

非破壊検査法を用いたコンクリート中の水分測定に関する基礎的研究

富山県立大学 環境システム工学科 ○木下竜一(学生会員) 伊藤 始(正会員)
情報システム工学科 岡田敏美

1. はじめに

高度経済成長期に建設された鉄筋コンクリート構造物(RC構造物)では、アルカリ骨材反応や乾燥収縮によるひび割れなどに起因した老朽化が目立ちはじめ、RC構造物を適切に維持管理していく上で、検査技術の高度化が求められている。

その中で、RC構造物に損傷を与えない検査技術である非破壊試験が注目されている。非破壊試験には、強度推定や内部欠陥の検出などを目的として、反発硬度法や超音波法が用いられている。著者らは、内部欠陥の検出手法としてマイクロ波吸収法(以下、MW吸収法)の適用を検討している¹⁾。MW吸収法とは、水分によるマイクロ波の波長(数十mm)の減衰率を測定する方法である。MW吸収法は、非破壊試験の中で測定が比較的容易な手法である。

一方、アルカリ骨材反応や乾燥収縮をはじめとした劣化現象には、少なからずコンクリート中の水分量が関係することが知られている²⁾。

本研究では、コンクリート中の水分量の推定にMW吸収法を適用することを目的に、配合条件や乾燥状態などを変化させた含水率の異なるコンクリート供試体を3種類の方法で測定し、比較した。

2. 実験概要

実験は、含水率の異なるコンクリート供試体について、(1)マイクロ波検査装置(MW吸収法)、(2)表面水分計(高周波容量法)、(3)炉乾燥による質量変化(質量法)を用いて測定することで行った。

2.1 実験ケースと供試体

実験は、表-1で示す9ケース、54体で行い、75×100×400mmの角柱供試体と500×500×900mmのコンクリートブロックから採取した直径100mm、長さ100mmのコア供試体を使用した。

角柱供試体(図-1)は、呼び強度18N/mm²、24N/mm²、30N/mm²の供試体をそれぞれ3体ずつ用意し、4分割に切断した。これらは、コンクリートの打込み・脱型後、封緘養生を行い、恒温恒湿室(温度20℃、湿度60%)で保管した。

コア供試体(図-1)は、呼び強度18N/mm²、24N/mm²、30N/mm²のコンクリートとモルタルの供試体をそれぞれ3体ずつ用意した。これらは、コンクリート(モルタル)の打込み・脱型後から材齢22週に採取し、長さ100mmに成形した。成形後、コア採取前の開放面を除き、封緘して、恒温恒湿室(温度20℃、湿度60%)で保管した。

いずれの供試体とも、材齢16週以降に封緘を解除し、含水率の測定を行った。

2.2 実験方法

(1) マイクロ波検査装置による測定

測定は、図-2に示すように供試体の両端に送信、受信アンテナを設置し、ネットワークアナライザから2.4GHzのマイクロ波を送信することで行った。測定値は、コンクリート内を伝搬した電波の受信強度とした。測定は、供試体1~3個を重ねて、見掛けの厚さを変えることで行い、受信強度とコンクリートブロックの厚さの勾配から水分の減衰率を求めた。角柱供試体では、厚さ75mm、150mm、225mmという順に、コア供試体では、厚さ100mm、200mm、300mmという順に測定した。いずれの供試体も封緘解除後から測定を開始した。

(2) 表面水分計による測定

測定は、表面水分計のセンサ部分をコンクリート表面に押し当てることで行った。角柱供試体では4面、コア供試体では2面を測定し、平均した。

(3) 炉乾燥による質量変化の測定

供試体の一部をマイクロ波の測定後に炉乾燥し、炉乾燥前の質量から炉乾燥後の質量を引くことで、質量の変化量を求め、炉乾燥後の供試体の質量との割合を含水率とした。

表-1 実験ケース

ケース	形状	種類	呼び強度(N/mm ²) (W/C)	個数
18N-A	角柱供試体	コンクリート	18.0 (0.65)	12
24N-A			24.0 (0.57)	12
30N-A			30.0 (0.50)	12
18N-C	コア供試体	コンクリート	18.0 (0.65)	3
24N-C			24.0 (0.57)	3
30N-C			30.0 (0.50)	3
18N-M		モルタル	18.0 (0.65)	3
24N-M			24.0 (0.57)	3
30N-M			30.0 (0.50)	3

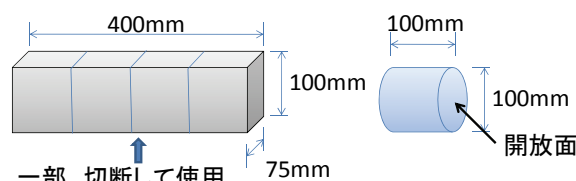


図-1 供試体の形状(左:角柱供試体, 右:コア供試体)

3. 実験結果

3.1 炉乾燥による質量変化と表面水分計による含水率の関係

図-3 に炉乾燥による質量変化と表面水分計による含水率の関係を示す。今回の測定では、角柱供試体、コア供試体ともに炉乾燥の質量変化により得られた含水率と表面水分計による含水率が概ね一致したことから、表面水分計で真値に近い値を得られることが確認できた。

3.2 マイクロ波の測定結果

図-4 にマイクロ波測定値として受信強度とブロック厚さの関係の一例を示す。この図では、コンクリートブロックが厚くなるほど、受信強度が小さくなる傾向が見られる。これは、コンクリートブロックが厚くなることで、コンクリート内の水分により吸収されるマイクロ波が増大し、透過波の強度が減衰したことが要因と考えられる。

3.3 表面水分計による含水率と受信強度の関係

図-5 に表面水分計による含水率と受信強度／厚さの勾配の関係を示す。この図では、含水率の増加に伴い、受信強度とコンクリートブロックの厚さの勾配が負側に大きくなる傾向が見られる。これは、コンクリート中の水分が少ない場合、受信強度の減衰が小さく、水分が多い場合、受信強度の減衰が大きいことを表している。この関係から、受信強度とコンクリートブロックの厚さの勾配を求めることでコンクリート中の含水率を推定可能であることが確認できた。

4. まとめ

コンクリート強度や粗骨材の有無、形状、含水状態を変化させた供試体について、3種類の測定方法で含水率の測定を行った。本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 表面水分計により、含水率の真値に近いデータを得られることが確認できた。
- (2) コンクリートブロックが厚くなるほど、マイクロ波の受信強度が小さくなる傾向が見られた。
- (3) 受信強度とコンクリートブロックの厚さの勾配を求めることで、コンクリート中の含水率を推定可能であることが確認できた。

今後は、非破壊試験(マイクロ波と表面水分計)から得られる内部平均含水率と表面含水率を、湿気移動解析に入力し、空間的な含水率分布を推定する予定である。

【参考文献】

- 1) T. Okada, S. Takami, A. Yamamoto, T. Miyake, and K. Ishisaka: Non-destructive diagnostic tool for concrete by microwave array antenna, Proc. of AP-RASC' 10, B4-2, Toyama, Japan, 2010.
- 2) 土木学会：アルカリ骨材反応対策小委員会報告書、コンクリートライブラリー124, 2005. 8.



図-2 マイクロ波検査装置(左:アナライザ, 右:測定状況)

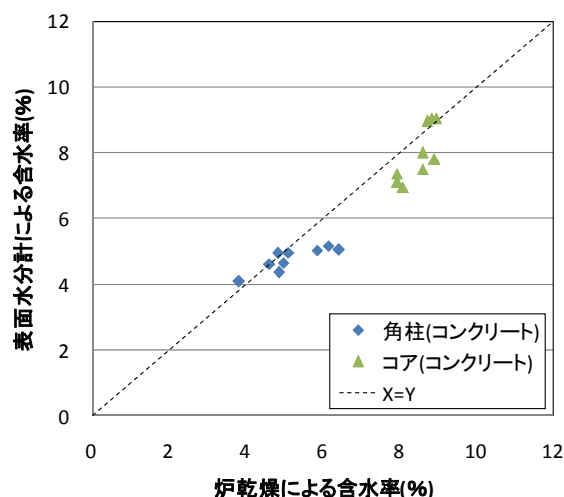


図-3 炉乾燥と表面水分計による含水率の関係

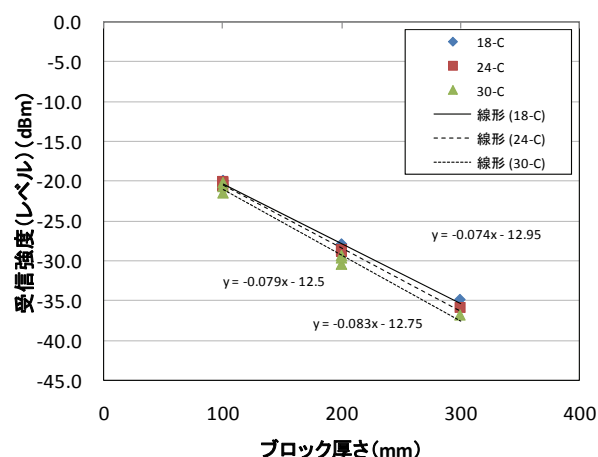


図-4 受信強度とブロック厚さの関係

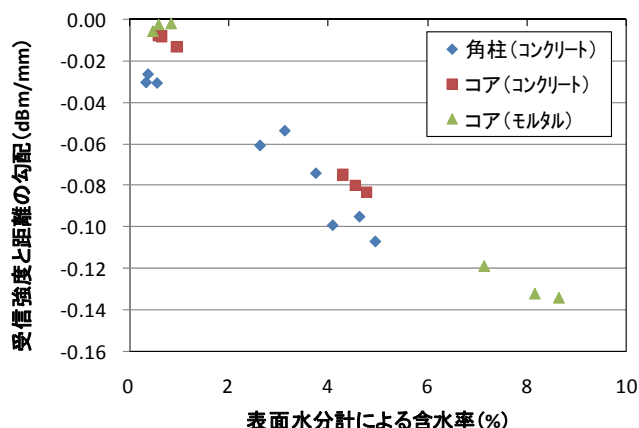


図-5 表面水分計による含水率と受信強度の関係