

論文 セメント系材料中の微細空隙壁面への水分の吸脱着速度に関する実験的研究

深堀伸一*¹・氏家大介*²・大下英吉*³

要旨: コンクリート内部の水分移動現象に細孔壁面への水分の吸着・脱着現象を考慮するために質量法による吸脱着量測定試験装置を製作し、セメントペーストに吸着・脱着した水分量を実験的に求めた。この実験によって得られた測定結果をもとに時間-吸脱着速度の関係を導き、セメント系材料中の微細空隙壁面への水分の吸脱着性状を定量的に評価した。

キーワード: 吸着, 脱着, 水分移動, 吸脱着速度

1. はじめに

コンクリートは多孔質透水性材料であるため、長い年月が経つとひび割れやミクロの空隙より外部の物質が浸透する。こうした各種物質は、水を媒体としてコンクリート内部を移動すると考えられる。塩害といった劣化現象は、その移動物質が原因で引き起こるとされている。またコンクリート内部の水分移動は、乾燥収縮やひび割れを発生させる原因となる体積変化をもたらす要因の一つと考えられている。これらのことから、コンクリートの性質を低下させるあらゆる劣化現象に、水分の移動現象が関連していると言っても過言ではない。したがって、内部に有する水分量とその水分移動の挙動を知ることがコンクリートの応力特性を解明する上で非常に重要である。

セメントペーストは結合材としての重要な役割だけでなく、その保有する毛細管空隙が水分の移動経路の役割も果たしている。セメントペーストの有する空隙の毛管径は μm ~ nm と微小であるため、比表面積は非常に大きいにもかかわらず、従来のコンクリート内部における水分の移動現象に関する研究では、その空隙の面積の影響を無視して考えている。しかし、

比表面積の大きさを考えてみても、細孔内を移動する水分に細孔壁が、大きな影響を及ぼしていることは明らかである。したがって、細孔内の水分移動現象には、細孔壁による水分の吸着・脱着現象の影響が考慮されなければならない。しかしながら、吸着・脱着現象を水分移動に扱った研究は現在のところ少ない。このような現状を踏まえ、本研究ではコンクリート内部の水分移動現象に細孔壁面への水分の吸着・脱着現象を考慮するため、質量法による吸脱着量測定試験装置を開発し、セメントペーストに吸着・脱着した水分量を実験的に求めた。この実験によって得られた測定結果をもとに、時間-吸脱着速度の関係を導き、セメント系材料中の微細空隙壁面への水分の吸脱着性状を定量的に評価した。

2. 実験概要

2.1 吸脱着量測定試験機の開発

本研究で開発した吸脱着量測定試験機は、吸着・脱着する水分量の質量変化を、石英スプリングの伸縮に置き換えて測定する質量法吸脱着試験機である。この測定試験機の概略図を図-1に示す。

*1 中央大学学生 理工学部土木工学科 (正会員)

*2 中央大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻 (正会員)

*3 中央大学助教授 理工学部土木工学科 工博 (正会員)

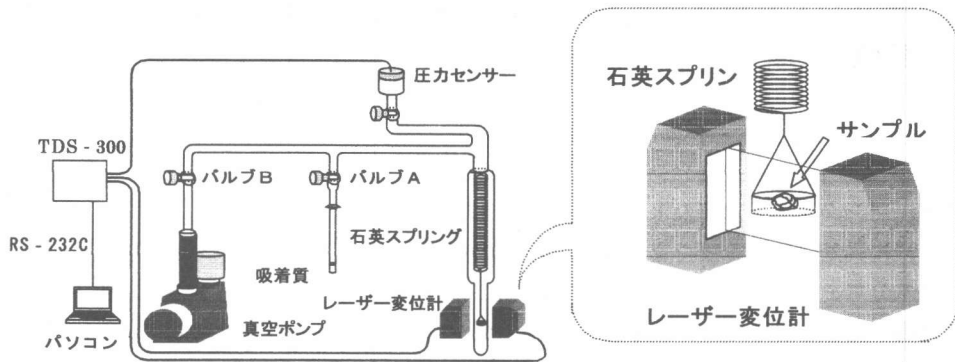


図-1 吸脱着量測定試験機

石英スプリングは極めて感度が良く、また繰り返し使用してもその信頼性が高いことから、本実験では感度 1mm/mg 、最大荷重 400mg の石英スプリングを使用した。石英スプリングの伸縮は、吊るされたバスケットの上下する距離をレーザー変位計で読取った。

1) 実験理論

吸脱着する水分量は与えられた蒸気により異なる。真空状態に蒸気圧を導入するとその水蒸気により湿度が上がるため、セメントペーストに水分が吸着し質量が増加する。一方、吸着している水分を真空排気し蒸気圧を下げると脱着現象が生じ、質量は減少する。本実験ではこの蒸気圧を試験装置に設けられたバルブA・Bでコントロールすることにより、吸脱着試験を行う。吸着量測定試験では、蒸気圧により上昇した湿度によって、水分がセメントペーストに吸着し始めて平衡状態に至るまでの過程における、水分の質量変化と所要時間との関係を求めた。脱着量測定試験では真空排気し、ある蒸気圧を設定したときから平衡状態になるまでの脱着量の質量変化と所要時間との関係を同様に求めた。

2) 実験方法

試験機内にサンプルであるセメントペーストを石英製のバスケットに入れ石英スプリングに吊るし、吸着した水分を取り除くため前処理として熱を加え真空排気する。試験機内は高真

空状態であるため、飽和蒸気圧 (25.5Torr , 25°C) の状態にある水蒸気は、バルブAを開放すると圧力差により試験機内に流れ込む。本実験の吸着量試験では、バルブAを開閉することで導入する水蒸気を調節して蒸気圧を変化させ、セメントペーストに水分を吸着させる。蒸気圧は飽和蒸気圧を5等分に分けた量を与え、その各段階について吸着量測定試験を行う。このとき5段階に分ける理由は、蒸気圧の違いによって吸着する水分量の変化を調べるためである。脱着量測定試験では、真空排気をバルブBで調節し、吸着試験同様、各蒸気圧における脱着する水分量の変化を測定する。

3) 実験パラメータ

前処理条件は、真空度を 10^{-3}Torr 、処理温度は 100°C とし、吸脱着量測定試験時の装置の環境温度は 25°C とした。また吸脱着量測定試験の各段階において与える蒸気圧はそれぞれ 5.1 、 10.2 、 15.3 、 20.4 、 25.5Torr である。

本実験のサンプルは、セメントペーストで作られた $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の円柱供試体（普通ポルトランドセメント、材齢 28 日、水中養生）を割裂し、中心部より任意に選んだ破片を使用した。水セメント比の違いによって吸脱着する水分量は変化すると考え、本実験では水セメント比 30%、40%、50%、60% の 4 サンプルについて吸脱着量測定試験を行った。各サンプルの質量は $15\sim 20\text{mg}$ である。