

セメントペーストを用いた等温吸脱着曲線に与える各種要因の影響とその評価

東京大学大学院 学生会員 伊代田 岳史

千葉工業大学大学院 学生会員 伊藤 一聡

東京大学生産技術研究所教授 F 会員 魚本 健人

1. はじめに

セメント硬化体の強度・耐久性は内部の組織構造に大きく影響されるため、その内部組織構造を測定する方法が多く提案されている。多く用いられている水銀圧入式ポロシメータは定量的に空隙分布を測定でき非常に優れている反面、水銀を利用することから取り扱いの問題や液体で水銀を圧入するため、液体の状態ではしか評価できず、また空隙を破壊しながら測定するなどといった問題点も指摘されている。一方、等温吸脱着曲線を用いた内部組織推定方法は定量評価ができない反面、気体で浸透するため内部組織の破壊等を伴わない。そこで、本研究においては等温吸脱着試験を利用し、前処理、配合や養生環境の違いによる影響を調査した。

2. 実験概要

等温吸脱着試験のためにセメントペーストで $20 \times 20 \times 80 \text{mm}$ の試験体を作成し、材齢 56 日経過したものを 5mm 角に切断し試料として試験に用いた¹⁾。切断した試料をアセトンに浸し脱気することによりアセトンを空隙に充填し乾燥させることで水分を逸散させた。この方法は(1)105 で 1 週間程度乾燥、(2)真空脱気で 1 週間程度の二種類で行い比較した。このような処理を行った試料の一部を用いて乾燥・湿潤過程における空隙飽和度の履歴挙動を測定した。その方法は) 湿潤過程：前処理の状態を RH0% とし質量を測定し、その後温度を 20 に保持した状態で湿度を RH30,50,80,95,100% と変化させて質量を測定した。なお、RH100% とは試料内部が水で満たされた状態であり、水を入れた容器に試料を入れ真空脱気することで試料内部の空隙まで水を充填させることとした。

)乾燥過程：湿潤過程と同様に湿度を RH100,80,50,30,0% と順次低下させて質量変化を測定した。なお、試料の質量変化が平衡に達するまでの期間は実験結果より 2 日程度であると確認できたため湿潤・乾燥過程とも平衡時期までの時期を 2 日とした。実験要因は 配合(W/C)、セメント種類、養生環境の 3 種類とした。

3. 実験結果と考察

3.1 前処理の違いによる結果の比較

図 1 は前処理が異なった場合における試験結果を示したものである。このときの試料は W/C=0.35 の普通ポルトランドセメントのセメントペーストで水中養生を行ったものである。この図より前処理方法の違いにより大きな差があることが明らかである。この理由として前処理方法の相違により乾燥度が異なることが原因になっていると考えられる。湿潤過程において(1)105 乾燥の方が(2)真空乾燥に比べ低湿度領域で水分が吸着し飽和度が大きくなっている。一方、乾燥過程においては RH100% から RH80% での飽和度の低下は急激となっている。この領域が急激に低下していることは水分移動の抵抗性が低い、つまりインクボトル効果の影響が少ないといえる。105 乾燥がこのようになった原因は急激な強熱乾燥により、内部空隙間に Micro Crack のような連結を促進してしまうような欠陥が発生したと考えられる。

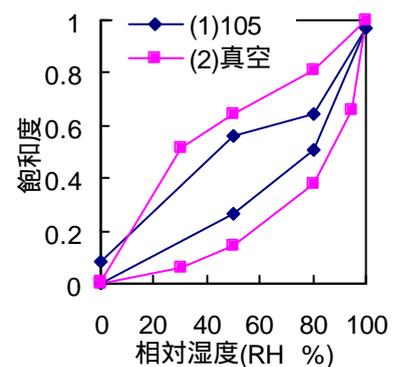


図 1 前処理の違いによる結果

このことから試験の前処理は(2)真空乾燥が適していると考えたため、前処理は真空乾燥を利用することとした。

3.2 各種要因 (W/C, セメント種, 養生環境)の影響

図 2 は各種要因の影響を考察するために W/C, セメント種, 養生環境を変化させた等温吸脱着試験の結果をまとめたものである。実験要因は W/C を 0.25,0.35,0.50 の三種類、セメントの種類を普通ポルトランドセメント

キーワード：等温吸脱着曲線，内部組織構造，前処理，養生環境

連絡先：〒153-8505 目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所魚本研究室 Tel:03(5452)6098(Ex58090) Fax:03(5452)6392

(OPC)とセメントの70%を高炉スラグで体積置換した高炉セメントC種(BSC)の二種類、養生環境を水中養生(W)、RH50%で乾燥養生(D)、28日間RH50%で乾燥養生後28日間水中養生を行った養生(DW)の三種類とした。

W/Cの影響：養生環境がWの結果を比較するとW/Cが大きくなるにつれ大空隙の割合を表す湿潤過程でのRH95%からRH100%の勾配が大きくなっており、大空隙の割合が多いことがわかる。また、乾燥過程における水分移動抵抗性を表すRH100%からRH80%の勾配もW/Cが大きくなるにつれて大きくなっているといえる。つまり、従来通りW/Cが大きくなるにつれて空隙構造が粗になり、水分移動の抵抗性が小さくなることが表現できている。この傾向はセメントの種類によらず、また養生環境がDWでも同様であった。

セメント種類の影響：養生環境がW、DW

の場合のセメント種類を変化させた場合、W/CによらずBSCのほうがOPCに比べて湿潤過程において見られる大空隙が多く存在するが、乾燥過程で見られる水分移動抵抗性は非常に高いことが分かる。つまりBSCは内部構造として残存する大空隙は多いが、水分逸散の抵抗性から連続空隙の組み合わせが異なると推測できる。

養生環境の影響：WやDWではW/Cやセメントの種類にかかわらず弧を描いているのに対して、Dでは履歴を完全に閉じることができない。Dの特徴は湿潤過程における大空隙の割合が非常に多くなっていること、乾燥過程で急激に水分が逸散していること、弧が閉じないことなどである。弧の閉じない理由はRH100%で圧入した水が未水和セメントと反応してしまい、小さな空隙を閉塞してしまいその奥に存在する大空隙内の水分が逸散できない現象が起こってしまったと考えられる。また、セメントの種類を変化させたときにはWやDWの養生環境では異なった結果であったがDではほとんど変わらないという結果となった。このことから未水和セメントの反応により空隙の連続性が閉塞したと考えられる。

このように各種要因を変化させたことにより従来から言われていた内部組織構造を等温吸脱着試験で表現することが可能であるとともに、養生環境の異なった場合での組織構造の説明にも有用な方法であるといえる。

4. まとめ

本研究により得られた成果を以下にまとめる。

- (1)試験を行う前処理として乾燥程度の軽い真空乾燥が105の強熱乾燥に比べて適している。
- (2)従来からいわれていたW/Cの違いによる内部構造を等温吸脱着試験で表現ができた。また、セメントの種類の違うOPCとBSCの特徴を説明することが可能となった。また、乾燥養生での特徴を説明できたとともに、水中養生と乾燥後の水中養生との空隙構造を比較することができた。これらのことからこの等温吸脱着試験方法を定性的な内部組織構造の説明に用いることができる。

参考文献

- 1) 伊代田岳史, 魚本健人: 初期乾燥を受けたセメントペーストの水和・細孔組織に与える高炉スラグの影響, 生産研究 Vol.53, No.3, pp.186-189, 2001

謝辞：本研究を行うに当たりデータを提供して下さった東京大学博士課程の塚原絵万氏、千葉工業大学卒論生の江田俊彦氏、また実験等で多大なご助力を頂いた芝浦工業大学卒業生の長谷川博之氏に深く感謝致します。

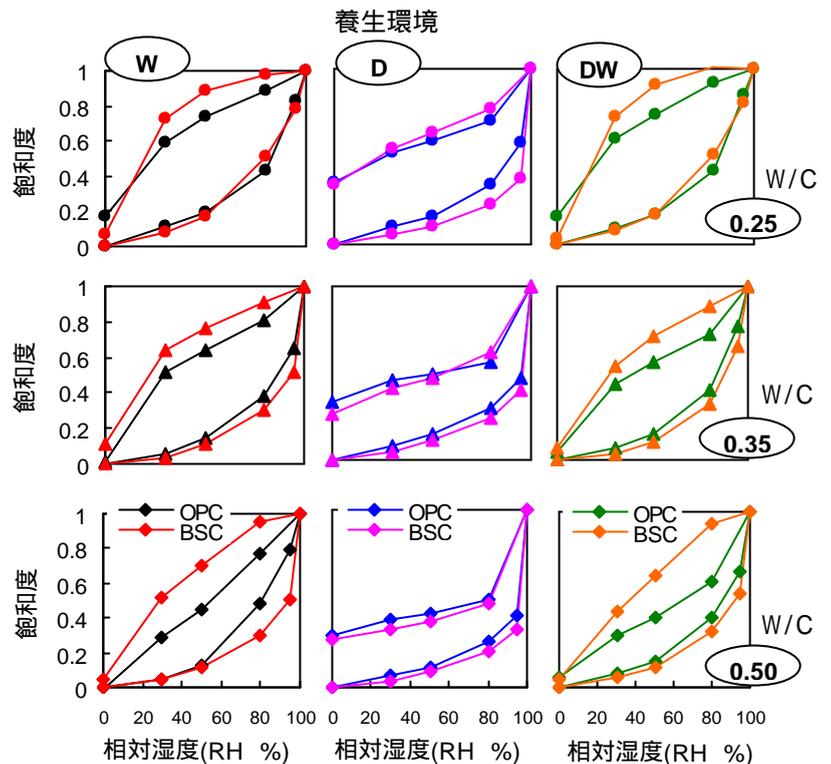


図2 各種要因の違いによる等温吸脱着試験の結果