

V-215 コンクリート表層部の塩素イオン透過性

金沢大学工学部 正会員 ○鳥 居 和 之
 金沢大学工学部 正会員 川 村 満 紀
 (株)大林組 正会員 笹 谷 輝 彦

1. まえがき コンクリートの表層部は、乾燥時の水分蒸発によりセメントの水和反応が抑制されたり、乾燥・湿潤や凍結融解の繰り返しなどの影響によりひび割れが生じたりするので、鉄筋腐食の進行に密接に関係する塩素イオン、水分、酸素などの透過性と関連してコンクリート表層部の性質の理解とその改善策の確立が重要な課題となっている。コンクリートの表層部に及ぼす環境作用の影響は、乾燥条件だけでなく供試体の大きさやその形状によっても相違するので、実際のコンクリート構造物と対応するような環境の作用を受ける表面積に対して大きな内部容積をもつ供試体を使用して検討することが望ましい。本研究は、各種環境条件下に約1年間放置された立方体状のコンクリート供試体より採取したコンクリートコアを使用して急速塩素イオン透過性試験（AASHTO T-277）を実施し、コンクリート表層部の塩素イオン透過性に及ぼす配合、養生および環境条件の影響について検討したものである。

2. 実験概要 本実験に使用したコンクリートの配合を表-1に示す。コンクリートの初期水中養生期間は7日および28日の2種類であり、材令28日以後、水中浸漬（略号W、温度20℃）、屋内暴露（略号A7、A28、温度20℃、湿度60%の乾燥室内に放置）および屋外暴露（略号O7、O28、本学建物屋上に放置、年間の凍結融解日数12日）の環境下に約1

表-1 コンクリートの配合および諸性質

種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量, kg/m ³			スラブ (cm)	空気量 (%)	強度 f _{c28} (kgf/cm ²)
			水	セメント	混和材			
PL	55	38	165	300		8.5	5.5	267
FA	55	38	165	210	90	15.5	5.5	204
BS	55	38	165	150	150	12.5	5.2	246
SF	55	38	165	270	30	2.0	5.6	285

PL: 普通セメント, FA: フライアッシュ, BS: 高炉スラグ微粉末, SF: シリカフェー

年間放置した。供試体は24×24×21cmの立方体状のものを使用し、環境の影響を受ける1面以外の5面はすべてアクリル系塗料で塗装した。供試体中央部より採取した直径10cmのコンクリートコア（表面から5cmまでと5～10cmまでの部分に分割し、前者を表層部、後者を内部と称する）を使用して、急速塩素イオン透過性試験（AASHTO T-277）により塩素イオン透過性（直径10cm、厚さ5cmのコンクリート供試体を6時間に流れる電流量（クーロン）により評価する）を比較検討した。また、表面から1cmまでと5～6cmまでの部分から採取したセメントモルタルの強熱減量値（900～1000℃）を測定した。

3. 実験結果および考察 屋内暴露供試体の塩素イオン透過量を図-1および2に示す。普通セメントコンクリートでは、いずれの養生条件も水-セメント比が大きくなるとともに塩素イオン透過量が増大する。表層部と内部との塩素イオン透過量を比較すると、表層部の塩素イオン透過量は内部よりも小さくなり、両者の差は水-セメント比の大きなものほど、また初期水中養生期間が短いものほど顕著である。これらの結果は、表面部に存在するセメントペースト層が塩素イオンの浸透を抑制する働きをすること、および乾燥条件下において初期水中養生期間の短いものほど表面部の炭酸

化の進行が著しく、表面部に形成された炭酸カルシウムの緻密な層が塩素イオンの浸透を抑制することによりもたらされたものである。一方、

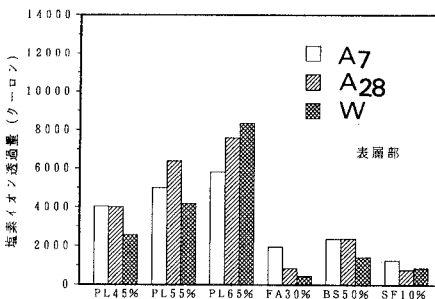


図-1 屋内暴露供試体（表層部）の塩素イオン透過性

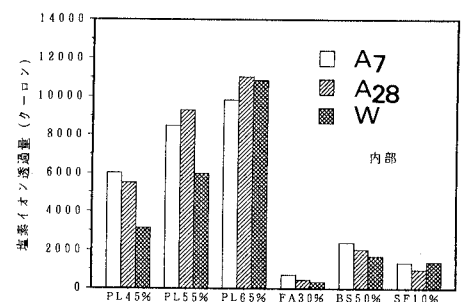


図-2 屋内暴露供試体（内部）の塩素イオン透過性

たコンクリートでは、初期水中養生期間が長いものほど塩素イオン透過量が小さくなるとともに、塩素イオン透過量は同一の水-セメント比の普通セメントコン

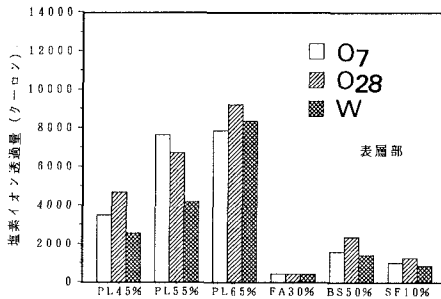


図-3 屋外暴露供試体（表層部）の塩素イオン透過性

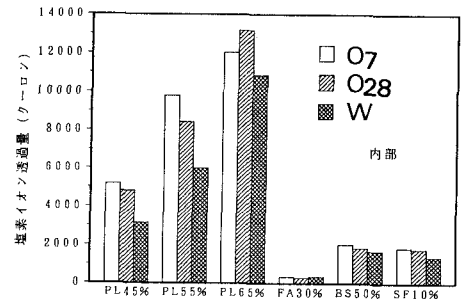


図-4 屋外暴露供試体（内部）の塩素イオン透過性

少している。とくに、フライアッシュを使用したコンクリートは、初期水中養生期間が短い時には表層部の方が内部よりも塩素イオン透過量が大きい、水中養生が長期にわたって継続されると、両者の差は小さくなり、

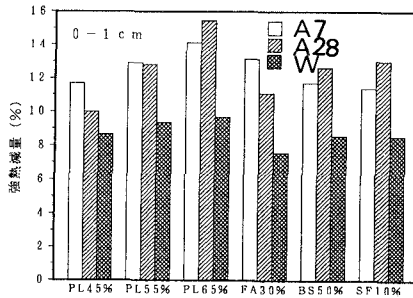


図-5 屋内暴露供試体（0～1 cm）の強熱減量値

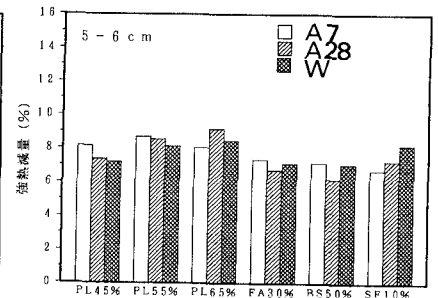


図-6 屋内暴露供試体（5～6 cm）の強熱減量値

いずれも非常に小さな塩素イオン透過量を示す。

混和材を使用したコンクリートでは、ボゾラン反応の過程でセメントペースト中の毛細管空隙が減少する効果とともに、セメントペーストと骨材との界面の多孔質部分が改善されることが塩素イオン透過量の低減に大きく寄与しているものと考えられる。屋外暴露供試体の塩素イオン透過量を図-3および4に示す。屋外暴露供試体では、乾燥・湿潤の繰り返しの過程で水分が供給されるので、初期水中養生期間7日と28日との差は小さくなり、このような傾向は普通セメントコンクリートよりも混和材を使用したコンクリートにより顕著に表われている。また、屋外暴露を行なった普通セメントコンクリートの塩素イオン透過量は、水-セメント比が大きくなるにつれて屋内暴露のものよりも大きくなり、乾燥・湿潤および凍結融解などの気象作用により発生したひびわれによる影響が認められる。しかし、混和材を使用したコンクリートでは、初期水中養生期間および環境条件による影響がほとんど認められない。

屋内暴露供試体の強熱減量値を図-5および6に示す。屋内暴露供試体の表面部では、初期水中養生期間の短いものほど強熱減量値が大きくなり、セメントおよび混和材の水和度よりも炭酸化的程度が測定結果に大きな影響を及ぼしている。一方、屋内暴露供試体の内部では、初期水中養生期間による差がほとんど見られず、乾燥による水和反応の抑制がこの領域まで及んでいないことが分かる。本実験で使用了比較的大きなコンクリート供試体では、湿度60%の環境下に放置された場合、表面から2 cm程度までの部分は早期から乾燥および炭酸化の影響を受けているようであるが、それより内部は外部環境の湿度との平衡を保つために内部からの水分の移動が徐々に生じることにより、供試体の内部湿度は長期にわたってセメントの水和反応および混和材のボゾラン反応を継続するのに必要となる限界値以上（80%程度と推定される）に保持されているようである。

4. まとめ

実際のコンクリート構造物に近い比較的大きなコンクリート供試体の実験結果より、初期水中養生期間が7日以上確保された場合には乾燥による影響はコンクリートの表面部分に限定されていることが確認された。また、屋内および屋外暴露の両環境下ともに混和材の使用は塩素イオン透過性の低減に非常に有効であることが明らかになった。