

カルシウム溶脱によるモルタル中の細孔径分布の変化

大林組 正会員 ○人見 尚, 竹田 宣典
 東電設計 正会員 中野 靖, 白土 博
 東京電力 正会員 糰田 茂樹, 玉井 猛

1. はじめに

地下水に常時接しているコンクリート構造物は、長期間の供用に伴いカルシウム(Ca)の溶脱が発生し、空隙率の増加や強度の低下により構造物の要求性能を満足できなくなる懸念がある。Ca溶脱はゆっくりと進行する現象であるため、カルシウム溶脱に伴う水和組成物の変化や細孔の変化は、十分に明らかにされていない。

本報告では、モルタル試験体を用いて電気化学的劣化促進試験を行い、EPMAと細孔径分布測定、示差熱分析により溶脱状況の把握を行った。

2. 試験方法

(1) 試験体の仕様

観察対象としたモルタルの配合を表-1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は ISO の標準砂を用いた。試験体は、37 日間の標準養生の後、直径 50mm、厚さ 10mm の円盤状に加工し、電位差 12.5V で 20 週間の図-1 に示す電気化学的劣化促進試験に供し人工的に溶脱させた。試料採取位置を図-2 に示す。溶脱方向に鉛直な面で 2mm 毎に切断したものを分析試料とした。

(2) 試験項目

試験は、①溶脱程度の把握のために試験体の溶脱方向に平行な切断面での EPMA 観察、②2mm 毎に切断した試料に関して、CH 量の把握のために示差熱分析、③細孔径分布の把握のために水銀圧入法により直径 6nm~60000nm の細孔の測定を行った。

3. 試験結果

(1) EPMA 観察

EPMA の結果のうち溶脱方向に鉛直な面で平均化した CaO/SiO₂ モル比を図- 3 に示す。CaO/SiO₂ モル比は、陰極側から 0~6mm までの範囲で溶脱方向に向かい約 1.6 以下のゆるやかに減少する傾向がみられ、6~7mm の区間では約 2.5 から 1.6 まで急激に減少する傾向

表-1 モルタルの配合

W/C	S/C	単位量 (kg/m ³)		
		水	セメント	細骨材
0.55	2.57	287	522	1341

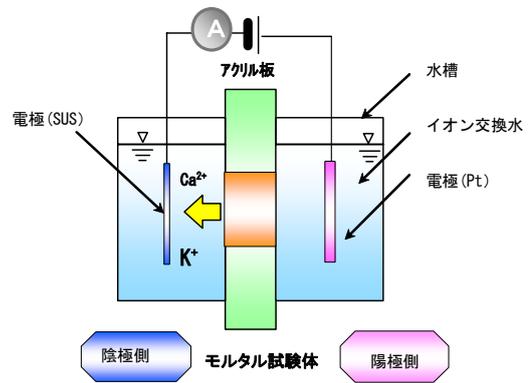


図- 1 電気化学的劣化促進試験

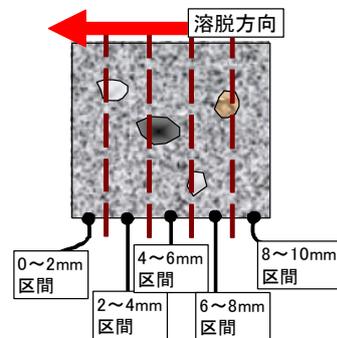


図- 2 試料位置

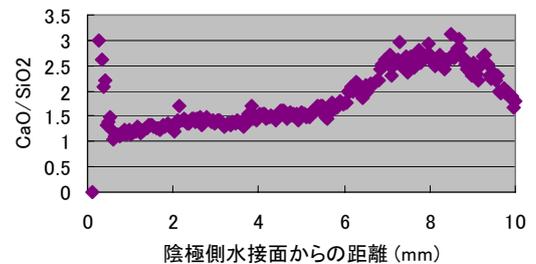


図- 3 EPMA による試験体の CaO/SiO₂ モル比

キーワード コンクリート溶脱, 電気化学的劣化促進試験, EPMA, Ca/Si 比, 示差熱分析, 水銀圧入法
 連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640/ TEL : 042-495-0930/ 人見 尚

表-2 示差熱分析結果

試料			含有率 (%)
W/C (%)	S/C	深さ (mm)	CH (Ca(OH) ₂)
55	2.57	0~2	0.00
		2~4	0.00
		4~6	0.00
		6~8	3.41
		8~10	3.62

が見られた。このことから、厚さ10mmの試験体のうち、7mm程度が溶脱したと判断された。

(2) 示差熱分析

示差熱分析の結果を表-2に示す。セメント水和物のうち、水酸化カルシウム(CH)は0~6mmの区間まで見られず、6~8mmより深い部分でのみ見られた。このことより、示差熱分析の結果では6mmの範囲で溶脱したと判断された。

(3) 細孔径分布

(2)で用いた試料に対し、水銀圧入法による細孔径分布を求めた。図-4に各区間の総細孔容積を示す。溶脱方向に沿って総細孔容積の増加が見られた。深さ0~2mmの区間の総細孔容積は6~8mmの区間に比べ66%の増加となった。

図-5に示差熱分析においてCHの存在する深さ6~8mmの区間とCHの存在しない深さ4~6mmの区間の試料の細孔径分布の比較を示す。後者は前者に比べて径が30~2000nmの範囲の細孔容積の増加が見られた。したがって、CHの溶脱によって、径が30~2000nmの範囲の細孔容積が増加することが確認された。

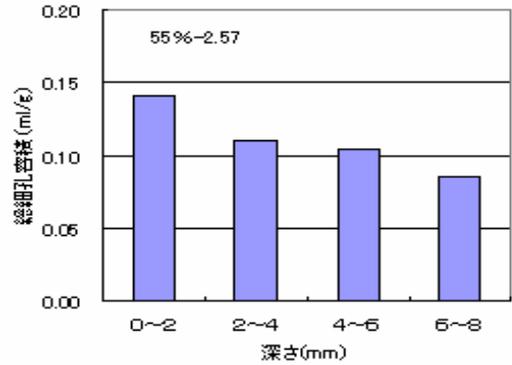


図-4 各区間の総細孔容積

また、図-6にいずれもCHの消失している深さ4~6mmの区間、深さ2~4mmの区間および深さ0~2mmの区間の試料の細孔径分布の比較を示す。陰極側に近い試料ほど径が6~300nmの範囲の細孔容積の増加する傾向が見られた。この区間ではいずれもCHは存在しないため、カルシウムシリケート化合物(CSH)中のCaの溶脱に伴い6~300nmの範囲で細孔容積が増加すると推察される。

4. まとめ

溶脱によってモルタル組織からCaが溶出するが、初期段階ではCHの溶脱に伴い比較的径の大きな細孔が増加し、次いでCSHの溶脱が発生に伴い比較的径の小さい細孔が増加すると考えられる。したがって、溶脱する化学成分によって、増加する細孔の径は異なると考えられる。

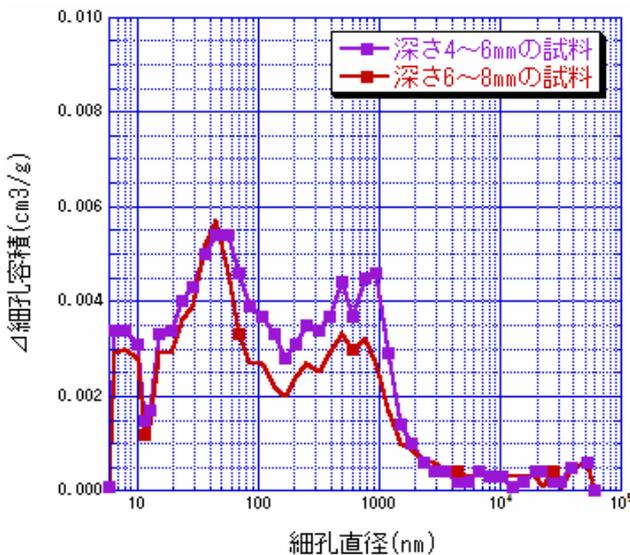


図-5 CHの有無による細孔径分布の比較

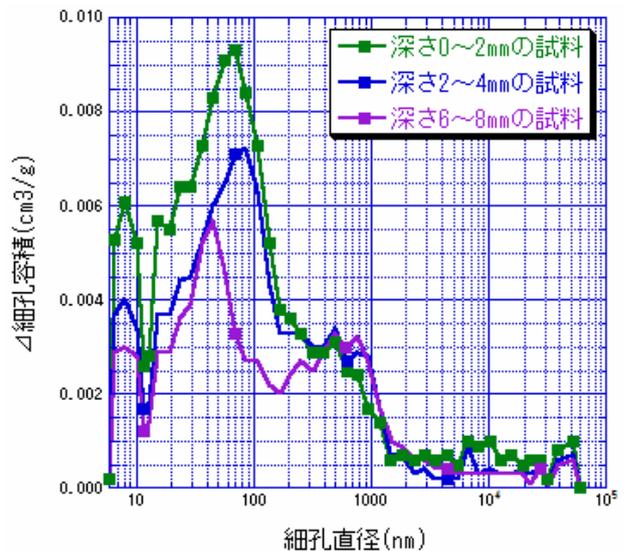


図-6 CHの消失した区間の細孔径分布の比較