

酸性雨によるコンクリート構造物の劣化に関する研究

長崎大学工学部 正会員 後藤恵之輔

長崎大学工学部 正会員 奥村運明

長崎大学工学部 正会員 棚橋由彦

長崎大学工学部 学生員○山内常代

1. はじめに

現在、地球規模の問題となっているものの 1 つに酸性雨の問題がある。酸性雨の問題としては、人体、土壌、植物、湖沼への影響が懸念されてきたが、近年、コンクリート構造物においても酸性雨の影響が検討されはじめている。コンクリートは pH13 前後の強アルカリ性材料であるため、酸性雨の原因となる大気中の二酸化硫黄(SO_2)や二酸化窒素(NO_2)によりアルカリ性が低下し、コンクリートは中性化(pH8.3~10.0)される。そして、コンクリートは中性化が進行し鉄筋まで達すると、鉄筋は腐食してコンクリートは劣化する。しかし、酸性雨によるコンクリート構造物への影響は、今のところ無視できる程度のものであるという説もある。そこで本報告では、コンクリート構造物での酸性雨による影響を確かめるため、室内実験と室外実験を行った。

2. 室内実験

(1)実験方法

コンクリート供試体と、人工的に作成した酸性溶液を用いた中性化促進実験を行った。

供試体は、図-1 のような 10cm×10cm×40cm の直方体で、A と B の 2 種類をそれぞれ 3 本ずつ作成した(表-1 参照)。さらに、コンクリート構造物の塗装の有無や、あるいは塗料の種類によってどのような影響を受けるかを検討するために、主に市販されているアクリル樹脂とウレタン樹脂の 2 種類の塗料を図-1 のようにそれぞれ塗装して、塗装していない面と比較できるようにした。

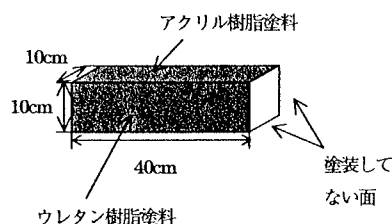


図-1 供試体

表-1 供試体の配合と強度

	供試体A	供試体B
水セメント比	50%	70%
圧縮強度	457kg/cm ²	224kg/cm ²

人工的に作成した pH3.5、pH4.5 の 2 種類の酸性溶液と水道水に、それぞれ供試体を 2 日漬けた後、50℃に設定された恒温乾燥炉に入れて 2 日乾燥させるというサイクルを繰り返す実験を行った。

そして、3 サイクル目に供試体を 10 cm×10 cm の面に平行に切断し、その切断面にフェノールフタレイン 1%溶液を吹き付けると、コンクリートの中性化していない(pH10 以上)部分は赤紫色になり、中性化した(pH8.3~pH10)の部分は変色しないので、供試体表面から着色境界までの平均距離を供試体の中性化深さとして測定した。

(2)実験結果と考察

供試体 A については、中性化はまったくされなかったため、供試体 B についての結果を図-2 に示す。図-2 より、供試体 B の塗装していない面の中性

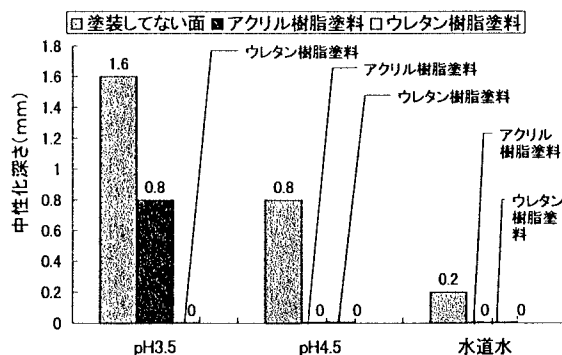


図-2 供試体 B の中性化深さの測定結果

化深さは、pH3.5 の溶液で 1.6 mm、pH4.5 の溶液で 0.8 mm、水道水で 0.2 mm というように、酸性の高い順に中性化が進んでいることがわかる。上述のことから、コンクリートは酸性雨の影響を受けているのではないかと考えられる。塗装については、塗装していない面より塗装した面が、塗料面については、ウレタン樹脂塗料の方が、アクリル樹脂塗料よりかなり酸性雨による中性化の防止効果が高いことがわかった。また、供試体 A がまったく中性化されなかったことから、水セメント比

により中性化速度がかなり異なることが判明した。

3. 室外実験

(1)実験方法

築後約 30 年を経過したあるコンクリート構造物で、雨のよく降りかかる箇所とかからない箇所で中性化深さの測定実験を行った。

雨のよく降りかかる測定箇所を①、雨のかからない測定箇所を②として、それぞれ写真-1, 2 に示した。測定箇所①は、屋根の張り出しが少いために、雨が降りかかりやすい状態であった。測定箇所②の方は、測定箇所①に比べて屋根の張り出しが大きく雨が降りかかりにくい状態であった。

そして、それぞれの測定箇所において、図-3 のようにドリルを用いて $\phi 8\text{mm}$ 程度の孔をあけ、出てくるコンクリート粉末の落ちる所に、フェノールフタレイン溶液をろ紙に浸みこませたものを置き、これを少しずつずらしながら落ちた粉末が初めて赤紫色になったときの孔の深さを測定する。また、測定箇所①と②では、それぞれ3ポイントずつで測定を行い、その平均値をその箇所での中性化深さとする。

(2)実験結果と考察

測定結果は図-4 のようである。図-4 より、測定箇所①では平均中性化深さが6.3mmで、測定箇所②の1mmという結果の6.3倍の結果がでた。また、測定箇所①は、外観上も鉄筋がさびて膨張し鉄筋に沿ってかぶりコンクリートがはがれ落ちているという状態で、測定箇所②と比べると劣化が激しかった。測定箇所①と②は、雨の降りかかり方の違い以外の環境条件(二酸化炭素、温度、湿度、仕上げ材の有無など)やコンクリート自体の品質(透気性、含水率、水セメント比、セメントの種類、養生条件、施工条件)はほとんど同じ状況である。このことから、原因は雨によるものと考えられ、酸性雨の影響を受けているのではないかと考えられる。しかし、室内実験の結果から、水道水でもコンクリートの中性化効果があることがわかった。そのため、酸性雨による影響を受けているかどうかを判定するため、今後、コンクリート中の窒素を分析する方法¹⁾などにより検討していく必要がある。

4. まとめ

実験結果からは、コンクリートが酸性雨による影響を受けていると考えられる。しかし、本報告ではコンクリート供試体の中性化促進時間が足りず、時間(サイクル)と中性化深さの関係についてなど十分な結果が得られなかった。今後は、中性化促進実験による時間と中性化深さの関係についてさらに検討していく必要がある。

<参考文献>

1) 小林一輔他:酸性雨の影響を受けたコンクリート中の窒素含有量の分析, 土木学会論文集V No.571.1997

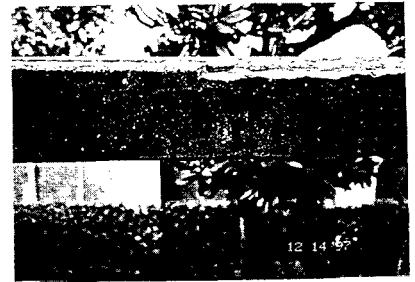


写真-1 測定箇所①の外観

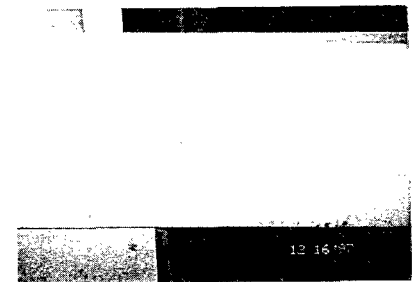


写真-2 測定箇所②の外観

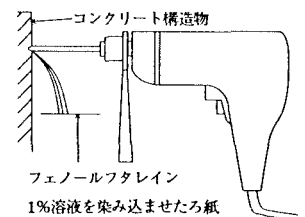


図-3 中性化深さ試験

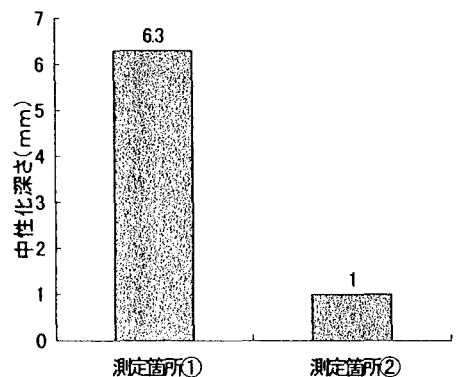


図-4 測定箇所①, ②での
実験結果の比較