

第V部門 分極抵抗法に基づくコンクリート中の鉄筋腐食量の推定手法に関する基礎的研究

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○山本健太 正会員 鎌田敏郎 正会員 内田慎哉 学生員 峯澤博行  
 大阪大学工学部 学生員 角田 蛍 大阪大学大学院工学研究科 正会員 大西弘志

1. はじめに

本研究の目的は、電食試験により鉄筋を腐食促進したRC 供試体に対して分極抵抗の測定を行い、分極抵抗法により推定した鉄筋の腐食量と実際の腐食量との関係から、分極抵抗に基づく鉄筋の腐食量を推定する方法についての基礎的な検討を行うことである。

2. 実験概要

2.1 供試体および電食試験概要

供試体概要を図1に示す。異形鉄筋(φ13mm)のかぶりは50mmである。供試体の全数は12体である。鉄筋を促進腐食するため、電食試験を採用した。試験状況を図2に示す。供試体上面に油粘土で土手を作製し、その中に5%食塩水を染み込ませた脱脂綿を巻き付けた金属網を設置した。金属網を陰極、鉄筋を陽極とした回路を形成させ、定電流を通电した。鉄筋の腐食量にバリエーションを設けるため、各供試体の積算電流量をそれぞれ変化させた(表1参照)。電食試験終了後、実際の鉄筋の腐食程度を確認するため、供試体から鉄筋をはつり出し、除錆を行った上で鉄筋の質量減少率を算出した。

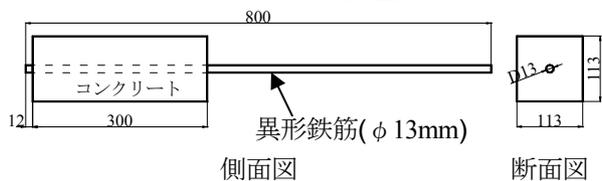


図1 供試体概要 [単位: mm]

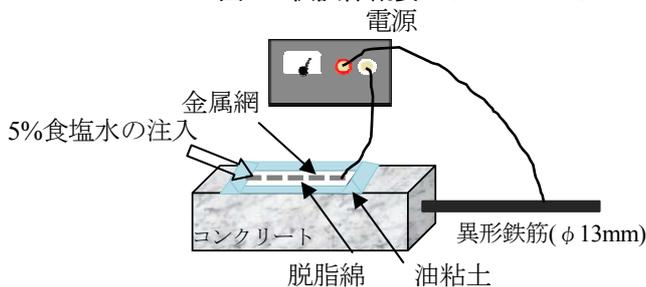


図2 電食試験概要

表1 積算電流量と実測および分極抵抗法により推定された質量減少率

供試体	健全	ひび割れ発生前				ひび割れ発生時	ひび割れ発生後					
		5.0	7.4	12.0	15.0		26	28.3	32.5	37.7	50.0	50.0
積算電流量(A・hr)	0	5.0	7.4	12.0	15.0	22.8	26	28.3	32.5	37.7	50.0	50.0
質量減少率(%)	0	0.25	0.54	0.66	0.87	0.94	2.1	1.8	1.9	3.4	3.8	6.7
推定質量減少率(%)	0	0.008	0.033	0.36	0.25	1.2	0.52	2.0	2.7	3.9	0.56	4.2

2.2 分極抵抗法

供試体中の鉄筋の腐食量を推定するため、分極抵抗の計測を鉄筋直上の供試体中央で行った。計測した分極抵抗から、ファラデーの第2法則に基づき以下の式により鉄筋の腐食量を推定した。

$$W = \alpha \cdot A \cdot S \cdot T = \alpha \frac{2.5K \cdot S \cdot T}{R_a} \quad (1)$$

ここで、 $W$  : 腐食量(mg),  $A$  : 腐食速度(mdd),  $S$  : 計測範囲における鉄筋の表面積(dm<sup>2</sup>),  $T$  : 電食期間(day),  $K$  : 金属の種類や環境条件に依存する係数(0.026(V)),  $R_a$  : 分極抵抗( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ ),  $\alpha$  : 電食期間を実期間に換算する係数である。なお、 $\alpha$ は式(2)により算出した。

$$\alpha = \frac{\text{電食により通電した電流密度}(\mu\text{A}/\text{cm}^2)}{\text{自然環境下での鋼材の限界腐食速度}(\mu\text{A}/\text{cm}^2)} \quad (2)$$

ここで、鋼材の限界腐食速度は8.6( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )とした<sup>1)</sup>。

3. 実験結果および考察

表1に実測した鉄筋の質量減少率および分極抵抗の計測値から式(1)および(2)に基づいて算出した質量減少率をそれぞれ示す。分極抵抗の計測値から推定した鉄筋質量減少率は、実際の質量減少率よりも小さくなった。これは、腐食量推定の際に仮定した「電食期間を実期間に換算する係数： $\alpha$ 」を、電食期間中一定としたことに起因している。図3に腐食速度の経時変化の概念図を示す。鋼材の腐食速度は、通常、ひび割れ発生前では小さく、ひび割れ発生とともに急激に大きくなる<sup>2)</sup>。これに対して、電食試験では、通電量を一定としているため腐食速度も一定となる。したがって、腐食量(腐食速度の時間積分)は、電食による腐食量(図3中の斜線部)と実際の鋼材の腐食量(図中の黒塗部)は異なる。そこで、この影響を考慮した換算係数を算出するため、分極抵抗の計測値から算出される腐食速度( $A = 2.5K/R_a$ )と分極抵抗

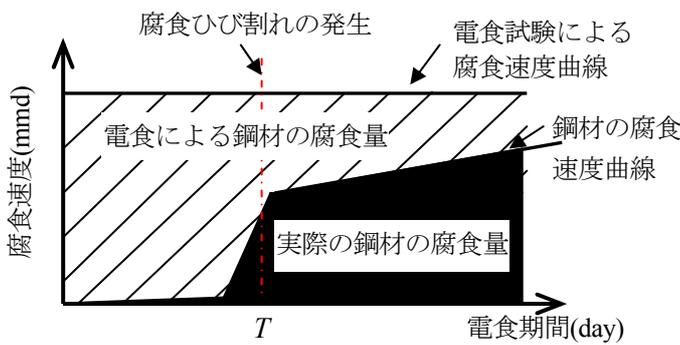


図3 腐食速度の経時変化

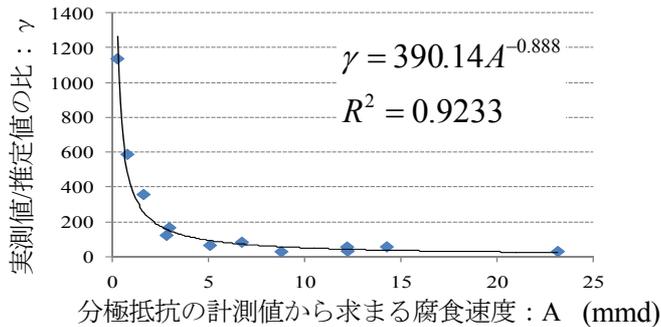


図4 分極抵抗の計測値から算出される腐食速度と質量減少率の推定値と実測値の比との関係

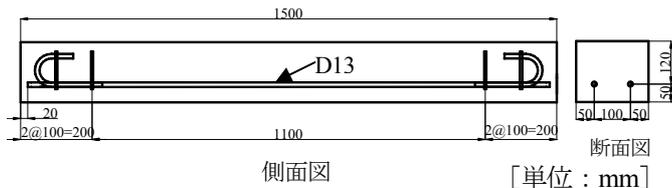


図5 供試体概要

表2 実測値と推定値の比較

	鉄筋	実測値(%)	推定値(%)
供試体 A	R	0.7	0.9
	L	0.6	0.8
供試体 B	R	11.8	12.3
	L	14.4	13.6

から推定される鉄筋質量減少率に対する実際の質量減少率との比に着目することとした。結果を図4に示す。図から明らかなおとおり、算出した腐食速度が小さいときは推定値と実測値との比が非常に大きく、腐食速度が5(mdd)に達するまでに急激に小さくなる。なお、このときの腐食速度はひび割れ発生時の腐食速度であった。その後は、推定値と実測値との比にほとんど変化がないことが確認できる。図4における「腐食速度：A」と「実測値/推定値：γ」との関係は次式の通りである。

$$\gamma = 390.14A^{-0.888} \quad (3)$$

ここで、電食における電流密度は、図3から明らかなおとおり、腐食速度に比例して大きくなる。また、腐食速度は、かぶりの2分の1乗に反比例することが知られて

いる<sup>3)</sup>。そこで、これらを考慮して式(3)を一般化すると次式のおとおりとなる。

$$\gamma' = 390.14A^{-0.888} \cdot \frac{I'_{cor}}{I_{cor}} \cdot \sqrt{\frac{c}{c'}} \quad (4)$$

ここで、γ'：分極抵抗から鉄筋の腐食量を算出するための係数、A：分極抵抗の計測値から算出される腐食速度(mmd)、I'\_{cor}：電食により通電された電流の電流密度(μA/cm<sup>2</sup>)、I\_{cor}：基準となる電流密度(μA/cm<sup>2</sup>)、c'：鉄筋のかぶり(mm)、c：基準となる鉄筋のかぶり(mm)である。

#### 4. 提案した推定式の検証

##### 4.1 実験概要

供試体概要を図5に示す。鉄筋はD13を下側(かぶり43.5mm)に100mm間隔で2本(RおよびL)配置した。鉄筋を促進腐食するため、電食試験を採用した供試体数は2本である。電食試験終了後、分極抵抗による腐食量の推定を行い、その後、実際の鉄筋の質量減少率を算出した。なお、分極抵抗の値から腐食量を推定する際は、式(1)および(4)に基づき、次式を活用した。

$$W = \gamma' \frac{2.5K \cdot S \cdot T}{R_{ct}} \quad (5)$$

##### 4.2 実験結果および考察

実測により求めた鉄筋質量減少率および本研究で提案した推定式(5)から算出した質量減少率を表2に示す。分極抵抗の計測値から鉄筋の質量減少率を比較的精度よく推定できていることが確認できる。したがって、分極抵抗から腐食量を推定する式(5)は、電食試験のような電流密度が既知である条件下では非常に有効である。

#### 5. まとめ

電食試験における通電量が既知の条件であれば、本研究で提案した式(5)により、分極抵抗法による鉄筋の腐食量を的確に推定できることが明らかとなった。

#### 参考文献

- 1) 永山勝：コンクリート構造物における鉄筋腐食の非破壊モニタリングに関する研究，名古屋大学学位論文，pp.84-89，1999
- 2) 宮川豊章：Early chloride corrosion of reinforcing steel in concrete，京都大学学位論文，1985.2
- 3) 笹渕優樹ほか：塩化物を含んだコンクリート中の鉄筋腐食速度に関する暴露試験，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.1，pp.317-322，1998