

腐食損傷を有する鋼製円管の補修方法に関する実験的検討

長野工業高等専門学校 学生会員 ○岡田 悠吾
 長野工業高等専門学校 正会員 奥山 雄介
 日鉄ケミカル&マテリアル 正会員 秀熊 佑哉

1. はじめに

製鉄、石油精製などの製造業におけるプラント設備では、鉄塔支持型煙突や鉄塔支持型フレアスタックなどの鉄塔には、鋼製円管が用いられている。これらの多くは、建設後 50 年が経過し、現行の耐震基準を満たしていない構造物や、経年劣化により腐食劣化している部材が多数確認されている¹⁾。これらの部材に対しては、部材の置き換えや、溶接やボルトによる当て板添接による補修・補強が用いられている。しかし、プラント設備では、可燃ガスへ引火する危険性や、溶接線による熱ひずみの発生、部材添接による死荷重の増加など問題点が多い。その解決策として、鋼橋の補修・補強工法として多くの検討が実施されている炭素繊維シート接着工法²⁾の適用について検証を行い、これまでに一定の成果を得ることが出来た³⁾。しかし、溶接部や接合部といった場所では、定着長が確保できず炭素繊維シート接着工法では、補修・補強が困難な場合がある。

そこで、本研究では、新素材であるカーボンペーストによる補修の検討を行う。カーボンペーストとは、図-1に示すように、樹脂材料に炭素繊維を混合したもので、炭素繊維シート同様に、部材へ直接塗布するだけであるため、施工が容易で短期間で可能というメリットがある。また、炭素繊維シート接着工法とは異なり、複雑な形状にも整形が容易であるため、シートでの補修が困難な場所でも使用可能と考えられる。本研究では、カーボンペースト塗布による補修効果を明らかにすることを目的として、孔食を模した円孔を有する鋼製円管を用いて圧縮試験を実施する。

2. 試験概要

2.1 試験体

試験に用いる鋼管は、STK400 80A (降伏応力 358 MPa, 外径 $D = 89.1$ mm, 板厚 $t = 2.8$ mm) とし、長さ $L = 2,750$ mm (細長比 90) である。試験体の中央



図-1 カーボンペースト

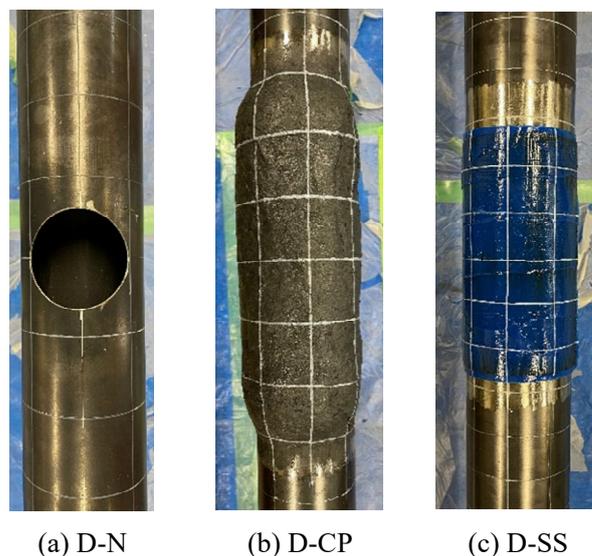


図-2 補修状況

に、孔食を模した断面欠損として、直径 63 mm (25% 欠損) の孔を設けた。試験ケースは、無補修 (D-N)、カーボンペースト補修 (D-CP)、炭素繊維ストランドシート補修 (D-SS) の 3 ケースを実施した。補修状況を図-2に示す。補修方法については、D-CP、D-SSともに孔食部分に針金を巻き付け、そこに樹脂材料を塗布して補修を行っている。補修範囲は、半周 (孔食側) として、D-CP では厚さが 10 mm となるように、D-SS ではストランドシート 1 層として補修を行っている。いずれのケースも、補修材貼り付け後の中立軸の位置が健全時と同等となるように積層数を決定している。

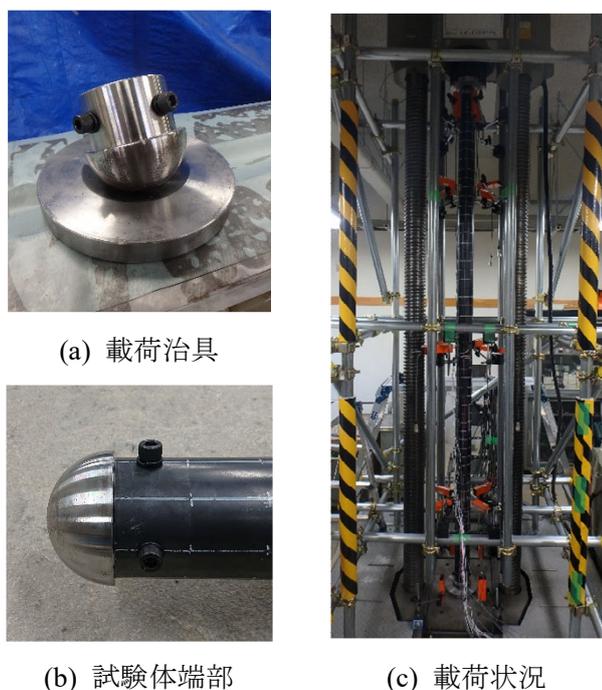


図-3 試験状況

表-1 最大荷重と補修効果

試験体番号	最大荷重	補修効果
D-N	89.8 kN	(0.653)
D-CP	160.9 kN	1.170
D-SS	167.2 kN	1.216

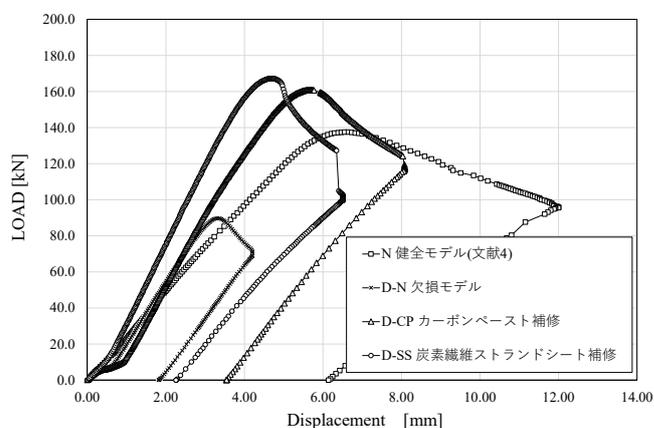


図-4 荷重-鉛直変位関係

2.2 試験方法

試験は載荷容量2,000 kNの圧縮試験機を用いて実施する。試験体の両端に図-3(a)に示すような載荷治具を取り付けることで両端単純支持条件での載荷とする。計測項目は、鉛直変位、水平変位、軸方向ひずみとした。

3. 試験結果

3.1 最大荷重

試験により得られた最大荷重を表-1に示す。併せて補修効果を示す。ここで、補修効果とは、文献4)における健全時供試体の最大荷重(137.5 kN)から求めている。これより、カーボンペースト補修および炭素繊維ストランドシート補修のいずれのケースでも、健全時の最大荷重を超える耐荷力を有していることが確認できる。なお、健全時よりも耐荷力が大きくなっているが、これは補修量決定の際に材料特性として各材料の公称値を用いているためであると考えられる。

3.2 荷重-変位関係

図-4に試験で得られた荷重-鉛直変位関係を示す。これより、カーボンペースト補修、炭素繊維ストランドシート補修を行ったいずれの試験体についても、健全時の比べて初期剛性がわずかに増加してい

ることが確認でき、最大荷重以降の挙動についても、急激な荷重の低下は見られないことから、十分な補修効果を有しているといえる。

4. まとめ

本研究では、鋼製円管の補修工法としてカーボンペーストによる補修効果を明らかにするための実験を行った。この結果、カーボンペースト補修は、従来の炭素繊維シート接着工法と同等の補修効果を有していることを確認した。今後、パラメータを増やして実験を行い、補修効果の検証を進める予定である。

参考文献

- 1) 西村宣男, 竹内修治, 村上茂之, 竹下主義, 軸屋一美, 伏見義仁: 断面に欠損を生じた円形鋼管部材の座屈強度特性, 鋼構造論文集, 第6巻, 第21号, pp.55-66, 1999.
- 2) 高速道路総合技術研究所: 炭素繊維シートによる鋼構造物の補修・補強工法設計・施工マニュアル, 2013.
- 3) 秀熊佑哉, 西野晶弘, 奥山雄介, 大垣賀津雄, 宮下剛, 垣尾道夫, 浦添元気: 炭素繊維シート接着により補強された鋼製円管の耐荷力に関する実験的研究, 土木学会, 第74回土木学会年次講演会, 2019.