

腐食鋼板への CFRP 接着補修における表面粗さが補修効果に与える影響

名古屋大学大学院 学生会員 ○吉村 浩寿
 名古屋大学大学院 正会員 北根 安雄
 名古屋大学大学院 フェロー会員 伊藤 義人

1. 目的

近年、日本の港湾施設の高齢化が進むのに対して、国内総生産に占める建設投資の比率が下がり続けていることから、現存施設の延命化が重要になってきた。腐食によって劣化した鋼構造物の補修、補強方法は数多くの工法が提案され施工されているが、近年、CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer: 炭素繊維強化プラスチック) のもつ軽量性、高剛性、耐食性などの利点から、劣化した構造物への CFRP 接着補修・補強が適用され始めている。しかし、CFRP を用いて腐食した鋼構造物の補修を行う際に、腐食によって生じる表面粗さが補修効果に与える影響について、これまでの研究では明らかにされていない。実際には、補修時に腐食凹凸を完全に除去することは難しく、表面に凹凸がある状態で CFRP 板の接着を行う必要が生じる。そこで、本研究では、鋼板の接着部分に表面粗さを与えたモデルを作成し、有限要素解析により CFRP 補修をモデル化し、CFRP 接着補修された鋼板の補修効果に表面粗さが与える影響を調べる。

2. 表面粗さを有する CFRP 接着鋼板

2.1. 対象構造物

図-1 に対象とするモデルを示す。CFRP による補修部分は断面欠損部と一般部の2つの部分があり、それぞれの部分における表面粗さを検討する。このモデルは上下左右対称であることから、断面欠損部に粗さを持つ対象構造の 1/4 モデルを図-2 に示す。さらに、一般部に粗さを持つ対象構造の 1/4 モデルを図-3 に示す。

2.2. 解析条件

本研究では、鋼材表面に与える表面粗さを最も基本的な波の形である正弦波としてモデル化した。正弦波を定義するためには、振幅と波長が必要となるが、表面粗さのパラメータは清宮ら²⁾が行った腐食調査で得られたデータを参考に、振幅を 0.21mm から 0.84mm、波長を 10mm から 50mm の範囲と仮定した。また、断面欠損部の減肉量は、0.6mm から最大 2.4mm とした。表面粗さのあるモデルと粗さのないモデルの応力分布を比較し、CFRP 接着補修効果に粗さが与える影響を調べる。接着する CFRP 板については、補修に必要な板厚と長さを決める必要がある。本研究で用いた CFRP 板厚は、CFRP 板と鋼板の完全合成断面を仮定して補修に必要な板厚を算出し、欠損部鋼板の平均板厚を基準にする場合(パターン A)と欠損部鋼板の粗さ部分の最小板厚部分つまり粗さの谷部分の板厚を基準にする場合(パターン B)の2通りを考慮した。さらに、一様減肉した鋼板の補修に必要な CFRP 板の最小長さは石川ら¹⁾により提案されているが、今回使用する CFRP 板の長さ(200mm)が十分であるかどうかについては、応力分布の比較を通して粗さが与える影響を検討する。

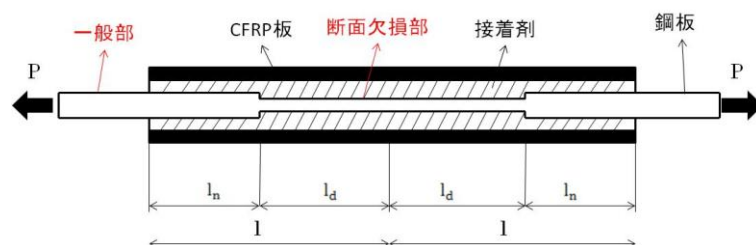


図-1 CFRP 板接着鋼板

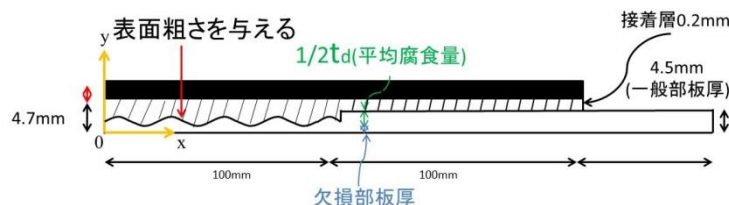


図-2 断面欠損部に表面粗さを持つ 1/4 モデル

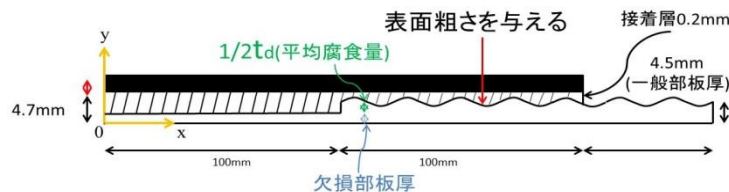


図-3 鋼板一般部に表面粗さを持つ 1/4 モデル

キーワード CFRP, 接着補修, 表面粗さ

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 C1-3(651) 名古屋大学大学院 社会基盤工学専攻 Tel: 052-789-2736

3. 解析結果

図-4 は、欠損部減肉量が 2.4mm の場合の粗さを持たないケース (F24) と粗さの波長が 33mm, 振幅が 0.42mm (R243342A) と 0.84mm (R243384A) のケースのパターン A の断面平均鋼板応力 σ_s の分布を示し、縦軸は回復目標である補強されていない健全部の鋼板 ($x>200$ mm) の応力 σ_{sn} で規準化されている。欠損部に表面粗さをもつケースでは、鋼板の断面平均応力が欠損部鋼板の凹凸に従って健全部応力 σ_{sn} より大幅に上下するようになった。図-4 からは、振幅が大きくなるにつれ、粗さ部分の最小板厚部分の応力 σ_s が目標応力である σ_{sn} よりも大きくなること分かる。図-5 は図-4 で示す振幅が 0.84mm のケースと粗さパラメータが同様に CFRP 板厚を増やしたパターン B のケース(R243384M)との比較を示す。パターン A の粗さの谷部分では、粗さのないケースの鋼板応力 (F24) より 59% も大きく、それに対して、パターン B はパターン A より全体的に応力は下がったものの、粗さ部分の谷の応力は、粗さのないケースよりもまだ 37% も大きいことが分かる。

図-6 は接着部分の一般部に波長が 10mm (B241063) または 33mm (B243363) で、振幅が 0.63mm の粗さが存在する場合の断面平均鋼板応力を示している。欠損部の応力は粗さのない場合 (F24) からほとんど変化していないのに対して、一般部の応力は鋼板の凹凸に従って粗さのない場合に比べて上下している。図-7 は一般部の接着長さを必要最低限の長さ (164.4mm) に変更した場合 (LNB241063 と LNB243363) と、十分な接着長さ (200mm) の場合と比較したものである。接着長 164mm の場合の欠損部の応力は、減肉量が 2.4mm の場合では、接着長 200mm のケースよりも最大で 1.4% のみ大きくなり、ほとんど変化が見られなかった。

4. まとめ

- 1) 断面欠損部に表面粗さが存在する場合では、振幅が大きくなるにつれ最小板厚部分の応力が大きくなり、欠損部の最小板厚を基準として補修に必要な CFRP 板の板厚を設計しても、粗さの谷部分では粗さのない場合の応力まで回復できない。
- 2) 一般部に表面粗さが存在する場合では、CFRP による接着補修性能への影響は大きくない。ただし、接着端においては CFRP が応力を分担しないので、鋼板の接着一般部の端では減肉量分に比例して応力が上がることになる。
- 3) 今回検討した粗さの範囲では、接着面に粗さが存在しても、補修に必要な CFRP 板の必要長さはほとんど変化しない。

5. 参考文献

- 1) 石川敏之, 北根安雄(2010): 断面欠損を有する鋼板の接着補修に必要な CFRP 板の長さおよび板厚の決定方法, 応用構造力学論文集, Vol.13, pp.911-920.
- 2) 清宮理, 千葉照男, 横田弘 (1987): 栈橋に用いられた鋼管杭の腐食状況と残存強度, 港湾技研資料, No.593.

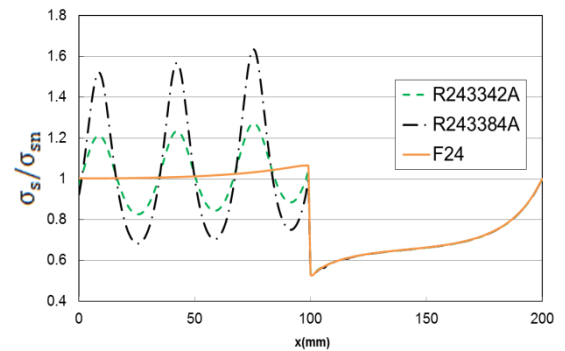


図-4 断面欠損部に粗さがある場合

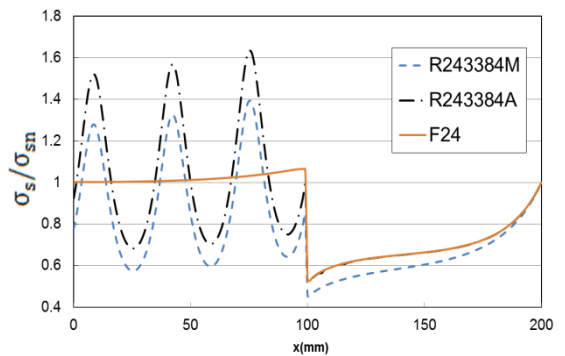


図-5 CFRP 板厚を増やした場合との比較

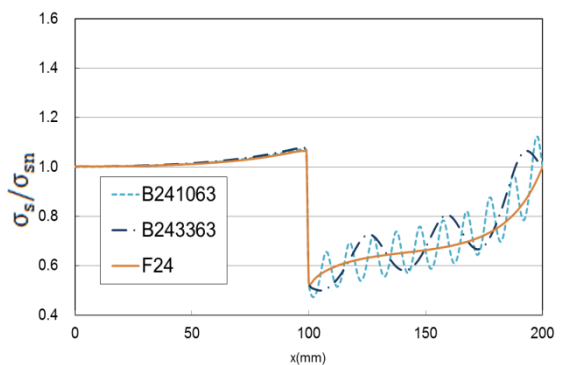


図-6 一般部に粗さを持つケースの応力比

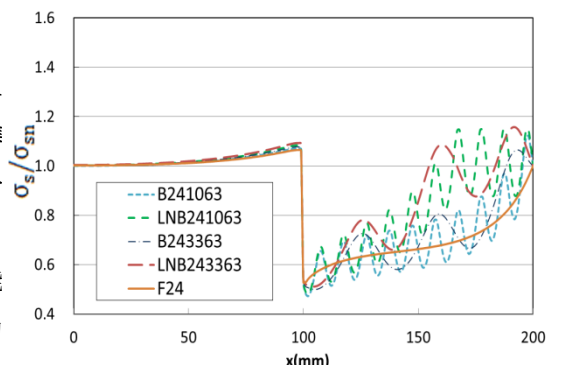


図-7 一般部接着長さを変更した場合の応力比