

乾燥・吸湿過程におけるセメント硬化体の水分移動に関する電気抵抗法を用いた検討

広島大学 学生会員

○北川 達也

広島大学

Daungwilailuk Totsawat

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

コンクリート内部の水分は、コンクリートの強度発現や中性化、収縮とクリープの進行、アルカリシリカ反応などのコンクリート構造物の耐久性や劣化に大きく影響を与える¹⁾。そのため、水分の移動を把握することは、これら諸性状の予測を行う上で重要である。実構造物での水分移動は経時的に生じるため、非破壊でかつ経時的な測定を行わなければならない。しかし、乾燥過程における研究は多く進められているものの、吸湿過程におけるものは少ない。本研究では、経時的に非破壊で水分移動を測定できる電気抵抗法を用い、詳細な水分移動を捉えることを目的とする。また乾燥および吸湿過程におけるセメント硬化体中の水分移動に対する水セメント比(W/C)および細骨材の影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

結合材には普通ポルトランドセメントを用い、W/C=0.35, 0.45, 0.55の3水準のセメントペーストおよびモルタル供試体を作製した。モルタルには、細骨材として硅砂6号(粒径600 μ m以下)、7号(粒径300 μ m以下)を4:6の割合で使用した。水分移動試験用供試体では、水分移動の経時変化を詳細に把握するため、図1に示すように直径0.9mmのステンレス棒を4mm間隔で供試体に埋め込んだ。また、供試体の電気抵抗値と内部相対湿度を関連付ける目的でキャリブレーション試験用供試体を図1に示すとおり作製した。すべての供試体は打込み後28日まで水中養生し、その後、吸湿過程の供試体は105℃炉乾燥、乾燥過程の供試体は水中に静置した。恒量になったことを確認した後、水分移動用供試体は、暴露面以外の5面をエポキシ樹脂でコーティングした。乾燥過程は温度20℃、相対湿度60%、吸湿過程は相対湿度約70%以上に保ち、測定を行った。

2.2 水分移動試験

交流1kHz, 1Vに設定したLCRメーターを用いて供試体の電気抵抗の測定を行った。測定した電気抵抗値は、式[1]を用いて比抵抗に変換した。その後、キャリブレーション試験から得られる内部相対湿度と比抵抗の関係を用いて、供試体の内部相対湿度を求めた。

$$R = \{\log(d/a)/(\pi \times l)\} \times \rho = Sf \times \rho \quad [1]$$

ここで、 R :電気抵抗(k Ω)、 a :電極棒の半径(cm)、 d :電極間隔(cm)、 l :通電部の長さ(cm)、 ρ :比抵抗(k Ω ・cm)、 Sf :電極固有の形状係数(本研究では、0.0863と算出された)

2.3 キャリブレーション試験

飽和塩法を用いて相対湿度6%~98%に調湿した環境に、作製した供試体を恒量となるまで静置した。その後、それぞれの供試体で電気抵抗値を測定し、各供試体の比抵抗と内部相対湿度の関係を求めた。

3. 実験結果および考察

3.1 キャリブレーション試験

図2に本研究で得られたセメントペーストの結果を示す。

キーワード (電気抵抗, 比抵抗, 相対湿度, 水分移動)

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 TEL: 082-424-7786

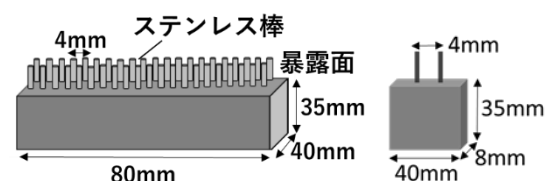


図1 作製した供試体(左:水分移動試験用, 右:キャリブレーション試験用)

内部相対湿度は、比抵抗の対数に対して直線近似を行ったが、 $W/C=0.35$ の脱湿に見られるように、一部では大きなばらつきが認められた。一方、モルタルについては、恒量になるまで十分な時間静置することができなかったため、本研究と同一の使用材料、 W/C について実験を行った既往の研究結果²⁾を用いて比抵抗から内部相対湿度に換算した。

3.2 水分移動試験

3.2.1 乾燥過程

乾燥過程における内部相対湿度の経時変化の一例を図3に示す。すべての供試体において、乾燥開始から約3時間まで内部相対湿度は上昇し、その後減少した。ただし、既往の研究²⁾と比較して全体的に内部相対湿度が低くなった。図4に乾燥開始後28日の供試体ごとの内部相対湿度を示す。モルタルにおいては W/C の高いものほど内部相対湿度は高い傾向を示した。これは既往の研究²⁾と同様の傾向であり、低 W/C では、暴露面からの乾燥に加えて、水和反応による自己乾燥が生じていると考えられる。しかし、セメントペーストにおいては内部相対湿度と W/C との間に一定の関係が見られなかった。比抵抗と W/C の関係で見ると、 W/C の高いものほど比抵抗は低くなっていることから、上述したキャリブレーション試験におけるばらつきが影響していると考えられる。

3.2.2 吸湿過程

図5に吸湿開始後28日の供試体ごとの内部相対湿度を示す。なお、電気抵抗値が測定限界を超え、測定不可能であった状態をここでは便宜的に内部相対湿度0%として示している。セメントペーストでは吸湿開始から28日後に、モルタルでは6日後に、内部相対湿度の上昇が確認できた。どちらの供試体においても、 $W/C=0.55$ は最も高い内部相対湿度を示したため、 W/C の大きいものほど吸湿しやすいと考えられる。

4. 結論

乾燥過程において、 W/C による影響は既往の研究²⁾と同様の傾向を示し、本試験方法の再現性が確認された。また吸湿過程では、モルタルはセメントペーストより早く吸湿した。すべての過程において W/C が高いものほど早く水分移動が起こったと考えられる。電気抵抗法を用い、乾燥および吸湿過程において水分移動の経時変化を捉えることができた。

参考文献

- 1) 笠井芳夫ほか：小ステンレス電極を用いたコンクリートの含水率測定，コンクリート工学年次論文集，Vol.17, No.1, 1995, pp.671-679
- 2) 藤岡聡ほか：吸水過程における電気抵抗試験による水分移動の測定．土木学会年次学術講演会概要集，Vol.68, 2013, pp.1183-1184

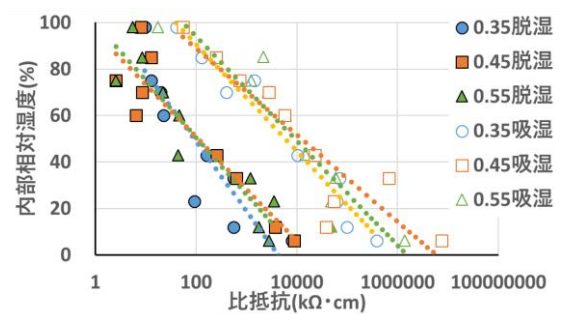


図2 内部相対湿度と比抵抗の関係
(セメントペースト)

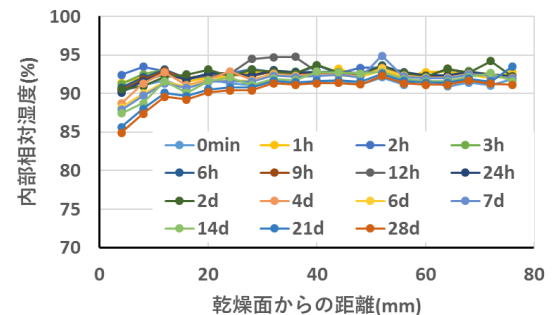


図3 乾燥過程における $W/C=0.45$ のモルタルの内部相対湿度の変化

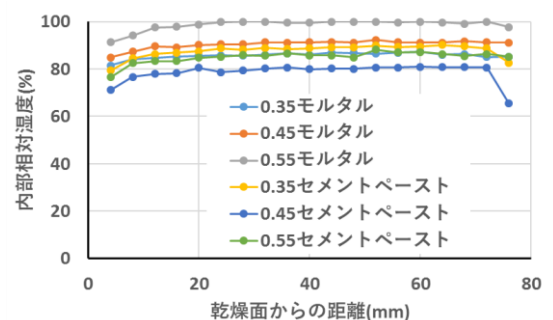


図4 乾燥開始後28日の内部相対湿度

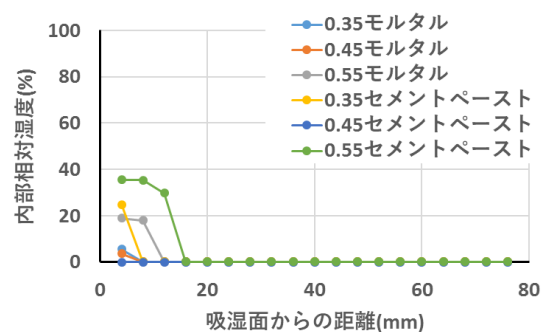


図5 吸湿開始後28日の内部相対湿度