

塗布型防錆剤を用いた鉄筋コンクリートの防食工法に関する研究

その1 防食効果に関する検討

○松里 広昭 井上 和久 綾田 隆史 (日本セメント㈱)

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の耐久性を確保する上で、コンクリート中の鉄筋を防食することは最も基本的な事項である。建築物に於ては、仕上塗材の遮断性能によっても鉄筋コンクリートの耐久性向上効果が得られるが、著者らは、コンクリート材料メーカーの立場から、コンクリートそのものを改質して耐久性のある鉄筋コンクリートを提供したいと考えている。

一方、鉄筋コンクリートの耐久性向上については種々の指針が提案され、実施されている^{1)~3)}。これらの対策の一つである、コンクリート混練時に防錆剤を添加する方法は、塩化物を含有した材料を使用せざるを得ない場合に適用され、効果を上げている。

そこで著者らは、この防錆剤の性能を活用し、防食が必要とされる部分だけに適用でき、各種仕上塗材の施工が可能な下地調整を行う工法、すなわち、①コンクリート表面への防錆剤の塗布、②ポリマーセメントモルタル(以下、PCMと略記)による下地調整、を基本とする工法の開発を行うこととした。

本報では、防錆剤を塗布し、更に、防錆剤を添加した下地調整用PCMを塗り付けたコンクリート供試体中の鉄筋に対する防食効果を促進試験によって調べた結果を報告する。

2. 実験1：防錆剤塗布量、PCM塗り厚と防食性

2.1 使用材料

防錆剤：亜硝酸リチウム40%水溶液

下地調整用PCM：防錆剤を添加したSBR系PCM

(防錆剤 C×8%, P/C=10.5%, S/C=0.6, W/C=33%)

なお、本実験で使用した下地調整用PCMの性状を表1に示す。

2.2 試験方法

W/C=70%, C=280kg/m³, S/a=48%, 塩化物イオン量1.2kg/m³のコンクリートを打設し、20℃で28日間養生後、防錆剤(塗布量：0, 200, 400g/m²)と下地調整用PCM(塗り厚：0, 2, 5mm)を塗布し、14日間静置した。これをJIS A 6205「鉄筋コンクリート用防せい剤」に準じてオートクレープ処理(但し最高温度は140℃とした)を2回行った後、供試体から鉄筋を取り出し、腐食面積率(鉄筋の全面積に対する腐食面積の百分率)を測定した。図1に供試体形状を示す。

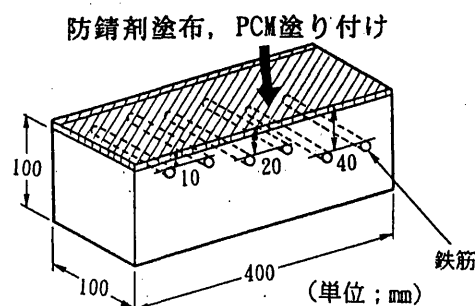


図1 供試体形状

表1 実験に用いた下地調整用PCMの性状(JIS A 6916-1983による)

項目	軟度変化 (%)	付着強さ(kgf/cm ²)		耐ひびわれ性	耐衝撃性	吸水量 (g)	耐久性
		標準24時	低温24時				
結果	5.7	17.8	7.3	合格	合格	0.19	合格(付着強さ 17.7kgf/cm ²)

Studies on corrosion protection method of reinforced concrete by applying inhibitor
Part 1 : Experimental study on the effect of inhibitor

2.2 実験結果

図2に各条件での腐食面積率測定結果を示す。無処理コンクリート(即ち、防錆剤も下地調整用PCMも塗布しない)場合には15%前後の腐食面積率となっているのに対し、防錆剤又は下地調整用PCMの塗布によって腐食面積率が小さくなっており、腐食抑制効果が得られていることが分る。また、これらの材料を塗布した時の腐食抑制効果はかぶり厚さの小さい鉄筋の方が顕著であった。これは、これらの材料中の防錆成分である亜硝酸イオンがコンクリートの表面から内部へ浸透して行くため、コンクリート表面に近い部分ほどその濃度が高くなっているためと考えられる。詳細については、その2⁴⁾で報告する。

図2の結果から次式によって防錆率を算出し、

かぶり厚さ毎に整理した結果を図3に示す。

$$\text{防錆率} = \{(S_0 - S_1) / S_0\} \times 100$$

S_0 : 無処理コンクリートの腐食面積率

S_1 : 防錆剤又はPCM塗布供試体の腐食面積率

この結果から、以下のことが分る。防錆剤無塗布と比較すると防錆剤を塗布した方が高い防錆率が得られるが、塗布量200g/m²と400g/m²を比較するとその差は小さい。また、下地調整用PCMについては、その塗り厚を大きくする程、防錆率が高くなる傾向が認められるが、塗布型防錆剤と組合せて適用した場合には、下地調整用PCMの塗り厚2mmと5mmの防食効果の差は小さい。

以上の結果から、コンクリート表面に200gの量の防錆剤を塗布し、2mmの厚さの下地調整用PCMを塗り付けることでコンクリート中の鉄筋の防食に対して十分な効果が得られると判断した。

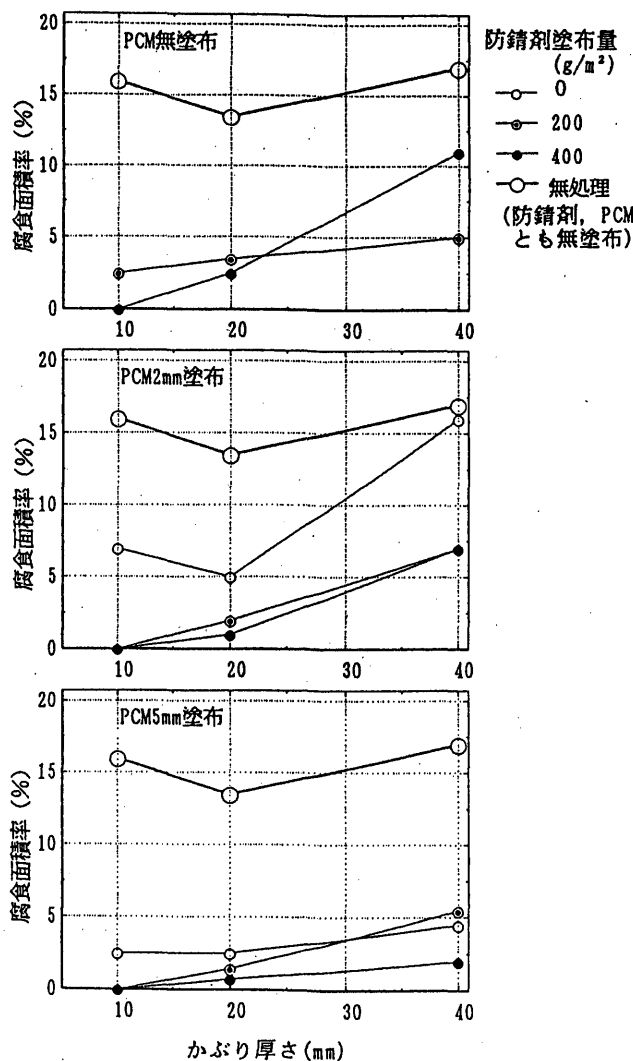


図2 防錆剤塗布量、下地調整用PCM 塗り厚を変えた場合のかぶり厚さと腐食面積率の関係

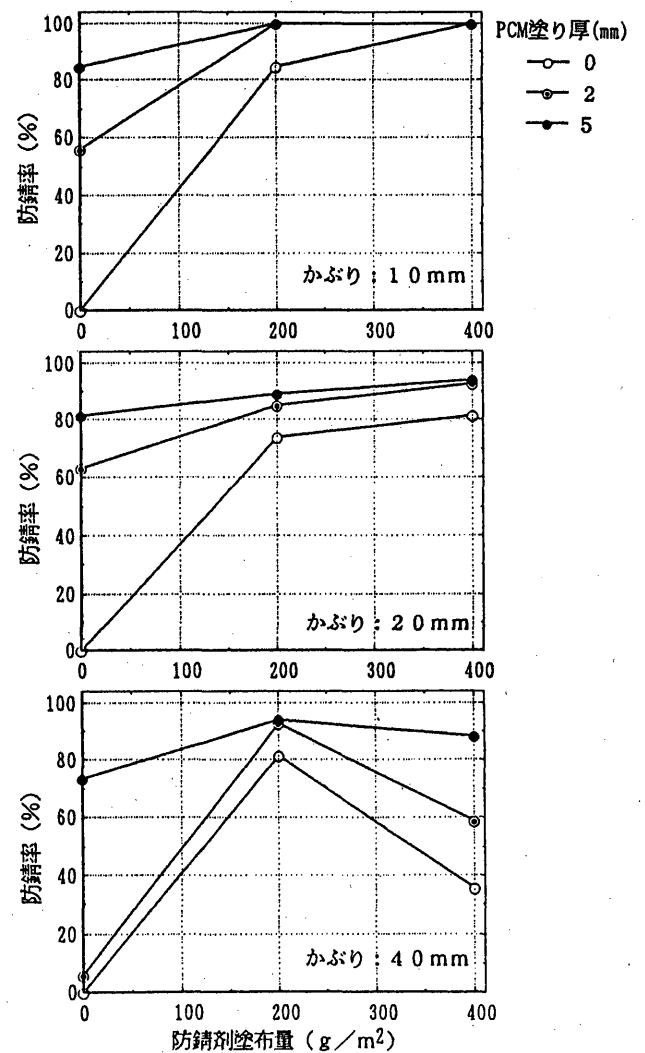


図3 下地調整用PCM 塗り厚を変えた場合の防錆剤塗布量と防錆率の関係

3. 実験2：調合と塩化物イオン量を変えたコンクリートに対する防食効果

3.1 実験方法

以下に示す9種類のコンクリートに、 200g/m^2 の量の防錆剤と2mmの厚さの下地調整用PCMを塗り付け、実験1と同じ方法で促進腐食試験を行った。

・コンクリート調合

① $W/C=50\%$, $S/a=48\%$, $C=394\text{kg/m}^3$

② $W/C=60\%$, $S/a=48\%$, $C=317\text{kg/m}^3$

③ $W/C=70\%$, $S/a=48\%$, $C=280\text{kg/m}^3$

・塩化物イオン量

① 0.6kg/m^3 , ② 1.2kg/m^3 , ③ 1.8kg/m^3

3.2 実験結果

各条件での腐食面積率測定結果を図4に示す。

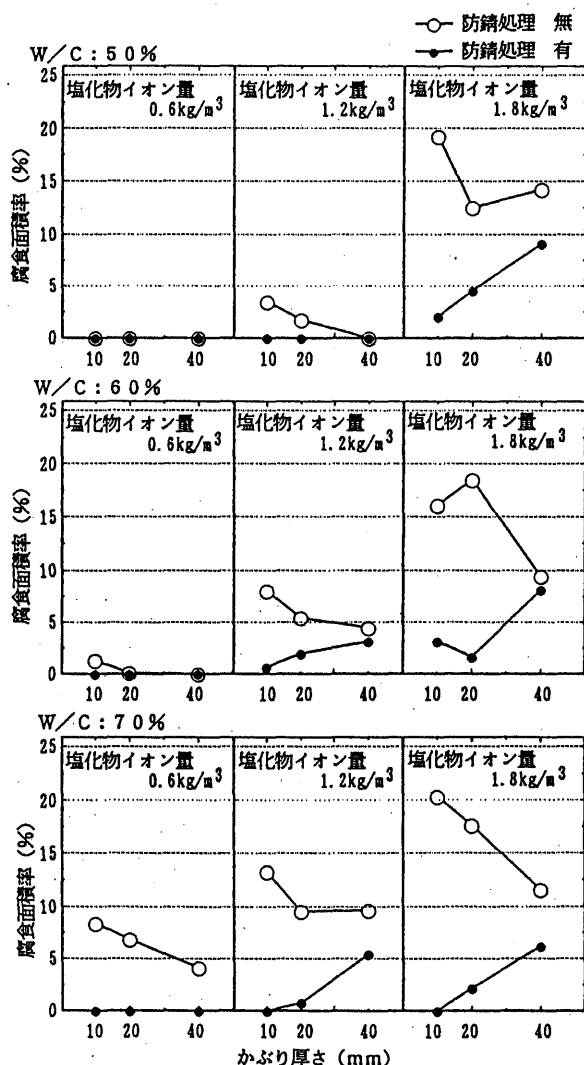


図4 調合と塩化物イオン量を変えたコンクリートのかぶり厚さと腐食面積率の関係

図4より、以下のことが分る。防錆剤や下地調整用PCMを塗布しない場合(図中○印：防錆処理無)は、①コンクリートの W/C が大きいほど、②かぶり厚さが小さいほど、③塩化物イオン量が多いほど、鉄筋の腐食面積率が大きくなる傾向が認められる。防錆剤と下地調整用PCMを塗布する(図中の・印：防錆処理有)ことによって、鉄筋の腐食面積率は小さくなっており、コンクリートの表面から適用してコンクリート中の鉄筋の防食性を向上する効果が得られることが分る。この場合、かぶりの小さい位置の鉄筋に対する防食効果が顕著である。

4. 実験3：発錆鉄筋に対する防食効果

4.1 実験方法

JIS A 6205「コンクリート用防せい剤」に示されている促進腐食試験用供試体($10\phi \times 20\text{Hcm}$ のコンクリート中に $13\text{mm}\phi$ のみがき棒鋼を2本埋設)を同JISの促進腐食条件に従ってオートクレーブ処理を2回行った。そのうち3体から鉄筋を取り出し、腐食面積率(S_1)を測定した。残りの供試体は、鉄筋の半面が露出するようにコンクリートをはつり取ってサンドブラスト処理を行った。防錆剤と下地調整用PCMを塗布し、断面修復用のSBR系PCM($P/C=10\%$, $W/C=27\%$, $S/C=1.4$)で充填した。2週間後に実験1と同じ条件で促進腐食試験を行い、コンクリート中の鉄筋の腐食面積率として、断面修復用PCMのみを充填した供試体の腐食面積率 S_2 、防錆剤等を塗布した供試体の腐食面積率 S_3 を測定した。これらの値から

$$\text{防錆率} = \{(S_2 - S_3) / (S_2 - S_1)\} \times 100$$

を算出した(図6参照)。

コンクリートの調合は、実験2と同じ9種類とした。

4.2 実験結果

図5に、2mmの下地調整用PCMを塗り付けた場合の防錆剤塗布量と防錆率の関係を示す。防錆剤を塗布せずに下地調整用PCMだけを塗り付けただけでも90%近くの防錆率が得られたが、防錆剤と下地調整用PCMを組合せて塗布することによって、95%以上の防錆率が得られた。また、防錆剤塗布量 200g/m^2 と 400g/m^2 での防錆率の差は認められなかった。

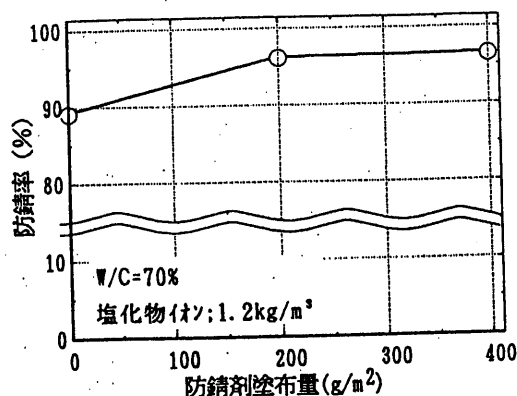


図5 発錆鉄筋に対する防錆剤塗布量と防錆率

図5の結果のうち、防錆剤塗布量 200g/m^2 、下地調整用PCM 2mm 塗布の場合のコンクリート中の鉄筋の腐食面積率を図6に示した。前処理によって20%程度の腐食(S_1)が認められた。鉄筋の半面を露出させてサンドブラスト処理し、断面修復用PCMだけを充填し、更にオートクレーブ処理を行うと、はつり出さなかった部分の鉄筋は腐食が進行し、40%程度の腐食面積率(S_2)に達した。防錆剤と下地調整用PCMを塗布した供試体では、はつり出さなかった部分の鉄筋の腐食が大きく抑制された(S_3)。

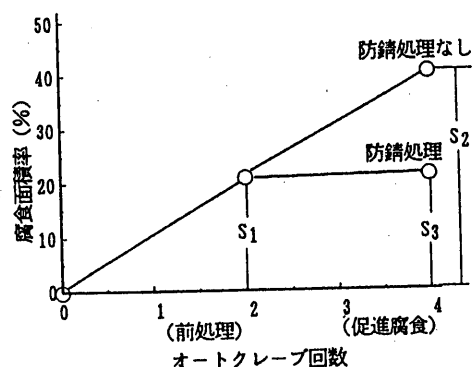


図6 各条件下での鉄筋の腐食面積率

図7にコンクリートの調合と塩化物イオン量を変えた場合の測定結果を示す。この場合の防錆剤塗布量は 200g/m^2 、下地調整用PCMの塗り厚は 2mm

である。塩化物イオン量が 1.2kg/m^3 以下の場合には95%以上の防錆率が、 1.8kg/m^3 の場合は70%以上の防錆率が得られた。

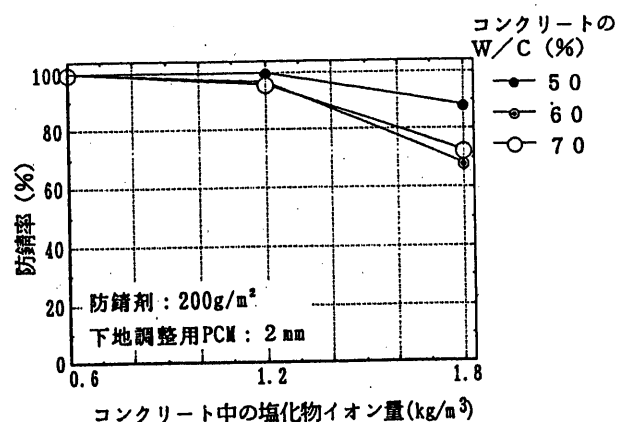


図7 発錆鉄筋の防錆率に対するコンクリートの調合と塩化物の影響

これらの結果から、防錆剤(亜硝酸イオン)は腐食した鉄筋に対してもそれ以上腐食が進行するのを抑制する効果を持ち、その効果は、防錆剤を鉄筋に直接塗布しなくても得られることが結論付けられる。鉄筋を全てはつり出さなくても腐食抑制効果が得られるので、実構造物に於て既に発錆している鉄筋の防錆処理を行う場合にも、塗布型防錆剤の利用が有効と考えられる。

5. まとめ

オートクレーブによる促進腐食試験を行い、以下の結果を得た。

- ①コンクリート表面に防錆剤である亜硝酸塩水溶液を塗布し、更に、これを添加した下地調整用PCMを塗り付けることでコンクリート中の鉄筋の防食性が向上される。
- ②その効果は、 200g/m^2 の量の防錆剤を塗布し、更に 2mm の厚さの下地調整用PCMを塗り付けることで、顕著に現れる。
- ③上記の防食性向上効果は、発錆鉄筋に対しても得られる。

文献

- 1)建設省住指発第142号「コンクリートの耐久性確保に係る措置について」(1986)
- 2)日本建築学会「コンクリート工事標準仕様書(JASS)5鉄筋コンクリート工事」
- 3)日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説」
- 4)松里, 井上, 綾田, 日本建築仕上学会1995年研究発表論文集, (投稿中)