# 電着工法を適用した鉄筋コンクリート梁の曲げ特性の検討

安藤ハザマ　正会員　○齋藤　淳
九州電力（株）　山本　周
京都大学大学院　正会員　西田孝弘
東京工業大学　フェロー会員　大即信明

## １．はじめに

電着工法は，電気化学的補修の一つであり，主として海水中の鉄筋コンクリート構造物の防食工法として適用されている．筆者らは，この電着工法を陸上の鉄筋コンクリート構造物に適用すべく研究を行っている[1)]．本論文では，干満帯に約 40 年間曝露された鉄筋コンクリート梁供試体（以下，40 年曝露供試体）を用いた実験を行い，電着工法を適用した鉄筋コンクリート梁の曲げ特性を検討した．

## ２．実験の概要

40 年曝露供試体の水セメント比は 70%であり，寸法は幅 150mm，高さ 300mm，長さ 1800mm である．本実験には同じ配筋の 3 体の供試体を用いた．いずれの供試体にも主鉄筋に沿ったひび割れが発生しており錆汁も認められた．40 年曝露供試体から採取したコアの圧縮強度は 45.8N/mm$^2$ であり，コンクリート自体は十分な強度を有していた．実験ケースを**表-1** に，供試体の配筋および曲げ載荷点と支点の位置を**図-1** に示す．

電着工法による補修の前後で計 2 回の曲げ載荷実験を行い，補修による曲げ特性の変化を評価した．補修前の 1 回目の載荷では，供試体中央部上端面のひずみが 200 $\mu$ を示したら除荷し，補修後の 2 回目の載荷は破壊に至るまで載荷を継続した．なお，無補修のケース 1 についても，比較のため，同様の 2 回の載荷を行った．

また，陸上で電着工法を適用する場合に課題となる電解質溶液の供給は，安価で取り扱いが容易な資機材により，コンクリート表面に水膜を形成できる給水養生装置を活用して，**図-2** のように施工した．

## ３．実験結果

### 3.1　電着物質の析出結果

実験ケース 2，3 では，1 回目の曲げ載荷後に電着工法による補修を行った．電解質溶液は 0.1mol/l の $Mg(CH_3COO)_2$ 水溶液とし，電流密度 1.0A/m$^2$ にて 2 週間の通電を行った．

実験ケース 2 の供試体は，電着物による供試体表面の被覆率は高くは

表-1　実験ケース

| 実験ケース | 仮設陽極材の種類 | 補修と実験の概要 |
|---|---|---|
| 1 | ― | 補修を実施しない |
| 2 | チタンメッシュ | 1 回目の曲げ載荷後に，電着工法を 2 週間適用し，その後 2 回目の曲げ載荷を行う |
| 3 | 炭素繊維シート | 1 回目の曲げ載荷後に，電着工法を 2 週間適用した．その後，気泡緩衝シートと炭素繊維シート（仮設陽極材）の間に超低粘度エポキシ樹脂を流し込み，炭素繊維シートを供試体に貼りつけ，樹脂硬化後に 2 回目の曲げ載荷を行う |

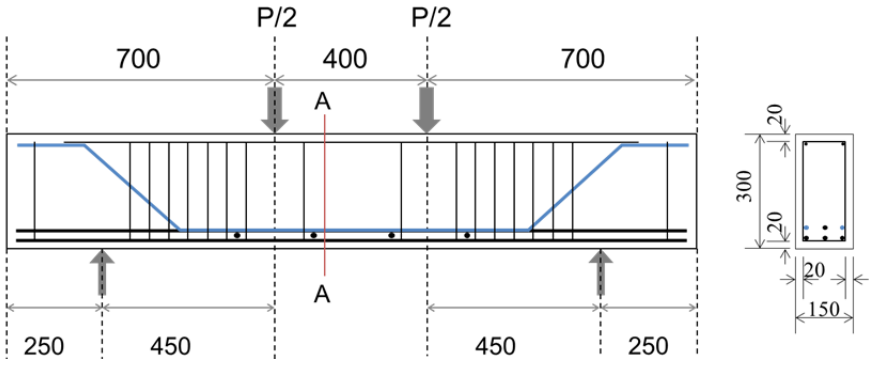


図-1　供試体の配筋および曲げ載荷点と支点の位置

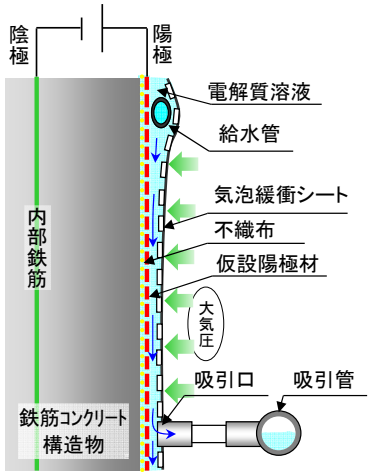


図-2　給水養生装置を用いた施工方法

キーワード　電着工法，電気化学的補修，長寿命化，給水養生装置
連絡先　〒305-0822　茨城県つくば市苅間 515-1 安藤ハザマ　技術研究所　ＴＥＬ029-858-8813

なかったものの，ひび割れは電着物で十分に閉塞されており，内部鉄筋の不動態が確認された．

一方，実験ケース 3 は，電着終了後に，仮設陽極材として使用した炭素繊維シートをそのまま供試体に接着したため，電着物の析出や内部鉄筋の不動態を確認していないが，既往の研究結果 [1)]を考慮すると実験ケース 2 と同程度の電着効果が得られていたと推察される．

### 3.2 曲げ載荷実験結果

曲げ載荷実験の状況を**写真-1** に示す．また，載荷 1 回目と 2 回目における曲げ剛性 EI を**図-3** に，最大載荷重を**表-2** に示す．なお，曲げ剛性 EI は載荷 1 回目と 2 回目で同じ載荷重（68kN）の測定値を用いて，下式で算出した．

$$EI(kN\cdot m^2) = M \times \frac{h}{\varepsilon_{ct} - \varepsilon_{cc}} = \frac{1}{2} P \cdot a \cdot \frac{h}{\varepsilon_{ct} - \varepsilon_{cc}}$$

ここで，M：曲げモーメント(kN･m$^2$)，$\varepsilon_{ct}$：引張縁ひずみ，$\varepsilon_{cc}$：圧縮縁ひずみ，h：梁せい(m)，P：載荷重(kN)，a：せん断スパン(m)である．

曲げ剛性は，いずれの実験ケースでも 2 回の載荷実験の結果に大きな違いは見られなかった．また，最大載荷重は，いずれの実験ケースでも同程度の値であった．

### 3.3 炭素繊維シートの付着強度試験結果

実験ケース 3 においては，2 回目の曲げ載荷実験後に，炭素繊維シートと供試体の付着強度を建研式引張り試験機にて測定した．試験の結果，**表-3** に示すとおり，1.5N/mm$^2$ を超える付着強度が得られていることが確認された．

## 4．まとめ

40 年曝露供試体を用いた実験を行い，電着工法を適用した鉄筋コンクリート梁の曲げ特性を検討した結果を以下に示す．

(1)電着工法が鉄筋コンクリート梁の曲げ特性に及ぼす影響

実験ケース 1，2 の結果から，電着工法は鉄筋コンクリート梁の曲げ耐力や曲げ剛性へ悪影響を与えないことが確かめられた．

(2)陽極材として使用した炭素繊維シートによる補強効果

炭素繊維シートを貼りつけても耐力は向上しなかった．最大載荷重に至る前の時点で，実験ケース 3 では，他の実験ケースより供試体上部の圧壊が進行していた．梁の下面と側面に炭素繊維シートを貼りつけたことから，曲げ引張が作用する梁下部の補強はできていたが，曲げ圧縮が作用する梁上部の補強効果が得られていないがために，上部が圧壊してしまったことや，炭素繊維シートが電着工法における通電に伴い劣化していることなどが原因として考えられた．

一方で，十分な付着強度が得られたことから，廃棄物となる仮設陽極材を剥落防止工として有効活用できる可能性が見出された．

写真-1 曲げ載荷実験状況

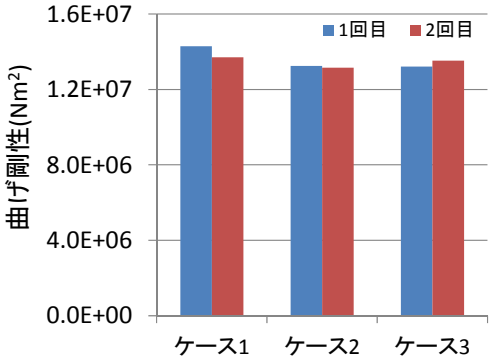


図-3 曲げ剛性（68kN 載荷時点）

表-2 最大載荷重

| 実験ｹｰｽ | 仮設陽極材の種類 | 最大載荷重 |
|---|---|---|
| 1 | — | 331.9kN |
| 2 | チタンメッシュ | 329.7kN |
| 3 | 炭素繊維シート | 311.9kN |

表-3 炭素繊維シートの付着強度

| 破断部位 | 箇所数 | 平均付着強度 |
|---|---|---|
| 引張治具と炭素繊維シート間 | 11 箇所 | 3.05 N/mm$^2$ |
| 炭素繊維シートとコンクリート間 | 1 箇所 | 1.86 N/mm$^2$ |
| 母材 | 0 箇所 | — |

### 参考文献

1）大即信明，西田孝弘，山本周，斎藤淳：鉄筋コンクリートへの電着工法適用時における溶液供給方法としての給水養生の適用，第 41 回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集，pp.61-66，2014.10