

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○近藤哲也

(株)中研コンサルタント 正会員 鈴木宏信

立命館大学理工学部 正会員 高木宣章 正会員 児島孝之

1 はじめに

1986年からシリカフェームを用いた鉄筋コンクリート供試体を海洋環境下（三重県鵜殿港防波堤）に設置し、暴露試験を実施している。本研究では、これまで得られた非破壊試験の調査結果と、試験室に持ち帰った供試体の中性化深さの測定結果などからシリカフェームを用いた鉄筋コンクリート供試体の塩化物腐食に対する抵抗性について検討を行った。

表1 使用材料および配合要因

2 実験概要

表1に使用材料および配合要因を示す。セメントの種類、水結合材比、

設置年	主な使用材料				配合要因		
	セメント	シリカフェーム	細骨材	粗骨材	W/(C+SF)(%)	SF/(C+SF)(%)	かぶり(mm)
1986年	高炉セメントB種	外国産スラリー	野洲川産川砂	野洲川産川砂利	40, 60	0, 15, 30	10, 25
1991年	普通ポルトランドセメント			高機産硬質砂岩	60	0, 15, 30	25
2003年	低熱ポルトランドセメント			砕石	25, 40	0, 5, 10, 15	25

シリカフェーム置換率、かぶりを実験要因とした。供試体寸法は120×120×1300mmとし、異形鉄筋D10を2本配置した。1986年に22体設置し、そのうち1991年に6体、2003年に残りの16体を入れ替えた。表2に暴露試験調査項目と試験室での測定項目を示す。

表2 調査項目および測定項目

調査項目(現地)	測定項目(試験室)
外観観察 自然電位 分極抵抗・コンクリート抵抗 (超音波伝播速度) (鉄筋間電流)	中性化深さ (静的曲げ載荷試験)

3 結果および考察

(1) 軸方向ひび割れおよび自然電位

表3に軸方向ひび割れ発生時の暴露期間と自然電位を、図1に自然電位の経年変化を示す。普通セメント使用のSF/(C+SF)=15%供試体を除き、シリカフェームの混入により自然電位は暴露初期から卑となった。塩化物腐食による軸方向ひび割れ発生時期は、変動はあるものの同一かぶり時では、シリカフェーム混入率が大きいほど、水結合材比が小さいほど早い傾向にあった。また、塩水練りの供試体は水道水練り供試体よりひび割れ発生時期は早かった。普通セメント使用の供試体は、高炉セメントB種使用の供試体より自然電位は暴露初期から卑となったが、ひび割れ発生時期は遅延される傾向にあった。塩化物腐食による軸方向ひび割れ発生時の自然電位は約-400mVであり、ASTM C 876の90%以上の確率で腐食が生じる電位-350mVより幾分卑な値であった。

(2) 分極抵抗およびコンクリート抵抗

図2に分極抵抗とコンクリート抵抗の経年変化を示す。分極抵抗とコンクリート抵抗は、シリカフェームの混入により無混入供試体より増加した。これは、シリカフェームが微細なことによる充填効果とポゾラン作用によるコンクリートの密実化によるためである。シリカフェームによるコンクリートの緻密化により、塩化物イオンの浸透拡散が抑制されるとともに、電気抵抗が大きくなることにより腐食電流が小さくなる。しかし、塩水練り供試体は水道水練り供試体より分極抵抗とコンクリート抵抗が小さく、シリカフェームの効果は期待できない。また、暴露期間が長くなると、これらの抵抗は減少し、軸方向ひび割れ発生後は大きく変動した。

表3 軸方向ひび割れ発生時の暴露期間と自然電位

供試体名*	暴露期間(年)	自然電位(-mV)
BB40-0-10	8	410
BB40-30-10	2	373
BB40-30-10塩	1	386
BB40-0-25	ひび割れ無	—
BB40-30-25	8	448
BB60-0-10	5	435
BB60-15-10	5	383
BB60-30-10	1	392
BB60-0-25	13	433
BB60-15-25	8	514
BB60-30-25	8	571
N60-0-25	ひび割れ無	—
N60-15-25	ひび割れ無	—
N60-30-25	9	442

注*: [セメント]-[W/(C+SF)]-[SF/(C+SF)]-[かぶり]
BB: 高炉セメントB種, N: 普通ポルトランドセメント
塩: 塩水練り(それ以外は水道水練り)

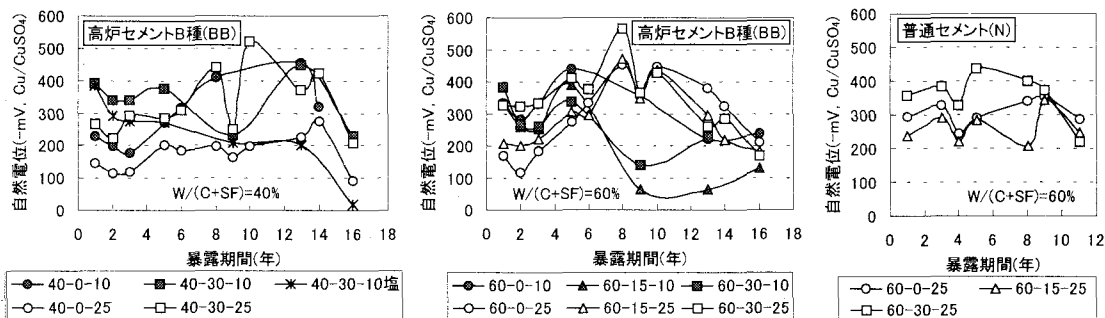


図1 自然電位の経年変化

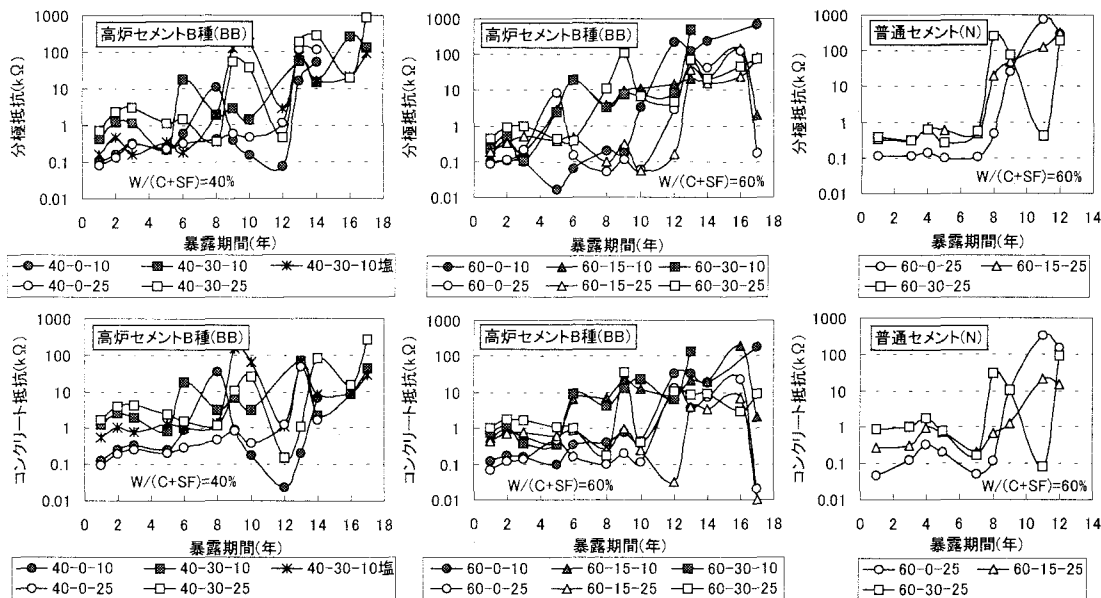


図2 分種抵抗およびコンクリート抵抗の経年変化

(3) 中性化深さ

図3に供試体の中性化深さを示す。供試体の暴露期間は17年である。かぶりに関わらず、シリカフェームの混入により中性化深さは大きくなった。これは、高炉セメントB種を使用していること、シリカフェームを混入することによるセメント絶対量の減少、シリカフェームのポゾラン反応によるアルカリ度の低下などが原因と考えられる。アルカリ度の低下により、鋼材の不動態被膜を破壊する塩化物イオン量が減少し、さらには固定化されていない塩化物イオン量が増加するため、シリカフェームの混入は塩化物腐食に対してはマイナス要因としても作用する。かぶり10mmの $W/(C+SF)=60\%$ のシリカフェームコンクリート供試体は中性化深さがかぶり以上になるものもあった。シリカフェームの混入によりコンクリートの組織は緻密化し、強度は大きくなるが、一般のコンクリートと同様のかぶりを確保し、普通セメントを使用することが必要である。

4 まとめ

シリカフェームの混入によるコンクリートの緻密化により、コンクリートの抵抗が増大し、水分や塩化物イオンなどの浸透は著しく低下する。しかし、自然電位は卑化し、pH値の低下に伴い鋼材発錆時の塩化物イオン量が低下する。そのため、シリカフェームコンクリートでは普通セメントを使用し、一般のコンクリートと同様に十分なかぶりを確保することが必要である。

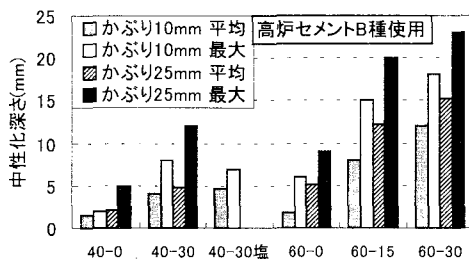


図3 中性化深さ