

鋼構造物連結部の炭素繊維シートによる補修

長岡技術科学大学
ものづくり大学
長野工業高等専門学校
日鉄ケミカル&マテリアル
高速道路総合技術研究所

学生会員
正会員
正会員
正会員
正会員

○J. P. Fernando, M.C. Daniel
秀熊佑哉
長谷俊彦

正会員
正会員
正会員
正会員
正会員

宮下 剛
大垣賀津雄
奥山雄介
西野晶拡
原田拓也

1. はじめに

定期点検により鋼構造物連結部の腐食損傷が多数発見されている。従来、腐食損傷に対しては、当て板添接等により補修が行われているものの、腐食量の大小に関係なく作業が大規模になる点、母材に孔を空けるため断面欠損が発生する点など、問題がある。そこで、鋼構造物の腐食損傷に対する補修・補強として、軽量、高強度、高弾性、高耐食性などの優れた特徴を有する炭素繊維シート接着工法が注目されている。

2. 試験概要

現行設計法¹⁾では、添接板の近傍に 10:1 のテーパーを設けるため、施工範囲が広い。また、不陸修正材と鋼材の間に、ポリウレアパテ（以下、パテ材）が配置されていないため、この箇所ではく離の発生が懸念される。そこで、テーパー長を短くした場合の検討を行った先行研究^{2), 3)}では継手と断面欠損があるケースで、テーパー長を 5:1 と短くし、パテ材の挿入位置を不陸修正材の上から下に変更することで、はく離を防止して、強度を増加させた。本研究における実験パラメータは、力の作用方向とテーパー長とする。添接板近傍に断面欠損がある場合を想定して図 1 に示す腐食（幅:20mm, 深さ:2mm）を模擬した試験体を製作する。試験体を使用した鋼板は SM570 の平鋼であり、その寸法等を表 1 に示す。継手の設計は、引張試験で母材の欠損部の降伏が先行するようにした。使用した高力ボルトは F10T の M22 とし、首下長さは 70 mm である。

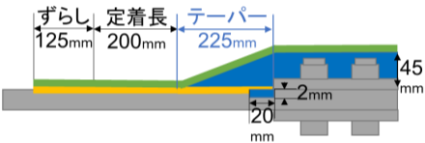


図 1 試験体概要（テーパー長 5:1）

圧縮試験で試験体の長さが異なる理由は、テーパー長を短くすることで、補修してない範囲で座屈が発生

するためである。シートの積層数は断面欠損両側 6 層とし、定着長ならびに端部ずらし量は、補修・補強マニュアル⁴⁾に準拠して、それぞれ 200 mm、25 mm とした。

表 1 試験体の概要

継手 有無	欠損 有無	テーパ ー長	力の 方向	長さ (mm)	厚さ (mm)	幅 (mm)
有	有	-	引張	1700	9	65
		5:1				
		2:1				
無	無	10:1	圧縮	1280		
		5:1		1130		
		2:1		1040		
有	有	-		1160		
		5:1		1430		
		2:1		1160		

3. 引張試験

図 2 に、鋼板中央の応力-ひずみ関係を示す。ここで、応力の算出は、荷重を健全部の鋼材断面積で除した。理論値は、鋼材の剛性に鋼換算したシートの剛性を足して算出した。また、パテ材による応力低減を補正するため、応力低減係数 $C_n (= 0.74)$ をシートの鋼換算断面積に乗じている。

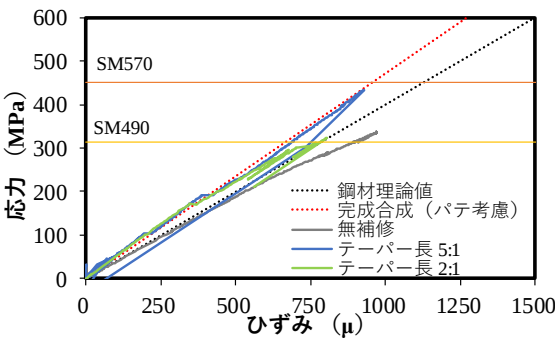


図 2 応力-ひずみ関係（鋼板中央部）

破壊形態は、無補修の場合は断面欠損部の破断、補修の場合は添接板近傍でシートのはく離が発生した後、添接板がすべり、シートが破断した。無補修とテーパー長 5:1 のケースを比較すると、最大応力が 335 MPa

キーワード 鋼構造、連結部、炭素繊維シート、補修

連絡先 〒940-0048 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL: 0258-47-9641

から 433 MPa へと増加している。また、テーパー長 2:1 のケースは最大応力が 323 MPa となった。シートで補修しているケースでは、鋼材の破断は発生しなかった。図 3 に断面欠損部の応力-ひずみ関係を示す。断面欠損部で応力集中が発生し、ここからシートの破断とはく離が発生した。テーパー長 2:1 のケースでは、シートのはく離が 369 MPa で発生している。

4. 圧縮試験

図 4 に、継手がないケースの各試験体の鋼板中央の応力-水平変位関係を示す。全てのケースで、最大応力は 60 MPa を上回っているものの、無補修のケースと比較すると（図 5）、テーパー長を短くすることで補修効果が低下することが分かる。シートのはく離は、テーパー長の開始点で発生した。

図 6 に、継手と断面欠損があるケースの各試験体の鋼板中央の応力-水平変位関係を示す。ここでは、はく離防止のため、引張試験と同様にパテ材を不陸修正材の下に挿入した。無補修のケースとテーパー長 2:1 のケースを比較すると、最大応力が 11.4 MPa から 93.1 MPa まで増加した。座屈モードは、無補修の場合では断面欠損部を起点に座屈が発生したのに対して、補修した場合はテーパーの開始点を起点に座屈が発生した（図 7）。テーパー長 5:1 のケースについて鋼板単体のオイラー座屈荷重と比較すると、最大応力は 6.5 MPa から 81 MPa へと増加した。

5. まとめ

以下に、本研究で得られた主な知見を示す。

- (1) 引張試験では、テーパー長を 5:1 にすることで、SM570 の降伏点に近い応力レベルまで補修効果がある。
- (2) 圧縮試験では、テーパー長を短くすることで、最大荷重が低下するものの、すべてのケースで補修効果がある。

参考文献

- 1) (株)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，2013.10
- 2) 宮下，大垣，奥山，秀熊，原田：腐食欠損した鋼構造物連結部の炭素繊維シートによる補修—不陸正材のテーパー長の影響—，土木学会，第 73 回年次学術講演会，第 1 部門I-447，2018.8
- 3) 宮下，大垣，奥山，秀熊，原田：腐食損傷した鋼構造物連結部の炭素繊維シートによる補修—高伸度弾性パテ材の配置位置の影響—，土木学会，第 73

回年次学術講演会，第 1 部門 I -448，2018.8

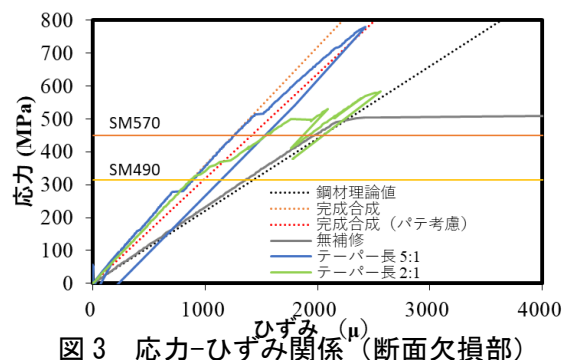


図 3 応力-ひずみ関係（断面欠損部）

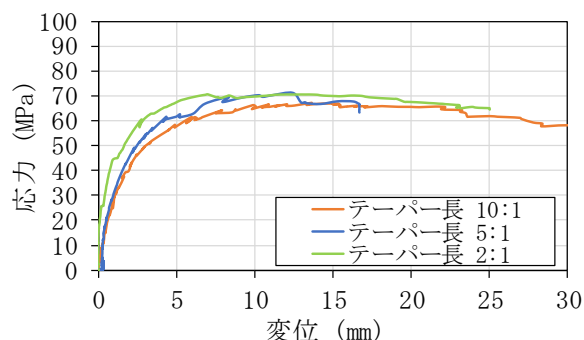


図 4 応力-変位関係（継手なし）

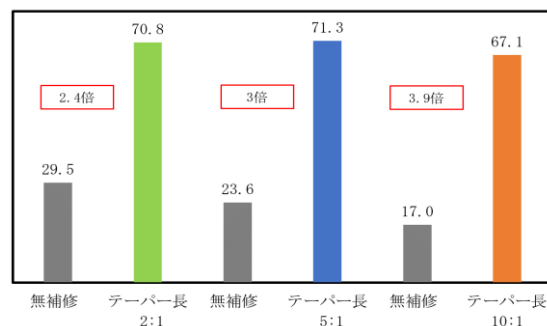


図 5 補修効果（継手なし，単位：MPa）

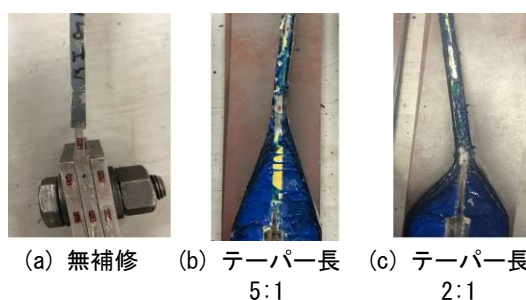
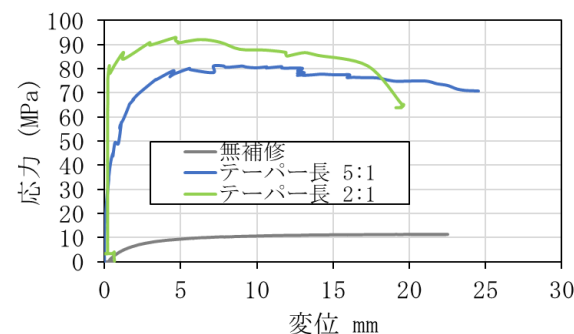


図 7 試験体の座屈（圧縮試験）