

コンクリートの種類と その細孔分布に関する基礎的研究

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 星 喜晴

1. はじめに

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される。そこで、コンクリートの細孔構造と、そのコンクリートの劣化度との関係を明らかにすることは、コンクリートの劣化度診断において有用であると考ええる。

本研究では、これらの研究の第一段階として、コンクリートの細孔構造におよぼす配合の影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントは、早強ポルトランドセメント（比重 3.13）、粗骨材は砕石（比重 2.86、最大寸法 25mm）、細骨材は川砂（比重 2.56, F_M 2.74）を使用した。配合は、W/Cを55%、80%の2種類に絞り、それぞれA/EおよびnonA/Eの、合計四種類とした。同様な配合で、モルタル及びペーストも打設した。コンクリートの配合を表 1に示す。

表 1 コンクリートの配合

種別	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 重 (kg/m ³)				A/E割合 (%)
					W	C	S	G	
non	8	1.5	55	41	175	318	744	1200	—
A/E	8	1.5	80	46	192	240	843	1110	—
A/E	8	5.0	55	42	184	298	743	1150	0.75
	8	5.0	80	43	154	193	808	1200	0.48

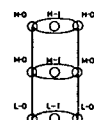


図 1 サンプルング箇所

2.2 実験方法

(1) 供試体、および養生

コンクリートの供試体は、φ10×20cmの円柱供試体、モルタル及びペーストの供試体は、4×4×16cmのものを作成した。養生は、コンクリートには気中養生（温度20℃）、モルタル及びペーストには水中養生（温度20℃）を施した。

(2) 細孔径の測定

細孔径の測定は、水銀圧入式ポロシメーター（測定範囲 30 Å～300 μ）を用いて行った。試料は、材令28日で、コンクリートのモルタル部分を5mm粒程度に粉砕し、乾燥器で乾燥後、2～3gを試験に供した。モルタル及びペーストは、表層部のものを同様に使用した。

3. 実験結果と検討

3.1 供試体の位置による細孔構造の差

コンクリートの供試体として、高さ20cmの円柱供試体を作成したことから、フリージング、材料分離や、乾燥の影響を考慮するために、1本の供試体から、図1のように9ヶ所サンプリングし、その測定結果を比較検討したところ、4種類の代表的な結果に集約された。W/C=55%のA/Eにおける代表的な結果を細孔容積の累積曲線で比較したものが図2である。若干の差が認められるが、傾向としてはほぼ同一であると考えられる。

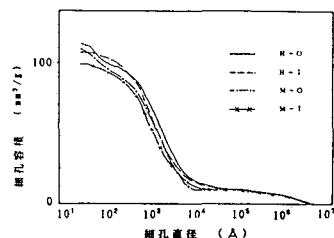


図 2 供試体の位置による細孔容積累積曲線の違い

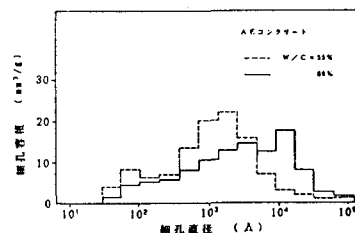


図 3 A/Eコンクリートの細孔分布

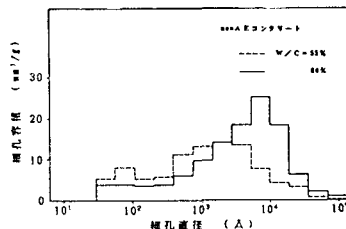


図 4 nonA/Eコンクリートの細孔分布

3.2 水セメント比による比較

AE及びnonAEのそれぞれにおいて、W/Cが55、80%のコンクリートの細孔分布を比較したものが図3と図4である。AE剤の有無によらず、W/Cの違いによる傾向は顕著である。55%のものは、直径が 10^4 Åより大きい細孔は少なく、 10^3 Å近辺をピークとして、 $10^2 \sim 10^4$ Åの範囲で山を形成する傾向にある。それに対し、80%のものは、 10^4 Å近辺をピークとする山を呈しており、55%のものと比較すると、全体に大きい径の方に移動しているといえる。これらを細孔容積の累積曲線で比較したものが図5であるが、W/Cが同じであれば、AE、non AEともに、曲線の立ち上がりの径が類似しており、総容積は80%のものの方が大きい。

3.3 AE剤の有無による比較

W/Cが55%のコンクリートで、AE剤の有無による差異を比較したものが図6である。 2×10^3 ÅあたりにははっきりとピークのあるAEに対し、nonAEは $5 \times 10^2 \sim 5 \times 10^3$ Åの範囲で平坦である。それ以外の径では、AE剤の有無による違いはほとんどなく、同様の傾向を示している。モルタルの場合、AE剤の添加は、 $3 \times 10^5 \sim 3 \times 10^6$ Å程度の直径を持つ細孔の増加を著しくし、 3×10^4 Åより小さい細孔は、同じW/Cであればほぼ同じ細孔量を示している。(図7)

3.4 コンクリート、モルタル、及びペーストの比較

W/Cが55%で、AE剤を添加したコンクリート、モルタル、及びペーストの細孔分布を比較したものが図8である。コンクリート、モルタル、ペーストと、骨材が減るごとに細孔の山の直径の小さい方に移動している。これは、練り混ぜの際の骨材の有無により、取り込まれる空気泡の量と、セメント粒子間の間隔が変化することによると思われる。特にペーストは、 10^3 Åより大きな径の細孔はほとんどなく、 6×10^2 Åの径の細孔が全細孔容積の大部分を占めている。ペーストの場合、骨材がないためにセメント粒子間の間隔が狭く、モルタルと比べ、より微細な細孔が増加しており、総容積量も約1.7倍になっている。モルタルとコンクリートを比較した場合、養生の違いを考慮すると一概には比較できないが、総容積量や分布の形状はよく類似しているものの、細孔分布のピークが幾分ずれている。これは、モルタルは水中養生によって細孔の緻密化がなされたために、細孔分布の山のずれが生じたものと解釈しうる。他の配合でも、同様な傾向が得られた。

4. まとめ

以上の結果を要約すると、以下の事が言える。

- (1) $\phi 10 \times 20$ cmの円柱供試体のコンクリートでは、気中養生を施したもののでも、供試体の位置による細孔分布の傾向は、あまり変化がない。
- (2) 水セメント比が55%と80%では、細孔容積のみならず、細孔分布のピークも明らかに異なる。
- (3) コンクリートでは、AE剤の添加の有無により、細孔分布のピークの部分の形状が変化する。
- (4) モルタルの場合、AE剤の添加は、 $3 \times 10^5 \sim 3 \times 10^6$ Åの直径の細孔を増加させる。
- (5) 同配合のコンクリート、モルタル、ペーストの比較より、骨材の有無が細孔構造に及ぼす影響は顕著である。

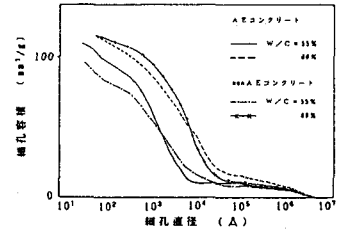


図5 各配合の細孔容積累積曲線

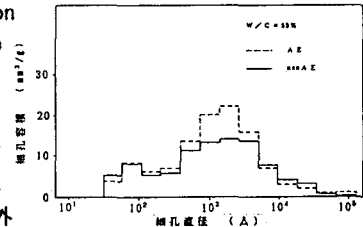


図6 AE剤の有無による細孔分布の差

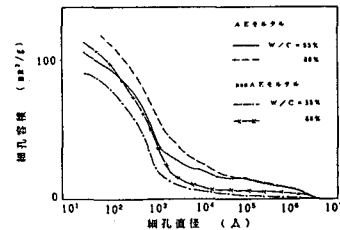


図7 モルタルの細孔容積累積曲線

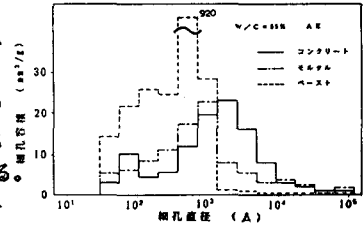


図8 コンクリート、モルタル、ペーストの細孔分布