

ステンレス電極を用いた吸水過程における水分移動の測定

広島大学大学院 学生会員 ○藤岡 聡
広島大学大学院 学生会員 林 明彦
広島大学大学院 正会員 半井 健一郎
広島大学大学院 正会員 石田 剛朗
広島大学大学院 フェロー会員 河合 研至

1. 背景・目的

コンクリート中の水分移動は、コンクリートの収縮挙動や中性化、アルカリシリカ反応や収縮・クリープの進行などコンクリート構造物の劣化に大きく影響を与える。そのためコンクリート中の水分移動を捉えることは、これらの諸性状の予測を行う上でも重要なことである。コンクリート中の水分移動に関する実験は、乾燥過程での水分移動が多く、吸湿・吸水過程における水分移動距離の測定に関する実験は数が少ない。

そこで本研究では、モルタルの吸水過程において電気抵抗法により水分浸透深さ、内部相対湿度の経時変化を細かく測定し、水分移動が関わる劣化の進行予測に資することを目的とした。そのため微小な区間での詳細な水分移動の測定を行うとともに、抵抗値の変化状況における供試体内の内部湿度分布を測定した。また、目視による水分浸透深さの測定と比較を行い、電気抵抗試験により水分浸透深さの測定法の検討を行った。供試体配合を3種類とし水セメント比による水分移動の相違についても確認した。

2. 実験概要

2-1. 使用材料および配合

本研究ではモルタル供試体を作製し、水セメント比のみによる内部構造の相違を検討するため、単位細骨材量を一定とし、 $W/C=0.60, 0.45, 0.30$ の3配合とした。セメントには普通ポルトランドセメント、細骨材には愛知県三河地方産の6号及び7号珪砂を使用した。配合表を表-1に示す。

表-1 配合表

W/C	単位量(kg/m ³)					
	W	C	S		Ad	
			6号	7号	AE減水剤(%)	増粘剤(g)
0.30	320	1067	361	541	C×0.6%	
0.45	386	858	361	541		
0.60	430	717	361	541		C×0.13%

2-2. 供試体概要

寸法 20×20×160mm の吸水試験用の供試体と寸法 20×25×10mm の内部湿度測定用の供試体、寸法 40×40×160mm の目視による水分浸透深さ測定用の供試体を作製した。吸水試験用の供試体では、長手方向に4mm 間隔で直径 0.9mm のステンレス電極を配置した。内部湿度測定用の供試体は供試体中央に4mm 間隔で一組のステンレス電極を配置した。各供試体とも打込みから24時間後に脱枠を行い、養生箱の中で材齢28日まで湿空養生を行った。その後、室温20℃、相対湿度60%の養生室において供試体質量が恒量に達するまで乾燥を行った。

内部湿度測定用の供試体は、その後、相対湿度70%、75%、85%、98%の平衡相対湿度の異なる飽和水溶液により調湿された恒湿槽中に静置し、質量が恒量になるまで吸湿させた。吸水試験用供試体、目視による水分浸透深さ測定用の供試体は供試体吸水面を除く5面をエポキシ樹脂によってコーティングをした。電気抵抗の測定にはLCRメーターを用いた。

2-3. 電気抵抗試験

a) 供試体内部湿度と比抵抗

供試体内部における相対湿度を一定とみなし供試体の抵抗値を測定し、比抵抗と供試体内部湿度の関係式を求めた。なお、比抵抗 ρ はコンクリートの含水量を測定した研究¹⁾から電極形状、測定抵抗値 R と比抵抗

ρ の関係式(1)により算出した.

$$R = \frac{\log(d/a)}{(\pi \cdot l)} \cdot \rho = Sf \cdot \rho \quad (1)$$

a:電極半径(cm) d:電極間隔(cm) l:通電部長さ(cm)

Sf: 電極形状係数(本実験の電極では 0.1334(1/cm)と算出された) ρ :比抵抗(k Ω ・cm)

b) 吸水試験

吸水試験用の供試体は、試験時に供試体を中央で半分に切断し長さ 80mm の供試体とし、1 方向のみから吸水させた。測定にあたり、吸水時から時間を計測し、抵抗値の変化と時間を記録した。

2-4. 目視による水分浸透深さの測定

目視による水分浸透深さの測定用の供試体は、一方向のみから吸水させ、吸水後 3, 12, 24, 48 時間経過後に供試体を割裂し、割裂面の水分浸透深さを目視により計測を行った。

3. 試験結果

3-1. 電気抵抗試験

a) 内部湿度と比抵抗

相対湿度 H と比抵抗 ρ の関係を図-1 に示す。これより以下の式(2)~(4)が得られる。

$$H = -0.139 \ln(\rho) + 2.1411 \quad (W/C=0.60) \quad (2)$$

$$H = -0.287 \ln(\rho) + 3.2576 \quad (W/C=0.45) \quad (3)$$

$$H = -0.333 \ln(\rho) + 3.6037 \quad (W/C=0.30) \quad (4)$$

各恒湿槽内の相対湿度と供試体内部の相対湿度は平衡状態にあると仮定し、後述の吸水試験においても上記の式によって測定された比抵抗から供試体内部の相対湿度を求めることとした。

b) 吸水試験

吸水試験用の供試体における内部の相対湿度分布の経時変化を W/C=0.60, 0.45, 0.30 のそれぞれについて図-2 ~ 図-4 に示す。なお、プロット点は電極間中央を吸水面からの位置とし示している。図-5 にプロット点の算出例を示し初期電極位置 a は 3mm とした。吸水によって相対湿度が吸水面側から徐々に増加するという内部相対湿度の経時変化を得ることができた。増加した相対湿度の値は 100%程度に達するとほぼ一定値となった。これによって飽水状態に達した測定位置が判断でき、吸水面から飽水状態に達した領域の距離から水分浸透深さを算出することができる。7 日経過時の水分浸透深さは W/C=0.60 では 40mm, W/C=0.45 では 30mm, W/C=0.30 では 5mm 程度までと判断できる。

なお、供試体は湿度 60%で乾燥させてから吸水させているため、内部湿度は 60%から 100%の間となるはずであるが、これを外れる値を示した点もあった。気泡の存在量などの供試体内部構造のばらつきや水分分布の違いなど、比抵抗と相対湿度の関係を求めた実験と吸水実験

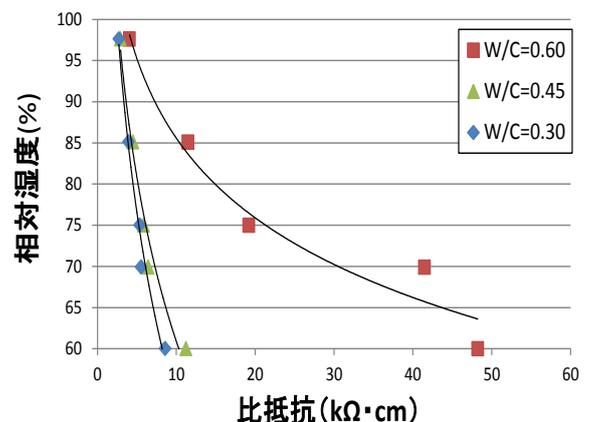


図-1 比抵抗と相対湿度の関係

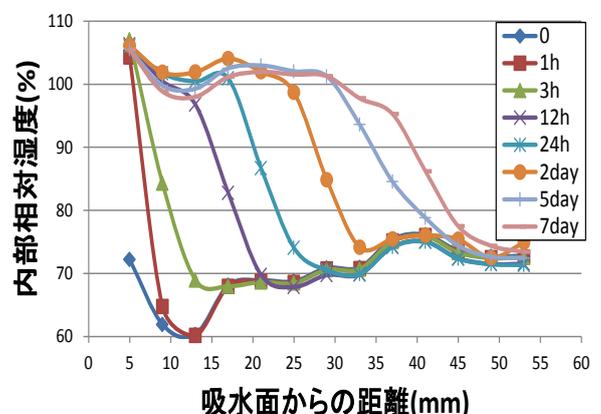


図-2 吸水過程の内部相対湿度変化(W/C=0.60)

の違いが影響しているものと考えられる。

3-2. 目視による測定との比較

目視により測定した各配合における水分浸透深さと上述の吸水試験から得られる水分浸透深さを比較したものを図-6に示す。目視による測定では、モルタル内の色の変化が見られる領域を水分浸透深さとした。なお、変化が明確でない場合には、僅かでも変色した領域までを水分浸透深さとして測定した。電気抵抗法による吸水試験では初期値から優位な内部相対湿度の上昇が確認された領域を水分浸透深さとし、7%以上の相対湿度の上昇を目安にした。電気抵抗試験と目視による測定のいずれにおいても水セメント比の増加に伴う水分浸透速度の上昇が見られ、電気抵抗法により細孔構造の相違による水分移動速度の差を捉えることができているといえる。W/C=0.30については電気抵抗法と目視との測定結果はよく一致しているのに対し、W/C=0.60, 0.45では双方の間で乖離が見られた。これは、水分浸透深さが長くなると淡い色の変化の限界を目視で判断するのが困難となったため、目視による測定の誤差が生じこのような乖離が生じたと考えられる。

4. まとめ

水セメント比の異なる供試体に直径 0.9mm のステンレス電極を密に配置した電気抵抗法による水分移動距離と目視による測定との比較、内部相対湿度測定の実験結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 電気抵抗法による測定はモルタルの内部相対湿度測定の経時変化を確認することができる。
- (2) 吸水過程における電気抵抗値の測定は内部湿度の変化からモルタル内部の水分浸透状況を把握することができる。
- (3) 電気抵抗法により、非破壊的な方法で水分浸透深さの測定ができることが確認された。

参考文献

1) 笠井ら：小ステンレス電極を用いたコンクリートの含水率の測定，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.17, No.1, 1995, p671-676

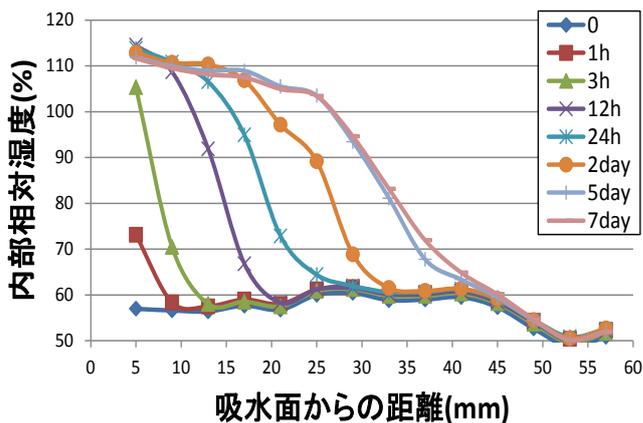


図-3 吸水過程の内部相対湿度変化(W/C=0.45)

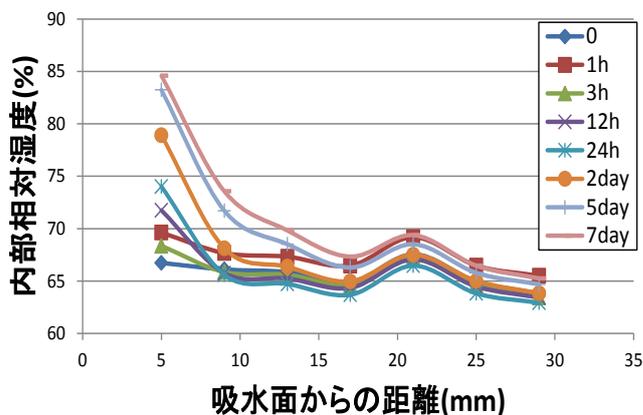


図-4 吸水過程の内部相対湿度変化(W/C=0.30)

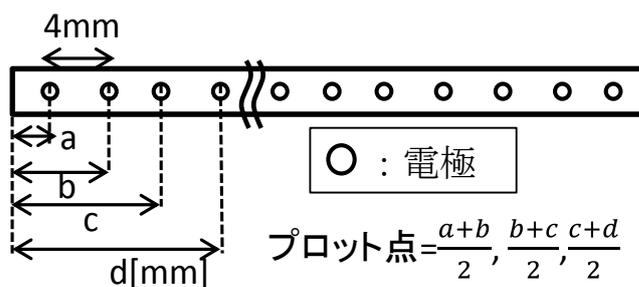


図-5 吸水試験電極配置

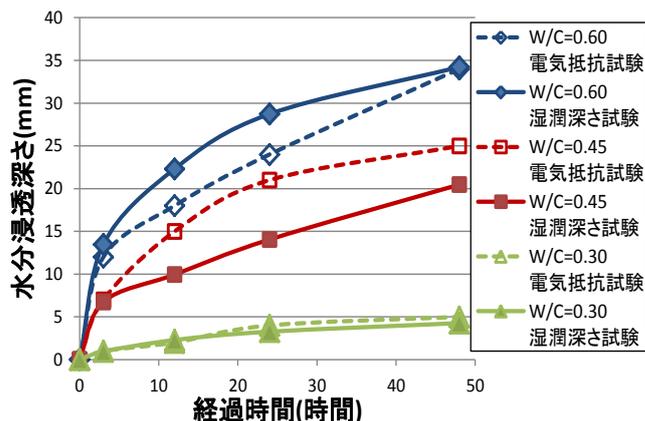


図-6 目視による水分浸透深さの測定