

電気力でコンクリートを守る

チタングリッド陽極を用いた電気防食工法による補修事例

渡辺 寛

WATANABE Hiroshi

正会員

㈱ピ・エス三菱 土木本部メンテナンス部 課長

石井浩司

ISHII Kouji

正会員 工博

㈱ピ・エス三菱 土木本部メンテナンス部 課長

チタングリッド工法は、鋼材腐食を電気化学的に抑制する電気防食工法での一つである。帯状のチタングリッド陽極を一定の間隔でコンクリート中に埋設することにより、全面を覆う他の電気防食工法と比較して、構造条件や補修設計条件などにフレキシブルに対応できる。すなわち、再補修を必要とした構造物、剥落対策工法や補強工法との併用を必要とした構造物および新設構造物など、あらゆるコンクリート構造物に経済的に適用できる。本稿では、チタングリッド工法の概要を説明するとともに、その特徴を生かした適用事例についても報告する。

神話の崩壊

わが国においては、20世紀初頭からコンクリート構造物が建設され始め、半永久構造物との認識で高度成長期以降、多くの構造物が建設されてきた。これら建設された構造物は、土木分野に限らず建築分野においても重要な社会資本を形成してきた。

ところが、1970年代以降、十分に洗浄されていない海砂を使用したコンクリート構造物や、海岸近くで飛来塩分が多量に供給される構造物において、コンクリート中の鋼材が腐食する現象が顕在化した。これらは、予定していた構造物の寿命よりも著しく早く損傷が開始しており、塩害とよばれた。コンクリート構造物の「半永久構造物」という神話の崩壊である。

塩害劣化のメカニズムの解明、対処方法を開発すべく研究が開始された。当初、損傷を受けた箇所の断面を復旧し、現状より塩分が浸透しないようにコンクリート表面にエポキシ樹脂の塗装を行ったが、鋼材腐食を完全に抑制することはできなかった。

電気防食工法の登場

電気防食は、電気化学反応を利用した抜本的な防食技術で、鋼構造物の防食技術としての歴史は古い。

一方、コンクリート構造物へは1970年代、アメリカにおいて橋梁床版に適用されたのが最初¹⁾、わが国においては、1980年代に日本海沿岸に位置する鉄筋コンクリート橋に初めて適用された²⁾。

有望な工法として注目を集め、さまざまな研究機関が研

究・開発を開始した。室内試験や長期暴露試験の結果から電気防食の良好な防食効果が確認され、さらに、さまざまな方式の電気防食工法が開発された。2001年には土木学会から設計施工指針(案)が出版されるまでに至った。

電気防食工法は、コンクリート中に多量の塩分が存在しても鉄筋腐食を抑制することができるために、補修時に塩分を含んだコンクリートを除去する必要はない。電気防食のシステムと原理は図-1に示すとおりである。コンクリート表面に優れた腐食耐久性を有する陽極材とよばれる材料を設置し、直流電源のプラス極に、コンクリート中の鉄筋をマイナス極に接続し、陽極材からコンクリート中の鋼材へ20 mA/m²程度(コンクリート表面積当たり)の直流電流を流す。その結果、鋼材腐食の源である腐食部と健全部との電位差(一種のエネルギー差と考えれば理解しやすい)が小さくなり、鋼材腐食が停止する。

図-2に示すように、電気防食工法はコンクリート表面全面に陽極材を設置する面状陽極方式、帯状の陽極材を一定

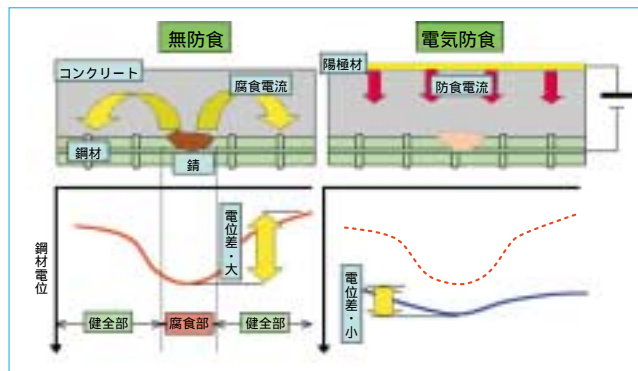


図-1 電気防食工法システムと防食原理

間隔でコンクリート中に埋設する線状陽極方式および棒状陽極材をコンクリート内に埋設する点状陽極方式に分かれる³⁾。

チタングリッド工法の特徴

チタングリッド工法は、図2のように、一定の間隔でコンクリート表面に溝を切削し、その溝に帯状のチタングリッド陽極を埋設するものである。線状陽極方式の一種であり、下記に示す特徴を有している。

維持管理が容易

陽極材とその被覆材がコンクリート表面全体を覆うことがないため、不慮の原因で生じた変状を発見しやすい。

陽極被覆材の耐久性が高い

切削した溝内の陽極材はセメント系材料で充填され被覆される。被覆材であるセメント系材料はコンクリートと3面で付着しており、また、コンクリート表面全体を覆うことにはないために上部からの漏水を遮断することに起因する被覆材の浮きがなく、他の電気防食工法に比べ、被覆材の耐久性が高くなる。

死荷重の増加が小さい

前述のとおり、被覆材がコンクリート表面全体を覆わないため、死荷重がほとんど増加しない。損傷が大きい構造物は耐力が低下している場合があるため、死荷重を増加させない本工法は有効である。

剥落防止・補強工法など、他工法との併用が容易

剥落防止工法や補強工法は、樹脂を用いてビニロン繊維や炭素繊維をコンクリート表面に貼り付ける必要がある。電気防食を正常に作動させるためには陽極設置位置に樹脂を塗布することは望ましくない。コンクリート表面全体を覆うことなく線状に陽極を配置する本工法は、剥落防止・補強工法など他工法との併用が容易になる。

新設構造物への適用が容易

新設構造物に電気防食を適用する場合、コンクリート打設前に陽極を設置しておくことにより、溝切りが不要となり経済的となる。また、コンクリート打設時の陽極の破損や鉄筋との接触を防止するハイブリッド陽極が開発されている。本陽極を使用することで新設構造物への適用は容易である。

チタングリッド工法の適用事例と開発

再補修構造物への適用

一度補修された構造物は、コンクリート表面が樹脂塗装されている場合が多い。コンクリート表面が樹脂塗装されている場合、樹脂が絶縁体となり鉄筋に電気を供給できないため、一度補修された構造物に電気防食を適用する場合は樹脂を除去するための工程が加わる。チタングリッド工法では、コンクリート表面に溝を切削すると同時に樹脂も除去さ

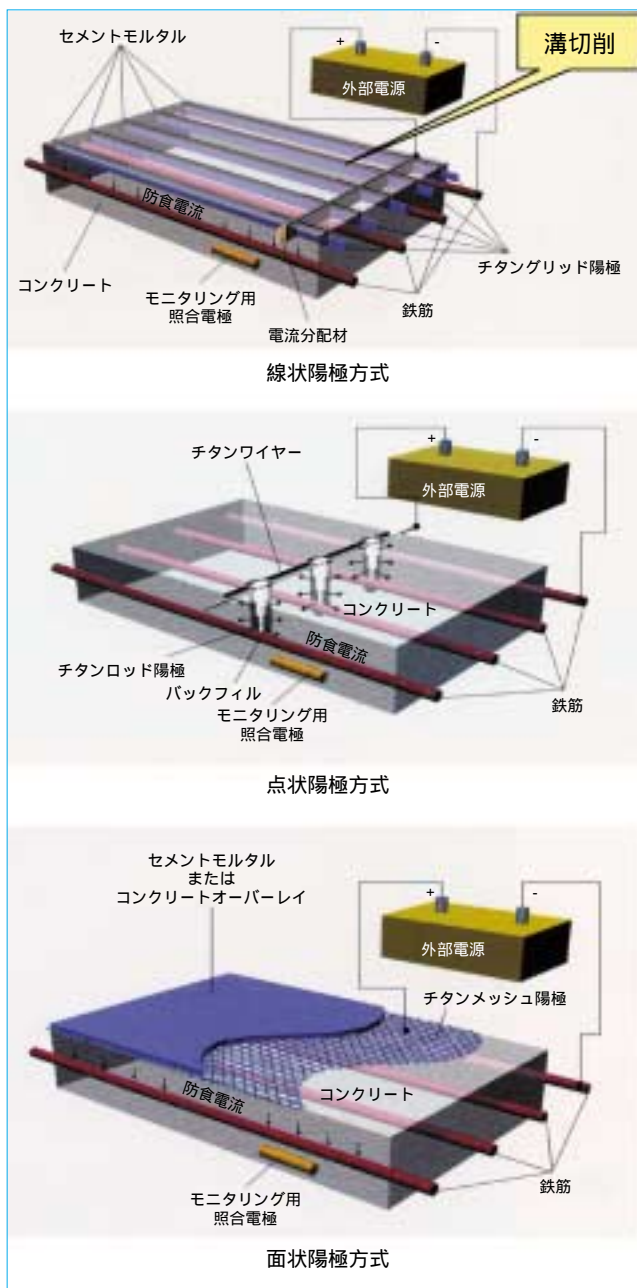


図-2 電気防食工法の種類³⁾

れるために樹脂を除去する工程が不要となり、再補修構造物へ適用する場合は経済的となる。

【事例】(写真-1)

構造形式：プレストレストコンクリートT桁橋
竣工：1980年代

損傷原因：海から飛来する塩分

補修履歴：1990年代 断面修復と樹脂塗装の併用

剥落防止工法との併用

一部の電気防食工法を除き、陽極を設置した後にセメント系材料を使用して陽極を被覆する。構造物は供用中の活荷重による変形、振動および漏水などが原因で将来、損傷部の断面修復材や陽極被覆材の浮きや剥離が生じる可能性がある。

構造物が跨線橋，跨道橋などの場合，断面修復材や陽極被覆材が剥落すると第三者災害を引き起こす可能性があるために剥落対策を併用することが望ましい。

電気防食を作動させた場合，陽極表面上で酸素発生反応が生じるが，陽極被覆材を剥落防止のためにエポキシ樹脂などで覆うと，発生した酸素の外部環境への発散を妨げることになる。その結果，電気防食の良好な作動を妨げたり，発生した酸素により樹脂の浮きや剥離が生じる場合がある。チタングリッド工法は，陽極の設置箇所を除き，エポキシ樹脂を塗装できるため，剥落防止対策との併用が可能となる。

【事例】(写真-2)

構造形式：鉄筋コンクリ - ト跨道橋

損傷原因：洗浄不足の海砂使用

竣工：1970年代

新設構造物への適用

新設構造物に電気防食を適用する場合，コンクリ - ト打設前に陽極材を型枠内に設置しておく必要がある。しかしながら，コンクリ - ト打設時の振動やパイプ - タの陽極への接触により，陽極材が鉄筋に接触したり，損傷したりすることが懸念される。その対策として，チタングリッド陽極をモルタルで被覆したハイブリッド陽極が開発され，これを使用することで新設構造物へのチタングリッド工法の適用が容易になった。このハイブリッド陽極は，新設構造物のほかにも，大断面修復箇所にも適用できる。本陽極を大断面修復箇所に使用することにより溝の切削が不要となるために経済的となる。

【事例】(写真-3)

構造形式：プレストレストコンクリ - ト床版橋

竣工：2000年

溝切削の機械化

チタングリッド陽極を埋設する溝，特に構造物下面を切削することに多大な労力が必要であった。写真4に示す溝切削の機械化に成功した結果，労働条件の改善や労力低減と工期短縮に伴うコスト縮減につながった。

おわりに

チタングリッド工法も含め，電気防食工法は鋼材腐食の抑制工法として有効な方法であるが，施工費が高いといわれている。耐久性に優れた材料を使用していることもあるが，さらなる開発，機械化を推し進めて，コスト縮減に努めたいと考えている。

参考文献

- 1 - Concrete Society : Cathodic Protection of Reinforced Concrete , Technical Report No.36 , p.9 , 1989
- 2 - 山本 悟・田中柳之助・坂本浩之：実橋のコンクリ - ト桁における電気防食試験，鉄筋腐食による損傷を受けたコンクリ - ト構造物の



写真-1 チタングリッド陽極の設置



写真-2 剥落防止工法との併用



写真-3 ハイブリッド陽極の設置



写真-4 溝切削の機械化

- 補修技術に関するシンポジウム，pp.111-116，1989
- 3 - コンクリ - ト構造物の電気化学的補修工法研究会カタログ