

熱硬化型炭素繊維プリプレグシートにより腐食部を補強した照明柱の静的載荷実験

京都大学大学院 学生会員 ○陳 晨
京都大学大学院 正会員 松村 政秀
積水化学工業株式会社 中尾 亮介
積水化学工業株式会社 竹本 香織
京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征

1. はじめに

近年、照明・標識柱などの柱状鋼構造物の路面境界部において腐食による板厚減少が確認され、強度の不足や耐疲労性の低下など倒壊リスクも高まっている．このような柱状鋼構造物のストック数は膨大であり、現場にて短期間で施工可能と補強効果の発現が期待できる補修・補強工法の開発が有用といえる．

本研究は、現在開発を進めている、短時間で施工可能な熱硬化型接着剤を用いる炭素繊維プリプレグシートにより路面境界部に板厚減少部を有する照明柱の最大荷重の回復効果を期待して、その効果を実物大の鋼製照明・標識柱を対象とした静的載荷試験により検討する．

2. 試験方法

図-1 に示すように、試験体は径 165.2 mm、板厚 4.5 mm、全長 1.2 m、4 本三角リブを有するの片持ち柱（STK400）であり、腐食による板厚減少を模した模擬腐食部を設けた損傷試験体をに、目付量 300 g/m² のシートを貼付し補強する．リブ上端から 45 mm の位置を中心に、支柱外面から全周にわたり幅±25 mm（50 mm）の溝加工を施し、地表面（GL）付近の腐食を模擬した．

実験では、試験体を反力床に P C 鋼棒にて固定し、0.05 mm/sec で頂部に水平荷重を漸増させる．

補強は溝加工部中心より±150 mm（300mm）の範囲に 2 層の一方向プリプレグシート（表-1）を加熱により硬化・貼付する¹⁾．三角リブ構造に対してはシートにスリット加工を施し、円柱側面にのみ貼り付けることとした．なお、模擬腐食部は 2 液混合型エポキシ系パテ（表-2）により埋め戻している．

表-3 には板厚残存率と模擬腐食範囲が異なる試験体の一覧に示す．載荷試験における主な着目項目は、補強による最大荷重の回復性である．

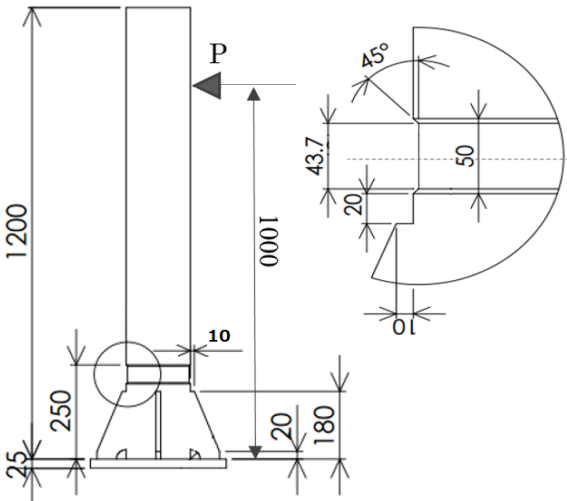


図-1 試験概要および溝加工（単位：mm）

表-1 炭素繊維プリプレグシートの諸元

項目	構成・特性
シート寸法	300 x 500 x 0.167 mm
高さ(繊維方向) x 幅 x 厚み	
炭素繊維シート基材種	PAN系 高強度タイプ UDシート
炭素繊維目付量	300 g/m ²
炭素繊維繊維径	フィラメント径：7μm
CFRP硬化体の引張物性 (繊維重量率約25%)	*引張強度：3.1 GPa *弾性率：270 GPa

*土木学会基準JSCE-E 541-2000に準拠した試験値

表-2 エポキシ樹脂・パテの諸元

項目		構成・特性
接着材種別		2液混合型エポキシ樹脂
主成分	主剤	主剤：エポキシ
	硬化材	ポリアミドアミン 脂環式ポリアミン
可使時間		40~60分（20℃， 300 g）
垂直接着強度（鋼材面）		3.2 MPa
せん断接着強度		8.0MPa
パテ塗布厚		約1mm
パテの引張強度		31MPa
パテの曲げ強度		107MPa

キーワード 鋼構造，照明・標識柱，炭素繊維プリプレグシート，補強

連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院 工学研究科 C クラスター

表-3 試験体の一覧

試験体NO.	板厚残存率(%)	溝幅	ケレン方法	加熱方式	最大荷重 P _{max} (kN)	P _{max} / P _{max_100%}	備考		
1	100	-	-	-	5.53	1.00	無損傷・新管		
2	80	50			BB	熱風発生機	4.20	0.76	無補強
3	50						2.53	0.46	
4	30		GP	バンドヒーター ＋熱風発生機			2.11	0.38	補強
5	40				3.03	0.55			
6	50				3.54	0.64			
7					20	4.84	0.88		
8		4.12				0.75			
9	30		3.38	0.61					

3. 試験結果

図-2 には荷重－変位関係を示す。補強試験体は圧縮側のリブ構造の上部において鋼管の座屈が進行するとともに、シートの圧壊や剥離より最大荷重を迎え最大荷重点以降の耐荷力の低下が顕著であった。

図-3 には、図-2 および表-3 より求まる最大荷重 P_{max} と板厚残存率 (%) の関係を示す。補強後の最大荷重が板厚残存率 80% の無補強の最大荷重（以下、回復目標荷重という）より小さい場合には 2) に従うと、設計荷重に対して許容応力度を超過しない残存板厚である限界板厚を確保できず、倒壊の恐れがあると判断する。

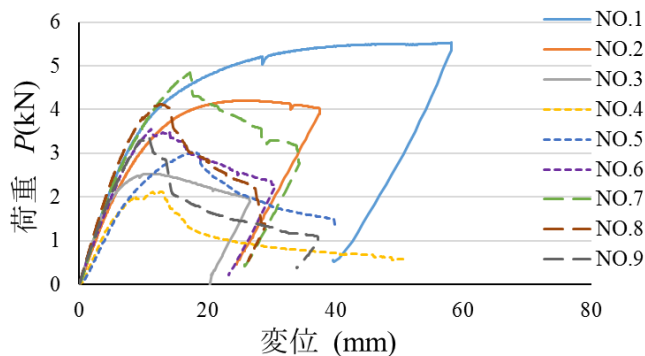


図-2 加熱方式の違い 荷重－変位関係

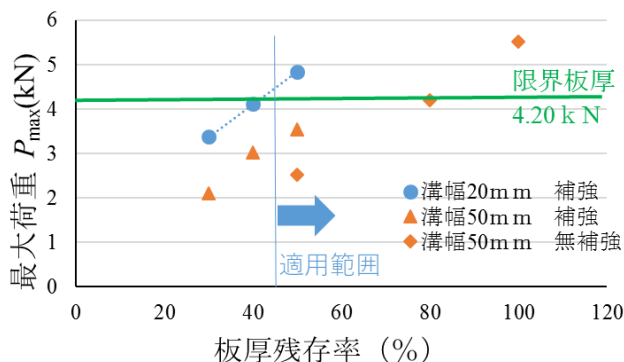


図-3 最大荷重と板厚残存率の関係

図-3 より、無補強試験体では板厚残存率の減少に応じて最大荷重が低下する傾向が確かめられる。

溝幅 20 mm の場合に、板厚残存率 50% 以上の補強試験体の最大荷重は、回復目標荷重を上回っていることから、本論で模したような劣化支柱、および補強条件、すなわち、溝幅 20 mm で元板厚から 50% 減までの腐食損傷した照明用柱に対して本補強により最大荷重の回復が期待できることが確認できる。溝幅 50 mm の場合にも、ある程度の補強効果が認められるが、板厚残存率 50% の試験体 6 では 64% の回復率であった。

4. まとめ

本報告では、現在開発を進めている、熱硬化型炭素繊維プリプレグシートとそれを用いる補修・補強工法の実用化に向け、補強試験体を用いる静的載荷実験を実施した。その結果、溝幅 20 mm、元板厚から 50% 程度まで板厚減少させた断面に対して本補強を施すことによって限界板厚の板厚残存率 80% の最大荷重以上まで回復することが確認できた。今後の課題としては、剛性変化と疲労耐久性に関して研究と検証を継続していく必要である。

参考文献

- 1) 松村 政秀, 陳 晨, 中尾 亮介, 竹本 香織, 杉浦 邦征: 熱硬化型炭素繊維プリプレグシートを用いる照明柱腐食部に対する補強工法適用に向けた静的載荷実験 FRP 複合構造・橋梁に関するシンポジウム, 2016
- 2) 国土交通省, 道路局, 国道・防災課: 附属物 (標識、照明施設等) 点検要領, 2014.