

カルシウム溶脱モルタルの Ca/Si 比と空隙率との関連性の検討

東京電力 正会員 玉井 猛, 久保田 克寿
 東電設計 正会員 中野 靖, 白土 博司
 大林組 正会員 人見 尚, 竹田 宣典

1. はじめに

長期間供用されたコンクリート土木構造物の水接部は、カルシウム(Ca)の溶脱を生じ、空隙率の増加、さらに強度の低下に至る懸念がある。数十年経過のコンクリートでも溶脱範囲は数cm程度と狭い範囲で生じているため¹⁾、溶脱による空隙率変化の程度を精度の良く把握することが困難であった。

本報告では、溶脱したコンクリートの空隙率の変化の精度良い把握を目的として、電気化学的劣化促進試験により、溶脱状態を人工的に作り出したモルタル試験体に対し、EPMA観察で求めた溶脱程度の指標として用いられているセメントペーストのケイ素(Si)とCaの比(Ca/Si比)と、水銀圧入法で求めた空隙率の詳細な関連性の検討を試みた。

2. 実験方法

観察対象としたのは、表-1に示す配合の水セメント比(W/C)30, 55 および 80%の3水準のモルタル試料である。セメント(C)は普通ポルトランドセメント、細骨材(S)は標準砂を用いた。

試料は、直径50mmで厚さ10mmの円盤状に加工し、電位差10Vで9週間の電気化学的劣化促進試験に供したものである。これらの試料に対し、EPMA観察と水銀圧入法による空隙率の測定を行った。なお、空隙率の測定においては、ワイヤーカッターを用いて溶脱面に平行に幅1.5mmに分割して分析を行った。

3. 実験結果

3.1 モルタル試料のEPMA観察

観察は、溶脱面に鉛直な面で切断した面に対し行った。図-1に W/C55%試料断面の Ca/Si 比を、上方を溶脱面にとったものを示す。観察領域は縦が10mm、横が15mmである。溶脱面から遠い内部の Ca/Si 比の均一な部分から色調の変化する部分までを溶脱範囲とすると、その幅は目視により2.8mmとなった。

試料は溶脱面に対し均質な分布を形成しているた

表-1 モルタルの配合

W/C	S/C	単位量 (kg/m ²)		
		W	C	S
0.30	1.31	258	861	1128
0.55	2.57	286	521	1338
0.80	3.84	298	373	1431

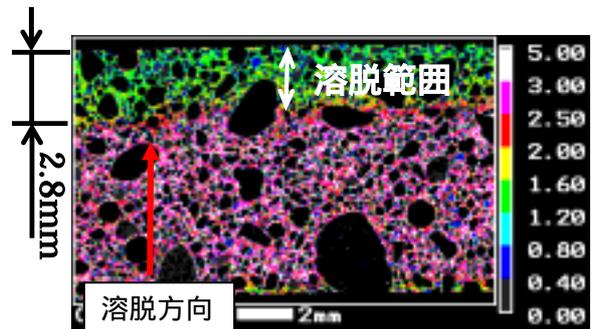


図-1 W/C55%モルタル試料の Ca/Si 比

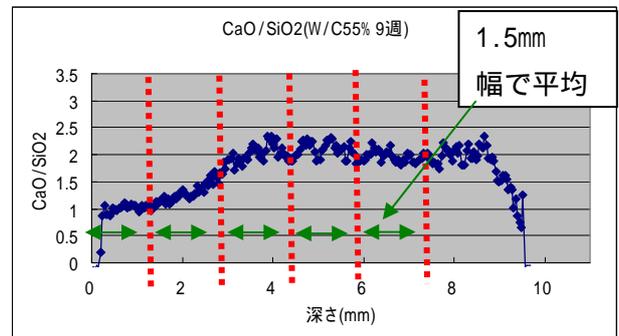


図-2 数値化した Ca/Si 比

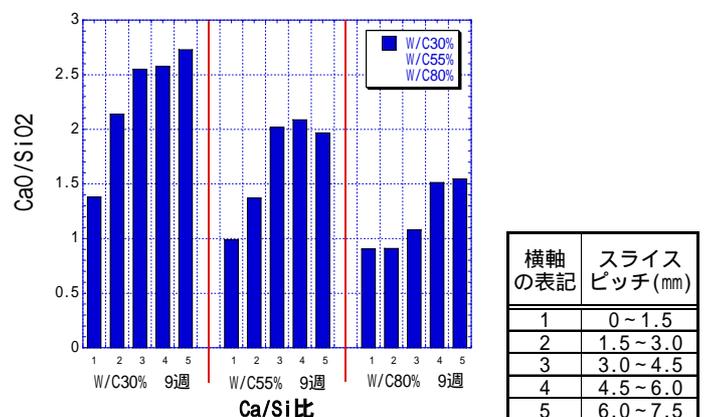


図-3 1.5mm 区間で平均化した Ca/Si 比

キーワード コンクリート溶脱, 電気化学的劣化促進試験, 空隙率, Ca/Si 比

連絡先 〒-204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640/ TEL: 0424-95-0930/ 人見 尚

め、溶脱面に平行な短冊状の区間に分割し、領域ごとの平均値として Ca/Si 比を求めた。図-2 に W/C55% の試料の Ca/Si 比分布を示す。溶脱面から Ca/Si 比の減少している範囲を溶脱範囲として定量的に確認できる。ここでは、空隙率との比較のため、図-2 の点線で区切った 1.5mm の区間で Ca/Si 比の平均を求めた結果を W/C が 30% ,80% の場合も含め、図-3 に示す。W/C が 30% と 55% の試料では 0~3.0mm , W/C80% の試料では 0~4.5mm の区間で溶脱による Ca/Si 比の低下が現れている。なお、本測定で得られた EPMA の結果では、細骨材微粉の一部がセメントのケイ素成分と混合してしまい、純粋なセメント部分の Ca/Si 比となっていないという問題がある。

3.2 空隙率の測定結果

試験体を溶脱面から深さ 1.5mm 毎に採取した試料の空隙率を、水銀圧入法を用いて得られた総細孔容積から換算した。結果を図-4 に示す。

図-4 から、W/C が大きいほど、空隙率の増加範囲が深部まで及んでいる。これは、W/C が大きいほど(劣化促進試験を行う前の)初期状態の空隙率が大きいため、Ca の溶出が深部まで及んだものと考えられる。また、W/C が小さいほど、溶脱面付近での急激な空隙率の増加を示しており、これは、図-3 における Ca/Si 比の低下と調和的な傾向を示している。

3.3 Ca/Si 比と空隙率の比較

図-3 に示した Ca/Si 比の平均値と、図-4 に示した空隙率の関係を整理したものを図-5 に示す。Ca/Si 比と空隙率の間には負の相関関係が見られ、W/C が異なる試料でも、Ca/Si 比と空隙率の間には、ほぼ同様な相関性を示す結果となった。

4. おわりに

溶脱面から段階的に溶脱状させたモルタル試料の Ca/Si 比と空隙量との関連性を検討した。溶脱モルタル試料の EPMA 観察結果より、深さ方向の Ca/Si 比の分布を求め、溶脱程度の定量的な把握を行った上で、1.5mm 区間で Ca/Si 比を平均化することにより、水銀圧入法で得られる同区間の空隙率との関連性の検討が可能となった。また、W/C が異なる試料でも、Ca/Si 比と空隙率の間には、ほぼ同様な相関性が示された。

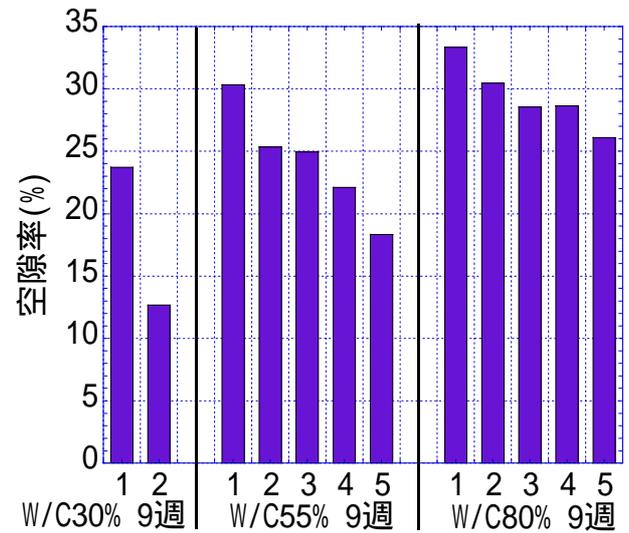


図-4 1.5mm 区間で求めた空隙率

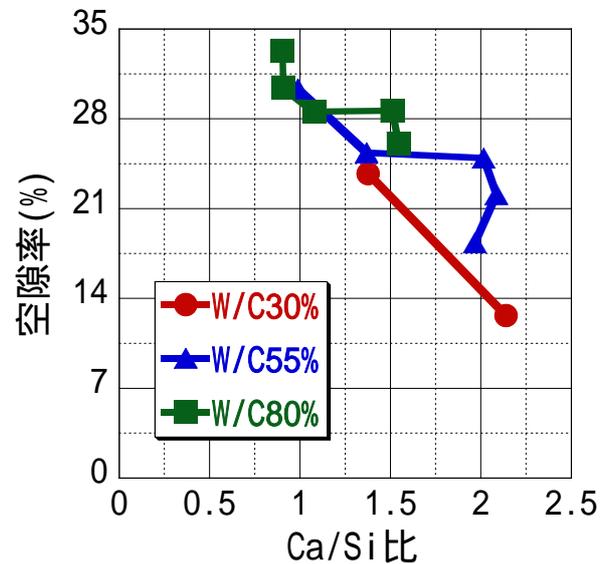


図-5 Ca/Si 比と空隙率の関係

今後の課題として、以下の2点が挙げられる。現在の EPMA では、細骨材微粉も Ca/Si 比分布の算出に用いてしまう。算出時の微粉の排除方法の検討が必要である。また、コンクリート試料では、今回のような均一な溶脱状態にならないと思われるため、Ca/Si 比分布の定量化方法についての検討が必要である。

[参考文献]

1)70 年以上供用したコンクリート構造物における溶脱劣化調査について、コンクリート技術シリーズ 53, 土木学会, pp.185-190, 2003