

経年コンクリートにおける窒素吸着試験による細孔構造評価

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○高増 宣仁
公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 千頭 啓司
公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 上原 元樹

1. 緒言

鉄道コンクリートは長期にわたって供用されるが、その環境や品質によっては、凍害等の種々の劣化が生じることがある。ここで、変状が顕在化していないコンクリートでも環境の履歴に応じて、変状の要因となる細孔構造の変化が生じている可能性があり、その明確化は、コンクリートの劣化状況、将来的な変状の発生・進行予測に有用である。そこで、経年、配合および供用環境の異なる種々のコンクリートを実構造物から採取して窒素吸着試験により、その細孔構造を評価した。

2. 試験方法

2.1 試料採取

経年14～96年の種々のコンクリートからコンクリートコアを採取した。試料の概要を表1に示す。

表1 対象構造物の概要

試料	経年	圧縮強度 N/mm ²	水が かり	AE 剤	W/C (%)	単体量 (kg/m ³)			
						W	C	G	S
1	14	25.8	有	○	53※1	175	330※2	不明	不明
2	17		有	○	55	193	350	939	802
3	42	39.3	有	○	48	149	310	791	1126
4	42	31.7	有	○	53	153	288	855	1033
5	43	32.8	有	○	49	140	285	760	1156
6	43	26.0	有	○	52	151	290	753	1137
7	57	60.4	無	×	50	150	300	742	1244
8	58	45.6	無	×	48	154	320	698	1152
9	96		有	×		不明			

※1 詳細配合は不明なため設計条件上の最大 W/C 記載
※2 上記 W/C と単位水量の上限値から求めた値を記載

2.2 各種試験

表1における試料1, 3～8に対して、JISA 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」A 法（水中凍結融解試験方法）に基づき、耐久性指数を評価した。また、試料7についてはJISA 1153「コンクリートの促進中

性化試験方法」に基づき促進中性化試験を実施した。

試料1～9に対して表面約0～2cm 範囲から採取した試料を表面試料、環境要因の影響が少ない表面から20cm 程度内部より採取した試料を内部試料とし窒素吸着試験に供した。また、上記試料3～8は凍結融解試験後の表面、試料6は中性化試験後の内部試料も併せて窒素吸着試験試料とした。窒素吸着試験は、0.8～1.0gをサンプルセルに採取し、105℃下で3時間の真空乾燥後に窒素吸着量の測定を77.3K 下で実施した。

3. 結果

図1に経年コンクリートにおける窒素吸着試験から求めた比表面積および細孔容積を示す。比表面積、細孔容積において、環境要因等が異なることもあり、経年との顕著な相関は認められなかった。しかし、試料の表面と内部に着目すると比表面積、細孔容積共に表面側で小さくなる傾向であった。ここで、表面と内部で顕著な差があった試料4および7の表面側試料は中性化している。そこで、図2に試料4, 7の中性化していた表面、および中性化していない内部側試料と、試料6の内部側試料を促進中性化した試料の窒素吸着から求めた細孔径分布を示す。図2の試料6に示すように促進中性化により40nmにピークを示す細孔が減り、細孔容積が小さくなった。試料4, 7の表面側は促進中性化試験の結果ほど顕著ではないが、同様の傾向であった。したがって、図1で試料4および7の表面側試料の細孔容積等が顕著に小さくなっているのは中性化の影響と推察される。一方、試料1および試料8は表面側も中性化しておらず、何らかの環境要因で表面側の細孔容積等が小さくなったものと考えられるがその詳細は不明である。

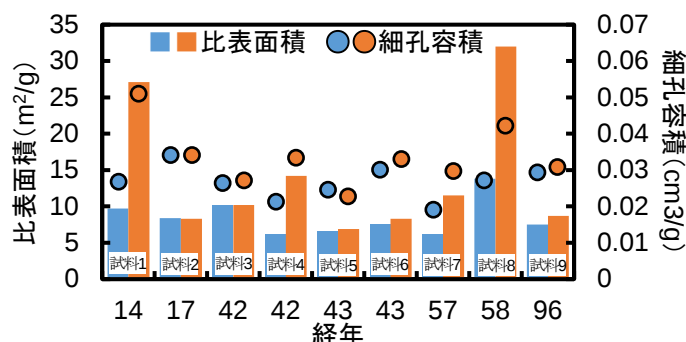


図1 経年と比表面積、細孔容積の関係

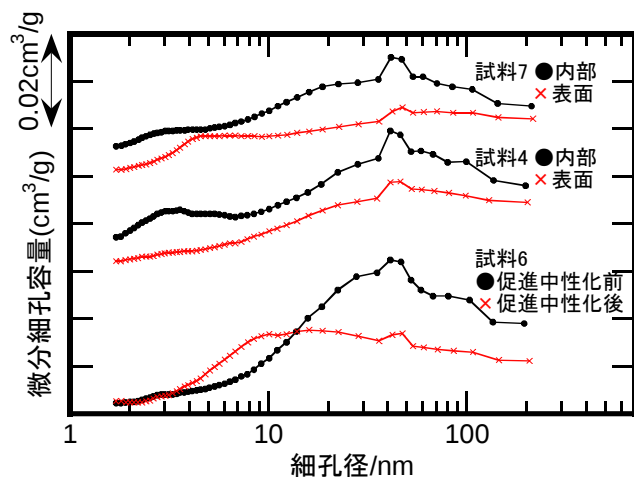


図2 中性化の影響による細孔径分布の変化

図3に試料1, 3~8の細孔容積(表面, 内部)と凍結融解試験から求めた耐久性指数(以下, DF)の関係を示す. AE剤を使用した試料1および3~6において, 内部側試料の細孔容積とDFは正の相関が認められたが, 表面側試料では相関が認められなかった. これは, 凍結融解試験では, 採取コアの比較的内部部分の動弾性係数の測定となるためと考えられる. 一方, AE剤を使用していない試料7および8でAE剤を使用した試料と逆の傾向が示されたが, より試料数を増やし詳細に検討することが必要である.

図4に凍結融解試験前後における試料3~8の表面部分の細孔径分布を示す. 同様のDFを示した試料でもAE剤の有無により異なる傾向となった. すなわち, DFが低くAE剤を使用した試料3(DF 3.7)および4(DF 26)では, 10~30nmの細孔が増加したが, AE剤を使用しない試料7(DF 26)および試料8(DF 16)では, その傾向は認められず, 10nm以下の細孔がやや減少する傾向であった. 一方, AE剤を使用した試料は, 共通して100nm以下の細孔が増加する傾向であった. また, DFが高かった試料6(DF

76) および試料5(DF 33), さらにそれよりDFが低い試料3, 4と細孔径のピークがDFに応じ小径側になる傾向であった.

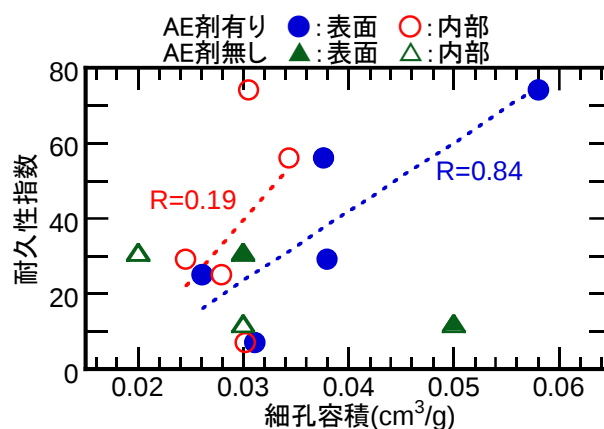


図3 細孔容積と耐久性指数

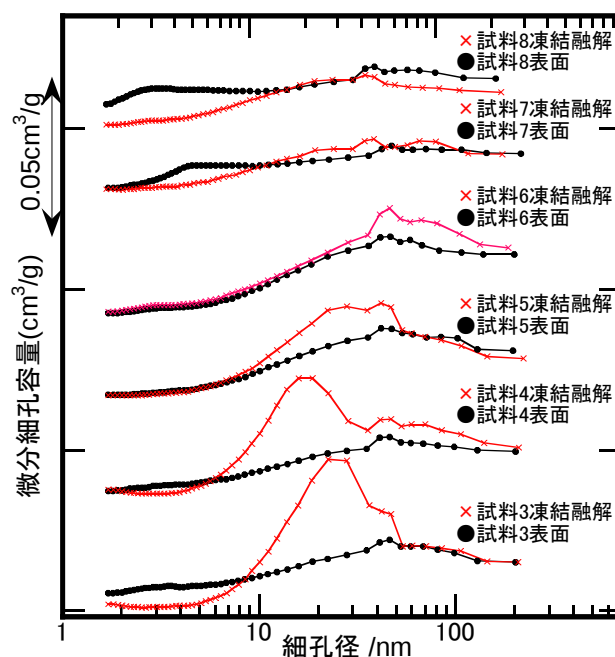


図4 凍結融解試験前後における細孔径分布の変化

4. まとめ

実構造物における経年, 環境, 配合の異なるコンクリートを採取し, 窒素吸着試験により, 細孔構造の変化を評価した. その結果, 中性化により細孔容積が減少し40nm近傍の細孔が減ること, 凍害履歴とAE剤の有無により, 細孔の変化が異なることなどを示した. 今後, コンクリートの品質管理や耐久性評価に活用できるよう, 更に詳細を検討していく予定である.