

コンクリートの電気抵抗率に関する基礎的研究

香川高等専門学校専攻科 学生会員 ○福上 大貴
 香川高等専門学校 正会員 水越 睦視
 香川高等専門学校 非会員 松原 三郎
 香川高等専門学校専攻科 非会員 上松 航星

1. はじめに

塩害による劣化の評価は、塩化物イオン濃度や塩化物拡散係数の測定などが一般的であるが、電気抵抗率の測定は比較的簡便で、非破壊かつ短時間で結果が得られるため、有効な塩分浸透性の評価指標になり得るものと考えられる。しかし、測定方法が十分に確立されていないことや、含水率が電気抵抗率に及ぼす影響が十分に解明されていないというような問題がある。

本研究では、コンクリートの電気抵抗率の測定回路の検証を行い、各種条件がコンクリートの電気抵抗率に及ぼす影響を実験的に検討し、コンクリートの電気抵抗率の測定方法を提案することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm³)、細骨材は砕砂(表乾密度 2.60g/cm³)、粗骨材は砕石(表乾密度 2.62g/cm³)を使用した。混和剤はポリカルボン酸系 AE 減水剤、助剤は変性アルキルカルボン酸系 AE 剤を使用した。電気抵抗の測定は、表-1 に示した配合で打設した供試体を用いて行った。

2.2 電気抵抗率の測定方法

図-1 に測定回路を示す。なお、本研究では供試体はコイルと抵抗器が並列に接続された RC 並列回路であると考え実験を行った。

供試体は直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体で、型枠に打設して 24 時間後に脱型し、水温 20℃の恒温槽で 7 日間水中養生した後、空中養生を行った。

電気抵抗の測定の際は、直径 100mm の鋼製円盤に導電性のグリースを塗布し、それを供試体の両側に付着させ、電極として LCR メーターに接続した。各供試体は RC 並列回路で表されると仮定し、LCR メーターを用いて周波数を変化させた交流信号を供給し、インピーダンスと位相差を測定し、供試体の電気抵抗を求めた。そして、(1)式より電気抵抗率を算出した。

$$\rho = R \frac{S}{d} \quad (1)$$

ここに、 ρ :電気抵抗率($\Omega \cdot m$)、 R :電気抵抗(Ω)、 S :供試体の面積(m^2)、 d :供試体の長さ(m)

また、供試体の含水率は、110℃の乾燥炉で 24 時間乾燥させ、この状態を完全乾燥とし、(2)式のように定義した。

$$W' = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100(\%) \quad (2)$$

ここに、 W' :含水率(%)、 W :実験時の質量(g)、 W_0 :乾燥炉で完全乾燥後の質量(g)

2.3 RC 並列回路

RC 並列回路はコイルと抵抗器が並列に接続された回路のことである。RC 並列回路のインピーダンスは(3)式で表される。

$$\vec{Z} = \frac{\vec{V}}{\vec{I}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C} \quad (3)$$

ここに、 \vec{Z} :インピーダンス(Ω)、 \vec{V} :電圧(V)、 \vec{A} :電流(A)、 R :電気抵抗(Ω)、 j :虚数単位、 ω :角速度(rad/s)、 C :静電容量(F)

表-1 示方配合

種類	W/C (%)	s/c	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤 C×(%)
				W	C	S	G	
セメントペースト	30	-	-	330	1099	-	-	-
モルタル	30	2.00	-	250	833	1378	-	0.8
	50	2.75	-	283	565	1282	-	0.7
コンクリート	30	-	50	175	583	767	786	1.2
	50	-	43	175	350	746	1001	0.5

3. 実験結果および考察

図-2 に抵抗成分とリアクタンス成分の関係を示す。RC 並列回路は図-2 に示すように、半円で表すことができる。これは(3)式を変形すると(4)式のように、抵抗成分を X 軸、リアクタンス成分を Y 軸にとった半径が R/2 の円の方程式で表すことができるためである。

$$\left(\frac{R}{1+(\omega CR)^2} - \frac{R}{2}\right)^2 + \left(-\frac{\omega CR^2}{1+(\omega CR)^2}\right)^2 = \left(\frac{R}{2}\right)^2 \quad (4)$$

セメントペースト、モルタルのグラフも形に違いはあるが半円に近い形を描いているため、本実験において各セメント系材料の供試体は RC 並列回路に置き換えることができるといえる。なおコンクリートの場合も同様の実験結果であった。

図-3 に材齢 35 日の各セメント系材料の周波数と電気抵抗率の関係を示す。なお、グリースの抵抗は非常に微小な値であったため、これを無視して実験を行った。土木学会では電気抵抗率を測定するときの周波数を 60~100Hz と規定しているが、電気抵抗率は周波数が高くなるほど小さくなることがわかった。また、電気抵抗率のばらつきは低周波数領域で大きく、高周波数領域になると小さくなった。低周波数領域における電気抵抗率の変化はセメントペースト、モルタルと比較してコンクリートの方が大きい。ばらつきの小さい高周波数 5MHz における電気抵抗率に着目すると、差は小さいもののセメントペースト、モルタル、コンクリートの順番で電気抵抗率が大きくなっている。これより、骨材の混入により電気抵抗率は大きくなり、特に粗骨材の影響が大きいものと考えられる。

図-4 に周波数 5MHz における含水率と電気抵抗率の関係を示す。含水率の減少に伴って、各セメント系材料の電気抵抗率は増加していることがわかる。また、含水率の減少に伴う電気抵抗率の変化を示す傾きは、水セメント比の大きい配合の方が小さい傾向にある。これは水セメント比が大きいほど、内部に水分を保持する時間が長く、水分の減少による電気抵抗率の上昇を抑制できる可能性を示唆している。

4. まとめ

各セメント系材料の電気抵抗率は RC 並列回路に置き換えて求めることができ、電気抵抗率に影響を与えるのは周波数、含水率だけでなく、これら以外に骨材量と水セメント比の影響も考慮する必要がある。

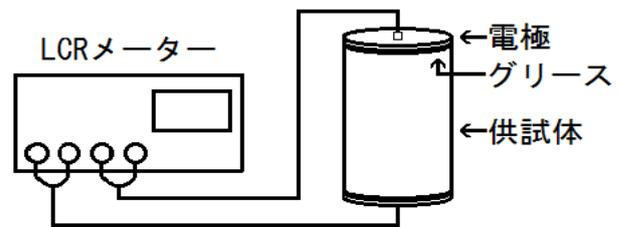


図-1 測定回路

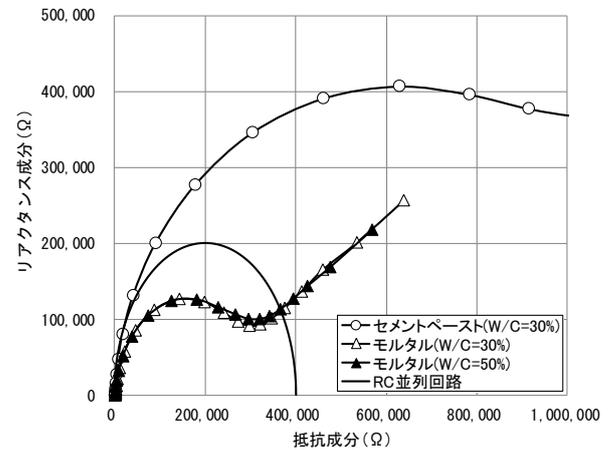


図-2 抵抗成分とリアクタンス成分の関係

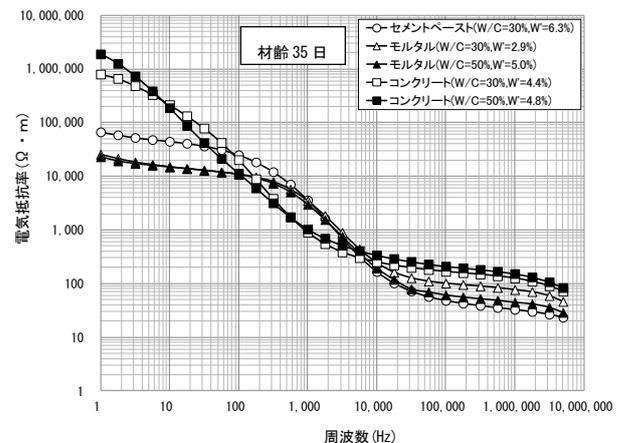


図-3 周波数と電気抵抗率の関係

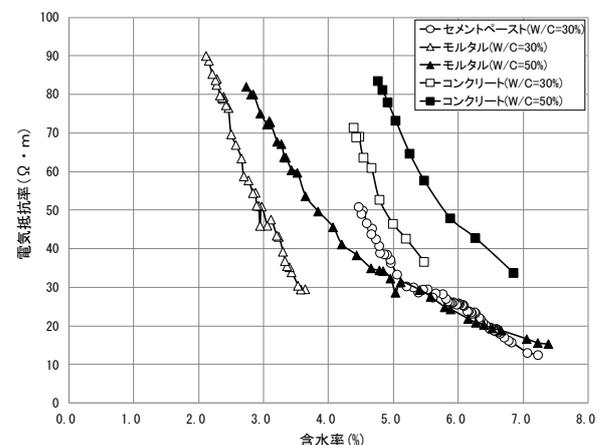


図-4 含水率と電気抵抗率の関係