

コンクリート構造物に及ぼす酸性雨の影響に関するシュミレーション実験

鹿児島大学工学部 学生会員 ○原村健二
鹿児島大学工学部 正会員 武若耕司
大日本塗料株式会社 正会員 里 隆幸

1. はじめに

産業が発展する上で、エネルギー資源は必要不可欠なものであるといえる。このエネルギー資源である石油や石炭などの化石燃料を燃焼すると、 NO_x や SO_x が発生し大気中に放出される。このことが原因となって引き起こされる環境問題の1つとして、酸性雨問題が挙げられる。酸性雨は、森林破壊、湖沼や河川水の酸性化、あるいは人体へ悪影響をもたらすとされ、近年、注目されている。コンクリート構造物においても、その影響が懸念されており、各分野で検討がなされているが、酸性雨による劣化は劣化速度の遅い長期劣化に位置づけられており、その影響を評価することは困難とされている。本研究では、自然環境を模した促進試験装置を試作し、これを用いて、酸性雨がコンクリート構造物に及ぼす影響について若干の検討を試みた結果を報告する。

2. 実験概要

2-1 供試体

実験には、図-1に示すように鉄筋を埋め込んだモルタル供試体を使用した。セメントとしては早強ポルトランドセメントを用いた。表-1には実験の要因と水準を示す。一部の供試体については、実験開始前に CO_2 濃度10%の環境に1ヶ月間放置して、初期中性化を施した。なお、供試体においては、試験面（供試体上面）からの影響のみを検討するために側面と底面は厚膜のエポキシ樹脂被覆でシールした。

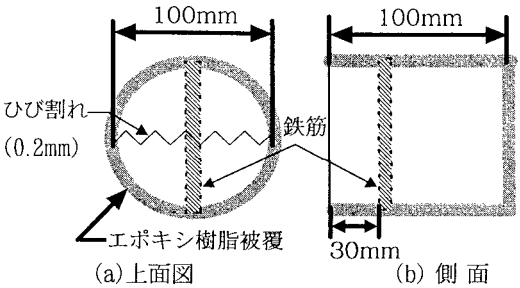


図-1 促進実験供試体概要図

表-1 促進実験の要因と水準

要因	水準
W/C (%)	50.70
かぶり (cm)	3
目標ひび割れ幅 (mm)	0.0.2
初期中性化	有り,無し
散布溶液	pH3.0,蒸留水

表-2 酸性雨溶液の化学組成

酸性雨溶液	混入量 (mg/l)		
pH	HCl	H_2SO_4	HNO_3
3.0	6.0	34.0	8.0

表-3 促進試験の設定条件

CO_2 濃度	5 (%)
温度	23.0 (°C)
湿度	70~100 (%)
散布量	5.1 (l/min)
散布時間	12 (h)
乾燥時間	44 (h)

2-2 促進試験

促進試験は、酸性雨の影響と炭酸ガスによる中性化促進とを組み合わせた試験方法で行った。すなわち、 CO_2 濃度5%の環境の中で桜島で生じる火山性酸性雨の化学組成〔表-2に示す〕を模したpH3.0の酸性雨疑似溶液（以後、酸性雨溶液と呼ぶ）3700lを12時間で散布し、その後44時間乾燥させ、これを1サイクルとして最大22サイクルまで繰り返した。なお、1サイクルにおける溶液散布量、散布時間、乾燥時間、 CO_2 濃度等については、予備実験や既往の研究結果を参考とし、鹿児島のような気候条件で火山性酸性雨が降る環境において2年間分に相当するように、表-3に示す条件で設定した。また、比較用として散布溶液に蒸留水（pH5~6程度）を用いた場合についても同様の条件で試験を行った。なお、散布溶液は1サイクルが終了する毎に交換し、7、14、22サイクルの時点で中性化深さおよび鉄筋腐食量の測定をおこなって、酸性雨がコンクリート構造物に及ぼす影響を検討した。

3. 実験結果および考察

外観観察においては、供試体表面の変色は見られなかったが、7サイクル目のあたりから蒸留水を散布させた一部の供試体のひび割れ部から白い粉末状のものが生成されていることが確認された。現在、その組成について分析中であるが、その発生状況から、おそらく散布水に溶け込んだコンクリート中の水酸化カルシウムが炭酸化され、生成された炭酸カルシウムが溶出したものだと考えられる。なお、酸性雨溶液を散布した供試体についても14サイクル目から一部に同様の生成物の析出が認められたが、その割合は蒸留水散布の場合に比べて少なかった。

図-2～図-4には、7,14および22サイクル目の解体調査において測定されたコンクリートの中性化深さならびに鉄筋の腐食状況の結果を示す。まず、中性化深さについては全般的に見て、W/Cあるいは初期中性化の有無に関わらず、各サイクルにおいて酸性雨の影響は顕著には認められない。しいて挙げると、ひび割れ部の中性化において特に初期中性化のない場合に、酸性雨の影響による中性化促進が若干認められた。このことは、ひび割れのような欠陥がコンクリートにある場合、特にその箇所の初期段階における劣化に酸性雨が影響する可能性があることを示している。一方、鉄筋腐食に及ぼす酸性雨の影響については、W/Cあるいは初期中性化の有無に関わらず、ある程度その影響が認められ、中性化と酸性雨が同時に進行する場合には酸性雨によってひび割れ部の鉄筋腐食は促進されるようであった。

なお、以上のようなコンクリートの中性化や鉄筋腐食に及ぼす酸性雨の影響の傾向は、これまで著者らが桜島において実施してきた暴露実験結果とも、ある程度符合するものであった。

4. あとがき

今回の促進実験においては、特に中性化の進行が酸性雨、蒸留水の如何に関わらず当初予想していたほど進まなかった。これは、供試体の乾燥過程において十分な乾燥時間が確保されていなかったことが最大の原因ではないかと考えられる。従って、今後、より実際に則した促進試験を実施するためには、短期間である程度の乾燥状態となるように試験方法の改良が必要があると思われる。しかし、少なくとも今回の実験結果から、溶液の散布と停止の繰り返しと、高炭酸ガス環境における炭酸化の促進を組み合わせる方法によって、酸性雨がコンクリート構造物の劣化に及ぼす影響を促進的に把握することは可能であると考えられた。

<凡例>

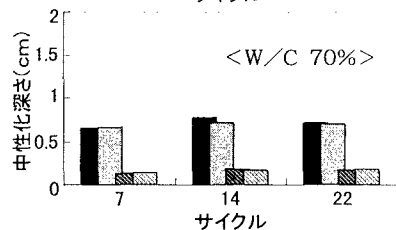
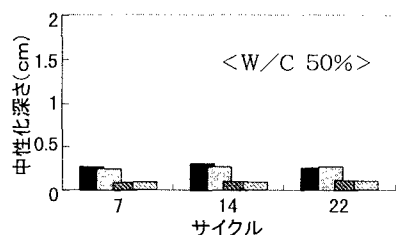
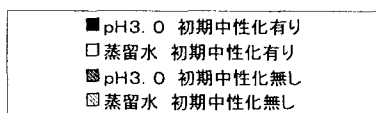


図-2 ひび割れのない健全部の中性化深さ

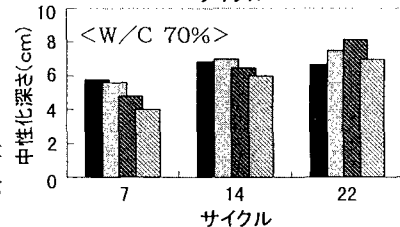
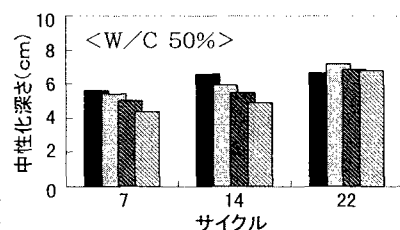


図-3 ひび割れ部の中性化深さ

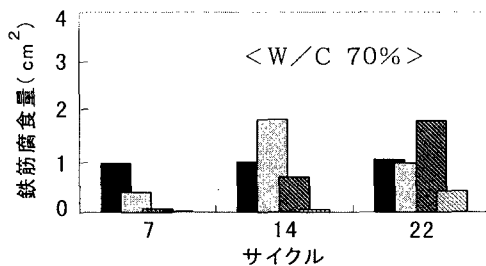
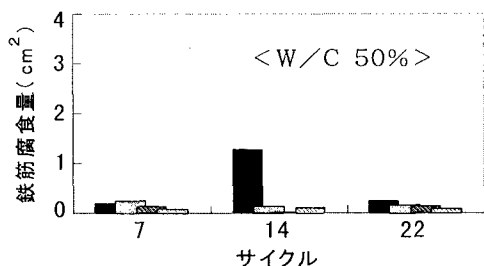


図-4 鉄筋腐食面積