

V-379

酸性雨がコンクリート構造物に及ぼす影響に関する実験的検討

鹿児島大学大学院（正会員）里 隆幸

鹿児島大学工学部（正会員）武若耕司

1. はじめに

近年、環境問題は地球的規模の広がり呈し、政治、経済上の大きな課題として国際的な取り組みの必要性が高まってきている。中でも酸性雨（pH:5.6以下の雨）の問題は、世界中から生態系や建造物への被害状況が多数報告され、深刻さを増している。一方で、酸性雨がコンクリート構造物に及ぼす影響に関する調査研究は極めて少なく、既往の研究によれば、コンクリートはpH3~5程度の弱酸では品質に配慮さえすれば劣化速度は小さいとされてきた。しかし、現場打ちコンクリートなどでは、確率的にある程度のひび割れ等の欠陥を含んでいる場合が多く、このような欠陥部分への酸性雨の影響は無視できないものと考えられる。そこで、本文では、著者らがを行っているコンクリートへの酸性雨の影響に関する一連の研究の内、屋外暴露実験の結果について報告する。

2. 暴露実験の概要

2. 1 実験概要

2. 1. 1 実験供試体

供試体の形状を図-1に示した。本検討では、一本の供試体に鉄筋のかぶり厚さを20および30mmで2段配筋したAタイプ供試体と、ひび割れを有する既設コンクリートを想定したBタイプ供試体の2種類を用いた。なお、Bタイプ供試体においては、塗装を施した後に供試体中央部に図に示すような拘束方法によって最大幅0.1mm程度のひび割れを生じさせた状態で暴露実験を実施した。表-1に実験の要因と水準を示した。ここで、初期中性化有り供試体については既設のコンクリートを想定し、CO₂濃度10%の槽内で、W/C50%供試体で4.3週間、W/C70%供試体で3週間促進中性化を行い、その後暴露実験に供した。また、表-2には本実験において酸性雨対策として検討を行った表面被覆材の概要を示す。

表-1 暴露試験の要因と水準

要因	水準	
	Aタイプ	Bタイプ
W/C (%)	50, 70	50, 70
かぶり (cm)	2, 3	3
ひび割れ幅 (mm)	無し	0.1
初期中性化	無し, 有り	有り
暴露場所	桜島, 鎌倉	桜島
被覆材種類	A, AF, B, 弾, 弾F, 含浸, 無塗装	

表-2 表面被覆材の概要

略 称	概 要
A	道路橋の塩害対策指針（案）A種
AF	A種の上塗りにふつ素樹脂塗料を塗布
B	道路橋の塩害対策指針（案）B種
弾エ	厚膜弾性エポキシ樹脂塗料
弾F	弾エの上塗りにふつ素樹脂塗料を塗布
含浸	シラン系浸透型撥水剤

表-3 暴露場所の降雨pH値

	平均pH値	最低pH値
桜島	3.99	3.42
鎌倉	5.2	4.3

2. 1. 2 暴露試験

暴露場所には、火山性酸性雨の影響を強く受ける桜島（鹿児島県）および酸性雨の影響が比較的少ないと予想された鎌倉（神奈川県）を選定した。表-3に桜島と鎌倉における、これまで（3年間）の月間降雨のpHの平均値および最低値を示した。暴露期間中

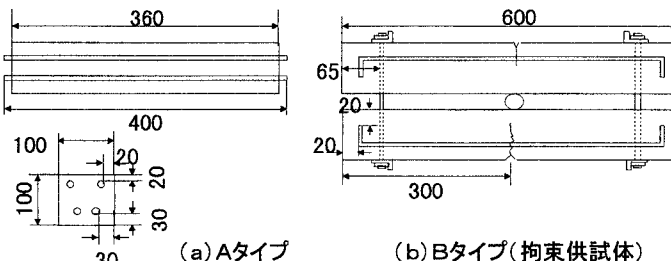


図-1 屋外暴露試験供試体の形状（単位 mm）

は、定期的にコンクリート表面の状態や鉄筋電位の調査を行うとともに、所定の期間が経過したものについては解体調査を行った。ここでは、暴露3年間の調査結果について報告する。

キーワード：酸性雨、コンクリートの中性化、鉄筋腐食、表面被覆材、暴露実験

連絡先：〒890 鹿児島市郡元1丁目21-40 鹿児島大学工学部 海洋土木工学科 Tel. 099-285-8479

3. 実験結果および考察

外観観察の結果、桜島暴露の無塗装および含浸剤塗布供試体の表面には、黄変が認められた。一方、鎌倉暴露の無塗装供試体においては、表面の色合いに大きな変化はないが、カビ等の汚れが目立ち始めていた。

図-2に表面被覆供試体における光沢保持率（各測定時の光沢値の初期光沢値に対する割合）を示した。いずれの環境においても、被膜の光沢は減少する傾向にあるが、桜島におけるその低下は鎌倉に比べて明らかに大きかった。これは、酸性雨による表面被覆材の劣化や、火山灰による傷などが原因であると考えられる。図-3～6は、暴露3年目の桜島および鎌倉での解体調査で得られた結果を取りまとめたものである。まず、図-3にはAタイプ供試体における中性化深さの結果を示した。初期中性化の有無に拘わらず中性化については、桜島と鎌倉ではそれほど顕著な差は認められなかった。しかし、図-4に示した鉄筋腐食面積に関しては、いずれの供試体においても桜島暴露の方が明らかに鉄筋腐食は進行していた。これは、酸性雨中に一般環境の降雨より多く含まれる SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 等の腐食性の陰イオンが多く含有されていることによるものと考えられる。図-5および図-6に、Bタイプ供試体の中性化深さおよび鉄筋腐食面積を示した。

これらの供試体は、桜島のみの暴露のため暴露環境の相違を検討することができなかった。ただし、この結果から、①中性化深さにはW/Cの影響が強く現れているが、ひび割れ部の鉄筋腐食にはそれほど明確な差が現れていないこと、②表面被覆材の種類に着目すると、特に鉄筋腐食に関して、厚膜で柔軟性に富む弾性エポキシ、弾性エポキシ（ふっ素素）に高い防食効果が見られ、薄膜もしくは柔軟性に乏しいA種、A種（ふっ素）、B種ではあまり効果が無いことが確認された。これらの結果は、ひび割れ部の鉄筋腐食に酸性雨がかなりの影響を及ぼし、これを抑制するためには厚膜で柔軟性に富み、ひび割れ導入時に追従できる塗膜を塗布する必要があることを示していると考えられる。

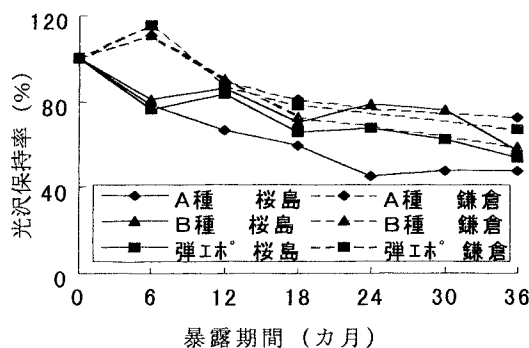


図-2 光沢保持率

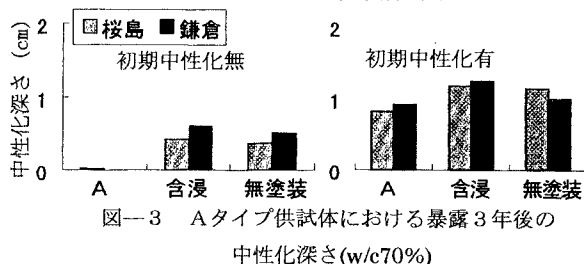


図-3 Aタイプ供試体における暴露3年後の

中性化深さ(w/c70%)

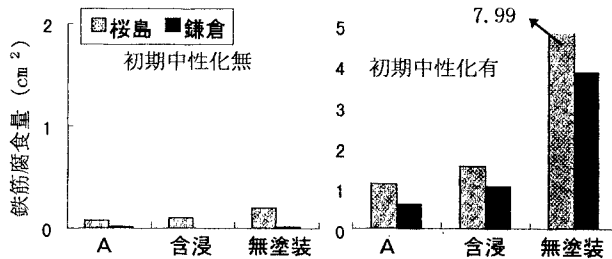
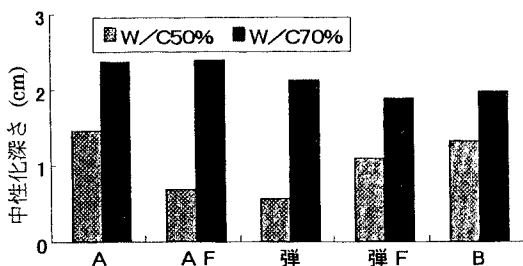
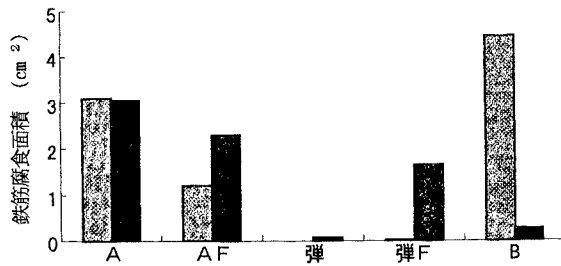


図-4 暴露3年後におけるAタイプ供試体中の

鉄筋腐食量(w/c70%)

図-5 Bタイプ供試体におけるコンクリートの
中性化深さ(暴露3年、桜島暴露)図-6 スパン中央のひび割れを中心とした
6 cm 区間の鉄筋腐食面積(暴露3年、桜島暴露)