

鋼板添接補修された圧縮部材の死荷重応力を考慮した終局解析

広島大学大学院

学生会員 ○福田 洋顕

中電技術コンサルタント株式会社

正会員 川見 周平

広島大学大学院

フェロー会員 藤井 堅

1. はじめに

現在日本では腐食により欠損が生じた鋼構造物に対し、高力ボルトや溶接による鋼板添接補修、接着剤による鋼板接着補修とCFRP接着補修等が行われている¹⁾。このとき部材に生じている死荷重応力を解放して無応力の状態で補修するのが理想的であるが、正確な応力解放は技術的に困難である。そこで、死荷重応力の解放をせずに補修しても問題にならないことがわかれば、この作業を省くことができ、コストの削減にも繋がる。ところが、鋼板添接補修等の補修効果の検証例²⁾は多いものの、母材に死荷重応力が生じている状態での検証は行われていない。そこで本研究では、実際のトラス橋鉛直部材に生じた腐食による断面欠損とそれに対し行われた圧縮死荷重応力作用下での補修の効果を検討するため、補修の過程(死荷重作用下の切削、新設部材の設置)を再現したのち、終局状態まで圧縮力を増加させる大変形弾塑性FEMを行った。

2. モデル化、複合非線形解析概要

解析対象は $205 \times 57 \times 5.5$ mm の溝形鋼 2 本をレーシングバーによって結合した部材長 7550 mm、断面積 3388 mm^2 の圧縮部材とし、これを 4 節点シェル要素によってモデル化した。Fig.1 にモデルの全体図を示す。部材の上下端に長さ 100 mm の剛部材を付加し、この剛部材表面の中心点を支点とした。下端がピン支点、上端がピンローラー支点であり、ピンローラー支点到鉛直下向きの集中荷重を作用させた。要素分割は、溝形鋼と添接鋼板は 10 mm メッシュ、その他は 20~40 mm 程度のメッシュとした。

解析ケースは、補修モデルと健全モデルの 2 ケースである。補修モデルは Fig.2 のとおり、死荷重(102.3 kN の圧縮力)が作用した新設時の状態(a)において、腐食と補修(切削)の該当箇所の要素を消去(b, c)した後、添接部材を無応力状態の要素により生成し、終局後の状態まで大変形弾塑性解析を行った。健全モデルは、(a)の状態から大変形弾塑性解析を行った。解析は ABAQUS 6.14-5 によ

キーワード 腐食、応力解放、耐荷力、大変形弾塑性 FEM、座屈、要素生成

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻

TEL : 082-424-7819・7828

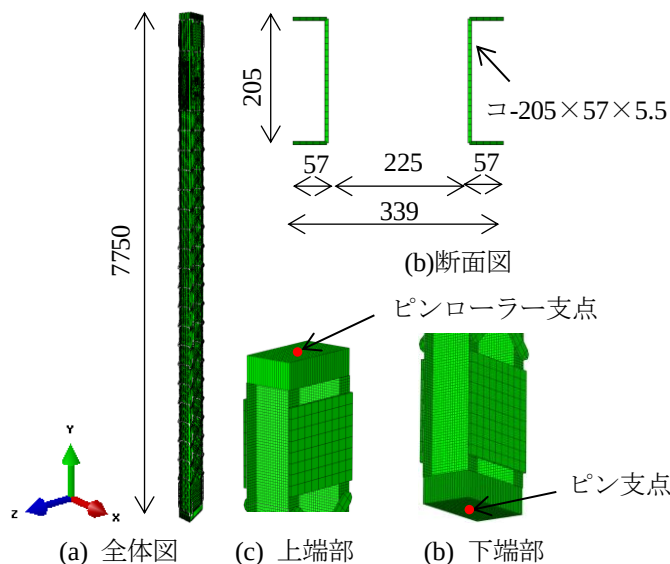


Fig.1 解析モデル概要

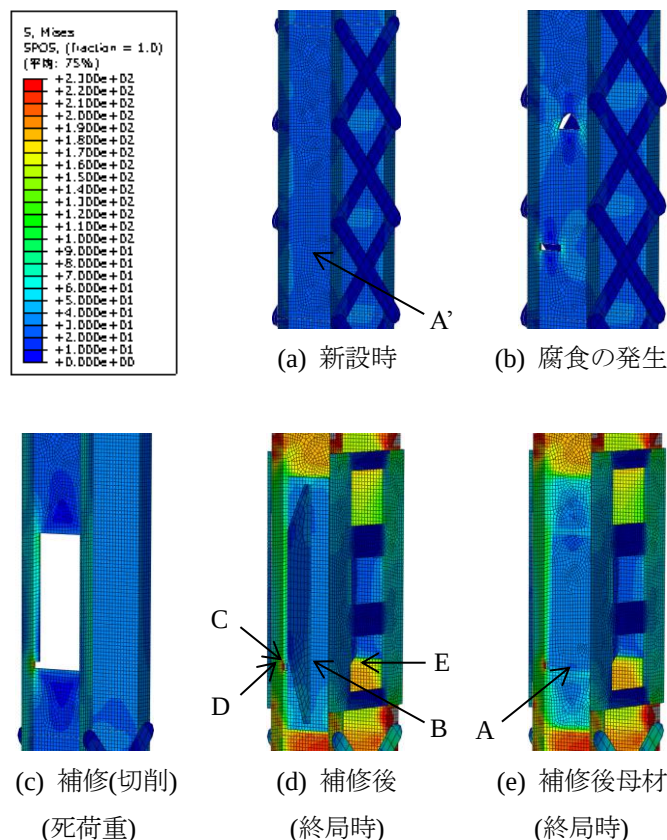


Fig.2 補修過程の再現状況と終局状態

って行い、要素の削除と生成には ABAQUS の *MODEL CHANGE 機能を用いた。なお、部材同士の接合はメッシュ結合拘束を用い、接触部分が常に一体となって挙動するよう仮定した。

3. 補修部の応力状態と終局挙動

補修過程と終局(最高荷重時)における Mises 応力のコンター図を Fig.2 に示す。(e)は、(d)の状態において添接鋼板を非表示にしたものである。また、Fig.2 中に示した各点の応力の推移を Fig.3 に示す。実線が健全モデル、破線が補修モデルの結果である。補修モデルの A'点と B 点の結果から、死荷重(102.3kN)作用下で無応力状態のフィラープレートや添接鋼板が生成されたのち、増加荷重に抵抗していることがわかる。

腐食箇所と切削した箇所の近傍には死荷重応力が増加した部分(C, D 点)が見られ、局所的に降伏も生じている。しかし、E 点をはじめとした大部分の応力はほとんど増加しておらず、死荷重応力の再分配による応力増加は局所的なものであることがわかった。Fig.4, Fig.5 は両モデルの最高荷重時の変形モード・応力コンター、荷重-変位関係を示している。部材中央部分の水平(z 軸)方向変位が急激に増加した直後に最高荷重を示していることから、両モデルともに全体座屈により崩壊したことがわかり、終局荷重はほとんど同値となった。このことから、補修部の母材の一部に生じた死荷重応力の増加は終局挙動に影響を及ぼさず、死荷重応力の解放をせずに補修しても問題にならないケースがあることが示された。ただし、この部材の細長比は 103 であり、弾性座屈が発生し始める 92 を大きく上回っているために、局所的に生じる弱部(補修部)での破壊よりも部材の全体座屈が先行した可能性がある。

4. まとめと課題

- (1) 要素の削除と、無応力状態の要素を生成する機能を用いて、死荷重応力作用下での腐食による孔食と鋼板添接補修の過程を再現した。
- (2) 終局後の状態まで大変形弾塑性解析を行った結果、補修を再現したモデルは新設時のモデルと同様の終局挙動を示し、終局強度の低減は生じなかった。よって、死荷重応力の解放をせずに補修しても問題にならないケースがあることが示された。
- (3) 細長比が小さく弾性座屈の生じない部材等、違う条件でも検討を行う必要がある。

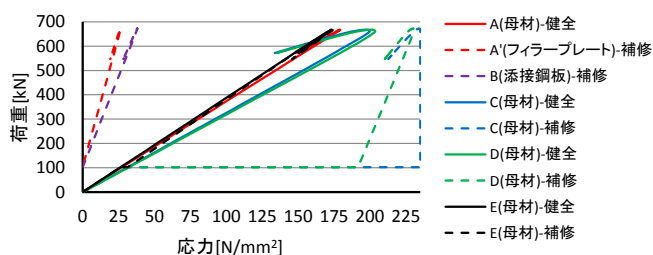


Fig.3 腐食、補修、荷重増加に伴う部材各所の応力推移

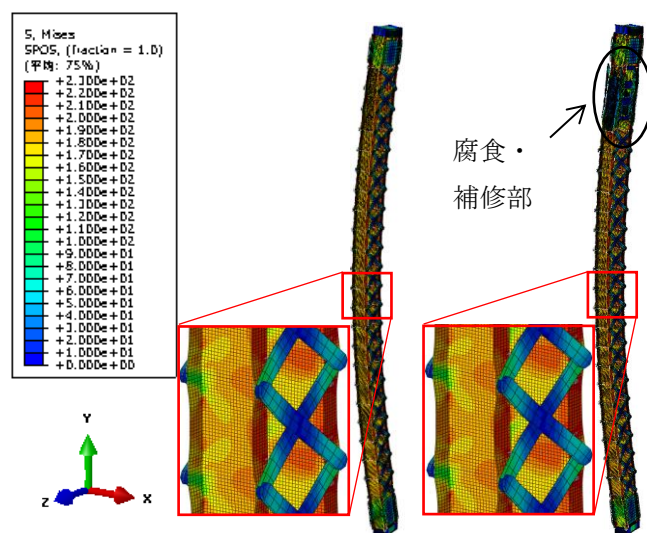


Fig.4 終局挙動(左:健全モデル, 右:補修モデル)

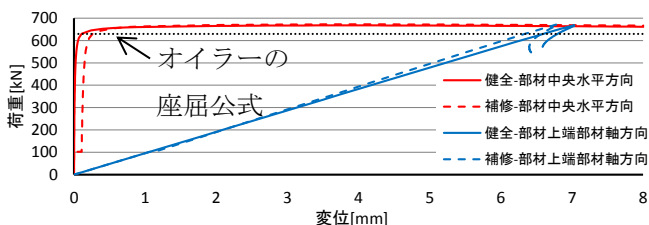


Fig.5 荷重-変位関係

謝辞

本研究は、土木学会中国支部 高齢化したインフラ構造物の維持補修技術検討委員会、構造物の維持補修技術研究会(RAMS)および広島県を中心とした産官学連携活動の成果の一部である。ここに関係各位への感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大代ら：下弦材が腐食損傷したトラス橋の補修設計と施工，橋梁と基礎，vol.56A，pp.779-791，2010.3.
- 2) 石川ら：断面欠損した鋼板の当て板補修効果，土木学会論文集 A2(応用力学)，Vol.69，No.2，I_595-I_604，2013.