

Na₂SO₄ 溶液によるコンクリートの劣化

九州大学 正 員 松下 博通
 同上 正 員 牧角 龍憲
 同上 学生員 浜田 秀則
 同上 学生員 ○ 小池 俊之

1. はじめに

Na₂SO₄ 溶液にコンクリートを浸漬しておくと、コンクリートはやがて劣化することが知られている。しかし、その劣化が発現するまでにはかなりの長期間が必要であり、また、その劣化機構は明確にはされていない。そこで筆者らは、コンクリートの配合、Na₂SO₄ 溶液濃度等の条件を数種類変えた浸漬試験を実際に継続中であるが、浸漬期間が2年を経過し、これまでにいくつかの有用なデータが得られたのでここにその中間報告をする。

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、細骨材が海砂、粗骨材が角閃岩碎石である。コンクリートの配合は表-1に示す2種である。浸漬方法、Na₂SO₄ 溶液濃度、前養生方法、供試体形状、試験項目をまとめて、表-2に示す。ただし、連続全面浸漬とは、供試体を全て溶液中に沈めた状態を保つ浸漬方法である。

3. 実験結果ならびに考察

3-1 外観観察 供試体形状の相違、配合の相違、また溶液濃度の相違により、劣化発現の時期、劣化状況も異なるものとなった。浸漬24ヶ月の時点で、配合Ⅱの5%、10%はすでに破壊に至り、配合Ⅰの10%はわずかに劣化の徴候を示している。劣化状況は、図-1に示すように配合Ⅰの場合、供試体の稜部に微細なひびわれが入り、表面のペーストが徐々に剝離してくるのに対し、配合Ⅱでは表面は全く劣化せず、稜部に大きなひびわれが発生し、供試体は破壊に至る。配合Ⅰについては今後さらに観察を続ける必要がある。また、角柱よりも円柱の方が早く劣化するが、これは形状よりもむしろ大きさに要因があるのかもしれない。

3-2 圧縮強度 図-2に圧縮強度の経時変化を示す。配合Ⅱの溶液濃度10.5%については、すでに強度を失っており、配合Ⅰの10%が強度低下の徴候を示している。

3-3 動弾性係数 図-3に供試体形状(Ⅰ)を用いてたて共振法により求めた弾性係数の経時変化を示す。圧縮強度とはほぼ同様であるが、配合Ⅰの10%にその低下の兆しは未だ見られない。

3-4 長さ変化 図-4に長

	W/C (%)	s/a (%)	量 位 置 (kg/m ³)				水和剤 (L/m ³)	
			W	C	S	G	HL-400	303A
I	33	38.0	149	450	698	1298	135	—
II	57	45.4	178	313	729	1085	—	125

表-1 配合

使用配合	配 合 Ⅰ	配 合 Ⅱ
浸漬方法	連 続 全 面 浸 漬	連 続 全 面 浸 漬
Na ₂ SO ₄ 溶液濃度	0, 10 %	0, 2, 5, 10 %
前養生	材料7日まで水中養生。材料28日まで空中養生。その後浸漬開始。	
供試体形状	(Ⅰ) φ10×10×20cm円柱供試体 (Ⅱ) 10×10×40cm角柱供試体	
試験項目	(Ⅰ) 外観観察、圧縮強度、動弾性係数、微孔率分布、SO ₄ 定置分析、pH (Ⅱ) 外観観察、強度変化、長さ変化、動弾性係数	

表-2 実験概要

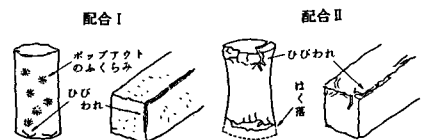


図-1 劣化性状

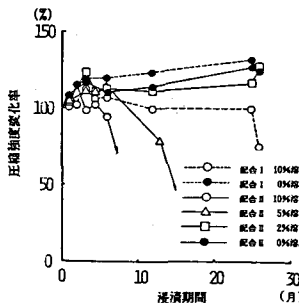


図-2 圧縮強度

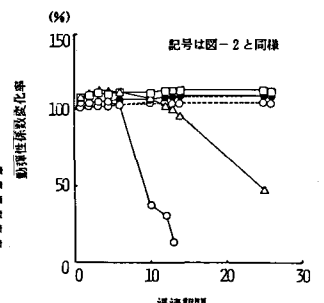


図-3 動弾性係数

さ変化の経時変化を示す。配合Ⅱの10.5%については、それぞれ、材令10ヶ月、20ヶ月でかなりの膨張が認められる。これより、供試体の破壊はあきらかに膨張による破壊であることがわかる。

3-5 重量変化 図-5に重量変化の経時変化を示す。配合Ⅱの10.5%についてみると、長さ変化において急激な膨張が始まる時に重量もかなり増加することが認められる。これは、コンクリートへの溶液の浸透が促進されたことに起因するものと思われ、したがって、コンクリートの組織に亀裂が生じていることが予想される。

3-6 細孔径分布 図-6に配合Ⅰ、10%溶液浸漬、図-7に配合Ⅱ、10%溶液浸漬の供試体の表面から1cmの部分より採取した試料を用いて測定した細孔径分布の経時変化を示す。いずれの場合も浸漬開始後、時間の経過とともに、径のかなり大きなポアの全体に占める比率が増加してきている傾向が認められる。

このことよりも、破壊に至る過程において、コンクリート内部には微細な亀裂が生じていることが裏付けられる。配合Ⅰの2年材令時の細孔径分布と配合Ⅱの1年材令時の細孔径分布がほぼ同一の傾向を示していることを考えると、配合Ⅰの供試体にも、配合Ⅱ同様の大きなひびわれが入る時期が近いことが推測される。

3-7 SO_4^{2-} 定量分析 図-8に細孔径分布と同様の部分から採取した試料を用いて測定した SO_4^{2-} 濃度の経時変化を示す。配合Ⅰの10%と配合Ⅱの5%がほぼ同じ傾向をたどって浸漬24ヶ月時に配合Ⅱの10%が破壊した時（浸漬10ヶ月時）の濃度と同じ水準に達していることがわかる。配合Ⅱの5%がすでに破壊していることを考えると、配合Ⅰの10%の供試体の破壊が近いことが推測される。

4. まとめ

今回の実験の劣化性状を考えると、供試体の全面連続浸漬の場合の劣化原因は純粹にエトリンガイトが生成する際の体積膨張による破壊であると考えてよいがその劣化は、始めに微細な亀裂が生じることにより比較的径の大きなポアが増加しそれとともに溶液浸透が促進され、次第に大きなひびわれへと成長していくという過程を経ることがわかった。また、コンクリートの配合、溶液濃度の違いにより劣化発現の時期に差があるが、コンクリート中の硫酸イオン濃度がある大きさに達するとコンクリートは破壊過程に入るといこともわかった。

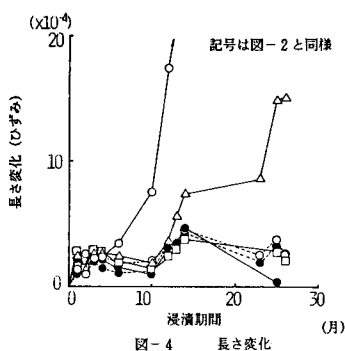


図-4 長さ変化

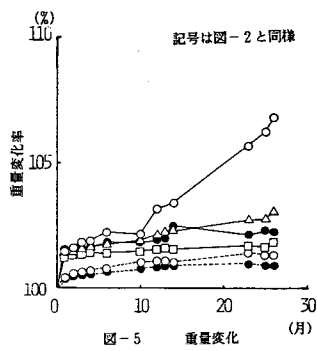


図-5 重量変化

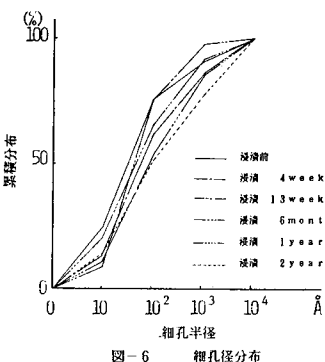


図-6 細孔径分布

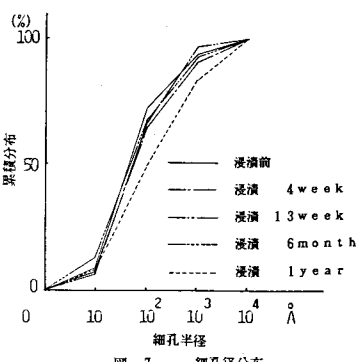


図-7 細孔径分布

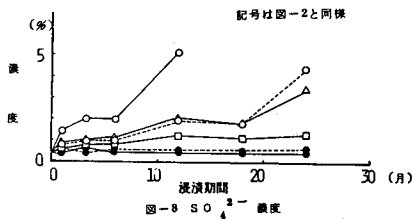


図-8 SO_4^{2-} 濃度