

PSV-12 化学混和剤によるコンクリートの耐久性改善の研究

磯竹中土木 正会員 伊藤孔一

磯竹中土木 神崎 靖

竹中技術研究所 正会員 布谷一夫

1. まえがき

近年、ジオフロントやウォーターフロント計画が活発に推進されており、水際の工事が大幅に増加するものと考えられる。コンクリートの分野においても、水にまつわる性質、特に、水密性や塩害をも含めた耐化学薬品抵抗性の向上は、現状よりさらに重要な要求品質の1つになると予想される。筆者らは、乾燥収縮低減剤として開発された水に不溶のグリコールエーテル誘導体がコンクリートの水にまつわる耐久性能にも大きな影響を与えることを見出したので、ここにその概要を報告する。

2. 実験概要

実験はコンクリートの透水試験、モルタルの塩素イオン透過試験およびモルタルの細孔構造試験とした。コンクリートの配合は水セメント比50%を一定として、ブレン、AEおよびグリコールエーテル誘導体をセメント重量比4%添加したものの3種とした。また、モルタルの配合は水セメント比50%、セメント砂比1:2を一定として、ブレンと誘導体を4%含むものの2種とした。

2.1 透水試験 $\phi 15 \times 15$ cmの円柱供試体を用い、4週間水中養生後、1週間気中乾燥し、インブット法を実施した。水圧は25 kg/cm²とし、48時間作用させた時の浸透深さより水の拡散係数を求めた。

2.2 塩素イオン透過試験 試験体には厚さ約5 mmの円板状に切断したモルタルを用いた。この試験体を図-1に示す透過性状試験容器にセットし、I側に約1 mol/l-NaCl水溶液を、II側には蒸留水を満たした。2日に1度の割合で4週間、5 mlの溶液を採取し、Cl⁻濃度を測定した。塩素イオン量と時間との関係が、直線になっている部分を定常状態と判断し、その傾き、試験体の厚み、透過断面積、高濃度側濃度、低濃度側液量から次式によって見かけの拡散係数を算出した。

$$J = \frac{De}{l} (C_I - C_{II}) = \frac{V}{A} \frac{dC_{II}}{dt}$$

ここで、Jはイオンフラックス、Deは見かけの拡散係数、C_Iは高濃度側濃度、C_{II}は低濃度側濃度、lは試験体の厚み、Aは透過断面積、Vは低濃度側液量、dC_{II}/dtは低濃度側濃度を時間に対してプロットしたときの傾きを示す。

2.3 細孔構造試験 細孔構造の試験方法としては窒素吸着法と水銀圧入法の2種類を採用した。

窒素吸着法は、液体窒素温度域における窒素の吸着性状から、細孔の径を求めるものであり、水銀圧入法は、高圧を水銀に与え、サンプル中への水銀の浸透度合と圧力の関係から、細孔の径を求めるものである。前者の測定範囲は5 Åから300 Åを対象としているのに対し、後者では50 Åから75,000 Åを対象としている。測定は、窒素吸着法については、カルロ・エロバ社製を、水銀圧入法については、島津製作所製ポロシメータを使用した。

3. 実験結果および考察

図-2に透水試験結果を示す。グリコールエーテル誘導体を添加したコンクリートにおいては、水の拡散係数が著しく小さな値を示している。その値はブレンおよびAEの1/3～1/4程度であった。図-3に透過塩素イオン濃度の経時変化を、表-1に見かけの塩素イオン拡散係数の結果を示す。誘導体を含むモルタ

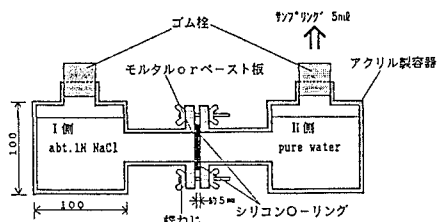


図-1 透過性状試験容器

ルにおいて、塩素イオン拡散係数も著しく小さくなっていることがわかる。（水中養生の期間を長くするほどいずれの場合でも塩素イオン拡散係数は小さくなる傾向を示している。）

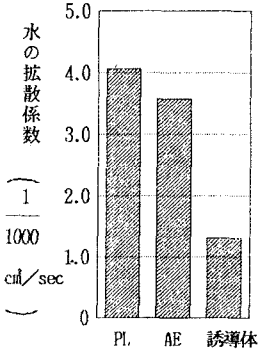


図-2 透水試験結果

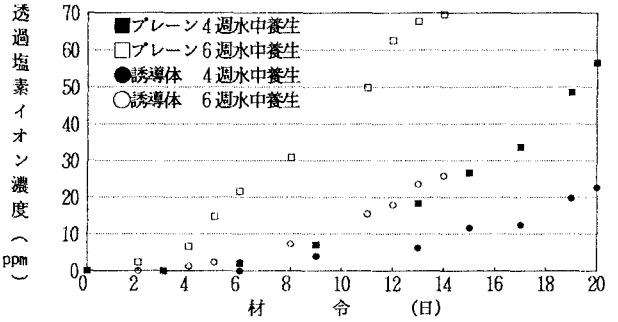


図-3 透過塩素イオン濃度測定結果

水および塩素イオンの拡散係数は、強

度および水セメント比にリンクする

表-1 塩素イオン拡散係数算出結果

と従来から言われているが、本結果では強度および水セメント比が同等であっても拡散係数に著しい差を生じている。このことは、誘導体の添

sample	水中養生期間	$D_{Cl}/dt \times 10^{-8}$ ($mol/l/l \text{ sec}$)	l (mm)	A (cm^2)	C (mol/l)	V (l)	$D_e \times 10^{-8}$ (cm^2/sec)
ブレン	4週	4.113	6.15	12.6	1.00	0.7	140.5
	6週	2.61	4.56	12.6	0.892	0.7	74.19
誘導体	4週	2.00	5.80	12.6	1.00	0.7	64.4
	6週	1.32	4.95	12.6	0.892	0.7	40.78

加によりセメント硬化体に一定の変化が生じたことを推定させるものである。

図-4に水銀圧入法による細孔径分布の測定例を示す。この方法で得られる細孔径は75,000Å以下のものであるが、誘導体を含むモルタルにおいては、75,000Å以下の細孔量が減少しており、さらにこの減少の大部分は1,000Å以下の細孔量の減少に起因していることがわかる。

図-5に窒素吸着法による細孔径分布の測定例を示す。前述のように窒素吸着法で得られる細孔径の範囲は5Å~300Åであるが、誘導体を含むモルタルにおいては300Å以下の細孔量が減少するとともに、40Å以下の細孔が著しく減少している。

このことから、微細な領域における細孔構造の変化自体が、水および塩素イオンの拡散係数の減少に寄与したことが推定されるとともに、均一に分散した水に不溶のグリコールエーテル誘導体が、微細空隙中に存在して、物理的に水や塩素イオンの動きを抑制している可能性も考えられる。

4. 結論

本実験の結論を要約すると次の如くである。

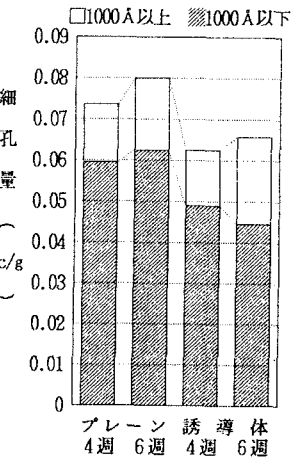


図-4 細孔径分布（水銀圧入法）

(1)水に不溶のグリコールエーテル誘導体の添加はセメント硬化体における水および塩素イオンの拡散係数を減少させ、耐久性上、好ましい効果をもたらすと考えられる。

(2)この誘導体の添加により、1,000Å以下の細孔構造に顕著な変化が生じ、全体として微細な細孔が減少するとともに、40Å以下の細孔分布が著しく減少する。

(3)このような特性は、水際のコンクリート構造物の水密性、耐久性の向上に効果的と考えられる。

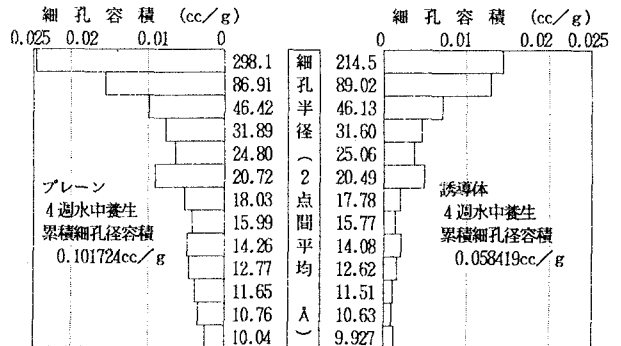


図-5 細孔径分布（窒素吸着法）