

高炉スラグ微粉末の置換率が鋼材腐食に与える影響

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○名古屋 智樹 鐵鋼スラグ協会 正会員 諸岡 等
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の代表的な劣化事例として鋼材の腐食が挙げられる。日本は周辺を取り巻く環境の影響で海から飛来した塩分や、降雪地域では融雪剤を散布により、鉄筋コンクリート構造物では塩害の発生が多く報告されている。塩害対策として高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混和材の使用やかぶりを大きくするといった手段が適用されている。鐵鋼スラグ協会の複合劣化委員会では、日本を取り巻く環境で広く作用すると考えられる「中性化と塩害による複合劣化」について、高炉セメントを用いたコンクリートの検討のため、供試体の長期暴露試験を実施している。

本研究では、鐵鋼スラグ協会の実施試験のうち、高炉スラグ微粉末の置換率が塩害により発生する鋼材腐食に与える影響について10年間暴露した結果を報告する。

2. 実験概要

2. 1 供試体概要

本研究に用いたコンクリートの配合及びフレッシュ性状、標準養生 28 日における圧縮強度を表 1 に示す。作製したコンクリートは W/B=55% としコンクリートの高炉スラグ微粉末(以下 BFS)の置換率は普通セメントに対し、0(以下 N)、20(B20)、30(B30)、40(B40)、50(B50)、60(B60)% とし、置換率の影響を検討した。なお、すべての供試体において、養生は水中養生を 7 日間施した。作製した供試体の寸法を図 1 に示す。供試体は 100×100×200mm のコンクリート試験体に試験面から 30mm の位置に φ13×130mm のみがき丸鋼を設置し、試験面以外の面はエポキシ樹脂塗料で被覆した。

供試体の暴露環境を図 2 に示す。供試体は海水シャワーのあたる場所に暴露し、N は材齢 2.1 年、7.5 年に試験を実施し、BFS を用いた供試体は材齢が 2.1 年および 10.0 年時に試験を実施した。

2. 2 実施試験

全塩化物イオン量測定は塩分測定試料を用いて、JIS

キーワード 高炉スラグ微粉末、置換率、鋼材腐食、塩害、長期暴露試験

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL:03-5859-8356 E-mail:me20105@shibaura-it.ac.jp

表1 コンクリートの配合および諸性状

	W/B (%)	単位量(kg/m³)					スランプ (cm)	Air (%)	圧縮強度 (N/mm²)
		W	C	BFS	S	G			
N	55	167	303	0	801	1043	7.0	4.0	45.5
B20		167	242	61	796	1043	6.5	3.8	41.4
B30		167	212	91	794	1043	10.5	4.9	39.6
B40		167	182	121	791	1043	10.0	3.5	38.1
B50		167	152	152	789	1043	13.0	4.7	35.7
B60		167	121	182	787	1043	8.5	4.0	36.4

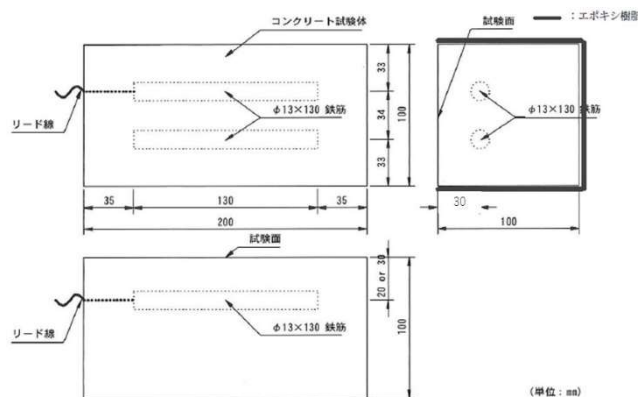


図 1 供試体寸法



圖2 供試體暴露環境(港灣空港技術研究所)

A1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」により、ジョークラッシャーおよび振動ミルを用いて微粉砕し、同分析方法で規定する塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法に基づき定量した。

なお、埋設した鉄筋は定めた材齢時にリード線のついた鉄筋の位置で割裂し、コンクリートから取り出して腐食の観察を行った。

3. 試験結果および考察

3. 1 拡散係数

図3に各材齢における塩化物イオンの拡散係数を示す。材齢2.1年、10年時において、Nの拡散係数は大きく、BFSの置換率が増加すると拡散係数が小さくなる傾向が示された。また材齢の経過により、拡散係数は小さくなり、置換率30%以上の供試体では拡散係数が非常に小さくなることを確認した。これより高炉スラグを置換することで塩分浸透抵抗性が向上し、置換率が増加するとその効果が大きくなると考えられる。

3. 2 鉄筋表面の塩分量

図4にFickの法則から算出したかぶり位置での埋設鉄筋表面の塩分量を示す。土木学会標準示方書においてNの鋼材腐食限界濃度は 1.75kg/m^3 であるが、鉄筋表面の塩分量は2.1年の時点で鋼材腐食限界濃度を大きく上回っていた。一方BFSを用いることで、2.1年では鉄筋表面の塩分量が鋼材腐食限界濃度より小さくなることが確認できた。またスラグ置換率の高いB60では材齢の経過による鉄筋位置での塩分量の差はなかった。以上のことからBFSを高置換率することで、長期間暴露しても塩分が鉄筋に到達しにくく、その理由はBFSを用いたことによるコンクリートの緻密化等が考えられる。

3. 3 埋設鉄筋の状態

図5に材齢7.5年および10.0年における埋設している鉄筋の状態および発錆面積率を示す。なお同一配合における写真は鉄筋の表面と裏面の2方向から撮影した。Nに埋設した鉄筋の発錆面積率は大きかった。一方で、BFSを用いた供試体ではNよりも発錆しておらず、置換率40%以上では発錆面積が著しく小さくなった。

以上よりBFSを用いると、塩化物イオンが浸透しにくくなることから、暴露10年では腐食していないことが確認できたが、高炉コンクリートの緻密化により酸素の透過性が著しく低下すること、鉄筋周りの不動態被膜が破壊されても緻密な膜が生成され腐食を抑制することも検討されているため、今後の課題とする。

4. まとめ

- 1) 高炉スラグ微粉末の置換率が増加すると塩化物イオンの拡散係数が小さくなり、鉄筋位置まで塩分が到達しにくくなった。
- 2) スラグ置換率0%の供試体は早期の段階で鉄筋表

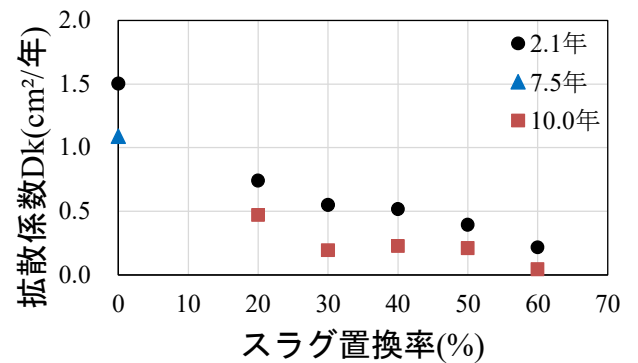


図3 塩化物イオンの拡散係数

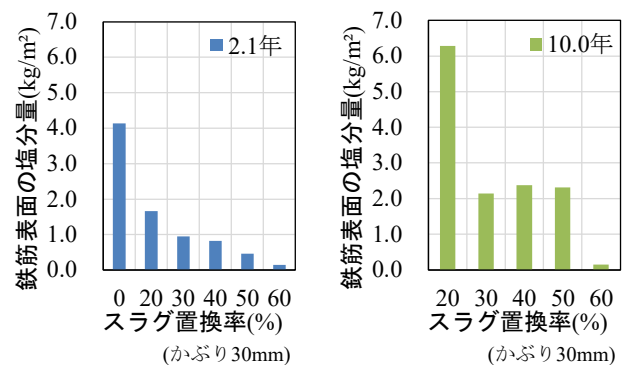


図4 鉄筋表面の塩分量

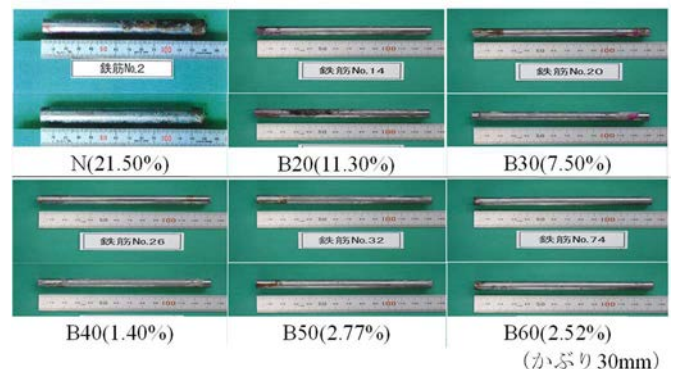


図5 埋設鉄筋の状態および発錆面積率

面の塩分量が鋼材腐食限界濃度を上回った。

- 3) スラグ置換率が40%以上の供試体は長期間暴露を行っても、発錆面積率は著しく小さく、腐食しにくい。

参考文献

- 1) 松本淳一、武若耕司、山口明伸、梅木真理：塩害、炭酸化あるいは複合劣化の各種環境下における最適な高炉スラグ微粉末置換率に関する実験的検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.31、No.1、2009
- 2) 松崎晋一郎、豊村恵理、伊代田岳史：高炉セメントの塩化物イオン固定化特性に関する一検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.33、No.1、2011