

凍結融解作用を受けたモルタルの細孔構造変化について

秋田大学 学生会員 ○佐川奈津子

秋田大学 正会員 徳重英信

フライベルク工科大学 非会員 Bier Thomas A.

秋田大学 正会員 高橋良輔

1. はじめに

積雪寒冷地においてコンクリートの凍害劣化は非常に重要な因子であり、これまで様々な研究が行われている。本研究室において、吸水率の高い天然ゼオライトを混和したポーラスコンクリートにおける凍結融解（FT）試験を実施した結果、優れた耐凍害性を示した。天然ゼオライトは、構成成分の約 70% がシリカであり、ペーストと骨材の付着が良好になった事及び天然ゼオライト内部の細孔が耐凍害性に有効な役割を果たした事が考えられる。そこで本研究では、天然ゼオライト及びポゾラン材料をモルタルに混和し、FT 作用による細孔構造変化を明らかにする事を目的とし、実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料、配合および供試体

配合表を表 1 に示す。本実験は、W/P（水粉体比）=50%を基準としているが、一部の配合でフロー値確保のため W/P=57%, 60%, 68%と変更した。骨材は主に珪砂を使用し（CM 系）、ZM 系には珪砂の 15% を天然ゼオライト細骨材（ZS）で置換した。混和材料として、天然ゼオライト粉末（ZP）、フライアッシュ（FA）、高炉スラグ微粉末（BS）及び石灰石微粉末（LSP）を使用した。混和率は各々 10%及び 25% とした。供試体寸法及び養生条件は、RILEM CIF 試験¹⁾に準拠し、70±2×110×150mm の角柱供試体を作製した。また供試体環境による細孔構造の変化を

比較するため、40×40×160mm の角柱供試体を作製し、同材齢まで標準養生を施した。

2.2 実験方法

FT 試験は RILEM CIF 試験¹⁾に準拠し、スケーリング量測定を行った。FT 試験終了後（材齢 63 日）の供試体を用いて水銀圧入試験を実施した。試料を 10mm 以下に粉砕し、アセトンにて水和停止した後乾燥炉にて 24 時間以上乾燥させ、デシケーターにて保存した。水銀圧入法による細孔径分布は、Micromeritics Auto Pore V 9600 にて最大圧力 420MPa まで測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 凍結融解試験

図 1 に RILEM CIF 試験によるスケーリング試験結果を示す。図は、試験終了時（56 サイクル）の累積スケーリング量を表している。最も劣化が軽度であった配合は CM-BS10 及び CM-LSP10 であり、最も劣化が顕著であった配合は ZM0.6-FA25 であった。FA 及び ZP は ZS と混和することにより、劣化が激しくなる傾向がみられた。ほとんどの配合において、混和材料の混和率を低くすることでスケーリング量が減少した。

3.2 モルタルの細孔構造変化

図 2 に CM-ZP25 の材齢の経過（標準養生 7 日、

表 1 供試体の配合表 (%)

	W/P	W	C	S	ZS	FA/BS/LSP/ZP
control(CM)	0.5	11.1	22.2	66.7	0.0	0.0
CM-10%	0.5	11.1	20.0	66.7	0.0	2.2
CM-25%	0.5	11.1	16.7	66.7	0.0	5.6
CM0.57-ZP10	0.57	12.5	19.7	65.6	0.0	2.2
CM0.6-ZP25	0.6	13.1	16.3	65.2	0.0	5.4
ZM	0.6	13.1	21.7	55.4	9.8	0.0
ZM-10%	0.6	13.1	19.5	55.4	9.8	2.2
ZM-25%	0.6	13.1	16.3	55.4	9.8	5.4
ZM0.68-ZP25	0.68	14.2	15.7	53.3	9.4	5.2

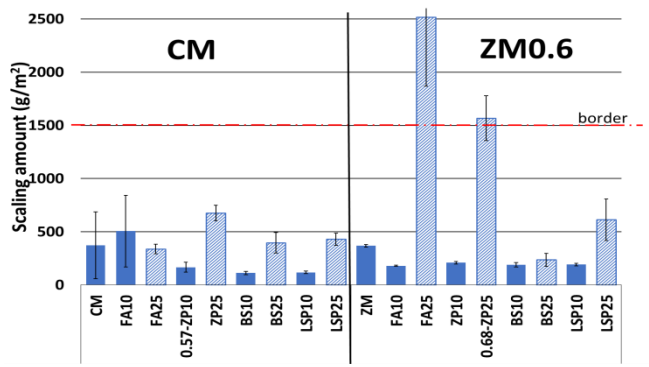


図 1 スケーリング試験結果

キーワード：ポゾラン材料，耐凍害性，水銀圧入，細孔分布

連絡先：〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学理工研究科 tel:018-889-2367

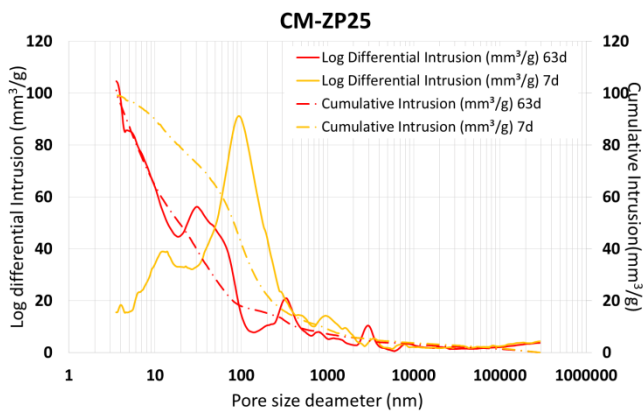
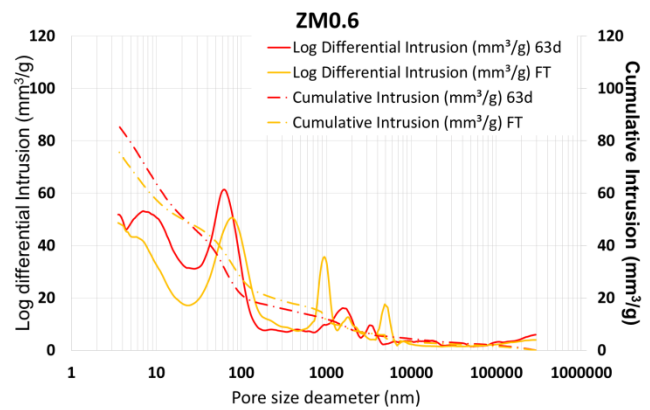
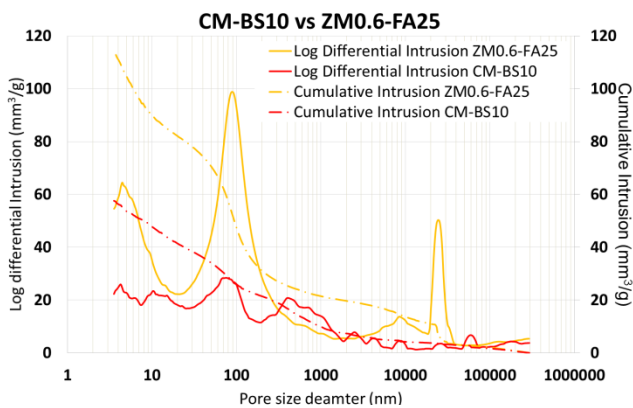
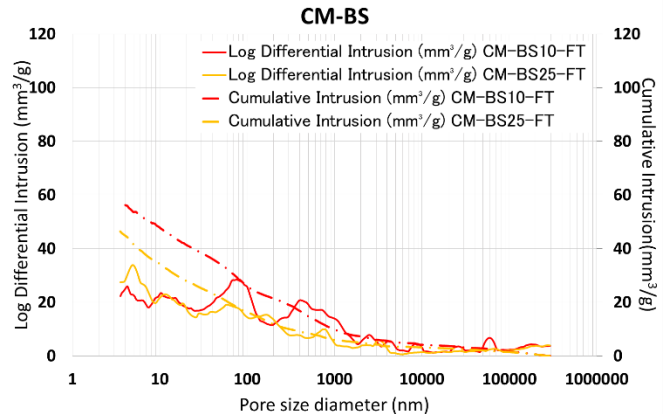


図2 CM-ZP25の細孔径分布

図3 凍結融解作用の有無が及ぼす
細孔径分布への影響図4 RILEM CIF試験にて劣化が重度・軽度で
あった供試体の細孔径分布図5 CM-BS-FTの混和率の違いが及ぼす
細孔径分布への影響

63日)に伴う細孔径分布の変化を示す。材齢の経過に伴い内部構造の緻密化を測定できた。ZS使用時(図3, ZM0.6-63d)と比較すると、粒径が小さい方(ZP)が緻密化を促す様な反応が活性化するが、比表面積が大きくなるために細孔容積が大きくなったと考えられる。

図3にFT試験後の供試体と同材齢まで標準養生を施した供試体の細孔径分布を比較する。100nm付近のピークがZS由来の細孔であると考えられ、それ以外のピーク(1 μ m及び5 μ m付近)がFT作用により生じたと考えられる。図4には3.1のFT試験結果より表面劣化が最も重度な配合(ZM0.6-FA25)と最も軽度な配合(CM-BS10)における細孔径分布を示す。ZM0.6-FA25のピークがより顕著に表れる結果となり、FT作用により10nm以下及び25 μ m付近のピークが表れ、特に25 μ mは凍害劣化によるマイクロクラックであると考えられる。細孔容積(破線)においても、容積が大きくなる結果となった。図5に混和率の異なるCM-BSの細孔径分布を示す。FT試験においてはCM-BS25の方がより劣化した結

果となったが、細孔径分布では大きな違いはなく、細孔容積についてはCM-BS25の方が小さい結果となった。これは、BS混和率が大きいためにポズラン反応がより活発に働き、細孔容積が小さくなった事が考えられる。これより、内部劣化が軽度である場合、細孔径分布に大きな影響はなく、その他の因子が支配的に表れる可能性が示された。

4. まとめ

水銀圧入試験結果より、凍結融解作用を受けたモルタルの細孔径分布の変化を測定することが出来た。劣化が重度である場合はマイクロクラックの様な細孔を確認することが出来たが、劣化が軽度である場合、細孔径分布に大きな違いは認められなかった。

参考文献

- 1) M. J. Setzer et al : Test methods of frost resistance of concrete: CIF-Test: Capillary suction, internal damage and freeze thaw test – Reference method and alternative methods A and B, Materials and Structures, Vol. 37, pp. 743-753(Dec. 2004)