

酸の侵食を受けるコンクリートの劣化モニタリング技術について

東亜建設工業（株）	正会員	網野 貴彦
東亜建設工業（株）	正会員	石川 正顕
東亜建設工業（株）	正会員	羽瀨 貴士
信幸建設（株）		小川 浩二

1. はじめに

筆者らは、温泉地帯、下水道など過酷な環境下に置かれるコンクリート構造物の表面付近に、銅・ニッケルメッキした布（以下、モニタリング材料と称する）を埋設し、その電気抵抗の変化から酸によるコンクリートの劣化進行をモニタリングする技術について検討している。本技術は、酸性溶液とモニタリング材料が接触すると銅・ニッケルが腐食し、電気抵抗が増加する現象を利用するものである。本文では、モニタリング材料を埋設したモルタル供試体を H_2SO_4 水溶液に浸漬し、酸による劣化モニタリングを行った結果を示す。

2. モニタリングの原理

実験に用いたモニタリング材料を図 - 1 に示す。このモニタリング材料は酸性溶液に接触すると下式の反応が生じ、銅・ニッケルが溶解する。銅・ニッケルが溶解すると、電気抵抗が増加し、最終的には絶縁された状態となる。

（アノード） $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$ または $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

（カソード） $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ または $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

本技術はこの原理を利用し、図 - 2 に示すように、モニタリング材料をコンクリート中に埋設し、電気抵抗を連続的に測定することによって、被覆材の欠陥部などからの酸の侵食による劣化状況をモニタリングするものである。

3. 酸性溶液中におけるモニタリング材料の電気抵抗の変化

酸性溶液に浸漬した場合の、モニタリング材料の電気抵抗の変化を把握するために、図 - 3 に示すような幅 12.5mm、長さ 30cm のモニタリング材料を HCl 水溶液（pH0, 1, 2, 3 の 4 ケース）に浸し連続的に電気抵抗を測定した。

電気抵抗の測定結果を図 - 4 に示す。図中の抵抗増加量は浸漬前と浸漬後の抵抗の差を表している。この結果から、本モニタリング材料の抵抗増加は pH が低いほど早い時期に生じ、急激な抵抗増加が生じる時間は HCl 水溶液の pH が大きくなるにしたがって指数的に長くなることがわかる。また、全ケースにおいて浸漬 2 時間後にメッキ表面に気泡が確認され、pH0 及び 1 では 18 時間後に浸漬部のメッキの溶解が見られた。一方、pH2 は 1 日後、pH3 は 3 日後に同様の現象が確認された。

4. モルタル供試体による劣化モニタリング

4.1 実験概要

図 - 5 に示すモルタル供試体を作製し、硫酸水溶液中（pH0）

キーワード 酸性溶液，銅・ニッケル，電気抵抗，モニタリング

連絡先 〒230-0035 神奈川県横浜市鶴見区安善町 1 丁目 3 東亜建設工業（株）技術研究所 TEL 045-503-3741

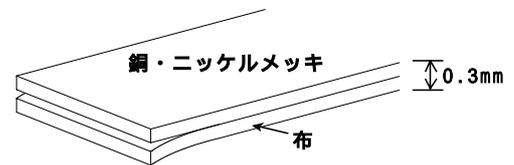


図 - 1 モニタリング材料

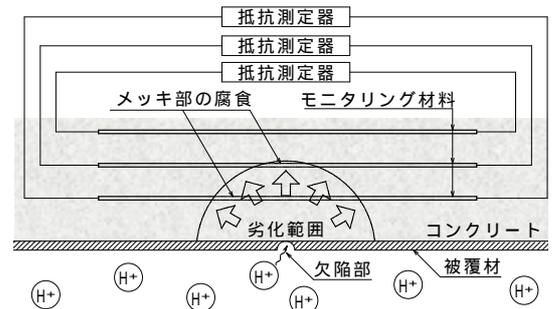


図 - 2 酸の侵食を受けるコンクリートの劣化モニタリングの概念図

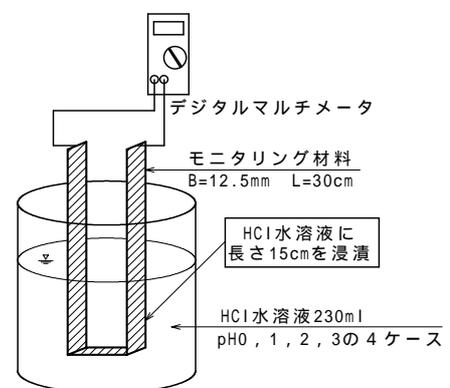


図 - 3 HCl 水溶液浸漬実験状況

表 - 1 モルタルの材料及び配合

セメント	普通ポルトランドセメント 比重 3.16 比表面積 3,270cm ² /g
細骨材	千葉県君津産山砂 表乾比重 2.60 粗粒率 2.61
水	水道水
W/C	0.5
S/C	2.5

に浸漬してモニタリング実験を行った。供試体は表 - 1 に示す材料及び配合にて 10×4.5×15cm の寸法で作製し、曝露面（10×15cm）以外はエポキシ樹脂及びシリコーンで被覆した。モニタリング材料は幅 12.5mm、長さ 30cm（15cm の部分をモルタル中に埋設）とし、かぶりを 9.5、15.0、19.5、26.5mm となるように配置した。また、同配合にて作製した 10×4.5×1.0cm のモルタルチップによって中性化深さの経時変化を測定した（1%フェノールフタレイン溶液噴霧による）。

4.2 モニタリング結果

モルタル供試体におけるモニタリング材料の電気抵抗の経時変化を図 - 6 に示す。この結果を見ると、浸漬 25 日後に、かぶり 9.5mm のモニタリング材料の抵抗が急激に上昇し、抵抗値が不安定に推移している状況がわかる。一方、他のかぶりのモニタリング材料は浸漬日数の増加とともに緩やかに増加する傾向を示したが、かぶり 9.5mm ほど急激な増加が見られなかった。

図 - 7 に各モニタリング材料の抵抗増加量と中性化残りの関係を示す。この結果を見ると、各モニタリング材料において、中性化残りが減少していくにつれ徐々に抵抗が増加していく傾向が見られ、かぶり 9.5mm のモニタリング材料は中性化残りがおよそ 8.0mm となったところで抵抗が急激に増加し始めた。これは、酸の侵食によって、局部的にモニタリング材料の腐食が進行し、電気抵抗の上昇が始まったためと推測される。

5. まとめ

以上の結果から、本モニタリング材料をコンクリート中に埋設し、電気抵抗を連続的にモニタリングすることによって、酸によるコンクリートの劣化進行を把握できることが確認された。

今後、本実験を継続し、多くのデータを収集していくとともに、銅・ニッケル以外に、より感度・精度の良いモニタリング材料の開発を進め、実用化へ向けてさらに検討を進めていく予定である。

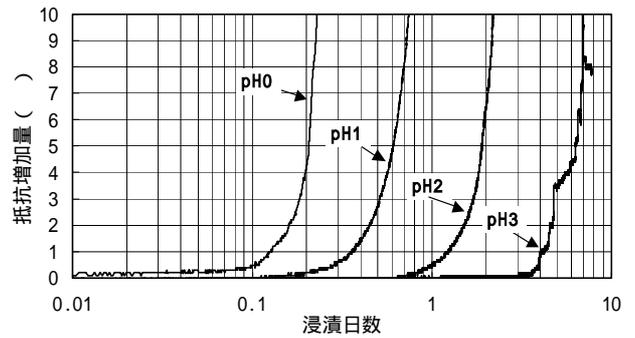


図 - 4 HCl 水溶液浸漬における抵抗の経時変化

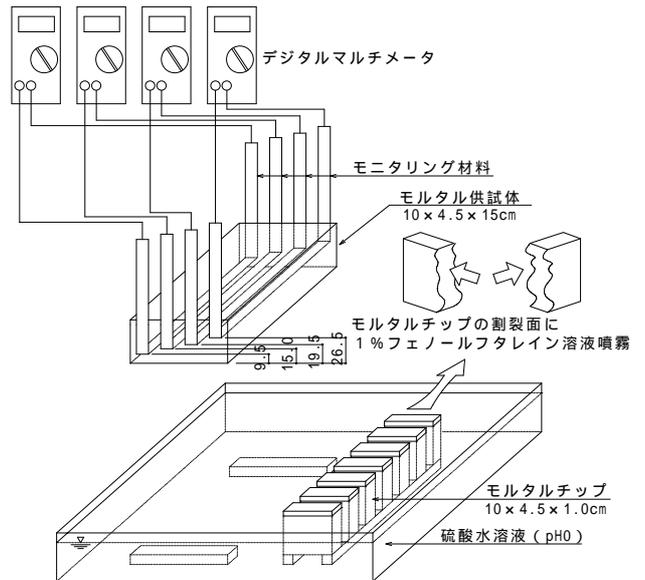


図 - 5 モルタル供試体による実験状況

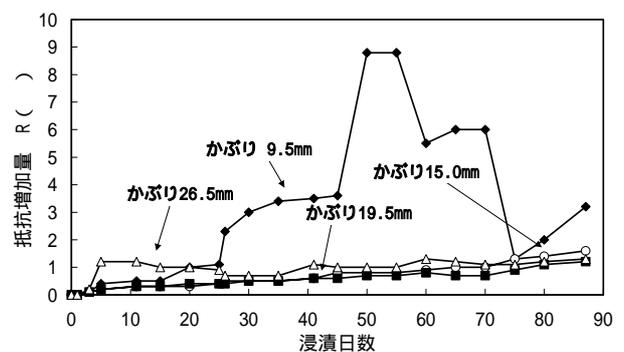


図 - 6 モルタル供試体における抵抗の経時変化

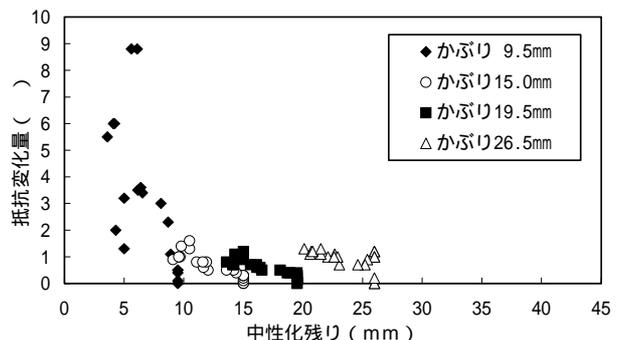


図 - 7 抵抗増加量と中性化残りの関係