

コンクリート含水率における各種非破壊試験方法の比較および検討

日大生産工(院) ○高橋 力也
日大生産工 湯浅 昇

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物から試験片を採取し、直接含水率を測定することは難しい。このため、これまで含水率に対応する間接的な指標を測定することにより、含水率を推定するいわゆる非破壊試験となる各種手法が、開発提案されてきた^{たとえば1)2)3)}。

実構造物の建設・改修においては、簡便で、非破壊で迅速に測定が行える試験方法がより望ましい。このため、押し当て式をはじめとした、表面からコンクリートの含水状態を把握する測定手法が市販され、普及している。中でもK社製の高周波容量式水分計の販売台数となると、2013年からの現行モデルだけを見ても、延べ6千台に至っている。

しかし、これらのコンクリート含水率の各非破壊試験方法は、測定原理や機器仕様の違いから、固有の特徴を持っていると想定されるが、各種方法の特徴が明確に理解されておらず、目的に合致した利用を困難なものとさせている。各種非破壊試験方法による測定結果の相互比較検討が必要であると考えられる。

本報は、コンクリート含水率の各非破壊試験方法の特徴を把握することを目的とし、各々の測定結果の比較検討を行ったものである。

2. 実験計画及び方法

2.1 試験体の作製

使用したコンクリートの調合および性状を表-1に示す。普通ポルトランドセメントを用い、

水セメント比80%、60%、40%の3水準とした。

試験体の概要を図-1に示す。試験体は10cm×10cm×20cmとし、20°Cの恒温室にてコンクリートを打設した。材齢1日にて脱型し、10cm×10cmの乾燥面以外の4面をアルミテープ及びエポキシ樹脂で封緘した。この試験体を20°C、R.H. 60%の恒温恒湿室で静置し、所定の乾燥面を乾燥させた。その後、材齢1、3、5、7、14、35(水セメント比40%のみ29日)、56、163日に各種非破壊試験に供した。

2.2 各種非破壊試験方法による測定

表-2に本研究で用いたコンクリートの非破壊試験方法の一覧を示す。本研究では(a)高周波押し当て式、(b)電気抵抗式、(c)乾燥度試験紙、(d)近赤外線水分計による測定を行った。

(a) 高周波式

コンクリートの比誘電率が含水率によって変化し、含水率が高い程比誘電率が大きくなる性質を利用し、コンクリート表面へ電極を直接押し当て、高周波電流を流すことによって得られる電気的特性値から、コンクリートの含水率を推定する測定方法である。HI-520-2(図-2)およびHI-500は受信部電極に返ってきた周波数の変化から、C-MEX5は振幅の変化から、コンクリートの含水率を推定する機器となっている。

本研究では、コンクリートの電気的特性値に対応した機器固有の値を測定した。いずれの測定機においても、乾燥面1面に対し縦横2回測定を行い、その平均をもって測定値とした。

表-1 調合および性状

W/C (%)	単位水量 (kg/m³)	調合表						フレッシュ性状		
		単位量(kg/m³)			化学混和剤(cc/m³)			スランプ(cm)	空気量(%)	練温(°C)
セメント	細骨材	粗骨材	15S	303A	8N					
80	185	231	865	976	2313	2333	-	17.6	4.6	20.2
60		308	838	939	773	5292	-	19.0	5.9	19.8
40		463	671	976	-	4000	2200	19.3	5.1	19.8

Evaluation and Comparison of Various Non-Destructive Measurement Methods for Concrete Moisture Content

Rikiya TAKAHASHI、 Noboru YUASA

表-2 非破壊試験方法

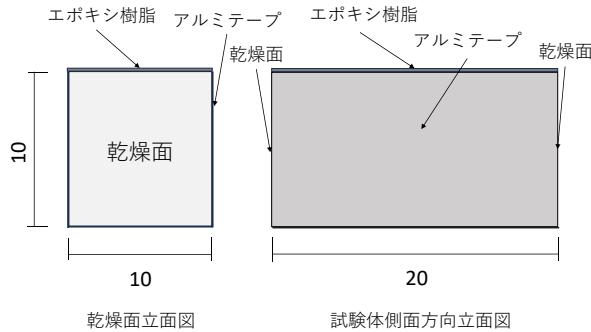


図-1 試験体概要

(b)電気抵抗式

電気抵抗式押し当て水分計を図-3に示す。コンクリートの電気抵抗は含水状態によって変化し、高含水率程、電気抵抗が小さくなることを利用し、コンクリートの電気抵抗から含水率を推定する測定方法である。HI-100およびPM-101を用いて、導電ゴムで構成されるゴム電極をコンクリート表面に押し当て、電極間を流れる電気抵抗を測定した。本研究では、コンクリートの電気抵抗に対応した機器固有の値を測定した。測定は乾燥面1面に対し3回行い、その平均値をもって測定値とした。

(c)乾燥度試験紙

吸湿量に応じて青色から赤色に変色する試験紙をコンクリート表面にはりつけ、10分後の変色程度により含水状態を評価する方法である⁵⁾。本研究では乾燥面1面につき3点測定を行い、その平均値を測定値とした。

(d)近赤外水分計

近赤外水分計を図-4に示す。近赤外水分計は、水の吸収帯に対応した波長の近赤外光を測定対象に当て、その透過光もしくは波長光を測定し、その吸光度から含水量を推定する機器である。本研究では、使用した近赤外水分計により測定可能である1.94μmの波長の吸光度に対応するX1値の測定を行った。測定は乾燥面1面につき3回行い、その平均値を測定値とした。

3. 実験結果および考察

3.1 HI-520-2測定結果

図-5にHI-520-2の測定結果を示す。いずれの水セメント比においても、乾燥の進行に伴いDモード値は低下することを確認した。その変化は乾燥初期において大きく、材齢14日以降は穏やかであった。

試験種類	機器記号	測定項目
押し当て式	HI-520-2	Dモード値
	HI-500	
	CMEX5	Index値
	HI-100	カウント値
乾燥度試験紙		指標値
近赤外水分計	KJT-130	X1値



図-2 高周波押し当て式水分計



«HI-100⁴⁾»

«PM-101»

図-3 電気抵抗押し当て式水分計



図-4 近赤外水分計

3.2 HI-520-2測定結果と高周波押し当て式水分計測定結果の関係

HI-520-2のDモード値とHI-500Dモード値の関係を図-6に示す。両者には正の相関がみられ、ほぼ同等の測定結果となることを確認した。

図-7にHI-520-2Dモード値とCMEX5のIndex値との関係を示す。両者はHI-520-2のDモード値が約1200以下では正の相関がみられたが、1200以上ではCMEX5の測定範囲の上限に達した。高水分領域ではHI-520-2の方がCMEX5より測定範囲が広いと推察される。

3.3 HI-520-2測定結果と電気抵抗押し当て式水分計測定結果の関係

HI-520-2Dモード値とHI-100カウント値の関係を図-8に示す。また、図-9は、HI-520-2のDモード値とPM-101のMCモード値の関係を示したものである。どちらも、水セメント比

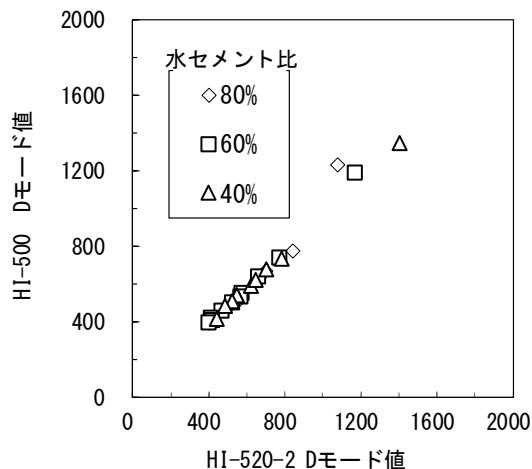


図-6 HI-520-2 D モード値と
HI-500 D モード値の関係

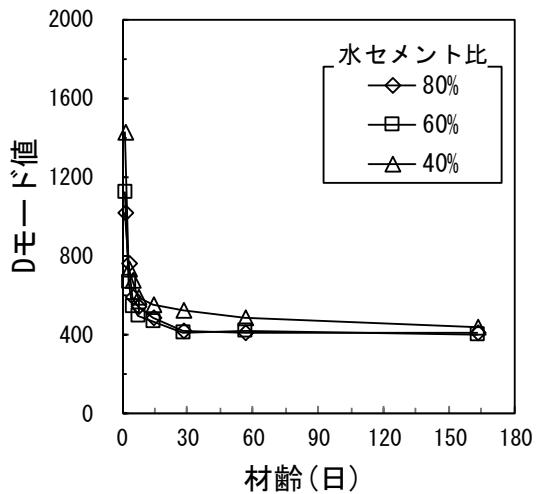


図-5 HI-520-2 測定結果

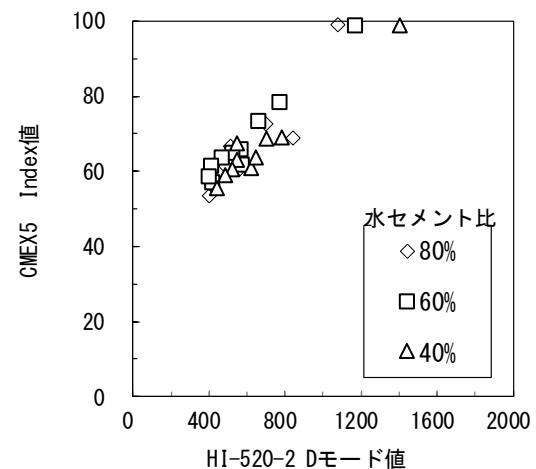


図-7 HI-520-2 D モード値と
CMEX5 Index 値の関係

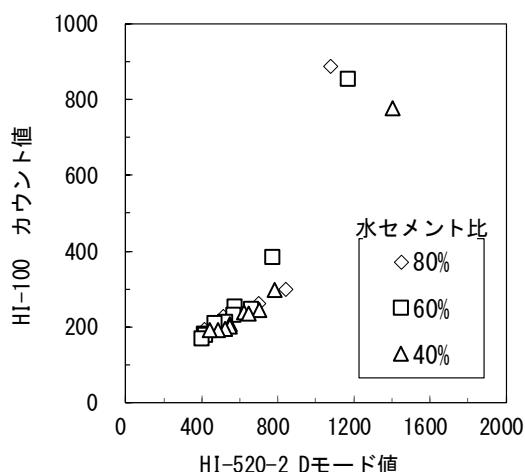


図-8 HI-520-2 D モード値と
HI-100 カウント値の関係

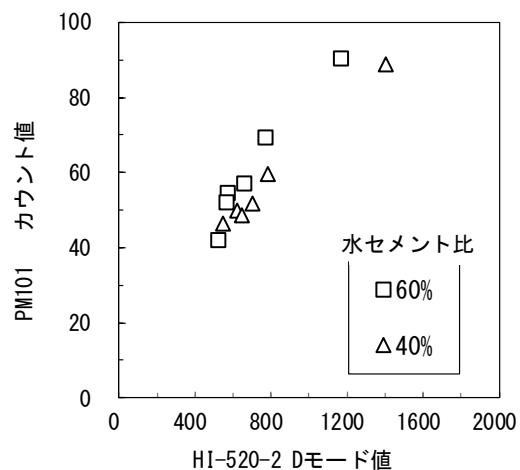


図-9 HI-520-2 D モード値と
PM-101MC モード値の関係

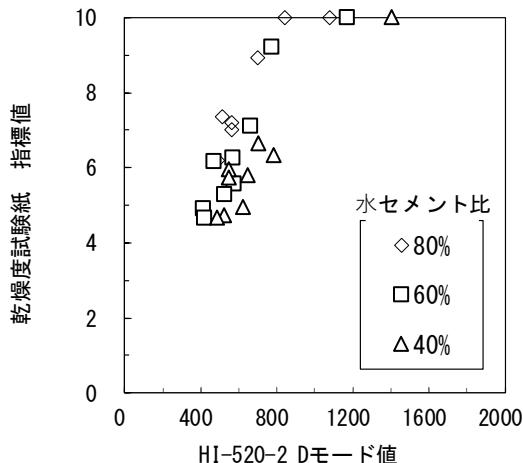


図-10 HI-520-2 D モード値と
乾燥度試験紙指標値の関係

の違いにかかわらずHI-520-2のDモード値と電気抵抗押し当て水分計の測定値には正の相関がみられた。

3.4 HI-520-2のDモード値と乾燥度試験紙測定結果の関係

図-10は、HI-520-2のDモード値と乾燥度試験紙の指標値測定結果の関係を示したものである。水セメント比によらず、HI-520-2のDモード値が約900以上では乾燥度試験紙の指標値が上限に達しているが、900以下では正の相関がみられた。

3.5 HI-520-2のDモード値と近赤外水分計測定結果の関係

図-11は、HI-520-2のDモード値と近赤外線水分計X1値の関係を示したものである。両者には正の相関がみられた。

4. まとめ

本研究ではコンクリート試験体を対象とし、コンクリート含水率の各種非破壊試験方法について、比較検討を行った。その成果は以下の通りである。

- (1) 乾燥の進行に伴いHI-520-2のDモード値は低下する。その程度は乾燥初期ほど大きく、材齢14日以降は緩やかとなった。
- (2) HI-520-2のDモード値とHI-500のDモード値には正の相関がみられ、ほぼ同等の測定結果となった。
- (3) HI-520-2のDモード値とCMEX5のIndex値には、Dモード値が約1200以下では正の相関がみられた。また、それ以上の領域ではCMEX5のIndex値は測定範囲の上限に達していることから、高水分領域においては

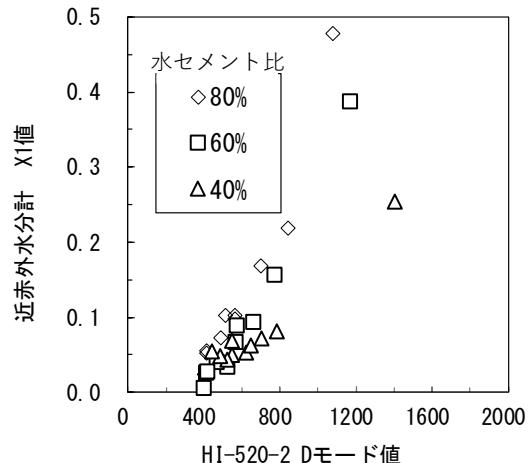


図-11 HI-520-2 D モード値と
近赤外水分計 X1 値の関係

HI-520-2の方がCMEX5より測定範囲が広いと推察される。

- (4) HI-520-2のDモード値とHI-100カウント値およびPM-101のMCモード値には、水セメント比の違いによらず、正の相関がみられた。
- (5) HI-520-2のDモード値と乾燥度試験紙の指標値には、水セメント比の違いによらず、HI-520-2のDモード値が900以下の範囲で正の相関がみられた。
- (6) HI-520-2のDモード値と近赤外線水分計のX1値には、正の相関がみられた。

参考文献

- 1) 鎌田英治、田畠雅幸、中野陽一郎：コンクリートの内部含水率の測定、セメント技術年報 XXX、pp.288- 292、1976
- 2) 湯浅昇、笠井芳夫、松井勇：埋め込みセラミックセンサの電気的特性によるコンクリートの含水率測定手の提案、日本建築学会構造系論文集、第 498 号、1997、8
- 3) 菅掛文夫、千歩修、熊谷敏男：注入補修界面の含水率測定方法の一提案、日本建築学会大会学術講演梗概集、1989.10
- 4) 谷倉泉、榎園正義、後藤昭彦：床版防水工における水分計の適用性に関する研究、構造工学論文集、vol.59、pp.1112-1123、2013、3
- 5) 湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、逸見義男、佐藤弘和：乾燥度試験紙によるコンクリートの含水状態の評価、日本建築土木学会論文報告集、5(1)、pp.1-6、1997