

東北大学 ○学生員 松下 雅行

東北大学 正会員 三浦 尚

東北大学 学生員 多田 浩治

1. はじめに

劣化したコンクリート構造物に対し、その劣化の原因を推定したり、劣化の程度を調査して、補修要否の判定などを行うのが劣化度診断である。その劣化度診断において、構造物の劣化の程度を表す指標として、ひびわれ、スケーリング、強度、中性化深さなどが使用されている。また、従来の研究事例から、コンクリートの劣化の程度は、コンクリートの細孔構造と深い関係にあることが類推できる。

そこで、コンクリートの細孔分布の変化が、構造物の劣化の程度を表す指標として用いることが可能であるかを実験的に試みた。本研究では、コンクリート構造物の劣化作用を、物理的作用（凍害、温度応力）だけに絞って考え、それぞれの劣化作用によるコンクリートの細孔分布の変化を検討した。

2. 実験概要

2.1 実験材料及び配合

セメントは早強ポルトランドセメント（比重3.13）、粗骨材は碎石（比重2.86, 最大寸法25mm）、細骨材は川砂（比重2.56, FM 2.74）を使用した。配合は、Non-AE、 $W/C=55\%$ とし、コンクリートを打設した。

2.2 供試体及び養生

供試体は、 $10 \times 10 \times 40$ cmの角柱供試体を用いた。脱型後、水温20℃の恒温水槽で14日養生し、それぞれの劣化作用に応じ劣化させ、試料採取後、測定に供した。

2.3 劣化及び測定方法

（1）凍結融解作用による劣化： 養生終了直後の供試体に、水中凍結融解作用を与えた。この劣化作用による劣化度を相対動弾性係数によって表し、100, 80, 60, 40%となった際にそれぞれ試料を3個ずつ採取した。

（2）温度応力による劣化： 火災時を想定して、養生終了後、77日間さらに気中養生を施した供試体を直接火であぶり、1.5時間後と3時間後にそれぞれ試料を2個ずつ採取した。

（3）細孔分布の測定： 細孔分布の測定は、水銀圧入式ポロシメーター（測定範囲 $30 \text{ \AA} \sim 300 \mu$ ）を用いて行った。試料は、それぞれの供試体から、 $\phi 20$ mmのコアを抜き取り、高さ20mm程度に成形後、シリカゲルまたは乾燥器を用いて乾燥させ、試験を行った。

3. 実験結果と検討

3.1 コアによるデータのばらつき

粗骨材も含んだコアの状態のまま細孔分布の測定を行うが、使用した粗骨材にはあまり細孔が認められなかったため、コアの表面部分の粗骨材の面積により、総細孔容積に影響を及ぼすと考えられる。そのためデータのばらつきが予想され、同一供試体の表面部分から採取した試料を、比較検討した。図1に3個のコア

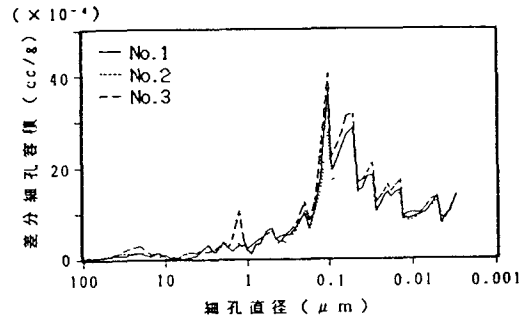


図1 コアの細孔分布曲線

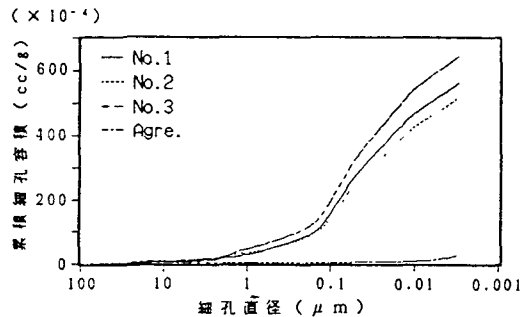


図2 コアと骨材の累積細孔容積曲線

の分布曲線を、図2に、3個のコアと粗骨材の累積細孔容積曲線を示す。これらから、分布の形状はほぼ同一であるが、総細孔容積にばらつきが見られる。これを容積比（ある細孔直径範囲の細孔容積／総細孔容積）で表したのが、図3である。このようにして比較すると、粗骨材による測定値のばらつきはかなり抑えられるため、以下、容積比で比較することとする。

3.2 熱乾燥による細孔分布の変化

細孔分布を測定する際の前処理として、乾燥器を用いて、40, 60, 80, 110℃で、コアを熱乾燥させたものと、シリカゲルのみで乾燥させたもの（Nor.）とを比較した。図4に、容積比で比較したものを示す。40℃での熱乾燥では、Nor.とはさほど差はないと思われるが、60℃以上のものは、0.003~0.005μmの範囲の細孔の比が減少し、粗大径の細孔の比が増加している。これは、キャピラリー水やゲル水の蒸発に伴う微細構造の変化と、乾燥収縮によるひびわれの増大のためと思われる。

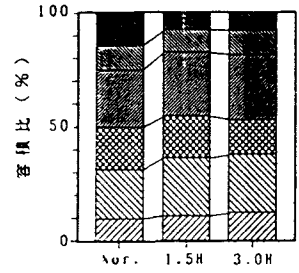


図3 コアの容積比による細孔分布

3.3 凍結融解による細孔分布の変化

凍結融解を受けた供試体の細孔の容積比変化の一例を表したのが図5である。相対動弾性係数が80%に低下すると、0.1~1μmの細孔割合が増加し、0.003~0.01μmは減少しているが、60%になると逆の傾向となる。また、相対動弾性係数の低下と共に、0.05~0.1μmの範囲の細孔は減少し、1~100μmの細孔は増加しており、他の供試体にも同様な傾向がみられた。これは、供試体の凍結時の最低温度を、-18℃にしたことから、ゲル孔などの微細な細孔中での水分の凍結はないものと考えられるが、0.05μm以上の細孔内で水分の凍結が起り、劣化の進行とともにより大きな細孔になったと解釈しうる。

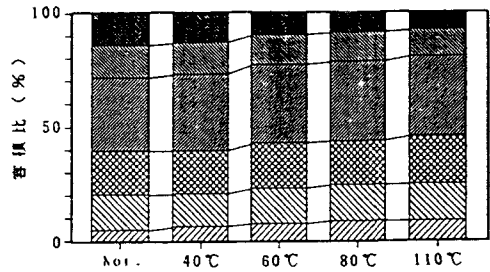


図4 熱乾燥による細孔容積比変化

3.4 温度応力による細孔分布の変化

図6に、直接火に接したコンクリートの細孔の容積比変化を示す。加熱したことによって、0.003~0.005μmの細孔が減少し、比較的大きな細孔は増加している。加熱時間の増加とともに、粗大径の細孔（0.1~100μm）が増加すると思われる。これは、温度の上昇が内部へと伝わるに従い、キャピラリー水やゲル水が蒸発し、収縮が激しくなり、微細なひび割れが生じ、それが次第に大きな亀裂へと進展して行くためと思われる。

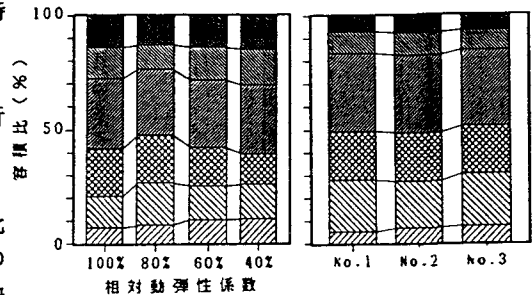


図5 凍結融解による劣化と細孔容積比変化

図6 温度応力による劣化と細孔容積比変化

100-1 1-0.1 0.1-0.05
 0.05-0.01 0.01-0.005 0.005-0.003

4. まとめ

以上のように、劣化作用による細孔分布の変化を検討すると、以下のように要約される。

- (1) 粗骨材の面積に影響されたデータのばらつきは、容積比（ある細孔直径範囲の細孔容積／総細孔容積）を考えることによって、抑えることが可能である。
- (2) 40℃程度の熱乾燥では、コンクリートの細孔分布はさほど変化しない。
- (3) 物理的劣化作用を受けたコンクリートは、劣化の進行とともに、粗大径の細孔の容積比が増加する傾向にあり、0.01~0.05 μmの範囲の細孔は、変動は少ない。
- (4) コンクリートの劣化度と、細孔分布の変化を結び付けることは、今回の実験だけでは困難であり、より多くのデータを蓄積して検討する必要があると思われる。