

重量コンクリートの細孔空隙分布が水分移動抵抗性におよぼす影響

日本ヒューム 正会員 ○小川 洋二
 足利工業大学 横室 隆
 首都大学東京 橘高 義典
 日本ヒューム 井川 秀樹

1. はじめに

密度 4.0g/cm³ を超える骨材を用いて製造した重量コンクリートの水分移動抵抗性に着目した。重量コンクリートは近年、放射性遮蔽性能に特に注目が集まっており、放射性物質で汚染された廃棄物の一時保管用の容器として適用が始まりつつある。放射能遮蔽性を確保するためには、容器の密度が大きいことに加えて、廃棄物に含まれる水分等が容器の外部へ漏出しないよう高い水分移動抵抗性が求められる。しかし、重量コンクリートの水分移動抵抗性については検討例がほとんどない。そこで本研究では、通常密度と重量コンクリートの表層透水試験を実施して、コンクリートの密度、水セメント比（以下、W/C）および膨張材の添加が、水分移動抵抗性におよぼす影響を検討し、コンクリートの微細空隙との関連を考察したものである。

2. 実験概要

表1に使用材料を、表2に実験の要因と水準をそれぞれ示す。重量骨材として、細骨材には酸化鉄粉を、粗骨材には金属スラグ系のものをそれぞれ使用した。骨材の最大寸法は 20mm とした。膨張材はエトリンガイト系のものをセメント外割で 60kg/m³ 粗骨材に置換して添加した。コンクリート配合は、単位水量を 170kg/m³ に統一して、スランプフローが 50±10cm とするよう高性能減水剤の添加量で調整した。

コンクリートの目標とする密度(単位容積質量)は、通常骨材を用いた場合の 2.4 に対し、3.1 と 3.6 (t/m³) を設定した。3.1t/m³ は通常配合の細骨材のみを重量細骨材に容積置換し、3.6t/m³ 配合は通常配合の骨材全体を重量骨材に置換したものである。供試体は 100×100×400mm の鋼製型枠を用いて作製した。遮蔽用二次製品を想定し、硬化を促進するために常圧蒸気養生を実施した。供試体は翌日脱型し、20°C、60% R.H. の恒温室内で気中養生し、材齢 28 日に表層透水試験に供した。試験面はコンクリートの打込み方向に対し側面側とした。その後、供試体中央部を厚さ約 20mm に切り出し、側面側表層部より採取した試料をダイヤモンドカッターで約 5mm 角に調製した。アセトンで水和を停止し、真空乾燥および D 乾燥を行ったものを測定用試料として、細孔直径測定範囲が 100µm～3nm の水銀圧入式ポロシメータを用いて細孔空隙量を測定した。

表1 使用材料

材料名	記号	種類および物性値
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント、密度3.16g/cm ³
細骨材	通常	砕砂、表乾密度2.62g/cm ³ 、吸水率1.63%、粗粒率2.87
	重量	酸化鉄粉、表乾密度4.95g/cm ³ 、吸水率1.87%、粗粒率2.94 主成分Fe ₂ O ₃ :95.8%
粗骨材	通常	砕石2005、表乾密度2.66g/cm ³ 、吸水率1.10%、粗粒率6.58
	重量	DSM骨材20-05、表乾密度4.27g/cm ³ 、吸水率0.45%、粗粒率6.52 主成分Fe ₂ O ₃ :49.7%、SiO ₂ :12.2%、CaO:10.9%
膨張材	EX	エトリンガイト系、密度3.01g/cm ³
高性能減水剤	SP	コンクリート製品用ポリカルボン酸系

表2 要因と水準

No.	コンクリートの目標密度	スランプフロー	水セメント比(W/C)	単位水量	混和材	養生方法
	t/m ³		%	kg/m ³		
1	2.4	50	35	170	なし	蒸気養生(前置き20°C-6h, 昇温20°C/h, 最高温度65°C-保持4h)
2			45			
3			55			
4	35					
5	45					
6	55					
7	35					
8	45					
9	55					
10	3.1		35		膨張材	
11			45			
12			55			

キーワード 重量コンクリート、表層透水試験、細孔空隙、重量骨材、遮蔽用

連絡先 〒360-0161 埼玉県熊谷市万吉 3300 TEL 048-536-5431

3. 実験結果

図1に表層透水試験の結果を示す。縦軸は注水から10分経過時の透水速度を算出して各水準の結果を比較した。図より、W/Cの影響は顕著であり、W/Cが小さいほど表層透水速度は小さく、水分移動抵抗性が高い。また、膨張材の添加により透水速度は顕著に低下し、その効果はW/Cが小さいほど顕著であった。コンクリート密度の影響は、W/Cが45%より大きい領域では、密度2.4 (t/m³)よりも密度3.1 (t/m³)以上の方が透水速度は小さい結果を示した。このことは、適切に成形された重量コンクリートは普通コンクリートよりも水分移動抵抗性が向上する可能性があることを示している。

図2は、W/Cの違いが細孔空隙分布におよぼす影響を示す。図よりW/Cが低下するにしたがって、全細孔空隙量が減少し、比較的粗大な100~500nmの毛細管空隙も減少するが、微細な10~50nmの領域は逆に増加する傾向が示された。

図3は、W/Cと同様に表層透水速度の変化に影響が大きかった膨張材の添加が、細孔空隙分布におよぼす影響を示した。図より、膨張材の添加により、全細孔空隙量の減少、100~500nm領域の減少、10~50nm領域の増加の傾向が認められ、W/Cの変化による微細空隙の変化傾向と一致した。

図4は、表層透水速度に差異が生じたW/C45%と55%について、コンクリート密度の違いが細孔空隙分布に示す影響を示した。硬化体密度が異なるため、質量あたりの細孔量を密度で除して同体積中に占める空隙割合を比較した。図より、通常密度の2.4 (t/m³)から重量骨材により密度が3.6 (t/m³)になると、全細孔空隙率が減少し、W/Cが大きいほどその割合は大きい。毛細管空隙は、100~500nm領域はほとんど変わらず、10~50nm領域は減少傾向を示した。これらの傾向は、W/Cや膨張材による効果とは機構が異なり、重量骨材によるセメント硬化体への圧密等から得られた特異なものと推察される。

4. まとめ

重量コンクリートの水分移動抵抗性は、普通コンクリートと同等以上であり、W/Cの低減や膨張材添加によりさらに向上できる。

参考文献 1) 構造物表層のコンクリート品質と耐久性性能検証システム研究小委員会 (JSCE335委員会) 第二期成果報告書およびシンポジウム講演概要集, コンクリート技術シリーズ97, pp.152-162, 土木学会, 2012.7

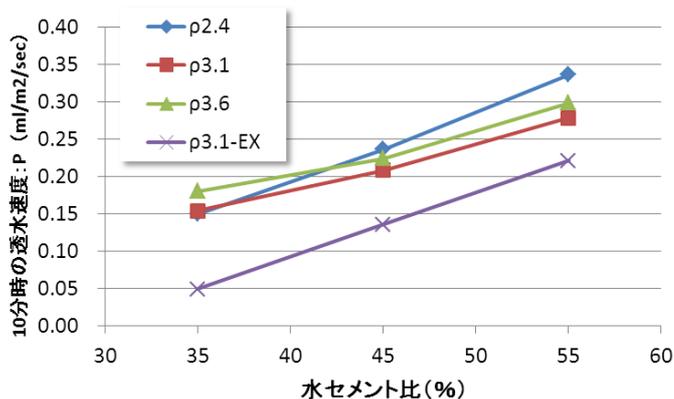


図1 コンクリート密度, W/C および膨張材の影響

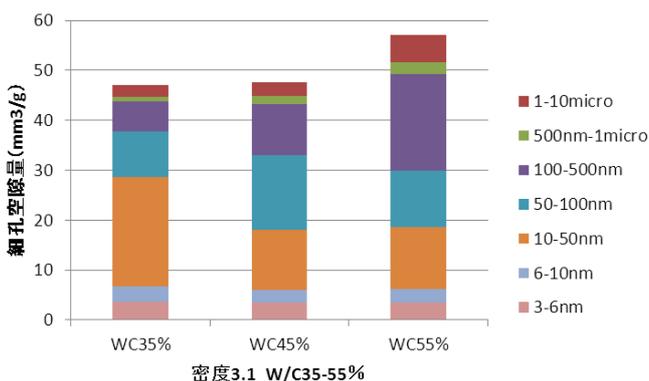


図2 W/Cが細孔空隙分布におよぼす影響

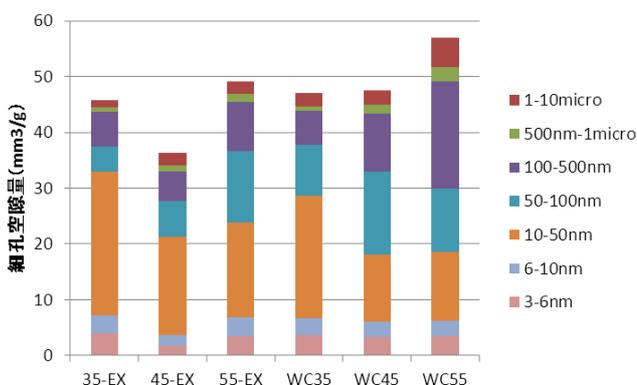


図3 膨張材 (EX) が細孔空隙分布におよぼす影響

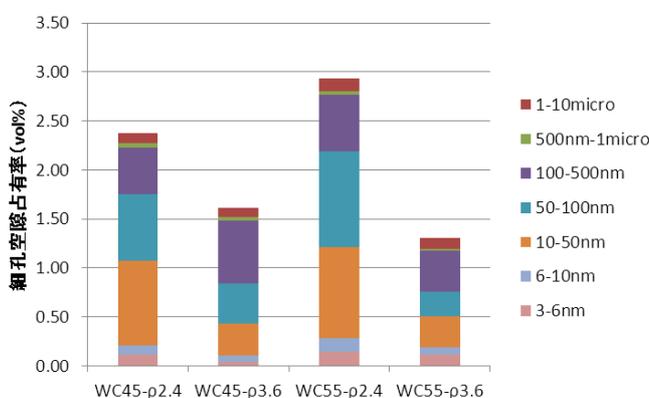


図4 コンクリート密度が細孔空隙分布におよぼす影響