

## モルタル中に埋設された鉄筋の分極曲線による不動態評価

九州大学大学院 学生会員 福澤 祥宏      九州大学大学院 フェロー 松下 博通  
 九州大学大学院 正会員 濱田 秀則      九州大学大学院 正会員 山本 大介  
 港湾空港技術研究所 正会員 審良 善和

### 1. はじめに

鉄筋の発錆は、不動態が破壊された後に起こるとされているが、不動態が破壊された後、どのような経過を経て、目視により確認できる程度の錆が発生するかは環境条件などにより異なる。そこで、本研究ではモルタル中铁筋の分極曲線を求めることにより、不動態が破壊されたと推察される時点において、モルタル中铁筋の電気化学的性質を把握することを目的とした。

### 2. 試験概要

#### 2.1 供試体

表-1に使用材料を、表-2にモルタルの配合を示す。本研究では、単位細骨材量を一定とした。

図-1に供試体寸法を示す。かぶりが1cmの供試体に関しては15cm×15cm×5cm、かぶりが3cmの供試体に関しては15cm×15cm×10cmとした。鉄筋は、供試体1体につき3本配置した。打設後1日で脱型し、材齢7日まで水中養生を行った。その後、材齢21日まで気中養生を行い、塩化物イオンを一次的に浸透させるため、打設面に直交する1面を除く5面を1週間かけてエポキシ樹脂により2度被覆した。その後、材齢28日より塩水乾湿繰返し試験を開始した。

#### 2.2 試験方法

本試験では塩水乾湿繰返し試験によりモルタル中に塩分を浸透させた。塩水乾湿繰返し試験は乾燥5日、塩水浸漬2日を1サイクルとして行った。塩水の濃度はNaCl換算で10%とした。塩分浸透深さは、供試体の割裂面に0.1N硝酸銀水溶液を噴霧し、白色に変色した部分の各端面10点ずつ測定し、その平均値を塩分浸透深さとした。分極曲線を測定する計測システムは3電極方式とし、照合電極として飽和銀/塩化銀電極、対極としてステンレス鋼板を使用した。計測装置としてポテンショスタット、信号発生装置としてファンクションジェネレータ、記録装置としてデータロガを用いた。計測方法は、まず自然電位の計測を行い、[自然電位] → [+605(mV vs. SCE)] の手順で電位を掃引し、その時に鉄筋から流出

表-1 使用材料

使用材料		物性
セメント	普通ポルトランドセメント	密度: 3.16g/cm <sup>3</sup> 比表面積: 3250cm <sup>2</sup> /g
細骨材	海砂	表乾密度: 2.56g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 1.56% 粗粒率: 3.01
鉄筋	普通丸鋼	SR235 φ13mm

表-2 モルタルの示方配合

配合名	W/C (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )		
		W	C	S
N40	40	229	574	1508
N50	50	252	503	1508
N60	60	269	448	1508

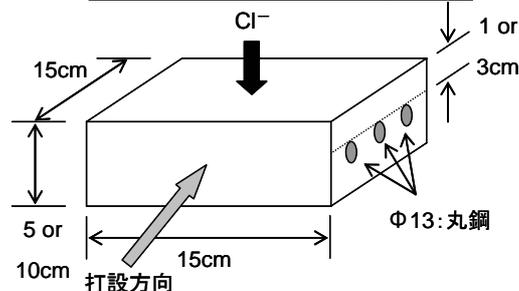


図-1 供試体寸法

表-3 グレードの判定基準<sup>1)</sup>

E<sub>n</sub>: 自然電位 E<sub>n</sub>+200mV < E < +600mV(対飽和カロメル電極)の範囲において

グレード0	電流密度が一度でも100μA/cm <sup>2</sup> を超えるもの	全く不動態がない
グレード1	電流密度が10~100μA/cm <sup>2</sup> にあるもの	若干は不動態がある
グレード2	電流密度が一度でも10μA/cm <sup>2</sup> を超え、かつグレード1またはグレード3に含まれないもの	/
グレード3	電流密度が、1~10μA/cm <sup>2</sup> にあるもの	
グレード4	電流密度が一度でも1μA/cm <sup>2</sup> を超え、かつグレード1、グレード2およびグレード3に含まれないもの	
グレード5	電流密度が1μA/cm <sup>2</sup> を超えないもの	

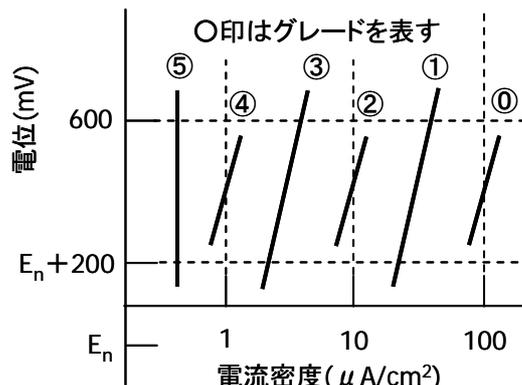


図-2 グレード判定基準の概念図<sup>1)</sup>

する電流を計測した。なお、電位の掃引速度は 50mV/min とした。表-3 に分極曲線によるグレードの判定基準を、図-2 に不動態のグレードの判定基準の概要図<sup>1)</sup>を示す。

### 3. 結果および考察

図-3 に塩分浸透深さ測定結果を示す。いずれの配合においても試験期間 4 週から 7 週の範囲で塩分浸透深さは 1cm に達している。これ以降では、かぶり<sup>1)</sup>が 1cm の鉄筋において不動態の状態に変化が生じているものと考え、7 週以降に着目した。

図-4 に試験材齢 15 週における分極曲線を示す。塩化物イオンが、かぶり 1cm に達した時期が早い配合の方が電流密度は大きくなっている。W/C=60%の配合では、最も塩分浸透速度が大きく、他の配合に比べて早く不動態が破壊され、電流密度が大きくなったものと考えられる。

図-5 に試験期間 15 週における発錆の有無による分極曲線を示す。分極曲線により判定すると、大部分はグレードが 4 であり、不動態の状態は良好と思われる。しかし、同一のグレードであっても腐食の有無には相違が認められた。表-3 および図-2 のグレードの判定基準は水溶液試験を元に作成されたものであり、本試験結果からは、モルタル中鉄筋に判定基準を適用する場合、さらに細分化された基準を作成する必要があると考えられる。

図-6 に試験期間 15 週における W/C=40% の分極曲線を示す。試験期間 15 週では、W/C=40% の塩分浸透深さは 3cm に達していないため、かぶり 3cm に配置された鉄筋には非常に良好な不動態があると考えられる。かぶり<sup>1)</sup>が 1cm と 3cm の分極曲線を比較すると、かぶり 1cm の電流密度の方が大きい。かぶり<sup>1)</sup>が違うためコンクリート抵抗に違いが生じるが、既往の研究<sup>1)</sup>によると電流密度 10  $\mu A/cm^2$  までは電位降下の影響はさほど大きくないとされる。したがって、両者の違いは鉄筋に良好な不動態があるか否かにある。よって、分極曲線によりモルタル中鉄筋の不動態の状態を評価することが可能であると思われる。

### 4. まとめ

不動態の状態が悪くなるほど電流密度は大きくなり、分極曲線を用いて不動態の状態の違いを把握することが可能であった。しかし、グレードの判定基準において、同一グレードと判定された場合でも、目視では鉄筋の発錆に差が生じた。よって、モルタル中の鉄筋にグレードの判定基準を適用するためには、さらに細分化された基準を作成する必要があることが明らかとなった。

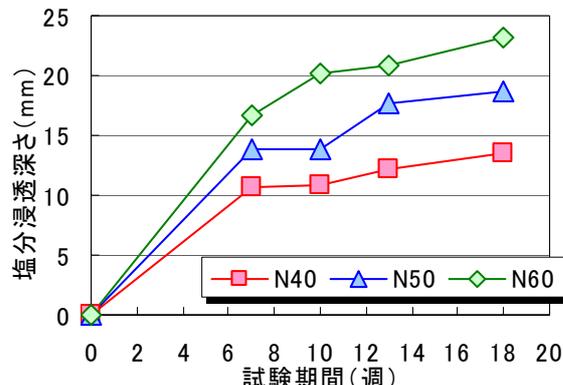


図-3 塩分浸透深さ測定結果

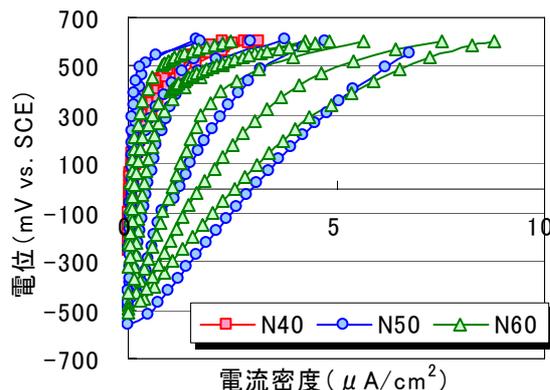


図-4 配合の違いによる分極曲線(かぶり 1cm)

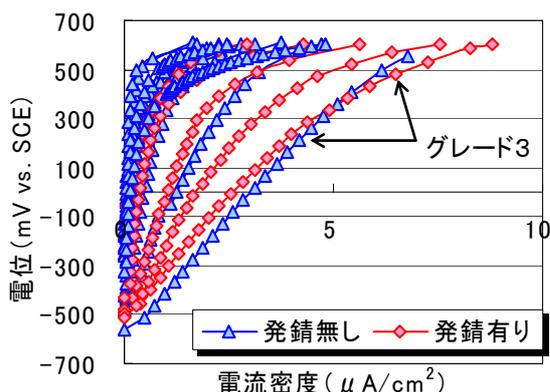


図-5 発錆の有無による分極曲線(かぶり 1cm)

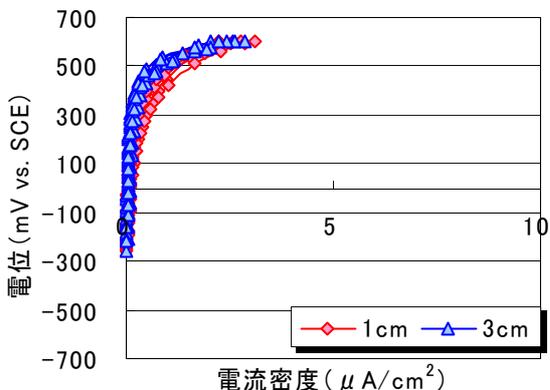


図-6 かぶりの違いによる分極曲線(N40)

【参考文献】1) 大即信明：コンクリート中の鉄筋の腐食に及ぼす塩素の影響に関する研究，港湾技術研究所報告，第24巻，第3号，pp.191-196，1985