

海洋環境下に暴露したシリカフュームコンクリートの塩化物腐食に対する抵抗性

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○飯尾展行
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年からシリカフュームを用いた各種鉄筋コンクリート供試体を作製し、海洋環境下（三重県鵜殿港防波堤）で、暴露試験を実施している。本研究は、これまで得られた非破壊試験の調査結果と、暴露試験開始後17年経過した供試体の中性化深さ、圧縮強度、含有塩化物量、鉄筋の腐食量の測定を実施し、シリカフュームを用いた鉄筋コンクリートの塩化物腐食に対する抵抗性について検討を行ったものである。

表1 使用材料および実験要因

設置年	主な使用材料				実験要因		
	セメント	シリカフューム	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	外国産粉体	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	外国産粉体	野洲川産川砂	高槻産硬質砂岸碎石	60	0,15,30	10,25

2 実験概要

表1に使用材料および実験要因を示す。

実験要因はセメントの種類、水結合材比、シリカフューム置換率、かぶりとした。

供試体寸法は120×120×1300mmとし、

異形鉄筋D10を2本配置した。練り混ぜ水は水道水を基本とし、高炉セ

メントB種の40-30-10供試体については塩水(NaCl=3.00～3.14%水溶液)

練りのものも作製した。また、高炉セメントB種を使用した60-0-10、

60-15-10、60-30-10、40-30-10、40-30-10塩の供試体は、ひび割れが進展

したため1991年にエポキシ樹脂で表面補修をした。表2に暴露試験調

査項目と測定項目を示す。図1に供試体の暴露設置断面を示す。

3 実験結果および考察

3.1 中性化深さおよび含有塩化物量

図2に中性化深さを、図3にコンクリート打設面から測定した塩化物浸透量を示す。シリカフュームの混入により中性化深さは大きくなった。これはシリカフュームを混入することによるセメント単位量の減少、シリカフュ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。また、シリカフューム置換率が大きいほど塩化物浸透性が小さくなった。これはシリカフュームの混入によるコンクリートの緻密化のためと考えられる。

3.2 軸方向ひび割れ、自然電位および鉄筋の腐食量

表3に軸方向ひび割れ発生時の自然電位と暴露期間を、図4に自然電位（銅・硫酸銅電極使用時）の経年変化を、図5に鉄筋の質量減少率と鉄筋位置の塩化物量を示す。普通セメント使用時のSF/(C+SF)=15%供試体を除き、シリカフュームの混入により自然電位は暴露初期から卑とな

表2 調査項目および測定項目

調査項目	外観観察、自然電位、分極抵抗、超音波伝播速度、鉄筋間電流
測定項目(測定方法)	中性化深さ(フェノールフタレイン法) 圧縮強度・静弾性係数(JIS A 1107、JIS A 1149・JIS 原案) 含有塩化物量(JCI-SC5) 腐食減少量(35%のクエン酸2アンモニウム溶液に48時間浸漬)

表3 軸方向ひび割れ発生時の自然電位と暴露期間

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

注)*: [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)

** : 暴露5年後表面補修

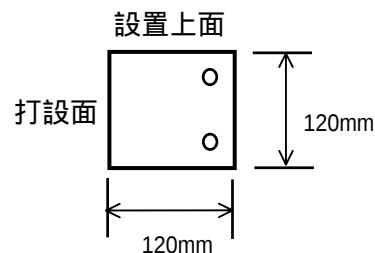


図1 供試体の暴露設置断面

キーワード シリカフューム、中性化、塩化物、鉄筋腐食

連絡先 滋賀県草津市野路東1-1-1 電話 077-566-1111 FAX 077-561-3414

った。軸方向ひび割れ発生時の自然電位は 1～4 年間で測定しているために変動があるものの、全供試体で -350mV より卑であった。同一かぶり時ににおける軸方向ひび割れ発生時期は、シリカフューム置換率が高いほど、水結合材比が高いほど早い傾向にあった。これはシリカフュームの混入によるアルカリ度の低下により鉄筋の不動態被膜を破壊する塩化物イオン量の限界値が減少し、更には固定化されていない塩化物イオン量が増加したためと考えられる。

普通セメント使用供試体は、高炉セメント B 種使用供試体より自然電位は暴露初期から幾分、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。

3.3 コンクリート圧縮強度および静弾性係数

図 6 に暴露 17 年の供試体から採取したコアの圧縮強度と静弾性係数を示す。圧縮強度と静弾性係数の値は、かぶり 10、25mm 供試体の平均値を示す。圧縮強度は水結合材比にかかわらず、シリカフューム置換率の増加に伴い増加した。しかし、静弾性係数は、シリカフューム置換率の増加に伴い幾分、低下した。これは、健全なシリカフュームコンクリートの特性と同様の傾向にあった。

4 まとめ

シリカフュームの混入によるコンクリートの緻密化により、圧縮強度は増大し、塩化物浸透量は低下した。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減少するために、腐食は促進された。そのため、シリカフュームコンクリートでは、シリカフューム置換率を 15%以下にして普通セメントを使用し、水結合材比を小さくし、かぶりを十分に確保する必要がある。

