

コンクリートの配合と含水状態が比抵抗に及ぼす影響

大成建設 土木技術研究所

正会員 ○鈴木 三馨 正会員 武田 均
 東京大学大学院 フェロー会員 石田 哲也

1. はじめに

著者らは、コンクリートの比抵抗を考慮した鋼材腐食解析手法により、コンクリートの比抵抗がコンクリート内部の鋼材の腐食速度に大きな影響を与えることを推察した¹⁾。W/C、高炉スラグ微粉末の混和が比抵抗に影響を与えることは既往の研究^{2), 3)}で確認されているが、絶乾状態から飽水状態までの高範囲のコンクリートの含水状態が比抵抗に与える影響は明らかとなっていない。そこで本研究では、W/C、粗骨材の体積比、高炉スラグ微粉末の混和の有無をパラメータとし、絶乾状態から飽水状態までの含水状態における比抵抗を測定した。

2. 比抵抗の測定の概要

比抵抗の測定は土木学会の規準⁴⁾に準拠し行った。交流電圧は5Vとし、周波数は100Hzとした。供試体寸法は、コンクリート試験体ではB100mm×H100mm×L400mm、モルタル試験体ではB40mm×H40mm×L160mmとした。試験体の配合を表1に示す。結合材は普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³,比表面積3330cm²/g)と高炉スラグ微粉末(密度:2.89g/cm³,比表面積4360cm²/g)を用いた。細骨材の表乾密度は2.60g/cm³,粗骨材(G1, G2混合)の表乾密度は2.65g/cm³であった。コンクリート試験体の単位水量は極力変えずにW/Cを変化させた。粗骨材量をパラメータとするため、M45, CG45, C45のW/CとS/Cは同じとし、CG45の粗骨材の体積比をC45(0.37)の50%(0.185)とした。

表1 配合表

	配合名	空気量 (%)	W/ (C+BS) (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)					
					水 W	セメント C	スラグ BS	細骨材 S	粗骨材 G1	粗骨材 G2
コンクリート	C35	4.5	35	42.3	165	471	-	704	392	588
	C45		45	45.1	165	367	-	790	392	588
	C55		55	46.2	170	309	-	825	392	588
	CG45		45	65	217	482	-	1041	196	294
モルタル	M45	4.5	45	100	269	598	-	1292	0	0
	BS45		45	100	258	299	273	1320	0	0

モルタル試験体では、普通ポルトランドセメントのみの配合(M45)と高炉スラグ微粉末を体積で50%置換した配合(BS45)により比較した。試験体の曝露条件は、1)20°C, 99%RHの環境に密封養生、2)水和反応の影響を極力抑えるため1)と同条件で56日間以上養生したのち、断面内の相対含水率の分布の影響を低減させるため20°C27%RHの環境に曝露の2通りとした。また、式(1)より相対含水率を算出した。ここで、比抵抗測定後105°Cで炉乾燥し質量が一定となった状態を絶乾状態とし、密封養生をした材齢56日の状態を飽水状態とした。

$$W = \left(\frac{m - m_s}{m_o - m_s} \right) \times 100 \quad (1)$$

ここに、W:相対含水率(%), m:比抵抗測定時の供試体の質量(g), m_s:絶乾状態の質量(g), m_o:飽水状態の供試体の質量(g)

3. 比抵抗の測定の結果

20°C, 99%RHの環境で密封養生した試験体の比抵抗の経時変化を図1~図2に示す。既往の研究³⁾で確認されているように、コンクリートの水和反応の進行に伴い、組織が緻密になったため、時間とともに比抵抗が増大していると考えられる。

高炉スラグ微粉末を混和した試験体の比抵抗は混和してないものに比べ2倍以上大きく、経時的な増大量も大きくなっている。これは、既往の研究²⁾で確認されているように、高炉スラグ微粉末を混和することで細孔量の減少や細孔構造の緻密化がもたらされ、それにより比抵抗の増大に寄与していると考えられる(図2)。

粗骨材の比抵抗 ρ_G , モルタルの比抵抗 ρ_M , 粗骨材の体積比 $v = V_G / V_{total}$ とすると、並列回路モデルでのコンクリートの比抵抗 ρ_{total} は式(2)となる。

キーワード 比抵抗, 相対含水率, 高炉スラグ微粉末, 腐食速度

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設 技術センター TEL045-814-7228

$$\rho_{total} = \frac{1}{\frac{v}{\rho_G} + \frac{1-v}{\rho_M}} \quad (2)$$

M45, CG45, C45 のモルタルの配合は同じなので、モルタルの比抵抗はどのケースも共通とし、 $\rho_G=1.0 \times 10^8(\Omega \cdot \text{cm})$ 、 $\rho_M=6.0 \times 10^3(\Omega \cdot \text{cm})$ と仮定すると、 $\rho_{M45} : \rho_{CG45} : \rho_{C45} = 1.0 : 1.2 : 1.6$ となる。これにより、コンクリートの粗骨材の体積比が比抵抗に与える影響を考慮できる。材齢 440 日時点の計測値を比較すると、粗骨材量の多い C45 の比抵抗は粗骨材量の少ない CG45 の比抵抗の 1.6 倍程度となり、コンクリートの比抵抗に粗骨材量が大きな影響を与えることがわかる。しかし、材齢 56 日の CG45 の比抵抗は M45 とほぼ同じであり、粗骨材量が少ない場合、粗骨材量がコンクリートの比抵抗に与える影響は、式(2)で示す並列回路モデルによる計算より小さい場合がある。

相対含水率と比抵抗の関係を図 3 に示す。相対含

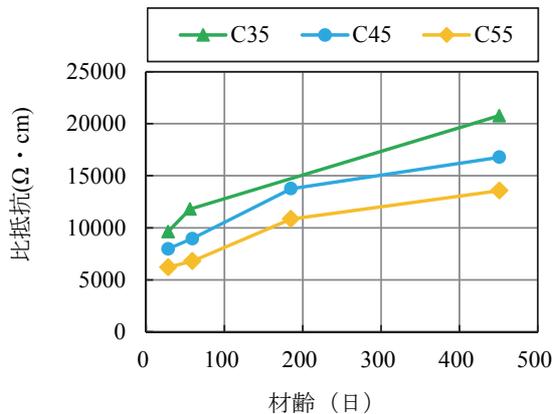


図 1 比抵抗の経時変化 (W/C)

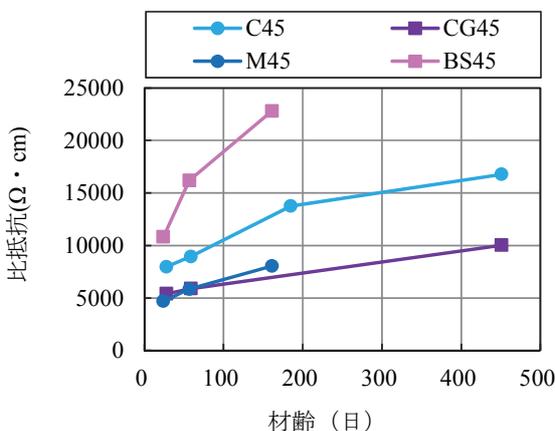


図 2 比抵抗の経時変化 (粗骨材量と高炉スラグ微粉末)

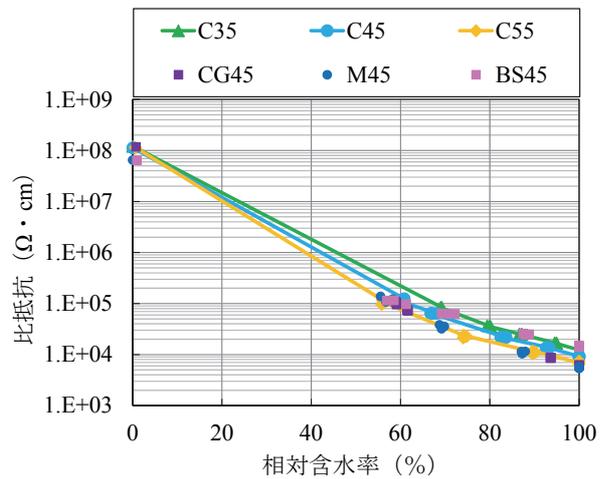


図 3 相対含水率と比抵抗の関係

水率 60~100%の範囲において、W/C、粗骨材量および高炉スラグ微粉末が比抵抗に与える影響は飽水状態の場合と同様となる。絶乾状態の比抵抗は、配合によらず $1.0 \times 10^8(\Omega \cdot \text{cm})$ 程度となる。

4. まとめ

W/C、粗骨材の体積比、高炉スラグ微粉末の混和の有無をパラメータとし、絶乾状態から飽水状態までの含水状態における比抵抗を測定した。その結果、相対含水率 60~100%の範囲において、W/C が小さいほど、相対含水率が低いほどおよび高炉スラグ微粉末の混和により比抵抗が高くなることを確認した。粗骨材量が少ない場合、粗骨材量がコンクリートの比抵抗に与える影響は、並列回路モデルによる計算より小さい場合がある。

配合、含水状態などの影響を考慮した比抵抗のモデルを構築することが今後の課題である。

参考文献

- 1) 鈴木三馨, 石田哲也: コンクリートの比抵抗の相違を考慮した鋼材腐食解析手法による進展期末の推定, コンクリート工学年次論文集, 2016 (投稿中) .
- 2) 胡桃澤清文, 名和豊春: 高炉スラグペーストの電気伝導性による塩分浸透性と微細構造評価, Cement Science and Concrete Technology, Vol.66, pp.127-134, 2012.
- 3) 関博, 宮田克二, 北峯博司, 金子雄一: 比抵抗によるコンクリートの緻密性に関する実験的一考察, 土木学会論文集, No.451, V-17, pp.49-57, 1992.8.
- 4) コンクリート委員会 規準関連小委員会: 四電極法による断面修復材の体積抵抗率測定方法 (案) (JSCE-K 562-2008), 土木学会論文集 E, Vol.64, No.3, pp.427-434, 2008.7.