

防食鉄筋とコンクリートとの付着挙動に関する検討

徳島大学	学生会員	片岡 大将
徳島大学	フェロー	上田 隆雄
徳島大学	正会員	水口 裕之

1. はじめに

近年、塩害や中性化によるコンクリート中の鉄筋腐食によるコンクリート構造物の早期劣化が問題となっている。その一方で、鉄筋表面を耐食性に優れた樹脂でコーティングした鉄筋が開発されている。これに対して、この防食被覆鉄筋は、鉄筋とコンクリートとの間に介在する防食層の影響で普通鉄筋よりも付着強度が低下することが知られている。エポキシ樹脂塗装鉄筋においては、その品質は土木学会の指針によって規定されているが、その他の防食鉄筋は未だ検討がなされていないのが実状である。そこで本研究では、エポキシ樹脂塗装鉄筋（普通型）、エポキシ樹脂塗装鉄筋（高付着型）、熱可塑性ナイロン樹脂被膜鉄筋の3種類の防食鉄筋と普通鉄筋を用いて作製した供試体を用いて、引抜試験、両引試験を行い、これらの結果から各種防食鉄筋とコンクリートとの付着挙動を比較検討した。

2. 実験概要

2.1 使用鉄筋

本研究で用いたエポキシ樹脂塗装鉄筋（普通型）はエポキシ樹脂粉体を静電粉体塗装により被膜させている。塗膜が他の物質により変質しないが、ピンホールができると、鉄筋腐食の原因となる。エポキシ樹脂塗装鉄筋（高付着型）は下地に180 μ mのエポキシ樹脂塗装と上層に40 μ mの特殊骨材を混ぜたエポキシ樹脂塗装の2コートで仕上げることで、表面に凸凹ができ、コンクリートとの付着が向上される。また、2層構造となっているためピンホールも減少できる。熱可塑性ナイロン樹脂被覆鉄筋はナイロン樹脂を押出成形にて接着させている。被覆耐候性に優れ、ピンホールは発生しにくい。ただし、鉄筋と被膜との接着性が低く、被覆時に接着剤が必要となる。

2.2 実験方法

引抜試験用供試体は断面中央に鉄筋を1本配した100 $\times$ 100 $\times$ 100mmの立方体供試体とし、載荷時の供試体の割裂を防ぐために、40mmまたは、20mmピッチのスパイラル筋を配した供試体も作成した。封緘養生28日後、JSCE-G503「引抜試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験」に従い、引抜荷重と自由端変位を測定した。なお、鉄筋引抜時の供試体の破壊状態を調べるため、供試体側面にAEセンサを設置し、増幅器を経由して、AEを検出した。両引試験用は断面中央に鉄筋を1本配した50 $\times$ 50 $\times$ 560mmの角柱供試体とした。封緘養生28日後、引抜荷重と π 型ゲージによりひび割れ幅を測定した。 π 型ゲージ（容量：2mm）はコンクリート側面に10個連続して設置した。

3. 実験結果と考察

引抜試験によって得られた各供試体の付着強度を図-1に示す。エポキシ樹脂塗装鉄筋はいずれの場合においてもJSCE-E 103「エポキシ樹脂塗装鉄筋用棒鋼の品質規格」に規定された85%以上の付着強度比を確保していた。一方、熱可塑性ナイロン樹脂被膜鉄筋の場合は普通鉄筋の値と比べて付着強度の低下が大きいことが分かる。これは熱可塑性樹脂の被膜によって鉄筋表面が滑らかになり、異形鉄筋

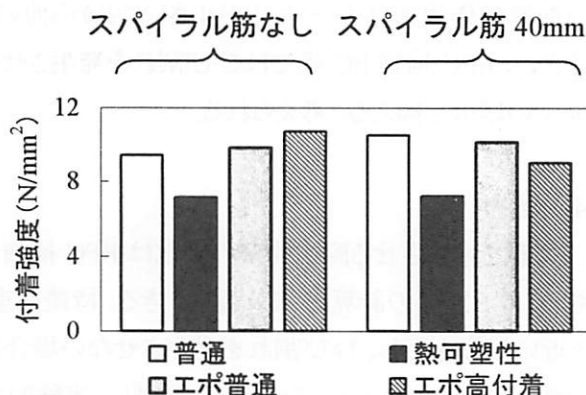


図-1 付着強度

による機械的引抜抵抗力が大幅に減少したことが原因と考えられる。

引抜試験における自由端変位が $0.002D$ 、つまり 0.032mm の時点における付着応力を図-2に示す。防食鉄筋の付着応力は普通鉄筋より大きくなっており、これは鉄筋のすべり出し時点では防食被膜層がコンクリートとの付着を高めているためと考えられる。スパイラル筋を配した場合は、熱可塑ナイロン樹脂被膜鉄筋の付着応力が多少小さくなったが、スパイラル筋の拘束効果によって全体として付着応力が増加した。エポキシ樹脂塗装鉄筋（高付着型）は普通鉄筋に比べて大幅な付着応力の増加が見られた。このような表面形状の改善効果は、鉄筋のすべりが小さい場合に発揮されやすいと考えられる。

引抜試験時の AE 頻度数と付着応力の関係を図-3に示す。普通鉄筋はスパイラル筋のピッチによって、AE の出方に大きな違いがある。これはスパイラル筋のコンクリートの破壊拘束によって、AE 頻度数が抑制されたためである。これに対してエポキシ樹脂塗装鉄筋は拘束効果が小さいほど、付着応力に伴う AE 発生は抑制されている。これは異形部分の機械的引抜抵抗性よりもむしろ表面形状による引抜時の摩擦抵抗により、付着力を確保しているためと考えられる。普通鉄筋とエポキシ樹脂塗装鉄筋を比較すると、エポキシ樹脂塗装鉄筋は比較的小さい付着応力での AE の検出がみられない。これは、防食層により引抜時の付着界面におけるコンクリートの破壊が小さいためであると考えられる。

両引試験で得られた荷重と平均ひび割れ幅のグラフを図-4に示す。平均ひび割れ幅とは鉄筋降伏後、どこかの π 型ゲージの変位が容量の 2mm を超えるまでの各 π 型ゲージの変位量を平均した値である。平均ひび割れ幅の最大値はエポキシ樹脂塗装鉄筋（高付着）、エポキシ樹脂塗装鉄筋（普通）、熱可塑性ナイロン樹脂被膜鉄筋、普通鉄筋の順に小さくなっている。この値が大きいほど、ひび割れは全体として大きくなっており、局所的なひび割れの進展を防いでいるといえる。

4. まとめ

- (1) エポキシ樹脂塗装鉄筋は普通鉄筋の付着強度の 85% を確保し、熱可塑性ナイロン樹脂被膜鉄筋においては普通鉄筋の 60~75% 程度となった。
- (2) 自由端変位 $0.002D$ では、防食鉄筋の付着応力は普通鉄筋より大きくなっており、鉄筋のすべり出しの時点では防食被膜が付着応力の向上に寄与していた。
- (3) 引抜試験時の AE を測定した結果、防食被膜により付着応力が低い段階におけるコンクリートの破壊は小さいものと推測された。
- (4) 両引試験の結果、各種防食鉄筋は普通鉄筋に比べひび割れの局所的な進展を抑制する傾向が見られた。

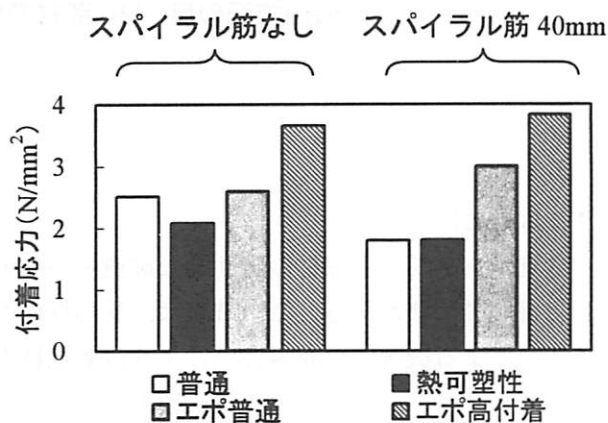


図-2 自由端変位 $0.002D$ における付着応力

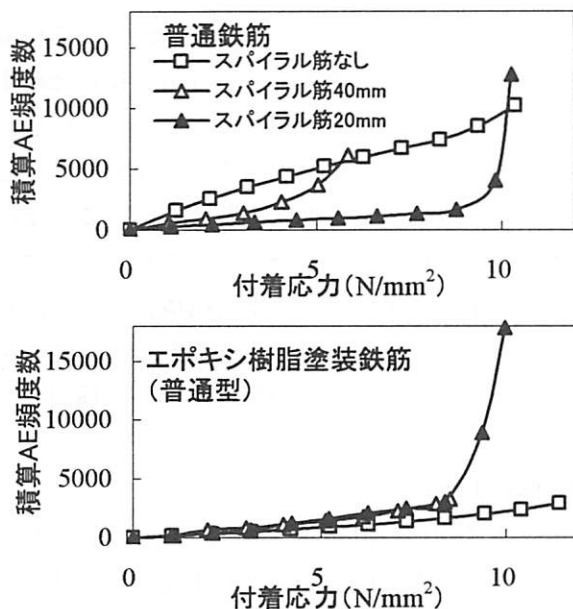


図-3 AE 頻度数と付着応力の関係

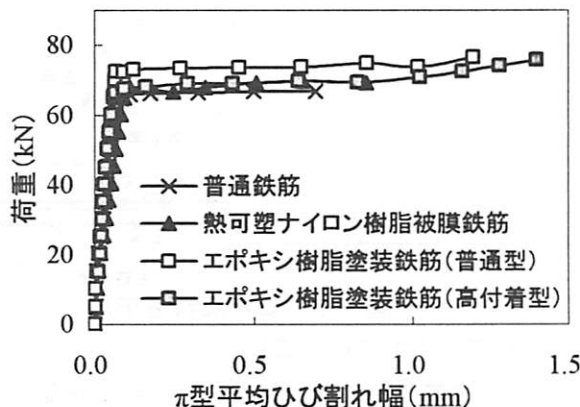


図-4 荷重と平均ひび割れ幅の関係