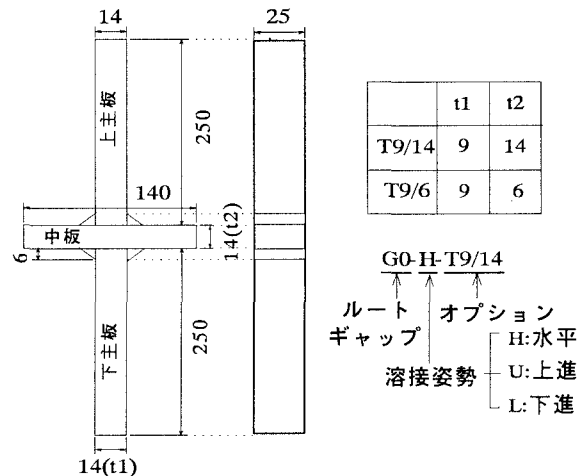


荷重伝達型十字すみ肉溶接継手の諸因子が疲労強度に及ぼす影響

名古屋大学 学生員 ○ 高松 大輔 名古屋大学 正 員 山田 健太郎
 名古屋大学 正 員 貝沼 重信 名古屋大学 学生員 川本 恭朗

1. はじめに 鋼橋の疲労損傷の多くは十字すみ肉溶接部に生じている。既存の鋼橋における十字すみ肉溶接継手部は、当時の部材の加工精度や製作制度により、ルートギャップが生じているケースがある。このルートギャップが主要因となり疲労損傷が生じた事例も報告されている。また、十字すみ肉溶接は主板厚の違いや主板厚と中板厚の違い、水平、上進、下進などの溶接姿勢により疲労挙動が異なると考えられる。また、引張場での繰返し応力のみではなく圧縮場での繰返し応力を受ける場合もあることから、圧縮応力下での疲労挙動を明らかにする必要がある。本研究では、溶接姿勢、ルートギャップ、主板厚の違いや主板厚と中板厚の違いなどの諸因子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を明らかにするため、荷重伝達型十字すみ肉溶接継手の疲労試験を行った。

2. 疲労試験 試験体に用いた供試鋼材は SM490A である。試験体の形状および寸法を図一 1 に示す。試験体は、板厚がすべて 14mm でルートギャップを 0mm、3mm、あるいは 5mm として、水平、上進または下進溶接で製作した。また、G0-H 試験体については、下主板厚を 9mm と (T9/14)、下主板厚を 9mm、中板厚を 6mm (T9/6) とした試験体も製作した。なお、すみ肉溶接の溶接サイズの目標値は 6mm とした。疲労試験には、動的能力 $\pm 25\text{tf}$ の電気油圧サーボ式材料試験機を用いた。引張の疲労試験は未溶着部が開口した状態で試験を行うため下限荷重を 3tf として行った^{1),2),3)}。また、圧縮の疲労試験は上限荷重を 0.1tf として行った。荷重波形は正弦波、繰返し速度は 10Hz とした。未溶着部先端の開閉口荷重を測定するために、未溶着部先端近傍にゲージ長 1.0mm のひずみゲージを図



図一 1 試験体の形状と寸法

一 2 のように貼付し、載荷荷重と未溶着部先端のひずみとの関係も求めた。

3. 疲労試験結果 39 体の試験体の内、35 体はルート部からき裂が発生して破断し、残りの 4 体は溶接止端部から破断した。疲労試験結果は主板応力とのと断面応力を用いて整理した。

3. 1 主板応力で整理 主板応力で整理した疲労試験結果を図一 3 に示す。図中の実線は日本鋼構造協会(以下、JSSC)の疲労設計指針⁴⁾の E および F 等級であり、破線は G0-H 試験体の回帰直線である。G0-U 試験体は G0-H 試験体よりも疲労強度が若干高い。G0-L 試験体は未溶着部にスラグ巻き込みがあることから、未溶着長さが主板厚より長くなっている。また、溶接形状が凹形となっているため、のど厚が水平溶接や上進溶接した場合に比べて小さくなっている。そのため G0-L 試験体の疲労強度は、G0-H 試験体に比べて低くなつたと考えられる。G0-H-T9/14 試験体の疲労強度は G0-H 試験体と同程度であり、G0-H-T9/6 については G0-H 試験体に比べて低くなっている。これは G0-H と G0-H-T9/14 試験体でルート部における応力集中が同程度であり、G0-H-T9/6 試験体はそれらに比べ応力集中が大きいためであると考えられる。止端破壊した G3-U と G5-U 試験体は、水平溶接や下進溶接した場合よりも疲労強度が高くなっており、E 等級となっている。これは、溶け込みが大きいためにと断面が主板断面よりも大きくなったことと、未溶着部の形状が応力集中の比較的小さなほぼ円形であるためだと考えられる。G3-H と G3-L 試験体の疲労強度は同程度であり、G0-H 試験体よりも高くなっている。G5-H 試験体の疲労強度は G0-H 試験体より

若干低く、G5-L 試験体は融合不良などによりのと断面が他の試験体に比べ小さいため、疲労強度は最も低くなっている。

3.2 のど断面応力で整理 のど断面応力により整理した疲労試験結果を図-4に示す。図中の実線は JSSC の疲労設計指針の H 等級である。止端破壊した G3-U 試験体と G5-U 試験体はプロットしていない。のと断面応力は、(溶接サイズ+溶け込み量) $\sqrt{2}$ により求めたのと厚を用いた。いずれの試験体の疲労強度も H 等級を満たしており、G5-L 試験体以外の疲労強度は G0-H 試験体と同程度である。G5-L 試験体は、溶け込み量が板厚方向に一定でないため複数の半楕円形のき裂が発生し、それらが合体しながら進展した。そのため他の試験体に比べ疲労強度が若干高くなったと考えられる。未溶着部先端の開閉口荷重の測定結果を図-2に示す。ここでは、G0-H および G3-L 試験体について示す。

G3-L 試験体以外の試験体の開閉口荷重はいずれも下限荷重を下回っていた。したがって、G3-L 試験体は圧縮残留応力の影響により作用応力範囲が減少したため、疲労強度が高くなったと考えられる²⁾。そこで、G3-L 試験体の試験結果は有効応力範囲($\Delta\sigma_{eff}$)で整理した。

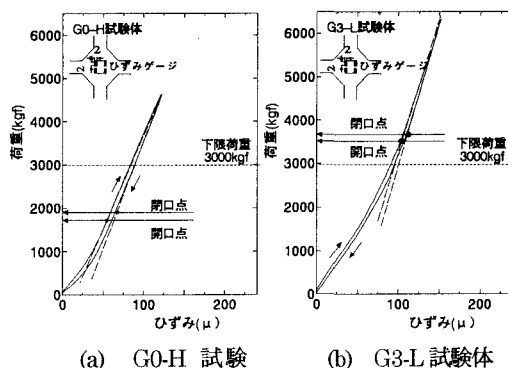


図-2 未溶着部先端の開閉口荷重

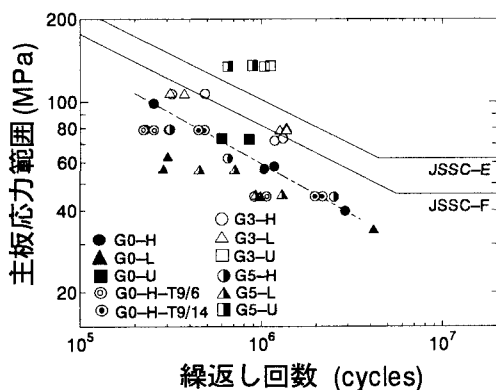


図-3 主板応力で整理

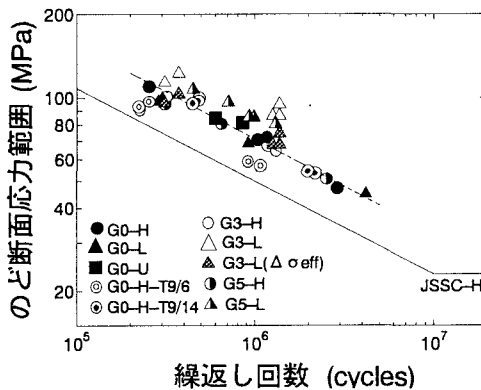


図-4 のど断面応力で整理

4. まとめ

- 1) ルートギャップの有無に関係なく、下進溶接した場合は水平溶接や上進溶接した場合に比べてのと厚が小さくなるため疲労強度は低くなる。
- 2) ルートギャップが3mmまたは5mmで上進溶接した場合、溶け込み量が多くなることにより水平溶接や下進溶接した場合に比べて疲労強度は高くなり、JSSC-E等級となる。
- 3) のど断面応力で疲労試験結果を整理すると、ルートギャップが5mmで下進溶接した場合以外はのと厚が同じであれば、疲労強度は同程度となる。
- 4) 主板厚を全て14mmとした場合と下主板厚を9mmとした場合(T9/14)の疲労寿命は同程度である。しかし、下主板厚を9mm、中板厚を6mmとした場合(T9/6)は疲労寿命は半分程度となる。

今後は、圧縮を受ける疲労試験を行い引張の場合と比較・検討する予定である。

<参考文献>

- 1) 貝沼重信, 森猛, 一宮充: 十字すみ肉溶接継手のルート部から発生する疲労亀裂の進展性状, 鋼構造論文集, Vol.4, No.14, pp.1-8, 1997.
- 2) 森猛, 貝沼重信, 三木千壽: 荷重伝達型十字すみ肉溶接継手ルート破壊の疲労強度解析, 構造学論文集, Vol.39A, pp.937-946, 1993.
- 3) 森猛, 貝沼重信: 荷重伝達型十字すみ肉溶接継手・ルート破壊の疲労強度評価方法の提案, 土木学会論文集, No.501/I-29, pp.95-102, 1994.
- 4) 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 技報堂出版, 1993.