疲労き裂の進展に伴う溶接継手の残留応力再配分に関する実験的研究

名古屋大学 ○ 学生会員 益田 裕太 正会員 判治 剛 フェロー会員 舘石 和雄 正会員 清水 優

1. はじめに

鋼橋の疲労き裂のほとんどは溶接継手部から生じ,溶接による残留応力場を進展する.一般に,き裂の進展 に伴い残留応力は再配分され,き裂先端近傍の残留応力場は常に変化する.そのため,荷重条件によっては, き裂の進展が遅延したり,停留することがある.一方,従来のき裂進展予測においてき裂進展に伴う残留応力 の再配分はほとんど考慮されていない.そこで本研究では,残留応力の再配分挙動に関する基礎的知見を得る ことを目的とし,T継手を用いた疲労試験によりき裂進展に伴う残留応力分布の変化を明らかにした.

2. 疲労試験体

試験体の形状および寸法を図-1 に示す.供試鋼材 の機械的性質を表-1 に示す.試験体は,板厚40 mm の主板に対して板厚12 mmの付加板を溶接したT継 手である.ここでは,主板側止端から発生する疲労き 裂の板厚方向の進展に着目する.溶接には炭酸ガスア ーク溶接を用い,付加板両側を同時に水平すみ肉で溶 接した.幅800 mmの継手ブロックを製作した後,幅 50 mmに切り出して試験体とした.溶接条件を表-2 に示す.溶接材料には径1.2 mmのフラックス入りワ イヤを用いた.なお,き裂発生点を限定するために, 片側の溶接止端はグラインダーにより仕上げている.

疲労試験に先立ち, X 線応力回折法により試験体長 手方向の残留応力分布を求めた. コリメータ径は1.0 mmとし,単一入射法(cos a 法)により計測した. 計測位置は,図-2 に示すように,試験体側面におい て 5 mm 間隔で板厚方向に 8 箇所とした.計測した板 厚方向の残留応力分布を図-3 に示す.溶接止端近傍 では引張残留応力が生じており,それにあわせて板厚 中央付近では圧縮の残留応力が生じている.これは過 去の研究 ¹)において求められた一般的な分布傾向と 同様である.

3. 疲労試験

初期残留応力を測定した試験体に繰返し荷重を与 え,き裂進展に伴う残留応力の変化を求めた.試験状 況を図-4 に示す.試験は 4 点曲げで行い,溶接部側 の応力比がほぼゼロとなるように載荷した.

等曲げ区間の公称曲げ応力を算出するために,試験



図-1 試験体(単位:mm)

表-1 供試鋼材の機械的性質

	降伏点	引張強さ	伸び
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(%)
主板	406	516	27
付加板	451	531	24
溶材	495	572	28

₹ 2 mix本目							
-	溶接部	電流	電圧	速度	入熱量		
		(A)	(V)	(mm/min)	(J/mm)		
	L側	280	33	356	1,559		
	R 側	290	34	356	1,664		

主) w 按 冬 併



体には溶接止端から15mm,40mm 位置の主板表裏面にゲージ長5mmのひずみゲージを貼付した.また図-5 に示すように,き裂の発生,進展に伴う残留応力の解放量を求めるために,止端断面の主板側面にゲージ長

キーワード 疲労き裂,溶接接手,残留応力,再配分

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL: 052-789-4618

1 mm のひずみゲージを貼り付けた.

疲労試験は公称応力範囲 120 N/mm², 載荷振動数 3 Hz で行った. 試験中は, 1 万回ごとに動的ひずみ計 測を行うとともに, 定期的に載荷を止め, き裂の状 況を確認した. また, き裂形状を記録するためのビ ーチマークも適宜導入した.

4. き裂進展に伴う残留応力の変化

き裂の進展に伴い残留応力が解放され,試験中に 計測したひずみ変動の下限値は,その時点での残留 応力の解放分に相当するひずみ分だけ変化すると考 えられる.そこで,その変化量を基にき裂進展によ る残留応力分布の変化を求めた.ここで,初期残留 応力には X 線による測定値を用いた.ただし,X 線 測定位置とゲージ貼付位置には若干のずれがあるた め,X 線測定値をゲージ位置に内挿して初期残留応 力分布とした.

今回対象としたき裂の模式図を図-6 に示す.また, 各き裂時の主板側面における板厚方向の残留応力分 布を図-7 に示す.図中には各段階における板側面の き裂を模した図を併記している.

板厚方向の分布では、き裂が進展すると、き裂先 端近傍の残留応力の絶対値は少しずつ小さくなるも のの、き裂先端付近には引張の残留応力が作用する ように再配分されていることがわかる.これは、過 去に帯板試験片や CT 試験片に対して得られた知見 ^{2,3}と同様であるといえる.

5. まとめ

本研究では, T 継手を用いた疲労試験により, 疲 労き裂の進展に伴う残留応力の再配分に関する基礎



図-7 き裂進展に伴う残留応力の変化

的な検討を行った.その結果,引張残留応力場である溶接止端に生じたき裂が進展するにつれて,き裂の先端 付近には引張の残留応力が作用するように残留応力が再配分されることを示した.

謝辞

試験体の製作に関して,川田工業株式会社 津山忠久氏,小谷祐樹氏には多大なるご協力をいただきました. ここに記して深謝いたします.

参考文献

- 1) 舘石和雄, 土屋啓佑, 柳沼安俊: 面外曲げとせん断力を受ける溶接継手に生じる疲労き裂の進展挙動に関する研究, 土木学会論文集 A1, Vol.67, No.2, pp.386-395, 2011.
- 向井喜彦,西村新,金應俊:溶接残留応力場の再配分と疲労き裂伝播方向に関する研究,溶接学会論文集, Vol.5, No.2, pp.280-284, 1987.
- 3) 三木千壽, 徳永皓平, 判治剛: 鋼橋に生じた疲労損傷に対する低変態温度溶接材料による溶接補修の試み, 土木学会論文集 A, Vol.66, No.4, pp.836-849, 2010.