

撥水剤を混和したコンクリートの強度特性と撥水効果

鹿児島大学

学生会員

○岡田圭吾, 正会員

審良善和, 山口明伸

青木あすなろ建設(株) 正会員

岡流聖

インフラテック(株)

中須幹生

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害や ASR などの劣化は、コンクリート中への水分の供給程度により劣化速度が大きく変化する。そこで、水分の影響を受ける劣化の進行を抑制することができる水分浸透抵抗性を高めた高耐久コンクリートの製造を目的として、撥水剤を練混ぜ段階で投入することで、コンクリート自体に撥水性を付与した撥水コンクリートの開発を進めている。ただし、コンクリートはセメントの水和により硬化するため、初期の撥水作用は硬化特性に影響を与える可能性がある。そこで、本研究では、撥水コンクリートの基本特性の把握を目的に、コンクリートの強度特性および撥水効果について実験的な検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

表-1 にコンクリートの配合を示す。セメントに普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³）、粉体に石灰石微粉末（密度 2.71g/cm³）、細骨材に砕砂（密度 2.66g/cm³、吸水率 0.86%、FM2.68）、粗骨材に砕石 2015（密度 2.65g/cm³、吸水率 0.76%、FM6.96、Gmax20mm）および砕石 1505（密度 2.65g/cm³、吸水率 0.72%、FM6.13、Gmax15mm）を用いた。単位水量および細骨材率を一定として、目標フローを 65cm、目標空気量を 2.0%として高性能減水剤で調整した。水セメント比（以下、W/C）は 40%、50%、60%の 3 水準である。これに、シリコーン系の撥水剤を練混ぜ時に投入することで撥水コンクリートとなる。撥水剤の混和量は、単位セメント量に対して 0%、0.2%、0.5%、0.7%とした。なお、撥水剤は液体であり水と置換して練混ぜ時に投入した。

表-1 コンクリートの配合

	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						高性能減水剤 (kg/m ³)	撥水材 (kg/m ³)		
			W	C	L	S	G					
							G1(2015)	G2(1505)				
WRC40-0	40	46.7	172	430	119	779	623	265	4.39	0		
WRC40-0.2			171						3.84	0.86		
WRC40-0.5			170						3.84	2.15		
WRC40-0.7			169						3.84	3.01		
WRC50-0	50		172	344	192				3.21	0		
WRC50-0.2			171								3.21	0.69
WRC50-0.5			170								3.21	1.72
WRC50-0.7			169								3.21	2.41
WRC60-0	60	172	287	241	3.16	0						
WRC60-0.2		171					3.16	0.57				
WRC60-0.5		170					3.16	1.44				
WRC60-0.7		169					3.16	2.01				



写真-1 暴露状況

実施工に近い状況での供試体の作製とするために、コンクリートは実機プラントで製造し、バケット運搬後、型枠にコンクリートを打ち込んだ。供試体の形状はφ10×20cmの円柱供試体である。養生は、28日の水中養生とW/C50%のみ蒸気養生も行った。蒸気養生は、前置きを2時間、温度上昇勾配を20℃/hとして、最高温度約60℃で2時間養生させた後、室内で静置した。材齢28日後に水中および海上大気中（写真-1）に暴露した。

2.2 試験項目

圧縮強度および静弾性係数は JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」、JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験法」に準拠し、所定の材齢で実施した。また、コンクリート中の撥水効果を評価するために、海上大気中に182日暴露したコンクリートの抵抗率を測定した。交流電圧 5V、測定周波数 1kHz で交流抵抗を測定し、供試体形状から抵抗率を算出した。

3. 結果および考察

3.1 圧縮強度および静弾性係数

図-1 に水中暴露した円柱供試体と海上大気中暴露した供試体の圧縮強度と材齢の関係を示す。いずれの W/C も時間の経過とともに強度の増進が認められる。撥水剤を混和したことによる影響については、水中暴露、海上大気暴露ともに W/C50%蒸気養生の 0.7%混和した供試体の強度低下が大きくなった。これは、蒸気養生によって凝結および初期硬化が加速されるため、その際に撥水作用も急激に進んだことで水の供給が遅れ水和を阻害したためだと予想され

る。ただし、それ以降の強度の増進は概ね同程度であることから水分の供給によって徐々に硬化が進んでいるものと推察される。また、水中暴露した供試体については W/C60%を除いて概ね同程度の強度を示しており、強度に与える影響は小さいと考えられる。ただし、W/C60%のような低品質なコンクリートでは水和を阻害している可能性がある。海上大気中暴露した供試体については W/C50%蒸気養生を除いて強度の増進が認められる。W/C50%蒸気養生の強度が増進しない要因として、水中ほど水の供給が無く撥水効果が大きいことで、セメントの水和反応が起こらないためと予想される。水中暴露と海上大気中暴露した供試体を比較すると、W/C50%蒸気養生を除き海上大気中暴露が大きな値を示す傾向にあった。これは、海上大気中ではコンクリートが乾燥することから、水中暴露の供試体と比べ内部まで乾燥し強度に影響したと考える。また、W/C50%蒸気養生の海上大気中暴露した供試体は、撥水効果により外部からの水の浸透がなく、海上大気であることから水分の逸散が進行することで強度の増進がみられないと考える。

図-2 に圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。なお、図中には土木学会が示す圧縮強度に応じた静弾性係数の値を合わせて示す。材齢 28 日までの結果は、撥水剤の混和量に関わらず土木学会提案値と同程度の値であった。このことから、撥水剤の混和が静弾性係数に及ぼす影響は小さいと考えられる。なお、材齢 91 日以降の静弾性係数は、土木学会提案値よりも大きくなる傾向であった。撥水剤混和の有無に関わらず、いずれも同様な傾向を示していることから、これは材齢による影響であると推察される。また、海上大気中暴露は水中暴露と比較して、圧縮強度、静弾性係数ともに、若干ではあるが大きな値を示している。

3.2 抵抗率を用いた撥水性評価

図-3 に材齢 182 日の円柱供試体の抵抗率と撥水剤混和量の関係を示す。水中養生を行った供試体の抵抗率は、蒸気養生を行った供試体で撥水剤混和量の増加とともに抵抗率が明らかに大きくなり、水中に暴露した他の供試体は若干の上昇に留まった。これは、水中に浸漬することでコンクリート中の水分逸散がないことが影響していると予想される。ただし、抵抗率に差が現れていることから水分の浸透を抑制していることが確認できる。一方、海上大気中に暴露した供試体の抵抗率は、撥水剤混和量の増加に伴い明らかに大きくなることを確認できる。また、撥水剤混和量と比例関係にある。ここで、海上大気中の方が水中に比べ効果が大きくなった要因としては、雨水等による乾湿の影響を受けるものの、撥水効果により水分の浸透を抑制するとともにコンクリート中の水分逸散も進むため、コンクリートの乾燥が進んだためと考えられる。このコンクリート中の水分量の減少は、腐食因子となる塩化物イオンや水分の浸透抵抗性を高めることになるため、腐食に対して抵抗性の高い高耐久コンクリートになると考えられる。

4. まとめ

本研究では、練り混ぜ段階で撥水剤を混和したコンクリートの強度特性と撥水効果を評価した。検討した撥水剤混和量の範囲では蒸気養生+撥水剤混和量 0.7%を除いて圧縮強度に大きな影響を与えないことおよび撥水剤混和量を増加させることで撥水効果が向上しコンクリート含水率を減少させることができることを確認した。

参考文献

- 1) 澤本武博：コンクリートの強度発現に及ぼす配合および初期の湿潤養生期間の影響，Cement Science and Concrete Technology, Vol.67, pp311-317, 2014

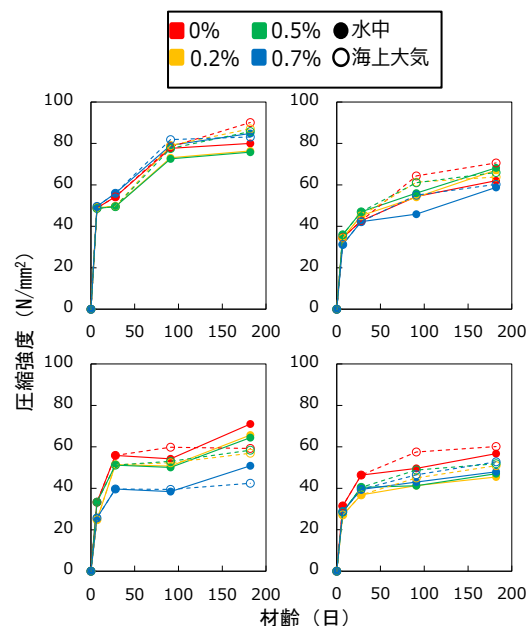


図-1 圧縮強度

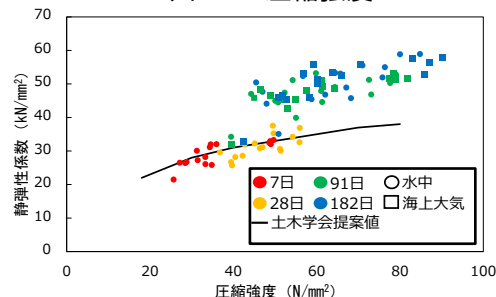


図-2 圧縮強度と弾性係数の関係

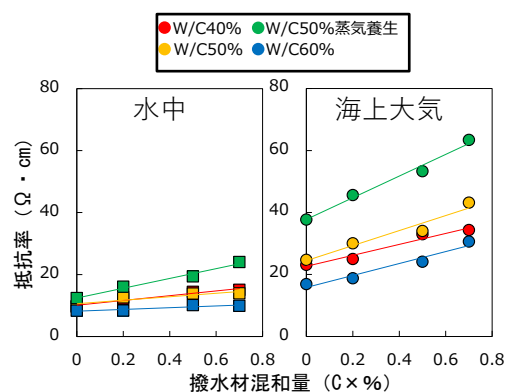


図-3 コンクリート抵抗率