

V-9 劣化したコンクリートの細孔分布に関する基礎的研究

東北大学
東北大学
東北電力（株）

○学生員 多田 浩治
正会員 堀 宗朗
正会員 斎藤 裕

1. はじめに

コンクリート構造物は、様々な内的原因（設計・施工）や外的原因（環境・荷重）によって劣化する。特に、低温下では凍結融解によって、著しい被害を受ける場合がある。従来、この種の劣化はコンクリート内部の細孔構造に支配されると考えられている。従って、構造物が劣化する時、表面からの深さにより劣化の進行の程度が異なるため、総細孔容積および細孔分布が変化すると予想される。本研究では、この細孔構造の変化が劣化の程度を表す指標として適当か否かを調査した。

2. 実験概要

深さ方向への劣化の進行を調べるため、同一の構造物の劣化状況の異なる3つの場所からコア（直径65mm、長さ600mm）を抜き、さらに表面より深さ30、100、300、500mmの4ヶ所で供試体（直径20mm、長さ15mm程度の円柱形）を作った。表-1に、採取場所と構造物の特徴を簡単に示す。細孔分布は、40℃で15時間真空乾燥後、水銀圧入式ポロシメーターを用いて測定された。

3. 実験結果及び考察

劣化が進行するにつれて、コンクリート中の細孔の総量は変化すると考えられる。測定結果は、コンクリート単位重量に存在する細孔の容積（T'）として、総細孔容積を示す。粗骨材の細孔容積は無視できるので、モルタルの単位重量に存在する細孔の容積として総細孔容積（T）を考えるのが適当である。それ故、モルタルと粗骨材の密度の差を利用した次式を用いて、測定した総細孔容積を補正した。

$$T = T' \times \frac{\rho (\rho_a - \rho_m)}{\rho_m (\rho_a - \rho)}$$

ここで、 ρ : 供試体の密度
 ρ_a : 粗骨材の密度
 ρ_m : モルタルの密度

結果の一例を、表-2に示す（この補正によって、供試体の違いによる総細孔容積のばらつきを抑えることができる）。表面劣化の異なる採取場所、及び深さ方向の劣化の程度の違いによる総細孔容積の変化は見られなかった。すなわち、劣化による総細孔容積の変化は微小ないし測定の誤差の範囲に含まれるようであり、総細孔容積は劣化の指標としては不適当と考えられる。

図-1に、外山ダムの細孔分布の容積比（ある細孔直径範囲の細孔容積/総細孔容積）の変化を、3個の供試体の平均の値を用いて示す。採取場所が表面に近い供試体ほど、直径0.05~0.01 μ mの範囲の細孔は減少し、逆に直径100~1 μ mの範囲の細孔は増加する。また、直径0.01 μ m以下の細孔容積の変化は見られなかった。従って、直径0.01 μ m以上の細孔が凍結融解作用を受け劣化することにより、大きな細孔に変化したと推定される。

表-2 総細孔容積の補正

J7No. - 深さ (mm)	補正前 (cc/g)	補正後 (cc/g)
1-30	0.135	0.246
1-100	0.123	0.248
1-300	0.127	0.250
1-500	0.143	0.250
2-500	0.103	0.247
3-500	0.149	0.249
4-500	0.092	0.250
5-500	0.200	0.253
6-500	0.231	0.247

表-1 採取場所と構造物の特徴

	No.	採取場所	コア	気温(63.11~1.3)	運用開始	配合	修繕経歴
外山ダム	1	ダム本体	○	最高 11℃ 最低 -14℃	昭和29年	不明	不 明
	2	ダム本体	△				
	3	ダム本体	△				
萬根田第一発電所	4	水路(日なた)	○	最高 12℃ 最低 -21℃	昭和17年	不明	不 明
	5	水路(日なた)	×				
	6	水路(日陰)	△				

※コアの見かけ上の劣化の程度を、○（良）・△（普通）・×（不良）の3段階で表す。

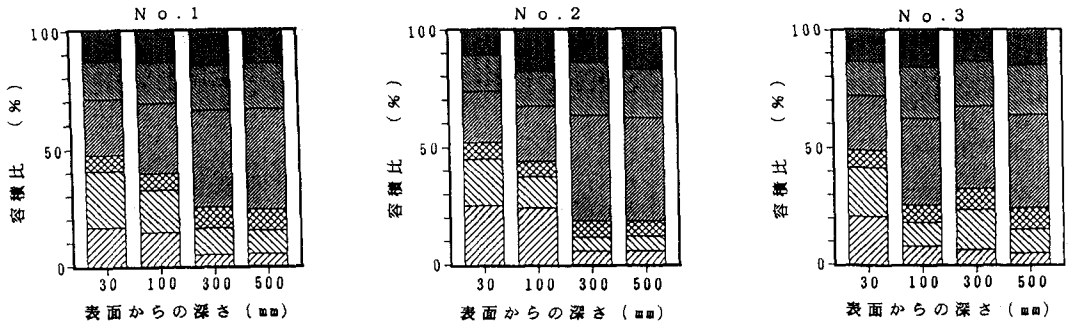


図-1 外山ダムの細孔分布の容積比変化

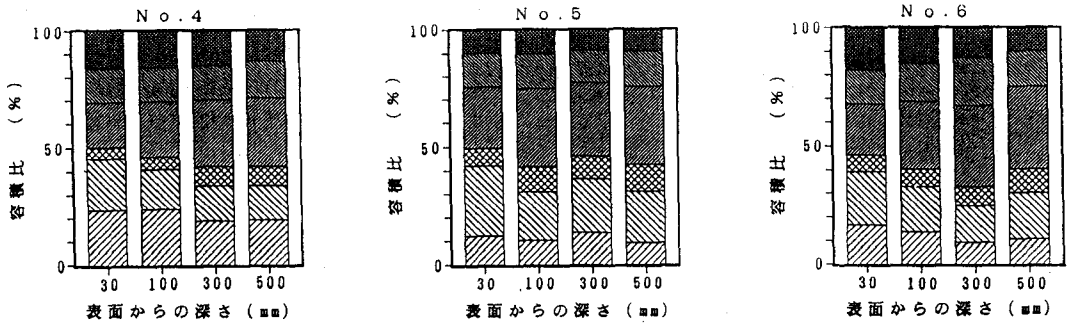


図-2 葛根田第一発電所の細孔分布の容積比変化

凡例 (単位 μm)

100~1
 1~0.1
 0.1~0.05
 0.05~0.01
 0.01~0.005
 0.005~0.003

図-2に、葛根田第一発電所の細孔分布の容積比による変化を示す。コアNo.4,6では、外山ダムと同様な結果が得られたが、コアNo.5では、その様な結果は得られなかった。コアNo.5は全体にわたって劣化しており深さ方向の劣化の程度に違いがないため、細孔分布が類似したためであろう。

上の考察により、比較的大きな細孔が凍結融解作用による影響を受けると考えられる。そこで、表面から500mmの深さの細孔容積を規準とし、直径100~1 μm の範囲の細孔容積の増加割合を表したものが図-3である。規準となる供試体が劣化していると考えられるコアNo.5のデータは削除してある。データはかなりばらついてはいるが、表面に近づくにつれて細孔容積の増加割合が大きくなる傾向は明瞭に示されている。

同一の構造物から採取したコアの結果を比較すると、図-1に示されるように外山ダムではコアNo.2,3,1の順番で直径100~1 μm の細孔範囲での細孔容積が増大している。この順番でコア自体が劣化していると考えられる。これは、コアの見かけ上の劣化と同じである。また、葛根田第一発電所においても図-2に示されるようにコアNo.5,6,4の順番で劣化が進行しているように考えられ、これもコア自体の表面の劣化と同じである。従って、適当な粗大径の細孔容積の増加割合の変化によって、コンクリートの劣化度をある程度推定することが可能であると考えられる。

4. 結論

以上の結果から、適当な粗大径の細孔容積の変化により、コンクリートの劣化の進行の度合を診断できる可能性が大きいことがわかる。一方、総細孔容積自体はあまり適切な目安とはならないようである。

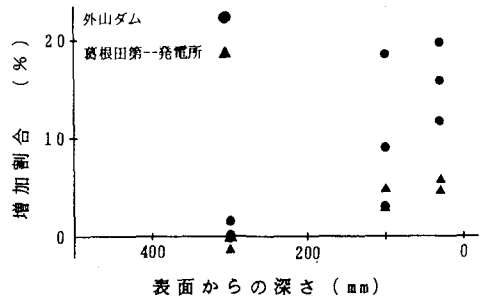


図-3 100~1 μm の細孔容積の増加割合