

V-11 パイプ電極によるコンクリート中の水分の測定に関する研究

○ 愛媛大学大学院 学生員 岡田拓也
愛媛大学工学部 正会員 氏家 勲

1. はじめに

コンクリート構造物を長期使用際にはその耐久性の低下が問題となることがあり、その一因にコンクリート中の水分が挙げられる。そこで、コンクリート内部の含水状態を知ることは構造物の維持管理に有益な情報をもたらすと考えられる。コンクリート内部の含水状態の測定方法としてはステンレス棒を電極として用いて電気抵抗を測定する方法が一般的であるが、従来のステンレス棒電極では水分の分布状況を知ることは難しく、また、既存の構造物に設置して含水状態を測定することは困難である。

本研究は、電極の形状を変えることで既存の構造物にも適用でき、そしてコンクリート中の水分分布状況を知ることができると考え、考案した電極が使用可能かどうかを検討したものである。

2. パイプ電極について

本研究において電極として使用した部材はステンレスパイプ（外径 9.5mm、内径 8.5mm）である。このパイプを長さ 1.0cm に切断し、内壁には単線コードをハンダづけした。他に電極を構成する材料として用いたものはアクリルパイプ（外径 10mm、内径 8.5mm）である。こちらは任意の間隔で切断した上でエポキシ樹脂系接着剤を使ってステンレスパイプと交互に繋いだものが本研究で考案した電極である。本研究ではこの形状の電極をパイプ電極と呼ぶこととする。本研究で使用したパイプ電極は、長さ 1.5cm の2つのアクリルパイプとステンレスパイプとから成る全長 4cm のもの（図-1）と 1.0cm のアクリルパイプとステンレスパイプを交互に繋いだ全長 11cm のもの（図-2）である。

図-2に示すように幾つかのステンレスパイプとアクリルパイプを交互につなぐことにより1組のパイプ電極で複数点の電気抵抗が測定でき、測定された電気抵抗の違いにより、コンクリート中の水分分布を評価することができる。尚、単線コードが1纏りにできるため、複数区間を測定できる割に繁雑にならない。さらにドリルなどで穴を開け電極を挿入することで、既存の構造物に対しての適用も可能であると考えられる。なお、ステンレスパイプを電極として用いた場合の基本的な性状を知るため、1%濃度塩化ナトリウム水溶液に浸漬して電気抵抗を測ったが、電極間の距離や電極の長さが 1mm 以下であれば電気抵抗の測定値に大きく影響しないことがわかったので、パイプ電極製作ではそれを踏まえて行った。

3. 実験概要

パイプ電極に関する基礎的な実験として、 $3 \times 3 \times 4\text{cm}$ の小供試体および $5 \times 5 \times 11\text{cm}$ の直方体供試体の含水状態を測定を行った。供試体には水セメント比が 40% と 60% のモルタルを用いた。なおどちらも砂はセメントの質量比で 2 倍とした。各供試体は脱型後、所定の期間水中養生した後、小供試体は 45℃ に保持した乾燥炉にて乾燥を行った。直方体供試体は一面からのみ乾燥を行うとして、残りの面はエポキシ樹脂系接着剤でシールし、55℃ に保持した乾燥炉にて乾燥を行った。各供試体は経時的に質量変化と LCR メーターを用いて電気抵抗値を測定した。LCR メーターより流す電流は、分極を避けるため交流 1V、周波数 1kHz の条件とした。

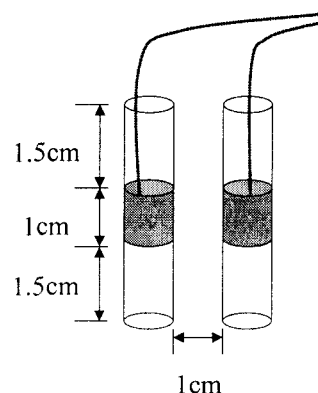


図-1 パイプ電極(4cm)

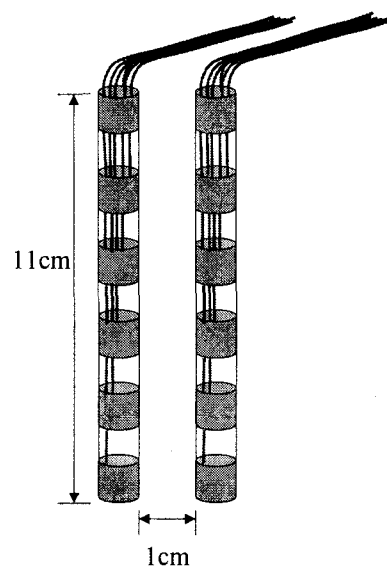


図-2 パイプ電極(11cm)

4. 結果と考察

図-3は小供試体で測定された電気抵抗と供試体飽和度の関係を示す。供試体飽和度 S は供試体の体積を V とし、供試体の質量変化を ΔW とすると、 $S=(1-\Delta W/V) \times 100$ (%)で与えられる。同じ供試体飽和度で比較すると、水セメント比 40%の供試体のほうが水セメント比 60%の供試体より電気抵抗が大きくなっている。これは水セメント比 40%のほうが含水量が少ないためであり、パイプ電極で測定された結果は既往の研究¹⁾とおなじ傾向となっている。

図-4と図-5は長方体供試体での電気抵抗比の分布を示す。電気抵抗比は乾燥開始時の電気抵抗に対する任意の乾燥時期の電気抵抗の割合であり、電気抵抗から含水率を求める際のキャリブレーションカーブに用いられている²⁾。なお、水セメント比 60%の直方体供試体において供試体作製時に乾燥面に最も近い部分のステンレスパイプが露出したため、そのデータは除いている。水セメント比 60%の供試体の一部測定箇所にて逆転しているが、全体としては乾燥面に近いほど電気抵抗比が大きく増加する傾向が得られている。また、図-4と図-5を比較すると、水セメント比 60%のほうが水セメント比 40%のものより内部まで乾燥している傾向が得られている。

また、小供試体試験により得られた飽和度と抵抗値の関係を用いてキャリブレーションカーブを求め、それを直方体供試体での結果に適用した。表-1は重量変化から得られた供試体飽和度とパイプ電極で得られた各点の飽和度より計算した平均飽和度の一部を示す。パイプ電極から得られた平均飽和度は供試体飽和度とほぼ一致している。なお、小供試体と長方体供試体の乾燥温度に違いがあるため、その影響を検討しなければならないが、本研究で提案するパイプ電極はある程度の精度をもってコンクリート中の水分分布を評価できるものと思われる。

5. おわりに

本研究により、考案したパイプ電極はコンクリート中の水分の測定に有用であると思われる。今後は既存の構造物に対する測定に関する検討や電気抵抗から含水量を求めるキャリブレーションカーブの設定方法に関する検討を行う必要がある。

<参考文献> 1)中根淳他：コンクリート構造体の含水率測定、セメント・コンクリート、No.473、1987. 2)矢田一也他：電気抵抗に基づく鉄筋コンクリートひび割れ部での水分移動の評価について、コンクリート工学年次論文集、Vol.25、No.1、2003.

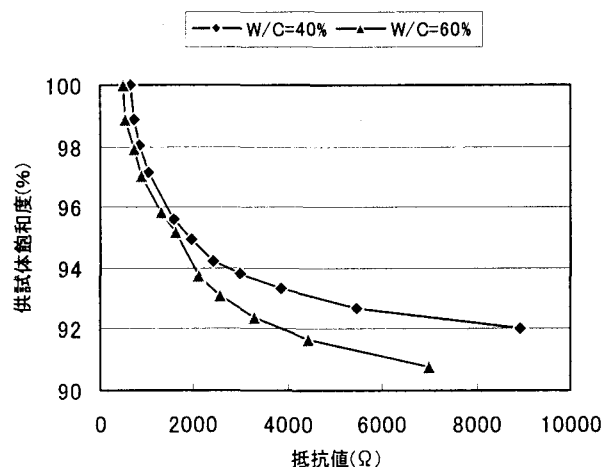


図-3 小供試体測定結果

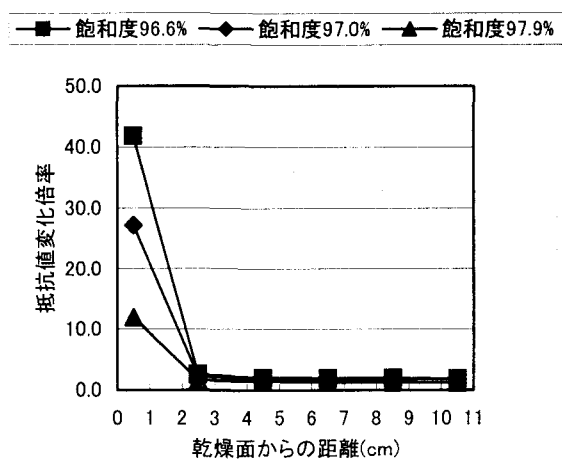


図-4 W/C40%直方体供試体測定結果

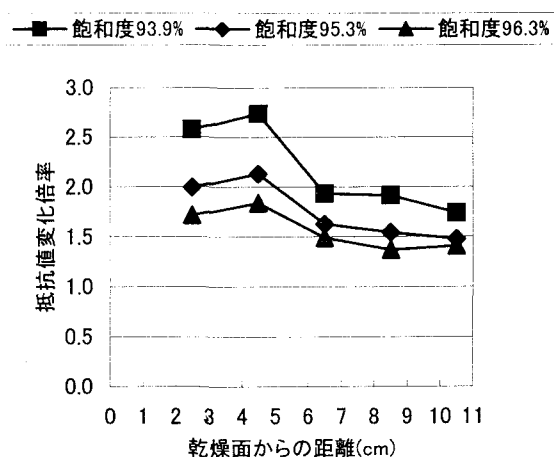


図-5 W/C60%直方体供試体測定結果

表-1 供試体飽和度との比較

水セメント比 60%		水セメント比 40%	
供試体飽和度	パイプ電極平均飽和度	供試体飽和度	パイプ電極平均飽和度
96.3%	97.9%	98.8%	98.1%
93.9%	96.5%	97.9%	97.7%