

硫酸塩によるコンクリートの劣化試験

九州大学 正員 松下 博通
 “ 学生員 〇 浜田 秀則
 “ “ 黒田 喜一郎

1. まえがき

硫酸塩によるコンクリートの劣化は、コンクリート成分と硫酸塩の化学反応生成物による膨張破壊によるといわれている。その劣化メカニズムを解明するためには、破壊に至る過程の物理的、化学的性状変化を知る必要がある。そこで筆者らは、その劣化状況と様々な角度からとらえることを目的として、硫酸塩溶液に浸漬したコンクリートの性状変化を長期にわたって観察する一連の実験を開始した。ここにその中間報告とするとともに、促進試験方法についても検討を加える。

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、粗骨材が角セン岩砕石である。コンクリートの配合は表-1に示すとおりである。供試体は $\phi 10 \times 20$ cm円柱供試体と $10 \times 10 \times 40$ cm角柱供試体とした。硫酸塩として硫酸ナトリウム溶液を用い、実験Ⅰ：連続浸漬試験、実験Ⅱ：乾湿繰返し試験、実験Ⅲ：乾湿繰返しと与えた後、連続浸漬へ移行する試験、 $\phi 3$ 種類を実施した。配合、溶液濃度、前養生方法、浸漬方法、測定項目は表-2に示すとおりである。但し、実験Ⅲについては、前養生を行った後1週間乾湿繰返しと与えた後、連続浸漬へ移行した。

3. 実験結果ならびに考察

3-1. 劣化性状

硫酸ナトリウム10%溶液の連続浸漬12ヶ月経過の円柱供試体($\% = 57\%$)の劣化性状を図-1に示す。供試体の上部と下部にひびわれが発生し、供試体が少しふくらむという特徴がある。図-2は乾湿繰返し1週間経過の円柱供試体($\% = 57\%$)の劣化性状を示している。供試体下部の表面のペーストがはげ落ち、骨材が露出している。図-3は1週間乾湿繰返しを行った後、連続浸漬に移行した供試体($\% = 57\%$)の連続浸漬移行後2ヶ月経過の劣化性状を示している。供試体上部がその中央部から異常な膨張破壊を起こすという特徴が認められる。図-4は、硫酸ナトリウム10%溶液連続浸漬12ヶ月経過円柱供試体($\% = 33\%$)の劣化性状を示す。ポップアウト周辺がふくらみ、供試体の上辺に微細なひびわれが認められる。

3-2. 物性の変化

図-5, 6は、動弾性係数の経時変化を示す。 $\% = 57\%$ の場合、乾湿繰返し

表-1 配合表

	W/C	S/a	単位量 (kg/m ³)	流延厚 (mm)
	(%)	(%)	W C S G	100-400 303A
I	3.3	38.0	14.9 45.0 6.98 12.98	13.5
II	5.7	45.4	17.8 21.3 7.29 10.85	12.5

表-2 実験概要

試験方法	実験Ⅰ	実験Ⅱ	実験Ⅲ
	連続浸漬	乾湿繰返し(※1)	乾湿繰返し→連続
使用配合	配合Ⅰ	配合Ⅱ	
Na ₂ SO ₄ 溶液濃度	0.10%	0.2, 5, 10%	0.10%
前養生方法(※2)	湿気養生		
測定項目	1. 外形観察 2. 重量変化 3. 圧縮強度 4. 弾性係数 5. 塩分浸透 6. 微細性状分布 7. 断面観察 8. SO ₄ 定量分析		
	外形観察		

(※1) 40時間浸漬、8時間乾置(乾置温度70℃)の2日を1サイクルとした。
 (※2) 湿気養生とは、付合1日目で乾置後、付合7日まで水中養生を行った後、付合28日まで温度20℃、湿度95%程度の室内で養生を行ったもの。



図-1 劣化性状 (1)



図-2 劣化性状 (2)



図-3 劣化性状 (3)



図-4 劣化性状 (4)

においては、浸漬18週でかなりその値が低下するが供試体にひびわれは認められない。連続浸漬の場合、浸漬10ヶ月で、ひびわれが発生し、その値が急激に落ちる。 $W/C=33\%$ の供試体については、図-6よりわかるとおり、浸漬14ヶ月をすぎてもその値に変化はない。(動弾性係数の測定は、いずれも円柱供試体を用いた振動測定法による。) 図-7、8は、長さ変化の経時変化を示す。 $W/C=57\%$ の場合、乾湿繰返しについては、10%溶液浸漬の場合、長さひずみ、 15×10^{-4} を越える膨張を示しているが、供試体にひびわれは認められない。一方、10%溶液への連続浸漬の場合、浸漬10ヶ月目でひびわれが発生したが、その時の膨張ひずみは、 9×10^{-4} であり

乾湿繰返しに比べて低い値となっている。しかし、その後、急激に伸びる傾向を示している。 $W/C=33\%$ の供試体の場合、図-8と見てもわかるとおり、膨張、収縮いずれも認められない。

図-9は、供試体の硫酸イオン濃度と、連続浸漬($W/C=57\%$ 、 $W/C=33\%$)と乾

湿繰返し($W/C=57\%$)とを比較したものである。なお、硫酸イオン濃度は、供試体表面から1cmの深さまでの試料を用いて測定したものである。これよりわかるとおり、同じ W/C では、乾湿繰返しの方が連続浸漬よりも濃度が高く、 $W/C=57\%$ と 33% と比較してみると、 $W/C=57\%$ の方が濃度が高くなっている。

3-3 促進試験について

今回の実験より、実験Iに比べて実験IIの方が、かなり急激に膨張破壊が起こることがわかる。その理由として、初期に与えた乾湿繰返作用により、コンクリート自身に何らかの劣化が起こっていたこと(図-5、7参照)と、コンクリート内部への硫酸イオンの浸透が促進されていたこと(図-9参照)が考えられる。今後、実験IIにおけるコンクリート劣化に関する研究と更にすすめることにより、実験IIをもとにした促進試験方法を確立する可能性はあると考えられる。

3-4 劣化と硫酸イオンの浸透について

図-10に長さ変化と硫酸イオン濃度との関係を示すが、あるイオン濃度を越えると急激に膨張する傾向がみられ、このことからコンクリートの劣化はその内部への硫酸イオンの浸透量と密接な関係にあると考えられる。

以上の実験経過をふまえて、今後データと蓄積していく予定である。

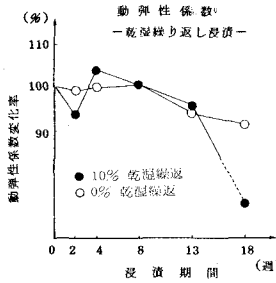


図-5

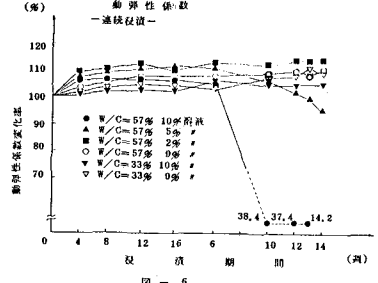


図-6

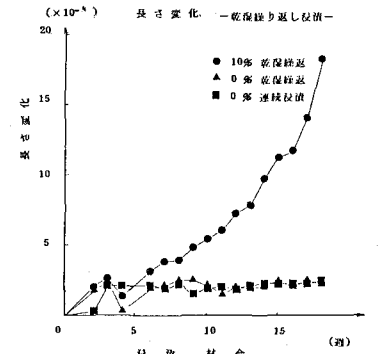


図-7

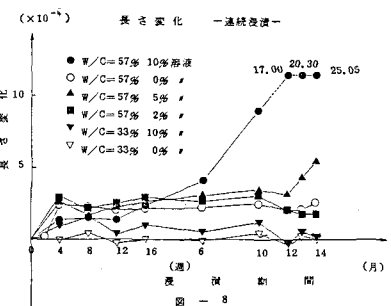


図-8

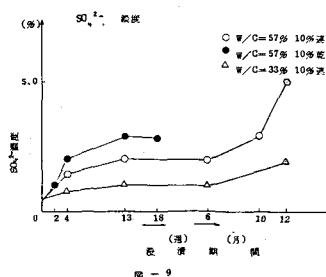


図-9

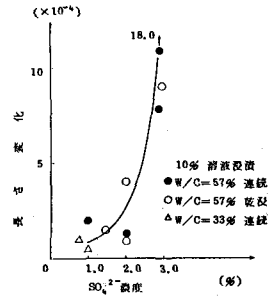


図-10 SO_4^{2-} 濃度と長さ変化の相関