800MPa 級高強度鋼を用いた荷重伝達型十字すみ肉軟質溶接継手の高応力範囲下の疲労強度

岐阜大学 (現,大日本土木) 学生会員 〇水江大地 岐阜大学 正会員 木下幸治

1. はじめに

鋼橋への高強度鋼材の利用は鋼重の低下や製 作コストの低減など大きな効果が期待できる.し かし, 高強度化に伴い溶接割れを生じやすく予熱 作業が必要となるため製作コストが増加する場 合がある.この改善方法の一つとして,溶接材料 の軟質化、すなわち、軟質溶接継手の適用が挙げ られる.軟質溶接継手(以後,軟質継手)に関し ては水圧鉄管等を対象にすでに多くの研究蓄積 があり,軟質継手とすることで高強度鋼材の溶接 性が改善でき,溶接に関する製作コスト増加が抑 えられると考えられる.一方,鋼橋では疲労が問 題となることから軟質継手の採用により継手部 の疲労強度が低下しないことが必要であり、特に 軟質部が先行して降伏することによるひずみ集 中の発生が懸念される高応力範囲の疲労強度に ついての検討が必要である.しかし,既往の研究 では 800MPa 級の高強度鋼材を用いた軟質継手の 疲労強度に関する研究は少ない.

本研究は 800MPa 級の高強度鋼を用いた軟質継 手の高応力範囲の疲労強度について明らかにす ることを目的とし,軟質化の程度を変えた高強度 鋼を用いた十字すみ肉溶接継手試験体の疲労試 験を実施した.

2. 試験体および疲労試験方法

図-1 に試験体の形状および寸法を示す. 試験体 の溶接継手は荷重伝達型の十字すみ肉溶接継手 とした. 溶接は被覆アーク溶接を用いて3層盛と し、一層目の溶接材料を変えた. 溶接姿勢は下向 きとし,目標脚長 8mm とした.なお,目標脚長 で溶込み深さを考慮しないのど断面を以後、設計 のど断面とする.表-1に母材および溶接材料の降 伏強度と引張強度を示す. 母材には板厚 22mm の WEL-TEN780E (JIS G 3128 SHY685) を用いた. 試験体に使用した溶接材料には母材の降伏強度 に対して 50%程度降伏強度の低い G-200 (JIS Z3211 D4301), 40%程度降伏強度の低い L-55 (JIS Z3212 D5016),および軟質化による効果の検証を 目的としてWEL-TEN780E鋼材用の溶接材料L-80 (JIS Z3212 D8016) とした. それぞれの溶接材料 を用いた試験体の呼び名を表-2に示す.

各試験体の溶接サイズ,および溶込み深さを調 べる目的でマクロ試験を行なった.マクロ試験は 試験体の表面をディスクグラインダーで処理し, サンドペーパーで研磨した後,ナイタールを用い てエッチング処理することにより行った.図-2に

		₩			
$ $					
		11	四19, 冶13		
				库扒强度(Mpa)) 与 · <mark> </mark>
母材		T WE	L-TEN780E	814	895
	溶接材料		G-200	390	450
			L-55	480	550
421 421		1	L-80	740	830
表−2 試験体の呼び名, 実のど断面応力範囲					
⇒+ œ>	H+ /2	溶接	軟質化の	設計のど断面	破断溶接部の実のど
武 淑史	伴石	材料	程度*1	応力範囲(MPa)	断面応力範囲(MPa)
U-50-a		G-200 L-55	-50% -40%	442	392
U-50-b					454
<u>U-50-c</u>					561
<u>U-50-d</u>				349 442	340
<u>U-50-e</u>					310
<u>U-50-f</u>					296
U-40-a					301
U-40-c U-40-c U-40-d U-40-e U-40-f					394
				349	339
					365
					340
U-1	0-a				442
U-10-b U-10-c U-10-d U-10-e		L-80	-10%	442	368
					505
				349	431
					282



示すように溶接サイズ*s*,および溶込み深さ p_w を 定義し、エッチング処理後の試験体の*s*および p_w をノギスにより計測した. 図-3 に溶接サイズ*s*お よび溶込み深さ p_w の計測結果を頻度分布で示す. 図-3 より軟質化したことによる溶接サイズおよ び溶込み深さの明確な違いは見られなかった.

疲労試験には動的能力±200kNの電気油圧サー ボ式試験機を用いた.載荷方法は一軸引張として, 載荷繰返し速度は 1.0Hz,荷重波形は正弦波とした.試験体の応力範囲は下限荷重を 5kN と一定に

キーワード:軟質溶接継手,高強度鋼材,疲労試験,十字溶接継手 連絡先:〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1 岐阜大学工学部 社会基盤工学科 TEL:058-293-2414



して上限荷重を変えることで変化させた.シリー ズ1として U-50 の溶接部の1層目の軟質化した 部分が降伏し,U-40とU-10の溶接部は降伏しな い公称応力範囲,シリーズ2としてすべての試験 体が降伏しない公称応力範囲とし,設計のど断面 公称応力範囲がシリーズ1では442MPa程度,シ リーズ2では349MPa程度になるように与えた. 疲労試験結果は設計のど断面と,計測したsおよ び p_w を考慮した式(1)で算出されるのど断面(以 後,実のど断面A)で整理した.

$$A = (s + p_w) / \sqrt{2} \times W \times 2 \tag{1}$$

ここで Wは試験体幅である.

3. 疲労試験結果

全ての試験体で疲労き裂はルート部を起点に 発生し、のど断面を切るように進展していた.い くつかの試験体ではルート部と止端部の両方か らき裂が発生したが、止端部から発生したき裂の 破断面にはビーチマークはなく、最終的にルート 部からのき裂進展により破断に至った.ルート部 を起点としたき裂のビーチマークの観察より、き 裂は試験体端部のルート部から発生した場合(端 部ルートき裂)と試験体幅中央付近のルート部か ら発生した場合(中央ルートき裂)の大きく2種 類に分類できた.両者の発生、進展挙動は異なる ことから、それぞれに対して疲労強度を整理した. 図-4 に破断時の疲労強度曲線を示す.図-4(a)



(b) U-10 図-5 SEMによるルートき裂起点付近の観察写真

3mm 10, 0kV x2, 7k

より、端部ルートき裂の場合 U-10, U-40 は概ね 同程度の疲労強度を示した.一方、図-4(b)より U-10の試験結果は少ないが、軟質化の程度が大き くなるに従い、徐々に疲労強度が低下する傾向が 見られた.以上より、端部ルートき裂による整理 では試験体端部の影響を受けたため、軟質化によ る違いが明確に確認できなかったと考えられる が、中央ルートき裂による整理では試験体ごとの 差異が明確に確認でき、軟質化の程度が大きくな るに従い疲労強度が低下することがわかった.

この疲労強度の低下の原因について明らかに するために,破断面のき裂起点付近を SEM によ り観察した.SEM により撮影したき裂起点付近の 写真を図-5 に示す.図-5(a)より,軟質化の程度 が大きい U-50 ではき裂起点付近にディンプルが 確認できた.図-5(b)より U-10 では明確なディン プルは観察できなかった.これより,軟質化の程 度を大きくすることにより,軟質化した一層目で の局部的なひずみ集中の影響により疲労強度が 低下したものと推察される.

4. 結論

端部ルートき裂と中央ルートき裂により疲労
 強度を分けて整理した結果,中央ルートき裂
 の整理において,軟質化の程度が大きくなる
 に従い疲労強度が低下することが確認できた.
 この疲労強度の低下について破断面の SEM
 による観察より,軟質化した一層目での局部
 的なひずみ集中の影響と推察される.