

V-215

AEコンクリートの耐久性に関する基礎的実験

大阪セメント株式会社 正会員 長岡 誠一
建設省土木研究所 正会員 小林 茂敏

1. はじめに

外来塩分の浸透による塩害や中性化などはコンクリートの透過性、特に拡散に関係するものである。この透過性に対してAEコンクリートは、エントレインドエアーによって空隙が増大するが、ワーカビリティが改善され、水セメント比を低く抑えることができるので、その効果が空隙の増加分を補い、プレーンコンクリートよりも改善されるといわれている。しかし、耐久性や水密性から水セメント比が定められる場合など、AEコンクリートの水セメント比がプレーンコンクリートよりも低くならない場合もある。本研究は、水セメント比が同じ場合のAEコンクリートとプレーンコンクリートの透過性を、中性化深さおよび塩分浸透深さにより比較しAEコンクリートの耐久性について検討したものである。

2. 実験概要

実験には普通ポルトランドセメントを使用した。骨材は、細骨材には富士川産の川砂（比重 2.62, 吸水率 1.61%, FM 2.61）を、粗骨材には茨城県笠間産の碎石（Gmax.20mm, 比重 2.66, 吸水率 0.4%, FM 6.64）を用いた。また、AE剤としては天然樹脂産塩系のものを用いた。

コンクリートの配合は、水セメント比を55%一定とし、スランプの目標値は5～8cmとした。また、目標空気量はプレーン、4%および8%とした。なお、空気量の測定におけるコンクリートの締め固めおよび供試体の作製には内部振動機を用いた。実施した試験の項目および方法は次の通りである。(1)凍結融解試験；ASTM C 666 のA法により行なった。(2)中性化試験；コンクリート打設翌日に供試体（φ10×20cm）を脱型し、5日間湿空養生行なった後、20℃, 60% R.H., 炭酸ガス濃度15%の中性化促進槽中に静置した。促進日数1, 2および3ヵ月において供試体を割裂し、割裂面に1%フェノールフタレイン溶液（JIS K 8006）を噴霧し、中性化深さを測定した。(3)塩分浸透深さ；中性化と同様に5日間の湿空養生を行なった供試体を、20℃で NaCl 飽和溶液中に浸せきした。浸せき日数1, 2および3ヵ月において供試体を割裂し、割裂面にフルオレセインナトリウム（C₂₀H₁₀Na₂O₅, 0.2%）および硝酸銀（AgNO₃, N/10）を噴霧し、白色を呈した部分をClイオンの浸透した領域として塩分の浸透深さを測定した。(4)供試体表面の空気泡の観察；中性化および塩分浸透深さの測定を終えた供試体の上面

（仕上げ面）を研磨し、ASTM C 457

の修正ポイントカウント法により気泡システムのパラメーターと空気量の測定を行なった。

3. 実験結果および考察

試し練りにより決定したコンク

リートの配合および標準水中養生供試体による圧縮強度を表-1および表-2に示す。水セメント比を一定にした場合、同一スランプを得るための単位水量は、空気量1%の増加につき約3%減少し、土木学会RC示方書に示されている補正表と一致した。さらに、圧縮強度はいずれの材令においても空気量1%の増加につき約6%低下する傾向が認められ、従来の報告と同様の結果を示した。

凍結融解試験の結果は図1に示す通りで、これも従来の報告と同様に、空気を連行することにより凍結融解に対する抵抗性は著しく

表1-コンクリートの配合

配合No.	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					フレッシュコンクリートの性状				
			セメント	水	細骨材	粗骨材	AE剤 (c×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位体積重量 (kg/l)	コンクリート温度 (°C)	
1	55	45.0	351	193	810	1003	—	7.5	1.4	2.38	21.7	
2		43.5	316	174	781	1032	0.035	5.8	4.3	2.32	21.6	
3		41.5	298	164	741	1061	0.070	6.5	7.8	2.22	21.4	

表-2 強度試験結果

材令 配合No.	7日	28日	91日
1	285 (100)	393 (100)	460 (100)
2	246 (86)	337 (86)	393 (85)
3	178 (62)	247 (63)	290 (63)

()内はプレーンに対する相対強度

中性化および塩分の浸透深さは図2に示す通りである。中性化の場合、暴露日数1ヵ月ではいずれの供試体についてもほとんど中性化していないため連行空気の影響は認められないが、暴露日数とともに中性化が進行すると、空気量8%のものは中性化深さが大きくなる傾向を示している。しかし、空気量4%のものは暴露日数3ヵ月においてもプレーンとほぼ等しく、空気を連行したことの影響は認められない。塩分の浸透深さも中性化の場合と同様に、空気量4%ではプレーンとほとんど差は無いが、空気量8%では若干浸透深さが大きくなる傾向を示している。この理由としては、AEコンクリートはエントレインドエアーの分だけ空隙量は増加するが、透過性に大きく影響する毛細管空隙量は単位ペースト量が減少する分減少するので、空気量4%程度ではこれらが相殺したためであると考えられる。一方、空気量8%ではエントレインドエアーの増加の影響の方が毛細管空隙量の減少の影響よりも卓越したと考えられる。なお、塩分の浸透深さは中性化深さよりも大きくなっているが、これは塩分の浸透深さの場合は供試体の浸せきと同時に吸水し、ある程度の深さまでClイオンが急速に拡散するのにに対し、中性化の場合は供試体中に含まれている水分の蒸発とともに炭酸ガスが拡散してゆくためであると考えられる。

供試体表面の空気泡の観察結果は表-3に示す通りである。これによると、いずれの場合においても供試表面の空気量は練り混ぜ直後の空気量よりも減少しているが、これは、締め固め時に打ち上がり表面近傍では気泡の上昇による発散消滅が生じたためであると考えられる。しかしながら、暴露日数が長くなっても中性化や塩分の浸透による空気量、気泡の比表面積および気泡の間隔係数の変化はほとんど認められない。このことは、毛細管空隙は中性化により減少し、塩分の浸透などによるリーチング（ペースト部分からのセメント成分や水和生成物の溶出）により増加するのにに対し、空気泡はこのような場合においても安定していることを示していると考えられる。

4. まとめ

水セメント比が一定の場合、8%程度と多量の空気を連行させると中性化および塩分の浸透深さは若干大きくなる傾向であるが、土木学会RC示方書などに規定されている範囲内の空気量であれば、プレーンコンクリートとほとんど差が無いことが明らかになった。さらに、中性化や塩分が浸透した場合の硬化コンクリート中の空気泡は、表層部においてさえもほとんど変化せず、大気圧下においてはこのような場合でも気体や液体の新しい通路にはならないことが確認できた。また、AEコンクリートは凍結融解抵抗性にも優れており、AEコンクリートとすることにより耐久性に優れたコンクリートを容易に得ることができると考えられる。なお、本報告は、発表者が建設省土木研究所で部外研究員として実施した研究の一部を取りまとめたものである。

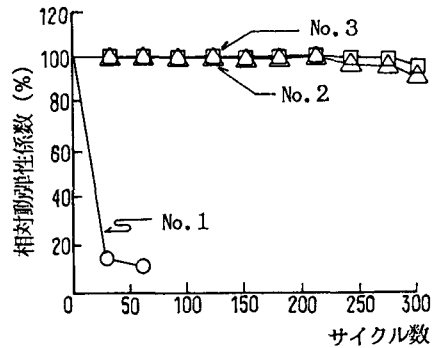


図1 凍結融解試験結果

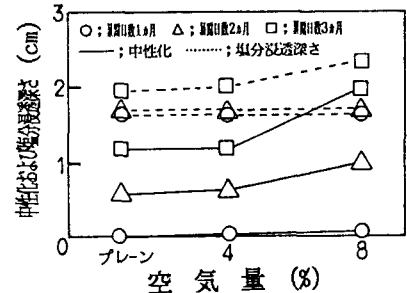


図2 中性化および塩分の浸透深さ測定結果

表-3 供試体表面の観察結果

配合No.	フレッシュコンクリートの空気量 (%)	試験項目	暴露日数 (M)	空気量 (%)	比表面積 (mm ² /mm ³)	気泡の間隔係数 (μm)
1	1.4	中性化	1	0.5	16.3	851
			2	0.7	19.1	618
			3	1.1	14.5	688
		塩分浸透深さ	1	1.1	9.0	1104
			2	1.4	9.2	962
			3	0.8	12.2	907
		プレーン	1	3.0	40.3	152
			2	2.7	39.6	160
			3	2.9	32.0	194
2	4.3	中性化	1	3.3	28.5	204
			2	3.9	30.3	178
			3	3.5	27.9	205
		塩分浸透深さ	1	6.8	39.5	96
			2	5.5	45.6	99
			3	6.4	38.9	103
		プレーン	1	5.7	37.8	117
			2	6.6	35.4	112
			3	6.8	35.3	108
3	7.8	中性化	1	6.8	35.3	108
			2	6.6	35.4	112
			3	6.8	35.3	108
		塩分浸透深さ	1	5.7	37.8	117
			2	6.6	35.4	112
			3	6.8	35.3	108
		プレーン	1	5.7	37.8	117
			2	6.6	35.4	112
			3	6.8	35.3	108