

800MPa 級高強度鋼を用いた軟質溶質継手の疲労強度に関する研究

岐阜大学 学生会員 ○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¹⁾。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、1 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た 10%程度降伏強度の低い WEL-TEN780E 鋼材用の溶接材料 L-80 (JIS

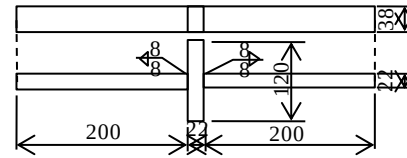


図-1 試験体の形状

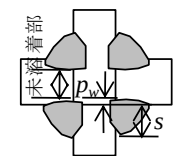


図-2 溶接サイズ

および寸法

および溶込み深さ

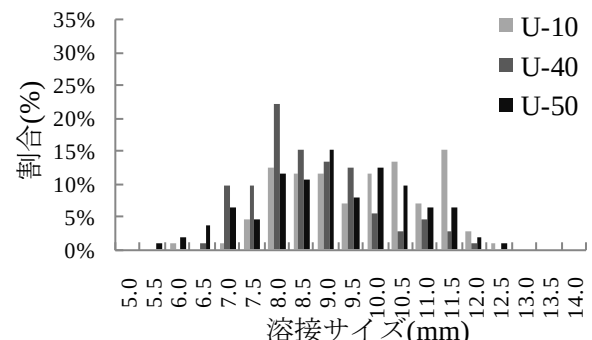
表-1 母材、溶接材料の降伏強度と引張強度

		降伏強度	引張強度
		(MPa)	(MPa)
母材	WEL-TEN780E	814	895
	G-200	390	450
溶接材料	L-55	480	550
	L-80	740	830

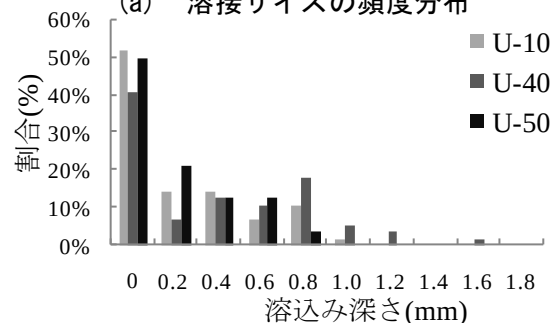
表-2 試験体の呼び名

試験体	溶接材料	軟質化の程度*1	設計のど断面 応力範囲(MPa)	試験体数
U-50	G-200	-50%	442	3
			349	3
U-40	L-55	-40%	442	3
			349	3
U-10	L-80	-10%	442	3
			349	3

*1 母材の降伏強度を基準とする



(a) 溶接サイズの頻度分布



(b) 溶込み深さの頻度分布

図-3 溶接サイズおよび溶込み深さの計測結果

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は表-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 ， 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 (a) より溶接サイズは 8mm から 11.5mm の範囲に多く分布した．図-3 (b) より，溶込み深さは 0mm のものが多かった．

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 と一定にして上限荷重を変えることで変化させる．溶接部の設計のど断面で公称応力範囲が 442MPa (シリーズ 1)，349MPa (シリーズ 2) となる荷重を各試験体 3 体ずつそれぞれ実施する．シリーズ 1 は軟質化の程度が 50%程度 の U-50 試験体の溶接部は降伏するが，軟質化の程度が 40%程度 の U-40 試験体と U-10 試験体の溶接部は降伏しない公称応力範囲とした．シリーズ 2 はすべての試験体の溶接部が降伏しない公称応力範囲とした．疲労試験結果は設計のど断面と，計測した溶接サイズおよび溶込み深さを考慮した式 (1) で算出されるのど断面²⁾ (以後，実のど断面) で整理した．

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

ここで， W は試験体幅である．き裂の発生，進展状況を観察する目的で一定の繰返し回数ごとに荷重範囲を半減させたビーチマーク試験を行った．

3. 疲労試験結果

疲労試験は現段階でシリーズ 1 の U-10 試験体と U-50 試験体が各 3 体ずつ，U-40 試験体が 2 体の疲労試験が終了している．全試験体において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破断に至った．図-4に破断面のビーチマーク観察結果をもとに作成したスケッチ例を示す．全試験体の破断面にビーチマークが残されていた．

図-5 (a) に設計のど断面応力範囲と繰返し回数の関係，図-5 (b) に実のど断面応力範囲と繰返し回数の関係を示す．図中の実線は鋼構造物の疲労設

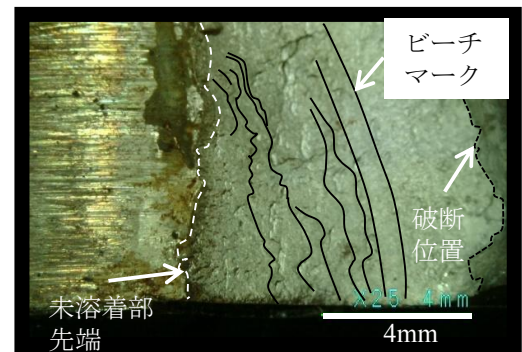
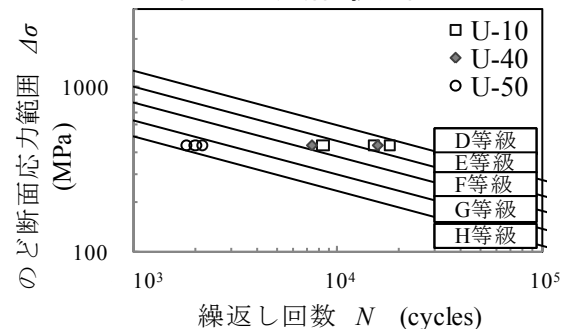
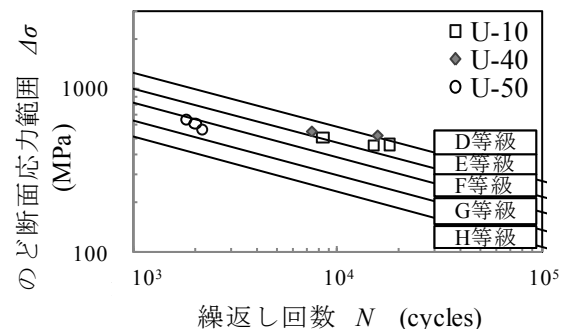


図-4 破断面拡大図



(a) 設計のど断面応力範囲-繰返し回数



(b) 実のど断面応力範囲-繰返し回数

図-5 疲労試験結果

計指針³⁾に示されている疲労強度等級曲線を示している．図中のプロットは各試験体の結果 (8 体分) を示している．試験結果は破断時の繰返し回数で整理した．図-5 (a) より，設計のど断面応力範囲で整理した場合，U-10，U-40 は F から E 等級程度，U-50 は H 等級程度であった．図-5 (b) より，実のど断面応力範囲で整理した場合，U-10 試験体は E から D 等級程度であり，U-50 試験体は U-10 試験体に比べ 2 等級程度近く低下した．U-40 試験体は E 等級程度であり，U-10 試験体とほぼ同等であった．

参考文献

- 1) 三木千壽：鋼構造，共立出版株式会社
- 2) 貝沼ら：溶接姿勢とルートギャップが荷重伝達型十字すみ肉溶接継手の疲労強度に及ぼす影響，土木学会論文集，No.647，I-51，pp.45-445，2000.4
- 3) 日本鋼構造協会：鋼構造の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，1993.