

接着剤を用いた腐食鋼板の部分的強度回復に残存錆が及ぼす影響

広島大学大学院 学生会員 ○横田 龍一

広島大学大学院 フェロー会員 藤井 堅

ユニシ (株) 正会員 堀井 久一 新日鉄住金マテリアルズ (株)

正会員 秀熊 佑哉

1. 背景・目的

我が国では、昭和 30 年代の高度経済成長期に整備された社会インフラの老朽化が社会的問題となっている。このような中、腐食損傷した部材の強度回復工法として、近年接着剤を用いて CFRP や鋼板を接着する強度回復法が研究されており、すでに CFRP 接着による性能回復法は実構造物に対しても採用されている。

CFRP や鋼板を接着する強度回復法では、素地調整において錆を完全に除去し、母材が腐食していない部位を含む腐食部全体に添接板を接着するのが普通である。しかし、グラインダーなどの電動工具を用いて素地調整を行う場合、完全な除錆は難しく、またフランジ全体が腐食した海洋構造物などでは腐食部全体に添接板を設置することはできない場合もある。著者らは腐食を模擬した鋼板に部分的な接着補修を施した実験を行い、健全な状態に近い値にまで強度の回復が期待できることを示した¹⁾。そこで、本研究では素地調整後の残存錆が強度回復効果に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 試験概要

腐食表面生成モデル²⁾に基づき両面に疑似腐食を施した供試体に接着補修を施し静的引張試験を行う。作製した疑似腐食表面の減肉量を Fig.1, 供試体母材の概形を Fig. 2, 疑似腐食区間の断面平均板厚分布を Fig. 3 に示す。219mm の断面平均板厚が 8.78mm (減肉量 2.72mm) で最小となるため、この断面が添接板の中心に一致するように接着する。Fig. 4 に残存錆が無い場合で接着長さを変化させた場合の添接板の耐荷力を示す。接着長さが 450mm の供試体は腐食区間全体に添接板を設置した供試体であるから、健全な状態にまで強度が回復しているが、接着長さが 200mm であっても鋼板接着供試体では健全な状態の降伏応力の 99%、CFRP 接着供試体では 94% にまで強度が回復している。そこで、本研究では接着長さを 200mm で一定とし、残存錆が強度回復効果に与える影響について検討する。残存錆は Fig. 5 に示すようにテープを貼って再現することとした。また、素地調整レベルを(1)式で定義する。

$$P_{sp} = \frac{A_0 - A_c}{A_0} \times 100 \dots \dots (1)$$

P_{sp} : 素地調整レベル[%]

A_0 : 接着面積[mm²]

A_c : 接着区間の残存錆の表面積[mm²]

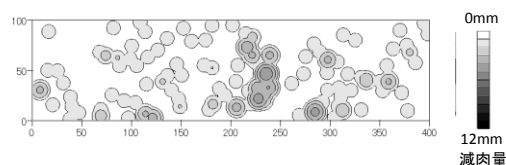


Fig. 1 疑似腐食深

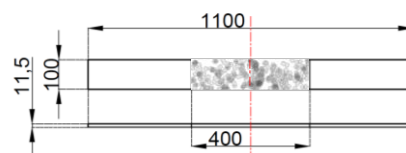


Fig. 2 供試体母材

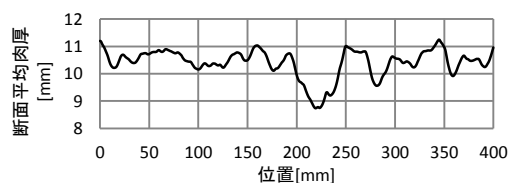


Fig. 3 断面平均板厚分布

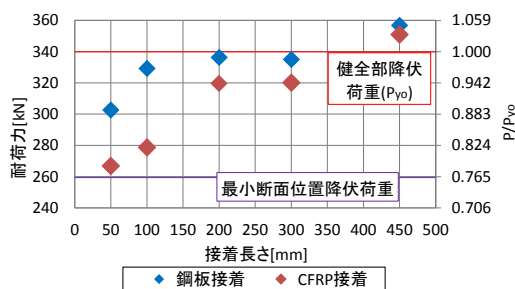


Fig. 4 各供試体の添接板耐荷力



Fig. 5 残存錆の再現

キーワード 残存錆, 腐食損傷, 鋼板接着補修, CFRP 接着補修

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

母材および添接板、接着剤の材料特性を Table 1 に示す。CFRP 添接板は、シートを片面あたり 4 枚積層して含浸接着させることで設計強度を受け持たせている。積層ごとに 25mm のずらし長さを両端に設けており、最外層の長さは 50mm である。

Table 1 母材・添接板・接着剤の材料特性

	厚さ [mm]	降伏応力 [N/mm ²]	引張強度 [N/mm ²]	弾性係数 [kN/mm ²]
母材	11.5	296	441	205
鋼板当て板	2.3(片面)	326	436	203
CFRP当て板	0.143x4(片面)		1900	640

接着剤の圧縮せん断強さ[N/mm ²]			
E258 (鋼板接着)	FP-E9 (プライマー)	FB-E9S (不陸修正材)	FR-E9P (含深接着樹脂材)
27.5	18.2	16.7	15.4

3. 試験結果

各供試体の素地調整レベルと添接板の耐力の関係を図 6 に示す。素地調整レベル 100% である S-5 供試体の耐力は健全な状態の降伏応力の 99%、P-5 供試体の耐力は 94% であったが、最も素地調整レベルの低い S-1 供試体の耐力は 89%、P-1 供試体は 88% となっており、残存錆の影響で強度回復効果が小さくなっているのが分かる。

Fig. 7 に、腐食区間の一部が塑性域に入る、荷重 300kN 時の鋼板接着供試体の母材のひずみ分布を示す。S-1 供試体は他の供試体と比較して母材のひずみが大きく、強度回復効果が小さいことが分かる。一方、S-2,3,4,5 供試体についてはひずみ値に大きな差異は見受けられない。S-2,3,4 供試体と S-5 供試体で耐力に差が生じているのは、残存錆が接着界面に存在し、剥離が脆性的に進展したためと考えられる。剥離時の平均ひずみ（母材全体の伸びをチャック間の有効長さで除して無次元化した値）は S-5 供試体では 1.6% であったが、S-2,3,4 供試体は 0.8~0.9%、S-1 供試体は 0.5% であり、剥離時のひずみが小さいことがうかがえる。

同様に、Fig. 8 に荷重 300kN 時の CFRP 接着供試体の母材のひずみ分布を示す。P-1 供試体は 299kN で添接板が剥離しており、荷重が 300kN に達したときには腐食区間の広い範囲で降伏しているのが分かる。また、鋼板接着供試体と同様、P-2,3,4,5 供試体のひずみ分布には大きな差異がないことが分かる。剥離時の平均ひずみに着目すると、P-5 供試体は 0.8%、P-2~4 供試体は 0.6~0.7%、P-1 供試体は 0.5% であり、鋼板接着供試体と比較すると残存錆の有無による剥離時のひずみ値の差は小さい。これは CFRP 接着工法では母材と添接板の弾性係数が大きく異なり、母材が塑性域に入ると残存錆の無い状態でも脆性的に破壊するため、残

存錆の影響が鋼板接着工法と比較すると小さくなっているものと考えられる。

ここまで述べたように、素地調整後に錆が残存していると、剥離の発生が早まり耐力の減少が認められる。一方で、剥離が発生するまでは母材のひずみ値に大きな差は生じず、ある程度の強度回復効果は期待できる。

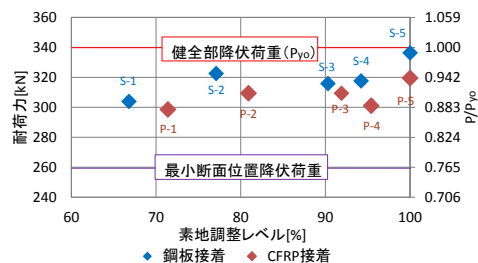


Fig. 6 各供試体の添接板耐力

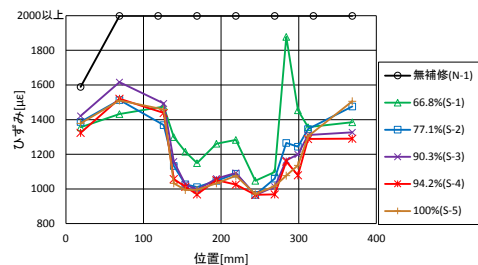


Fig. 7 鋼板接着供試体母材のひずみ分布 (300kN)

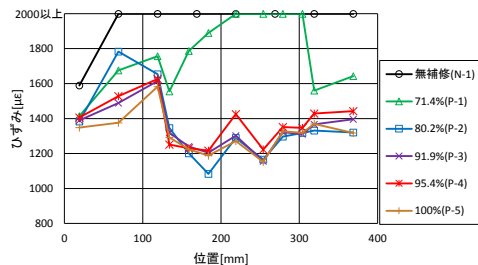


Fig. 8 CFRP 接着供試体母材のひずみ分布 (300kN)

4. まとめ

- ・ 残存錆のない供試体と比較すると、残存錆のある供試体では耐力が減少する。残存錆の影響は鋼板接着供試体のほうがやや大きい。
- ・ 残存錆の影響で耐力は減少するが、剥離が発生しない範囲ではある程度の強度回復効果が期待できる。

5. 参考文献

- 1) 横田龍一ら：接着補修された腐食鋼板の部分的強度回復効果に関する実験的研究，土木学会中国支部年次論文集，2016。（投稿中）
- 2) 藤井堅ら：経年変化を考慮した腐食表面生成モデル，構造工学論文集，vol.50A，pp.657-665，2004。