

圧縮力を受ける鋼構造物連結部の炭素繊維シートによる補修

鋼構造研究室 Medina Contreras Daniel
指導教員 宮下 剛

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。この損傷に対して当て板等により補修が行われているが、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点がある。特に、トラス橋が引張力と圧縮力を両方受ける部材があるため、これに対して補修方法を求める必要があるといえる。このような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。

炭素繊維シートを用いた添接板の補修・補強方法は、NEXCOの炭素繊維シート補修・補強マニュアル¹⁾(図1)に規定されているものの、適用事例が少ない。この理由として以下が挙げられる。

添接板補修を対象とした実験データが少ない。

ボルトが腐食損傷している場合に適用不可。

炭素繊維シートで補修している接手部が圧縮力を受けるケースは少ない。

そこで、本研究では、腐食損傷した添接板を炭素繊維シート補修した際のバックデータ取得、課題の抽出を目的として、添接板補修の基礎実験を行う。

2. 試験概要

現行設計法では、テーパー長が10:1と長く施工範囲が広い。さらに、不陸修正材と鋼材の間に、ポリウレアパテが挿入されていないため、この箇所で剥離が発生することが想定される。そこで、施工性の観点からテーパー長を短くした場合の検討を行う。先行研究では²⁾接手部と断面欠損(具体的には、腐食を模擬した供試体を製作する)が

あるケースで5:1のテーパー長を短くし、ポリウレア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、剥離を防止し強度が増加する結果がある。

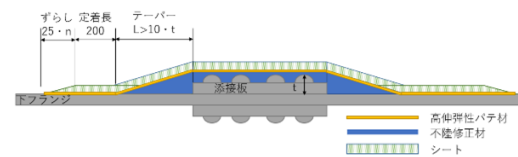


図1 施工マニュアルの施工例

実験パラメータは、力の方向とテーパー長の長さとし、継手設計は、引張試験で母材降伏先行(欠損部)、圧縮試験で母材座屈先行とした。

使用した鋼板は、SM570の平鋼板である。引張試験で使用した寸法は、1700mm×65mm×9mmとし、圧縮試験の場合、接手部があるケースは1160mm×65mm×9mm(無補修とテーパー長2:1のケース)と、1430mm×65mm×9mm(テーパー長5:1のケース)とした。接手部がないケースの寸法は1280mm×65mm×9mm(テーパー長10:1)、1130mm×65mm×9mm(テーパー長5:1)と1040mm×65mm×9mm(テーパー長2:1)とした。圧縮試験の供試体の長さが異なっている理由はテーパー長を短くすることで、補修していない範囲に座屈が発生するため、炭素繊維シートの補修効果のデータが取れないからである。降伏点は $\sigma=570\text{N/mm}^2$ である。シートの積層数は断面欠損両肩6層と決定し、ずれし幅は25mm、定着長は200mmと補修・補強マニュアル¹⁾に準拠した。

3. 試験結果

はじめに、引張試験の接手部の鋼材中央部の応力-ひずみ関係は図3に示す。このグラフの応力は、このグラフの応力は、実験データの荷重を鋼材断面積で割って算出し

ている。また、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。そして、ポリウレアパテ材による応力伝達の低下を補正するため、 C_n (応力低減係数：0.74)をシートの鋼換算断面積に乗じている。

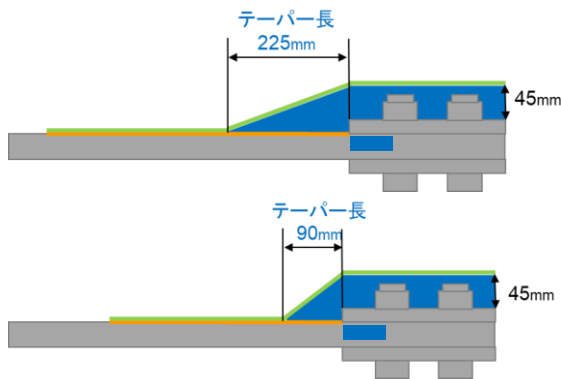


図 2 テーパー長 5:1(上) とテーパー長 2:1(下) の供試体模式図

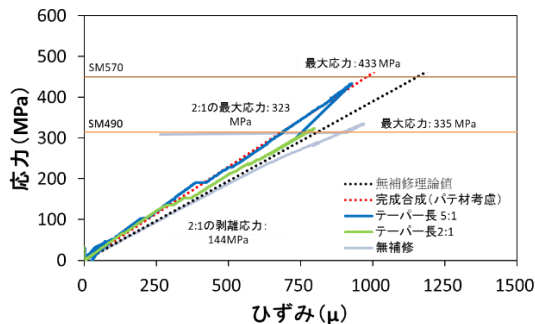


図 3 中央部の応力-ひずみ関係

実験結果は先行研究と同じ、添接板近傍ではく離が発生し、その後、添接板のすべりが発生し、シートが破断した時点で荷重を停止した。そのため、テーパー部のはく離を防止することで破壊モードが変化した。テーパー長 5:1 と無補修のケースを比較すると、最大荷重が 335MPa から（実験値）433MPa まで（実験値）増加していることがわかる。しかし、テーパー長 2:1 の場合、最大荷重が無補修のケースと比較すると 15MPa を低下していることがわかる。炭素繊維シートで補修しているケースで鋼材の破断が発生しなかったが、テーパー長 5:1

のみが最大荷重が増加した。また、SM570 の降伏点に近い応力で最大荷重が増加したため、高い応力レベル材料への補修に適用できると考える。

断面欠損部の応力-ひずみ関係は図 4 に示す。断面欠損があることで、欠損部に応力が集中し、断面欠損からシートの破断と剥離が発生していると考えられる。テーパー長 2:1 ケースのはく離応力が 369MPa で発生し、その時点で補修効果が SM490 の降伏点まで低下していることがわかる。

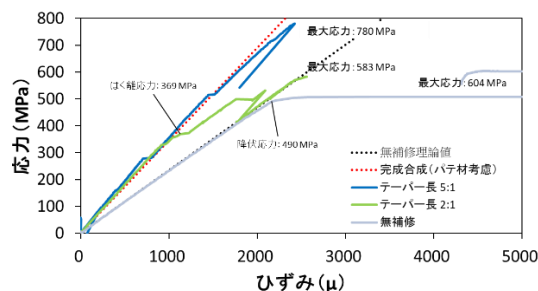


図 4 断面欠損部の応力-ひずみ関係

4. 圧縮試験結果

テーパー長を短くした場合の補修効果を確認した後、圧縮試験を実施した。接手部の実験を行う前に、施工性の観点からテーパー長を短くした場合の検討を行う。テーパーのみに着目して継手を省いた簡易モデルを作成し、テーパー長が 10:1 のケース、5:1 と 2:1 のケースを比較する。

現行設計法では、不陸修正材と鋼材の間に、ポリウレアパテが挿入されていないため、この箇所ではく離が発生することが想定される。各供試体の荷重-変位関係は図 5 に示す。

全てのケースで、最大荷重が 40kN 程度まで増加し、テーパー長の開始点からシートのはく離が発生し、それから不陸修正材と鋼材の間まではく離した。これで、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わかる。

次に、添接板と断面欠損がある場合のケースを実施した。不陸修正材と鋼材の間に剥離を防止するため、引張試験と同じくポ

リウレアパテ材を挿入した。各供試体の荷重-変位関係は図6に示す。テーパー長 2:1 のケースと無補修のケースを比較すると最大荷重が 7kN から 54.5kN まで増加した。そして座屈モードは断面欠損部に座屈が発生する（無補修）と違って、テーパー長の開始点に座屈が発生した。テーパー長 5:1 の場合、供試体の長さが異なっているため、鋼材単体のオイラー座屈荷重と比較した。その結果は荷重が 3.81kN から 47.4kN まで増加した。ポリウレアパテ材を不陸修正材の下に塗布しているため、シートのはく離が発生しないが、座屈モードがテーパー長の開始点から発生した。これで鋼材が圧縮力を受ける場合ポリウレアパテ材の挿入位置を変更しても、最大荷重に影響を与えないといえる。

5. まとめ

以下に本研究で得られた主な成果を示す。

- 1) 引張試験でテーパー長を 5:1 にすることで、SM570 に近い応力レベルまで補修効果がある。
- 2) 引張試験でテーパーを 2:1 にする場合はSM490の降伏点まで補修効果があるが、無補修のケースと比較すると最大応力が低下している。
- 3) 圧縮試験でテーパー長を短くすることで、最大荷重が低下するが、すべてのケースは補修効果がある。
- 4) 圧縮試験の接手部があるケースでポリウレアパテ材の位置が変更したことで剥離が発生しなかったが、最大荷重に影響がなかった。

6. 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) 森久圭佑：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，2018.3

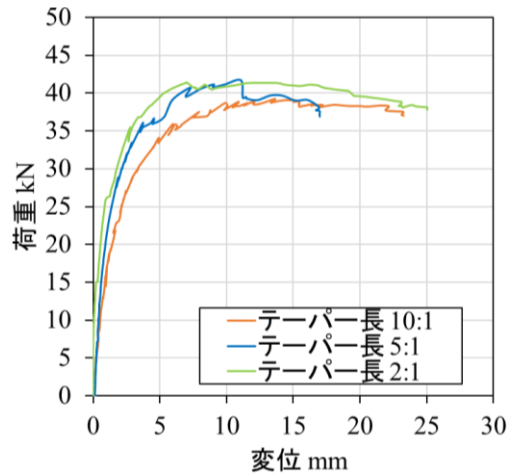


図5 接手部なしケースの荷重-変位関係

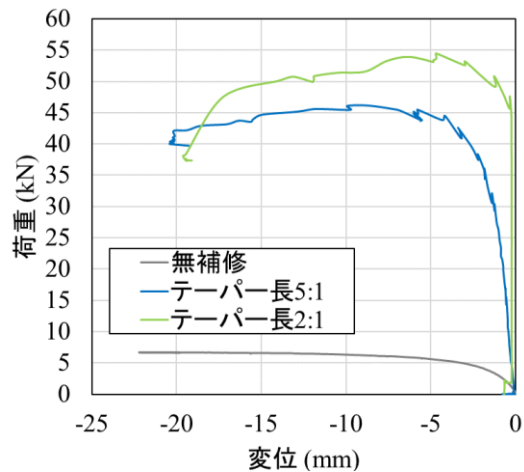


図6 接手部ありケースの荷重-変位関係

