

フライアッシュコンクリート中の鉄筋腐食と付着性状

徳島大学大学院 正会員 ○塚越雅幸 JFE エンジニアリング 非会員 杉 大樹
 徳島大学大学院 正会員 上田隆雄 東京工業大学大学院 非会員 篠原保二

1. 目的

コンクリート中の鉄筋腐食による、かぶりコンクリートへのひび割れの発生は構造物の耐久性の低下を招く。一方で、高強度コンクリート中の鉄筋に腐食が生じた場合、普通コンクリートと比べ、ひび割れ発生後では脆性的破壊や、ひび割れ幅の急激な進展の危険性、付着性能の低下が指摘されている。本研究では、フライアッシュを混和がコンクリート中での鉄筋の腐食ひび割れの発生とその後の付着性状に与える影響について実験的に検討を行った。

2. 実験の概要

コンクリートは表 1 に示すように、水結合材比(W/P)50%及び 40%で (以下 N, H), さらに、それぞれフライアッシュをセメントの質量に対し 20%置換したもの(以下 NF, HF) の 4 種類とした。両引き試験用試験体としてφ125mm 長さ 900mm の円柱コンクリート中心部に長さ 1600mm の D19 鉄筋を埋め込んだ試験体を作製した。なお、電食試験でのひずみゲージの損傷を防ぐため、鉄筋のリブ部に切り欠きを作り、ひずみゲージを張付けた後にシリコンにより被覆した。また、コンクリート埋め込み深さ 50mm までテープにて絶縁した。この後、電食試験により鉄筋を促進的に腐食させた。目標腐食量は試験体ごとに積算電流にて調節し 0%, 3%と腐食ひび割れが発生するまでの 3 パラメータとした。両引き試験はアムスラー型万能試験機により試験体両端の

表 1 コンクリートの調合と基礎物性

調合種別	混和材置換率 フライアッシュ (内割質量置換)	水セメント比 W/C (%)	単位量(kg/m ³)					フレッシュ性状	
			水	セメント	フライアッシュ	細骨材	粗骨材	スランプ (%)	空気量 (cm)
			W	C	FA	S	G		
N	-	50	175	350.0	-	740	938	16.5	3.5
NF	20	50	155	310.0	70.0	754	955	17.5	3.8
H	-	40	175	437.5	-	709	898	17	4.5
HF	20	40	165	412.5	103.1	674	890	16.5	4.5

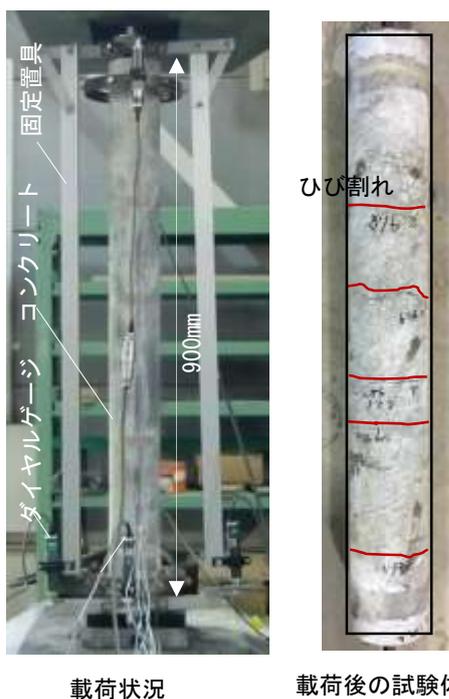


図 1 試験体形状・寸法と試験後の状況例

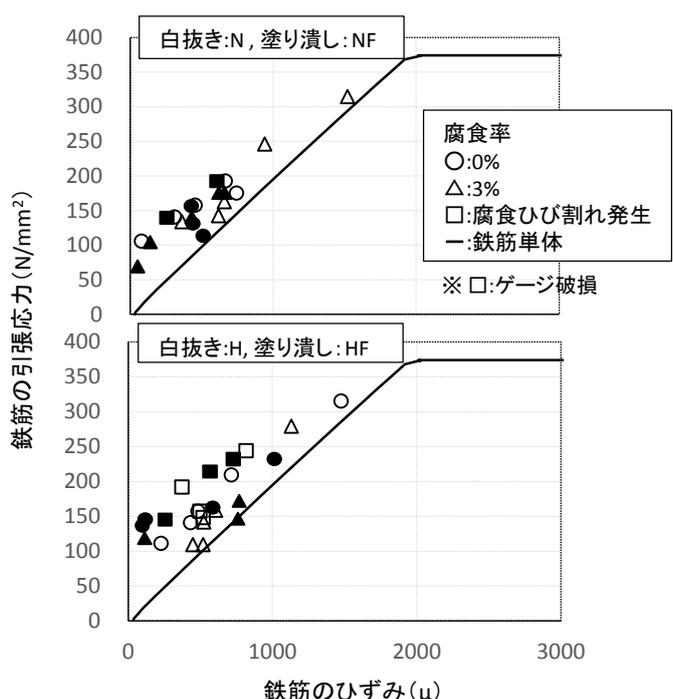


図 2 ひび割れが発生した位置の鉄筋の応力とひずみ

鉄筋を固定し、一定載荷速度で単調引張試験を行った。この時、ダイヤルゲージにて試験体の変位量の測定、およびひび割れの発生本数と位置を目視によって記録した。試験体状況を図1に示す。また、鉄筋の腐食がコンクリート引張り強度に及ぼす影響について検討するために、別途、D19 鉄筋を中心にφ100mm 長さ200mmの円柱コンクリートも作製し、同様に鉄筋を電食により腐食させた後に割裂試験を行った。

3. 試験結果

ひび割れ発生位置での荷重と変位の関係を図2に示す。フライアッシュを添加したコンクリートを同一W/C条件下のフライアッシュ無添加のコンクリートと比較した場合、腐食後の試験体へのひび割れ発生時のひずみ量が小さくなる傾向にあった事から、鉄筋腐食が生じた際にも一定の鉄筋とコンクリート間での付着が保たれており、鉄筋のひずみがコンクリートへ伝達されていた事がうかがえる。

両引き試験終了後に測定した実際の腐食量と、ひび割れの発生数をあわせて図3に、また別途試験した腐食量と鉄筋を有するコンクリートの見かけの引張り強度の関係を図4に示す。NF試験体は、腐食ひび割れ発生時の腐食量が大きな値となったが、その他のコンクリートでは、ほぼ同程度の腐食量となっている。

フライアッシュを添加したコンクリートは、健全な状態において引張り強度は高くなり、ひび割れ発生本数の減少がみられた。また、全試験体で腐食が進行する事で、ひび割れ発生本数の減少がみられた。これは、フライアッシュ添加によるコンクリートの強度増進作用と腐食による付着力の低下のバランスで決定されるものと考えられる。

そこで、これらデータを基に、式(1)よりコンクリートと鉄筋間での付着強度を推定した値を図5に示す。

$$L_t = \frac{f_{ct} \cdot A_c}{\tau_m \cdot \varphi_s} \quad \dots \text{式(1)}$$

ここで、 L_t ：付着伝達長さ(mm)、 f_{ct} ：コンクリートの引張り強度(N/mm²)、 A_c ：コンクリートの有効断面積(mm²)

τ_m ：付着応力(N/mm²)、 φ_s ：鉄筋の周長(mm)

H試験体では、腐食ひび割れ発生前より付着強度の大きな低下が見られているが、同程度の強度を有するNF、HFでは付着強度の低下は緩やかであり、先の図2のデータが示す通り、腐食発生時にも一定の付着強度が保たれていたことが分かる。

4. 結論

両引き試験時の、ひび割れ発生時の荷重とひずみの関係から、フライアッシュコンクリートは3~4%程度の鉄筋腐食量では、コンクリートと鉄筋間の付着力の急激な減少はみられず、鉄筋のひずみがコンクリートに伝達されているものと考えられる。また、腐食によるコンクリートの見かけの強度低下と両引き試験時のひび割れの発生間隔より求めた付着強度からも付着強度の低下が緩やかとなる傾向があることが示された。

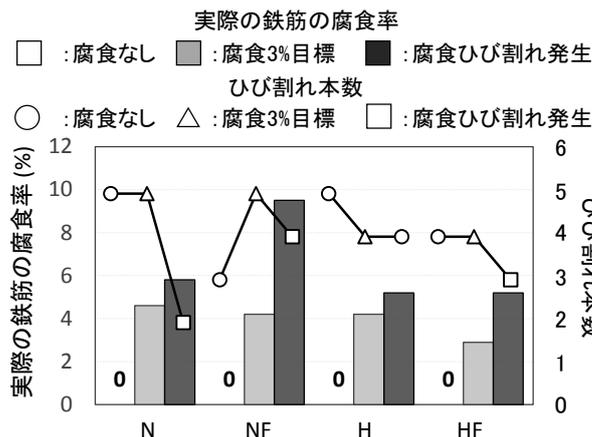


図3 鉄筋の腐食率とコンクリートへのひび割れ発生本数

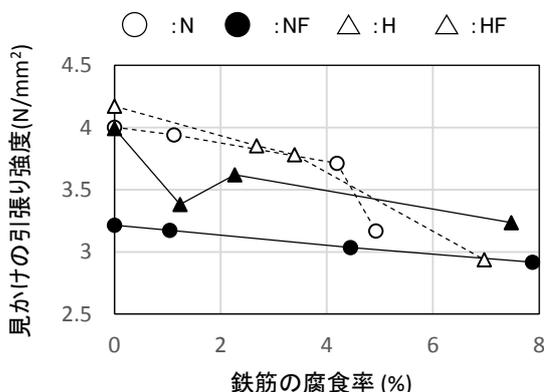


図4 鉄筋の腐食率引張り強度の関係

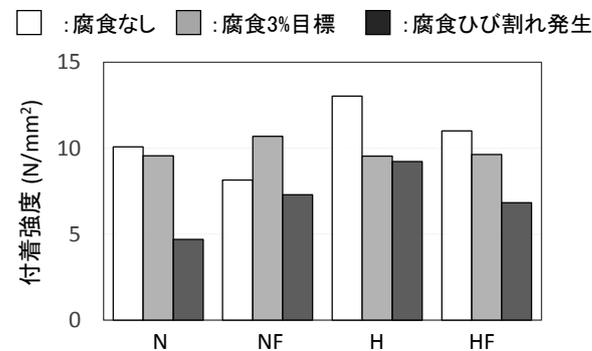


図5 鉄筋とコンクリートの付着強度