

第V部門

RC 部材の鉄筋腐食速度推定に用いる分極抵抗換算係数(K_v 値)に関する検討

神戸大学大学院 学生員 ○山本 尚樹 神戸大学工学部 正会員 森川 英典
 神戸大学工学部 非会員 小西 翔太 (株)ニチゾウテック 非会員 古田 久人

1. 研究の目的

コンクリート中の鉄筋の腐食状況を把握するための一つの手段として、鉄筋の電気化学的パラメータ(自然電位・分極抵抗・コンクリート抵抗)を計測する方法が提案されている。特に分極抵抗は鉄筋の腐食速度および腐食量を推定することができる重要なパラメータである。本研究では、分極抵抗より腐食速度を推定する際に重要な換算係数(K_v 値)に着目し、塩害を考慮した供試体と塩害環境下の橋梁に対して腐食モニタリングを実施し、実際の腐食量と分極抵抗を用いて K_v 値を算出し、供試体と実構造物で評価した。

2. 実験概要

2.1 塩害を考慮した供試体

供試体の断面図・側面図を図-1 に、表記例を図-2 に、概要を表-1 に示す。塩害劣化を表現するために供試体打設時に発錆限界塩化物量である 1.2kg/m^3 以上に相当する塩分を混入した。

2.2 対象橋梁

対象橋梁は兵庫県内に位置する A 橋である。A 橋の断面図を図-3 に、概要を表-2 に示す。モニタリング対象桁側面には鉄筋腐食によるものと思われるひび割れが広範囲に確認された。

2.3 腐食量測定

腐食量は鉄筋を 10%クエン酸二アンモニウム水溶液に常温で 24 時間浸漬した後、腐食生成物を除去した状態で計測した。このとき、腐食生成物の他に黒皮も剥がれ落ちたので、健全な鉄筋を用いて同様な方法で重量測定を行い、それらの差を腐食(減)量とした。

3. K_v 値の評価

3.1 供試体レベル

供試体の K_v 値は式(2)を用いて算出した。暴露開始から定期的に行った分極抵抗のモニタリング結果を経過時間で積分して用いた。

腐食量と分極抵抗逆数の時間積分値の関係を図-4 に示す。なお、S6-

T1-75 と、S6-T1-55 は供試体中の鉄筋が上下にあるため、上にあるものを「S6-T1-75up」、「S6-T1-55up」、下にあるものを「S6-T1-75low」、「S6-T1-55low」と記載する。表-1 より、供試体の計測面の方向に着目し、暴露中の計測面が上向きのグループ(gp1)と下向きのグループ(gp2)とに分けた結果、良い相関が見られた。屋内暴露の場合、

供試体の環境条件は一定であり、計測面の上下による差はないと考えられる。しかし、屋外暴露の場合は、直射日光や、水分供給等の条件が供試体の上下面によって異なるため、腐食の進行に差が生じる。また、屋

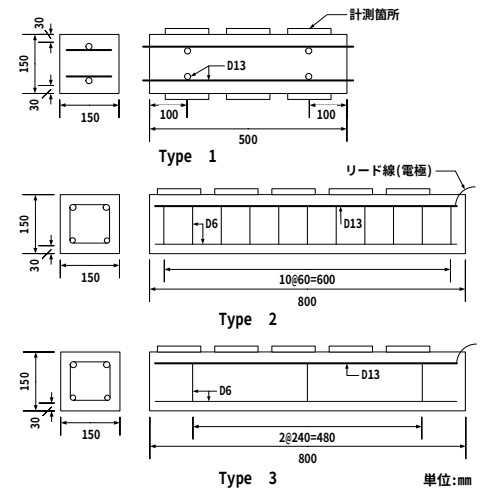


図-1 断面図・側面図

暴露期間が4年なら
 暴露期間が3年なら無
 水セメント比
 S6-T2-108L
 供試体サイズの種類
 混入した塩化物イオンの量

図-2 供試体表記例

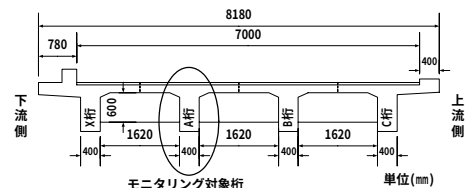


図-3 断面図

表-2 橋梁概要

橋名	石ヶ崎橋
橋種形式	RC単純T桁橋
橋長(支間長)	35.18m (スパン1:11.1m)
幅員	6.95m
架設年次	1954年
主鉄筋	φ28
スターラップ	φ8
かぶり	65mm
水セメント比	0.8
中性化深さ	50mm
推定コンクリート強度	12.6N/mm ²

表-1 供試体概要

供試体名	計測面	暴露期間	暴露環境			
			1年	2年	3年	4年
S6-T1-75	上下	3年	屋外暴露	→	→	→
S6-T1-55	上下	3年	屋外暴露	→	→	→
S3-T2-108L	上	4年	スチーム室	地下室	→	屋外暴露
S6-T3-108L	上	4年	スチーム室	地下室	→	屋外暴露
S6-T2-108L	上	4年	スチーム室	地下室	→	屋外暴露
S6-T3-108	下	3年	スチーム室	地下室	→	→
S6-T2-108	下	3年	スチーム室	地下室	→	→

内暴露供試体は計測面を常に水で満たしていたため、酸素が不足し、腐食は進行しにくいと考えられる。同様に、屋外暴露供試体の下面は水分が欠乏するため、腐食が進行しにくいと考えられる。よって屋内暴露供試体と屋外暴露供試体の下面は同様のグループに属すると考えた。また、供試体解体時には表面に鉄筋の腐食によるものと思われるひび割れが観察されたことから、これらの関係はコンクリート表面に腐食ひび割れが入り、鉄筋の腐食速度が大きくなり始める加速期初期と呼ばれる劣化状態までに適用できる。 K_v 値を推定すると、供試体の上面では 0.029V、供試体の下面では 0.006V となり、約 5 倍も K_v 値に差があることがわかった。

$$G = \alpha \sum \left(\frac{\Delta t}{R_p} \right) \quad \cdots (1) \quad \alpha = \frac{M \cdot K_v}{2 \cdot F_a} \quad \cdots (2)$$

ここで、 G : 腐食減量(g/cm^2) R_p : 分極抵抗(Ωcm^2)

Δt : 経過時間(sec) M : 鉄の原子量(55.8g)

K_v : 換算係数(V) F_a : ファラデー定数(96500 クーロン)

3. 2 実構造物レベル

K_v 値を算出する際には分極抵抗の時刻歴が重要となってくるが、今回のケースでは分極抵抗データが点検時(橋令 50 年)のデータしかないため、 K_v 値算出には供試体とは異なったアプローチが必要である。ここでは図-5 に示す劣化予測過程を考慮して、図-6 に示す関係から腐食速度を予測し、 K_v 値を算出した。

A 橋の桁側面には腐食ひび割れがあることから、腐食モニタリングの適用範囲外ではあるが、図-7 に示す通り、腐食量と分極抵抗逆数値には相関が見られることから、腐食モニタリングは有効であると思われる。劣化予測に基づいて推定された K_v 値と腐食量との関係を図-8 に示す。一般に、換算係数(K_v 値)はある値で一定として用いられているが、腐食の程度によって変化していることがわかる。また、劣化予測より得られた K_v 値は、一般的に用いられている K_v 値の範囲(0.026~0.052V)を大きく逸脱している。したがって、A 橋のようにある程度劣化が進行している実構造物に対して、一定の K_v 値を用いると腐食量を正確に把握できない可能性があるため、劣化状態に応じた何らかの補正や実構造物に適用できうる新たな K_v 値を提案する必要がある。

4. まとめ

- ・ 供試体では、計測面の環境条件の違いにより、 K_v 値が約 5 倍も異なることがわかった。
- ・ 実構造物では、腐食ひび割れが入っている状態でも腐食量と分極抵抗逆数値の間に相関が見られ、劣化予測より推定された K_v 値は供試体のものより大きな値で変動することがわかった。

【参考文献】

- 1) 森川英典, 森田祐介, 小島大祐: 不確定性を考慮した塩害劣化 RC 橋における劣化および安全性の評価, 土木学会論文集, No.809/V-70, pp.117-130, 2006.3.

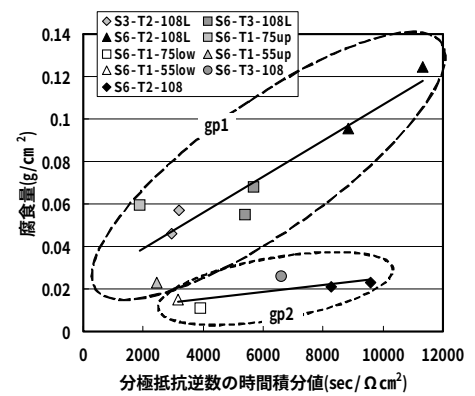


図-4 腐食量と分極抵抗逆数の時間積分値の関係

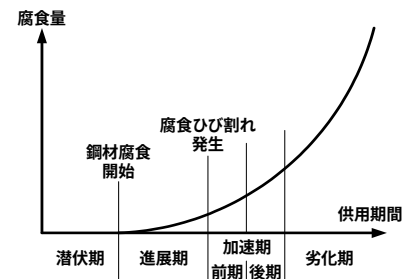


図-5 劣化予測過程

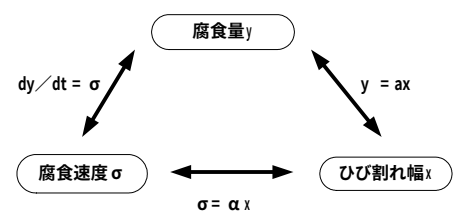


図-6 腐食量と腐食速度とひび割れ幅の関係

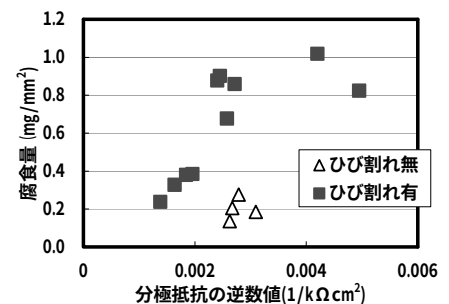


図-7 腐食量一分極抵抗逆数値関係

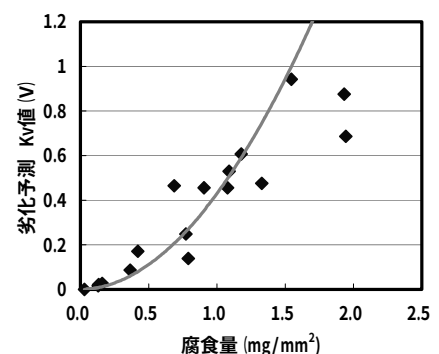


図-8 腐食量一劣化予測 K_v 値関係