

フライアッシュの混和が配置高さの異なる水平鉄筋の腐食性状に与える影響

愛媛大学大学院 学生会員 ○仲井一平 四国地方整備局 非会員 長野沙紀
愛媛大学大学院 正会員 氏家勲 正会員 河合慶有

1. はじめに

近年、コンクリート中の鉄筋腐食に起因する鉄筋コンクリート構造物の耐久性の低下が大きな社会問題となっている。コンクリート中の鉄筋腐食の発生原因として、主に塩害と中性化があげられる。また鉄筋腐食性状には、鉄筋と鉄筋周囲のコンクリートとの健全性等が影響を及ぼすことが知られている。特に、コンクリート中に埋設された水平鉄筋においてはブリーディングにより下部に空隙が形成され、耐久性に影響を与えることが定性的に分かっている¹⁾。また、四国地域においては産業副産物の建設材料への利用が推進されており、銅スラグ細骨材およびフライアッシュを併用し粉体量を調節することで材料分離を抑制しひび割れ抵抗性に優れたコンクリートの製造方法が提案されている²⁾。本研究では、これらの材料を使用した打設高さ 1500mm の供試体を作製し、フライアッシュの混和が配置高さの異なる水平鉄筋の腐食性状に与える影響について塩害促進試験により検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および供試体概要

本研究では、水結合材比を 52.5%とし、混和材として加熱改質フライアッシュ(密度=2.23g/cm³)を使用した。配合方法は、材齢 28 日の強度がフライアッシュを混和していない配合と同程度となるようにセメント量および細骨材量を調節し置換した。コンクリートの配合を表 1 に示す。

また細骨材および粗骨材の物性を表 2 に示す。供試体寸法は、断面 300×300mm、高さ 1500mm とし、埋設した鉄筋は長さ 100mm の異形鉄筋 D32 を使用した。図 1 のように上下に分割した鉄筋を相対するコンクリート表面からかぶりを確保し、2 本ずつ同じ高さに埋設した。鉄筋にはリブを境目に切断し、幅 1mm を確保した鉄筋の間にエポキシ樹脂系接着剤を流し込み接着した分割鉄筋を用いた。本研究では一方の側面から切り出した 3 体を用いて検討した塩害促進試験の結果を示す。かぶりはいずれの高さの供試体においても 30mm と一定とした。切り出し供試体には側面からの腐食因子の侵入を防ぐため、ダクトテープを用いてシールを施した。その後かぶりを確保した面に塩ビ管を設置した。供試体は、打設後材齢 3 日目に脱型し材齢 28 日まで 20℃ の恒温室内で屋内曝露した。その後、図 1 に示す切り出し供試体を乾式により切断し作製した。

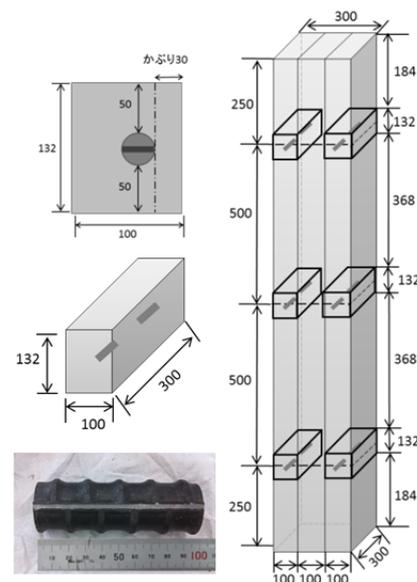


図 1 供試体概要 (mm)

表 1 配合

配合	W/B(%)	単位量 (kg/m ³)											単位量 (g)	
		水 W	セメント C	FA	細骨材 S				粗骨材 G			混和剤		
					S1	S2	S3	S4	G1	G2	G3	AE減水剤	AE剤	
FACUS60	52.5	165	251	63	166	169	-	731	931	-	-	1886	629	
FACUS30	52.5	165	251	63	-	-	604	366	-	469	462	943	2200	

表 2 骨材の物性

骨材	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率
S1 愛媛県東温市山ノ内産砕砂	2.61	1.06	2.92
S2 福岡県北九州市東谷鉱山産石灰石砕砂	2.66	0.58	2.47
S3 千葉県君津市法木産山砂	2.62	1.05	2.51
S4 銅スラグ細骨材CUS2.5	3.55	0.04	2.28
G1 愛媛県東温市山ノ内産砕石	2.63	1.15	
G2 東京都青梅市成木産砕石5号	2.65	0.49	
G3 東京都青梅市成木産砕石6号	2.61	0.66	

2.2 塩害促進試験

塩害促進試験は、20℃の恒温室内において塩水(濃度 10%)を用いて乾燥期間 4 日と湿潤期間 3 日の 1 週間を 1 サイクルとして行った。自然電位および分極抵抗の測定は各サイクルの湿潤期間が終了した直後に行った。また、酸素透過速度は既往の研究³⁾を参考にしてカソード分極試験により推定した。

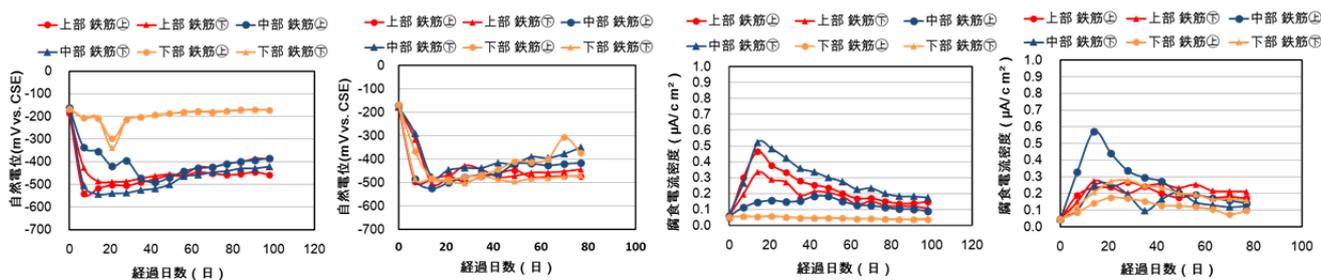


図3 自然電位 (左: FACUS60, 右: FACUS30)

図4 腐食電流密度 (左: FACUS60, 右: FACUS30)

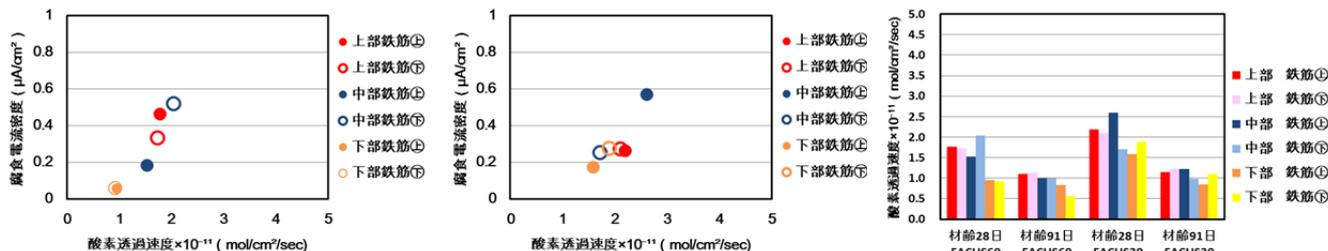


図5 酸素透過速度と腐食電流密度 (左: FACUS60, 右: FACUS30)

図6 酸素透過速度の比較

3. 実験結果および考察

各切り出し供試体で測定された自然電位および腐食電流密度の結果を図3および図4に示す。これらの図より FACUS60 の下部から切り出した供試体を除いて、いずれの供試体においても乾湿繰り返しに伴い自然電位は卑な値を示し、乾湿繰り返し 2 サイクルまで腐食電流密度は大きくなっていることが分かる。特にこの傾向は、ブリーディング量の増大が確認されている²⁾FACUS60 の上・中部で顕著となっている。その後、自然電位は貴な方向に変化し、腐食電流密度は低減されている。これはフライアッシュを混和したことで乾湿繰り返しに伴うポズラン反応により水平鉄筋周囲のコンクリートが緻密化し、腐食因子の侵入を抑制したためと考えられる。一方、FACUS30 のケースでは、中部④の結果を除いて上部・中部・下部の全ての鉄筋において同程度の値を示していることが分かる。

次に材齢 28 日に測定された酸素透過速度と腐食電流密度のグラフを図5に示す。なお、腐食電流密度は試験期間中に測定された最大値とした。これらの図より酸素透過速度が大きくなるほど発生初期の腐食電流密度は大きな値を示していることが分かる。この結果より、本研究で検討した供試体においてはカソード反応における酸素透過速度が腐食速度を律速していると考えられる。また、材齢 28 日および材齢 91 日に測定された酸素透過速度の比較のグラフを図6に示す。この図より、酸素透過速度は材齢 28 日と比較して材齢 91 日では全体的に小さくなっていることが分かる。この結果は、腐食電流密度が乾湿繰り返し 2 サイクル以降に低減された要因の一つと考えられる。

4. まとめ

本研究により、カソード反応における酸素透過速度が腐食速度を律速している条件においては、乾湿繰り返しに伴うフライアッシュのポズラン反応により表層コンクリートおよび水平鉄筋周囲の領域が緻密化されることで腐食因子の侵入が抑制され、腐食電流密度は低減されることが示唆される。

参考文献

- 1) T.U. Mohammed et al. : Chloride-Induced Corrosion of Steel Bars in Concrete with Presence of Gap at Steel-Concrete Interface, ACI Materials Journal, Vol.99, No.2, pp.149-156, 2002.3
- 2) 仲井ら: 銅スラグ細骨材とフライアッシュを使用した乾燥収縮ひび割れ抑制コンクリートの開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.463-468, 2015
- 3) 木内ら: コンクリートの電気抵抗および酸素浸透について, 土木学会第 38 回年次学術講演概要集 5 部, 38, 265, 1983