

# ロックボルトの防食処理に関する研究

## 1 はじめに

補強材（ロックボルト）による地山補強土工法とは、地山における崩落防止や法面の長大化防止を目的として採用される工法である。本工法は、補強材を挿入する際に、注入材（セメントミルク）を充填することで地盤に補強材を定着させ、地山の強度を増加させる工法である。しかし、本工法の歴史は浅いためその耐久性は未だ明らかでなく、現場では補強材の腐食事例も報告されている。したがって、補強材が挿入される環境において十分な耐食性を示す表面処理方法を補強材に施すことが必要である。以上を踏まえて、本研究では、補強材挿入環境として高アルカリ性環境および塩害環境に着目し、補強材の表面処理方法の耐食性を検討した。

## 2 実験概要

### 2.1 高アルカリ性環境下における耐食性に関する実験

本実験では、鉄素地に種々の表面処理を施した供試体を、pH8, 10, 12, 13 の4水準の溶液中に浸漬させ、定期的に自然電位を測定することにより耐食性を検討した。供試体は図1に示すように、60×45×6 (mm) とし、表面をポリエステル樹脂で被覆し40×25 (mm) の範囲を露出させ、この範囲に限り電気化学的反応を生じさせた。本実験では、表1に示す表面処理の種類のうち Zn 溶射、Zn-Al 溶射、Al 溶射、Al-Mg 溶射（いずれも封孔処理なし）および亜鉛めっきの5種類を用いた。

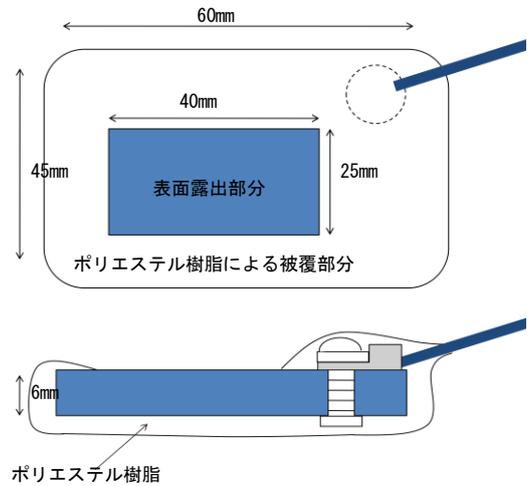


図1 供試体概略

### 2.2 封孔処理の耐食性に関する実験

本実験では、塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ ) 濃度 ( $\text{g/l} \times 100$ ) を 0%, 0.35%, 0.7%, 1.75%, 3.5% (海水と同様) の5水準で変化させた溶液中に、図1に示す供試体を浸漬させ、自然電位および分極抵抗を測定することにより耐食性を検討した。本実験では、表1のうち Zn-Al 溶射、Al 溶射のそれぞれ封孔処理を施したものと施していないものの4種類を用いた。

### 2.3 塩害環境下における耐食性に関する実験

本実験では、2.2 と同水準の溶液中に供試体を浸漬させ、定期的に自然電位および分極抵抗を測定することにより耐食性を検討した。供試体は 80×60×2 (mm) とし、50×40 (mm) の範囲を露出させた。本実験では、表1のうち Zn 溶射、Zn-Al 溶射、Al 溶射、Al-Mg 溶射（いずれも封孔処理なし）および亜鉛めっき、SG めっきの6種類を用いた。

表1 供試体の表面処理

表面処理		含有率
Zn 溶射	封孔処理なし	—
Zn-Al 溶射	封孔処理なし	15Zn 85Al
Zn-Al 溶射	封孔処理あり	15Zn 85Al
Al 溶射	封孔処理なし	—
Al 溶射	封孔処理あり	—
Al-Mg 溶射	封孔処理なし	95Al 5Mg
亜鉛めっき	—	—
SG めっき	—	94Zn 5Al 1Mg

## 3 評価方法

本実験では、自然電位法および分極抵抗法により表面処理方法の耐食性を評価した。自然電位法は、一般に自然電位が卑になるほど腐食の可能性が大きくなることから腐食性を判断した。分極抵抗法は、腐食速度と分極抵抗が反比例の関係にあることから腐食速度を推定した。推定の際に用いる金属材料によって異なる定数は、表面処理材料の値とし、合金の場合には含有量の多い金属の値を用いた。

## 4. 実験結果および考察

### 4.1 高アルカリ性環境下における耐食性に関する実験

自然電位の測定結果より、pH が大きくなるほど自然電位は卑になる傾向があった。よって、pH が大きくなるほど腐食の可能性は高まると言える。また、測定した自然電位とそれぞれの供試体の表面処理材料 (Zn, Al, Mg) の電位-pH 図との比較および外観観察により、pH12, 13 における供試体表面では、表面処理材料が溶解し鉄素地が露出したと考えられるが、腐食は内部まで進行しなかった。これは、鉄の表面に緻密な被膜が生成し内部への腐食の進行を抑制したためであると考えられる。

### 4.2 封孔処理の耐食性に関する実験

図 2 に示す自然電位の測定結果より、いずれの供試体においても  $\text{Cl}^-$  を添加すると自然電位は卑になり、添加量を増加させても自然電位の変化は小さかった。よって、 $\text{Cl}^-$  が存在する環境においては存在しない環境よりも腐食の可能性が高まると言える。図 3 に示す腐食速度の推定より、いずれの溶射においても、封孔処理ありの方がなしよりも腐食速度は小さくなった。よって、 $\text{Cl}^-$  が存在する環境において封孔処理は腐食速度を小さくする効果があることがわかった。

### 4.3 塩害環境下における耐食性に関する実験

自然電位の測定結果より、 $\text{Cl}^-$  濃度が大きくなるほど自然電位は卑になり、 $\text{Cl}^-$  濃度 0% とその他の濃度で大きな差があった。よって、 $\text{Cl}^-$  が存在する環境において腐食の可能性が高まると言える。また、図 4 に示す腐食速度の推定より、いずれの表面処理方法においても、 $\text{Cl}^-$  濃度が大きくなるほど腐食速度は大きくなり、その増加量は、Zn 溶射、亜鉛めっき、SG めっきで大きく、Al 溶射、Al-Mg 溶射、Zn-Al で小さくなった。よって、 $\text{Cl}^-$  が存在する環境において、表面処理材料に Al の含有量を多くしたものは、Zn の含有量を多くしたものよりも耐食性を示すと考えられる。

## 5 まとめ

本研究では、補強材挿入環境として高アルカリ性環境および塩害環境に着目し、補強材の表面処理方法の耐食性を自然電位法および分極抵抗法により検討した。その結果、明らかとなったことを以下に示す。

- ① 高アルカリ性環境において、耐食性を示した表面処理方法は認められなかったが、腐食は内部まで進行しなかった。
- ②  $\text{Cl}^-$  が存在する環境において、封孔処理は腐食速度を小さくする効果があった。
- ③  $\text{Cl}^-$  が存在する環境において、表面処理材料に Al の含有量が多いものは、Zn の含有量が多いものよりも腐食速度は小さくなった。

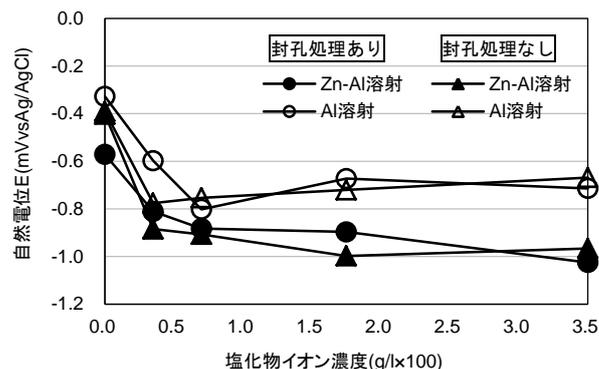


図 2 封孔処理 (自然電位)

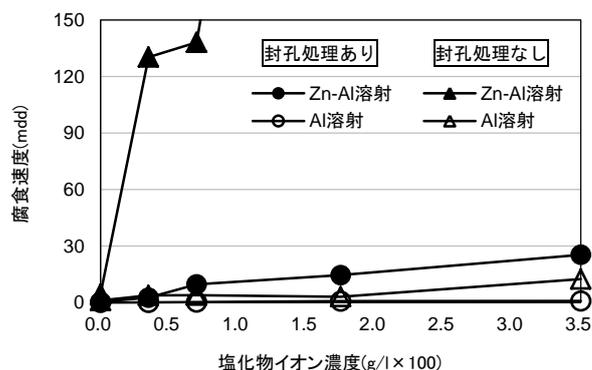


図 3 封孔処理 (腐食速度)

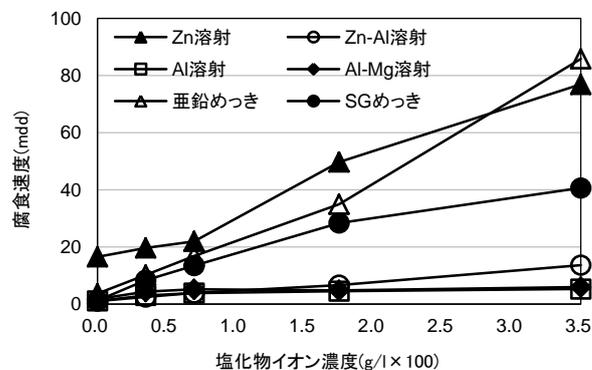


図 4 種々の表面処理の腐食速度