

V-405 セメントペーストの含水比と比抵抗に関する実験的研究

早稲田大学理工学部 学生員 井上勝伸
 早稲田大学理工学部 正会員 関 博
 東電設計株式会社 正会員 金子雄一

1. はじめに

近年コンクリート中の鋼材の腐食を抑制する手段として電気防食が注目を集めており、コンクリートは導体として作用している。コンクリートの抵抗に関しては、電気的モデルを検討する報告も見られるが¹⁾、コンクリートの電気的性質である“比抵抗”に関する研究例は極めて少ない。今回は、一昨年²⁾及び昨年³⁾の研究に引き続き、コンクリートの主要な導電部であるセメントペーストについて、含水比と比抵抗の関係を実験的に検討した。

表1 供試体の配合

水セメント比 W/C %	単 位 量 (kg/m ³)			
	水 W	セメント C	減水剤	A E 剤
40	551	1396	6.98	0.21
50	606	1225	6.13	0.18
60	650	1092	5.46	0.16

2. 実験方法

各セメントペーストの配合を表1に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを、水は水道水を用い、モルタルミキサー（容量5ℓ）により練り混ぜた。全ての供試体はφ5×h10cmの型枠を用いて打設し、脱型後打ち上がり面が上部となるように約半分（φ5×h5 cm）に切断した。材令3日で脱型後、材令1週間まで気中養生した後、水温が19℃の水槽で3週間以上の水中養生を行った。その後、水晶低温恒温恒湿器を用いて表2の各環境に1週間設置した。比抵抗は図1に示すように、供試体の両面に塩化ナトリウム水溶液とカルボキシル・メチル・セルロースを練り混ぜたゲル状の物質（以下 CMCと記す）を塗り、銅版を電極として、交流を印加させ（負荷電圧10mV、周波数範囲10mHz～100kHz内において3 steps/decadeでスイープ）、周波数1kHzでの交流インピーダンスの実数成分を抵抗成分とし、次式により比抵抗を算出した。

表2 供試体の設置環境

温度	湿度
10℃	60、75、90、100%
20℃	60、75、90、100%
35℃	60、75、90、100%
50℃	60、75、90、100%

$$\rho = \frac{Z' \times A}{\ell} \quad (\Omega \cdot \text{cm})$$

ここで、Z'：周波数1kHzでの実数成分(Ω)

A：供試体の断面積(cm²)

ℓ：供試体の長さ(cm)

また比抵抗測定終了後105℃で炉乾燥した供試体の重量を絶乾重量とし、次式で含水比を求めた。

$$\text{含水比} = \frac{\text{試験時の重量} - \text{絶乾重量}}{\text{絶乾重量}} \times 100 (\%)$$

3. 実験結果及び考察

図2に今回の実験で得られたCole-Cole plotの一例を示す。本図は環境条件が20℃、60%で設置された水セメント比が50%の供試体について得られたものである。この図から、ペースト/CMC及びCMC/電極界面の電気モデルが抵抗とコンデンサーの並列回路で表わされることが分かる。また同図から、CMC自身の抵抗は供試体本体の抵抗に比べてわずかであり、周波数1kHzでの実数成分をペーストの抵抗と考えることが出来ると思われる。

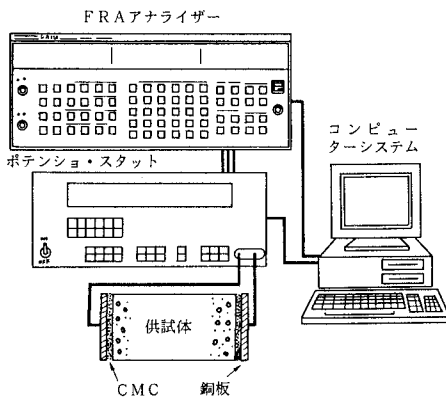


図1 実験装置概要図

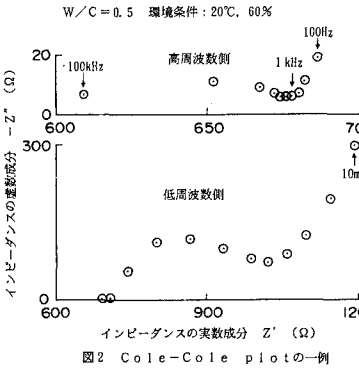


図2 Cole-Cole plotの一例

表3 上部・下部別の比抵抗及び含水比 (設置環境: 20°C, 90%)

供試体	水セメント比	測定部分	比抵抗 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	含水比 w (%)	比較値
コンクリート	W/C=0.6	上部	10574	5.7	1.06
		下部	9945	5.5	
ペースト	W/C=0.4	上部	1904	20.8	1.08
		下部	1757	20.7	
	W/C=0.5	上部	1569	25.9	1.07
		下部	1473	25.7	
	W/C=0.6	上部	1299	31.1	1.02
		下部	1279	29.1	

* 比較値 = 供試体上部の比抵抗 / 供試体下部の比抵抗
 ** $s/a = 0.5$

実験で得られた比抵抗及び含水比は上部3個、下部3個、計6個の供試体から得られた値の平均であるが、表3を見ると、上部が下部に比べ、含水比が大きいにもかかわらず、わずかにその比抵抗が大きくなる。これは、ブリージング等による細孔溶液の組成の違いや細孔径分布の違いによるものと思われる。同表には参考のため、昨年度行なった、水セメント比が60%、細骨材率が50%のコンクリート供試体についても示してある。

また、図3に環境温度が35°Cでの各供試体の含水比と比抵抗の関係を示す。同一含水比における各供試体中に存在する空隙水の量は、含水比の計算式から、水セメント比が大きいほど少なくなる。したがって、同一含水比での比抵抗は、図3のように、水セメント比が大きいほど大きくなると思われる。

図4では水セメント比が60%の供試体の各環境温度及び各環境湿度における含水比と比抵抗の関係を示す。この図から、水セメント比が一定で、含水比が等しいときには、環境温度が上昇するにたがって比抵抗が減少することが分かる。これは、環境温度が上昇すると電流の担い手であるイオンや電子が熱力学的に活発になるため、キャリアーが移動しやすくなったためと思われる。

4. まとめ

本実験範囲では以下のことが明らかとなった。

- (1) 供試体上部の比抵抗は下部のものよりも大きくなった。
- (2) 同一温度及び同一含水比では、水セメント比が大きいほど比抵抗も大きくなる。
- (3) 同一水セメント比及び同一含水比では、環境温度の上昇にともない比抵抗は減少する。

【参考文献】

- 1) W. J. McCarter, R. Brousseau: THE A. C. RESPONSE OF HARDENED CEMENT PASTE, CEMENT and CONCRETE RESEARCH, vol. 20, No. 6, 1990, pp. 891~900
- 2) 北峯博司, 関 博, 金子雄一: コンクリートの含水比と抵抗率に関する実験的研究, 土木学会第45回年次学術講演会講演概要集第5部, 1990, pp. 774~775
- 3) 北峯博司, 関 博, 金子雄一: コンクリートの含水比と比抵抗に関する実験的研究, 土木学会第46回年次学術講演会講演概要集第5部, 1991, pp. 194~195

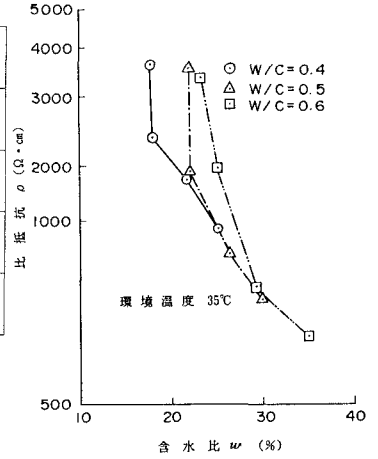


図3 水セメント比の違いによる含水比と比抵抗の関係

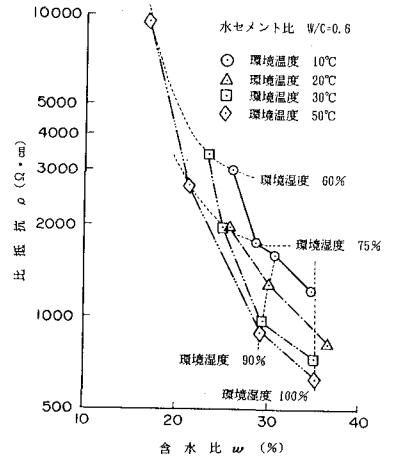


図4 環境温度の違いによる含水比と比抵抗の関係