

九州大学 学生員 浜田 秀則
 同上 正員 松下 博通
 同上 正員 牧角 龍憲

1. まえがき

硫酸塩によるコンクリートの劣化試験という場合には、一般にコンクリート供試体を硫酸塩溶液に全部浸漬する全面浸漬をさしている。しかし、供試体の一部を溶液に浸漬し一部を空気中に残すという部分浸漬を行うと、全面浸漬に比べて劣化が促進され、水面付近の非浸漬部分において劣化が激しく起こるという特徴を示す。そこで本研究においては、コンクリート供試体を硫酸塩溶液に実際に部分浸漬しその劣化性状を調べることにより、その特異な劣化が生じる原因とそれに対する適切な防止方法を検討した。

2. 実験概要

使用材料は、セメントが普通ポルトランドセメントと耐硫酸塩ポルトランドセメント、細骨材が海砂、粗骨材が角閃岩碎石であり、コンクリートの配合は表-1に示すとおりである。浸漬溶液として硫酸ナトリウム溶液を用いた。実験は大別して、実験Iと実験IIから成っており、各実験に使用したコンクリートの配合、供試体の形状、浸漬溶液濃度、及び測定項目をまとめて表-2に示す。乾湿繰り返しは、40時間浸漬8時間乾燥(70℃)の2日を1サイクルとし、前養生は、材令1日で脱型を行った後、材令7日まで水中養生を行い、その後材令28日まで温度20℃、湿度95%RHの室内で湿空養生を行った。また、エポキシ樹脂の塗布は、前養生の後、3日間供試体を自然乾燥させた後、図-1に示すような方法で行った。また実験Iにおいては、比較用供試体として水中養生供試体(全面浸漬)も準備した。

表-1 配合表

No.	Gmax (mm)	W/C	s/a	単位量				AR剤 (kg/m ³)	使用セメント
				W	C	S	G		
I	2.0	5.7	4.50	170	298	79.7	111.4	1	普通ポルト
II	2.0	5.7	4.54	185	325	81.9	112.1	1	耐硫酸塩ポルト
III	2.5	5.7	4.30	185	325	77.7	117.4	1	普通ポルト

表-2 実験概要

使用配合	実験 I		実験 II
	I	II	III
供試体形状	φ10×20cm円柱供試体		10×10×20cm角柱供試体
浸漬方法	乾湿繰り返し		連続浸漬
	供試体下部10cm	供試体下部5cm	供試体下部5cm
Na ₂ SO ₄ 溶液濃度	10 %		
測定項目	1. 外観観察, 2. 重量変化, 3. 動弾性係数		1. 蛍光X線回折
エポキシ樹脂塗布の有無	有	無	

3. 実験結果

写真1は、実験I、配合I、エポキシ樹脂塗布を施していない供試体、写真2は、同実験同配合のエポキシ樹脂塗布様式1の供試体、写真3は、配合IIの供試体、の各々の劣化性状を示している。写真1と3を見ると、いずれの供試体も、

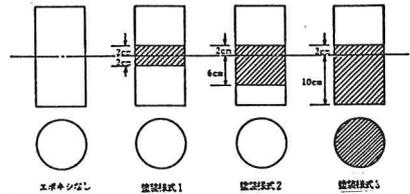


図-1

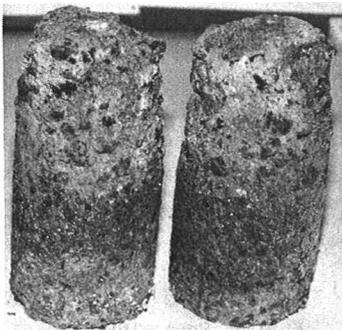


写真-1 浸漬8週



写真-2 浸漬8週

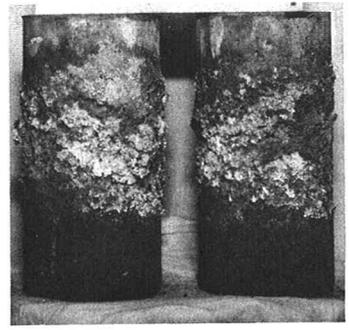


写真-3 浸漬4週

浸漬溶液の水面より上の部分において表面のペーストが激しく剥離し、全く原形をとどめていない様子がわかる。写真2を見ると、エポキシ樹脂を塗布した部分のすぐ上の部分においてわずかではあるが表面のペーストが剥離しており、劣化が始まっていることがわかる。また、エポキシ樹脂塗布様式2、3については、

浸漬8週の間では、塗布面より上部に劣化は見られない。図-2は、実験Iの重量変化を示している。水中養生供試体とエポキシ樹脂塗布供試体については大きな変化は認められないが、エポキシ樹脂無塗布供試体の場合、配合I、IIともに表面のペーストの剥落に起因する重量減少が認められる。図-3は、動弾性係数変化率を示している。この場合、重量変化程

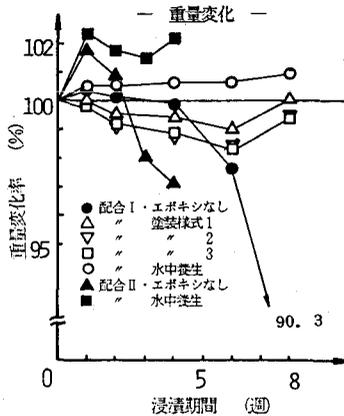


図-2

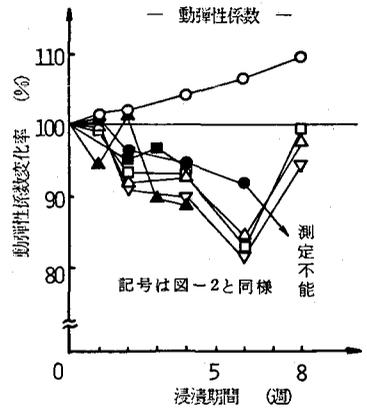


図-3

異は認められない。エポキシ樹脂を塗布していない供試体については、浸漬6週以後表面のペーストの激しい剥落のため測定不能の状態となったが、もし、実測可能であったならばその値はそれ以後急激に低下するものと推測される。図-4は実験IIにおける蛍光X線回折のための試料の供試体からの採取箇所を示したものであり、表-3は、それにより測定された硫黄分(S)の含有量を示している。「中」についてみると、1~4にその差は見られず、硫酸イオンが内部まで浸透していないことがわかる。

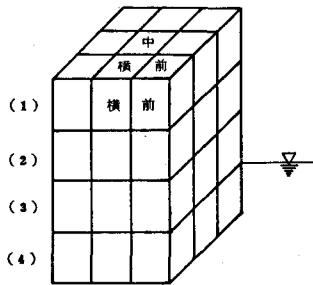


図-4

表-3

試料	2週	4週	6週	8週
1-前	5000	4400	4300	5300
横	4400	4600	4800	4900
中	4600	6500	5000	4800
2-前	5100	5500	7800	8800
横	4900	3800	5000	5400
中	4200	4400	4500	4400
3-前	9400	9200	9800	11300
横	7100	4400	6700	7300
中	5600	4300	5100	4400
4-前	7500	8000	13000	12100
横	—	6000	8500	7900
中	5000	4900	5500	5500

単位: CPS

次に「前」「横」について各部分毎に経時変化を見ると、徐々にその値が増加していることがわかり、また各浸漬期間毎に1~4を比較してみると、3と4ではほぼ同程度の高い値を示し、以下2、1の順になっている。これより、硫酸イオンが供試体の上部に徐々に上昇していることがわかる。

4. 考察

以上の実験結果より、部分浸漬した供試体において、溶液に浸漬した水面下の部分よりも水面付近とその上部において激しい劣化が起こる原因は、図-5に示すように、水面下において供試体内部に浸透した硫酸塩溶液が、毛細管現象により供試体の上部に吸い上げられ、その後の水分の蒸発により硫酸塩が次第に濃縮されるためと考えられる。また、実験Iの配合I(普通ポルトランドセメント)と配合II(耐硫酸塩ポルトランドセメント)で全く劣化に差異がないことより、この劣化は、エトリンガイトによる化学的劣化よりも、硫酸ナトリウム結晶が晶出する際の結晶圧による物理的劣化が卓越しているものと考えられる。また、水面付近とその下部をエポキシ樹脂で部分的に塗布する防止策は、全く塗布しないものに比べて延命効果はあるが、長期的にみると、劣化を防止することはできないものと考えられる。

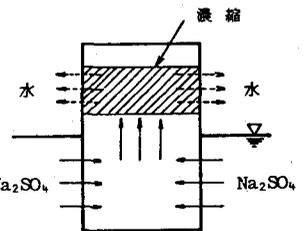


図-5

なお、本実験は今後も継続していく予定である。