

埋め込み式電気抵抗法におけるキャリブレーション試験に対する通電部長さの影響

広島大学 学生会員 ○中村 拓
広島大学 正会員 小川 由布子
広島大学 フェロー会員 河合 研至

1. はじめに

コンクリートに内在する水分は結合材の反応に必要なが、アルカリシリカ反応や塩害、中性化などのコンクリート構造物の劣化要因と密接に関わっていることが知られている¹⁾。そのため水分移動を把握することはこれらの劣化を予測することに繋がり、コンクリート構造物の正常な機能を確保する上で重要である。水分移動の測定にはコンクリートの電気的性質を利用した電気抵抗法がある。この手法は埋め込む電極を小型化することで内部の水分状態を細かく把握することができるという利点があるが、データにばらつきが多くみられるため信頼性に乏しい。特に供試体の電気抵抗と内部相対湿度の関係を得るキャリブレーション試験においては同配合で実験を行った場合でも差が大きい結果となっている²⁾³⁾。セメント硬化体は不均質な内部構造をしており、電気抵抗は空隙構造に大きく依存していることから通電部が長いほど誤差が生じやすいと考えられる。そこで本研究では供試体寸法を既往研究で用いられていた40×35×8mmに加え、新たに20×20×8mmとし、通電部を35mmから20mmへ短くし、キャリブレーション試験結果への影響を検討した。

2. 実験概要

供試体は水セメント比(W/C)0.35, 0.55 のセメントペーストとモルタルとした。セメントには普通ポルトランドセメント（密度3.16g/cm³, 比表面積3380cm²/g）を用い、細骨材には硅砂6号（表乾密度2.64g/cm³, 吸水率0.18%）と7号（表乾密度2.63g/cm³, 吸水率0.16%）、練混ぜ水には水道水を用いた。供試体寸法は40×35×160mm, 20×20×160mmの2種類とし直径0.9mmのステンレス電極を長手方向に8mm間隔で上下2列に埋め込んだ。供試体は打設後24時間封緘養生を行い、脱枠後材齢28日まで水中養生を行った。その後オイルカッターを用いて長手方向に8mm間隔で切断し、表1に示す相対湿度(RH)に調湿した環境下に静置した。電気抵抗は調湿開始から28日、材齢56日で測定を行った。測定にはLCRメーターを使用しイオン分極を抑えるため交流1V, 1kHzを印加した。電気抵抗は使用する電極形状や電極間隔などにより変化するため、一般にこれらの影響を考慮した比抵抗ρが用いられ、電気抵抗と比抵抗の間には式(1)で表される関係がある⁴⁾。

$$\rho = \{ \pi \times l / \log(d/a) \} \times R \tag{1}$$

ρ:比抵抗(kΩ・cm), R:電気抵抗(kΩ), d:電極間隔(mm), a:電極棒の半径(mm), l:通電部の長さ(cm)

表1 各飽和塩に対応する相対湿度

飽和塩	NaBr	KI	SrCl ₂	NaCl	NH ₄ Cl	KBr	KCl	KNO ₃	K ₂ SO ₄
RH(%)	60.0	69.9	72.5	75.0	79.2	81.7	85.1	94.6	97.6

3. 実験結果および考察

図1,2にW/C=0.35のセメントペースト(P35)の質量変化を示す。左が40×35×8mm, 右が20×20×8mmの結果である。オイルカッターで切断した供試体を用いており、完全に同じ形とはならないため初期の質量に差が生じている。しかしながら全ての供試体において調湿期間28日ではほぼ恒量となっており供試体内部の水分状態は安定していると考えられる。

キーワード 水分移動, 電気抵抗法, 比抵抗, 内部相対湿度
連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1
広島大学大学院先進理工系科学研究科 TEL 082-424-7786

キャリブレーション試験の結果を図3に示す。図に灰色の線で記載してあるのは既往研究³⁾のものであり、(20mm)と示しているのは20×20×8mm、(35mm)と示しているのは40×35×8mmの供試体である。本研究のみで比較をすると全ての配合で同等の結果が得られており、通電部の長さは誤差の発生には関与しないことが示された。一方で既往研究³⁾と比較するとP35、M35ではほぼ同等の結果が得られたが、P55、M55では各相対湿度において本研究よりも低い比抵抗を示した。P55、M55ではブリーディング量が多く均質性を保つために練返しを十分に行う必要がある。その際に均質性がうまく保たれなかったことが誤差の原因である可能性があり、練混ぜ直後に打設ができるP35、M35はP55、M55と比較して誤差が少ないことと整合する。また、本研究ではより詳細なキャリブレーション曲線を得るために既往研究³⁾と同様に用いる飽和塩を9種としているが内部相対湿度が70%以上の比較的大きい範囲では内部相対湿度に対する比抵抗の変化の割合が小さいため既往研究²⁾で用いられていた5種のみでも十分であると考えられる。

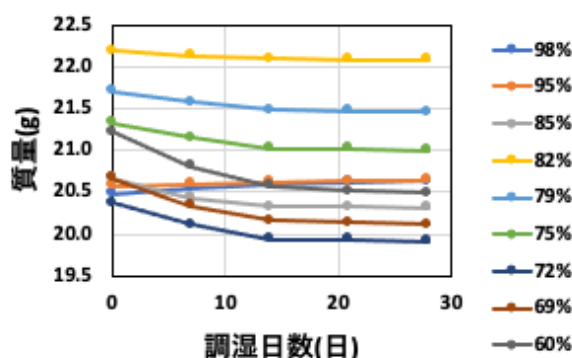


図1 P35 質量変化 40×35×8mm

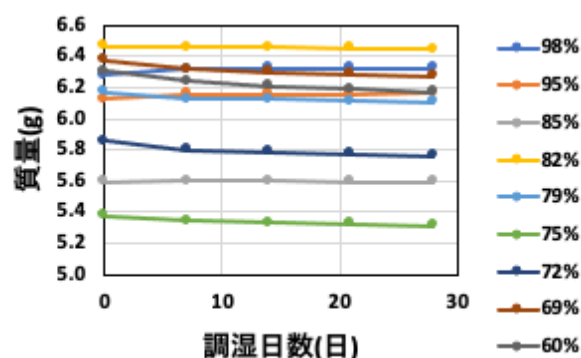


図2 P35 質量変化 20×20×8mm

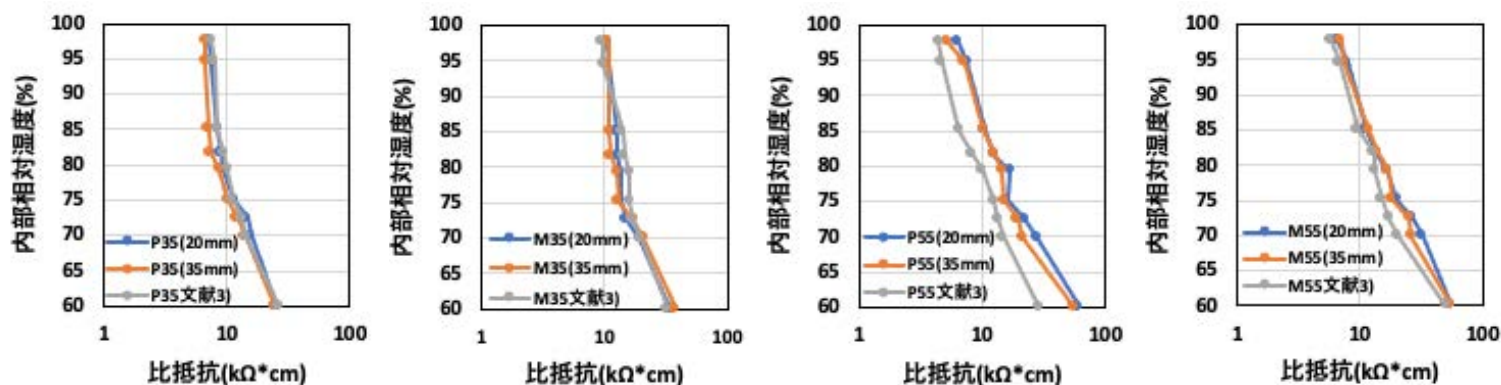


図3 キャリブレーション試験結果（凡例のPはセメントペースト、Mはモルタル、数字はW/Cを表す）

4. まとめ

本研究の結果、通電部の長さに関わらず同等の結果が得られたことから、通電部を短くすることは誤差の発生に関与しないことが明らかとなった。既往研究との差は水セメント比の高いペースト供試体において大きく、ブリーディングの影響が考えられるが、明確な原因の解明には至っていない。今後は、キャリブレーション試験において誤差が発生する原因についての更なる検討が必要である。

参考文献

- 1) 石田哲也ほか:任意の乾湿繰り返しを受けるコンクリートの含水率予測モデル, 土木学会論文集, Vol.35, No.564, pp.199-209(1997)
- 2) 北川達也ほか:電気抵抗法を用いたセメント硬化体中の水分移動の検討, 土木学会中国支部第69回研究発表会(2017)
- 3) 中村拓:セメント硬化体中の水分移動における電気抵抗法の再現性評価, 広島大学工学部第四類社会基盤環境工学プログラム卒業論文(2022)
- 4) 鎌田英治ほか:コンクリート内部の含水量の測定, セメント技術年報, No.30, pp.288-292(1976)