

実構造物の鉄筋腐食調査手法の開発

研究予算：運営費交付金（道路勘定）
研究期間：平 16～平 18
担当チーム：構造物マネジメント技術チーム
研究担当者：渡辺 博志，古賀 裕久，
中村 英佑

【要旨】

既設コンクリート構造物を合理的に維持管理していくためには、定期点検時に非破壊試験などを用いて鉄筋腐食の兆候を把握し、必要に応じて劣化を予防する対策を講じていくことが必要である。本研究では、自然電位法を用いた鉄筋腐食診断技術の精度を改善することを目的として、実構造物における現地測定と供試体を用いた模擬実験を行った。この結果、測定時の気象条件やマクロセル腐食により自然電位の測定値は大きく変化するが、自然電位の分布傾向を参考とすることにより塩化物イオン濃度の高い箇所や局所的な腐食箇所を特定できることを示した。また、検討結果をもとに「塩害環境下にあるコンクリート橋の自然電位測定方法(案)」を提案した。
キーワード：コンクリート構造物，鉄筋腐食，自然電位法，塩害

1. はじめに

既設コンクリート構造物を合理的に維持管理していくためには、定期点検時に非破壊試験などを併用し、塩害や中性化による鉄筋腐食に伴う劣化損傷が構造物表面に現れる前に、鉄筋腐食の兆候を把握することが必要である。劣化損傷が表面化した後では、補修に要するコストが増加するだけでなく、構造物の性能を再びもとの状態に戻すことが極めて困難になるためである。しかしながら、鉄筋の腐食状態を推定するための非破壊試験の精度は十分ではなく、実構造物への適用方法も明確にされていない。

本研究では、自然電位法を用いた鉄筋腐食診断技術の精度を改善することを目的として、実構造物の測定と供試体を用いた模擬実験を行い、自然電位法の適切な測定方法と維持管理における活用方法を検討した。なお、本研究は、土木研究所と日本構造物診断技術協会の「自然電位法を用いた鉄筋腐食診断技術に関する共同研究」として行った。

2. 検討内容

2.1 自然電位法の実用化にあたっての問題点

自然電位法は、1950年代に Stratfull によりコンクリート床版橋の鉄筋腐食調査に初めて利用され、高速道路の床版橋の測定結果などを踏まえ、ASTM C 876(Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete)¹⁾として測定方法と腐食判定基準が定められた。我が国でも、1980年代から

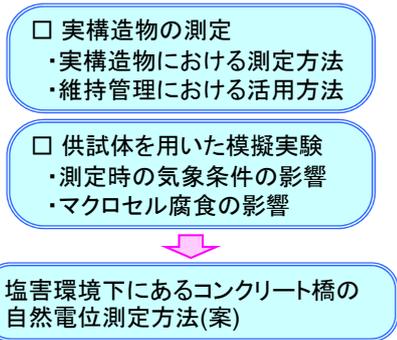


図-1 検討内容

自然電位法に関する検討が進められ、実構造物での測定事例などが数多く報告された。その後、2000年に土木学会規準(JSCE E601 2000 コンクリート構造物における自然電位測定方法)²⁾として測定方法が定められた。しかしながら、自然電位法の腐食判定基準が必ずしも実際の鉄筋の腐食状態と一致しないことや測定値自体が測定時の気象条件やマクロセル腐食の影響を受けて大きく変化することが指摘され、既設コンクリート構造物の維持管理で積極的に活用されるまでには至っていない。

2.2 本研究の検討内容

こうした問題点を改善するため、本研究では、実構造物の測定と供試体を用いた模擬実験を行った。本研究の検討内容を図-1に示す。実構造物の測定では、塩害環境下で一定期間供用された橋梁に自然電位法を適用し、実構造物における測定方法と維持管

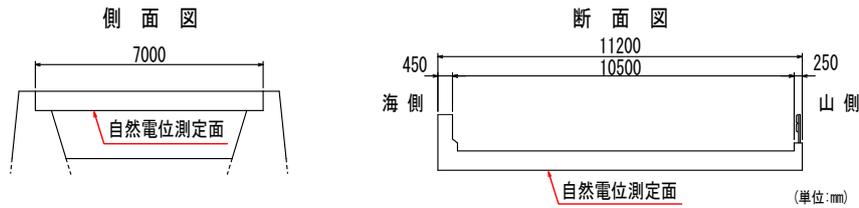


図-2 RC床版橋の概要

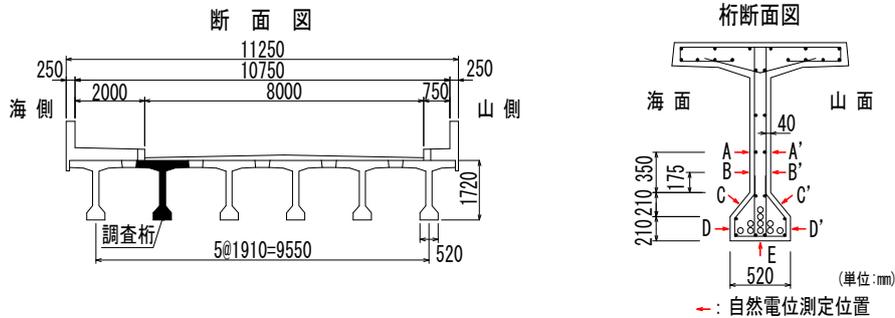


図-3 PC橋の概要

理における活用方法を検討した。供試体を用いた模擬実験では、測定時の気象条件が測定結果に与える影響を検討するため、暴露供試体の長期的な測定とマクロセル腐食を模擬した供試体の測定を行った。これらの検討結果を踏まえ、「塩害環境下にあるコンクリート橋の自然電位測定方法(案)」を提案した。

3. 実構造物の測定^{3), 4), 5)}

3. 1 測定の概要

3. 1. 1 対象とした橋梁

図-2, 3 に示す RC 床版橋とポストテンション方式 PC 単純 T 桁橋(以下, PC 橋)の 2 橋梁を測定対象とした。両橋梁とも日本海沿岸で約 30 年以上供用され、一部でひび割れが確認されたものの鉄筋腐食に起因するとみられる錆汁や剥離などはなく、目視点検では比較的健全と評価される状態にあった。

3. 1. 2 自然電位の測定方法

測定時の気象条件や測定前の散水時間の違い、測定点間隔が自然電位に及ぼす影響を明らかにするため、下記の手順で測定を行った。これ以外については全て土木学会規準に準拠した。

測定は、夏季(2006年8月, 約 30°C, 晴)と冬季(2005年12月, 約 6°C, 雨)の 2 回実施した。

測定前のコンクリートへの散水は 30 分間を基本とし、この間断続的に水道水を噴霧散水した。ただし、散水時間の違いが測定結果に及ぼす影響を検討するため、両橋梁の一部で、散水時間を 30 分以上とした場合と、逆に 30 分間散水後に表面を乾燥させた場合の測定も行った。

測定点は、配筋図や非破壊検査による鉄筋探査結果を参考として、鉄筋の直上になるように設けた。RC 床版橋では、縦方向と横方向に鉄筋が 200mm 間隔で配置されていたため、200mm の格子状に測定点を設定した。PC 橋では、せん断補強鉄筋が 300mm 間隔で配置されていたため、一断面当たりウェブとフランジに計 9 点の測定点を設け、これが橋軸方向に 300mm 間隔となるようにした。

なお、測定には飽和塩化銀電極を用い、測定値は 25°C の飽和硫酸銅電極基準に換算した。

3. 1. 3 塩化物イオン濃度と腐食状況の調査方法

自然電位の測定前後で、塩化物イオン濃度測定用の小径コア(φ 25mm)の採取と鉄筋の腐食状況を確認するためのはつり調査を行った。

自然電位の測定前では、鉄筋の導通確認のために任意に 3 ヶ所を選定し、小径コアの採取と鉄筋の腐食状況の目視観察を併せて行った。その後、自然電位の測定結果を参考にして、全測定値中で比較的卑な値を示した 2 ヶ所を選定し、小径コアを採取した。また、このうち最も卑な自然電位を示した箇所でははつり調査も行い、鉄筋の腐食状況を目視観察した。

なお、塩化物イオン濃度は、小径コアを 10mm ごとにスライスし、JIS A 1154 に従い電位差滴定法で鉄筋位置の塩化物イオン濃度を測定した。

3. 2 測定結果および考察

3. 2. 1 自然電位と塩化物イオン濃度の測定結果

図-4, 5 に、各橋の夏季の自然電位の測定結果を等電位線図で示す。図中には、自然電位の測定前後に実施した鉄筋位置の塩化物イオン濃度の測定結果

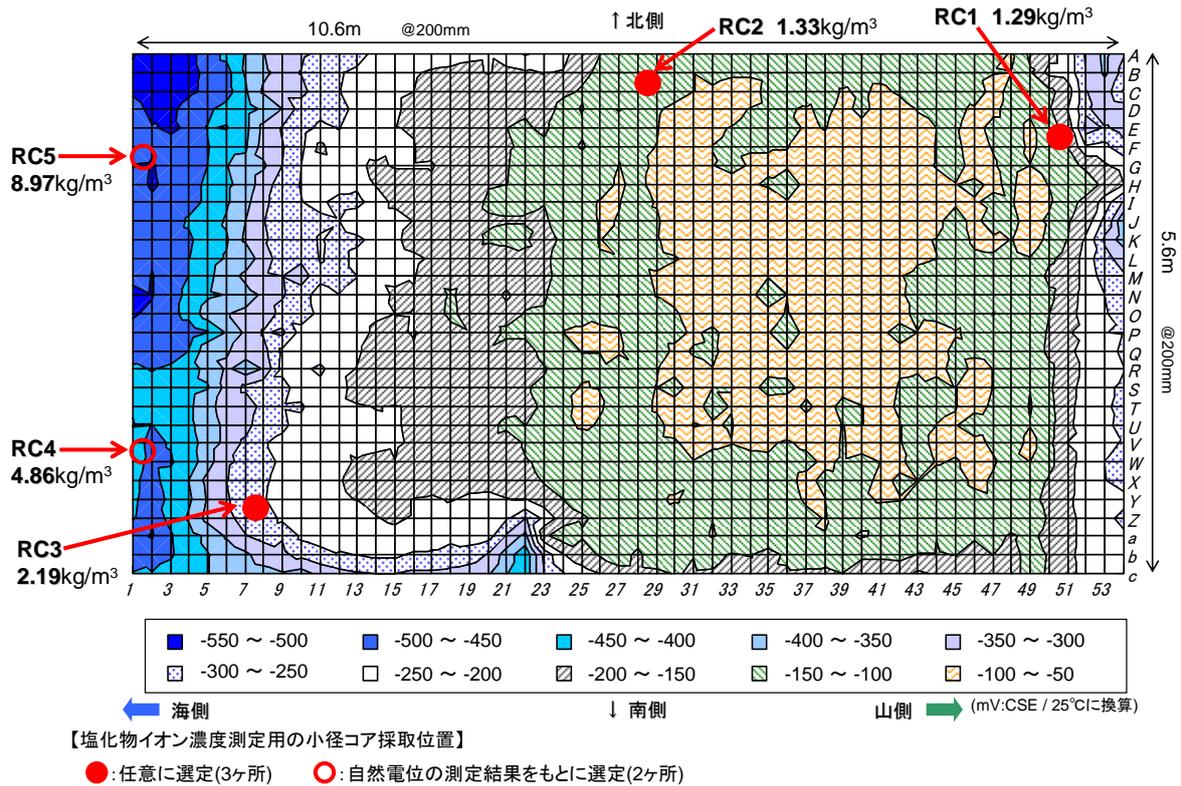


図-4 RC床版橋の夏季の自然電位と塩化物イオン濃度の測定結果

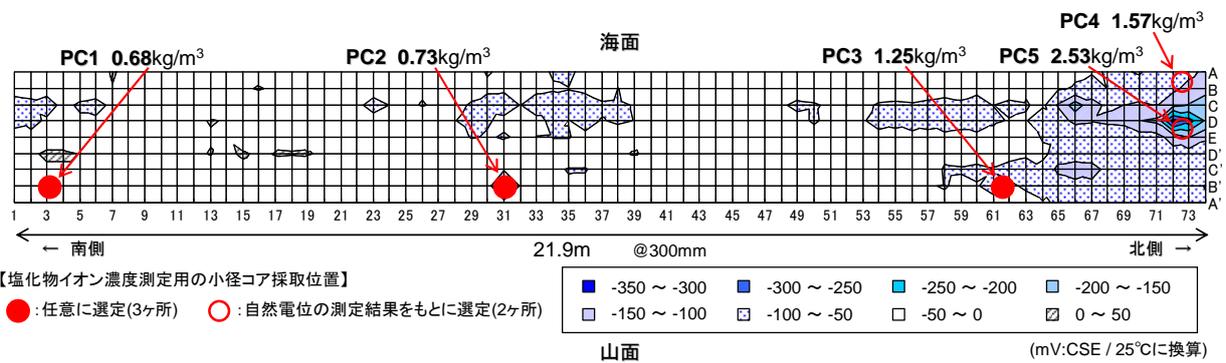


図-5 PC橋の夏季の自然電位と塩化物イオン濃度の測定結果

も併記している。なお、JIS A 1152 に準拠し小径コアを用いて測定した中性化深さの平均値は、RC床版橋で約18mm、PC橋で約9mmであり、コンクリート・モルタル水分計による測定前の計測値は、両橋とも5.0~8.0%の範囲にあった。

RC床版橋の自然電位は、海側ほど卑な値となり、中央では比較的貴な値となった。PC橋の自然電位は、北側の海面の一部のみで卑な値となった。最も卑な自然電位を示した箇所の鉄筋位置(両橋ともかぶり40mm)の塩化物イオン濃度は、RC床版橋のRC5で8.97kg/m³、PC橋のPC5で2.53kg/m³となり、各橋で最も高い値となった。逆に自然電位が貴な箇所では、

塩化物イオン濃度は小さくなる傾向にあった。すなわち、自然電位の分布から比較的卑な測定値の得られた位置を特定することにより、塩化物イオン濃度の高い箇所を選定することができると思われる。

3. 2. 2 測定時の気象条件と自然電位の関係

図-6, 7 に、各橋梁の夏季と冬季の自然電位の測定結果を示す。以下、参考のため、ASTM C 876 の腐食判定基準もグラフ中に併記する。

両橋梁とも、夏季の方が冬季よりも平均で約40mV 卑な自然電位が測定された。これは、気温の高い夏季に鉄筋周辺の腐食環境が変化し、自然電位が卑な値となったためと考えられる。しかし、自然

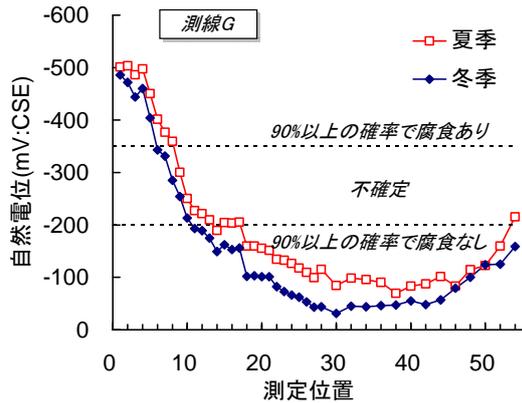


図-6 RC床版橋の夏季と冬季の自然電位

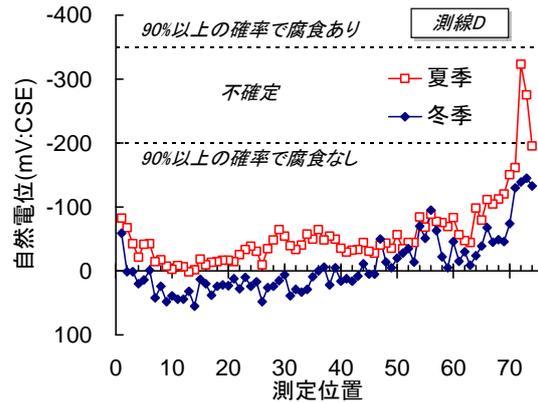


図-7 PC橋の夏季と冬季の自然電位

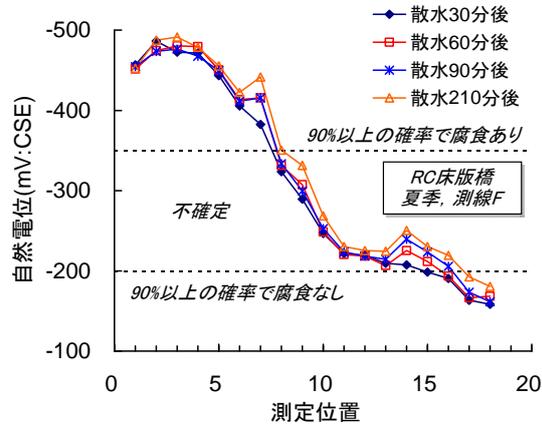


図-8 散水時間を長くした場合の自然電位

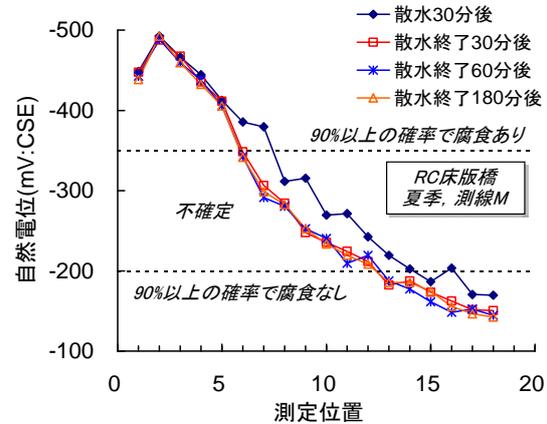


図-9 散水後に乾燥させた場合の自然電位

電位の分布傾向に着目すれば、RC床版橋の測定位置1~7付近、PC橋の測定位置70~74付近で最も卑な自然電位が測定され、全体的な自然電位の分布傾向は夏季と冬季で概ね等しい結果が得られた。

3. 2. 3 測定前の散水時間と自然電位の関係

図-8に散水時間を長くした場合、図-9に散水後に乾燥させた場合の自然電位を示す。両グラフとも夏季のRC床版橋の測定結果である。

散水時間を長くすると、自然電位は徐々に卑化し、210分まで延長すると平均で約50mV卑となった。逆に30分間散水後に乾燥させると、平均で約30mV貴となった。いずれの場合も、自然電位の分布傾向は概ね等しいため、自然電位は散水時間の違いによっても変動するものの、全体的な分布傾向にはそれほど違いは生じないと考えられる。

3. 2. 4 測定点間隔と自然電位の関係

自然電位を測定する際、測定点間隔を広くすると測定に要する時間と手間を減らすことができるが、局所的な腐食箇所を把握できなくなる可能性が高まるという問題が生じる⁹⁾。土木学会規準では100~

300mmを推奨し、ASTM C 876では1200mmとし隣接する測定値が100mV以上の場合に測定点間隔を狭めることとしている。ここでは、局所的に卑な自然電位が測定されたPC橋の測定結果を用いて、測定点間隔を広くした場合の影響を検討する。

図-10、11に、測定点間隔を300mm、1200mmとした場合の測定結果を示す。これらの結果は測定点の取り方にも大きく依存するが、1200mmに測定点間隔を広げると、測定位置72と73で測定された比較的卑な自然電位が測定されない可能性があることを示している。図-11において、測定位置74では他の箇所よりも卑な自然電位が測定されているものの、この値はASTM C 876で「90%以上の確率で腐食なし」と判定される可能性が高い。すなわち、測定点間隔を広くした場合、局所的な腐食箇所を適切に検出できなくなる危険性が高まる。このため、自然電位の測定点間隔としては、鉄筋の配筋間隔もしくは300mm程度とすることが望ましいと考えられる。

3. 2. 5 鉄筋の腐食状態と自然電位の関係

図-12、13に、RC床版橋のRC5、PC橋のPC5の

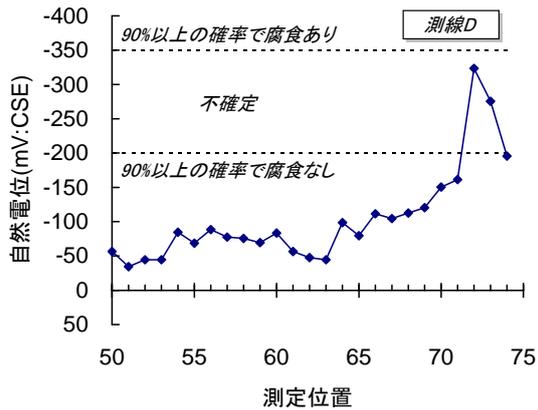


図-10 300mm 間隔で測定した自然電位

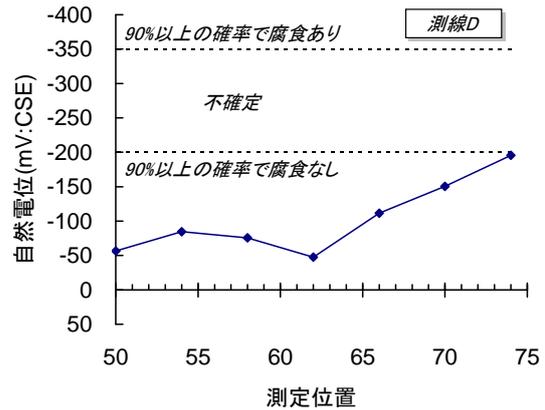


図-11 1200mm 間隔で測定した自然電位



図-12 RC 床版橋 RC5 の鉄筋腐食状況



図-13 PC 橋 PC5 の鉄筋腐食状況

はつり調査による鉄筋の腐食状況の写真を示す。

RC 床版橋では、全てのはつり調査箇所でごく表面的な腐食が生じ、任意に選定した3ヶ所(RC1, RC2, RC3)と自然電位が最も卑な RC5 の腐食は同程度であった。しかし、等電位線図では海側ほど卑な自然電位が測定され、塩化物イオン濃度も高くなる傾向にあった。自然電位は鉄筋が腐食環境にあるかどうかを示す指標であり、腐食の程度や速度を表すことは原理的に不可能である。すなわち、RC5 で測定された卑な自然電位は、鉄筋位置の塩化物イオン濃度が高く厳しい腐食環境にあることを反映していたが、他の位置と比較して激しい腐食が発生していることまでを示すものではなかったと考えられる。

一方、PC 橋では、任意に選定した3ヶ所(PC1, PC2, PC3)で腐食は生じておらず、等電位線図で局所的に卑な自然電位となったPC5で軽微な腐食が生じていた。PC 橋の自然電位の測定結果は全て-350mV よりも貴であったため、ASTM C 876 の腐食判定基準に従えば、腐食が生じていると判定される可能性は低い。ASTM C 876 の腐食判定基準が実際の腐食状況と一致しなかった原因は、マクロセル腐

食の形成により本来は卑な自然電位を示すはずの局所的なアノード部が分極し、貴な自然電位を示したためと考えられる。前述したように、測定時の気象条件や測定前の散水時間の違いにより自然電位は変動したが、全体的な分布傾向は概ね同様の結果が得られた。従って、ASTM C 876 の判定基準は必ずしも実際の鉄筋腐食状況とは一致しないこともあるが、等電位線図を精査することで局所的な腐食箇所を検出できると考えられる。

4. 供試体を用いた模擬実験⁵⁾

実構造物の測定から、自然電位の測定結果は測定時の気象条件に応じて変化し、マクロセル腐食が生じている場合には必ずしも ASTM C 876 の腐食判定基準では適切な判定を行うことができないことが示された。このため、供試体を用いた模擬実験により測定時の気象条件とマクロセル腐食が測定結果に与える影響を検証することとした。

4. 1 測定時の気象条件が自然電位に与える影響

4. 1. 1 測定の概要

測定時の気象条件の変化によって生じる自然電位

の変動を明らかにするため、土木研究所内に暴露した供試体の自然電位を約9ヶ月間、計68回測定した。測定は、文献7)、8)で製作後初期の測定結果が報告され、屋外暴露中のA供試体を対象とした。図-14にA供試体の形状を示す。水セメント比が55%と70%の2種類、塩化物イオン濃度が0kg/m³と9kg/m³の2種類の計4体であり、供試体名称は、A-(水セメント比)-(塩化物イオン濃度)とした。

4. 1. 2 測定結果および考察

図-15、16に測定結果の一例として、A-55-0、A-55-9の結果を示す。これらは飽和硫酸銅電極による計測値を表示し、図中の縦線は測定前4時間以内に10分間雨量で0.5mm以上の降雨があったことを示している。

A-55-0供試体は、測定期間全体を通じて4本の鉄筋がほぼ等しい傾向で推移した。これに対して、A-55-9供試体では、降雨時のかぶり10mmの鉄筋の自然電位の変動が大きくなった。全体的に、自然電位は累積測定日数約140日を超えた付近で徐々に貴化し、約200日移行では測定初期と比較して平均で約100mV貴化した。この間、測定時の気温は、140日付近で約25℃以下、200日移行で約10℃以下に低下した。すなわち、自然電位は季節間の気温の変化とともに周期的に変動し、かぶりの小さい鉄筋では降雨によるコンクリートの含水状態の変化とともに短期的に変動すると考えられる。特に気温と自然電位の関係は、実構造物における測定結果と等しい傾向を示している。また、自然電位の変動範囲は、腐食環境にあるかぶり10mmの鉄筋で約200～300mV、それ以外の鉄筋でも約150mVの範囲で変動した。

4. 2 マクロセル腐食が自然電位に与える影響

4. 2. 1 測定の概要

塩害環境下にあるコンクリート構造物では、外部から浸透する塩化物イオンの量が部材位置によって異なるため⁹⁾、鉄筋位置の塩化物イオン濃度が不均一となり、塩化物イオン濃度の高い部分がアノード(腐食域)、低い部分がカソード(非腐食域)となるマクロセル腐食が生じる可能性が高い。この際、自然電位の測定値は、分極により鉄筋本来の値とは異なったものが得られ、鉄筋の腐食状態を正確に評価できなくなる恐れがある¹⁰⁾。このため、マクロセル腐食が自然電位に与える影響を明らかにしておくことが必要であり、特に部材の一部に多量の塩化物イオンが供給されるような構造物では、局所的な腐食箇所を検出する方法が求められる。そこで、マクロセル腐食が生じた場合の自然電位の挙動とその検出方法

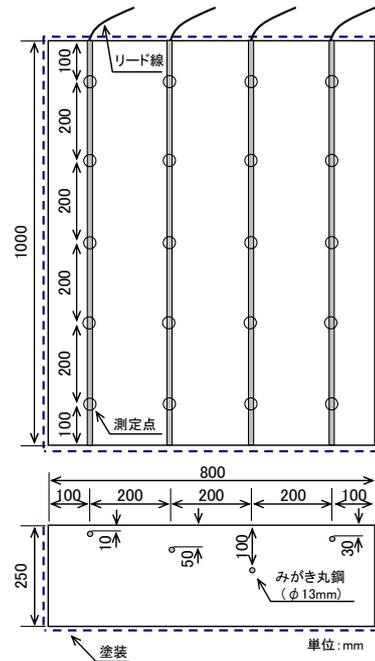


図-14 A 供試体の形状

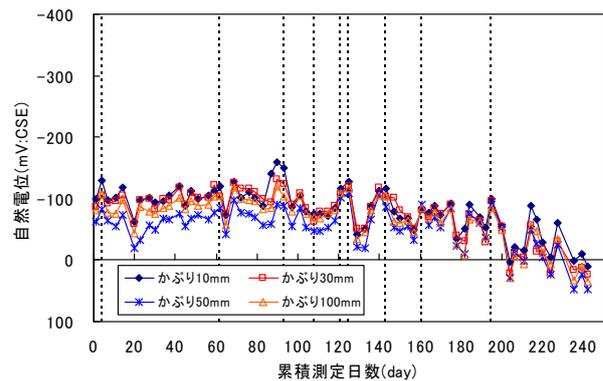


図-15 A-55-0 供試体の測定結果

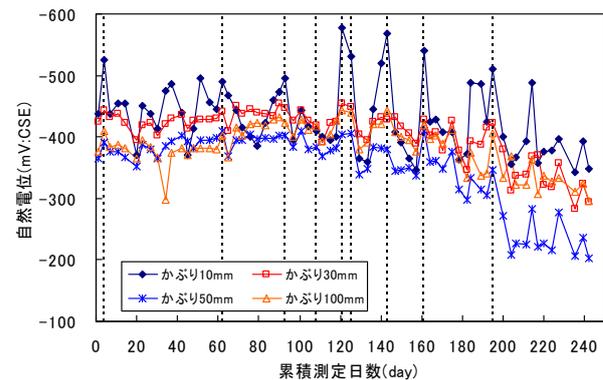


図-16 A-55-9 供試体の測定結果

を検討するため、アノード鉄筋とカソード鉄筋を分離し、局所的なアノード部によって生じるマクロセル腐食を再現できるM供試体を用いて実験を行った。図-17に、M供試体の形状を示す。

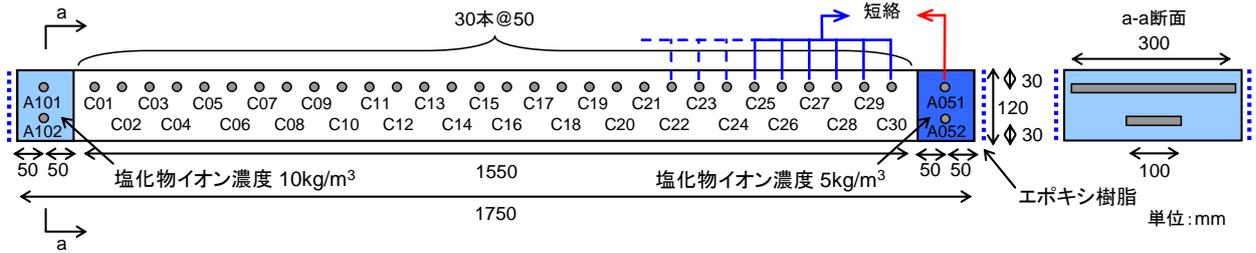


図-17 M 供試体の測定結果

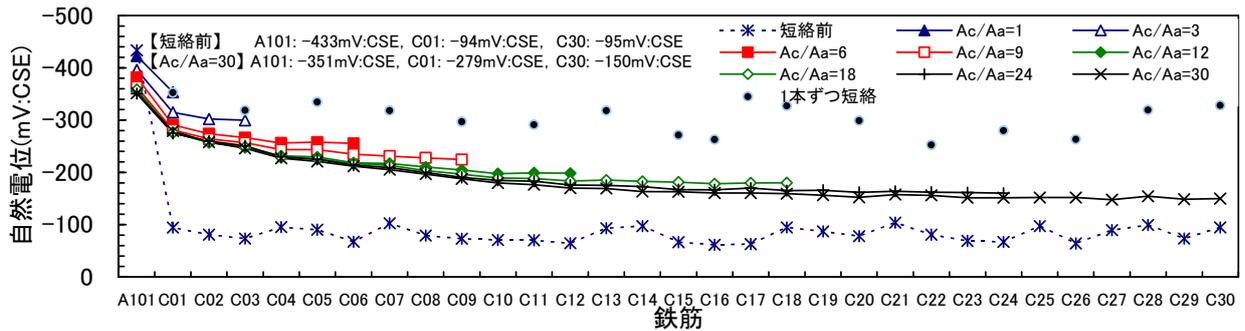


図-18 アノード鉄筋を A101 とした際の自然電位の分布

測定には飽和塩化銀電極を使用し、計測値から 120mV を差し引いて飽和硫酸銅電極基準とした。局所的なアノード部によりマクロセル腐食が生じている場合の自然電位の変動を明らかにするため、まず短絡前の各鉄筋の自然電位を測定した。その後、短絡するカソード鉄筋の本数を変え、Ac/Aa(Aa, Ac : アノード, カソード鉄筋の表面積)を徐々に増加させて自然電位とマクロセル腐食電流を測定した。カソード鉄筋の本数は、各アノード鉄筋に近い側から 1, 3, 6, 9, 12 本と増やし、その後は 6 本ずつ加えて 30 本までとした。また、アノード鉄筋とカソード鉄筋の距離と自然電位の関係を検討するため、各カソード鉄筋を 1 本ずつ短絡した場合の測定も行った。

4. 2. 2 結果および考察

図-18に、アノード鉄筋(A101)とカソード鉄筋の短絡前後の自然電位を示す。ここでは各鉄筋の直上で測定した自然電位を表示する。短絡前の自然電位は、アノード鉄筋で約-430mV:CSE、カソード鉄筋で-50~-110mV:CSEであった。両鉄筋を短絡すると、自然電位はアノード鉄筋で貴に、カソード鉄筋で卑に変化し、複数のカソード鉄筋と短絡した際の自然電位の分布はなだらかな勾配を示した。どのアノード鉄筋を用いた場合も、同様の結果が得られた。

図-19に、Ac/Aaを変化させた場合のアノード鉄筋(A102とA052)とこれに最も近いカソード鉄筋(A102ではC01, A052ではC30)の自然電位の推移を示す。

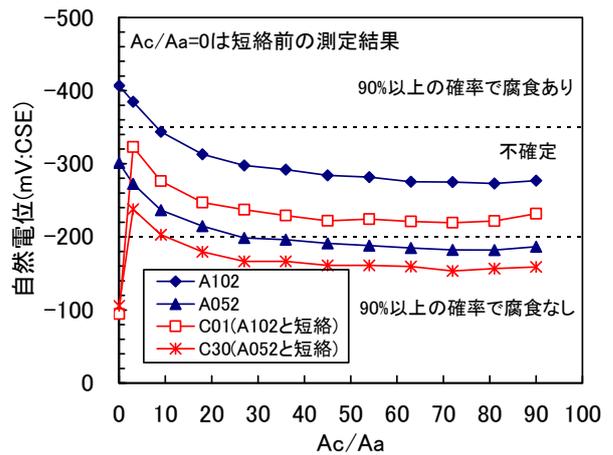


図-19 Ac/Aa と自然電位の推移

参考のため、ASTM C 876の腐食判定基準も表示する。アノード鉄筋の自然電位はAc/Aaの増加とともに徐々に貴化した後、一定値に留まる傾向にあった。A102では短絡前に約-400mV:CSEあった自然電位が-350mV:CSEよりも貴になり、A051とA052では最終的に-200mV:CSEよりも貴になった。すなわち、マクロセル腐食が生じたアノード鉄筋にASTM C 876の判定をそのまま当てはめると、実際の鉄筋の腐食状態とは異なる結果が得られる可能性が高いと考えられる。一方、各アノード鉄筋に最も近いカソード鉄筋の自然電位は、Ac/Aaが小さいほど分極により卑化する電位量が大きく、Ac/Aaが大きくなるに伴い短絡前の自然電位、すなわち、本来の自然電位へと

戻りつつあった。このように各鉄筋の自然電位の変動がAc/Aaの増加とともに徐々に収束する原因は、Ac/Aaが比較的小さい段階ではマクロセル腐食による腐食速度がAc/Aaに律速されるが、ある時点でアノード鉄筋の腐食反応が限界に達するため、カソード鉄筋の本数を増やしてもマクロセル腐食の進行には寄与しなくなるためと考えられる。また、分極後にもアノード鉄筋とカソード鉄筋の自然電位には明確な差があり、マクロセル腐食が生じている場合にも自然電位の分布傾向を把握すれば両者の識別が不可能になることはないと考えられる。

図-18では、Ac/Aaを最大にした場合、カソード鉄筋の卑化する電位量はアノード鉄筋に近いほど大きく、遠いほど小さくなり、自然電位の分布に勾配が生じていた。ところが、各カソード鉄筋を1本ずつ短絡した場合の自然電位は、アノード鉄筋との距離に関わらず、-300mV:CSE程度に卑化した。これは、各カソード鉄筋を1本ずつ短絡した場合はAc/Aaが小さいため全ての鉄筋で分極の影響が同程度生じたが、Ac/Aaを最大とした場合はアノード鉄筋の腐食反応が既に限界に達しており、これに近いカソード鉄筋ほどマクロセルの形成に寄与したためと考えられる。

塩害環境下のコンクリート構造物で塩化物イオンが局所的に鉄筋位置まで浸透してマクロセル腐食が生じている場合には、Ac/Aaが極めて大きくなる可能性が高く、アノード部の自然電位は分極による貴化が収束した状態にあると考えられる。このような場合、当該鉄筋の自然電位の測定値のみでは鉄筋腐食の判定を必ずしも正確に行うことができない。実際に、上述した実構造物の測定結果において、PC橋のPC5では約-320mV:CSEの自然電位が測定されたにも関わらず、局所的な腐食が生じていた。ただし、M供試体の測定結果でも明らかになったように、分極後の自然電位は、アノード部が最も卑な値を示してなだらかな勾配を形成するため、等電位線図などを用い、自然電位の分布から最も卑な測定値が得られた箇所を特定することにより、局所的な腐食箇所を検出できると考えられる。

5. まとめ

本研究では、自然電位法を用いた鉄筋腐食診断技術の精度を向上させることを目的として、実構造物の測定および供試体を用いた模擬実験を実施し、適切な測定方法と維持管理での活用方法を検討した。本研究の範囲内で得られた知見を以下にまとめる。

塩害環境下にあるコンクリート橋の自然電位測定方法(案)

1. 適用の範囲
2. 測定範囲
 - ① 測定装置
 - ② 測定前の準備
 - ③ 自然電位の測定
3. 測定値の換算
4. 鋼材腐食の推定
5. 塩化物イオン含有量・はつり調査箇所の選定
6. 報告
7. 適用事例

図-20 自然電位測定方法(案)の目次

- (1) 塩害環境下にあるコンクリート橋では、自然電位が測定時の気温や測定前の散水時間の違いにより変動したが、等電位線図を用いて自然電位の分布を精査することにより、塩化物イオン濃度の高い箇所や局所的な腐食箇所を検出することができた。局所的な腐食箇所を適切に把握するためには、測定点間隔を鉄筋の配筋間隔あるいは300mm程度以下に確保することが必要である。
- (2) 自然電位は、気温の変化に連動して周期的に変動し、かぶりが小さく腐食環境にある鉄筋では降雨による鉄筋近傍の含水状態の変化に伴う短期的な変動が生じた。自然電位の変動範囲は、腐食環境にあるかぶり10mmの鉄筋で約200~300mV、それ以外の鉄筋で約150mVとなった。
- (3) 塩化物イオンが局所的に鉄筋位置まで浸透してマクロセル腐食が生じている場合には、分極により当該鉄筋本来の自然電位を測定することができない。この際、既存の腐食判定基準と鉄筋の腐食状態が一致しない可能性があり、測定値のみから腐食状態を判定することが困難となる。ただし、等電位線図などを用いて、自然電位の分布から最も卑な測定値が得られた箇所を把握することにより、局所的な鉄筋腐食を検出できることを確認した。これらの検討結果を踏まえ、「塩害環境下にあるコンクリート橋の自然電位測定方法(案)」を提案した。この目次を図-20に示す。この提案内容の一部は、国土交通省が作成中の「塩害橋梁維持管理マニュアル(案)」にも反映する予定である。

参考文献

- 1) ASTM C 876-91(Reapproved 1999) : Standard test method for half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in

concrete, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 03.02, pp.457-462, 1999

- 2) 土木学会:コンクリート構造物における自然電位測定方法(JSCE-E601-2000)・同解説, 鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向(その 2)-コンクリート委員会腐食防食小委員会(2 期目)報告-, コンクリート技術シリーズ 30, pp.248-256, 2000
- 3) 中村英佑, 渡辺博志, 小松原健, 松塚忠政: 自然電位法を用いた塩害橋梁の塩化物イオン濃度測定位置の選定方法, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 5 部, Vol.61, pp.589-590, 2006
- 4) 中村英佑, 渡辺博志, 井川一弘, 中村雅之: 自然電位法による塩害を受けたコンクリート橋の鉄筋腐食診断方法に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, 投稿中
- 5) 独立行政法人土木研究所技術推進本部構造物マネジメント技術チーム, 日本構造物診断技術協会: 自然電位法による鉄筋腐食診断技術に関する共同研究報告書, 共同研究報告書第 357 号, p.125, 2007
- 6) 小松原健, 渡辺博志, 中村英佑: 実構造物における自然電位測定方法に関する研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 6 部, Vol.61, pp.273-274, 2006
- 7) 井川一弘, 渡辺博志, 渡辺寛: コンクリート中鋼材の自然電位の測定方法に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.1, pp.1769-1774, 2003
- 8) 河野広隆, 渡辺博志ほか: コンクリート構造物の鉄筋腐食診断技術に関する共同研究報告書-自然電位法・分極抵抗法による鉄筋腐食診断-, 共同研究報告書第 294 号, p.84, 2003
- 9) 小松原健, 渡辺博志, 古賀裕久, 中村英佑: 塩害を受けたコンクリート構造物の塩化物イオン量の分布状況, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.2051-2056, 2006
- 10) 中村英佑, 渡辺博志, 小松原健: 塩害環境下のコンクリート中鋼材のマクロセル腐食に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1031-1036, 2006

【英文要旨】

The detection of the reinforcement corrosion prior to the serious deterioration such as falling, cracking and rust fluid is indispensable for the rational maintenance of existing concrete structures. The aim of this research project is to improve the reliability of the half-cell potential technique and propose its application to the maintenance strategy. The authors conducted the research work on the existing RC and PC bridges near the coastline and some specimens in the laboratory. The half-cell potential readings were found to be varied according to the measurement condition and the macrocell corrosion. However, the potential mapping was able to detect the high chloride ion content points and localized corrosion sites in spite of their ambiguous fluctuation.