

コンクリート構造物における酸性雨の影響に関する実験的検討
ーその1. 実験プログラムについてー

鹿児島大学工学部 正会員 武若耕司
鹿児島大学大学院 学生員○豊倉勇司
大日本塗料(株) 正会員 里 隆幸

1. まえがき

北欧や東欧を中心として、酸性雨による環境破壊や人体の健康被害が報告され、我が国でも類似の状況が現れ始めている。また最近では、社会資本である土木構造物、中でも高アルカリ性材料であるコンクリートを使用した構造物への影響も懸念されている。コンクリートは、元来強酸や有機酸に対して極めて弱い材料であるが、pH3～5程度の酸に対しては、その品質に配慮すれば劣化速度は小さいとされている。しかし、酸性雨の場合は、これまで耐久性上の特別な配慮が不必要な一般環境の構造物においてさえ酸の影響を受ける可能性が生じる。加えて、昨今の土木構造物に対する期待耐用年数の増大とその一方で生じているコンクリートの品質の劣悪化は、酸性雨によるコンクリートの劣化問題が無視できない状況を作り出している。さらに酸性雨は、コンクリート表面の汚れ問題にも密接に関係してくると予想され、今後の構造物の設計上の大きなテーマである景観設計への影響も無視できない。

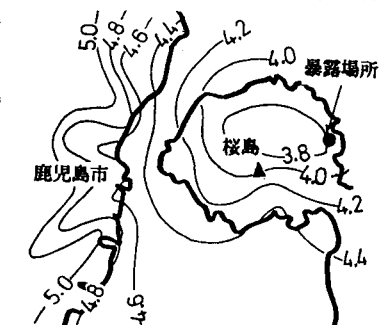


図-1 鹿児島市周辺の降雨水の年平均pH例 (昭和61年度)

2. 実験プログラムの概要

本研究は、酸性雨がコンクリート構造物の経年劣化やコンクリート表面汚れに及ぼす影響について実験的に検討することによって、①今後新設されるコンクリート構造物の設計に酸性雨の影響をどのように反映させるか、②既存構造物において、当初考慮していなかった酸性雨の影響によって構造物の寿命にどのような変化が生じるか、さらに③コンクリート表面の美観確保と劣化保護を兼ねた塗装材料に要求される性能はどのようなものか、といった点を定量的に把握することを目的としている。

ここでは、上記の検討項目に対して、暴露実験を通じて明らかにさせることにした。この点については、活火山桜島の影響によって図-1に示すように火山性酸性雨の影響を頻繁に受ける鹿児島の地

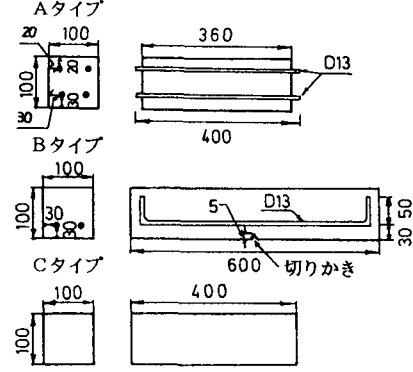


図-2 暴露実験用供試体の種類と形状

表-1 暴露実験の概要

供試体	Aタイプ	Bタイプ	Cタイプ
作製の目的	・中性化および鉄筋腐食へ及ぼす一般的傾向の検討 ・塗装の耐候性と劣化防止効果	・ひび割れ部における中性化の進行への影響 ・塗装のひび割れ追従性と劣化防止効果	・塗装の劣化分析
W/C	50%、70%		
促進中性化の有無	あり、なし	あり	
塗装の有無	なし、7種類の塗装		
暴露場所	鹿児島桜島、鎌倉市		
暴露期間	1年、3年、5年、10年		10年（適時コア採取）

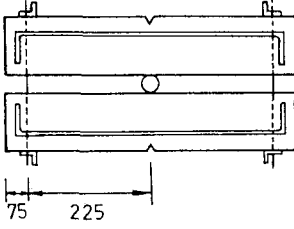


図-3 Bタイプ供試体の拘束状況

理的条件を考慮し、鹿児島と他地域との暴露結果の比較によって、酸性雨の影響を検討することが可能であると考えた。加えて、酸性雨の影響をコ

表-2 検討を行う塗装材の種類

名 称	A種	A種(F)	B種	柔軟エポ	柔軟エポ(F)	シリマ-セリント	含浸材
プライマ-および中塗り	エポキシ樹脂系					エポキシ樹脂 シリマ-セリント	シリコン系浸透型撥水剤
中塗り	エポキシ樹脂系		柔軟型 ポリウレタン	厚膜柔軟型エポキシ樹脂			
上塗り	ポリウレタン樹脂	フッ素樹脂	柔軟型ポリウレタン樹脂	フッ素樹脂			
塗膜厚	90 μm	90 μm	90 μm	530 μm	530 μm	400 μm	—

ンクリートの中性化速度および内部鋼材腐食に及ぼす影響に絞り、促進実験による検討も試みることにした。

3. 実験概要

3. 1 暴露実験について

暴露実験には、図-2に示す3タイプの供試体を用いた。このうちBタイプの供試体は、図-3に示すように部材中央鉄筋位置の目標ひび割れ幅が約0.1mmとなるように拘束した状態で暴露に供した。コンクリートは、W/C=50%と70%の2種類とし、目標スランプ8cm、目標空気量4%として配合を定めた。供試体は、表-1に示す実験条件に従って作製した。なお、実験にあたっては、特に既存構造物への酸性雨の影響を検討するため、Aタイプの一部を除き、暴露前に中性化促進試験を実施して各供試体に一般環境でおよそ20年に相当する中性化を生じさせた(W/C50%で約5mm、70%で約12mm)。また、表-2に示す7種類の表面塗装材の酸性雨に対する性能評価も併せて実施することにした。暴露は、pH4以下の酸性雨が常時降る桜島内(写真-1参照)と、比較のために神奈川県鎌倉市(降雨pH=5)の建物屋上で行うこと

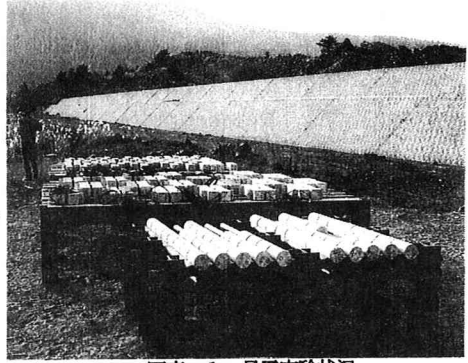


写真-1 暴露実験状況

表-3 暴露実験における調査項目

	検討項目	検討時期	内 容
定期調査	降雨水の分析	1カ月毎	・ pH、導電率 ・ 各種イオン組成
	コンクリートおよび塗装の劣化状況	3カ月毎	・ 外観観察 ・ 色差、光沢
	鉄筋腐食状況		・ 自然電位
解体調査	コンクリートの劣化状況	1、3、5	・ 中性化深さ ・ セメント水和物の組成変化 ・ 各種イオンの移動・濃縮
	鉄筋腐食状況	10年	・ 腐食面積、腐食減量
	塗装の劣化状況		・ 樹脂劣化度 ・ 各種イオン侵入量(分布)

にした。設置した供試体の総本数は、Aタイプ92体、Bタイプ48体、Cタイプ37体であり、暴露期間は、取り敢えず最長10年間を予定している。期間中の主な調査内容を表-3に示す。

表-4 促進実験の要因と水準

要 因	水 準
W/C(%)	50 , 70
かぶり(cm)	2 , 3
目標ひび割れ幅(mm)	0.1 , 0.3
初期中性化深さ(mm)	0 , 5
塗装の種類	なし, A種, A種(F), B種, 柔軟エポ, 柔軟エポ(F), 含浸材

3. 2 促進実験について

促進実験に用いた供試体の概要を図-4および表-4に示す。実験にあたっては、まず、あらかじめ所定のひび割れを割裂試験により導入した供試体に、一部を除いて、所定の深さまで促進中性化を行った。その後、鹿児島周辺の降雨のイオン組成を考慮した表-5の弱酸性溶液中で供試体の浸漬と乾燥を繰り返しながら、乾燥中はさらにCO₂濃度5%の環境に供試体を置いて中性化の促進を図った。浸漬溶液は、浸漬を繰り返すごとに交換することにした。このような環境における中性化の進行および鉄筋腐食の状況を同様の実験を水道水を用いて行った場合と比較することによって、酸性雨の影響を検討する。

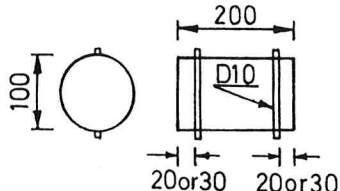


図-4 促進実験用供試体の形状

4. あとがき

暴露実験および促進試験は平成5年12月より開始した。これらの実験の進行状況については発表当日に報告する。

表-5 酸性雨模擬溶液の組成

pH	混入量 (mg/ℓ)		
	HCl	H ₂ SO ₄	HNO ₃
3.5	4.0	8.0	3.0