

マイクロ波センサ方式 コンクリート単位水量測定器の開発 ——コンクリート構造物の品質確保の一環として——

No. 163

国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所事務所長

調査試験課長

調査試験課専門職

材料試験係長

むらまつ としみつ
村松 敏光
はるき ふみお
春木 二三男
とみよし すえひろ
富吉 未広
ふくみや かずひと
福宮 一仁

1. はじめに

平成11年（1999年）に起こった新幹線トンネルのコンクリート崩落事故をきっかけに、コンクリート構造物の耐久性や品質確保が社会的に問われるようになった。このコンクリート構造物の品質を決定する大きな要因として水セメント比が挙げられる。このため、現在、耐久性の要求性能に対応した水セメント比の制限値が明示されるとともに、一定規模の工事に対して施工段階での水分量確認が行われている。

一方、単位水量測定方法の確立については、以前より多くの機関・企業により研究・開発されてきているところである。しかしながら、いずれの方法においても「精度」「迅速性」「簡便性」等の課題があり、特に対象試料については、ふるいを用いて粗骨材を除去したウエットスクリーニングモルタルではなく、フレッシュコンクリート自体とした高精度で簡易な測定方法の確立が望まれていた。

このような状況を受け、近畿技術事務所では「新たなフレッシュコンクリートの水分量測定手法の開発」を平成14年度から2カ年にわたって、以下の開発目標を掲げて開発を行い、平成15年度

末に「マイクロ波センサ方式コンクリート単位水量測定器」がついに完成したので、その経緯および原理を中心に紹介する。

開発目標

- (1) 採取したコンクリートをウエットスクリーニング（粗骨材除去）せずに測定できる。
- (2) 操作が簡単で、測定に熟練を要しない。
- (3) 測定が迅速で、試料採取を含めた計測・結果出力に要する時間は、5分を目標とする。
- (4) 精度・分解能が単位水量で $\pm 5.0\text{kg/m}^3$ 以下を確保する。（試料7l程度）
- (5) 普通商用車（ライトバン）程度で搬送可能な大きさ・装置重量とする。

また、今回は“コンクリート構造物の品質確保”に対する近畿地方整備局としての取り組みについて、直轄工事のうち重要構造物を対象に実施した「荷下ろし場における生コンクリート単位水量の測定について」および内部の職員（監督職員等）を対象とした「生コンの単位水量測定講習会」の実施についても紹介する。

2. 開発概要

(1) 開発経緯

これまでの単位水量測定器・測定手法は、主と

してフレッシュコンクリートからウエットスクリーニングしたモルタルを測定対象試料にしていた。しかし、コンクリートの品質が問われる中、迅速、簡便でより精度の高い測定手法、測定器の開発が求められている。

近畿技術事務所では、フレッシュコンクリートをサンプリング後にウエットスクリーニングせずに迅速・簡便かつ正確に測定することを目標に、水分子がマイクロ波を吸収する原理に基づく「マイクロ波水分センサを応用した単位水量測定器」の調査・開発に取り組んできた。

平成10年度にフレッシュコンクリートの品質管理技術に関する予備調査を行い、コンクリート構造物の耐久性向上を図る上で、今後、単位水量測定技術が重要となることを認識した。平成11年度と12年度の諸検討の結果、マイクロ波水分計を応用した単位水量試験装置開発の可能性を確認。平成13年度は、本格的に開発を行うことを前提とした単位水量測定装置における基本要件の整理を行い、平成14年度から本格的な開発を行ってきた。開発にあたっては、マイクロ波を用いた単位水量測定器の開発を公募し、株式会社中研コンサルタントと共同開発協定を結んだ。

また、この間に発生した新幹線トンネルのコンクリート塊崩落事故をきっかけにコンクリート構造物の耐久性が社会的に問われることとなり、平成11年度には「土木コンクリート構造物耐久性検

討委員会（農林水産省・運輸省・建設省）」が設置され、提言が出されたことにより、本開発はその技術的対応として位置づけ、ますます重要性を高めることとなった。

(2) 測定原理

マイクロ波は、水分子にエネルギーを吸収されて減衰するが、骨材等の材質には影響されない。発信器を出たマイクロ波は、フレッシュコンクリート中の水分子（水分）により、減衰しながら受信器に到達する。マイクロ波の減衰量は、フレッシュコンクリート中の水分量に比例することから、あらかじめ、単位水量とマイクロ波減衰量との相関をとっておくことで、試料におけるマイクロ波減衰量から単位水量を算出できる。

ここで、マイクロ波の性質上、練混ぜ水の他に骨材に吸水されている水分も含めて測定される

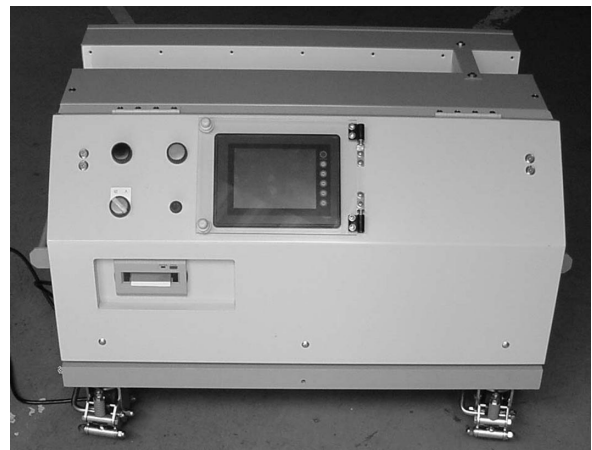


写真 1 装置本体外観

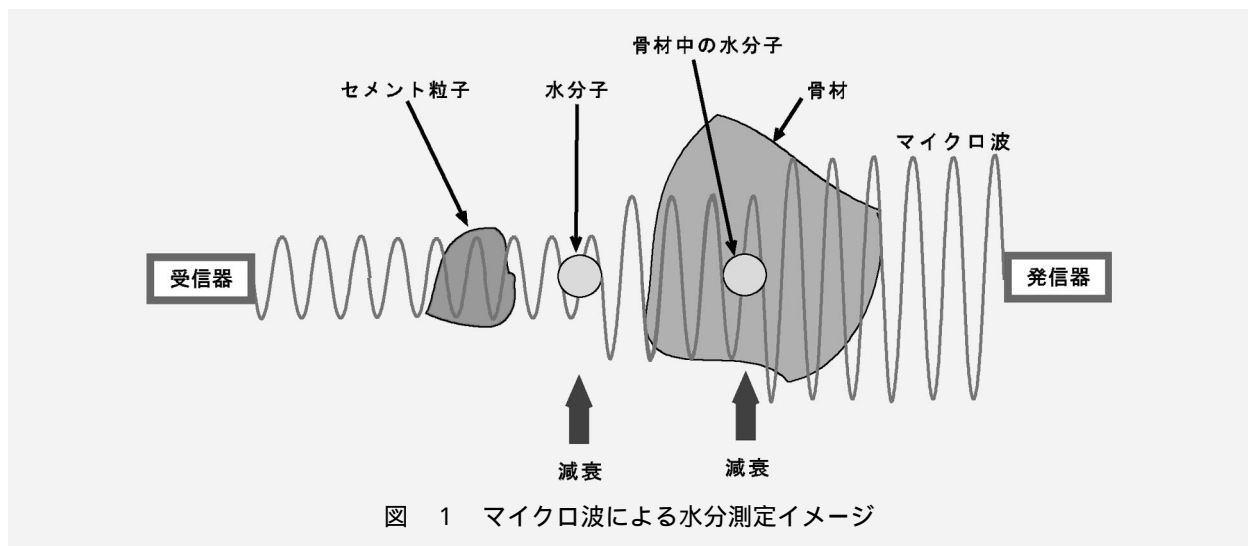


図 1 マイクロ波による水分測定イメージ

が、骨材量と吸水率から補正計算することで信頼性の高い測定が可能となっている。

(3) 装置概要

装置本体大きさ：縦526mm × 横892mm × 高550mm
本体重量：約45kg
試料充填量：縦約160mm × 横540mm × 厚82mm = 約7l
試料測定領域：容器中央 縦100mm × 横475mm



写真 2 専用試料容器外観

(4) 装置特長

- ① コンクリートで測定するので、ウエットスクリーニングが不要。
- ② 測定試料量が約7lあり、試料採取時の誤差を小さくできる。
- ③ 操作が簡単で、熟練は必要なし。
- ④ 測定が迅速（約2分/回）。

3. 地整独自の取り組み・実態調査

コンクリート構造物の品質確保ということでは、その具体的な対策として、昨年「レディーミクストコンクリートの品質確保について」（平成15年10月2日付、国土交通省大臣官房技術調査課長）の通知が出され、一定規模以上の工事について、請負者にコンクリートの単位水量測定が義務づけられたところである。

これを受けて、近畿地方整備局としても昨年12

月より、発注者として独自に単位水量の測定を「荷下ろし場における生コンクリート単位水量の測定について」として試行的に実施しており、その概要は以下のとおりである。

(1) 目的

生コンクリートの単位水量の計測は、平成15年10月2日付け課長通知に基づき請負者が実施するものであるが、発注者においても同様に計測を実施し、計測手法・結果等の検証を行うものである。

(2) 対象構造物（プレキャスト製品を除く）

①鉄筋コンクリート擁壁（H=5m以上）②鉄筋コンクリートカルバート類（内空断面25m²以上）③橋梁上・下部（但しPCは除く）④トンネル⑤堰・水門・樋門（h=3m以上）

(3) 測定頻度

対象構造物 1 躯体につき 1 回以上

(4) 測定者

近畿技術事務所

(5) 測定結果

現在までにとりまとめた結果としては、簡単に報告すると次のようなものである。

- ① 測定は、整備局管内の19事務所・50工事で実施し、単位水量の測定回数は184回である。
- ② 測定結果は、範囲としては配合設計に対して、+22.5～-13.3kg/m³となっている。
- ③ 今回、管理値として±15kg/m³と定め、それを外れたのは5工事（全体の10%に相当）であり、各現場にその原因究明を指示した。
- ④ 原因については、精査していないのでその中身をここでは示さないが、まずは各方面に単位水量を測定するという点に対して、その姿勢・取り組み方を変えることができればということではないかと考える。
- ⑤ 測定方法は、近畿技術事務所がそれまでに保有していたW/Cミータ（減圧式加熱乾燥法）であるが、今後の調査は、今回開発したマイクロ波センサ方式コンクリート単位水量測定器も併せて実施していく。

4. 単位水量測定講習会

平成16年3月には「レディーミクストコンクリート単位水量測定要領(案)」(国土交通省大臣官房技術調査課長補佐)がとりまとめられ、参考資料として種々の単位水量測定方法が掲載されたところであり、これによって近畿地方整備局としても同要領によることとし、平成16年4月1日以降に稼働している工事から適用することになった。

そのことに合わせ、平成16年7月27日、「生コンの単位水量測定講習会(近畿地方整備局主催)」を近畿技術事務所構内で実施した。整備局内の各事務所から現場に携わる約150人の監督職員等が集まった。

講習会は、コンクリートの打設工事現場で単位水量の測定を行うに際し、監督職員に各単位水量測定機器の測定原理および測定方法を理解してもらい、フレッシュコンクリートの品質および施工管理のさらなる適正化を行うことを目的に実施した。

講習会で実施された測定方法はマイクロ波センサ方式を含む11種類で、午前中はそれぞれの測定原理と測定方法の説明を参加各メーカーより行い、午後には実際の測定を各3回ずつ行った。

今回の講習会は、今までの品質管理項目以外に実施することになった単位水量測定を対象に実施した。監督の立場としても、これまで経験したことのないことを求められることになるので、その方法や原理を把握する必要がある。そういう時期・タイミングであった今回の講習会で、マイクロ波センサ方式コンクリート単位水量測定器も実施できたことは、意義のあることと考えている。

5. まとめ

現在、コンクリート構造物の劣化問題が大きくマスコミにも取り上げられ、半永久的であると考えられてきたコンクリート神話ともいえる信頼性

が問われている。

社会資本の形成に無くてはならない「コンクリート構造物」。これまでの事故を教訓に今まで以上に適切な建設と維持管理を行い、耐久性の維持、向上を図ることが大きな課題となっている。

今回の報告では、近畿技術事務所および近畿地方整備局の取り組みを紹介した。コンクリート単位水量測定器の開発の詳細まで触れることができなかったが、セールスポイントと課題を示すと次のようなことになると考えており、今後、各方面でアピールしていきたい。

(1) 一番の売りは“迅速性”

フレッシュコンクリートの品質管理は、生コン工場や現場などいろいろな場所、場面で行われ、求められる性能もそれによって異なる。今回の開発目的は、施工現場で打設するレディーミクストコンクリートの単位水量を測定することで、少しでも早く結果を出すことが求められる。

マイクロ波センサ方式コンクリート単位水量測定器なら、2分程度で結果を出すことができる。

(2) 知名度向上と信頼性の確立

この3月に「レディーミクストコンクリート単位水量測定要領(案)」が策定され、測定方法と管理基準が規定された。その参考資料として、エアメータ法をはじめとする10種類の各測定方法の概要がまとめられている。完成前だったマイクロ波センサ方式は、紹介されていない。よって、少しでも多くの人に早くこの測定装置とその特徴を知ってもらいたいと思っている。

また、水そのものを測定する方法とは異なり、この方法は水の性質を利用して間接的に水分量を算出するので、まずは原理を理解していただくようお願いし、信頼を得ていきたいと考えている。

【謝辞】

本件は特許出願中である。共同研究いただいた株式会社中研コンサルタント、実機にまとめていただいたカワサキ機工株式会社の協力を御礼申し上げます。