

鋼板接着工法により補強された腐食鋼板の強度におよぼす繰り返し荷重の影響

広島大学 学生会員 ○植村 有馬
広島大学 正会員 藤井 堅

広島大学 学生会員 福田 光央
コニシ株式会社 正会員 堀井 久一

1. 研究目的

現在、腐食した鋼部材の補修・補強方法の1つに腐食部に接着剤を用いて、当て板（鋼板）を添接する方法（以下：鋼板接着工法）がある。当研究室では、すでに鋼板接着工法を用いた腐食鋼板の静的引張試験を行い、静的引張荷重に対して、性能回復が可能であることを明らかにした¹⁾。また、腐食を模擬した桁の純曲げ区間のフランジに対して鋼板接着工法を適用し、補強効果を実験的に調べ、曲げ作用下においても、性能回復効果があることを明らかにした²⁾。しかし、鋼板接着工法によって補強された部材に繰り返し荷重が作用した場合、繰り返し回数の増加にともない、当て板や接着剤がどのような挙動を示すか、未だ明らかにされていない。

そこで本研究では、同じ腐食表面を人工的に作成した腐食鋼板4体に対して、鋼板接着工法を適用し、様々な荷重条件下で疲労試験を行い、鋼板接着工法を施した試験体の疲労耐久性および、繰り返し荷重が作用したときの当て板や腐食鋼板の力学的挙動を把握する。

2. 実験概要

鋼種 SS400、長さ 1000 mm、幅 100 mm、板厚 11.2 mm の腐食鋼板を 4 体作製した。実際に作製した鋼板が 4 体とも同様の腐食表面を有することを確認するため、レーザー変位計を用いて腐食区間の表面の座標計測を行った。腐食鋼板の板厚等高線図を Fig. 1 に、試験体 A から試験体 D の各試験体の板厚統計量と腐食区間の断面平均板厚の分布を Table 1 と Fig. 2 にそれぞれ示す。若干の計測誤差はあるものの 4 体の試験体がほぼ同じ腐食表面を有していると確認できる。

次に各試験体の試験条件を Table 2 に示す。当て板の板厚は全て 4.4 mm とし、母材の両面に当て板を接着した。試験体 B, C, D については疲労試験を行う。試験体 B は無補強で繰り返し荷重を作用させた。試験体 C は荷重振幅を一定とし（70 kN）、荷重の繰り返し数 200 万回おきに、荷重振幅の最高荷重を 80 kN、170 kN、250 kN と段階的に増加させた。試験体 D は、荷重振幅の大きさを試験体 C より大きくした。疲労試験中は、ひずみの変化や剛性の低下を調査

するため、荷重の繰り返し数 10 万回ごとに、疲労試験を一時停止し、そのときの荷重振幅の最高荷重まで静的引張載荷を実施後、疲労試験を再開した。

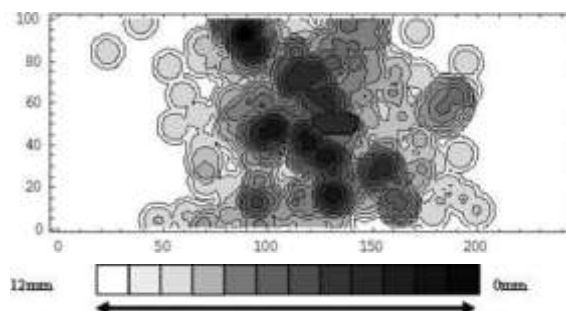


Fig. 1 腐食区間の板厚等高線図

Table 1 各試験体の板厚統計量

	最小断面積 [mm ²]	最小板厚 [mm]	標準偏差 [mm]	平均板厚 [mm]
試験体A	370	0.13	2.44	8.8
試験体B	365	0.14	2.47	8.7
試験体C	367	0.23	2.45	8.7
試験体D	381	0.42	2.45	8.9

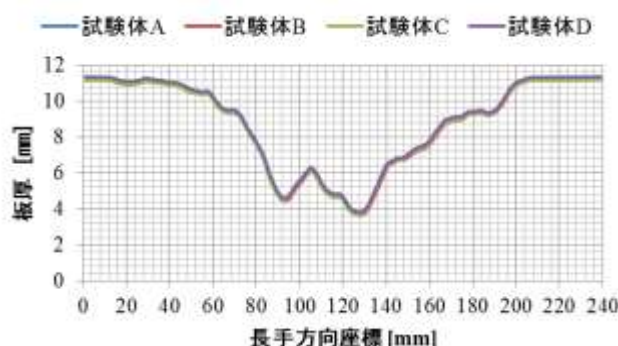


Fig. 2 腐食区間の断面平均板厚分布

Table 2 各試験体の試験条件

	試験条件		
	当て板長さ[mm]	荷重振幅[kN]	最高荷重[kN]
試験体A	400	静的引張試験	
試験体B	0	70	80
試験体C	400	70	80,170,250
試験体D	600	160	170

3. 実験結果

まず、疲労試験を実施した試験体 B～D の実験結果を Table 3 に示す。いずれの試験体も当て板の剥離が発生するまでは、母材に亀裂はみられなかった。これより、鋼板接着工法により、腐食にともなう疲労亀裂の発生を防ぎ、試験体の疲労耐久性を向上できることがわかった。しかし、荷重条件によっては当て板が剥離し、母材の最小断面積位置まで剥離後は、無補強試験体と同様に母材に疲労亀裂が発生した。

当て板の剥離は、いずれの試験体も当て板端部から発生した。そこで、試験体 C について、繰返し数の増加にともなう、当て板端部のひずみ振幅の履歴を Fig. 3 に示す。ひずみ振幅とは、荷重の繰返し数 10 万回おきに実施した静的引張载荷において、荷重振幅の最高荷重と最小荷重のときの当て板端部に発生するひずみの差（ひずみ振幅）である。荷重振幅の最高荷重が増加すると、図の破線部のように、ひずみ振幅が僅かであるが減少することがわかる。また、当て板の剥離を確認した 410 万回るとき、ひずみ振幅がほとんど 0 になった。これは、当て板の剥離にともない、母材に作用する荷重が当て板に伝達されないためである。

次に、試験体 C について荷重の繰返し数 10 万回おきに実施した静的引張载荷において、当て板と母材の接合部のひずみの差に着目し、繰返し数の増加にともなうひずみ差の履歴を Fig. 4 に示す。また、試験体 A（静的引張試験）において、当て板が剥離したと考えられるときの当て板と母材の接合部のひずみ差（約 1000 μ ）も合わせて示す。400 万回後に最高荷重を 250 kN としたとき、接合部のひずみ差（900 μ ）が 1000 μ に近くなり、当て板剥離後の 410 万回後の接合部のひずみ差は、1000 μ 以上であった（図中の破線部）。このことより、接合部のひずみ差が静的引張試験における剥離時のひずみ差と近い値で繰返し荷重を作用させると、当て板の剥離が発生するのではないかと予測できる。

4. まとめ

1. 鋼板接着工法により、腐食にともなう疲労亀裂を防ぐことができ、疲労耐久性の向上を期待できる。
2. 繰返し荷重の荷重振幅の大きさのみならず、最高荷重の大きさが増加することにより、当て板が剥離する。
3. 繰返し荷重下における最高荷重時に発生する当て板と母材の接合部のひずみ差が、静的引張試験における当て板剥離時のひずみ差とほぼ同じ値となる場合、当て板が剥離する。

Table 3 疲労試験結果

	繰返し回数[回]		
	試験体B	試験体C	試験体D
当て板の剥離	—	410万回	67000
母材破断	43000	静的引張試験	140000

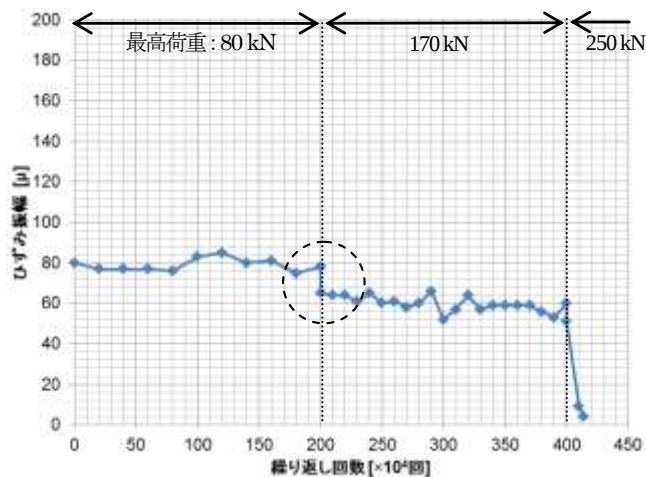


Fig. 3 試験体 C の当て板端部のひずみ振幅履歴

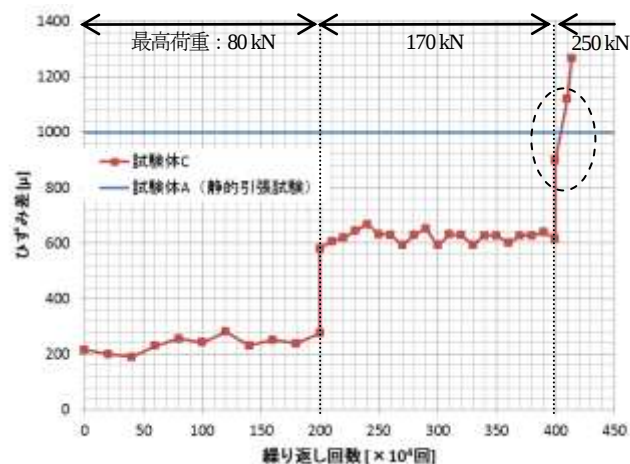


Fig. 4 試験体 C の接合部のひずみ差履歴

謝辞

本研究を進めるにあたり、（社）中国建設弘済会、西日本旅客鉄道（株）より研究助成を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 森下太陽, 藤井堅, 森田和也, 堀井久一, 中村秀治: 腐食した鋼板の鋼板接着による性能回復, 構造工学論文集 Vol.57A, pp. 747-755, 2011. 3.
- 2) 福田光央, 藤井堅, 中山太士, 堀井久一: 鋼板接着補強された腐食プレートガーダーの曲げ耐荷力実験, 鋼構造年次論文集 Vol.19, pp. 569-576, 2011, 11.