

屋外暴露したモルタルの細孔構造変化と耐凍害性の関係

正会員 ○渋谷 将*
同 濱 幸雄**
同 新 大軌***
同 岸本嘉彦***

細孔構造 インクボトル細孔 耐凍害性
屋外暴露 水銀圧入法 凍結融解試験

1. はじめに

一般に、高強度コンクリートは non-AE であっても優れた耐凍害性を示すといわれているが、長期間の暴露によって耐凍害性は低下することが報告されている¹⁾。青野らは、普通セメントを用いたセメントペーストにおいて、乾燥、乾湿繰返し養生により直径 40~2000nm の細孔量が増加し、耐凍害性が低下することを報告した²⁾。また、著者らは普通セメント及びフライアッシュセメントを使用したモルタルにおいて、乾燥時の温度、湿度及び養生期間の条件が、細孔構造の変化に及ぼす影響を検討しており、直径 40~2000nm の細孔量のみならずインクボトル細孔が耐凍害性に影響を及ぼすことを報告している³⁾。しかし、実験室で検討した乾燥温度・湿度などの環境条件は実環境と異なる可能性があり、実際に暴露を行った場合の細孔構造と耐凍害性の関係を検証する必要がある。

本研究では、室蘭、東京、沖縄で暴露したモルタルを対象とし、暴露後の細孔構造の変化と環境変化養生による細孔構造の変化の対応を把握し、細孔構造と耐凍害性との関係についてさらに検証することを目的とする。

2. 実験計画及び方法

(1) 実験計画

表 1 に調合表、表 2 に実験計画表を示す。セメントは普通セメント (N) 及びフライアッシュ B 種相当のセメント (FA) を使用し、W/B は 35%、55% の 2 水準とした。細骨材は登別産陸砂 (表乾密度 2.69g/cm³、吸水率 1.52%) を用いた。試験体は、4×4×16cm の non-AE モルタルを作製し、初期養生 (20℃水中養生 4 週) を行い、その後、室蘭、東京、沖縄で 1 年半暴露したものをを用いた。

(2) 実験方法

耐凍害性の評価は RILEM CIF 法に準じて行った。測定項目は質量変化、剥離量及び 1 次共鳴振動数とした。細孔構造は水銀圧入法及びアルキメデス法により測定を行った。試料は試験体を砕き、2.5~5.0mm に粒度調整を行い、アセトン置換により水和停止させた後、D-dry 乾燥を行ったものを使用した。水銀圧入法は JIS R 1655 に準じた。アルキメデス法は水中質量と表乾質量及び絶乾質量を測定し、真密度、全空隙量を算出した。

表 1 調合表

W/B (%)	単位水量 (kg/m ³)	質量(kg/m ³)		
		セメント	フライアッシュ	細骨材
35	244	593	105	1396
55	337	521	92	1225

表 2 実験計画表

試験体記号	W/B	暴露地	年平均気温(℃)	年平均湿度(%)	暴露期間
M	0.35	室蘭	8.9	81	1年半
T		東京	16.4	60	
O	0.55	沖縄	23.4	71	

3. 実験結果

(1) 暴露による細孔構造の変化

図 1 に環境変化養生及び暴露の影響による細孔容積の変化を示す。N では、初期養生のみ(4WK)と比較して暴露により細孔容積が増加している。一方、FA では、暴露試験体の細孔容積は減少しており、これはポゾラン反応により細孔が長期的に緻密化していることが原因であると考えられる。また、高温乾燥を行った環境変化養生試験体は暴露試験体と比較して細孔容積が大きくなっており、実環境と比較して厳しい条件であるといえる。

図 2 に環境変化養生及び暴露試験体の直径 40~2000nm の細孔量を示す。セメント種別によらず、4WK と比較して暴露試験体の直径 40~2000nm の細孔量が増加した。

次に、図 3 に環境変化養生時及び暴露時の温度・湿度と直径 40~2000nm の細孔量の変化との関係を示す。温度と直径 40~2000nm の細孔量の間には相関があるが、湿度との間には相関がみられず、細孔構造の変化に対して湿度は湿度よりも影響が大きいと考えられる。

(2) 暴露後の細孔構造と耐凍害性の関係

図 4 に直径 40~2000nm の細孔量と CIF 耐久性指数の関係を示す。なお、耐凍害性に影響を及ぼす試験体の空気量についてもそれぞれ右上に記載した。試験体作製時に多量の空気が混入した N、W/B=35%を除くと、4WK と比較して暴露試験体の耐久性指数は低い値を示した。また、直径 40~2000nm の細孔量が増加することで耐凍害性が低下し、環境変化養生を行った場合の相関と一致した。

図 5 に直径 40~2000nm の細孔量とインクボトル細孔量の関係を示す。暴露により直径 40~2000nm の細孔量が増加するとともにインクボトル細孔量の増加も確認された。これより、環境変化養生の場合と同様に耐凍害性に対し

てインクボトル細孔の影響は大きいといえる。

4. まとめ

- 1) 暴露により細孔構造が粗大化し、耐凍害性に影響を及ぼす直径 40~2000nm の細孔量の増加を確認した。また、細孔構造の変化に対して温度の影響が大きいといえる。
- 2) 暴露により直径 40~2000nm の細孔量の増加のみならず、インクボトル細孔量の増加が確認され、インクボトル細孔は耐凍害性に影響を及ぼすと考えられる。
- 3) 暴露による細孔構造の変化及び細孔構造と耐凍害性の関係は、環境変化養生を行った場合と同様の結果を示した。ただし、高温乾燥による環境変化養生は、実環境と比較して厳しい条件であることが明らかとなった。

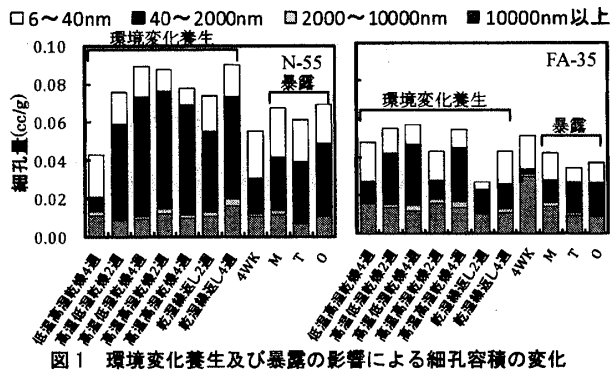


図1 環境変化養生及び暴露の影響による細孔容積の変化

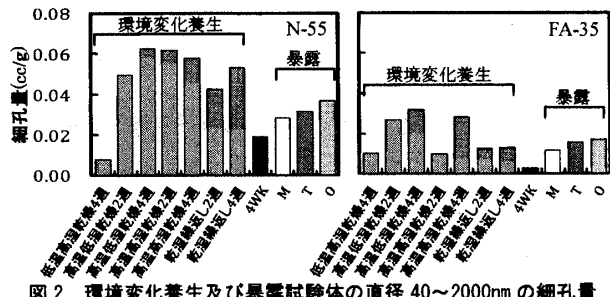


図2 環境変化養生及び暴露試験体の直径 40~2000nm の細孔量

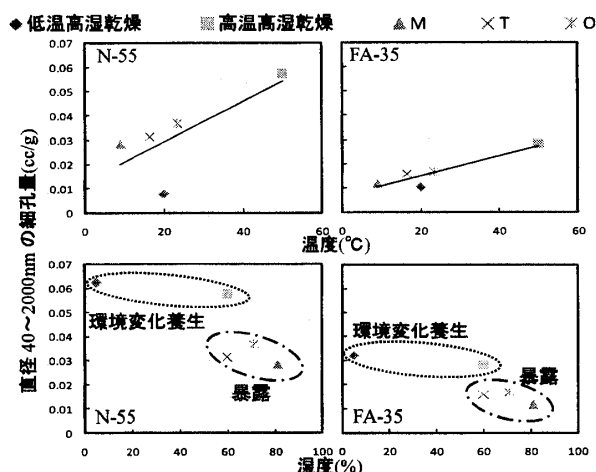


図3 環境変化養生時及び暴露時の温度・湿度と直径 40~2000nm の細孔量の変化との関係

*室蘭工業大学大学院 博士前期課程
 **室蘭工業大学大学院 教授 博士(工学)
 ***室蘭工業大学大学院 助教 博士(工学)

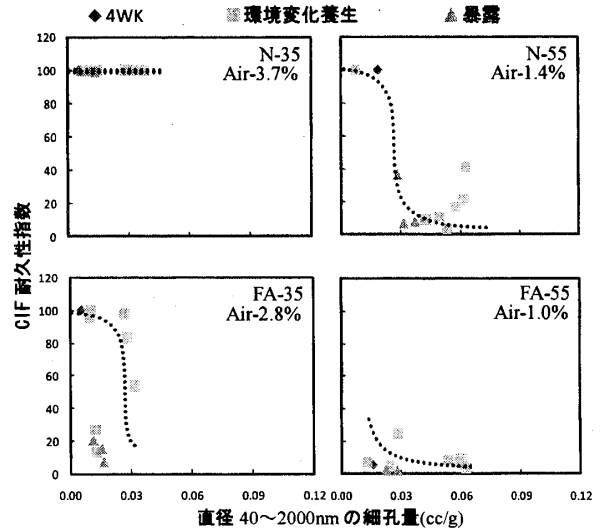


図4 直径 40~2000nm の細孔量と CIF 耐久性指数の関係

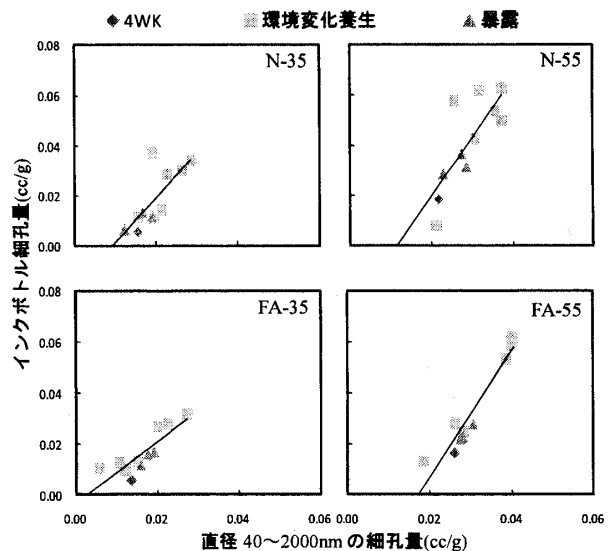


図5 直径 40~2000nm の細孔量とインクボトル細孔量の関係

【謝辞】

暴露試験に際し、日本大学生産工学部 湯浅昇准教授、琉球大学工学部 山田義智教授にご協力していただきました。記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 濱幸雄ら：高強度・高流動コンクリートの耐凍害性に及ぼす凍結融解試験開始前の養生条件の影響，セメント・コンクリート論文集，No.56，PP.425-430，2002.
- 2) 青野義道ら：乾燥による硬化セメントペーストのナノ構造変化と耐凍害性への影響，コンクリート工学論文集，Vol.19，No.2，PP.21-34，2008.5.
- 3) 新大軌ら：環境変化養生によるモルタルの細孔構造と耐凍害性の変化，セメント・コンクリート論文集，No.63，PP.155-160，2010.
- 4) 気象庁 HP <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

*Graduate student, Muroran Institute of Technology

**Prof., Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.

***Assistant Prof., Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.