

接着剤を用いた当て板補強による腐食鋼板の性能回復効果の定量的把握

広島大学 学生会員 ○森田和也 広島大学大学院 正会員 藤井 堅
広島大学大学院 学生会員 森下太陽 コニシ株式会社 正会員 堀井久一
東電設計株式会社 フェロー会員 中村秀治

1. はじめに

腐食は鋼構造物の損傷の中でも最も代表的なものであり、部材の安全性や耐久性に影響する重要な損傷である。

補強法の一つとして、森下ら¹⁾は、接着剤を用いた当て板補強が腐食鋼板の強度回復に効果的であることを確認した。この補強では、接着剤に腐食鋼板から当て板にスムーズな応力伝達を期待している。

本研究では、板厚および大きさの異なる複数の当て板を用いて、接着剤により腐食鋼板を当て板補強して引張試験を行い、腐食鋼板の性能回復効果を定量的に評価することを目的とする。今回の実験では、腐食表面を人工的に腐食鋼板上に再現した腐食供試体を作成した。これにより、当て板寸法等による性能回復効果を定量的に調べることが可能である。

2. 実験概要

本研究では、腐食表面を人工的に作成した腐食鋼板に対して引張試験を行う。腐食鋼板(母材)のサイズは、長さ 1000mm、幅 100mm、板厚 11.7mm で、その中心部に長さ 400mm、幅 100mm の腐食表面を削孔して作成した。母材は、腐食部の中央付近に集中的に腐食を再現した局所型、全体的に腐食を再現した一様型の 2 種類のモデルを作成した。なお、母材および当て板ともに、鋼種は SS400 である。再現モデル、作成した腐食鋼板(一例)の腐食部の統計量を表-1 に、板厚等高線を図-1 に示す。

当て板の板厚は、局所型では、最小断面積位置の減肉断面積を補うものと補わないものの 2 種類、一様型では、補うものの 1 種類とし、長さ(補強区間)は、両者とも、腐食部を十分に覆うものと部分的に覆うものの 2 種類とした。

当て板は、その中央を腐食鋼板の最小断面積位置に合わせて接着した。接着剤は、2 液混合型金属接着用エポキシ樹脂系接着剤である。この接着剤は常温硬化型で接着強さが大きく、揺変性があり、塗布作業が容易である。

供試体の概要を以下に示す。

Type-A 腐食無し

Type-B 局所型の腐食表面を再現

B-1 無補強

B-2 接着剤一当て板(板厚 3.1mm、長さ 500mm)補強

B-3 接着剤一当て板(板厚 3.1mm、長さ 200mm)補強

B-4 接着剤一当て板(板厚 2.3mm、長さ 500mm)補強

B-5 接着剤一当て板(板厚 2.3mm、長さ 200mm)補強

Type-C 一様型の腐食表面を再現

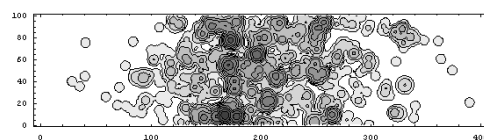
C-1 無補強

C-2 接着剤一当て板(板厚 2.3mm、長さ 500mm)補強

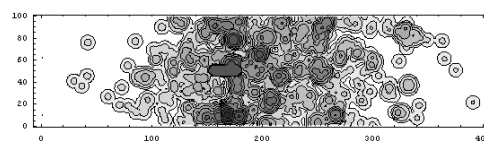
C-3 接着剤一当て板(板厚 2.3mm、長さ 200mm)補強。

表-1 腐食部の各統計量

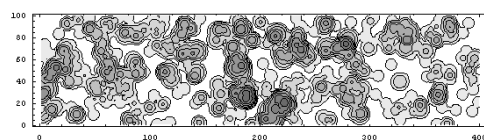
		最小断面積 (mm ²)	最小板厚 (mm)	平均板厚 (mm)	標準偏差 (mm)
局 所	再現モデル	630.2	2.68	10.23	1.68
	B-1 試験体	567.7	2.67	9.83	1.74
一 様	再現モデル	793.7	4.55	9.88	1.42
	C-1 試験体	748.5	4.19	9.44	1.46



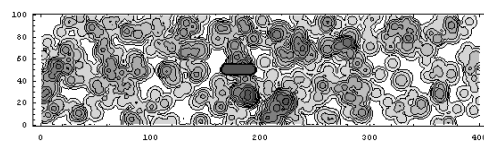
a) 再現モデル(局所型)



b) 腐食鋼板(局所型)



c) 再現モデル(一様型)



d) 腐食鋼板(一様型)



図-1 板厚等高線

3. 引張試験結果

引張試験結果を表-2、ひずみ分布の一例(B供試体)を図-2、3に示す。材料特性引張試験結果から得られた腐食鋼板の降伏ひずみを ϵ_y とし、各供試体の母材の最小断面積位置のひずみが ϵ_y となった時点を降伏点とした。表中、低下率とは、各供試体の降伏時強度を腐食の無い A 供試体の降伏強度で除した比を示す。

表-2で、B-3 供試体の低下率は、降伏前に当て板が剥がれたため、最高荷重に対する比を示した。また、C-2 供試体では、最小断面積位置のひずみが計測不能であったため降伏強度は確認できなかった。

表-2の降伏強度をみると、母材が降伏するまでは、補強した当て板の板厚に応じた強度回復が確認できているのがわかる。また、B-3 供試体以外の供試体は、母材が降伏した後に当て板が最小断面積位置付近まで剥がれ、その後母材が破断した。これは、降伏後は、母材の塑性変形に接着剤の変形が追従せず、当て板の端部に応力集中が生じたためだと考えられる。

B 供試体において、当て板の長さが 500mm、200mm のいずれにおいても、当て板の板厚が 3.1mm の供試体の方が、2.3mm の供試体よりも早い段階で当て板が剥がれた。このため、最高荷重は、それぞれの当て板の長さにおいて、当て板の板厚が薄い供試体の方が大きくなっている。これは、当て板の板厚が厚い方が、当て板端部に生じる応力集中が大きくなるためと考えられる。このことは、当て板の板厚を大きくすれば強度回復効果が大きくなるとは必ずしも言えないことを示しており、接着剤による当て板補強をする場合には、たとえば端部の板厚を薄くするなどの、当て板端部の応力集中を小さくする工夫が必要であることを示している。

図-2を見ると、最小断面積位置と当て板の端部では当て板のひずみより母材のひずみが大きくなっている。最小断面積位置では、母材の板厚が小さいために、また当て板の端部付近では、補強区間以外やその境界付近の母材の伸びが大きくなり、応力集中が生じたと考えられる。この位置以外では、母材と当て板のひずみはほぼ一致しており、一体となって挙動していることが確認できる。

また、図-3を見ると、当て板補強区間では、最小断面積位置と当て板の端部付近の応力集中が生じる箇所を除いて、無腐食の A 供試体よりひずみが小さくなっていることがわかる。さらに、当て板の長さが同じ、B-2 供試体と B-4 供試体、B-3 供試体と B-5 供試体をそれぞれ比較すると、それぞれ B-2 供試体、B-3 供試体が、当て板の板厚が大きいためにひずみが小さくなっていることが確認できる。

4. 結論

- (1) 弾性域において、腐食部を十分に覆うような当て板で補強した供試体では、当て板の板厚に対応する強度回復が可能であることを確認した。また、応力集中が生じる最小断面積位置と当て板の端部を除いて、母材と当て板はほぼ一体となって挙動していることが確認できた。
- (2) 母材の降伏後は、母材の塑性変形に接着剤の変形が追従せず、無腐食の引張強度までは強度回復はできなかった。
- (3) 板厚が大きい当て板で補強した供試体は、板厚が小さい当て板で補強した供試体より当て板の端部に生じる応力集中が大きく、早い段階で当て板が剥がれる。

表 - 2 試験結果

供試体	最高荷重(tf)	降伏強度(tf)	低下率(%)
A	49.52	31.74	—
B-1	28.21	12.94	—
B-2	35.90	31.87	100.69
B-3	28.14	28.14	80.85
B-4	38.65	26.62	72.77
B-5	29.10	26.85	73.99
C-1	34.13	20.23	—
C-2	36.35	—	—
C-3	34.31	31.17	95.05

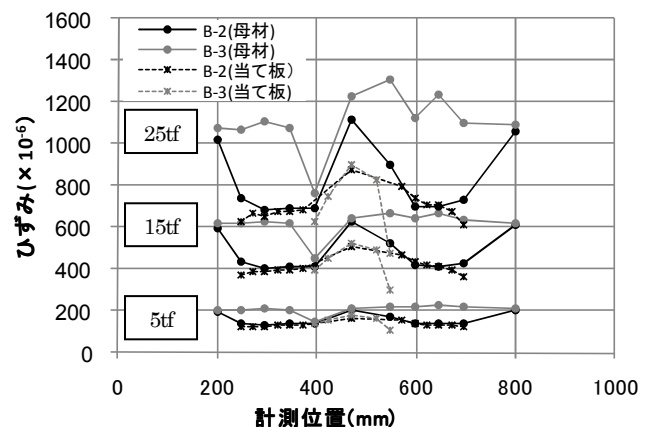


図 - 2 B-2, B-3 (板厚 3.1mm) 供試体のひずみ分布

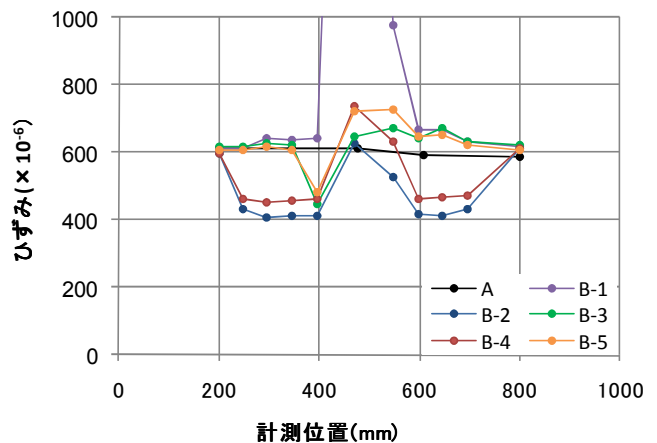


図 - 3 A, B 供試体ひずみ分布比較 (15tf 時)

参考文献

- 1) 森下, 藤井, 若原: 腐食鋼材の接着剤補修における性能回復効果の定量的把握, 鋼構造年次論文報告集文, Vol.17, 637-642, 2009.11.
- 2) Taiyo Morishita and Katashi Fujii, On Rehabilitation of Corroded Steel Plates by Using Adhesive, Proc. of 10th Japan-Korea Joint Symposium on Steel Bridge, 2009.8.