

# (46) 炭素繊維接着による鋼板の電食に関する一考察

中井 章人<sup>1</sup>・北田 俊行<sup>2</sup>・松村 政秀<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 大阪市立大学大学院 工学研究科都市系専攻 前期博士課程1年生  
(〒558-8585大阪府大阪市住吉区杉本3-3-138)

E-mail: nakai@brdg.civil.eng.osaka-cu.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 大阪市立大学大学院教授 工学研究科都市系専攻 (〒558-8585大阪府大阪市住吉区杉本3-3-138)

E-mail: kitada@civil.eng.osaka-cu.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 大阪市立大学大学院講師 工学研究科都市系専攻 (〒558-8585大阪府大阪市住吉区杉本3-3-138)

E-mail: m\_matsu@civil.eng.osaka-cu.ac.jp

近年、鋼橋の耐久性向上と維持管理の合理化とが大きな課題となっている。また、鋼構造物の補修・補強を目的として、施工性・環境面にも有利と考えられる炭素繊維の鋼構造物への適用に関する研究がすすめられている。しかし、全国的に見ても実鋼構造物への炭素繊維の適用事例は、数例にとどまっている。この主な原因には、確立された技術となるための十分な数の実験が実施されていないことや、炭素による鋼材の電食の可能性が指摘されていることが考えられる。

本研究では、鋼板と炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 板を用いた小型実験を実施し、CFRP 板を鋼板に貼付した場合の鋼材の電食の可能性に関する基礎的資料の収集を行っている。

*Key Words : carbon fiber, electrolytic corrosion, steel plates*

## 1. はじめに

道路橋は、橋長 15 m以上のものだけでも全国に約 13 万橋が供用されており、社会基盤構造物として重要な役割を担っている。総延長の約半数が鋼橋であり、鋼橋の上部構造の損傷に伴う架け替えの主な理由には、鋼材の腐食が挙げられる。とくに、架設後、30 年以上経過した鋼橋において、耐久性と維持管理が大きな課題となっている<sup>1)</sup>。ここで、鋼板の腐食は板厚の減少を招き、耐荷力の不足にも繋がることから、老朽化した鋼構造物の延命を図る上で、耐荷力不足を補う補強を行うとともに、鋼板の腐食を防止することが重要である。

鋼板の腐食防止には、塗装の塗布が最も簡単で効果的な方法として一般的に用いられている。しかしながら、塗装の推定耐久年数は 10~20 年であり、塗装の塗り替えがライフサイクルコスト (LCC) に占める割合が大きいたことが指摘されている<sup>2)</sup>。

鋼部材の耐荷力の向上には、既存の材料に比べて強さおよび弾性率が高く、軽量かつ劣化もほとんどないことから、施工性・環境面にも有利と考えられる炭素繊維の利用に関する研究がすすめられており、炭素繊維を用いた実施工例も報告されている<sup>3)</sup>。しかしながら、全国的

に見ても実鋼構造物への炭素繊維の適用事例は数例に留まっている。この主な原因には、確立された技術となるための十分な数の実験が実施されていないことに加えて、炭素による鋼材の電食の可能性が考えられる。

そこで、本研究では、鋼板を CFRP 板で補強した構造を想定してモデル化した小型実験を実施し、鋼板に貼付した CFRP 板による鋼材の電食の可能性に関する基礎的資料の収集を行っている。

## 2. 実験概要

実験では、鋼板 (50×200×1.6mm) と CFRP 板 (50×200×1.2mm, 材料特性を表-1 に示す) とを直流電源に接続し、2 枚の試験体の間に定電流 (試行実験の結果より 40mA とした) を 300 分間通電し、その間 10 分ごとに電圧を計測することにより腐食の様子を観察する。

実験条件は、鋼板と CFRP 板との間の距離が 0, 40mm (D0, D40)、およびパテ状のエポキシ樹脂 (ER) で接着したものの 3 種類、流電電流を通電しないもの (1) および腐食を促進する方向に通電するもの (2) の 2 種類、あわせて 5 種類の条件でこれらの供試体の

50mm を塩化ナトリウム水溶液（3.5%）中に浸した状態で実験を行った．図-1 および図-2 には供試体の設置条件を，表-2 には各供試体と試験条件とを示す．

表-1 CFRP 板の性能

項目	種類	高強度
引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )		2353.6
弾性係数(10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> )		152.0
伸び (%)		1.9
形状	厚さ(mm)	約1.2
	幅 (mm)	50
繊維体積含有率 (%)		60 ~ 70

表-2 実験の種類

実験名	通電条件	電流方向
D40-L-1	NaCl溶液中(L)	電源不使用(1)
D40-L-2		腐食促進方向(2)
ER-L-1	空气中(A)	電源不使用(1)
ER-L-2		腐食促進方向(2)
D0-A-1	空气中(A)	電源不使用(1)
D0-A-2		腐食促進方向(2)

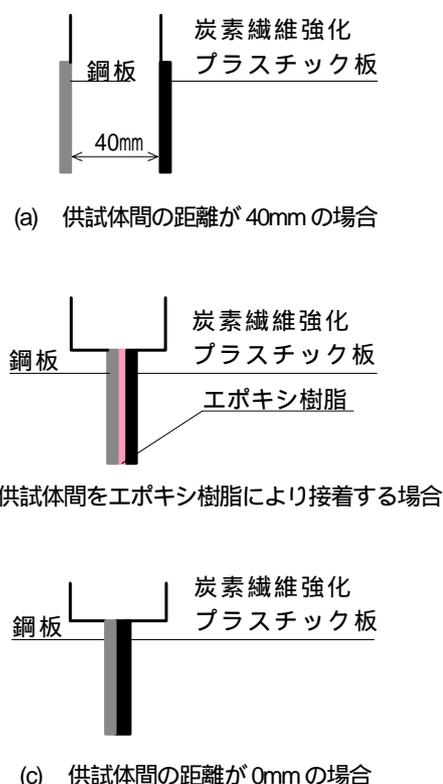
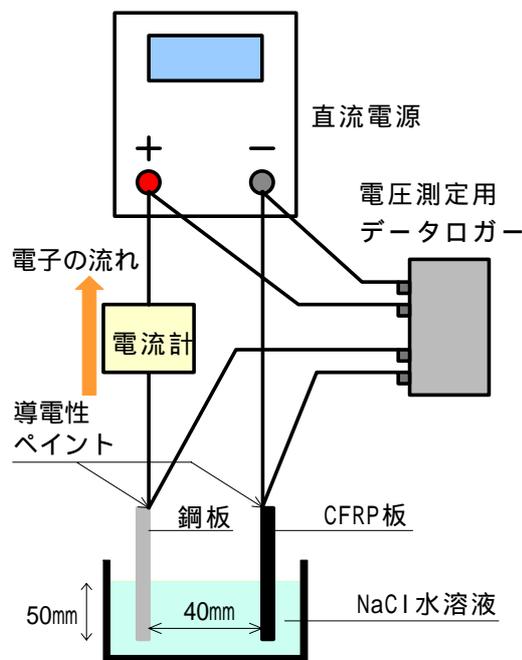


図-1 供試体間の設置条件



### 3. 実験結果

#### (1) 経過時間と電流・電圧との関係

図-3 および図-4 は，D40-L-1 における時間とそれぞれ電圧・電流との関係を表したものである．これらの図によると時間の経過につれて，電圧・電流とも増加する傾向が見られる．計測開始からおよそ 200 分経過した時点で電圧は 21 ~ 22mV で，電流は 2.3 ~ 2.4mA でほぼ一定となった．塩化ナトリウム水溶液中のイオンが，電子の移動を活性化し，鋼板の腐食が進行しやすい状態であることがわかる．

図-5 は，定電流直流化電源で鋼板の腐食を促進する方向におよそ 40mA の一定電流を流電している D40-L-2 における時間と電圧との関係を示したものである．時間の経過とともに，電圧が減少する傾向が見られ，計測開始からおよそ 200 分経過した時点で，0.8V でほぼ一定となった．電圧の減少は，D40-L-1 と同様，腐食が進行しやすい状態であることを示している．

図-6 および図-7 は，鋼板と CFRP 板とをエポキシ樹脂で接着している ER-L-1 における時間と電圧・電流の関係を示したものである．D40-L-1 の結果と比べると，電流の値が D40-L-1 の約 1/2 程度となっている．これは，鋼板の片側にエポキシ樹脂を塗布しているため腐食面積が，D40-L-1 と比べて約 1/2 になったためである．また，電圧の値が著しく低いことがわかる．これは，ER-L-1 の極板間の距離が 40mm に設定した D40-L-1 に比べ，非常に短いため抵抗値が減少したこと，および電流の値が

D40-L-1 と比べて減少したことによるものと考えられる。

電圧・電流の値とも、計測開始から 100 分を経過してから、D40-L-1 と比べると微小ではあるが、増加する傾向がみられ、D40-L-1 と同様に腐食が進行している。

図-8 は、ER-L-2 における時間と電圧との関係を示したものである。ER-L-2 も D40-L-2 と同様の傾向がみられ、時間の経過とともに電圧が減少し、計測開始からおよそ 200 分経過した時点で、1.1V でほぼ一定となった。D40-L-2 と比べて、電圧の値が高いのは、通電できる（腐食する）面積が約 1/2 になったにもかかわらず、D40-L-2 と同様の 40mA の一定電流を通電したためである。

D0-A-1 は、D40-L-1 や ER-L-1 と同様に実験を行ったが電圧・電流ともに値を示さなかった。つまり、鋼板と CFRP 板との間で電子の移動がないことを示しており、鋼板は腐食していないと考えられる。

図-9 は、D0-A-2 における時間と電圧との関係を示したものである。D0-A-2 における電圧の値は、D40-L-2 や ER-L-2 に比べるとかなり小さい。このことから、腐食を促進させる方向に通電しても鋼板の腐食が進行していないことがわかる。

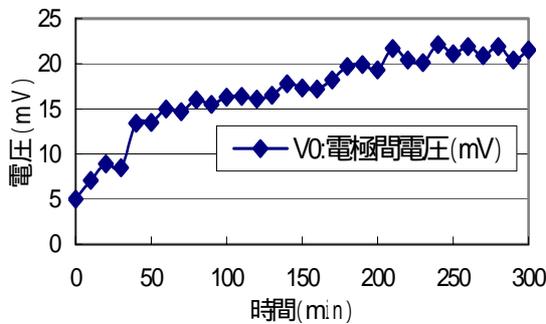


図-3 D40-L-1 における時間と電圧との関係

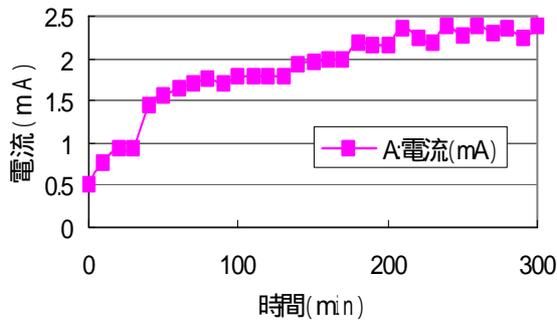


図-4 D40-L-1 における時間と電流との関係

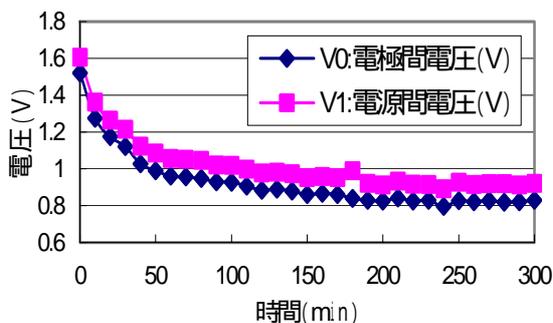


図-5 D40-L-2 における時間と電圧との関係

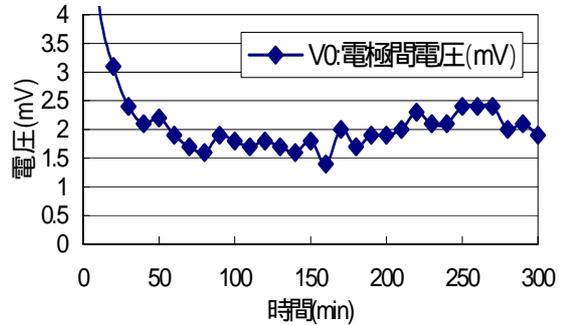


図-6 ER-L-1 における時間と電圧との関係

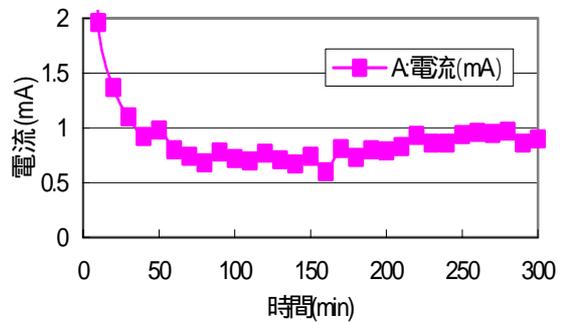


図-7 ER-L-1 における時間と電流との関係

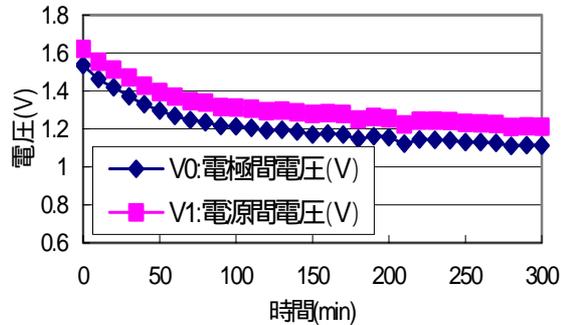


図-8 ER-L-2 における時間と電圧との関係

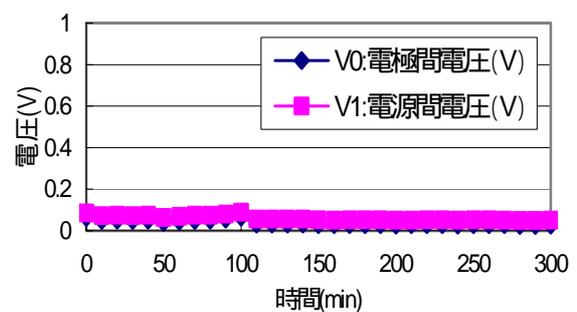


図-9 D0-A-2 における時間と電圧との関係

## (2) 単位面積腐食量

通電前・後で、それぞれの鋼板の質量を計測し、その差を腐食量 $C_0$  (mg) とし、 $C_0$ を鋼板の面積 $A_S$  ( $\text{mm}^2$ ) で除したものを単位面積腐食量 $C$  ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ ) と定義した。各実験の単位面積腐食量 $C$ をまとめたものを表-3 に示す。

表-3 によると、NaCl 水溶液中に供試体を浸し、かつ

表-3 各供試体の単位面積腐食量

実験名	単位面積腐食量 $C$ ( $\text{mg}/\text{mm}^2$ )
D40-L-1	0.0283
D40-L-2	0.1226
ER-L-1	0.0372
ER-L-2	0.0836
D0-A-1	0.0000
D0-A-2	0.0000

腐食を促進する方向に通電する場合には、通電しない場合に比べ鋼板の腐食の発生が顕著に認められ、通電しない場合でも、鋼板の腐食の発生が認められる。一方、空気中で通電しない場合、空気中で腐食を促進する方向に通電した場合はともに腐食の発生は認められず、CFRP 板と鋼板が直接接していても空気中であれば、電食の可能性は低いと思われる。このことから、CFRP 板と鋼板が水分を介して接触する場合には鋼板の電食の可能性が確認できる。

## 4. まとめ

# A CONSIDERATION ON ELECTROLYTIC CORROSION POSSIBILITY OF STEEL PLATES BONDING CARBON FIBER

Akihito NAKAI, Toshiyuki KITADA and Masahide MATSUMURA

Recently, improvements in durability and developments of rational maintenance technique of steel bridge become one of the big issues. Then, researches on application of carbon fiber, which is advantageous in practical and environmental aspects, to steel structure are undergoing. However, carbon fiber is not applied to many actual steel structures, because the loading test and analysis is conducted in a limited condition and number and the occurrence of the electrolytic corrosion is pointed out in applying carbon fiber to steel members.

In this paper, the occurrence of electrolytic corrosion of steel plates strengthened by carbon fiber reinforced plastics (CFRP) is investigated through a partial experiment using steel plates with CFRP plates.

本研究では、炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 板を鋼板に貼付した場合の鋼材の電食の可能性を通電実験により検討した。主な結果は以下の通りである。

1. CFRP 板と鋼板とが、水分を介して接触する場合には、電子の移動が起こるために鋼板の電食の可能性はある。
2. CFRP 板と鋼板とが、たとえ直接接していても CFRP 板と鋼板との間に水分がなければ、鋼板の電食の可能性はほとんどないことを確認した。

本実験では、空気中では CFRP 板により鋼材が電食する可能性は極めて低いことをデータで示した。しかし、湿度の高い場所、結露しやすい部位などは、CFRP 板と鋼材と水分とで電池を構成し、局部的に腐食する可能性が非常に高いと予想できる。したがって今後、乾湿を繰り返す外部で、かつ長期間の実験を行う必要がある。

## 参考文献

- 1) 土木学会メンテナンス工学連合小委員会：社会基盤メンテナンス工学，東京大学出版会，pp.93-98，2004.3
- 2) 日本鋼構造協会・鋼橋の性能照査型設計対応研究委員会。鋼橋の腐食・LLC 部会：鋼橋の LLC 評価と防食設計，pp.57-84，2002.9
- 3) 例えば，吉原 聡，北田俊行，松村政秀，中本 寛，木田秀人：炭素繊維シート巻立工法による円形断面工法鋼製橋脚柱の既設構造物の耐震補強に関するシンポジウム論文集，土木学会，地震工学委員会，pp.63-70，2002.11