

V-479

等価回路を使ったモルタルの
導電経路に関する一考察

北海道開発局 正会員 井上 勝伸
早稲田大学理工学部 正会員 関 博
東電設計 正会員 金子 雄一

1. はじめに

本研究では、簡単な等価回路を使うことにより、W/C=60%のセメントペーストの比抵抗とモルタルの比抵抗の関係を検討した。

2. 導電経路と解析手法

2.1 導電経路のモデル化

モルタルの導電経路を図1(a)のように骨材部分で生じるものとセメントペースト部分で生じるものとの2経路に分離して考える。ただし、モルタル中のセメントペーストは単味のセメントペーストとは細孔構造が異なると予想されるので、これを“含有ペースト”として区別する。

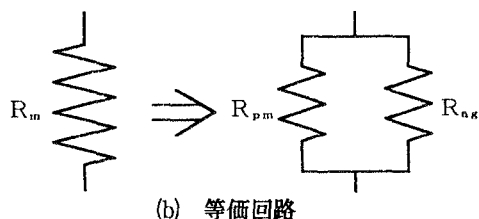
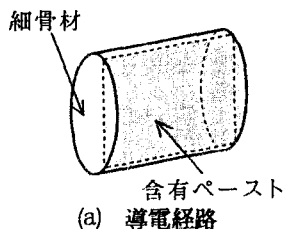


図1 モルタルの等価回路のモデル化

モルタルの抵抗および比抵抗を R_m および ρ_m 、骨材の抵抗および比抵抗を R_{ag} および ρ_{ag} 、含有ペーストの抵抗を R_{pm} とする。含有ペーストの比抵抗 ρ_{pm} は、これと同一材令、同一水セメント比および同一温度での単味のセメントペーストの比抵抗 ρ_p の k 倍と仮定し、この係数 k を“ペースト比抵抗係数”と呼ぶことにする。 ρ_{ag} は ρ_p に較べてはるかに大きく、 $\rho_p / \rho_{ag} \approx 0$ とできるので、図1(b)の等価回路を仮定すると式(1)が導ける。

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{R_{pm}} + \frac{1}{R_{ag}} \Rightarrow \frac{\rho_m}{\rho_p} = \frac{k}{\phi} \quad (1)$$

ここで、 ϕ は含有ペーストの体積占有率を表わす。

2.2 ペースト比抵抗係数 k の算出方法

ρ_m / ρ_p はフォーメーション・ファクターと呼ばれていて、これを F で表わす。Whittingtonら¹⁾によると、 F と ϕ の間にはArchieの一般式が成り立ち、式(2)で表わせる。

$$F = \phi^{-m} \quad (2)$$

環境温度 T [K] と比抵抗 ρ の間には式(3)の関係があり、Hinrichson-Rasch式²⁾として知られている。

$$\ln \rho = \frac{a}{T} + b \quad (3)$$

係数 a および b に、モルタルには添字 m 、単味のセメントペーストには添字 p を付けて式(3)を表わしてから、それぞれの辺々を引けば式(4)が得られる。

$$\frac{\rho_m}{\rho_p} = \exp \left\{ \frac{(a_m - a_p)}{T} + (b_m - b_p) \right\} \quad (4)$$

ペースト比抵抗係数 k は式(1)を式(2)に代入して、

$$k = \phi^{1-m} \quad (5)$$

から算出でき、さらに式(1)を式(4)に代入して、

$$k = \phi \exp \left\{ \frac{(a_m - a_p)}{T} + (b_m - b_p) \right\} \quad (6)$$

からも求めることができる。

もし、 $\rho_{pm} = k \rho_p$ が妥当であるならば、式(5)と式(6)から得られる k は等しくなるはずである。

3. 実験方法

本実験で用いたモルタルの単位水量は250, 275, 300 kg/m³の三種類とし、含有ペーストの体積占有率 ϕ はそれぞれ0.38, 0.42, 0.46 m³/m³である。それらの記号をM1, M2, M3とし、単味のセメントペーストの記号はPとする。

全ての供試体は ϕ 5 cm $\times$ h 10 cmの型枠に打設し、3ヵ月以上の水中養生を行なった。各供試体を ϕ 5 cm $\times$ h 5 cmに湿式切断してから、温度が20, 35, 50℃の環境に水中浸漬したまま1週間放置する。

比抵抗は、最大電圧10mV、周波数範囲0.01~100000Hzの交流を供試体に印加し、周波数が1000Hzでのインピーダンスの実数成分を抵抗として算出した。

4. 実験結果および考察

図2および図3は、今回得られた実験結果を、それぞれ式(2)および式(3)に適用した結果を示している。式(2)および式(3)とも実験結果とよく一致している。

図2および図3を用いて、式(5)から得られる係数 k を k_1 、式(6)から得られる係数 k を k_2 とし、それらの関係を図4に示す。 k_1 と k_2 の相関係数が0.97となったことから、図1の並列回路を仮定した場合、ペースト比抵抗係数 k を使うことにより式(2)と式(3)の2つの実験式を関係付けることができることを意味している

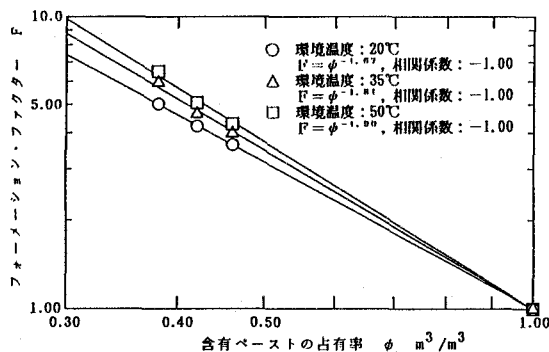


図2 Fと ϕ の関係

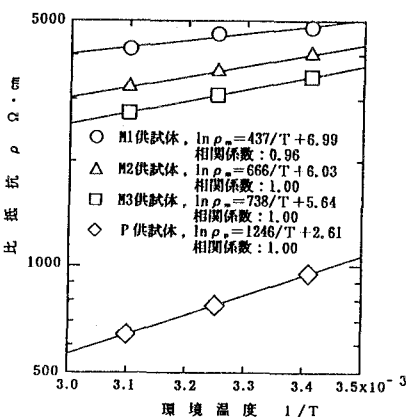


図3 比抵抗と環境温度の関係

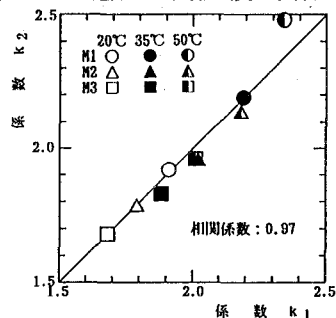


図4 ペースト比抵抗係数の比較

5. まとめ

本研究により、モルタルの導電経路は含有ペーストと骨材の並列回路で表わることが分かった。

【参考文献】

- 1) H.W. Whittington et al.: The conduction of electricity of concrete, Magazine of Concrete Research, Vol. 33, No. 114, March 1981, pp. 48~60
- 2) E. Hammond and T.D. Robson: Comparison of Electrical Properties of Various Cements and Concretes, THE ENGINEER, Vol. 199, No. 28, January 1955, pp. 114~115