

V-144

酸性雨とコンクリートに生じるつららの関係についての実験的考察

麻生セメント 正会員 堤 博文  
 建設省土木研究所 正会員 河野 広隆  
 " 正会員 渡辺 博志

1. まえがき

近年、地球環境に関する諸問題がクローズアップされ、降雨の酸性化についても、生態系におよぼす影響が懸念されている。マスコミによりこの問題が取り上げられ、酸性雨が生態系だけでなく、コンクリート構造物にも影響を及ぼしているとの報道がなされ注目を集めている。そこで、コンクリートのひびわれや継ぎ目に発生する鐘乳石状のもの(以下つららと称す)が酸性雨と関係があるのかどうか、酸性水をコンクリートのひびわれに滴下させ、つららの形成状況を純水等の場合と比較する実験を行った。

2. 実験概要

コンクリートの目標スランプを8cm、目標空気量を4%として試験練りをおこなった。供試体に使ったコンクリートの材料および配合を表-1に示す。

表-1 コンクリートの材料および配合

配合 番号	材 料			配 合								
	セメント	細骨材	粗骨材	W/C (%)	S/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )						助剤
						W	C	S	G	AE		
①	普通セメント	川砂	硬質砂岩	6.0	4.7	156	260	885	1017	0.65	1.0A	
②	"	"	"	5.0	4.5	161	322	819	1020	0.81	2.0A	
③	"	"	"	7.0	4.9	164	234	923	980	0.59	2.5A	
④	"	"	石灰石	6.0	4.7	156	260	885	1040	0.65	1.5A	
⑤	"	石灰石	硬質砂岩	6.0	4.4	156	260	845	1075	0.65	1.5A	
⑥	"	"	石灰石	6.0	4.4	150	250	855	1117	0.63	1.5A	
⑦	高炉セメント	川砂	硬質砂岩	6.0	4.7	156	260	881	1014	0.65	4.5A	
⑧	石粉 5%	"	"	6.0	4.7	156	260	884	1016	0.65	2.0A	

普通セメント : 比重3.16  
 高炉セメント : 比重3.03 高炉スラグ混入率50%  
 川砂 : 比重富士川産 比重2.61 F.M.3.02  
 石灰石砕砂 : 比重2.71 F.M.2.73  
 硬質砂岩 : 比重2.66 F.M.6.82  
 石灰石砕石 : 比重2.73 F.M.7.18  
 A E 減水剤 : リガコンクリート酸および\* リガ-6複合体

\*普通セメントに石灰石粉を内割りで5%混入

つらら形成の試験装置を図-1に示す。供試体(φ10×20cm)は、材令28日まで湿空養生した後、最大ひびわれ幅0.5mmのひびわれを割裂により入れた。供試体上面のひびわれ位置にアクリル管をつけ、供試体下面とアクリル管の内側を除いたコンクリート表面にエポキシ樹脂を塗布した。滴下させた液の種類を表-2に示す。液の滴下速度は1分間に3滴(約300cc/日)とした。

また、上述と同じ供試体で上面と下面にエポキシ樹脂を塗布したもの6本(コンクリートの総表面積3770cm<sup>2</sup>、総容積9.4ℓ)を70ℓの酸性水に浸漬し、1日に1回規定のpHとなるように硝酸(61%)または硫酸(95%)を加え、酸の消費量を測定した。

3. 実験結果および考察

つららの長さを図-2に示す。つららは滴下開始後1週を過ぎた頃からフジツボのような物を形成し、中空のまま伸びていった。つららの大きさが小さく成分を調べることはできなかったが、コンクリート中の水

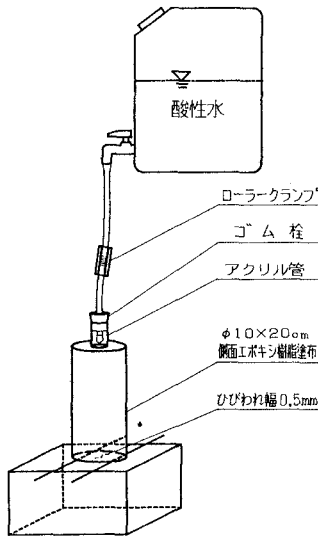


図-1 試験装置

表-2 滴下させた溶液

ケース 番号	滴下溶液	pH	配合 番号
1	付交換水	7.0	①
2	水酸化ナトリウム	10.0	①
3	炭酸水	5.6	①
4	硫酸水	4.0	①
5	硝酸水	3.0	①
6	硝酸水	4.0	①
7	硝酸水	4.0	②
8	硝酸水	4.0	③
9	硝酸水	4.0	④
10	硝酸水	4.0	⑤
11	硝酸水	4.0	⑥
12	硝酸水	4.0	⑦
13	硝酸水	4.0	⑧

酸化カルシウムが空気中の二酸化炭素と反応してできた炭酸カルシウムであると考えられる。つらら長さは、供試体4本の平均値であるがつららが、2本できたりひびわれが閉塞したりでばらつきが大きく、つららの長さで液や配合の影響の程度を直接比較するのは危険が大きい。しかし、酸性水以外のイオン交換水やpH10の水酸化ナトリウム水などでも、つららは形成されることが確認できたことにより、つららの発生が酸性雨独特の影響とは言えないようである。

つららの伸びる速さは、溶出した水酸化カルシウムが二酸化炭素と反応してつららができるとすると、溶出するカルシウムの量に関係すると考えられる。図-3にコンクリートを酸性水に浸漬したときの酸の消費量と時間の関係を示す。水セメント比が小さく単位セメント量の多いものほど酸の消費量が多く、高炉セメントを使用したり、石灰石の骨材を使用したものは少なくなっている。セメントが水和反応するとその重量の30%のCa(OH)<sub>2</sub>を生成し、酸の消費が全てこのCa(OH)<sub>2</sub>との反応によるものとする、ケース6の場合3当量は表面より3.8mmまでのコンクリート中のCa(OH)<sub>2</sub>が反応したこととなる。しかし、浸漬3ヶ月の試体のフェノールフタレイン法による中性化深さは、表面のみ発色しただけでほとんど0であった。これは、Ca(OH)<sub>2</sub>がコンクリート中を移動したためであると考えられる。また、図-4に滴下21週目のひびわれを通過した液のカルシウム濃度を原子吸光により測定した結果を示す。滴下する液の種類により差があり、pHの低いものほど溶出カルシウム量が多い傾向にある。

しかし、純水やアルカリ水によってもつららが形成されることや、実構造物に生じるつららの成長速度は、ひびわれ幅や温度、湿度、風、日射などの環境条件の影響を受けることを考慮すると、つららによってコンクリートの受けた酸性雨の影響度を知るのは困難であると考えられる。

#### 4. まとめ

本実験によりコンクリートに生じるつららは、酸性水だけでなく純水やアルカリ水によっても形成されることが確認できた。よって、コンクリート構造物に生じるつららは酸性雨の影響度を知る指標とはなり得ないと考えられる。

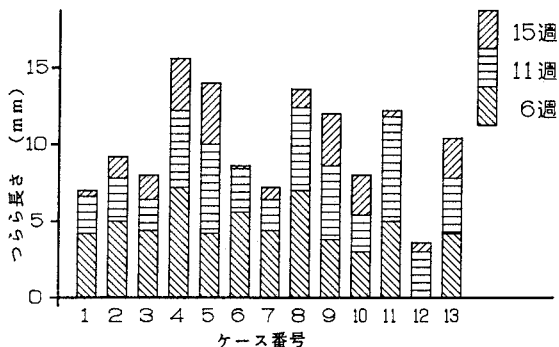


図-2 つらら長さ

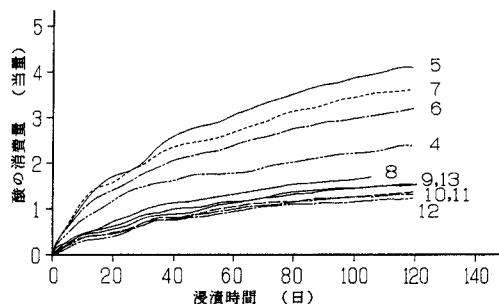


図-3 浸漬時間と酸の消費量の関係

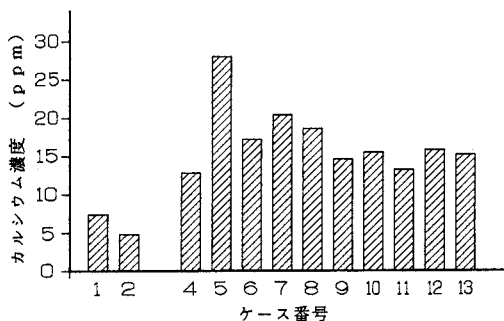


図-4 ひびわれを通過した液のカルシウム濃度 (滴下21週)