

V-115 電気化学的手法を用いたモルタルの変質に伴う強度と透水係数の変化 (1)

（株）大林組 技術研究所 正会員 田島 孝敏 斎藤 裕司
東京電力（株）原子力技術部 正会員 出口 朗 高橋 美昭

1. まえがき

電気化学的手法は、水和生成物の溶脱現象を促進できる有力な試験方法である¹⁾。本報告では、長期間水と接したコンクリートの圧縮強度と透水係数が、水和物の溶脱に伴ってどのように変化するかを、量と質を異にする水和組織の構造変化の面から検討してみた。ここでは、水和組織の量の違いを検討するために細骨材量を変えた試験を、質の違いを検討するため水セメント比を変えた試験を、それぞれ行った。

2. 試験概要

試験に用いたモルタル試験体の配合を表-1に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを、細骨材は豊浦産の標準砂（実積率：57.2%）をそれぞれ使用した。No. 1～4のグループは、水セメント比を41%一定とし、細骨材量の割合（S/Slim：実積率に対する細骨材の容積比）を4水準とした。No. 5～8のグループではS/Slimを50%一定とし、水セメント比は4水準とした。試験体の形状寸法は直径25mm、長さ100mmの円柱状とし、4週間20℃の標準水中養生を行った。10V/cmの電位勾配を与えた促進試験を約4か月行った後に、試験体を取り出し、変質状態を調査するとともに変質境界で変質部と未変質部とに分割し、それぞれ類似の長さにした後、それぞれの圧縮強度と透水係数を測定した。圧縮強度はJIS A 1107に準じて測定し、透水係数はアウトプット法により測定した。なお、使用した水圧は0.6～1.5N/mm²とした。

3. 試験結果と検討

(1) Ca溶出量

約4か月間に溶出したCa量を表-2に示す。砂セメント比が大きいくほど、水セメント比が小さくなるほど、Ca溶出量は減少している。前者は、単位セメント量が減少するため、後者は水和組織が緻密化するためとそれぞれ推察される。

(2) 劣化促進試験後の水和組織の変化

図示しないが、いずれの試験体においても変質した部分は明確に識別でき、変質境界から陰極側では水和組織は粗くなっていた。その範囲は配合によって異なり、表-2に併記したように、陰極側表面から約11～22mmの範囲であった。X線回折法によれば、未変質部の主な水和生成物は試験前と同様に、Ca(OH)₂、C-S-Hおよびモノサルフェートであり、変質部の水和生成物はC-S-Hのみで、Ca(OH)₂とモノサルフェートは消失していた。化学分析によるC-S-HのCa/Siモル比の測定結果によれば、未変質部のC-S-HのCa/Siモル比は、1.9～2.2と試験開始時と類似していたが、変質部のC-S-HのCa/Siモル比は、1～1.2と約半分減少しており、C-S-Hも変質していると判断された。

変質促進試験終了後の各試験体について測定した細孔量

表-1 試験体の配合

試験体 No.	W/C	S/C (S/Slim) [%]
1	0.41	1.62 (80)
2	0.41	1.00 (60)
3	0.41	0.57 (40)
4	0.41	0.25 (20)
5	0.32	0.67 (50)
6	0.41	0.77 (50)
7	0.50	0.89 (50)
8	0.60	0.97 (50)

表-2 Ca溶出量、変質範囲、細孔量

試験体 No.	Ca溶出量 [mg]	変質範囲 [mm]	細孔量 PV/Vp [cc/cc]	
			変質部	未変質部
1	1,258	14.4	0.505	0.261
2	1,757	15.2	0.482	0.212
3	2,034	15.5	0.463	0.215
4	2,303	15.8	0.471	0.209
5	1,449	11.2	0.435	0.173
6	1,925	15.5	0.474	0.210
7	2,130	21.3	0.537	0.295
8	2,128	22.1	0.622	0.341

水和生成物、溶脱、変質、圧縮強度、透水係数

〒204-0011 東京都清瀬市下清戸4-640 TEL 0424-95-0970 FAX 0424-95-0908

を表-2に併記した。細孔量はセメントペースト容積当たりの値 (PV/Vp) で表示している。変質部と未変質部を比較すると、細孔量は各試験体とも変質によって1.8～2.5倍まで増加し、いずれも水和生成物の溶脱に伴って水和組織がポーラスになっていた。

(3) 圧縮強度と細孔量との関係

圧縮強度と細孔量 (PV/Vp) との関係を図-1に示す。未変質部と変質部とに二分されるものの、細孔量が増加するほど圧縮強度は低下する傾向が明瞭に認められ、変質部の圧縮強度は未変質部に比べて8～20%の値しか示さず、水和生成物の溶脱に伴って圧縮強度は著しく低下することが明らかとなった。上述した変質部の強度低下の主要原因は、水和生成物が溶脱して水和組織がポーラスになったためと判断される。

(4) 透水性と細孔量との関係

透水係数をモルタル中のセメントペーストの容積比で割った値 (K_w/V_p) と細孔量 (PV/Vp) の関係を図-2に示す。 K_w/V_p で表示した理由は、水和組織の構造から透水性を検討するためである。両者の間には密接な関係が認められ、PV/Vpの増加に伴って $\log K_w/V_p$ は、ほぼ比例的に増加し、変質によって透水係数は2～3オーダー増加する。この結果から、水和生成物の溶解によって水和組織がポーラスとなり透水係数は著しく増加することがわかった。また、変質に伴う透水係数の増加程度は、水和組織の細孔構造の増加程度から推定可能と判断される。水和生成物の変質状態を示す指標の一つであるCa溶出量と水和組織の細孔構造の増加との関係は、水和生成物の構成とも関係していることが考えられ、その関係づけは今後の課題である。

4. まとめ

水和生成物の溶脱に伴う変質によって、コンクリートの圧縮強度と透水係数がどのように変化していくかを明らかにするための実験的検討を行った。水和組織の変化の観点から試験結果を解析し、以下のことが明らかとなった。

- ① Ca溶出量は、配合の違いによって異なった。細骨材量が多い配合ほどCa溶出量は減少し、水セメント比が小さい配合ほどCa溶出量は減少した。
- ② モルタルの変質部の細孔量は未変質部に比べて約2倍増加し、水和組織がポーラスになっていた。
- ③ 変質によってモルタルの圧縮強度は8～20%まで低下し、透水係数は2～3オーダー増加した。圧縮強度及び透水係数の変化と細孔量の変化との間にはそれぞれ密接な関係が認められ、圧縮強度及び透水係数の変化は細孔量の増加のためと判断された。

5. あとがき

本報告は、電力10社による電力共通研究の成果の一部である。また、耐久性の向上を意図した配合について同様の検討を引き続き行う予定である。

参考文献

- 1) 斉藤ほか：拡散と電気化学的促進手法によるモルタルのCa溶出に伴う変質試験、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19、No.1、pp.1009-1014、1997

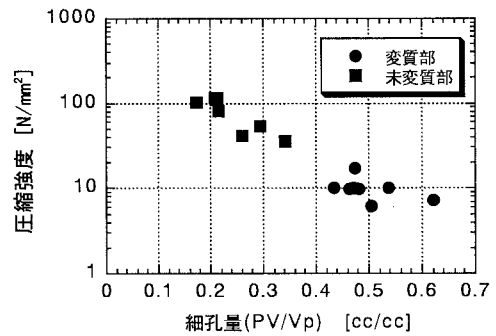


図-1 細孔量と圧縮強度の関係

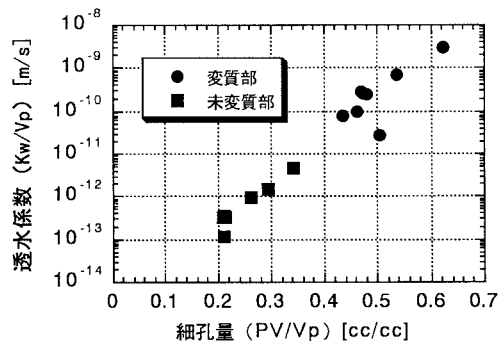


図-2 細孔量とペースト容積当たりの透水係数の関係