

高炉スラグ微粉末を用いたセメントペースト硬化体の透気性状に湿度環境が及ぼす影響に関する研究

名古屋工業大学大学院	学生会員	○落合 昂雄
名古屋工業大学大学院	正会員	吉田 亮
東京大学生産技術研究所	正会員	岸 利治
名古屋工業大学大学院	フェロー	梅原 秀哲

1 はじめに

高炉スラグ微粉末が有する特徴として潜在水硬性が一般的に知られている。普通ポルトランドセメントのみを使用して作製したセメントペースト硬化体と比較し、高炉スラグ微粉末を混和したセメントペースト硬化体では潜在水硬性が発揮されることで、しきい径の狭小化やインクボトル量の増加などの報告があり¹⁾、特徴的な空隙構造が形成されることが確認されている。筆者らは、高炉スラグ微粉末を混和したセメントペーストでの透気性状において湿度変化が多大な影響を及ぼすことを確認しており²⁾、透気性状の湿度依存性は高炉スラグ微粉末の混和による空隙構造の変化に起因するものと考えられる。

本研究では混和材種の異なるセメントペースト硬化体を作製し、細かく設定した外部相対湿度環境下において調湿した後に透気試験を実施することで、湿度変化が透気性状に与える影響について検討を行った。

2 実験概要

2.1 使用材料・配合

セメントは普通ポルトランドセメント(O)を使用し、混和材として高炉スラグ微粉末(B)を内割で45%置換した。供試体はセメントペースト硬化体とし、水結合材比(W/B)を30%、45%、60%の3水準としてセメントペーストを30×60×15 mmの型枠を用いて作製した。供試体は打設した翌日に脱枠し、材齢2年9カ月まで気中養生(A)および水中養生(W)を行った。また本研究では、供試体の識別をOW30のように結合材種類、養生条件、W/Bの順に記号で表す。

2.2 透気試験

透気試験の供試体は、上記の試料を割裂し、湿式の研磨機を用いて約30×20×15 mmの直方体に整形し、アセトン中で超音波洗浄を行った。その後、恒温恒湿槽(20℃、R.H. 60%)内で試料質量が安定するまで

静置し、透気面以外の4面にエポキシを塗布した。そして供試体の周囲にエポキシ樹脂を流し込み、供試体を中心とした直径50 mm、厚さ約15 mmの円盤状に加工した。透気試験は負荷圧力を0.2~0.6 MPaの範囲で行い、試験体内部を透過した空気の流量が定常となった後、水上置換法により透過量を求めた。また本研究では、供試体を静置する湿度環境を変化させて測定を行った。まず恒温恒湿槽(20℃、R.H.60%)内で静置した供試体に対して測定を行った後、1ヶ月程度ならびに6ヶ月程度の期間を空けて透気試験を行った。1ヶ月後および6ヶ月後の透気試験では、R.H.60%内に静置し測定を行った後に、R.H.80%内に供試体質量が安定するまで1週間程度静置して再度試験を行った。ただし1ヶ月後の測定では水中養生の供試体のみ試験を行った。またBW60は供試体がひび割れにより破損したため、6ヶ月以降のデータはない。

3 実験結果および考察

本研究では最初の測定から1ヶ月後(水中養生のみ)および6ヶ月後に再度透気試験を行い、図1、図2に結合材種別にR.H.60%での静置期間による影響を示す。気中養生を行った供試体では、普通ポルトランドセメントおよび高炉スラグ微粉末のいずれに関しても静置期間の進行による透気係数の顕著な変化は確認されない。しかし水中養生ではW/Bが高いほどに透気係数の変化が確認される。図1に示す普通ポルトランドセメントを使用した供試体では若干の増加であり、測定誤差とも考え得るが、供試体内部に残存する水分が徐々に乾燥したことに起因するものと考えられる。つづいて図2に示す高炉スラグ微粉末を混和した水中養生の供試体では、静置期間の進行による透気係数の顕著な増加が確認される。この結果は、高炉スラグ部粉末の混和による潜在水硬性が、毛細管空隙を普通ポルトランドセメントよりも

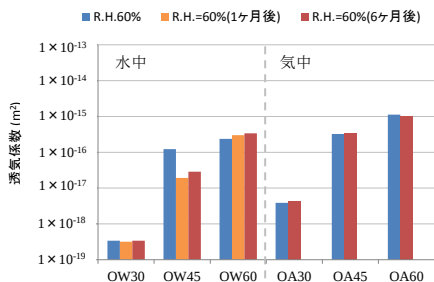


図 1 : R.H.60%での透気係数 (OPC)

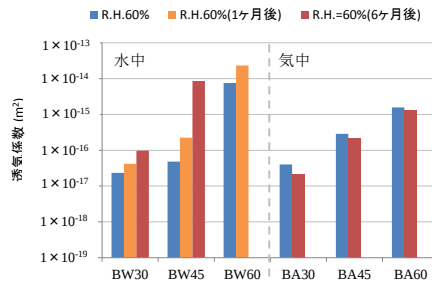


図 2 : R.H.60%での透気係数 (BFS)

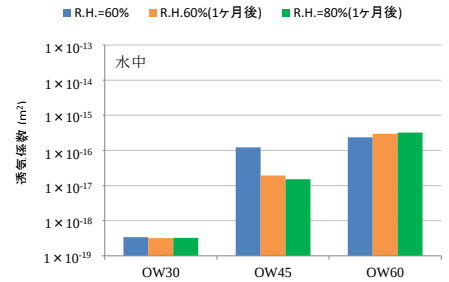


図 3 : 1 ヶ月後での透気係数の変化 (OPC 水中)

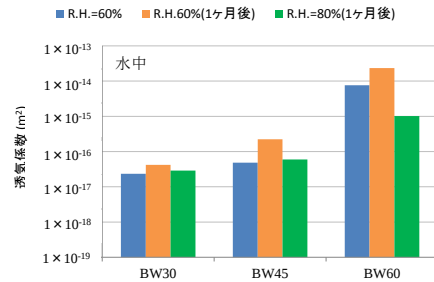


図 4 : 1 ヶ月後での透気係数の変化 (BFS 水中)

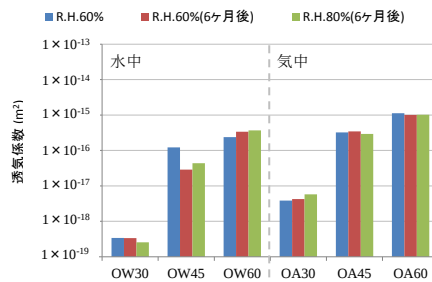


図 5 : 6 ヶ月後での透気係数の変化 (OPC)

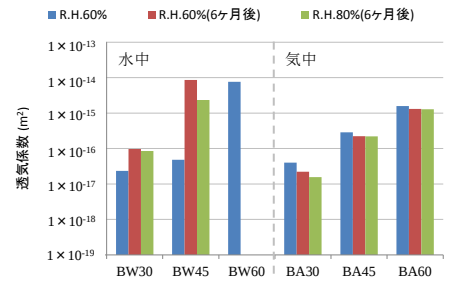


図 6 : 6 ヶ月後での透気係数の変化 (BFS)

さらに緻密化し、インクボトル空隙が多くなるという研究¹⁾の結果とは合致しない。その理由には、R.H.60%で長期間乾燥したことによる空隙構造の変化を考えている。

つぎに1ヶ月後および6ヶ月後に湿度環境を変化させた際の透気係数を図3～図6に示す。図3および図5に示す普通ポルトランドセメントを使用した供試体では、いずれも湿度変化に伴う透気係数の顕著な変化は確認されない。一方、図4に示す高炉スラグ微粉末を混和し水中養生を行った供試体では、湿度変化による透気係数への影響が顕著であることが確認でき、R.H.60%内で1ヶ月程度静置したことでも透気係数は増加し、高湿度環境下に静置後は透気係数が減少する傾向を確認できる。また図6に示す高炉スラグ微粉末を混和した供試体の6ヶ月後における透気係数に関しても同様の傾向を確認できる。高炉スラグ微粉末を混和した供試体では、前述した研究のようにボトルネック空隙が多数形成されると考えられる。そのため本実験の結果と合わせて考えるとR.H.60%内に静置した期間に乾燥が進行し、前述のように空隙構造が変化した可能性もあるが、毛細管空隙上に形成されたボトルネック空隙が開孔され物質移動経路が増えることで透気係数が増加したと考えられる。また高湿度環境下での静置後はボトルネック空隙に水分が凝縮し、閉塞することにより物質移動経路が減ることで、透気係数が減少

したと推測される。今後、透気試験に用いた供試体の空隙構造分析を行い、湿度環境の変化に伴う空隙構造ならびに透気係数の変化の関係を精緻に検証し、本論文で述べた仮説を検証する。

4 まとめ

混和材種および養生条件の異なるセメントペースト硬化体に対し、相対湿度を60～80%と段階的に変化したときの透気性状の変化を検討した。普通ポルトランドセメントでは透気係数の大きな変化は確認できなかったが、高炉スラグ微粉末を混和し水中養生を行った供試体での透気係数は、上記の湿度環境の変化に敏感に応じることが確認できた。この透気性状における湿度依存性には、高炉スラグ微粉末を混和した供試体が内包する特徴的なインクボトル構造に由来すると考えられる。高炉スラグ微粉末を混和した供試体では、ボトルネック空隙が物質移動経路内に存在し、透気性状に大きく関与することが示唆される。

参考文献 : 1) 吉田亮, 岸利治 : 水銀漸次繰返し圧入法によって観察される OPC・BFS ペースト硬化体の空隙構造の相違, 第65回セメント技術大会, 社団法人セメント協会, pp.38-39, 2011.5

2) 落合昂雄, 吉田亮, 岸利治, 梅原秀哲 : 異なる湿度環境下における高炉スラグ微粉末を用いたセメントペースト硬化体の透気性状に関する研究, 土木学会第67回年次学術講演会, pp239-240, 2012.9