

炭素繊維シート補強した鋼管の曲げ挙動

京都大学大学院工学研究科 正会員 小野 紘一
 京都大学大学院工学研究科 正会員 杉浦 邦征
 京都大学大学院工学研究科 学生員 佐々木 敦
 コニシ株式会社 若原 直樹
 日石三菱株式会社 小牧 秀之

1. 概要

近年、スチールパイプは水道水、ガス等ライフラインの建設に使用されているが、腐食により経年劣化し、有効断面積が減少し強度低下を来しているものが多々見られる。本研究では腐食損傷を有する鋼管をモデル化し、炭素繊維シート/エポキシ樹脂の新素材(以下 CFRP)による巻立て工法で、劣化部位の補強効果を確認する。

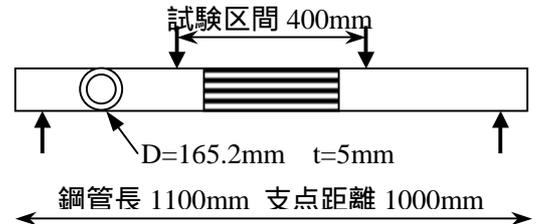


図1 実験概要

2. 試験方法

本研究では供試体として STK400 の径 165.2mm、厚さ 5mm の鋼管を使用した。これに図 1 のように四点曲げ载荷により中央の試験区間 400mm に一定の曲げモーメントを加え、その力学的挙動を試験区間内の曲げモーメントと曲率の関係を用いて明らかにした。試験のパラメータとして、CFRP の積層数、CFRP の定着長、周方向の補強、鋼管表面の下地塗装の有無を考えた。ここでの下地塗装とは実際鋼管表面に施されている防錆用プライマーのことである。腐食損傷は、二本の鋼管を突合せ、補修用のプライマーで仮どめすることでモデル化した。表 1 に供試体の各条件を示す。

表 1 供試体シリーズ

	補修方法				腐食状況
	軸方向	周方向	定着長(片側)	下地塗装	
1	-	-	-	あり	なし
2	1層	-	全面	あり	なし
3	4層	-	全面	あり	なし
4	-	-	-	あり	あり ²
5	1層	-	165.2×0.5	あり	あり ²
6	1層	-	165.2×1.0	あり	あり ²
7	1層	-	165.2×0.5	なし ¹	あり ²
8	1層	-	165.2×1.0	なし ¹	あり ²
9	1層	1層	165.2×1.0	あり	あり ²
10	1層	1層	165.2×0.5	なし ¹	あり ²
11	1層	1層	165.2×1.0	なし ¹	あり ²

- 1 プラスト処理を施したもの
- 2 腐食損傷のモデル化を適用したもの

3. 試験結果

鋼管と CFRP により合成断面を形成すると、初期の曲げ剛性および曲げ耐力が向上し、その増加は層数に起因するものであることが図 2 に示す平均曲率曲線の比較から分かる。一方、腐食損傷を有する鋼管を CFRP 巻立て補強をする場合、定着長を長くすることで最大曲げ耐力を改善できることが図 3 から明らかである。図 4 より補修部分の鋼管表面の下地塗装をしないことで最大耐力が向上するとともに、高い変形能の保持に

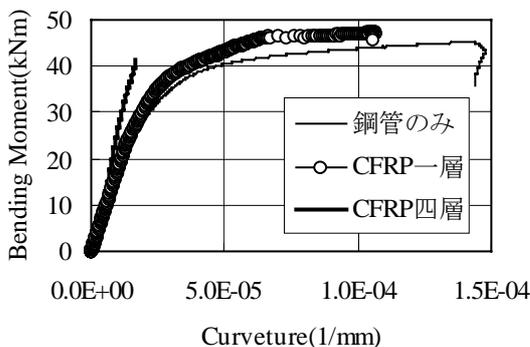


図2 鋼管と CFRP との合成効果

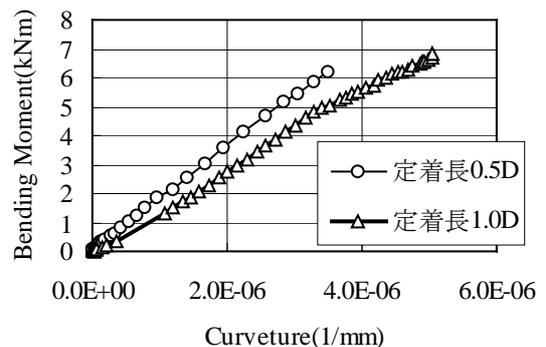


図3 定着長の違い

鋼管，炭素繊維シート，曲げ耐力，補強，曲げ性能

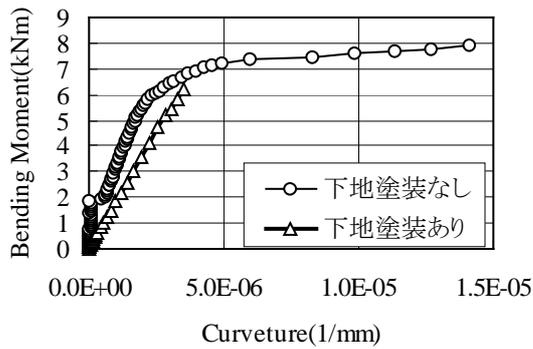


図4 下地塗装の有無

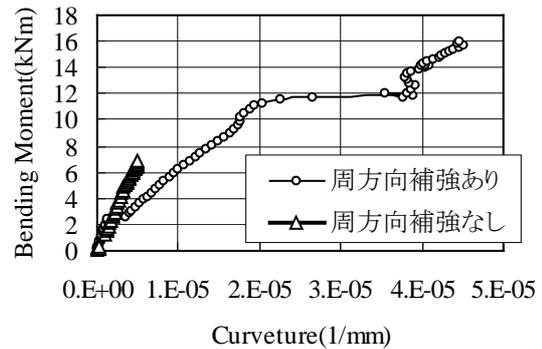


図5 周方向の補強の有無

も貢献している。さらに鋼管の周方向にも CFRP を巻立てることより早期の剥離を防ぎ、最大曲げ耐力を改善できることが図5より明らかである。

4. 曲げ耐力の推定

ファイバー法により鋼管と CFRP の合成断面の曲げに対する挙動を推定した。鋼管と CFRP の応力-ひずみ構成則を予めバイリニア化し、試験区間の断面における曲げモーメントと曲率の関係を、曲率の変化に伴い得られた各要素のひずみを要素の中央部で代表させ、断面内の曲げモーメントを算定した。曲率の変化と曲げモーメントの推移を図6に示す。これにより、付着が完全であるとした理想状態において、CFRP の巻立て補強した鋼管の曲げモーメント-曲率関係を比較した結果、四層以上で巻きたて補強を行わないと、無損傷の鋼管の耐力まで回復できないことが明らかになった。

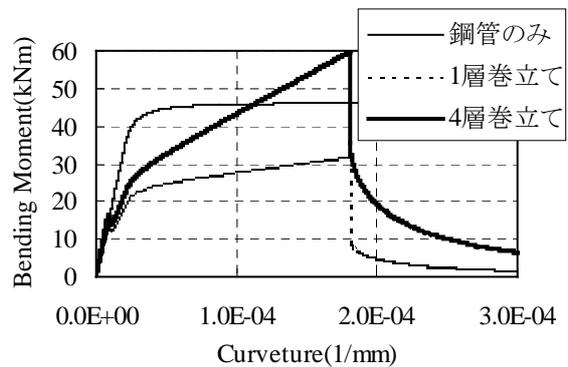


図6 曲率の変化と曲げモーメントの推移

結果、四層以上で巻きたて補強を行わないと、無損傷の鋼管の耐力まで回復できないことが明らかになった。

5. 結論

本研究をまとめると以下のとおりである。

- ・ 実験結果から CFRP を四層巻くことにより曲げ剛性が向上するということを確認することができたが、剥離に対してはその積層数はほとんど関係ないので、曲げ耐力の向上にはつながらなかった。
 - ・ CFRP による補強効果は見られるものの、その層数に関係なく初期の剛性は回復できないことが明らかであり、付着特性の改善が、補強効果の改善につながるということが明らかになった。
 - ・ 鋼管の周方向に CFRP を巻立て補強することにより、曲げ耐力および変形能の改善の可能性が見出された。
- 以上より今後の課題として下記の項目が挙げられる。
- ・ CFRP 層およびその接着層は鋼管の局部変形に追従できず、剥離を防ぐ対策を講じなければならない。
 - ・ 積層数による初期剛性の違いが明らかになり、付着強度および定着長に対してさらに検討が必要である。
 - ・ 一方でより大きな定着長を有し、変形性能の高い接着剤等を用いたプレファブ式の鋼管継ぎ手による、より合理的な荷重伝達機構の解明が望まれる。

参考文献

- 1) 上原子晶久ほか：付着剥離構成モデルに基づく連続繊維シート補強 RC 部材のせん断耐力評価，連続繊維補強コンクリートに関するシンポジウム論文集，pp.7-14，1998.5.
- 2) 実施行条件を考慮したコンクリート部材の鋼板接着補強におけるエポキシ樹脂接着性能の評価：森川英典ほか，建設工学研究所論文報告集第 40 号，pp.163-183，1998.11.
- 3) A.BASSETTI, P.LIECHTI, A.NUSSBAUMER, *Fatigue Resistance and Repairs of Riveted Bridge Members*, Institute of Steel Construction (ICOM), ESIS Publication 23, Elsevier, pp.201-218, 1999.