

実構造物における自然電位と鉄筋腐食グレードの実態調査

The reality survey of half-cell potential and of the grade by the corrosion of a reinforcing rod in Real Structure

(株)ネクスコ・エンジニアリング北海道 ○正 員 藤井 直己 (Naoki Fujii)
 (株)ネクスコ・エンジニアリング北海道 成田 梨香 (Rika Narita)

1. はじめに

積雪寒冷地のコンクリート構造物では、鉄筋の腐食膨張によるひび割れ、剥離などの損傷が多く見受けられている。この変状は、冬期間の凍結防止剤散布による塩害を主とした劣化と考えられる。

今後、コンクリート構造物を合理的かつ経済的に維持管理していくためには、コンクリートの表面に損傷が顕在化する前に内部鉄筋の腐食状態を把握し、適切な補修計画を検討していくことが重要である。

コンクリート構造物における鉄筋腐食の劣化診断手法として、自然電位法や分極抵抗法などの電気化学的診断を用いた非破壊試験がある。自然電位法による鉄筋腐食の評価として ASTM C 876 (表-1) 等の評価基準が採用されているが不明確な範囲があることから実構造物の鉄筋腐食評価が難しい現状である。

本報告では、塩害劣化による損傷を受けた高速道路の橋梁下部工を利用し、自然電位測定及び同箇所の鉄筋腐食環境調査と橋梁下部工のコンクリートはつり後における鉄筋の腐食調査を行い、塩害劣化を受けた実構造物における自然電位との鉄筋の腐食グレードの実態を調査したものである。

2. 調査対象構造物

調査を実施した高速道路の橋梁下部工は、3 径間連続中空床版橋の伸縮装置直下に位置しており、漏水跡が見受けられ、コンクリートにひび割れや浮きが発生している。漏水跡のある写真-1 の①・②の箇所より径 22 mm のドリルで試料を採取し、全塩化物イオン濃度迅速法¹⁾により塩分濃度を測定した。鉄筋位置で①2.1kg/m³、②5.71 kg/m³を示し鉄筋の腐食発生限界量²⁾を上回る結果となった。以上により本下部工のコンクリート劣化の主要因は、塩害劣化であり、広範囲に浮き・ひび割れが発生していることから劣化過程は加速度後期に達していることと推定できる。



写真-1 橋梁下部工状況 (図-1 の1-1 断面)

表-1 ASTM C 876 による鉄筋腐食評価

自然電位 E(mV:CSE)	腐食確率
E>-200	90%以上の確率で腐食なし
-200≥E>-350	不確定
-350≥E	90%以上の確率で腐食あり

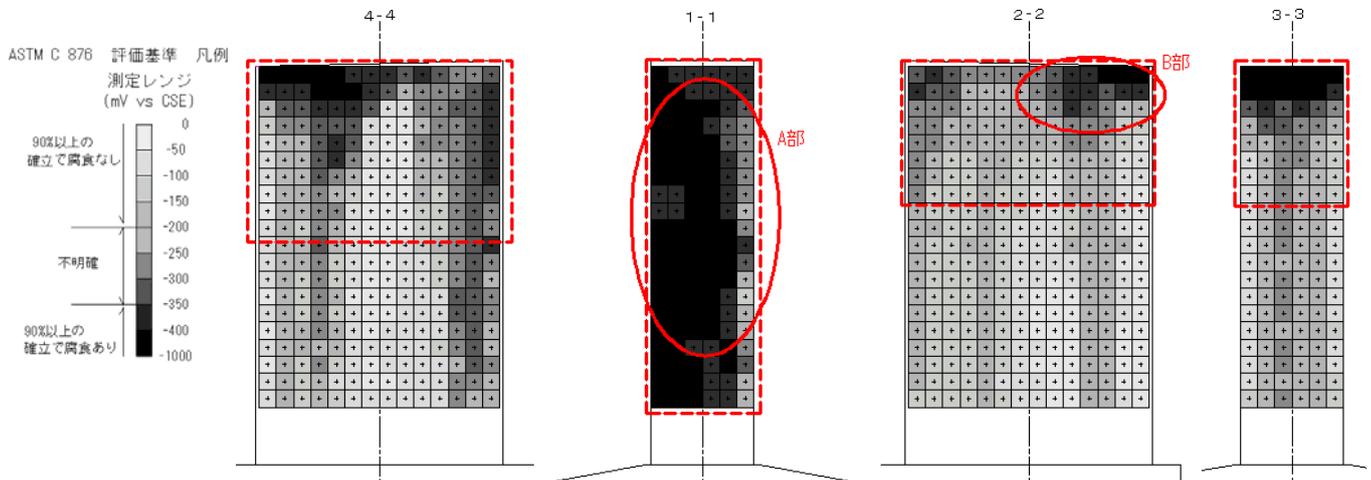


図-1 自然電位測定結果図

3. 自然電位測定

自然電位測定は、硫酸銅を照合電極とした自然電位測定機器により測定を行った。

測定は、気温 19℃、コンクリート水分量 5.2%の条件下で行った。橋梁下部工の側面を 300 mm×300 mm のメッシュに分割し、メッシュ毎に自然電位の測定を行い、表-1 に示した ASTM C 876 に準拠し、電位の階級を 50mV ごとに評価した。

自然電位測定結果は図-1 に示すとおりである。目視点検においても全面的に漏水の影響を受けており、打音異常やコンクリートのはく離が生じている。1-1 断面の A 部では、自然電位が-350 mV より卑の値を示す箇所が多く、他の 3 面と比較して、最も鉄筋腐食が進行していると推定できる。しかし、2-2 断面の B 部では自然電位の測定値が-200 mV から-350 mV の値を示しており、ASTM C 876 の評価基準では鉄筋の腐食確率が不明確であることから、鉄筋腐食範囲の推定が難しい状況であった。

4. 鉄筋腐食度調査

自然電位の測定値の妥当性を検討するため、橋梁下部工補修のコンクリートはつり作業後に鉄筋腐食度調査を行った。

鉄筋腐食度の調査は、図-1 に示す破線枠内の補修範囲を対象とし、自然電位測定の測定範囲と同様な 300 mm×300 mm ごとに鉄筋腐食度の判定を行った。鉄筋腐食グレードの評価は表-2²⁾ により判定した。

鉄筋腐食調査の結果は、図-2 に示すとおりである。漏水の影響が大きかった 1-1 断面では、鉄筋が全体的に断面欠損している状態であった。

5. 自然電位と鉄筋腐食度の相関

自然電位の測定結果と鉄筋腐食度の相関を検証した。

図-3 は図-2 に示した 420 測定箇所について、自然電位と鉄筋腐食の出現頻度の分布を整理したものである。自然電位が-350mV 以下の範囲では、鉄筋の腐食グレード IV が 90%以上を占めている。また自然電位-200mV 未満の範囲では、鉄筋腐食グレード I が 90%を占めた。これは、ASTM C 876 に示してある判定基準と一致する結果となる。

自然電位と鉄筋腐食グレードを寄与率にて相関を求めると $R^2=0.63$ となり高い相関が得られていることが判断できる。以上から、本調査においては、自然電位測定は鉄筋の腐食状態を、精度よく評価することができていると思われる。

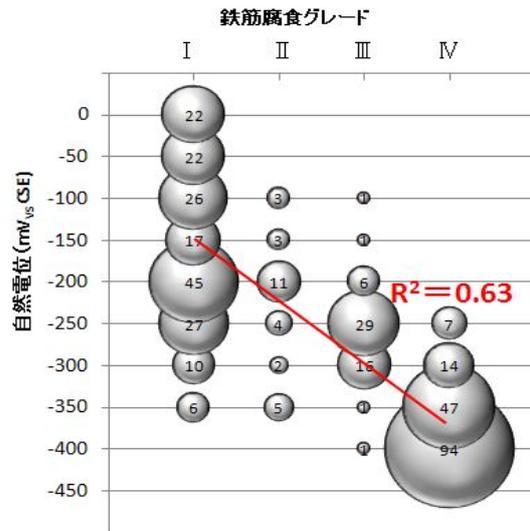


図-3 自然電位と鉄筋腐食グレードの相関

表-2 コンクリート標準示方書（維持管理編）による腐食グレードと鋼材の状態

腐食グレード	IV	III	II	I
例(写真)				
状態	断面欠損	断面欠損はなく、全周の浮錆	小斑点状の浮錆	黒皮・薄い緻密なさび
図示凡例				

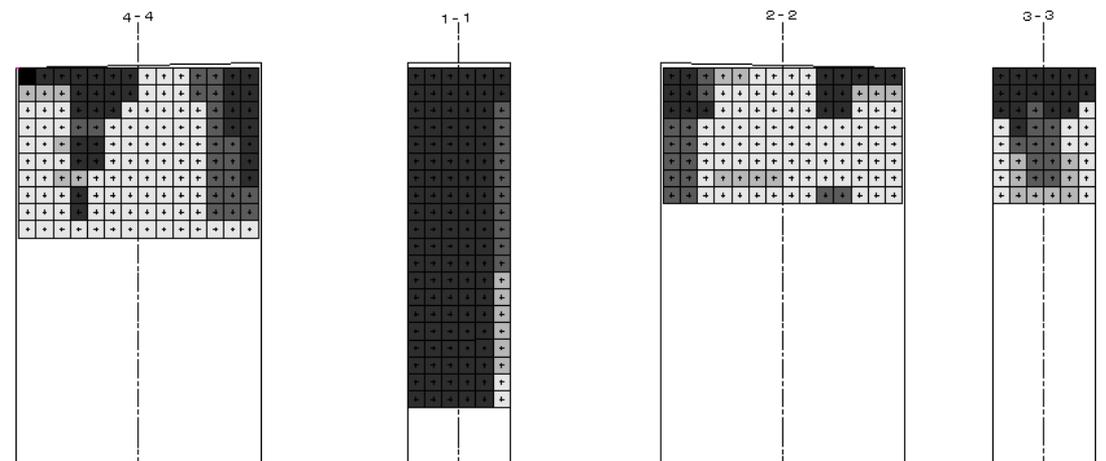


図-2 鉄筋腐食度調査結果図

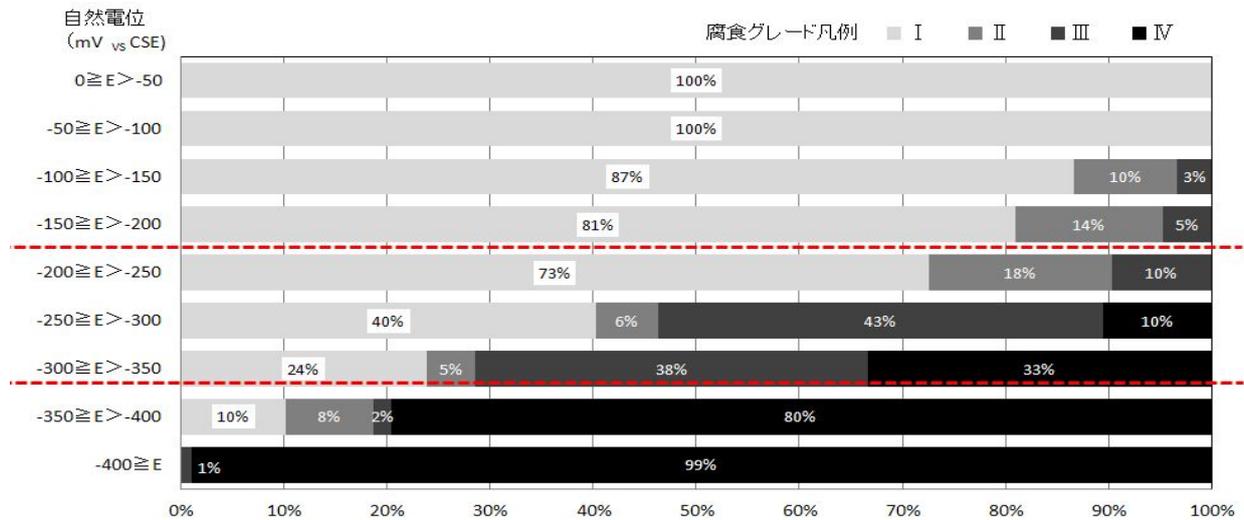


図-4 自然電位ごとの鉄筋腐食グレードの割合

本調査における塩害劣化を受けた実構造物から得られた自然電位と鉄筋腐食グレードのデータを用いて、自然電位 50mV ごとの鉄筋腐食グレードの割合を図-4 に示した。

自然電位 -200mV ≥ E > -350mV の点線内の範囲は、ASTM C 876 の鉄筋腐食評価において、腐食確率の不明確と判断される範囲である。自然電位 -200mV ≥ E > -250mV では腐食グレードIVの鉄筋の断面欠損は発生していないが腐食グレードII・IIIが 28%を占めている。また、自然電位 -250mV ≥ E > -350mV では腐食グレードII～IVを含む鉄筋の腐食が半数以上占める結果となった。

6. 自然電位と鉄筋腐食グレードの実態

自然電位の階級を 50mV ごとに区分し、鉄筋の腐食グレードII・III・IVの出現率の合計を測定数で割ることで、実構造物における自然電位と鉄筋腐食グレードの鉄筋腐食割合を表-3 のとおり示すことができた。

7. おわりに

本報告では、高速道路における橋梁下部工の補修工事を利用して、自然電位と鉄筋腐食グレードに関する実態を調査することで、自然電位階級 (50mV) ごとの鉄筋腐食グレード発生割合に関する知見を得ることができた。

結果として、ASTM C 876 等による鉄筋腐食推定の評価基準における不確定範囲内においても、多くの鉄筋腐食が発生していたことが解った。

塩害環境下にあるコンクリート構造物を合理的に補修していくためには、自然電位測定によりコンクリート構造物の鉄筋腐食範囲を推定し、自然電位が -200 mV ≥ E > -350mV の範囲においては、鉄筋腐食の推定が困難であるため塩化物イオン量試験を行い補完することで塩害劣化を受けたコンクリート構造物の補修範囲を定めることが重要と考えられる。

また、本調査は1橋脚での実証である。今後、塩害環境下にある他橋梁においても、調査等を行い自然電位測定による補修計画の精度向上に努めていきたいと思う。

表-3 自然電位ごとの鉄筋腐食割合

自然電位 (mV vs CSE)	測定数	腐食グレード II～IV	鉄筋腐食割合 (%)
0 ≥ E > -50	22	0	0%
-50 ≥ E > -100	22	0	0%
-100 ≥ E > -150	30	4	13%
-150 ≥ E > -200	21	4	19%
-200 ≥ E > -250	62	17	27%
-250 ≥ E > -300	67	40	60%
-300 ≥ E > -350	42	32	76%
-350 ≥ E > -400	59	53	90%
-400 ≥ E	95	95	100%

<参考文献>

- 1) 後藤年芳他：硬化コンクリート中の全塩化物イオン濃度迅速測定法の適用、V194、土木学会第 65 回年次学術講演会
- 2) 土木学会：「コンクリート標準示方書（維持管理編）」、2013 年