

神戸大学大学院 学生員 ○森田 祐介
神戸大学工学部 正会員 森川 英典

1. はじめに

著者ら¹⁾は、既存もしくは、今後供用されるコンクリート構造物に対し、性能照査型の維持管理を行えるようにすることを目的に鉄筋腐食劣化を対象に評点法による性能評価について検討してきた。分極抵抗法による鉄筋腐食速度の推定は、構造条件と環境条件より、結果のばらつきが非常に大きいという問題がある。そこで、異なる季節に点検を行った実 RC 部材のデータを使用し、評価式に補正係数を導入し、精度の信頼性を検討した。

2. 季節変動を考慮した分極抵抗法による腐食速度の評価

分極抵抗法による腐食速度の評価に用いる式を示す。

$$i_{corr} = k_v / R_p \quad (1), \quad \sigma = i_{corr} \cdot F \cdot (d \cdot 10) \quad (2)$$

ここで、 i_{corr} : 腐食電流密度 (A/cm²)、 R_p : 分極抵抗 (Ωcm²)、 k_v : 金属の種類、環境によって決定する係数 (V)、 σ : 鉄筋の腐食速度 (mg/mm²/year)、 F : ファラデー定数、 d : 鉄筋単位体積重量 (mg/mm³)。

この係数 k_v の値は、現状では一般的に 33mV 程度とされている²⁾が、観測点の状況によりその値は大小する。図-1 は、腐食速度の挙動の概念図であり、季節により腐食速度は、値が変動することが考えられる。そこで、 k_v の値を 33mV の一定値とし、季節変動を考慮する補正係数 η を式(1)に導入した式を式(3)に示す。

$$i_{corr} = \eta \cdot k_v / R_p \quad (3)$$

図-2 は、鉄筋腐食量、腐食速度およびひび割れ幅の関係である。この関係より式(4)が成立し、採取鉄筋の腐食量から鉄筋腐食速度を推定することができる。

$$\sigma = \frac{a}{\alpha} y \quad (4)$$

ここで、 a 、 α : 係数、 y : 鉄筋腐食量 (mg/mm²)。

補正係数 η の関係式を部材の点検データから求めることにした。表-1 に部材の点検データを示す。点検は、トンネル RC 天井版を対象に平成 11 年 8 月(供用開始後 24 年)と平成 12 年 12 月に行われ、自然電位、分極抵抗値の観測、そして鉄筋採取が行われた。そして、 η と自然電位 E (mV) から、相関の高い関係式が得られたので、これを補正係数の関係式とした。 η と自然電位の関係を図-3、4 に示す。

$$\eta = 45.20 \exp(0.0059E), \quad R^2 = 1.00 \quad (8 \text{ 月}) \quad (5)$$

$$\eta = 353.22 \exp(0.012E), \quad R^2 = 0.77 \quad (12 \text{ 月}) \quad (6)$$

式(2)、式(3)を用いて腐食速度を評価したものと、鉄筋採取から式(4)より評価した腐食速度の比較を行った。図-5、6 に腐食速度比較図を示す。その結果、現状よりも精度よく腐食速度を推定できることが示された。

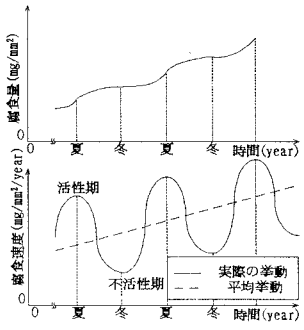


図-1 季節による鉄筋腐食量・腐食速度の変動の概念

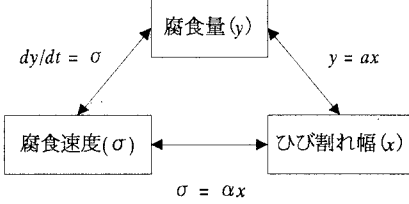


図-2 鉄筋腐食とひび割れ幅の関係¹⁾

表-1 鉄筋断面減少率と腐食速度、 η の結果

点検年月	点検工区	点検箇所(記号)	断面減少率(%)	腐食速度(mg/mm ² /year)	η
H.11 8月	3	3R1	6.38	0.91	9.69
	3	3R2	5.82	0.83	14.36
	3	3R3	6.05	0.86	25.89
H.12 12月	1	N1L1	5.62	0.80	327.63
	1	N1L2	1.92	0.27	96.59
	1	N1L3	3.25	0.46	66.93
	1	N1L4	5.03	0.71	37.18
	2	N2R1	3.94	0.56	317.77
	2	N2R2	0.00	0.00	0.00
	3	N3R1	7.83	1.11	156.03
	3	N3R2	2.46	0.35	63.79

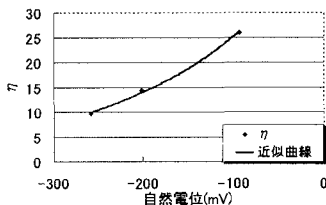


図-3 η-自然電位関係(8月)

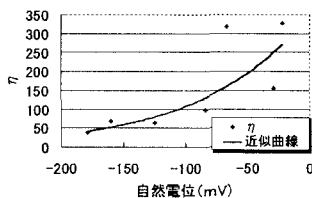


図-4 η-自然電位関係(12月)

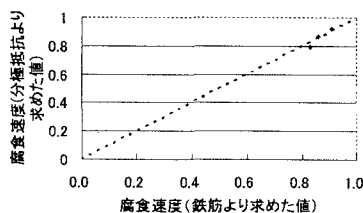


図-5 腐食速度の比較(8月)

3. 評点法による性能評価

ここで、本研究で構築した補正係数を導入した腐食速度の評価方法を使用して、実RC部材の性能評価を行った。表-2に評価対象部材の構造概要、図-7、8に部材の点検による、分極抵抗と自然電位の等高線図を示す。なお、前年度の点検の際に補修を行った箇所データの無視している。対象部材の内在塩化物量は約 5.0kg/m^3 を越えており、供用開始直後に塩害による鉄筋腐食が発生したと考えられる。評点法における重み付け係数の値¹⁾は、構造物の要求性能に基づき、コンクリートに変状が見られた箇所での鉄筋断面減少率や、鉄筋腐食を考慮した実験・FEM解析の結果より設定した。その際には、かぶりコンクリートはく落部の鉄筋腐食量から、はく落の限界鉄筋腐食量を設定した。耐荷性能の評価範囲は、断面モーメントが最大である図-7で示した範囲、使用性能は部材全体、第三者影響度に関する性能は、分極抵抗最小値の箇所とする。性能評価結果の一部を図-9に示す。第三者影響度に関する性能(R_{emp})は、供用開始後25年目の点検で、限界到達が25.5年という評価となった。ここから、この部材は早急な補修が必要だという判断ができる。なお、 R'_{dur} は、限界腐食量(9.5%と設定)に対する鉄筋腐食発生後の耐久性能を示す。

次に供用開始後24年の点検データより、同様の方法で評価した腐食速度を使用し部材を評価し、結果の比較を行った。各性能の限界到達年をまとめたものを表-3に示す。結果は、限界到達年数が、ほぼ同じであることから、評点法による部材の性能評価には信頼性があると考えられる。

4. まとめ

自然電位を考慮した補正係数を導入することにより、腐食速度推定における精度が向上をした。また、この方法により推定した腐食速度を用いた評点法によるRC部材の評価には、信頼性があることが示された。

謝辞：本研究の過程で行いました実験の際、ご協力を頂きました小林秀恵技官に深く感謝いたします。

【参考文献】1)森川，岸：建設工学研究所論文報告集，第42-A号，pp.77-pp.96，2000.11.

2)小林ら：コンクリート構造物の耐久性診断シリーズ3「鉄筋腐食の診断」，森北出版，

1993.

3)土木学会：コンクリート標準示方書「維持管理編」，2001.1.

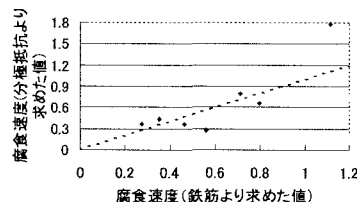


図-6 腐食速度の比較(12月)

表-2 構造条件

全般	
点検年次	供用開始後25年
設計耐用期間	50年間
コンクリート(測定結果)	
かぶり	約30mm
W/C	約0.8
圧縮強度	13.5N/mm ²
鉄筋(D13)	
鉄筋径	12.7mm
公称断面積	1.267cm ²
単位体積重量	7.86mg/mm ³

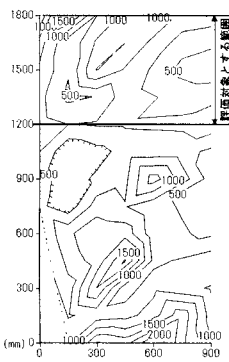


図-7 分極抵抗の等高線図 (単位：kΩ cm²)

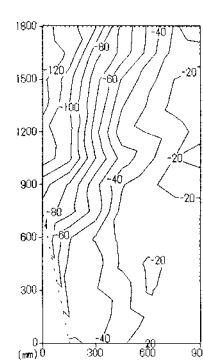


図-8 自然電位の等高線図 (単位：mV)

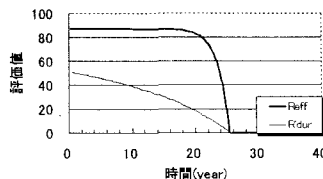


図-9 部材評価の一例

表-3 各性能の限界到達年の比較

点検時の供用開始後経過年	24年	25年	差
耐荷性能	33.1	33.7	-0.6
使用性能	29.3	29.7	-0.4
第三者影響度に関する性能	24.8	25.5	-0.7