

当て板補強した腐食鋼板の繰り返し荷重作用下における力学的挙動

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
ユニシ株式会社 正会員 堀井 久一

1. はじめに

昨今の接着剤の目覚ましい発展にともない、腐食した鋼部材の性能回復法の 1 つとして、腐食部に接着剤により鋼板を接着する方法（以下：鋼板接着工法）が可能となった．すでに筆者らは、鋼板接着工法を用いた腐食鋼板の静的引張試験および桁の曲げ試験を実施して、鋼板接着工法の性能回復効果を確認した^{1), 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の挙動は未解明である．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と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 体とも同様の腐食鋼板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鋼板の表面の座標計測を行った．まず、本研究で作成した腐食鋼板の腐食区間の板厚等高線図を Fig. 1 に示す．次に試験体 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分布を Table 1, Fig. 2 に示す．若干の計測誤差はあるものの 4 体の鋼板がほぼ同じ腐食表面を有していることがわかる．

各試験体の試験条件と試験体 C（当て板 400 mm）の試験体図を Table 2, Fig. 3 にそれぞれ示す．全ての当て板は鋼種 SS400、板厚 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、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．

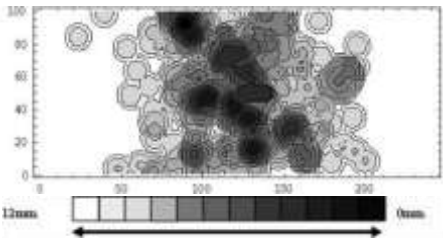


Fig. 1 腐食区間の板厚等高線

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

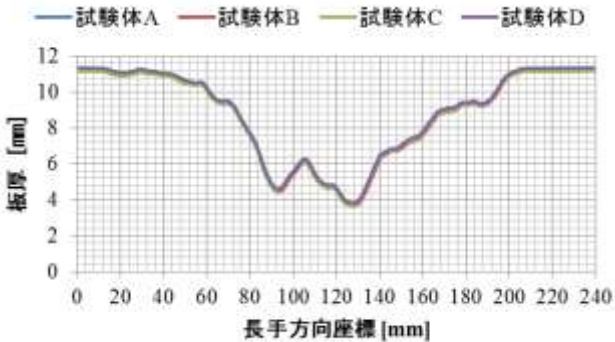


Fig. 2 腐食区間の断面平均板厚分布

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

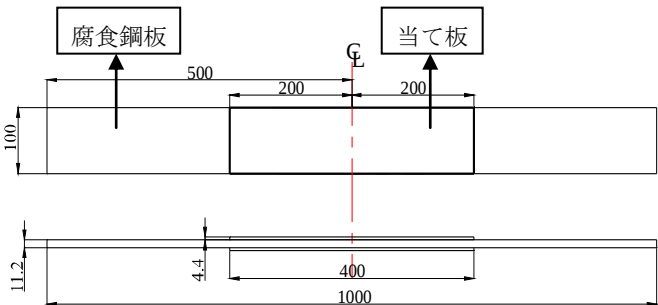


Fig. 3 試験体図

キーワード 腐食鋼板、鋼板接着工法、繰り返し荷重、性能回復

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 TEL：082-424-7791

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、試験体 B の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、繰り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. 4 に示す。ひずみ振幅とは、荷重の繰り返し数 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を示す。最高荷重の増加とともにひずみ振幅が僅かに減少している（図中の破線部）。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ことを示す。

次に、接着剤に発生するせん断ひずみの大きさを用いて当て板の剥離の発生を把握できるのではないかと考えた。もと、当て板と母材の接合部のひずみ差に着目し、試験体 C の繰り返し数の増加にともなうひずみ差の履歴を Fig. 5 に示す。また、静的引張試験（試験体 A）において、当て板が剥離したときのひずみ差（ 1000μ ）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（ 900μ ）が 1000μ 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、 1000μ 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り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。

また、試験体 D のように荷重振幅が増加することによって当て板が剥離することがわかった。

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の発生を防ぐことができ、疲労耐久性の向上を期待できる。
2. 繰り返し荷重の荷重振幅の大きさのみならず、最高荷重の大きさの増加が当て板の剥離に影響する。
3. 最高荷重が段階的に増加した場合、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で繰り返し载荷を行うことによって当て板が剥離した。

Table 3 疲労試験結果

	繰り返し回数[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

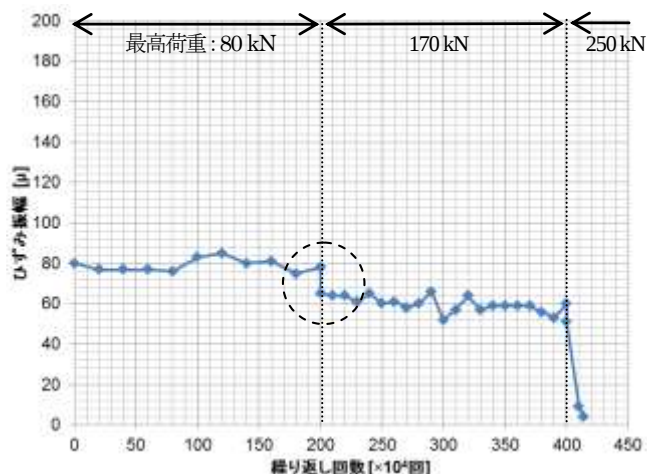


Fig. 4 試験体 C の当て板端部のひずみ振幅履歴

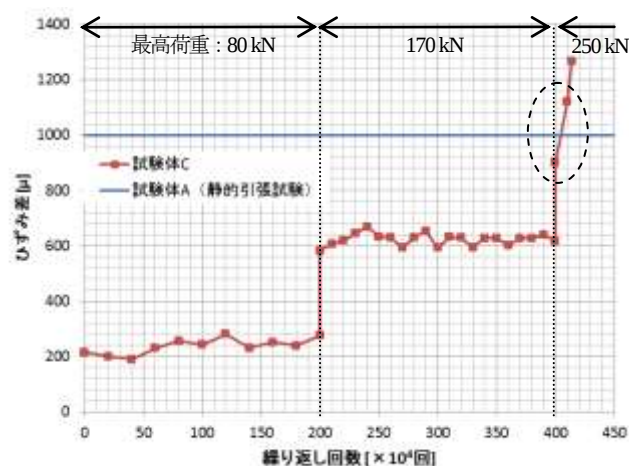


Fig. 5 試験体 C の接合部のひずみ差履歴

謝辞

本研究に際し、(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.