

コンクリート表層部の性質に及ぼす環境条件の影響

金沢大学工学部 正会員 川 村 満 紀
 金沢大学工学部 正会員 鳥 居 和 之
 金沢大学大学院 学生員○ 笹 谷 輝 彦

1. まえがき 乾燥湿潤や凍結融解繰り返しの影響を強く受けるコンクリートの表層部は、鉄筋腐食の進行に密接に関係する塩素イオンや炭酸ガスの侵入に関連してその性質の理解が鉄筋コンクリート構造物の耐久性の問題において重要になるものと考えられる。本研究では、各種乾燥条件下にて1年間暴露した立方体状の供試体より採取したコンクリートコアについて、塩素イオン透過性試験、細孔径分布の測定、吸水率試験および円柱供試体について実施した中性化試験によって得られた結果より、各種コンクリートにおける表層部の性質に及ぼす乾燥条件の影響を比較検討した。

2. 実験概要 本実験に使用した各種コンクリートの配合を表-1に示す。養生条件は水中養生(略号W、温度20℃の水中に浸漬)と気中養生(略号A、温度20℃、湿度60%の屋内に放置)の組合せで、水中養生365日(W365)、水中養生7日+気中養生358日(W7+A358)、水中養生28日+気中養生

表-1 各種コンクリートの配合

	W/C (%)	S/m (%)	単位重(kg/m ³)			スラット (cm)	空気量 (%)
			水	セメント	混合材		
ア'W-745X	45	56	135	300		2.0	4.5
ア'W-755X	55	38	165	300		8.5	5.5
ア'W-765X	65	40	195	300		18.0	5.7
7447+7430X	55	38	165	210	90	15.5	5.5
スラット50X	55	38	165	150	150	12.5	5.2
7447+7410X	55	38	165	270	30	2.0	5.6

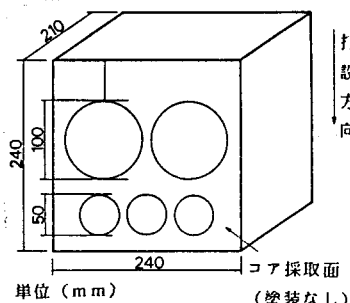


図-1 ブロック状供試体の概要

337日(W28+A337)の3種類である。供試体は実際のコンクリート構造物との対応を考慮して、図-1に示すような比較的大きな立方体のものを使用し、乾燥の影響を1次元的に評価できるように、コア採取面以外の5面はすべてアクリル系塗料による塗装を行った。1年材令にて立方体供試体より直径10cmのコアを2本、直径5cmのコアを3本採取し、表-2に示す各種測定に供した。また同時に立方体供試体と同じ配合および養生条件の円柱供試体(φ10×20cm)について強度および中性化試験を行った。

3. 結果と考察

3-1 塩素イオン透過性 各種コンクリートの表層部(表面から5cmまでの部分)の材令28日(実験開始時)および1年における塩素イオン透過量の比較を図-2および3に示す。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45%および55%のものでは水中養生を継続したものが最も小さい塩素イオン透過量を示すのに対して、水・セメント比が65%のものでは水中養生期間が長くなるにつれて塩素イオン透過量が大きくなる傾向を示す。これは表-3に示す中性化試験の結果からも明らかのように、湿度60%の乾燥条件下では水・セメント比が大きくなると中性化の進行が著しく、中性化深さの大きなものでは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浸透を抑制するものと考えられる。一方、混和材を使用したコンクリートの塩素イオン透過量は、いずれの養生条件においても同一水・セメント比の普通セメントコンクリートと比較して大きく減少しているのが特徴である。特にフライアッシュを使用したコンクリートでは水中養生期間が長いものほど塩素イオン透過量が大きく減少しており、水中養生1年ではシリカフェュームを使用したコンクリートよりも小さな塩素イオン透過性を示す。この結果は本実験で採用した立方体供試体の表面積/容積比が小さいことと密接な関係がある。すなわち乾燥面から2~3cm程度の表面部分は乾燥の影響を比較的早期より受けているようであるが、そ

表-2 測定項目

試験項目	試験方法	測定試料
塩素イオン透過量の測定	急速塩素イオン透過性試験(AASHTO T-277)	表面より0~5cmおよび5~10cm部分における直径10cmおよび厚さ5cmのコア採取供試体
細孔径分布測定	水銀圧入式ポロソメータ	表面より0~1cm、5~6cmの部分より採取したモルタル試料(-55℃で48時間凍結乾燥)
吸水率試験	24時間常温にて真空乾燥後、大気圧の条件下で24時間飽水させた場合の乾燥重量に対する吸水率	直径5cmおよび高さ10cmのコアを深さ方向に1cmごとに切断したもの
中性化試験	1%フェノールフタレイン溶液噴霧	直径10cm高さ20cmの円柱供試体を割裂したもの

表-3 中性化試験結果

	中性化深さ(mm)		
	W7+A358	W28+A337	W365
ア'W-745X	0.0	0.0	0.0
ア'W-755X	6.6	0.6	0.3
ア'W-765X	5.1	3.9	0.3
7447+7430X	7.6	6.9	0.4
スラット50X	11.9	6.9	0.5
7447+7410X	6.2	3.0	0.6

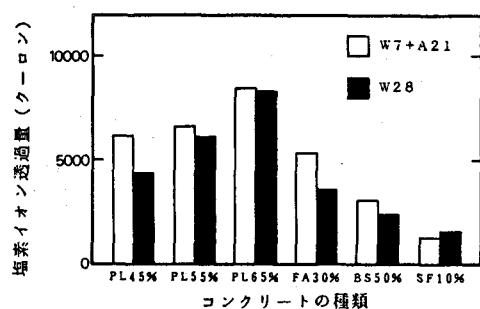


図-2 塩素イオン透過量 (28日材令)

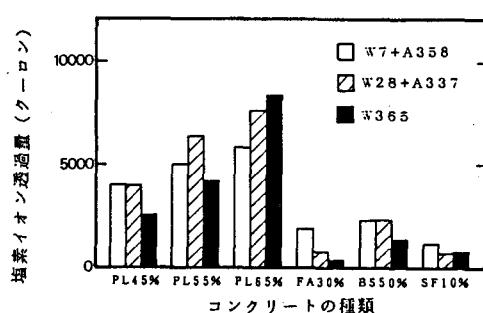


図-3 塩素イオン透過量 (1年材令)

れより内部の領域では外部環境との湿度の平衡状態を保つために内部に保持されている水分の移動が徐々に生じるので、供試体の内部湿度は長期に渡って高い状態に保持されており、このため湿度60%の乾燥条件下に放置された場合でもセメントの水和反応およびポゾラン反応が継続されたものと考えられる。

3-2 細孔径分布 各種コンクリートの表面部(表面から1cmまでの部分)における全細孔量を図-4、5に示す。

普通セメントコンクリートでは、水・セメント比が55%および65%では養生条件の全細孔量に及ばず影響が小さい。しかし、水・セメント比55%および65%において見られるように、全細孔量がほぼ同じ場合でも初期水中養生期間の短いものほど0.1μm以上の比較的大きな細孔の占める割合が多くなる。一方、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートでは、表層部の細孔構造に及ぼす養生条件の影響は普通セメントコンクリートの場合よりも大きく、初期水中養生期間が7日から28日となるとその後の乾燥期間中においても全細孔量の低下及び細孔径分布の細かい径への移行が顕著に見られる。また水中養生が長期間継続されたフライアッシュコンクリートの表面部にみられる特異な細孔構造は表面組織からの水酸化カルシウムなどの溶出による多孔質化によるものと考えられる。またシリカフュームを使用したコンクリートは材令に伴う全細孔量の変化が小さく養生条件による相違もほとんど認められない。

3-3 吸水率 各種コンクリートの吸水率試験の結果を図-6に示す。普通セメントコンクリートでは水・セメント比が大きなものほど大きな吸水率を示しているが、その傾向はセメントペースト量の多い表面付近(表面から2cmまでの部分)において顕著である。一方、混和材を使用したコンクリートでは同一水・セメント比の普通セメントコンクリートと比較して全領域に渡って多少吸水率が大きくなる傾向を示す。これは、混和材の比重がセメントの比重よりかなり小さいので単位結合材量を一定とした配合では、セメントペースト部分の占める容積が増加することが一因として考えられる。

4. 結論 本研究で採用したような比較的大きな立方体供試体では、乾燥による影響を直接に受けている部分は表面から2~3cm程度までの領域に限られていることが確認された。混和材を使用したコンクリートの表層部の塩素イオン透過性については普通セメントコンクリートと比較して材令の経過に伴う大きな低減効果が認められた。

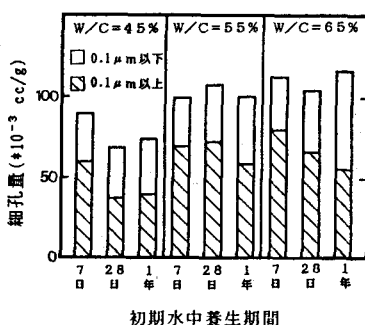


図-4 普通セメント

コンクリートの細孔径分布

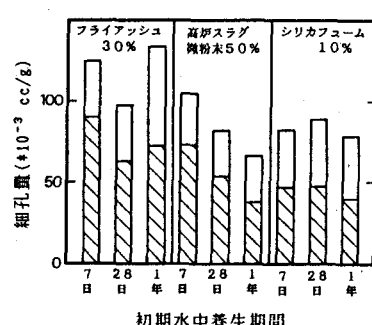


図-5 混和材使用

コンクリートの細孔径分布

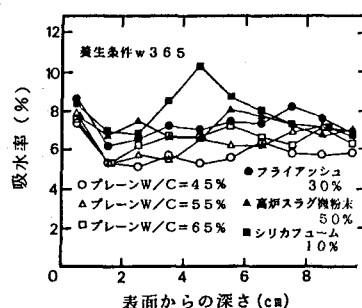


図-6 各種コンクリートの吸水率