が低下する可能性が考えられる。これにより、塗装鉄筋を用いた構造用部材が無被覆鉄筋の場合と異なる挙動を示す可能性があることが懸念される。この点を明らかにするために、RC はりの静的曲げ試験を実施する。

3.2 試験方法

載荷試験は図 4 に示すようにスパン 1200mm、等曲げモーメント区間 300mm の 2 点載荷とする。

鉄筋 N および EP を用いて、各 2 体ずつ作製する。使用する鉄筋は、引張補強筋 D13 を 2 本、圧縮補強筋 D10 を 2 本、せん断補強筋 D6 を 100mm ピッチで配筋する。なお、鉄筋は SD295 を使用した。測定項目は、引張鉄筋ひずみ、コンクリート上縁ひずみ、ひび割れである。

3.3 結果および考察

N および EP の試験結果を図 5、ひび割れ発生荷重と降伏荷重を表 2 に示す。計算値は、はり理論を用いており、解析値は付着特性を考慮せずに算出した。なお、コンクリートの強度特性は、圧縮強度 30.4N/mm²、引張強度 2.4 N/mm²、曲げ強度 3.3 N/mm²、ヤング係数 2.74×10^4 N/mm² である。

図 5(a)の荷重-変位曲線において、曲げ性状は同様であることが確認でき、図 5(b)の荷重-ひずみ曲線の概形はおおよそ一致している。

降伏荷重は、N1 が 62kN、N2 が 60kN に対し、EP1 が 68kN、EP2 が 66kN であり、その差は 10%程度となった。また、図 6 は最大荷重時の N、EP のひび割れ分布であり、著しい相違は確認できなかった。破壊形態は、すべての供試体で曲げ破壊型となった。なお、ふっ素鉄筋は現在試験準備中である。

4. 結論

本研究で行った各種性能評価試験の結果、以下の知見が得られた。

(1) 付着強度試験によるすべり 0.04mm 時の付着応力度においてふっ素鉄筋と無被覆鉄筋では同等の値となり、エポキシ鉄筋は両者に比べて劣ることが確認された。

(2) 付着強度試験によるふっ素鉄筋の最大付着応力度は、無被覆鉄筋やエポキシ鉄筋と同等以上の値であることが確認された。

(3) RC はりの静的曲げ試験の結果、無被覆鉄筋とエポキシ鉄筋の曲げたわみ性状、ひび割れ性状について無被覆鉄筋と同等であることが確認された。

今後、硬化剤の有無による 2 種のふっ素塗装鉄筋の付着強度試験、はり曲げ試験を予定している。

参考文献

- 1)片野啓三郎, 他: 高性能な樹脂被覆鉄筋に関する研究, 大林組技術研究所報, No.79, 2015
- 2)土木学会: 樹脂被覆鉄筋の付着強度試験方法, JSCE-E 516-2010
- 3)小林一輔, 他: エポキシ樹脂塗装鉄筋に関する実験的研究, コンクリート工学論文, 21(2), pp.91-106, 1983.9
- 4)前田聡, 他: 最近のエポキシ樹脂塗装鉄筋の諸性能, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, 2005.7

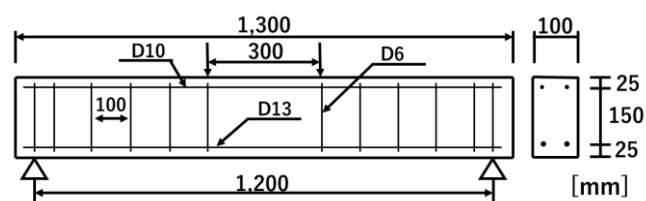
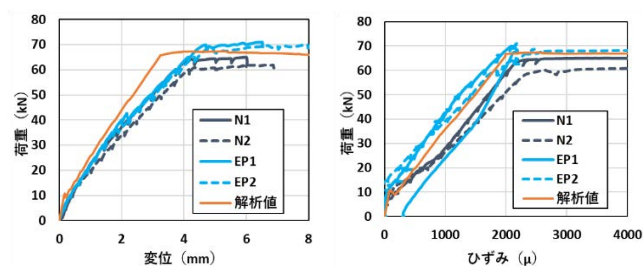


図 4 曲げ試験供試体



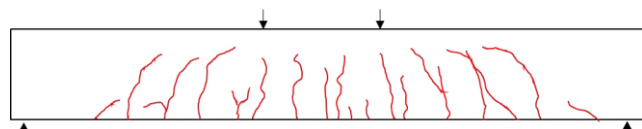
(a) 荷重-変位曲線

(b) 荷重-ひずみ曲線

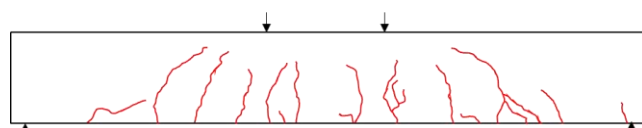
図 5 曲げ試験結果

表 2 曲げ試験結果

名称	ひび割れ発生荷重(kN)			降伏荷重(kN)		
	実験値	計算値	解析値	実験値	計算値	解析値
N1	5	9	10	62	64	65
N2	10			60		
EP1	10			68		
EP2	5			66		



(a) 無被覆鉄筋(N1)



(b) エポキシ鉄筋(EP1)

図 6 ひび割れ図