

V-123

電気的手法によるコンクリートの劣化促進試験
その2. 模擬コンクリートを用いた変質状態の調査

(株)大林組 技術研究所 正会員 田島 孝敏
 (株)大林組 技術研究所 正会員 斉藤 裕司
 (株)大林組 技術研究所 正会員 中根 淳
 (財)原子力環境整備センター 藤原 愛

1. まえがき

超長期間、水と接することになるコンクリートでは、水和物が徐々に溶解していくことによる劣化が考えられる。筆者等は試験体に電位勾配を与えて水和物の溶解を促進させる試験法を提案し、各種セメントの劣化特性を報告した。本試験法では試験が行いやすいモルタル試験体を用いるが、その結果からコンクリートの劣化を予測するには、粗骨材の存在がCa溶出量や変質状態に及ぼす影響を明らかにする必要がある。本報告は、コンクリートを模擬した試験体について劣化促進試験を行い、変質状態、特に水和組織がポーラスで溶解しやすいと考えられる遷移帯に着目して試験・検討した結果を述べている。

2. 試験概要

(1) 試験体： 図-1に示すように、使用した模擬コンクリート試験体の断面寸法は断面が25mm角で長さが50mmの直方体とした。試験体は、断面が15mm角で長さが45mmの石材を型枠の所定の位置に設置した後、テーブルバイブレーターを使用してモルタルを型枠内に充填・成型した後、20℃の標準水中養生を4週間行った。表-1に示すように、モルタルに用いた材料は普通ポルトランドセメントと豊浦産の標準砂で、配合は水セメント比が40%、砂セメント比が1.5と0.55の二種類とした。なお、目標フロー値を250mmに設定し、高性能AE減水剤（ポリカルボン酸系）を添加した。

(2) 劣化促進試験方法： 模擬コンクリート試験体を埋め込んだアクリル板の両側に約1リットルのイオン交換水を入れた容器を固定し、その中に電位勾配を与えるための電極を設置し、3ヶ月間10V/cmの電位勾配を与えて水和物の溶解を促進させた。

(3) 水和組織の変質状態： 劣化促進試験による水和組織の変質状態を調べるため、試験前と試験3ヶ月後の試験体をダイヤモンドカッターで二分割し、その断面を目視観察した後、EPMAによる反射電子像の観察とCa/Siモル比の分布を測定した。

3. 試験結果と検討

(1) 試験開始時の水和組織（遷移帯の形成）：

促進試験前に粗骨材周囲の遷移帯の形成状況を確認するため行ったEPMAによる反射電子像とCa/Siモル比の分布図を写真-1に示す。S/C=1.5の試験体では、粗骨材の上面には遷移帯の形成は認められなかったが、下面に厚さ数10 μ mのポーラスな遷移帯が連続して形成されていた。一方、S/C=0.55の試験体では、粗骨材の上、下面とも明瞭な遷移帯の形成は認められなかった。

(2) 促進試験後の変質状態

a. 目視観察： 両試験体の断面を写真-2に示す。両試験体とも変質領域は明確に識別でき、変質境界から陰

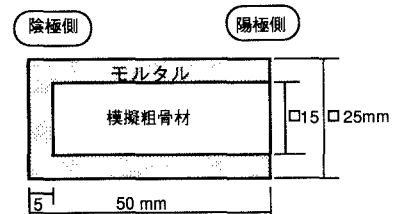


図-1 試験体の形状

表-1 材料と配合

セメント	普通ポルトランドセメント
細骨材	標準砂（豊浦産）
粗骨材	石材（御影石）
添加剤	高性能AE減水剤
配合	水セメント比：0.4
	砂セメント比：1.5、0.55

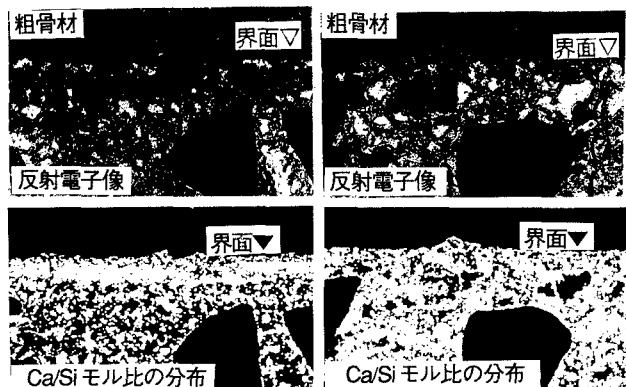


写真-1 粗骨材下面の反射電子像と Ca/Si モル比の分布

極側の水和組織は粗くなっている。変質は陰極側から進行するものの、その進行の様子は配合によってやや差異が認められる。骨材下面にブリーディングのためと推察される明瞭な遷移帯の形成が認められた配合（ $S/C=1.5$ ）では、上面側の変質境界の進行は一樣ではなく、粗骨材表面に近いほど変質範囲が急激に減少していた。この事象は、ブリーディングにより粗骨材上面付近ほど水和組織が緻密になっていたためと推察される。下面側では、底面ほど変質範囲がやや減少する傾向が認められた。一方、粗骨材下面に明瞭な遷移帯の形成が認められなかった配合（ $S/C=0.55$ ）では、上・下面とも変質境界の進行はほぼ一樣である。

b. EPMAによる測定： 両試験体下面の変質境界近傍における反射電子像とCa/Siモル比の分布図を写真-3に示す。反射電子像では、両試験体とも目視で変質していると判断される部分は組織が粗く全体的に暗く灰色がかっているが、未変質と判断される部分は全体的に明るく表れており、反射電子像からセメント水和物の変質しているかどうか判断できる。

次に、Ca/Siモル比は反射電子像で識別された変質境界を境に明確に異なり、Ca/Siモル比は未変質部で2以上、変質部では2以下を示し、変質部の未変質部に比べ変質部では、Ca/Siモル比が減少している。また、 $S/C=1.5$ の場合に形成されていた粗骨材下面の遷移帯の変質に着目すると、モルタル部の変質境界と遷移帯での変質境界はほぼ一致していると判断され、溶解しやすいと

予想された遷移帯の変質がモルタル部よりも進行しているとはいえない。

4. まとめ

水セメントが40%で、砂セメント比が1.5,0.55の2種類の配合の模擬コンクリート試験体を用いて劣化促進試験を行い、水和組織の変質状態、特に、粗骨材界面に形成される遷移帯の劣化に着目した劣化促進試験を行い、以下のことが明らかとなった。

- (1) 砂セメント比が1.5の模擬コンクリートでは、粗骨材下面に厚さ数 $10\mu\text{m}$ の遷移帯が形成されてた。
- (2) EPMAによる変質境界付近の分析結果によれば、組織が粗く、溶解しやすいと考えられた遷移帯の変質がモルタル部に比べ先行して進んでいるとはいえないと判定され、モルタル部での変質範囲がコンクリートでの変質範囲としてよいと判断される。
- (3) 砂セメント比が0.55の調査は、変質境界が粗骨材の上・下面ともほぼ均一に進行する。一方、砂セメント比が1.5の調査では不均一に進み、粗骨材の上面では粗骨材に近づくほど少なく、下面では粗骨材近傍でくさび形に変質する特長が認められた。この事象はブリーディングに起因する水和組織の不均一さのためと推察される。

参考文献

- 1) 田島他：電気的手法によるコンクリートの劣化促進試験、その1.各種セメントの劣化特性について、土木学会第49回年次学術講演会、第V部門、pp 486-487,1994.9

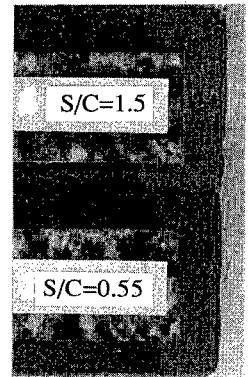


写真-2 試験体の断面

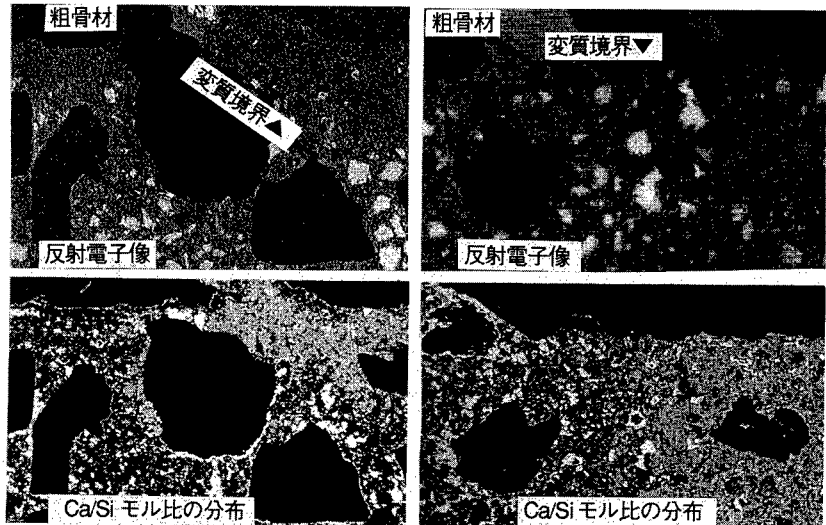


写真-3 粗骨材下面の反射電子像と Ca/Siモル比の分布